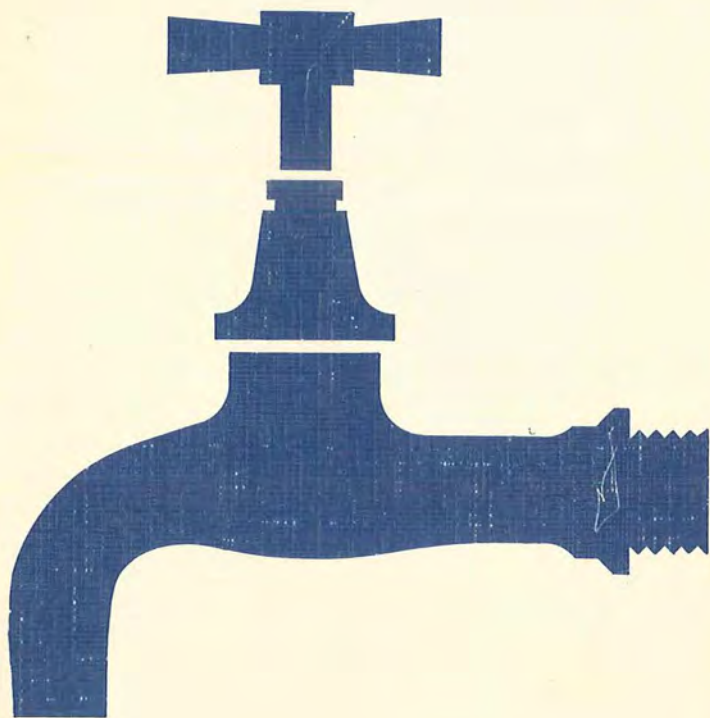


Vandinstallationer



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1979 · SBI-ANVISNING 118



Dansk Ingeniørforenings Norm for Vandinstallationer, DS 439, er for tiden under revision. Dette arbejde forventes afsluttet i 1988, og den reviderede norm kan ventes sat i kraft i 1989. Der vil hurtigst muligt af SBI-anvisning 118, Vandinstallationer, blive udarbejdet en revideret udgave, der er i overensstemmelse med den reviderede norm.

Den nuværende SBI-anvisning er i overensstemmelse med den gældende norm, men der er på nogle områder sket en udvikling, der gør, at anvisningen ikke længere kan stå alene. Ved brugen af den nuværende bør man generelt være opmærksom på, hvad der er publiceret i:

- Fortolkninger af vandnormen, udsendt i DIF's Normtillæg, der udkommer hvert forår.
- Bygningsreglement 1982 og Bygningsreglement for småhuse 1985.
- Nye normer, se nedenstående bemærkninger til de enkelte kapitler i anvisningen.
- VA-godkendelserne, der bl.a. for nyt materiel angiver, hvordan materiellet kan bruges.
- Supplement 1, 1983, til SBI-anvisning 118: Vandinstallationer.

Ved en del af anvisningens kapitler skal man specielt være opmærksom på følgende forhold:

Kapitel 2. Administrative forhold

Afsnittet om byggesagsbehandling skal erstattes af de tilsvarende afsnit i Bygningsreglement 1982 og Bygningsreglement for småhuse 1985.

Kapitel 5. Dimensionering ved beregning

Den nye norm vil indeholde en ny metode til beregning af de vandstrømme, der anvendes ved dimensioneringen. Det vil normalt være på den sikre side at anvende den nuværende anvisnings vejledning.

Kapitel 6. Dimensionering ved forenklet beregning

Se kommentarer til Kapitel 5.

Kapitel 7. Dimensionering af installationer for varmt brugsvand

Den reviderede norm vil indeholde en regel om, at beregning af ventetid i boliger o. lign. kan baseres på en vandstrøm på 0,2 l/s.

Kapitel 9. Rør, formstykker og samlingsmetoder

Den reviderede norm vil indeholde en bestemmelse om, at ikke-udskiftelige samlinger på ledninger i bygninger ikke må forekomme. I øvrigt henvises til VA-godkendelserne.

Kapitel 12. Anlæg for produktion af varmt vand

Den reviderede norm vil indeholde bestemmelser om, at en mindste temperatur på 55 °C i varmtvandsbeholdere skal kunne fastholdes.

Kapitel 13. Vandbehandlingsanlæg

Vedrørende brug af vandbehandlingsanlæg og sikring mod tilbagestrømning henvises til VA-godkendelserne.

Kapitel 16. Isolering

Der er udsendt DIF-norm for termisk isolering af tekniske installationer, DS 452, hvortil der henvises.

Kapitel 17. Sikring af vandkvalitet

Den reviderede norm vil indeholde ændrede bestemmelser vedrørende sikring mod tilbagestrømning mv.

Kapitel 18. Støj

De maksimalt tilladelige støjniveauer er ændret og de nye grænser er angivet i Bygningsreglement 1982 og Bygningsreglement for småhuse 1985. Anvisningens generelle stof kan stadig anvendes.

Vandinstallationer

Vandinstallationer

FINN SCHMIDT-JØRGENSEN OG KAJ OVESEN

00836P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
ex. 3
18 JULI 1979



Statens Byggeforskningsinstitut 1979 · SBI-anvisning 118

SBI-publikationer

Statens Byggeforskningsinstituts publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Landbrugsbyggeri, Byplanlægning, Pjecer, Ydeevnebeskrivelser, Særtryk og Nomogrammer. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Instituttets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement

Instituttets publikationer kan også fås ved at tegne et abonnement. Dét sikrer samtidig løbende orientering om alle nye udgivelser. Der kan vælges mellem fire abonnementer omfattende forskellige af de udgivne serier. Information om abonnementernes omfang og vilkår fås hos SBI.

Tegninger: Søren Kildebro.

Skrivning af manuskript: Åse Henriksen og Solvej Duus.

Stikordsregister: Frode Antvorskov.

ISBN 87-563-0326-2.

Pris: Kr. 126,25 inkl. 20,25 pct. moms.

Oplag: 9.000. Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-anvisning 118: Vandinstallationer. 1979.

Forord

Denne SBI-anvisning er udarbejdet i tilknytning til den nye norm for vandinstallationer. Med den nye norm er afløbsnormen – som kom i 1974 – blevet fulgt op, således at vi nu for hele vand- og afløbsområdet har tidssvarende normer på et funktionelt grundlag.

Anvisningen er bygget op på helt samme måde som SBI-anvisning 96, Afløbsinstallationer, idet erfaringerne med denne form har været særdeles gode. Der har blandt andet været en intensiv kontakt med læserne, og vi håber, at en tilsvarende kontakt vil finde sted på denne anvisnings område.

Det er sket, at afløbsanvisningen er blevet opfattet som en forlængelse af afløbsnormen – hvori den er omtalt – og som havende samme lovkraft. Der er endog enkelte eksempler på, at myndigheder har afvist et installationsprojekt, og krævet en udførelse »i henhold til SBI-anvisningen« – på trods af at projektet ikke var i uoverensstemmelse med normen. Vi vil meget gerne undgå, at dette sker. For såvel vand- som afløbsanvisningen gælder det, at de rummer vejledning og *eksempler på udførelser, som er i overensstemmelse med normens krav* – men det kan andre udførelser også være.

Vandanvisningens område er så bredt, at det ikke i detaljer er dækket af de to forfattere. Det har derfor været en meget stor hjælp, at så mange har villet bidrage med råd og vejledning. Manuskriptet til anvisningen har været udsendt til mere end 100 personer og firmaer dækkende normudvalg, myndigheder, forsknings- og undervisningsinstitutter, projekterende, udførende og producenter. De mange konstruktive kommentarer har været af afgørende betydning for anvisningen. Endvidere har boligministeriet med støtte af kommunernes landsforening udarbejdet kapitlet om administrative forhold. SBI takker alle, som på denne måde har bidraget til anvisningen.

Brug af anvisningen

Anvisningen indeholder såvel grundlæggende stof (lærebogsstof) som anvisningsstof. Lærebogsstoffet er medtaget, hvor det skønnes nødvendigt for at læserne fuldt ud kan udnytte de muligheder for udførelse af en vandinstallation, som normen giver. Ved arbejde med ukomplicerede installationer vil det være unødvendigt at læse anvisningen i sin fulde udstrækning.

Anvisningen rummer et stikordsregister, som er placeret bag i bogen. Antallet af begreber i denne liste er søgt holdt nede, ligesom antallet af henvisninger til hvert begreb er holdt så lavt som muligt med henblik på bevarelse af oversigten. I mange tilfælde vil kapiteloversigterne på side 9–24 være en bedre indgang til emnerne – især når det søgte emne eller begreb skal forklares i en vis sammenhæng – i forbindelse med dimensionering, med udførelse, med henblik på korrosion osv.

Anvisningen er primært rettet mod projekteringsarbejde, således at forstå, at detaljerede arbejdsbeskrivelser ikke er medtaget. En væsentlig del af stoffet vil dog være af betydning også for udførende firmaer.

For læsere som udelukkende arbejder med små installationer i traditionel udførelse, vil det i almindelighed være tilstrækkeligt at læse om følgende emner:

Kapitel 1	– om anvisning, norm og godkendelse – om symboler og tegningssignaturer
Kapitel 2	– om myndighedernes krav til projektmaterialet
Kapitel 5	– om beregningsskemaet og vejledningen dertil – beregningseksempler efter behov
Kapitel 6	– læses i sin helhed
Kapitel 7	– om dimensionering ud fra tilladelig ventetid (fig. 7.1 og 7.2) – forenklet dimensionering af cirkulationssystemer
Kapitel 9	– læs om rørtyperne efter behov
Kapitel 11	– læs om installationsgenstande efter behov (sikring mod tilbagestrømning bør læses for de installationsgenstande, der arbejdes med)
Kapitel 12	– om dimensionering af anlæg for enfamiliehuse
Kapitel 13	– om elektrolyseanlæg
Kapitel 16	– om udførelse af isoleringsarbejdet, især fig. 16.4
Kapitel 18	– om støj i forbindelse med dimensionering ved forenklet beregning, især fig. 18.9
Kapitel 19	– om forebyggelse af korrosionsskader
Kapitel 21	– om målerplacering
Kapitel 22	– om ledningers ekspansion
Kapitel 23	– om forankring af ledninger, f. eks. bagstøbning
Kapitel 24	– om tæthedsprøvninger
Kapitel 25	– om forebyggende vedligeholdelse

De kapitler og afsnit, som ifølge ovenstående læseanvisning bør læses med henblik på projektering og udførelse af mindre installationer, er i kapiteloversigterne side 9–24 mærket med følgende symboler:

- kapitlet bør læses i sin helhed
- ◐ kapitlet kan læses delvis. De hovedafsnit, som indeholder det væsentligste stof, er mærket *
- kapitlet læses ikke

OVERSIGT

Indhold

Forord	5
Brug af anvisningen	6
Kapiteloversigter	9
Kapitel 1. Generelle bemærkninger	25
Kapitel 2. Administrative forhold	38
Kapitel 3. Vandforsyning	45
Kapitel 4. Dimensionering – grundlaget	51
Kapitel 5. Dimensionering ved beregning	74
Kapitel 6. Dimensionering ved forenklet beregning ..	139
Kapitel 7. Dimensionering af installationer for varmt brugs vand	163
Kapitel 8. Generelt om materiel og dets anvendelse ..	193
Kapitel 9. Rør, formstykker og samlingsmetoder	197
Kapitel 10. Armaturer	229
Kapitel 11. Installationsgenstande	255
Kapitel 12. Anlæg for produktion af varmt vand	273
Kapitel 13. Vandbehandlingsanlæg	334
Kapitel 14. Trykforøgning	345
Kapitel 15. Brandinstallationer	368
Kapitel 16. Isolering	380
Kapitel 17. Sikring af vandkvalitet	398
Kapitel 18. Støj	416
Kapitel 19. Korrosion	448
Kapitel 20. Vandbesparende foranstaltninger	479
Kapitel 21. Måling af vandforbrug	488
Kapitel 22. Vandinstallationers arrangement og tilrettelæggelse	499
Kapitel 23. Udførelse af vandinstallationer	538
Kapitel 24. Kontrol og prøvning	560
Kapitel 25. Vedligeholdelse	565
Litteraturliste	573
Stikordsregister	576
English Summary	582

KAPITELOVERSIGTER

KAPITEL 1 ●	GENERELLE BEMÆRKNINGER	25
	Anvisningens brug	25
	* Anvisning og norm	25
	* Godkendelse	26
	Godkendelsesproceduren	26
	Det internationale enhedssystem (SI)	27
	Standardblade for enheder	27
	Begreber, symboler og enheder anvendt i anvisningen ..	29
	Grundenheder	29
	Generelle symboler og enheder	30
	Tid og rum	30
	Masse, kraft og energi	30
	Varme, temperatur, fugt	31
	Strømninger	31
	Kemiske størrelser	31
	* Særlige symboler og begreber	32
	Tryk, trykforskel, tryktab	32
	Vandstrømme	34
	* Tegningssignaturer	35
KAPITEL 2 ●	ADMINISTRATIVE FORHOLD	38
	Generelt	38
	Byggesagsbehandlingen	38
	* Byggesagsbehandling	40
	* Dispensation	42
	* Klage	42
	Jordbrugserhvervenes bygninger	43
	Vandledninger i vej	44
	Vandledninger over anden mands grund	44
	* Autorisation	44
KAPITEL 3 ○	VANDFORSYNING	45
	Generelt	45
	Indvindingsanlæg	45
	Vandets kredsløb	45
	Grundvand	46
	Overfladevand	47
	Vandværket	47
	Grundvandets karakter	47
	Overfladevandets karakter	47
	Vandbehandling	48
	Krav til drikkevand	49
	Forsyningsledningerne	49
	Pumpeanlæg	49
	Forsyningsledningsnettet	50

KAPITEL 4 ○	DIMENSIONERING – GRUNDLAGET	51
	Generelt	51
	Energiligningen	53
	Energiindhold i en strømmende væske	55
	Energiindhold udtrykt ved højder	56
	Energiindholdet i SI-enheder	57
	Energitab ved strømning	57
	Energilinen	58
	Energitab	59
	Tryktab i lige rør	60
	Reynolds' tal	60
	Laminar strømning	61
	Turbulent strømning	61
	Colebrook-White's formel	61
	Anvendelse af Colebrook-White's formel	62
	Tryktab i enkeltmodstande	63
	Beregning af tryktab i enkeltmodstande	65
	Tryktabsberegning for en vandinstallation	65
KAPITEL 5 ●	DIMENSIONERING VED BEREKNING	74
	Normens krav	74
	Overordnede funktionskrav	74
	Normens beregningsforskrifter	75
	Andre hensyn ved beregningen	75
	Gennemgang af beregningsgrundlag	76
	Trykket i forsyningsledningen	76
	Normkrav	76
	Trykkets variation	77
	Laveste normale tryk, p_m	78
	Angivelse af det laveste normale tryk	79
	Det maksimale tryk	81
	Begrænsning af støjgener	81
	Normalvandstrømmen	81
	Fastsættelse af normalvandstrømmen	82
	Afvigelser fra normalvandstrømmen	82
	Taparmaturer med flere udløb	83
	Største sandsynlige vandstrøm	83
	Sandsynlighedsbegrebet	83
	Tilfældig og systematisk benyttelse	84
	Den sandsynlige vandstrøm ved tilfældig benyttelse	85
	Ledninger i beboelsesbygninger o.lign.	86
	Ledninger i andre bygningskategorier	87
	Særlige installationer	87
	Eksempel 5.1. Fællesvaskeri	88
	Sandsynlighedsteorien i praksis	92
	Den sandsynlige vandstrøm ved systematisk benyttelse	92
	Den sandsynlige vandstrøm i ledninger, der forsyner både tilfældigt og systematisk benyttede tapsteder	94

	Den sandsynlige vandstrøm i tilfælde af reducerede normalvandstrømme	94
	Forholdsregler mod korrosion	95
	Den samlede installation	97
	Beregning af tryk i installationen	97
	Det disponible trykfald	100
	Anvendelse af det disponible trykfald	101
	Tryktab i tilslutning til forsyningsledning	101
	Tryktab i stikledning	102
	Tryktab i vandmåler	103
	Tryktab i fordelingsledninger	104
	Tryktab i koblingsledninger	106
	Tryktab i aftapningsarmaturer, apparater og maskiner	110
	Tryktab i aftapningsarmaturer	110
	Brug af armaturkarakteristik	111
	Historisk udvikling i armaturkarakteristikken	112
	Trykgrupper	113
	Eksempel 5.1a. Tryktab i blandearmaturer	113
	Eksempel 5.1b. Ændret brug af blandearmatur	114
	Tryktab i installationsgenstande mv.	114
	* Beregningsskema	114
	Oversigt	116
	* Vejledning til beregningsskema	116
	Rørnettets geometri, pkt. 1-4	116
	Beregning af vandstrømme, pkt. 5-11	117
	Valg af rørdimension, pkt. 12-13	118
	Beregning af tryktab, pkt. 14-19	118
	Trykforhold i nettet, pkt. 20-25	119
	* Beregningseksempler	120
	Eksempel 5.2. En firetages boligejendom	120
	Eksempel 5.3. Erhvervsbygning	126
	Eksempel 5.4. Enfamiliehus	130
	Eksempel 5.5. Blokbebyggelse	136

KAPITEL 6 ●

DIMENSIONERING VED FORENKLET BEREKNING	139
Muligheder for forenkling	139
Mangler ved forenklete metoder	139
Forenklet dimensionering for beboelses- og kontorbygninger o.lign.	139
Betingelser for anvendelse af metoden	140
Begrænsninger i metoden	140
Fremgangsmåde ved den forenklete metode	141
Disponibelt tryktab pr. meter	141
Bestemmelse af vandstrømme	144
Fastlæggelse af rørdimensioner	144
Systemer, hvori der indgår systematisk benyttede tapsteder	153
Eksempler på anvendelse af den forenklete metode	154
Eksempel 6.1. En firetages boligejendom	154
Eksempel 6.2. Enfamiliehus	157

KAPITEL 7	DIMENSIONERING AF INSTALLATIONER FOR VARMT BRUGSVAND	163
	Generelt	163
	Normens krav	163
	Anlægstyper	165
	* Anlæg uden cirkulation	165
	Isolering	165
	Eksempel 7.1. Beregning af isoleringens indflydelse	166
	Dimensionering ud fra ventetid	166
	Eksempel 7.2. Enfamiliehus. Vurdering af behovet for cirkulation	169
	Eksempel 7.3. Ventetider i et anlæg med fordelerrør	171
	Muligheder for anlæg uden cirkulation	174
	Anlæg med cirkulation	174
	Vandets afkøling	174
	Beregning af cirkulerende vandstrøm	177
	Cirkulationsformer	177
	Dimensionering af pumpe	177
	Hastigheder i rørene	178
	Indregulering af cirkulationssystemet	178
	Cirkulationssystemer med en enkelt kreds	179
	Eksempel 7.4. Beregning af cirkulationssystem	179
	Cirkulationssystemer med flere kredse	181
	Eksempler på cirkulationssystemer	181
	* Forenklede beregninger	184
	Forudsætninger for forenklede beregninger	184
	Cirkulerende vandstrøm	185
	Tryktab i cirkulationssystemet	186
	Dimensionering af pumpe	187
	Cirkulationssystemer af kobberør	188
	Cirkulationssystemer af andre materialer	188
	Dimensionering af system med én kreds	188
	Dimensionering af system med flere kredse	190
KAPITEL 8	GENERELT OM MATERIEL OG DETS ANVENDELSE	193
	Normen	193
	Valg af materialer og materiel	193
	VA-godkendelse	194
	Klassifikation af materiel	195
KAPITEL 9	RØR, FORMSTYKKER OG SAMLINGSMETODER	197
	Generelt	197
	Ledninger i jord	198
	Støbejernsrør i jord	198
	Fremstilling	198
	Fysiske egenskaber	200
	Kemiske egenskaber	200

	Dimensioner	200
	Forarbejdning	200
	Formstykker	200
	Samlinger	202
	Kobberrør i jord	202
	PVC-rør i jord	204
	Fremstilling	204
	Fysiske egenskaber	204
	Kemiske egenskaber	204
	Dimensioner	204
	Forarbejdning	204
	Samlinger	205
	PEL-rør i jord	208
	Fremstilling	208
	Fysiske egenskaber	208
	Kemiske egenskaber	208
	Dimensioner	208
	Forarbejdning	209
	Formstykker	209
	Samlinger	210
	PEH-rør i jord	212
	Fremstilling	212
	Fysiske egenskaber	212
	Kemiske egenskaber	213
	Dimensioner	213
	Forarbejdning	213
	Formstykker	213
	Samlinger	213
	Asbestcementrør i jord	213
	Ledninger i bygning	214
	Varmforzinkede stålør i bygning	215
	Fremstilling	215
	Fysiske egenskaber	215
	Kemiske egenskaber	215
	Dimensioner	216
	Forarbejdning	216
	Samlinger	216
	Formstykker	216
	Kobberrør i bygning	218
	Fremstilling	218
	Fysiske egenskaber	218
	Kemiske egenskaber	219
	Dimensioner	219
	Bearbejdning	219
	Samlinger	220
	Rustfri stålør i bygning	224
	Fremstilling	224
	Fysiske egenskaber	225
	Kemiske egenskaber	225
	Dimensioner	225
	Bearbejdning	226
	Samlinger	226

PEX-rør i bygning	226
Fremstilling	226
Fysiske egenskaber	226
Kemiske egenskaber	227
Dimensioner	227
Bearbejdning	227
Samlinger	227

KAPITEL 10 ○

ARMATURER	229
Generelt	229
Normen	229
VA-godkendelse	229
Armaturernes hovedgrupper	230
Tapventiler og blandearmaturer	230
Normkrav	230
VA-godkendelse	231
Tapventiler	232
Forskellige grupper af tapventiler	232
Almindelige tapventiler	232
Tapventiler med tilbagestrømningssikring	232
Selvlukkende tapventiler	234
Skylleventiler	234
Blandearmaturer	235
Manuelt styrede blandearmaturer	236
To-grebs blandere, manuelt styrede	236
Et-grebs blandere, manuelt styrede	236
Særlige blandearmaturer	238
Automatisk styrede blandearmaturer	239
Trykstyrede blandearmaturer	239
Temperaturstyrede blandearmaturer	239
Afspærringsarmaturer	239
Armaturkonstruktioner	239
Trykstød	242
Manuel og automatisk styring	242
Magnetventiler	243
Reguleringsarmaturer	243
Reguleringsarmaturer, manuelt styrede	243
Reguleringsarmaturer, automatisk styrede	245
Tilbagestrømningssikringer	246
Kontraventiler	246
Vacuumventiler	248
Andre tilbagestrømningssikringer	251
Sikkerhedsarmaturer	251
Fjederbelastede sikkerhedsventiler	252
Vægtbelastede sikkerhedsventiler	252
Andre armaturer	253
Svømmerventiler	253

KAPITEL 11 ●

INSTALLATIONSGENSTANDE	255
Generelt	255
Badekar	256
Tilslutninger	256
Armaturtyper	256
Armaturmontering	256
Sikring mod tilbagestrømning	256
Særlige forhold	257
Bidet	257
Tilslutninger	257
Armaturtyper	257
Armaturmontering	257
Sikring mod tilbagestrømning	257
Bruser	258
Tilslutninger	258
Armaturtyper	258
Armaturmontering	258
Sikring mod tilbagestrømning	258
Særlige forhold	259
Fælles-brusere	259
Tilslutninger	259
Armaturtyper	259
Armaturmontering	260
Sikring mod tilbagestrømning	260
Sikring mod overstrømning	260
Særlige forhold	260
Cisterner (WC'er og urinaler)	260
Tilslutning	260
Installationstyper	261
Montering	261
Særlige forhold	261
Køkkenvask	262
Tilslutninger	262
Armaturtyper	262
Armaturmontering	262
Sikring mod tilbagestrømning	263
Særlige forhold	263
Havevandingshaner mv.	263
Tilslutninger	263
Armaturtyper	263
Armaturmontering	263
Sikring mod tilbagestrømning	263
Særlige forhold	263
Håndvaske	264
Tilslutninger	264
Armaturtyper	264
Armaturmontering	265
Sikring mod tilbagestrømning	265
Særlige forhold	265
Spulehaner o.lign.	265
Tilslutninger	265

Armaturtyper	265
Armaturmontering	265
Sikring mod tilbagestrømning	265
Særlige forhold	266
Påfyldningshaner	266
Tilslutninger	266
Armaturtyper	267
Sikring mod tilbagestrømning	267
Rengøringsvaske	267
Tilslutninger	267
Armaturtyper	267
Armaturmontering	268
Sikring mod tilbagestrømning	268
Skylleventiler (WC'er og urinaler)	268
Tilslutning	268
Armaturtyper	268
Særlige forhold	268
Vaske- og opvaskemaskiner – boliger	269
Tilslutninger	269
Montering	269
Sikring mod tilbagestrømning	269
Særlige forhold	270
Vaske- og opvaskemaskiner – erhverv	270
Tilslutninger	270
Montering	271
Sikring mod tilbagestrømning	271
Særlige forhold	271
Vaskerender	271
Tilslutninger	271
Armaturtyper	272
Armaturmontering	272
Sikring mod tilbagestrømning	272
Særlige forhold	272

KAPITEL 12

ANLÆG FOR PRODUKTION AF VARMT VAND	273
Generelt	273
Anlægstyper og deres virkemåde	274
Varmtvandstemperatur under drift	275
Et anlægs ydelse	276
Effekt og beholdervolumen	276
Det effektive beholdervolumen	277
Den effektive beholderydelse	279
Overslagsdata for varmtvandsbeholdere	280
Varmtvandsbehov	281
Tappeprogram	281
Sumkurve	284
Dimensionering	285
Dimensioneringsforudsætninger	286
Dimensionering af gennemstrømningsvarmere	287
Dimensionering af varmtvandsbeholdere	289

Eksempel 12.1. Erhvervsvirksomhed	292
Anlæg der forsyner boliger	295
* Dimensionering af anlæg for enfamiliehuse	295
Dimensionering af anlæg for flerfamiliehuse	299
Større beboelsesejendomme	299
Eksempel 12.2. Anlæg for 50 lejligheder	302
Regler for anvendelse af små beholdere	305
Vejledende regler for anlæg med 4–150 lejligheder	306
Anlægsformer	307
Varmtvandsbeholdere og gennemstrømningsvarmere	307
Trykfaste og ikke-trykfaste anlæg	308
Opvarmningsmåder	308
Beholdermaterialer	309
Generelle krav til anlæg og deres installation	309
Reparation og vedligeholdelse	309
Anoder	309
Elektrolyseanlæg	309
Armaturer	309
Tømning af anlæg	310
Renseadgang	310
Udtagning af varmeblader	310
Korrosionsbeskyttelse	310
Beholdere af stålplade uden overfladebehandling	310
Beholdere af emaljeret stålplade	310
Beholdere af stålplade med plastbelægning	311
Armaturer	311
Afspærring	311
Sikring mod tilbagestrømning	311
Sikkerhedsventil	312
Cirkulationsledningens tilslutning	316
Kontraventil	316
Cirkulationspumpe	316
Styring af varmtvandstemperatur	316
Begrænsning af vandtemperatur	316
Styring af vandtemperatur	317
Isolering	318
Varmtvandsbeholdere, vandopvarmede	318
Kappebeholdere	318
Varmtvandsbeholdere med indlagt varmeblade	321
Gennemstrømningsvarmere	323
Effektiv beholderydelse	323
Tryktab i gennemstrømningsvarmere	323
Anlægstyper	324
Elvandvarmere	324
Udførelsesformer	325
Godkendelse	325
Ydelse	325
Anvendelsesområder	326
Kalkaf sætninger	327
Gasvandvarmere	327
Ydelse	327
Godkendelse	328

KAPITEL 13 ●

Skoldningsrisiko	328
Anlæg for fjernvarmeopvarmning	328
Trykforhold	328
Varmtvandsbeholdere for fjernvarme	329
Gennemstrømningsvarmere for fjernvarme	329
Anlægstyper	330
Kedelunits	330
Godkendelse	330
Armaturer	330
Anlægstyper	330
Anlæg for opvarmning med damp og hedtvand	332
Arbejdstilsynet	332
Anlægstyper	332
Anlæg for hedt brugsvand	332
Kalkudfældning	332
Anlægstyper	333

VANDBEHANDLINGSANLÆG	334
Generelt	334
Normens krav	334
Anlægstyper	335
Blødgøringsanlæg	335
Vandets hårdhed	335
Ionbytningsanlæg	335
Anlæg med enkelt ionbytning	337
* Elektrolyseanlæg	340
Vandets egenskaber	340
Elektrolyseanlægs virkemåde	341
Magnesiumanoder	343
Mekaniske filtre	344
Anlæg for kemikaliedosering	344

KAPITEL 14 ○

TRYKFORØGNING	345
Generelt	345
Normens krav	345
Trykforhold	345
Støj	346
Kritiske tapsteder	346
Det laveste nødvendige faktiske tryk p_1	349
Zone-delning	349
Opdeling af installation	349
Trykforøgeranlæg	351
Hydroforanlæg	351
Hydroforanlæg med forkompression	351
Dimensionering af hydroforanlæg med forkompression	354
Hydroforanlæg uden forkompression	362
Trykforøgeranlæg uden beholder	362
Anlæg med statisk frekvensomformer	362
Anlæg med thyristor-spændingsregulator	364
Anlæg med flere faste omdrejningstal	364
Højdebeholdere (cisterner)	364

KAPITEL 15 ○

BRANDINSTALLATIONER	368
Generelt	368
Bygningsreglement BR-77	368
Brandslukningsanlæg	368
Brandforsikring	368
Normens krav	369
Brandslukningsanlægstyper	369
Brandhaner	369
Anlæg med brandventiler	373
Anlæg med vandfyldte slangevinder	374
Overrisslingsanlæg	375
Sprinkleranlæg	375

KAPITEL 16 ●

ISOLERING	380
Generelt	380
Normen	380
Bygningsreglementet	380
ABI	380
Ledninger i bygning	381
Isolering mod varmetab	381
Isolering mod frost	384
Isolering mod kondens	388
Isolering mod utilsigtet opvarmning	392
Ledninger i jord	392
Varmtvandsledninger	392
Koldtvalsledninger	392
* Udførelse af isoleringsarbejdet	394
Generelt	394
Materialer	394
Udførelse af isolering	396
Isolering mod varmetab	396
Isolering mod kondensdannelse	396

KAPITEL 17 ○

SIKRING AF VANDKVALITET	398
Generelt	398
Normens krav	398
Vandets kvalitet	398
Risici for forurening	399
Forbindelse til andre vandforsyninger	399
Rensning af installationer	400
Før ibrugtagning	400
Efter udsyring	400
Efter anden forurening	400
Krav til materialer	401
Generelt	401
Overfladebehandlinger	401
Anoder	402
Diffusion gennem rørvægge	402
Indtrængning som følge af korrosion	402

Forbindelse til andre installationer	403
Sikring mod tilbagestrømning	403
Generelt	403
Normens krav	404
Sikring mod tilbagestrømning af behandlet vand	404
Mekaniske filtre	404
Blødgøringsanlæg	404
Kulfiltre	405
Doseringsapparater	405
Anlæg for varmtvandsproduktion	405
Elektrolyseanlæg	406
Tilberednings- og serveringsapparater	406
Sikring mod tilbagestrømning af aftappet vand	406
Permanente forbindelser	407
Sanitetsgenstande	407
Fælles sikring af flere installationsgenstande	408
Installationer med særlig forureningsrisiko	408
Midlertidige forbindelser	409
Periodevis ubenyttede installationer	409
Metoder til sikring mod tilbagestrømning	410
Luftgab	411
Kontraventiler	412
Vacuumventiler	413
Åbne vacuumventiler (åbne rørafbrydere)	415
Placering af vacuumventil	415
Andre tilbagestrømningssikringer	415

KAPITEL 18

STØJ	416
Generelt	416
Lyd	416
Lydtryk	417
Svingninger	418
Lovmæssige bestemmelser	419
Gyldighedsområde	419
Bestemmelsernes indhold	420
Kontrol af bestemmelsernes overholdelse	421
Vanskeligheder med overholdelse af støjbestemmelserne	422
Støjens opståen	422
Omsætning af energi	422
Støjkloder	423
Armaturer	424
Støjsvage modstande	424
Luftblandere	424
Strålesamlere	426
Vaske- og opvaskemaskiner	426
Cisterner	427
Badekar	428
Støj fra armaturer	428
Strømning gennem en modstand	428
Måling af støjen	429

Anvendelse af målte værdier	431
Opdeling af armaturer i støjgrupper	432
Anvendelse af støjgrupper	433
Data i godkendelsesblad	434
Støjens udbredelse	435
Svingninger i rørsystemet	435
Svingninger i bygningsdele	435
Støjudbredelse i rørsystemet	435
Støjdæmpning	436
Projektering med henblik på støj	437
Fremgangsmåde ved projektering	437
Valg af armaturer	438
Eksempel 18.1. Valg af armaturer	440
Støjsvage modstande	445
Eksempel 18.2. Støjsvage modstande	445
* Hensyn til støj ved dimensionering ved forenklet beregning	446

KAPITEL 19

KORROSION	448
Generelt	448
Normens krav	448
VA-godkendelser	449
Årsager til korrosion	449
Vandets fysiske og kemiske egenskaber	449
Vandets hårdhed og aggressive kuldioxid	450
Vandets hårdhed i Danmark	451
Ligevægtskurver	452
Ilt (O ₂) i drikkevand	454
Ledningsevne (konduktivitet)	454
Chloridindhold	455
Sulfatindhold	456
pH-værdien	456
Vandets temperatur	456
Korrosionsformer	456
Elektrokemisk korrosion	457
Galvanisk korrosion	459
Fladetæring	460
Grubetæring	460
Selektiv korrosion	461
Spændingskorrosion	461
Udmattelseskorrosion	461
Turbulenskorrosion	461
Typiske korrosionsskader	462
Korrosionsskader i rør og samlinger	462
Ledninger af varmforzinket stål	462
Ledninger af kobber	464
Ledninger af andre materialer	464
Korrosionsskader i beholdere	464
* Forebyggelse af korrosionsskader	464
* Forebyggelse af korrosionsskader i ledningssystemet	465
Ledningssystemer af varmforzinket stål	465

KAPITEL 20 ○

VANDBESPARENDE FORANSTALTNINGER	479
Generelt	479
Vandnormens krav	479
Andre myndighedsbestemmelser	480
Utætte ledninger	481
Ledninger i jord	481
Ledninger i bygning	482
Utætte armaturer	482
Aftapningsarmaturer	482
Cisterner	482
Sikring af passende vandtemperatur	482
Sikring af koldt vandtemperatur	483
Sikring af varmt vandtemperatur	483
Unødvendigt forbrug	484
Eksempler på unødvendigt vandforbrug	484
Foranstaltninger mod unødvendigt forbrug	484
Vand til erhvervsformål	485
Vand til vandingsformål	485
Sanitære installationer	486
Måling af vandforbrug	487

KAPITEL 21 ●

MÅLING AF VANDFORBRUG	488
Generelt	488
Målertyper	488
Vingehjulsmålere	489
Woltmanmålere	490
Volumenmålere	490
Måling af varmtvandsforbrug	490
Dimensionering af målere	491
Fastlæggelse af målerstørrelse	492
Eksempel 21.1. Beregning af målerstørrelse til et enfamiliehus	493
Størrelse af woltmanmålere	493
* Målerplacering	494
Målerbrønde	495
Målere i bygning	495
Målerarrangement	496
Særlige forhold	498
Umålt forbrug	498

KAPITEL 22 ●

VANDINSTALLATIONERS ARRANGEMENT OG TILRETTELÆGGELSE	499
Generelt	499
Forundersøgelse	499
Tilslutningsforhold	499
Tilslutningsbetingelser	501
Ydre forhold	502
Programmering	503
Eksisterende installationer	504
Planlagte installationer	504
Fremtidige installationer	506
Projektering	507
Generelt	507
Projektering af stik- og jordledninger	507
Stikledninger	507
Jordledninger	509
Jordledningers anbringelse i forhold til omgivelserne	511
Særlige forhold ved jordledninger	515
Indføring af jordledning i bygning	516
Vandmålere	516
Projektering af vandinstallationer i bygninger	517
Ledninger i bygning	517
Opdeling af installationen	517
* Ledningers anbringelse i bygning	519
Bæringer	520
Ledningers ekspansion	520
Eksempel 22.1. En lednings varmeudvidelse	523
Optagelse af ekspansion	524
Ekspansionssløjfer	524
Sideslag	524
Ekspansion af fritliggende ledninger	525
Ekspansionsmuligheder for indstøbte og indmurede rør	528
Rørgennemføringer	529
Armaturs montering på rørledninger	531
Ledningers føring	531
Ledningers udskiftelighed	531
Udskiftelige eller ikke-udskiftelige ledninger	534
Synlige og ikke-synlige ledninger	535
Ledningers forhold til omgivelserne	535
Kemiske påvirkninger på ledninger	535
Fysiske påvirkninger på ledninger	535
Termiske påvirkninger på ledninger	536
Ledninger i sikringsrum	537

KAPITEL 23 ●

UDFØRELSE AF VANDINSTALLATIONER	538
Generelt	538
Andre normer	538
VA-godkendelse	538
Lov om autorisation	539

Gennemførelse af arbejder i vejareal	539
Ledningsarbejdets tilrettelæggelse	540
Udførelse af installationsarbejdet	543
Tilslutning til forsyningsledningen	543
Generelt	543
Anboring	543
Anbøringsdimension	543
Anbørings udførelse	544
Tilslutning med T-stykke	546
Stikledning	546
Ledningsarbejder	546
Afspærringsmuligheder	546
* Installationer i jord	547
Ledninger i jord	547
Støbejernsrør	548
Plastrør	549
Overgang til installationer i bygning	554
Gennemføring i fundamenter	554
Gennemføring i kælderydervægge	555
Gennemføringer i gulv på jord	556
Installationer i bygning	557
Målerinstallation	557
Ledningsarbejder	557
Bæring	557
Isolering	558
 KAPITEL 24 ● KONTROL OG PRØVNING	 560
Generelt	560
Kontrol	560
Myndighedskontrol	560
Bygherrens kontrol	561
* Prøvning	561
Funktionsprøvninger	561
Tæthedsprøvninger	562
 KAPITEL 25 ● VEDLIGEHOLDELSE	 565
Generelt	565
Planlægningsfasen	565
Normens krav	566
Forberedt vedligeholdelse	567
* Forebyggende vedligeholdelse	567
Gennemskylning af installationen	567
Anlæg for varmtvandsproduktion	568
Fejlfinding	570
Installationer for varmt vand	571
Reparationer	572

Kapitel 1

Generelle bemærkninger

Dette kapitel fortæller lidt om norm, godkendelse og anvisningen og dens brug. Herudover er omtalt emner, som har betydning for mange af de øvrige kapitler, nemlig signaturer, symboler og enheder.

Anvisningens brug

Anvisningen rummer et stikordsregister, som er placeret bag i bogen. Antallet af begreber i denne liste er søgt holdt nede, ligesom antallet af henvisninger til hvert begreb er holdt så lavt som muligt med henblik på bevarelse af oversigten. I mange tilfælde vil kapiteloversigterne på side 9-24 være en bedre indgang til emnerne – især når det søgte emne eller begreb skal forklares i en vis sammenhæng – i forbindelse med dimensionering, med udførelse, med henblik på korrosion osv.

Anvisning og norm

Denne anvisning er beregnet til at kunne bruges sammen med DIF's »Norm for vandinstallationer«, DS 439. Normen indeholder i det væsentlige de lovmæssige krav til en vandinstallation, mens anvisningen beskriver, hvorledes man på grundlag af normen kan projekttere og udføre installationen.

Normen er i overvejende grad baseret på funktionskrav, dvs. der stilles krav til de egenskaber, som en komponent eller en installation skal have, men der stilles ikke specificerede krav til materiale og udformning. Der findes ganske vist i

normen en lang række vejledninger, og hvis man følger disse, kan man regne med, at normen er opfyldt. Vejledningerne har ikke lovmæssig karakter og kan derfor ikke kræves fulgt – men så skal det på anden måde dokumenteres, at normens funktionelle krav er opfyldt. Dette kan ske ved beregning, forsøg eller på anden måde.

Godkendelse

Alt vand- og afløbsmateriel skal principielt være godkendt. Godkendelsen, der gives af boligministeriet, går på fabrikatet i den forelagte udførelse – ikke på materiale eller konstruktion. Man kan altså ikke tale om »godkendte materialer«, men kun om godkendte produkter.

Godkendelsesproceduren

Anmodning om godkendelse sker til VA-godkendelsens sekretariat, der oplyser om de nødvendige prøvninger, samt udpeger laboratorier, som kan udføre disse. Når prøvningerne er udført og prøveresultaterne tilstillet sekretariatet, behandles materialet, og der udstedes en godkendelse, hvis resultaterne er tilfredsstillende. Godkendelserne har altid en begrænset gyldighedsperiode, der normalt er på 5 år. Hvis produktet ændres i gyldighedsperioden, skal der søges fornyet godkendelse. Hvis dette ikke gøres, kan den oprindelige godkendelse inddrages med øjeblikkelig virkning, hvilket vil gøre anvendelse af det pågældende produkt ulovlig i forbindelse med installationer, som er underlagt vandnormen.

Som grundlag for prøvning og godkendelse foreligger der for en lang række komponenter godkendelses- og prøvningsbetingelser. Ansøgere om godkendelse kan få disse betingelser udleveret, således at kravene til den pågældende komponent er kendt på forhånd. For enkelte komponenter kan der være tvivl om, hvorvidt de skal godkendes eller ej. Dette afgøres af boligministeriet, således at der ved en ansøgning enten meddeles ansøgeren, at godkendelse ikke kræves, eller godkendelsesproceduren iværksættes.

Der er et udstrakt nordisk samarbejde på VA-området.

Godkendelses- og prøvningsbetingelser

Godkendelse og prøvning i andre lande

Godkendelsesblade

Det er ikke muligt direkte at overføre en godkendelse fra ét nordisk land til et andet, men da godkendelses- og prøvningsbetingelser for mange af komponenterne er udarbejdet i et nordisk fællesskab, vil godkendelse i et andet nordisk land ofte være en meget enkel sag. Der er her set bort fra områder, hvor man af geografiske eller af andre grunde arbejder med forskellige betingelser.

Godkendelser offentliggøres i form af godkendelsesblade, som automatisk tilstilles alle amter og kommuner. Det er også muligt for andre at abonnere på disse blade, hvilket i stor udstrækning udnyttes af branchen. Godkendelsesbladene opdeles efter den oversigt, der er vist i fig. 1.1.

For komponenter, der kun påregnes fremstillet i et begrænset antal eksemplarer, kan der udstedes godkendelser, der ikke optages i godkendelsesbladene. Ved behandling af de respektive byggesager må fabrikant eller importør fremsende kopi af godkendelse til den pågældende myndighed.

Det internationale enhedssystem (SI)

I følge handelsministeriets bekendtgørelse nr. 320 af 21. juni 1977 skal det internationale enhedssystem (SI = *Système Internationale*) fremtidigt anvendes »ved salg af varer og levering af tjeneste- og transportydelser samt i den offentlige administration«. Dette betyder, at man må påregne, at der – med visse undtagelser – skal anvendes SI-enheder overalt, og også ved beregning af vandinstallationer. Der er ligeledes i vandnormen konsekvent anvendt SI-enheder.

Standardblade for enheder

De væsentlige dele af det internationale enhedssystem er beskrevet i den nævnte bekendtgørelse, se [1.1] *). En mere indgående beskrivelse er givet i en serie af standardblade, se [1.2]. Der er her givet dels regler for, hvordan man på fornuftig måde arbejder med størrelser, enheder og symboler, og dels for hvert område (mekanik, varmelære osv.) givet en

*) Alle talangivelser i [kantet parentes] er henvisninger til litteraturlisten side 573.



KLASSIFICERING AF VA-INSTALLATIONSMATERIEL

- | | | |
|---|---|---|
| <p>0. Administration</p> <p>1. Vandinstallationer</p> <p>1.1 Rør- og formstykker</p> <p>1.10 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.11 Støbejern</p> <p>1.12 Stål</p> <p>1.13 Øvrige metaller</p> <p>1.14 Plast, gummi og andre højmolekulære materialer</p> <p>1.15 Asbestcement</p> <p>1.16 Beton</p> <p>1.17 Keramiske materialer</p> <p>1.19 Andre rør- og formstykker</p> <p>1.2 Samlinger</p> <p>1.20 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.21 Loddessamlinger</p> <p>1.22 Kompressionsfittings</p> <p>1.23 Gevindsamlinger</p> <p>1.24 Muffe- og flangesamlinger</p> <p>1.25 Pakmateriale</p> <p>1.26 Loddemateriale</p> <p>1.29 Andre samlinger</p> <p>1.3 Ekspansionsanordninger</p> <p>1.30 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.31 Ekspansionsanordninger</p> <p>1.4 Aftapningsarmaturer</p> <p>1.40 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.41 Tapventil</p> <p>1.42 Blander, manuelt styret</p> <p>1.43 Blander, automatisk styret</p> <p>1.44 Specialarmatur</p> <p>1.49 Andre aftapningsarmaturer</p> <p>1.5 Afspærrings- og reguleringsarmaturer</p> <p>1.50 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.51 Afspærringsventiler, manuelt styret</p> <p>1.52 Afspærringsventiler, automatisk styret</p> <p>1.53 Reguleringsventiler, manuelt styret</p> <p>1.54 Reguleringsventiler, automatisk styret</p> <p>1.55 Kontraventiler</p> <p>1.56 Vacuumventiler</p> <p>1.57 Andre tilbagesugnings-sikringer</p> <p>1.58 Sikkerhedsventiler</p> <p>1.59 Andre afspærrings- og reguleringsarmaturer</p> | <p>1.6 Tilbehør</p> <p>1.60 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.61 Strålesamlere, luftindblandere</p> <p>1.62 Brusetilbehør, sier o.l.</p> <p>1.63 Mundstykker</p> <p>1.64 Specialtilslutninger</p> <p>1.65 Ejektorer</p> <p>1.69 Diverse tilbehør</p> <p>1.7 Pumper, trykregulering</p> <p>1.70 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.71 Cirkulationspumper</p> <p>1.72 Trykforøgelses anlæg</p> <p>1.73 Hydroforer</p> <p>1.74 Trykreduktionsventiler</p> <p>1.79 Andet</p> <p>1.9 Andre vandinstallationskomponenter</p> <p>1.90 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>1.91 Materiale til vandmateriel</p> <p>1.92 Cisterner</p> <p>1.99 Andet</p> <p>2. Afløbsinstallationer</p> <p>3. Maskiner, apparatur</p> <p>3.1 Vandbehandlingsanlæg</p> <p>3.10 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>3.11 Mekanisk filter</p> <p>3.12 Blødgøringsanlæg</p> <p>3.13 Kulfilter o.l.</p> <p>3.14 Doseringsapparater</p> <p>3.15 Elektrolytisk vandbehandling</p> <p>3.19 Andre vandbehandlingsanlæg</p> <p>3.2 Vandvarmere</p> <p>3.20 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>3.21 Forrådsbeholdere, vand eller dampopvarmede</p> <p>3.22 Gennemstrømningsvandvarmere, vandopvarmede</p> <p>3.23 El-opvarmede vandvarmere</p> <p>3.24 Gas-opvarmede vandvarmere</p> <p>3.29 Andre vandvarmere</p> <p>3.3 Køling, befugtning</p> <p>3.30 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>3.31 Køleanlæg og kølesyst.</p> <p>3.32 Befugtningssanlæg</p> <p>3.39 Andet</p> | <p>3.4 Vask, skylning o.l.</p> <p>3.40 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>3.41 Vaskemaskiner, husholdningsbrug</p> <p>3.42 Vaskemaskiner, erhverv o.l.</p> <p>3.43 Opvaskemaskiner, husholdningsbrug</p> <p>3.44 Opvaskemaskiner, erhverv o.l.</p> <p>3.45 Skylleapparater mm.</p> <p>3.46 Affaldskværne</p> <p>3.47 Bilvaskeanlæg</p> <p>3.49 Andre</p> <p>3.5 Tilberednings- og serveringsapparater</p> <p>3.50 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>3.51 Koldtdriksautomater</p> <p>3.52 Varmtdriksautomater</p> <p>3.53 Isterningssmaskine</p> <p>3.54 Drikkefontæner o.l.</p> <p>3.59 Andre</p> <p>3.6 Måleinstrumenter</p> <p>3.60 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>3.61 Vandmålere</p> <p>3.69 Andre måleinstrumenter</p> <p>3.9 Andre maskiner og apparatur</p> <p>3.90 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>3.91 Sterilisationsapparatur</p> <p>3.99 Specielt apparatur</p> <p>4. Sammensatte VA-komponenter</p> <p>4.1 Installationsvægge, præfabrikerede</p> <p>4.10 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>4.11 Installationsvægge, præfabrikerede</p> <p>4.2 Volumenelement</p> <p>4.20 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>4.21 Volumenelement</p> <p>4.3 Tilbehør</p> <p>4.30 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>4.31 Tilbehør</p> <p>4.4 Værktøj mm.</p> <p>4.40 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</p> <p>4.41 Værktøj, renseanordninger mm.</p> <p>4.9 Andre VA-komponenter</p> |
|---|---|---|

Fig. 1.1. Uddrag af klassificering af VA-installationsmateriel (boligministeriets VA-godkendelse). De respektive godkendelser klassificeres efter dette system.

oversigt over anvendte enheder, deres definition og omregningsfaktorer til andre enheder.

Begreber, symboler og enheder anvendt i anvisningen

Overgangen til SI-enheder vil uden tvivl volde vanskeligheder for mange. Derfor er angivelsen af SI-enheden mange steder suppleret med talstørrelsen i traditionelle enheder i parentes. Af samme grund er beregningseksempler og udledelser nogle steder vist, som om udførelsen af regningen sker i traditionelle enheder, efterfulgt af en omsætning til SI-enheder.

De symboler og enheder, der anvendes i anvisningen, er i overensstemmelse med normens, men herudover er der i anvisningen anvendt størrelser, som ikke findes i normen. I det følgende er der givet en kommenteret liste over de vigtigste begreber, symboler og enheder.

Grundenheder

De enheder, der er anvendt i det følgende, kan afledes af grundenhederne

meter (m) for længde,
kilogram (kg) for masse,
sekund (s) for tid og
kelvin (K) for temperatur.

For temperaturen anvendes i tekniske beregninger som oftest °C (grader Celsius), der er defineret ud fra kelvingraden ved

$$T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15 \quad (1.1)$$

Forskellen på de to skalaer er altså blot en forskel i nulpunktet.

Generelle symboler og enheder

De i anvisningen anvendte symboler er i vid udstrækning identisk med de i DS 2001 angivne. De hyppigst anvendte er følgende.

SYMBOL ENHED

Tid og rum

t	s	Tid generelt. Symbolet t er søgt forbeholdt for tid, mens T anvendes til temperatur
t_G	s	Genopvarmningstid for varmtvandsbeholder
l	m	Længde generelt
L	m	Længde generelt samt samlet længde af en række ledningsstrækninger. I normen betegner L summen af længderne af stikledning og fordelingsledning til øverste og/eller fjerneste tapsted (farligste punkt)
H, h ..	m, mm	Højder generelt
d	mm, m	Indvendig rørdiameter
d_u ...	mm, m	Udvendig rørdiameter
s	mm	Godstykkelse
A	m ²	Areal generelt
V	m ³	Volumen generelt. Vandmængde (ikke at forveksle med vandstrøm)
V_{eff} ...	m ³	Det effektive beholdervolumen for en varmtvandsbeholder
v	m/s	Hastighed
g	m/s ²	Tyngdens acceleration = 9,81 m/s ²

Masse, kraft og energi

m	kg	Masse
ρ	kg/m ³	Massefylde (kaldes også massetæthed eller densitet)
F	N	Kraft
E	J (Joule) ...	Energi, arbejde
E_{eff} ...	J, kWh	Det effektive energiindhold af en varmtvandsbeholder
P	W (Watt) ...	Effekt, arbejde pr. tidsenhed
P_{eff} ...	W, kW	Den effektive beholderydelse for en varmtvandsbeholder

SYMBOL ENHED

		<i>Varme, temperatur, fugt</i>
T	°C	Temperatur generelt
ΔT ...	°C	Temperaturforskel
T_i	°C	Indvendig temperatur, temperatur af vandet i et rør
T_u ...	°C	Omgivelsernes temperatur
T_o ...	°C	Overfladetemperatur, begyndelsestemperatur
T_V ...	°C	Varmtvandstemperatur
T_K ...	°C	Koldtvandstemperatur
T_d ...	°C	Dugpunktstemperatur
Q	J (Joule) ...	Varmemængde (= energi)
Φ	W (Watt) ...	Varmestrøm (= effekt). Betegnelsen varmetab anvendes også i betydningen varmemestrøm
α	W/(m ² · °C)	Varmeovergangstal generelt
α_i	W/(m ² · °C)	Indvendigt varmeovergangstal
α_u ...	W/(m ² · °C)	Udvendigt varmeovergangstal
α_s	W/(m ² · °C)	Varmeovergangstal ved stråling
α_k ...	W/(m ² · °C)	Varmeovergangstal ved konvektion
λ	W/(m · °C)	Varmeledningsevne
φ	% , dim.løs .	Relativ luftfugtighed
c	J/(kg · °C) .	Varmefylde. For vand er varmfylde ved 0 °C: 4218 J/kg · °C og ved 30–40 °C, hvor den er lavest, er den 4178 J/(kg · °C). I vandinstallationer kan man som regel med tilstrækkelig god tilnærmelse regne med $c = 4200$ J/(kg · °C) eller $c = 4,2$ kJ/(kg · °C) (det svarer til en temperatur på ca. 15 °C)
k	W/(m ² · °C)	Transmissionskoefficient
$k_{rør}$...	W/(m · °C) .	Transmissionstallet pr. lb. m rør. Vær opmærksom på, at k og $k_{rør}$ har forskellige enheder

Strømninger

λ	dim.løs	Friktionskoefficienten for rørstrømning
ζ	dim.løs	Modstandstallet for enkeltmodstande
ν	m ² /s	Den kinematiske viskositet
Re ...	dim.løs	Reynolds' tal
k	m, mm	Den absolutte rørruhed

Kemiske størrelser

h	°dH	Hårdhedsgraden for vand (tysk hårdhedsgrad)
----------	-----------	---

SYMBOL	ENHED	
	mmol/l	Hårdhedsgrad for vand, koncentration
	(millimol pr. liter)	
	mg/l	Koncentration
	(milligram pr. liter)	
	ingen dim. ...	pH-værdi
	mS/m	Konduktivitet, ledningsevne
	(millisiemens pr. meter)	

Særlige symboler og begreber

Der er en række symboler, som specielt anvendes i forbindelse med beregning af vandinstallationer.

SYMBOL	BEGREB	
		<i>Tryk, trykforskel, tryktab</i>
		Tryk angives i N/m ² (Newton pr. kvadratmeter), som – anvendt som trykenhed – kaldes for Pa (Pascal). Her bruges den 1000 gange større enhed kPa (kilopascal). Omregning mellem forskellige trykenheder er vist i fig. 1.2.
p	tryk	Det almindeligt anvendte symbol for tryk. Hvor intet andet er anført, betegner p det statiske tryk, dvs. det tryk, der kan måles ved et trykudtag i rørvæggen, se fig. 4.3.
p_d ...	det dynamiske tryk	Det dynamiske tryk – også kaldet hastighedstrykket – er den trykstigning, som kunne opnås ved opbremsning af vandstrømmen, se fig. 4.3. Det dynamiske tryk kan beregnes ud fra vandets hastighed v og massefylde ρ til
		$p_d = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (1.2)$
p_{tot} ...	det totale tryk	Det totale tryk er summen af det statiske tryk og det dynamiske tryk
		$p_{tot} = p + \frac{1}{2} \rho v^2$

SYMBOL	BEGREB	
		Når betegnelsen tryk anvendes alene, menes der normalt statisk tryk. I vandinstallationer er hastighederne de fleste steder så små, at der kun er lille forskel på det statiske og det totale tryk
p_o	hviletryk ...	Det tryk, som kan måles i et punkt af en installation, hvor der ingen strømning er – ingen tapning og ingen pumpe i gang
p_{res} ...	resulterende tryk	Det tryk, som kan måles i et punkt af en installation, hvor der foregår en strømning. I et system med pumpecirkulation er det største resulterende tryk lig med summen af hviletrykket og trykforøgelsen i pumpen
p_{max} ..	maksimalt tryk	Det normalt forekommende højeste vandtryk i forsyningspunktet
p_{disp} ..	det disponible tryk ..	Defineret i normen som det til tryktab i stikledning og fordelingsledning disponible tryk. Anvendes kun i forbindelse med normens dimensionering ved forenklet beregning. Undgå forveksling med Δp_{disp} , se denne.
p_{ln} ...	laveste normale tryk ...	Laveste normalt forekommende vandtryk i forsyningspunktet
p_n	tryk i et punkt	Trykket i punktet n i en vandinstallation. (Normens definition er lidt anderledes)
Δp ...	trykforskel .	Trykforskel, det almindeligt anvendte symbol for trykforskel eller tryktab, idet Δ betegner en differens.
Δp_e ..	.....	Tryktab i enkeltmodstande
Δp_l ..	.....	Tryktab i lige rørstrækninger
Δp_a ..	.....	Tryktab i anboring
Δp_k ..	.....	Tryktab i koblingsledning
Δp_M .	.....	Tryktab i måler
Δp_P ..	.....	Trykforøgelse i en pumpe
Δp_{vm} ..	.....	Tryktab i tapventil (eller andet taparmatur) ved fuldt åben ventil ved normalvandstrømmen
$\Delta p_{v, 70}$ .....	.....	Tryktab i tapventil (eller andet taparmatur) ved fuldt åben ventil ved 70 % af normalvandstrømmen
$\Delta p_{v, 150}$ .....	.....	Tryktab i tapventil (eller andet taparmatur) ved fuldt åben ventil ved 150 % af normalvandstrømmen

SYMBOL BEGREB

Δp_{disp}	det disponible trykfald	Det disponible trykfald, dvs. det trykfald, der er til rådighed til tab i rør og enkeltmodstande langs rørevejen fra forsyningspunkt (<i>F</i>) til det »farligste punkt« (<i>FP</i>) i installation, heri medregnet tryktab i tapventil. Ved det farligste punkt forstås her det punkt i installationen, som ligger ugunstigst for forsyning – som regel det punkt som ligger højest oppe og længst væk fra forsyningspunktet. Det disponible trykfald anvendes generelt i anvisningen ved beregning. Undgå forveksling med p_{disp} , se denne.
R	tryktab pr. meter rør	Tryktabet pr. meter af en lige rørstrækning. R angives i kPa/m. På SBI-nomogrammerne fig. 4.8–4.13 er R dog angivet i Pa/m.
R_{disp} .	.....	Det disponible trykfald pr. meter lige rør af en given rørevej.

Vandstrømme

Vandstrømme måles i l/s (liter pr. sekund). Der burde anvendes m³/s, men denne enhed giver meget små talværdier i beregninger af vandinstallationer. Omsætningen er dog nem, idet 1 l = 1 dm³ = 10⁻³ m³ = 0,001 m³. I enkelte kapitler arbejdes tillige med m³/h

	Vandmængde	Tidligere anvendtes ofte betegnelsen »vandmængde« i betydningen »vandstrøm«. Undgå dette, da det kan bringe forvirring.
q	vandstrøm	Det almindeligt anvendte symbol for vandstrøm. Bemærk, at i normen anvendes q kun som den største sandsynlige vandstrøm i en ledning
q_n ...	normalvandstrøm	Den vandstrøm til det enkelte tapsted, som skal danne grundlag for beregningen
$q_{n, max}$	største normalvandstrøm	Den største af normalvandstrømmene for de tapsteder, som den pågældende ledning forsyner
q_s ....	.....	Den største sandsynlige vandstrøm for de tilfældigt benyttede tapsteder, der er tilsluttet den pågældende ledning

SYMBOL BEGREB

q_{syn} ..	.....	Summen af vandstrømmene fra alle samtidigt systematisk benyttede tapsteder, der er tilsluttet den pågældende ledning
Σq_n ..	sum af normalvandstrømme	Summen af normalvandstrømmene for alle tilfældigt benyttede tapsteder, der er tilsluttet den pågældende ledning.
q_C ...	.....	Vandstrøm i en cirkulationsledning

SYMBOL

Koter

En kote er højden over et bestemt referenceniveau. Normalt er koter regnet ud fra DNN (*Dansk Normal Nul*), men principielt kan andre referencer også anvendes. Koter angives i m

z	Kote til et vilkårligt punkt
z_n	Koten til punktet mærket n , dvs. punktets højde over referencefladen, f.eks. DNN
z_F	Kote til forsyningspunktet, dvs. det punkt, hvor stikledningen udgår fra forsyningsledningen
z_{FP}	Kote til det »farligste punkt« i en installation, dvs. det punkt, der har de ugunstigste forsyningsforhold – ofte det punkt, der ligger højest over og længst væk fra forsyningspunktet.

Tegningssignaturer

Signaturer for tekniske tegninger for VVS-installationer udføres efter DS/R 106.5, se litteraturlisten [1.3]. Langt de fleste aktuelle signaturer er dækket af dette standardblad, som bør anskaffes af alle, der arbejder med VVS-tegninger.

I anvisningens tegninger i diagramform er der overalt benyttet DS-signaturer – i fig. 1.3 er givet en oversigt over de vigtigste af dem.

Volumenstrøm, vandstrøm	Liter pr. sekund l/s	Kubikmeter pr. sekund m ³ /s	Kubikmeter pr. time m ³ /h
1 l/s =	1	0,001	3,6
1 m ³ /s =	1000	1	3600
1 m ³ /h =	0,2778	2,778 · 10 ⁻⁴	1

Tryk	Pascal (= N/m ² , newton pr. kvadrat- meter)	Meter vandsøjle	Kilopond pr. kva- dratmeter	Bar	Atmosfære (teknisk)
	Pa	mH ₂ O	kp/m ²	bar	at
1 Pa =	1	1,020 · 10 ⁻⁴	0,1020	10 ⁻⁵	1,020 · 10 ⁻⁵
1 mH ₂ O =	9807	1	1000	0,09807	0,1
(mVS)					
1 kp/m ² =	9,807	0,001	1	9,807 · 10 ⁻⁵	10 ⁻⁴
(mmH ₂ O)					
1 bar =	10 ⁵	10,20	10,197	1	1,020
1 at =	98,066	10	104	0,9807	1
(kp/cm ²)					

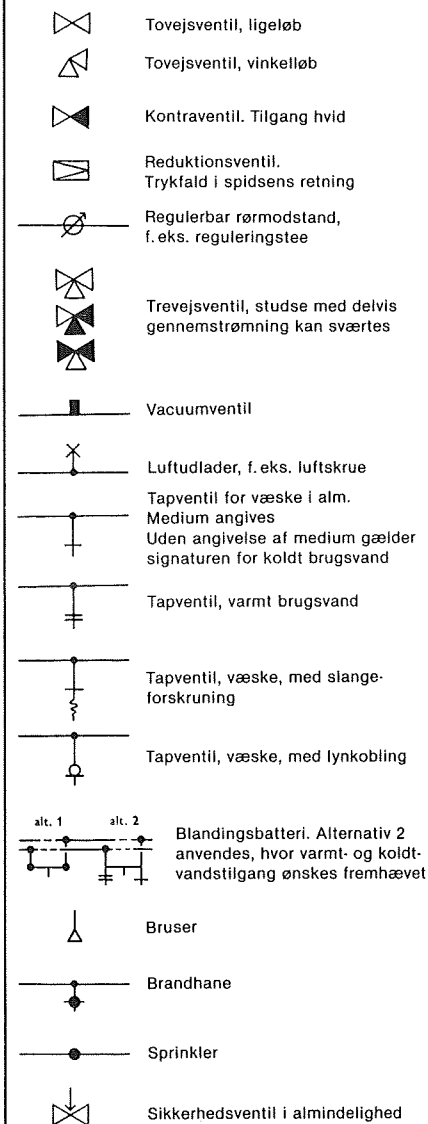
Effekt, arbejde pr. tidsenhed, varmestrom	Watt	Kilowatt	Kilo- calorie pr. time	Kilopond- meter pr. sekund	Heste kraft
	W	kW	kcal/h	kpm/s	HK
1 W	1	0,001	0,8599	0,102	0,00136
1 kW	1000	1	859,9	102,0	1,360
1 kcal/h	1,163	1,163 · 10 ⁻³	1	0,1186	1,582 · 10 ⁻³
1 kpm/s	9,807	9,807 · 10 ⁻³	8,432	1	0,01333
1 HK	735,5	0,7355	632,5	75	1

Energi, arbejde, varme- mængde	Joule	Kilopond- meter	Kilowatt- time	Kilo- calorie
	J	kpm	kWh	kcal
1 J =	1	0,1020	2,778 · 10 ⁻⁷	2,389 · 10 ⁻⁴
1 kpm =	9,807	1	2,724 · 10 ⁻⁶	2,342 · 10 ⁻³
1 kWh =	3,6 · 10 ⁶	3,671 · 10 ⁵	1	859,9
1 kcal =	4186,8	426,9	1,163 · 10 ⁻³	1

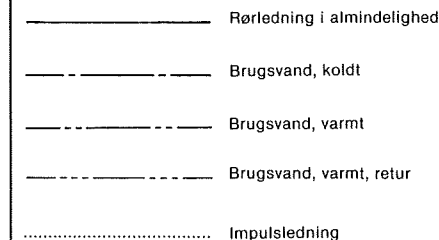
Fig. 1.2. Omsætningstabeller for de hyppigst anvendte enheder for volumenstrøm, tryk, energi og effekt. Nogle af værdierne er afrundet, således at der fortrinsvis anvendes 4 betydende cifre.

TEGNINGSSIGNATURER

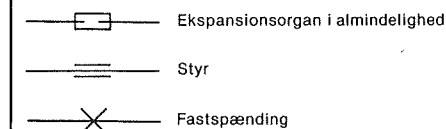
Ventiler (afspærrings- eller reguleringsorganer inkl. haner)



Rørledninger



Ekspansionsorganer mv.



BOGSTAVSYMBOLER

Medier i ledninger

VF = varme, fremløb
VR = varme, returløb
D = damp
C = kondensat
BK = brugsvand, koldt
BV = brugsvand, varmt
BC = brugsvand, varmt returløb (cirkulation)

Målere m.m.

VM = vandmåler
GM = gasmåler
CM = varmemængdemåler
M = manometer
TM = termometer
F = føler

Apparater

P = pumpe

Ventiler, spjæld m.m.

V = ventil i almindelighed
RV = reguleringsventil (f.eks. radiatorventil)
AV = afspærringsventil
TV = tapventil
BA = blandingsarmatur
BB = bruser
BH = brandhane
SA = sikkerhedsanordning (f.eks. sikkerhedsventil)

Sanitetsgenstande

HV = håndvask
KV = køkkenvask
UV = udslavningsvask
UK = udslavningskumme (for bækken o.lign.)
WC = wc
U = urinal
K = badekar
BI = bidet

Fig. 1.3. Oversigt over de vigtigste tegningssignaturer for vandinstallationer. En fuldstændig fortegnelse over VVS-signaturer er givet i DS/R 106.5, se [1.3].

Kapitel 2

Administrative forhold

Generelt

Den nye norm for vandinstallationer (DS 439) indeholder – i modsætning til Dansk Ingeniørforenings »Forskrifter vedrørende vandinstallationer (DIF-norm nr. 13)« – ingen administrative bestemmelser, idet disse opfattes som værende dækket af byggelovgivningen. Da der imidlertid fra mange sider er fremsat ønske om en samlet fremstilling af de administrative bestemmelser, der knytter sig til anvendelsen af vandinstallationsnormen, har boligministeriet, byggestyrelsen, udarbejdet nedenstående oversigt:

Byggelovgivningen

Byggelovgivningen består af

- 1) Byggeloven
- 2) Bygningsreglementet

Byggeloven af 26. juni 1975, der trådte i kraft den 1. februar 1977, indeholder de grundlæggende regler og principper, herunder administrationens kompetence til at udfærdige supplerende forskrifter bl.a. om teknisk-konstruktive forhold.

Bygningsreglementet, der er udfærdiget med hjemmel i byggelovens § 5, indeholder de teknisk-konstruktive krav til byggeriet.

Reglementet udfærdiges af boligministeriet, byggestyrelsen, og holdes à jour med udviklingen gennem tillæg og reviderede udgaver. Det gældende reglement er af 15. januar 1977.

En betydelig del af de teknisk-konstruktive forskrifter – herunder forskrifter vedrørende vandinstallationer – er ikke optaget i selve reglementet, men indeholdes i normer udfærdiget af Dansk Ingeniørforening og standarder udgivet af Dansk Standardiseringsråd. Disse normer og standarder er gjort til bestanddele af byggeforskrifterne på den måde, at reglementet kræver dem overholdt.

Bygningsreglementet bestemmer i kap. 12.1., stk. 8, at installationer for vand skal udføres i overensstemmelse med Dansk Ingeniørforenings forskrifter vedrørende vandinstallationer. Dermed er Dansk Ingeniørforenings »Norm for vandinstallationer« DS 439 gjort til en bestanddel af de offentlige byggeforskrifter. Udførelse af installationer for vand i tilknytning til bebyggelse er altså et byggearbejde, og bygningslovgivningens administrative bestemmelser for byggearbejder skal også følges ved sådanne installationer. Som følge heraf er de administrative bestemmelser, som fandtes i de nu ophævede forskrifter vedrørende vandinstallationer af 1962 (DIF norm nr. 13), ikke medtaget i den nye norm for vandinstallationer.

Godkendelser af materiel til vandinstallationer udstedes af boligministeriet, byggestyrelsen, som har nedsat et sagkyndigt udvalg til at bistå sig ved administrationen af godkendelsesordningen.

Ansøgninger om godkendelse indsendes til: Boligministeriets godkendelsessekretariat for vand- og afløbsmateriel, Postboks 54, 2970 Hørsholm.

I overensstemmelse med vandinstallationsnormen skal alle fabriksfremstillede produkter, der indgår i eller tilsluttes vandinstallationer være godkendt af boligministeriet, byggestyrelsen, med mindre det pågældende produkt er undtaget ifølge de til enhver tid gældende bestemmelser om godkendelsesordningen.

Produkter eller sammenbyggede anlæg, der er særskilt fremstillet til montering i en bestemt installation, skal godkendes af den stedlige myndighed.

Bygningslovgivningens administrative bestemmelser findes i bygningsreglementets kap. 1, der bl.a. indeholder regler om byggesagsbehandlingen:

ansøgning om og udstedelse af byggetilladelse, anmeldelse af byggearbejders påbegyndelse, tilladelse til ibrugtagning og gebyrer.

I det følgende gives en kort oversigt over de administrative bestemmelser, som kommer i betragtning ved udførelsen af vandinstallationer.

Byggesagsbehandling

Udførelse af installationer for vand er som nævnt et byggearbejde, der kræver samme byggesagsbehandling som andre byggearbejder. Der skal søges byggetilladelse, inden arbejdet påbegyndes, bygningsmyndigheden har adgang til at føre tilsyn under arbejdets gang, og det færdige arbejde må ikke tages i brug, førend bygningsmyndigheden har udstedt ibrugtagningstilladelse.

Ved nybyggeri indgår vandinstallationsarbejderne normalt i den samlede byggesag, men der kræves også sædvanlig byggesagsbehandling ved vandinstallationsarbejder, som udføres særskilt – f.eks. ved eksisterende byggeri.

Ansøgning om byggetilladelse indsendes til den stedlige bygningsmyndighed bilagt de planer, diagrammer og beregninger samt de oplysninger om materialer, armaturer og apparater, som den stedlige myndighed anser for fornødne for bedømmelse af projektet, jfr. Bygningsreglement 1977, kap. 1.2.

Ofte er det imidlertid vandværket, der på kommunalbestyrelsens vegne behandler ansøgninger om tilladelse til at udføre vandinstallationer og fører tilsyn med arbejdet. I så tilfælde indsendes ansøgning til vandværket, som iøvrigt altid skal godkende vandmålerens størrelse og placering.

Der vil normalt mindst blive forlangt en kælderplan eller, hvis kælder ikke findes, en stueplan med angivelse af vandrette ledningsstrækninger, måler, ventiler samt afsætninger for opgående strenge, alt med angivelse af dimensioner, samt diagram og beregning af ledningsnettet. Hvis det er nødvendigt for forståelsen, kan endvidere forlanges snit og detailplaner.

Hvis installationen også omfatter ny eller ændret stikledning, vil der normalt endvidere blive forlangt en situationsplan med nøjagtig målangivelse for stikledningen.

Sker der under arbejdets udførelse ændringer i projektet, fremsendes rettede tegninger ved arbejdets afslutning.

Forinden arbejdet påbegyndes, skal der indgives *anmeldelse* til bygningsmyndigheden bl.a. med meddelelse om tidspunktet for arbejdets påbegyndelse og oplysning om hvilken autoriseret vandmester, der skal udføre arbejdet. Er et arbejde ikke påbegyndt inden en måned efter det anmeldte tidspunkt for dets påbegyndelse, eller har arbejdet været standset længere end en måned, skal ny påbegyndelse anmeldes til bygningsmyndigheden. Varer standsningen mere end et år, skal ny byggetilladelse indhentes. I byggetilladelsen kan der optages bestemmelser om, at der skal foretages anmeldelse på forskellige stadier af byggeriets udførelse.

Anmeldelsen kan indgives på blanketter, der f.eks. kan være de af Dansk Vandteknisk Forening udgivne eller den stedlige myndigheds egne blanketter.

Den stedlige myndighed har ret til at føre *tilsyn* med, at arbejdet udføres i overensstemmelse med DIF's »Norm for vandinstallationer« (DS 439) og med den udstedte tilladelse.

Inden en vandinstallation tages i brug tæthedsprøves installationen, jfr. DS 439, kap. 6. Ikke-udskiftelige ledninger, herunder jordledninger, skal tæthedsprøves før inddækning, og den stedlige myndighed kan forlange ledningen synet. Tæthedsprøven udføres af vandmesteren. Er ledningen uden tilladelse tildækket før besigtigelsen, kan den forlanges afdækket.

Efter *arbejdets afslutning* skal vandmesteren melde arbejdet færdigt.

Færdigmelding kan f.eks. ske ved, at vandmesteren indsender genparten af tilladelsen med påtegning om arbejdets færdiggørelse.

Mangler, der konstateres ved eftersyn af den færdigmeldte installation, skal omgående afhjælpes.

Installationen må først tages i brug, når den stedlige myndighed har udstedt ibrugtagningstilladelse.

For byggesagsbehandlingen skal der betales gebyr til byg-

ningsmyndigheden efter de gebyrbestemmelser, der er gældende i kommunen.

Reparationsarbejder, herunder udskiftning af rør, pakninger, armaturer, apparater m.v. kan udføres uden byggetilladelse og i almindelighed uden anmeldelse.

Dispensation

Vandinstallationsarbejder skal som nævnt udføres i overensstemmelse med Dansk Ingeniørforenings »Norm for vandinstallationer«, DS 439.

Normen er baseret på funktionskrav, d.v.s. krav til de egenskaber, som en komponent eller en installation skal besidde. I normens vejledningsstof samt i nærværende anvisning er der givet eksempler på udførelsesmåder, hvorved de funktionelle krav opfyldes. Såfremt der anvendes andre udførelsesmåder end de nævnte, kan sådanne godtages enten efter godkendelse i hvert enkelt tilfælde hos den stedlige myndighed eller efter typegodkendelse (VA-godkendelse) hos boligministeriet, byggestyrelsen.

Hvis omstændighederne gør det nødvendigt at udføre arbejdet på anden måde – hvor det altså ikke kan dokumenteres, at funktionskravene er overholdt – kræves en særlig tilladelse hertil – en dispensation. Dispensation meddeles af kommunalbestyrelsen.

Klage

Bygningsmyndighedens afgørelse i vandinstallationssager kan påklages efter byggelovens almindelige regler, som går ud på følgende:

For København og Frederiksberg kommuner kan der klages til boligministeriet, byggestyrelsen, og for landets øvrige kommuner kan der klages til amtsrådet.

Klageadgangen er dog begrænset til de tilfælde, hvor afgørelsen omfatter spørgsmål om forståelse af loven eller af en i medfør af denne fastsat bestemmelse, samt endvidere de tilfælde hvor afgørelsen har almindelig interesse eller videregående betydelige følger for klageren.

Amtsrådets afgørelse kan kun påklages til boligministeriet, byggestyrelsen, hvis afgørelsen omfatter spørgsmål om forståelse af loven eller af en i medfør af denne fastsat bestemmelse.

Den stedlige bygningsmyndighed og amtsrådet skal i sine afgørelser give klagevejledning, d.v.s. oplysning om hvortil der kan klages, og om klagefristen på 4 uger, jfr. byggelovens § 24.

Jordbrugserhvervenes bygninger

For jordbrugserhvervene (landbrug, skovbrug og gartneri) gælder for beboelsesbygningerne (stuehusene) bygningsreglementets almindelige bestemmelser, herunder bestemmelsen i kap. 12.1., stk. 8, om installationer for vand.

For jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger gælder en række begrænsninger i de krav, der stilles, herunder at kap. 12.1., stk. 8, ikke finder anvendelse.

Selvom der således ikke kan stilles krav om, at installationer for vand i disse bygninger skal udføres i overensstemmelse med »Norm for vandinstallationer«, tilrådes det dog, at normens krav opfyldes.

Der henvises i denne forbindelse til vandforsyningslovgivningen. I medfør af denne lovgivning (lovbekendtgørelse nr. 524 af 26. september 1973 af lov om vandforsyning, som med virkning fra den 1. januar 1980 afløses af lov nr. 299 af 8. juni 1978 om vandforsyning), der også gælder for avls- og driftsbygninger, skal vandindlæg i de enkelte ejendomme udføres og benyttes på en sådan måde, at der ikke opstår fare for forurening af vandet eller på anden måde voldes ulemper.

Ejendommens ejer skal lade foretage de foranstaltninger, som kommunalbestyrelsen – efter 1. januar 1980 vandværket – i den anledning pålægger ham.

Arbejder ved vandinstallationer skal også ved avls- og driftsbygninger udføres af en autoriseret mester, jfr. afsnittet om autorisation.

Vandledninger i vej

I medfør af vejlovgivningen må intet vandinstallationsarbejde, der kræver opgravning i offentlig eller privat vej, påbegyndes, forinden der er indhentet særskilt tilladelse fra vedkommende vejmyndighed eller vejbestyrelse.

Om de nærmere regler herom henvises til ministeriet for offentlige arbejders lovekendtgørelse nr. 585 af 20. november 1975 af lov om offentlige veje og lov nr. 587 af 20. november 1975 om private fællesveje.

Vandledninger over anden mands grund

Reglerne herom findes i ministeriet for forureningsbekæmpelses bekendtgørelse nr. 524 af 26. september 1973 af lov om vandforsyning, som med virkning fra 1. januar 1980 afløses af lov nr. 299 af 8. juni 1978 om vandforsyning, samt i miljøministeriets bekendtgørelse nr. 181 af 29. maj 1974 om ekspropriation til vandforsyningsanlæg.

Autorisation

Kun personer eller virksomheder, der har opnået autorisation som gas-, vand- og sanitetsmester, må udføre arbejder ved vandinstallationer fra og med tilslutningen til forsyningsledningen (hovedledningen), medmindre tilslutningen sker til et forsyningsanlæg for en enkelt forbruger.

Autorisation meddeles fra den 1. april 1979 af Danmarks Gasmateriel Prøvning med gyldighed for hele landet.

Nærmere regler om autorisationsordningen findes i lov nr. 250 af 8. juni 1978 om gasinstallationer og installationer i forbindelse med vand- og afløbsledninger.

I en kommende bekendtgørelse fra ministeriet for offentlige arbejder vil der blive fastsat nærmere bestemmelser om ordensmæssige forskrifter for udøvelse af virksomhed som autoriseret mester.

Vedrørende EF-forhold henvises til ministeriet for offentlige arbejders bekendtgørelse nr. 92 af 12. februar 1973 om EF-statsborgeres og EF-selskabers adgang til at drive virksomhed som henholdsvis gas-, vand- og sanitetsmester.

Kapitel 3

Vandforsyning

Generelt

Denne anvisning beskæftiger sig stort set kun med, hvorledes en vandinstallation inden for grundgrænserne i henhold til norm for vandinstallationer kan og bør udformes. Her skal dog for fuldstændighedens skyld kort omtales anlæggene uden for grundgrænserne, vandforsyningen.

Vandforsyningen, der kan være privat eller offentlig, består af følgende hovedelementer:

1. indvindingsanlægget, hvorfra råvandet føres til
2. vandværket, hvor råvandet behandles kemisk og/eller mekanisk og pumpes til
3. forsyningsledningerne, hvortil installationerne sluttes gennem stikledningerne.

Indvindingsanlæg

Vandets kredsløb

Vandet i naturen er i et stadigt kredsløb. Der sker en fordampning fra hav-, sø- og landområder og vanddampene transporteres med vinden, og når de meteorologiske forhold betinger det fortættes vanddampene og falder ned som nedbør, se fig. 3.1.

Den del af nedbøren, der falder over landområder, trænger ned i de øvre jordlag eller strømmer overfladisk af. Vandet fra de øvre lag enten fordamper (direkte fra jordoverfladen eller fra planterne) eller synker ned og danner grundvand. Afhængigt af jordlag og terrænforhold vil en del af grundvandet strømme underjordisk til havet, og en del vil

Vandforsyningens
bestanddele

Afstrømning

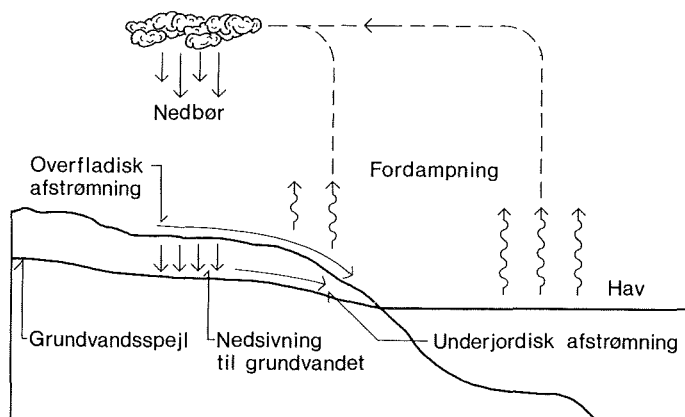


Fig. 3.1. Vandets kredsløb i naturen.

komme frem som kilder i jordoverfladen eller i søer og vandløb og strømme overjordisk af til havet.

Ferskvands-
reserver

Man antager, at den del af de samlede vandmængder, der kan danne grundlag for indvinding til drikkevand nemlig det ferske vand fra grundvand, søer og vandløb kun udgør ca. 1/2 % af verdens samlede vandmængder.

Indvindings-
muligheder

Traditionelt er det i Danmark det ferske grundvand, der er grundlaget for indvindingen af vand til drikkevand, men i flere områder er det allerede med det nuværende vandforbrug nødvendigt at indvinde en del af det ferske overfladevand fra søer til drikkevand.

Grundvand

Boringer

Indvinding af grundvand sker enten i en boring eller – på enkelte mindre værker – i en brønd. Når grundvandet skal hentes fra dybtliggende lag udføres en boring. Fra boringen transporteres vandet til vandværk ved hjælp af pumper anbragt i forbindelse med, evt. i selve boringen.

Brønde

Når der er tale om indvinding fra højtliggende grundvand udføres, specielt når der er tale om indvinding til en enkelt eller nogle få forbrugere, en brønd. For udførelsen af indvindingsanlæggene gælder bl.a. DIF's normer for »Fælles vandforsyningsanlæg« og »Vandforsyningsanlæg for enkeltejendomme«, [3.1] og [3.2].

Overfladevand

Som tidligere nævnt er indvinding af overfladevand ikke særligt anvendt i Danmark. Det er i hovedsagen kun Københavns og Gentoftes vandforsyninger, der foretager en sådan indvinding, men det må nok forudses, at overfladevand i større og større omfang vil indgå i den almindelige drikkevandsforsyning. Det overfladevand, der indvindes i Danmark, kommer altid fra større søer.

Vandværket

Fra vandindvindingsanlægget føres råvandet ind til vandværket, hvor det – afhængigt af de fysiske og kemiske egenskaber – underkastes en behandling for at nedsætte indholdet eller evt. fjerne de uønskede stoffer. Desuden tilføres evt. ønskede stoffer, primært ilt.

Grundvandets karakter

I vandværker, der er fælles for flere forbrugere, underkastes råvandet næsten altid en behandling, for at det vand, der ledes til forbrugerne, kan anses for at være drikkevand. I praksis er det kun i anlæg for enkeltejendomme samt i nogle enkelte mindre vandværker, at man undlader at behandle vandet.

Grundvandets
temperatur

Grundvandet er karakteristisk ved, at det næsten aldrig indeholder ilt i opløst form, og ved at dets temperatur er næsten konstant året rundt (8–10 °C), men bortset herfra varierer grundvandet meget fra sted til sted. Vedrørende undersøgelse af vandet henvises til DIF's »Norm for fælles vandforsyningsanlæg«, [3.1].

Overfladevandets karakter

Overfladevand afviger stærkt fra grundvand med hensyn til fysiske, kemiske og biologiske egenskaber. De vigtigste karakteristika ved overfladevand er:

temperaturen svinger stærkt med årstiden, overfladevand er normalt blødt, dvs. hårdhedsgraden er < 10 °dH (i Københavnsområdet dog 12–16 °dH), indholdet af salte er lavt sammenlignet med grundvand, indholdet af organiske stoffer er højt.

Overfladevand har således en række egenskaber, der sammenlignet med grundvand, gør at behandlingen i vandværket bliver mere besværlig og kostbar.

Vandbehandling

Det vil her føre for vidt at gå i detaljer med behandlingen af råvand på vandværket, specielt når der er tale om overfladevand. Vandbehandlingen under normale forhold er i princippet vist på fig. 3.2.

De almindeligste elementer i den normale vandbehandling er:

luftningsanlægget,
reaktionsbassinet og
filtret.

Luftnings-
anlægget

I luftningsanlægget luftes eller iltes vandet. De i vandet opløste jern- og mangansalte iltes til tungt opløselige salte og vandet tilføres ilt, ligesom uønskede luftarter såsom methan, kuldioxid og svovlbrint bortluftes i et vist omfang.

Reaktionsbassinet

For at give de kemiske iltningsprocesser tid til at forløbe ledes vandet direkte fra luftningsanlægget til et reaktionsbassin, hvor vandet opholder sig i 20–30 min. Her sker en flokkulation og en bundfældning af jern- og manganforbindelserne. Fra reaktionsbassinet ledes vandet til filtret.

Filtret

Filtrene består af grus. På de enkelte gruskorn i filtrene dannes der en »filterhud«, der består af udfnuggede kolloide stoffer, hvori der lever mikroorganismer, der fortærer bakterier. Når vandet forlader filtret, er det befriet for de fleste af sine urenheder, ligesom det i reglen er næsten bakteriefrit. Det er kun i sjældne tilfælde nødvendigt at desinficere vandet.

Rentvands-
beholderen

Efter behandlingen er vandet klar til at blive pumpet ud til forbrugerne som drikkevand. Som et lager indskydes efter filtrene og inden rentvandspumpen (-erne) en rentvandsbeholder.

Særlige behand-
lingsanlæg

Det i det foregående omtalte anlæg er udelukkende at betragte som et normaltilfælde. I mange tilfælde er det nødvendigt med kemikalietsætning, særligt effektive luftningsmetoder o.lign., for at vandet kan tilfredsstille de

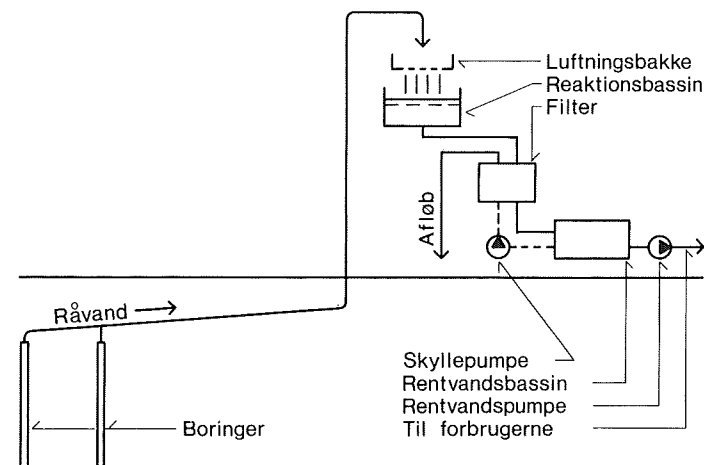


Fig. 3.2. Almindeligt vandværk – principskitse. Fra borerne pumpes råvand til luftningsanlægget, der kan bestå af en perforeret luftningsbakke, hvorfra det med et frit fald på ca. 3 m ledes til et reaktionsbassin. Herfra ledes vandet gennem et filter til rentvandsbeholderen. Rentvands-pumpen transporterer vandet til forsyningsledningerne og forbrugerne.

krav, DIF's »Norm for fælles vandforsyningsanlæg« [3.1] angiver for at vandet kan betragtes som drikkevand.

Krav til drikkevand

Krav til drikkevand administreres af miljøministeriet. En effektiv kontrol kræver en lang række specifikationer af fysisk, kemisk og biologisk karakter, som ikke skal refereres her. De endelige krav er endnu ikke formuleret, idet der afventes nogle fælles regler fra EF. En bekendtgørelse herom vil blive udstedt i forbindelse med ikrafttrædelsen af vandforsyningsloven d. 1.1.1980.

Forsyningsledningerne

Pumpeanlæg

Fra vandværket pumpes vandet ud til forbrugerne med de såkaldte rentvandspumper.

Ved mindre forsyningsanlæg anvendes oftest en hydroforstyring af pumperne, medens større anlæg næsten altid er udstyret med en eller flere højdebeholdere.

Rentvands-
pumper
Hydroforanlæg

Højdebeholder

Ved anlæg med højdebeholder er rentvandspumperne normalt styret af vandstanden i beholderen, og normalt er det sådan, at tryksvingningerne i forsyningsnettet er mindre i anlæg med højdebeholder end i anlæg med hydroforstyring.

Forsyningsledningsnettet

Fra vandværkets pumper udgår forsyningsledningerne, der forsyner området med drikkevand.

Forsyningsnettet kan være anlagt efter mange forskellige principper, som ikke vil blive omtalt nærmere her. Forsyningsnettet har den primære opgave at forsyne de enkelte forbrugere med drikkevand. I langt de fleste forsyningsområder fører nettet også vand til brandslukningsformål. I fig. 3.3 er der vist et eksempel på et forsyningsnet.

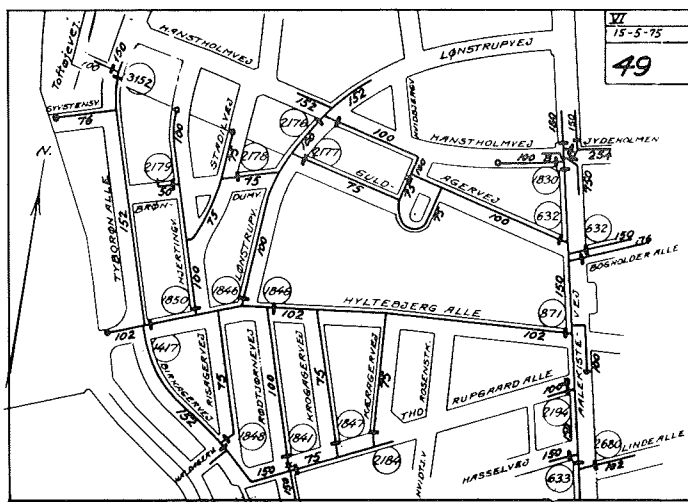


Fig. 3.3. Eksempel på forsyningsnet. Det fremgår af tegningen, at man tilstræber at opbygge nettet som et ringforbundet net, således at alle ledninger så vidt muligt forsynes fra mindst to sider. Herved opnår man, at det – hvis en ledningsstrækning tages ud af drift, f.eks. for reparation – kun vil være denne strækning, der er uden vand, medens nabostrækningerne har normal forsyning. For at kunne aflukke de enkelte ledningsstrækninger, er ledningsnettet forsynet med ventiler, der opdeler nettet i såkaldte vandledningskvarterer. På figuren er vist et udsnit af en del af Københavns vandforsynings ledningsnet, hvoraf det fremgår, hvorledes de enkelte ledningsstrækninger kan aflukkes ved skydeventiler.

Kapitel 4

Dimensionering – grundlaget

Generelt

Normens krav

Vandinstallationer skal dimensioneres sådan,

at der er en passende sandsynlighed for, at det enkelte tapsted kan tilføres vand i en mængde, der er tilfredsstillende for tapstedets funktion, og uden at der opstår generende støj.

Dette generelt formulerede og overordnede krav til en vandinstallation skal være opfyldt ikke alene på tidspunktet for ibrugtagningen, men også i en rimelig tid fremover, og det er gældende for installationen som en helhed. Kravet er således også gældende for tapsteder for varmt brugsvand, hvor der suppleres med et krav om, at vandet skal have en passende temperatur.

Det overordnede krav er placeret i normens afsnit 3.1 om ledningsdimensionering, men også andre steder i normen er der anført krav, der får betydning ved dimensioneringen, bl.a. ved opstilling af de rent tekniske forudsætninger for dimensioneringen.

Sandsynlighed

Ved dimensioneringen spiller begrebet sandsynlighed en væsentlig rolle. I enkelte tilfælde kan det være nødvendigt at dimensionere en installation således, at alle tapsteder kan præstere deres normalydelse samtidigt – men det hører til de sjældne undtagelser. For langt de fleste installationer gælder det, at tapping fra et givet tapsted til en given tid kun sker med en vis sandsynlighed. Derfor er dimensioneringen afhængig af, hvor sikker en vandforsyning man vil etablere. Kan man acceptere, at den vandstrøm, der kan tappes, ret

Normens krav
vedrørende
sandsynlighed

ofte underskrider det ønskede, eller må dette kun forekomme meget sjældent?

Normens krav om, at tilfredsstillende vandmængder skal kunne ydes med en passende sandsynlighed, rummer umiddelbart mulighed for forskellige fortolkninger af, hvad der er passende sandsynlighed. For boliginstallationer o.lign. angiver normen dog retningslinier for, hvad der i almindelighed kan anses for passende, idet dimensioneringsforudsætningerne om forsyningstryk og om sandsynlige vandstrømme for beboelsesbygninger o.lign. er baseret på en vis sandsynlighed, se kap. 5 hvori der opstilles nærmere regler.

For byggerier, hvor kravene til vandinstallationen ikke kan ligestilles med kravene til boliger, giver normen ingen retningslinier, og i disse tilfælde kan det komme på tale at lægge f.eks. økonomiske og driftsmæssige krav til grund for dimensioneringen.

Anvisningens
kapitler om
dimensionering

De mange forskellige krav, som normen stiller med henblik på dimensioneringen, er behandlet i det følgende. Anvisningen behandler dimensionering i følgende fire kapitler.

4. Dimensionering - grundlaget
5. Dimensionering ved beregning
6. Dimensionering ved forenklet beregning
7. Dimensionering af installationer for varmt brugsvand.

Dimensionering
på basis af
beregning

Dimensionering - dvs. fastlæggelse af dimensioner på rør, ventiler mv. - skal i følge normen ske på grundlag af beregning. Dette er en ændring fra tidligere regulativer, idet det oprindeligt var påbudt at anvende særlige tabeller til dimensioneringen, og senere blev det tilladt at anvende beregning, dog under visse forudsætninger. Det er nu helt klart angivet, at dimensioneringsgrundlaget er en hydraulisk beregning, hvilket er i overensstemmelse med normens øvrige funktionelle grundlag.

Der er i dette kapitel givet en kort gennemgang af det grundlag, som er nødvendigt for at forstå og gennemføre en dimensionering ved beregning. Hvis man kun skal arbejde i det område, hvor de forenkledte beregninger kan anvendes, kan man gå let hen over dette kapitel og blot anvende det, hvor der ønskes en nøjere forståelse.

Energiligningen

Ved en beregning af et røret holder man regnskab med energien, så det gælder om at få opstillet en ligning, som på nem måde tillader dette. Selvom det er energien, der regnes med, så vil man se, at i praktiske beregninger er det ofte trykket, som indgår i beregningerne. Det har følgende forklaring.

Tryk og energi

Man tænker sig indsat et stempel i røret i fig. 4.1. Når væsken strømmer med en hastighed v , og trykket i væsken er p , så gælder følgende: stemplet har et tværsnitsareal på A , og kraften på stemplet er derfor

$$\text{Kraft på stempel} = p \cdot A \quad (4.1)$$

Stemplet vil følge med væsken og derfor bevæge sig en strækning på v i løbet af 1 sekund (da hastigheden er vejen i 1 sekund). Den energi, som væsken indeholder, kan udtrykkes ved det arbejde den kan udføre. Dette arbejde er lig med kraften på stemplet gange den vej, kraften har virket. Hvis vi ser på det der sker i 1 sekund fås

$$\begin{aligned} \text{Effekt} &= \text{Energi pr. sekund} \\ &= \text{Arbejde pr. sekund} \\ &= \text{Kraft gange vej pr. sekund} \\ &= p \cdot A \cdot v \end{aligned} \quad (4.2)$$

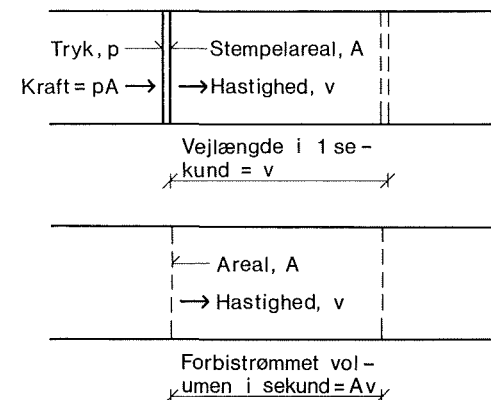


Fig. 4.1. Sammenhæng mellem tryk og energi i en strømmende væske.

Ser vi nu strømmingen, må det gælde, at i 1 sekund passer et bestemt sted af røret af en volumenstrøm på

$$\text{volumenstrøm} = A \cdot v \quad (4.3)$$

dvs. for hver volumenenhed som strømmer forbi, har den strømmende væske et energiindhold på

$$\begin{aligned} \text{Energiindhold pr. volumenenhed} &= \frac{\text{Effekt}}{\text{Volumenstrøm}} \\ &= \frac{p \cdot A \cdot v}{A \cdot v} = p \end{aligned} \quad (4.4)$$

Det ses, at talværdien for energiindholdet pr. volumenenhed er lig med talværdien for trykket. I mange tilfælde er det mest praktisk at anvende trykket i ligningerne, fordi det er en størrelse, som ret let kan måles, men det er altså alligevel energien, man holder regnskab med.

Tryk og højde

En anden størrelse, som ofte anvendes i beregninger til at karakterisere energiindhold er »højde«. Man kan let se, hvorledes tryk og højde kan anvendes sideordnet ved hjælp af fig. 4.2, og det er allerede vist, hvorledes tryk kan karakterisere energiindhold. Med symbolerne fra fig. 4.2 kan skrives

Tryk = Kraft pr. fladeenhed.

$$\begin{aligned} p &= \frac{A \cdot h \cdot \rho \cdot g}{A} \\ p &= h \cdot \rho \cdot g \end{aligned} \quad (4.5)$$

hvor g er tyngdeaccelerationen.

Trykket p kan altså her beregnes som højde · massefylde · tyngdeacceleration. Da imidlertid g er en konstant og da ρ

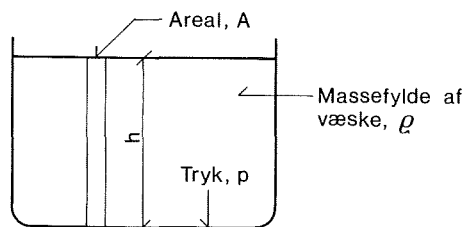


Fig. 4.2. Sammenhæng mellem tryk og højde i en væske.

også er det, når det er samme væske man opererer med, kan højden altså godt bruges som et udtryk for trykket og dermed for energien. Hvis man vil præcisere hvilken væske, der menes, kan det nævnes efter højdeangivelsen, altså

mH₂O (meter vandsøjle, skrives ofte mVS)

mmHg (millimeter kviksølv)

Disse størrelser kan umiddelbart omsættes til andre trykenheder efter tabellerne i kap. 1.

Energiindhold i en strømmende væske

En væskedel, der befinder sig i en strømmende væske har på et givet tidspunkt et ganske bestemt energiindhold, der er afhængig af væskedelens højde z over et givet udgangsniveau, væsketrykket p og væskedelens strømningshastighed v . Energiindholdet pr. volumenenhed af væsken kan da skrives

$$p_{\text{tot}} = \rho g z + p + \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4.6)$$

hvor ρ er væskens massefylde

g tyngdens acceleration

z højden over et udgangsniveau, dvs. kote eller geodætisk højde

p det statiske tryk

v strømningshastigheden

Det ses, at energiindholdet er karakteriseret ved tryk. Ligningens højre side indeholder 3 led, som hver karakteriserer en bestemt type af mekanisk energi.

Potentiel energi

$\rho g z$ står for den energi en væskedel indeholder, fordi den har en vis højde over et referenceniveau. Hvis vandet i en beholder står i en vis højde over en aftapning i bunden, kan vandet selv strømme ud, fordi det har denne beliggenhedsenergi – også kaldet potentiel energi.

Trykenergi

p står for den energi, som kan fås ved at lade væskestrømmen bevæge et stempel og dermed udføres et arbejde. Trykket p kaldes det statiske tryk, også selvom væsken er i bevægelse. Det skyldes, at man også har et dynamisk tryk, som direkte afhænger af strømningshastigheden.

Kinetisk energi

$\frac{1}{2} \rho v^2$ betegner den energi, som væskedelen har, fordi den har en hastighed og derfor kan udføre et arbejde. Denne energi kaldes hastighedsenergi eller kinetisk energi. Hvis man benævner $\frac{1}{2} \rho v^2$ med trykbetegnelse kaldes det for dynamisk tryk. Det dynamiske tryk kan opfattes som den trykstigning, man ville få i væsken, hvis man opbremsede væskestrømmen.

Den totale energi

p_{tot} betegner væskedelens totale energiindhold eller det totale tryk. Ofte bruger man det totale tryk for summen af statisk og dynamisk tryk. I fig. 4.3 er vist, hvorledes statisk, dynamisk og totalt tryk kan måles. Det ses, at det er praktisk at operere med tryk, fordi de kan måles.

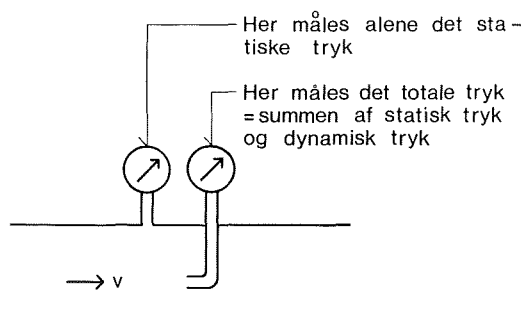


Fig. 4.3. Statisk, dynamisk og totalt tryk i en strømmende væske.

Energiindhold udtrykt ved højder

Det ses, at hvis man dividerer alle leddene på højre side i udtryk (4.6) med ρg , så bliver første led kun z - altså en højde - og tilsvarende får de andre led også dimension af højde

$$p_H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} \quad (4.7)$$

hvor p_H altså er trykket angivet som en vis højde af væske-søjlen.

De to sidste led benævnes trykhøjde og hastighedshøjde. Denne version af ligningen benævnes ofte trykhøjdeligningen, og det er den der anvendes, når der regnes i meter vand-søjle, hvilket traditionelt har været gjort ved beregning af vandinstallationer.

Energiindholdet i SI-enheder

Det må forventes, at de mange skiftende enheder, som har været anvendt i hydrauliske beregninger, efterhånden vil blive afløst af SI-enheder, som er officielt påbudt i Danmark, se kap. 1. Med anvendelse af SI-enheder i udtryk (4.6) fås

$$p_{tot} = \rho g z + p + \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4.8)$$

hvor ρ er massefylden i kg/m^3 (for vand = 1000 kg/m^3)

g tyngdeaccelerationen i m/s^2 ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

z højden eller koten i m

p det statiske tryk i Pa ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$)

v strømningshastigheden i m/s

p_{tot} det totale tryk i Pa ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$)

Energitab ved strømning

Ved vands strømning i et ledningsnet opstår der energitab på grund af gnidning mellem væske og rørvæg og mellem væskedelene indbyrdes. Den tabte energi omsættes til varme og må derfor i vandinstallationen anses for tabt. Den totale energi pr. volumenenhed af vandet falder således i strømmens retning, og betragtes to punkter 1 og 2 i en vandinstallation kan man udtrykke dette

$$p_{tot,1} - p_{tot,2} = \Delta p_{1-2} \quad (4.9)$$

Ligningen udtrykker blot, at energitabet fra pkt. 1 til pkt. 2 er lig med forskellen i energiindhold. Indsættes udtryk (4.6) fås

$$\rho g z_1 + p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 - \rho g z_2 - p_2 - \frac{1}{2} \rho v_2^2 = \Delta p_{1-2} \quad (4.10)$$

$$\rho g (z_1 - z_2) + p_1 - p_2 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) = \Delta p_{1-2} \quad (4.11)$$

Energiligningen i SI-enheder

Denne ligning udgør energiligningen for strømning. Med SI-enheder fås

$$1000 \cdot 9,81 (z_1 - z_2) + p_1 - p_2 + \frac{1}{2} 1000 (v_1^2 - v_2^2) = \Delta p_{1-2} \quad (4.12)$$

Da trykenheden Pa eller N/m^2 er en meget lille enhed ($\sim 0,1 \text{ mmH}_2\text{O}$) anvendes oftest den 1000 gange større enhed kPa (kilopascal), hvilket giver

$$9,81(z_1 - z_2) + p_1 - p_2 + \frac{1}{2} (v_1^2 - v_2^2) = \Delta p_{1-2} \quad (4.13)$$

hvor z er højder i m

p statiske tryk i kPa

v hastigheder i m/s

Hastigheds-
fordeling

Der er i det foregående gjort en tilnærmelse i udtrykket for kinetisk energi, idet man ikke kan regne med, at hastigheden er konstant over hele strømningstværsnittet. Normalt korrigeres for dette ved hjælp af en hastighedsfordelingskoefficient α , således at den kinetiske energi angives som

$$\alpha \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4.14)$$

α afhænger af strømningens form og kan med tilnærmelse sættes til 1,1 for en turbulent strømning. Imidlertid kan man ved almindelige dimensioneringsberegninger se helt bort fra det dynamiske tryk, dels fordi det falder bort ved tryktabsberegninger for lige rør og dels fordi det er lille sammenlignet med det statiske tryk. Energiligningen (4.13) forenkles derved til

$$9,81 (z_1 - z_2) + p_1 - p_2 = \Delta p_{1-2} \quad (4.15)$$

Energiligningen
angivet ved
højder

Det hidtil hyppigst anvendte er angivelse af tryk som højder, og med denne udtryksform fås (4.15) til

$$(z_1 - z_2) + p_{H,1} - p_{H,2} = \Delta p_{H,1-2} \quad (4.16)$$

hvor z er koterne i m

p_H statisk tryk i mVS

Δp_H energitab (tryktab) i mVS

Energilinen

Hvis man vil danne sig et overblik over variationerne i vandets totale tryk eller energiindhold, kan det ske ved optegning af en kurve over forløbet langs strømningens vej. Den kurve man får kaldes energilinen.

Forløbet af energilinen for en rørstrækning er illustreret i fig. 4.4. Energilinen fastlægges på den måde, at man først fastlægger det totale tryk ved rørstrækningens begyndelse. Derefter føres der regnskab med tabene langs strækningen – disse beregninger beskrives senere.

Energiliniens
forløb

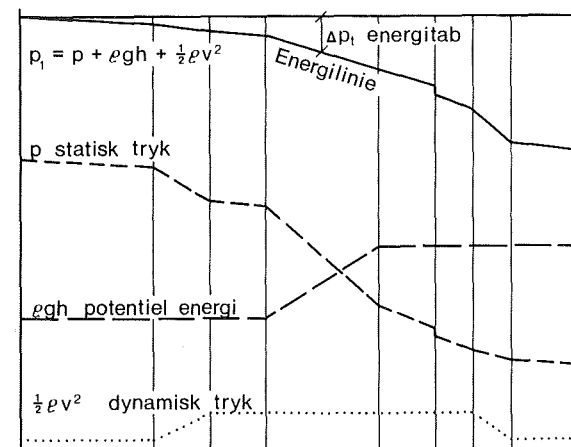
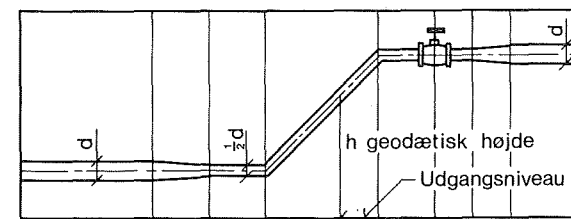


Fig. 4.4. Diagram som viser forløbet af energilinen langs en rørstrækning. I hvert punkt angiver energilinen summen af potentiel energi (ρgh) kinetisk energi ($\frac{1}{2} \rho v^2$) og trykenergi.

Forløbet af
kurverne for
potentiel energi,
kinetisk energi og
trykenergi

Når energilinen kendes kan de bidrag, hvoraf energiindholdet består, beregnes. Den potentielle energi kan direkte beregnes ud fra kendskab til rørledningens geometri. Den kinetiske energi kan beregnes ud fra rørdiameter og vandstrøm. Sluttelig kan det statiske tryk fås som

$$p = p_t - \rho gh - \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4.17)$$

Energitab

De energitab – eller tryktab – som sker langs en rørstrækning, må kunne beregnes for at gennemføre en dimensionering.

Med henblik på beregning af tryktabene opdeles rørsystemet i to forskellige dele, nemlig

lige rør (med konstant tværsnit), og enkeltmodstande.

Enkeltmodstande dækker bøjninger, armaturer o.lign. – kort sagt alt det som ikke er lige rør.

Tryktab i lige rør

Tryktabet i lige rør er afhængigt af mange forhold, såsom strømningsform, vandtemperatur, rørdiameter og rørets ruhed. Tryktabet kan angives som

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot \frac{l}{d} \quad (4.18)$$

hvor Δp er tryktabet (eller energitabet i røret (Pa)),

- λ friktionskoefficienten,
- ρ væskens massefylde (kg/m^3),
- l ledningslængden (m),
- d ledningens indv. diameter (m), og
- v strømningens middelhastighed (m/s).

I parentes er anført de respektive SI-enheder. Friktionskoefficienten er et dimensionsløst tal, som ikke er helt nemt at bestemme. Der har i tidens løb været anvendt et utal af forskellige formler for tryktab i rør, men der findes nu et ret godt beregningsgrundlag.

Reynold's tal

Friktionskoefficienten λ er en funktion af et andet dimensionsløst tal kaldet Reynolds' tal

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (4.19)$$

hvor v er strømningens middelhastighed (m/s),

- d den indvendige diameter (m), og
- ν den kinematiske viskositet (m^2/s).

Den kinematiske viskositet

Den kinematiske viskositet er et udtryk for vandets »tykflydenhed«, og den er afhængig af temperaturen (se fig. 4.5).

Vandtemp. °C	0	10	20	30	40	60	80	100
Kinematisk viskositet, $\text{m}^2/\text{s} \cdot 10^{-6}$	1,78	1,30	1,00	0,81	0,66	0,48	0,37	0,29

Fig. 4.5. Vands kinematiske viskositet ved forskellige temperaturer.

Re og strømningsformer

Reynold's tal *Re* er en meget vigtig strømningsparameter. Den registrerer således omslaget mellem laminar og turbulent strømning, hvilket teoretisk sker ved $Re = 2300$. Der må i praksis regnes med et vist interval, hvor strømningen er instabil, og hvor tryktabet ikke kan forudberegnes, og man regner i almindelighed at dette område er afgrænset ved $2000 < Re < 3000$.

Laminar strømning

Såfremt $Re < 2$ à 3000 må man således regne med, at strømningen er laminar, dvs. der er tale om en roligt flydende strøm med parallelle strømlinier. Ved laminare strømninger er friktionskoefficienten λ uafhængig af rørets ruhed, og den kan direkte beregnes til

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.20)$$

Turbulent strømning

Såfremt $Re > 2$ à 3000 vil strømningen være turbulent, dvs. at strømningen er urolig og hvirvlende (strømlinierne er ikke parallelle). For en turbulent strømning kan friktionskoefficienten ikke beregnes teoretisk, men der har været opstillet mange empiriske (erfarings-) formler.

Den formel, som i øjeblikket må betragtes som den bedst egnede, er Colebrook og White's formel som blev opstillet i 1937. Formlen er baseret på såvel målinger som teoretiske overvejelser. Den dækker ikke eksakt alle typer af ruhed, men den giver en god tilnærmelse for de rørtyper, der anvendes i praksis.

Colebrook-White's formel

Friktionskoefficienten λ beregnes ved Colebrook-White's formel, som lyder

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right) \quad (4.21)$$

hvor Re er Reynolds' tal

k rørets ruhed (m), og

d indvendig diameter (m)

Ruheden

Rørets ruhed er en størrelse, som skal karakterisere den indvendige røroverflade. Den angives som længdemål (m), men den er ikke direkte afhængig af højden af ujævnhedene. Også ujævnhedernes form har en betydning for strømningsmodstanden, således at både rørmateriale og fremstillingsmetode har betydning.

Tabel over ruheder

Ruheden kan bestemmes ved en strømningsmåling og nogle værdier for rørtyper er angivet i fig. 4.6.

Materiale	Indvendig overflade	Ruheden k m
Kobberrør	Uden afsætninger	0,0000015
	Med afsætninger	0,00015
Plastrør		0,0000050
Stålrør	Varmforzinkede med afsætninger	0,001
	Varmforzinkede uden afsætninger	0,00015
Støbejernsrør	Nye, asfalterede	0,00015
Eternitrør		0,000015

Fig. 4.6. Ruheden k for forskellige rørtyper. Disse ruheder er anvendt ved konstruktionen af nomogrammerne i fig. 4.8–4.13. For rør af rustfrit stål kan med god tilnærmelse anvendes samme ruheder og nomogrammer som for kobberrør.

Anvendelse af Colebrook-White's formel

Formel 4.21 er ikke let at anvende, fordi friktionskoefficienten λ ikke kan beregnes direkte, men må beregnes ved iteration (prøve sig frem).

Der findes gode tilnærmelsesformler, som gør brugen lettere. Man kan også ved hjælp af en programmerbar lommeregner lave et lille program, som muliggør en direkte og hurtig beregning af tryktabet i et givet rør.

Beregning ved lommeregner

Moody's diagram

Colebrook-White's formel anvendes mest til fremstilling af diagrammer, hvor man så kan gå ind og aflæse værdien for friktionskoefficienten i de aktuelle tilfælde. Et eksempel på et sådant diagram er det i fig. 4.7 viste Moody's diagram. Dets anvendelse er beskrevet i figurteksten.

Tabeller og diagrammer

Som beskrevet ved fig. 4.7 kan man på grundlag af Moody's diagram udarbejde tabeller eller diagrammer over tryktab i de rørtyper, man har brug for.

Nomogrammer

SBI har udarbejdet en serie nomogrammer over de hyppigst anvendte rørtyper. Nogle af disse nomogrammer, som i original har format A3, er vist i formindsket gengivelse i fig. 4.8–4.13.

Anvendelse af nomogrammer

Nomogrammerne anvendes på følgende måde. Vandstrøm og rørdiameter afmærkes på de respektive akser, og gennem de to punkter trækkes en ret linie til skæring med alle akserne. På den højre akse aflæses tryktabet pr. meter rør, R . Hvis røret har længden l , så er tryktabet

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad (4.26)$$

hvor Δp_l er tryktabet i lige rør (Pa)

R tryktabet pr. meter rør (Pa/m)

l rørlængden (m)

Man kan udgå fra to vilkårlige af akserne. Hvis f.eks. vandstrøm kendes, og der er et ønske om en vis hastighed, kan disse to akser anvendes, og rørdiameter og tryktal pr. meter kan findes af de andre akser. Akserne for dynamisk tryk anvendes i forbindelse med enkeltmodstande, se senere.

Bemærk at nomogrammernes enhed for tryktab er Pa – og ikke kPa, som anvendes i normen og i denne anvisning.

Tryktab i enkeltmodstande

Hver gang, der ved vandets strømning sker en hastighedsændring, taber vandet energi, dvs. der kommer et tryktab. Dette forekommer både, hvor hastigheden ændres i retning, og hvor den ændres i størrelse. Disse hastighedsændringer forekommer mange steder i en installation f.eks. i bøjnin-

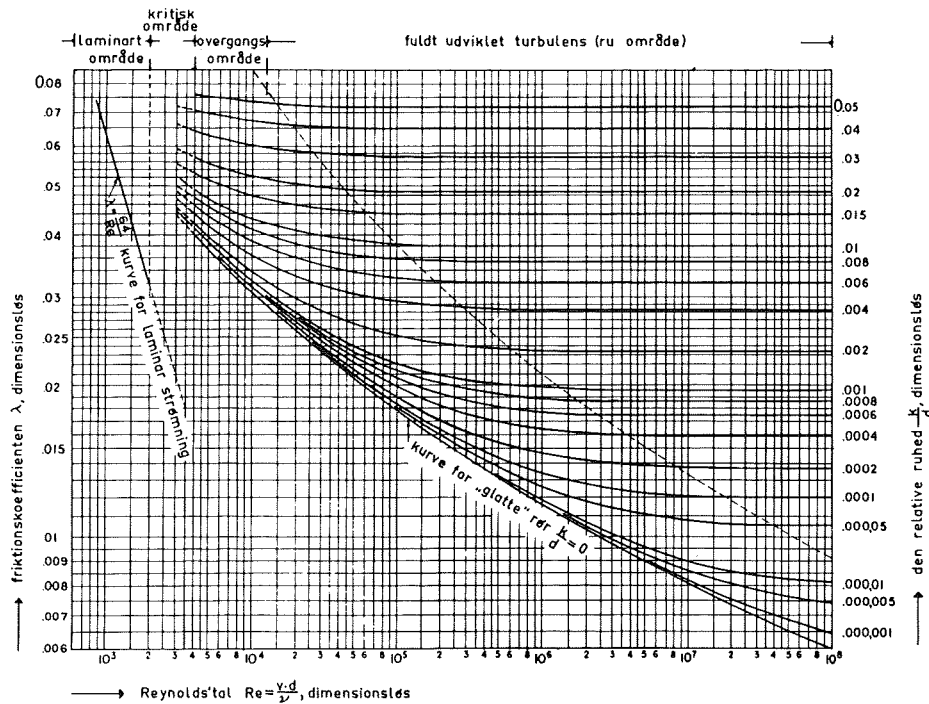


Fig. 4.7. Friktionskoefficienten λ som funktion af Reynolds' tal Re . Diagrammet, der benævnes Moody's diagram, anvendes på følgende måde: Først bestemmes Reynolds' tal

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (4.22)$$

hvor v er hastigheden (m/s), d er den indvendige rørdiameter (m) og ν er den kinematiske viskositet (m^2/s), se fig. 4.5. Derefter bestemmes den relative ruhed

$$\frac{k}{d} \quad (4.23)$$

hvor k er den absolutte ruhed (m), se fig. 4.6, og d den indvendige diameter (m). Med disse to indgange findes friktionskoefficienten λ af diagrammet. Tryktabet pr. meter rør er da givet ved

$$R = \lambda \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4.24)$$

hvor ρ er vandets massefylde (kg/m^3),

λ friktionskoefficienten,

v hastigheden (m/s),

d rørdiameter (m), og

R tryktab pr. meter (Pa/m)

For et rør med længden l fås tryktabet

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad (4.25)$$

Man kan på denne måde beregne en tabel eller et diagram punkt for punkt, hvis man kommer ud for en ny rørtype.

ger, armaturer, dimensionsændringer og ved ind- og udløb i beholdere. Under ét kaldes de for enkeltmodstande.

Størrelsen af tabet i en enkeltmodstand afhænger af dens form. En jævnt forløbende strømning gennem enkeltmodstanden giver et mindre tryktab end en strømning med mange og bratte hastighedsændringer. En strømning, hvor hastigheden vokser, giver mindre tab, end hvis hastigheden aftager.

Beregning af tryktab i enkeltmodstande

Tryktabet i en enkeltmodstand kan udtrykkes ved

$$\Delta p_e = \zeta \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4.27)$$

hvor Δp_e er tryktabet i enkeltmodstanden (kPa),

ζ modstandstallet (dimensionsløst), og

$\frac{1}{2} \rho v^2$ det dynamiske tryk (kPa) (fås af nomogrammerne)

Modstandstallet ζ

Modstandstallet ζ er et karakteristisk tal for den pågældende enkeltmodstand.

Tabel over modstandstal

I fig. 4.14 er angivet modstandstal for nogle hyppigt anvendte enkeltmodstande.

Tryktabsberegning for en vandinstallation

Tryktabsberegning til brug for dimensioneringen er beskrevet i kapitel 5. Fremgangsmåden er i korthed følgende. Alle vandstrømme beregnes på forhånd. Vandtrykket i forsyningsnettet opgives af vandværket. Dimensioneringen består da i at vælge alle rørdiameter således, at det tryk, som står til rådighed, anvendes undervejs fra forsyningspunkt til tapsted.

Statens Byggeforskningsinstitut 1979

Gengivelse af dette nomogram kun i forbindelse med SBI-nomogram 4

SBI-nomogram 4 Tryktab for varmforzinkede stålør uden afsætning Vand 10°C

Anvendelse
Rørledninger for brugsvand, hvor der ikke forventes afsætning.

Grundlag
Colebrook's formel med vandtemperatur $t = 10^\circ\text{C}$, absolut ruhed $k = 0,15 \times 10^{-3}\text{ m}$.

Diametre
På højre side af diameteraksen er afsat indvendige diametre for midtelsvare gevindrør af St. 50 eller DS 540, 3. udgave. Disse diametre er efter DS 540 betegnet med det gevind, der kan skæres på røret, samt godstykkel-sen i mm.

Omsætningstabel for trykenheder

	P_a	ΔP	$\frac{1}{2} \rho v^2$	ΔP
1 Pa	1	1	$0,125 \times 10^{-3}$	$1,25 \times 10^{-3}$
1 bar	10^5	1	$12,5$	$1,25$
1 kg/cm^2	$9,807 \times 10^4$	$1,02 \times 10^3$	1	10^{-3}
1 atm	$1,013 \times 10^5$	$1,033 \times 10^3$	1,033	1,033

Temperaturområde
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C . Ved 0°C er fejlen på tryk-tabel maksimalt +10% og ved 55°C maksimalt -25%.

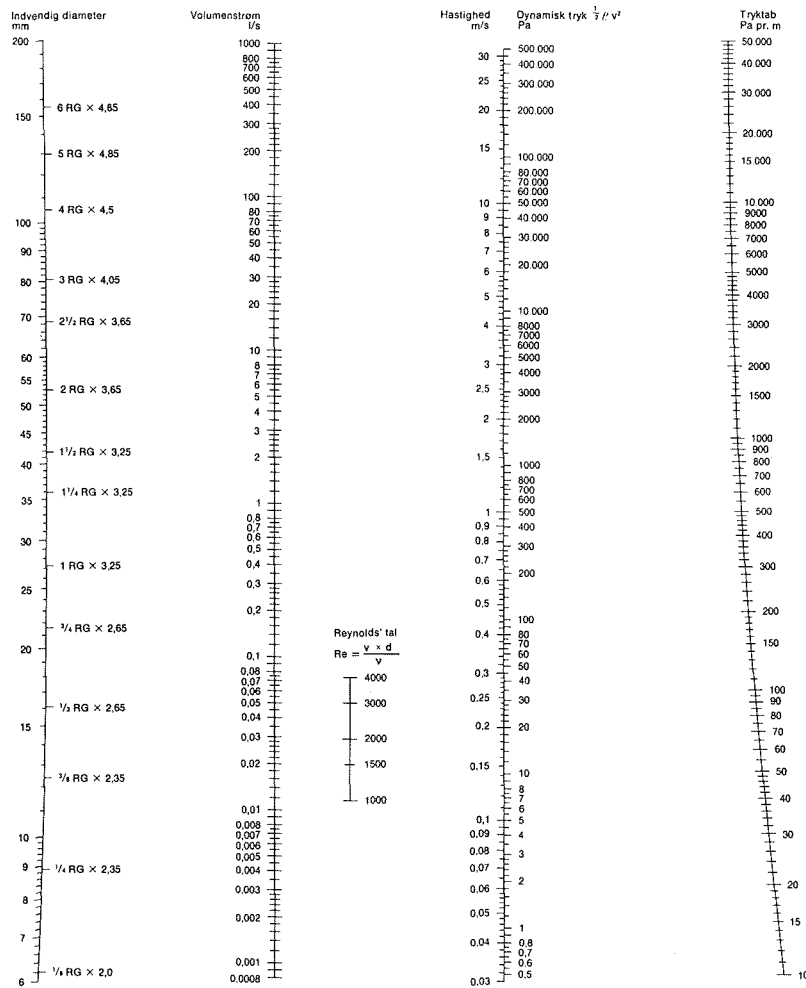


Fig. 4.8. Nomogram til bestemmelse af tryktab for varmforzinkede (galvaniserede) stålør (uden afsætning). Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 4. Nomogrammet er beregnet på grundlag af Colebrook-White's formel med en ruhed på $k = 0,00015 \text{ m}$.

Statens Byggeforskningsinstitut 1978

Gengivelse af dette nomogram kun i forbindelse med SBI-nomogram 4

SBI-nomogram 5 Tryktab for varmforzinkede stålør med afsætning Vand 10°C

Anvendelse
Rørledninger for brugsvand, der kan fremkalde afsætning.

Grundlag
Colebrook's formel med vandtemperatur $t = 10^\circ\text{C}$, absolut ruhed $k = 1,0 \times 10^{-3}\text{ m}$ og afsætningslag $a = 0,3 \times 10^{-3}\text{ m}$.

Diametre
På højre side af diameteraksen er afsat indvendige diametre for midtelsvare gevindrør af St. 50 eller DS 540, 3. udgave. Disse diametre er efter DS 540 betegnet med det gevind, der kan skæres på røret, samt godstykkel-sen i mm.

Omsætningstabel for trykenheder

	P_a	ΔP	$\frac{1}{2} \rho v^2$	ΔP
1 Pa	1	1	$0,125 \times 10^{-3}$	$1,25 \times 10^{-3}$
1 bar	10^5	1	$12,5$	$1,25$
1 kg/cm^2	$9,807 \times 10^4$	$1,02 \times 10^3$	1	10^{-3}
1 atm	$1,013 \times 10^5$	$1,033 \times 10^3$	1,033	1,033

Temperaturområde
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C . Ved 0°C er fejlen på tryk-tabel maksimalt +10% og ved 55°C maksimalt -25%.

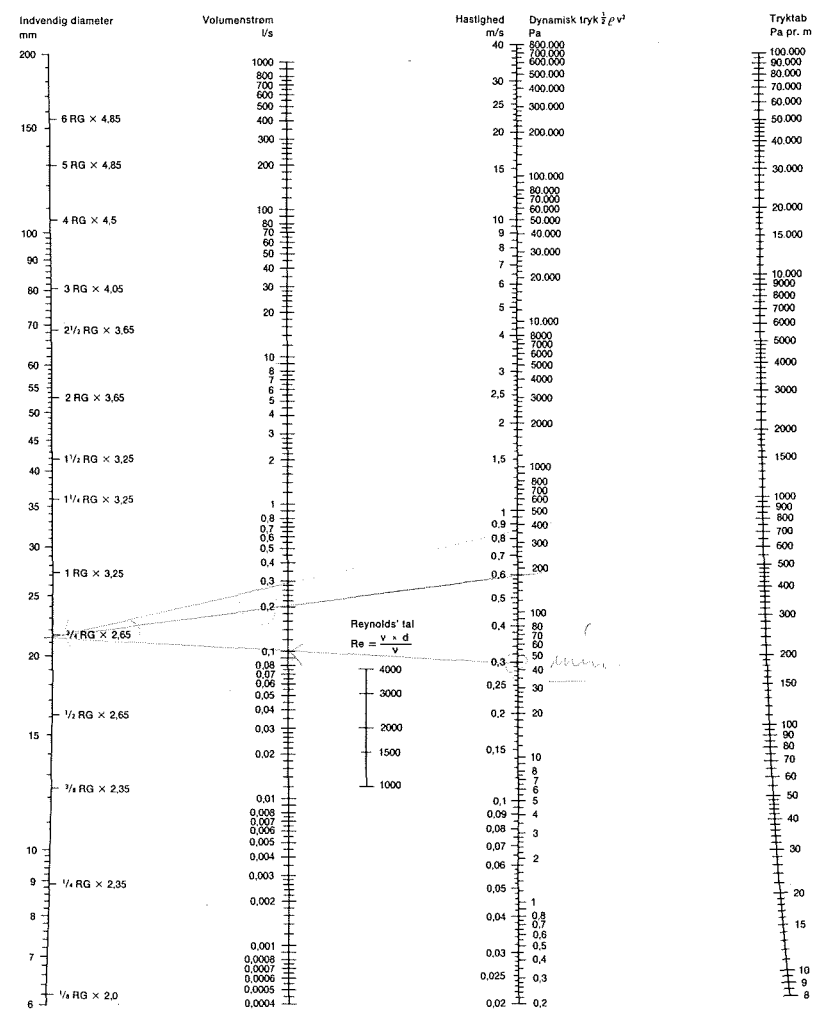


Fig. 4.9. Nomogram til bestemmelse af tryktab for varmforzinkede stålør med afsætning. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 5.

Statens Byggeforskningsinstitut 1979

Gengivelse af dette nomogram kun tilladt efter skriftlig tilladelse fra SBI i tværsnit af tryk

SBI-nomogram 6 Tryktab for kobberør uden afsætning**Vand 10°C**

Anvendelse
Rørledninger for brugsvand, hvor der ikke forventes afsætning.

Grundlag
Colebrook's formel med vandtemperatur $t = 10^\circ\text{C}$ og absolut ruhed $k = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$.

Diametre
På højre side af diameteraksen er afsat indvendige diametre for kobberør (-normale-) efter DS 2110. Disse diametre er efter DS 2110 betegnet med udvendig diameter og godstykkelser i mm.

Omsætningstabel for trykenheder

	Pa	bar	$\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	at
1 Pa	1	10^{-5}	$1,0197 \times 10^{-5}$	$1,193 \times 10^{-5}$
1 bar	100 000	1	1,0197	1,193
1 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	98 066,5	0,980665	1	1,176
1 at	101 325	1,01325	1,01325	1

Temperaturområde
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C . Ved 0°C er fejlen på tryktabel maksimalt $\pm 10\%$ og ved 55°C maksimalt -25% .

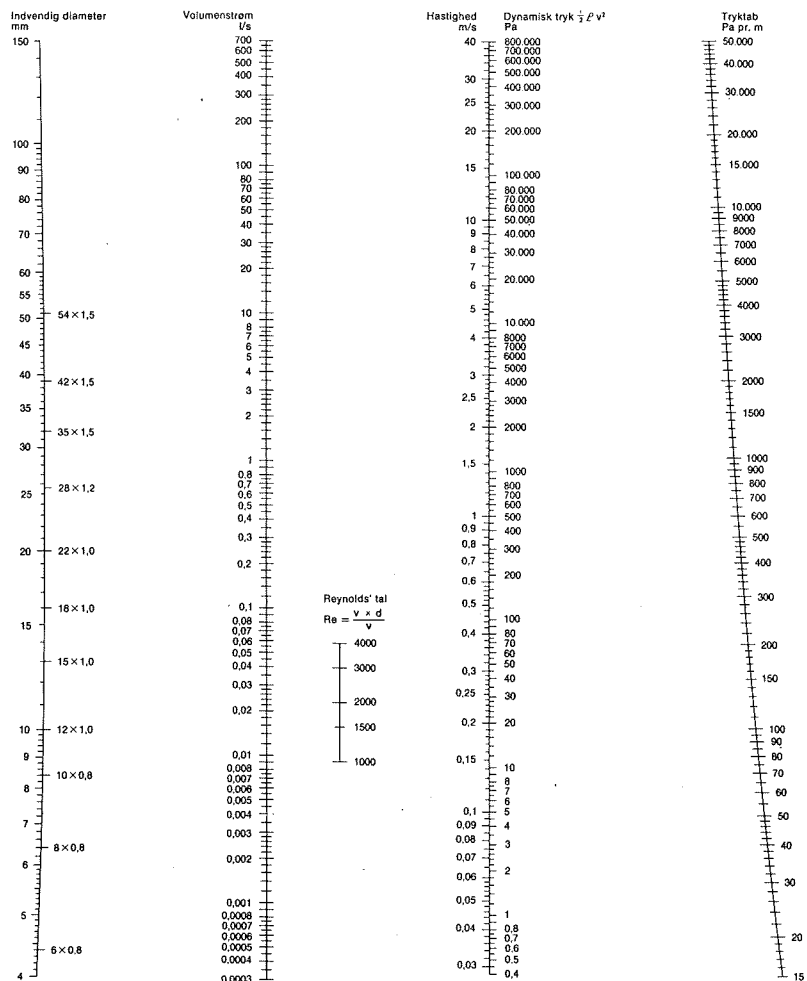


Fig. 4.10. Nomogram til bestemmelse af tryktab for trukne kobberør (uden afsætning). Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 6. Nomogrammet er baseret på Colebrook-White's formel med en ruhed på $k = 0,000015 \text{ m}$.

Statens Byggeforskningsinstitut 1978

Gengivelse af dette nomogram kun tilladt efter skriftlig tilladelse fra SBI i tværsnit af tryk

SBI-nomogram 7 Tryktab for kobberør med afsætning**Vand 10°C**

Anvendelse
Rørledninger for brugsvand, der kan fremskaffe afsætning.

Grundlag
Colebrook's formel med vandtemperatur $t = 10^\circ\text{C}$ og absolut ruhed $k = 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Diametre
På højre side af diameteraksen er afsat indvendige diametre for kobberør (-normale-) efter DS 2110. Disse diametre er efter DS 2110 betegnet med udvendig diameter og godstykkelser i mm.

Omsætningstabel for trykenheder

	Pa	bar	$\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	at
1 Pa	1	10^{-5}	$1,0197 \times 10^{-5}$	$1,193 \times 10^{-5}$
1 bar	100 000	1	1,0197	1,193
1 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	98 066,5	0,980665	1	1,176
1 at	101 325	1,01325	1,01325	1

Temperaturområde
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C . Ved 0°C er fejlen på tryktabel maksimalt $\pm 10\%$ og ved 55°C maksimalt -25% .

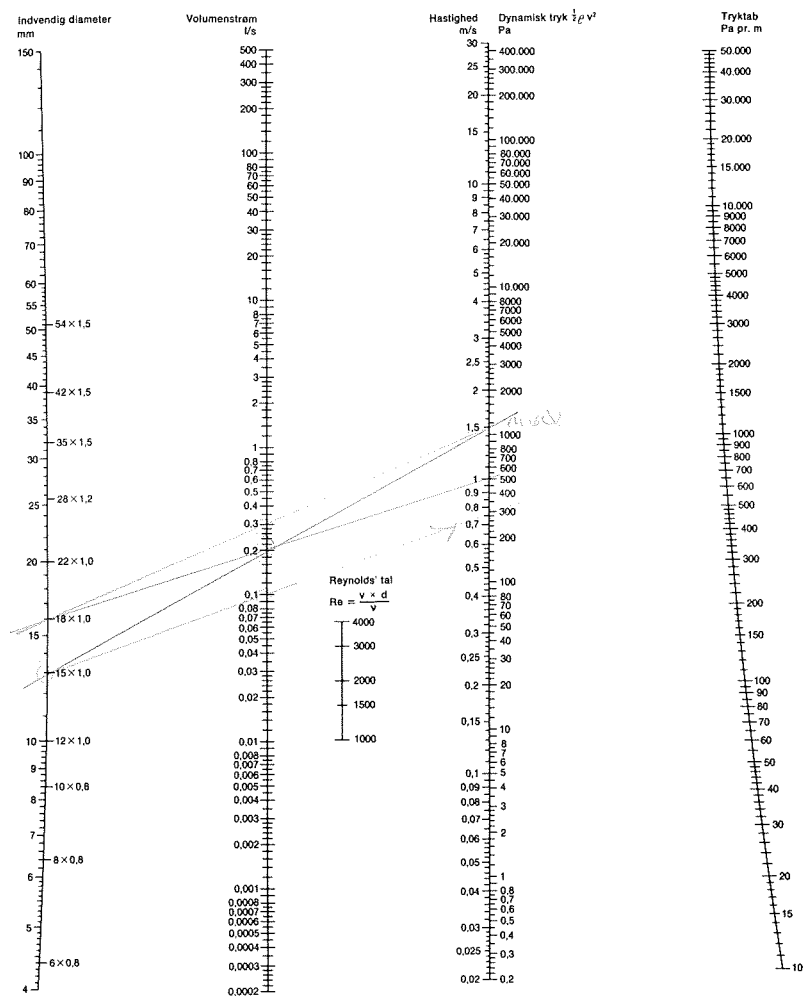


Fig. 4.11. Nomogram til bestemmelse af tryktab for trukne kobberør med afsætning. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 7.

Statens Byggeforskningsinstitut 1979

Gengivelse af dette nomogram kun tilladt efter skriftlig tilladelse fra SBI i henholdsvis skriftlig

SBI-nomogram 8 Tryktab for asbest-cementrør

Vand 10°C

Anvendelse
Rørledninger for brugsvand, hvor der ikke forventes afsætning.

Grundlag
Colebrook's formel med vandtemperatur $t = 10^\circ\text{C}$ og absolut ruhed $k = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Indvendige diameter
På højre side af diameteraksen er afsat indvendige diameter for asbest-cementrør efter ISO/DIS 150.

Omsætningsstab for trykenheder

ΔP	ΔP	ΔP	ΔP	ΔP
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa

Temperaturområde
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C . Ved 0°C er fejlen på tryktabelt maksimalt +10% og ved 25°C maksimalt -10%.

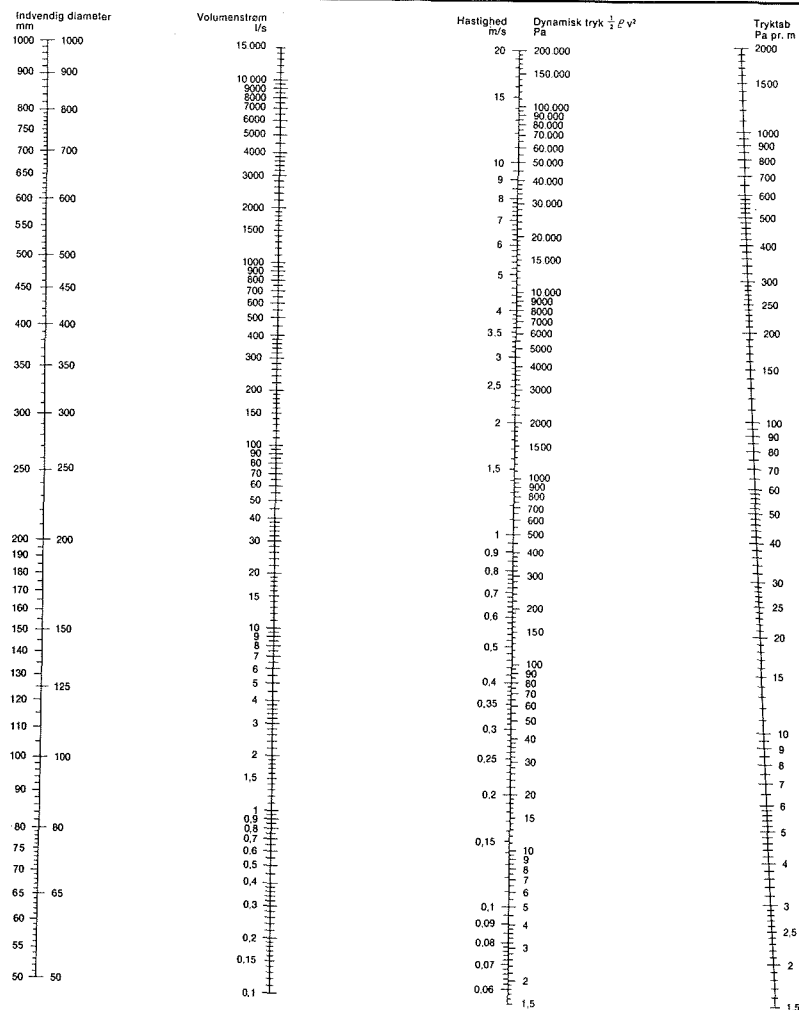


Fig. 4.12. Nomogram til bestemmelse af tryktab for asbestcementrør. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 8.

Statens Byggeforskningsinstitut 1978

Gengivelse af dette nomogram kun tilladt efter skriftlig tilladelse fra SBI i henholdsvis skriftlig

SBI-nomogram 11 Tryktab for plastrør

Vand 10°C

Anvendelse
Rørledninger for brugsvand, hvor der ikke forventes afsætning.

Grundlag
Colebrook's formel med vandtemperatur $t = 10^\circ\text{C}$ og absolut ruhed $k = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Nomogrammet er baseret på målinger udført på pvc- og pel-rør.

Temperaturområde
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C . Ved 0°C er fejlen på tryktabelt maksimalt +10% og ved 55°C maksimalt -25%.

Indvendige diameter (uddrag efter DS 972, DS 719, og DS 2129)

Materialer og tryk	10	15	20	25	30	40	50	63	75	90	110	125	150	160	200	225	250	315	400
PVC	10	15	20	25	30	40	50	63	75	90	110	125	150	160	200	225	250	315	400
PE	10	15	20	25	30	40	50	63	75	90	110	125	150	160	200	225	250	315	400

Omsætningsstab for trykenheder

ΔP	ΔP	ΔP	ΔP	ΔP
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa
1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa	1 Pa

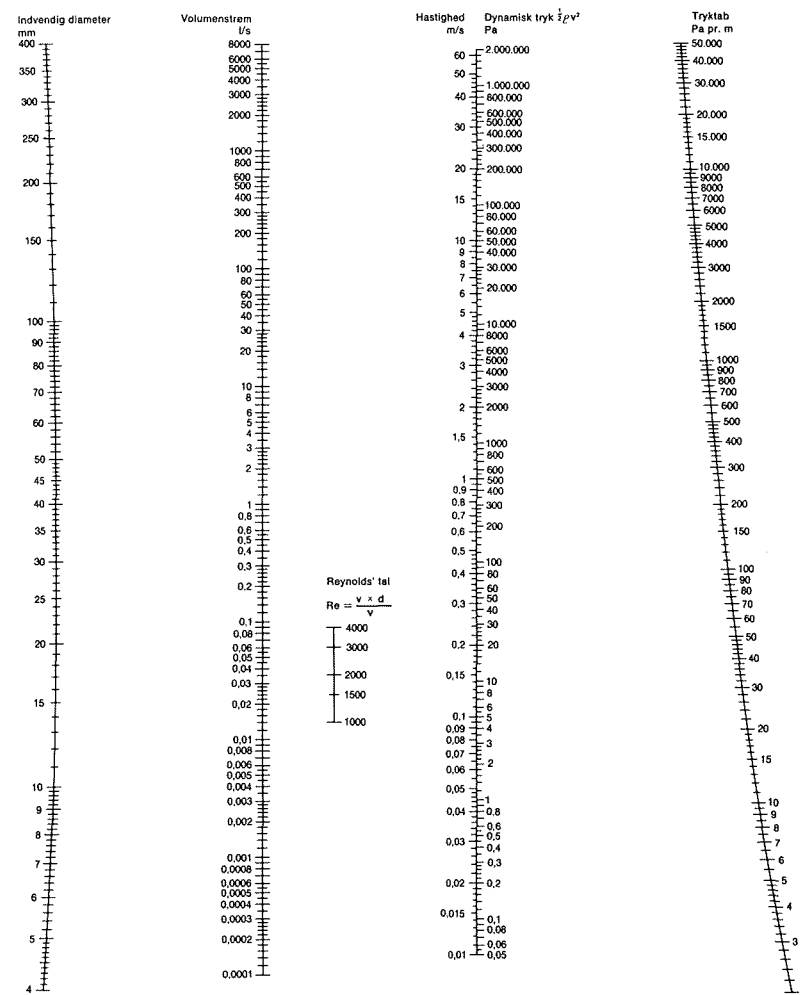


Fig. 4.13. Nomogram til bestemmelse af tryktab for plastrør. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 11.

Dimensionsændringer

Alm. fittings $\zeta \sim 1,0$ (ref. til v)
Alm. fittings $\zeta \sim 0$
Forkrøbning: $\zeta \sim 0,5$ (ref. til v)

Beholdere

Indløb: $\zeta \sim 1,1$

Udløb: $\zeta \sim 0,5$ (skarpkantede)
 $\zeta \sim 0,1$ (afrundede)

Vedr. gennemstrømningsvarmere henvises til fabrikan-
tens oplysninger

Retningsændringer

90°-bøjninger:

$\frac{R}{d}$	1	2	3	4	> 4
ζ	0,4	0,3	0,25	0,2	0,2

45°-bøjninger:

$\frac{R}{d}$	≤ 3	> 3
ζ	0,2	0,1

Alm. formstykker (vinkler) $\zeta \sim 1,0$ $d \leq 20$ mm
 $\zeta \sim 0,5$ $d > 20$ mm

2 stk. 90°-bøjning

$\zeta \sim 2 \cdot \zeta_{\text{enkelt}}$

$\zeta \sim 3 \cdot \zeta_{\text{enkelt}}$

$\zeta \sim 4 \cdot \zeta_{\text{enkelt}}$

Fig. 4.14. Modstandstal for enkeltmodstande (fortsættes).

T-stykker		Alm. formstykker: T-stykke, afgrening $\zeta_A \sim 1,5$ $\zeta_G \sim 0$ T-stykke, sammenløb $\zeta_A \sim 1,0$ (ref. til v_a) $\zeta \sim 0,5$ (ref. til v) T-stykke, afgrening med strøm $\zeta_A \sim 0,5$ (ref. til v_a) $\zeta \sim 0$ T-stykke, sammenløb med strøm $\zeta_A \sim 0,5$ (ref. til v_a) $\zeta \sim 0$ T-stykke, symmetrisk afgrening eller sammenløb $\zeta_A \sim 3,0$ (ref. til v_a) »Bukse-T«, symmetrisk afgrening eller sammenløb med strøm $\zeta_A \sim 1,5$ (ref. til v_a)
Armaturer	Afspærringsarmaturer m.v.	Der henvises i almindelighed til fabrikantens oplysninger eller til VA-godkendelse. Nedenstående kan anvendes ved overslagsberegninger.
Skydeventil		$\zeta = 2,0$ $d \leq 25$ mm $\zeta = 1,5$ $d > 25$ mm
Sædeventiler: normal type		$\zeta = 10$ $d \leq 25$ mm $\zeta = 5$ $d > 25$ mm
fristrøms type		$\zeta = 0,3$
Kuglehaner med fuld lysning		$\zeta = 0,1$
Membranventiler		$\zeta = 5$
Kontraventil: sæde-type		$\zeta = 6$
klap-type		$\zeta = 1$
kugle-type		$\zeta = 2$
Aftapningsarmaturer		Se VA-godkendelse
Anboringer:		Topanboring $d \geq 25$ mm $\zeta = 5$ Sideanboring $d \geq 25$ mm $\zeta = 2$ $d < 25$ mm $\zeta = 3$

Fig. 4.14 (fortsat). Modstandstal for enkeltmodstande.

Kapitel 5

Dimensionering ved beregning

Normens krav

Dimensionering af vandinstallationer skal baseres på normen. De instrukser, som normen giver for dimensioneringen, kan i grove træk opdeles i:

Overordnede funktionskrav, og
beregningsforskrifter.

De overordnede funktionskrav har meget generel karakter, så det er nødvendigt nøje at følge de angivne beregningsforskrifter, hvis man skal dimensionere en installation, som er i overensstemmelse med normen. Kun i tilfælde, som normen ikke dækker, eller ved udvikling af nye systemer og komponenter kan det være aktuelt at anvende andre beregningsforskrifter.

Overordnede funktionskrav

Det generelle funktionskrav til en vandinstallation er udtrykt:

Vandinstallationer skal dimensioneres således, at der er en passende sandsynlighed for, at det enkelte tapsted kan tilføres vand i en mængde, der er tilfredsstillende for tapstedets funktion, og uden at der opstår generende støj.

Dette krav til vandinstallationen skal være opfyldt ikke alene på tidspunktet for ibrugtagningen, men også i en rimelig tid derefter.

Det generelle,
overordnede
funktionskrav

Funktionskrav
vedrørende
varmtvands-
installationer

Installationer for varmt brugsvand skal dimensioneres efter samme retningslinier som installationer for koldt vand, men herudover tilkommer der nogle krav, som skal tage højde for energi- og vandbesparelse. Disse krav går dels på anlægget for varmtvandsproduktion (se kap. 12) og dels på varmtvandsinstallationen, for hvilken det gælder, at:

ledningsnettet skal være udformet på en sådan måde, at et uønsket temperaturfald undervejs til tapstederne undgås.

Hvis der er et væsentligt temperaturfald, vil brugeren i starten af tapningen blot afvente, at temperaturen bliver høj nok, hvorved der spildes både vand og energi. Dette kan imødegås gennem beregningsforskriften om en maksimal ventetid for det varme vand, se kap. 7.

Hensyn til
energi- og
vandbesparelse

Normens beregningsforskrifter

Til gennemførelse af beregningerne angiver normen en række kvantitative krav og beregningsmæssige forudsætninger.

De vigtigste vedrører:

fastsættelse af tryk i forsyningsledningen,
begrænsning af støjgener,
fastsættelse af normalvandstrømme,
beregning af største sandsynlige vandstrømme,
forholdsregler mod korrosion og
beregning af tryktab i installation.

Andre hensyn ved beregningen

Selv hvor normen ikke direkte angiver det, kan der være andre hensyn, som der bør tages ved beregningen. Blandt sådanne kan nævnes hensyn til:

Ressource-
økonomi
Fremtidssikring

ressourceøkonomi, bl.a. gennem bedst mulig udnyttelse af det disponible tryk,
fremtidig anvendelse, bl.a. gennem lette udvidelsesmuligheder og rigelig dimensionering af stikledninger og ikke-udskiftelige ledninger, og

Stabilitet stabilitet under varierende tapninger, bl.a. ved at drage omsorg for, at de enkelte tapsteder influerer så lidt som muligt på hinanden, hvilket f.eks. kan opnås ved at lægge den største del af det disponible tryktab i taparmaturer og koblingsledninger.

Gennemgang af beregningsgrundlag

Beregningsforudsætninger og andre hensyn

I det følgende vil beregningsforudsætningerne og de øvrige hensyn blive omtalt hver for sig – selv om det naturligvis ikke altid er muligt at adskille deres virkning under dimensioneringen.

Dimensionering af installationens enkelte dele

I slutningen af kapitlet vil disse forudsætninger blive anvendt i en vejledning af dimensionering af installationens enkelte dele efter følgende opdeling:

den samlede installation,
tilslutning til forsyningsledning,
stikledning,
målerarrangement,
fordelingsledningssystem,
koblingsledninger og
ledningsarmaturer og taparmaturer.

Trykket i forsyningsledningen

Til brug for dimensionering af installationen skal der skaffes oplysninger om trykket i forsyningsledningen. Et sådant tryk kan være særdeles vanskeligt at bestemme, fordi trykket varierer med tiden og forbruget og med stedet i forsyningsnettet. Normen giver derfor nogle retningslinier for, hvordan dette tryk skal defineres.

Normkrav

Normens krav er, at vandinstallationer skal dimensioneres for det laveste vandtryk, der under normale omstændigheder optræder i forsyningsledningen. Sammenholdes dette

Det laveste normale tryk p_{ln}

krav med det generelle krav, fås at det tryk der skal dimensioneres for – *det laveste normale tryk p_{ln}* , – skal forekomme med en passende sandsynlighed. Normen anbefaler en sandsynlighed på 0,99 beregnet i en periode med stort forbrug (se fig. 5.1).

Trykkets variation

Trykket i forsyningsledningerne i et forsyningsområde varierer med tiden. Trykket varierer inden for det enkelte døgn, den enkelte uge og i de fleste områder også efter årstiden. Årsagen til trykvariationerne er primært det varierende forbrug i området, men også den måde trykket etableres på kan have betydning.

Forbrugsvariationer

Trykket i et punkt på en forsyningsledning afhænger af det øjeblikkelige forbrug og dermed af den vandstrøm, der belaster ledningen mellem værket og punktet.

Døgnvariation

I de fleste forsyningsområder er forbruget i nattetimerne lille og trykket derfor relativt stort. Om dagen vil forbruget variere i afhængighed af de typer af forbrugere, der er tilsluttet ledningen. Industrier og andre erhvervsvirksomheder vil virke udjævnende på forbruget, medens man i boligområder vil have stærkt varierende forbrug. På almindelige hverdage vil forbruget normalt være størst omkring kl. 18, og på helligdage vil forbruget være størst om formiddagen.

Årstidsvariationer

I mange områder vil forbruget variere stærkt med årstiden. Mest typisk i denne henseende er nok sommerhusområder med meget stort forbrug i sommermånederne og næsten intet forbrug om vinteren. I andre forsyningsområder vil der imidlertid også være en vis årstidsvariation, bl.a. kan man komme ud for store forbrug i perioder med megen havevanding.

Trykket på vandværket

Den måde, trykket etableres på, har betydning for trykvariationernes karakter. Nogle vandforsyninger er forsynet med højdebeholder, og i andre pumper vandet direkte ud til forbrugerne. I det sidste tilfælde er pumperne oftest trykstyrede evt. med et hydroforanlæg.

Højdebeholder

I områder med højdebeholder er det vandstanden i beholderen, der er bestemmende for forsyningsstrykket. Under

normale forhold vil der være tale om relativt små og langsomme variationer i trykket på »værket« i disse områder, og trykvariationen i nettet er derfor næsten udelukkende afhængige af forbruget. Ved fastlæggelsen af p_{ln} bør man i højdebeholderområder gå ud fra den laveste vandstand i beholderen.

I forsyningsområder, hvor der pumpes direkte til forsyningsledninger (evt. via hydrofor), vil der ofte være meget kortvarige trykvariationer forårsaget af forskellen mellem pumpernes start- og stoptryk. Indenfor få minutter kan man i forsyningsledninger registrere trykforskelle på op til 100 kPa (ca. 10 mVS).

Laveste normale tryk, p_{ln}

Det laveste normale tryk, p_{ln} , i forsyningsledningen, hvilket er det tryk, der skal dimensioneres for, opgives normalt af vandværket. Man bør tillige altid søge oplysning om de betingelser under hvilke trykket er målt.

Hvis man ikke kan få opgivet trykket på værket, kan det blive nødvendigt at foretage en måling af trykket på stedet. Hvis der heller ikke kan fås oplysninger om trykkets variation, kan det blive nødvendigt at registrere trykket over en længere periode.

Det laveste normale tryk skal i henhold til normen bestemmes i en periode med stort forbrug. I sommerhusområder måles normalt i ferieperioden, og i parcelhusområder og lign. måles f.eks. i perioder, hvor der foregår havevanding.

I et døgn af en periode med stort forbrug kan man som vist på fig. 5.1 ved hjælp af en trykvariationskurve bestemme p_{ln} , således at den ønskede sandsynlighed på 99 % er til stede. Fig. 5.1 viser en typisk trykkurve for et område med overvejende boligbebyggelse.

Kravet om en sandsynlighed på 99 % svarer til, at trykket kun i 1 % af tiden må være lavere end p_{ln} . Der kan forekomme trykvariationer, hvor trykket er lavere end p_{ln} i flere tidsperioder i døgnet. I sådanne tilfælde må den samlede va-

Trykstyrede
pumper

Måling af tryk

Perioder med
stort forbrug

99 % sandsynlig-
hed

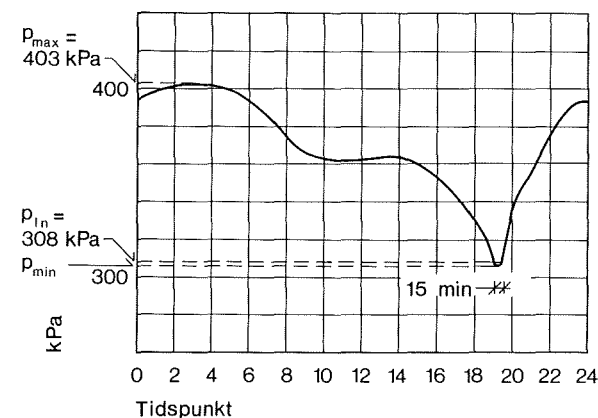


Fig. 5.1. Døgntrykcurve med bestemmelse af det laveste normale tryk, p_{ln} . Trykket fastlægges således, at kurven kun i 1 % af tiden (ca. 15 minutter) udviser lavere tryk end p_{ln} .

rigthed af perioderne ikke overstige 1 % af døgnet svarende til ca. 15 minutter.

Angivelse af det laveste normale tryk

Enhver beregning tager udgangspunkt i det laveste normale tryk, p_{ln} . Ved beregningen går man ud fra, at trykket målt i forsyningspunktet er p_{ln} . Dertil må man vide, i hvilken kote forsyningspunktet ligger.

Udgangspunkt for beregningen er altså:

p_{ln} laveste normale tryk i forsyningspunkt (kPa)

z_F kote til forsyningspunkt (normalt regnet fra DNN = Dansk Normal Nul, men eventuelt fra en anden referenceflade).

Ud fra disse størrelser kan trykket andre steder i installationen beregnes.

Hvis trykket fås angivet på anden måde, foretages først en omregning. I fig. 5.1A er der vist omregning fra to af de hyppigst anvendte trykangivelser.

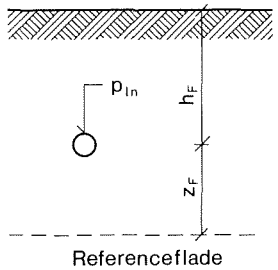
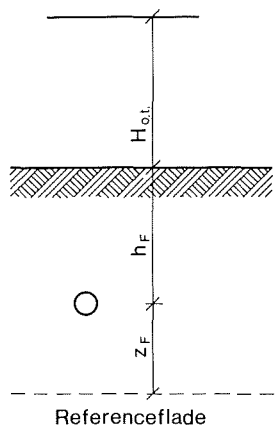
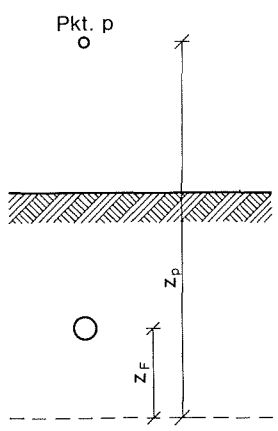
	1. Udgangspunkt for beregninger: p_{in} laveste normale tryk i forsyningspunkt z_F kote til forsyningspunkt (normalt regnet fra DNN = Dansk Normal Nul, men eventuelt fra en anden referenceflade)
	2. Tryk opgivet i »mVS over terræn« $H_{o,t}$ (svarende til tryk over terræn) er den højde, som forsyningsstrykket kan presse vandet op til. Hvis ledningen ligger h_F under terræn, så svarer trykket i forsyningspunktet til en vandsøjle med højden $H_{o,t} + h_F$. Trykket er altså $p_{in} = (H_{o,t} + h_F) \cdot 9,81$
	3. Tryk opgivet som trykkote z_p. Trykkoten er koten til det punkt, som forsyningsstrykket kan presse vandet op til. Trykket i forsyningspunktet svarer da til en vandsøjle med højden $z_p - z_F$, og trykket er altså $p_{in} = (z_p - z_F) \cdot 9,81$

Fig. 5.1A. Angivelse af det laveste normale tryk.

Det maksimale tryk

Det maksimale tryk, der kan forekomme i forsyningsledningerne, bør ligeledes inddrages i beregningerne. Det kan, hvis det er meget stort, have en betydning for anvendelse af visse materialer og for sikkerhedsventilens løftettryk, og det er afgørende for det tryk, der skal anvendes ved trykprøvningen. Det maksimale tryk har også betydning ved vurderingen af installationens støjforhold, se kap. 18.

Begrænsning af støjgener

Vandinstallationers lydtekniske forhold er behandlet i kap. 18, men med henblik på dimensioneringen gives her en kort oversigt. I installationer i bygninger, hvor der i henhold til bygningsreglementet stilles krav om begrænsning af støjniveauet, kan man tage visse forholdsregler ved dimensioneringen, hvoraf de vigtigste er:

Udformning af installationen

valg af armatur med gode lydtekniske egenskaber (støjgruppe I).

valg af armatur med så højt tryktab som forholdene tillader så stor en del af det disponible tryktab som muligt placeres i koblingsledning (og i armatur)

der placeres støjsvage enkeltmodstande på koblingsledninger, evt. udføres lange koblingsledninger i små dimensioner

trykket reduceres evt. for hele installationen.

Ophængning af installationen

Selv om det ikke vedrører dimensioneringen, skal det anføres, at også placeringen af ledningerne har stor betydning. De vigtigste regler er her:

undgå om muligt at hænge ledninger (og andre dele af installationen) op på lette vægge

undgå om muligt ophængning på vægge, som grænser op til soverum eller til andre lejemål.

Normalvandstrømmen

I normens generelle krav anføres, at ethvert tapsted skal tilføres vand i en for det enkelte tapsteds funktion tilfredsstillende mængde.

lende mængde. Den strøm, der kræves for at sikre tapstedets tilfredsstillende funktion, benævnes normalvandstrømmen.

Fastsættelse af normalvandstrømmen

Normalvandstrømmen er betinget af tapstedets funktion, dvs. den afhænger ikke af taparmaturet, men af hvad det skal bruges til.

For de almindeligst forekommende tapsteder angiver normen de i fig. 5.2 anførte normalvandstrømme. For installationsgenstande, der ikke er anført i tabellen, vil det være nødvendigt at søge normalvandstrømmen oplyst enten fra VA-godkendelsesbladet eller hos leverandøren.

Afvielser fra normalvandstrømmen

Ved dimensioneringen skal det tilstræbes, at vandstrømmen ved det enkelte tapsted er lig normalvandstrømmen. I vejledningen til normen anføres det dog, at det under visse om-

Mindste
tilladelige
vandstrøm

Tapsted	Normalvandstrøm q_n l/s	
	Koldt vand	Varmt vand
Badekar	0,3	0,3
Bidét	0,1	0,1
Brusebad	0,2	0,2
Gård/havevanding	0,2	
Håndvask	0,1	0,1
Køkkenvask	0,2	0,2
Rengøringsvask	0,2	0,2
Samtidigt løbende tapventiler for brusere i fabrikker og lignende*)	0,1	0,1
Samtidigt løbende tapventiler for håndvaske eller vaskerender i fabrikker og lignende*)	0,03	0,03
Skylleventil for urinal	0,4	
Skylleventil for WC	1,5	
Spuleventil	0,2	0,2
Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning	0,2	0,2
WC-cisterne	0,1	

*) Det forudsættes, at det ved neddrøsling eller lignende sikres, at vandstrømmen ikke kan overstige normalvandstrømmen.

Fig. 5.2. Normalvandstrømme for de almindeligste tapsteder (efter normen tabel 3.1.b). For installationsgenstande, som ikke er nævnt i tabellen, må oplysninger søges i VA-godkendelsesbladet eller hos leverandøren.

Største tilladelige
vandstrøm

stændigheder kan tillades, at vandstrømmen ved tapstedet kun er 70 % af normalvandstrømmen. Hvorledes denne reduktion må anvendes er anført i senere afsnit og i eksemplerne.

Der er i princippet ingen grænser for, hvor stor vandstrømmen ved det enkelte tapsted må være. I praksis bør installationen dog udføres således, at vandmængden ikke bliver for stor på grund af en øget risiko for korrosion, støjgener og nedsat vandstrøm til andre tapsteder. Hvis dimensioneringen er baseret på at visse tapsteder kun får 70 % af normalvandstrømmen, så bør man sikre sig, at intet tapsted får større vandstrøm end 150 % af normalvandstrømmen.

Taparmaturer med flere udløb

Når flere installationsgenstande betjenes af samme taparmatur, er normalvandstrømmen for tapstedet lig normalvandstrømmen for den mest vandkrævende af installationsgenstandene. Forsynes eksempelvis håndvask ($q_n = 0,1$ l/s), badekar ($q_n = 0,3$ l/s) og bruser ($q_n = 0,2$ l/s) fra samme blandearmatur bliver normalvandstrømmen for det pågældende taparmatur $q_n = 0,3$ l/s, svarende til normalvandstrømmen for badekarret.

Største sandsynlige vandstrøm

Ved dimensionering af en vandinstallation er det nødvendigt at kende den vandstrøm, der løber i ledningssystemet ved tapning. Denne afhænger ikke alene af installationens størrelse, dvs. af mængden af tapsteder og disses normalvandstrømme, men også af hvorledes disse bliver brugt eller med andre ord af forbrugsmønstret.

Sandsynlighedsbegrebet

Det ville være muligt at dimensionere et system, hvor alle tapsteder kunne levere deres normalvandstrøm på samme tid, men det ville være meget dyrt. Derfor er dimensioneringen indrettet på, at tapstedet skal kunne yde sin normalvandstrøm med *en vis sandsynlighed*. Jo større forsynings-sikkerhed, der ønskes, desto større skal ledningsdimensionerne være.

Til fastlæggelse af ledningsdimensionen og beregning af nettet iøvrigt udtrykkes sandsynlighedsprincippet gennem en størrelse, der kan kaldes *den største sandsynlige vandstrøm*, q_s . Denne størrelse afhænger af:

1. størrelsen af installationen,
2. forbrugsmønstret og
3. den ønskede forsyningssikkerhed.

Betydning af antallet af tapsteder

Vedr. 1. Jo flere tapsteder, ledningen forsyner, desto større skal dimensionen naturligvis være, men til gengæld er sandsynligheden for, at alle tapsteder er i brug samtidigt mindre i en stor end i en lille installation.

Indflydelsen fra måden at tappe på

Vedr. 2. For at kunne beregne den største sandsynlige vandstrøm, er det nødvendigt, at man har kendskab til, hvorledes installationen vil blive brugt. Det er her af stor betydning, om tapstederne anvendes tilfældigt og uafhængigt af hinanden – som f.eks. i en bolig – eller om de anvendes systematisk – som f.eks. i en produktionsvirksomhed.

Forsynings-sikkerhed

Vedr. 3. Normen arbejder med en meget høj sikkerhed mod overbelastning. I de sandsynlighedsberegninger, der ligger til grund for dimensioneringen i boliger o.lign., arbejdes med en sandsynlighed på 99,9 %. I visse installationer i erhvervsbyggeri kan det være berettiget at arbejde med andre sikkerheder.

Tilfældig og systematisk benyttelse

Ved dimensioneringen skelner man nøje mellem *tilfældig* og *systematisk* benyttelse. Betydningen af disse begreber er følgende:

Tilfældig benyttelse

Når man skal regne på sandsynligheden for, at en vis hændelse – som f.eks. aftapning – skal indtræffe inden for en given periode, så må man vurdere, om der er lige store chancer for dette i hele perioden. Hvis der er det, så siger man, at der er tale om tilfældig benyttelse, fordi det er tilfældigt om hændelsen indtræffer til det ene eller det andet tidspunkt.

Systematisk benyttelse

Hvis man ved, at der er meget stor chance for, at mange tapsteder vil blive benyttet samtidig – f.eks. i en virksomhed, hvor mange ansatte vil vaske sig ved fyraften – så taler

man om systematisk benyttelse. Det er klart, at f.eks. 100 tapsteder med systematisk benyttelse kræver en større vandstrøm og dermed en fordelingsledning med større dimension end samme antal tapsteder med tilfældig benyttelse.

Den sandsynlige vandstrøm ved tilfældig benyttelse

For tilfældig benyttelse kan den sandsynlige vandstrøm for en ledning, der skal forsyne flere tapsteder, beregnes efter formelen

$$q_s = q_{n, \max} + A \cdot (\Sigma q_n - q_{n, \max}) + B \cdot \sqrt{\Sigma q_n - q_{n, \max}} \quad (5.5)$$

hvor q_s er den sandsynlige vandstrøm, l/s

$q_{n, \max}$ normalvandstrømmen for det største tapsted, l/s

Σq_n summen af normalvandstrømmene for alle tapsteder, der er tilsluttet ledningen, og

A og B konstanter som afhænger af den ønskede forsyningssikkerhed.

Konstanten B

Konstanten B kan skrives

$$B = C \sqrt{q_m \cdot A} \quad (5.6)$$

hvor q_m er middelværdien af vandstrømmene fra de respektive tapsteder

A sandsynligheden for, at vandstrømmen netop er q_m ved et vilkårligt tapsted i en periode med høj belastning på fordelingsledningerne, og

C en sikkerhedsfaktor, der tager hensyn til, hvor ofte q_s overskrides.

For varierende grader af sikkerhed har C følgende værdier:

Sikkerhed	C
99 %	2,3
99,9 %	3,1
99,99 %	3,7

Konstanten A

Konstanten A indgår i B og er som defineret ovenfor.

Valg af konstantværdier

Med formel (5.5) kan man arbejde under forskellige forudsætninger og med forskellige grader af forsyningssikkerhed. For de hyppigst forekommende tilfælde, nemlig installationer i beboelsesbygninger o.lign. er der i normen givet vejledning for, hvilke værdier af A og B , der bør anvendes.

Ledninger i beboelsesbygninger o.lign.

For installationer i beboelsesbygninger og andre bygninger, hvor tapstederne på samme måde anvendes kortvarigt og tilfældigt kan A og B efter normen fastsættes til:

$$A = 0,015$$

$$B = 0,17$$

B fremkommer som

$$B = C \sqrt{q_m \cdot A} = 3.1 \sqrt{0,2 \cdot 0,015} = 0,17 \quad (5.7)$$

idet der er valgt

$$C = 3.1 \text{ svarende til en sikkerhed på } 99,9\%$$

$$q_m = 0,2 \text{ l/s, og}$$

$$A = 0,015$$

Denne beregningsform er angivet i [5.1], men pas på de anvendte symboler, idet A har forskellig betydning i normen og i [5.1].

Med de valgte konstantværdier bliver formelen for den sandsynlige vandstrøm

$$q_s = q_{n,max} + 0,015(\Sigma q_n - q_{n,max}) + 0,17 \cdot \sqrt{\Sigma q_n - q_{n,max}} \quad (5.8)$$

hvor q_s er den største sandsynlige vandstrøm, l/s

$q_{n,max}$ normalvandstrømmen fra det største tapsted, l/s

Σq_n summen af normalvandstrømmene for alle tapsteder, der er tilsluttet ledningen, se dog afsnittet om ledninger, som forsyner både systematisk og tilfældigt benyttede tapsteder.

Formel (5.8) kan anvendes direkte i dimensioneringen, men det er lettere at anvende afbildningen af formelen i diagrammet i fig. 5.3 eller tabellen i fig. 5.4.

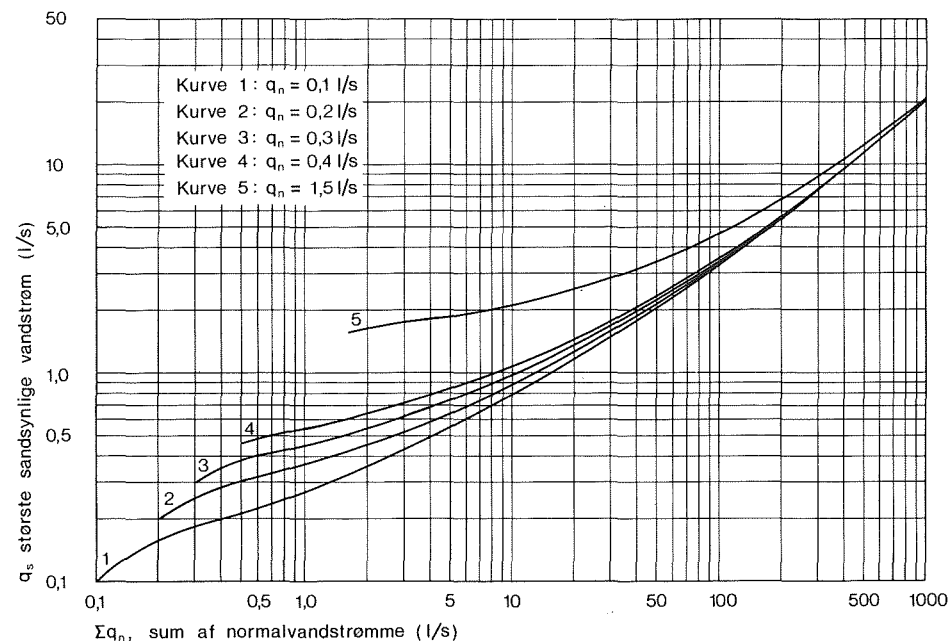


Fig. 5.3. Diagram over den største sandsynlige vandstrøm q_s som funktion af summen af normalstrømme Σq_n ved forskellige værdier af normalvandstrømmen $q_{n,max}$ for det største tapsted. Diagrammet er en afbildning af ligning (5.8).

Ledninger i andre bygningskategorier

Formel (5.8) anvendes ikke alene til boligbyggeri, men også til andre bygningskategorier, som kan sidestilles med boligbyggeri i den retning, at tapstederne er tilfældigt benyttede. Formlen er således anvendelig i kontorbygninger, kollegier, hoteller og lignende byggerier.

Særlige installationer

Undertiden – som f. eks. i vaskerier, marketenderier og skolekøkkener – vil det være nødvendigt at beregne den største sandsynlige vandstrøm på anden måde, også selvom der er tale om tilfældigt benyttede tapsteder. Dette er illustreret i eks. 5.1.

Største sandsynlige vandstrøm

Sum af normal- vand- strømme	Største sandsynlige vandstrøm q_s l/s						Sum af normal- vand- strømme	Største sandsynlige vandstrøm q_s l/s					
$q_{n,max} =$							$q_{n,max} =$						
Σq_n l/s	0,1 l/s	0,2 l/s	0,3 l/s	0,4 l/s	1,5 l/s		Σq_n l/s	0,1 l/s	0,2 l/s	0,3 l/s	0,4 l/s	1,5 l/s	
0,1	0,1	—	—	—	—	12,0	0,86	0,96	1,06	1,15	2,21		
0,2	0,16	0,20	—	—	—	13,0	0,90	1,00	1,09	1,19	2,25		
0,3	0,18	0,26	0,30	—	—	14,0	0,94	1,04	1,13	1,23	2,29		
0,4	0,20	0,28	0,36	—	—	15,0	0,98	1,07	1,17	1,27	2,33		
0,5	0,21	0,30	0,38	0,46	—	16,0	1,02	1,11	1,21	1,31	2,36		
0,6	0,23	0,31	0,40	0,48	—	17,0	1,06	1,15	1,25	1,34	2,40		
0,7	0,24	0,33	0,41	0,50	—	18,0	1,09	1,18	1,28	1,38	2,44		
0,8	0,25	0,34	0,43	0,51	—	19,0	1,12	1,21	1,31	1,41	2,47		
0,9	0,26	0,35	0,44	0,53	—	20,0	1,16	1,25	1,35	1,45	2,51		
1,0	0,27	0,36	0,45	0,54	—	22,0	1,23	1,32	1,41	1,51	2,58		
1,2	0,29	0,39	0,47	0,56	—	24,0	1,29	1,38	1,48	1,58	2,64		
1,4	0,31	0,40	0,49	0,59	—	26,0	1,35	1,45	1,55	1,64	2,71		
1,6	0,33	0,42	0,51	0,60	1,56	28,0	1,42	1,51	1,61	1,71	2,77		
1,8	0,35	0,44	0,53	0,62	1,60	30,0	1,48	1,58	1,67	1,77	2,84		
2,0	0,36	0,46	0,55	0,64	1,63	35,0	1,63	1,72	1,82	1,92	2,99		
2,5	0,40	0,49	0,59	0,68	1,69	40,0	1,77	1,87	1,97	2,06	3,13		
3,0	0,43	0,53	0,62	0,71	1,73	50,0	2,05	2,15	2,24	2,34	3,41		
3,5	0,46	0,56	0,65	0,75	1,77	60,0	2,31	2,41	2,51	2,61	3,68		
4,0	0,49	0,59	0,68	0,78	1,81	70,0	2,57	2,67	2,76	2,86	3,93		
4,5	0,52	0,62	0,71	0,81	1,84	80,0	2,82	2,92	3,01	3,11	4,18		
5,0	0,55	0,64	0,74	0,83	1,87	90,0	3,06	3,16	3,26	3,35	4,43		
6,0	0,60	0,70	0,79	0,89	1,93	100,0	3,30	3,40	3,49	3,59	4,66		
7,0	0,65	0,75	0,84	0,94	1,98	110,0	3,53	3,63	3,73	3,82	4,90		
8,0	0,70	0,79	0,89	0,98	2,03	120,0	3,76	3,86	3,96	4,05	5,13		
9,0	0,74	0,84	0,93	1,03	2,08	130,0	3,99	4,08	4,18	4,28	5,35		
10,0	0,78	0,88	0,97	1,07	2,12	140,0	4,21	4,31	4,40	4,50	5,58		
11,0	0,82	0,92	1,02	1,11	2,17	150,0	4,43	4,53	4,63	4,72	5,80		

Fig. 5.4. Tabel over den største sandsynlige vandstrøm q_s som funktion af summen af normalstrømme Σq_n ved forskellige værdier af normalvandstrømmen for det største tapsted på ledningen $q_{n,max}$. Tabellen er beregnet af ligning (5.8).

Eksempel 5.1. Fællesvaskeri

I et boligforeningsvaskeri skal der opstilles 6 vaskemaskiner med de i fig. 5.5 viste vaskeprogrammer og de i fig. 5.6 angivne vandforbrug. Det må forudsættes, at alle maskiner er i brug samtidigt, men med forskellige starttidspunkter. Den sandsynlige vandstrøm til vaskeriet ønskes beregnet.

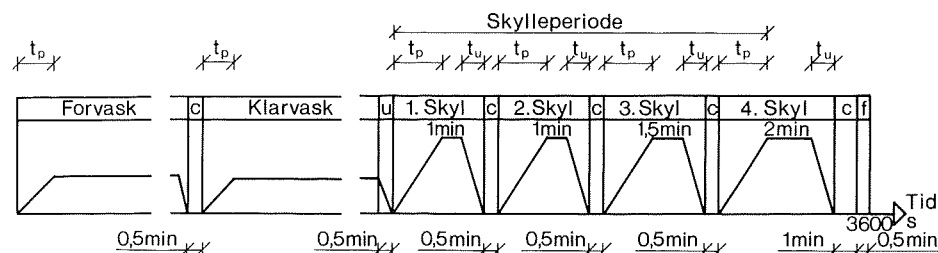


Fig. 5.5. Diagram over program til vaskemaskine. Anvendes i forbindelse med eks. 5.1. Betydningen af symbolerne er:

- C Centrifugering
- U Udtømning
- E Fordelings- eller bremsebevægelser
- t_p påfyldningstid
- t_u tømmetid

Den samme maskine har normalt flere programmer med varierende forbrug og tidsforløb. I hvert enkelt tilfælde må det overvejes hvilket program, der giver den største sandsynlige vandstrøm.

Proces	Vandforbrug l	Max. vandstrøm l/s	Fyldningstid t_p (s)	Tømningstid t_u (s)	Vasketemp. °C
Forvask	33	0,33	100	~30	60
Klarvask	27		~80	~30	60
1. skyl	44	0,33	~133	~60	Koldtvands-temperatur
2. skyl	44				
3. skyl	44				
4. skyl	44				

Fig. 5.6. Skema over temperaturer og vandforbrug i en vaskemaskine. Anvendes i forbindelse med eks. 5.1.

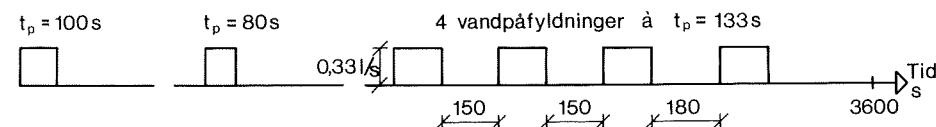


Fig. 5.7. Tids-vandstrømdiagram for en vaskemaskine, optegnet på grundlag af firmaoplysningerne i fig. 5.5 og 5.6.

Tids-vand-
strømsdiagram

På baggrund af firmaoplysningerne som angivet i fig. 5.5 og 5.6 optegnes tids-vandstrømsdiagrammet i fig. 5.7. Det fremgår heraf, at vaskeperioden er 3600 s, og at maskinerne kræver en vandstrøm på 0,33 l/s, når de tager vand ind. Hvis man blot vedtager, at de skal kunne arbejde samtidigt, fås den sandsynlige vandstrøm til

$$q_s = 6 \cdot 0,33 = 2,0 \text{ l/s} \quad (5.9)$$

Hvis man derimod vil være tilfreds med en mindre sikkerhed, kan vandstrømmen reduceres efter følgende beregning.

Ifølge fig. 5.5, 5.6 og 5.7 tages der vand ind i en maskine i 712 sekunder ud af de 3600. Sandsynligheden for, at en maskine tager vand ind til et tilfældigt tidspunkt, er da

$$p = \frac{712}{3600} = 0,2 \quad (5.10)$$

Hvis der i alt er n maskiner, så kan man finde sandsynligheden (s_r) for, at netop r af dem tager vand ind samtidigt ud fra formlen

$$s_r = \frac{n!}{r! (n-r)!} \cdot p^r \cdot (1-p)^{n-r} \quad (5.11)$$

(Når et tal står med ! efter betyder det:

$$a! = a \cdot (a-1) \cdot (a-2) \cdot \dots \cdot 1).$$

Der er i formlen forudsat, at starttidspunktet er tilfældigt.

I det aktuelle tilfælde er der 6 maskiner, og man kan ved hjælp af formlen finde sandsynligheden for, at netop 1, 2, 3, 4, 5 eller 6 maskiner tager vand ind samtidigt, som vist i nedenstående skema

n	r	s_r
6	1	0,393
	2	0,246
	3	0,082
	4	0,0154
	5	0,0016
	6	<0,0001

Hvis man dimensionerer for, at r maskiner tager vand ind samtidigt, så går det galt, hvis $r+1$, $r+2$ op til n maskiner tager vand ind. Sandsynligheden for det er

$$s_{r+1} + s_{r+2} + \dots + s_n \quad (5.12)$$

Sandsynligheden for, at det går godt, er da

$$1 - (s_{r+1} + s_{r+2} + \dots + s_n) \quad (5.13)$$

Denne sandsynlighed kan kaldes for sikkerheden mod overbelastning og kan udtrykkes i %. Beregningerne er vist i nedenstående skema.

Antal maskiner, der dimensioneres for r	Sandsynlighed for overbelastning $s_{r+1} + \dots + s_n$	Sandsynlighed for ingen overbelastning $1 - (s_{r+1} + \dots + s_n)$	Sikkerhed mod overbelastning %
1	0,345	0,655	65,5
2	0,099	0,901	90,1
3	0,0171	0,983	98,3
4	0,0017	0,998	99,8
5	<0,0001	0,9999	99,99
6	0	0	100

Hvis man i situationen med 6 maskiner vælger at dimensionere for samtidig vandindtagning af 4 maskiner, så bliver sikkerheden mod overbelastning altså 99,8 %. Vandstrømmen, der dimensioneres for, bliver

$$q = 4 \cdot 0,33 = 1,32 \text{ l/s} \quad (5.14)$$

Såfremt man anvender formel (5.5) til beregning af den største sandsynlige vandstrøm, fås

$$q_s = 0,33 + 0,2 (6 \cdot 0,33 - 0,33) + 2,3 \cdot \sqrt{0,33 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{6 \cdot 0,33 - 0,33}} \quad (5.15)$$

$$q_s = 1,42 \text{ l/s}$$

Da (5.5) er beregnet med en sikkerhed på 99 % ($C = 2,3$) er der altså ret god overensstemmelse.

Vurdering af risiko ved overbelastning

Når man i sådanne lidt mere specielle tilfælde skal fastlægge den største sandsynlige vandstrøm, bør man også vurdere hvilke ulemper en eventuel overbelastning kan medføre. Hvis vaskemaskinens vandindtag er niveaustyret, så vil en overbelastning – altså det at nettet ikke kan yde maskinen de 0,33 l/s – blot betyde at vaskeperioden forlænges lidt.

Sandsynlighedsteorien i praksis

Formlen for beregning af den største sandsynlige vandstrøm hviler på teoretiske overvejelser i forbindelse med målinger foretaget i praksis. Formlen er opbygget, som om de enkelte tapsteder var helt uafhængige af hinanden, hvilket jo ikke altid er tilfældet. Det er f.eks. sandsynligt, at tapstederne i samme bolig er indbyrdes afhængige.

Målinger i praksis viser da også, at der kan opnås god overensstemmelse mellem teori og praksis, hvis beregningerne baseres på antallet af boliger og ikke på antallet af tapsteder. Dette kan anvendes, hvor en ledning alene forsyner tapsteder i samme bolig.

Dette er baggrunden for, at det i normen tillades at regne summen af normalvandstrømmene i en bolig til 0,8 l/s for koldt og 0,8 l/s for varmt vand eller i alt 1,6 l/s for den samlede installation. Dette gælder såvel for enfamiliehuse som for den enkelte lejlighed i ejendomme med flere lejligheder. Man kan altså, uanset hvor stor summen af normalvandstrømmene iøvrigt er, regne med disse tal. Til gengæld vil det være rimeligt, om man af hensyn til fremtidige udvidelser også regner med tallene, selv om summen af normalstrømme på dimensioneringstidspunktet er mindre. Om anvendelsen af denne regel se også eksemplet i fig. 5.8.

Den sandsynlige vandstrøm ved systematisk benyttelse

I henhold til normen skal man, såfremt der i en installation forekommer systematisk benyttede tapsteder, beregne den største sandsynlige vandstrøm q_{sys} for disse som summen af normalvandstrømmene fra disse uden reduktion for samtidighed.

$$q_{\text{sys}} = \Sigma q_n \quad (5.16)$$

Ledning til tapsteder i samme bolig

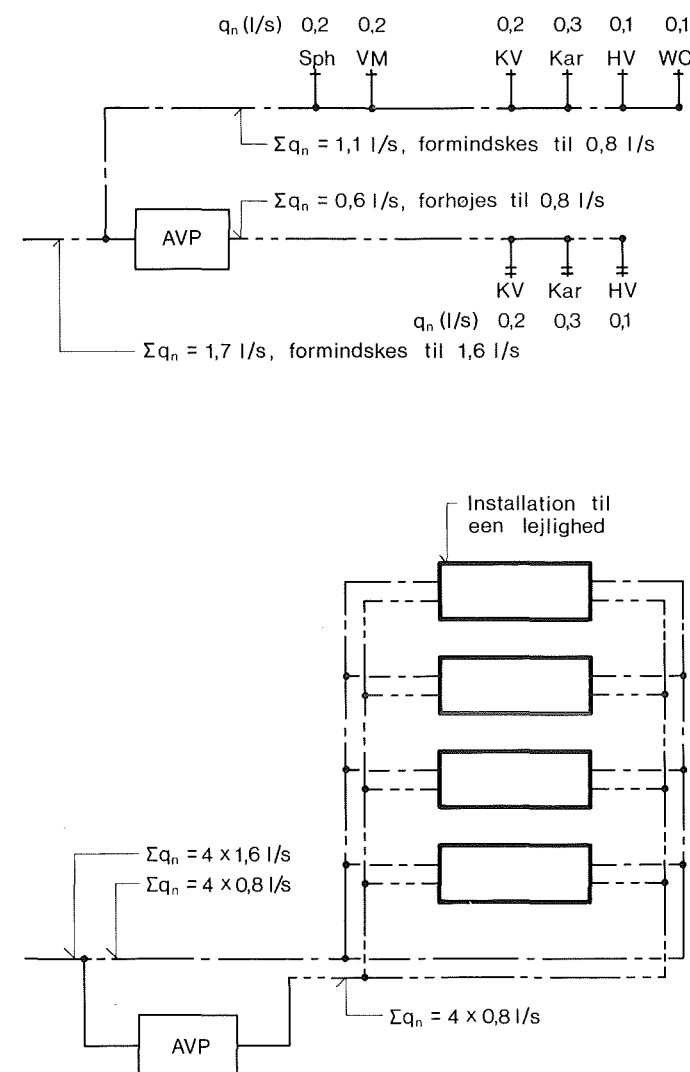


Fig. 5.8. Beregning af summen af normalvandstrømme for en enkelt bolig. I figuren er vist, hvorledes vandstrømmene kan beregnes ud fra reglen om, at normalvandstrømmene til en bolig kan fastsættes til 0,8 l/s for koldt vand og 0,8 l/s for varmt vand – uanset de faktiske tal.

Tapsteder, der i denne forbindelse regnes for systematisk benyttede, er f.eks.:

tapsteder, hvorfra der tappes i længere sammenhængende perioder, f.eks. i procesinstallationer
flere tapsteder der med stor sandsynlighed må forventes at blive benyttet samtidigt.

I den sidste kategori indregnes badeinstallationer i skoler, fabrikker, svømmehaller o.lign. I badeinstallationerne kan der i henhold til normen neddrogles ved samtidigt løbende brusere og håndvaske. Neddrogningen skal ske til de værdier der er angivet i fig. 5.2.

Den sandsynlige vandstrøm i ledninger, der forsyner både tilfældigt og systematisk benyttede tapsteder

I installationer, hvor der forekommer såvel tilfældigt som systematisk benyttede tapsteder, skal den største sandsynlige vandstrøm q beregnes som

$$q = q_s + q_{\text{syst}} \quad (5.17)$$

hvor q_s er den største sandsynlige vandstrøm for de tilfældigt benyttede tapsteder, l/s, og

q_{syst} summen af normalvandstrømme for de systematisk benyttede tapsteder, l/s.

Den sandsynlige vandstrøm i tilfælde af reducerede normalvandstrømme

Som tidligere nævnt tillades det, at et tapsted dimensioneres for en vandstrøm, som kun er 70 % af den i fig. 5.2 angivne normalvandstrøm

$$q_{\text{faktisk}} = 0,7 \cdot q_n \quad (5.18)$$

Den sandsynlige vandstrøm i koblingsledningen til tapstedet kan altså sættes til $0,7 q_n$. Den sandsynlige vandstrøm i fordelingsledningen, hvortil koblingsledningen er sluttet, skal dog beregnes, som om vandstrømmen i koblingsledningen er $1,0 \cdot q_n$.

Denne mulighed, der er for at regne med reduceret vandstrøm til et tapsted, bør kun udnyttes ved tapsteder, der for-

Tilfælde hvor reduktion anvendes

syningsmæssigt er uheldigt stillet, dvs. i praksis kun ved det (eller de) farligste tapsted(er). Værdien af reduktionen består i, at tryktabet i koblingsledningen og i taparmaturet derigennem reduceres til ca. 50 % af tryktabet ved den fulde normalstrøm. Dette skyldes at tryktabet over en modstand er meget nær proportional med kvadratet på vandstrømmen. ($0,7 \cdot 0,7 \approx 0,5$).

Forholdsregler mod korrosion

Korrosion er nærmere beskrevet i kap. 19. En af de korrosionsformer, der optræder i kobberrør, benævnes turbulenskorrosion, og da den fremkommer, når der arbejdes med for store hastigheder, er der i normen angivet grænser for disse vandhastigheder, se fig. 5.9.

Vandledning	Installationsmåde	Største forsvarlige hastighed i m/s ved temperatur °C ¹ 10° 50° 70° 90°	Bemærkninger
Fordelingsledning	Udskiftelig	4,0 3,0 2,5 2,0	Disse hastigheder medfører korrosionsfarer og er kun forsvarlige for koblingsledninger
	Ikke udskiftelig	2,0 1,5 1,3 1,0	
Koblingsledning	Udskiftelig	16 12 10 8	Disse hastigheder medfører korrosionsfarer og er kun forsvarlige for koblingsledninger
	Ikke udskiftelig	4,0 3,0 2,5 2,0	
Ledning med vedvarende strømning fx cirkulationsledning		2,0 1,5 1,3 1,0	

¹ Ved anvendelse af tabellen bemærkes, at koldtvalsledning som regel kan dimensioneres for temperaturen 10 °C og varmtvalsledning for 50 °C. Ved dimensionering bør middeltemperaturen være udslagsgivende og ikke enkelte spidsværdier.

Fig. 5.9. Største forsvarlig hastigheder i vandledninger af kobber (normens tabel 4.3). Bemærk, at der kan forsvares væsentligt højere hastigheder i udskiftelige ledninger end i ikke-udskiftelige.

Turbulens-
korrosion – høje
hastigheder

Risikoen for turbulenskorrosion vokser ikke alene med voksende hastighed, men også med øget temperatur og lang driftstid. Disse forhold afspejles i fig. 5.9. Der er også taget hensyn til, hvor let det er at reparere en eventuel skade, idet der anbefales væsentligt lavere hastigheder i ikke-udskiftelige ledninger end i de udskiftelige. Et andet forhold man selv bør tage hensyn til ved valg af hastighed – og dermed af risiko – er, hvilken skade eventuel udtrængende vand vil forårsage. Skaden kan let blive dyrere end udskiftningen.

Maximalt
tilladelige
vandstrømme

I fig. 5.10 er hastighederne omregnet til maksimalt tilladelige vandstrømme for de i handelen værende kobberør. Det bemærkes, at den tilladelige hastighed er mindst for lednin-

Største forsvarlig hastighed m/s	Max. vandtemp. Udskifte- lig led- ning	Ikke-ud- skiftelig ledning	Normalvand- strøm for største tap- sted $q_{n,max}$	Største sandsynlige vandstrøm	Største sandsynlige vandstrøm og sum af normalvandstrømme							
					Dimension af kobberør (udv. $d \times$ godstykkelse mm)							
					12 × 1,0	15 × 1,0	18 × 1,0	22 × 1,0	28 × 1,2	35 × 1,5	42 × 1,5	54 × 1,5
1,0	90°		0,1	$q_s =$	0,08	0,13	0,20	0,31	0,51	0,80	1,19	2,04
			0,2	—	—	0,4	1,4	4,4	11	21	50	
			0,3	—	—	—	0,6	2,8	8,3	18	46	
1,3	70°		0,1	$q_s =$	0,10	0,17	0,26	0,41	0,67	1,05	1,55	2,66
			0,2	—	—	0,9	2,6	7,4	17	33	73	
			0,3	—	—	0,3	1,4	5,5	14	29	70	
1,5	50°		0,1	$q_s =$	0,12	0,20	0,30	0,47	0,77	1,21	1,79	3,06
			0,2	—	—	0,4	1,3	3,6	9,7	22	41	90
			0,3	—	—	—	0,5	2,2	7,6	19	37	86
3,0	90°	10°	0,1	$q_s =$	0,16	0,27	0,40	0,63	1,03	1,61	2,39	4,09
			0,2	—	—	0,9	2,5	6,5	16	34	63	134
			0,3	—	—	0,3	1,4	4,7	14	31	59	130
2,5	70°		0,1	$q_s =$	0,20	0,33	0,50	0,79	1,29	2,01	2,99	5,11
			0,2	—	—	1,6	4,1	10	24	49	87	181
			0,3	—	—	0,7	2,6	7,9	21	45	83	177
3,0	50°		0,1	$q_s =$	0,24	0,40	0,60	0,94	1,54	2,41	3,58	6,13
			0,2	—	—	2,5	6,0	14	32	64	112	230
			0,3	—	—	1,4	4,3	12	29	60	108	225
4,0	10°		0,1	$q_s =$	0,31	0,53	0,80	1,26	2,06	3,22	4,78	8,17
			0,2	—	—	4,7	11	23	50	97	166	332
			0,3	—	—	0,6	3,1	8,3	20	47	93	162

Fig. 5.10. Kobberør. Maximalt tilladelige vandstrømme. Skemaet kan anvendes på følgende måde: der haves en ikke-udskiftelig fordelingsledning for varmt vand (50 °C), dimension 22 × 1,0. Af skemaet fås, at den sandsynlige vandstrøm ikke må overstige 0,47 l/s svarende til f. eks. $\Sigma q_n = 2,2$ l/s for $q_{n,max} = 0,2$ l/s.

Elektrolysesvigt –
lave hastigheder

ger med vedvarende strømning. Dette forekommer i varmtvandsledninger med cirkulation. Det skal bemærkes, at de anførte hastigheder svarer til den cirkulerende vandstrøm og ikke til den største sandsynlige vandstrøm i ledningen. I cirkulationsledningen er det pumpens ydelse, der er afgørende, og valg af pumpe og dimensionering af cirkulationsledninger (se kap. 7) bør derfor udføres med omhu.

De maksimalt tilladelige hastigheder for kobberør vil i mange tilfælde være dimensionsbestemmende.

For lave hastigheder kan også forårsage korrosion, idet elektrolysebeskyttelsen af et rørsystem af varmforzinket stål kan svigte, hvis vandhastighederne bliver for lave. Der findes ikke helt klare retningslinier for dette, men normalt regner man med, at en vandhastighed på 0,2–0,3 m/s skulle være tilstrækkeligt. Fabrikanten af elektrolyseanlægget vil normalt stille bestemte krav til laveste vandhastighed, hvis han skal garantere en tilfredsstillende funktion. En beskrivelse af fremgangsmåder ved dimensionering af cirkulationsledninger til varmtvandssystemer er givet i kap. 7.

Den samlede installation

Når man kender omfanget af en vandinstallation og i hovedtrækkene har fastlagt opdeling og ledningsføring mv. og dermed de største sandsynlige vandstrømme kan selve dimensioneringen påbegyndes.

Udgangspunktet for dimensioneringen er

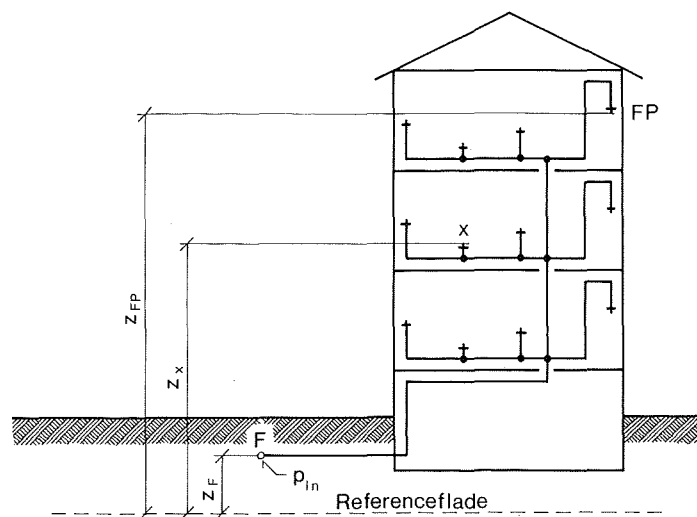
p_{ln} det laveste normale tryk i forsyningspunktet, og
 z_F koten til forsyningspunktet F

Trykket i forsyningspunktet er den drivende kraft, der skal løfte vandet op til tapstedet, og som skal overvinde de forskellige modstande i installationen.

Under beregningen må man finde trykket i de forskellige punkter af installationen, for det er trykforskellene, som bevirker vandets strømning.

Beregning af tryk i installationen

Beregning af tryk kan anskueliggøres gennem fig. 5.10 A. Der udgås fra, at p_{ln} og z_F er kendt, og det er også koterne



Faktisk tryk p

Beregningstryk p'

Faktisk tryk foran armatur i x :

$$p_x = p_{in} - \Delta p_{F-x} - (z_x - z_F) \cdot 9,81$$

Beregningstryk foran armatur i x :

$$p'_x = p_{in} - \Delta p_{F-x}$$

Det faktiske tryk findes af beregningstrykket ved:

$$p_x = p'_x - (z_x - z_F) \cdot 9,81$$

Disponibelt trykfald Δp_{disp}

$$\Delta p_{disp} = p_{in} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81$$

Fig. 5.10A. Skematisk tegning af en bygning med vandinstallation til illustration af begreber i forbindelse med koter og tryk. Figuren er beskrevet nøjere i teksten.

Det faktiske tryk p_x i punktet x

til samtlige punkter i installationen. p_{in} er opgivet af vandværket (eller beregnet på grundlag af data opgivet af vandværket) og koterne kan tages fra bygningstegningerne.

Koten til et tilfældigt tapsted (x) er z_x , og trykket foran armaturet i dette punkt skal nu beregnes. Trykket p_{in} skal dels løfte vandet fra F til x , og dels skal det overvinde tryktabene undervejs. Det, der så bliver til rest, er det søgte tryk. Hvis alle tryktab på strækningen $F-x$ slås sammen og kaldes Δp_{F-x} , fås at trykket i x kan beregnes som

$$p_x = p_{in} - \Delta p_{F-x} - (z_x - z_F) \cdot 9,81 \quad (5.19)$$

Fra forsyningstrykket trækker man altså tryktabet over strækningerne samt det tryk, som skal til at løfte vandet fra kote z_F til kote z_x . Bemærk at hvis punkt x ligger lavere end F , bliver leddet $-(z_x - z_F)$ positiv og bidrager til at øge p_x .

På denne måde kan man beregne trykket i et vilkårligt punkt. Man skal naturligvis finde tryktabene i rørstrækningerne, men det sker i det senere angivne beregningsskema.

Når trykkene i mellempunkterne (dvs. punkterne 1, 2, 3, 4, 5, 9 og 10 på vejen fra F til x) skal beregnes, kan det gøres lidt enklere end vist i ligning (5.19), fordi man kun har brug for de faktiske tryk ved selve tapstedet. Man kan derfor i mellempunkterne (uden tapsted) nøjes med at give beregningstrykket defineret som forsyningstrykket minus tryktabene

$$p'_x = p_{in} - \Delta p_{F-x} \quad (5.19 a)$$

Alle mellempunkter kan beregnes uden hensyn til koter, hvilket er en lettelse, da strækningerne må beregnes en for en. Beregningsfølgen for punkt x vil således være:

$$p'_1 = p_{in} - \Delta p_{F-1}$$

$$p'_2 = p'_1 - \Delta p_{1-2}$$

.

.

.

.

.

$$p'_x = p'_{x-1} - \Delta p_{(x-1)-x} \quad (5.19 b)$$

Det faktiske tryk i x findes da ved fradrag af det tryk, som skal løfte vandet den samlede højde fra F til x

$$p_x = p'_x - (z_x - z_F) \cdot 9,81 \quad (5.19 \text{ c})$$

Derved undgås, at man skal medtage koterne i alle regninger, men det endelige resultat bliver det samme.

Referenceflade

Valg af referenceflade er uden betydning for regningerne – man kan vælge den referenceflade, som giver de nemmeste beregninger. Ofte er bygningstegningerne forsynet med koter ud fra DNN, og så er det nok nemmest at vælge DNN som reference. Nærliggende muligheder for referenceflade er kældergulv, stuegulv, en flade gennem forsyningspunktet eller terræn over forsyningspunktet.

Det disponible trykfald

Beregningerne indledes med et overslag over størrelsen af det tryk, der er til rådighed. Til det brug opsøges det »farligste punkt« i installationen, dvs. det punkt, som ligger ugunstigst for forsyning. Det er som regel det punkt, som ligger højest over og længst væk fra forsyningspunktet – i fig. 5.10 A, må det antages at være punkt a. Koten til dette punkt kaldes z_{FP} .

Trykket i forsyningspunktet skal bruges til at løfte vandet fra F til FP og til at dække tryktabet Δp_{F-FP} langs hele rørevejen fra F til FP .

Idet det trykfald, der er til rådighed for rørevejen op til det farligste punkt, betegnes Δp_{disp} , fås

$$\Delta p_{disp} = p_{In} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \quad (5.19 \text{ d})$$

Ved dimensioneringen skal der regnes med, at

$$\Delta p_{F-FP} \leq \Delta p_{disp} \quad (5.19 \text{ e})$$

og helst, at det disponible trykfald udnyttes så godt som muligt. Det disponible trykfald anvendes senere i beregningen til at bedømme, hvor stort et tryktab pr. meter rør, der kan arbejdes med.

Anvendelse af det disponible trykfald

Det disponible trykfald skal have en vis mindste størrelse afhængig af installationens størrelse. Er det disponible trykfald mindre end 50–100 kPa, vil det normalt være nødvendigt at udføre et trykforøgeranlæg for hele installationen eller en del af denne. Det skal bemærkes, at man så vidt muligt bør undgå en trykforøgelse, der dels er dyr og dels medfører stadige drifts- og vedligeholdelsesudgifter. Se iøvrigt kap. 14 (trykforøgelse).

Modstande i et vandnet

Det disponible trykfald går til:

1. Tilslutning til forsyningsledning.
2. Stikledning og andre ledninger i jord med afspærringsarmaturer, formstykker osv.
3. Måler.
4. Fordelingsledninger med armaturer og formstykker.
5. Koblingsledninger med armaturer og formstykker.
6. Armaturer, apparater osv.

For varmtvandsinstallationer vil der tillige være tab i varmtvandsbeholdere og tilhørende armatur.

For nemheds skyld omfatter begrebet stikledning i det følgende også øvrige ledninger i jord.

Tryktab i tilslutning til forsyningsledning

Tryktabet ved tilslutningen til forsyningsledningen afhænger i høj grad af hvorledes selve tilslutningen foretages.

Normalt udføres tilslutningen ved anboring af forsyningsledningen og selve anboringen er ofte i en lille dimension (20–25 mm). Modstandstallene for anboringer er angivet i fig. 4.14, mens tryktabenes størrelse fremgår af fig. 5.10 B. Det ses, at der ved anboringer er tale om relativt store tryktab.

Anboring

T-stykke

Er det disponible tryk lille, eller er forbruget stort, foretages tilslutningen derfor ofte ved isætning af et T-stykke. Da dette ikke kan lade sig gøre uden at afspærre den pågældende strækning på forsyningsledningen, undgås denne løsning helst i praksis.

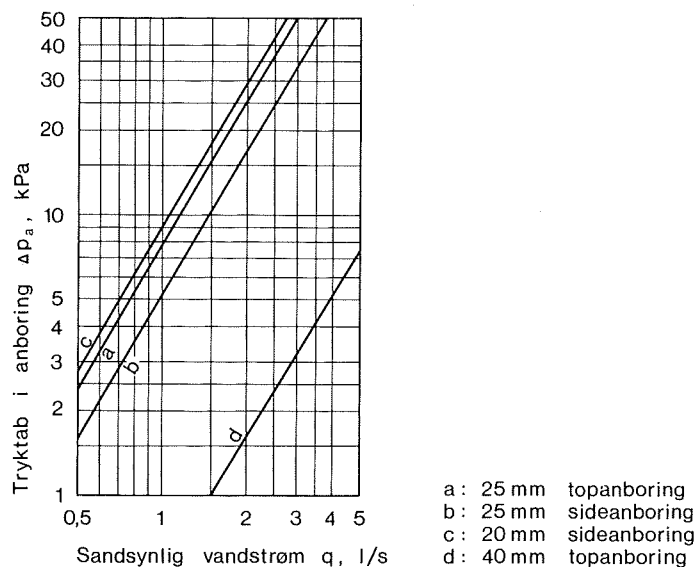


Fig. 5.10B. Tryktab i anboringer. Diagrammet er baseret på målinger undtaget for 40 mm topanboring. For denne er linien beregnet for et modstandstal på $\zeta = 1.5$ svarende til modstandstallet for et T-stykke, jf. fig. 4.14.

Opspidsning

Såfremt anborings dimension er mindre end stikledningens, foretages der en såkaldt opspidsning umiddelbart ved anboringen. Dette giver yderligere tryktab.

Anborings dimension afgøres ofte af myndighederne under hensyntagen til forsyningsledningens materiale og dimension.

Tryktab i stikledning

Krav om mindste-dimension

Tryktabet i stikledningen beregnes som for alle øvrige ledninger. I mange kommuner stilles krav om en vis mindste dimension på stikledningen, dog ofte kun for den del af ledningen, der er beliggende i offentligt areal (gade- eller vejareal). Normen angiver som vejledning, at mindre dimensioner end 32 mm ikke bør anvendes.

Udvidelse og brandslukning

Stikledninger bør dimensioneres rigeligt bl.a. af hensyn til senere udvidelser af installationen. Det bør bemærkes, at

brandslukningsanlæg (sprinkleranlæg, brandhaner osv.) undertiden kan kræve større stikledningsdimensioner end nødvendigt for den øvrige installation.

Antallet af enkeltmodstande på stikledningerne er normalt lille. Der er oftest tale om en enkelt afspærringsventil og nogle få bøjninger.

Tryktab i vandmåler

I henhold til normen skal vandinstallationen udføres således, at der er mulighed for at måle vandforbruget. Det vil derfor være rimeligt, at man ved dimensioneringen tager hensyn til tryktabet i måler, uanset om måleren monteres fra begyndelsen eller ej. Endelig fastsættelse af målerstørrelse foretages af vandværket.

Målerstørrelse

Måleren skal være af en sådan størrelse at tryktabet ikke overstiger 40 kPa ved den største sandsynlige vandstrøm og målerens størrelse kan bestemmes af fig. 5.11.

Ved beregning af tryktabet i måleren kan man, når målerstørrelsen er fastlagt, bestemme det faktiske tryktab ved den største sandsynlige vandstrøm ved hjælp af kurverne på fig. 5.12. Der bør dog gives et rimeligt tillæg for senere udvidelser af installationen.

Særlige måler typer

I nogle vandforsyningsområder anvendes måler typer (større målere), der giver et mindre tryktab end de på fig. 5.12 viste, og man bør derfor altid indhente nærmere oplysninger om måler type hos vandværket.

q_s l/s	Målerstørrelse m ³
0-0,54	3
0,54-0,90	5
0,90-1,26	7
1,26-1,81	10
1,81-3,61	20
3,61-5,41	30
> 5,41	Opgives af vandværk

Fig. 5.11. Bestemmelse af målerstørrelse.

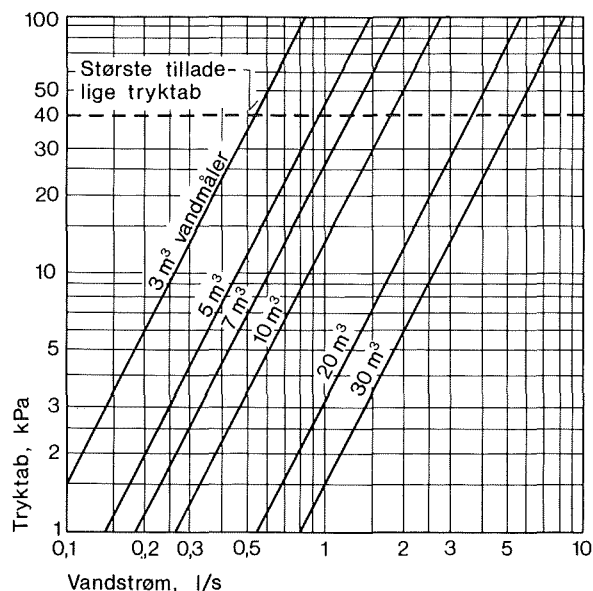


Fig. 5.12. Tryktab i måler. Eksempel: For en installation er den største sandsynlige vandstrøm $q_s = 0,8$ l/s. Hvilken målerstørrelse skal vælges, og hvilket tryktab fås? Af tabellen i fig. 5.11 fås en målerstørrelse på 5 m³. Af ovenstående diagram fås et tryktab på ca. 28 kPa ($\sim 2,8$ mVS).

Tryktab i fordelingsledninger

For fordelingsledninger dimensioneres oftest på den måde, at man tager udgangspunkt i det disponible tryk, der gennemsnitligt er til rådighed pr. meter af ledningen fra måler til det farligste tapsted. Herudfra kan dimensionen af hver enkelt ledningsstrækning vælges således, at tryktabet pr. meter kommer så tæt som muligt til det gennemsnitligt disponible.

Til hele rørvejen fra forsyningspunktet til farligste punkt er der et disponibelt trykfald på

$$\Delta p_{disp} = p_{lm} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \quad (5.19 f)$$

som vist i ligning (5.19 d). En del af dette trykfald medgår til tilslutning til forsyningsledning, stikledning og vandmåler

Trykfald
disponibelt til
fordelingsledning

mens en del går til koblingsledning og aftapningsarmaturer. Til rådighed for fordelingsledningen er der da

$$\Delta p_{disp} - \Delta p_s - \Delta p_k - \Delta p_{vn} \quad (5.19 g)$$

hvor Δp_s er summen af tryktabene i tilslutning til forsyningsledning, stikledning og vandmåler incl. alle enkeltmodstande på strækningen fra forsyningspunkt til og med vandmåler,

Δp_k tryktab i koblingsledning til farligste tapsted,

Δp_{vn} tryktab i taparmatur eller tilsvarende ved farligste tapsted.

Fastsættelse af Δp_k og Δp_{vn} er beskrevet i de følgende afsnit.

Disponibelt trykfald pr. meter lige rør, R_{disp}

Det trykfald, som er disponibelt for fordelingsledningen, skal dække både enkeltmodstande og lige rørstrækninger. Det trykfald, som er disponibelt pr. meter lige rør, benævnes R_{disp} , og hvis man vil præcisere, at det gælder for fordelingsledningen, skrives $R_{disp,f}$.

Enkeltmodstande i beregningen

Enkeltmodstandene kan indgå i beregningen enten som et procenttillæg til tryktabet i de lige rør eller gennem en beregning ved hjælp af modstandstal.

Ved en nøjagtig beregning bør der tages hensyn til alle enkeltmodstande på fordelingsledningen. Hvor en nøjagtig beregning ikke er påkrævet, kan tryktabet i enkeltmodstande skønnes til 20–30 % af tabet i de lige rør. Normen angiver som vejledende 25 %.

Beregning af $R_{disp,f}$

Uanset om enkeltmodstandene medregnes på den ene måde eller den anden, har man brug for – til en start af beregningen – et skøn over det tryktab, som kan bruges pr. meter lige rør af fordelingsledningen, $R_{disp,f}$. Denne størrelse findes ved en fordeling af det disponible trykfald mellem lige rør og enkeltmodstande.

Hvis enkeltmodstandene tager ca. 25 % af det tryktab, som er i de lige rør, så fås ved hjælp af ligning (5.19 g)

$$R_{disp,f} = \frac{\Delta p_{disp} - \Delta p_s - \Delta p_k - \Delta p_{vn}}{L_F} \cdot \frac{100}{100 + 25} \quad (5.19 h)$$

hvor L_F er længden af fordelingsledningen fra måler til koblingspunkt til farligste tapsted, m.

$R_{disp,f}$ er nyttig, når man ved hjælp af et nomogram skal vælge rørdimensioner. Husk at nomogrammet angiver Pa/m og ikke kPa/m.

Særlige hensyn

Selv om der ikke udføres en nøjagtig beregning skal man alligevel tage i betragtning, at der ved dimensioneringen af fordelingsledninger af kobber skal tages hensyn til de maksimalt tilladelige hastigheder som anført i fig. 5.9 eller 5.10. Endvidere at særlige installationer som f.eks. brandslukningsanlæg kan stille særlige krav til fordelingsledningens dimension.

Trykfordeling

I forbindelse med dimensioneringen af fordelingsledningerne bør der foretages en bestemmelse af beregningstrykket i alle fordelingspunkter som udgangspunkt for dimensioneringen af den øvrige del af installationen. Beregningen er beskrevet i vejledningen til beregningsskemaet, se side 116.

Tryktab i koblingsledninger

Tryktabet i koblingsledninger beregnes ud fra normalvandstrømmen til det pågældende tapsted, idet den største sandsynlige vandstrøm i koblingsledningen er tapstedets normalvandstrøm.

Dimensionering af koblingsledninger kan foretages ud fra trykket i koblingspunktet og tryktabet i taparmaturet, idet der tages hensyn til højdeforskellen mellem koblingspunkt og tapsted. Dimensioneringen kan foretages ved hjælp af nomogrammerne fig. 4.8–4.13.

I fig. 5.13, 5.14 og 5.15 er vist nogle hjælpediagrammer til bestemmelse af koblingsledningens dimension og/eller længde, når trykket i koblingspunkt (regnet i højde med tapstedets udløb) og tryktab i taparmatur er kendt. Diagrammerne er optegnet for henholdsvis 70, 100 og 150 % af normalvandstrømmen, og de anvendes som beskrevet i figurteksten til fig. 5.13.

I henhold til normen kan det tillades, at vandstrømmen til et tapsted sættes til 70 % af normalvandstrømmen, og koblingsledninger kan derfor dimensioneres for denne vandstrøm. Denne tilladelse bør kun udnyttes ved det eller de forsyningsmæssigt ugunstigste tapsteder.

Hjælpe-
diagrammer til
koblingsledninger

Mindste vand-
strøm til et
tapsted

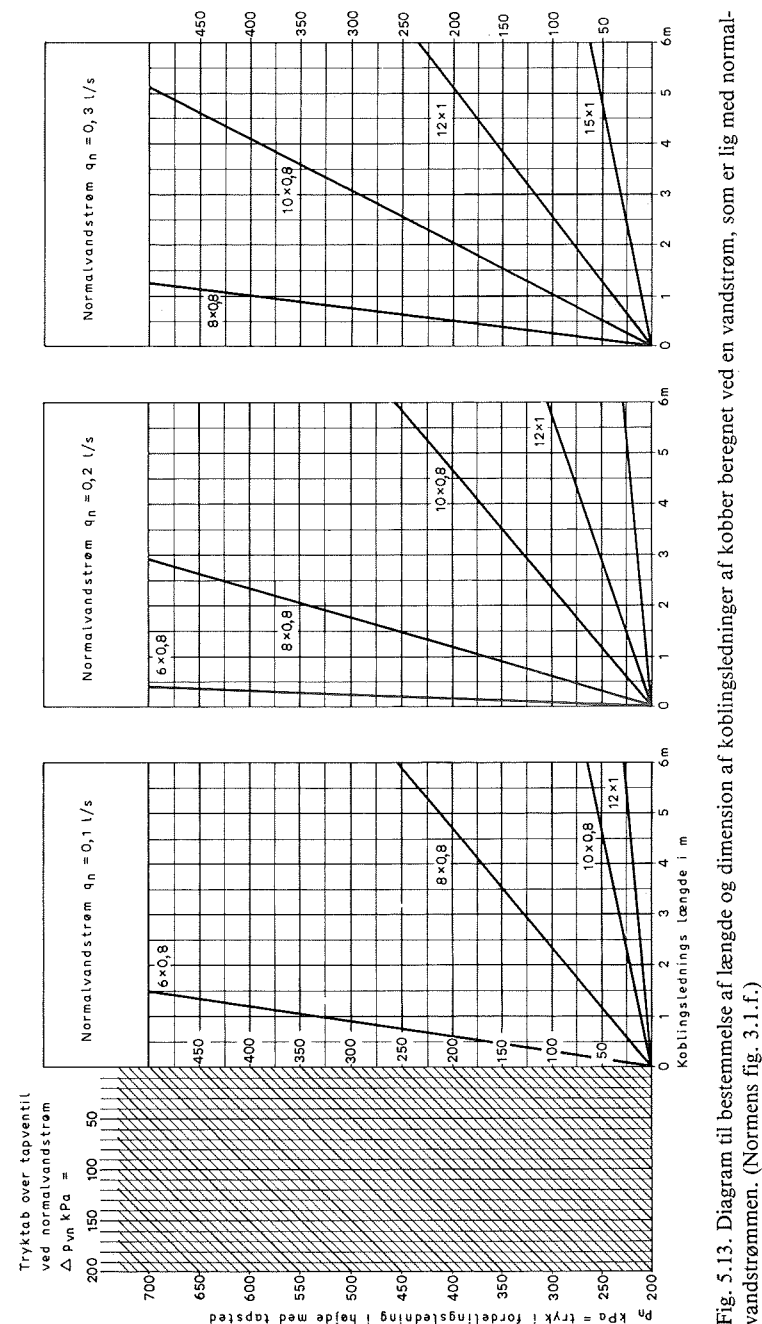


Fig. 5.13. Diagram til bestemmelse af længde og dimension af koblingsledninger af kobber beregnet ved en vandstrøm, som er lig med normalvandstrømmen. (Normens fig. 3.1.f.)

Eksempel:

Et bløddarmatur ved et badekar ($q_n = 0.3$ l/s) har $\Delta p_{vn} = 70$ kPa (7 mVS).

Trykket foran koblingsledningen er 250 kPa (25 mVS).

Af diagrammet fås, at en vandstrøm der netop svarer til q_n kan opnås med følgende koblingsledninger:

10x0,8 mm, længde ca. 1,8 m eller
12x1 mm, længde ca. 4,5 m.

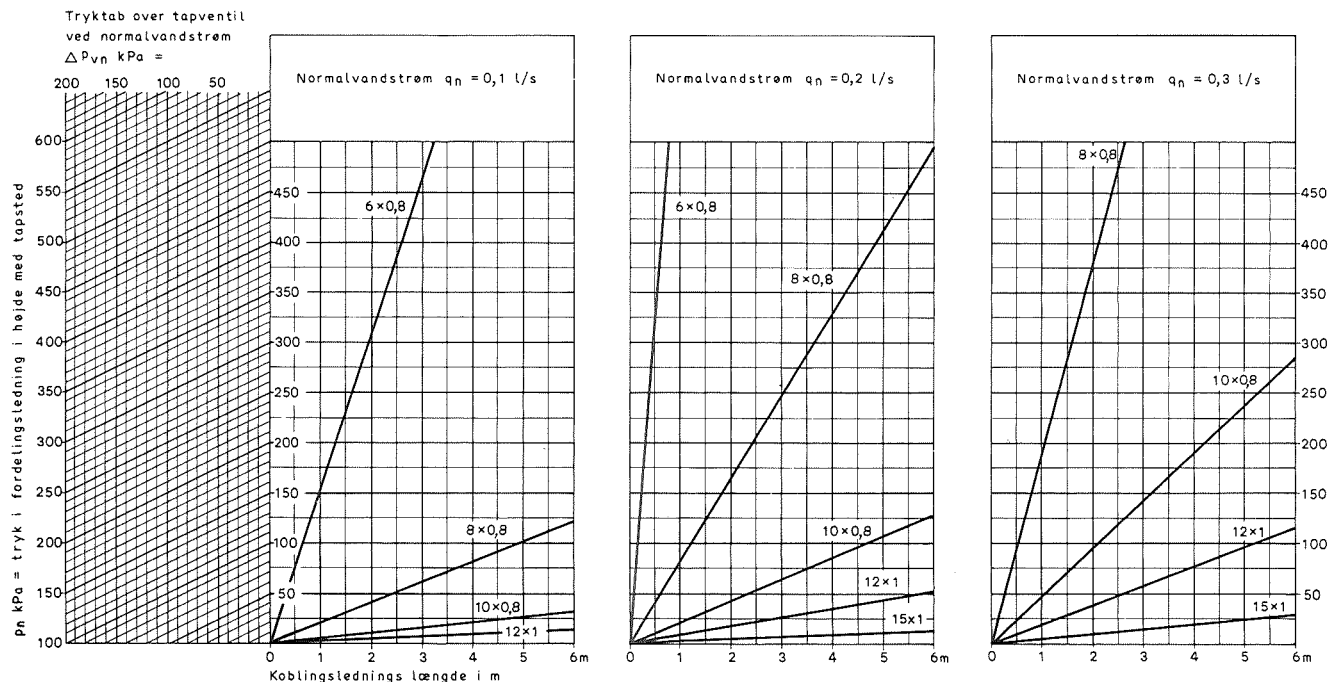


Fig. 5.14. Diagram til bestemmelse af længde og dimension af koblingsledninger af kobber beregnet ved en vandstrøm, som er lig med 70 % af normalvandstrømmen. (Normens fig. 3.1.g.). Vedr. brug af diagrammet se fig. 5.13.

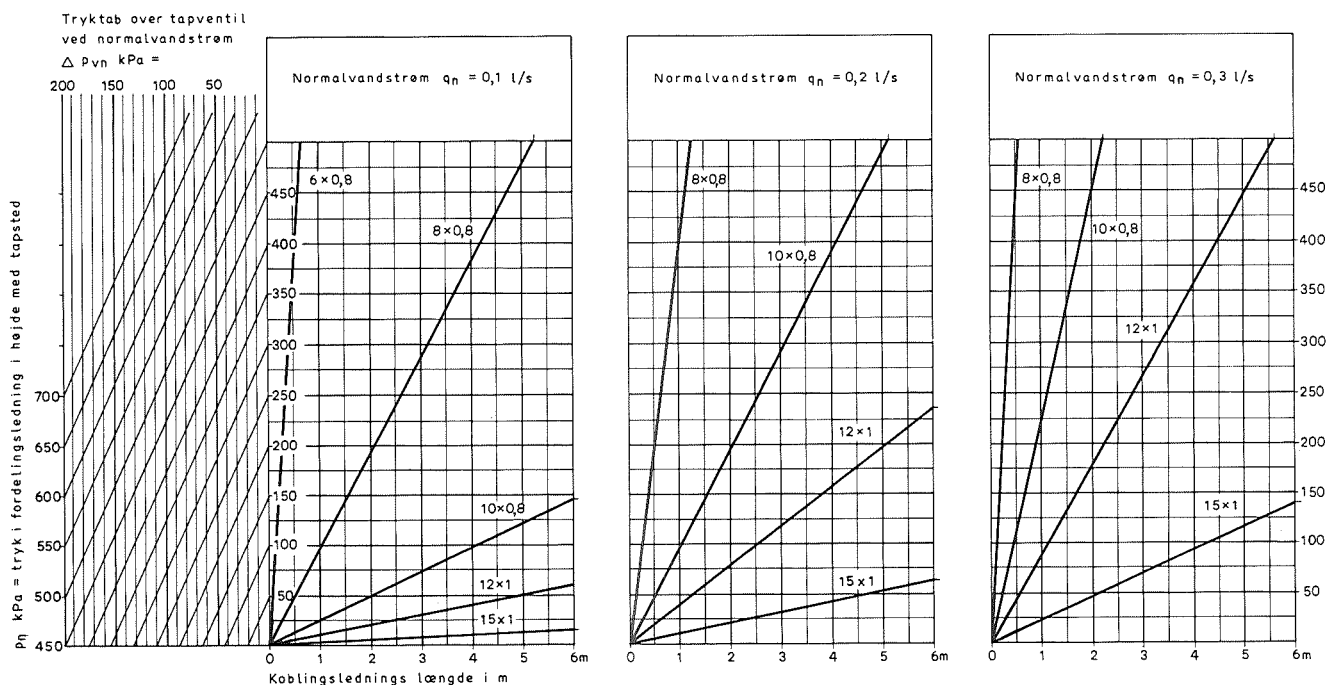


Fig. 5.15. Diagram til bestemmelse af længde og dimension af koblingsledninger af kobber beregnet ved en vandstrøm, som er lig med 150 % af normalvandstrømmen. (Normens fig. 3.1.h.). Vedr. brug af diagrammet se fig. 5.13.

Maksimal vandstrøm til et tapsted

Normen fastsætter ingen øvre grænser for, hvor stor en vandstrøm, der må tappes fra et tapsted. I en installation, hvor tilladelsen til de »70 %« er udnyttet ved det eller de farligste tapsteder, bør man ved en beregning sikre sig, at vandstrømmen til de gunstigst beliggende tapsteder ikke overstiger 150 % af normalvandstrømmen. I modsat fald er der risiko for, at vandstrømmen ved de farligste tapsteder end ikke kommer op på 70 % af normalvandstrømmen.

Tryktab i aftapningsarmaturer, apparater og maskiner

En meget væsentlig del af tryktabet i en installation sker ved selve tapstedet, der f.eks. kan være et aftapningsarmatur eller en maskine. Den nøjagtige værdi af tryktabet kan findes i VA-godkendelsen og bør altid inddrages i beregningerne.

Tryktab i aftapningsarmaturer

Tryktabene i taparmaturer varierer afhængigt af armaturets konstruktion og vandstrømmen så meget, at det normalt er nødvendigt at søge nærmere oplysninger herom.

Tryktabet vil i de fleste tilfælde fremgå af VA-godkendelsen i form af en karakteristik indtegnet i et diagram. I fig. 5.16 A og 5.15 B er der vist et par eksempler. Da der ved alle tapsteder skal tilstræbes en vandstrøm svarende til normalvandstrømmen q_n , er det primært tryktabet i armaturet ved denne vandstrøm, Δp_{vn} , der har interesse.

Tryktabet Δp_{vn} kan findes ved hjælp af armaturkarakteristikken, som findes i VA-godkendelsen, eller det kan oplyses af armaturleverandøren.

I henhold til normen vil det i visse tilfælde kunne tillades, at vandstrømmen ved tapsted i dimensioneringssituationen kun er ca. 70 % af normalvandstrømmen, og det kan derfor også være aktuelt at kende tryktabet i armaturet ved denne vandstrøm. Dette tryktab kan også findes af armaturkarakteristikken, men det kan også beregnes, da det med tilnærmelse gælder, at tryktabet ved vandstrømmen q kan skrives

$$\Delta p_{v,q} = K \cdot q^2 \quad (5.20a)$$

Karakteristik i VA-godkendelse

Tryktab ved reduceret vandstrøm

hvor K er en konstant. Hvis ligning (5.20a) bruges for henholdsvis q_n og $0,7 q_n$ fås

$$\Delta p_{vn} = K \cdot q_n^2 \quad (5.20b)$$

$$\Delta p_{v,70} = K \cdot (0,7 q_n)^2$$

Af ligningerne fås

$$\Delta p_{v,70} = \frac{(0,7 \cdot q_n)^2}{q_n^2} \cdot \Delta p_{vn} = 0,49 \cdot \Delta p_{vn} \sim 0,5 \Delta p_{vn} \quad (5.21)$$

Brug af armaturkarakteristik

I fig. 5.16 A og 5.16 B er vist, hvorledes man kan bruge de karakteristikker, som findes i VA-godkendelsesbladet, til at beregne et givet armatures tryktab.

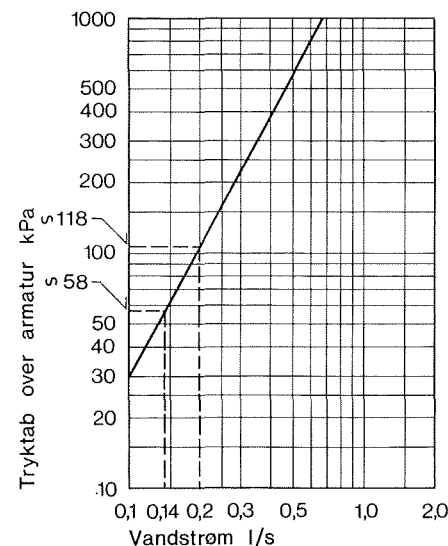


Fig. 5.16A. Eksempel på armaturkarakteristik. (F. M. Mattsson, Blandearmatur til vask FMM 3054).

Af diagrammet ses, at hvis armaturer anvendes til en håndvask med normalstrømmen $q_n = 0,1$ l/s, så er tryktabet $\Delta p_{vn} = 30$ kPa.

Tilsvarende fås for armaturet anvendt på en køkkenvask:

$$q_n = 0,2 \text{ l/s}; \Delta p_{vn} = 118 \text{ kPa}$$

Hvis der regnes med 70 % af q_n fås:

$$q = 0,7 \cdot 0,2 = 0,14 \text{ l/s}; \Delta p_{v,70} = 59 \text{ kPa}$$

Det svarer til det, som fås efter beregningsreglen i teksten, men der kan være tilfælde, hvor der er en vis forskel mellem beregning og diagram.

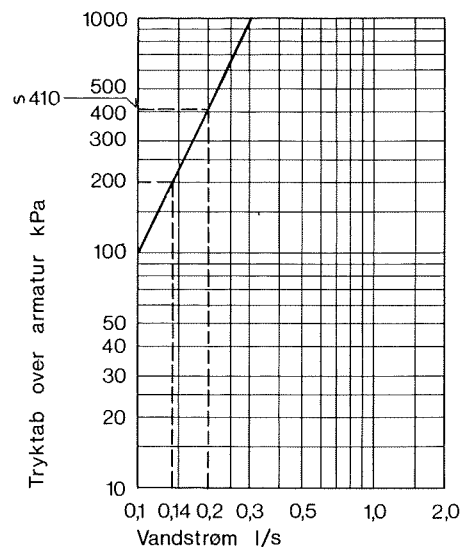


Fig. 5.16B. Eksempel på armaturkarakteristik.
(Ideal Standard etgrebsblandearmatur til køkkenvask, type ceRamix).
Tryktab ved normalvandstrømmen $q_n = 0,2$ l/s aflæses til $\Delta p_{vn} = 410$ kPa.
Ved 70% af q_n fås $p_{v,70} = 200$ kPa.

Historisk udvikling i armaturkarakteristikken

I den tidligere norm (DIF's forskrifter vedrørende Vandinstallationer 1962) var dimensioneringsgrundlaget, at aftapningsarmaturer havde et tryktab på 50 kPa (~ 5 mVS) ved en vandstrøm på 0,25 l/s, altså et ret lille tryktab. I dag har de fleste almindelige armaturer et tryktab på fra 50–150 kPa ved vandstrømme fra 0,1–0,2 l/s. For de mere avancerede armaturtyper f.eks. etgrebsblandere og termostatiske blandere er tryktabene sædvanligvis meget større, og værdier for Δp_{vn} på helt op til 300–500 kPa (30–50 mVS) forekommer. Dette forhold gør, at man i dag i højere grad end tidligere er nødt til at undersøge armaturernes strømningstab og at tage det i regning ved dimensioneringen.

Trykgrupper

På det tidspunkt, projektering og dimensionering af vandinstallationen foregår, er det ikke altid, at valget af armaturfabrikat er foretaget. På grund af de store variationer i tryktab over armaturerne er det imidlertid nødvendigt at opstille visse forudsætninger om tryktabene. Det vil ofte være tilstrækkeligt at fastlægge, hvilken trykgruppe armaturerne skal tilhøre.

Uden et nøjagtigt kendskab til et armatur er det ikke muligt med sikkerhed at placere det i den rigtige trykgruppe. Der er i fig. 5.16 C givet en generel vejledning, som kan bruges som skøn.

Trykgruppe kPa	Tryktab Δp_{vn} ved fuldt åben ventil ved normalvandstrømmen q_n kPa	Tapventiltyper, der sædvanligvis kan henføres til trykgruppen
50	$\Delta p_{vn} \leq 50$	Alm. tapventiler og alme. blandearmatur
150	$50 < \Delta p_{vn} \leq 150$	Etgrebs-blandearmaturer Togrebs-blandearmaturer med $q_n \geq 0,2$ l/s Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning
300	$150 < \Delta p_{vn} \leq 300$	Termostat-blandearmaturer Særlige apparater

Fig. 5.16C. Vejledende henføring af tapventiltyper til forskellige trykgrupper (Normens tabel 3.1.a.). De anførte værdier kan anvendes ved overlagsberegninger. De nøjagtige værdier fremgår af de respektive VA-godkendelsesblade.

Eksempel 5.1a. Tryktab i blandearmaturer

For et blandearmatur til en håndvask haves, at tryktabet ved en vandstrøm $q_n = 0,1$ l/s er $\Delta p_{vn} = 200$ kPa.

Hvis vandstrømmen reduceres til $0,7 \cdot q_n = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07$ l/s fås, at tryktabet bliver

$$\Delta p_{v,0,07} = 0,5 \cdot 200 = 100 \text{ kPa} \quad (5.22)$$

Skemaet kan synes kompliceret med de mange kolonner, men som det vil fremgå af eksemplerne, er det normalt kun en del af rubrikkerne, som vil blive udfyldt ved de aktuelle opgaver. Skemaet er imidlertid udformet således, at det dækker alle beregningstilfælde, uden at det skulle være nødvendigt at anvende supplerende skemaer.

Oversigt

Det laveste normale tryk

Det farligste punkt FP

Udgangspunktet for dimensioneringen er det laveste normale tryk i forsyningsledningen p_{ln} angivet i kPa.

Dimensioneringen påbegyndes med den ledning, der fører til det farligste punkt FP , dvs. det tapsted, for hvilket det gælder, at det disponible tryktab pr. meter ledning bliver minimum. Det farligste punkt er normalt det højest beliggende, men der kan være andre muligheder. For denne ledning beregnes det disponible trykfald pr. meter lige rør, $R_{disp,f}$, som vist i (5.19h).

Strækning fra måler til farligste punkt

Andre strækninger

For den farligste vej beregnes trykfordelingen som anført i nedenstående vejledning, dvs. trykket beregnes i alle fordelingspunkter. For andre ledningsstrækninger beregnes det disponible tryktab ud fra det beregnede tryk i fordelingspunkterne med fradrag for tryktab i armatur.

Vejledning til beregningsskema

I skemaet i fig. 5.18 er samtlige kolonner nummereret. I det følgende gennemgås brugen af skemaet – kolonne for kolonne.

Rørnettets geometri, pkt. 1–4

1. Punkt

Alle tapsteder, fordelingspunkter, koblingspunkter og punkter med dimensionsskifte på den ledningsstrækning, der skal beregnes (dimensioneres), gives en betegnelse, f. eks. a, b, c eller 1, 2, 3 For større ledningsnet vil det ofte være hensigtsmæssigt at karakterisere hvert punkt ved 2 eller 3 symboler, der f.eks. kan være afledt af etage-nr. og streng-nr.

2. Kote til punkt

Koten til de enkelte punkter angives i meter (med 1 decimal) over f.eks. DNN. Koten kan også angives i et selvvalgt

system med f.eks. udgangspunkt i terrænkote over forsyningspunkt.

Ved tapsteder angives koten til taparmaturets udløb. Vejledende kan ved beregningen regnes med følgende værdier for udløbets højde over færdigt gulv:

Håndvaske	(HV)	0,9 m
Køkkenvaske	(KV)	1,1 m
Kar	(K)	0,9 m
Bruser	(BR)	1,9 m
Opvaskemaskine	(OM)	0,5–0,8 m
Vaskemaskine	(VM)	0,5–0,8 m
Rengøringsvaske	(RV)	0,6 m
WC'er	(WC)	0,6–2,3 m afh. af cisterne-placering.

3. Strækning

Alle ledningsstrækninger betegnes ved deres endepunkter, som de er angivet i kolonne 1.

4. Længde L

De enkelte ledningsstrækningers længde angives i m (1 decimal). Længderne kan f.eks. opmåles på tegninger.

5. q_n

Beregning af vandstrømme, pkt. 5–11

q_n angiver normalvandstrømmen i l/s i henhold til fig. 5.2 eller VA-godkendelse. Hvis q_n ikke kan udtages af ovennævnte kan værdien skønnes. Hvor punktet betegner et tapsted eller et koblingspunkt, angives tapstedets normalvandstrøm. I fordelingspunkter angives summen af normalvandstrømme, der belaster sideledningen.

6. Σq_n

Σq_n angiver summen af normalvandstrømme, der belaster den pågældende strækning. Talværdierne fremkommer ved summation af tallene i kolonne 5.

7. $q_{n,max}$

$q_{n,max}$ er den største af normalvandstrømmene for de tapsteder, som den pågældende ledning forsyner, aflæses af fig. 5.2.

8. q_s

q_s angiver den største sandsynlige vandstrøm for strækningen beregnet for de tilfældigt benyttede tapsteder. q_s angives i l/s med 2 decimaler.

9. q_{syst}

q_{syst} angiver normalvandstrømmen l/s (2 decimaler) for tapsteder, der benyttes systematisk.

Hvor punktet betegner et tapsted eller et koblingspunkt angives tapstedets normalvandstrøm. I fordelingspunkter angives summen af vandstrømmene for de systematisk benyttede tapsteder, der belaster sideledningen.

10. Σq_{syst}

Σq_{syst} angiver summen af vandstrømmen for de systematisk benyttede tapsteder, der belaster den pågældende strækning. Talværdierne fremkommer ved summation af tallene i kolonne 9.

11. q

q angiver den største sandsynlige vandstrøm for den pågældende ledningsstrækning. Talværdierne fremkommer ved summation af kolonnerne 8 og 10. q angives i l/s med 2 decimaler.

12. Rør-dimension

Valg af rørdimension, pkt. 12-13

Rørdimensionen bestemmes ved hjælp af nomogrammerne i fig. 4.8-4.13 med q (kolonne 11) og det disponible tryktab pr. meter, R_{disp} , som indgangsværdier.

Ved den valgte dimension og vandstrømmen q (kolonne 11) aflæses strømningshastigheden v i m/s (1 decimal) og det aktuelle tryktab R i kPa/m (nøjagtighed $\sim \frac{1}{2}$ af mindste inddeling) og $\frac{1}{2}qv^2$ i kPa (nøjagtighed $\sim \frac{1}{2}$ af mindste inddeling). »v« noteres i kolonne 13, »R« i kolonne 14 og $\frac{1}{2}qv^2$ i kolonne 17.

13. v

Strømningshastigheden v er bestemt som angivet ovenfor. For kobberrør kontrolleres, at strømningshastigheden ikke overstiger værdien i fig. 5.10 eller normens tabel 4.3. Bestemmelsen af v kan udelades, hvis der anvendes andre rørmaterialer end kobber.

Beregning af tryktab, pkt. 14-19

14. R

R er bestemt som angivet under kolonne 12.

15. $R \cdot l$

Tryktabet på strækningen beregnes ved multiplikation af kolonne 4 med kolonne 14 (angives uden decimaler).

16. $\Sigma \zeta$

$\Sigma \zeta$ angiver summen af modstandstallene på strækningen. Tryktab i aftapningsarmaturer (Δp_{vm}) medregnes ikke. Modstandstallene kan findes i fig. 4.14.

17. $\frac{1}{2}qv^2$

$\frac{1}{2}qv^2$ er bestemt ud fra nomogrammet som angivet i pkt. 12.

18. $\Sigma \zeta \cdot \frac{1}{2}qv^2$

Tryktabet i enkeltmodstandene på strækningen beregnes som produktet af kolonne 16 og kolonne 17 (angives i kPa uden decimaler), og resultatet skrives i kolonne 18.

19. Δp

Det samlede tryktab på strækningen, Δp , beregnes som summen af kolonne 15 og kolonne 18 (angives i kPa uden decimaler).

20. p'_x

Trykforhold i nettet, pkt. 20-25

Beregningstryk i punktet. Denne kolonne anvendes til beregning af trykfordelingen i installationen. Beregningen starter i et punkt, hvor beregningstrykket er kendt. Det kan f.eks. være i forsyningspunktet eller i et fordelingspunkt, hvor man efter en forudgående beregning har fundet beregningstrykket. Beregningen foretages i vandstrømmens retning, således at trykket i et punkt bestemmes ud fra trykket i det foregående punkt ved at trække tryktabet for strækningen (kolonne 19) fra.

Trykket angives uden decimaler.

21. H_n

Højden over forsyningspunktet, H_n , bestemmes ved hjælp af kol. 2. Højden bestemmes som differensen mellem koten til forsyningspunktet og koten til punktet. Såfremt forsyningspunktet er højest beliggende af de to, bliver højden negativ.

22. p_x

Det faktiske tryk i punktet, p_x , bestemmes som kol. 20 minus $9,81 \cdot$ kol. 21. Man behøver kun at beregne det faktiske tryk i de punkter, hvor man er interesseret i det faktiske tryks størrelse, hvilket primært er ved tapsteder.

Det faktiske tryk skal her være mindst Δp_{vm} , (evt. $\Delta p_{\text{v},70}$).

23. Max. tryk
 $\Delta p_{\text{max},x}$

Det maksimale tryk i et punkt x beregnes som $p_{\text{max}} - 9,81 \cdot H_n$, hvor p_{max} er det maksimale tryk i forsyningspunktet. $p_{\text{max},x}$ anvendes ved bedømmelsen af støjniiveauet ved tapning og beregnes normalt kun ved tapsteder.

Trykket angives uden decimaler.

24. Δp_{vm}

Taparmaturets tryktab ved normalvandstrømmen. Δp_{vm} skal være mindre eller lig med det faktiske tryk i punktet (kolonne 22).

25. Punkt

Betegnelsen fra pkt. 1. gentages her for undgåelse af fejl-læsning.

Beregningseksempler

I det følgende er dimensionering ved beregning illustreret ved gennemregning af nogle eksempler på installationer. Der er foretaget en dimensionering af en del af installationerne tilhørende

1. en firetages boligejendom.
2. en mindre erhvervsbygning med bl. a. et antal systematisk benyttede tapsteder.
3. et enfamiliehus med tre alternative installationstyper.
4. en blokbebyggelse. Dimensioneringen omfatter kun stikledningsystemet.

Eksempel 5.2. En firetages boligejendom

Installationen omfatter i alt 8 lejligheder i et firetages hus, og et diagram over installationen er vist i fig. 5.19.

Der tilsluttes forsyningsledningen med en 25 mm top-anboring. Stikledninger udføres af 50 mm PEL, og indføres i kælder, hvor måleren placeres.

Lejligheden forsynes via lodrette fordelingsledninger med afgreninger til de enkelte lejligheder. Med henblik på en rationel udførelse er de lodrette fordelingsledninger ført igennem i uændrede dimensioner, og alle lejlighedsinstallationer udføres af kobberør.

Ledningsarmaturer mv. er angivet på diagrammet. Bøjninger og andre formstykker er ikke vist. Enkeltmodstande i bøjninger o.lign. på fordelingsledninger er skønsmæssigt medregnet med $\Sigma \zeta = 0,2 + 0,2 \cdot L_F$ (L_F = længde af fordelingsledning). For koblingsledninger regnes $\Sigma \zeta = 0,5 + 0,5 \cdot L_k$ (L_k = længde af koblingsledning). Enkeltmodstande i ledningsarmaturer er medregnet i overensstemmelse med de i fig. 4.14 anførte modstandstal.

Tryk i forsyningsledning: 38 mVS

Kote til forsyningspunkt: 10,00 m

Det laveste normale tryk bliver da

$$p_{ln} = 38 \cdot 9,81 = 373 \text{ kPa} \quad (5.24)$$

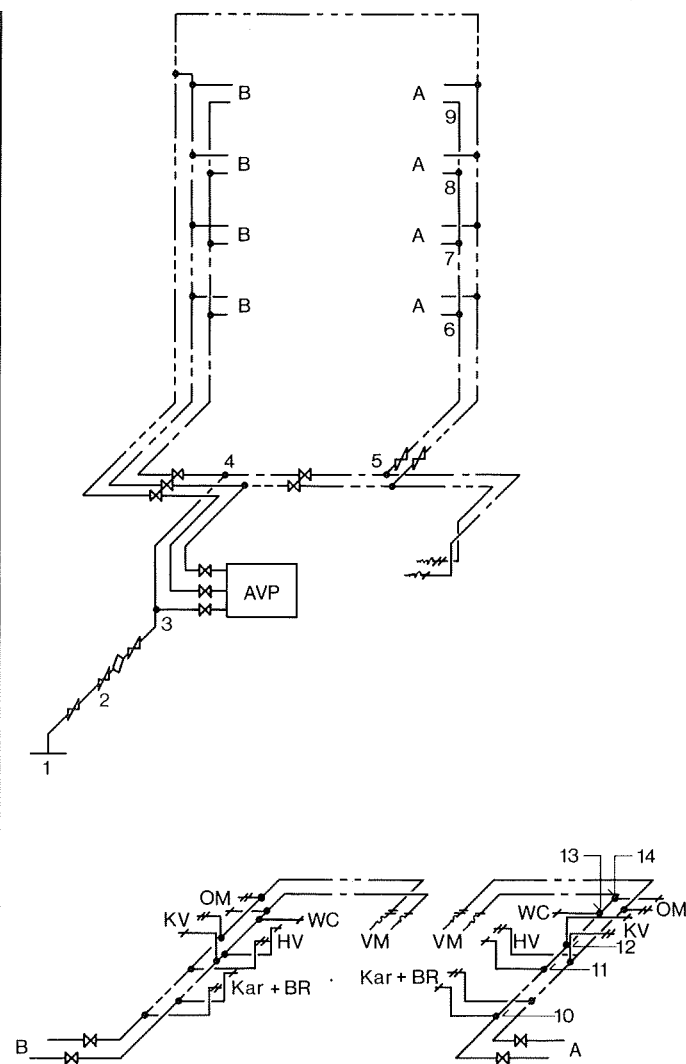


Fig. 5.19. Diagram over installationen i en firetages boligejendom, hørende til eksempel 5.2. Ejendommen rummer 4×2 lejligheder.

Beskrivelse

Enkeltmodstande

Dimensioneringsforudsætninger

Laveste normale tryk

Farligste punkt	Farligste punkt <i>FP</i> skønnes at være ved opvaskemaskinen tilsluttet i pkt. 14. I henhold til VA-godkendelsen kræver denne et tryk på 150 kPa. Det faktiske tryk i <i>FP</i> skal altså være mindst 150 kPa. Kote til <i>FP</i> er 20,9 m.
Tryktab for forsyningsledning til måler	Herudover er der en række tryktab fra forsyningsledning til måler. På denne strækning er den største sandsynlige vandstrøm den til de 8 boliger svarende. Summen af normalvandstrømme bliver:
	$\Sigma q_n = (0,8 + 0,8) \cdot 8 = 12,8 \text{ l/s} \quad (5.25)$
Den største sandsynlige vandstrøm	og da det største tapsted har en normalvandstrøm på 0,3 l/s (badekar), fås af fig. 5.3
	$q_s = 1,1 \text{ l/s} \quad (5.26)$
Tryktab	Med denne vandstrøm bliver tryktabene
	i anboring ($\zeta = 5$): $\Delta p_a = 10 \text{ kPa}$
	i måler: $\Delta p_M = 25 \text{ kPa}$
	i stikledning
	(se beregningsskema): $\frac{5 \text{ kPa}}{\Delta p_s} = 40 \text{ kPa}$ (5.27)
Disponibelt trykfald	Det disponible trykfald er:
	$\Delta p_{disp} = p_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81$
	$= 373 - (20,9 - 10,0) \cdot 9,81 = 266 \text{ kPa}$
	Det trykfald pr. meter ledning (incl. enkeltmodstande), der er til rådighed til fordelingsledning og koblingsledning frem til <i>FP</i> er da, idet ledningslængden er 28,6 m
	$\frac{\Delta p_{disp} - \Delta p_s - \Delta p_{vn}}{L} = \frac{266 - 40 - 150}{28,6} = 2,7 \text{ kPa/m} \quad (5.28)$
	De 2,7 kPa/m anvendes som vejledende ved valg af rørdimensioner, idet det bemærkes, at enkeltmodstande skal være inkluderet. En beregning af det disponible trykfald pr. meter lige rør kan ske efter (5.19 h).
Dimensionering	Dimensioneringen er udført på skemaerne i fig. 5.20 og 5.21. Under de givne forudsætninger og på grund af de maksimalt tilladelige hastigheder i ikke-udskiftelige kobberrørsledninger kan det disponible tryk ikke udnyt-

tes fuldt ud. Det betyder, at vandstrømmen ved et tapsted for fuldt åben ventil bliver større end normalvandstrømmen. I øverste etage vil f.eks. vandstrømmen ved køkkenvasken blive ca.:

$$q = q_n \cdot \sqrt{\frac{159}{130}} = 1,11 q_n \quad (5.29)$$

Tilsvarende bliver vandstrømmen ved håndvasken:

$$q = q_n \cdot \sqrt{\frac{170}{100}} = 1,30 q_n \quad (5.30)$$

Trykforhold

Som det fremgår af skemaet er trykkene i de lavere liggende etager væsentligt højere end nødvendigt. I pkt. 6 (afgreningspunkt for installation til lejlighed i etage 1) er det faktiske tryk 293 kPa, dvs. $293 - 187 = 106 \text{ kPa}$ højere end i etage 4 (målt over tapstederne).

Ved håndvasken i etage 1 vil vandstrømmen for fuldt åben ventil blive

$$q = q_n \cdot \sqrt{\frac{170 + 106}{100}} = 1,66 q_n \quad (5.31)$$

Indsætning af enkeltmodstande

Der vil således være en risiko for, at tapning i etage 1 vil kunne medføre for lave vandstrømme i de øvre etager. Der bør derfor indsættes enkeltmodstande (f.eks. reguleringsventiler) i de nedre etager, evt. også i øverste etage. I øverste etage vil der stadig kunne opnås en tilstrækkelig forsyning hvis der indføres en enkeltmodstand på ca. $162 - 150 = 12 \text{ kPa}$, idet der ved OM pkt. 14 er mindst overskudstryk.

Enkeltmodstandene i de lavere etager kan være:

$$\begin{aligned} \text{pkt. 6: } & 12 + (293 - 187) = 118 \text{ kPa} \\ \text{pkt. 7: } & 12 + (257 - 187) = 82 \text{ kPa} \\ \text{pkt. 8: } & 12 + (221 - 187) = 46 \text{ kPa} \end{aligned} \quad (5.32)$$

I stedet for enkeltmodstande i form af ventiler kan der anvendes et kobberrør af en længde og en dimension, der giver det ønskede trykfald. Da længden ofte vil være større end nødvendigt for at klare afstanden, må den overskydende længde oprulles og placeres diskret.

Punkt	Kote til punkt	Strækning	Længde, L	Vandstrømme								Rørdi - mension	Hastighed, v	Tryktab							Beregnings - tryk p_x	Højde over foringspunkt, H_0 (Koteforsk.)	Faktisk tryk p_x	Max. tryk $p_{x,max}$	$\Delta p_{v,n}$	Punkt	Eks. 5.2 Boligejendom Fordelings - ledn.
				q_n	Σq_n	$q_{n,max}$	q_s	q_{syst}	Σq_{syst}	q	R			R · L	ζ	$\frac{1}{2} \rho v^2$	$\zeta \frac{1}{2} \rho v^2$	Δp									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
	m		m	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	mm	m/s	kPa/m	kPa		kPa	kPa	kPa	kPa	m	kPa	kPa	kPa				
1	10,0			0															373	0	373				1		
		1-2	10,0		13,2		1,1			1,1	50PEL		0,37	4	1,5	0,54	10,4	15	358	-0,5	363				2	$\Delta p_a = 10 \text{ kPa}$	
2	9,5			0																					2		
		2-3	3,0		13,2		1,1			1,1	32		1,0	3	3,8	0,62	25,2	30	328	-0,4	332				3	$\Delta p_H = 25 \text{ kPa}$	
3	9,6			6,6																					3		
		3-4	4,0		6,6		0,82			0,82	25		260	10	1,0	1,08	1	11	317	0	317				4		
4	10,0			3,2																					4		
		4-5	6,3		3,4		0,65			0,65	25		1,62	10	3,0	0,67	2	12	305	0	305				5		
5	10,0			0,2																					5		
		5-6	1,5		3,2		0,63			0,63	25		1,52	3	2,0	0,63	1	4	301	0,8	293				6		
6	10,8			0,8		0,3																			6		
		6-7	3,3		2,4		0,58			0,58	25		1,30	4	0,9	0,54	0	4	297	4,1	257				7		
7	14,1			0,8																					7		
		7-8	3,3		1,6		0,51			0,51	25		1,0	3	0,9	0,41	0	3	294	7,4	221				8		
8	17,4			0,8																					8		
		8-9	3,3		0,8		0,43			0,43	25		0,71	2	0,9	0,29	0	2	292	10,7	187				9		
9	20,7			0																					9		
		9-10	1,0		0,8		0,43			0,43	22x1 ⁹⁾	1,35	1,74	2	1,9	0,90	2	4	288	10,8	182				10	Kar	
10	20,8			0,3																					10		
		10-11	0,8		0,8		0,34			0,34	18x1 ⁹⁾	1,7	3,53	3	0,4	1,40	1	4	284	10,8	178				11	HV	
11	20,8			0,1																					11		
		11-12	0,3		0,7		0,33			0,33	18x1 ⁹⁾	1,65	3,45	1	0,3	1,27	0	1	283	10,8	177				12	$v_{max} = 20 \text{ m/s}$	
12	20,8			0,2		0,2																			12	KV	
		12-13	1,1		0,5		0,30			0,30	18x1 ⁹⁾	1,5	2,80	3	0,4	1,10	0	3	280	10,8	174				13	WC	
13	20,8			0,1																					13		
		13-14	0,2		0,4		0,28			0,28	18x1 ⁹⁾	1,4	2,45	0	0,2	0,95	0	0	280	10,8	174				14	OM + VM	
14	20,8			0,4																					14		

Fig. 5.20. Beregning af fordelingsledning. Eksempel 5.2.

Punkt	Kote til punkt	Strækning	Længde, L	Vandstrømme								Rørdi- mension	Hastighed, v	Tryktab							Beregningss- tryk p_x	Højde over forings- punkt, H_0 (Koteforsk.)	Faktisk tryk p_x	Max. tryk $p_{x,max}$	$\Delta p_{v,n}$	Punkt	Eks. 5.2 Boligejendom Koblingsledn.
				q_n	Σq_n	$q_{n,max}$	q_s	q_{syst}	Σq_{syst}	q	R			R · L	ζ	$\frac{1}{2} \rho v^2$	$\zeta \frac{1}{2} \rho v^2$	Δp									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
	m		m	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	mm	m/s	kPa/m	kPa		kPa	kPa	kPa	kPa	m	kPa	kPa	kPa				
Kar	21,3			0,3															281	11,3	170				Kar		
				0,6		0,3		0,3		0,3	15x1	2,3	8,25	5	0,8	2,55	2	7	288						150	Kar	
10																			288							10	
HV	21,3			0,1															281	11,3	170				100	HV	
				0,6		0,1		0,1		0,1	12x1	1,3	3,92	2	0,8	0,82	1	3	284							11	
KV	21,5			0,2															272	11,5	159				130	KV	
				0,5		0,2		0,2		0,2	12x1	2,5	15,1	8	0,8	3,25	3	11	283							12	
WC	20,9			0,1															277	10,9	170				100	WC	
				0,4		0,1		0,1		0,1	12x1	1,3	3,92	2	0,7	0,82	1	3	280							13	
OM	20,9			0,2															269	10,9	162				150	OM	OM = FP
				0,5		0,2		0,2		0,2	12x1	2,5	15,1	8	0,8	3,25	3	11	280							14	
VM	20,9			0,2															245	10,9	138				100	VM	
				2,0		0,2		0,2		0,2	12x1	2,5	15,1	30	1,5	3,25	5	35	280							14	

Fig. 5.21. Beregning af koblingsledninger i etage 4. Eksempel 5.2.

Beskrivelse	Eksempel 5.3. Erhvervsbygning Bygningen er en mindre erhvervsbygning, hvor installationen skal forsyne et mindre køkken samt bade- og vaske- rum. Installationen er optegnet i fig. 5.22.
Systematisk benyttelse	Badeinstallationerne regnes systematisk benyttet. De resterende tapsteder regnes tilfældigt benyttet. Det bemærkes, at et urinal i stueetage er forsynet med skylle- ventil ($q_n = 0,4 \text{ l/s}$).
Max-hastigheder	Installationen udføres af kobberrør, der er lagt så de er udskiftelige, dvs. max tilladelig hastighed i koldtvands- rør er $4,0 \text{ m/s}$ og i varmtvandsrør $3,0 \text{ m/s}$.
Tryk og tryktab	Laveste normale tryk i forsyningsledningen er $p_{ln} = 402 \text{ kPa}$. Tryktabene undervejs kan beregnes til

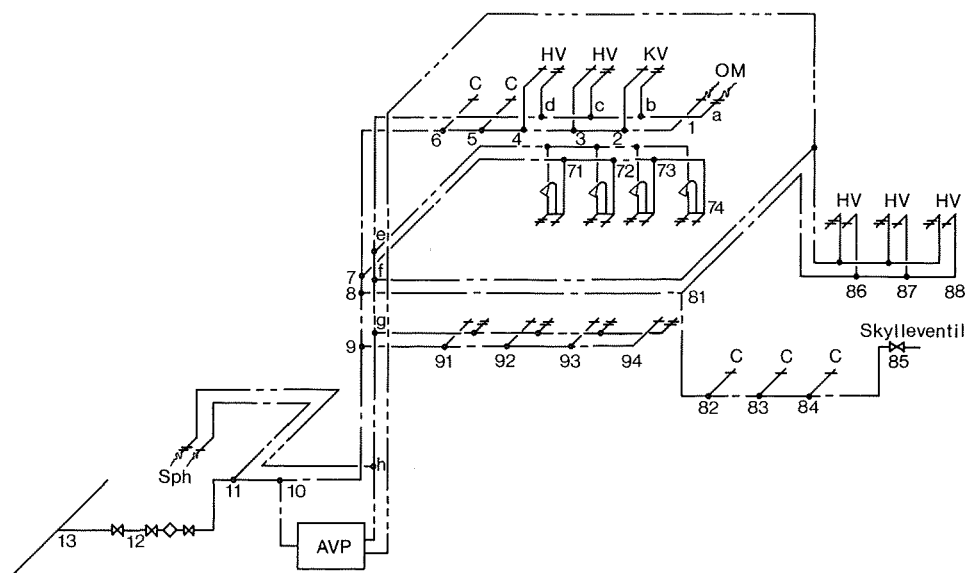


Fig. 5.22. Diagram over installationen i en mindre erhvervsbygning, eksempel 5.3.

$$\begin{aligned}
 \text{Tryktab i måler:} & \Delta p_M = 40 \text{ kPa} \\
 \text{Tryktab i anbring:} & \Delta p_a = 25 \text{ kPa} \\
 \text{Tryktab i taparmatur (opva-} & \\
 \text{skemaskine) i farligste punkt: } & \Delta p_{vn} = 200 \text{ kPa} \\
 & \text{i alt } 265 \text{ kPa}
 \end{aligned} \quad (5.33)$$

Kote til farligste punkt er 15,5. Det disponible trykfald er

$$\begin{aligned}
 \Delta p_{disp} &= p_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \\
 &= 402 - (15,5 - 11,0) \cdot 9,81 = 358 \text{ kPa}
 \end{aligned} \quad (5.34)$$

Det trykfald, der er til rådighed for ledningerne fra forsyningspunkt F til farligste punkt FP er

$$\begin{aligned}
 \Delta p_{disp} - \Delta p_M - \Delta p_a - \Delta p_{vn} &= \\
 358 - 40 - 25 - 200 &= 93 \text{ kPa}
 \end{aligned} \quad (5.35)$$

Tryktab i enkeltmodstande (excl. vandmåler, anbring og taparmatur) skønnes til 20 % af tryktabet i rør, dvs. at der pr. meter af de lige rør er disponibelt

$$R_{disp} = \frac{93}{31,7} \cdot \frac{100}{100 + 20} = 2,4 \text{ kPa/m} \quad (5.36)$$

idet rørlængden er 31,7 meter.

Dimensionering

Dimensioneringen af strækningen til det farligste punkt er gennemført på skema i fig. 5.23. Desuden er installationen for vaskerender gennemregnet som vist i fig. 5.24.

Neddrøsling af armaturer

Ved vaskerender er der anvendt armaturer med et tryktab på 50 kPa ved en vandstrøm på $0,03 \text{ l/s}$. Ved disse samtidigt benyttede tapsteder kræver normen, at det ved neddrøsling sikres, at vandstrømmen ikke overstiger $0,03 \text{ l/s}$. Der skal således ved hvert armatur indskydes en modstand på $271 - 50 = 221 \text{ kPa}$.

Punkt	Kote til punkt	Strækning	Længde, L	Vandstrømme							Rørdimension	Hastighed, v	Tryktab						Beregningstryk p_x	Højde over forsyningspunkt, H_n (Koteafskel)	Faktisk tryk p_x	Max. tryk $p_{x,max}$	$\Delta p_{v,n}$	Punkt	Eks. 5.3 Erhvervsbygn. Ledn. til pkt. 1 = FP
				q_n	Σq_n	$q_{n,max}$	q_s	q_{syst}	Σq_{syst}	q			R	R · L	ζ	$\frac{1}{2} \rho v^2$	$\frac{1}{2} \rho v^2$	Δp							
1	15,5			0,2															275	4,5	231		200	1	FP
2	15,5	1-2	0,6	0,2			0,2			0,2	15x1	1,5	3,03	2		0	2		277					2	
3	15,5	2-3	4,0	0,1			0,4			0,28	22x1	0,9	0,76	3		1	4		281					3	
4	15,5	3-4	1,2	0,1			0,5			0,3	22x1	0,9	0,88	1		0	1		282					4	
5	15,5	4-5	1,0	0,1			0,6			0,31	22x1	1,0	0,94	1		0	1		283					5	
6	15,5	5-6	0,9	0,1			0,7			0,33	22x1	1,0	1,08	1		0	1		284					6	
7	14,4	6-7	1,5	0,1			0,8			0,34	22x1	1,0	1,08	2		0	2		286					7	
8	14,3	7-8	0,1	1,0			0,8			0,34	0,40	0,74	28x12	1,4	1,40	0	0		286					8	
9	12,9	8-9	1,4	1,8			0,62			0,40	0,40	1,02	28x12	2,0	2,65	4	1	5	291					9	
10	11,6	9-10	4,0	1,1			0,62			0,52	0,52	1,14	28x12	2,2	3,34	13	3	16	307					10	
11	11,6	10-11	2,0	2,9			0,70			1,04	1,74	35x1,5	2,1	2,33	5	1	6		313					11	
12	11,0	11-12	5,0	0,2			0,71			1,04	1,75	35x1,5	2,1	2,35	12	2x46	54		367					12	$\Delta p_H = 40 \text{ kPa}$
13	11,0	12-13	10,0	3,1			0,71			1,04	1,75	50 PEL	0,83	8		2x25	35		402					13	$\Delta p_D = 25 \text{ kPa}$

Fig. 5.23. Dimensionering af strækningen til det farligste punkt. Eksempel 5.3.

Punkt	Kote til punkt	Strækning	Længde, L	Vandstrømme							Rørdimension	Hastighed, v	Tryktab						Beregningstryk p_x	Højde over forsyningspunkt, H_n (Koteafskel)	Faktisk tryk p_x	Max. tryk $p_{x,max}$	$\Delta p_{v,n}$	Punkt	Eks. 5.3 Erhvervsbygn. Sideledn. i pkt. 9
				q_n	Σq_n	$q_{n,max}$	q_s	q_{syst}	Σq_{syst}	q			R	R · L	ζ	$\frac{1}{2} \rho v^2$	$\frac{1}{2} \rho v^2$	Δp							
9	12,9																		291	1,9	272			9	
91	12,9	9-91	1,2							0,12 0,12	18x1	0,6	0,49	1		0	1		290	1,9	271		50	91	
92	12,9	91-92	0,6							0,09 0,09	18x1	0,4	0,29	0		0	0		290	1,9	271		50	92	
93	12,9	92-93	0,6							0,06 0,06	18x1	0,3	0,14	0		0	0		290	1,9	271		50	93	
94	12,9	93-94	0,6							0,03 0,03	18x1	0,1	0,04	0		0	0		290	1,9	271		50	94	

Fig. 5.24. Dimensionering af strækningen som forsyner vaskerenden. Eksempel 5.3.

Beskrivelse

Eksempel 5.4. Enfamiliehus

Til det enfamiliehus, hvis plan er vist i fig. 5.25, skal der dimensioneres en vandinstallation. Der vil i et sådant tilfælde ofte være flere muligheder for valg af system, så

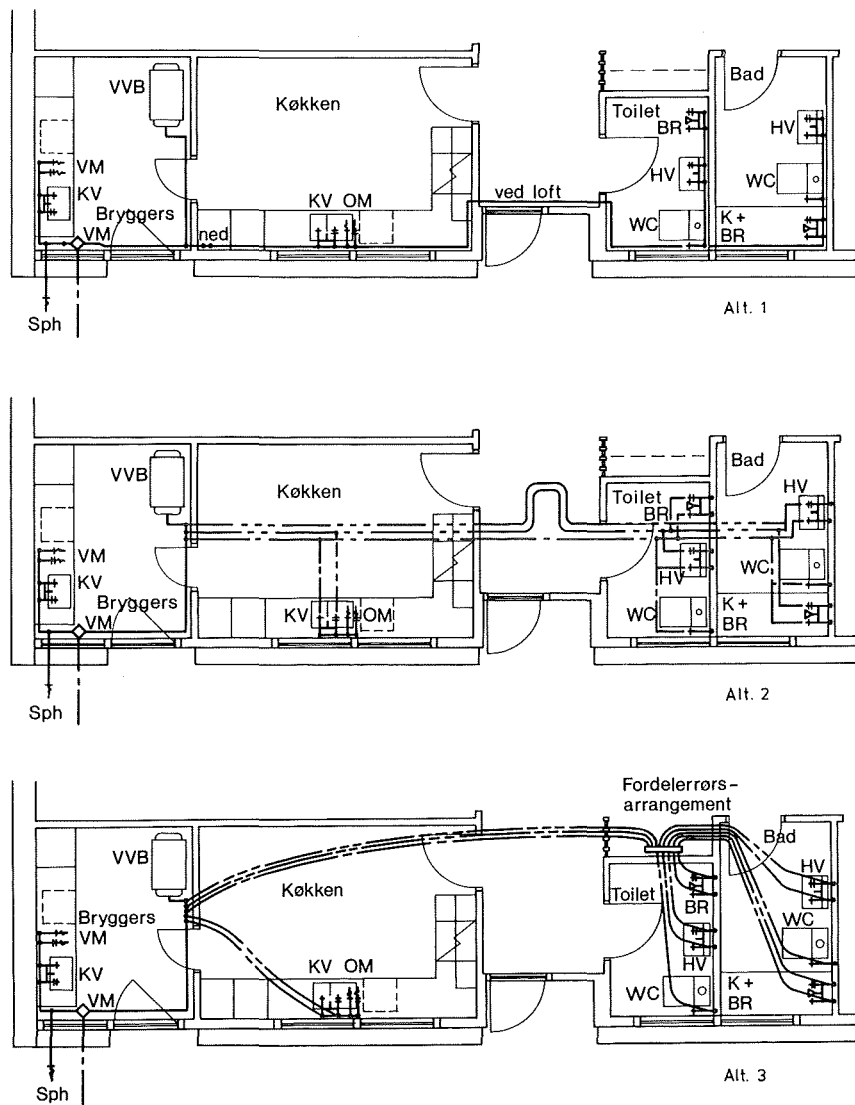


Fig. 5.25. Enfamiliehus. 3 forskellige muligheder for en vandinstallation. I fig. 5.26 er vist de tilhørende diagrammer og beregningerne er gennemgået i eks. 5.4.

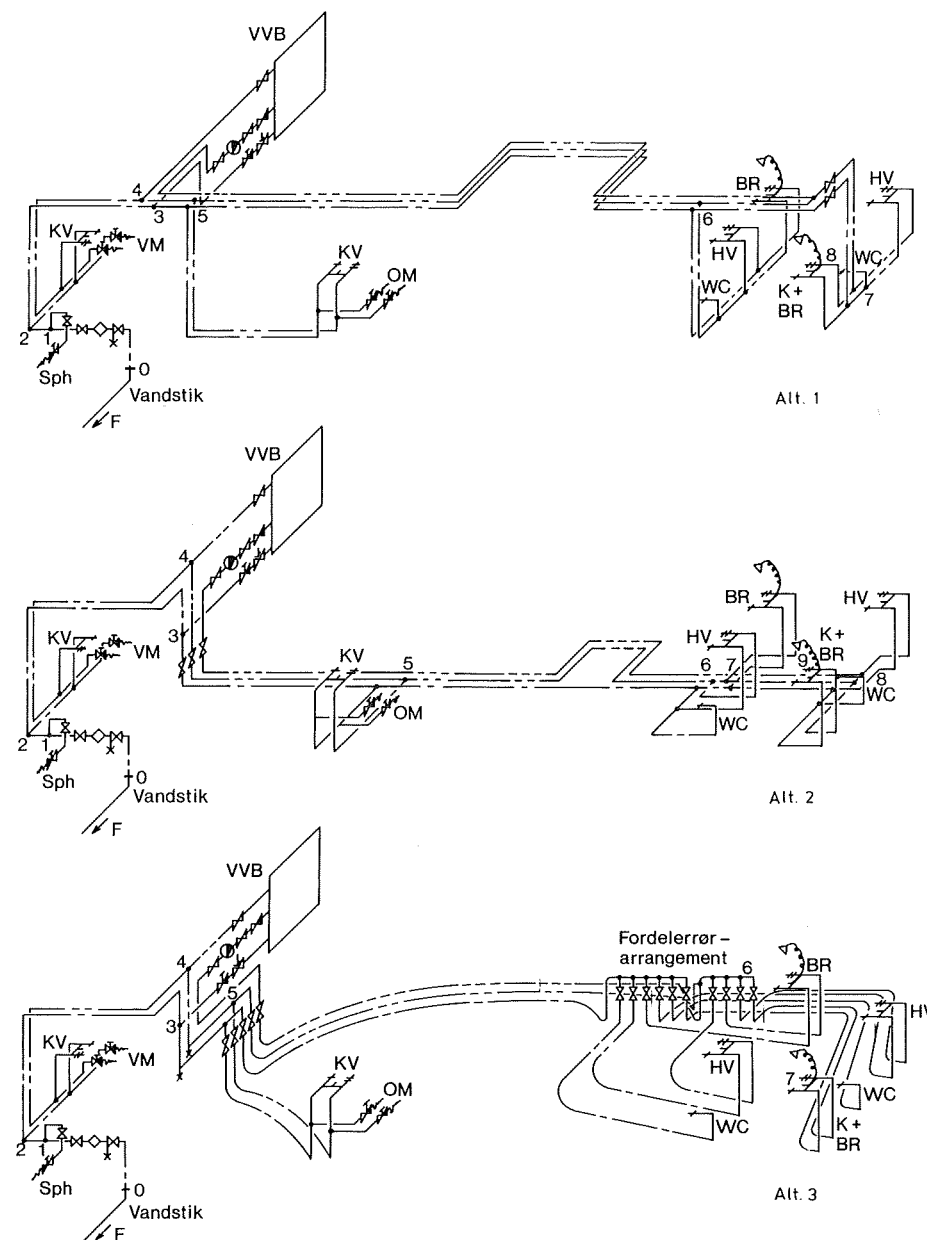


Fig. 5.26. Diagrammer over 3 forskellige muligheder for en vandinstallation til enfamiliehuset i fig. 5.25. De 3 installationer kan karakteriseres som: 1. Traditionel installation, varmforzinkede stålør, 2. Traditionel installation, kobberør, 3. Fordelerrørsinstallation, plastrør placeret udskifteligt i tomrør. Eksempel 5.4.

Punkt	Kote til punkt	Strækning	Længde, L	Vandstrømme								Rørdimension	Hastighed, v	Tryktab							Beregnet tryk p_x	Højde over vandstandspunkt, H_0 (koloforskel)	Faktisk tryk p_x	Max. tryk $p_{x,max}$	$\Delta p_{v,n}$	Punkt	Eks. 5.4 Entamiliehushus ALT. 2.
				q_n	Σq_n	$q_{n,max}$	q_s	q_{syst}	Σq_{syst}	q	R			R · L	ζ	$\frac{1}{2}\rho v^2$	$\zeta \frac{1}{2}\rho v^2$	Δp									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
	m		m	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	mm	m/s	kPa/m	kPa		kPa	kPa	kPa	kPa		m	kPa	kPa	kPa			
F	23,6																								F		
		F-0	15,0																								
0				Indtil pkt. 1: som ALT. 1.																						0	
		0-1	1,0																								
1				0,2																249					1		
		1-2	0,2		1,6	↑	0,51			0,51	22x1	1,6	2,5	0	0		0	0		249						$v_{max} = 4,0 \text{ m/s}$	
2				0,4						0,51	22x1	1,6	2,5	16	2,0	1,3	3	19		249					2		
		2-3	6,4		1,6		0,51																			$v_{max} = 4,0 \text{ m/s}$	
3				1,3						0,43	22x1	1,3	1,7	2	9,0	0,9	9	11		230					3		
		3-4	1,0		0,8		0,43																			$v_{max} = 4,0/3,0 \text{ m/s}$	
4				0,4						0,43	22x1	1,3	1,7	7	3,0	0,9	3	10		219					4		
		4-5	4,0		0,8		0,43																			$v_{max} = 3,0/1,5 \text{ m/s}$	
5				0,4	0,3					0,41	22x1	1,3	1,7	11	0		0	11		209					5		
		5-6	6,2		0,7		0,41																				
6				0,1						0,40	22x1	1,3	1,6	0	0		0	0		198					6		
		6-7	0,2		0,6		0,40																			$v_{max} = 1,5 \text{ m/s}$	
7				0,2						0,36	22x1	1,2	1,3	3	0		0	3		198					7		
		7-8	2,2		0,4		0,36																				
8				0,1						0,30	15x1	2,3	8,6	27	4,0	2,7	11	38		195					8		
		8-9	3,1		0,3	↓	0,30																			$v_{max} = 3,0 \text{ m/s}$	
9	27,0			0,3																157	3,4	124		100	9	$P_g > \Delta p_{v,n}$	

Fig. 5.28. Dimensionering af installation til enfamiliehus (fig. 5.25 og 5.26). Eksempel 5.4, traditionel installation, kobberør.

[illegible]

Fig. 5.29. Dimensionering af installation til enfamiliehus (fig. 5.25 og 5.26). Eksempel 5.4, fordelerrørsinstallation, plastrør.

vendige tryk ved stikledningernes indføring i blokkene er ansat til 300 kPa o.t., svarende til et faktisk tryk i ledningen i pkt. d på

$$p_d = 300 + 1,4 \cdot 9,81 = 314 \text{ kPa}$$

Koten til ledningens indføring i blok D er $z_d = 33,00 - 1,40 = 31,60 \text{ m}$.

Det trykfald, der er disponibelt fra pkt. F til pkt. d, beregnes som

$$p_{lm} - p_d - (z_d - z_F) \cdot 9,81 = 415 - 314 - (31,60 - 28,50) \cdot 9,81 = 71 \text{ kPa} \quad (5.40)$$

Af beregningsskemaet fås

$$\Delta p_{F-d} = 68 \text{ kPa} < 71 \text{ kPa} \quad (5.41)$$

For blok A fås, idet koten til ledningens indføring i blokken er $29,50 - 1,40 = 28,10 \text{ m}$, at det trykfald, der er disponibelt fra pkt. F til pkt. a, er

$$p_{lm} - p_a - (z_a - z_F) \cdot 9,81 = 415 - 314 - (28,10 - 28,50) \cdot 9,81 = 105 \text{ kPa} \quad (5.42)$$

Med den valgte dimension (50 PEL) er tryktabet

$$\Delta p_{F-a} = \Delta p_{F-h} + \Delta p_{h-a} = 31 + 25 = 56 \text{ kPa} < 105 \text{ kPa} \quad (5.43)$$

Kapitel 6

Dimensionering ved forenklet beregning

Muligheder for forenkling

I det foregående kapitel er fremgangsmåden ved dimensionering ved beregning beskrevet som den er angivet i normen. Normen giver imidlertid også mulighed for anvendelse af en enklere dimensioneringsmetode. Denne metode – kaldet den forenkledte beregning – er beskrevet i dette kapitel.

Normens metode for forenklet beregning gælder for almindelige beboelses- og kontorbygninger i op til 4 etager, altså også enfamiliehuse.

Det er muligt at udvikle andre forenkledte metoder med begrænsninger i anvendelsesområdet. Jo snævrere afgrænsninger (– i vandstrømme, i etageareal, i tryk osv.) der foretages, desto enklere kan metoderne gøres.

Mangler ved forenkledte metoder

For den angivne metode gælder, at den ikke giver fuld sikkerhed for rigtige dimensioner og undgåelse af støjgener, og man bør derfor ikke anvende metoden for »unormale« installationer, f.eks. installationer med meget lange ledninger, mange enkeltmodstande osv.

I installationer, hvor der er lovbefalede støjgrænser, bør metoden kun anvendes i forbindelse med støjsvage armaturer og de i kap. 18 angivne regler.

Forenklet dimensionering for beboelses- og kontorbygninger o. lign.

Anvendelse af denne metode er betinget af følgende begrænsninger.

Den forenkledte metode

Andre metoder

Betingelser for anvendelse af metoden

Metoden bør kun anvendes på almindelige beboelses- og kontorbygninger og bygninger, hvis brug kan sidestilles hermed. Metoden kan altså også anvendes på enfamiliehuse. Herudover skal følgende vilkår være opfyldt:

- at der ikke forekommer systematisk*) benyttede tapsteder,
- at normalvandstrømmen til det største tapsted højst er 0,3 l/s,
- at summen af normalvandstrømme for hele installationen ikke overstiger 100 l/s,
- at det til tryktab i stikledning og fordelingsledning disponible tryk p_{disp} er så stort, at der kan optages et tryktab i disse ledninger på mindst 0,5 kPa pr. m, dvs.

$$\frac{p_{disp}}{L} \geq 0,5 \text{ kPa/m} \quad (6.1)$$

Beregning af p_{disp} er forklaret senere i forbindelse med ligning (6.3)

- at etageantallet ikke overstiger 4, idet kælderetage ikke medregnes.

Begrænsninger i metoden

Støjforhold

Dimensionering ved forenklede beregninger sikrer ikke, at de grænser for støjniveauet, der er anført i bygningsreglementet, overholdes, så det kan undertiden være nødvendigt at udføre særlige støjbegrænsende foranstaltninger. Man bør så vidt muligt altid bestræbe sig på anvendelse af støjsvage armaturer, dvs. armaturer fra støjgruppe 1 (se de respektive armaturers godkendelsesblade). I øvrigt vil den fuldstændige beregning heller ikke give en sikker garanti mod støj, men mulighederne for at vurdere støjgenerne er bedre, når man har fuldt kendskab til tryk- og strømningsforhold.

*) dvs. tapsteder, der specielt benyttes inden for bestemte tidsrum eller tapsteder, der som regel benyttes samtidigt med flere andre tapsteder.

Tilfældigt og systematisk benyttede tapsteder

Som nævnt må metoden kun benyttes for ledninger, der udelukkende forsyner tilfældigt benyttede tapsteder. Der findes dog en mulighed for at benytte den forenklede metode for den del af en blandet installation, som alene omfatter tilfældigt benyttede tapsteder, se senere i kapitlet.

Fremgangsmåde ved den forenklede metode

Beregningerne kan foretages på det beregningsark, som er vist i fig. 6.1. Hovedpunkterne i metoden er følgende:

- Bestemmelse af det disponible tryktab pr. meter af ledningen.
- Bestemmelse af vandstrømmen i de enkelte rørstrækninger.
- Fastlæggelse af rørdimensionerne ud fra tabeller.

Disponibelt tryktab pr. meter

Udgangspunktet for dimensioneringen er det disponible tryktab pr. meter ledning der beregnes som

$$\frac{p_{disp}}{L} = \frac{p_{ln} - 10 \cdot H - \Delta p_o}{L} \text{ kPa/m} \quad (6.3)$$

Betydningen af de enkelte størrelser i ligningen er:

 p_{ln}

p_{ln} er det laveste normale tryk i forsyningsledningen i kPa, og det opgives af den stedlige vandforsyning.

Hvis trykket er opgivet i mVS over terræn, $H_{o.t.}$, er

$$p_{ln} = 10 \cdot (H_{o.t.} + h_F), \text{ kPa} \quad (6.4)$$

hvor h_F er forsyningspunktets dybde under terræn i meter.

Hvis trykket er opgivet som en trykkote, z_p , i meter er

$$p_{ln} = 10 (z_p - z_F), \text{ kPa} \quad (6.5)$$

hvor z_F er koten til forsyningspunktet.

 H

H er højdeforskellen mellem forsyningspunktet og farligste punkt. Det farligste punkt er normalt det højest beliggende tapsted, men også punkter, der forsynes gennem en lang fordelingsledning, kan komme på tale. Også tapsteder, hvor der er armaturer med stort trykfald (stor værdi af Δp_m), kan være blandt de farligste.

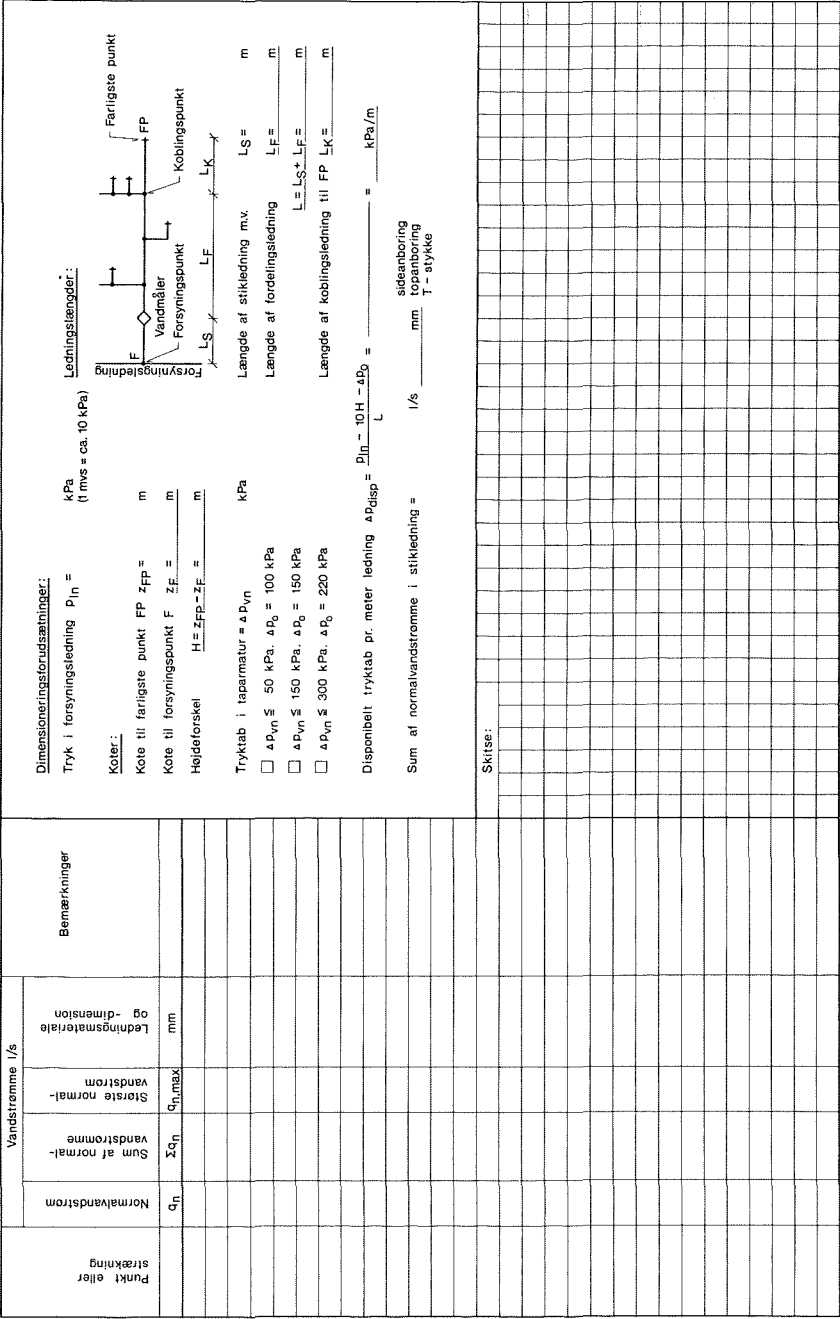


Fig. 6.1. Beregningsark til forenklet dimensionering.

Δp_o

Δp_o er det tryktab, som skal dække modstanden i armaturer, i andre modstande i koblingsledning og ved tilslutning til forsyningsledning samt i måler. Størrelsen fastsættes alene ud fra den trykgruppe, som de anvendte tapventiler tilhører, efter følgende:

trykgruppe	Δp_o
50 kPa	100 kPa
150 -	150 -
300 -	220 -
(500 -	320 -)

(6.6)

Tapventilernes trykgruppe fremgår af VA-godkendelsen. Som vejledning kan anvendes oversigten i fig. 6.2.

L er summen af længderne af stikledning og fordelingsledning til det forsyningsmæssigt farligste punkt. Det farligste punkt kan defineres som det punkt for hvilket

$$\frac{p_{disp}}{L} \tag{6.7}$$

bliver mindst, men normalt får man ret hurtigt en fornemmelse for, hvilket punkt der får sværest ved at blive forsynet.

Trykgruppe	Tryktab Δp_{vn} ved fuldt åben ventil ved normalvandstrømmen q_n	Tapventiltyper, der sædvanligvis kan henføres til trykgruppen
kPa	kPa	
50	$\Delta p_{vn} \leq 50$	Alm. tapventiler og almindelige blandearmaturer
150	$50 < \Delta p_{vn} \leq 150$	Etgrebs-blandearmaturer, vaske- og opvaskemaskiner for husholdning
300	$150 < \Delta p_{vn} \leq 300$	Termostat-blandearmaturer, særlige apparater
500	$300 < \Delta p_{vn} \leq 500$	

Fig. 6.2. Oversigt over tapventilers indplacering i trykgrupper. Bemærk at oversigten kun er vejledende. En tapventils trykgruppe findes i dens VA-godkendelsesblad.

Bestemmelse af vandstrømme

For hver ledningsstrækning skal vandstrømmen beregnes. Ved de almindelige beregninger anvendes den sandsynlige vandstrøm, men ved denne forenklete beregning anvendes summen af normalstrømme. Normalstrømme for de respektive tapsteder findes i fig. 6.3.

Tapsted	Normalvandstrøm q_n l/s	
	Koldt vand	Varmt vand
Badekar	0,3	0,3
Bidét	0,1	0,1
Brusebad	0,2	0,2
Gård/havevanding	0,2	
Håndvask	0,1	0,1
Køkkenvask	0,2	0,2
Rengøringsvask	0,2	0,2
Spuleventil	0,2	0,2
Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning	0,2	0,2
WC-cisterne	0,1	

Fig. 6.3. Normalstrømme for de hyppigst forekommende tapsteder.

Fastlæggelse af rørdimensioner

Når vandstrømmen og det tryktab pr. meter rør, som er disponibelt, er fundet, kan rørdimensionerne bestemmes ved hjælp af skemaerne i fig. 6.4–6.7.

Tilslutning til
forsyningsledning

Tilslutningen til forsyningsledningen kan udføres efter følgende retningslinier:

20 mm sideanboring og 25 mm topanboring må højst tilsluttes en sum af normalvandstrømme på 15 l/s.

25 mm sideanboring må højst tilsluttes en sum af normalvandstrømme på 40 l/s.

Ved større belastninger skal tilslutning til forsyningsledningen ske ved indsætning af et T-stykke, eller der anbores med større dimension.

Tryktabet i anboringen skal ikke medregnes separat, da det er indregnet i Δp_o .

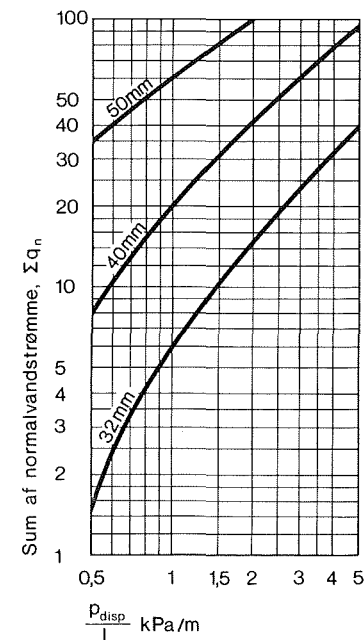
Stikledning

Stikledningen og jordledningen på privat grund og ledning i bygning indtil måler kan dimensioneres efter fig. 6.4; som indgang anvendes det disponible tryk pr. meter og sum-

men af normalvandstrømme. Mindre dimensioner end 32 mm bør ikke anvendes.

Fordelings-
ledning

Fordelingsledningers dimensioner kan fastlægges ved hjælp af fig. 6.5, 6.6 eller 6.7 for henholdsvis varmforzinke-



Stikledninger af plastrør

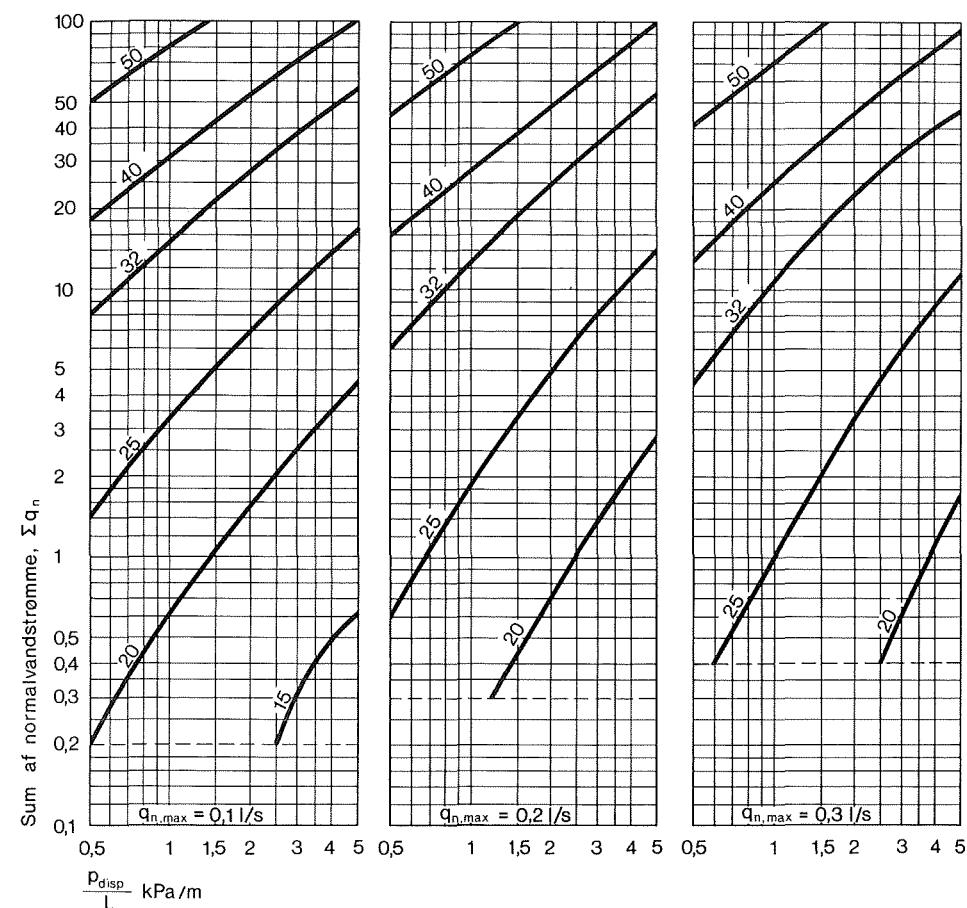
$\frac{P_{disp}}{L}$ kPa/m	Sum af normalvandstrømme Σq_n l/s		
	Udvendig diameter, mm		
	32	40	50
0,5	1,5	8	35
1,0	6	20	60
2,0	15	45	100
3,0	20	65	100
4,0	30	80	100
5,0	40	95	100

Fig. 6.4. Tabel og diagram til dimensionering af stikledning og jordledning af plastrør på privat grund. Vedr. brug af tabel, se eksempel 6.1 og 6.2.

Disp. tryktab $\frac{P_{disp}}{L}$ kPa/m	Største normal- vandstrøm $q_{n,max}$ l/s	Sum af normalvandstrømme Σq_n l/s					
		Handelsbetegnelse					
		$\frac{3}{4}$ RG		1 RG			
		15	20	25	32	40	50
0,5	0,1	0	0,2	1,4	8	18	48
	0,2	0	0	0,6	6	16	45
	0,3	0	0	0,3	4,4	13	41
1,0	0,1	0,1	0,6	3,3	15	31	79
	0,2	0	0,2	1,9	13	28	75
	0,3	0	0	1,0	11	25	72
2,0	0,1	0,1	1,6	6	27	52	100
	0,2	0	0,7	4,8	24	48	100
	0,3	0	0,3	3,2	22	45	100
3,0	0,1	0,3	2,5	11	38	71	100
	0,2	0	1,4	8	35	67	100
	0,3	0	0,6	6	31	64	100
4,0	0,1	0,5	3,5	13	48	88	100
	0,2	0,2	2,0	11	45	83	100
	0,3	0	1,1	8	41	80	100
5,0	0,1	0,6	4,5	17	56	100	100
	0,2	0,2	2,9	14	50	100	100
	0,3	0	1,7	12	47	96	100

Fig. 6.5. Tabel og diagram til dimensionering af fordelingsledninger af varmforzinkede stålør.

Hvis det disponible tryktab $\frac{P_{disp}}{L}$ er større end 5,0 kPa/m kan værdien



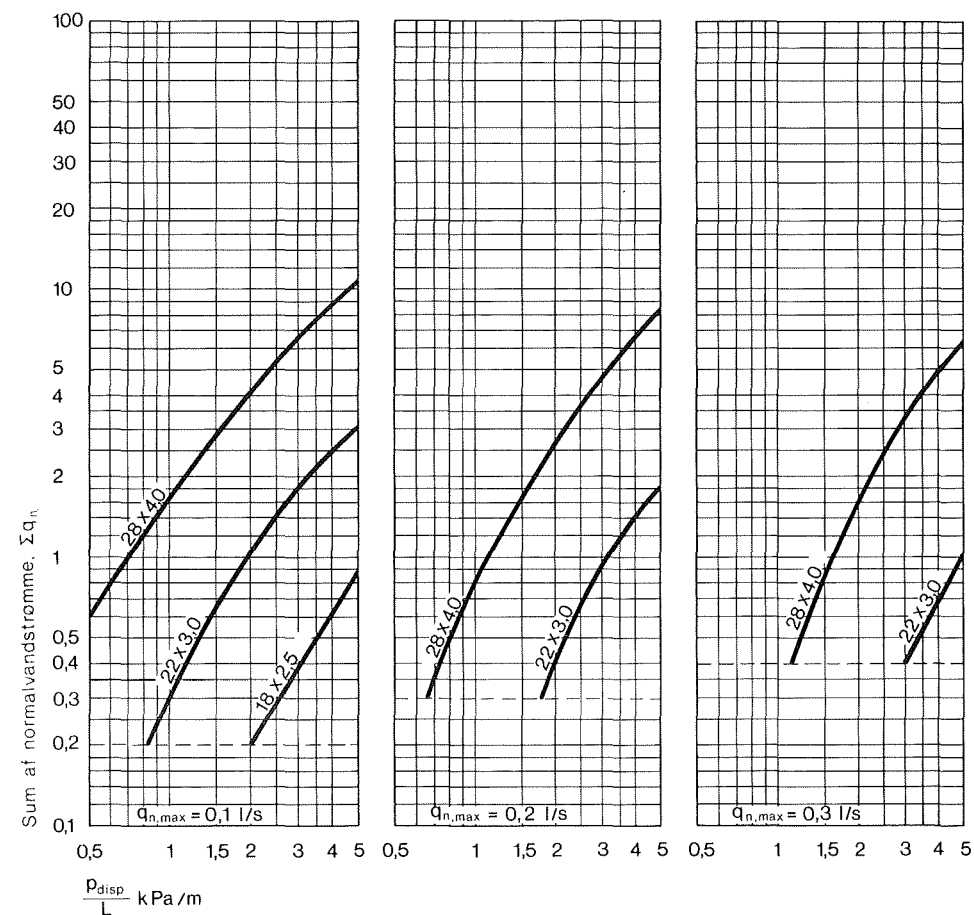
for 5,0 kPa/m anvendes; der vil dog i så fald være forøget risiko for støjgener, og i bygninger med flere lejligheder bør der gennemføres en beregning som anført i kap. 5. Der må interpoleres i tabellen, men det vil i så fald være nemmere at anvende diagrammet.

Dimensionering af fordelingsledninger af PEX

Disp. tryktab $\frac{p_{disp}}{L}$	Største normal- vandstrøm $q_{n,max}$ l/s	Største tilsluttet sum af normalvandstrømmene Σq_n l/s		
kPa/m		Udv. diameter $\times$ godstykkelse mm		
		18 $\times$ 2,5	22 $\times$ 3,0	28 $\times$ 4,0
0,5	0,1	—	—	0,6
	0,2	—	—	—
	0,3	—	—	—
1,0	0,1	—	0,3	1,7
	0,2	—	—	0,8
	0,3	—	—	—
2,0	0,1	0,2	1,1	4,1
	0,2	—	0,4	2,6
	0,3	—	—	1,5
3,0	0,1	0,4	1,8	6,6
	0,2	—	0,9	4,7
	0,3	—	0,4	3,1
4,0	0,1	0,6	2,6	9,3
	0,2	—	1,5	7,0
	0,3	—	0,7	5,2
5,0	0,1	0,9	3,1	10,7
	0,2	0,3	1,9	8,4
	0,3	—	1,0	6,2

Fig. 6.6. Tabel og diagram til dimensionering af fordelingsledninger af plastrør. Det bemærkes at fordelingsledninger for varmt vand kun må udføres af plast, såfremt rørfabrikatet er VA-godkendt til varmt vand.

Hvis det disponible tryktab $\frac{p_{disp}}{L}$ er større end 5,0 kPa/m kan værdien



for 5,0 kPa/m anvendes; der vil dog i så fald være forøget risiko for støjgener, og i bygninger med flere lejligheder bør der gennemføres en beregning som anført i kap. 5. Der må interpoleres i tabellen, men det vil i så fald være nemmere at bruge diagrammet.

Disp. tryktab $\frac{p_{disp}}{L}$ kPa/m	Største normalvandstrøm $q_{n,max}$ l/s	Største tilsluttet sum af normalvandstrømme Σq_n l/s							
		Udv. diameter · godstykkelse mm							
		15 · 1,0	18 · 1,0	22 · 1,0	28 · 1,2	35 · 1,5	42 · 1,5	54 · 1,5	
0,5	0,1	0	0,1	0,3	2,1	8	21	63	
	0,2	0	0	0	1,2	6	19	58	
	0,3	0	0	0	0,5	4,4	16	55	
1,0	0,1	0	0,1	1,2	5	15	38	110	
	0,2	0	0	0,4	3,4	13	35	105	
	0,3	0	0	0	2,0	10	31	100	
2,0	0,1	0,1	0,5	2,5	10	28	63	175	
	0,2	0	0,2	1,4	8	25	58	175	
	0,3	0	0	0,6	6	21	55	175	
3,0	0,1	0,3	1,0	4,2	15	41	87	225	
	0,2	0	0,3	2,6	13	37	83	225	
	0,3	0	0	1,5	11	34	80	225	
4,0	0,1	0,3	1,3	6	20	50	110	275	
	0,2	0	0,5	3,8	17	46	105	275	
	0,3	0	0,3	2,4	15	43	100	275	
5,0	0,1	0,4	2,5	7	23	60	125	325	
	0,2	0,2	1,4	5	20	56	120	325	
	0,3	0	0,6	3,7	17	52	115	325	
		$v = 1,5$ m/s	$v = 2$ m/s		$v = 3$ m/s				

Tal, der er anført under trappelinien, medfører hastigheder i ledningerne, der er større end de på trappelinien anførte.

Vedrørende største forsvarlige hastigheder i ledninger se tabel 4.3.

Det bemærkes, at summen af normalvandstrømme ikke må overstige 100 l/s, når der dimensioneres ved forenklet beregning.

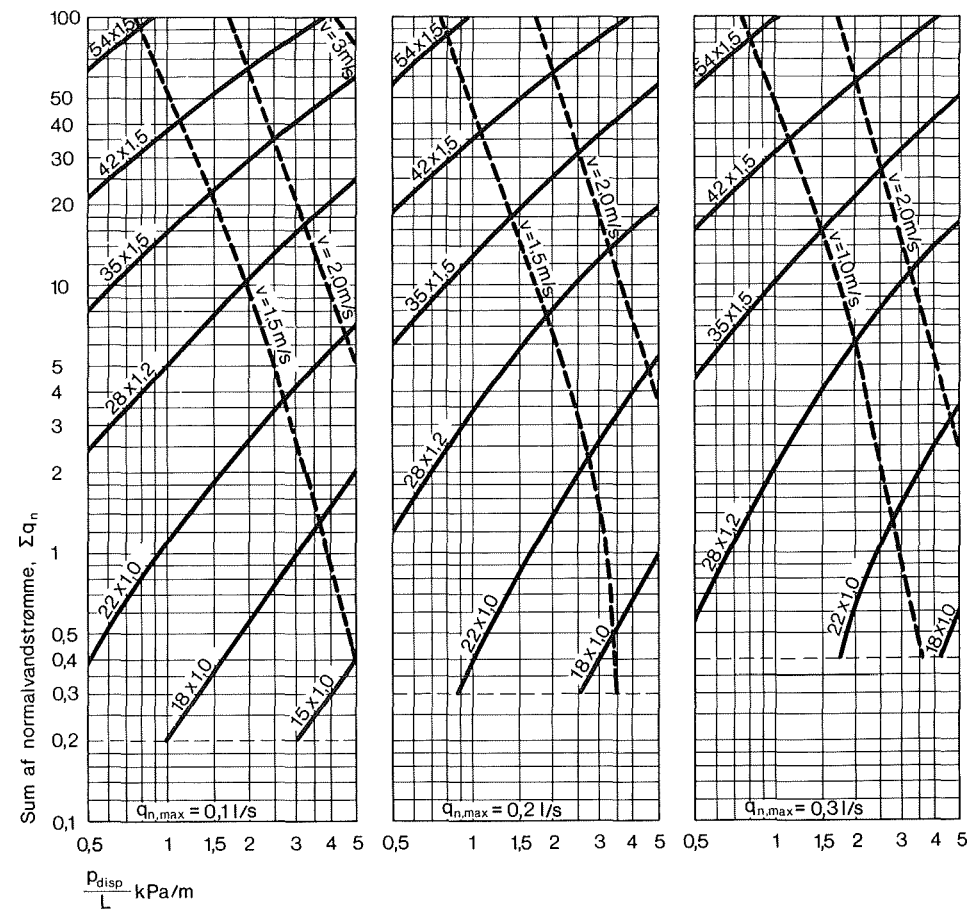


Fig. 6.7. Tabel og diagram til dimensionering af fordelingsledninger af kobberør. For kobberør gælder det, at man på grund af risikoen for korrosion ikke må overskride de i normen angivne maksimale vandhastigheder. Dette krav er udtrykt ved de grænsekurver, som er indtegnet i tabel og diagram. En direkte angivelse af hvor store vandstrømme, der må føres i kobberør ved forskellige temperaturer og placering af røret, er vist i fig. 6.8.

Hvis det disponible tryktab $\frac{p_{disp}}{L}$ er større end 5,0 kPa/m kan værdien for 5,0 kPa/m anvendes; der vil dog i så fald være forøget risiko for støjgener, og i bygninger med flere lejligheder bør der gennemføres en beregning som anført i kap. 5. Der må interpoleres i tabellen, men det vil i så fald være nemmere at anvende diagrammet.

de stålrør, plastrør (PEX-rør) og kobberrør. Indgang til tabellerne er: det disponible tryktab pr. meter, normalstrømmen for det største tapsted, som ledningen forsyner, samt summen af normalstrømme for ledningen. Når der anvendes kobberrør, skal man iagttage, at normen angiver nogle maksimale vandhastigheder med henblik på risikoen for korrosion. Disse grænser er indlagt i fig. 6.7, og hvis man ønsker

Største forsvarlig hastighed m/s	Max. vandtemp.		Normalvandstrøm for største tapsted $q_{n,max}$	Største sandsynlige vandstrøm	Største sandsynlige vandstrøm og sum af normalvandstrømme							
	Udskiftelig ledning	Ikke-udskiftelig ledning			Dimension af kobberrør (udv. $d \cdot$ godstykkelser mm)							
					12 × 1,0	15 × 1,0	18 × 1,0	22 × 1,0	28 × 1,2	35 × 1,5	42 × 1,5	54 × 1,5
				$q_s =$	0,08	0,13	0,20	0,31	0,51	0,80	1,19	2,04
1,0	90°	0,1			—	—	0,4	1,4	4,4	11	21	50
		0,2			—	—	—	0,6	2,8	8,3	18	46
		0,3			—	—	—	—	1,6	6,3	16	43
				$q_s =$	0,10	0,17	0,26	0,41	0,67	1,05	1,55	2,66
1,3	70°	0,1			—	0,2	0,9	2,6	7,4	17	33	73
		0,2			—	—	0,3	1,4	5,5	14	29	70
		0,3			—	—	—	0,7	3,8	12	26	66
				$q_s =$	0,12	0,20	0,30	0,47	0,77	1,21	1,79	3,06
1,5	50°	0,1			—	0,4	1,3	3,6	9,7	22	41	90
		0,2			—	—	0,5	2,2	7,6	19	37	86
		0,3			—	—	—	1,2	5,6	16	34	82
				$q_s =$	0,16	0,27	0,40	0,63	1,03	1,61	2,39	4,09
3,0	90°	0,1	10°		0,2	0,9	2,5	6,5	16	34	63	134
		0,2			—	0,3	1,4	4,7	14	31	59	130
		0,3			—	—	0,6	3,1	11	28	55	126
				$q_s =$	0,20	0,33	0,50	0,79	1,29	2,01	2,99	5,11
2,5	70°	0,1			0,4	1,6	4,1	10	24	49	87	181
		0,2			—	0,7	2,6	7,9	21	45	83	177
		0,3			—	—	1,5	5,9	18	42	79	172
				$q_s =$	0,24	0,40	0,60	0,94	1,54	2,41	3,58	6,13
3,0	50°	0,1			0,7	2,5	6,0	14	32	64	112	230
		0,2			—	1,4	4,3	12	29	60	108	225
		0,3			—	0,6	2,8	9,2	26	56	104	220
				$q_s =$	0,31	0,53	0,80	1,26	2,06	3,22	4,78	8,17
4,0	10°	0,1			1,4	4,7	11	23	50	97	166	332
		0,2			0,6	3,1	8,3	20	47	93	162	327
		0,3			—	1,8	6,3	17	43	88	157	322

Fig. 6.8. Tabel over de største tilladelige vandstrømme i fordelingsledninger af kobber med hensyn til korrosion. Tabellen angiver den største forsvarlige, sandsynlige vandstrøm (q_s) og den største forsvarlige sum af normalvandstrømme i en fordelingsledning af kobber, når vandtemperaturen og ledningens udskiftelighed er kendt.

Eksempel: En ikke-udskiftelig fordelingsledning af 28 × 1,2 kobberrør, vandtemperatur 50 °C maksimal $q_s = 0,77$ l/s

$\Sigma q_n = 9,7$ l/s for $q_{n,max} = 0,1$ l/s

$\Sigma q_n = 7,6$ l/s for $q_{n,max} = 0,2$ l/s

$\Sigma q_n = 5,6$ l/s for $q_{n,max} = 0,3$ l/s

Koblingsledning

direkte at vide størrelsen af de vandstrømme, som et kobberrør må føre ved en bestemt temperatur og placering af røret, kan dette findes i fig. 6.8.

Koblingsledningen er strækningen fra fordelingsledningen hen til tapstedet, dvs. ledningen forsyner kun 1 tapsted, hvilket gør dimensioneringen lettere. Koblingsledningens dimension kan bestemmes ud fra fig. 6.9.

Rørmaterialer	Handelsbetegnelser	Max. længde af koblingsledning i meter		
		$q_{n,max} = 0,1$ l/s	$q_{n,max} = 0,2$ l/s	$q_{n,max} = 0,3$ l/s
Kobberrør	8 × 0,8 mm	1,0	—	—
	10 × 0,8 —	3,5	1,0	0,5
	12 × 1,0 —	8	2,0	1
	15 × 1,0 —	8	8	4
	18 × 1,0 —	8	8	8
Varmforsinkede stålrør	15 mm	8	8	5
	20 —	8	8	8
PEX-rør	10 × 1,8 mm	1,2	0,3	—
	12 × 2,0 —	3,5	1,0	0,4
	15 × 2,5 —	8	3,0	2,0
	18 × 2,5 —	8	8	5
	22 × 3 —	8	8	8

Fig. 6.9. Tabellen angiver maksimalt tilladelige længder af koblingsledninger i installationer dimensioneret ved forenklet beregning. Hvis det er nødvendigt at anvende en koblingsledning i større længde end angivet i tabellen, kan det klares på følgende måde: Den overskydende længde dimensioneres som fordelingsledning og den overskydende længde indregnes i længden L se (6.7), ved beregning af det disponible tryktab p_{disp} .

Systemer, hvori der indgår systematisk benyttede tapsteder
Hvis der er systematisk benyttede tapsteder i en installation, skal alle ledninger, der fører vand til disse, dimensioneres efter kap. 5, altså efter den fuldstændige beregningsmetode. Denne regel tillader imidlertid, at den forenklete metode anvendes for ledninger, der udelukkende forsyner tilfældigt benyttede tapsteder i en installation, der både omfatter tilfældigt og systematisk benyttede tapsteder.

I dette tilfælde anvendes følgende fremgangsmåde: Først gennemføres beregningen af de dele af installationen, som

forsyner de systematisk benyttede tapsteder, efter reglerne i kap. 5. Derefter findes det punkt (n), hvorfra udgår den ledning, som udelukkende betjener tilfældigt benyttede tapsteder. I dette punkt findes (fra den tidligere beregning) beregningstrykket p'_n , hvor n står for dette punkts betegnelse.

Det skal beregnes, hvor stort et trykfald, der er disponibelt for fordelingsledning og koblingsledning fra punkt n og op til farligste punkt i denne del af installationen. Dette trykfald kan fås som

$$p'_n - \frac{1}{2} \Delta p_{vn} - 10 \cdot H \quad (6.8)$$

hvor Δp_{vn} står for tryktabet i armaturet og H er højdeforskellen mellem forsyningspunktet og det farligste punkt. Δp_{vn} kan i denne forbindelse findes som armaturets trykgruppetal. Hvis armaturet tilhører trykgruppe 150, indsættes $\Delta p_{vn} = 150$.

Herudfra findes det disponible tryk pr. meter rør som

$$\frac{p_{disp}}{L} = \frac{p'_n - \frac{1}{2} \Delta p_{vn} - 10 \cdot H}{L} \quad (6.9)$$

hvor L er den samlede længde af fordelingsledning og koblingsledning til farligste punkt. Beregningen gennemføres som før beskrevet.

Eksempler på anvendelse af den forenklete metode

I det følgende er der angivet nogle eksempler på dimensionering med forenklet beregning, nemlig:

1. En fireetages boligejendom.
2. Et enfamiliehus med 3 forskellige installationsløsninger.

Bygningen og installationen i disse eksempler er identisk med de i eksemplerne 5.2 og 5.4 behandlede. Det vil således være muligt at sammenligne resultaterne af den fuldstændige beregningsmetode og den forenklete metode.

Eksempel 6.1. En fireetages boligejendom

Installationen omfatter i alt 8 lejligheder i et fireetagers hus, og et diagram over installationen er vist i fig. 6.10.

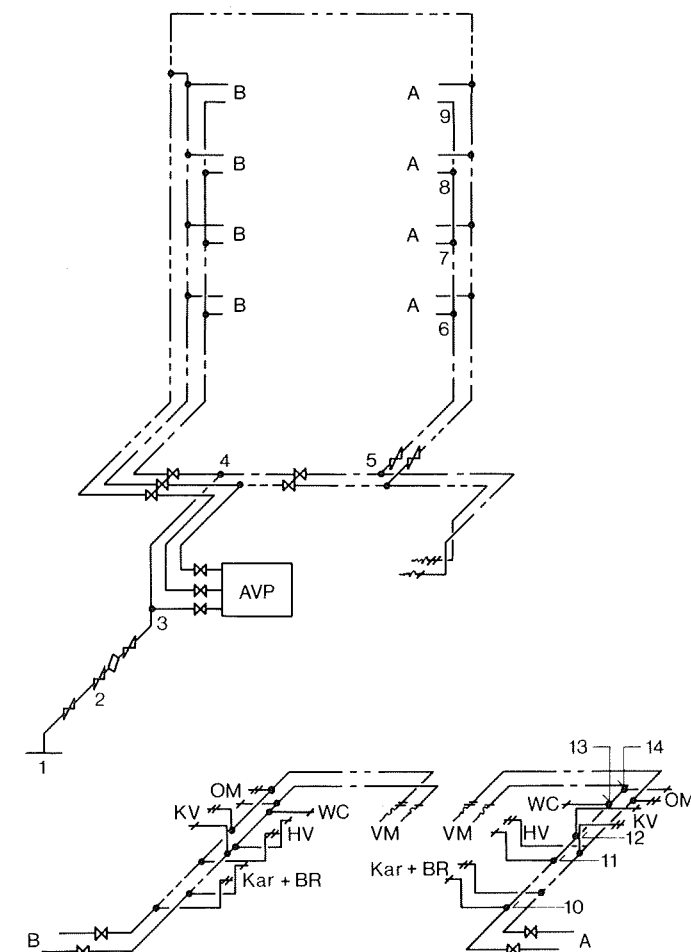


Fig. 6.10. Diagram over installationen i en fireetages beboelsesbygning hørende til eksempel 6.1. Bygningen rummer 4×2 lejligheder. Samme installation er behandlet i eksempel 5.2.

Beskrivelse

Tilslutning til forsyningsledning er her foretaget med 20 mm sideanboring. Det bemærkes at stikledningen er valgt til 50 PEL uanset beregningerne tillader mindre dimension (32 PEL). Indføring af stikledning sker i kælder, hvor måleren er placeret.

Lejlighederne forsynes via lodrette fordelingsledninger med afgreninger til de enkelte lejligheder. Med henblik

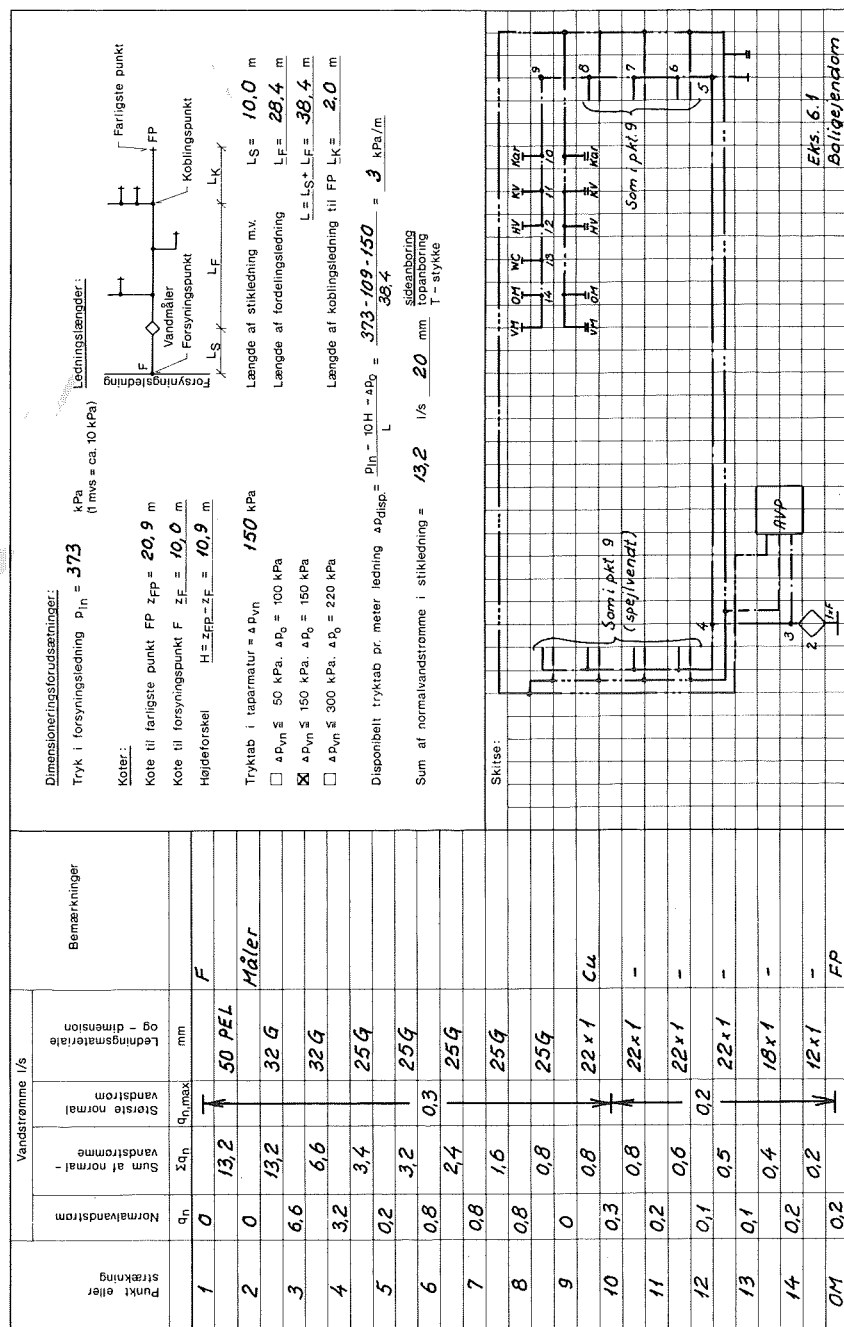


Fig. 6.11. Dimensionering af installation i firetages beboelsesbygning, eksempel 6.1. Samme installation er gennemregnet efter den fuldstændige dimensioneringsmetode i eksempel 5.2.

Dimensionering

Beskrivelse

3 forskellige muligheder

Udgangsværdier

Dimensionering

på en rationel udførelse er de lodrette fordelingsledninger ført igennem i uændrede dimensioner, og alle lejlighedsinstallationer udføres af koberrør.

Dimensioneringen er gennemført på dimensioneringsarket i fig. 6.11. Dimensioneringsarket er beregnet til at rumme hele beregningen i de fleste af de tilfælde, som egner sig til forenklet beregning. Der er desuden plads til et diagram over installationen. Da diagrammet kun skal bruges som støtte for den forenklete beregning, kan det udføres med et minimum af detaljer – sammenlign diagrammerne i fig. 6.10 og 6.11.

Eksempel 6.2. Enfamiliehus

For det enfamiliehus, hvis plan er vist i fig. 6.12, skal dimensioneres en vandinstallation. Der vil i et sådant tilfælde ofte være flere muligheder for valg af system, så der er i dette eksempel gennemført en dimensionering af 3 forskellige installationstyper, nemlig:

1. Traditionel installation udført af varmforzinkede stålør. Rørene er placeret udskifteligt.
2. Traditionel installation udført af koberrør. Rørene er i stor udstrækning placeret i gulv og vægge, dvs. ikke-udskifteligt.
3. »Fordelerrørs«-installation udført af plastrør (PEX). Installationen er udført som en »tomrørs«-installation med udskiftelige rør.

De samme installationer er vist gennemregnet efter den fuldstændige metode i eksempel 5.4.

Diagrammerne til de 3 installationer er vist i fig. 5.13. Fælles for de 3 muligheder gælder

Laveste normale tryk o.t. er 300 kPa
 Terrænkote v. forsyningspunkt 25,00 m
 Kote til forsyningspunkt skønnes til 23,60 m

Tilslutning til forsyningsledning vælges foretaget med 20 mm sideanboring.

Gennemførelse af dimensioneringen er vist i dimensioneringsarkene i fig. 6.14–6.16.

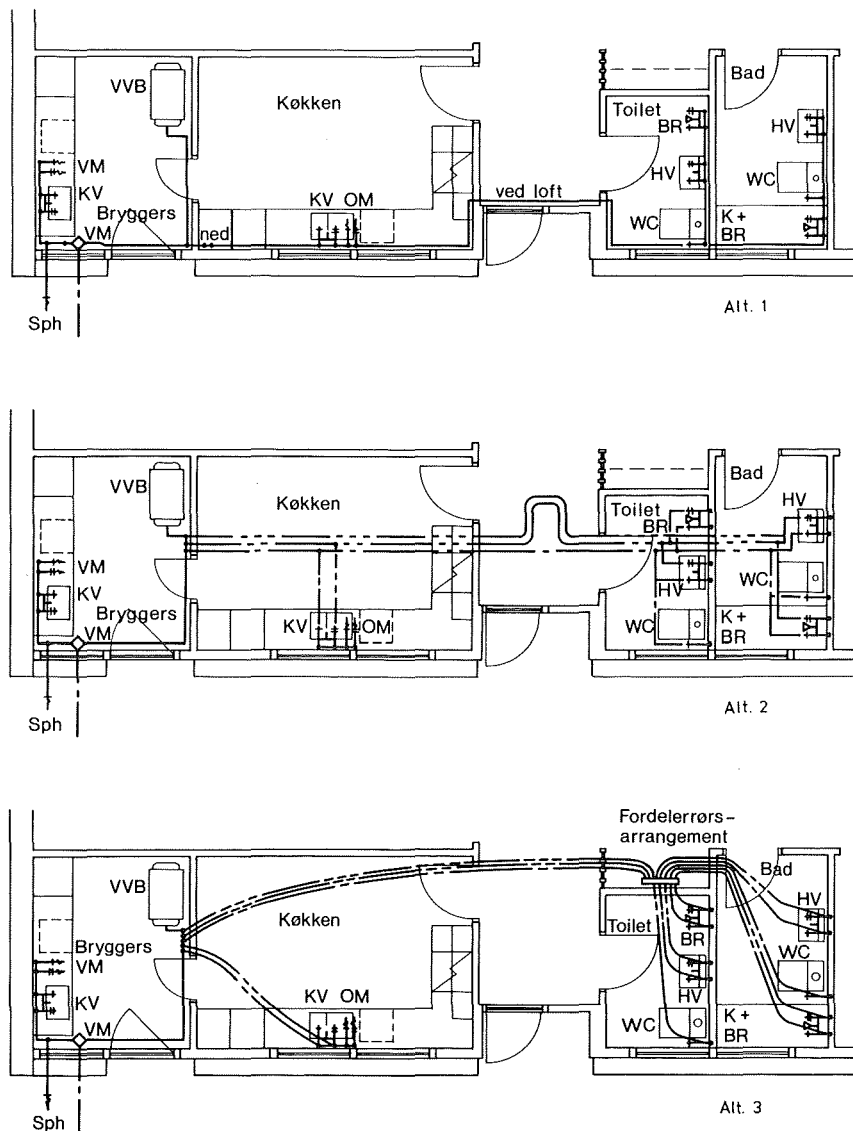


Fig. 6.12. Enfamiliehus. 3 forskellige muligheder for vandinstallationen er vist her og i diagramform i fig. 6.13. Forenklete beregninger er gennemgået i eksempel 6.2 og vist på dimensioneringsark, fig. 6.14–6.16. Den fuldstændige beregning er gennemgået i eksempel 5.4.

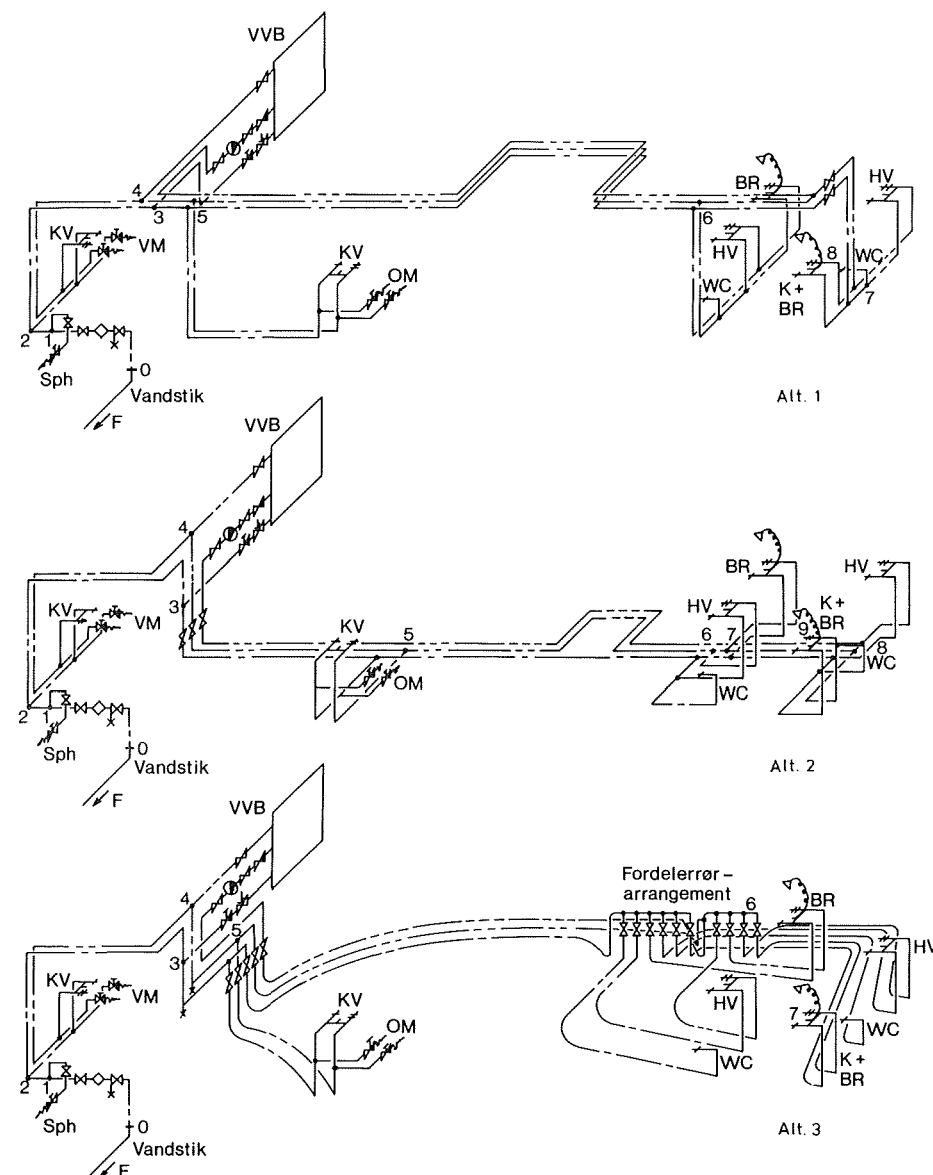


Fig. 6.13. Diagrammer over 3 forskellige muligheder for en vandinstallation til enfamiliehuset i fig. 6.12. De 3 installationer kan karakteriseres som:

1. Traditionel installation, varmforzinkede stålrør.
 2. Traditionel installation, kobberør.
 3. Fordelerrørsinstallation, plastrør.
- Eksempel 6.2.

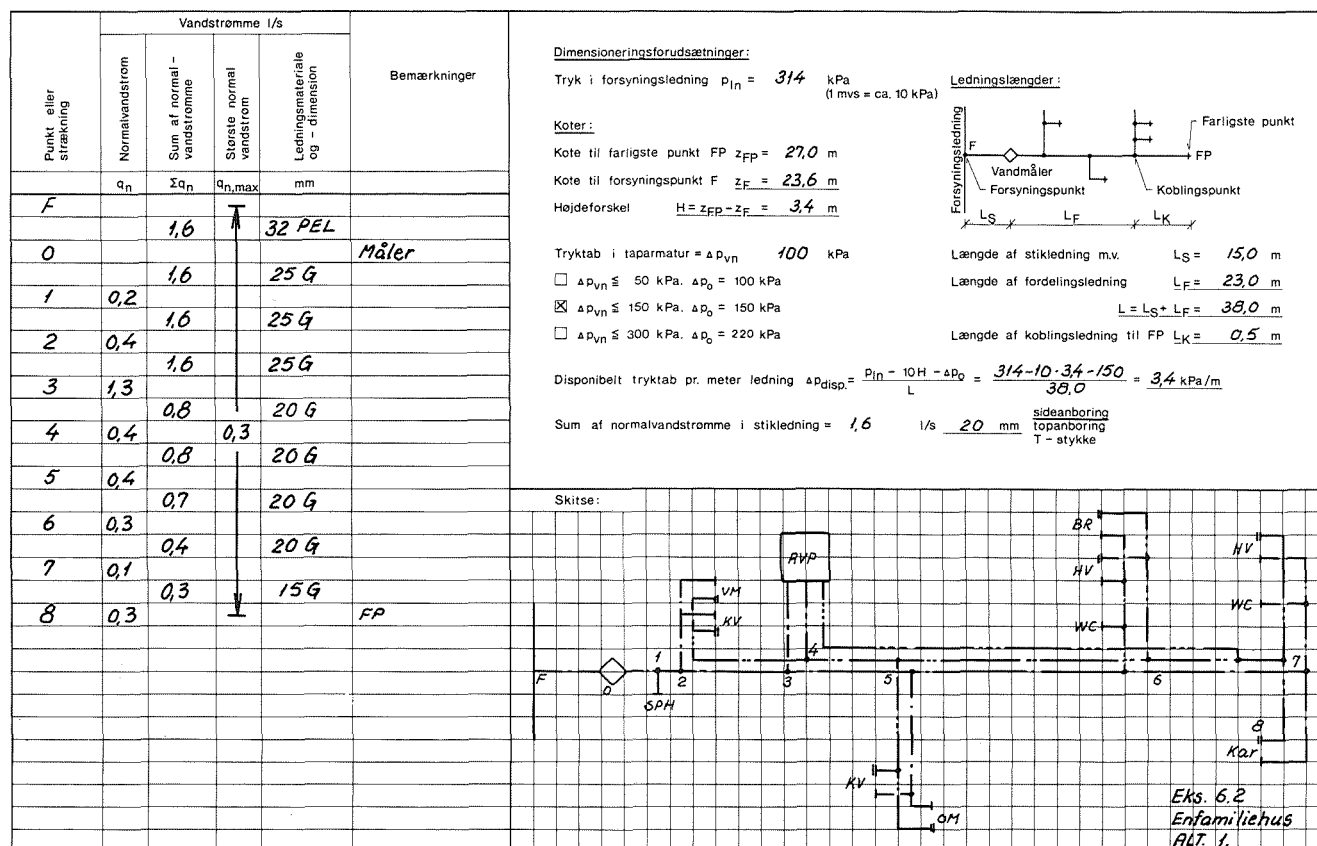


Fig. 6.14. Forenklet dimensionering af installation til enfamiliehus (fig. 6.12 og 6.13), eksempel 6.2, traditionel installation med varmforzinkede stålrør. Den fuldstændige dimensionering af samme installation er gennemgået i eksempel 5.4.

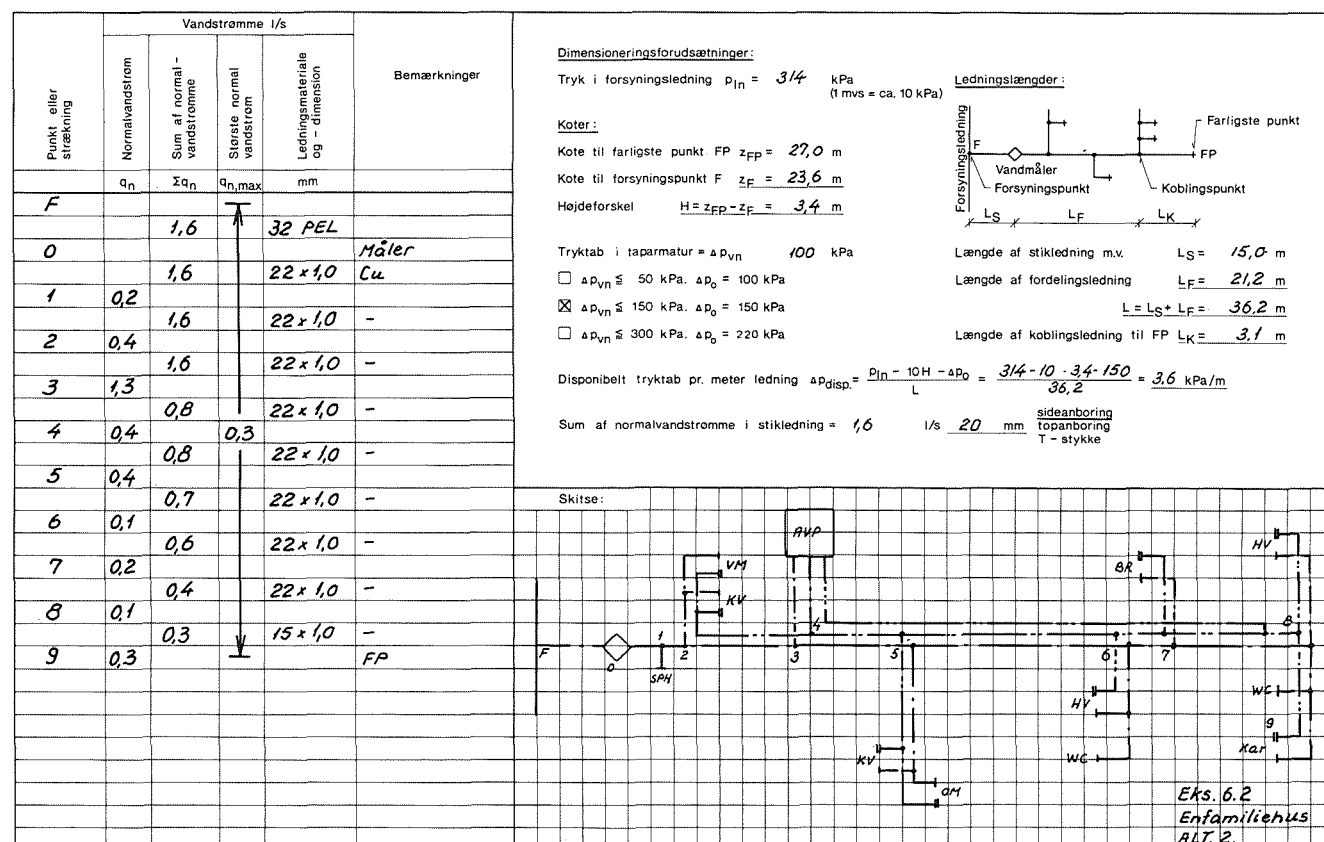


Fig. 6.15. Forenklet dimensionering af installation til enfamiliehus (fig. 6.12 og 6.13), eksempel 6.2, traditionel installation med kobberør. Den fuldstændige dimensionering af samme installation er gennemgået i eksempel 5.4.

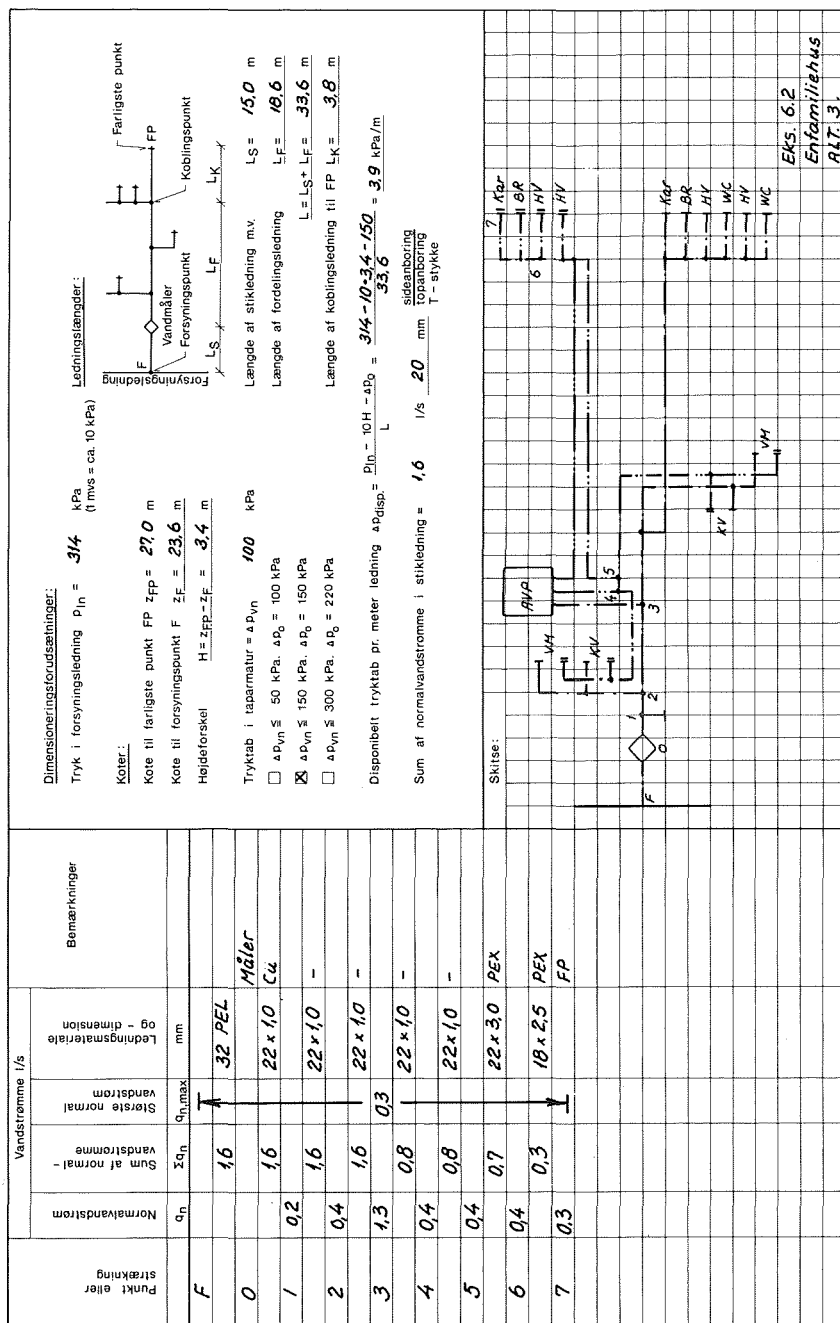


Fig. 6.16. Forenklet dimensionering af installation til enfamiliehus (fig. 6.12 og 6.13), eksempel 6.2, fordelersinstallation med plastrør. Den fuldstændige dimensionering af samme installation er gennemgået i eksempel 5.4.

Kapitel 7

Dimensionering af installationer for varmt brugsvand

Generelt

Der er ingen principiel forskel på ledningsdimensioneringen for henholdsvis koldt og varmt vand. Der gælder samme regler for beregning af sandsynlige vandstrømme og tryktab, så denne side er allerede dækket i kapitlerne 4, 5 og 6. Der er imidlertid nogle andre hensyn som gælder specielt for varmt vand. Disse hensyn kan udtrykkes:

1. Installationen skal kunne yde varmt vand i tilstrækkelig mængde og af passende temperatur.
2. Der skal undgås energispild.
3. Der skal undgås vandspild.
4. Brugeren skal ved tapning ikke vente urimeligt længe på det varme vand.

Det er disse hensyn, som danner baggrund for normens krav – selvom det i normen udtrykkes på en lidt anden måde.

Normens krav

Normens funktionelle krav lyder:

Anlæg til varmtvandsproduktion skal under hensyntagen til varmtvandstapventilernes antal og art kunne yde en rimelig vandmængde med en temperatur, der passer til formålet.

Anlægget skal udformes sådan, at der opnås den bedst mulige udnyttelse af den tilførte varmeenergi, og at vandspild undgås.

Anlæg for varmtvandsproduktion

Ledningsnettet skal være udformet på en sådan måde, at et uønsket temperaturfald undervejs til tapstederne undgås.

En væsentlig del af normkravet går på anlægget for varmtvandsproduktion. Dimensionering af disse anlæg er behandlet i kapitel 12, Anlæg for produktion af varmt vand. En forudsætning for dimensioneringen er valg af de temperaturer, som er nødvendige eller ønskelige ved de forskellige typer af tapsteder. En vurdering af disse temperaturer er givet her i kapitlet.

Isolering

Sikring mod energispild sker primært med isolering. Selv om den varme, der afgives fra varmtvandsinstallationen, bliver i bygningen og kommer denne til gode, så gælder dette kun i perioder med opvarmningsbehov. Derfor skal en varmtvandsinstallation i almindelighed isoleres som beskrevet i kapitel 16, Isolering.

Isoleringen har også en betydning i relation til vandspild. Isolering bevirker at varmetabet til omgivelserne bliver mindre, således at vandet ved tapning hurtigt antager en acceptabel temperatur. Er der imidlertid tale om en installation, hvorfra der kun tappes med lange mellemrum, kan isoleringen ikke forhindre, at vandet afkøles, og hvis stilstandsperioderne er lange nok, vil brugsvandet antage samme temperatur som omgivelserne. Isolering alene kan således ikke bevirke, at vandspild undgås. Se iøvrigt kap. 20, Vandbesparende foranstaltninger.

Vandspild og ventetid

Brugeren af en varmtvandsinstallation har krav på, at en tilfredsstillende vandtemperatur kan opnås indenfor en rimelig tid. Normen tager formelt ingen hensyn til en sådan komfortbetragtning, men da lang ventetid er ensbetydende med stort vandspild, angiver normen som vejledning, at ventetiden højst må være 10 sekunder. Det er dog et rimeligt komfortkrav om ventetiden begrænses yderligere, f.eks. ned til 2-5 sekunder.

Ønsket temperatur

I følge normen skal varmtvandsstrømmen præsteres ved en temperatur, der passer til formålet. Dette har betydning for drift af anlægget, men det har også betydning for dimensionering og udformning.

Som retningslinje for en passende temperatur kan anvendes følgende

Vand til personlig hygiejne	min. 45 °C
Vand til opvask (hushold)	45-55 °C
Vand til bækkenskylning	min. 85 °C
Vand til vask (erhverv)	min. 95 °C

Vandtemperaturen bør efter den vedtagne ventetid (max. 10 sekunder) ikke afvige mere fra den ønskede værdi end 2-5 °C.

Anlægstyper

Når de angivne krav og hensyn skal respekteres, kan det ske med forskellige anlægstyper, som kan opdeles i følgende grupper:

1. anlæg uden cirkulationsledning, og
2. anlæg med cirkulation til anlægget for produktion af varmtvand.

Anlæg uden cirkulation

Når normens krav skal opfyldes i et anlæg uden cirkulationsledning, er der primært to foranstaltninger, der kan udføres:

1. isolering af varmtvandsledningerne og/eller
2. ledninger fra varmtvandsbeholder til tapsted udføres med så små dimensioner, at ventetiden bliver mindre end 10 sekunder.

Isolering

Ledninger for varmtvand isoleres i henhold til BR-77. Hvor der går lang tid mellem to tapninger, har isoleringen dog ingen praktisk værdi, idet vandet efter en tid, der afhænger af isoleringens tykkelse, vil antage omgivelsernes temperatur. Man vil derfor aldrig kunne klare kravene med isolering alene og uden hensyntagen til ledningsdimensionens indflydelse på ventetiden. Når der er tale om meget lange ledninger vil isoleringen imidlertid mindske afkølingen og dermed temperaturfaldet, når der tappes.

Eksempel 7.1. Beregning af isoleringens indflydelse

Et 25 mm rør fører en vandstrøm 0,2 l/s. Varmtvands-temperaturen er 50 °C og omgivelsernes temperatur er 10 °C. Røret isoleres i henhold til ABI*) med 30 mm mineraluld, og varmetabet er 11 W/m (se fig. 16.4).

Temperaturfaldet pr. meter rør vil efter formel (7.6) være

$$\frac{11}{0,2 \cdot 4200} = 0,013 \text{ °C pr. m} \quad (7.1)$$

Hvis røret havde været uisolaret, ville temperaturfaldet have været

$$\frac{34}{0,2 \cdot 4200} = 0,040 \text{ °C pr. m} \quad (7.2)$$

idet varmetabet pr. meter er 34 W/m, se fig. 16,4, og 4200 J/kg er vandets varmekapacitet.

Såfremt ledningen er 100 m lang bliver afkølingen 1,3 °C for den isolerede ledning og 4,1 °C for den uisolerede ledning, altså ret beskedne afkølinger.

Ved en stilstandsperiode på ½ time mellem to tapninger vil det stillestående vand i den isolerede ledning afkøles til ca. 40 °C, dvs. i praksis til et for lavt niveau. Vandet i ledningen må derfor tappes af som spild før tilstrækkeligt varmtvand er fremme ved tapstedet.

Dimensionering ud fra ventetid

I anlæg uden cirkulationsledning opfyldes normens vejledningstekst om maksimalt 10 sekunders ventetid lettest ved at gøre ledningerne så korte og så små som muligt. Opfyldes normkravet på denne måde, er det for funktionen unødvendigt at isolere ledningerne, men det skal dog gøres i henhold til BR-77.

*) ABI = DIF's »Almindelige Betingelser for udførelse af isoleringsarbejder ved tekniske installationer«, [16.1].

Afkøling ved strømning

Afkøling ved stilstand

Ved tapning fra et anlæg uden cirkulationsledning må det påregnes, at hele ledningsstrækningen fra varmtvandsbeholder til tapsted skal tømmes, før temperaturen bliver tilfredsstillende. Dette gælder for såvel koblingsledning som for fordelingsledninger. Tiden, der medgår til tømning af ledningen, afhænger af ledningens længde og diameter samt af vandstrømmen. I henhold til normen kan vandstrømmen ved beregning af ventetiden sættes lig normalvandstrømmen.

Ventetiden kan beregnes som

$$t = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot l}{q_n \cdot 10^3} \quad (7.3)$$

hvor t er ventetiden i sekunder

d_i rørets indvendige diameter i mm

l ledningens længde i meter, og

q_n normalvandstrømmen for det aktuelle tapsted i l/s

Består ledningsstrækningen af delstrækninger med forskellige diametre, skal ventetiden beregnes som summen af ventetiderne for hver enkelt strækning, og alle ventetider skal beregnes for normalvandstrømmen q_n uanset der kan være tale om, at en del af strækningen kan være en fordelingsledning, der er dimensioneret for en større strøm. I fig. 7.1 og 7.2 er udtrykket i (7.3) optegnet for kobberrør efter DS 2110 og PEX-rør og for stålrør efter DS 540, 2. udg.

Det bemærkes, at begrænsningen af ventetiden til 10 sekunder gælder for ethvert tapsted i varmtvandsinstallationen.

Såfremt koblings- og/eller fordelingsledninger udføres af kobberrør, må strømningshastighederne ikke overstige de i kap. 5 anførte maksimalt tilladelige hastigheder med henblik på risikoen for turbulenskorrosion. Hvis en ledningsdimension vælges efter fig. 7.1 eller 7.2 skal man sikre sig, at tryktabet i ledningen (inkl. enkeltmodstande) ikke overstiger det disponible tryktab.

Udtryk for beregning af ventetid

Max-hastigheder i kobberrør

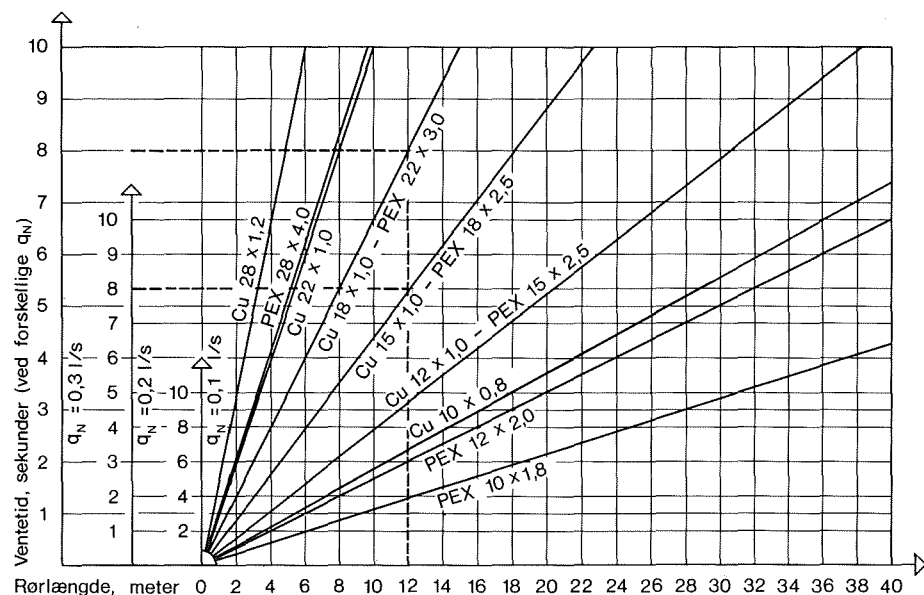


Fig. 7.1. Ventetider ved brug af kobberør og PEX-rør i afhængighed af rørlængde og normalvandstrøm. Konstrueret ud fra (7.3).

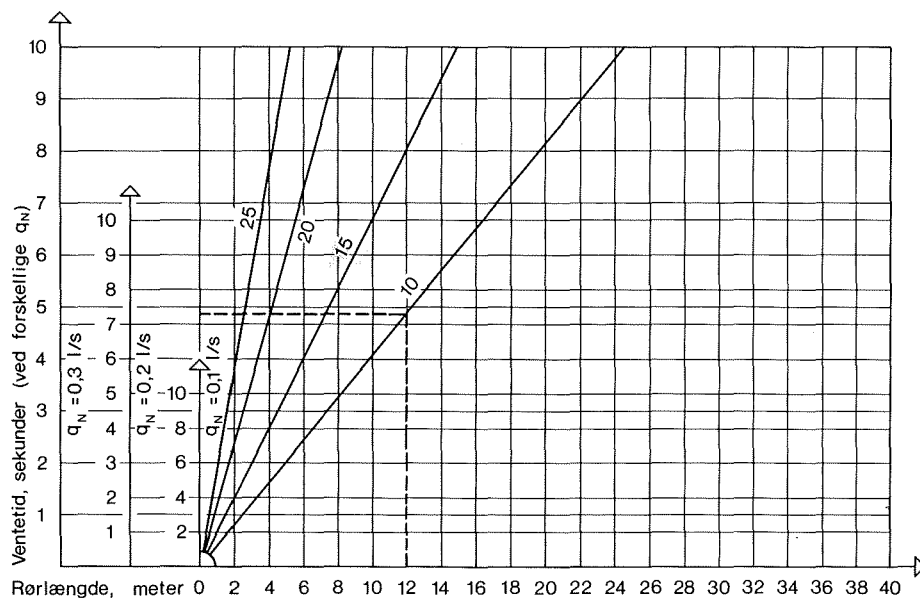


Fig. 7.2. Ventetider ved brug af varmforzinkede stålør i afhængighed af rørlængde og normalvandstrøm. Konstrueret ud fra (7.3). Betegnelser på kurverne er nominelle diametre.

Eksempel 7.2. Enfamiliehus. Vurdering af behovet for cirkulation

I et enfamiliehus er der projekteret den i fig. 7.3 viste installation for varmt brugsvand. Det skal undersøges, om normens vejledning om max. 10 sekunders ventetid nødvendiggør udførelse af cirkulationsledning. Ved beregning af ventetiden anvendes diagrammet i fig. 7.2 for hver enkelt ledningsstrækning.

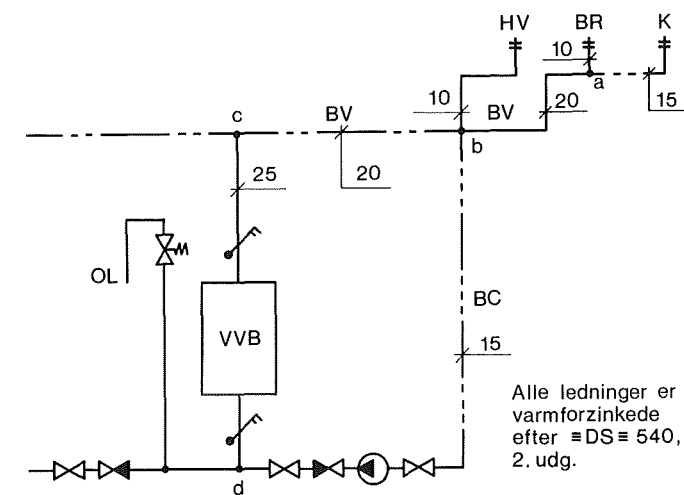


Fig. 7.3. Diagram over varmtvandsinstallation i enfamiliehus. Eksempel 7.2. I eksemplet undersøges, om det er nødvendigt at anvende cirkulation. I eksempel 7.4 er vist en beregning af cirkulationen.

Beregning af ventetid ved tapping til kar ($q_n = 0,3 \text{ l/s}$):

Ledningsstrækning	Ledningslængde m	Nominel diameter mm	Ventetid for $q_n = 0,3 \text{ l/s}$ s
Kar-a	0,7	15	1
a-b	1	20	1
b-c	5	20	6
c-VVB	1	25	2
Samlet ventetid	$t =$		10

Ventetid ved tapning fra bruser

På samme måde beregnes ventetiden, når der tappes ved bruser ($q_n = 0,2$ l/s):

Lednings-strækning	Lednings-længde m	Nominel diameter mm	Ventetid for $q_n = 0,2$ l/s s
BR-a	0,3	10	=0
a-b	1	20	2
b-c	5	20	9
c-VVB	1	25	3
Samlet ventetid	$t =$		14

Ventetid ved tapning ved håndvask

For tapning ved håndvask ($q_n = 0,1$ l/s) fås:

Lednings-strækning	Lednings-længde m	Nominel diameter mm	Ventetid for $q_n = 0,1$ l/s s
HV-b	1	10	1
b-c	5	20	> 18
c-VVB	1	25	5
Samlet ventetid	$t =$		> 24

Vurdering af vandspild

Beregningerne viser således, at ventetiderne for tapning ved bruser og håndvask er for lange, og at der derfor bør udføres cirkulationsledning.

I henhold til normens vejledningstekst er begrænsningen af ventetiden baseret på et ønske om at gøre vandspildet ved tapning af for koldt vand rimeligt lille. Vandspildet ved de tre forskellige tapninger kan beregnes i følgende skema:

Vandindhold i rørstrækninger

Lednings-strækning	Lednings-længde m	Nominel diameter mm	Vand-indhold*) l/m	Vand-indhold l
VVB-c	1	25	0,581	0,58
c-b	5	20	0,366	1,83
b-a	1	20	0,366	0,37
a-Kar	0,7	15	0,201	0,14
a-BR	0,3	10	0,123	0,04
b-HV	1	10	0,123	0,12

*) Vandindholdet pr. meter rør fremgår af fig. 7.5.

Vandspildet bliver ved tapning fra de forskellige tapsteder

Kar: $0,58 + 1,83 + 0,37 + 0,14 = 2,92$ l

Bruser: $0,58 + 1,83 + 0,37 + 0,04 = 2,82$ l

HV: $0,58 + 1,83 + 0,12 = 2,53$ l

Valg af cirkulationsledning

Hvis disse størrelser for vandspild skal kunne udnyttes ved placering af en cirkulationsledning, kan følgende ræsonnement anvendes. I almindelighed vil det være sådan, at badeinstallationerne vil blive benyttet sjældnere end installationen for håndvasken, og da vandspildet stort set er det samme ved de tre tapninger, vil den rimeligste løsning være, at en eventuel cirkulationsledning føres fra pkt. b til varmtvandsbeholderen.

Eksempel 7.3. Ventetider i et anlæg med fordelerrør

I et enfamiliehus er der projekteret den i fig. 7.4 viste installation for varmt vand. Ventetiderne for tapning fra de tre tapsteder ønskes beregnet. Der regnes med, at strækning a-VVB = b-VVB = 1 m. Ved beregning af ventetid anvendes diagrammet i fig. 7.2 for hver enkelt ledningsstrækning. Der er anvendt kobberør.

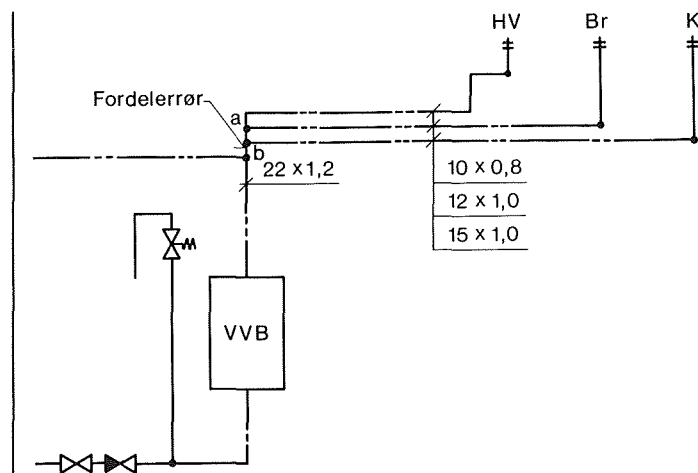


Fig. 7.4. Diagram af varmtvandsinstallation til enfamiliehus, eksempel 7.3. Installation med fordelerrør.

Ventetid ved
tapning til kar

For ventetiden ved tapning til kar kan beregnes:

Lednings- strækning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Ventetid $q_n = 0,3$ l/s s
Kar-b	6,7	15 × 1,0	3
b-VVB	1	22 × 1,0	1
Samlet ventetid	$t =$		4

Ventetid ved
tapning fra
bruser

For tapning fra bruser fås:

Lednings- strækning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Ventetid $q_n = 0,2$ l/s s
BR-a	6,3	12 × 1,0	3
a-VVB	1	22 × 1,0	1
Samlet ventetid	$t =$		4

Ventetid ved
tapning til
håndvask

og for tapning ved håndvask:

Lednings- strækning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Ventetid $q_n = 0,1$ l/s s
HV-a	7	10 × 0,8	4
a-VVB	1	22 × 1,0	3
Samlet ventetid	$t =$		7

Denne installation giver således tilfredsstillende ventetider.

Vandspildet ved de tre forskellige tapninger kan beregnes i følgende skema:

Vandindhold i
rørstrækninger

Lednings- strækning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Vand- indhold*) l/m	Vand- indhold l
VVB-a	1	22 × 1,0	0,314	0,31
b-kar	6,7	15 × 1,0	0,133	0,89
a-BR	6,3	12 × 1,0	0,079	0,50
a-HV	7	10 × 0,8	0,055	0,39

*) Vandindholdet pr. meter rør fremgår af fig. 7.5.

Varmforzinkede stålrør (DS 540)

nominel diameter, mm	10	15	20	25	32	40	50
Vandindhold i l pr. meter rør	0,123	0,201	0,366	0,581	1,01	1,37	2,21

Kobberrør, Udv. diameter

× godstykkelse, mm	10 × 0,8	12 × 1,0	15 × 1,0	18 × 1,0	22 × 1,0	28 × 1,2	35 × 1,5	42 × 1,5	54 × 1,5
Vandindhold i l pr. meter rør	0,055	0,079	0,133	0,201	0,314	0,515	0,804	1,20	2,04

PEX-rør, Udvendig diameter

× godstykkelse, mm	10 × 1,8	12 × 2,0	15 × 2,5	18 × 2,5	22 × 2,0	28 × 4,0
Vandindhold i l pr. meter rør	0,032	0,050	0,079	0,133	0,201	0,314

Fig. 7.5. Tabel over vandindhold pr. meter rør for forskellige rørdiameter. Anvendes i forbindelse med beregning af vandspild ved aftapning fra varmtvandsinstallation.

Vandspildet bliver ved tapning fra de forskellige tapsteder:

Kar: $0,31 + 0,89 = 1,20$ l

Bruser: $0,30 + 0,50 = 0,80$ l

HV: $0,30 + 0,39 = 0,69$ l

Muligheder for anlæg uden cirkulation

De to gennemregnede eksempler 7.2 og 7.3 viser de veje, man kan gå, hvis man vil udføre et anlæg uden cirkulationsledning.

Der er i eksempel 7.2 tale om et traditionelt anlæg, hvor der er fremført en fordelingsledning, hvortil koblingsledningerne sluttet. I eksempel 7.3 er behandlet en anden anlægstype, hvor der umiddelbart ved varmtvandsbeholderen er anbragt et såkaldt fordelerrør, og fra dette er der ført koblingsledninger ud til tapstederne.

Eksemplerne viser, at det ofte er lettere at udføre et fordelerrørsanlæg uden cirkulation, end det er tilfældet for et traditionelt anlæg. Beregningerne viser, at ventetider og vandspild er klart gunstigst i installationen i eks. 7.3. En ulempe ved denne installation er, at tryktabene ved tapning er relativt store. Der er dog normalt så rigeligt tryk til rådighed, at der kan udføres op til 30–40 m lange ledninger uden cirkulation og uden at ventetiden bliver større end de 10 sekunder, se fig. 7.1 og 7.2.

Anlæg med cirkulation

Normens krav om undgåelse af uønskede temperaturfald opfyldes med størst sikkerhed såfremt installationen for varmt vand udføres med cirkulation gennem vandvarmeren. Ved etablering af cirkulationssystemet kan man opnå, at afkølingen af det varme vand holdes inden for visse grænser, og at det varme vand med korte ventetider er fremme ved tapstedet med en tilfredsstillende temperatur.

Vandets afkøling

Afkølingen af det strømmende varme vand skyldes varmetabet fra vandet til omgivelserne, der i almindelighed har en

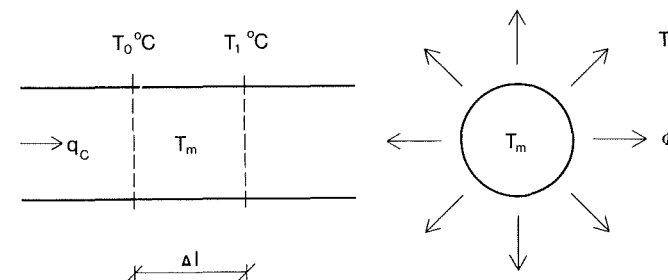


Fig. 7.6. Afkøling af vandet langs en rørstrækning. Symboler anvendt ved udledning af formel for afkøling, (7.5).

lavere temperatur end vandet. Varmetabet fra en ledningsstrækning med længde Δl (se fig. 7.6) kan beregnes af:

$$\Phi = k \cdot (T_m - T_r) \cdot \Delta l \quad (7.4)$$

hvor Φ er varmetabet, W.

k varmetabet pr. meter rør $W/(m \cdot ^\circ C)$. k afhænger bl.a. af rørmateriale og -dimension og isoleringsmateriale og -tykkelse. k kaldes ofte for rørtransmissionstallet.

T_m vandets middeltemperatur, $^\circ C$

T_r omgivelsernes temperatur, $^\circ C$

Den varme, som tabes fra røret, bevirker en afkøling af vandstrømmen. Afkølingen er givet ved:

$$\Delta T = T_0 - T_1 = \frac{\Phi}{q_C \cdot \rho \cdot c} \quad (7.5)$$

hvor ΔT er afkølingen, $^\circ C$

Φ varmetabet, W

q_C den cirkulerende vandstrøm, l/s

ρ vandets massefylde, kg/l

c vandets varmekapacitet i $J/(kg \cdot ^\circ C)$

Indsættes her

$$\rho = 1 \text{ kg/l}$$

$$c = 4200 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ C)$$

fås afkølingen i $^\circ C$ som funktion af varmetab og vandstrøm.

Afkøling som funktion af vandstrøm og varmetab

$$\Delta T = \frac{\Phi}{4200 \cdot q_C} \quad (7.6)$$

hvor q er angivet i l/s. Hvis vandstrømmen angives i l/h, q'_C , fås:

$$\Delta T = \frac{\Phi}{1,16 \cdot q'_C} \quad (7.7)$$

Φ fås af (7.4).

Det fremgår af (7.6) og (7.7), at afkølingen er omvendt proportional med den cirkulerende vandstrøm. I en given installation kan man derfor nedsætte afkølingen ved at øge den cirkulerende vandstrøm.

Omgivelsernes temperatur

I udtrykket for rørets varmetab (7.4) indgår omgivelsernes temperatur, T_i . Denne temperatur må skønnes i hvert enkelt tilfælde. Som vejledende værdier angives:

I bygninger:

Opvarmede rum	18–22 °C	
Uopvarmede kældre	10–15 °C	
Udluftede tagrum	–5/+5 °C	
Varmecentraler	25–30 °C	(7.8)
Krybekældre	0 °C	
Ingeniørgange	20–25 °C	
Rørskakte	30–35 °C	

I jord:

Afhængigt af jordart og jorddækningens højde	0– 8 °C
--	---------

Vandets middeltemperatur

Ved beregning af varmetabet er det nødvendigt at kende vandets middeltemperatur, som også indgår i udtryk (7.4). I princippet kan denne ikke bestemmes, før installationen er fastlagt og den cirkulerende vandstrøm (q_C) kendes for alle ledningsstrækninger. Ved beregning af varmetabet vil det dog i almindelighed være tilstrækkeligt at regne med samme middelvandtemperatur (T_m) for alle ledninger i en given installation, og et rimeligt skøn vil da være at regne T_m som den laveste acceptable temperatur ved tapstederne.

I anlæg, hvor det varme vand primært skal bruges til al-

mindeligt husholdningsforbrug, (personlig hygiejne, vask og rengøring) regnes normalt med $T_m = 50$ °C ved beregning af varmetabet. (Se iøvrigt side 7.2).

Beregning af cirkulerende vandstrøm

Når varmetabet Φ er bestemt, og den tilladelige afkøling ΔT er fastsat, kan den cirkulerende vandstrøm q_C findes ud fra (7.6) til

$$q_C = \frac{\Phi}{\Delta T \cdot 4200} \quad (7.9)$$

hvor q_C fås i l/s, når Φ er angivet i W. Hvis vandstrømmen ønskes angivet i l/h, bliver udtrykket

$$q'_C = \frac{\Phi}{\Delta T \cdot 1,16} \quad (7.10)$$

I kap. 16, Isolering, er beskrevet hvorledes varmetabet kan beregnes. Ved overslagsberegningen kan fig. 16.4 anvendes.

Cirkulationsformer

Cirkulationen kan etableres ved

naturlig cirkulation, eller pumpecirkulation.

Naturlig cirkulation

Tidligere anvendtes ofte naturlig cirkulation, dvs. at cirkulationen bliver drevet af vægtfyldeforskellen mellem det kolde og det varme vand. Systemet anvendes nu kun enkelte steder og skal ikke omtales nærmere.

Pumpe-cirkulation

I nyere installationer anvendes så godt som altid pumpecirkulation. Pumpen monteres normalt i cirkulationsledningen f.eks. som vist på fig. 7.3.

Pumpens vandstrøm

Dimensionering af pumpe

Pumpens ydelse skal mindst være den cirkulerende vandstrøm q_C .

Trykforøgelsen i pumpen

For at bestemme den nødvendige trykforøgelse i pumpen skal der gennemføres en tryktabsberegning for cirkulations-

Pumpe-
karakteristik

systemet. Beregningen gennemføres for både fremløbsledningen (med de dimensioner der er bestemt ved dimensionering som angivet i kap. 5) og cirkulationsledningen.

Når vandstrøm og trykforøgelse er bestemt kan pumpen vælges ud fra pumpekarakteristikken fra producenternes kataloger.

Hastigheder i rørene

I cirkulationssystemer udført af kobberør er det meget vigtigt at strømningshastigheden ikke overskrider de i fig. 5.9 anførte maksimale hastigheder, og ved dimensioneringen bør der ikke regnes med hastigheder større end 1,0–1,2 m/s.

I installationer udført af varmforzinkede stålør, og hvor man med et elektrolyseanlæg ønsker at begrænse risikoen for korrosion i ledningerne, bør hastigheden i cirkulationsledningen beregnet for q_C (den cirkulerende vandstrøm) være mindst 0,2–0,3 m/s.

Indregulering af cirkulationssystemet

Et cirkulationssystem skal indreguleres, således at man opnår den fastsatte afkøling for alle kredse. Ligesom det er tilfældet for varmeanlæg, kan indreguleringen ske på grundlag af en tryktabsberegning eller ved at måle afkølinger og prøve sig frem gennem indstilling af strengventiler eller andre modstande. Man kan benytte nogle af de metoder, der anvendes til indregulering af varmeanlæg, se SBI-rapport 111, [7.1].

Følger af
manglende
indregulering

Meget ofte forsømmes indreguleringen i praksis med det resultat, at de strenge, som er nærmest pumpen, får en meget kraftig cirkulation, mens cirkulationen i de fjernere strenge er forsvindende. Det er klart, at dette giver en for lang ventetid for sidstnævnte, men herudover vil der ved den kraftige – ukontrollerede – cirkulation være risiko for korrosion, hvor der anvendes kobberør, og ved den svage cirkulation kan hastigheden blive så lille, at evt. elektrolyseanlæg ikke fungerer. Erfaringsmæssigt er reguleringsventiler og -teer udsat for en tilkalkning, der kan forstyrre indreguleringen, og de bør derfor renses med mellemrum.

Cirkulationssystemer med en enkelt kreds

I systemer, der kun består af en enkelt kreds som f.eks. vist i fig. 7.3, kan der vælges en pumpe med variabel ydelse og/eller der kan indskydes en reguleringsventil i cirkulationssystemet. Systemet indreguleres således, at afkølingen bliver den ved dimensioneringen forudsatte, og der bør således monteres termometre i såvel fremløbs- som i returledningen (se fig. 7.3).

Eksempel 7.4. Beregning af cirkulationssystem

Cirkulationssystemet i den i fig. 7.3 viste installation skal dimensioneres. Ledningerne isoleres i henhold til DIF's ABI og varmetabene kan tages fra fig. 16.4. Omgivelsernes temperatur er 20 °C.

Varmetabene kan beregnes som vist i følgende skema.

Beregning af
varmetab

Pkt.	Stræk- ning	Lednings- længde m	Lednings- diameter mm	Varmetab pr. m W/m	Varmetab i alt W
VVB					
c	VVB-c	0,5	25	7	3,5
	c-b	10	20	8	80
	b-d	10	15	7	70
d	d-VVB	0,4	25	7	2,8
VVB					
Varmetab i alt					156,3

Beregning af
vandstrøm

Fremløbstemperaturen fra varmtvandsbeholderen er 55 °C. Den laveste tilladelige temperatur i pkt. b sættes til 50 °C, og den nødvendige cirkulerende vandstrøm bliver da

$$q_C = \frac{80 + 3,5}{(55 - 50) \cdot 4200} = 0,0040 \text{ l/s}$$

eller $q'_C = 14,3 \text{ l/h}$ (7.11)

Den samlede afkøling i hele kredsen bliver således

$$\Delta T = \frac{156,3}{4200 \cdot 0,0040} = 9,3 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (7.12)$$

Denne størrelse har imidlertid ingen betydning for beregningen, da kun afkølingen frem til pkt. b har betydning.

Der udføres dernæst en tryktabsberegning for cirkulationskredsen.

Tryktabs-
beregning

Pkt.	Stræk- ning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Vand- strøm l/s	Tryktab
VVB					
	VVB-c	0,5	25	0,004	~0
c	c-b	10	20	0,004	~0
b	b-d	10	15	0,004	~0
d	d-VVB	0,4	25	0,004	~0
VVB					

Indregulering

Ved anvendelse af tryktabsnomogrammet i kap. 4 ses, at tryktabene i samtlige lige strækninger er så lille, at de kan betragtes som værende 0. Det samme gælder de faste enkeltmodstande, og den eneste modstand i kredsen, der betyder noget er således reguleringsventilen. For at begrænse vandstrømmen er det således absolut nødvendigt at montere en reguleringsventil i cirkulationskredsen. Reguleringsventilen skal indstilles til et tryktab, der er lig med pumpens trykforøgelse ved $q_C = 0,004$ l/s. Såfremt der ikke monteres en reguleringsventil vil man selv med en af de mindste pumper få en cirkulerende vandstrøm på mindst 0,1 l/s svarende til en afkøling på

$$\Delta T = \frac{156,3}{0,1 \cdot 4200} = 0,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (7.13)$$

Cirkulationssystemer med flere kredse

I cirkulationssystemer med flere kredse er det nødvendigt at foretage en indregulering, og alle enkeltkredsene bør derfor forsynes med reguleringsventiler.

Beregning af et cirkulationssystem er ret omstændelig, og der skal ofte flere gennemregninger til, før man har nået et tilfredsstillende resultat. Der er da også udviklet flere edb-programmer til løsning af opgaven. Et tilfredsstillende resultat kan man normalt opnå, såfremt der benyttes følgende fremgangsmåde:

1. Cirkulationsledningernes dimensioner skønnes. Disse skal normalt være mindst 2-3 rørdimensioner mindre end de tilsvarende fremløbsledninger. Selv i ret store installationer vil det kun sjældent være nødvendigt at anvende større dimensioner end 15-25 mm.
2. Varmetabet på de enkelte ledningsstrækninger bestemmes.
3. Den samlede cirkulerende vandstrøm q_C bestemmes ud fra udtryk (7.9).
4. Den cirkulerende vandstrøm fordeles skønmæssigt i systemet. Den enkelte ledning tildeles en vandstrøm, der er proportional med varmetabet i ledningen.
5. Ud fra denne fordeling i systemet beregnes temperaturerne i de enkelte punkter, og der foretages evt. en omfordeling af vandstrømmene.
6. Der udføres en tryktabsberegning, og som et led i denne bestemmes de ønskede modstande i reguleringsventilerne.
7. I kobberrørsinstallationer kontrolleres det, at strømningshastigheden intet steds overstiger den tilladelige, jf. kap. 5.

Det kan evt. være nødvendigt at gennemføre flere beregninger.

Eksempler på cirkulationssystemer

I fig. 7.7 er der skitseret tre karakteristiske eksempler på, hvorledes man i praksis kan udføre et cirkulationssystem. Til de tre eksempler kan knyttes nogle kommentarer:

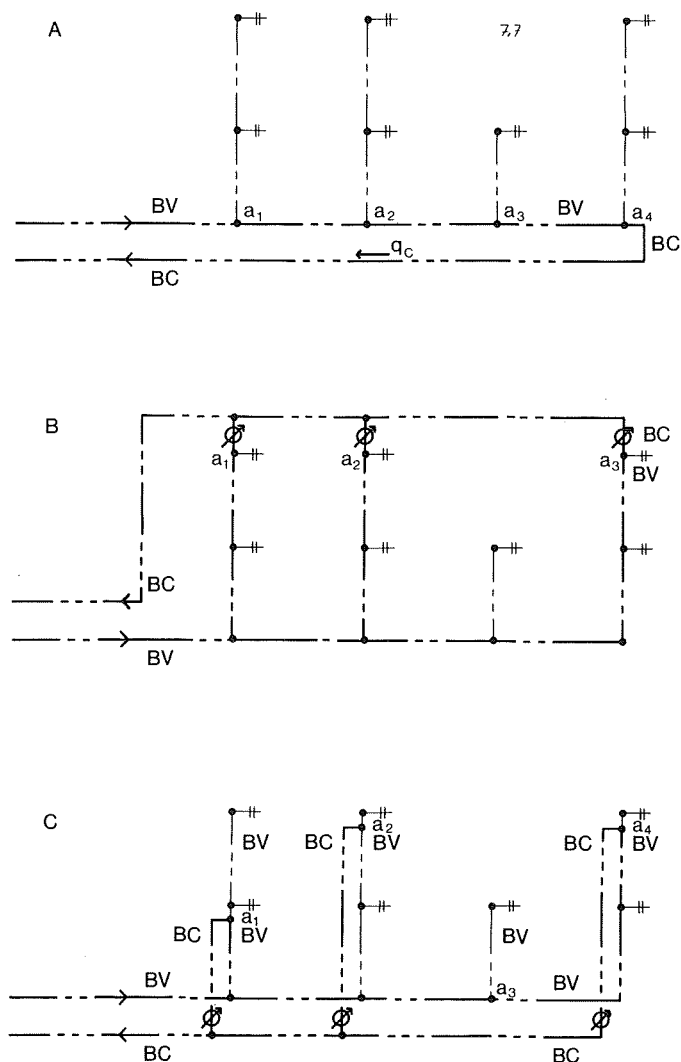


Fig. 7.7. Eksempler på cirkulationssystemer. Systemerne er kommenteret på side 183.

Cirkulation i hovedfremløbsledning alene

Skitse A viser et system, hvor man kun lader hovedfremløbsledningen indgå i cirkulationssystemet. Det er en betingelse for anvendelsen af systemet, at

den cirkulerende vandstrøm er så stor, at temperaturerne i pkt. a_1 - a_4 mindst er den lavest acceptable for de tapsteder, der forsynes fra det pågældende punkt, og at ventetiden ved tapning ikke overstiger 10 sekunder. Ventetiden beregnes som tømningstiden ved normalvandstrømmene for de lodrette ledninger, der udgår fra pkt. a_1 , a_2 ... eller a_4 .

Det skitserede system er et typisk sparesystem, der er billigt i anlæg, og da det er et system med én cirkulationskreds, er det let at indregulere. Systemet er også velegnet i forbindelse med et fordelerrørsarrangement. Fordelerrørene monteres umiddelbart ved punkterne a_1 ... a_4 og herfra trækkes koblingsledningen til hvert enkelt tapsted. Systemet anvendes en del i Sverige.

Systemet, der er vist på skitse B, er en udbygning af system A (se ovenfor) og anvendes, hvor system A vil medføre for lange ventetider, eller hvor man af komfortmæssige årsager vil reducere ventetiderne.

Systemet har flere kredse og kræver derfor en indregulering, dels for at sikre passende temperaturer i punkterne a_1 ... a_4 , og dels for at sikre mod »kortslutning«, der i kobber-rørsinstallationer kan medføre utilladeligt store strømningshastigheder. Indreguleringsmæssigt kan det være en fordel at udføre cirkulationsledningen som en »vendt retur«.

Systemet, der er vist på skitse C, inddrager praktisk talt alle fordelingsledninger i cirkulationssystemet. Herved opnås meget små ventetider. Systemet har flere kredse og vedrørende indregulering gælder, hvad der er anført for system B.

Såfremt cirkulationsledningen placeres i et uisoleret tagrum eller lignende sted, vil der være risiko for frostsprængninger, såfremt cirkulationspumpen ikke er i drift. Ved anlæg med store rørdimensioner reduceres risikoen dog på grund af muligheden for naturlig cirkulation.

Cirkulation i alle strenge

Cirkulation i alle fordelingsledninger

Forenklede beregninger

En helt gennemført beregning, hvor temperaturforløbet langs hver rørstrækning fastlægges, vil kun i sjældne tilfælde være påkrævet. Den helt nøjagtige værdi af ventetid og tappetemperatur er der normalt ingen behov for. Det vil derfor være mest hensigtsmæssigt at foretage en virkelig gennemførelse af en forenklet beregning.

I det følgende er der opstillet nogle forenklede betragtninger, der kan gøre dimensioneringen af cirkulationssystemer simple. Det skal bemærkes, at der ved den forenklede metode ikke kan foretages en fuldstændig korrekt indregulering på basis af beregnede modstande og afkølinger i systemer med flere kredse. Indreguleringer kan derfor kun foretages ved forsøg. Man bør i kobberrørsinstallationer under alle omstændigheder sikre sig, at strømningshastighederne i kobberrør ikke overstiger de tilladelige. Det kan f.eks. ske ved anvendelse af strengventiler, der muliggør en måling af tryktabet over ventilen, og derigennem af vandstrømmen. Et hensigtsmæssigt pumpevalg giver også en vis sikkerhed.

Forudsætninger for forenklede beregninger

Hvis ledningerne opfylder følgende forudsætninger, nemlig

- at de er isoleret efter DIF's »Almindelige betingelser for isolering af tekniske installationer«, kaldet ABI.
- at ledningsdimensionerne ikke overstiger 50 mm,
- at ledningerne er placeret i rum med en rumtemperatur på mere end 10 °C, og
- at vandtemperaturen er 45–60 °C,

kan man med god tilnærmelse regne med at varmetabet er

$$\Phi = 12 \text{ W pr. meter ledning} \quad (7.14)$$

Temperaturfald

Temperaturfaldet fra anlægget for varmtvandsproduktion og ud til installationens fjerneste koblingspunkt kan sættes til

$$\Delta T = 5 \text{ °C} \quad (7.15)$$

hvilket f.eks. i en boliginstallation svarer til en afgangstemperatur fra varmtvandsbeholder på ca. 50 °C og en temperatur ved tapstederne på min. 45 °C.

Cirkulerende vandstrøm

Under ovenstående forudsætninger kan den cirkulerende vandstrøm q_C , dvs. den vandstrøm, der netop sikrer, at temperaturfaldet er 5 °C, ved hjælp af (7.9) og (7.10) beregnes som

$$q_C = \frac{12}{5 \cdot 1,16} = \text{ca. } 2 \cdot L, \text{ l/h, eller} \quad (7.16)$$

$$q_C = \text{ca. } 0,00057 \cdot L, \text{ l/s}$$

hvor L er summen af længderne ($L_{F1}, L_{F2} \dots$) af alle de ledninger i cirkulationssystemet, der fører vand til tapsteder, se fig. 7.8 og 7.9.

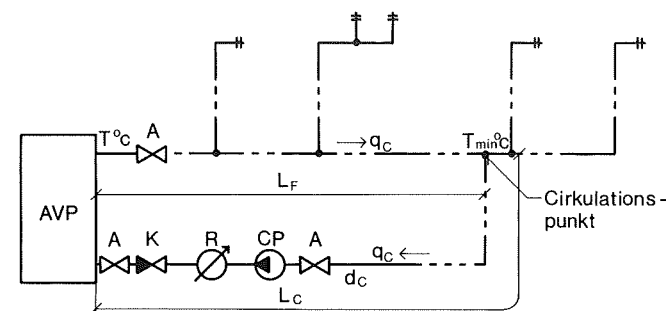


Fig. 7.8. Principskitse af cirkulationssystem med én kreds

- AVP anlæg for varmtvandsproduktion (f.eks. varmtvandsbeholder)
- L_F længde (m) af fremløbsledning regnet fra AVP til cirkulationspunkt
- L_C længde (m) af cirkulationsledning regnet fra cirkulationspunkt til AVP
- K kontraventil
- A afspærringsventil
- R reguleringsventil
- CP cirkulationspumpe
- d_C cirkulationslednings dimension
- T temperaturen på det varme vand ved afgang fra AVP
- T_{min} laveste tilladte temperatur i cirkulationspunktet
- q_C cirkulerende vandstrøm i l/h

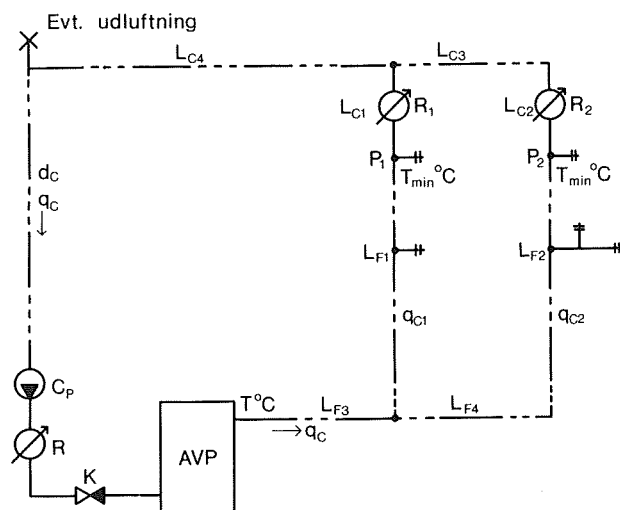


Fig. 7.9. Principskitse af cirkulationssystem med to kredse.

- AVP anlæg for varmtvandsproduktion (f.eks. varmtvandsbeholder)
 L_F summen ($L_{F1} + L_{F2} + L_{F3} + L_{F4}$) af længderne af fremløbsledninger regnet fra AVP til cirkulationspunkterne
 L_C længden af cirkulationsledning fra fjerneste cirkulationspunkt til AVP ($L_{C2} + L_{C3} + L_{C4}$)
 K kontraventil
 R reguleringsventil på hovedkreds
 R_1 og R_2 reguleringsventil på de enkelte kredse
 q_C cirkulerende vandstrøm

Tryktab i cirkulationssystemet

Tryktab i frem-
løbsledning

Den vandstrøm q_C , der skal til for at opnå tilfredsstillende temperaturforhold i et cirkulationssystem, er meget lille i forhold til f.eks. normalvandstrømmen til en håndvask. Dette medfører, at tryktabene for den cirkulerende vandstrøm q_C i de ledninger (fremløbsledningerne), der under tapning fører vand ud til tapstederne, er så små at der kan ses bort fra dem.

Herudover er der tryktabene i cirkulationsledningen og de armaturer mv., der er placeret i denne. Disse armaturer er primært eventuelle reguleringsventiler samt kontraventiler, der altid skal placeres i cirkulationsledningen for at sikre rigtig strømretning under tapning.

Kontraventil

Tryktabet i kontraventiler afhænger af ventilens konstruktion og størrelse, og det skal bemærkes, at man i de fleste tilfælde ikke kender (eller har målt) tryktabet i kontraventiler ved de meget små vandstrømme, der her er tale om. For fjederbelastede kontraventiler kan man dog regne med det såkaldte løftningstryk, dvs. det tryk, der skal til for at åbne ventilen. Ved de følgende beregninger er løftningstrykket sat til

$$\Delta p_K = 5 \text{ kPa} \quad (7.17)$$

hvilket svarer til ca. 0,5 mVS. De forskellige ventiltyper kan imidlertid have forskellige løftetryk. Der henvises til fabrikanterne.

Reguleringsventil

Tryktabet i reguleringsventilerne afhænger også af konstruktion og størrelse. Ved de følgende beregninger bestemmes det nødvendige tryktab Δp_R i eventuelle reguleringsventiler således, at vandstrømmen gennem dem ikke overstiger den der er nødvendig for at sikre T_{min} ved tapstederne.

Tryktab i cirkulationsledning

Tryktabet i cirkulationsledningen afhænger af den cirkulerende vandstrøm q_C og af ledningens dimension og længde samt af de aktuelle enkeltmodstande. I de følgende beregninger regnes tryktabet i enkeltmodstande til 25% af tryktabet Δp_C i de lige rør.

Dimensionering af pumpe

Pumpen dimensioneres på grundlag af en pumpekaraktistik. Dertil må kendes

q_p den nødvendige vandstrøm fra pumpen, og

Δp_p den nødvendige trykforøgelse over pumpen.

Vandstrøm

Pumpen skal yde den tidligere beregnede cirkulerende vandstrøm q_C

$$q_p = q_C = 2 \cdot L \cdot l/h \quad (7.18)$$

se udtryk (7.16). Trykforøgelsen skal mindst være

Trykforøgelse

$$\Delta p_p = 1,25 \cdot \Delta p_C + 5 \text{ kPa} \quad (7.19)$$

hvor Δp_C er tryktabet i de lige strækninger i cirkulationsledningen.

Såfremt den valgte pumpe har for stor en ydelse, optages det overskydende trykfald, Δp_R , i reguleringsventilen. Hvis pumpen ved vandstrømmen q_C kan præstere en trykforøgelse på $\Delta p_{faktisk}$, så findes

$$\Delta p_R = \Delta p_{faktisk} - 1,25 \cdot \Delta p_C - 5 \text{ kPa} \quad (7.20)$$

Ventilen bør kunne indstilles til et givet trykfald ud fra en forindstillingskurve el. lign.

Cirkulationssystemer af kobberør

Ved dimensioneringen af cirkulationssystemer, hvori der indgår kobberør, bør man sørge for, at strømningshastigheden af hensyn til turbulenskorrosion ikke overstiger de i fig. 5.9 anførte grænsehastigheder. Det vil derfor specielt her være nødvendigt at installere en reguleringsventil, da cirkulationspumperne normalt har en større ydelse end krævet af hensyn til afkølingen.

Cirkulationssystemer af andre materialer

Hvis der ikke anvendes kobberør i cirkulationssystemet, er der i princippet ingen overgrænse for strømningshastigheden. Man bør dog tænke på energiforbruget til pumpen. I installationer, hvor der er installeret et elektrolyse-anlæg for at korrosionsbeskytte ledningerne, bør strømningshastigheden dog være mindst ca. 0,2–0,3 m/s i cirkulationsledningen.

Man bør være opmærksom på, at dette krav let fører til langt større vandstrømme end nødvendigt for afkølingen, og man bør derfor holde dimensionerne ret små.

Dimensionering af system med én kreds

I det tilfælde, hvor cirkulationsledningens længde med tilnærmelse er lig fremløbsledningens, kan pumpens nødvendige ydelse bestemmes af fig. 7.10. I andre tilfælde anvendes følgende fremgangsmåde:

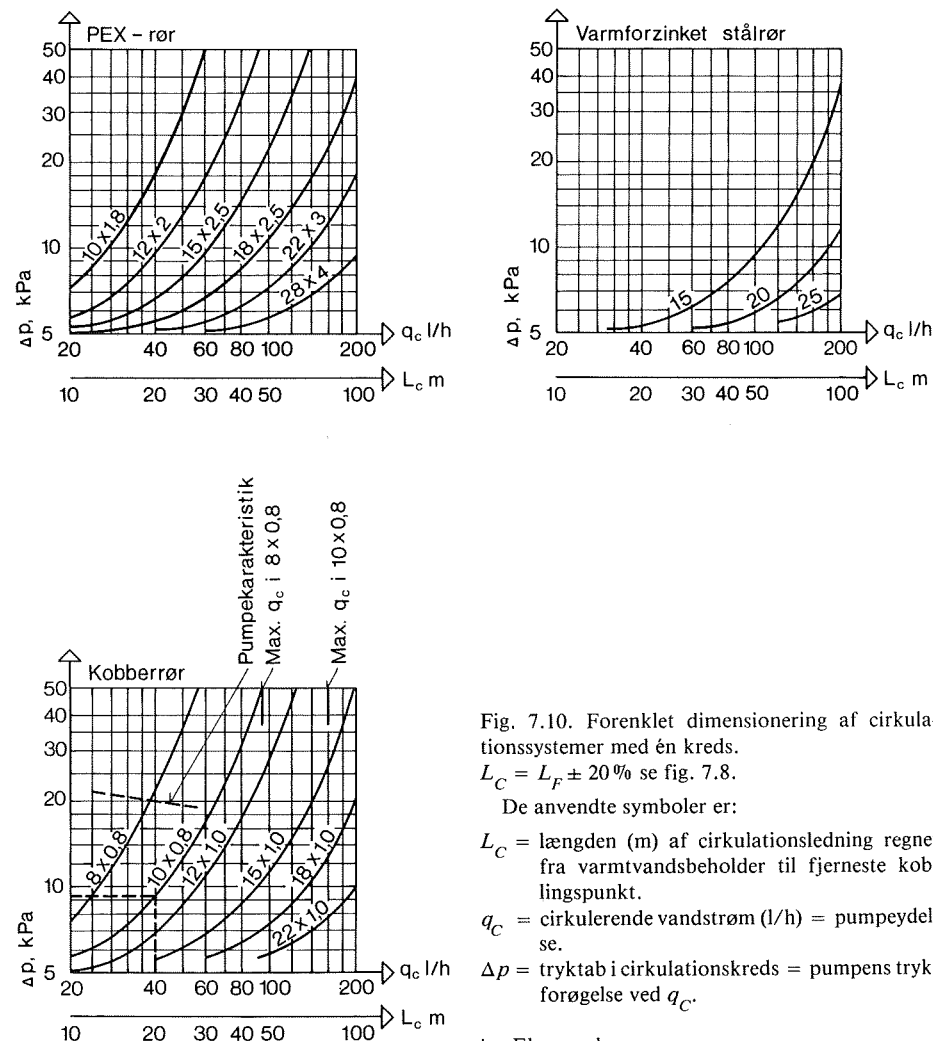


Fig. 7.10. Forenklet dimensionering af cirkulationssystemer med én kreds.

$L_C = L_F \pm 20\%$ se fig. 7.8.

De anvendte symboler er:

L_C = længden (m) af cirkulationsledning regnet fra varmtvandsbeholder til fjerneste koblingspunkt.

q_C = cirkulerende vandstrøm (l/h) = pumpeydelse.

Δp = tryktab i cirkulationskreds = pumpens trykforøgelse ved q_C .

Eksempel:

I et familiehuse haves $L_F = L_C = 20$ m

$q_C = 2 \cdot 20 = 40$ l/h.

Cirkulationsledningens dimension vælges til 10x0,8 mm kobberør.

Δp = pumpens trykforøgelse = 9,25 kPa

Der vælges en pumpe, der ved et tryk på 20 kPa (2 mVS) yder 40 l/h, pumpens karakteristik er indtegnet.

Der bør monteres en reguleringsventil, der ved en vandstrøm på 40 l/h, skal have en modstand på $20 - 9,25 = 10,75$ kPa ($\sim 1,1$ mVS).

1. Bestemmelse af cirkulerende vandstrøm q_C

$$q_C = 2 \cdot L \text{ liter pr. time} = \text{nødv. pumpevandstrøm} \quad (7.20)$$

hvor L er længden af fremløbsledning fra varmtvandsbeholder til cirkulationspunkt.

2. Bestemmelse af tryktab i cirkulationskreds

L_C , længden af cirkulationsledning fra cirkulationspunkt til varmtvandsbeholder, bestemmes.

Cirkulationsledningens dimension, d_C , vælges.

Med d_C og q_C som indgangsværdier bestemmes R , tryktabet pr. meter ledning af cirkulationsledningen ved hjælp af nomogrammerne i kap. 4. Tryktabet i cirkulationsledningen excl. enkeltmodstande er da

$$\Delta p_C = R \cdot L_C \quad (7.21)$$

3. Bestemmelse af nødvendig trykforøgelse i pumpen
Den nødvendige trykforøgelse er

$$\Delta p = 1,25 \cdot \Delta p_C + 5 \text{ kPa} \quad (7.22)$$

De 5 kPa svarer til tryktabet (løftningstrykket) i en fjederbelastet kontraventil. Løftningstrykket bør dog søges nøjere oplyst, og den rigtige værdi indsættes.

4. Valg af pumpe

Pumpen vælges ud fra pumpekarakteristik. Ved aflæsning på pumpekarakteristik ud for q_C fås som regel en trykforøgelse $\Delta p_{faktisk}$, der er for stor.

5. Valg og indstilling af reguleringsventil

Ventilen vælges og indstilles til at optage trykfaldet

$$\Delta p_R = \Delta p_{faktisk} - \Delta p \quad (7.23)$$

Dimensionering af system med flere kredse

Korrekt dimensionering af systemer med flere kredse er tidsrøvende, men for systemer af begrænset udstrækning kan det normalt forsvares at anvende følgende forenklede metode, der i det følgende er beskrevet for et system med 2 kredse, se fig. 7.9.

1. Bestemmelse af den cirkulerende vandstrøm

$$p_C = 2 \cdot L_F = 2 \cdot (L_{F1} + L_{F2} + L_{F3} + L_{F4}) \text{ l/h} \quad (7.24)$$

2. Fordeling af vandstrøm på de enkelte kredse

q_C fordeles efter længderne af de enkelte kredse

$$q_{C1} = \frac{L_{F1}}{L_{F1} + L_{F2} + L_{F4}} \cdot q_C, \text{ l/h} \quad (7.25)$$

$$q_{C2} = \frac{L_{F2} + L_{F4}}{L_{F1} + L_{F2} + L_{F4}} \cdot q_C, \text{ l/h}$$

3. Tryktab over de enkelte strækninger af cirkulationsledningen

Tryktabene bestemmes ud fra q_C , q_{C1} og q_{C2} med de valgte dimensioner ud fra

$$\Delta p_{C1} = 1,25 \cdot R_{C1} \cdot L_{C1}, \text{ kPa} \quad (7.26)$$

$$\Delta p_{C2} = 1,25 \cdot R_{C2} \cdot L_{C2}, \text{ kPa}$$

uden hensyntagen til tryktab i reguleringsventiler og kontraventil.

4. Bestemmelse af nødvendig pumpeforøgelse

Pumpens nødvendige tryk Δp bestemmes som tryktabet i den kreds, der giver det største tryktab.

$$\Delta p = \Delta p_{C2} + \Delta p_{C3} + \Delta p_{C4} + 5, \text{ kPa} \quad (7.27)$$

5. Valg af pumpe

For den valgte pumpe bestemmes ved hjælp af pumpens karakteristik pumpens trykforøgelse, Δp_p ved vandstrømmen q_C .

6. Reguleringsventilens modstand

Hvis pumpens trykforøgelse Δp_p overstiger Δp (se pkt. 4) bestemmes modstanden Δp_R i reguleringsventilen på hovedkredsen som

$$\Delta p_R = \Delta p_{faktisk} - \Delta p, \text{ kPa} \quad (7.28)$$

Herefter bestemmes modstanden i reguleringsventilerne i de kredse der har mindre tryktab end Δp . I det i fig. 7.9 viste system bestemmes Δp_{R1} som

$$\Delta p_{R1} = \Delta p_{C3} + \Delta p_{C2} - \Delta p_{C1} \quad (7.29)$$

idet tryktabene i de enkelte strækninger er benyttet under pkt. 3.

Forhold, der skal
tages i
betragtning

Kapitel 8

Generelt om materiel og dets anvendelse

Normen

Normen har formuleret følgende krav til materialer og samlingsmetoder:

Vandinstallationer skal udføres af sådanne materialer, med sådanne samlinger og på en sådan måde, at deres bestandighed bliver af en rimelig størrelsesorden under hensyn til omgivelsernes karakter og installationernes indbygningsmåde og under hensyn til ressourcebevarelse.

Installationsdele, der af driftstekniske årsager må forventes at skulle repareres med mellemrum, skal være udskiftelige.

Valg af materialer og materiel

Ved valg af materiel er der mange forhold, der skal tages i betragtning, og det er ofte sådan, at man af den ene eller den anden grund må udelukke materiel eller samlingsmetoder i en installation.

De vigtigste forhold, der skal tages i betragtning, er:

- korrosion indefra
- korrosion udefra
- udskiftelighed ved reparation
- vedligeholdelse og service
- vandets temperatur
- omgivelsernes temperatur
- ydre påvirkninger (kemiske og mekaniske)
- udseende
- udførelsesmuligheder
- vandtrykket
- ressourcebevarelse
- økonomi.

VA-godkendelse

Når materiel skal bedømmes, kan man hente god hjælp i VA-godkendelsen, der i princippet er obligatorisk for alt materiel, der indgår i en vandinstallation. Såvel materiel til nyanlæg som materiel til reparationer er omfattet af godkendelsesordningen. I fig. 1.1 er der angivet en klassificering af vandinstallationsmateriel.

Godkendelses-
pligtigt materiel

Blandt andet er følgende materiel godkendelsespligtigt:

Rør og formstykker
Samlinger
Aftapningsarmaturer
Afspærrings- og reguleringsarmaturer
Tilbagestrømningssikringer
Cisterner o.lign.
Vandbehandlingsanlæg
Anlæg for varmtvandsproduktion
Køling- og befugtningsanlæg
Vaske- og opvaskemaskiner
Vaskeanlæg
Tilberedningsanlæg (kaffemaskiner o.lign.)

– se iøvrigt fig. 1.1.

Godkendelser tager først og fremmest sigte på materiellets brugsmæssige, hygiejniske, støj-mæssige og hydrotekniske egenskaber, men også materiellets holdbarhed indgår i bedømmelsen.

Mærkning

Materiel, der omfattes af godkendelsen, skal normalt være forsynet med et bestandigt fabrikationsmærke, således at materiellet let lader sig identificere. I visse tilfælde vil der blive stillet krav om, at materiellet tillige skal være forsynet med et bestandigt godkendelsesmærke.

Godkendelsens
omfang

Andre
myndigheder

Den udstedte godkendelse gælder kun forholdet til bygge-myndighederne, og tilladelse til materiellets anvendelse er derfor i de tilfælde, hvor andre autoriteters (el-værker, gas-værker, arbejdstilsynet o.lign.) godkendelse også er fornøden, afhængig af, at disse autoriteters godkendelse opnås.

Tilbagekaldelse
af godkendelser

Allerede udstedte godkendelser kan tilbagekaldes, hvis der senere ved materiellets brug viser sig ulemper af en eller an-

den art, eller såfremt det ved den eventuelle tilhørende kontrol viser sig, at materiellet ikke overholder stillede krav.

Godkendelsens
varighed

Udstedte godkendelser vil blive taget op til revision, såfremt der fremkommer ændrede tekniske bestemmelser på det pågældende område, eller der foretages ændringer i produktionen af det pågældende produkt.

En godkendelse udstedes for en vis periode, der maksimalt kan andrage 5 år. Såfremt materiellet inden for denne periode har virket tilfredsstillende, og det i øvrigt opfylder de til den tid gældende krav og bestemmelser, vil godkendelsen kunne forlænges for en periode på max. 5 år.

Godkendelsen er kun gyldig for materiellet i den til godkendelsen svarende udførelse. Såfremt der ændres ved materiellets udformning, udstyr, materiale eller konstruktion, skal det atter godkendes.

Ansvar for
materiellets
egenskaber

Den, til hvem godkendelse meddeles, er ansvarlig for, at materiellet er i overensstemmelse med de i godkendelsen givne betingelser.

I de følgende kapitler 9, 10 og 11 er der omtalt materiel, der anvendes i vandinstallationer. For en del af disse foreligger der godkendelse i form af et godkendelsesblad, og for et eller flere fabrikater gælder det, at de er direkte nævnt i normen. For den resterende del foreligger der ikke godkendelse, men de er medtaget, dels fordi de traditionelt anvendes enten her eller i udlandet, og dels fordi en godkendelse med en vis sandsynlighed kan forventes.

Uanset, at et materiel eller materiale er omtalt i det følgende, må det kun anvendes i en vandinstallation, såfremt der foreligger en godkendelse.

Generelt

Klassifikation af materiel

Den funktionelle opstilling af normer, vejledninger, beskrivelser m.m. kan i mange tilfælde lettes og gøres mere overskuelig, hvis de forskellige typer af materiel kan deles op i grupper eller klasser, hvor hver klasse svarer til et bestemt sæt egenskaber. Det er således lettere at sige, at en given komponent skal være af f.eks. klasse F, end at foreskrive værdier for alle komponentens egenskaber.

Klassifikation
efter
vandtemperatur

Ved VA-godkendelsen af materiel til vandinstallationer skelnes mellem materiel til varmt og til koldt vand. Afprøvningen sker med koldt vand ved temperaturer fra 15–25 °C, og med varmt vand ved en temperatur på 90–95 °C, og alt efter udfaldet af prøverne klassificeres materiel til vandinstallationer som

godkendt til koldt vand (max. temp. 25 °C), eller
godkendt til koldt og varmt vand (max. temp. 90 °C),

og i en del tilfælde er materiellet mærket i overensstemmelse hermed. Eksempelvis kan det nævnes at visse fleksible slanger, der er godkendt i 1976 eller tidligere og kun er godkendt til koldt vand ikke nødvendigvis er specielt mærket. Man skal ligeledes være opmærksom på, at der kan være stillet særlige betingelser for anvendelse til varmt vand. Som et eksempel kan nævnes, at såfremt man ønsker at anvende PEX-rør til varmt vand, skal rørene være udskiftelige, ligesom der er særlige regler for placering af samlingerne.

Klassifikation i
jord/bygning

Der kan skelnes mellem materiel, der kan anvendes

kun i bygning,
kun i jord og
både i bygning og i jord.

Trykklasser

Også her gælder, at VA-godkendelsen vil give de nødvendige oplysninger.

Aftapningsarmaturer kan klassificeres i trykklasser, dvs. efter det tryk, der er nødvendigt for at armaturet under taping skal kunne yde en passende vandstrøm, se kap. 5.

Støjgrupper

Endvidere kan aftapningsarmaturer klassificeres efter deres støjmæssige egenskaber, se kap. 18.

Kapitel 9

Rør, formstykker og samlingsmetoder

Generelt

I brugsvandinstallationer anvendes mange forskellige materialer med vidt forskellige egenskaber. Da den rette anvendelse af materialerne kun kan ske, hvis man har kendskab til disses fysiske og kemiske egenskaber, samlingsmetodernes kvalitet, handelsprogram mv. vil der i det følgende blive givet en oversigt over de vigtigste materialer med de mest relevante oplysninger om deres egenskaber og anvendelse.

For oversigtens skyld opdeles ledningerne efter deres anvendelsesområder, dvs. i

Anvendelses-
område

ledninger i jord og
ledninger i bygninger.

Rørmateriale

Inden for hver af de to grupper er der opdelt efter rørmateriale og her er de relevante egenskaber anført i følgende orden:

Egenskaber

Fremstilling
Fysiske egenskaber
Kemiske egenskaber
Dimensioner
Forarbejdning
Formstykker
Samlinger

VA-godkendelse

Det pointeres at uanset, at et rørmateriale eller en samlingsmetode er omtalt i det følgende, må anvendelse i en vandinstallation kun finde sted, såfremt der foreligger en VA-godkendelse af den pågældende installationsdel.

Oplysninger kan blive forældet

Det skal bemærkes, at der sker en stadig udvikling på dette område, nye materialer kommer til, vort kendskab til materialerne og deres anvendelsesmuligheder og -begrænsninger udvides. De givne oplysninger skal derfor tages med forbehold. Søg altid de nyeste oplysninger, først og fremmest gennem VA-godkendelsesbladene.

Ledninger i jord

De mest almindelige materialer til ledninger i jord er støbejern og plast. Tidligere anvendtes specielt til små stikledninger varmforzinket stål, men allerede de tidligere »Forskrifter vedr. vandinstallationer« indeholdt en bestemmelse om at varmforzinkede stålrør kun undtagelsesvis måtte benyttes og kun såfremt der udførtes en korrosionsbeskyttelse med bevikling el. lign. I områder med eksisterende bebyggelse kan man dog træffe ubeskyttede, varmforzinkede stålrør i jord. I større bebyggelser med central produktion af varmt vand anvendes i et vist omfang varmforzinkede stålrør i jord, enten præisolerede med plastkappe eller placeret i betonkanaler. I fig. 9.1 er der anført en oversigt over de materialer og samlingsmetoder, der for tiden kan anvendes til vandledninger i jord.

Støbejernsrør i jord

Støbejernsrør anvendes primært til forsynings- og stikledninger i jord.

Fremstilling

Støbejernsrør fremstilles ved centrifugalstøbning.

Rørene skal være fremstillet efter DS 942 m. fl., evt. efter DIN 28.610 (duktiler rør), se fig. 9.2. Rørene skal være af et ensartet, tæt materiale, nøjagtig af form og fri for fejl.

Støbejernsrør leveres normalt varmtasfalterede indvendigt og udvendigt.

Kvalitetskrav

Overfladebehandling

Materiale	Anvendelse	Materiale	Samlingsmetoder														
			Ledninger i jord og udskiftelige ledninger i bygninger											Ikke-udskiftelige ledn. i bygninger			
			i bygn.			Hårdlodning'	Blødlodning'	Svejsning	Limning	Mekanisk samling	Gummiringssamling	Gevindsamling	Flangesamling	Blystøbning	Hårdlodning'	Blødlodning'	Svejsning
I jord	Udskiftelig	Ikke-udskiftelig	Formstykke														
Rør																	
Støbejern	K	K	O	Støbejern	—	—	—	—	—	jb	—	jb	jb	—	—	—	—
Varmforzinket stål	O	KV	O	Varmforzinket blødstøbegods	—	—	—	—	—	—	b	b	—	—	—	—	—
Rustfrit stål	O	KV	K	Kobber, kobberlegering el. rustfrit stål	b ²	b ³	—	—	b	—	—	—	—	b	b	—	Ved chloridindhold større end 300 mg/l skal installationen udføres udskiftelig
Kobber	KV	KV	KV	Kobber eller kobberlegering	jb	jb	jb ⁴	—	jb	—	—	jb	—	b	b	b ⁴	
PVC	K	K	K	PVC el. metal	—	—	—	jb	jb	jb	—	jb	—	—	—	—	—
PEL	K	K	K	PEL el. metal	—	—	—	—	jb	—	—	—	—	—	—	b	
PEH	K	K	K	PEH el. metal	—	—	jb	—	jb	—	—	jb	—	—	—	b	
PEX	K	KV	K	Metal	—	—	—	—	jb	—	—	—	—	—	—	—	

Tegnforklaring:

K: anvendeligt for koldt vand

V: anvendeligt for varmt vand

O: ikke-anvendeligt

b: anvendeligt i bygning

j: anvendeligt i jord

Noter:

1. Lodninger udføres som kapillarlodninger med VA-godkendte loddemidler
2. Anvendes ved formstykker af rustfrit stål
3. Anvendes ved formstykker af kobber eller kobberlegering. Flussmidler skal være på phosphorsyrebasis
4. Anvendes kun ved dimensioner over 54 × 1,5 mm

Det bemærkes, at også andre rør, samlinger og samlingsmetoder end de i tabellen angivne kan anvendes efter VA-godkendelse.

Fig. 9.1. Vejledende eksempler på ledningsmaterialer, formstykker og samlingsmetoder for ledninger i jord og bygning.

Nominal diameter mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300
Udvendig diameter mm	56	66	98	118	144	170	222	274	326
Indvendig diameter mm									
<i>Centrifugalstøbte rør:</i>									
uden for DS	43,0	52,6							
Klasse LA (DS 943)			83,6	103,0	127,2	153,4	203,6	254	304,4
Klasse A (DS 946)			82,2	101,4	126,6	151,6	201,8	252	302,2
Klasse B (DS 947)			80,8	100,0	125,0	150,0	200,0	250	300
<i>Duktile rør:</i>									
(DIN 28.610)			86,0	105,8		157,4	209,2	260,4	311,8

Fig. 9.2. Oversigt over udvendige og indvendige diametre for støbejernsrør. Rør efter de anførte standarder findes i nominelle diametre op til 600 mm.

Fysiske egenskaber

Støbejernsrør har en massefylde på 7250 kg/m^3 . Rørene er stærke, men følsomme for slag og stød og hårdhændet bearbejdning.

Rørene har en termisk længdeudvidelseskoefficient på $0,012 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ og er i princippet modstandsdygtige over for alle normalt forekommende temperaturpåvirkninger. Rørenes asfaltering og enkelte af de almindelige samlingsmetoder gør, at de ikke må anvendes til varmt vand.

I de senere år er man gået helt over til de duktile rør, (DIN 28.610), der er stærkere og mindre skøre end de »gamle« rør, og som derfor kan anvendes hvor der stilles særlige styrkekrav og i sætningsfarlige jordarter.

Kemiske egenskaber

Når undtages et surt miljø (f.eks. sur, humusholdig jord) kan støbejernsrør regnes at være modstandsdygtige overfor de almindeligt forekommende jordarter.

Dimensioner

Støbejernsrør leveres i dimensioner fra 40 mm til 300 mm (se fig. 9.2) og i fabriklængder på ca. 6 m, evt. i længder på 1 m.

Forarbejdning

Støbejernsrør kan overskæres med roterende slibeskiver, hammer og mejsel, samt med rørskærer med hjul. For de mindre dimensioners vedkommende kan yderligere anvendes en nedstryger. Støbejernsrør på 80 mm og derover kan anbores. Se kap. 23.

Formstykker

Til de almindeligst anvendte rørdimensioner kan f.eks. fås

90°-bøjninger

45°-bøjninger

22½°-bøjninger

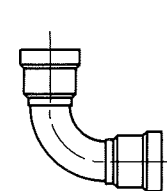
11¼°-bøjninger

90°-grenrør

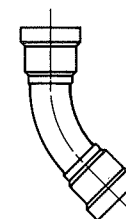
Reduktionsstykker

Skydemuffer

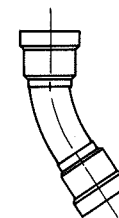
Disse formstykker kan normalt leveres med muffer i den ene eller i begge ender. Desuden leveres anboringsbøjler, slutmuffer og hanemuffer. Se fig. 9.3.



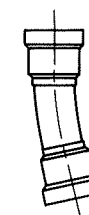
90° bøjninger



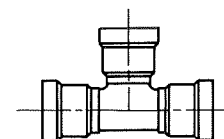
45° bøjninger



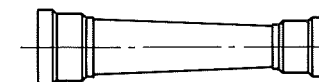
22½° bøjninger



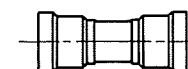
11¼° bøjninger



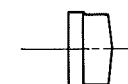
90° grenrør



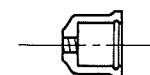
Reduktionsstykke



Skydemuffer



Slutmuffer



Hanemuffer



Anboringsbøjler

Fig. 9.3. Eksempler på formstykker til støbejernsrør.

Samlinger

Støbejernsrør er oftest mufferrør beregnet for samling ved blystøbning. Denne samling er stiv og ikke særlig tæt. Bedre samlinger er:

skruemuffer,
tyton-samlinger (gummisamlinger) eller
boltemuffer,

der er fleksible samlinger. Hver samlingstype kræver sin særlige udformning af mufferne. De nedenfor beskrevne samlingstyper er vist på fig. 9.4.

Blysamling

Samling ved blystøbning er den traditionelle samlingstype for støbejernsmufferrør. Der udføres en centrering med indstemning af pakgarn, hvorefter der foretages en udstøbning med bly. For at opnå en tæt samling er det nødvendigt at blystøbningen efterstemmes. Blystøbningen bør fylde den halve muffedybde. Den blystøbte samling er ikke trækfast og ved retningsændringer mv. udføres bagstøbninger, se kap. 23.

Skruemuffe

Skruemuffesamlingen er en fleksibel samling, der tillader en vinkeldrejning på indtil 4° og en forskydning i længderetningen.

**Tyton-samling
(Gummirings-
samling)**

Tyton-samlingen er en fleksibel samling, der tillader en vinkeldrejning på ca. 5° ($d \leq 300$ mm) og en forskydning i længderetningen. Gummiringen anbringes på plads i muffen og spidsenden skydes på plads under anvendelse af smøremiddel. Spidsenden skal reifes.

**Boltemuffe-
samling**

Boltemuffe-samlingen er ligeledes en fleksibel samling, der tillader en vinkeldrejning på ca. 4° og en forskydning i længderetningen. Samlingen anvendes i praksis kun til større ledninger.

Kobberrør i jord

I Danmark anvendes kobberrør kun sjældent til ledninger i jord. Rørene er nærmere omtalt under afsnittet »Kobberrør i bygninger«.

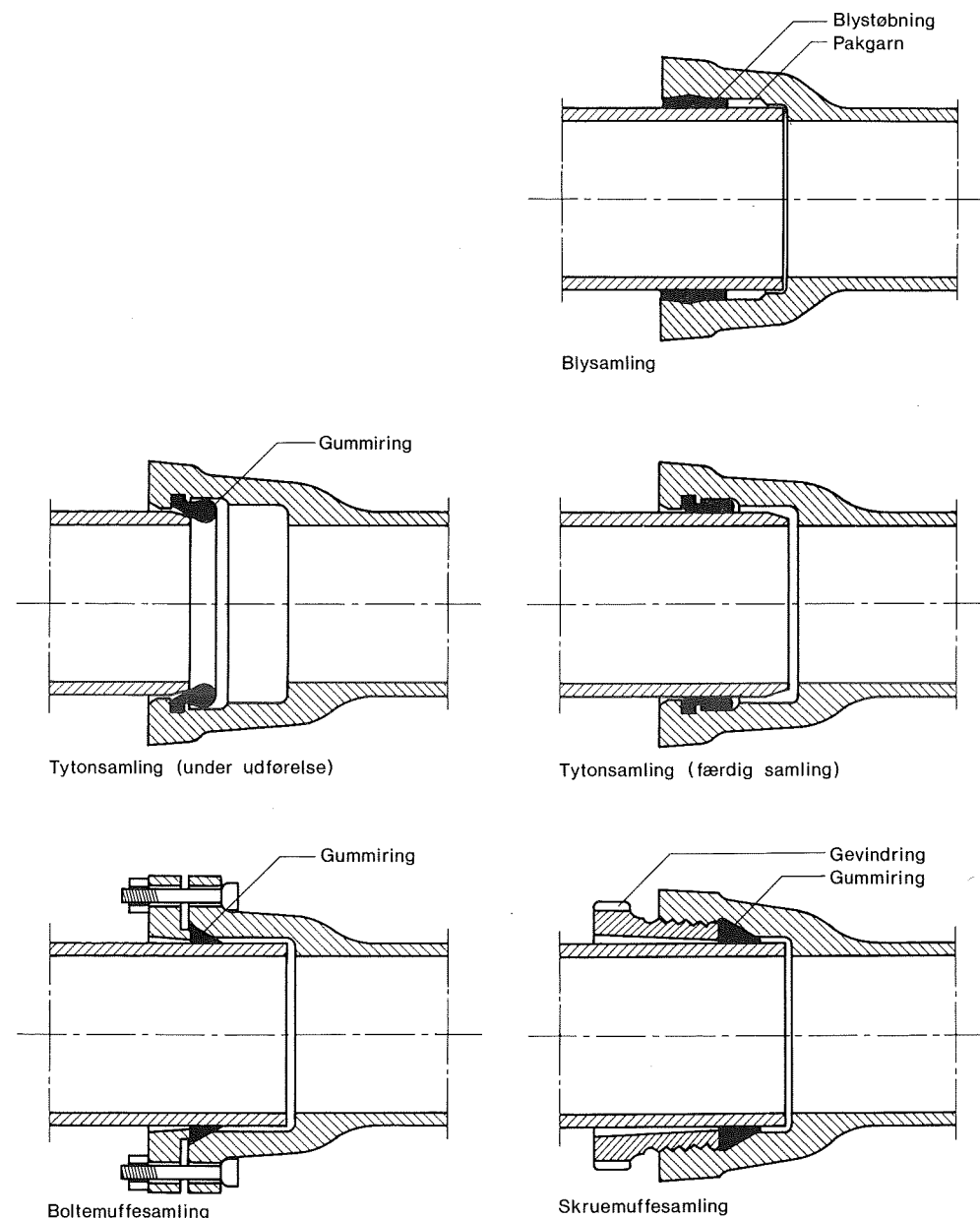


Fig. 9.4. Samlingstyper for støbejernsrør.

PVC-rør i jord

Rør af stift PVC (uplastificeret PVC) er almindeligt anvendt til ledninger i jord for koldt vand.

Fremstilling

Danske PVC-rør fremstilles efter DS 972 og i trykklasse PN 6, 10 og 16. Kun rør i PN 10 og 16 må anvendes i vand-installationer, der er omfattet af normen.

Mærkning

Rørene skal være mærkede som vist på fig. 9.8.

Fysiske egenskaber

PVC-rør har en massefylde på ca. 1400 kg/m³, og den termiske udvidelseskoefficient er 0,06 mm/m · °C. PVC bliver skørt ved lave temperaturer, og håndtering og lægning af rørene ved temperaturer under 5 °C bør ske med forsigtighed.

Kemiske egenskaber

PVC er modstandsdygtigt overfor alle normalt forekommende jordarter og anses for at være diffusionstætte.

Dimensioner

PVC-rør leveres normalt i dimensioner (udv. diameter) fra 12–630 mm og i længder på 6 m. Se fig. 9.5. Rør med $d_u \geq 32$ mm bør ikke anvendes i jord.

Forarbejdning

PVC-rør kan overskæres med en nedstryger, en fintandet fukssvans eller en speciel rørskeer. Efter overskæringen renses for grater og spåner, og spidsenden reifes (15°).

Bukning af rør

PVC-rør kan bukes efter forudgående opvarmning. Der henvises til fabrikanternes anvisninger. Dimensioner større end 75 mm bør kun bukes på fabrik. PVC-rør kan bøjes i kold tilstand med en bøjningsradius på ca. 400 gange den udvendige diameter.

Anboring

PVC-rør kan anbores ved hjælp af en anboringsbøjle, f.eks. som vist i fig. 9.6.

Nominel yder- diameter	PVC-rør efter DS 972 PN 10		PEL-rør efter DS 719 PN 10		PEH-rør efter DS 2129 PN 10	
	Min. gods- tykkelse t mm	Indv. diameter d_i mm	Min. gods- tykkelse t mm	Indv. diameter d_i mm	Min. gods- tykkelse t mm	Indv. diameter d_i mm
mm						
12	1	10	1,7	8,6	2	8
16	1	14	2,2	11,6	2	12
20	1	18	2,8	14,4	2	16
25	1,2	22,6	3,4	18,2	2,3	20,4
32	1,6	28,8	4,4	23,2	2,9	26,2
40	2	36	5,5	29	3,7	32,6
50	2,4	45,2	6,8	36,4	4,6	40,8
63	3	57	8,6	45,8	5,8	51,3
75	3,6	67,8	10,2	54,6	6,8	61,3
90	4,3	81,4	12,2	65,6	8,2	73,6
110	5,3	99,4	14,9	80,2	10	90
125	6	113	16,9	91,2	11,4	102,2
140	6,7	126,6	19	102	12,7	114,6
160	7,7	144,6			14,6	130,8
180	8,6	162,8			16,4	147,2
200	9,6	180,8			18,2	163,6

Fig. 9.5. Oversigt over dimensioner indtil $d_u = 200$ mm for PVC-, PEL- og PEH-rør. Skemaet angiver godstykkelse og indvendig diameter for de hyppigst anvendte rørdimensioner.

Samlinger

PVC-rør samles normalt enten med

muffesamling eller
limsamling.

Endvidere kan anvendes forskellige typer af kompressionsfittings (se under PEL-rør) og flangesamlinger.

Eksempler på samlinger er vist på fig. 9.7.

Muffesamling

Muffesamlinger (samlinger med gummiringe) er en hurtig og bekvem samling, der anvendes ved dimensioner fra 40 mm og opefter. Samlingen er ikke fastholdt i længderetningen og ledningerne skal derfor fastholdes i graven, ved bagstøbning, se kap. 23.

Udformningen af stikmuffernes spor og af gummiringenes profil varierer fra fabrikat til fabrikat, og man skal der-

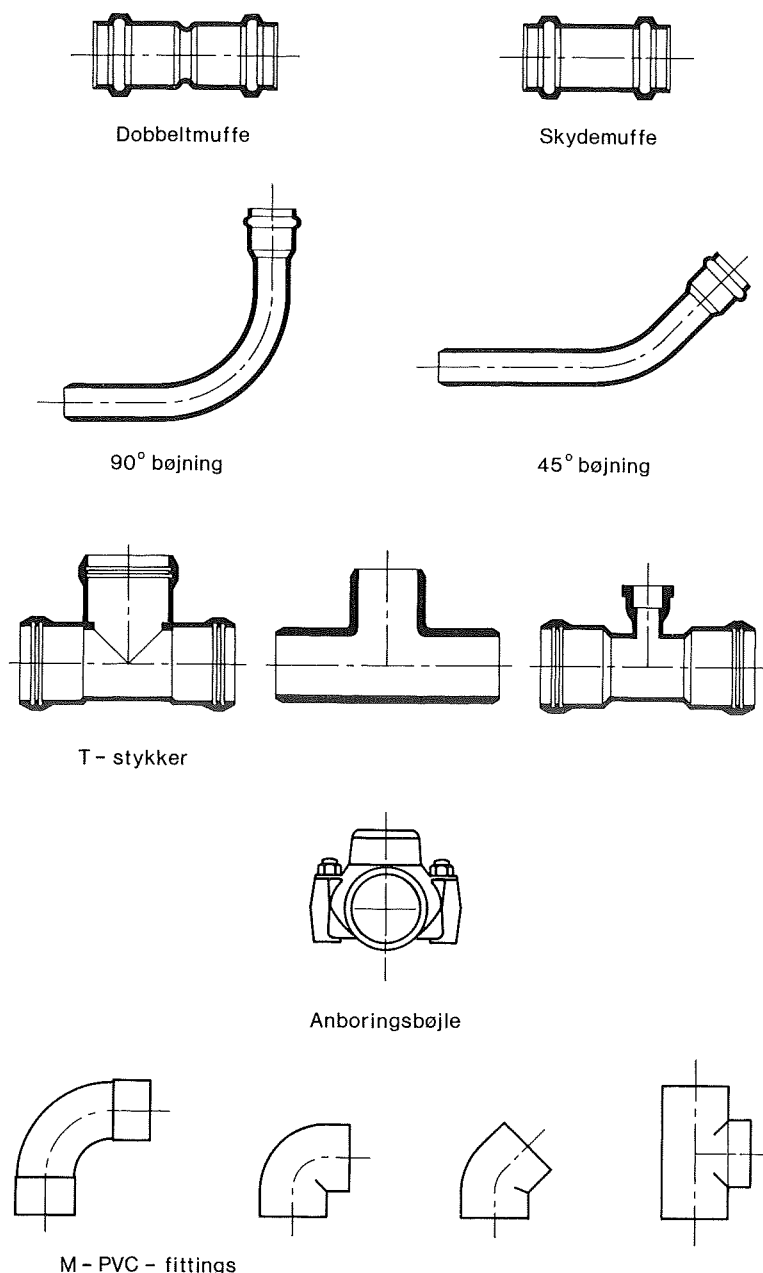


Fig. 9.6. Oversigt over formstykker til PVC-rør.

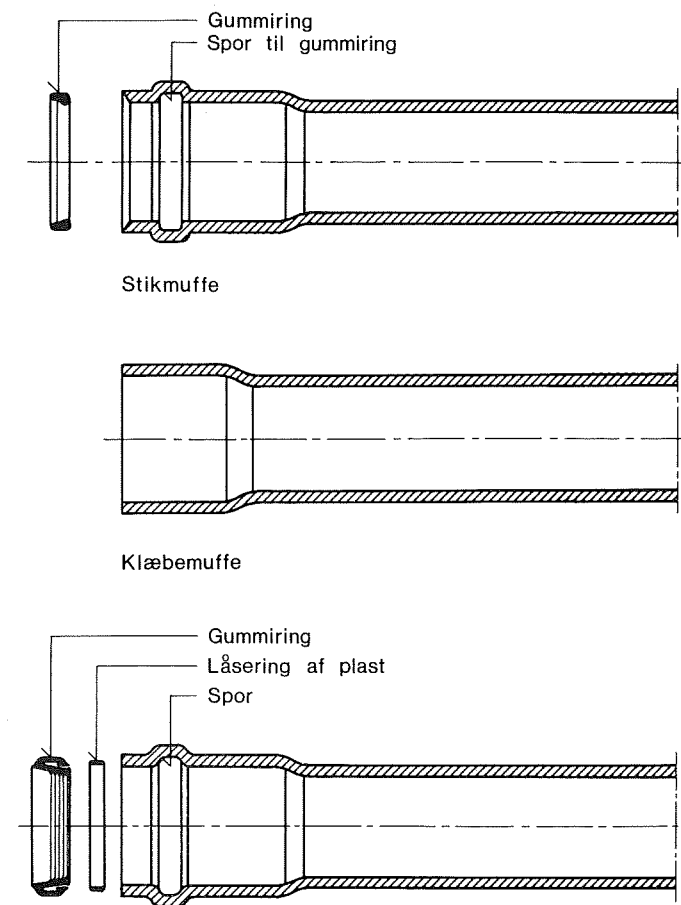


Fig. 9.7. Samlingstyper til PVC-rør. Der kan endvidere anvendes visse typer kompressionssamlinger, se under PEL-rør.

for sikre sig, at gummiringe og rør er fra samme fabrik og hører til samme system.

Vedrørende samlingernes udførelse henvises til fabrikanternes anvisninger.

Foretages samlinger over graven, må man efter nedsænkning af rørledningen kontrollere, at spidsenderne ikke har trukket sig ud af mufferne. Kontrollen kan ske ved afmærkning af indstikningsdybden.

Limsamling

Limsamlinger anvendes primært til samling af mindre rør ($d_u \geq 63$ mm), men kan anvendes til alle størrelser rør. Samlingen er trækfast og stiv.

Overskydende lim bør straks fjernes. Almindeligvis er limen baseret på kraftige opløsningsmidler, og overskydende lim, der får lov til at sidde, kan fremkalde en lokal svækkelse af materialet. Rørene må ikke håndteres umiddelbart efter limningen, og der bør ikke sættes tryk på røret før efter 12 timer og helst efter 24 timer. Ved klæbning af M-PVC fittings skal der anvendes spalteflydende lim.

Sikkerhed ved limning

Under udførelsen af limede samlinger skal man iagttage arbejdstilsynets regler.

PEL-rør i jord

Rør af PEL (polyethylen med lav massefylde) er almindeligt anvendt til ledninger i jord for koldt vand.

Fremstilling

PEL-rør fremstilles efter DS 719 og i trykklaserne PN 4, 6 og 10. Det bemærkes, at kun rør i PN 10 må anvendes i vandinstallationer, der er omfattet af normen.

Mærkning

Rørene skal være mærket som vist på fig. 9.8.

Fysiske egenskaber

PEL-rør har en massefylde på 930 kg/m^3 (er lettere end vand) og en termisk udvidelseskoefficient på ca. $0,22 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$.

Kemiske egenskaber

PEL er modstandsdygtigt overfor alle normalt forekommende jordarter. PEL-rør er ikke diffusionstætte.

Dimensioner

PEL-rør leveres normalt i dimensioner (udvendig diameter) fra 12–200 mm. Rørene leveres i længder på 6 m eller i ruller på f.eks. op til 200 m og endog op til 1000 m. Rør med $d_u < 32$ mm bør ikke anvendes i jord.

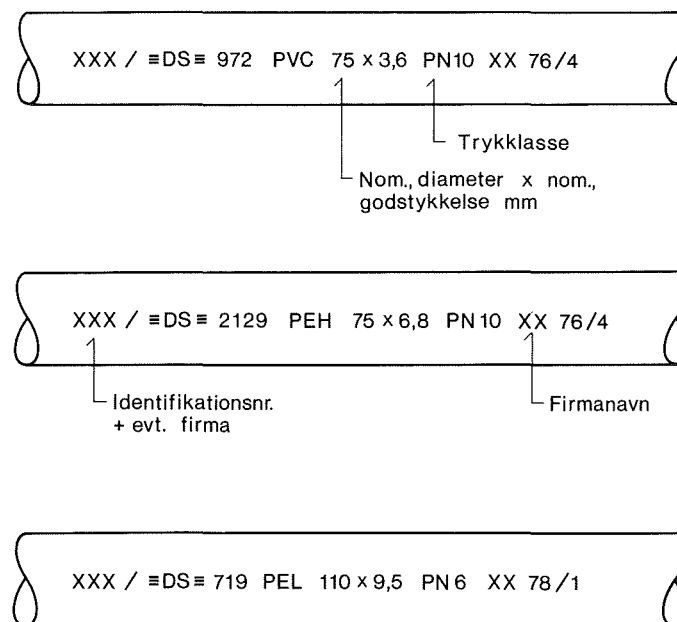


Fig. 9.8. Mærkning af PVC-, PEL- og PEH-rør. Figuren viser, hvorledes rør der er fremstillet efter hhv. DS F 972, og 719 og DS 2129 skal mærkes.

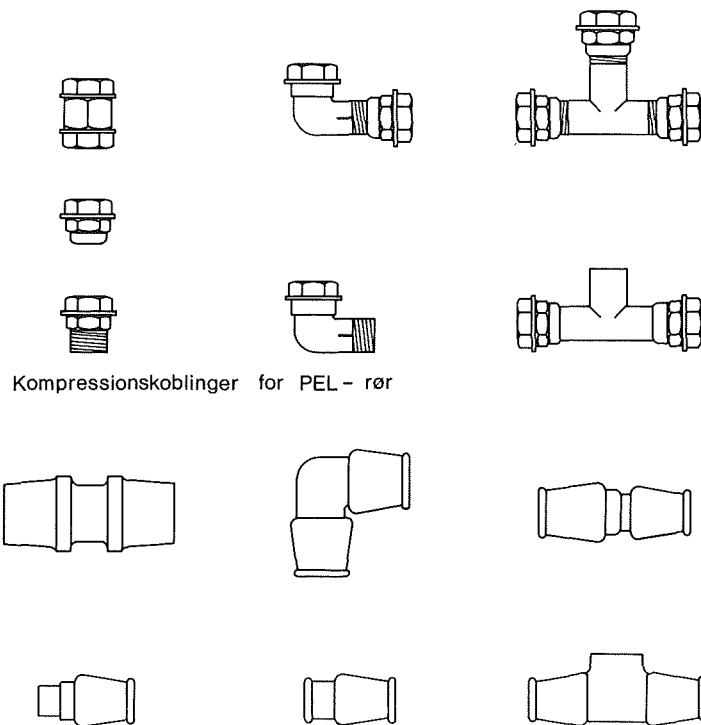
Forarbejdning

PEL-rør overskæres let med nedstryger, rørsårer el.lign. PEL-rør kan anbores.

Rørene kan bukkes koldt med en bøjningsradius på mindst ca. 25 gange rørdiameteren.

Formstykker

Der findes et righoldigt udvalg af formstykker til PEL-rør. Formstykkerne er fremstillet af andre plast-arter eller af metaller med eller uden overfladebeskyttelse. Formstykkerne leveres i forskellige systemer efter samlingstypen, og de er derfor omtalt under afsnittet om samlinger. I fig. 9.9 er der givet en oversigt over de almindeligt anvendte formstykker til PEL-rør.



Kompressionskoblinger for PEL - rør

Indstikskoblinger for PEL-, PEH- og PVC-rør

Fig. 9.9. Oversigt over formstykker til PEL-rør. Formstykkerne er opdelt i 2 grupper svarende til forskellige samlingsprincipper. De 2 former for samling er illustreret i fig. 9.10 og 9.11.

Samlinger

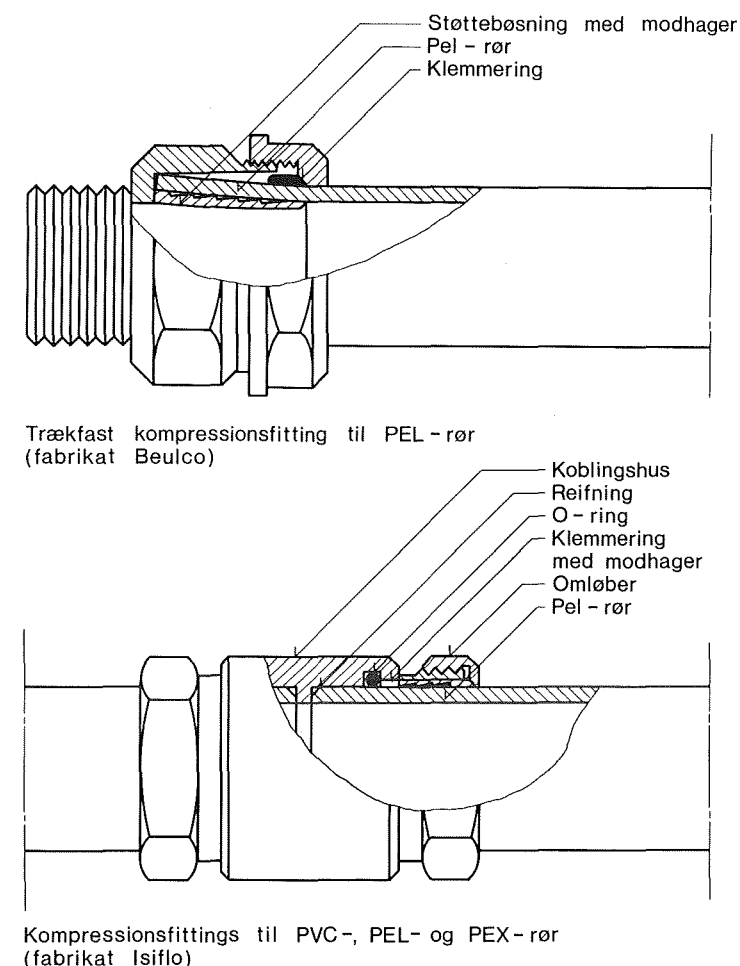
Til PEL-rør anvendes normalt følgende samlingstyper:

Kompressionskoblinger

Stikkoblinger

Svejsesamlinger.

Limede samlinger og stikmuffer (som ved PVC) kan ikke anvendes. Samlingerne skal være VA-godkendte.



Trækfast kompressionsfittning til PEL-rør (fabrikat Beulco)

Kompressionsfittings til PVC-, PEL- og PEX-rør (fabrikat Isiflo)

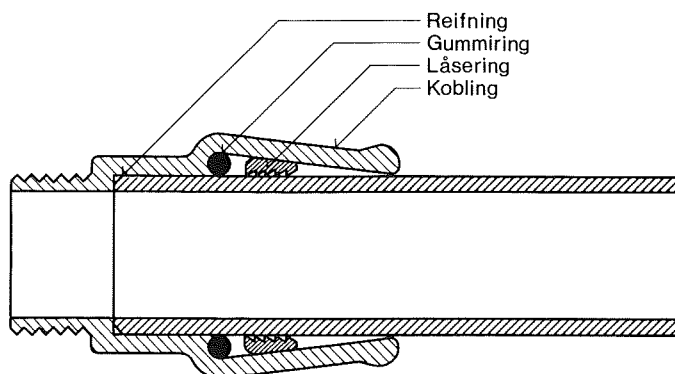
Fig. 9.10. 2 forskellige typer af kompressionsfittings til plastrør.

Kompressionskoblinger

Stikkoblinger

Kompressionskoblinger findes i forskellige fabrikater og udførelser. De er oftest udført af messing eller andre metaller, men kan også være udført af plast. I fig. 9.10 er der vist et eksempel på en kompressionssamling.

Stikkoblinger er en samlingstype, der er meget simpel at udføre, idet PEL-røret blot skal indføres i et koblingshus med indvendige modhageriller. Ved dimensioner større end 40 mm skal rørenderne kalibreres med specialværktøj. Sam-



Indstikskobling for PEL-, PEH- og PVC-rør
(fabrikat Hawle)

Fig. 9.11. Eksempel på indstikskobling til plastrør. Indstikskoblinger er normalt uegnet til ledninger, hvor der er risiko for undertryk.

lingstypen bør ikke anvendes, hvor der er risiko for undertryk i ledningen. I fig. 9.11 er der vist et eksempel på en indstikskobling.

Svejsesamlinger

PEL-rør kan samles med stuksvejsning og elektrisk modstandssvejsning.

PEH-rør i jord

Rør af PEH (polyethylen med høj massefylde) kan anvendes til ledninger i jord for koldt vand.

Fremstilling

PEH-rør fremstilles efter DS 2129 og i trykklasse PN 4, 6 og 10. Det bemærkes, at kun rør i PN 10 må anvendes i vandinstallationer, der er omfattet af normen.

Mærkning

Rørene skal være mærket som angivet i fig. 9.8.

Fysiske egenskaber

PEH-rør har en massefylde på 948–970 kg/m³ og en termisk udvidelseskoefficient på fra ca. 0,15 til 0,20.

Kemiske egenskaber

PEH er modstandsdygtigt overfor alle normalt forekommende jordarter.

PEH-rør er ikke diffusionstætte.

Dimensioner

PEH-rør leveres normalt i dimensioner (udvendig diameter) fra 20–630 mm.

PEH-rør leveres i ruller som angivet for PEL-rør.

Forarbejdning

Se under PEL-rør.

Formstykker

Der findes et passende udvalg af formstykker til PEH-rør. Formstykkerne forefindes enten sprøjtstøbte i PEH, af andre plastmaterialer eller metaller med eller uden overfladebeskyttelse.

Samlinger

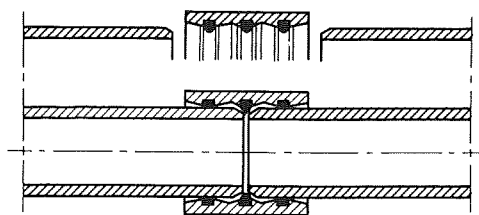
Den mest anvendte samlingsmetode til PEH-rør er stuksvejsning.

En stor del af koblingsmetoderne beregnet for PVC og PEL kan også anvendes til PEH.

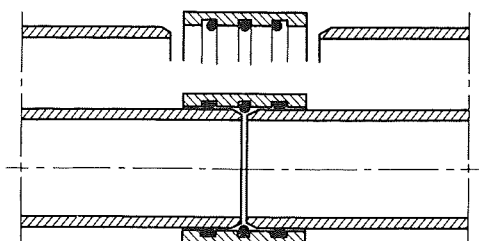
Asbestcimentrør i jord

Asbestcimentrør anvendes praktisk taget kun til forsyningsledninger, men skal dog kort omtales.

Asbestcimentrør findes i dimensioner fra 100–600 mm (indv. diameter). Rørene samles med løse muffers med gummiringstætning. Da spidsenderne er nøjagtigt afdrejet, må de ikke afkortes. Rørene kan anbores. Formstykkerne er normalt udført af støbejern. Rørene kan samles som vist i fig. 9.12. Asbestcimentrør fremstilles ikke i Danmark i øjeblikket.



Samling af vandledning fra 100 til og med 200 mm med mufte og 3 gummiringe



Samling af vandledning fra 250 til og med 600 mm med mufte og 3 gummiringe

Fig. 9.12. Samling af asbestcimentrør.

Ledninger i bygning

De mest almindelige materialer til ledninger i bygninger er varmforzinkede stålør og kobberør. I de senere år er plast begyndt at finde voksende anvendelse. Rør af rustfrit stål er omtalt i det følgende, men anvendes endnu kun lidt. De mange rørmaterialer har meget forskellige egenskaber og dermed forskellige anvendelsesområder. Den, der ved udførelse af vandinstallationer træffer valg af materiale, bør derfor have et nøje kendskab til materialeegenskaberne.

Valg af rørmateriale kan ikke træffes alene ud fra de oplysninger, der er givet her, idet kapitlerne om korrosion (19), støj (18), isolering (16) m. fl. indeholder oplysninger, som er væsentlige for de rette valg af materialekombinationer.

En oversigt over de vigtigste rørmaterialer og tilhørende samlingsmetoder er vist i fig. 9.1. Man bør dog være opmærksom på, at der kan ske ændringer – fabrikationer kan blive stoppet, en VA-godkendelse kan blive trukket tilbage,

og nye materialer eller kombinationer kan dukke op. Indtil videre kan rør af kobber, støbejern og varmforzinket stål anvendes uden VA-godkendelse. Se iøvrigt kap. 8.

Varmforzinkede stålør i bygning

Varmforzinkede stålør (gevindrør) er de mest anvendte rør til vandinstallationer i bygninger.

Fremstilling

Rørene fremstilles af de sædvanlige typer af stålør ved neddykning i et bad af smeltet zink. Rørene blev tidligere benævnt galvaniserede rør, men da denne betegnelse også dækker elektrogalvaniserede rør, anvendes nu betegnelsen varmforzinkede rør.

Rørene skal tilfredsstille ISO R65 svarende til DS 540, 3. udg., middelsvære rør. Der kan også fremstilles varmforzinkede rør på basis af de svære rør (damprør) med større godstykkelse.

Fysiske egenskaber

De varmforzinkede stålør har en massefylde på 7850 kg/m³. Rørene er stærke (prøvetryk 5000 kPa ~ 50 bar) og meget modstandsdygtige overfor mekaniske påvirkninger. Den termiske udvidelseskoefficient er 0,012 mm/m · °C, og rørene er modstandsdygtige overfor alle normalt forekommende temperaturpåvirkninger.

Kemiske egenskaber

De varmforzinkede stålørers kemiske egenskaber har i tidens løb givet anledning til mange problemer. Til ledninger for koldt vand kan rørene normalt anvendes med begrænset risiko for korrosion, dog ikke i områder med meget blødt vand, eller hvor vandet indeholder kalkopløsende kuldioxid, se kap. 19. Til ledninger for varmt vand bør varmforzinket stål normalt ikke benyttes uden supplerende korrosionsbeskyttende foranstaltninger. Korrosionsforholdene er imidlertid meget komplicerede og i en vis udstrækning ikke afklarede, se kap. 19.

Ledninger af varmforzinket stål er bestandige for normalt forekommende ydre kemiske påvirkninger i bygninger.

Kvalitetskrav

Dimensioner

Varmforzinkede stålrør leveres i de i fig. 9.13 anførte dimensioner og i fabriktionslængder på ca. 6 m.

Forarbejdning

Rørene kan overskæres med nedstryger eller rørskeer. Efter overskæring skal indvendige grater fjernes f.eks. med en rival (rørfræser). Rørene må ikke bukkes, da overfladebehandlingen derved vil blive ødelagt.

Samlinger

Varmforzinkede stålrør samles med gevind, i enkelte tilfælde (store dimensioner) med flanger, der påsættes røret med gevind. Rørenes glatte ender forsynes med et konisk gevind ved hjælp af en håndklub eller en gevindskæremaskine, og samlingerne udføres med fabriksfremstillede formstykker. Samlingerne pakkes med pakgarn af hør, der smøres med et tyndt lag paksalve. I stedet for pakgarn og hør kan anvendes en speciel plasttape.

Formstykker

Til varmforsinkede stålrør anvendes formstykker (fittings) fremstillet af tempergods (aducergods eller blødstøbt gods). Almindelige bøjninger, T-stykker og lign. er normalt blødstøbte randfittings. Udvalget i formstykker er meget stort. På fig. 9.14 er der vist et beskedent udsnit af de mest almindelige.

	Nominal diameter, mm													
	6**	8**	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Udv. diameter, max. mm	10,6	14	17,5	21,8	27,3	34,2	42,9	48,4	60,8	76,6	89,5	115	140,8	166,5
Udv. diameter, min. mm	9,8	13,2	16,7	21	26,5	33,3	42	47,9	59,7	75,3	88	113,1	138,6	163,9
Godstykkelse, mm	2	2,35	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05	4,50	4,85	4,85
Indv. diameter*, mm		12,4	16	21,7	27,2	36	42	53	69	81	105	130	155	

* Den anførte indvendige diameter kan anvendes ved tryktabsberegningen. Den sande indvendige diameter kan ikke umiddelbart angives, fordi kravene går på udvendig diameter (skal ligge mellem max. og min.) og godstykkelse (den tilladte afvigelse i godstykkelse er nedad begrænset til 12,5 % medens der ikke er nogen grænse for godstykkelsen opad). Den angivne indvendige diameter er søgt beregnet, så den udgør et gennemsnit for rør i handelen.

** Disse dimensioner anvendes normalt ikke i vandinstallationer.

Fig. 9.13. Dimensioner for varmforsinkede stålrør efter DS 540, 3 udg.

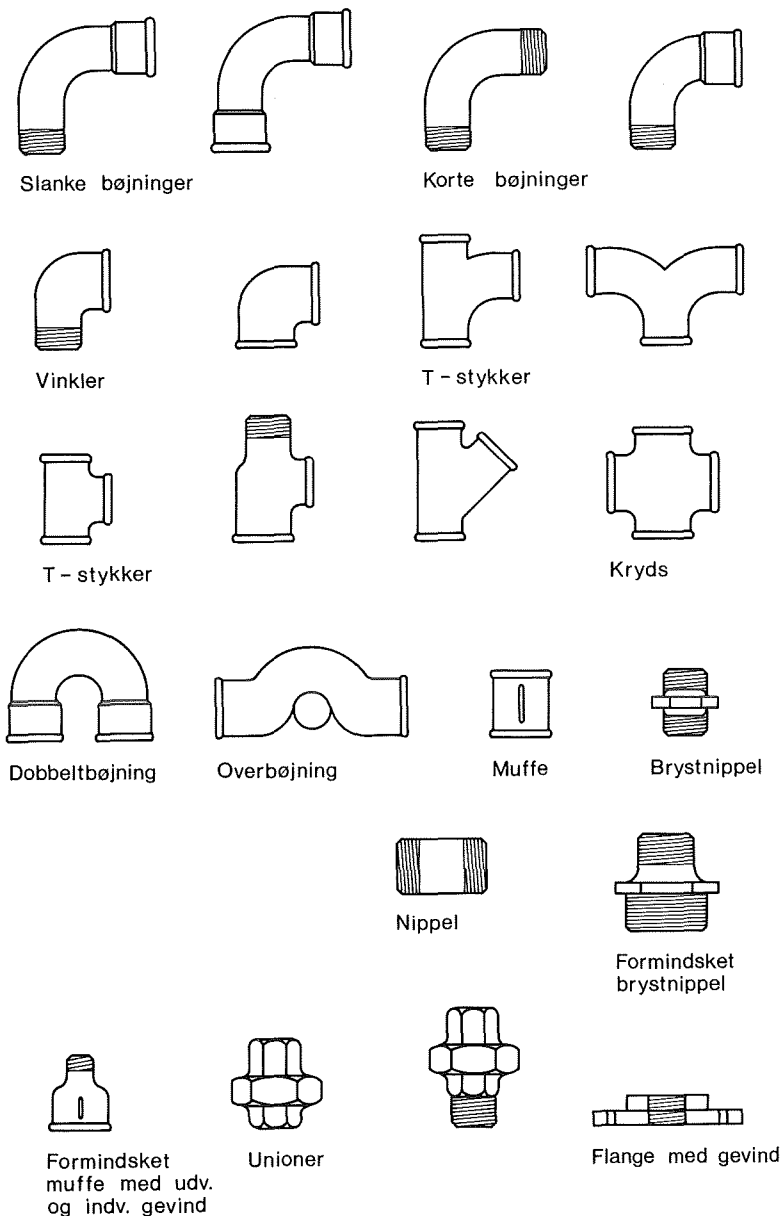


Fig. 9.14. Eksempler på formstykker (fittings) til varmforsinkede stålrør.

Kobberrør i bygning

Kobberrør anvendes i stor udstrækning til vandinstallationer. Som en slags rettesnor kan man sige, at kobberrør bliver anvendt, hvor man af tekniske grunde ikke vil eller må anvende varmforzinkede stålrør. De vigtigste anvendelsesområder er:

skjulte (ikke-synlige og ikke-udskiftelige) installationer og installationer for behandlet vand.

Kobberrør er i øvrigt stort set generelt anvendelige.

Fremstilling

Rørene fremstilles i dimensioner efter DS 2110 ved kold trækning i to kvaliteter, bløde og hårde rør.

Kobberrør er uden egentlig overfladebehandling.

Visse fabrikater kan leveres med en fabriksfremstillet isolering af plast.

Fysiske egenskaber

Kobberrør har en massefylde på 9900 kg/m³. Den termiske udvidelseskoefficient er 0,017 mm/m · °C.

Kobber er et blødt metal, og specielt rør af den bløde type er følsomme overfor ydre mekaniske påvirkninger. Ved fritliggende installationer, der kan komme ud for mekanisk overlast, bør man derfor beskytte rørene.

Et særligt forhold er kobberrørenes følsomhed overfor slid hidrørende fra vandets strømning i rørene og den dermed forbundne korrosion (turbulenskorrosion). Normen angiver derfor maksimalt tilladelige strømningshastigheder i kobberrør i afhængighed af temperatur mv., se kap. 19 og kap. 6 (fig. 6.8).

Det skal også nævnes, at man ved udførelse af kobber-rørsinstallationer skal være opmærksom på rørenes store termiske udvidelseskoefficient. Hvis rørenes ekspansionsmuligheder er utilstrækkelige, kan der forekomme udmattelseskorrosion.

Overflade-
behandling

Præisolerede rør

Turbulens-
korrosion

Udmattelses-
korrosion

Kemiske egenskaber

Kobberrør er modstandsdygtige overfor de normalt forekommende kemiske påvirkninger. Rørene bør dog ikke anvendes når pH < 7 (surt vand), og når hydrogencarbonatindholdet er mindre end sulfatindholdet. Se iøvrigt kap. 19.

Dimensioner

Kobberrør leveres i de i fig. 9.15 angivne dimensioner (DS 2110). Kobberrørs dimension angives som

udvendig diameter × godstykkelse m, f. eks. 18 × 1,0 mm.

Længder

Bløde kobberrør leveres i ruller med 25 m rør eller med ca. 16 kg rør, alt efter fabrikat. Hårde kobberrør leveres i længder à 5 m.

Bearbejdning

Kobberrør er lette at bearbejde. Rørene kan overskæres med en fintandet nedstryger, men det anbefales at anvende en rørskærer. Grater, der fremkommer ved overskæringen, skal fjernes både udvendigt og indvendigt og det gøres bedst med et specielt afgratningsværktøj.

Bukning

Kobberrør kan bukes i kold tilstand. Ved koldbukning gøres metallet hårdere, og det er derfor vanskeligere at rette en bøjning ud, end det er at udføre den. Mindre dimensioner kan bukes i hånden uden hjælpemidler, men det anbefales at bruge bukkeapparater for at opnå jævne og ikke for

Udv. dia- meter × godstykkelse mm	6 × 0,8	8 × 0,8	10 × 0,8	12 × 1,0	15 × 1,0	18 × 1,0	22 × 1,0	28 × 1,2*	35 × 1,5*	42 × 1,5*	54 × 1,5*
Indv. diameter mm	4,4	6,4	8,4	10	13	16	20	25,6	32	39	51
Vægt pr. m rør kg	0,12	0,161	0,21	0,31	0,39	0,48	0,59	0,90	1,4	1,7	2,2

* Forhandles ikke som bløde kobberrør.

Fig. 9.15. Kobberrør efter DS 2110 – Oversigt over dimensioner og vægt.

små bøjningsradier. Bøjningsradius bør ikke være mindre end 4 gange rørdiameteren. Koldt udførte bøjninger kan gøres bløde igen ved at udgløde ved en temperatur på ca. 700 °C.

Tildannelse af muffer

Der kan fremstilles muffer på lige rørender ved opdorning af røret efter en udglødning. Efter opdorningen bør den udglødes påny.

Samlinger

Kobberrør samles hovedsageligt på to forskellige måder:

ved lodning eller med mekaniske koblinger.

Lodning

Ved lodning af kobberrør skelnes mellem blødlodning og hårdlodning. Fremgangsmåden er i princippet den samme i begge tilfælde, men der er forskel på de anvendte loddematerialer og dermed i de temperaturer, der arbejdes med.

Kapillarsugning
Kalibrering

Lodning af kobberrør er baseret på den kapillare indsugning af smeltet loddemateriale, der foregår mellem en muffe og en rørende, når spalten mellem disse er tilstrækkelig smal. Loddematerialens godhed er betinget af spaltebredden, der bør være ca. 0,05–0,3 mm, så det er ubetinget nødvendigt, at såvel muffe som rørende er nøjagtigt kalibrerede. Uanset, om man anvender fabriksfremstillede loddefittings, bør man altid foretage en kalibrering. Kalibreringen foretages med et særligt værktøj.

Max. indhold af cadmium (Cd) og bly (Pb)

Da der er risiko for at cadmium og bly kan afgives til vandet i ledningerne fastsætter VA-godkendelsesbetingelserne, at indholdet af cadmium og bly hverken i loddemetaller eller i flussmidler må overstige 0,1 vægtprocent Cd hhv. 1,0 vægtprocent Pb, se fig. 9.16.

Blødlodning

Ved blødlodning arbejdes ved en temperatur på ca. 210–260° afhængigt af loddematerialet. Loddematerialet er en legering af f.eks. tin og sølv (3–5% sølv).

Det bemærkes, at tin-bly loddemetal ikke kan anvendes i vandinstallationer.

Blødlodningen foretages med fabriksfremstillede loddefittings, og rørenderne skal kontrolleres og evt. kalibreres. Overskydende flussmiddel skal fjernes.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 183 af 15. maj 1975.

Bekendtgørelse om forbud mod anvendelse af visse cadmiumholdige loddemidler.

I medfør af § 29, stk. 1, nr. 1 og 3, i lov om almindelig arbejderbeskyttelse, § 11, stk. 1 og 2, i lov om arbejderbeskyttelse inden for handels- og kontorvirksomhed og § 21, stk. 1, nr. 1 og 3, i lov om arbejderbeskyttelse inden for landbrug, skovbrug og gartneri, jfr. lovbekendtgørelserne nr. 297, 298 og 299 af 4. juli 1968, som ændrede ved lov nr. 216 af 19. maj 1971, fastsættes:

§ 2. Direktøren for arbejdstilsynet kan dog i tilfælde, hvor loddearbejdet foregår på fast arbejdssted, tillade brugen af loddemidler, der er nævnt i § 1, når det godtgøres, at de beskæftigede under brugen ikke udsættes for sundhedsskadelig påvirkning.

§ 3. Direktørens afgørelser kan indbringes for arbejdsministeren inden 4 uger efter, at afgørelsen er meddelt pågældende.

§ 4. Overtrædelse af bekendtgørelsen straffes efter lov om almindelig arbejderbeskyttelse § 71 med bøde.

§ 5. Bekendtgørelsen træder i kraft den 1. juni 1975.

§ 1. Til loddearbejde er det forbudt at anvende loddemidler, der indeholder mere end 0,1 vægtprocent af cadmium.

Fig. 9.16. Bekendtgørelse vedr. cadmiumholdige loddemidler (Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 183 af 15. maj 1975).

Hårdlodning

Ved hårdlodning, der tidligere også kaldtes slaglodning, arbejdes med temperaturer på ca. 660 °C.

Loddematerialerne kan f.eks. være sølvlod eller kobberphosphorlod, og de kræver en arbejdstemperatur på ca. 700 °C. Kobberphosphorlod er uanvendeligt til rødgodsfittings. En oversigt over loddematerialer er vist i fig. 9.17.

Hårdlodning foretages som regel med fabriksfremstillede loddefittings. Overskydende flussmiddel skal fjernes.

Der er i fig. 9.18 vist nogle eksempler på loddefittings.

En korrekt udført loddemateriale er i øjeblikket den eneste samlingstype, der må anvendes på ikke udskiftelige ledninger. Den normale fremgangsmåde ved kontrol af samlingerne er en trykprøve med vand, men der skal her gøres opmærksom på, at denne prøvemåde ikke er 100 % sikker.

Ufuldstændige lodninger, f.eks. når rester af flussmiddel i spalten danner små kanaler i loddemetallet og skaber en forbindelse fra rørens inderside til yderside, vil ikke altid afsløres af vandtrykket ved en kortvarig prøve. Fejlen vil må-

Loddefittings
Loddematerialers
kvalitet

	Loddemetal	Flussmiddel
Blødlodning	<i>Tin-sølvlod:</i> DIN 1707 type L-SN AG 5	DIN 8511 blad 2: type F-SW 21 og – F-SW 22
Hårldodning	<i>Sølvlod:</i> DIN 8513 blad 3 type L AG 40 – L AG 60 – L AG 60 sn <i>Kobber-phosphorlod:</i> DIN 8513 blad 2 type L AG 5 P – L AG 15 P	DIN 8511 blad 1: type F-SH 1

Fig. 9.17. Oversigt over loddematerialer til kobberrør. De anførte loddematerialer er normerede og deres egnethed til lodning af materiel til brugsvandsinstallering anses for dokumenteret. De enkelte fabrikater skal VA-godkendes og emballagen skal være mærket med bl.a. godkendelsesmærke og anvendelsesområde.

Andre loddemetaller og flussmidler kan opnå godkendelse.

ske først vise sig efter nogle dages driftstid og kan så under uheldige omstændigheder medføre store skader og ulemper. Den bedste metode til afsløring af denne type fejl er en trykprøvning med luft, se kap. 24, men heller ikke denne kontrolmetode er uden problemer.

Mekaniske
koblinger

Den anden almindelige samlingstype er den mekaniske kobling. Koblingerne, der alle er fabriksfremstillede, findes i flere typer. Koblingerne skal være VA-godkendte. På fig. 9.19 er der vist et eksempel på en mekanisk kobling.

De fleste mekaniske koblinger tilspændes med møtrik. Der advares mod at tilspænde hårdere end fabrikanten angiver.

Det bemærkes, at ved samling af bløde kobberrør med mekaniske koblinger skal der anvendes støttbøsninger.

På fig. 9.20 er der vist eksempler på formstykkeprogrammer hørende til forskellige typer og fabrikater.

Samlingernes anvendelsesområde er normalt angivet i VA-godkendelserne. Mekaniske koblinger bør være anbragt således, at eventuelle utætheder umiddelbart erkendes og således, at samlingerne er udskiftelige.

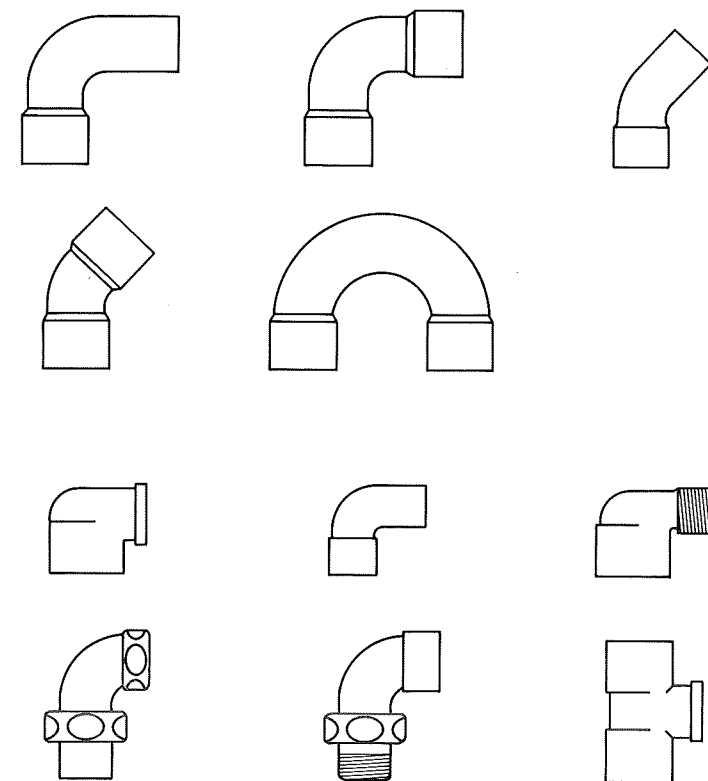


Fig. 9.18. Eksempler på loddefittings til kobberrør. Glatte ender er beregnet for lodning i mufte på anden loddefitting.

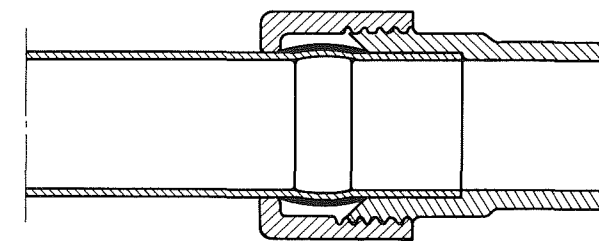


Fig. 9.19. Eksempel på mekanisk kobling til kobberrør.

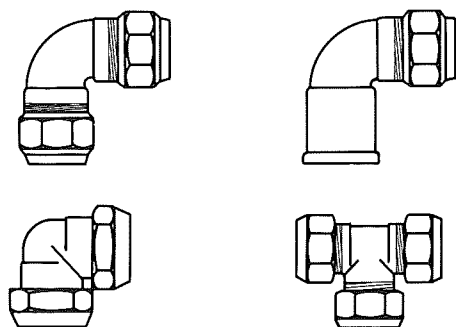


Fig. 9.20. Oversigt over formstykker med mekanisk kobling til brug for kobberør.

Rustfri stålør i bygning

Rustfrit stål er et nyt materiale i Danmark til brugsvandsinstallationer. Rør af rustfrit stål har stort set samme anvendelsesområde som kobberør. På visse områder afviger stålørernes egenskaber dog fra kobberørerne.

Fremstilling

Rustfri stålør til brugsvandsinstallationer er normalt af den såkaldte austenitiske type, der umiddelbart kendes fra andre arter af rustfrit stål ved at være helt eller næsten helt umagnetisk. Normalt har rustfrit stål et cromindhold på mindst 8 % foruden et mindre indhold af andre legeringsstoffer. Mest anvendte er rustfri stålør af den velkendte 18/8 type, dvs. en stållegering med 18 % crom og 8 % nikkel. Et rørfabrikat skal være VA-godkendt. Også andre stålsorter end 18/8 kan godkendes, hvis godkendelses- og prøvningsbetingelserne opfyldes.

Der findes ikke danske standarder for rustfri stålør, og af relevante udenlandske standarder kan nævnes:

Engelsk standard: BS 4127 1967

Tysk standard: DIN 17440, CrNi 18-9

Svensk standard: 142333 (18/8 stål) og
142343 (molybdæn-legeringer)

Rør af rustfrit stål er uden særlig overfladebehandling.

Overflade-
behandling

Fysiske egenskaber

Rør af rustfrit stål har en massefylde på 7800 kg/m^3 . Den termiske udvidelseskoefficient er $0,016 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$, dvs. den er af samme størrelsesorden som kobberør. De rustfrie stålør er stærkere end kobberør og derfor mindre udsat for mekaniske skader. Ved bedømmelse af et rørsystem bør dog også formstykker og samlinger tages i betragtning.

Kemiske egenskaber

Rustfri stålør har gode kemiske egenskaber og er modstandsdygtige overfor alle normale typer brugsvand. Kun hvor vandet har et meget højt chloridindhold (Cl^-), dvs. mere end 300 mg Cl/l bør der træffes særlige forholdregler f.eks. ved at placere rørene synligt og udskiftelige.

Risikoen ved chloridholdigt vand skyldes, at høje chloridkoncentrationer kan fremkalde spændingskorrosion (spaltekorrosion) i rustfrit stål. Sådanne høje koncentrationer kan opstå, hvor vand inddampes – f.eks. hvor vand fra en utæt samling siver ud og fordamper fra røroverfladen. Selv almindeligt brugsvand kan på denne måde frembringe høje chloridkoncentrationer, se iøvrigt kap. 19.

De rustfri stålør har bedre korrosionsegenskaber end kobberør, men da man i praksis kun kan få loddefittings mv. af kobber, er anvendelsesområdet stort set det samme.

Dimensioner

Rustfri stålør fås bl.a. i de i fig 9.21 anførte dimensioner og leveres i lige længder à 5 meter. Dimensioner for stålør kan angives som angivet for kobberør.

Rørene leveres i mange forskellige dimensionsserier med forskellige godstykker, afhængigt af fabrikat.

Udvendig diameter × godstykkelse mm	12×0,6	15×0,6	18×0,7	22×0,7	28×0,8	35×1,0
Indvendig diameter	10,8	13,8	16,6	20,6	26,4	33,0
Vægt pr. meter rør, kg	0,17	0,21	0,30	0,36	0,53	0,85

Fig. 9.21. Eksempel på dimensionsserie for rør af rustfrit stål.

Bearbejdning

Rørene kan bukket koldt i et bukkeapparat.

Samlinger

Rørene samles med kapillarloddefittings af kobber eller rustfrit stål, eller kompressionsfittings af rustfrit stål eller en egnet kobberlegering. Fittings af rustfrit stål findes endnu ikke på det danske marked. Lodning med kobberfittings udføres som blødlodning under anvendelse af flusmiddel på phosphorsyrebasis, og lodning med fittings af rustfrit stål udføres som hårdlodning. Der må hverken til blød- eller hårdlodning anvendes chloridholdigt flusmiddel eller zink- eller cadmiumholdigt loddemetal. Samlinger med kompressionsfittings anvendes kun på udskiftelige ledninger og således, at samlingerne er fritliggende eller monteret i udsparringer eller foringsrør, således at eventuelle utætheder straks kan spores. Vedrørende loddematerialer og udvalg i fittings, se under kobberrør.

PEX-rør i bygning

Et af de nyeste ledningsmaterialer er forgrenet polyeten med ekstra høj molekylvægt, de såkaldte PEX-rør. Disse plast-rør kan anvendes både til koldt og varmt vand. Anvendes rørene til varmt vand, skal de dog placeres udskiftelige (se iøvrigt under samlinger).

Fremstilling

Rørene fremstilles ved ekstrudering.

Fysiske egenskaber

PEX-rør har en massefylde på 940 kg/m³. Den termiske udvidelseskoefficient er 0,18 mm/m·°C som middeltal for brugsområdet. PEX-rørene er bløde, men ret modstandsdygtige overfor mekaniske påvirkninger. Dog skal man undgå kontakt med skarpe genstande, og fremfor alt er rørene følsomme overfor stikskader. Ved anbringelse direkte på betongulve bør der træffes beskyttelsesforanstaltninger. Ikke lodrette rør bør understøttes i hele længden.

Kemiske egenskaber

PEX-rør er modstandsdygtige overfor alle normalt forekommende typer af brugsvand. Vedvarende berøring med f.eks. tjære, fortynder og smøremidler skal undgås.

Dimensioner

PEX-rør leveres i de i fig. 9.22 angivne dimensioner. I dimensioner indtil 22×3,0 mm leveres rørene i ruller med rørlængder indtil 100 mm. Dimensioner 28×4,0 mm leveres i længder indtil 50 m. Rørene kan leveres i større dimensioner, men kun de der er anført i tabellen er i øjeblikket VA-godkendte. Dimensionerne angives som anført for kobber-rør.

Udvendig diameter × godstykkelse mm	10×1,8	12×2,0	15×2,5	18×2,5	22×3,0	28×4,0
Indvendig diameter mm	6,4	8,0	10,0	13,0	16,0	20,0
Vægt pr. meter rør kg	0,044	0,059	0,092	0,114	0,168	0,283

Fig. 9.22. Oversigt over dimensioner og vægt for PEX-rør.

Bearbejdning

PEX-rørene kan overskæres med nedstryger eller rørskærer. Rørene kan bukket koldt eller varmt. Til opvarmningen anvendes en varmluftpistol, og temperaturen bør være ca. 130 °C. Ved tildannelse af korte bøjninger anbefales varmbukning evt. med anvendelse af bukkeværktøj. Bøjningerne »fastholdes« med et særligt bukkegarniture. Bukkede rør kan rettes ud igen ved opvarmning.

Samlinger

PEX-rør samles med kompressionsfittings som anført for kobberrør, idet der dog altid skal anvendes støttebøsninger.

Vedrørende placering af samlingerne skal følgende citeres fra VA-godkendelsen:

Placering af
samlinger

Ledninger for *varmt vand* skal anbringes således, at PEX-rør og kompressionsfittings er udskiftelige. Eventuelle samlinger med kompressionsfittings anbringes således, at samlingerne er fritliggende eller monteret i udsparinger eller foringsrør på en sådan måde, at eventuelle utætheder straks kan spores.

PEX-rør for *koldt vand* kan indstøbes eller anbringes utilgængeligt. Eventuelle samlinger skal være udskiftelige og skal anbringes således, at samlinger er fritliggende eller monteret i udsparinger eller foringsrør på en sådan måde, at eventuelle utætheder straks kan spores.

Kapitel 10

Armaturer

Generelt

Normen

Generelle krav

I normen er der ikke formuleret generelle krav til armaturer. Armaturer skal tilfredsstille de generelle krav til materialer, der er refereret i kap. 8.

Specielle krav

For nogle armaturtyper er der formuleret specielle krav i normen. Det drejer sig f.eks. om aftapningsarmaturer og sikkerhedsventiler, og disse krav er anført senere i dette kapitel.

Godkendelses- og prøvningsbetingelser

VA-godkendelse

Alle armaturer skal VA-godkendes i henhold til godkendelses- og prøvningsbetingelser for de enkelte armaturtyper. Der findes betingelser for de armaturtyper, som henhører under grupperne:

aftapningsarmaturer,
afspærrings- og reguleringsarmaturer,
kontraventiler og
vacuumventiler.

VA-godkendelsens indhold

Disse grupper dækker den væsentligste del af armaturerne, se litteraturlisten [10.1], [10.2], [10.3] og [10.4].

Ved VA-godkendelsen oplyses om armaturets egenskaber, og der anføres eventuelle specielle betingelser for armaturets anvendelse. Inden der tages beslutning om anvendelse af et armatur, bør VA-godkendelsen altid studeres nærmere, og fremfor alt bør det kontrolleres, at armaturet er godkendt.

Armaturernes hovedgrupper

Armaturer kan benævnes og gruppeopdeles på flere forskellige måder. En del armaturer er defineret i normen, men ikke alle typer er dækket. VA-godkendelsesbladene har en benævnelse for alle armaturer, som godkendes. Der er ikke fuldstændig overensstemmelse mellem de to sæt af betegnelser – og ofte svarer disse ikke til den almindelige sprogbrug. Man bør derfor være omhyggelig med udformning af beskrivelser af armaturer i tilfælde, hvor der kan være tvivl.

Hovedgrupper

I det følgende er armaturerne opdelt i følgende hovedgrupper:

Tapventiler
Blandearmaturer
Afspærringsarmaturer
Reguleringsarmaturer
Tilbagestrømningssikringer
Sikkerhedsarmaturer
Andre armaturer.

Aftapningsarmaturer

Tapventiler, blandearmaturer samt visse specialarmaturer er i VA-godkendelsen henført til hovedgruppen *1.4 Aftapningsarmaturer*. Denne betegnelse er her i en vis udstrækning undgået, fordi normen bruger betegnelsen *aftapningsventil* for et armatur, der anvendes ved tømning af en del af ledningsnettet. Armaturer med denne funktion benævnes her tømmehaner og beskrives under gruppen afspærringsarmaturer.

Haner og ventiler

Begreberne hane og ventil kan anvendes til at karakterisere armaturkonstruktioner, men bruges nu ofte i flæng. En spulehane vil oftest være en ventilkonstruktion, og en kugleventil minder mest om en hane. Disse begreber kan dog stadig anvendes til at fortælle noget om konstruktionen, hvis de præciseres yderligere såsom toldehane og sædeventil.

Tapventiler og blandearmaturer

Normkrav

Normen stiller en række krav, som vedrører såvel tapventiler som blandearmaturer, så det kan i denne forbindelse væ-

re relevant at betragte dem som en gruppe (aftapningsarmaturer).

Blandt de særlige normkrav, som både vedrører armaturernes konstruktion og montering, kan nævnes

Tapventiler skal udformes og anbringes sådan, at de er bekvemme at betjene, og sådan at stænk og sprøjt fra ventilerne undgås, hvor det har betydning.

Betjening af ventilerne skal kunne ske, uden at det er nødvendigt at række igennem vandstrålen fra armaturet.

Koldtvandsventiler forsynes med blå markering og varmtvandsventiler med rød markering. Betjeningsgrebet for varmtvandsventilen anbringes til venstre for betjeningsgrebet for koldtvandsventilen. Der findes også regler for manøvrering af et-grebs blandere. Betjeningsgrebene udformes sådan, at de ikke kan blive så varme, at de bliver ubehagelige at røre ved.

Vandinstallationer skal være udført på en sådan måde, at vand, der har passeret et anlæg til varmtvandsproduktion, ikke igen kan komme ind i koldtvandsinstallationen. Blandearmaturer for koldt og varmt vand må være udført således, at de giver frit udløb for det blandede vand. Hvis der efter blandearmaturet ønskes anbragt afspærringsarmaturer eller andre indsnævring, anbringes kontraventiler på de to tilgangsledninger foran blandearmaturet. Armaturer der er beregnet for fælles afspærring af det blandede vand (f.eks. termostatiske centralblandere), vil have indbyggede kontraventiler, hvilket fremgår af godkendelsen.

VA-godkendelse

Ved VA-godkendelsen oplyses om aftapningsarmaturernes anvendelsesområde og væsentlige funktioner. Der oplyses specielt om armaturernes strømnings- og støjmæssige egenskaber.

For de enkelte armaturer oplyser VA-godkendelsen om tryktabet i armaturet ved forskellige vandstrømme. Disse forhold er generelt behandlet i kap. 4–6.

Strømningsmæssige egenskaber

Støjmæssige
egenskaber

Mærkning

Der oplyses om armaturernes støjmæssige egenskaber. Disse forhold er generelt behandlet i kap. 18.

Som en særlig kontrolforanstaltning angives, hvorledes armaturerne er mærket, således at fabrikatet kan konstateres. Det kan (og bør) kontrolleres at armaturet nøje svarer til godkendelsesbladets beskrivelse og fotografi.

Tapventiler

En tapventil er i normen defineret som en »Ventil til aflukning og regulering af vandstrømmen ved et tapsted«. Tapventiler har kun én tilslutning til rørnettet og kan altså føre koldt eller varmt vand, men ikke blande til en ønsket temperatur. En tapventil kan dog anvendes til vand, som er blandet i et andet armatur.

Forskellige grupper af tapventiler

Tapventiler kan opdeles i følgende grupper:

Almindelige tapventiler

Tapventiler med tilbagestrømningssikring (spulehaner)

Selvlukkende tapventiler

Skylleventiler.

Almindelige tapventiler

Konstruktion Almindelige tapventiler er oftest sædeventiler der betjenes med et håndgreb. Til anvendelse på hospitaler o.lign. findes ventiler med knæ- eller fodbetjening.

Anvendelse Almindelige tapventiler, som også kaldes servantehaner eller servanteventiler, er beregnet for anbringelse på f.eks. håndvaske, hvor man ikke ønsker eller har mulighed for at anvende blandearmaturer. En typisk tapventil er vist på fig. 10.1.

Tryktab Almindelige tapventiler har oftest et lille tryktab (Δp_m) for normalvandstrømmen, og de tilhører oftest trykgruppe 50 kPa.

Tapventiler med tilbagestrømningssikring

Når tapventiler har slangeforskrining (spulehaner), skal de forsynes med tilbagestrømningssikring. Dette kan f.eks. ske

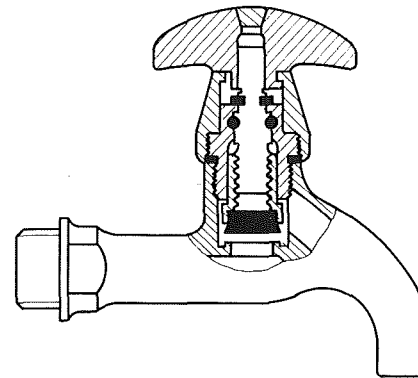


Fig. 10.1. Almindelig tapventil.

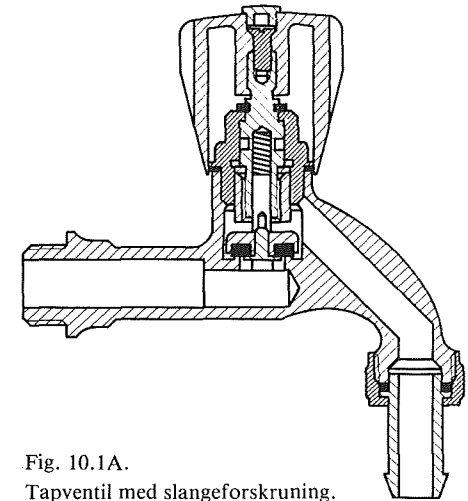


Fig. 10.1A.
Tapventil med slangeforskrining.

med en kontraventil, som monteres foran tapventilen, men der godkendes nu kun armaturer med indbygget tilbagestrømningssikring. Denne består – for de normalt anvendte spulehaner – af en kontraventil, men der findes også tapventiler, der har indbygget en kombineret kontraventil og vacuumventil.

Konstruktion En tapventil med kontraventil er oftest konstrueret som en sædeventil med løs kegle, som vist i princippet på fig. 10.1A. Denne ventiltipe kaldes også stilbar kontraventil – i modsætning til en almindelig kontraventil, som kun har den funktion at sikre mod tilbagestrømning.

Anvendelse Armaturet anvendes oftest som spule- og havevandingshane, men kan også anvendes ved tilslutning af opvaskemaskiner mv. i de tilfælde hvor der i VA-godkendelsen er krævet såvel afspærrings- som kontraventil. Se kap. 11. Nyere maskiner har indbygget tilbagestrømningssikring, således at der kan anvendes en almindelig afspærringsventil. Dette er nævnt i maskinens godkendelse.

Frostsikring Mange spulehaner anbringes i det fri eller i rum, hvor der er frostfare. Der skal i disse tilfælde sikres mod frostskafer f.eks. ved tømning i den farlige periode. Der findes spulehaner (eller mere generelt udvendige haner) med forlænget

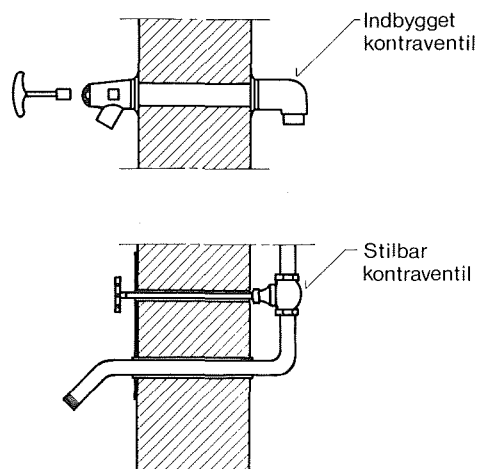


Fig. 10.1B. Spulehane til frostsikker anbringelse.

spindel og udløbstud, hvilket muliggør, at selve ventilen kan anbringes frostfrit og alligevel have betjeningsgreb og selv-tømmende udløb placeret i det fri. Se fig. 10.1B.

Selvlukkende tapventiler

Selvlukkende tapventiler findes til flere formål, såsom til køkkenvask, håndvask og bruser. Til brug for bruserarrangementer sker blandingen af koldt og varmt vand i et andet armatur. Selvlukkende tapventiler godkendes under betegnelser som selvlukkende aftapningsarmatur (til brusere) og selvlukkende ventil (til håndvask eller bruser).

Nogle selvlukkende tapventiler giver mulighed for indstilling af åbningstiden inden for et givet interval, f.eks. fra 6 til 120 sekunder.

Skylleventiler

Skylleventiler er selvlukkende ventiler, der primært anvendes til skylning af urinaler. Skylleventiler kan også anvendes til skylning af WC'er, men for tiden findes ingen som er godkendt hertil. Da skylleventiler er ret robuste, anvendes de ofte på offentlige toiletter o.lign.

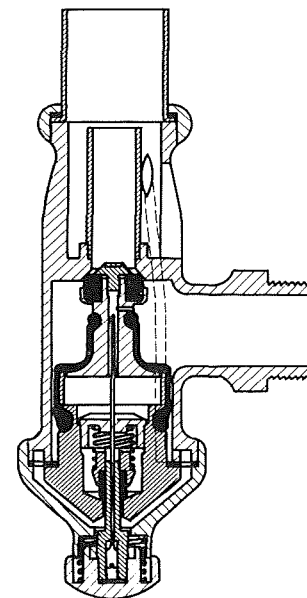


Fig. 10.1C. Skylleventil.

Konstruktioner

Skylleventiler betjenes normalt ved tryk på en knap som øvrige selvlukkende ventiler. Åbningstiden kan som regel indstilles.

Vandstrømme og tryktab

WC- og urinalskylning med skylleventiler kræver ret store vandstrømme, se fig. 5.2, og anvendelse af skylleventiler medfører derfor normalt relativt store rørdimensioner. Hertil kommer, at tryktabet i skylleventiler oftest er ret stort. Disse forhold gør, at man i praksis oftest anvender cisterne-skylning til WC'er. Skylleventiler anvendes dog ofte til urinaler. En skylleventil er vist i fig. 10.1C.

Blandearmaturer

Blandearmaturer består i princippet af to tapventiler med fælles udløb. De kan være forsynet med omstilling mellem flere udløb.

Der skelnes mellem:

manuelt styret blandearmatur og
automatisk styret blandearmatur.

Indstilling af
åbningstid

Anvendelse

Manuelt styrede blandearmaturer

Efter den måde, som blandearmaturerne betjenes på, benævnes de:

to-grebs blandere eller
et-grebs blandere

To-grebs blandere, manuelt styrede

Armaturer, hvor to tapventiler betjenes med hver sit håndgreb, kaldes to-grebs blandere eller almindelige blandearmaturer.

Armaturtyper

De almindelige blandearmaturer anvendes i stor udstrækning ved installationsgenstande, f.eks. hånd-, køkken- og rengøringsvaske, badekar mv.

Flere udløb

Armaturerne kan være forsynet med omstilling mellem flere udløb og således betjene flere end én sanitetsgenstand. Omstillingen kan f.eks. være et håndgreb eller en trykknop.

Udløbstude

Udløbene kan f.eks. være udformet som faste eller svingbare tude, eller de kan være forsynet med faste brusere eller håndbruserarrangementer.

Supplerende funktioner

Nogle armaturer har indbyggede afspærringsventiler (eller -haner), således at reparation og udskiftning af pakninger kan foretages uden gene for resten af installationen.

Nogle armaturer med flere udløb har indbyggede tilbagestrømningssikringer. Den sikring kan være en automatisk tilbægstilling, hvis trykket forsvinder til det udløb, der ikke kræver sikring mod tilbægsugning. Dette er specielt tilfældet med armaturer med omskiftning mellem kar og håndbruser og ved bidet-armaturer.

Vedr. sikring mod tilbagestrømning henvises til kap. 11 og 17.

I fig. 10.2 er der vist nogle eksempler på almindelige blandearmaturer.

Et-grebs blandere, manuelt styrede

Mange moderne blandearmaturer er af den såkaldte et-grebstype. Ved disse bestemmes såvel vandstrømmens størrelse som blandingen af koldt og varmt vand ved manøvrering af ét håndgreb.

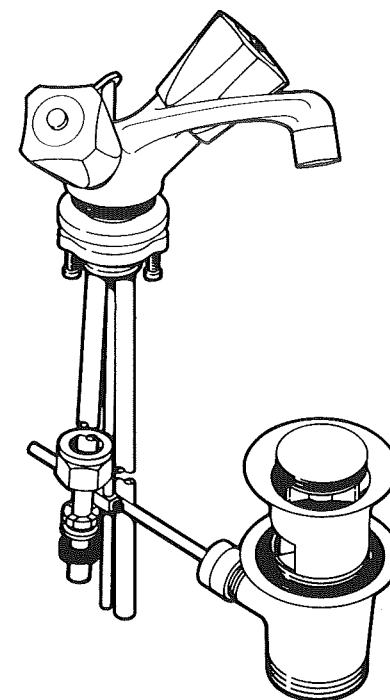
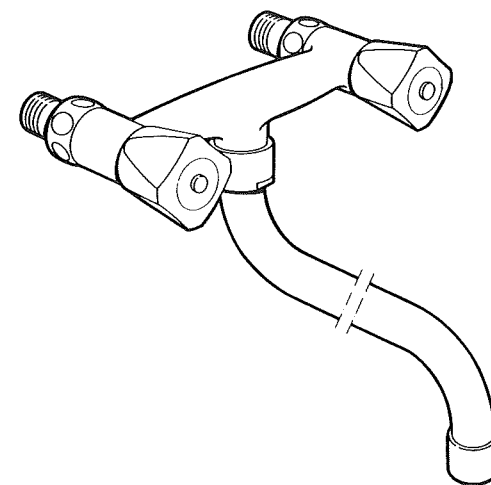


Fig. 10.2. Almindelige blandearmaturer.

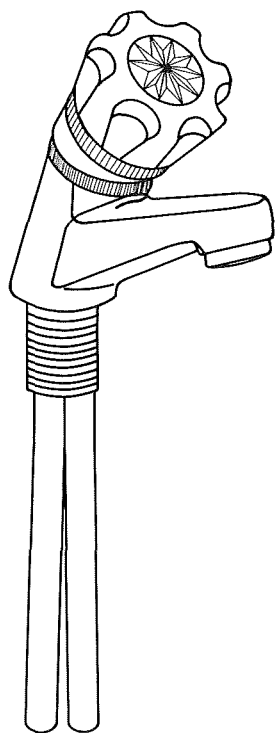


Fig. 10.3. Et-grebs blander.

For udløbstyper henvises til det, der er anført for to-grebs blandere. I fig. 10.3 er der vist et eksempel på en et-grebs blander.

Særlige blandearmaturer

Nogle armaturer har to greb, hvor man med det ene indstiller forholdet mellem koldt- og varmtvandsstrømmene og med det andet vandstrømmens størrelse.

Nogle armaturer har en indbygget reguleringsmekanisme, der muliggør, at armaturet kan forindstilles til forskellige tryktab ved fuldt åben stilling. Sådanne armaturer med forindstilling kan være velegnede, hvor samme armatur ønskes anvendt ved forskellige trykforhold.

Automatisk styrede blandearmaturer

Automatisk styrede blandearmaturer er indrettet til en manuel indstilling og en automatisk fastholdelse af udløbstemperaturen samt en manuel regulering af vandstrømmens størrelse. Armaturerne er enten tryk- eller temperaturstyrede. Disse armaturer kræver ofte et stort trykfald for at fungere korrekt, dvs. trykgruppe 300 eller 150 kPa.

Trykstyrede blandearmaturer

Trykstyrede armaturer har normalt to betjeningsgreb. Med det ene reguleres vandstrømmen, og med det andet indstilles blandingen af koldt og varmt vand til den ønskede udløbstemperatur. Ved trykændringer i koldt- og/eller varmtvandsledningerne vil armaturet automatisk sørge for, at den indstillede blanding og dermed udløbstemperaturen fastholdes.

For anvendelsesområder og udløbsudformning gælder, hvad der er anført for de manuelt betjente blandearmaturer.

Temperaturstyrede blandearmaturer

Temperaturstyrede armaturer har normalt to betjeningsgreb. Med det ene reguleres vandstrømmen, og med det andet indstilles den ønskede udløbstemperatur. En indbygget termostat styrer blandingen af koldt og varmt vand, således at den indstillede temperatur fastholdes.

Afspærringsarmaturer

Et afspærringsarmatur – eller en afspærringsventil – er i følge normen en ventil, der kan afspærre en del af et ledningsnet eller en installationsgenstand. Mens tapventiler og blandearmaturer begge har den funktion at tillade en tapning fra nettet, så har afspærringsarmaturer normalt ikke denne funktion. En undtagelse herfra er tømmehaner (i normen kaldet aftapningsventiler), som normalt regnes til gruppen afspærringsarmaturer.

Armaturkonstruktioner

Afspærringsarmaturer kan efter deres konstruktion opdeles i følgende typer:

Toldehaner,
sædeventiler,
kuglehaner,
skydeventiler og
membranventiler.

Toldehaner

Toldehaner i vandinstallationer finder næsten kun anvendelse som afspærringsmulighed på ledninger i jord og som tømmehaner på beholdere. En toldehane er vist i fig. 10.4.

Sædeventiler

Sædeventiler anvendes meget i vandinstallationer, og de fremstilles i to typer: almindelig sædeventil og fristrømsventil, som er en sædeventil med skråtstillet spindel. Fristrømsventilerne har et relativt lille modstandstal, og de anvendes derfor primært i installationer, hvor det er nødvendigt at begrænse tryktabet. Se fig. 10.5. En stor del af tapventilerne og to-grebs blandearmaturene er i øvrigt også konstrueret efter sædeventilprincippet.

Kuglehaner

Kuglehaner er meget anvendte afspærringsarmaturer. De anvendes oftest som reparationsventiler på koblingsledninger, ligesom de kan være indbygget i tilgangene på aftapningsarmaturer. Se fig. 10.6.

Skydeventiler

Skydeventiler hører til de billigste afspærringsarmaturer, men de er – når der ses bort fra armaturer på ledninger i jord – ikke meget anvendt i vandinstallationer. Skydeventiler har en kort byggelængde og et ret lille modstandstal. Skydeventiler af ældre type, hvor lukningen er »metal mod metal«, giver normalt ikke fuld tætning. Nyere modeller har skod, der er belagt med gummi eller kunststof, og med disse opnås god tætning.

På de typer af skydeventiler, der anvendes på ledninger i jord, er der normalt $9\frac{1}{4}$ spindelomdrejninger fra åben til lukket stilling. Se fig. 10.7.

Membranventiler

Membranventiler anvendes endnu kun i begrænset omfang i vandinstallationer. Ventilerne er karakteristiske derved, at der ikke er vand i overdelen, og at spindeltætning derfor ikke er nødvendig. Membranventilerne kræver derfor ikke megen vedligeholdelse. Et typisk anvendelsesområde er som afspærringsventil i jord.

Til samme ventil findes ofte et stort udvalg af membra-

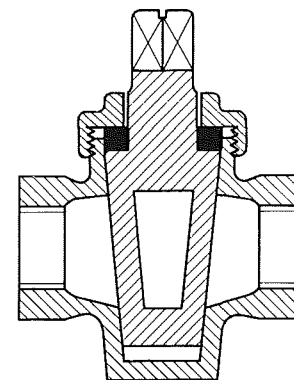


Fig. 10.4. Stophane (toldehane).

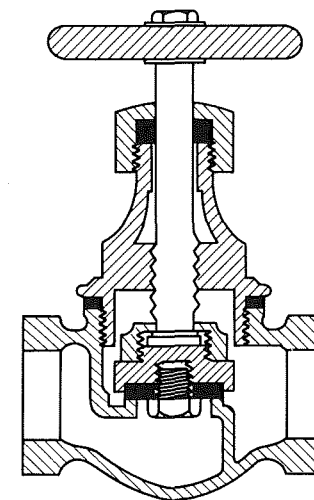


Fig. 10.5. Sædeventil.

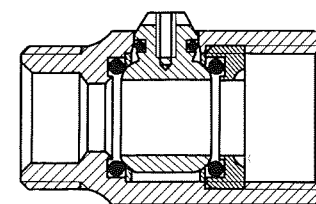


Fig. 10.6. Kuglehane.

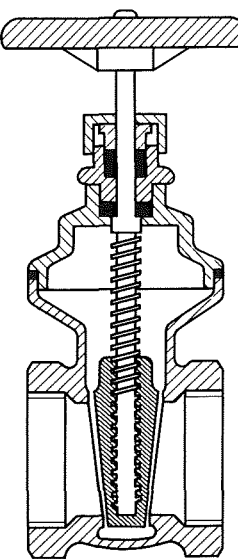
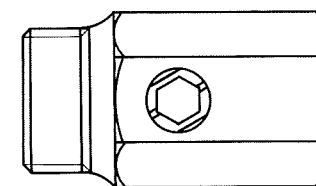


Fig. 10.7. Skydeventil.

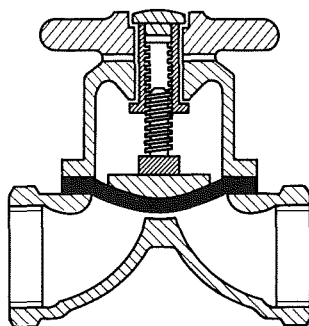


Fig. 10.8. Membranventil.

ner, så det bør altid kontrolleres, at den anvendte membran er egnet for den aktuelle vandtype. En membranventil er vist i fig. 10.8.

Trykstød

For nogle af afspærringsarmaturerne gælder det, at det er muligt at lukke dem så hurtigt, at de kan give trykstød – det gælder således toldehaner og kuglehaner. Sådanne armaturer betegnes som hurtiglukkende, og for godkendelse af disse gælder følgende retningslinier:

Armaturerne må kun monteres som afspærringsarmaturer i dimensioner mindre end 40 mm og kun i fordelingsledninger til énfamilieboliger samt koblingsledninger til et enkelt armatur eller en enkelt maskine eller lignende. Disse begrænsninger er vedtaget fællesnordisk, som en fortolkning af normens krav om, at trykstød skal undgås i installationer, og er gældende indtil der foreligger en prøvningsmetode for måling af trykstød fra armaturer.

Manuel og automatisk styring

Afspærringsarmaturer er i almindelighed altid manuelt betjente. Der kan dog nævnes automatisk styrede afspærringsventiler, såsom svømmerventiler. Svømmerventiler er yderligere beskrevet under afsnittet *Andre armaturer*. En anden type af automatiske afspærringsventiler er magnetventiler.

Konstruktion

Magnetventiler

Magnetventiler er ofte membranventiler med fjederbelastede magnetankre. Styrespændingen er afhængig af fabrikatet og kan variere mellem 24 V og 380 V.

Anvendelse

Magnetventiler anvendes bl.a. i forbindelse med skylning af urinaler, hvor man derved kan opnå en automatisk skylfunktion, som f.eks. kan være styret af et ur eller en fotocelle. Magnetventiler findes indbygget i mange maskiner og apparater, f.eks. vaske- og opvaskemaskiner. Magnetventilerne er da godkendt sammen med den pågældende maskine.

Reguleringsarmaturer

Reguleringsarmaturer anvendes, hvor man ønsker at begrænse eller regulere vandstrømmen i en ledning. Reguleringsarmaturer kan f.eks. være almindelige ventiler, der indstilles til et ønsket fast modstandstal, eller de kan være automatisk virkende ventiler, der sikrer, at trykfaldet over ventilen eller vandstrømmen gennem ventilen holdes konstant.

Reguleringsarmaturer, manuelt styrede

Det er lidt misvisende at tale om regulering i forbindelse med anvendelse af manuelle reguleringsarmaturer – der er snarere tale om indregulering af nettet, dvs. indskydelse af modstande således at vandet fordeler sig i nettet på en ønsket måde.

Indregulering

Indreguleringsteknikken kendes fra varmeanlæg, men anvendes også til cirkulationssystemer for varmt vand. Der er i begge tilfælde tale om systemer med konstante vandstrømme. I vandinstallationer iøvrigt er der (bortset fra cirkulationssystemer) ikke tale om konstante strømme, og man kan derfor ikke foretage en egentlig indregulering. Det er imidlertid muligt ved hjælp af reguleringsarmaturer at begrænse vandstrømmen til en del af nettet eller blot til et enkelt armatur og dermed opnå, at en installation bliver fordelingsmæssigt eller støjmæssigt i orden.

Armatortyper	Et reguleringsarmatur har den funktion, at det skal kunne indstilles til at yde en ønsket modstand, eller – sagt med andre ord – at det skal kunne optage et ønsket trykfald ved en given vandstrøm. Dette kan gøres med flere af de almindelige afspærringsventiler, der således kan tjene som kombinerede afspærrings- og reguleringsarmaturer. Det er dog ønskeligt at have nogle supplerende egenskaber. En reguleringsventil bør således have en skala for indstilling af modstanden – helst ud fra et forindstillingsdiagram. Den bør også have en egnet karakteristik, således at den med god nøjagtighed kan indstilles inden for et stort område.
Armatur-konstruktioner	De ventiler, som anvendes til indregulering, er ofte af sædeventiltypen. Der anvendes også specielle hanetyper, hvor man ved særlige udskæringer i tolden har opnået god reguleringssevne. Flere typer har et indstillingsorgan, der gør det muligt umiddelbart at genfinde indstillingen, efter ventilen har været manøvreret.
Strengreguleringsventiler	Strengreguleringsventiler er beregnet for varmeanlæg, men kan også anvendes i cirkulationssystemer for varmt vand eller som modstand i en vandinstallation, hvor der er overskydende tryk, såfremt de er af VA-godkendt type. Strengventiler har normalt skalaindstilling, og diagrammer over trykfald som funktion af vandstrøm ved forskellige indstillinger fås hos fabrikanten. Strengventiler fås som kombinerede afspærrings- og reguleringsventiler.
Reguleringsteer	En særlig enkel form for reguleringsventiler er reguleringsteer. Et reguleringsteer er et testykke, hvori der er indskruet en prop i afgreningen. Når proppen skrues mere eller mindre ind til delvis blokering af ledningstværsnittet, etableres der en variabel modstand. Reguleringsteer anvendes ofte i cirkulationssystemer.
Modstand ved et tapsted	Der, hvor der er størst behov for indregulering i en vandinstallation, er ved det enkelte tapsted. Der findes imidlertid ikke ventiler, som er umiddelbart egnede for dette formål, fordi det først med den nye vandnorm er blevet gjort helt klart, at der skal tages hensyn til støj og størrelsen af vandstrømmene. Derfor er der behov for et reguleringsarmatur, som kan optage et overskydende tryk – <i>uden</i> generende støj. Dette er uddybet i kap. 18, hvor der nævnes den mulighed,

at et overskydende tryk optages i koblingsledningen, der udformes som et langt, tyndt rør. Denne metode er imidlertid ikke særlig praktisk. Det må forventes, at egnede armaturer til dette formål – f.eks. af kuglehanetypen – vil blive bragt på markedet. Armaturer med variabelt tryktab er også en løsning, som kan modvirke støjproblemer, se eks. 18.1.

Reguleringsarmaturer, automatisk styrede

Automatisk regulering anvendes, hvor et tryk, en vandstrøm eller en vandtemperatur skal fastholdes på en ønsket værdi. Armaturer, som både har tappefunktion og automatisk regulering, er omtalt under tapventiler og blandearmaturer.

Automatisk regulering anvendes kun i begrænset omfang i vandinstallationer. Der findes i øjeblikket i denne gruppe kun VA-godkendelser for termostatiske reguleringsventiler.

Hvis flere tapsteder skal forsynes med vand af samme temperatur, så kan vand af denne temperatur fås gennem blanding af koldt og varmt vand i en termostatisk reguleringsventil. Blandingstemperaturen kan normalt indstilles inden for et vist område, men indstillingen kan som regel ikke foretages af brugeren af det enkelte tapsted.

Nogle termostatiske reguleringsventiler skal ved monteringen forsynes med kontraventil på koldt vandstilgangen. Hvor dette er tilfældet er det anført i VA-godkendelsesbladet. Nyere armaturer har indbygget den fornødne tilbagestrømningssikring.

I områder, hvor der er meget højt vandtryk – evt. kun i perioder – kan det være ønskeligt at begrænse trykket og fastholde det på en lavere værdi. Dette kan gøres med en reduktionsventil. En reduktionsventil søger at fastholde trykket på sekundærsiden, uanset trykket på primærsiden og uanset vandstrømmens størrelse. Reduktionsventiler anvendes normalt ikke i vandinstallationer, men visse steder kunne de være en hjælp til at mindske støjgener.

Fastholdelse af en bestemt vandstrøm er normalt kun af interesse, når det gælder de enkelte tapsteder. Hvis man forsynede hvert tapsted i en installation med en vandstrømsregulator, som kunne begrænse og fastholde vandstrømmen

Fastholdelse af temperatur

Fastholdelse af tryk

Fastholdelse af vandstrøm

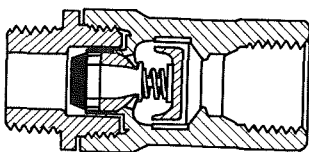


Fig. 10.9. Vandstrømsregulator.

til tapstedets normalvandstrøm, så kunne man opnå, at taping fra et tapsted kun ville få begrænset indflydelse på vandstrømmen til andre tapsteder.

Vandstrømsregulatorer til dette formål findes på markedet svarende til de forskellige normstrømme. De har et ret stort tryktab (50–200 kPa ved den påregnede vandstrøm). Vandstrømsregulatorer skal også VA-godkendes. En vandstrømsregulator er vist i fig. 10.9.

Tilbagestrømningssikringer

Anvendelse af tilbagestrømningssikringer er beskrevet i kap. 17. De kan opdeles i følgende grupper:

Kontraventiler,
vacuumventiler og
andre tilbagestrømningssikringer.

Kontraventiler

Kontraventiler tillader kun vandgennemstrømning i én retning – hvis ikke der er et vist mindste trykfald i normal strømningsretning, aktiveres ventilen og blokerer for gennemstrømning.

Kontraventiler udføres bl.a. i følgende typer:

Klapkontraventil,
sædekontraventil og
kuglekontraventil.

En typisk klapkontraventil er vist på fig. 10.10. Kontraklappens vægt kan i visse armaturtyper være afbalanceret med et forskydeligt lod på en vægtstang, men disse typer anvendes ikke i vandinstallationer.

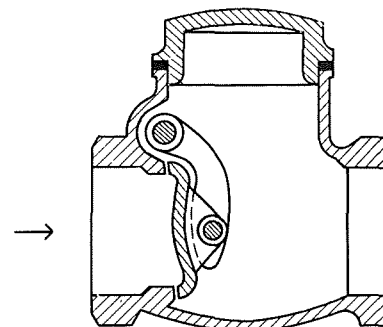


Fig. 10.10. Klapkontraventil.

I de mindre dimensioner anvendes klapkontraventiler ofte i cirkulationssystemer. I de større dimensioner anvendes ventilerne i forbindelse med trykforøgeranlæg. I det sidstnævnte tilfælde bør man være opmærksom på risikoen for trykstød.

Sædekontra-
ventiler

Sædekontraventiler er nok de oftest anvendte kontraventiler. Konstruktionen kan være som vist på fig. 10.11. Sædekontraventilen kan være forsynet med en tvangslukning, som vist på fig. 10.12, således at den også kan fungere som afspærringsventil. Den kaldes så en stilbar kontraventil.

Sædekontraventiler findes både som vægtbelastede og som fjederbelastede. De vægtbelastede er kun beregnet for vandret montage, mens de fjederbelastede kan monteres i en vilkårlig stilling. Krav til montage (vandret/lodret) fremgår af VA-godkendelsesbladet, og kan også være påstemplet ventilen.

Fjederbelastede kontraventiler kan f.eks. bestå af et rørformet hus af messing med indvendigt rørgvind. Ventilen har på midten en indsnævring, der danner sæde for et pæreformet, fjederbelastet ventillegeme af plast, se fig. 10.13A.

Kuglekontraventilen minder i princip meget om sædekontraventilen – blot er ventillegemet altid kugleformet, se fig. 10.13. Ventilhuset udføres ofte med skuehuller, således at ventilens funktion kan kontrolleres. Denne funktion kan også opnås med andre konstruktioner, f.eks. ved kontrol

Kuglekontra-
ventil

Armaturtyper

Klapkontraventil

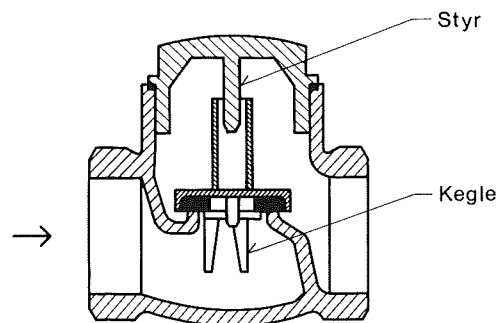


Fig. 10.11. Sædekontraventil.

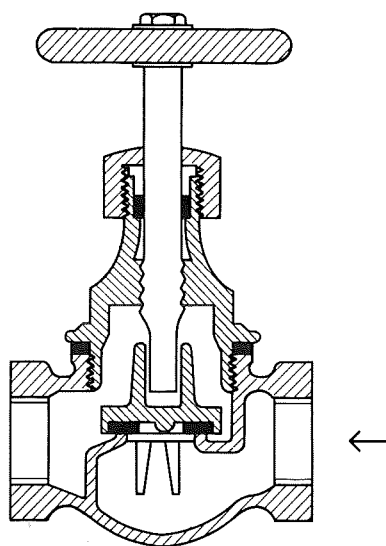


Fig. 10.12. Stilbar kontraventil.

gennem åbning af en pinolskrue. Denne ventilttype kaldes *kontrollerbar kontraventil*.

Der findes også andre typer af kontraventiler. Der er således VA-godkendt en membrankontraventil.

Vacuumventiler

En vacuumventil er en tilbagestrømningssikring, som ved undertryk i vandledningen åbner forbindelse til yderluften, hvorved hævertvirkningen brydes.

Andre kontra-
ventiler

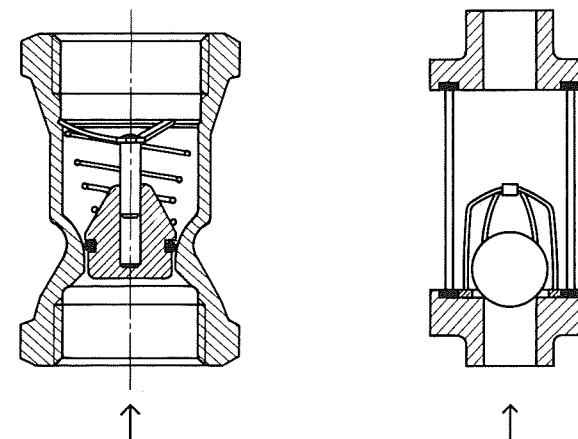


Fig. 10.13A. Fjederbelastet kontraventil. Fig. 10.13. Kuglekontraventil.

Tidligere blev vacuumventiler kaldt rørafbrydere. Denne betegnelse er nu delvis forladt, men ses dog i forbindelsen »åbne rørafbrydere«.

Åbne vacuum-
ventiler

Åbne vacuumventiler har en luftindsugningsåbning, der til stadighed står åben. Åbne vacuumventiler er altid indbygget i et taparmatur – f.eks. i en skylleventil, se fig. 10.1C – og de findes i øjeblikket ikke som VA-godkendte, selvstændige armaturer. Åbne vacuumventiler kan være udført efter ejektorprincippet.

Lavtryksvacuum-
ventiler

I lavtryksvacuumventiler er luftindsugningsåbningerne lukket, når ledningen står under tryk. Lavtryksvacuumventiler er vacuumventiler, der ikke til stadighed påregnes udsat for fuldt ledningstryk. Lavtryksvacuumventiler installeres derfor mellem en ventil og den derefter følgende rørlednings frie udløb.

Ventilerne kan f.eks. være indbygget i gaffelstykker for brusere som vist på fig. 10.14, eller de kan være selvstændige armaturer f.eks. som vist på fig. 10.15.

Højtryksvacuum-
ventiler

I højtryksvacuumventiler er luftindsugningsåbningerne lukket, når ledningen står under tryk. Højtryksvacuumventiler er vacuumventiler, der kan tåle fuldt ledningstryk, og de kan derfor installeres før tapventilen.

Ventilerne kan f.eks. være udført som vist på fig. 10.16.

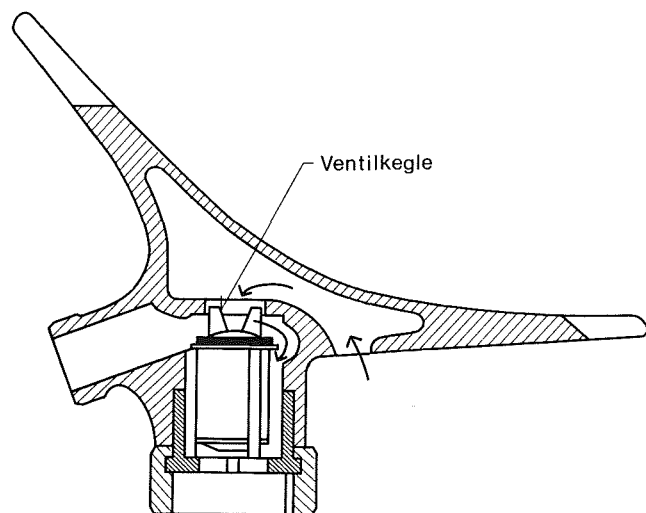


Fig. 10.14. Gaffelstykke for håndbruser med indbygget lavtryksvacuumventil.

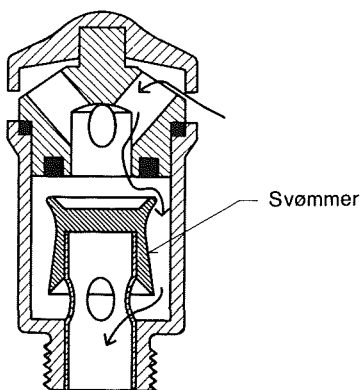


Fig. 10.15. Lavtryksvacuumventil.

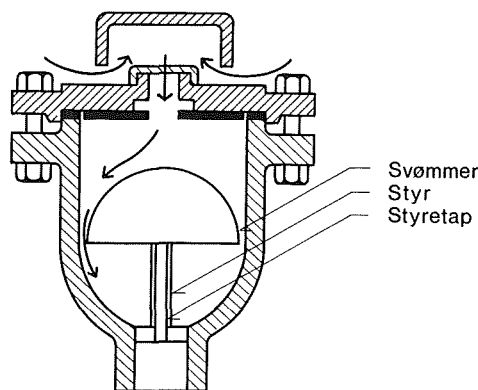


Fig. 10.16. Højtryksvacuumventil.

Andre tilbagestrømningssikringer

Tilbagestrømningssikringer findes enten som særskilte armaturer eller indbygget i eller sammenbygget med andre armaturer. For armaturer, hvor der findes en omskifter mellem et fast og et bevægeligt udløb (f.eks. håndbruser), kan armaturet udformes på en sådan måde, at det faste udløb udgør en tilbagestrømningssikring for håndbruseren. Forskellige typer af tilbagestrømningssikringer kan også kombineres i samme armatur, f.eks. tapventil med kontraventil og vacuumventil, eller kombineret højtryks- og lavtryksvacuumventil (se fig. 10.17).

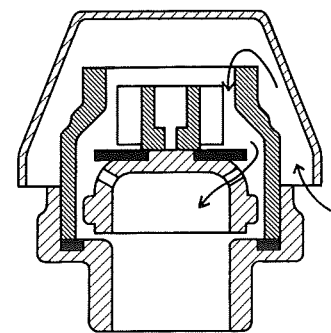


Fig. 10.17. Kombineret højtryks- og lavtryksvacuumventil.

Sikkerhedsarmaturer

Sikkerhedsventiler er ventiler der åbner ved et forud indstillet tryk, og som bortleder overskydende luft-, vand- eller dampmængder, der opstår i et lukket beholder- eller rørsystem.

Reglerne for godkendelse og anbringelse af ventiler, indstilling af løftettryk og overløbsplacering er – hvad angår sikkerhedsventiler til vandvarmere – omtalt i kap. 12.

Sikkerhedsventiler udføres normalt som sædeventiler. Tilvejebringelse af et bestemt løftettryk kan ske ved fjederbelastning eller vægtbelastning. Ventilerne skal ikke kunne reguleres – de købes med angivet tryktrin.

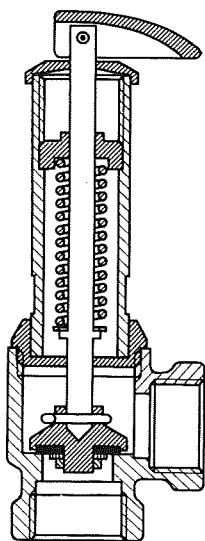


Fig. 10.18. Fjederbelastet sikkerhedsventil.

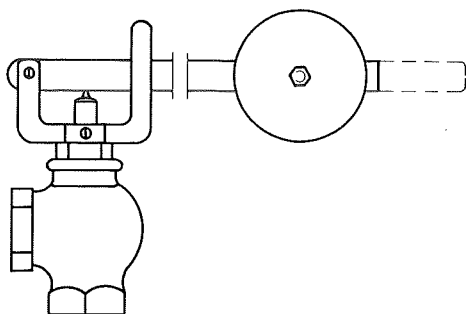


Fig. 10.19. Vægtbelastet sikkerhedsventil.

Fjederbelastede sikkerhedsventiler

Fjederbelastede sikkerhedsventiler kan være udført som vist på fig. 10.18. Ventilerne kan være forsynet med en indstillingsmulighed for indstilling af løftetrykket.

Vægtbelastede sikkerhedsventiler

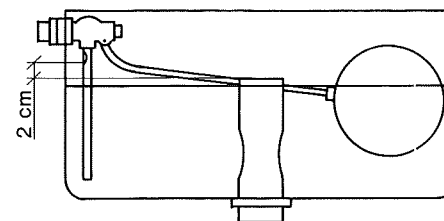
I vægtbelastede sikkerhedsventiler holdes ventilkeglen nede af en vægtstang med et lod, se fig. 10.19. Indstilling af løftetrykket sker ved at forskyde loddet på vægtstangen.

Andre armaturer

I det foregående er der kort omtalt en række almindeligt anvendte armaturtyper. Der kan under forudsætning af VA-godkendelse anvendes andre armaturtyper med samme eller andre funktioner. Her skal kun en enkelt men meget vigtig armaturtype omtales, nemlig svømmerventiler.

Anvendelse*Svømmerventiler*

Ventiler til fyldning af cisterner er normalt svømmerstyrede sædeventiler, se fig. 10.20.



Cisterne med neddykket rør fra svømmerventilen skal være med åben rørafbryder

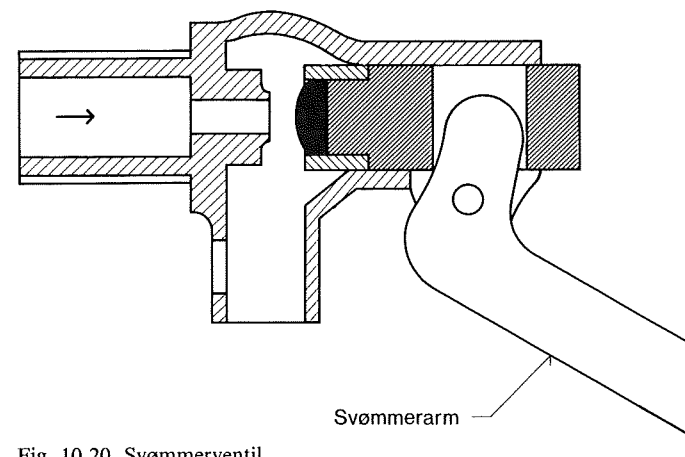
Detalje af svømmerventil

Fig. 10.20. Svømmerventil.

Konstruktion

Selve svømmerlegemet kan være en hul metalbeholder, et plastlegeme eller lignende, der kan forskydes på en stang, således at den aftappede vandmængde kan indstilles.

Indstilling af vandmængde

Det er vigtigt, at der foretages en rigtig indstilling af svømmerventilen, både for at opnå en tilstrækkelig god skylning og for ikke at bruge mere vand end nødvendigt. Cisterner er forsynet med et vandstandsmærke og af VA-godkendelsen fremgår, hvilken vandmængde dette svarer til.

Kapitel 11

Installationsgenstande

Generelt

I dette kapitel er der beskrevet en række forskellige installationsgenstande med de tilhørende vandinstallationer. Der er anført de normkrav, som gælder i forbindelse med den pågældende installationsgenstand, og der er angivet hvilke muligheder, der findes. Endvidere er der givet en beskrivelse af monteringen.

Vedrørende de enkelte installationsgenstande gælder:

VA-godkendelse

Der kan generelt henvises til de respektive VA-godkendelser, som i mange tilfælde er helt fundamentale for den pågældende installationsgenstand. Man finder her ikke alene en godkendelse af produktet, men også en beskrivelse af monteringen. Dette gælder i særlig grad for maskiner, specielle armaturer o.lign., hvor der kan være krav til installationen, f.eks. vedrørende tilbagestrømningssikring. Et meget vigtigt punkt i VA-godkendelserne er betingelserne for det aktuelle produkts godkendelse.

Afspærring ved reparation

Normens krav om afspærringsmulighed ved reparation er ikke omtalt ved alle installationerne men dog i de tilfælde (f.eks. ved cisterner), hvor der direkte er krævet afspærringsmulighed ved installationsgenstanden. Hvorledes normens krav om afspærring skal tilgodeses, afhænger af installationens arrangement. Det skal dog nævnes, at det i de fleste tilfælde er en god idé at montere afspærringsventiler på tilgange til hver enkelt installationsgenstand.

Særlige installationsgenstande

Mere ualmindelige installationsgenstande er ikke omtalt i dette kapitel. Det drejer sig f.eks. om bækkenkylere, drikkekummer o.lign. Vedrørende disse kan der generelt henvises til VA-godkendelserne.

Badekar*Tilslutninger*Normal-
vandstrømmeKoldt vand: $q_n = 0,3$ l/s ogVarmt vand: $q_n = 0,3$ l/s*Armaturtyper*

Bruser

Blandearmatur med fast eller svingbar udløbstud.

Blandearmatur med fast eller svingbar tud og omstilling til bruser.

Bundfyldning
Flere
installations-
genstande

Blandearmatur med udløb placeret i badekarsbund.

Blandearmatur med svingbar udløbstud installeres ofte således, at det kan betjene såvel badekar som anden installationsgenstand (f.eks. håndvask).

Armaturmontering

Armaturer monteres normalt fri af badekar, f.eks. på væg eller på muret banket.

Armatur med
bundfyldning

Armatur med bundfyldning monteres på badekars kantvulst.

Armatur bør placeres i samme ende af kar som karrets bundventil. Normalt forbindes til koblingsledning med fast omløber ($\frac{1}{2}$ el. $\frac{3}{4}$ RG) med nippel eller muffe.*Sikring mod tilbagestrømning*

Luftgab

Armaturer med fast og svingbar tud skal placeres med udløbet mindst 20 mm over overkant badekar. Såfremt armaturet betjener flere installationsgenstande, skal udløbet være 20 mm over overkant af højeste installationsgenstand.

Der er ikke krav om luftgab, såfremt der er sikret mod tilbagestrømning gennem udløbstuden med f.eks. vacuumventil eller åben rørafbryder.

Vacuumventil

Hvis armaturet er forsynet med håndbruser eller er beregnet til bundfyldning, skal der sikres mod tilbagestrømning f.eks. med vacuumventil mindst 300 mm over overkant kar. Tilbagestrømningssikringen kan være indbygget i armaturet og er så omfattet af VA-godkendelsen.

Overløb

Det bemærkes, at eventuelt overløb i henhold til normen ikke anses for at have tilstrækkelig kapacitet til at oven-

nævnte luftgab og højde af vacuumventil kan beregnes ud fra overløbet.

*Særlige forhold*Støj
Koblings-
ledninger

Fyldning af badekar kan give anledning til støj. Se kap. 18.

Ikke-udskiftelige koblingsledninger af kobber bør af hensyn til risikoen for turbulenskorrosion have mindst dimensionen $15 \times 1,0$ mm.**Bidet***Tilslutninger*Normal-
vandstrømmeKoldt vand: $q_n = 0,1$ l/s ogVarmt vand: $q_n = 0,1$ l/s*Armaturtyper*

Blandearmatur evt. med mulighed for indstilling af strålekarakter og stråleretning.

Håndbruser

Blandearmatur (som ovenfor) med omstilling til håndbruser.

Bundbruser

Blandearmatur med omstilling mellem bundbruser og vulstskylning. Der findes normalt en reguleringsventil på tilgang til bundbruser, således at strålehøjde kan reguleres.

Bundventil

Alle armaturtyper kan fås med løft-op bundventil eller tilsvarende.

Armaturmontering

Armaturer monteres normalt på bidet. Enkelte typer er beregnet til montering på væg.

Omløbere

De fleste armaturer er forsynet med tilgangsrør af $10 \times 0,8$ mm evt. $12 \times 1,0$ mm kobberør, der forbindes til koblingsledninger med VA-godkendte omløbere.*Sikring mod tilbagestrømning*

Luftgab

Almindelige armaturer monteres med udløbstuden mindst 20 mm over overkant bidet.

Vacuumventil

Armaturer med håndbruser eller bundbruser skal sikres mod tilbagestrømning f.eks. med vacuumventil mindst 300 mm over overkant bidet. Tilbagestrømningssikringen kan

Overløb være indbygget i armaturet og er så omfattet af VA-godkendelsen. Tilsvarende tilbagestrømningssikring skal foretages ved bidet'er med vulstskylning. Sikringen kan være fælles for brusere og ledning til vulst.

Et eventuelt overløb i henhold til normen anses ikke for at have tilstrækkelig kapacitet til at ovennævnte luftgab og højde af rørabfryder kan regnes ud fra overløbet.

Bruser

Tilslutninger

Normal-
vandstrømme

Koldt vand $q_n = 0,2 \text{ l/s}$ og

Varmt vand $q_n = 0,2 \text{ l/s}$

Ved samtidigt løbende brusere, f. eks. i omklædningsrum i fabrikker, kan under forudsætning af neddrosling regnes

Koldt vand $q_n = 0,1 \text{ l/s}$ og

Varmt vand $q_n = 0,1 \text{ l/s}$

Armaturtyper

Blandearmatur med fast hovedbruser.

Blandearmatur med håndbruser.

Blandearmatur med fast hovedbruser eller håndbruser og omstilling til andet udløb (f. eks. fodbruser, badekar eller håndvask).

Temperaturstyrede blandearmaturer kan anbefales af hensyn til skoldningsfaren.

Armaturmontering

Armaturer monteres normalt på væg. Armaturer med omstilling til andre udløb kan monteres som anført for disse (se under håndvask, badekar mv.). Armaturer bør for at undgå skoldning monteres således, at man ikke skal række gennem strålen for at kunne betjene armaturet.

Normalt forbindes til koblingsledningen med faste omløbere med $\frac{1}{2}$ RG nipler eller muffe.

Sikring mod tilbagestrømning

Vacuumventil

Armaturer med håndbruser skal sikres mod tilbagestrømning med f. eks. lavtryks vacuumventil, såfremt håndbruse-

ren kan anbringes i sanitetsgenstand, f. eks. håndvask eller badekar. Rørabfryderen skal være anbragt mindst 20 mm over overkant af sanitetsgenstand.

Sikringen kan også foretages med højtryksvacuumventil anbragt mindst 300 mm over overkant af sanitetsgenstand.

Automatisk
omstilling

Sikring kan være indbygget i armatur og vil så være omfattet af VA-godkendelsen af armaturet. Sikringen kan i disse tilfælde bestå i automatisk omstilling til andet udløb, der skal være placeret således, at det er sikret mod tilbagestrømning ved et luftgab på mindst 20 mm.

Andre muligheder kan tænkes, men i hvert enkelt tilfælde kræves en VA-godkendelse.

Særlige forhold

Koblings-
ledninger

Ikke-udskiftelige koblingsledninger af kobber bør mindst have dimensionen $12 \times 1,0 \text{ mm}$.

Fælles-brusere

Tilslutninger

Normal-
vandstrømme

Koldt vand $q_n = 0,1 \cdot n \text{ l/s}$

Varmt vand $q_n = 0,1 \cdot n \text{ l/s}$

hvor n er antallet af brusere.

Det forudsættes, at vandstrømmen til bruserarrangementet begrænses til ovennævnte vandstrømme.

Armaturtyper

Manuelt betjent blandeventil

Termostatstyret blandeventil (termostatisk reguleringsventil)

Nogle armaturtyper er ikke forsynet med afspærringsventiler. Afspærringsventiler kan være fælles for flere brusere eller de kan anbringes ved hver enkelt bruser.

For at begrænse vandforbruget kan bruserne udstyres med selvluukkende tapventiler med indstillelig åbningstid.

Neddrosling

Neddrosling kan foretages med egnede reguleringsventiler på tilgange til armatur. Reguleringsventiler kan være fælles for flere armaturer.

Armaturmontering

De enkelte armaturers tilslutning varierer meget og der henvises derfor til fabrikanternes oplysninger.

Sikring mod tilbagestrømning

Såfremt brusearrangementet forsynes med håndbrugere, skal der sikres mod tilbagestrømning som anført under håndbrugere. Almindeligst forsynes fælles brusearrangementer dog med faste brugere, og i disse tilfælde skal sikres mod tilbagestrømning med et luftgab på mindst 20 mm, hvad der dog i praksis sjældent har betydning for installationen.

Sikring mod overstrømning

For visse armaturtyper kan der kræves særlige tilbagestrømningssikringer for at hindre overstrømning mellem koldt- og varmtvands tilslutningerne, f.eks. kontraventiler på tilgangene til blandearmaturet. De særlige krav vil fremgå af VA-godkendelserne.

Særlige forhold

Styring af vandtemperatur

Som det fremgår af det foregående, styres bruservandets temperatur sædvanligvis centralt, f.eks. kan blandearmaturet være placeret uden for selve bruserrummet. For at undgå skoldning er det derfor bedst, at temperaturen styres automatisk, og at der fra betjeningsstedet er mulighed for at overvåge bruserrummet, samt at der som en simpel kontrol monteres de nødvendige termometre.

Regulering

Hvor hver enkelt bruser ikke er forsynet med afspærrings- og reguleringsmulighed, bør anlægget forsynes med reguleringsventil, der sikrer en vandstrøm på 0,1-0,2 l/s ved hver bruser.

Cisterner (WC'er og urinaler)*Tilslutning*

Koldt vand $q_n = 0,1$ l/s

Normalvandstrøm

Installationstyper

Cisterner fastgjort til WC (kombinationsklosetter).

Cisterner til lav montering.

Cisterner til halvhøj montering.

Cisterner til høj montering.

Cisterner til halvhøj og høj montering anvendes mest til eksisterende (ældre) installationer. Se også under »skylleventiler«.

Montering

Cisterner er normalt forsynet med omløbere til $10 \times 0,8$ mm kobberør.

Afspærringsventil

Tilgangsledningen skal af hensyn til reparation og vedligeholdelse af cisternens svømmerventil mv. være forsynet med afspærringsventil.

Cisterner og afspærringsventil skal være anbragt således at de er tilgængelige for service og vedligeholdelse. Såfremt cisternen monteres skjult, kan der f.eks. være adgang til den gennem et demonterbart dæksel.

Indregulering

Særlige forhold

Ved skylning af WC'er og urinaler bør der ikke anvendes større vandmængde end højst nødvendigt af hensyn til en effektiv skylning. Skyllevandsmængden afhænger af fabrikat og type. For WC'ers vedkommende vil den fremgå af VA-godkendelsen, og vil i de fleste tilfælde være 6-9 liter.

Cisterner er normalt forsynet med et mærke der angiver vandstanden ved en bestemt skyllevandsmængde (ved nyere kombinationsklosetter 6 liter) og cisterneventilen (svømmerventilen) kan ved hjælp af dette mærke indreguleres til den ønskede mængde.

Brandforhold

Når der anvendes skjult montering af cisterner bag eller i en væg, til hvilken der stilles brandtekniske krav, skal man være opmærksom på, at væggen brandtekniske egenskaber kan blive forringet utilladeligt, hvis der anbringes en større åbning i væggen. Normalt vil en afdækning af åbningen med en 1 mm tyk stålplade være tilstrækkeligt, men brandtekniske foranstaltninger bør i hvert tilfælde aftales med myndighederne.

Vandbesparende foranstaltninger

Ved automatisk skylning af urinal(-er) skal skyllevandsmængden begrænses til normalt max. 20 liter pr. time pr. urinal og anlægget skal automatisk holdes aflukket uden for benyttelsestiden. Hvis der anvendes automatiske cisterner, kan dette krav tilfredsstilles ved anbringelse af en magnetventil på tilgangen til cisternen. Magnetventilen kan styres af et ur, evt. af en fotocelle, dørkontakt eller lign. anordning til registrering af urinalets benyttelse. Se kap. 20.

Samtidig skylning af flere urinaler

Flere urinaler kan skylles samtidigt fra samme cisterne. Skyllerørsarrangementet skal udformes således at alle urinaler skylles effektivt. Skyllevandsmængden pr. urinal afhænger af fabrikat og type, og vil normalt være ca. 1–2 liter.

Køkkenvask

Tilslutninger

Normalvandstrømme

Koldt vand: $q_n = 0,2$ l/s og

Varmt vand: $q_n = 0,2$ l/s

Armaturtyper

Håndbruser

Blandearmatur med fast eller svingbar udløbstud.

Blandearmatur med fast eller svingbar tud og omstilling til håndbruser.

Armaturmontering

Armaturer monteres normalt på væg over køkkenvask eller i bord.

Svingtudslængde, armatur i bord

Svingtud bør være så lang at udløb kan nå midte af vask. Hvis armaturet placeres i bord vil et fremspring på 200 mm fra midte armatur normalt være passende.

Armaturlængde, armatur på væg

Såfremt armaturer placeres på væg over vask vil et fremspring på 250–300 mm fra midte armatur normalt være passende.

Udløbs højde

Af hensyn til fyldning af spand eller lignende, bør udløbets højde over vaskens bund være mindst ca. 300 mm.

Normalt forbindes til koblingsledninger med faste omløbere med ½ RG nipler eller muffe.

Luftgab

Sikring mod tilbagestrømning

For armaturer ved køkkenvaske gælder de samme regler om luftgab og vacuumventiler, som er anført for håndvaske. De brugsmæssige krav til udløbets højde medfører i de fleste tilfælde, at kravet om luftgab automatisk er overholdt. Såfremt der anvendes separate tapventiler og udløbene forbindes med løse gummislanger el. lign., skal luftgabet regnes fra det fælles udløb til overkant af vask.

Koblingsledninger

Særlige forhold

Ikke-udskiftelige koblingsledninger af kobber skal af hensyn til risikoen for turbulenskorrosion mindst have dimensionen: $12 \times 1,0$ mm.

Havevandingshaner mv.

Tilslutninger

Normalvandstrøm

Koldt vand $q_n = 0,2$ l/s

Armaturtyper

Aftapningsarmatur med slangeforskrining.

Armaturmontering

Armaturerne er normalt forsynet med muffe eller nipler (½ eller ¾ RG). Armaturerne monteres oftest på væg eller som opstander fri af bygning. Ved montering som opstander bør installationens stivhed sikres f. eks. ved at armaturet monteres på en stolpe af trykimprægneret træ.

Udløbet bør placeres mindst 0,5 m over terræn.

Sikring mod tilbagestrømning

Sikring mod tilbagestrømning foretages normalt med en kontraventil eller ved at vælge et aftapningsarmatur, der er udført med kontraventil. Sikringen kan ikke foretages med vacuumventil.

Særlige forhold

Frostsikring

Havevandingshaner på bygning kan frostsikres som angivet for spulehaner. Havevandingshaner anbragt fri af bygning

frostsikres normalt ved at indrette installationen så den kan afspærres og tømmes i frostperioder.

Tømningen bør ske til f.eks. gulv afløb i kælderrum. De tidligere meget anvendte selvtømmende ventiler anbragt i jord må ikke anvendes, idet normen stiller som krav, at tømning ikke må ske i jord eller i brønd. Såfremt tømning ikke kan ske til lavt liggende afløb, bør installationen kunne tømmes på anden måde f.eks. ved hjælp af trykluft.

Slanger Angående tryktab i slanger mv. henvises til »Spulehaner o. lign.«.

Måler I visse kommuner sker afregning af vandforbrug til havevanding på anden måde end det øvrige vandforbrug.

Nogle kommuner stiller således krav om separat måler på havevandingsinstallation, og andre kommuner tillader havevandingsanlæg tilsluttet uden om måler. De nærmere betingelser bør undersøges i hvert enkelt tilfælde.

Håndvaske

Tilslutninger

Normal-vandstrømme Koldt vand: $q_n = 0,1$ l/s og
Varmt vand: $q_n = 0,1$ l/s

Ved samtidigt løbende tapsteder i omklædningsrum i fabrikker o. lign. kan der under forudsætning af neddrosling regnes

Koldt vand $q_n = 0,03$ l/s og
Varmt vand $q_n = 0,03$ l/s

Armaturtyper

Blandearmaturer med fast udløbstud.

Blandearmatur med fast udløbstud og omstilling til håndbruser.

Armaturer med svingbar udløbstud kan anvendes. De fleste armaturtyper kan fås med løft-op-bundventil.

Blandearmatur kan være fælles for håndvask og andre sanitetsgenstande (f.eks. badekar).

Armaturmontering

Armaturer monteres normalt på håndvasken men kan monteres fri af håndvask på væg. De fleste armaturer er forsynet med tilgangsrør af $10 \times 0,8$ mm kobberør, der forbindes til koblingsledninger med VA-godkendte samlinger.

Sikring mod tilbagestrømning

Luftgab Armaturer med fast eller svingbar udløbstud skal monteres med udløbet mindst 20 mm over overkant håndvask.

Håndbruser Ved armaturer med omstilling til håndbruser skal denne sikres mod tilbagestrømning som angivet for håndbruser.

Særlige forhold

Neddrosling Neddrosling kan foretages med egnede reguleringsventiler (evt. trykstyrede) på tilgange til armatur. Reguleringsventiler kan være fælles for flere armaturer.

Spulehaner o. lign.

Tilslutninger

Normal-vandstrømme Koldt vand: $q_n = 0,2$ l/s eller
Varmt vand: $q_n = 0,2$ l/s
Spulehaner kan tilsluttes over et blandearmatur.

Armaturtyper

Aftapningsarmatur med slangeforskrugging.

Ofte monteres spulehaner således at de også kan anvendes til andre formål, f.eks. fyldning af kar og spande.

Armaturmontering

Armaturerne er normalt forsynet med muffe eller nipler ($\frac{1}{2}$ eller $\frac{3}{4}$ RG). Udløbet bør placeres mindst ca. 0,5 m over gulv eller terræn.

Sikring mod tilbagestrømning

Normale forhold Ved valg af tilbagestrømningssikring skal man tage hensyn til hvorfra tilbagestrømning kan ske.

Under normale forhold, dvs. hvis der ikke kan ske tilbagestrømning fra installation med særlig forureningsrisiko,

foretages sikringen med en kontraventil eller ved at vælge et aftapningsarmatur, der er udført som en stilbar kontraventil.

Særlig
forurenings-
risiko

Hvor der foreligger særlig forureningsrisiko f.eks. i laboratorier eller virksomheder, hvori der anvendes giftige bade etc., skal spulehanen sikres med vacuumventil og kontraventil. Kontraventilens funktion skal kunne kontrolleres som angivet i kap. 17.

Foranstaltningerne bør i hvert enkelt tilfælde aftales med myndighederne.

Særlige forhold

Frostsikring

Mange spulehaner anbringes således, at de er udsat for frost, f.eks. når de anbringes i affaldsrum eller i det fri. I disse tilfælde skal der sikres mod frostsprængning. Sikringen kan foretages således, at vandfyldte dele ikke udsættes for frost eller således at installationen kan afspærres og aftappes i frostperioder.

Slanger

Ved tilslutning af slanger skal man specielt være opmærksom på tryktabet i slangen, der kan betyde en væsentlig nedsettelse af vandstrømmen, og på det forhold at ikke alle slanger er trykfaste. Ikke-trykfaste slanger bør aldrig forsynes med afspærring.

Afløb

Spulehaner bør altid placeres således at der er afløb f.eks. gulvafløb eller nedløbsbrønd i umiddelbar nærhed.

Påfyldningshaner

Tilslutninger

Påfyldningshaner, fra hvilke der tilføres vand til f.eks. kedelanlæg, medregnes kun sjældent ved dimensioneringen af installationen. Dette kan tillades, såfremt påfyldningshanerne kun anvendes lejlighedsvis.

Aftapning af
store vand-
mængder

Hvis der aftappes store vandmængder, f.eks. ved fyldning af beholdere (cisterner), svømmebassiner, fjernvarmeanlæg, bør aftapningstidspunktet aftales med den stedlige vandforsyning. I mange tilfælde vil det blive krævet, at påfyldning skal ske i en periode med et ringe forbrug i den øvrige del af forsyningsområdet, f.eks. om natten.

Normal-
vandstrøm

Vandstrømmen til påfyldningshanen fastsættes i hvert enkelt tilfælde.

Påfyldningshaner kan være tilsluttet såvel koldt- som varmtvandsinstallationen.

Armaturtyper

Armaturtypen afgøres i det enkelte tilfælde. Der vil ofte være tale om almindelige afspærringsarmaturer eller f.eks. stilbare kontraventiler. Se nedenfor om sikring mod tilbagestrømning.

Faste
forbindelser

Sikring mod tilbagestrømning

Påfyldningshaner kræves altid sikret mod tilbagestrømning, og faste forbindelser for påfyldningshaner til de anlæg der skal fyldes på, vil kun i sjældne tilfælde kunne tillades efter normen. Faste forbindelser vil kun kunne tillades til anlæg, der indeholder drikkevand, vanddamp, kvælstof eller atmosfærisk luft. Faste forbindelser til vandvarmeanlæg, i hvilke der sker tilsætning af f.eks. korrosionshæmmende stoffer, kan således ikke accepteres. For at sikre sig mod at fremtidige ændringer af et vandvarmeanlæg skal give problemer anbefales det derfor at forbindelsen mellem påfyldningshanen og anlægget altid udføres med en let demonterbar slange (trykfast).

Varmeanlæg

Stilbar
kontraventil

Påfyldning af varmeanlæg (max. temp. 120 °C) og lavtryksdampanlæg (max. temp. 120 °C og max. tryk 100 kPa ~ 1 bar) vil i henhold til normen kunne tillades, når påfyldningshanen udføres som en stilbar kontraventil.

Andre anlæg

I alle andre anlæg bør sikring mod tilbagestrømning ske som anført i kap. 17.

Rengøringsvaske

Tilslutninger

Koldt vand $q_n = 0,2 \text{ l/s}$

Varmt vand $q_n = 0,2 \text{ l/s}$

Normal-
vandstrømme

Armaturtyper

Blandearmatur med fast eller drejelig udløbstud, evt. separate tapventiler for koldt hhv. varmt vand.

Armaturmontering

Armatur monteres normalt på væg over vask.

Af hensyn til fyldning af spande bør udløbstudens højde være mindst ca. 300 mm over vaskens bund.

Normalt forbindes til koblingsledninger med ½ RG nipler eller muffe.

Sikring mod tilbagestrømning

For armaturer ved rengøringsvaske gælder de samme regler som anført for køkkenvaske.

Skylleventiler (WC'er og urinaler)*Tilslutninger*

WC'er koldt vand $q_n = 1,5$ l/s

Urinaler koldt vand $q_n = 0,4$ l/s

Armaturtyper

Selvlukkende, tryknapbetjente skylleventiler evt. med indstillelig åbningstid.

Ved skylning af urinaler anvendes ofte afspærringsventiler med almindeligt betjeningsgreb. For at undgå vandspild bør foretrækkes selvlukkende ventiler.

Ved automatisk skylning af urinaler anvendes oftest magnetventiler.

Særlige forhold

Nogle skylleventiler har relativt dårlige lydmæssige egenskaber.

Ved automatisk skylning af urinaler skal skyllevandsmængden begrænses til normalt max. 20 liter pr. time pr. urinal. Ved skylning via en magnetventil bør denne automatisk holdes lukket udenfor benyttelsestiden. Magnetventilen kan styres af et ur, evt. en fotocelle, dørkontakt eller lign. anordning.

Se under »cisterner«.

Ved anvendelse af selvlukkende skylleventiler, såvel tryknapbetjente ventiler som magnetventiler bør man være opmærksom på risikoen for skadelige trykstød.

Normal-
vandstrømme

Støjforhold

Vandbesparende
foranstaltninger

Samtidig skylning
af flere urinaler

Trykstød

Vaske- og opvaskemaskiner – boliger*Tilslutninger*

Normal-
vandstrømme

Koldt vand $q_n = 0,2$ l/s og/eller

Varmt vand $q_n = 0,2$ l/s

Normalt tilsluttes vaskemaskiner kun koldt vand, mens opvaskemaskiner kan tilsluttes enten koldt eller varmt vand. Der henvises til fabrikantens anvisninger. For nogle maskiner angiver fabrikanten en max. temperatur ved tilslutning til varmtvandsinstallationen.

Montering

Normalt forbindes til vandinstallationen med en fleksibel trykslange med fabriksmonterede omløbere (½ eller ¾ RG) i begge ender. Der skal anbringes afspærringsventil på tilgangen (før slangen) til maskinen. Afspærringsventilen bør placeres således, at den er bekvem at betjene. Ved nye maskiner skal trykslangen leveres med maskinen. Monteringsvejledning skal medfølge ved køb af nye maskiner.

Sikring mod tilbagestrømning

Indbygget
tilbage-
strømnings-
sikring

Alle installationer af vaske- og opvaskemaskiner skal sikres mod tilbagestrømning. I nye maskiner (dvs. maskiner med VA-godkendelsesnumre større end 870) vil sikringen være indbygget i maskinen, og på forbindelsen til installationen kræves derfor kun den ovennævnte afspærringsventil.

Ældre maskiner

I ældre maskiner er tilbagestrømningssikringen ikke altid indbygget, og der skal derfor henvises til VA-godkendelsen, hvor de krav der stilles til tilslutningen vil være formuleret.

Stilbar
kontraventil

Der vil ved ældre maskiner uden blødgøringsanlæg oftest være stillet krav om en stilbar kontraventil på tilgangsledningen, mens der for ældre maskiner med blødgøringsanlæg kan være stillet strengere krav.

Vacuumventil

Ved visse maskiner kan der således være stillet krav om såvel stilbar kontraventil som vacuumventil, og der kan være givet retningslinier for disses placering i forhold til maskinen.

VA-godkendelserne for ældre maskiner bør derfor altid rekvireres og de deri angivne krav følges.

Trykforhold	<i>Særlige forhold</i> For at vaske- og opvaskemaskiner skal kunne virke efter hensigten skal trykket ved maskinens tilslutning til vandinstallationen ligge mellem visse grænser, der er afhængige af maskintype og -fabrikat.
Min. tryk	De fleste maskiner kræver et mindste tryk på 100–150 kPa (10–15 mVS), enkelte dog kun 20–30 kPa (2–3mVS). Oplysninger fremgår af fabrikantens informationsmateriale.
Max. tryk	Det maksimale tryk er almindeligvis 1000 kPa (100 mVS). Nøjagtige oplysninger om min. og max. tryk kan findes i VA-godkendelsen.
Oversvømmelses-sikring	Der opstår mange skader på bygninger mv. som følge af vandudstrømning i installationer for vaske- og opvaskemaskiner. Nyere opvaskemaskiner har indbygget sikring mod oversvømmelse ved, at vandtilstrømningen afbrydes, og afløbspumpen træder i funktion ved for høj vandstand, og ved at vandtilstrømningen afbrydes ved svigt af afløbspumpen. Armaturer, der angives at sikre automatisk mod oversvømmelse, og som anbringes på tilgangen til maskinen er p.t. ikke VA-godkendte, og der er ikke krav i normen om anbringelse af sådanne.
	Mange vaske- og opvaskemaskiner indbygges, således at vandudsivning ikke umiddelbart erkendes. Det kan derfor anbefales, at maskinerne anbringes på en vandtæt bakke, således at udsivende vand bliver ført frem til forsiden af maskinen. Herved opnås, at man kan nå at afbryde vandtilførslen, før der sker de helt store skader.
Fleksible slanger	Erfaringsmæssigt bliver de fleksible trykslanger utætte efter nogle års drift og installationen bør derfor udføres således at udskiftning let kan foretages.
Koblingsledninger	Se under køkkenvaske.
	Vaske- og opvaskemaskiner – erhverv
	<i>Tilslutninger</i> Vandtilslutningernes art og antal ved vaske- og opvaskemaskiner til erhvervsformål varierer meget afhængigt af fabrikat og type.

	Der kan f. eks. være tale om tilslutninger for én eller flere af følgende: Koldt vand Varmt vand (max. $T = 55\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$) Koldt, blødgjort vand Varmt, blødgjort vand (max. $T = 55\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$) Hedt, blødgjort vand ($60\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) Damp Vandstrømmene vil fremgå af fabrikanternes informationsmateriale.
	<i>Montering</i> Maskinerne forbindes normalt til installationen med rør eller fleksible trykslanger, og der skal være afspærringsventiler på tilgangene.
	<i>Sikring mod tilbagestrømning</i> Her gælder samme forhold som anført for vaske- og opvaskemaskiner til boliger.
	<i>Særlige forhold</i> Vaskemaskiner til erhvervsformål er normalt ikke forsynet med indbygget oversvømmessikring, og VA-godkendelsen kan derfor indeholde krav om, at den pågældende maskine kun må opstilles i rum med gulvafløb.
Oversvømmelses-sikring	Se iøvrigt under vaske- og opvaskemaskiner til boliger.
Trykforhold mv.	Vedr. trykforhold, fleksible slanger mv. se under vaske- og opvaskemaskiner til boliger.
	Vaskerender
	<i>Tilslutninger</i> Koldt vand $q_n = 0,03 \cdot n\text{ l/s}$ og Varmt vand $q_n = 0,03 \cdot n\text{ l/s}$ hvor n er antallet af aftapningsarmaturer. Det forudsættes, at vandstrømmen til vaskerender begrænses til ovennævnte vandstrøm.
Normalvandstrømme	

Armaturtyper

Blandearmaturler med fast (eller svingbar) udløbstud.

Ved vaskerender anvendes ofte de såkaldte fabriksarmaturer med tilgængene placeret lodret over hinanden evt. med bruser på udløb.

Armaturmontering

Armaturer monteres normalt fri af vaskerende, f.eks. på væg eller på rørstativ.

Forbindelsen til koblingsledninger er i de fleste tilfælde $\frac{1}{2}$ RG muffer. Afstanden mellem blandearmaturerne bør være mindst 500–600 mm.

Af hensyn til brugen bør udløbstuden være ca. 300–400 mm over kant af vaskerende.

Sikring mod tilbagestrømning

Luftgab For armaturer ved vaskerender gælder samme regler som anført for håndvaske.

Særlige forhold

Neddrøsling Blandearmaturer ved vaskerender bør regnes samtidigt løbende og derfor neddrøslles til de anførte normalvandstrømme. Neddrøslingen kan foretages med reguleringsventiler ved hvert enkelt armatur. Reguleringsventilerne kan være fælles for flere armaturer.

Kapitel 12

Anlæg for produktion af varmt vand

Generelt

Normens krav

Ifølge normen skal et anlæg for varmtvandsproduktion kunne yde en under hensyntagen til varmtvandstapventilernes antal og art rimelig vandmængde med en passende temperatur.

Erfaringsmateriale og beregningsmetode

Normens krav er ret løst formuleret – som det må være tilfældet ved en norm baseret på funktionskrav – men der findes erfaringsmateriale og beregningsmetoder, som giver en nogenlunde dækning af de fleste opgaver.

Varmtvandsbehov

Det er imidlertid ikke problemfrit at dimensionere et anlæg for varmtvandsproduktion. Det kan for det første være vanskeligt at opgøre behovet for varmt vand. Lettest er det f.eks., hvor det drejer sig om en kendt fabrikationsproces eller ved større boligbyggeri, hvor man kan påregne en vis udjævning i samtidigheden af de individuelle forbrug. Det er sværere ved anlæg, hvor de enkelte familiers særpræg spiller ind, og man må her ofte se bort fra det aktuelle behov og snarere træffe et valg om hvilken ydeevne, der er råd til – eller med andre ord, hvilken komfortgrad man vil vælge. Dette behandles senere i kapitlet.

Anlægsydelse

Det kan endvidere være vanskeligt at beregne et anlægs præcise ydelse. Fabrikanten angiver som regel dimensioneringstabeller, men der findes endnu ikke veldefinerede prøvningsmetoder eller beregninger, som kan bekræfte disse erfaringstal. Ved store anlæg vil det normalt kunne betale sig selv at gennemføre en beregning og ikke uden videre forlade sig på opgivne beholderdata, f.eks. udtrykt som et antal lejligheder, der kan forsynes af de forskellige beholdertyper.

Anlægstyper og deres virkemåde

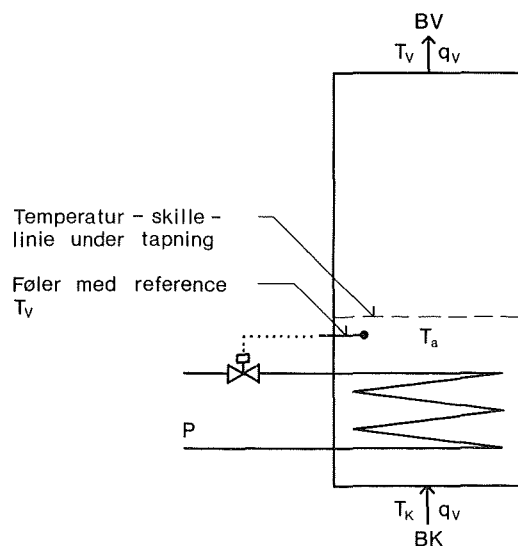
Anlæg for produktion af varmt vand består af en varmeveksler-del i hvilken vandet opvarmes og eventuelt en beholder-del i hvilken det opvarmede vand opbevares til senere brug.

Varmtvands-
beholder

I de fleste anlæg kombineres de to anlægsdele til det, der i almindelighed kaldes en varmtvandsbeholder, men der er intet til hinder for at udføre varmeveksler-delen for sig og eventuelt helt undvære beholder-delen.

Gennemstrøm-
ningsvarmer

Et varmtvandsanlæg med en meget lille evt. slet ingen beholder-del kaldes en gennemstrømningsvarmer eller en gennemstrømningsvarmeveksler. Normens betegnelse er gennemstrømningsvandvarmer.



- T_v Varmtvandstemperatur ved afgang og i øverste del af beholder.
 $T_{v,o}$ Varmtvandstemperatur ved afgang og i øverste del af beholder ved fuld opladning under normale driftsforhold.
 $T_{v,min}$ Den laveste varmtvandstemperatur som accepteres ved afgang.
 T_a Varmtvandstemperatur under skillefladen ved aftapning.
 T_k Koldt vandstemperatur.
 q_v Vandstrøm til og fra beholder.
 P Effekt tilført fra varmeplade til brugsvand.

Fig. 12.1. Symboler og definitioner anvendt i forbindelse med varmtvandsbeholder.

Separat varme-
veksler og
beholder

Symboler og
definitioner

Aftapning

Undertiden udføres større anlæg som en kombination af separate varmevekslere og beholdere. I sådanne anlæg vil det p.g.a. varmetabet fra beholderen være nødvendigt at holde denne opvarmet, evt. ved cirkulation til varmeveksleren for at sikre en passende vandtemperatur til tapstederne.

De symboler og definitioner, som vil blive anvendt i det følgende er angivet i fig. 12.1.

Varmtvandstemperatur under drift

Når der tappes en vandstrøm q_v fra et magasin, der er opvarmet til temperaturen T_v , vil der samtidigt strømme koldt vand med temperaturen T_k ind, se fig. 12.2. Det kolde vand opvarmes til en temperatur T_a , der normalt er lavere end T_v , men iøvrigt afhænger af q_v . Da koldt vand har større vægtylde end varmt, vil der i de fleste beholdertyper være en skillelinie dvs. en smal overgangszone mellem det vand, der i forvejen var i magasinet, og det vand der strømmer ind under tapningen, og som opvarmes til temperaturen T_a . Under

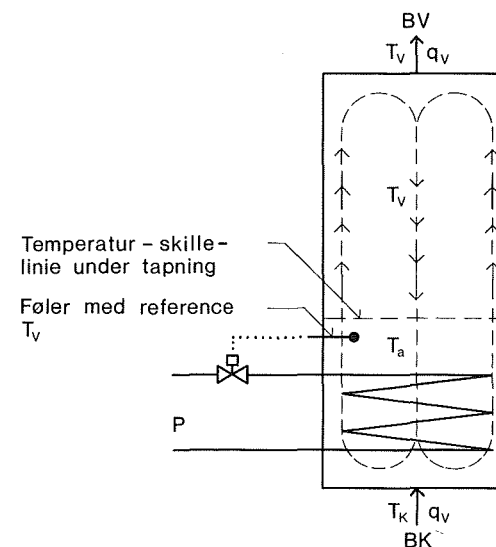


Fig. 12.2. Strømnings- og temperaturforhold ved aftapning og genopvarmning.

fortsat tapning vil skillelinien bevæge sig opad og på et tidspunkt vil temperaturen på det vand, der forlader produktionsanlægget temmelig brat falde fra T_V til T_a .

Opbrugning af
det varme vand

Hvis T_a er for lav til at sikre en passende temperatur ved tapstederne kan man sige, at anlæggets effektive beholdervolumen er opbrugt, idet afgangstemperaturen bliver lavere end den ønskede temperatur. Ved konstruktion af varmtvandsbeholdere sigter man mod, at så meget vand som muligt kan tappes ved den høje temperatur.

Genopvarmning

Når tapningen ophører, og der ikke strømmer koldt vand ind, vil anlægget fortsætte opvarmningen af det vand, der er i beholderen, og der vil i de fleste beholdertyper, afhængigt af varmevekslerens udformning, opstå termiske strømninger, dvs. strømninger, der er betinget af vægtfyldeforskelle hidhørende fra forskellene i vandtemperatur. Såfremt effektilførslen er automatisk reguleret, vil opvarmningen standse når temperaturen ved føleren er nået op på T_V . Det bemærkes, at følerens placering er meget vigtig.

Et anlægs ydelse

En gennemstrømningsvarmer eller en varmtvandsbeholder kan karakteriseres på flere forskellige måder. Det gælder om, at få nogle data, som kan anvendes ved dimensioneringen, og der vil i det følgende blive omtalt de hyppigst anvendte størrelser.

Effekt og beholdervolumen

De væsentligste data for et anlæg er beholderens volumen og den effekt, som varmebladen kan tilføre vandet. Imidlertid er der så store forskelle i anlægskonstruktionerne, at effekt og beholderstørrelse ikke direkte kan tages som et udtryk for et anlægs ydeevne. Da man i dimensioneringen har brug for størrelser, som – uden hensyn til konstruktion – beskriver et anlægs ydeevne, har man defineret begreberne

det effektive beholdervolumen og
den effektive beholderydelse.

Det effektive beholdervolumen

Det man har brug for at vide er ikke, hvor stor beholderen er, men hvor meget brugsvand af en vis temperatur, der kan tappes fra den. Ved langvarige tapninger kan vandets afgangstemperatur ændre sig, og man må derfor – når det effektive beholdervolumen skal angives – præcisere, hvor lav en afgangstemperatur, der kan accepteres. Underskrides denne temperatur kan man sige, at det effektive volumen er udtømt.

Når vandets afgangstemperatur varierer, så kan man ikke nøjes med at måle det aftappede volumen, fordi jo varmere vandet er, desto flere liter varmt brugsvand kan det blive til, når det blandes med koldt vand ved tapstedet til den ønskede temperatur, der normalt er lavere end T_V (se fig. 12.1). Man får derfor et bedre mål for beholderens effektive volumen ved at se på energien eller varmemængden i det aftappede volumen, hvilken kan benævnes varmtvandsbeholderens effektive energiindhold. I fig. 12.3 er det effektive energiindhold anskueliggjort i et diagram, og det kan i ord defineres som følger:

Det effektive
energiindhold

En varmtvandsbeholder er fuldt opladet til temperaturen $T_{V,o}$. Der igangsættes en tapning med en given, konstant strøm q_V , og der tilføres koldt vand af temperaturen T_K . Tapningen fortsættes til afgangstemperaturen er sunket til en given temperatur $T_{V,min}$. Det effektive energiindhold E_{eff} er da den varmemængde over T_K , som er indeholdt i det aftappede vand, se fig. 12.3.

Ud fra denne definition kan man bestemme E_{eff} gennem måling, når driftsbetingelserne er fastlagt.

Definition på det
effektive
beholder-
volumen

Selv om E_{eff} er et godt udtryk for beholderens kapacitet, så kan det være ønskeligt også at kunne give et veldefineret udtryk for det effektive beholdervolumen, V_{eff} . V_{eff} kan defineres ved

$$V_{eff} = \frac{E_{eff}}{(T_{V,o} - T_K) c \cdot \rho} \quad (12.1)$$

hvor c er vandets varmekapacitet og ρ massefylden. Derved bliver V_{eff} et udtryk for det volumen vand af temperatur $T_{V,o}$ som man kan regne med i dimensioneringen.

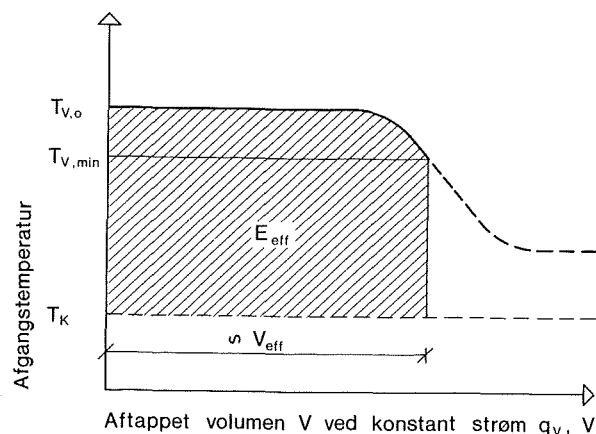


Fig. 12.3. Diagram til illustration af en varmtvandsbeholders effektive energiindhold E_{eff} . Varmtvandsbeholderen aftappes ved en konstant strøm q_v . Det først aftappede vand har temperaturen $T_{V,o}$, men på et tidspunkt begynder temperaturen at falde. Når den er nået ned til den laveste afgangstemperatur, som kan accepteres, $T_{V,min}$, er den effektive energi udtømt. Den effektive energi defineres herudfra som varmeindholdet over T_K af det aftappede vand. Den effektive energi er i diagrammet udtrykt ved det skraverede areal, som kan beregnes af

$$E_{eff} = c \int_{T_V = T_{V,o}}^{T_V = T_{V,min}} (T_V - T_K) dV$$

hvor c er vandets varmekapacitet. Det effektive beholdervolumen kan defineres

$$V_{eff} = \frac{E_{eff}}{(T_{V,o} - T_K) \cdot c \cdot \rho}$$

V_{eff} er med tilnærmelse lig med det volumen, som er vist i diagrammet.

Tilnærmet definition på det effektive beholder-volumen

Hvor man ønsker at definere V_{eff} uden at gå over energiindholdet kan anvendes følgende definition:

Det effektive beholdervolumen ved en given vandstrøm og ved en given effekttilførsel er det volumen vand, som kan tappes fra en beholder med vandtemperaturen $T_{V,o}$ før vandets afgangstemperatur er sunket til under en given temperatur $T_{V,min}$.

Det effektive beholdervolumen er indtegnet i fig. 12.3, hvoraf det ses, at der kan være en vis afvigelse mellem de to størrelser. Hvor det gælder præstationsmålinger tilrådes anvendelse af energiindholdet.

For boliger anbefaler normen iøvrigt

$$\begin{aligned} T_{V,o} &= 55^\circ \text{C} \\ T_{V,min} &= 45^\circ \text{C} \end{aligned} \quad (12.2)$$

Bestemmelse af parametre

Måling af det effektive beholder-volumen

Det ses, at mange parametre skal være fastlagt før man kan angive det effektive beholdervolumen. Disse parametre kan imidlertid som regel fastlægges i et konkret projekt, således at det effektive beholdervolumen kan være en del af bestillingsgrundlaget.

Den eneste sikre måde til at bestemme det effektive beholdervolumen er at foretage en aftapningsprøve, hvor alle parametre (temperaturer, vandstrømme, opstilling mv.) er fastlagt. Ændres parametrene fås en anden værdi af det effektive volumen. En sådan prøve er kostbar at gennemføre og anvendes derfor sjældent.

Den effektive beholderydelse

Den effektive beholderydelse er et mål for den effekt som varmeledende kontinuerligt kan overføre til brugsvandet, og den defineres på følgende måde:

Den effektive beholderydelse er den varmtvandsydelse, som beholderen kan yde kontinuert ved en given effekttilførsel og ved opvarmning af brugsvandet fra en given koldt vandstemperatur T_K til den varmtvandstemperatur T_V , som kan opnås ved den valgte vandstrøm q_v .

Den effektive beholderydelse kan udtrykkes som effekt P_{eff} eller som vandstrøm $q_{V,eff}$

$$P_{eff} = q_v \cdot (T_V - T_K) \cdot \rho \cdot c \quad (12.3)$$

$$q_{V,eff} = q_v \quad (12.4)$$

hvor q_v er den vandstrøm, som er valgt som forudsætning ved bestemmelsen af den effektive beholderydelse.

Det ser ud som om man på denne måde selv kan bestemme, hvor stor en beholders effektive ydelse skal være, men

Definition på den effektive beholderydelse

Den effektive varmtvandseffekt P_{eff}

Den effektive varmtvandsstrøm $q_{V,eff}$

Fastlæggelse af parametre

man må naturligvis vælge q_V på en sådan måde, at den varmtvandstemperatur T_V , som opnås, er relevant. T_V bør vælges til noget i retning af $T_{V,min}$ – dvs. den laveste afgangstemperatur som kan accepteres, fordi en måling med for lav værdi af T_V vil give en urealistisk stor værdi af den effektive beholderydelse.

Den effektive beholderydelse kan udtrykkes for vilkårlige sæt af temperaturer, men ofte anvendes

$$\begin{aligned} \text{afgangstemperatur } T_V: & 50 \text{ el. } 55 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{koldtvandstemperatur } T_K: & 10 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (12.5)$$

Hvor opvarmningsmediet er varmt vand specificeres fremløbs- og returtemperatur til 80/60 °C eller 90/70 °C, evt. andre værdier hvor det er et anlæg, der kan anvendes i fjernvarmeanlæg.

Overslagsdata for varmtvandsbeholdere

Det hører til undtagelserne, at effektivt volumen og beholderydelse er bestemt ved måling. Normalt fås data som er fremkommet gennem fabrikantens erfaring og brug af forskellige korrektionsfaktorer.

Ved sædvanlige temperaturforhold vil beholderens geometriske volumen V være større end dens effektive volumen. Dette kan udtrykkes ved ligningen

$$V = f_V \cdot V_{eff} \quad (12.6)$$

hvor f_V altså er en faktor, der er større end 1, og som afhænger af

beholderens geometri,
varmeffladens størrelse og placering og
følerens placering.

Disse forhold har blandt andet indflydelse på opblandingen dvs. den blanding, der sker af det indstrømmende kolde vand og det varme vand, der befinder sig i beholderen. Opblandingen bevirker, at temperaturen i beholderen falder og dermed, at det effektive beholdervolumen nedsættes.

Såfremt der ikke foreligger målinger, kan man som et

groft overslag – som ikke tager hensyn til hvor god konstruktionen er – regne med følgende værdier for f_V :

$$\begin{aligned} \text{kappebeholdere} & f_V = 1,5 \\ \text{beholdere med indbygget} & \\ \text{varmefflade} & f_V = 1,4 \end{aligned} \quad (12.7)$$

Beholdereffekt
og effektiv ydelse

Den effekt eller varmeydelse P_o , som opgives af fabrikannten, vil være lig med den effektive beholderydelse P_{eff} , såfremt P_o er bestemt ved de temperatur- og driftsforhold, som er relevante for det aktuelle anlæg.

P_o vil imidlertid normalt gælde for nye, rene varmefflader, så der må påregnes en vis reduktion af effekten forårsaget af tilstening. Dette kan angives ved

$$P_o = f_P \cdot P_{eff} \quad (12.8)$$

hvor faktoren f_P vil være afhængig af brugsvandets kemiske egenskaber, af vedligeholdelse og rensning og af om der er installeret elektrolyseanlæg eller lignende. Den kan derfor variere meget. Normen nævner mulige reduktioner på 15–30 % svarende til

$$f_P = 1,15\text{--}1,30 \quad (12.9)$$

En sådan tilstening vil normalt kun påvirke det effektive volumen i ringe grad.

Varmtvandsbehov

Varmtvandsbehovet kan angives på forskellige måder, men til brug for dimensionering af anlæg for varmt brugsvand er et såkaldt tappeprogram et godt udgangspunkt.

Tappeprogram

Et tappeprogram er en redegørelse for sammenhængen mellem tid og varmtvandsforbrug. Det kan anskueliggøres i et diagram, som vist i fig. 12.4.

Tapningen i en installation følger normalt et vist mønster, der med en vis sandsynlighed gentager sig med en bestemt periode. I boliger er denne periode et døgn, evt. en uge, i

Beholdervolumen
og effektivt
volumen

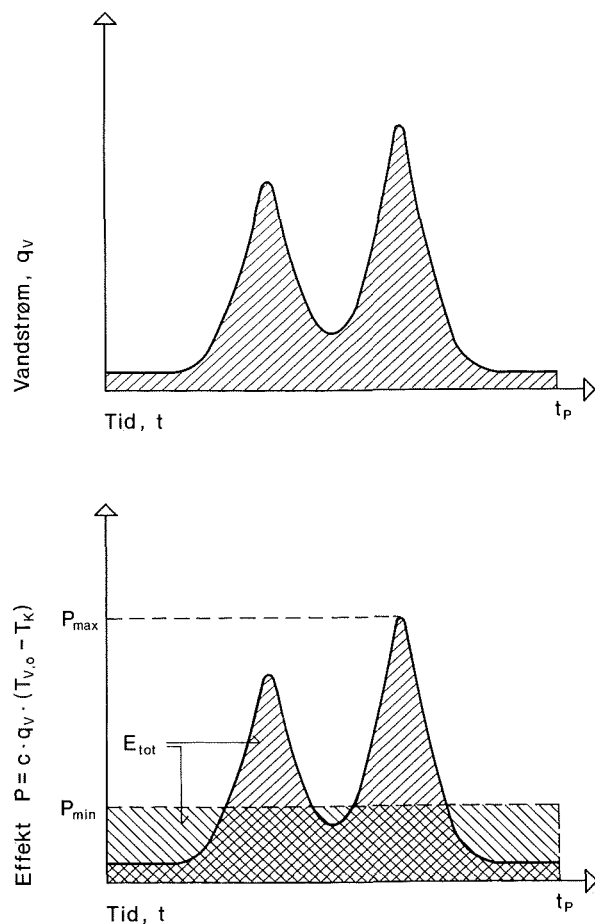


Fig. 12.4. Tappeprogram for en varmtvandsinstallation. Øverst er tappeprogrammet angivet som vandstrømmen som funktion af tiden i den belastede periode. Nederst er vandstrømmen erstattet af den effekt som er indeholdt i vandstrømmen, dvs. $P = 4,18 \cdot q_v \cdot (T_{V,o} - T_K)$. Arealet mellem kurven og tidsaksen er et udtryk for energiforbruget E_{tot} i tidsperioden, og det er vist at samme energiforbrug kunne dækkes af effekten P_{min} , hvis den virkede i hele perioden.

$$E_{tot} = \int_{t=0}^{t=t_p} P \cdot dt = P_{min} \cdot t_p$$

Tappeprogram
baseret på
vandstrøm

Tappeprogram
baseret på
varmtvandseffekt

virksomheder med skifteholdsdrift kan den være f.eks. 8 timer.

Et tappeprogram fastlægger således forbrugets variation indenfor denne tidsperiode. De forskellige varmtvandsbehov vil som regel være kendt som en vandstrøm ved en bestemt temperatur. Da temperaturerne kan være forskellige må der ske en omregning, således at de vandstrømme, som indgår i tappeprogrammet, alle er henført til vand af beholderens afgangstemperatur. Den vandstrøm, som tappeprogrammet øverst i fig. 12.4 angiver, er altså den vandstrøm som forlader beholderen, og ikke de blandede vandstrømme, som f.eks. forlader blandearmaturene. De vandstrømme, der arbejdes med i tappeprogrammet, er ikke de største sandsynlige vandstrømme (se kap. 5). Der er tale om gennemsnitlige forbrug i et noget længere tidsrum f.eks. en time.

I stedet for et tappeprogram, som angiver hvor meget vand varmtvandsbeholderen skal yde på et vilkårligt tidspunkt, kan man angive den effekt P , som skal ydes. Effekten fås som

$$P = \rho \cdot c \cdot q_v \cdot (T_{V,o} - T_K) \quad (12.10)$$

hvor ρ er vandets massefylde, lig med 1000 kg/m^3
 c vandets varmekapacitet, lig med $4,2 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

Hvis P skal udtrykkes i kW og q_v i l/s, fås

$$P = 4,2 \cdot q_v \cdot (T_{V,o} - T_K) \quad (12.11)$$

hvor $T_{V,o}$ er varmtvandstemperaturen, $^\circ\text{C}$ og
 T_K koldt vandstemperaturen, $^\circ\text{C}$

Beregning af
effekt ud fra
vandstrøm

Brug af effekten i tappeprogrammet indebærer den fordel, at man kan angive en installations varmtvandsbehov uden at have bundet sig til beholderens afgangstemperatur $T_{V,o}$. Hvis f.eks. et bidrag til tappeprogrammet består i en vandstrøm q_B ved temperaturen T_B , så skal den omregnes til en vandstrøm q_v henført til $T_{V,o}$

$$q_v = q_B \frac{T_B - T_K}{T_{V,o} - T_K} \quad (12.12)$$

Effekten fås som angivet i (12.11), altså

$$P = 4,2 \cdot q_V \cdot (T_{V,o} - T_K) \quad (12.13)$$

$$= 4,2 \cdot q_B \cdot \frac{T_B - T_K}{T_{V,o} - T_K} \cdot (T_{V,o} - T_K)$$

eller

$$P = 4,2 \cdot q_B \cdot (T_B - T_K) \quad (12.14)$$

hvilket kan beregnes uden at $T_{V,o}$ er kendt.

Brug af tappeprogrammet

Et tappeprogram kan ikke umiddelbart anvendes ved valg af varmtvandsbeholder. Man kan af fig. 12.4 nederst se, at hvis anlægget kan yde effekten P_{max} , vil man teoretisk få et effektivt beholdervolumen på nul. Her skal man være opmærksom på, at P_{max} er beregnet som et gennemsnit for den maksimale time. Hvis man betragter forbrugsvariationer inden for en time vil man få »spidser« i forbruget, der kan være mere end 3–4 gange større end P_{max} . Hvis man vælger en effektiv beholderydelse, der er af samme størrelse som P_{max} vil det nødvendige effektive beholdervolumen kun kunne beregnes, hvis man kender forbrugets variation inden for en time.

Af fig. 12.4 ses ligeledes, at hvis man kunne udjævne belastningen jævnt over hele perioden, kunne man klare sig med effekten P_{min} , idet arealet $P_{min} \cdot (t_p - 0)$ er lig med arealet under kurven. For at opnå denne udjævning må der anvendes et vist beholdervolumen – hvor stort kan man ikke direkte se af figuren, men kun at den mindst mulige effekt er P_{min} .

Sumkurve

Et bedre værktøj i dimensioneringen er sumkurven. Sumkurven angiver det opsummerede energiforbrug som funktion af tiden. Til tiden t kan man altså af sumkurven aflæse, hvor stort energiforbruget har været i tiden fra 0 til t .

En sumkurve kan f.eks. se ud som vist i fig. 12.5. Kurven i fig. 12.5 er sumkurven svarende til tappeprogrammet i fig. 12.4.

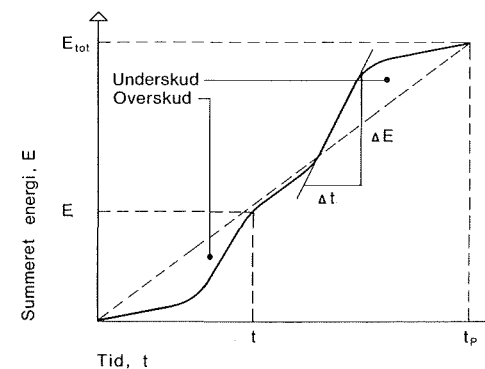


Fig. 12.5. Sumkurve svarende til tappeprogrammet i fig. 12.4 nederst. Til tiden t angiver kurven det energiforbrug, der har været fra $t=0$ til t , dvs.

$$E = \int_{t=0}^{t=t} P dt$$

Ud for $t=t_p$ aflæses følgelig det totale energiforbrug E i perioden 0 til t .

Kurvehældning, effekt

Kurvens hældning i et punkt angiver effektbehovet i dette punkt, idet

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = P \quad (12.15)$$

I fig. 12.4 blev det vist, hvorledes den nødvendige effekt P_{min} kunne dække energiforbruget, hvis den virkede i hele perioden. I fig. 12.5 svarer virkningen af P_{min} til den rette linie mellem $(0,0)$ og (t_p, E_{tot}) .

Det ses også, at hvis varmebladen ydede P_{min} , ville der i begyndelsen være et overskud af energi – som dog gerne skulle kunne opsamles og bruges senere, hvor kurven viser et underskud. Man kan herudfra bestemme sammenhørende værdier af beholdervolumen og effekt, som det skal vises under dimensioneringen.

Dimensionering

Dimensionering af anlæg for varmtvandsproduktion sker på grundlag af normens krav:

Anlæg for varmtvandsproduktion skal dimensioneres på grundlag af forbruget og med hensyntagen til den ønskede komfort.

Kravet er i normen formuleret for boligbyggeri, men kan anses for generelt gældende.

Komfortønsker

Normen fastlægger ikke et komfortniveau, som skal overholdes, men gør opmærksom på, at man skal gøre sig den ønskede komfortgrad klar. Dette vil især få betydning i enfamiliehuse, hvilket er nøjere beskrevet senere i kapitlet.

Dimensioneringsforudsætninger

For boligbyggeri angiver normen en række vejledende forudsætninger.

Valg af temperaturer

Der kan, når der er tale om boliginstallation og lign. vælges følgende dimensionerende temperaturer:

Tilgangstemperatur (koldt vand) $T_K = 10\text{ °C}$ (12.16)

Afgangstemperatur (varmt vand) $T_{V,o} = 55\text{ °C}$

dvs. der dimensioneres for en temperaturstigning på 45 °C . Det kan dog tillades, at brugsvandstemperaturen (ved tappendet) falder til $T_{V,min} = 45\text{ °C}$ ved kortvarige spidsbelastninger.

Grundlag for anlæggets ydelse

Normalt vil forbruget til bad være bestemmende for dimensioneringen, og der kan regnes med følgende størrelser: Forbruget til karbad kan fastsættes til 180 liter ved 40 °C svarende til 120 liter vand med 55 °C blandet med 60 liter koldt vand ved 10 °C . Tappetiden kan fastsættes til 6 minutter. Forbruget til brusebad kan fastsættes til $\frac{1}{3}$ af forbruget til karbad.

Andre hensyn

Der skal endvidere ved valg af anlæggets ydeevne tages hensyn til:

Cirkulationstab. F.eks. svarende til ca. $0,2\text{ kW}$ pr. lejlighed – dog afhængigt af anlæggets udstrækning og isolering. Se kap. 7 og 16. Tillægget gives til den effektive beholderydelse.

Stenbelægning på varmefladen. Afhængig af beholderens udformning kan der gives et tillæg til den effektive beholderydelse, som tager højde for belægning – f.eks. $15\text{--}30\%$.

Elektrolyseanlæg. Disse kræver ofte at vandets opholdstid i beholderen bliver mindst 20 minutter beregnet ud fra det maksimale timeforbrug. Opholdstiden beregnes ud fra det geometriske beholdervolumen.

Dimensionering af gennemstrømningsvarmere

Når der anvendes en gennemstrømningsvarmer helt uden beholdervolumen, skal den til enhver tid kunne yde en effekt P_{eff} , som er lig med det maksimale effektbehov.

Hvis der ikke foreligger et tappeprogram, må man regne med, at der skal ydes en effekt svarende til den største sandsynlige varmtvandsstrøm, q , nemlig

$$P_{eff} = 4,2 \cdot q \cdot (T_{V,min} - T_K) \quad (12.17)$$

Boligbyggeri

I boligbyggeri regnes normalt med $T_{V,min} = 45\text{ °C}$ og $T_K = 10\text{ °C}$. P_{eff} skrives da

$$P_{eff} = 4,2 \cdot q \cdot (45 - 10) \quad (12.18)$$

og for den rene varmeoverflades effekt P_o må regnes med et tillæg på $15\text{--}30\%$

$$P_o = 1,15 \text{ à } 1,30 \cdot P_{eff} \quad (12.19)$$

og med et rundt tal

$$P_o \approx 180 \cdot q \quad (12.20)$$

hvor P_o er effekten i kW for den rene varmeflade, og q den største sandsynlige varmtvandsstrøm, l/s.

Enfamiliehuse

For anlæg, der udelukkende betjener en enkelt familie, dvs. lejlighedsanlæg eller anlæg i enfamiliehuse, kan summen af normalvandstrømmene i h.t. kap. 5 sættes til $0,8\text{ l/s}$, hvilket svarer til en sandsynlig varmtvandsstrøm på $0,43\text{ l/s}$ ($q_{n,max} = 0,3\text{ l/s}$).

Ved hjælp af (12.20) kan man få et overslag over den nødvendige effekt

$$P_o = 180 \cdot 0,43 = 77 \text{ kW} \quad (12.21)$$

Det ses umiddelbart, at normens tal medfører urealistisk store gennemstrømningsvarmere. I praksis betyder dette, at hvis man i et enfamiliehus vil basere en varmtvandsforsyning på en gennemstrømningsvarmer, så må man arbejde med andre kriterier end det at kunne klare den sandsynlige vandstrøm.

Hvis man konstruerer et tappeprogram, så vil badeperioden give den helt dominerende spids. Hvis man vedtager, at en passende komfortgrad vil være at et badekar på 180 liter kan fyldes med vand af 40 °C på 15 minutter, og at der ikke er andre samtidige tapninger, så kræves en varmeydelse (effekt) på

$$\begin{aligned} P_{eff} &= 4,2 \cdot (T_B - T_K) \cdot q \\ &= 4,2 \cdot (40 - 10) \cdot \frac{180}{15 \cdot 60} \\ &= 25 \text{ kW} \end{aligned} \quad (12.22)$$

Med hensyntagen til tilstening bliver den nødvendige installerede effekt

$$\begin{aligned} P_o &= f_p \cdot P_{eff} = \\ &= 1,2 \cdot 25 = 30 \text{ kW} \end{aligned} \quad (12.23)$$

idet tillægget for tilstening skønsmæssigt er sat til 20 %.

En nærliggende mulighed er at decentralisere varmtvandsforsyningen og at placere gennemstrømningsvarmere ved de enkelte tapsteder – en løsning der ofte anvendes når opvarmningen er baseret på el.

Ved en decentraliseret varmtvandsforsyning med gennemstrømningsvarmere kan man regne med følgende installerede effekter

$$\begin{aligned} \text{Ved badekar:} & \quad 30 \text{ kW} \\ \text{Ved bruser:} & \quad 15 \text{ kW} \\ \text{Ved håndvask:} & \quad 6 \text{ kW} \end{aligned} \quad (12.24)$$

Decentral
opvarmning af
brugsvand

Gennemstrømningsvarmere med beholder

Nogle anlægstyper er forsynet med en ganske lille beholder f.eks. 5–10 l. Dimensioneringsmæssigt kan disse behandles som anført i det følgende under varmtvandsbeholdere. Deres anvendelse er i praksis begrænset til forsyning af håndvaske og lign.

Dimensionering af varmtvandsbeholdere

De fleste anlæg for varmtvandsproduktion har en eller anden form for beholder, hvor varmt vand kan opmagasinere, og sådanne anlæg kan dimensioneres efter de regler, som er givet i det følgende.

Sammenlignet med de i det foregående omtalte gennemstrømningsvarmere har varmtvandsbeholderne den store fordel, at varmeffekt kan gøres lille, idet spidsbelastningerne dækkes af den opmagasinerede varmtvandsmængde.

Dimensioneringen af en varmtvandsbeholder består i at finde de nødvendige størrelser af beholder og varmeffekt.

Grundlaget for dimensioneringen kan være et tappeprogram og den tilhørende sumkurve, som beskrevet i fig. 12.4 og 12.5. I fig. 12.6 er vist den samme sumkurve som i fig. 12.5, og ved hjælp af denne skal det vises, hvorledes dimensioneringen kan foretages.

Hældningen på sumkurven er et udtryk for den effekt, der er behov for til tapning til den pågældende tid

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (12.25)$$

Maksimalt
effektbehov P_{max}

I fig. 12.6A er vist hvorledes man har opsøgt den stejleste hældning og derved får

$$P_{max} = \left(\frac{\Delta E}{\Delta t} \right)_{max} \quad (12.26)$$

P_{max} kan direkte fås ved tegning af den viste trekant og måling på tegningen, se fig. 12.7.

I fig. 12.6A er ligeledes vist, hvorledes P_{min} findes. P_{min} er den mindste effekt, der kan komme på tale, idet P_{min} skal virke i hele tidsperioden $0-t_p$ for at yde den nødvendige energi E_{tot} i perioden

$$P_{min} = \frac{E_{tot}}{t_p} \quad (12.27)$$

Mindste
nødvendige
effekt, P_{min}

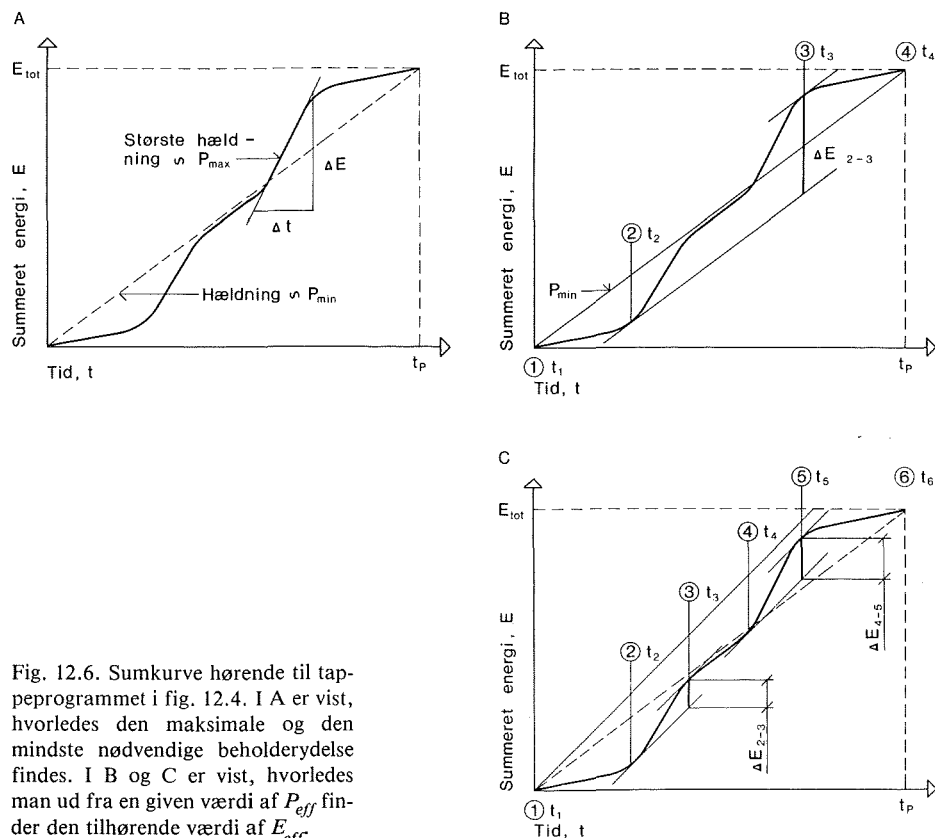


Fig. 12.6. Sumkurve hørende til tappeprogrammet i fig. 12.4. I A er vist, hvorledes den maksimale og den mindste nødvendige beholderydelse findes. I B og C er vist, hvorledes man ud fra en given værdi af P_{eff} finder den tilhørende værdi af E_{eff} .

Bestemmelse af E_{eff} og P_{eff}

Med mindre den effektive beholderydelse er større end eller lig med effekten svarende til den største sandsynlige vandstrøm, se formel (12.17), skal der være en beholder. Der er imidlertid mange brugelige løsninger, og når man for en installation kender tappeprogrammet og dermed sumkurven, kan man bestemme sammenhørende værdier af P_{eff} og V_{eff} (E_{eff}) forstået på den måde, at der til et valgt effektivt beholdervolumen svarer en mindste nødvendig beholderydelse eller omvendt, at der til en valgt effektiv beholderydelse svarer et mindste effektivt beholdervolumen.

Betingelse for løsning

Løsning ved P_{min}

De sammenhørende værdier af P_{eff} og E_{eff} kan bestemmes på følgende måde: før ethvert tidsrum t_1-t_2 må det gælde, at beholderens energi (svarende til indhold af varmt vand af acceptabel temperatur) ikke må blive udtømt. I fig. 12.6B er vist, hvorledes man herudfra kan finde beholderens nødvendige effektive energiindhold i det tilfælde, hvor den mindst mulige beholderydelse P_{min} vælges.

Sumkurvens hældning svarer til effektbehovet. Hvor kurvehældningen er større end hældningen svarende til P_{min} vil der være et effektunderskud, som må dækkes af den energi som er akkumuleret i beholderen. Det ses af fig. 12.6B, at i tidsrummet t_2-t_3 , er der et samlet energiunderskud på ΔE_{2-3} . Hvis det forudsættes, at beholderen er fuldt opladet til tidspunktet t_2 , skal beholderens effektive energiindhold være

$$E_{eff} = \Delta E_{2-3} \quad (12.28)$$

og beholderen er bestemt ved

$$(P_{eff}, E_{eff}) = (P_{min}, \Delta E_{2-3}) \quad (12.29)$$

Løsning ved en vilkårlig værdi af P_{eff}

Hvis man vælger en anden effekt P_1 (større end P_{min}) fås det resultat, som er vist i fig. 12.6C. P_1 er angivet som en linie med større hældning end P_{min} . Det ses at der er 2 perioder med underskud, nemlig t_2-t_3 og t_4-t_5 . Det største underskud er ΔE_{4-5} , så hvis det forudsættes, at beholderen er fuldt opladet til t_4 , så er en løsning

$$(P_{eff}, E_{eff}) = (P_1, \Delta E_{4-5}) \quad (12.30)$$

Beregningsmæssig løsning

I fig. 12.6 er vist, hvorledes man grafisk finder forskellige løsningssæt (P_{eff}, E_{eff}) til et givet tappeprogram. Ofte er det mere bekvemt at beregne en løsning. Hvis det igen forudsættes, at beholderen er fuldt opladet, før den periode med størst underskud, så gælder betingelsen

$$E_{eff} - \int_{t=t_1}^{t=t_2} P dt + P_{eff} \cdot (t_2 - t_1) \geq 0 \quad (12.31)$$

hvor integralet angiver energiforbruget ved tapning i perioden t_1-t_2 og $P_{eff} \cdot (t_2 - t_1)$ angiver beholderens produktion i samme tidsrum. Samtidig gælder, at

$$P_{eff} \geq P_{min} = \frac{E_{tot}}{t_p} \quad (12.32)$$

hvor t_p er den samlede periodelængde.

P - V og P - E
kurver

Ulighederne i (12.31) og (12.32) vil som resultat have, at der er mere end en løsning til (P_{eff}, E_{eff}) – der vil ofte være et helt løsningsområde. En anskuelig måde til at vise dette er anvendelse af diagrammer med et koordinatsystem hvor P_{eff} er den ene akse og E_{eff} den anden. I diagrammet kan da angives grænsekurve og løsningsområder. Disse kurver kaldes P - E kurver og deres anvendelse er vist i de følgende eksempler. Man kan også arbejde med P - V kurver, hvor V_{eff} er afbildet i stedet for E_{eff} .

Eksempel 12.1. Erhvervsvirksomhed

De ansatte og
deres badevaner

I en erhvervsvirksomhed er der 40 ansatte, hvoraf de 20 erfaringsmæssigt bader ved arbejdstidens ophør. I arbejdstiden (kl. 7–16) er det resterende varmtvandsforbrug jævnt fordelt og andrager ialt ca. 450 l med en temperatur på 55 °C.

Vandforbruget til badning kan iflg. normen 3.2.2 skønnes til 60 liter vand af 40 °C svarende til 40 liter vand af 55 °C pr. badende. Det samlede badeforbrug kan således sættes til $20 \cdot 40 = 800$ l, som regnes forbrugt i tidsrummet kl. 16–16.30.

Tappeprogram

Tappeprogrammet ser således ud:

Kl. 7–16: $450 : 9 = 50$ liter pr. time hvilket svarer til en effekt

$$P_1 = \frac{50}{3600} (55 - 10) \cdot 4,18 = 2,6 \text{ kW} \quad (12.33)$$

Kl. 16–16.30: $800 : 0,5 = 1600$ liter pr. time hvilket svarer til effekten

$$P_2 = \frac{1600}{3600} (55 - 10) \cdot 4,18 = 83,6 \text{ kW} \quad (12.34)$$

Energiforbrug
over døgnet

Det totale energiforbrug over døgnet er

$$E_{tot} = 2,6 \cdot 9 + 83,6 \cdot 0,5 = 65,2 \text{ kWh} \quad (12.35)$$

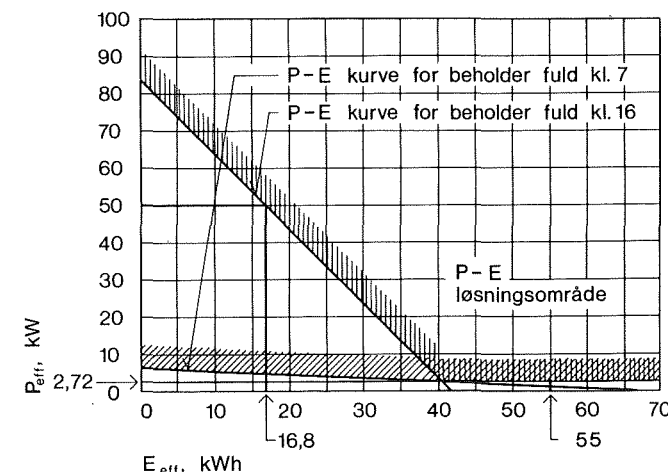


Fig. 12.7. P - E diagram hørende til eksempel 12.1. Løsningsområderne ligger over de to kurver.

E_{eff} og P_{eff}
baseret
på fuld beholder
kl. 16

Hvis det forudsættes, at beholderen er fuldt opladet til kl. 16, så gælder ud fra (12.31) og (12.32):

$$E_{eff} - 83,6 \cdot 0,5 + P_{eff} \cdot 0,5 \geq 0$$

$$P_{eff} \geq \frac{65,2}{24} = 2,72 \text{ kW}$$

Løsningen til disse to sammenhørende ligninger er afbildet i P - E diagrammet i fig. 12.7. Grænsekurven svarer til, at lighedstegnet i (12.31) gælder

$$E_{eff} = 83,6 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot P_{eff} \quad (12.36)$$

Når ulighedstegnene tages i betragtning, ses at hele det skraverede område er et løsningsområde – bemærk det lille areal under $P_{eff} = 2,72$ kW, som ikke indgår i løsningsområdet.

Såfremt det forudsættes, at beholderen skal være fyldt op kl. 7 fås

$$E_{eff} - 2,6 \cdot 9 - 83,6 \cdot 0,5 + P_{eff} \cdot 9,5 \geq 0 \quad (12.37)$$

$$E_{eff} \geq 65,2 - 9,5 \cdot P_{eff}$$

E_{eff} og P_{eff}
baseret
på fuld beholder
kl. 7

Valg af løsning

De sammenhørende værdier af P_{eff} og E_{eff} er vist på fig. 12.7, og løsningsområdet er vist skraveret.

Det mest økonomiske vil være at vælge P_{eff} og E_{eff} be-liggende på en af kurverne, og man kan f.eks. vælge

$$(P_{eff}, E_{eff}) = (50 \text{ kW}, 16,8 \text{ kWh}) \quad (12.38)$$

Hvis der vælges at køre med en varmtvandstemperatur på $T_{V,o} = 45^\circ\text{C}$ fås det effektive beholdervolumen til

$$V_{eff} = \frac{16,8}{(45-10) \cdot 0,001163} = 413 \text{ liter} \quad (12.39)$$

Beregning af beholder-størrelse

Vælges en beholder med indlagt varmefflade skal der vælges et anlæg med et rumindhold på $413 \cdot 1,4 = 578$ liter og en varmeydelse (ren varmefflade) på $50 \cdot 1,2 = 60$ kW. Vælges en varmtvandstemperatur i beholderen på 55°C skal den have et volumen på

$$V = 578 \frac{45-10}{55-10} = 450 \text{ liter} \quad (12.40)$$

Løsning med 1500 liter beholder

Hvis der vælges en 1500 liter beholder og en varmtvandstemperatur på 55°C fås et effektivt beholdervolumen på

$$V_{eff} = \frac{V}{f_V} = \frac{1500}{1,4} = 1071 \text{ liter} \quad (12.41)$$

Det effektive energiindhold bliver

$$\begin{aligned} E_{eff} &= V_{eff} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T \\ &= \frac{1071}{1000} \cdot 1000 \cdot 4200 \cdot (55-10) \\ &= 2,02 \cdot 10^8 \text{ J} = 2,02 \cdot 10^5 \text{ kJ} = 56 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (12.42)$$

For at finde den effektive beholderydelse anvendes udtrykkene (12.31) og (12.32). Det giver følgende betingelser til P_{eff}

$$\begin{aligned} E_{eff} &= 56 \geq 83,6 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot P_{eff} \\ E_{eff} &= 56 \geq 65,2 - 9,5 \cdot P_{eff} \\ P_{eff} &\geq 2,72 \text{ kW} \end{aligned} \quad (12.43)$$

Den nødvendige effekt

Disse uligheder er opfyldt, når blot den nederste er det, dvs. når P_{eff} er større end 2,72 kW, svarende til en ydelse af den rene varmefflade på

$$P = 2,72 \cdot 1,2 = 3,3 \text{ kW} \quad (12.44)$$

Ændrede beholderdata ved andre temperaturer

Hvis der vælges en højere temperatur i beholderen ændres den nødvendige effektive ydelse af varmeffladen ikke, men det vil være nødvendigt at bruge en større varmefflade såfremt der anvendes vand eller damp som opvarmningsmedium, da en given varmefflades ydelse falder med stigende brugsvandstemperaturer. Vedr. valg af varmefflade henvises til leverandørernes kataloger.

Anlæg der forsyner boliger

Det fremgår af det foregående, at det – hvor erfaringsmæssige dimensioneringsregler ikke slår til – vil være nødvendigt at opstille et tappeprogram som grundlag for dimensioneringen. Dette gælder også for anlæg for varmtvandsproduktion i beboelsesejendomme.

På grund af forbrugets tilfældige karakter er det ikke muligt at opstille et almenlydigt tappeprogram for en boliginstallation. Det er her nødvendigt at anvende tappeprogrammer, der erfaringsmæssigt giver anlæg, der er rimelige.

Det skal bemærkes, at det normalt er perioder med højt forbrug, der er afgørende for størrelsen af anlægget for varmtvandsproduktion.

Dimensionering af anlæg for enfamiliehuse

Forbruget i anlæg, der kun skal forsyne en enkelt husstand dvs. anlæg i enfamiliehuse og individuelle lejlighedsanlæg, varierer stærkt afhængigt af forbrugsmønstret i den enkelte husstand. I nogle tilfælde har den projekterende mulighed for at få oplyst brugerens forventninger eller krav til anlægget, således at det vil være muligt at opstille et tappeprogram, men i almindelighed vil det ikke være muligt.

Normen nævner, at dimensionering bør ske med henblik på ønsket komfort, men der stilles ikke krav om en mindste grad af komfort. Der er således mulighed for at forudsætte en lav grad af komfort ved dimensioneringen, f.eks. ved – som tidligere nævnt under dimensionering af gennemstrømningsvarmere – at regne med en længere fyldningstid for et badekar.

Da det primært er forbruget ved kar- og brusebade der er dimensionerende definerer vi komfortgraderne ud fra disse forbrug. Der skal her angives 3 komfortgrader A, B og C.

Komfort A

Ved komfort A forstås, at anlægget tillader fyldning af et badekar med 120 liter vand à 55 °C hver halve time døgnet rundt. Fyldningstiden er fastsat til 6 min.

Anvendes disse data til at finde beholderydelse og effektivt volumen ud fra (12.31) og (12.32) fås, idet udtrykkene omskrives til V_{eff} i liter og P_{eff} i liter vand pr. time ved en vandtemperatur på 55 °C.

$$V_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 120 \text{ liter} \quad (12.45)$$

$$P_{eff} = \frac{120}{0,5} = 240 \text{ l/h v. } 55^\circ \text{C}$$

Man kan også direkte udtrykke P_{eff} i kW og E_{eff} i kWh, og idet forbruget ved et bad er

$$120 \cdot (55 - 10) \cdot 0,001163 = 6,28 \text{ kWh} \quad (12.46)$$

fås betingelserne

$$E_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 6,28 \text{ kWh} \quad (12.47)$$

$$P_{eff} \geq \frac{6,28}{0,5} = 12,6 \text{ kW}$$

Komfort B

Ved komfort B forstås at anlægget indenfor en 10-timers periode tillader fyldning af 3 badekar med først en ½ times og dernæst en ¼ times mellemrum.

Komfort C

Ved komfort C forstås at anlægget indenfor en 10-timers periode tillader fyldning af 2 badekar med ½ times mellemrum.

Beregningsudtryk for komfortgraden

P - V kurven og P - E kurven for enfamiliehuse

I fig. 12.8 er i skemaform angivet beregningsudtryk til brug for bestemmelse af beholderydelse og effektivt volumen for de forskellige tilfælde.

På grundlag af fig. 12.8 er der i fig. 12.9 vist diagrammer til brug for dimensioneringen af anlæg efter de forskellige komfortgrader.

Normen stiller som nævnt ikke krav om en mindste grad af komfort, og det må derfor i hvert enkelt tilfælde skønnes hvilket tappeprogram, der bør lægges til grund ved dimensioneringen. En væsentlig faktor er hvilket antal personer, rimeligt valg. Det skal i den forbindelse nævnes, at vandforbruget ved et brusebad er ca. ⅓ af forbruget ved et karbad. Beholderens effektive volumen bør mindst være ca. 100–160 liter, dvs. der bør vælges en beholder med et rumindhold på mindst 150–200 liter.

Komfortgrader for enfamiliehuse

Beregning af beholderydelse og effektivt volumen

	Komfort A	Komfort B	Komfort C
Periode	½ time	10 timer	10 timer
Antal karbade	1	3	2
Tidsfølge	Hver halve time	0–30–90 min.	0–30 min.
P_{eff} (l/h ved 55°)	$V_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 120 \text{ l}$	$V_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 120 \text{ l}$	$V_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 120 \text{ l}$
V_{eff} (liter)	$P_{eff} \geq 240 \text{ l/h}$	$V_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{36}{60} \geq 240 \text{ l}$ $V_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{96}{60} \geq 360 \text{ l}$ $P_{eff} \geq 36 \text{ l/h}$	$V_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{36}{60} \geq 240 \text{ l}$ $P_{eff} \geq 24 \text{ l/h}$
eller			
P_{eff} (kW)	$E_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 6,28 \text{ kWh}$	$E_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 6,28 \text{ kWh}$	$E_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{6}{60} \geq 6,28 \text{ kWh}$
E_{eff} (kWh)	$P_{eff} \geq 12,6 \text{ kW}$	$E_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{36}{60} \geq 12,66 \text{ kWh}$ $E_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{96}{60} \geq 18,8 \text{ kWh}$ $P_{eff} \geq 1,88 \text{ kW}$	$E_{eff} + P_{eff} \cdot \frac{36}{60} \geq 12,6 \text{ kWh}$ $P_{eff} \geq 1,26 \text{ kW}$

Fig. 12.8. Komfortgraden for enfamiliehuse. Beskrivelse af beregningsudtryk for V_{eff} , E_{eff} og P_{eff} . De tilhørende P - V kurver og P - E kurver er vist i fig. 12.9.

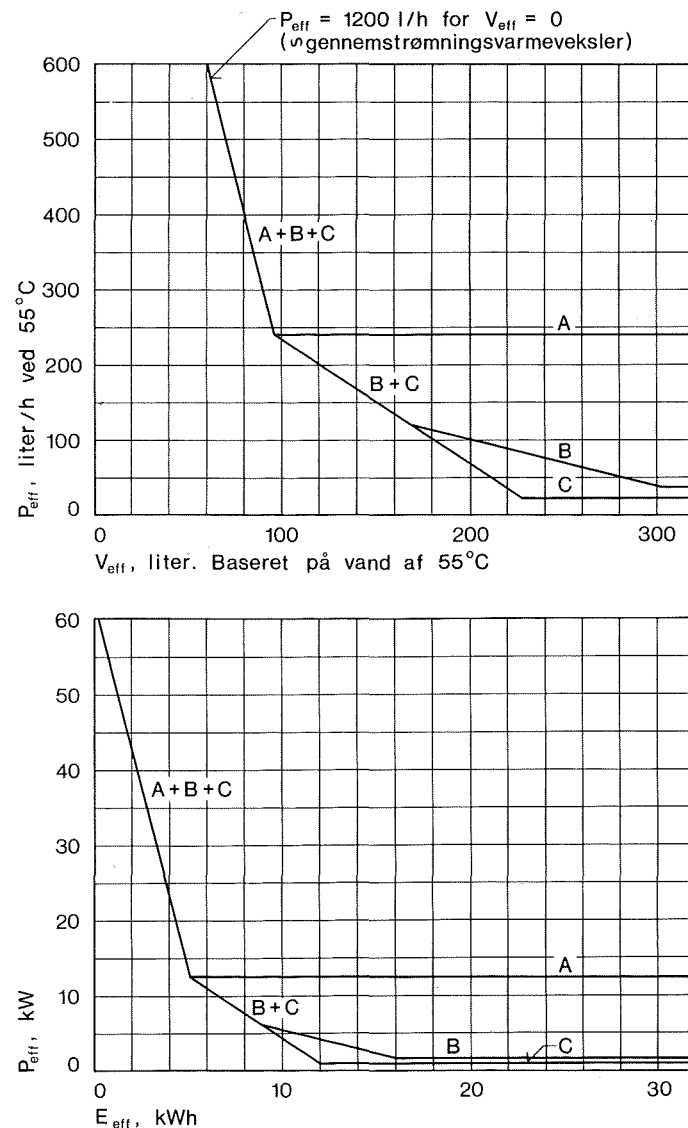


Fig. 12.9. P - V og P - E kurver for anlæg for produktion af varmt vand i enfamiliehuse eller ved individuelle lejlighedsanlæg. Diagrammerne er baseret på beregningerne, som er angivet i fig. 12.8.

Kurverne angiver sammenhørende værdier af P_{eff} og V_{eff} svarende til komfortklasserne A, B og C. Løsningsområdet for hver af komfortklasserne ligger over og til højre for kurven med det pågældende bogstav.

Dimensionering af anlæg for flerfamiliehuse

Anlæg for 2-3 lejligheder

Ved anlæg, der kun skal forsyne 2-3 lejligheder, kan man ikke regne med, at der vil være nogen særlig stor spredning i forbruget. Man må i hvert enkelt tilfælde overveje nærmere hvilket tappeprogram man kan lægge til grund for dimensioneringen. En væsentlig faktor er hvilket antal personer der bor i lejlighederne, men der kan iøvrigt ikke gives nogen sikker vurdering her.

Det vil være på den sikre side at regne med beholderstørrelser og -ydelser, der er 2 hhv. 3 gange større end de i det foregående anførte for individuelle lejlighedsanlæg.

Større beboelsesejendomme

Ved større beboelsesejendomme er man på lidt mere sikker grund. Dels er der i tidens løb blevet foretaget en del målinger af varmtvandsforbruget, og dels har man mange års praktiske erfaringer med hvilke beholderstørrelser og -ydelser, der ikke giver problemer.

Hvor der ikke gør sig særlige forhold gældende, kan følgende metode anvendes:

Standardmetode for dimensionering

P - V kurven (øverste diagram):

Man finder af diagrammet det effektive beholdervolumen V_{eff} og beholderydelsen P_{eff} regnet i liter/h ved 55 °C. Når beholder skal vælges findes dens data af

$$V = f_v \cdot V_{eff} \text{ og } P_o = f_p \cdot P_{eff}$$

hvor betydningen af faktorerne f_v og f_p er beskrevet ved ligning (12.7) og (12.8).

P - E kurven (nederste diagram):

Kurverne angiver sammenhængen mellem beholderydelse i kW og effektivt energiindhold i kWh. Dette diagram anvendes, hvor varmtvandstemperaturen $T_{V,o}$ ikke er fastlagt. Beholderens effektive volumen findes af

$$V_{eff} = \frac{E_{eff}}{(T_B - T_K)} \cdot \frac{1}{0,001163} \text{ liter}$$

hvor T_B er temperaturen på det varme brugsvand og T_K er koldt vandstemperaturen. T_B skal altid være større end 40 °C.

Beholdervolumenet V findes herefter som angivet under P - V kurver.

Tappeprogrammer

I fig. 12.10 er der vist tre tappeprogrammer med tilhørende sumkurver, som kan anvendes ved dimensionering af anlæg for flere lejligheder. Kurverne gælder for hhv. 10, 50 og 200 lejligheder. Hvert af disse tappeprogrammer angiver den procentiske fordeling af forbruget, hvor døgnforbruget svarer til 100 %. Når det aktuelle maksimale døgnforbrug er kendt, kan tappeprogrammet optegnes. Hvis der forsøges interpolation, så bemærk, at summen af de procentiske delforbrug skal være 100 %.

Det bemærkes at tidsperioden starter med det tidspunkt, hvor det største forbrug begynder. Dette er en regneteknisk fordel.

Sumkurver

Tappeprogrammerne er i fig. 12.10 omsat i sumkurver. Man kan heraf finde den mindste effektive beholderydelse og de tilhørende værdier af det effektive beholdervolumen.

Maksimalt døgnforbrug for en lejlighed

Ved dimensioneringen er det nødvendigt at kende døgnforbruget af varmt vand. For lejligheder med i gennemsnit 3–3,5 beboere kan man overslagsmæssigt regne med at forbruget af varmt vand på årsbasis andrager ca. 5000 kWh svarende til et gennemsnitligt døgnforbrug på 13,7 kWh. For den enkelte lejlighed må man regne med, at maksimale døgnforbrug er væsentlig større, f.eks. 2–4 gange så stort, eller svarende til en såkaldt døgnfaktor på 2–4. Der er imidlertid stor spredning, og kurven i fig. 12.11, der viser det maksimale døgnforbrug som funktion af lejlighedsantallet, er derfor punkteret ved de små værdier.

I en ejendom med flere lejligheder er der kun en lille sandsynlighed for, at det største døgnforbrug indtræder samtidigt for alle lejlighederne, og på det samlede forbrug kan man regne med en væsentlig mindre døgnfaktor, evt. helt ned til 1,2–1,3 ved store lejlighedsantal. Ved dimensionering kan man regne med de i fig. 12.11 anførte værdier for det maksimale varmtvandsforbrug. Man bør dog tillige udnytte en evt. viden om byggerier, som svarer til det aktuelle projekt.

De angivne kurver indeholder ikke cirkulationstab, tilstedeværelse eller andre korrektionsfaktorer. De fundne værdier af P_{eff} og V_{eff} skal omsættes, som beskrevet tidligere i kapitlet.

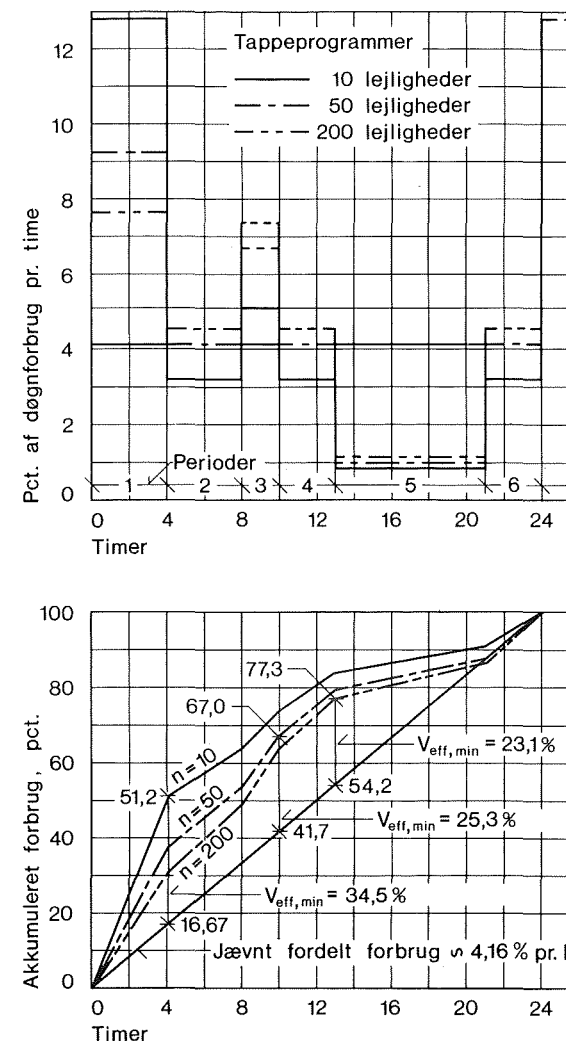


Fig. 12.10. Tappeprogrammer med tilhørende sumkurver for anlæg som betjener flere lejligheder. I tappeprogrammerne er forbruget angivet i % af døgnforbruget. Det maksimale døgnforbrug pr. lejlighed kan findes af fig. 12.14.

Nederst i diagrammet er angivet sumkurver svarende til tappeprogrammerne. For hvert af lejlighedsantallene er anført det effektive beholdervolumen svarende til mindste beholderydelse, som udgør 4,16 %.

($= \frac{100}{24}$ %) af maksimalt døgnforbrug pr. time.

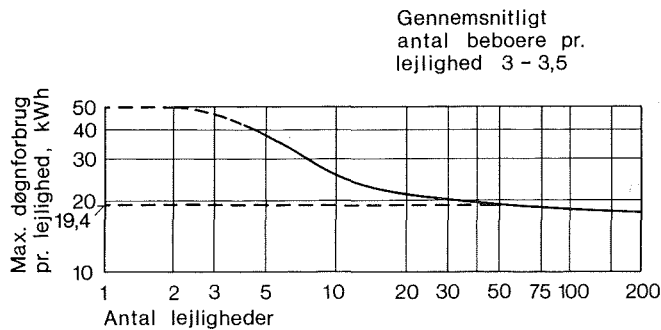


Fig. 12.11. Overslag over det maksimale døgnforbrug af varmt vand pr. lejlighed som funktion af antallet af lejligheder, der forsynes fra anlægget.

Eksempel: I en bebyggelse er der 50 lejligheder. Af kurven ses, at det maksimale døgnforbrug for en af disse lejligheder kan anslås til 19,4 kWh. Anlæggets samlede maksimale døgnforbrug er da $50 \cdot 19,4 = 970$ kWh/døgn. Fordelingen af forbruget over døgnet kan skønnes efter fig. 12.10.

Det angivne gennemsnit på 3–3,5 beboere pr. lejlighed passer for mange bebyggelser. Hvor der er konsekvent afvigelse herfra f.eks. i kollegier og plejehjem kan tallene korrigeres – dog mindre end den procentiske ændring af gennemsnitsantallet.

Eksempel 12.2. Anlæg for 50 lejligheder

Der skal dimensioneres et anlæg for varmtvandsproduktion i en beboelsesejendom med 50 lejligheder.

På diagrammet fig. 12.11 findes det maksimale døgnforbrug, $E = 50 \cdot 19,4 = 970$ kWh.

Ud fra anlæggets udstrækning og den valgte isolering beregnes et samlet varmetab på 10 kW eller 10 kWh pr. time.

Ud fra fig. 12.10 (øverste diagram, 50 lejl.) kan de til de enkelte perioder svarende timeforbrug aflæses, og de er vist i fig. 12.12.

Tappeprogrammet er vist grafisk i fig. 12.13 og herudfra er sumkurven konstrueret.

På sumkurven bestemmes sammenhørende værdier af P_{eff} og E_{eff} på følgende måde: Der vælges en beholderydel-

Periode	Antal timer	Timeforbrug % af døgnforbrug	Timeforbrug kWh	Cirkulationsforbrug kWh	Samlet timeforbrug kWh/h
1	4	9,28	90	10	100
2	4	4,12	40	10	50
3	2	6,70	65	10	75
4	3	4,12	40	10	50
5	8	1,03	10	10	20
6	3	4,12	40	10	50

Fig. 12.12. Tappeprogram for anlæg for 50 lejligheder, eksempel 12.2. Den procentiske fordeling af forbruget er taget fra fig. 12.10. Dette tappeprogram og den tilhørende sumkurve er vist i fig. 12.13.

se P_{eff} og i diagrammet indlægges en linie med hældning svarende til P_{eff} på en sådan måde, at afstanden mellem linier og sumkurve bliver mindst mulig. Den største afstand mellem denne linie og sumkurven angiver da E_{eff} . I diagrammet kan indlægges flere linier svarende til hver sin P_{eff} og de sammenhørende værdier kan afsættes i et P - E diagram, se fig. 12.14, og den aktuelle P - E løsningskurve kan bestemmes.

Den største sandsynlige varmtvandsstrøm for en installation, der forsyner 50 lejligheder, er ca. 2,0 l/s (svarende til en sum af normalvandstrømme på $50 \cdot 0,8 = 40$ l/s). En gennemstrømningsvarmer, der kan klare at opvarme 2 l/s til 55 °C, skal have effekten $2 \cdot (55 - 10) \cdot 3600 \cdot 0,001163 = 377$ kW.

Af P - E diagrammet fås for $E = 0$, at $P_{eff} = 100$ kW, altså en effekt, der er ca. 4 gange mindre. Dette misforhold er forårsaget af, at tappeprogrammet er baseret på det største timeforbrug og at den største sandsynlige vandstrøm er et sekundforbrug.

Ved små beholderstørrelser kan man derfor ikke basere dimensioneringen på P - E diagrammet. Hvis man imidlertid altid sørger for, at det effektive beholdervolumen mindst svarer til 50 % af det maksimale timefor-

Max. døgnforbrug
Cirkulationstab

Tappeprogram

Sumkurve

 P - E kurve

Sammenligning ved største sandsynlige vandstrøm

Små beholdere

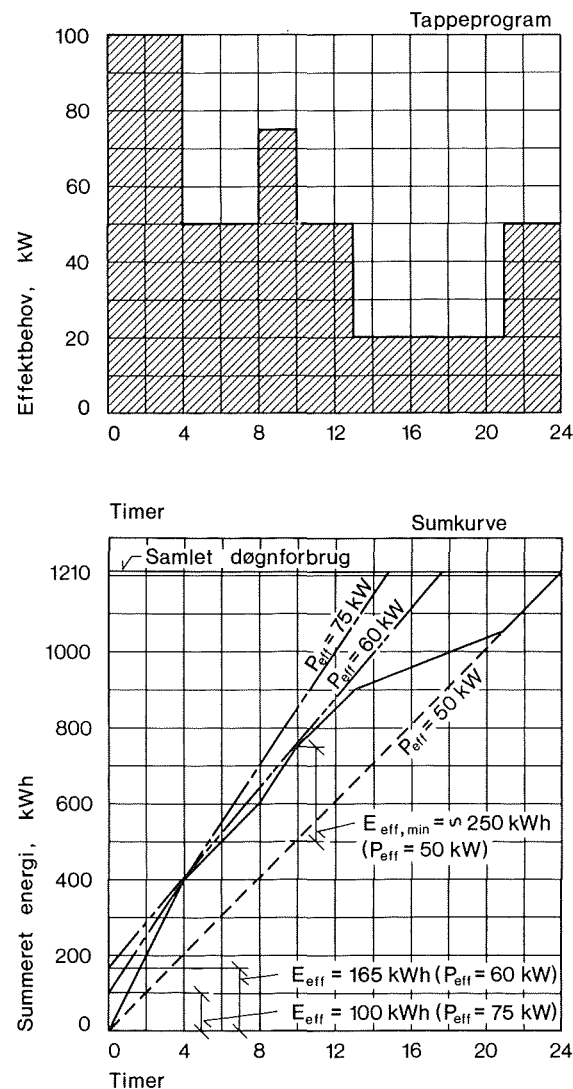


Fig. 12.13. Tappeprogram og sumkurve for anlæg, der skal forsyne 50 lejligheder, eksempel 12.2. Tappeprogrammet afbilder de værdier, som er beregnet i fig. 12.12. I sumkurven er indlagt forskellige linier svarende til P_{eff} til brug for konstruktion af den i fig. 12.14 viste P-E kurve. Cirkulationstab er indregnet i kurverne.

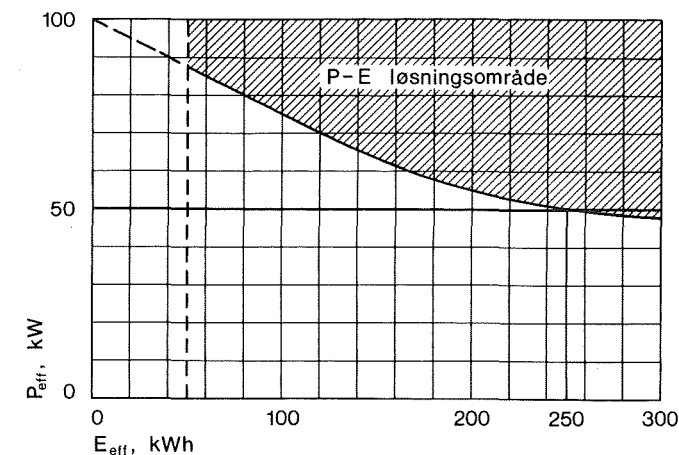


Fig. 12.14. P-E kurve for et anlæg for 50 lejligheder, eksempel 12.2. Kurven er konstrueret ud fra sumkurven i fig. 12.13.

brug, i dette tilfælde ca. 50 kWh (ved $T = 55^\circ\text{C}$, $\frac{50}{45 \cdot 0,001163} = 955$ liter) vil man dog kunne anvende P-E kurven.

Hvis der vælges et anlæg med en effektiv beholderydelse på $P_{eff} = 70$ kW fås af P-E diagrammet $E_{eff} = 120$ kWh og med en varmtvandstemperatur på 55°C fås

$$V_{eff} = \frac{120}{(55 - 10) \cdot 0,001163} = \text{ca. } 2300 \text{ liter}$$

Med tillæg for tilstening mv. fås en nødvendig beholderydelse ved ren varmeblade på $70 \cdot 1,2 = 84$ kW og et nødvendigt rumindhold af beholderen på $2300 \cdot 1,4 = \text{ca. } 3200$ liter.

Regler for anvendelse af små beholdere

Som det fremgår af eksemplet kan man ikke anvende P-E kurverne ved helt små beholderstørrelser. Det er næppe muligt at beregne denne nedre grænse på rationel måde. Det vil dog være rimeligt, at regne med at beholderen skal have et

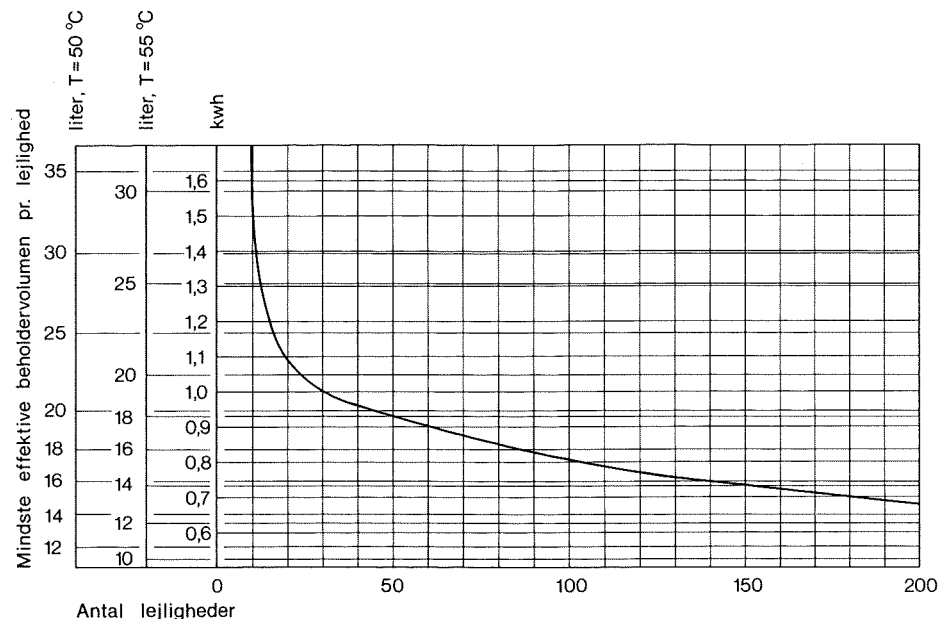


Fig. 12.15. Dimensioneringskurve for beholdere. Kurven er især egnet ved bestemmelse af mindre beholdere, hvor man ikke direkte bør anvende de (relativt små) beholderstørrelser, som de fås af P-E kurverne. Den her viste kurve er baseret på, at beholderen skal have et effektivt volumen på 50 % af det største timeforbrug (incl. cirkulationstab).

effektivt volumen svarende til mindst 50 % af det største timeforbrug (incl. cirkulationstab). Disse beholdervoluminer fremgår af fig. 12.15.

Vejledende regler for anlæg med 4–150 lejligheder

For boligbyggeri med fra 4–150 lejligheder kan anvendes den i fig. 12.16 viste tabel ved dimensioneringen. Forudsætningen for de anførte værdier af det effektive beholdervolumen og den effektive beholderydelse er angivet i figurteksten, idet det bemærkes, at det er forudsat, at temperaturen i en spidsbelastningsperiode kan falde fra 55 °C til 45 °C.

Antal lejligheder	Pr. lejlighed		I alt		Ændring (+ eller -) i P_{eff} ved 1 liter ændring i V_{eff}
	V_{eff} l	P_{eff} kW	V_{eff} l	P_{eff} kW	
4	85	3,3	340	13,2	ca. $17 \cdot 10^{-3}$ kW
5	78	3,1	390	15,5	ca. $16 \cdot 10^{-3}$ kW
6	70	2,9	420	17,4	ca. $16 \cdot 10^{-3}$ kW
8	65	2,7	520	21,6	ca. $15 \cdot 10^{-3}$ kW
10	60	2,6	600	26,0	ca. $14 \cdot 10^{-3}$ kW
15	55	2,1	825	31,5	ca. $14 \cdot 10^{-3}$ kW
20	50	1,7	1000	34	ca. $13 \cdot 10^{-3}$ kW
30	43	1,5	1290	45	ca. $12 \cdot 10^{-3}$ kW
50	40	1,4	2000	70	ca. $12 \cdot 10^{-3}$ kW
75	35	1,3	2625	98	ca. $11 \cdot 10^{-3}$ kW
100	30	1,2	3000	120	ca. $10 \cdot 10^{-3}$ kW
150	25	1,1	3750	165	ca. $8 \cdot 10^{-3}$ kW

Fig. 12.16. Vejledende værdier for den effektive beholderydelse og det effektive beholdervolumen for anlæg som forsyner 4–150 lejligheder. De samhörørende værdier af V_{eff} og P_{eff} er angivet ved et V_{eff} , der ligger nær ved det maksimale timeforbrug, hvilket erfaringsmæssigt ligger tæt ved en økonomisk optimal dimensionering. Såfremt andre beholderstørrelser vælges, gælder i området fra 50 % til 150 % af de anførte volumina med tilnærmelse de i sidste kolonne anførte ændringer i ydelse ved 1 liter volumenændring, idet større ydelse tillader mindre beholdervolumen.

Anlægsformer

Anlæg for produktion af varmt vand kan efter forskellige kriterier opdeles i en række forskellige typer. Typerne kan karakteriseres efter følgende forhold:

beholder/varmeveksler,
trykfast/ikke-trykfast,
direkte/indirekte opvarmning og
materiale

Varmtvandsbeholdere og gennemstrømningsvarmere

Efter forholdet mellem beholderydelsen og beholdervolumen kan anlæggene deles i:

varmtvandsbeholdere og
gennemstrømningsvarmere

Der er ikke en nøjagtigt defineret grænse mellem de to anlægstyper. Generelt kan man sige, at varmtvandsbeholdere har et stort beholdervolumen og en lille beholderydelse, og at gennemstrømningsvarmere har en stor ydelse og et lille evt. slet intet beholdervolumen. Rent dimensioneringsmæssigt kan man sige, at det for en gennemstrømningsvarmer gælder, at det effektive beholdervolumen er så lille, at det ikke har betydning for anlæggets kapacitet.

Forråds-
beholdere

Almindeligvis er en beholder forsynet med en varmeveksler (f.eks. rørspræl eller kappe), men der findes også beholdere uden varmeveksler, de kaldes forrådsbeholdere.

Trykfaste og ikke-trykfaste anlæg

Anlæg kan være trykfaste eller ikke-trykfaste. Trykfaste anlæg er udført for et beregningstryk (på brugsvandssiden) på mindst 1000 kPa. Ikke-trykfaste anlæg, der skal stå i uafspærrelig forbindelse med atmosfæren, er udført for et beregningstryk på 50 kPa.

Trykforhold

Anlæg, hvor opvarmningsmediet er vand, damp eller lignende, der står under tryk, skal være godkendt for det aktuelle medietryk. Oplysninger herom fremgår for nye anlægs vedkommende af VA-godkendelsen. For ældre anlæg henvises til fabrikantens oplysninger.

Opvarmningsmåder

Opvarmningen af vandet kan ske på forskellig måde. Der opdeles i denne forbindelse i

direkte opvarmede anlæg og
indirekte opvarmede anlæg.

Direkte
opvarmning

I direkte opvarmede anlæg kan opvarmningen f.eks. ske med el, eller anlæggene kan være direkte fyrede med gas eller olie. Normalt skal anlæggene foruden at være VA-godkendte også være godkendt af andre myndigheder. Dette gælder f.eks. for gasfyrede anlæg (Danmarks Gasmateriel Prøvning, DGP) og elopvarmede anlæg (Danmarks Elektriske Materielkontrol, DEMKO).

Indirekte
opvarmning

Ved indirekte opvarmede anlæg er varmemediet oftest vand eller damp.

Beholdermaterialer

Anlæg for produktion af varmt vand kan også karakteriseres ved de materialer, de består af. Der anvendes normalt stålpladebeholdere evt. med en eller anden form for overfladebehandling eller med en foring af f.eks. kobber.

Generelle krav til anlæg og deres installation

Uanset anlægsform kan der til anlæggene stilles en række generelle krav.

Reparation og vedligeholdelse

Anlæg for produktion af varmt vand skal være således udført og monteret i installationen, at de dele af anlægget, der af driftstekniske årsager kræver det, kan repareres, evt. udskiftes eller vedligeholdes. Hvad selve anlægget angår er dette en forudsætning for VA-godkendelsen, men også ved montering af anlægget skal man tage visse hensyn.

Anoder

Anlægget skal monteres således, at anoder kan kontrolleres og udskiftes. Kravet vedrører specielt anoder i beholdere af stålplade uden korrosionsbeskyttende overfladebehandling, hvor man mindst en gang om året bør kontrollere anodens tilstand og eventuelt udskifte den. I beholdere med overfladebehandling kan kravet til inspektion af eventuelle anoder lempes.

Elektrolyseanlæg

For anoder i elektrolyseanlæg gælder samme krav om udskiftelighed. Anoderne holder normalt i flere år, afhængig af strømstyrken. Hertil kommer krav om service på de elektriske dele af anlægget.

Armaturer

Reguleringsarmaturer, følere, kontraventiler og sikkerhedsventiler mv. skal være anbragt således, at deres funktion kan kontrolleres, og således at reparation kan udføres på bekvem måde.

Tømning af anlæg

Anlæg skal være monteret således, at de kan tømmes for vand. Beholdere med et vandindhold på mere end 300 l er forsynet med en særlig tømmeuds, eller de kan evt. tømmes gennem tilgangsledningen. Tømmestudsens forsynes med en VA-godkendt tømmebane og en tømmeledning, der for undgåelse af for store gener ved tømningen bør udmundede i nærheden af et gulvafløb. Tømmeledningen må ikke forbindes fast til afløbsinstallationen. Tømmebane og -ledning bør udføres i en rigeligt stor dimension (ved større anlæg mindst 50 mm) for at opnå en rimelig tømningstid og for at undgå tilstopning med slam og lignende. Ved større beholdere bør udluftning udføres i tilsvarende dimension.

Renseadgang

Anlæg skal monteres således, at mandehuller og inspektionsåbninger er tilgængelige, og således at inspektion og udslamning bekvemt kan foretages.

Udtagning af varmeplader

Anlæg skal monteres således, at eventuelle varmeplader, der er udtagelige, kan udskiftes. Der skal være et frit areal ved anlægget, således at varmepladen kan udtages. Vedrørende friarealets størrelse henvises til fabrikantens oplysninger.

Korrosionsbeskyttelse

Korrosionsproblemerne er nærmere omtalt i kap. 19. Her skal resumeres nogle af de vigtigste foranstaltninger.

Beholdere af stålplade uden overfladebehandling

Beholdere af stålplade uden overfladebehandling skal altid forsynes med en katodisk beskyttelse dvs. en anode, evt. et elektrolyseanlæg.

Beholdere af emaljeret stålplade

Beholdere af stålplade med overfladebehandling af emalje skal altid forsynes med katodisk beskyttelse.

Beholdere af stålplade med plastbelægning

De fleste af de i dag anvendte typer af plastbelægningsbeskades (slår fra), hvis beholderen forsynes med en katodisk beskyttelse. I disse tilfælde må der derfor ikke monteres anoder. Hvis plastbelægningen ikke beskyttes heraf, vil det kunne anbefales at montere en katodisk beskyttelse.

Vedrørende kombination af materiale til beholdere, varmelegemer og efterfølgende rørsystem henvises til fig. 19.11.

Armaturer

Anlæg for varmtvandsproduktion skal forsynes med armaturer til dækning af følgende funktioner:

afspærring,
sikring mod tilbagestrømning,
sikring mod for højt tryk og
evt. en overkogssikring.

Afspærring

Normkrav

Normen stiller krav om, at der af hensyn til reparation skal anbringes en afspærringsventil på tilgangsledningen til anlæg for produktion af varmt vand. Se fig. 12.17, 12.18 og 12.19.

Sikring mod tilbagestrømning

Normkrav

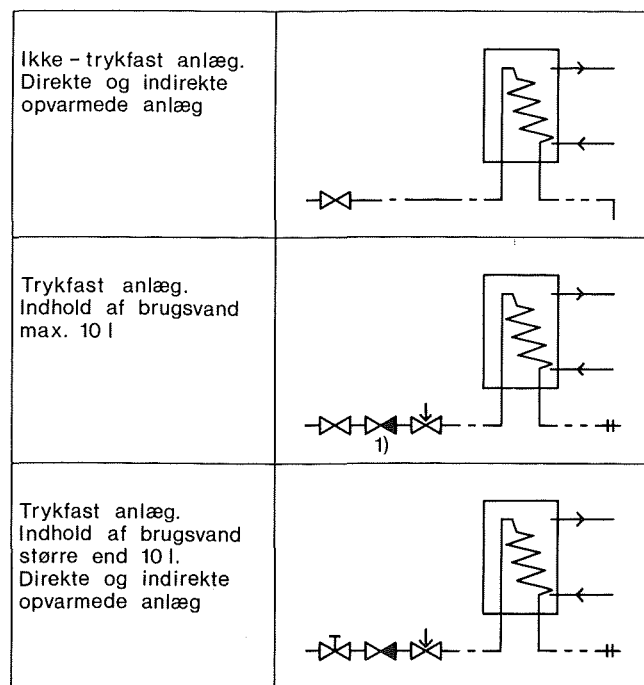
Normen kræver, at der ved anlæg med et vandindhold på mere end 10 l skal sikres mod tilbagestrømning af varmt vand i koldtvandsinstallationen. Sikringen sker med en kontraventil.

Kontraventil

Da kontraventiler kræver tilsyn og vedligeholdelse, kræves det, at kontraventilen ved anlæg med et vandindhold på mere end 300 l anbringes mellem to afspærringsventiler.

Stilbar
kontraventil

Ved anlæg med et vandindhold på mindre end 300 l tillades det, at afspærringsventilen mellem kontraventilen og beholderen udelades, og at kontraventilen og afspærringsventilen før denne erstattes med en stilbar kontraventil. Kravene er angivet i fig. 12.17, 12.18 og 12.19.



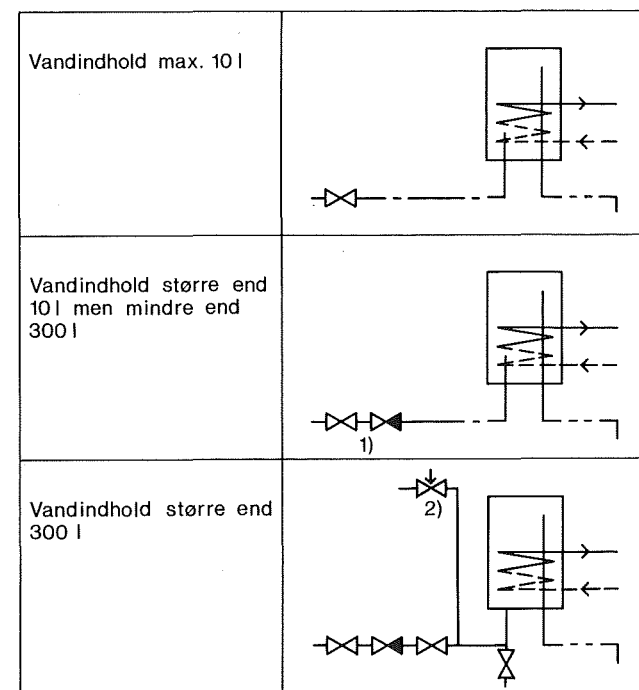
¹⁾ Afspærringsventil og kontraventil kan erstattes med stilbar kontraventil og kræves kun, såfremt varmemedietryk er større end brugsvandstryk.

Fig. 12.17. Afspærrings-, kontra- og sikkerhedsventiler ved gennemstrømningsvarmere.

Sikkerhedsventil

Da vand udvider sig ved opvarmning, er det nødvendigt at anbringe en sikkerhedsventil ved anlæg, hvor der i henhold til det foregående afsnit er anbragt en kontraventil. Sikkerhedsventil kan dog udelades ved varmtvandsbeholdere, der står i uafspærrelig forbindelse med atmosfæren gennem en rørforbindelse med fornøden lysning samt ved lukkede gennemstrømningsvarmere kun bestående af rør, for hvilke energitilførslen reguleres automatisk svarende til den gennemstrømmende vandmængde.

Vands udvidelse
ved opvarmning



¹⁾ Afspærrings- og kontraventil kan erstattes med stilbar kontraventil.

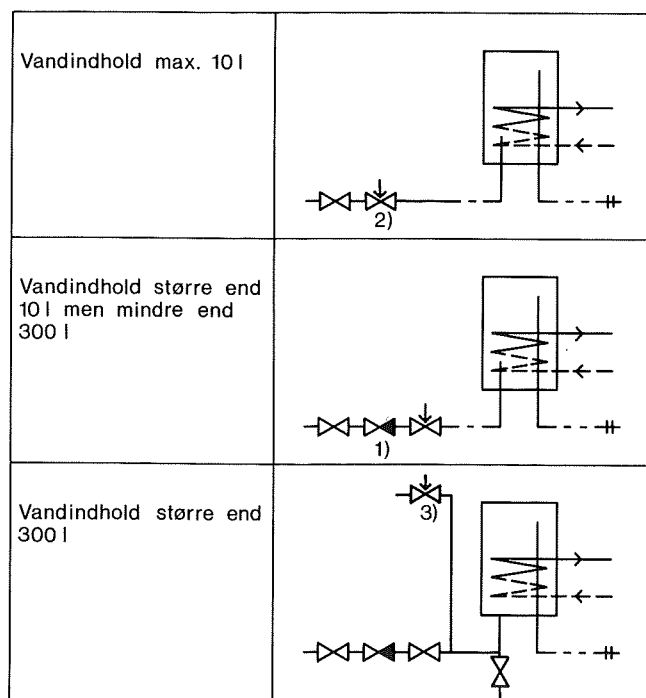
²⁾ Sikkerhedsventil placeres over top af beholder.

Fig. 12.18. Afspærrings-, kontra- og sikkerhedsventiler ved ikke-trykfast varmtvandsbeholdere. Signaturer er som angivet på fig. 12.17.

Konstruktion
Temperaturer
> 100 °C

Sikkerhedsventilers konstruktion er omtalt i kap. 10.

Ved anlæg, hvor der er risiko for, at varmtvandstemperaturen kan overstige 100 °C, skal sikkerhedsventiler være godkendt af arbejdstilsynet. Dette gælder for sikkerhedsventiler på direkte opvarmede anlæg og indirekte opvarmede anlæg, hvor varmemediet er varmere end 100 °C (f.eks. dampopvarmede beholdere). Beholderfabrikanten vil kunne oplyse om sikkerhedsventilens dimension, der iøvrigt skal være efter arbejdstilsynets regler.



1) Afspærrings- og kontraventil kan erstattes med stilbar kontraventil.

2) Sikkerhedsventil kræves kun ved direkte opvarmede anlæg.

3) Sikkerhedsventil placeres over top af beholder.

Fig. 12.19. Afspærrings-, kontra- og sikkerhedsventiler ved trykfaste varmtvandsbeholdere. Signaturer er som angivet på fig. 12.17.

Temperaturer
< 100 °C

Løftetryk

Sikkerheds-
ventilers
montering

Ved anlæg, hvor varmtvandstemperaturen ikke kan komme over 100 °C, skal sikkerhedsventiler være VA-godkendt, og der kræves ikke arbejdstilsynets godkendelse.

Sikkerhedsventilen skal indrettes således, at den åbner ved tryk, der afhænger af det højest forekommende vandledningstryk på stedet.

Ved vandtryk op til 500 kPa (50 mVS) skal sikkerhedsventilen åbne ved 600 kPa (60 mVS), medens den ved vandtryk over 500 kPa (50 mVS) skal åbne ved max. 100 kPa (10 mVS) over højeste vandledningstryk, se fig. 12.20.

Sikkerhedsventilen skal monteres i uafspærrelig forbindelse med beholderen.

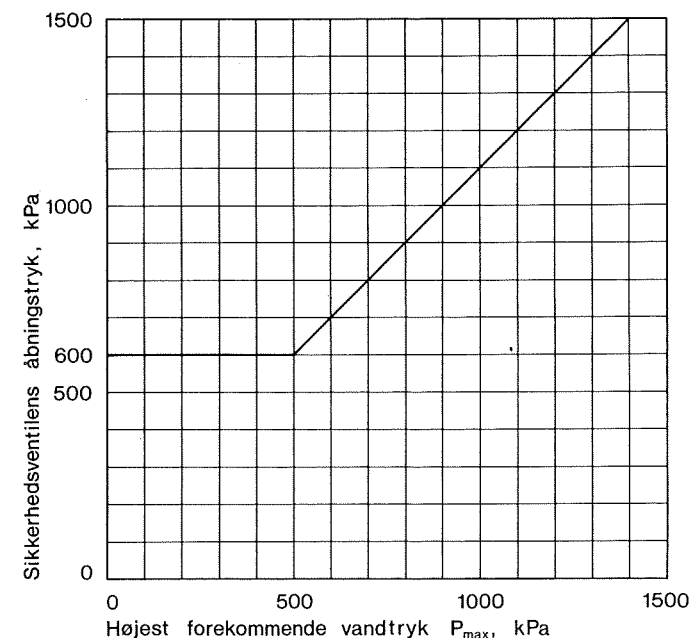


Fig. 12.20. Sikkerhedsventilens løftningstryk i afhængighed af højest forekommende vandtryk.

Sikkerhedsventiler skal være anbragt således, at deres funktion let kan afprøves.

Af hensyn til risikoen for tilkalkning anbringes sikkerhedsventilen normalt på tilgangsledningen (koldt vandstilgangen) til vandvarmere. Af hensyn til muligheden for reparation og udskiftning af sikkerhedsventilen skal den ved større beholdere (større end 300 liter) anbringes over beholderens top.

Sikkerhedsventilens overløbsledning skal indrettes således, at overløbet kan afledes synligt og på farefri måde.

Overløbsledningen fra sikkerhedsventilen skal have mindst sammen dimension som sikkerhedsventilen, og den må ikke kunne afspærres. Den må ikke føres direkte på afløbsledning, men kan f.eks. udmunde frit over gulv afløb eller anden installationsgenstand.

Overløbsledningen bør udføres af varmforzinket stål eller af kobberør.

Cirkulationsledningens tilslutning

I installationer, hvor der udføres cirkulation (se kap. 7), tilsluttes cirkulationsledningen enten på tilgangsledningen for koldt vand, eller den tilsluttes direkte til varmtvandsbeholderen.

Ved tilslutning direkte til beholderen skal der anvendes en studs efter fabrikantens anvisninger.

Kontraventil

Såfremt cirkulationsledningen tilsluttes koldt vandstilgangen, angiver normen, at der skal anbringes kontraventil på ledningen. Ved tilslutning til beholderen bør der anbringes kontraventil.

Cirkulationspumpe

Cirkulationspumpen, der skal være VA-godkendt, bør være anbragt mellem to afspærringsventiler. Kontraventil og pumpe kan anbringes mellem de samme to afspærringsventiler.

Styring af varmtvandstemperatur

Temperaturen i varmtvandsbeholdere bør kunne styres og holdes inden for visse grænser.

Begrænsning af vandtemperatur

Skoldningsfare

Med henblik på risikoen for skoldning bør varmtvandstemperaturen holdes under 60–65 °C, når vandet skal anvendes til almindelige husholdningsformål og til badning.

Kalkudfældning

Når vandet har en hårdhed på over 2,1 mmol/l ~ 12 °d (ty-ske hårdhedsgrader) bør temperaturen ikke overstige 55 °C. Hvis vandet ønskes opvarmet til højere temperaturer (strækkende sig til 95 °C) bør der installeres et blødgøringsanlæg. Vandet må i så fald kun anvendes til tekniske formål, f.eks. til vaskerianlæg.

Så lav temperatur som muligt

Det kan ved mange anlægstyper være en fordel at holde temperaturen så lav som muligt af hensyn til energiforbruget. Til rene husholdningsforbrug vil temperaturer på 40–45 °C normalt være tilstrækkelige. Energibesparelserne opnås primært ved, at varmetabet til omgivelserne bliver mindre ved lavere temperaturer.

En lav varmtvandstemperatur kan endvidere være en fordel i lavtemperaturanlæg såsom varmepumpe- og solvarmeanlæg samt i fjernvarmeanlæg, hvor varmemeforbruget afregnes efter volumenmåler.

Styring af vandtemperatur

Det vil normalt være en fordel at kunne styre varmtvands-temperaturen, men i mange anlægstyper er dette ikke muligt. Det gælder f.eks. for visse typer af kedelunits, hvor brugsvandet føres i en rørs spiral, der er placeret i kedlens vandrum, hvor temperaturen i kolde perioder kan komme op på 90 °C. Samme forhold gælder i nogle gennemstrømningsvarmere, hvor den effekt, der indkobles under tapning, stort set er uafhængig af vandstrømmen.

Regulering af effekttilførsel

Styring af vandtemperaturen foregår normalt ved en regulering af den tilførte effekt.

Manuel og automatisk regulering

I mange anlæg, især mindre, sker styringen ved en manuel regulering eller rettere indstilling af enten varmemediet temperatur (f.eks. kedeltemperaturen) eller af medie-strømmens størrelse. Den tilførte effekt er stort set konstant døgnet igennem, og som følge heraf vil varmtvandstemperaturen variere, f.eks. vil den være høj efter længere perioder uden tapning. Af denne grund anvendes i visse tilfælde automatisk regulering, der kan udføres efter mange forskellige principper.

Følerplacering

Ved automatisk regulering af varmtvandstemperaturen anbringes en føler i beholderen. Det er vigtigt, at følere placeres hensigtsmæssigt, således at beholderens rumindhold udnyttes bedst muligt. Man bør her nøje følge fabrikantens anvisninger. Føler for evt. overkogssikring skal placeres i beholderens top.

Isolering

Anlæg for produktion af varmt vand skal isoleres med mindst de isoleringstykkelser, der fremgår af fig. 16.5. Inspektionsluger, mandehuller og lignende må ikke tildækkes ved isoleringen.

Varmtvandsbeholdere, vandopvarmede

Varmtvandsbeholdere kan i det væsentlige opdeles på de to typer

Kappebeholdere og
varmtvandsbeholdere med indlagt varmeblæse.

I de følgende afsnit behandles disse to typer under forudsætning af, at det drejer sig om almindelige, indirekte opvarmede anlæg med vand som varmemedium, og at varmemediet tryk ikke er større end trykket på brugsvandssiden. I senere afsnit behandles gennemstrømningsvarmere, anlæg for fjernvarmeopvarmning og direkte fyrede anlæg (el- og gasopvarmede anlæg).

Kappebeholdere

Kappebeholdere er beholdere for brugsvand med en kappe, hvorigennem varmemediet føres. Den effektive beholderydelse for kappebeholdere af almindelig type (se fig. 12.21) er relativt lille, og der findes derfor en række anlægstyper, hvor man på forskellig måde har forøget beholderydelsen. Som eksempler kan nævnes

anlæg, hvor kappen også omslutter den ene endebund
kappebeholdere med forvarmer (se fig. 12.22 og 12.23).

Almindelige kappebeholdere (se fig. 12.21) udføres normalt med et beholdervolumen på 75–500 l.

Det effektive beholdervolumen V_{eff} kan som et groft overlag skønnes til

$$V_{eff} = \frac{V}{1,5} \quad (12.48)$$

hvor V er beholdervoluminet.

Almindelige
kappebeholdere
Kappeholderes
effektive
beholder-
volumen

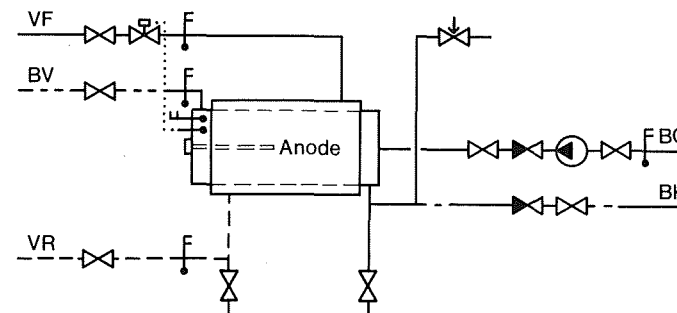


Fig. 12.21. Almindelig kappebeholder. Eksempel på installation.

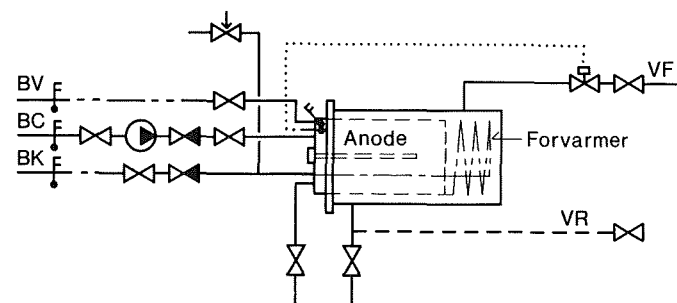


Fig. 12.22. Kappebeholder med forvarmer. Eksempel på installation.

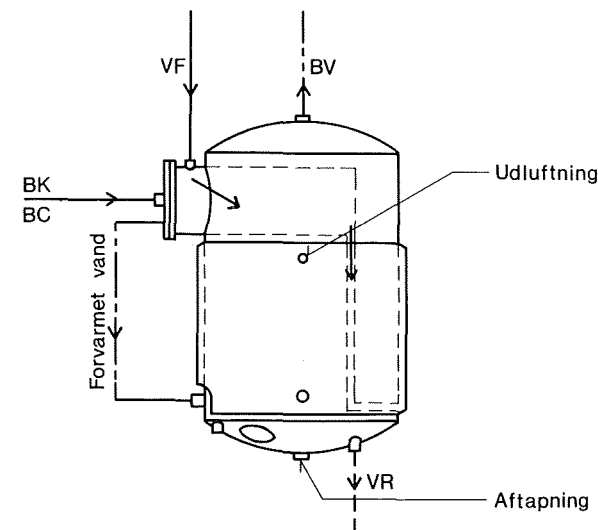


Fig. 12.23. Kappebeholder med indlagt forvarmer.

Fabrikanter af kappebeholdere oplyser kun sjældent om de almindelige kappebeholderes effektive beholderydelse. Hvor der ikke foreligger nærmere ydelsesmålinger af de enkelte fabrikater og beholderstørrelser, kan man som et groft overslag regne med, at genopvarmningstiden er ca. 2,5 timer. Ved genopvarmningstiden forstås i denne forbindelse den tid, der medgår, til en beholder fyldt med koldt vand ($T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$) er opvarmet til en temperatur på $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ under normale driftsforhold i varmeanlægget.

Beregning af den effektive beholderydelse

Under disse forudsætninger kan man beregne den gennemsnitlige effektive beholderydelse i genopvarmningsperioden som

$$P_{eff} = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T}{t_G} \quad (12.49)$$

hvor V er beholderens volumen

ρ vandets massefylde

c vandets varmekapacitet

ΔT temperaturstigning i genopvarmningstiden

t_G genopvarmningstid

Hvis P_{eff} ønskes udtrykt i kW, og V angives i liter, ΔT i $^{\circ}\text{C}$ og t_G regnes til 2,5 timer fås

$$P_{eff} = \frac{V \cdot 1,0 \cdot (55-10)}{2,5} \cdot 0,001163$$

$$P_{eff} = 0,02 \cdot V \text{ kW} \quad (12.50)$$

Hvis den effektive ydelse udtrykkes ved den vandstrøm, som kan opvarmes fra $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, fås

$$P_{eff} = \frac{V}{2,5} \text{ l/h}$$

og hvis ligning (12.48) anvendes fås, at forholdet mellem det effektive beholdervolumen og den effektive ydelse kan udtrykkes

$$P_{eff} = \frac{1,5 \cdot V_{eff}}{2,5} = 0,6 \cdot V_{eff} \quad (12.51)$$

hvor P_{eff} fås i l/h, når V_{eff} indsættes i liter.

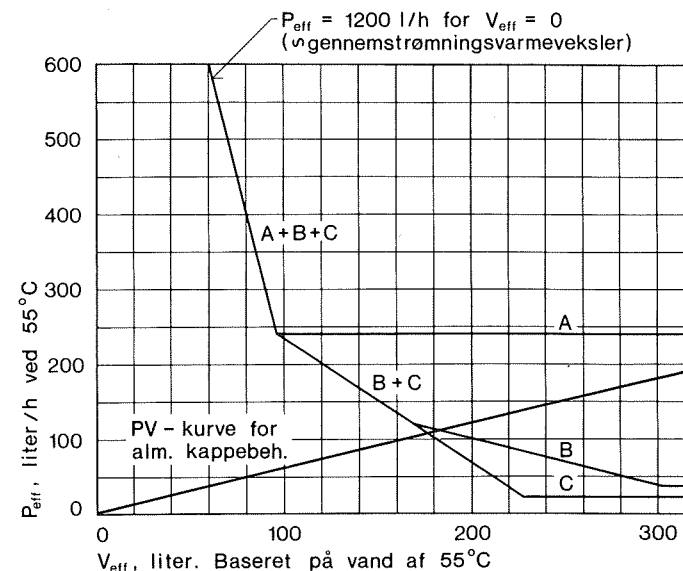


Fig. 12.24. Kapacitet for almindelig kappebeholder. Kurverne A, B og C angiver de PV-kurver, der svarer til de på fig. 12.8 angivne komfortgrader for enfamiliehuse.

PV-kurven for almindelig kappebeholder angiver samhørende værdier for P_{eff} og V_{eff} en almindelig kappebeholder med en genopvarmningstid på 2,5 t.

Det ses, at komfortgrad B (se fig. 12.8) kan opnås med en kappebeholder med $V_{eff} = 180$ l, dvs. et beholdervolumen på ca. 270 l.

Komfortgrad A kan tilfredsstilles med et beholdervolumen på ca. 630 l.

Denne kurve er indtegnet på fig. 12.24.

Kappebeholder med vandfyldt endebund

Der opnås en væsentlig forøgelse af den effektive ydelse, såfremt man udfører kappebeholderen således, at kappen også omslutter den ene endebund. Man kan med denne konstruktion opnå, at inderbeholderen kan udføres udtagelig.

Varmtvandsbeholdere med indlagt varmeplade

Varmtvandsbeholdere med indbyggede varmeplader findes i et stort antal forskellige varianter. Her skal blot omtales to typer.

Mindre varmtvandsbeholder for fjernvarme

I enfamiliehuse anvendes ofte den på fig. 12.25 viste beholderstype. Den er specielt udviklet til anlæg, der er direkte tilsluttet fjernvarmeanlæg, og varmepladen udgøres af en

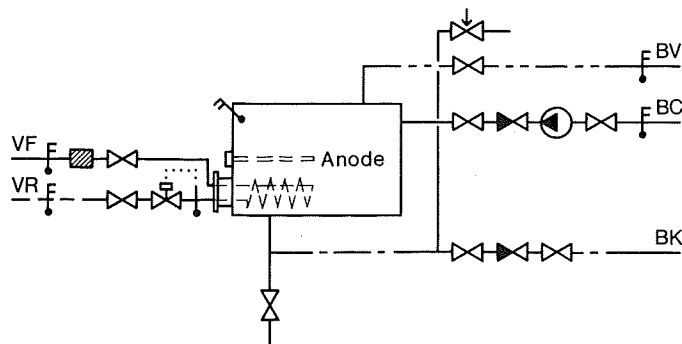


Fig. 12.25. Varmtvandsbeholder med indlagt varmeblade. Den viste type anvendes oftest hvor der tilsluttes direkte til fjernvarmeanlæg.

spiral af kobberør. Beholdertypen leveres med beholdervolumen på 100–500 l. Den effektive ydelse svarer til ydelsen af almindelige kappebeholdere med tilsvarende volumen.

Eksempler på anlægstyper er vist på fig. 12.26.

Fabrikanterne oplyser normalt om anlæggenes »max. ydeevne« eller lignende under nærmere definerede driftsomstændigheder. Man skal her være opmærksom på, om der er overensstemmelse med de driftsomstændigheder, der er aktuelle i den installation, hvori beholderen skal monteres. Ved afvigelser bør fabrikanten rådspørges. Et andet forhold, man skal være opmærksom på, er om den af fabrikanten oplyste ydelse er regnet ved ren varmeblade, dvs. med en varmeblade uden kalkafsætninger. Med henvisning til formel (12.9) kan man regne

$$P_{eff} = \frac{P_o}{f_P}$$

hvor $f_P = 1,15 - 1,30$ og P_o er den effektive ydelse ved ren varmeblade.

Det effektive beholdervolumen V_{eff} kan med henvisning til formel (12.6a) og (12.7) skrives

$$V_{eff} = \frac{V}{1,4}$$

hvor V = beholdervoluminet.

Andre typer
Effektiv
beholderydelse

Effektivt
beholder-
volumen

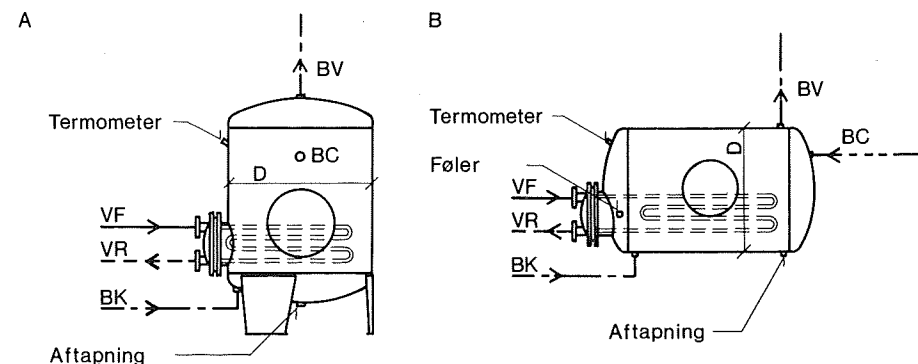


Fig. 12.26. Varmtvandsbeholder med indlagt varmeblade. Eksempler på anlæg der anvendes i større installationer.

Gennemstrømningsvarmere

Gennemstrømningsvarmere – eller varmevekslere – er anlæg med et meget lille, evt. slet intet, beholdervolumen. De er normalt udført som rørvarmevekslere, hvor brugsvandet føres inde i rørene, og varmemediet føres uden på rørene.

Rørvarmevekslere er normalt udført med rør af kobber eller rustfrit stål af hensyn til korrosion. Strømningshastigheden i kobberørerne må ikke overstige de i fig. 5.9 anførte grænser.

Effektiv beholderydelse

Gennemstrømningsvarmeres ydelse oplyses af fabrikanterne, og der gælder her, hvad der er anført for den effektive ydelse for varmtvandsbeholdere.

Tryktab i gennemstrømningsvarmere

Ved valg af gennemstrømningsvarmere skal man være opmærksom på, at disse – i sammenligning med varmtvandsbeholdere – har et relativt stort tryktab på såvel varmemediesiden (primærsiden) som på brugsvandssiden (sekundærsiden). Der bør altid søges nærmere oplysninger om disse tryktab, der bør kunne oplyses af fabrikanten. På brugs-

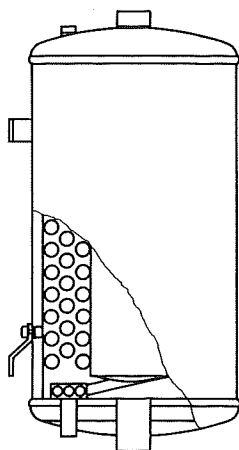


Fig. 12.27. Gennemstrømningsvarmer for mindre anlæg.

vandssiden skal tryktabet ved den største sandsynlige vandstrøm indgå i tryktabsberegningen og dimensioneringen, som beskrevet i kap. 5.

Anlægstyper

Gennemstrømningsvarmere findes i mange størrelser og typer.

Små anlæg I fig. 12.27 er der vist et eksempel på en gennemstrømningsvarmer, der anvendes i enfamiliehus.

I mindre anlæg (forsyning til enfamiliehus, lejligheder og til et enkelt eller nogle få tapsteder) anvendes gennemstrømningsvarmere ofte som eneste varmtvandsforsyning.

Større anlæg I større anlæg anvendes gennemstrømningsvarmere som regel i forbindelse med separate forrådsbeholdere.

Varmeforsyning Når man baserer en varmtvandsforsyning på gennemstrømningsvarmere, skal man være opmærksom på, at de medfører en stor belastning på varmeanlægget.

Elvandvarmere

Elvandvarmere er en fællesbetegnelse for elopvarmede varmtvandsbeholdere og gennemstrømningsvarmere.

Anvendelses-
område

Elvandvarmere anvendes oftest som varmtvandsforsyning til et enkelt eller nogle få tapsteder. De større anlæg kan anvendes til forsyning af et enfamiliehus.

Udførelsesformer

Elvandvarmere kan udføres som enten trykfaste eller ikke-trykfaste anlæg. Den almindeligste form for elvandvarmer er som varmtvandsbeholder med indbygget varmelegeme (varmelegeme). Elvandvarmere er normalt forsynet med en indstillelig termostat og overkogssikring.

Godkendelse

DEMKO Elvandvarmere skal være godkendt af DEMKO efter gældende regler og være VA-godkendte.

Arbejdstilsynet Ved trykfaste elvandvarmere skal der monteres sikkerhedsventil, der er godkendt af arbejdstilsynet.

Ydelse

Effektivt beholder-volumen Med henvisning til (12.6) kan en elvandvarmers effektive beholdervolumen V_{eff} i liter skønsmæssigt sættes til

$$V_{eff} = \frac{V}{1,4} \quad (12.52)$$

hvor V er det geometriske volumen i liter.

Effektiv beholder-effekt Den effektive beholdereffekt P_{eff} i kW kan sættes til

$$P_{eff} = \text{ca. } \frac{P_o}{1,3} \quad (12.53)$$

hvor P_o er effekten i kW ved ren varmelegeme.

Genopvarmningstid

Ved elvandvarmere arbejder man ofte med begrebet genopvarmningstiden (t_G), der er den tid, der medgår til at opvarme en beholder med koldt vand ($T_K = 10^\circ\text{C}$) til temperaturen $T_V = 55^\circ\text{C}$, når den maksimale effekt er indkoblet. Genopvarmningstiden kan beregnes som

$$t_G = \frac{V \cdot (T_V - T_K) \cdot \rho \cdot c}{P_{eff}} \quad (12.54)$$

Genopvarmningstiden regnet i minutter kan fås af

$$t_G = \frac{V \cdot (55 - 10) \cdot 1,0}{P_o} \cdot \frac{1,3 \cdot 4,2}{60}$$

$$t_G = \text{ca. } 4 \cdot \frac{V}{P_o} \quad (12.55)$$

hvor P_o er effekten for ren varmeplade i kW
 V beholdervoluminet i liter
 t_G genopvarmningstiden i minutter.

Eksempel

En 30 l elvandvarmer er forsynet med et varmelegeme på 3,6 kW. Genopvarmningstiden kan da skønnes til

$$t_G = \text{ca. } 4 \cdot \frac{30}{3,6} = \text{ca. } 33 \text{ minutter.}$$

Små varmtvands-beholdere

Anvendelsesområder

Normen angiver, at vandforbruget ved karbadning er ca. 120 l vand af 55 °C, og at det ved brusebad er ca. 40 l af 55 °C. Ved håndvask er forbruget kun sjældent over 3–5 l vand af 55 °C. Ved køkkenvaske afhænger vandforbruget meget af brugsmønstret, og det er næsten umuligt at udtale sig om forbruget. Som en meget grov retningslinie kan man ansætte forbruget ved en køkkenvask til det samme som ved brusebad. Disse tal kan anvendes ved bedømmelsen af en elvandvarmers egnethed til den aktuelle forsyning og valgte grad af komfort, idet det kan forudsættes, at den varmemængde, der tilføres under tapningen, er uvæsentlig. I fig. 12.28 er der angivet vejledende størrelse for elvandvarmere.

Gennemstrømningsvandvarmere

Elvandvarmere af gennemstrømningstypen uden beholder anvendes kun sjældent på grund af de store ydelser, der kræves ved de normalvandstrømme, som normen fastsætter for normale tapsteder, se (12.24).

Kogevands-automater

En særlig type elvandvarmere er kogevandsautomaterne, der f.eks. anvendes i restaurationskøkkener, hvor der anvendes kogende vand til kaffebrygning o.lign.

Kogevandsautomater er åbne trykløse beholdere, som regel af begrænset størrelse (max. 25–30 l). Automaterne er

Tapsted	Mindste beholder-volumen liter	Den effektive beholdereffekt ved ren varmeplade, P_a kW	Genopvarmningstid, t_G minutter
Kar	~180	1	720
		2	360
		3	240
Bruser, køkkenvask	~ 60	1	240
		2	120
		3	80
Håndvask	~ 5	1	20
		2	10

Fig. 12.28. Vejledende beholderstørrelser for elvandvarmere. Tabellens værdier for mindste beholderindhold er baseret på normens angivelse af vandforbrug ved badning. Genopvarmningstiden er et mål for det interval, hvormed tapningerne kan gentages.

beregnet for tømning, inden nyt koldt vand tilføres. Effektilførslen er normalt termostatstyret, og automaterne har en tørkogningssikring.

Kalkafsætninger

På grund af de høje temperaturer på elvarmelegemernes overflade, kræves der et hyppigt eftersyn og evt. afsyring af kalkafsætninger. Der henvises til fabrikanternes anvisninger.

Gasvandvarmere

Gasvandvarmere er en fælles betegnelse for gasopvarmede (direkte opvarmede) varmtvandsbeholdere og gennemstrømningsvarmere. Gasvandvarmere udføres normalt som trykfaste anlæg.

Ydelse

Dimensionering af gasvandvarmere kan foretages efter de tidligere anførte regler. Det karakteristiske for gasvandvarmere er, at de har en relativ stor effektiv ydelse. Traditionelt opgives ydelsen som liter pr. minut ved 28 °C opvarmning af vandet.

DGP

Godkendelse

Gasvandvarmere skal være godkendt af Dansk Gasmaterielprøvning (DGP) og være VA-godkendte.

Arbejdstilsynet

Anlæg af gennemstrømningstypen, hvor gastilførslen reguleres direkte af vandstrømmen, kræves ikke forsynet med sikkerhedsventil. Gasopvarmede varmtvandsbeholdere skal forsynes med sikkerhedsventil, der er godkendt af arbejdstilsynet.

Skoldningsrisiko

Ved tapning af små vandstrømme vil varmtvandstemperaturen normalt blive så høj, at der er risiko for skoldning. Det anbefales derfor, at f.eks. brusere forsynes med egnede termostattyrede blandearmaturer.

Anlæg for fjernvarmeopvarmning

Anlæg for produktion af varmt vand opvarmet med fjernvarmevand er i henhold til normen underkastet særlige bestemmelser. Årsagen hertil er, at trykket på opvarmningsiden normalt er stort.

Trykforhold

I princippet adskiller fjernvarmeanlæg sig kun fra andre varmeanlæg, hvad angår trykket. Det afgørende er, om trykket for varmesiden er større end trykket på brugsvandsiden. Hvis dette er tilfældet, stiller normen krav om, at anlægget skal være udført således, at der kan ses bort fra risikoen for indtrængning af opvarmningsmediet i brugsvandsinstallationen.

VA-godkendelse

Det fremgår af VA-godkendelsen af de enkelte anlæg, om de er godkendt til »fjernvarme«, hvilket i denne forbindelse vil sige, om en varmtvandsbeholder eller en gennemstrømningsvarmer er anvendelig i varmeanlæg, hvor trykket i varmemediet kan blive større end trykket i vandinstallationen.

Laveste forekommende vandtryk

De tryk, der skal sammenlignes i denne forbindelse, er for varmemediets vedkommende det højeste forekommende tryk i varmefladen (evt. kappen) og for brugsvandets vedkom-

Tryk i varmemediet

mende det laveste forekommende tryk p_{min} , se fig. 5.1, under normale omstændigheder.

Trykket i varmemediet beregnes som det resulterende tryk i varmeanlægget, hvorved forstås summen af hviletrykket (trykket i det laveste punkt af anlægget, når pumpen er stoppet) og den af cirkulationspumperne frembragte trykforøgelse. Der henvises til DIF's »Almindelige betingelser for udførelse af varmeanlæg«.

Varmtvandsbeholdere for fjernvarme

Varmtvandsbeholdere, der skal anvendes i anlæg, hvor varmemediets tryk er større end vandtrykket, skal være godkendt for de aktuelle tryk. Brugsvandssiden skal være udført for et beregningstryk, der er mindst 1000 kPa, og varmesiden for et beregningstryk, der mindst er lig det aktuelle resulterende tryk.

Varmeflader

Rørvarmeflader, der er indlagt i varmtvandsbeholdere, er normalt udført af kobberrør eller rustfri stålør.

Kappebeholdere, der anvendes i fjernvarmeanlæg, skal normalt være stålpladebeholdere med korrosionsbeskyttende overfladebehandling. Emaljerede beholdere skal være katodisk beskyttet. Kobberforede beholdere og beholdere af kobber, rustfrit stål eller tilsvarende korrosionstrægt materiale vil også kunne anvendes.

Gennemstrømningsvarmere for fjernvarme

Gennemstrømningsvarmere, der anvendes i forbindelse med fjernvarmeanlæg, er normalt udført således, at alle dele, der berøres af brugsvandet, er udført af kobber eller rustfrit stål.

Belastning på fjernvarmenet

Mange fjernvarmeselskaber har regler for, hvor store belastninger man kan tillade på fjernvarmenettet hidrørende fra anlæg for varmtvandsforsyning. Da gennemstrømningsvarmere kan medføre en belastning på fjernvarmenettet, der er større end belastningen for varmeanlæggene, har mange selskaber bl.a. af denne grund regler, der præciserer, om man overhovedet må anvende gennemstrømningsvarmere eller ej. Før et anlæg projekteres, bør man derfor altid søge oplysninger hos fjernvarmeselskabet.

Anlægstyper

I fig. 12.27 er der vist en gennemstrømningsvarmer, og i fig. 12.25 er vist en varmtvandsbeholder med indlagt varme-flade. Disse typer (mindre anlæg) anvendes ofte, hvor der tilsluttes fjernvarmeanlæg.

Kedelunits

Anlæg for produktion af varmt vand kan leveres sammenbyggede med kedler, og det samlede anlæg kaldes da en kedelunit. Anlægget kan være en varmtvandsbeholder (of-test en kappebeholder) eller en gennemstrømningsvarmer, og i mange typer er beholderen eller gennemstrømningsvar-meren indbygget i kedlens vandrum.

Godkendelse

Kedelunits skal være VA-godkendte. Oliefyrede kedelunits skal herudover være godkendt af boligministeriet, og gasfy-rede kedelunits skal være godkendt af Dansk Gasmateriel-prøvning (DGP).

Armaturer

Kedelunits er i større eller mindre omfang forsynet med ar-maturer (kontraventiler, sikkerhedsventiler mv.). Der henvi-ses til VA-godkendelsen, hvoraf det fremgår, om de kræve-de armaturer er sammenbygget med kedeluniten, eller om der kræves en særskilt montering af kontraventiler, sikker-hedsventiler mv.

Anlægstyper

På fig. 12.29 er der vist et eksempel på en kedelunit med ind-bygget varmtvandsbeholder. Beholderstørrelsen for denne type kan variere fra fabrikat til fabrikat, men den er sjæl-dent over 200 l (100-150 l er det normale).

Efter en længere periode uden tapning vil varmtvands-temperaturen være meget tæt på kedeltemperaturen, hvilket i kolde perioder med høj kedeltemperatur kan medføre en

Kedelunits med
indbygget
beholder

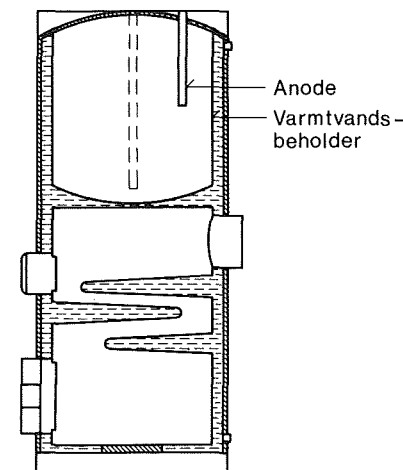


Fig. 12.29. Kedelunit med indbygget varmtvandsbeholder.

Kedelunits med
indbygget
gennemstrøm-
ningsvarmer

stærkt forøget kalkudfældning. Der vil tillige i disse perio-der være en vis skoldningsfare.

I perioder med stort forbrug af varmt vand kan der blive mindre varmeeffekt disponibel til varmeanlægget. Dette har dog normalt ingen betydning for varmeanlæggets funktion.

Der findes kedelunits med indbygget gennemstrømnings-varmer, hvor brugsvandet føres gennem en rørslange ind-bygget i kedlens vandrum. Ved denne type kan man opnå re-lativt store effektive ydelser, men man skal også her være opmærksom på, at ydelsen til varmeanlægget kan falde i pe-rioder med særlig stort forbrug.

Varmtvandstemperaturen afhænger dels af kedeltempera-turen og dels af varmtvandsstrømmens størrelse. Det kan derfor anbefales, at brusere o.lign. forsynes med termostat-styrede blandearmaturer.

Ved kedeltemperaturer på 60 °C og derover bør der fore-tages en hyppig inspektion og eventuel rensning af gennem-strømningsvarmeren.

Der findes kedelunits, der er forsynet med såvel varmt-vandsbeholder som gennemstrømningsvarmer.

Særlige kedel-
unittyper

Anlæg for opvarmning med damp og hedtvand

I mange anlæg er varmekilden damp (højtryks- eller lavtryks) eller hedtvand, hvilket kræver en række særlige hensyn. Ofte vælges imidlertid at lede dampen til en varmeveksler, hvor dens varmeindhold overføres til vand. Dette vand anvendes så til opvarmning af brugsvand samt til øvrige opvarmningsformål.

Arbejdstilsynet

Dampopvarmede anlæg for produktion af varmt vand skal – som øvrige dampopvarmede anlæg – udføres efter arbejdstilsynets regler, se [12.1]. Reglerne omhandler bl.a. sikkerhedsventiler, deres størrelse og godkendelse.

Anlægstyper

De anlæg, der anvendes ved dampopvarmning, adskiller sig i princippet kun lidt fra de anlæg, der anvendes når varme-mediet er varmt vand, se fig. 12.26. Som en speciel anlægstype kan nævnes beholdere med 2 varmeplader, hvor der ledes damp gennem den ene og varmen i kondensatet udnyttes i den anden.

Anlæg for hedt brugsvand

I anlæg, der forsyner vaskerier, køkkener, skyllerum o.lign., har man ofte brug for brugsvand med temperaturer på indtil 95 °C. Brugsvand af denne temperatur benævnes ofte hedt vand – ikke at forveksle med vandet i hedtvandsanlæg, som er varmeanlæg, hvor vandets temperatur er over 120 °C og som følge heraf er under tryk.

Kalkudfældning

Ved opvarmning til mere end 60–65 °C vil kalkudfældningen øges meget kraftigt. Det må anses for en nødvendighed, at man blødgør vand, der skal opvarmes til disse temperaturer. Blødgjort vand må kun anvendes til teknisk brug.

Anlægstyper

Varmt vand med temperaturer på op til 95 °C kan produceres i direkte opvarmede anlæg eller i anlæg, hvor varmemediet er f.eks. damp eller hedtvand.

Ofte anvendes en to-trins opvarmning. Første trin kan bestå i en opvarmning af brugsvandet til ca. 55 °C med almindeligt centralvarmevand. Andet trin, der skal dække opvarmning fra de 55 °C til den ønskede temperatur, kan f.eks. bestå af en elvarmeplade, der indbygges i en særlig beholder – ofte kaldet en hedtvandsbeholder.

Kapitel 13

Vandbehandlingsanlæg

Generelt

Ved vandbehandling forstås en behandling, der ændrer vandets kemiske og/eller bakteriologiske egenskaber. Det bemærkes, at opvarmning af drikkevand i denne forbindelse ikke opfattes som en vandbehandling.

Normens krav

Tilladelse til vandbehandling

I henhold til normen må ændring af vandets kemiske eller bakteriologiske beskaffenhed ikke foretages uden særlig tilladelse, og kun såfremt det behandlede vand udelukkende anvendes til teknisk brug, dvs. ikke til drikkevand, madlavning og bad. Der kan anføres følgende grunde til dette. For det første kan man risikere, at der i dårligt passede behandlingsanlæg foregår en biologisk aktivitet, som kan gøre vandet sundhedsfarligt. For det andet kan det risikeres, at anlægget ved regenerering udført af ukyndige påfyldes forkerte og måske skadelige stoffer. I almindelige husholdninger kan behandlet vand tillades anvendt i vaske- og opvaskemaskiner, når det sikres, at det behandlede vand udelukkende benyttes til disse apparater.

Sikring mod tilbagestrømning

Installationer for behandlet vand skal udføres således, at det behandlede vand ikke kan trænge tilbage i installationer for drikkevand. Der er i normen og i VA-godkendelsen angivet hvilke forholdsregler, der skal tages.

Mærkning

Installationer for behandlet vand skal mærkes, f.eks. med særlig farve. Tapventiler skal mærkes: »ikke drikkevand«.

Undtagelser

For elektrolyseanlæg samt for anoder af magnesium og aluminium stiller normen ikke særlige krav om tilbage-

strømningssikring og mærkning. Man kan sige, at normen ikke opfatter disses foranstaltninger som egentlige vandbehandlingsanlæg.

Anlægstyper

De vigtigste former for anlæg til vandbehandling er:

blødgøringsanlæg,
elektrolyseanlæg,
magnesiumanoder,
mekaniske filtre og
anlæg for dosering af kemikalier.

Blødgøringsanlæg

I blødgøringsanlæg foretages en nedsættelse af vandets hårdhedsgrad. Blødgøringen kan tjene forskellige formål, såsom:

undgåelse af kalkpletter på service ved opvask
mindskelse af kalkafsætning i ledninger og beholdere ved høje driftstemperaturer
besparelse af sæbe ved vaskeprocesser.

Vandets hårdhed

En af de karakteristiske egenskaber ved det danske drikkevand er dets store indhold af calcium- og magnesiumsalte. Mængden af disse stoffer udtrykkes ved hårdheden. Der skelnes mellem den temporære hårdhed og den permanente hårdhed. En beskrivelse af vandets hårdhed findes i kapitel 19, Korrosion.

Ionbytningsanlæg

Den almindeligt anvendte metode til blødgøring af drikkevand er ionbytning. Ved ionbytning udskiftes drikkevandets indhold af tungt opløseligt calcium- og magnesiumsalte med let opløselige natriumsalte i en natrium-bytter. Se fig. 13.1, hvor ændring i vandets indhold af salte er angivet.

Den form for ionbytning, der er vist i fig. 13.1, kaldes for enkelt ionbytning. Den finder anvendelse i f.eks. vaskerier,

Enkelt
ionbytning

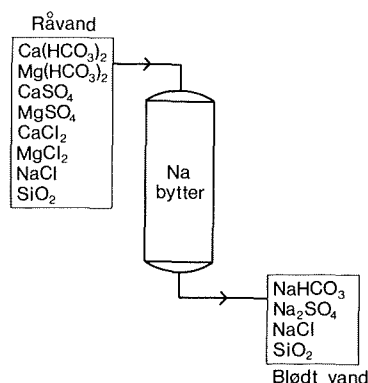


Fig. 13.1. Ionbytningsanlæg, Natrium-bytter. I natrium-bytteren sker en enkelt ionbytning, hvis resultat er, at de tungt opløselige salte udskiftes med let opløselige.

anlæg for spædevand til dampkedler og anlæg, hvor der skylles med vand af høje temperaturer ($> 60-65^{\circ}\text{C}$), hvilket blandt andet finder sted i bækkenskyllere og opvaskemaskiner.

Dobbelt
ionbytning

Hvor der stilles særlige krav om et meget lille indhold af opløste stoffer, kan der før natrium-bytteren indskydes en såkaldt H-bytter. Processen kaldes da dobbelt ionbytning. I H-bytteren tilsættes saltsyre (HCl), hvorved drikkevandets indhold af kalcium- og magnesiumbikarbonater omdannes, dels til klorider, der udfældes, og dels til kulsyre (H_2CO_3). Efter en afluftning ledes vandet til en natrium-bytter.

Ved anvendelse af dobbelt ionbytning (også benævnt: demineralisering) er det muligt at fjerne drikkevandets indhold af kalcium og magnesium næsten fuldstændigt. Tilbage bliver kun de meget letopløselige natriumsalte Na_2SO_4 og NaCl , samt et i almindelighed meget ringe indhold af kisel-syreanhydrit. Se fig. 13.2, hvor processen er vist skematisk.

Anvendelse af
dobbelt
ionbytning

Anvendelsesområdet for dobbelt ionbytningsanlæg er i princippet det samme som for enkelt-anlæggene, men da anlæggene er kostbare, anvendes de kun, hvor der stilles særligt store krav, som f.eks. i restaurationskøkkener med stor opvask af vinglas mv.

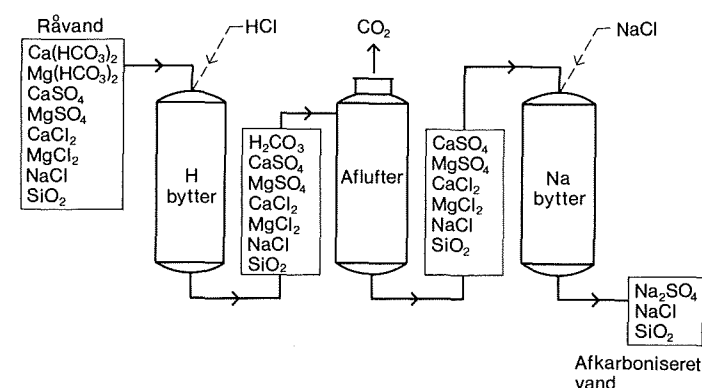


Fig. 13.2. Ionbytningsanlæg med dobbelt ionbytning. Vandet føres først gennem H-bytteren, hvor der tilføres saltsyre (HCl), og derefter til afluffer. Sidste trin er natrium-bytteren, hvor kalcium- og magnesiumsalte omdannes til let opløselige natriumsalte. Da vandet efter behandling ikke indeholder kulstofforbindelser, kan det kaldes afkarboniseret vand.

Total afsaltning

Såfremt der er behov for en total afsaltning af drikkevandet (f.eks. ved fremstilling af farmaceutiske og kosmetiske produkter), kan dette opnås ved at erstatte natrium-bytteren med en OH -bytter.

Virkemåde

Anlæg med enkelt ionbytning

Enkelte ionbytteranlæg består af én beholder eller af flere parallelt forbundne beholdere, der hver indeholder en ion-bytter. For at ionbytterens overflade skal blive så stor som muligt, er den udformet som et filter. Når det gennemstrømmende vand kommer i berøring med ionbytteren, sker den ovenfor beskrevne ionbytning. Når filtret har været i drift et stykke tid, mister det ionbytningsevnen, og det skal derfor regenereres, hvilket sker ved tilsætning af kogsalt (NaCl). Filtret renses ved en returskyllning, hvor skyllevandet føres til afløbssystemet. Saltet tilføres fra en saltbeholder (saturator).

Konstruktion

Filterbeholderen udføres ofte som en svejst stålbeholder, der efter fremstillingen varmforzinkes både indvendigt og udvendigt. Hvis der er specielle forhold med hensyn til van-

dets sammensætning, kan beholderne leveres med særlige foringer, f.eks. af plast eller gummi. Mindre anlæg består ofte helt af plast.

For at sikre en ordentlig rensning af filtret ved returskylningen er beholderen kun ca. halvt fyldt op med filtermateriale. Et dysesystem ved vandets indløb i beholderen sikrer, at vandet fordeles jævnt over filtret. Beholderen er normalt forsynet med en tømmebane.

Saltbeholderen er almindeligvis af samme materiale som filterbeholderen. Afhængigt af det anvendte salts renhed kan saltbeholderen ved udløbet være forsynet med et mekanisk virkende kvartsfiler.

Dimensionering Ved dimensionering af ionbytteranlæg er der specielt 2 forhold at tage i betragtning

den største tilladelige belastning, angivet som m^3/h gennemstrømmet vand

filtermaterialets kapacitet, angivet som m^3 behandlet vand.

Begge oplyses af leverandørerne af filtrene. Tryktabet gennem et ionbytteranlæg kan være ret stort, 50–200 kPa, afhængig af filtertype og -størrelse og af vandstrømmen. Tryktabet fremgår af VA-godkendelsen.

Største tilladelige belastning Den største tilladelige belastning på filtret må ikke være mindre end den største sandsynlige vandstrøm for de tapsteder, der skal forsynes med blødgjort vand. Disse tapsteder er oftest systematisk benyttede, og der må i hvert enkelt tilfælde skønnes over den relevante samtidighedsfaktor.

Filterkapacitet Den væsentligste faktor for valg af anlægsstørrelsen er filtermaterialets kapacitet (i m^3 behandlet vand). Denne afhænger af ionbytterens type og af hårdhedsgraden af det ubehandlede vand. Kapaciteten (C) opgives af leverandøren normalt i m^3 svarende til 1°dH . Kendes hårdhedsgraden h ($^\circ\text{dH}$) af det ubehandlede vand, kan den nødvendige kapacitet C beregnes som

$$C = V \cdot h \quad (13.1)$$

hvor V er den vandmængde i m^3 , som man ønsker skal kunne behandles mellem to skylninger. Når denne vandmængde

er behandlet, vil det være nødvendigt at regenerere filtret. Under denne proces sættes anlægget ud af drift.

Det er således nødvendigt at kende vandinstallationens vandforbrug for at kunne foretage en korrekt dimensionering. Det er ligeledes nødvendigt at kende den tidsmæssige fordeling af vandforbruget, således at det undgås, at tidspunkterne for regeneration og behov for blødgjort vand fra anlægget falder sammen.

Regenerations-tidspunkt De fleste anlæg er automatisk styrede, således at regeneration foregår enten på faste tidspunkter (f.eks. om natten), eller når en forud valgt vandmængde er behandlet.

Tidsstyring af regeneration Tidsstyring af regenerationen giver i almindelighed det billigste anlæg. Til gengæld er driftsudgifterne store, da det i dette tilfælde er nødvendigt at overdimensionere anlægget for at opnå sikkerhed mod utilstrækkelig blødgøring. Dette medfører, at de fleste regenerationer sker på et filter, der ikke er fuldt udnyttet, og dermed et større saltforbrug end nødvendigt.

Mængdestyring af regeneration Ved mængdestyring af regenerationen kan det opnås, at denne altid foregår på et fuldt udnyttet filter, og at saltforbruget ikke bliver større end nødvendigt. For at undgå gener ved tidsmæssigt uheldige regenerationer er det i reglen nødvendigt at dublere filterbeholderen.

Anlægsformer De fleste ionbytteranlæg, der installeres, er præfabrikerede enheder, hvor alle armaturer, pumper, målere og beholdere mv. er monteret. Arbejdet på pladsen består så blot i en montering af el- og vandforbindelser, herunder de krævede tilbagestrømningssikringer, se fig. 13.3.

Anlæggene skal være VA-godkendte, og da anlæggene kan være forskelligt udstyret, kan VA-godkendelsen indeholde særlige betingelser, der skal være opfyldt, før myndigheden kan godkende den færdige installation.

Små anlæg Til husholdningsbrug og til mindre erhvervsskøkkener mv. findes der en lang række små anlæg på markedet. Den største tilladelige belastning varierer fra ca. 0,3 l/s til 0,8 l/s, og kapaciteten går fra ca. 25 $\text{m}^3/1^\circ\text{dH}$ til ca. 100 $\text{m}^3/1^\circ\text{dH}$ (ved vand med en hårdhedsgrad på 20 $^\circ\text{dH}$ svarer disse kapaciteter til ca. 1,2 m^3 hhv. ca. 5 m^3 behandlet vand). Disse små anlæg er udført i plast, og de kræver ikke megen plads.

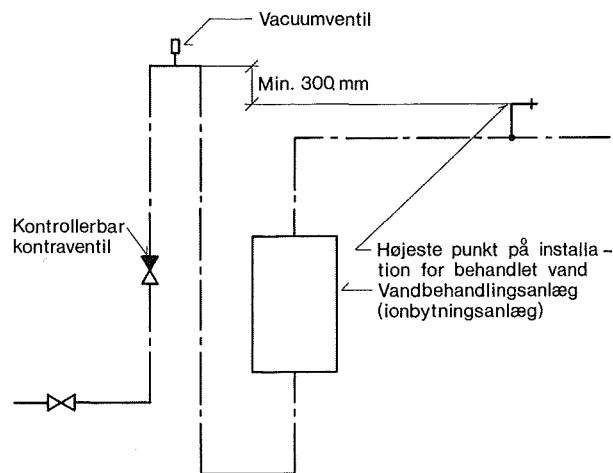


Fig. 13.3. Tilbagestrømningssikring ved vandbehandlingsanlæg. På tilgangsledningen skal anbringes en kontraventil og en vacuumventil. Den sidste skal anbringes mindst 300 mm over det højeste punkt af den efterfølgende installation.

Elektrolyseanlæg

Elektrolyseanlæg installeres i anlæg for varmtvandsproduktion for at mindske risikoen for tæring i varmtvandsinstallationerne.

Vandets egenskaber

I almindelighed bliver drikkevand kalkfældende ved opvarmning, og der afsættes i ledninger og beholdere et lag, hvis udbredelse og tykkelse er afhængig af vandets hårdhedgrad. Laget giver en beskyttelse mod korrosion. Ved blødt vand kan man ikke påregne, at der vil dannes et korrosionsbeskyttende lag, der er tilstækkelig effektivt.

Når vandet forlader vandværket, har det et indhold af opløst ilt (O_2) på mindst 5 mg/l. Denne iltmængde er særdeles aktiv i korrosionsmæssig henseende, og såfremt det beskyttende kalklag ikke er effektivt nok, vil jern i anlægget korrodere.

Foruden den tæring, der skyldes den opløste ilt, forekommer der i vandinstallationer også den galvaniske tæring.

Galvanisk tæring optræder f.eks., når der i en vandinstallation anvendes metaller, der ligger langt fra hinanden i spændingsrækken, og som i installationen kan komme i elektrisk ledende forbindelse med hinanden. Se kap. 19.

Elektrolyseanlægs virkemåde

Et elektrolyseanlæg består af en anode af aluminium, der indbygges i en varmtvandsbeholder, og som påtrykkes en jævnstrøm fra plussiden af en ensretter. Ensretterens negative pol forbindes til selve beholderen, og der etableres således et elektrisk felt mellem anoden og selve anlægget for varmtvandsproduktion. I fig. 13.4. og fig. 13.5 er skematisk vist et større og et helt lille elektrolyseanlæg.

I det elektriske felt, der dannes mellem anode og beholdervægge, vil den opløste ilt reagere med aluminiumsano-den, og der dannes tungt opløseligt aluminiumhydroxyd. Den dannede aluminiumhydroxyd har desuden den virkning, at den udskilning af kalcium- og magnesiumbikarbonat, der forårsages af vandets opvarmning (se under det foregående afsnit), vil foregå hurtigere og derfor ske i varmtvandsbeholderen og ikke ude i ledningssystemet. På indersiden af ledninger dannes der samtidigt et beskyttende lag af aluminiumhydroxyd, der bevirker, at korrosionen ikke kan komme i gang.

De nævnte processer, der dels virker korrosionsbeskyttende og dels mindsker kalkafsætningerne i ledningerne, kan kun komme i gang, hvis vandet indeholder ilt. Normalt, koldt drikkevand er mættet med ilt. Man kan derfor regne med, at elektrolyseanlæg også er effektive i koldt vandsanlæg.

Såfremt vandet »overbehandles«, opstår lugt- og smagsgener og evt. også eksplosionsfare. Det er derfor nødvendigt, at strømstyrken reguleres efter vandstrømmen, således at strømstyrken går ned på et minimum, når der ikke tages. Elektrolyseanlæg er derfor udstyret med en speciel følerenhed, der monteres på koldt vandstilgangen og styrer strømmen i relation til forbruget.

Såfremt et anlæg for varmtvandsproduktion udføres med flere beholdere, bør man for at sikre en effektiv behandling

Dannelse af beskyttelseslag

Styring af elektrolyseanlæg

Beskyttende kalklag

Aggressivt ilt

Galvanisk tæring

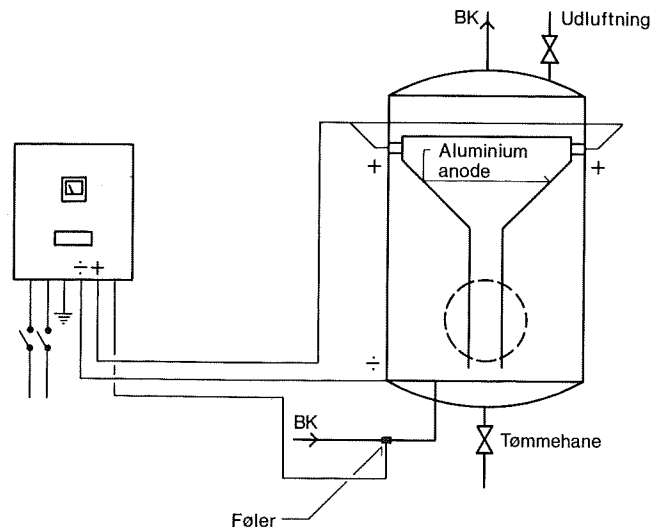


Fig. 13.4. Principskitse af elektrolyseanlæg for større beholdere. Apparat-skabet rummer et aggregat, der ensretter vekselstrømmen og nedsætter spændingen. Endvidere er der automatisk regulering af strømstyrken.

af alt vandet udføre rørsystemerne således, at alle beholdere belastes lige meget.

Opholdstid i
beholder

For at give de elektrokemiske processer tid til at forløbe skal varmtvandsbeholdere gøres så store, at vandet har en opholdstid i beholderen på mindst 20–30 min. Elektrolyseanlæg kan derfor ikke anvendes i anlæg uden beholder (gennemstrømningsvarmevekslere).

Det er en fordel, at varmeplade og beholder er således konstrueret, at der i perioder, hvor der ikke tappes, opstår termiske strømninger, således at alt vandet kommer i kontakt med anoderne.

Indregulering af
elektrolyseanlæg

For at anlægget skal kunne fungere tilfredsstillende, skal der foretages en indregulering, dvs. en afstemning af den elektriske strømstyrke i forhold til vandstrømmen. En sådan indregulering bør altid foretages af specialfirmaer.

Drift og
vedligeholdelse

Et elektrolyseanlæg bør kontrolleres jævnligt og systematisk. Det i beholderen udskilte slam bør tømmes ud ugentligt, og når det er nødvendigt, skal anoden udskiftes.

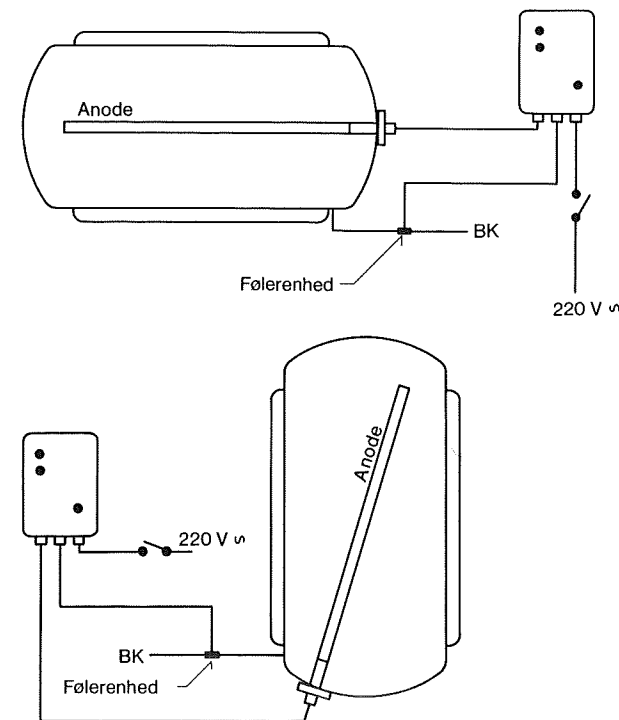


Fig. 13.5. Principskitse af elektrolyseanlæg til mindre beholdere bestemt for enfamiliehuse eller små ejendomme.

Magnesiumanoder

En meget enkel form for anlæg til korrosionsbeskyttelse består af en magnesiumanode, der monteres i en varmtvandsbeholder af stål, uden der påtrykkes nogen strøm.

På grund af potentialforskellen mellem jern og magnesium (som har forskellige pladser i spændingsrækken, se kap. 19) vil der gå en strøm fra anoden gennem vandet til beholder væggen. Strømkredsen sluttet ved, at anode og beholder er metallisk forbundet. Herved opnås, at den aggressive ilt angriber anoden og ikke stålbeholderen. Med tiden vil anoden tære helt op, og den skal derfor kontrolleres ca. 1 gang årligt og evt. udskiftes.

Blødt vand

For at opnå beskyttelse af beholderen er det nødvendigt, at vandet har en vis mindste ledningsevne. Dette er normalt ikke tilfældet, når vandet er naturligt blødt, og i så fald kan man ikke regne med nogen korrosionsbeskyttelse.

Hårdt vand

Når vandet er meget hårdt, vil det være nødvendigt at udskifte anoden ofte, og der er risiko for, at der vil opstå lugt- og smagsgener. Normalt vil en magnesiumanode holde i 1–2 år. En magnesiumanode beskytter ikke rørsystemet, således som et elektrolyseanlæg gør det.

Mekaniske filtre

I visse typer af installationer, f.eks. i laboratorier, har man brug for vand af en særlig renhed. Her kan anvendes mekaniske filtre og filtre med f.eks. aktivt kul. Disse filtre skal være VA-godkendte, og VA-godkendelsen kan indeholde særlige betingelser for installationen.

Anlæg for kemikaliedosering

Til visse processer og formål kan der være behov for at tilsætte kemikalier til vandet i bestemte mængder. Hertil haves forskellige typer af doseringsapparater, der alle skal være VA-godkendte. Blandt stoffer, som tilsættes vandet, kan nævnes:

sæbe
fosfat (kan hæmme korrosion og kalkafsætning)
desinfektionsmidler
silikat
gødning
klor.

Alle de nævnte stoffer indgår i tekniske processer, og doseringen kræver tilladelse. I nogle lande tilsættes fosfater også til drikkevand for korrosionsbeskyttelse af installationen, men det er ikke tilladt i Danmark, fordi koncentrationen skal være forholdsvis stor, hvis man ønsker den optimale virkning. Ved lavere koncentrationer løber man risiko for forøget korrosion.

Kapitel 14

Trykforøgning

Generelt

Normens krav

Krav om og til trykforøgning

Hvor vandtrykket i forsyningsledningen ud for en ejendom ikke er tilstrækkeligt stort til at yde en tilfredsstillende forsyning af alle tapsteder i ejendommen, skal der installeres et trykforøgeranlæg, der udformes således, at der opnås en passende forøgelse af trykket, uden at der opstår generende tryksvingninger eller støj i pågældende eller nærliggende ejendomme.

Trykforhold

Trykvariationer

Trykket i forsyningsledningerne varierer normalt med tiden, og det er ofte sådan, at det kun er nødvendigt at øge trykket i visse perioder, f.eks. når forbruget i forsyningsområdet er stort.

Etableringen af et trykforøgeranlæg bør baseres på en nøje undersøgelse af trykvariationerne, og det er i almindelighed ikke nok at have oplysning om det laveste tryk p_{ln} , se kap. 5. Et trykforøgeranlæg medfører ikke alene forøgede anlægsudgifter, men også forøgede driftsudgifter, og anlæggene bør derfor indrettes således, at trykket kun forøges i de perioder, hvor det er nødvendigt, se fig. 14.1.

Det laveste nødvendige tryk (p_1)

Ved dimensionering af trykforøgeranlæg er det nødvendigt at kende det laveste nødvendige tryk p_1 for den pågældende installation, dvs. det tryk, der er nødvendigt for at alle tapsteder med en passende sandsynlighed kan tilføres vand i en for det enkelte tapsteds funktion tilfredsstillende mængde.

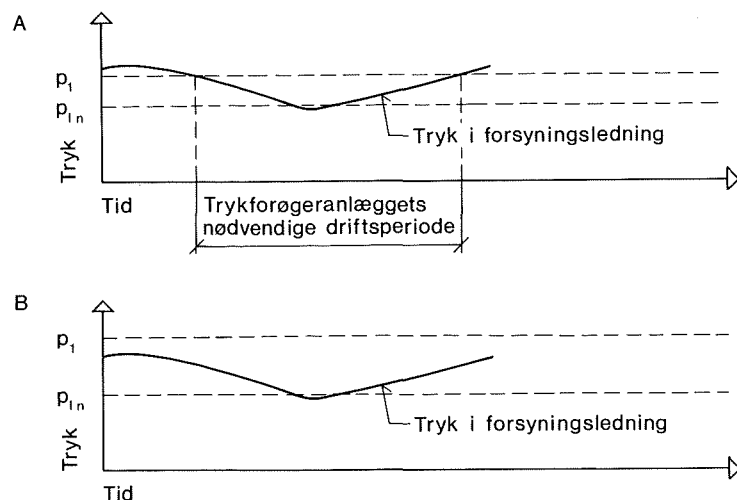


Fig. 14.1. Trykkets variation i forsyningsledninger

p_{1n} laveste normale tryk i forsyningsledning.

p_1 laveste nødvendige tryk.

Kurve A: Forøgelse af trykket er kun nødvendig i en del af tiden.

Kurve B: Forøgelse af trykket er nødvendigt hele tiden.

Støj

I installationer med trykforøgeranlæg gælder de almindelige krav til dimensioner mv., der er gældende for installationer uden trykforøgeranlæg. Ligeledes gælder kravet om at undgå generende støj, hvilket kan få stor betydning. Der er her ikke alene støj hidrørende fra tapning, men også den støj, der måtte komme fra trykforøgeranlægget med de tilhørende armaturer (kontraventiler mv.).

Kritiske tapsteder

Det er ikke altid nødvendigt eller ønskeligt at øge trykket for hele installationen. Oftest vil det være sådan, at trykket i forsyningsledningerne vil være tilstrækkeligt til en del af installationen, og at det kun er de »kritiske« tapsteder, der – for at yde en passende vandstrøm – kræver en forøgelse af

Hvorledes afgøres om et tapsted er kritisk

trykket. Det forsyningsmæssigt farligste punkt kaldes i det følgende: det farligste punkt, *FP*.

Forinden etablering af trykforøgeranlæg vil det være nødvendigt at gennemgå installationen for at fastslå hvilke tapsteder, der er kritiske under de i normen fastsatte vilkår.

De forhold i selve installationen, der medfører at tapsteder kan være kritiske er:

1. Koteforholdene.
2. Armaturers tryktab ved normalvandstrømmen.
3. Apparaters driftsmæssigt nødvendige tryk.
4. Tryktabet i ledninger og armaturer ved den største sand-synlige vandstrøm.

Disse forhold skal betragtes under et, da det meget ofte er kombinationen af dem, der medfører kritiske trykforhold (under tapning) i installationen, f.eks. ved installation af apparater, der kræver et højt driftstryk, i eksisterende installationer.

Koteforhold

Vedr. pkt. 1. Det disponible tryktab Δp_{disp} , er defineret som:

$$\Delta p_{disp} = p_{1n} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81. \quad (14.1)$$

hvor Δp_{disp} er det trykfald der er til rådighed langs rørvejen fra forsyningspunkt (*F*) til det farligste punkt (*FP*)

p_{1n}	det lavest normalt forekommende tryk i <i>F</i>
z_F	kote til <i>F</i>
z_{FP}	kote til farligste punkt <i>FP</i>

Betydningen af de indgående størrelser er forklaret i deltaljer i kap. 1 og 5.

Det disponible tryk skal have en vis mindste størrelse. Er det disponible tryk mindre end 50–100 kPa, vil det normalt være nødvendigt at udføre et trykforøgeranlæg for hele installationen eller en del af denne. Det skal bemærkes, at man så vidt muligt bør undgå en trykforøgning, der dels er dyr og dels medfører stadige drifts- og vedligeholdelsesudgifter.

Det disponible tryk går til tryktab i

Tilslutning til forsyningsledning

Stikledning og andre ledninger i jord med afspærringsarmaturer osv.

Måler

Fordelingsledninger med armaturer

Koblingsledninger med armaturer

Armaturer, apparater osv.

For varmtvandsinstallationer vil der tillige være tab i varmtvandsbeholdere og tilhørende armatur.

I fig. 14.2 er vist, hvorledes man kan beregne, om et givet tapsted x , udgør et kritisk punkt.

Tryktab i
armaturer

Vedr. pkt. 2. Tryktabet (Δp_{vn}) i taparmaturet ved normalvandstrømmen afhænger som anført i kap. 5 af armaturtype og fabrikat. Der skal gøres opmærksom på de store forskelle, der kan være i Δp_{vn} for forskellige armaturtyper.

Apparaters
driftstryk

Vedr. pkt. 3. For særlige apparater mv. gælder samme forhold som beskrevet ovenfor i pkt. 2. Det vil ofte være sådan, at vaske- og opvaskemaskiner, bækkenskyllere og filteranlæg mv. kræver et stort vandtryk for at fungere tilfredsstillende, og forud for installation af sådanne apparater er det derfor nødvendigt at skaffe oplysning om de krævede trykforhold.

Tryktab i
ledninger mv.

Vedr. pkt. 4. Tryktabet i ledninger og armaturer spiller også en rolle, når et trykforøgeranlæg skal dimensioneres og udføres. Jo større tab i ledninger mv., jo mere skal et trykforøgeranlæg yde, og jo større bliver anlægs- og driftsudgifter.

Ved nye installationer vil det være hensigtsmæssigt at gennemføre en økonomisk beregning, idet små ledningsdimensioner giver en mindre udgift til rørarbejder mv., men større anlægs- og driftsudgifter ved trykforøgeranlægget. Det vil imidlertid som regel være en klar fordel at begrænse trykforøgningen mest muligt.

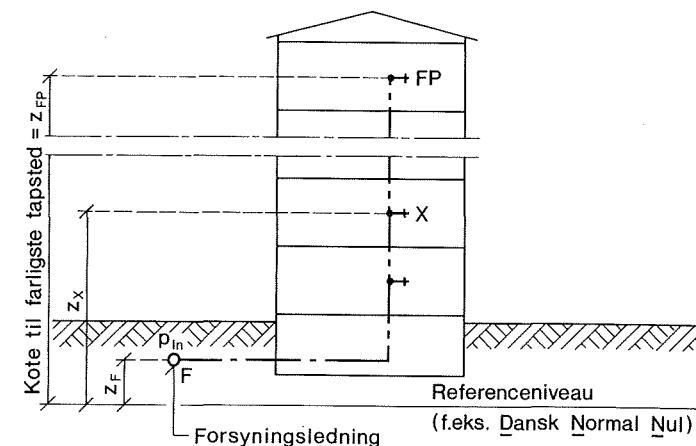


Fig. 14.2. Højdeforhold ved trykforøgning. For hvert enkelt tapsted x i installationen kan man bestemme det disponible tryktab som

$$\Delta p_{disp, x} = p_{ln} - (z_x - z_F) \cdot 9,81$$

$\Delta p_{disp, x}$ skal mindst være så stor, at

$$\Delta p_{disp, x} \geq \Delta p_{F-x} + \Delta p_{vn, x}$$

hvor Δp_{F-x} er det samlede tryktab på strækningen fra forsyningspunktet F til punktet x , og

$\Delta p_{vn, x}$ er tryktabet i taparmaturet i pkt. x ved normalvandstrømmen.

Alle punkter, for hvilke uligheden ikke er opfyldt, kaldes kritiske tapsteder. Det ugunstigt beliggende af de kritiske tapsteder er det farligste punkt FP .

Det laveste nødvendige faktiske tryk p_1

Når installationen er dimensioneret under hensyntagen til det i det foregående anførte, kan man bestemme det laveste nødvendige faktiske tryk p_1 umiddelbart efter trykforøgeranlægget, som angivet i fig. 14.9.

Zone-delning

Opdeling af installation

Som det fremgår af det foregående, bør man kun øge trykket i den del af installationen, der kræver det. I fig. 14.3 og 14.4 er vist et par eksempler på en sådan opdeling (trykzone-opdeling).

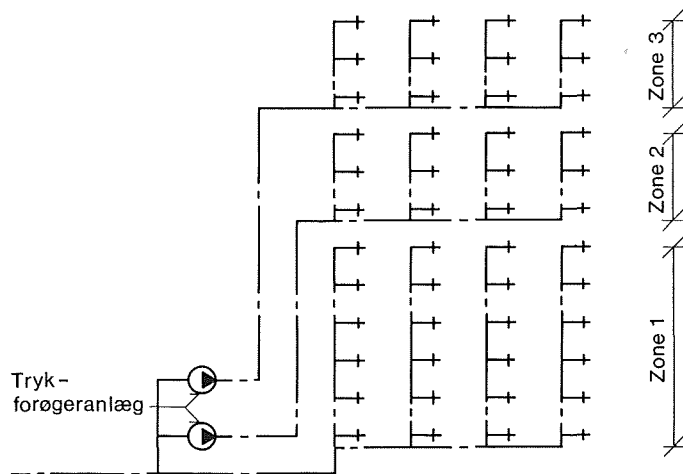
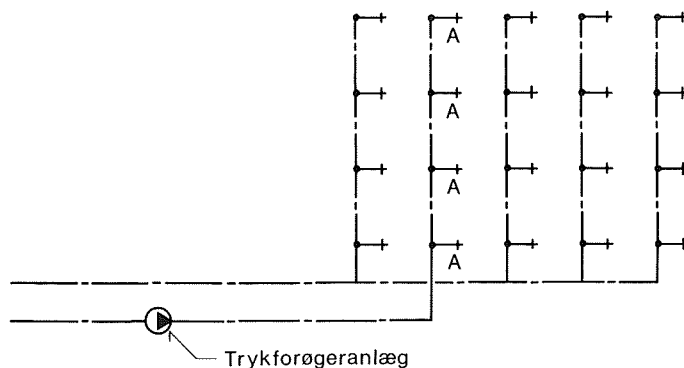


Fig. 14.3. Trykforøgeranlæg med zoneopdeling. Hvor det laveste normale vandtryk i forsyningsledningen (p_m) er tilstrækkeligt til at give tilfredsstillende vandstrømme i en del af installationen (nederste trykzone) bør der foretages en opdeling i trykzoner og kun udføres trykforøgeranlæg for den eller de dele af installationen (trykzone 2 og 3), der kræver det. Det kan undertiden være en fordel, at placere trykforøgeranlægget oppe i bygningen.



A, apparater som kræver stort tryk

Fig. 14.4. Trykforøgeranlæg. Zoneopdeling med lodret zone. I en installation hvori indgår apparater, der kræver så store tryk for at opnå tilfredsstillende funktion, at det er nødvendigt at udføre trykforøgeranlæg, bør der foretages en zoneopdeling, således at trykket kun forøges i den del af installationen, der kræver det.

Ved at foretage en zonedeling opnås mange fordele, der naturligvis skal vejes af mod eventuelt forøgede anlægsudgifter på installationssiden. Blandt de fordele, der i visse tilfælde kan opnås, er:

- lavere anlægsudgifter til trykforøgeranlæg
- lavere driftsudgifter
- begrænsning af risikoen for støjgener.

I store installationer kan det være en fordel at opdele i flere end to trykzoner. Se fig. 14.3.

Trykforøgeranlæg

Trykforøgeranlæg inddeles normalt i:

- anlæg med beholder og
- anlæg uden beholder

Anlæg med beholder – eller som de normalt kaldes hydroforanlæg – er den ældste type og anvendes stadig i stor udstrækning, især ved mindre anlæg. Anlæg uden beholder (med variabel pumpeydelse) er en mere moderne form for trykforøgeranlæg, der især udmærker sig ved små pladskrav.

Hydroforanlæg

Et hydroforanlæg består af en (eller flere) pumper i forbindelse med en trykbeholder, der er delvis fyldt med luft. Pumpens drift styres af lufttrykket i beholderen. Lufttrykket i beholderen opretholdes oftest af et kompressor-anlæg, men ved små anlæg for enkeltforbrugere kan kompressor-anlægget udelades, og efterfyldning af luft kan ske med en håndpumpe. Hydroforanlæg kan således opdeles i:

- anlæg med forkompression og
- anlæg uden forkompression.

Hydroforanlæg med forkompression

Et hydroforanlæg med forkompression indrettet som vist på fig. 14.5.

Funktion

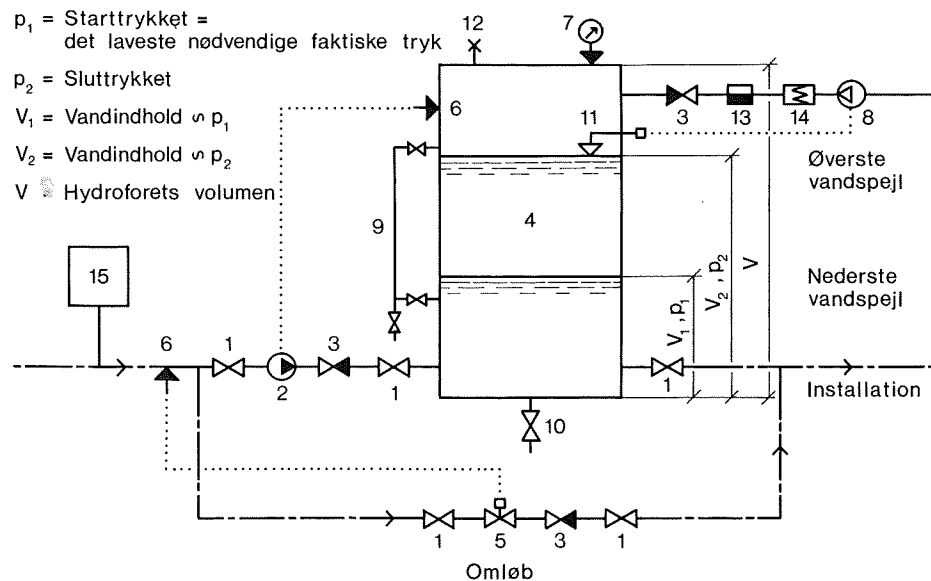


Fig. 14.5. Hydroforanlæg med forkompression.

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Afspærringsventil | 6. Pressostater (trykafbrydere) | 11. Vandstandsføler |
| 2. Pumpe | 7. Trykmåler | 12. Udluftningsventil |
| 3. Kontraventiler | 8. Kompressor | 13. Olie- og vandudskiller |
| 4. Hydroforbeholder | 9. Vandstandsglas | 14. Filter |
| 5. Automatisk afspærringsventil | 10. Aftapningsventil | 15. Vindkedel |

Når der tappes i installationen, synker vandstanden og dermed trykket i hydroforbeholderen (4). Når trykket har nået det laveste nødvendige tryk p_1 , startes pumpen (2) ved et signal fra en pressostat (6) og pumper vand ind i hydroforbeholderen. Vandstanden og dermed trykket stiger, og når trykket har nået sin slutværdi (p_2), standses pumpen automatisk.

For at sikre et rimeligt tidsinterval mellem stop og start af pumpen, skal den fluktuerende vandmængde $V_2 - V_1$, (se fig. 14.5) have en i forhold til vandforbruget passende størrelse. Dette medfører, at luftvoluminet i beholderen skal gives en vis passende størrelse. Det anbefales normalt, at luftvoluminet ved trykket p_1 er ca. 75 % af beholdervoluminet.

Luften vil med tiden blive ført bort af vandet, og det er derfor nødvendigt at tilføre luft. Dette gøres af kompressoren (8), der startes automatisk af niveaumåleren (11), såfremt trykket p_2 først nås ved en vandstand, der er højere end svarende til V_2 .

Omløb

Såfremt det laveste normale tryk i forsyningsledningen i perioder er så stort, at en øgning af trykket er unødvendig, kan der etableres et omløb, der sættes i funktion ved, at ventilen (5) åbnes enten manuelt eller bedre styres automatisk af trykket i tilgangsledningen. I visse tilfælde kan ventilen styres af et kontaktur.

Pumpe

Hydroforpumpen er en centrifugalpumpe. Ved større anlæg kan det være en fordel at dele pumpekapaciteten på flere pumper, der i så fald skal parallelkobles, se fig. 14.6. Dette giver dels en bedre mulighed for at tilpasse pumpekapaciteten til vandforbruget og dermed for at opnå en bedre driftsøkonomi, og dels giver det en større driftssikkerhed. Pumpearrangementet skal udstyres med kontraventiler.

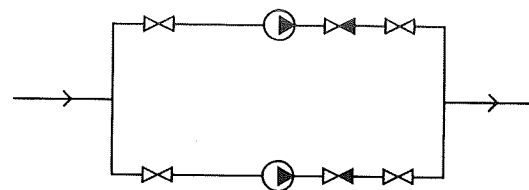


Fig. 14.6. Trykforøgeranlæg. Parallelkobling af pumper. For at undgå tilbageløb når kun én pumpe kører kræves kontraventil ved hver pumpe.

Hydroforbeholder

Hydroforbeholderen er en trykfast beholder, der normalt udføres af stålplade. Beholderen skal være konstrueret, opstillet og udstyret i overensstemmelse med arbejdstilsynets tekniske forskrifter, se [14.1].

Beholderen skal være forsynet med en mindst 20 mm (indv. diameter) aftapning (10) og til- og afgangsledning for vandet skal være tilsluttet således, at der sker en stadig fornyelse af det i beholderen opmagasinerede vand. Se fig. 14.7.

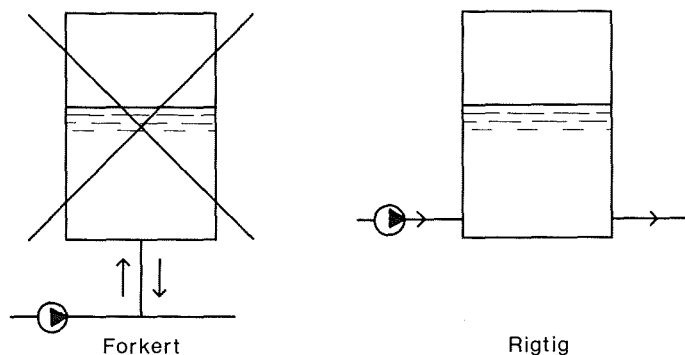


Fig. 14.7. Tilslutning til hydroforbeholder. Tilslutning skal ske således, at der sker en stadig fornyelse af vandet i beholderen.

Der skal være anbragt trykmåler (7) og trykafbryder (6) i forbindelse med beholderens luftvolumen. Beholderen skal være forsynet med vandstandsglas (9) for direkte aflæsning og kontrol af vandstand. Af hensyn til opstart af anlægget vil det normalt være nødvendigt, at beholderen er forsynet med en lufthane (12).

Kompressor

Kompressorens forbindelse til beholderen skal være forsynet med kontraventil (3), automatisk olie- og vandudlader (13) og luftfilter (14). Tilgangen af trykluft skal styres af vandspejlet f.eks. ved hjælp af en svømmer (11).

Dimensionering af hydroforanlæg med forkompression

Der skelnes mellem anlæg med og uden forkompression. Anlæg med forkompression er f.eks. som det i fig. 14.5 viste anlæg, hvor lufttrykket i beholderen kan fastsættes gennem styring af kompressoren.

Ved dimensionering af hydroforanlæg med forkompression anvendes følgende formel:

$$\text{Hydroforformel} \quad V = \frac{q}{4 \cdot \alpha \cdot n} \cdot \frac{p_2 + 101,3}{p_2 - p_1} \quad (14.2)$$

hvor V er hydroforbeholderens totalvolumen i m^3

q pumpens ydeevne i m^3/h

p_1 trykket i hydroforbeholderen ved pumpestart i kPa = det laveste nødvendige faktiske tryk ved afgang fra hydrofor

p_2 trykket i hydroforbeholderen ved pumpestop i kPa

n det maksimalt tilladelige antal pumpestarter pr. time

α forholdet mellem hydroforbeholderens luftvolumen ved starttrykket p_1 og totalvoluminet – hvilket svarer til forholdet mellem forkompressionstrykket p_f og starttrykket p_1 (dvs. at forkompressionsstrykket kan bestemmes af $p_f = \alpha \cdot p_1$).

Pumpens ydeevne

Pumpens ydeevne $q \text{ m}^3/\text{h}$ bestemmes som middeltallet mellem ydeevnerne ved starttrykket p_1 og ved sluttrykket p_2 . Den gennemsnitlige ydeevne bør svare til det forventede største timeforbrug for installationen. Dette kan ikke beregnes ud fra den største sandsynlige vandstrøm ved omsætning fra l/s til m^3/h . Erfaringsmæssigt vil det føre til en urimelig overdimensionering af hydroforanlægget, såfremt pumpens ydelse sættes til den største sandsynlige vandstrøm beregnet som anført i kap. 5.

Normen angiver ingen vejledning til fastsættelse af pumpens ydeevne, som det største timeforbrug, men henviser til to andre normer, nemlig DIF's normer for »Vandforsyningsanlæg for enkeltejendomme« og »Fælles vandforsyningsanlæg«, se [3.1] og [3.2].

Den førstnævnte giver vejledning i fastsættelse af det største timeforbrug, for så vidt der er tale om enkeltejendomme med eget vandindvindingsanlæg, dvs. i første række landbrugsejendomme. Den sidstnævnte giver en tilsvarende vejledning for forskellige bebyggelseskategorier fra spredte landbrugsbebyggelser og sommerhusområder til større samlede bebyggelser med differentierede byerhverv.

For en given vandinstallation vil det være nødvendigt at foretage et skøn over det største timeforbrug, og det vil her

ofte være nødvendigt at anvende erfaringer fra andre tilsvarende installationer.

Det største timeforbrug q

Det største timeforbrug kan beregnes ved hjælp af formelen

$$q = \frac{f_t}{24} \cdot \frac{f_d}{365} \cdot q_{\text{år}} \quad (14.3)$$

hvor f_t er timefaktoren, der angiver forholdet mellem det største og det gennemsnitlige timeforbrug,
 f_d døgnfaktoren, der angiver forholdet mellem det største og det gennemsnitlige døgnforbrug, og
 $q_{\text{år}}$ det gennemsnitlige årsforbrug i $\text{m}^3/\text{år}$.

Erhvervs-
bygninger

For vandinstallationer i erhvervsbebyggelser kan der ikke laves simple regler for beregningen af det største timeforbrug, idet gennemsnitlige årsforbrug og time- og døgnfaktoren varierer stærkt afhængig af erhvervs art og størrelse. For en del erhvervsvirksomheder kan vejledning findes i »Teknisk Hygiejne – Afløbsteknik«, se [14.2].

Såfremt der er tale om hydroforanlæg for installationer til et ukendt erhvervsformål, kan som overslag regnes med et maksimalt timeforbrug på $0,4\text{--}0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ pr. 1000 m^2 af grundens areal.

Kontor-
bygninger

Efter svenske undersøgelser kan man for kontorbygninger og banker mv. regne med et gennemsnitligt døgnforbrug på ca. 60 l/døgn pr. ansat. Dette giver med en skønnet forbrugsperiode på 8 timer pr. døgn et største timeforbrug på ca. $7\text{--}8 \text{ l/h}$ pr. ansat.

Skoler

For almindelige skoler kan man regne med et gennemsnitligt døgnforbrug på $50\text{--}100 \text{ l/døgn}$ pr. elev. Med skønnede timefaktorer og døgnfaktorer på 3 hhv. 2 fås et største timeforbrug på $12\text{--}25 \text{ l/h}$ pr. elev.

Sygehuse

For sygehuse kan regnes med et gennemsnitligt døgnforbrug på $0,5\text{--}1,0 \text{ m}^3/\text{døgn}$ pr. seng. Med en skønnet timefaktor på 2,4 og en døgnfaktor på 2 fås et største timeforbrug på fra $0,1\text{--}0,2 \text{ m}^3/\text{h}$ pr. seng.

Boliger

Når det drejer sig om forbrug til personlig hygiejne, madlavning, vask og rengøring mv., kan det påregnes, at det gennemsnitlige døgnforbrug er $150\text{--}175 \text{ l/døgn}$ pr. person, uafhængigt af installationens størrelse.

Time- og døgnfaktoren varierer stærkt afhængigt af antallet af personer, der benytter installationen.

Enkelt husstand

Ved installationer for en enkelt husstand (2,5–3,5 personer) kan man således regne med en timefaktor på 8–12 og en døgnfaktor på 2,5–3,5.

Flere husstande

Ved installationer for flere husstande (lejligheder) kan regnes med at time- og døgnfaktoren er faldende med et stigende antal husstande. Ved meget store installationer kan man regne med timefaktorer på 2,4–3,1 og døgnfaktorer på 1,3–1,5.

En gennemsnitshusstand omfatter 3–3,5 personer, men det vil være rimeligt at se tallet i relation til lejlighedsstørrelsen. Som en meget grov regel kan regnes med 1 person pr. værelse, dog ikke over 4–5 personer pr. lejlighed.

Største time-
forbrug for
beboelses-
ejendomme

For beboelsesejendomme med almindelige lejlighedsstørrelser, dvs. ca. 3,5 personer/lejlighed, kan det største timeforbrug som funktion af lejlighedsantallet findes af kurven på fig. 14.8. Det bemærkes, at kurven for lejlighedsantal på 4–10 er behæftet med stor usikkerhed.

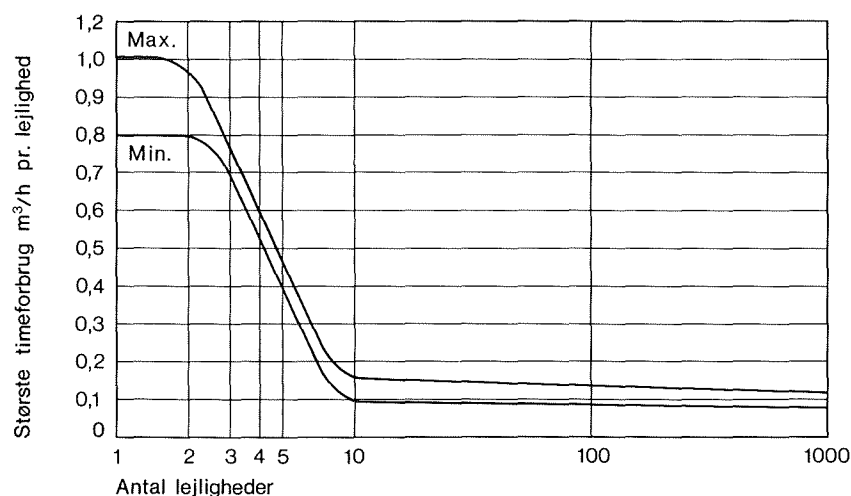


Fig. 14.8. Sandsynligt største timeforbrug for beboelsesejendomme. Antallet af personer pr. lejlighed er ansat til 3,5 og det gennemsnitlige forbrug er skønnet til 175 liter pr. døgn pr. person.

Starttrykket p_1

Pumpens starttryk p_1 (kPa) skal mindst være så stort, at de kritiske tapsteder sikres en passende vandstrøm (Om beregning af p_1 se tidligere i dette afsnit og fig. 14.9).

Sluttrykket p_2

Normalt vælges sluttrykket p_2 (kPa) til $p_2 = p_1 + 100$ kPa. Dette er en erfaringsregel, som giver rimelige beholderstørrelser, og tryksvingningerne i installationen begrænses til 100 kPa (~ 10 mVS). I visse tilfælde, f.eks. hvor trykvariationer på 100 kPa ikke kan tolereres af støjmæssige årsager, kan andre trykdifferencer vælges.

Antal pumpestarter n

Antallet af pumpestarter pr. time vælges under hensyntagen til anlæggets størrelse, automatikkens kvalitet (spec. kontaktorerne) og afkølingsforholdene for motoren. For anlæg med en motorstørrelse under 4 kW ($\sim 5,5$ HK) kan man med moderne automatik vælge n helt op til 100 uden væsentlig forringelse af anlæggets levetid. For større anlæg vælges normalt $n = 10-30$.

Det bemærkes, at der for de mindre anlægs vedkommende er tale om en væsentlig forøgelse af antallet af pumpestarter i forhold til hvad der anbefales i tidligere normer.

Forholdet α

Forholdet α mellem forkompressionstrykket og starttrykket vælges normalt til 0,75.

Pumpe-dimensionering

Ved pumpe-dimensionering skal pumpens ydelse i m^3/h og den trykforøgelse (kPa), ved hvilken pumpen skal kunne yde den krævede vandstrøm (den dimensionerende trykforøgelse Δp_p) bestemmes.

Den nødvendige pumpeydelse skal som tidligere nævnt svare til det største timeforbrug q og vedrørende bestemmelsen af Δp_p henvises til figur 14.10. Når pumpeydelsen q m^3/h og Δp_p er bestemt, kan pumpen vælges.

Pumpevalg

Pumpetypen vælges normalt på basis af fabrikantens oplysninger. Disse gives i form af såkaldte pumpekaraktistikker. Se fig. 14.10, hvor der tillige er vist et eksempel på dimensionering af et hydroforanlæg.

Ved valg af pumpetype og ydelse må man sikre sig en god overensstemmelse mellem de dimensionerende størrelser, det største timeforbrug q m^3/h og det laveste nødvendige tryk ved afgangsstuds i hydroforanlægget og anlæggets faktiske ydelse. En underdimensionering giver utilstrækkelige forsyningsforhold, og en overdimensionering kan med-

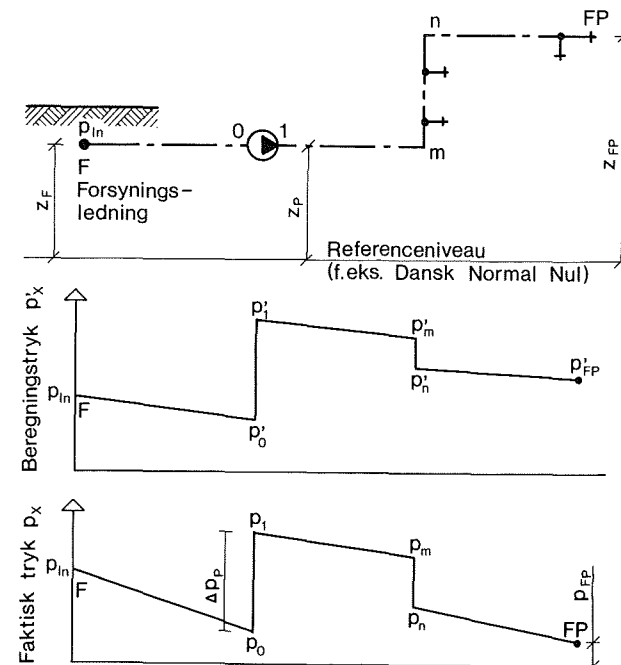


Fig. 14.9. Trykforhold i installation med trykforøgeranlæg (under drift).

Pkt.	Beregningstryk p'_x	Faktisk tryk p_x
F	$p'_F = p_{in}$	$p_x = p_{in}$
O	$p'_O = p'_{in} - \Delta p_{F-O}^1)$	$p_O = p'_O - (z_P - z_F) \cdot 9,81$
1	$p'_1 = p'_O + \Delta p_p$	$p_1 = p'_1 - (z_P - z_F) \cdot 9,81$
m	$p'_m = p'_1 - \Delta p_{1-m}^2)$	:
n	$p'_n = p'_m - \Delta p_{m-n}^2)$	:
FP	$p'_{FP} = p'_n - \Delta p_{n-FP}^2)$	$p_{FP} = p'_{FP} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \geq \Delta p_{vn}$

¹⁾ Tryktab fra forsyningspunkt F til pumpens sugestuds Δp_{F-O} bestemmes for pumpens ydelse q_p .

²⁾ Tryktab fra pkt. 1 (pumpens trykstuds eller afgangsstuds på hydrofor) til farligste punkt FP beregnes som angivet i kap. 5 for den sandsynlige vandstrøm.

Det laveste nødvendige faktiske tryk (p_1) ved trykforøgeranlæggets trykstuds beregnes som

$$p_1 = p_{FP} + \Delta p_{1-FP}$$

hvor p_{FP} vælges $\geq \Delta p_{vn}$

Trykforøgelsen Δp_p i pumpen bestemmes som

$$\Delta p_p = p_1 - p_O$$

Ved hydroforanlæg bestemmes trykforøgelsen som

$$\Delta p_p = \frac{p_1 + p_2}{2} - p_O$$

føre gener for andre forbrugere og gener i den aktuelle installation, f.eks. i form af støj.

Pumpens
nyttevirkning

Der bør vælges en pumpe med en god nyttevirkning i det aktuelle driftsområde. De seriøse pumpefabrikanter oplyser om pumpekarakteristikkerne og om den samlede nyttevirkning (af pumpe + motor). Der bør vælges en pumpe med en nyttevirkning, der mindst er 0,7–0,8.

Kavitation

Ved lave tryk i forsyningsledningen skal man være opmærksom på det forhold, at der i visse tilfælde kan optræde kavitation med faldende pumpeydelse og et unormalt stort mekanisk slid i pumpen til følge. Kavitation defineres som lokal fordampning af vandet som følge af lokale tryksænkninger på grund af bevægelse, og der kan i en pumpe dannes dampbobler, som senere slår sammen med stor kraft, når de af strømmen føres ind i områder med højere tryk.

NPSH
~holdetryk

Det vil her føre for vidt at komme ind på fænomenet i detaljer, her skal blot anføres, at der til enhver pumpe svarer et såkaldt holdetryk, almindeligt kaldet pumpens NPSH (Net positive suction head). Såfremt man sørger for at det laveste mulige tryk ved pumpens sugestuds er højere end damptrykket og pumpens NPSH, vil der kun være en ringe risiko for, at der optræder kavitation.

Fænomenet bør altid undersøges nærmere, såfremt overtrykket ved pumpens sugestuds er lavere end 100–200 kPa (10–20 mVS) under pumpens drift.

Det bemærkes, at risikoen for kavitation stiger med temperaturen. Endvidere bør man placere pumpen så lavt som muligt og sørge for, at installationen før pumpen har et lille tryktab, dvs. at tilgangsledningen bør være rigelig i dimension og indeholde så få modstande som muligt.

En mere indgående behandling af kavitationsfænomenet kan findes i »Pumpeståbi«, se [14.3].

Trykstød

Ved trykforøgeranlæg kan der opstå trykstød, når pumpen standser og kontraventilen lukker.

Et eksempel på dimensionering af et hydroforanlæg er givet i figurteksten til fig. 14.10.

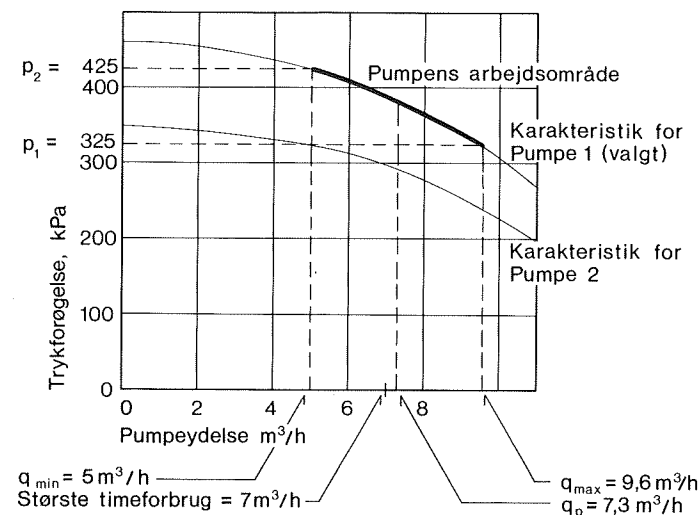


Fig. 14.10. Pumpekarakteristik til valg af hydroforpumpe.

Eksempel: Dimensionering af hydroforanlæg.

I en installation er et største timeforbrug $q = 7 \text{ m}^3/\text{h}$.

Det laveste nødvendige faktiske tryk p_1 er beregnet til $p_1 = 475 \text{ kPa}$ og p_2 vælges til $p_2 = p_1 + 100 = 575 \text{ kPa}$.

Det faktiske tryk ved pumpens sugestuds er beregnet til 150 kPa .

Ved trykket p_1 bliver den nødvendige trykforøgelse $\Delta p_{P, \min} = 475 - 150 = 325 \text{ kPa}$.

Ved trykket på p_2 bliver den nødvendige trykforøgelse $\Delta p_{P, \max} = 575 - 150 = 425 \text{ kPa}$.

På karakteristikken for den valgte pumpe fås

$q_{P, \max} = 9,6 \text{ m}^3/\text{h}$ svarende til $\Delta p_{P, \min} = 325 \text{ kPa}$

$q_{P, \min} = 5,0 \text{ m}^3/\text{h}$ svarende til $\Delta p_{P, \max} = 425 \text{ kPa}$.

Pumpens gennemsnitlige ydelse i arbejdsområdet er $q_P = \frac{9,6 + 5,0}{2} = 7,3 \text{ m}^3/\text{h} > q = 7 \text{ m}^3/\text{h}$.

Hydroforets volumen (v) beregnes som

$$V = \frac{q_P}{4 \cdot \alpha \cdot n} \cdot \frac{p_2 + 101,3}{(p_2 - p_1)} = \frac{7,3}{4 \cdot 0,75 \cdot 100} \cdot \frac{575 - 101,3}{575 - 475} = 0,16 \text{ m}^3$$

Hydroforanlæg uden forkompression

Ved små hydroforanlæg, dvs. primært anlæg for en enkelt husstand, kan kompressor anlægget evt. undværes. Trykket vil så opstå ved sammenpresning af den luftmængde, der befinder sig i beholderen ved anlæggets opstart.

Dimensionering

Ved dimensionering af anlæg *uden* forkompression gælder det væsentlige af, hvad der er anført i det foregående. Beholderens volumen bestemmes af formelen.

$$V = \frac{q}{4 \cdot \alpha \cdot n} \cdot \frac{(p_1 + 101,3) \cdot (p_2 + 101,3)}{(p_2 - p_1) \cdot p_A} \text{ m}^3 \quad (14.4)$$

Trykket p_A er atmosfæretrykket, som kan regnes til 101,3 kPa (eller afrundes til 100). De øvrige størrelser er forklaret ved formel (14.2).

Trykforøgeranlæg uden beholder

Alternativt til hydroforanlæggene kan man udføre trykforøgeranlæg som anlæg uden beholder med pumper med variabel og automatisk styret pumpekapacitet.

Pumpekapaciteten varieres ved en ændring af pumpens omdrejningstal, og da man i installationer af økonomiske årsager helst anvender almindelige trefasede kortslutningsmotorer, bruges i dag hovedsageligt to reguleringssystemer

anlæg med statisk frekvensomformer og
anlæg med thyristor-spændingsregulator.

Begge anlægstyper leveres normalt som præfabrikerede enheder med pumper, automatik mv.

Anlæg med statisk frekvensomformer

Anlægget består af én eller flere centrifugalpumper med 3 fasede asynkronmotorer, der strømforsynes gennem en statisk frekvensomformer. Denne styres af en pressostat i anlæggets afgangsledning, og pumpens omdrejningstal reguleres på en sådan måde, at trykket i afgangsledninger holdes konstant. Se fig. 14.11.

Da trykket kun bør forøges, når det er nødvendigt, vil det være hensigtsmæssigt at udstyre anlægget med et omløb, der

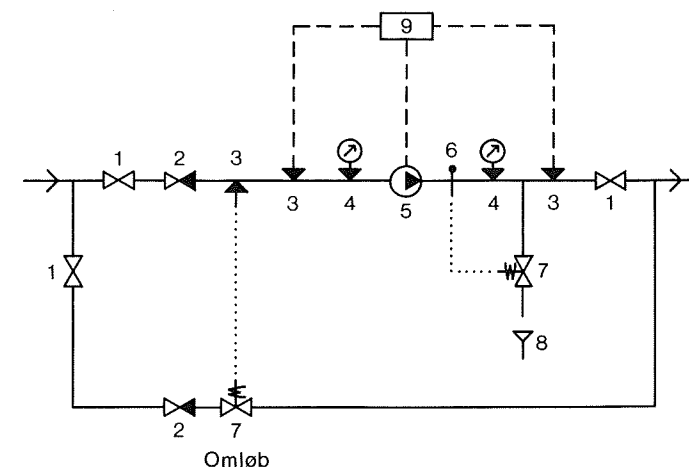


Fig. 14.11. Trykforøgeranlæg med variabel omdrejningshastighed.

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. Afspærringsventiler | 6. Termostat |
| 2. Kontraventiler | 7. Magnetventiler |
| 3. Pressostater | 8. Afløb |
| 4. Manometre | 9. Statisk frekvensomformer |
| 5. Pumpe | |

Omdrejnings-
tallets variation

automatisk træder i funktion, hvis trykket i tilgangsledningen i perioder er tilstrækkeligt til at opretholde en tilstrækkelig forsyning. Alternativt kan dette i visse tilfælde opnås via en tidsstyring.

En statisk frekvensomformer kan regulere omdrejningstallet i området 2–100 %, i praksis dog kun 30–100 % af motorens normale omdrejningstal. Anlægget stopper ikke i perioder uden forbrug. Det vand, der står i selve anlægget, vil derfor blive opvarmet. For at mindske generne i forbindelse hermed udføres derfor et afløb med en magnetventil, der åbner når temperaturen overstiger ca. 35 °C, og det opvarmede vand ledes til afløb. Endvidere bør anlæggene forsynes med en minimumspressostat i tilgangsledningen, der afbryder anlægget, når trykket falder under en vis mindsteværdi (f.eks. ved ledningsbrud).

Anlægsstørrelsen

Statisk frekvensomformere leveres for tiden som lagervare op til 15–20 kW. Større anlæg kan leveres på bestilling.

Dimensionering

Pumpen skal dimensioneres for den største sandsynlige vandstrøm beregnet som angivet i kap. 5 og pumpens trykforøgelse skal svare til det laveste nødvendige tryk p_1 ved trykforøgeranlæggets trykstuds.

Virkningsgrad

Virkningsgraden for omformeren er ca. 90 % ved maksimal effekt.

Anlæg med thyristor-spændingsregulator

Disse anlæg adskiller sig i princippet ikke væsentligt fra anlæg med frekvensomformer. Styreenheden er en thyristor-spændingsregulator, der arbejder med faseafskæring. Motorens omdrejningstal kan reguleres kontinuerligt i området 0–100 %.

Nyttevirkningen er ved maksimal effekt op til 99 % for regulatoren alene.

Anlæg med flere faste omdrejningstal

Trykforøgeranlæg uden beholder kan også udføres med en eller flere pumper med flere faste omdrejningstal.

Afhængigt af vikling af motor kan man f.eks. opnå følgende faste forhold mellem omdrejningstallene: 1:4 eller 1:2 eller 3:2:1.

Ved ændring af omdrejningstallet for en given centrifugalpumpe får man i princippet en helt ny pumpekarakteristik, der kan konstrueres ved hjælp af følgende formler

$$\frac{q_1}{q_2} = \sqrt{\frac{\Delta p_{p1}}{\Delta p_{p2}}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (14.5)$$

hvor q_1 og q_2 er de respektive vandstrømme og Δp_{p1} og Δp_{p2} er de respektive trykforøgelser ved omdrejningstallene ω_1 og ω_2 . (Ligningerne gælder kun for moderate ændringer af omdrejningstallene). Se i øvrigt fig. 14.12.

Højdebeholdere (cisterner)

Medens det i Danmark er en tradition, at et trykforøgeranlæg er udført med trykstyrede pumper med en relativt stor ydelse, anvendes i udlandet ofte trykforøgning i forbin-

Funktion

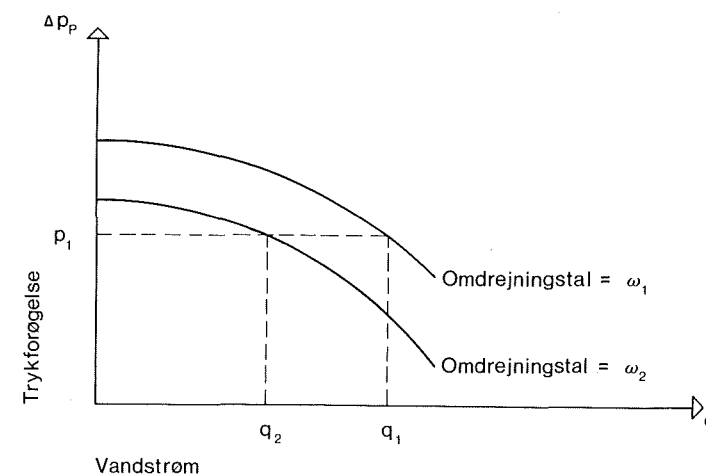


Fig. 14.12. Ændring af centrifugalpumpes omdrejningstal. Hvis man kender en pumpe karakteristik ved et givet omløbstal ω_1 , kan man finde karakteristikkene for en anden værdi ω_2 udfra

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

som gælder for en fastholdt værdi af trykforøgelsen. Som vist på figuren overføres et punkt i den første karakteristik ($q_1, \Delta p_1$) til et punkt af den anden ($q_2, \Delta p_1$) ved

$$q_2 = \frac{\omega_2}{\omega_1} \cdot q_1$$

delse med en højtliggende trykløs beholder (cisterne), hvor pumperne styres af vandspejlet i beholderen. Det er her en forudsætning, at beholderen ligger så højt, at der er tilstrækkeligt tryk til en passende forsyning af de tilsluttede tapsteder.

I de tilfælde, hvor trykket kun er for lavt i et begrænset tidsrum i døgnet, kan man ved anlæg med højdebeholder eventuelt klare sig uden pumper. Hvis man i den periode, hvor trykket er tilstrækkeligt, fylder beholderen op, har man et reservoir til det tidsrum, hvor trykket ikke er højt nok. Løsningen med en højdebeholder kan også anvendes, hvor installationens største sandsynlige vandstrøm er så stor, at den offentlige vandforsyning ikke kan følge med.

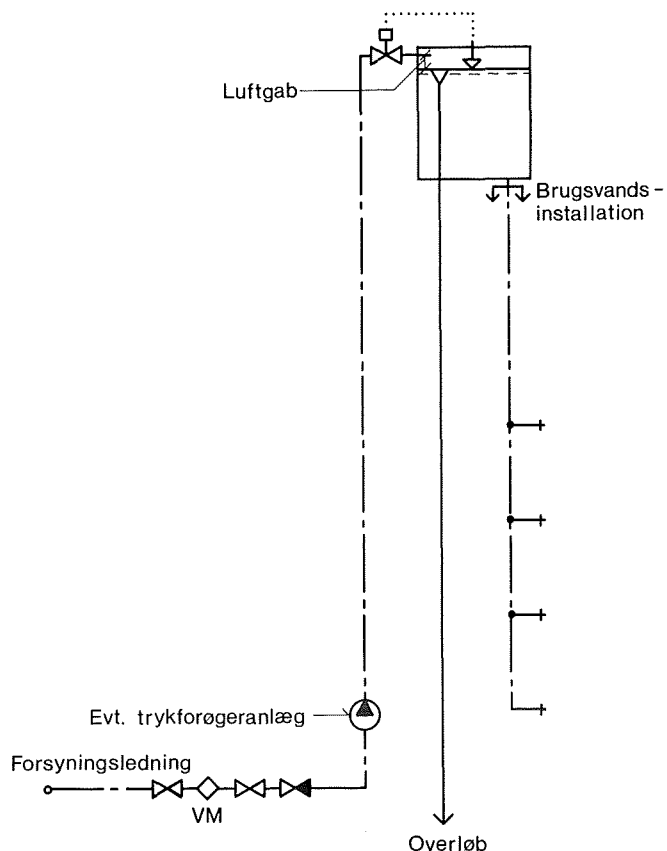


Fig. 14.13. Trykforøgning med højdebeholder.

En skematisk tegning af et system med højdebeholder er vist i fig. 14.13.

Højdebeholderens rumindhold skal være så stort, at der er vand nok til at dække forbruget i de perioder, hvor trykket er utilstrækkeligt, men bør heller ikke være større end nødvendigt, da der sker en forringelse af vandets kvalitet, når det opholder sig længe i beholderen.

Tilførslen til beholderen skal dimensioneres således, at den kan nå at blive fyldt op, og det kan være nødvendigt at installere en pumpe.

Højde-
beholderens
rumindhold

Tilførsel til
beholder

Regulering af
tilførsel

Overløb

Isolering af
beholder

Sikring mod
tilbagestrømning

Hygiejniske
forhold

Tilførslen til beholderen reguleres af en ventil, der styres af vandspejlet i beholderen.

Beholderen bør forsynes med et overløb, der skal dimensioneres for den største vandstrøm, der kan forekomme i tilførselsledningen.

Selve beholderen bør isoleres, således at vandets temperatur ikke kan stige utilladeligt, og således at den er sikret mod frost. Ligeledes bør man sikre sig mod skadelig kondensdannelse.

Der skal sikres mod tilbagestrømning med et luftgab på mindst 50 mm.

Vand, der har passeret en højdebeholder, bør – f.eks. på grund af risiko for bakterievækst og temperaturstigninger – kun anvendes til teknisk brug, med mindre der træffes særlige foranstaltninger til sikring af vandets kvalitet.

Kapitel 15

Brandinstallationer

Generelt

Særlige installationer for brandslukning har dels et sikkerhedsmæssigt og dels et økonomisk formål. De sikkerhedsmæssige krav stilles i bygningsreglementet BR-77, og på det forsikringsmæssige område er det forsikringsselskaberne sluttet sammen i »Dansk Brandforsikrings Forening« (tidl. »Dansk Tarifforening«), der formulerer kravene til brandslukningsanlæg.

Bygningsreglementet BR-77

Almene krav

Det overordnede krav i BR-77 går ud på at enhver bygning skal indrettes på en sådan måde, at der er forsvarlige muligheder for slukningsarbejde.

Der stilles krav til boliger, hoteller, forsamlingslokaler, undervisningslokaler, butikker, mindre industribygninger og garageanlæg mv. og det bemærkes at der for andre bygningstyper gælder tilsvarende regler når bygningerne kan si-destilles med de nævnte bygningstyper. De detaljerede krav til de forskellige bygningstyper og rumkategorier fremgår af bygningsreglementets kap. 6, brandforhold.

Brandslukningsanlæg

Brandforsikring

Ud over de sikkerhedsmæssige krav kan mere privatøkonomiske synspunkter være aktuelle, når det skal afgøres, om der skal udføres et særligt brandslukningsanlæg. Brandforsikringsselskaberne, sammensluttet i Dansk Brandforsik-

rings Forening, kan eventuelt stille krav om udførelse af f.eks. sprinkleranlæg, såfremt en bygning ønskes brandforsikret.

Normens krav

Vandnormen stiller ikke krav om udførelse af brandslukningsanlæg, men kun krav om hvorledes anlæggene skal tilsluttes til vandinstallationen.

Måler

I henhold til normen kan brandslukningsanlæg udført med brandhaner, overrislingsanlæg, sprinkleranlæg og anlæg med brandventiler anbringes på ledning uden måler. Fra anlæg uden måler må der kun aftages vand i brandtilfælde, bortset fra det til afprøvning af anlægget og til eventuel friskning af vandet nødvendige forbrug.

Såfremt et brandslukningsanlæg tilsluttes ledning med måler skal man ved dimensioneringen af såvel måler som den øvrige del af installationen tage hensyn til de ret store vandstrømme der er nødvendige ved brandslukning.

Tilbagesugnings-sikring

Alle brandslukningsanlæg med selvstændigt ledningsnet og/eller med slangetilslutningsmuligheder skal tilsluttes vandinstallationen over en kontraventil.

Brandslukningsanlægstyper

I normen angives følgende anlægstyper:

Brandhaner,
brandventiler,
vandfyldte slangevindere,
overrislingsanlæg og
sprinkleranlæg

og hertil kommer stigrørene, der ikke tilsluttes vandinstallationen.

Brandhaner

Brandhaner placeres udenfor bygning og tilsluttes til ledninger i jord. Brandhanerne er beregnet for direkte tilslutning af en brandslange med en standardiseret kobling eller et brandgevind.

Anvendelses-område

Brandhane type	A	B	C
Dansk standard nr.	761	762	763
Ventillysning mm	80	67	60
Storz-koblings lysningsdiameter mm	90	65	45
Til støbejernsrør ¹⁾ mm	100	80	80
Mindste jorddækning (fra terræn til midte rør) mm	1367 ¹⁾	1349 ¹⁾	1368 ¹⁾
Vandstrøm ved tryktab på 100 kPa (10 mVS) l/s	33	25	13

¹⁾ Jorddækningshøjden er ikke standardiseret.
Andre højder kan opnås med andre længder af mellemrør.
²⁾ Brandhanerne findes også med tilslutning til plasterør f. eks. med flanger.

Fig. 15.1. Oversigt over brandopstandertyper efter Dansk Standard.

Brandhanetyper Brandhaner skal være af en type, der er godkendt af den lokale myndighed, og de fremstilles i tre typer: A, B og C. Se fig. 15.1.

Konstruktion Eksempler på brandhaners konstruktion fremgår af fig. 15.2 (DS 762.0).

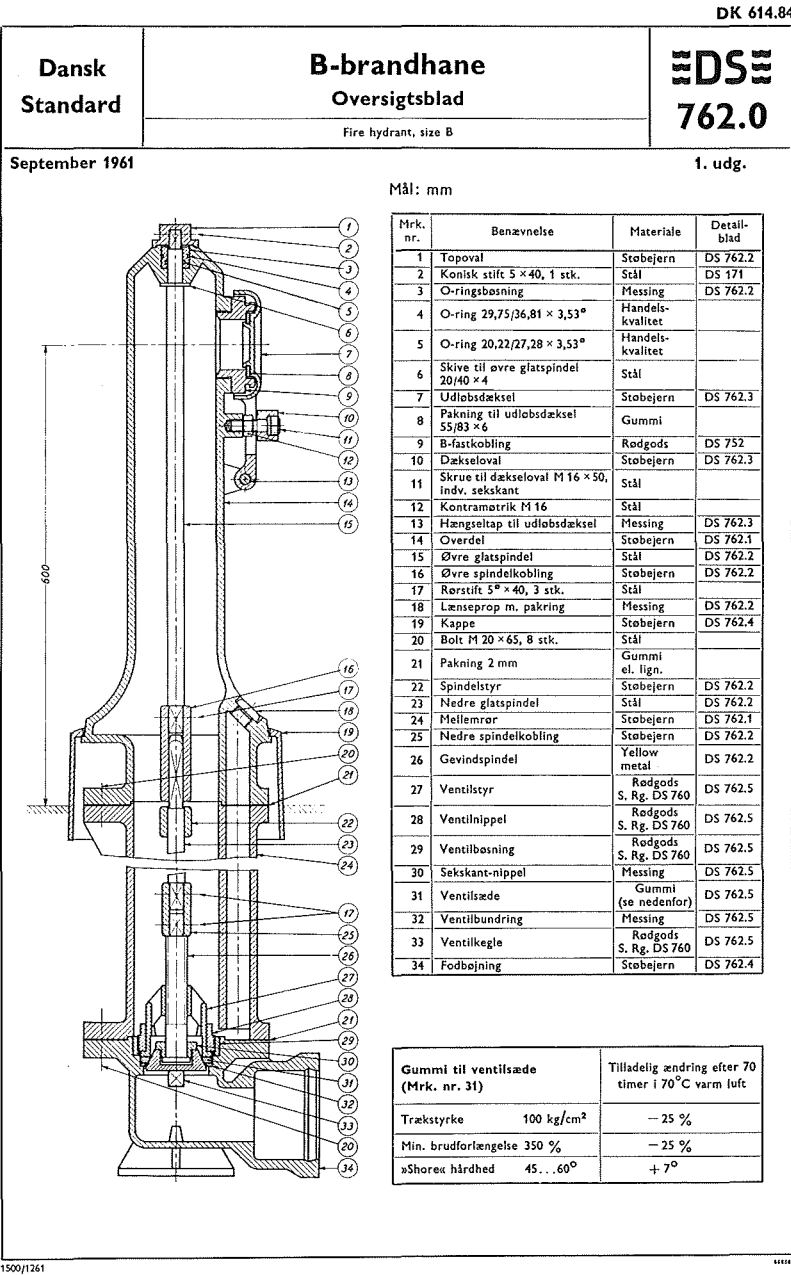
Brandhaner efter DS 761, 762 og 763 er alle forsynet med storz-koblinger på udløbstuden og et dæksel på udløbstuden, der åbnes separat med samme nøgle der anvendes ved åbning af ventilen. Endvidere har brandhaner efter DS indbygget lænserør. Visse steder kan man komme ud for brandhaner af andre typer. Se fig. 15.3.

»Frederiksberg-modellen« er karakteristisk ved at ventilen lukker mod vandet og ved at lænserøret (udblæsningsrør) er ført op separat. Modellen har den ulempe at en beskadigelse af opstanderens overdel, f. eks. ved en påkørsel, medfører, at vandet strømmer ud.

»Københavns model« ligner meget modellerne efter DS, men er forsynet med en slangestuds med 80 mm kobling.

Brandhaner fås med tilslutning til bl.a. støbejernsrør og PVC-rør efter danske standarder.

Tømning Efter brugen skal en brandhane bl.a. på grund af frostfaren tømmes for vand. Tømning sker gennem lænserøret (udblæsningsrøret), enten ved at der suges med en lænsepumpe, der tilsluttes røret, eller ved at der blæses ud ved tilslutning af en pumpe til slangestuds.



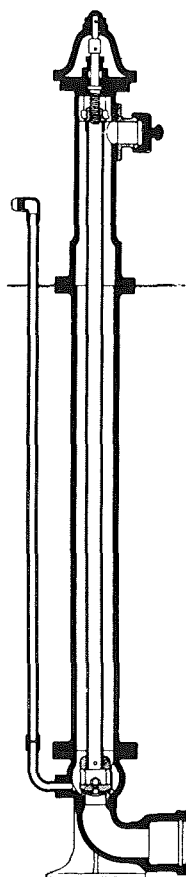


Fig. 15.3. Brandhane, »Frederiksberg Model«.

Dimensionering

En brandhanes dimension afgøres af myndighederne.

Da det forventes af en brandhane, at den kan yde ret store vandstrømme, er det vigtigt, at det ledningssystem, der forsyner den, har rigeligt store dimensioner, og der bør dimensioneres for de vandstrømme, der fremgår af fig. 15.1. Ved en beregning bør det vises, at trykket under tapning ved tilslutningen til jordledningen mindst er 100 kPa (10 mVS) over terræn.

Brandhanernes ydeevne angives ved mærkning på brandhanen eller på brandhanekort. Brandhaner, der yder under

500 liter/min., angives med 1 streg, fra 500 til 1.000 liter/min. med 2 streger, fra 1.000 til 1.500 liter/min. med 3 streger og over 1.500 liter/min. med 4 streger. Brandhaner bør males i en farve, der tydeligt markerer dem i forhold til omgivelserne.

Placering af brandhaner

Placering af brandhaner afgøres ligeledes af myndighederne. Det skal være muligt at køre ret tæt hen til brandhanerne, og afstanden mellem dem bør i områder med højere bebyggelse samt i industriområder ikke overstige 150 m. I anden bebyggelse bør afstanden ikke overstige 300 m.

Konstruktion

Anlæg med brandventiler

Brandventiler er beregnet til direkte tilslutning af brandslange og placeres i bygninger på frostfrie steder. De kan anbringes i forbindelse med den almindelige vandinstallation eller i forbindelse med en særlig installation.

Dimensionering

Brandventiler er sæde- eller skydeventiler med en fast monteret storz-kobling. De kan være ligeløbende eller vinkeløbende, eventuelt med en skråt placeret tud. Se fig. 15.4. Ventilerne findes i dimensionerne 25, 40 og 50 mm.

Der findes ikke fastsatte regler for anlæg med brandventiler. Anlæggene udføres primært i udstrakte industribebyggelser, og det kan derfor anbefales, at de lokale brandmyndigheder rådspørges i hvert enkelt tilfælde.

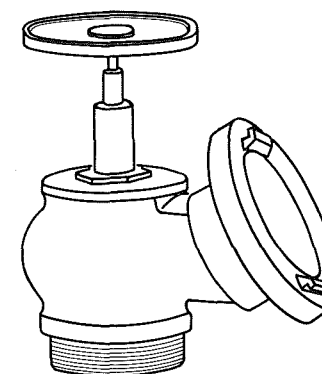


Fig. 15.4. Brandventil med skråt udløb.

Anlæg med vandfyldte slangevinder

En vandfyldt slangevinde er en til stadighed vandfyldt slange med strålespids, der er rullet op på en vinde. Vinden er fast forbundet til vandinstallationen og forbindelsen til vandinstallationen sker normalt gennem en brandventil.

De vandfyldte slangevindere kan anbringes i forbindelse med den almindelige vandinstallation eller i forbindelse med en særlig installation.

Vinden er normalt af presset stålplade og er monteret på en svingbar konsol. Vindens størrelse er afhængig af, hvor lang slangen skal være og af slangens dimension.

Slangen er normalt en formfast svær gummislange (sprængningstryk på min. 3000 kPa $\sim$ 300 mVS) med lærredsindlæg, og den er påmonteret et strålerør med afspærring.

Vandtilførslen sker oftest centralt gennem vinden og slangen kan rulles ud under tryk, og det er kun nødvendigt at rulle så meget slange ud som der er behov for, se iøvrigt fig. 15.5. Slangevindere kan leveres i særlige skabe af stålplade.

For at undgå vandskader p.g.a. utætheder kan brandventilen, der er placeret umiddelbart før slangevindere, normalt holdes lukket. Brandventilens håndtag skal i dette tilfælde være tydeligt markeret og let at betjene.

I henhold til BR-77 skal en vandfyldt slangevinde, hvor den foreskrives i BR-77 have en ydelse på 30 l/min $\sim$ 0,5 l/s og det samlede anlæg skal dimensioneres for 2 strålerør i funktion.

Også Dansk Brandforsikrings Forening stiller krav til de vandfyldte slangevindere hvor disse kræves opsat af forsikringsmæssige årsager. Betingelserne er angivet i »Forskrift for Brandslukningsudstyr« (10/12 1974):

Vandforsyningen skal være kommunal eller anden godkendt vandforsyning med en kapacitet der mindst svarer til 120 l/min $\sim$ 2 l/s i mindst 10 min. udover virksomhedens normale vandforbrug.

Det laveste normale tryk skal mindst være så stort, at der under tapning er et overtryk på mindst 200 kPa ved strålerøret. Ved beregningen skal forudsættes, at 2 stk. slangevindere à 0,5 l/s bruges samtidigt, og at der er normalt vandfor-

Konstruktion

Dimensionering

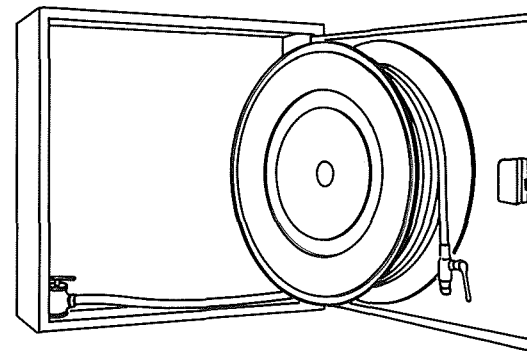


Fig. 15.5. Vandfyldt slangevinde.

brug i bygningen. Tryktab i slange og brandventil skal således medregnes. Afspærringsventilen (brandventilen) skal mindst være 25 mm.

Placering af
vandfyldte
slangevindere

Vandfyldte slangevindere skal placeres således at der højst er 25 m fra vinden til et vilkårligt punkt i bygningen. I BR-77 lempes kravet en smule for plejehjem o.lign., idet kravet er 25 m til en vilkårlig soverumsdør. Slangevindere bør iøvrigt placeres ved udgangsdøre og i flugtveje, og deres placering skal altid markeres med henvisningsskilte efter DS 734.

Slangens længde
og dimension

Slangelængden bør være mindst 30 m, svarende til en rækkevidde på 25 m. Hvis slangevinderen placeres tættere end ovenfor angivet kan slangelængden nedsættes tilsvarende. Slangerne bør være mindst 20 mm ($\frac{3}{4}$ " i diameter.

Da vandet i brandslukningsanlæg kun undtagelsesvis fornyes, anbringes der en kontraventil umiddelbart, hvor brandslukningsanlægget grener af fra det normalt benyttede ledningsnet. Denne kontraventil må ikke være en stilbar kontraventil. For brandslukningsanlæg kan i øvrigt ses bort fra de sædvanlige forholdsregler mod tilbagestrømning.

Overrislingsanlæg

Overrislingsanlæg udføres kun i forbindelse med større tankanlæg for F-gas o.lign. og skal ikke omtales her.

Sprinkleranlæg

Et sprinkleranlæg er et automatisk virkende brandslukningsanlæg, der anvendes i bygninger, hvor der er en stor ri-

Generelt

siko for opståen af brand, og hvor en brand kan få vidtrækkende følger både for bygningen og for de personer og ting, der befinder sig i den.

Et sprinkleranlæg kan i et vist omfang erstatte andre brandtekniske foranstaltninger, specielt bygningsmæssige, og der stilles derfor ret strenge krav til indretning, udførelse og tilsyn af anlægget. Det vil føre for vidt i denne anvisning at komme ind på alle dele af et sprinkleranlæg og kun den del af anlægget, der vedrører selve vandforsyningen vil blive nærmere omtalt.

Bestemmelser

Sprinkleranlæg skal iøvrigt udføres efter Dansk Brandforsikrings Forenings »Forskrifter for automatiske sprinkleranlæg«, [15.1] og DIF's »Norm for automatiske sprinkleranlæg i bygninger«, [15.2].

Det bemærkes, at et sprinkleranlæg, der kræves godkendt af Dansk Brandforsikrings Forening, skal være udført af en installatør, der er godkendt af foreningen, og alle materialer og alt materiel skal ligeledes være godkendt af foreningen.

Vandforsyning

Vandforsyningen til et sprinkleranlæg skal være sikret på en sådan måde, at den ikke kan afbrydes ved tilfældige begivenheder, såsom aflukninger af det offentlige vandledningsnet, strømafbrydelser til pumpeanlæg, fejlagtig betjening af ventiler, frostvejr mv.

Da vandforsyningen normalt vil være afhængig af tilførslerne fra det offentlige net, bør forholdene i nettet altid undersøges nærmere, og myndighederne spørges om nettets kapacitet.

Tapprøve

Hvor der er tvivl om forsyningsledningernes kapacitet, bør der foretages en tapprøve så nær det sted sprinkleranlæggets stikledning skal tilsluttes som muligt. Bedst er det at foretage tapprøven på stikledningen, hvis denne er etableret. Hvis stikledningen ikke er etableret, gennemføres en tapprøve, før stikket udføres. Ved en tapprøve bestemmes sammenhørende værdien af tappet vandstrøm og tryk i forsyningsledningen. Vandstrømmen bør mindst svare til den vandstrøm sprinkleranlægget skal dimensioneres for.

Hvis der som f. eks. vist på fig. 15.6 er mulighed for forsyning fra flere sider, bør der udføres tapprøver for alle forsy-

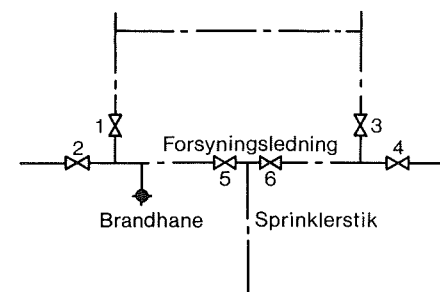


Fig. 15.6. Sprinkleranlæg – Tapprøve. Principskitse af forsyningsnet. I det skitserede tilfælde bør der foretages mindst 2 tapprøver.

Tapprøve A: ventilerne 1 og 2 lukket, forsyning fra højre.

Tapprøve B: ventilerne 3 og 4 lukket, forsyning fra venstre.

Aftapningen kan foretages fra den viste brandhane, men bør foretages på selve sprinklerstikket. Ventilerne 5 og 6 vil evt. blive forlangt af Dansk Brandforsikrings Forening.

ningssituationer, og resultatet af den dårligste prøve bør være udgangspunktet for indretning og dimensionering af sprinkleranlægget.

Ud over oplysningerne om vandstrøm og -tryk må man før projekteringen sikre sig, at vandforsyningen kan yde den til slukningen nødvendige vandmængde.

Det vil her føre for vidt at komme ind på sprinkleranlæggets indretning og dimensionering, og i det følgende skal derfor blot omtales de forholdsregler, der kan tages i anvendelse når den offentlige vandforsynings kapacitet er utilstrækkelig.

Utilstrækkeligt tryk

Hvis trykket i vandforsyningsnettet er utilstrækkeligt, mens kapaciteten af vandstrøm og -mængde er god nok, kan der indrettes et trykforøgeranlæg, som beskrevet i kap. 14.

Da et trykforøgeranlæg er afhængig af eltilførsel, bør der udføres et nødstrømsanlæg for at sikre strømtilførslen i tilfælde af strømafbrydelse.

Det nødvendige tryk kan også etableres ved oppumpning til en højdebeholder. Ved valg af denne løsning kan nødstrømsanlæg evt. undværes.

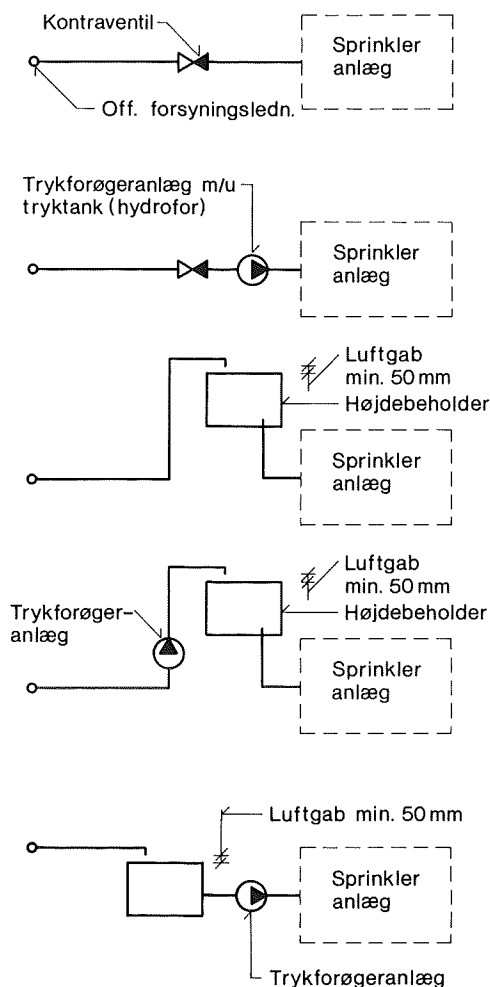


Fig. 15.7. Eksempler på vandforsyning til sprinkleranlæg.

Utilstrækkelig vandstrøm

Hvis det offentlige vandforsyningsnet ikke kan yde den nødvendige vandstrøm, hvorimod trykket er tilstrækkeligt, må der etableres et reservoir, der rummer den til slukningen nødvendige vandmængde. Vandet i reservoiret skal have det nødvendige tryk i forhold til sprinkleranlægget, dvs. at det kan udføres som en højdebeholder eller som en tryktank (hydroforbeholder).

Utilstrækkelige vandmængder

Hvis vandforsyningen har utilstrækkelig kapacitet rent vandmæssigt skal der indrettes et reservoir som nævnt i det foregående. Iøvrigt henvises til fig. 15.7.

Frostsikring

Vandforsyningen til et sprinkleranlæg skal frostsikres. Da der sjældent er strømning i en stikledning for et sprinkleranlæg bør frostsikringen ske ved en jorddækning på mindst 1,4–1,5 m, se kap. 16.

Reservoirer skal også frostsikres, og det sker ved højdebeholdere normalt ved en opvarmning af vandet.

Andet end offentlig forsyning

For fuldstændighedens skyld skal det nævnes, at et sprinkleranlæg kan udføres uafhængigt af den offentlige vandforsyning. Til slukningen kan f.eks. anvendes vand fra søer og svømmebassiner mv. De nærmere betingelser for disse løsninger findes i Dansk Brandforsikrings Forenings regler.

Kapitel 16

Isolering

Generelt

Normen

Normen stiller ikke direkte krav om, at ledninger og beholdere skal isoleres. De krav i normen, der i almindelighed medfører, at der udføres isolering, er kravene i pkt. 5.3 om sikring mod uønskede temperaturændringer og i pkt. 5.4 om sikring mod frost og kondensdannelser.

Der er i princippet intet i vejen for, at kravene kan tilfredsstilles ved en hensigtsmæssig placering og dimensionering af vandinstallationen og således undgå en egentlig isolering, men i praksis udføres dog næsten altid isolering af større eller mindre dele af installationen.

Bygningsreglementet

I bygningsreglementet (BR-77) er der i kap. 12 stillet krav om, at installationen skal udføres på en sådan måde at unødvendigt energiforbrug undgås og, at rørledninger og beholdere, der indeholder varmt vand eller damp, skal isoleres, og at isoleringstykkelse mindst skal være som angivet i tabel 1 i Dansk Ingeniørforenings »Almindelige betingelser for udførelse af isoleringsarbejder ved tekniske installationer«, [16.1], se fig. 16.5. Ledninger og beholdere skal så vidt muligt anbringes således, at varmeafgivelse fra dem kommer bygningen til gode. BR-77 stiller ligeledes krav om sikring mod frostsprængninger.

ABI

Både normen og BR-77 henviser til DIF's »Almindelige betingelser for udførelse af isoleringsarbejder ved tekniske installationer« - ABI.

Den for tiden gældende udgave af ABI er 2. udgave, ok-

tober 1974. ABI indeholder dels generelle bestemmelser om tilbudsgivning og licitation mv. og dels tekniske bestemmelser om isoleringsmateriale, isoleringstykkelse og arbejdets udførelse.

Det er ikke alene normens og BR-77's krav der gør isolering aktuel, men også forhold f.eks. af økonomisk art har betydning. Isoleringstykkelse for varmtvandsledninger og -beholdere kan således fastsættes ud fra de økonomiske forhold omkring udgifterne til isoleringen og til dækning af varmetabet. Ved kondensisolering af koldt vandsledningen nedsættes risikoen for udvendige rustangreb på ledninger af varmemeforzinket stål.

Ledninger i bygning

Isolering mod varmetab

For varmetabet fra fritliggende rør gælder følgende formel:

$$\Phi = k_{\text{rør}} \cdot (T_i - T_u) \cdot l \quad (\text{W}) \quad (16.1)$$

hvor $k_{\text{rør}}$ er transmissionstallet for røret incl. isolering i $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$

T_i vandtemperaturen i $^\circ\text{C}$
 T_u den omgivende lufts temperatur i $^\circ\text{C}$ og
 l ledningens længde i m.

Formel for
varmetab

Transmissionstal
 $k_{\text{rør}}$

Transmissionstallet $k_{\text{rør}}$ er afhængig af det valgte rørmateriale, rørdiameteren, isoleringen mv. og kan beregnes efter følgende formel, se fig. 16.1.

$$k_{\text{rør}} = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} + \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln \frac{d_r}{d_i} + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_i}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_3} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_n} \cdot \ln \frac{d_u}{d_{n-2}} + \frac{1}{\alpha_u \cdot d_u}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \quad (16.2)$$

hvor α_i er det indvendige varmeovergangstal i $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
 α_u det udvendige varmeovergangstal i $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

$d_i, d_1, d_2 \dots d_u$ er diametre i meter som angivet på fig. 16.1
 $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ er de tilsvarende varmeledningsevner i $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

Krav om
isolering

Krav til
isolering

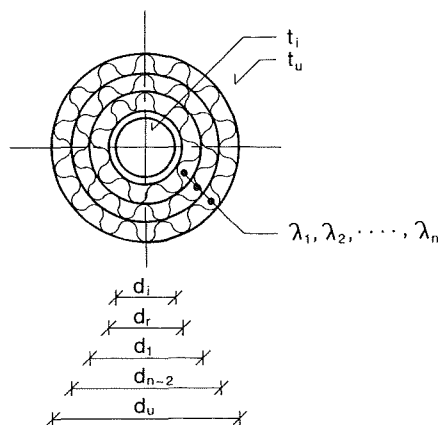


Fig. 16.1. Principsnit i isoleret rør. De anførte betegnelser anvendes i formel (16.2).

I almindelighed udføres isolering af vandrør med ét lag isolering, og hvis der ses bort fra tab ved rørbærere og isoleringens afslutning med pap, plast, folie eller tilsvarende reduceres formelen (16.2) til

$$k_{\text{rør}} = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} + \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln \frac{d_r}{d_i} + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_u}{d_r} + \frac{1}{\alpha_u \cdot d_u}} \quad (16.3)$$

Det indvendige varmeovergangstal kan i vandinstallationen sættes til

$$\alpha_i \sim 90-95 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Det udvendige varmeovergangstal α_u kan deles i et strålingsbidrag (α_s) og et konvektionsbidrag (α_k) således at

$$\alpha_u = \alpha_s + \alpha_k \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \quad (16.4)$$

Strålingsbidraget α_s afhænger af overfladens beskaffenhed, farve og temperaturer og af den omgivende lufts temperatur.

For isolerede varmtvandsrør kan der overslagsmæssigt regnes med

$$\alpha_s = \text{ca. } 5 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

For uisolerede varmtforzinkede stålrør kan der regnes med

$$\alpha_s = \text{ca. } 2 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Konvektionsbidrag

Konvektionsbidraget α_k afhænger af temperaturerne på rørets overflade og den omgivende luft og af strømningsforholdene for den omgivende luft.

I almindelige rum med en temperatur på ca. 20 °C, kan der for isolerede varmtvandsrør regnes med

$$\alpha_k = 3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \text{ (vandrette rør) og}$$

$$\alpha_k = 1,5 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \text{ (lodrette rør med en længde på 3 m)}$$

For uisolerede rør fås tilsvarende

$$\alpha_k = \text{ca. } 6 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \text{ (vandrette rør) og}$$

$$\alpha_k = \text{ca. } 3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \text{ (lodrette rør med en længde på 3 m)}$$

De ovennævnte overgangstal, der er sammenstillet i fig. 16.2 må kun anvendes i overslagsberegninger. En nøjere beregning kan foretages som angivet i »Rockwool-Isoleringsbog, Teoretisk grundlag«, [16.2].

Varmeovergangstal	Isolerede rør		Uisolerede rør stålrør	
	vandrette	lodrette	vandrette	lodrette
α_s = Strålingsbidrag	5	5	2	2
α_k = Konvektionsbidrag	3	1,5	6	3
Samlet varmeovergangstal $\alpha_u = \alpha_s + \alpha_k$	8	6,5	8	5

Fig. 16.2. Overslagsmæssige værdier for udvendigt varmeovergangstal α_u , W/(m² · °C).

Varmedlednings-evne

De i formelen indgående varmedledningsevner afhænger dels af temperaturen i isoleringsmaterialet og dels af selve materialet. Se fig. 16.3.

Overslagsværdier for varmetab

Den i det foregående angivne formel (16.3) for varmetabet fra et rør med ét lag isolering kan med tilnærmelse forenkles til

Materiale	Varmeledningsevne λ W/(m · °C)
Asfaltpap	0,2
Pap	0,07
Kisलगurkomposition	0,08
Magnesiakomposition	0,05
Polyethylen, PEH og PEL	0,35
PVC	0,16
CAP	0,50
Kobber	380
Blødt stål	55
Rustfrit stål	17
Støbejern	50
Vand	0,6
Is (ved 0 °C)	0,05–0,23
Luft	0,024
Mineraluld	0,033–0,037
Polystyrenskum	0,032
Polyurethanskum	0,023

Fig. 16.3. Varmeledningsevner.

Kilder: 1) »k-værdier« Dansk Forening af fabrikanten af varmeisoleringsmaterialer. 2) DIF's »Norm for beregning af bygningers varmetab«.

Ved overslagsberegninger kan anvendes de i fig. 16.4 anførte værdier for varmetab under forudsætning af isolering med mineraluld i de i ABI nævnte mindste tykkelser.

$$\Phi = \frac{\pi \cdot (T_i - T_u) \cdot l}{\frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_u}{d_r} + \frac{1}{\alpha_u \cdot d_u}}, \text{ W} \quad (16.5)$$

idet det er forudsat, at

$$\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} \sim 0 \text{ og } d_i \sim d_r$$

For uisolerede rør fås tilsvarende

$$k_{\text{rør}} = \pi \cdot d \cdot \alpha_u \cdot (T_i - T_u), \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$$

Isolering mod frost

For isolering mod frost og for isolering mod varmetab gælder det samme formelsæt.

	Omgivende lufts temperatur	Varmetab pr. løbende meter rør W/m					
		Usolerede rør			Rør isoleret i h. t. ABI*		
		Nominel diameter mm			Nominel diameter mm		
		10–20	25–40	50–100	10–20	25–40	50–100
Krybekælder	–5 °C	24–38	47–67	84–159	11–15	14–17	17–27
Uopvarmede rum	10 °C	18–27	34–49	61–116	8–11	10–12	12–19
Opvarmede rum	20 °C	13–21	26–37	46–87	6–8	7–9	9–14
Rørkanaler og lign. i bygning	35 °C	7–10	13–18	23–43	3–4	4–5	5–7

* Isoleringstykkelsen er i h. t. ABI regnet til 20 mm for d = 10–20 mm
30 mm for d = 25–40 mm
40 mm for d = 50–100 mm

Fig. 16.4. Overslagsværdier for varmetab fra varmtvandsrør i bygning. Varmeledningsevne for isoleringsmaterialet er $\lambda = 0,045 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$. Der er forudsat vandrette rør og en vandtemperatur på 50 °C.

Vands afkøling

Når en vandledning føres gennem et rum, hvor temperaturen kan komme under 0 °C, vil der være en risiko for, at vandet afkøles så meget, at der dannes is.

Vandets afkøling kan, under forudsætning af at der strømmer vand gennem ledningen, bestemmes ud fra formelen

$$\Delta T = 1,16 \frac{\Phi}{q} \quad (16.6)$$

hvor ΔT er temperaturfaldet i °C
 Φ varmetabet i W/m, og
 q vandstrømmen i l/s

Varmetabet Φ kan beregnes ved hjælp af de i det foregående anførte formler.

$$\Phi = k_{\text{rør}} \cdot (T_i - T_u) \cdot l \quad (16.6a)$$

Formlen er kun gældende så længe vandtemperaturen er større end 0 °C, dvs. så længe der ikke sker isdannelse. Forholdet er nemlig det, at en afkøling af vand (og is) på 1 °C kræver et varmetab på ca. 4 kJ/kg, mens omdannelse af vand ved 0 °C til is ved 0 °C kræver et varmetab på 320 kJ/kg. Hertil kommer, at is har en væsentlig dårligere varmeledningsevne end vand.

Risiko for frost

Af det foregående fremgår, at risiko for tilfrysning af en ledning er størst ved små ledningsdimensioner, og hvis der er ringe eventuelt slet ingen strømning i ledningen. Det vil her føre for vidt at komme ind på det tidsmæssige forløb af afkølingen og dermed bestemmelsen af det tidspunkt, hvor tilfrysningen indtræder.

Isolerings-
tykkelser

Overlagsmæssigt kan følgende formel anvendes for rør med stillestående vand

$$k = 73000 \frac{f}{\Delta T \cdot t} d^2 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)} \quad (16.6b)$$

hvor k er rørets transmissionstal i $\text{W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$

ΔT $T_1 - T_2$ hvor T_1 er vandets temperatur ved det tidspunkt, hvor strømmingen hører op, og T_2 er omgivelsernes temperatur begge i $^\circ\text{C}$

t tiden i timer hvor vandet står stille

f den del af tværsnittet, som tillades at fryse til is i løbet af de t timer

d rørets indvendige diameter i meter.

Ved anvendelsen af formelen bør man sætte vandets temperatur til $T_1 = 0^\circ\text{C}$ og $f = 0,75$.

Rørets transmissionstal kan beregnes som anført i formel 16.6. Her skal dog påpeges, at konvektionsbidraget α_k til det udvendige varmeovergangstal α_u , er stærkt afhængigt af de ydre forhold. Såfremt ledningen anbringes i det fri (f.eks. på en byggeplads) afhænger det af vindpåvirkningen.

For ledninger i det fri kan regnes

$$\alpha_k = 4,16 \cdot \frac{v^{0,8}}{d^{0,2}} \text{ (W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \quad (16.7)$$

hvor v er vindhastigheden (m/s).

For ledninger i bygning se fig. 16.2.

ABI's mindste
krav til
isolerings-
tykkelse

ABI foreskriver følgende isoleringstykkelser (mineraluld), når koldtvarsledninger skal isoleres mod frost:

25 $\leq d \leq 50$ isoleringstykkelser 50 mm

større rør isoleringstykkelser 20 mm

	Nominel rørdiameter i mm			Større rør og beholdere
	10–20	25–40	50–100	
Isoleringsstykkelser	mm	mm	mm	mm
Varmtvandsanlæg med $T < 75^\circ\text{C}$	20	30	40	80
Varmtvandsanlæg med $T > 75^\circ\text{C}$	30	40	50	80

Fig. 16.5. Mindste isoleringstykkelser for ledninger frit ophængt i bygning eller kanaler ved isolering mod varmetab med kork, mineraluld eller plastskum. Der gøres opmærksom på, at disse isoleringstykkelser er BR-77' mindstekrav, og at det kan være god økonomi at forøge isoleringstykkelser. Med prisniveauet i 1976 vil det energiøkonomisk kunne betale sig at forøge de i tabellen angivne isoleringstykkelser med mindst 50–100 %.

Rør med $d \leq 20$ mm bør i henhold til ABI ikke udsættes for frost.

Disse isoleringstykkelser giver rimelig sikkerhed mod tilfrysning i max. 1 døgn for ledninger frit ophængt i bygning.

Sikring af ledninger mod frost ved isolering giver som anført i det foregående kun en udsættelse af tidspunktet for tilfrysning. Ledninger, der i lang tid udsættes for temperaturer mindre end 0°C , bør derfor sikres på anden måde. Her er i praksis tre muligheder:

ledningen tømmes for vand, når der ikke sker tapning, der sørges for at der til stadighed strømmer vand i ledningen eller ledningen opvarmes.

Den sidste mulighed skal kort omtales her.

Opvarmning af ledninger (der ikke er af plast) foretages normalt ved hjælp af elektriske varmebændler, der vikles omkring eller fastgøres på anden måde til røret, hvorefter røret isoleres.

Varmebændlet gives en sådan effekt, at vandtemperaturen holdes højere end 0°C . Effekten kan beregnes ud fra de i det foregående anførte formler for varmetab, idet der dog bør gives et rigeligt sikkerhedstillæg.

Foranstaltninger
til sikring mod
frostElektriske varme-
bændler

Eksempel

Et 40 mm stålør skal frostbeskyttes ved elektriske varmebænder. $\lambda = 0,045 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$. Isolering 20 mm mineraluld. Røret er placeret i en ventileret krybekælder, hvor temperaturen i strenge vintre kan komme ned på -10°C . Varmetabet kan beregnes efter formelen (16.5), idet vandtemperaturen sættes til $+1^\circ\text{C}$.

$$\Phi = \frac{\pi \cdot (1 - (-10))}{\frac{1}{2 \cdot 0,045} \cdot \ln \frac{0,0488 + 2 \cdot 0,02}{0,0488} + \frac{1}{8 \cdot 0,0888}} = 4,3 \text{ W/m}$$

I dette tilfælde skal der således anvendes et varmebænder med en ydelse på mindst 4,3 Watt pr. meter rør.

Isolering mod kondens

Kondensdannelse

Kondensdannelsen på en lednings yderside sker, hvor ledningens overfladetemperatur er lavere end rumluftens dugpunkt.

For at undgå dette udføres en isolering af ledningerne, hvorved det opnås, at temperaturen på ledningens overflade hæves. Ved valg af en passende isoleringstykkel opnås, at dugpunktstemperaturen optræder i selve isoleringslaget, og at overfladekondensering undgås. Da de fleste isoleringsmaterialer er »åbne« er det, for at undgå at isoleringslaget fyldes med vand, nødvendigt at afslutte isoleringen med et damp tæt lag f.eks. en asfaltpap eller plastfolie.

Temperaturen på isoleringens yderside T_o kan bestemmes ud fra følgende formel:

$$k_{rør} \cdot (T_u - T_i) = \alpha_u \cdot (T_u - T_o) \cdot \pi \cdot (d + 2e) \quad (16.8)$$

hvor $k_{rør}$ er transmissionstallet for det isolerede rør ($\text{W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$) beregnet af (16.2)

- T_u rumluftens temperatur
- T_o temperaturen på isoleringens yderside
- T_i vandets temperatur
- α_u det udvendige varmeovergangstal i $\text{W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$
- d rørets udvendige diameter i meter
- e isoleringslagets tykkelse i meter (dvs. $d + 2e$ er den færdigt isolerede lednings udvendige diameter).

Vedr. $k_{rør}$ og α_u : Det udvendige varmeovergangstal α_u indgår også i formelen for $k_{rør}$. Størrelsen af α_u kan tages fra tabellen i fig. 16.2.

Vedr. T_i : Ved beregning af isoleringstykkelsen regnes oftest $T_i = 7^\circ\text{C}$ (koldt vandstemperatur).

For at undgå kondensdannelse på ledningens yderside skal man sikre sig at temperaturen på isoleringens yderside T_o er højere end rumluftens dugpunktstemperatur T_D . Denne afhænger af rumluftens temperatur og rumluftens relative fugtighed, og den kan bestemmes i et såkaldt Mollier-diagram for fugtig luft. Se fig. 16.6.

Dugpunktstemperaturen

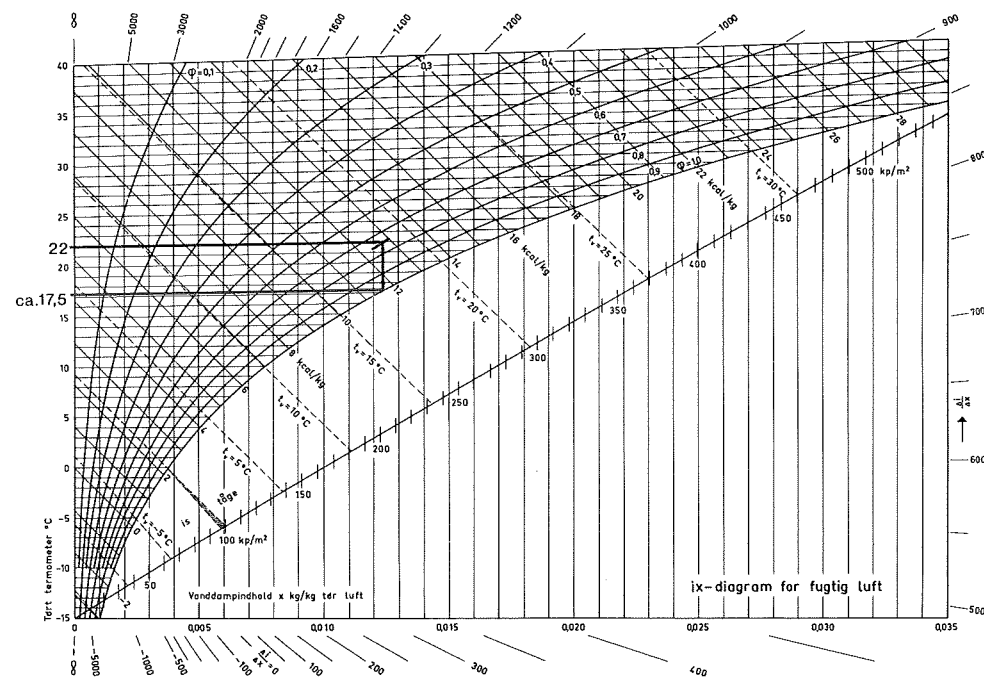


Fig. 16.6. Mollier-diagram for fugtig luft. Diagrammet kan anvendes til at bestemme rumluftens dugpunktstemperatur T_D når rumtemperaturen T_u og den relative fugtighed Φ er kendt.

Eksempel.

I et rum haves $T_u = 22^\circ\text{C}$ og $\Phi = 0,75$, find rumluftens dugpunktstemperatur.

Med $T_u = 22^\circ\text{C}$ går ind i diagrammet til et punkt midt mellem kurverne $\Phi = 0,7$ og $\Phi = 0,8$. Fra dette punkt går lodret ned (konstant vanddampindhold) til skæring med kurven mærket $p = 760 \text{ mm Hg}$. Fra dette punkt følges temperaturkurverne til den lodrette akse, og temperaturen $T_D = \text{ca. } 17,5^\circ\text{C}$ aflæses.

Beregning af isoleringstykkelse

Ovenstående formel sammen med formelen for beregning af $k_{\text{rør}}$ kan anvendes til bestemmelse af den isoleringstykkelse, der er nødvendig under de givne temperatur- og fugtighedsforhold, idet man indledningsvis beregner rumluftens dugpunktstemperatur T_D og i formelen sætter $T_o = T_D$. Når man kender isoleringsmaterialets varmeledningsevne $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ kan isoleringstykkelsen (e) beregnes.

Med den valgte isoleringstykkelse kan T_o herefter beregnes og det kontrolleres om $T_o > T_D$.

Det er rent regneteknisk besværligt at udføre denne beregning og man kan med fordel benytte diagrammet i fig. 16.7.

Eksempel

Et lodret koldt vandsrør i et opholdsrum i en bolig skal isoleres mod kondens. For rummet haves:

Rumtemperatur $T_u = 22^\circ\text{C}$

Relativ fugtighed 75 %

Rumluftens dugpunktstemperatur $T_D = 17,5^\circ\text{C}$

For ledninger haves:

Vandets temperatur $T_i = 7^\circ\text{C}$

Isoleringens varmeledningsevne er $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$

$d = 27,3 \text{ mm}$ (udv. diameter)

$\alpha_u = 6,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (fig. 16.2)

Idet der ses bort fra varmeledningsevnerne for det damptætte lag og selve rør, fås:

$$2 \cdot \lambda \cdot \frac{(22-7)-(22-17,5)}{6,5 \cdot (22-17,5) \cdot 0,0273} = 1,18$$

og af diagrammet fås

$$\frac{e}{d} = 0,42 \text{ eller } e = 11 \text{ mm}$$

ABI's mindste krav til isoleringstykkelse

Hvor der skal isoleres mod kondens, foreskriver ABI de i fig. 16.8 angivne isoleringstykkelser, når der isoleres med mineraluld.

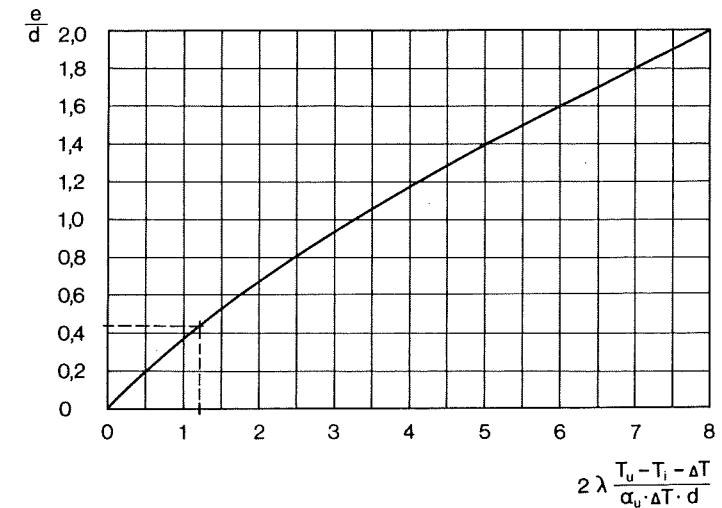


Fig. 16.7. Diagram til bestemmelse af forholdet mellem rørets udvendige diameter d og isoleringstykkelse e .

De anvendte symboler:

λ isoleringsmaterialets varmeledningsevne,

T_u rumluftens temperatur,

T_i vandets temperatur,

ΔT forskellen mellem rumtemperatur og dugpunktstemperatur og

α_u det udvendige varmeovergangstal.

Rumluftens fugtighedstilstand	Rumluftens temperatur		
	koldt (10 °C)	varmt (20 °C)	meget varmt (30 °C)
	mm	mm	mm
Tør, under 75 % relativ fugtighed	0	20	20
Fugtig, over 75 % relativ fugtighed	20	40	50

Fig. 16.8. Tykkelser for isolering mod dryp eller beskyttelse mod opvarmning af koldt vandsrør frit ophængt i bygninger (efter ABI).

Isolering mod utilsigtet opvarmning

Hvor koldtvalsledninger føres gennem opvarmede rum vil der ske en opvarmning af vandet. Hvor vandet ønskes brugt som drikkevand, medfører opvarmningen et vandspild, og normen kræver derfor at ledningerne i så tilfælde isoleres.

Vandets temperaturstigning kan beregnes ud fra de i det foregående anførte formler, men da normernes krav tilsigter en mindskelse af vandspildet, kan man ligeså godt anvende det ventetidskriterium, der er afgørende for udformningen af varmtvandsanlæg. (Se kap. 7).

Det bemærkes, at man ved isolering mod kondens samtidig sikrer sig tilstrækkeligt mod uønsket opvarmning, såfremt man følger ABI's krav, der er anført i fig. 16.8.

Ledninger i jord

Varmtvandsledninger

Hvor varmtvandsledninger fremføres i jord, skal der også isoleres mod varmetab. Ledningerne fremføres normalt i betonkanaler, eller de udføres som præisolerede rør med en tæt plastkappe.

Det vil føre for vidt at komme ind på varmetabene fra sådanne ledningsanlæg, se f.eks. SBI-anvisning 61 »Fjernvarmeledninger«.

Koldtvalsledninger

Koldtvalsledninger i jord skal sikres mod frost.

Normen angiver, at frostsikringen kan ske ved nedgravning til frostfri dybde efter de regler, der er anført i det følgende:

- a) ledninger i jord lægges i en dybde af mindst 1,2 m til top af ledning. Ledninger til sprinkleranlæg og andre brandslukningsanlæg lægges dog i en dybde af mindst 1,4 m, da der normalt ikke er vandbevægelse i disse ledninger, hvorfor risikoen for frostfare er større end ved normale ledninger. Ledninger må ikke føres ind i bygning gennem eller umiddelbar ved lyskasser eller kælderne-dgange, men skal holdes i en afstand af mindst 1,0 m herfra.

ABI's mindste krav til isolerings-tykkelse

Isolering mod frost
Normen

- b) såfremt ledninger til periodevis benyttelse (byggebrug, kolonihaver, havevanding mv.) anbringes i ikke frostfri dybde, indrettes anlægget til at kunne holdes afspærret og aftappet.

Normen opererer således med en frostfri dybde på 1,4 m (til top af ledning) for ledninger, der kun sjældent er strøm i, medens man for ledninger, der jævnligt er i brug, kan nøjes med en jorddækning på 1,2 m.

Erfaringerne viser at de anførte jorddækninger ikke er tilstrækkelige under alle omstændigheder. Den frostfri dybde afhænger således af hvilke materialer, der er anvendt ved tilfyldningen, materialernes vandindhold og af jordoverfladens beskaffenhed i vintertiden.

De følgende talværdier er baseret på svenske undersøgelser og de kan med omtanke overføres til danske forhold.

For områder med moræneler kan man regne med at frosten indenfor en 50 års periode ikke går mere end ca. 1,2 m, under forudsætning af at grundvandet ligger mere end 1,2 m under terræn.

Såfremt jorddækningen består af sand eller grovere jordarter, vil frosten trænge længere ned. Det er f.eks. tilfældet i vejarealer, hvor der er udført bundsikring i store tykkelser. Man har i flere tilfælde konstateret, at stikledninger til enfamiliehuse fryser til den på den del, der ligger i vejarealet. Forsyningsledningerne i vejen fryser meget sjældent til, hvilket skyldes, at der næsten til stadighed løber vand i ledningen.

For den frostfri dybde kan man skønsmæssigt regne med de i fig. 16.9 anførte værdier.

Den frostfri dybdes variation

Jordartens betydning

Jordart eller fyldningsmateriale	Frostfri dybde, meter
Grus, singels, makadam mv.	2,2
Sand, sandet grus, bundsikringsgrus	1,4
Sandet moræneler	1,2
Moræneler, mjåle	0,7
Silt og ler i kapillær kontakt med grundvandet	0,6
Tørv med høj grundvandsspejl	0,4

Fig. 16.9. Frostfri dybde for forskellige jordarter. Værdierne gælder for ikke bevokset (heller ikke græs) overflade.

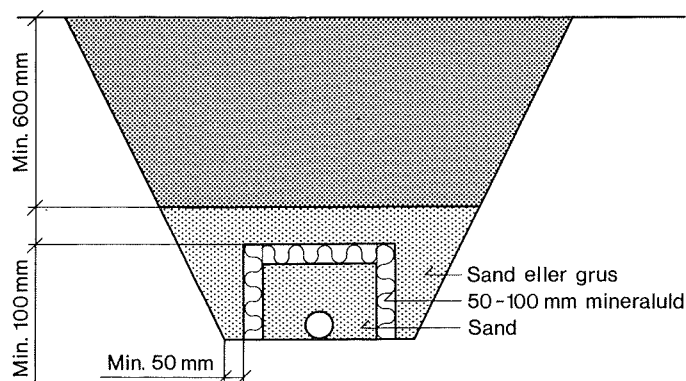


Fig. 16.10. Isolering mod frost af ledning i jord.

Man kan generelt regne med at frosten går længere i jorden, når jordarten har en lille varmeledningsevne (λ -værdi), end når den har en stor varmeledningsevne. Dette hænger sammen med, at der i vintertiden går en varmestrøm nedefra og op, fra det varmemagasin solen i sommerens løb har dannet i de dybere jordlag.

Dette forhold kan udnyttes, idet man ved at udføre en isolering som vist på fig. 16.10 kan tillade, at ledningen lægges i ikke frostsikker dybde.

Udførelse af isoleringsarbejdet

Generelt

I almindelighed udføres isoleringsarbejder efter DIF's »Almindelige betingelser for udførelse af isoleringsarbejder ved tekniske installationer«. Til udførelse af isoleringsarbejder kræves ingen autorisation.

Materialer

Isoleringsmaterialet er normalt mineraluld, men også plastikum og ekspanderet kork anvendes i en vis udstrækning. Enkelte steder (f.eks. omkring mandehuller i varmtvandsbeholdere) anvendes »hardsetting«.

Mineraluld

Mineraluld anvendes til isolering i vandinstallationen både som form- og rullevarer, og forhandles i fastlagte nominelle tykkelser.

Almindeligt anvendt er de velkendte rørskåle, der primært kan bruges ved lige rørstrækninger.

Plade- og rullevarer (primært lamelmåtter) anvendes til lige rør, bøjninger og beholdere mv. Hvor der isoleres efter ABI, må mineralulds varmeledningstal ikke overstige $0,041 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ ved 10°C og $0,064 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ ved 100°C .

Kork

Ekspanderet kork må kun være tilsat minimale mængder af ren lugtfri bitumen, og varmeledningstallet må ikke overstige $0,045 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ ved 10°C og $0,058 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ ved 50°C .

Skumplast

Isolering med skumplast foretages næsten altid med formvarer (rørskåle o.lign.). Varmeledningstallet må ikke overstige $0,035 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Hardsetting

Hardsetting er en mængdevare og består af en kiselgur eller molerkomposition med tilsætning af cement eller gips. Varmeledningstallet ligger på $0,1\text{--}0,2 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$.

Damptætte lag

Som tidligere omtalt er det nødvendigt ved isolering mod kondens at lægge en damptæt membran udenpå isoleringen.

Asfaltpap

Membranen udføres oftest af asfaltpap (min. vægt 600 g/m^2).

Aluminiumsfolie

En membran kan bestå af aluminiumsfolie opklæbet på kraftpapir (damptæthed min. 500 pam), der dog ikke må anvendes uden udvendig beskyttelse af pap og lærred.

PVC-folie

I de senere år har PVC-folien vundet indpas som afslutningsmateriale. Folien anvendes både som erstatning for pap, lærred og afsluttende maling og for damptætte lag.

PVC-folien skal være af en hård ikke blødgjort kvalitet med en kraftig rulningstendens og være temperaturbestandig fra -15°C (slagfast) til $+70^\circ\text{C}$ (formfast).

Folien skal være korrosionsfast og svært antændelig efter DIN 53382. Ved anvendelse i det fri skal folien være UV-beständig.

Klister

Klister skal være af en meget stærk klæbende type som ikke mugner og er temperaturbestandig. Klister må ikke indeholde stoffer, der skader de anvendte isoleringsmaterialer og den eventuelle afsluttende maling.

Jern- og kobbertråd Til fastholdelse af isoleringsmaterialerne anvendes udglødet jern- eller kobbertråd.

Trykprøvning *Udførelse af isolering*
Forinden isoleringen udføres, skal ledningen i henhold til normen trykprøves.

Rengøring Alle rør og beholdere mv. skal være omhyggeligt rensed for mørtelrester o.lign.

Fastholdelse af isoleringen Isoleringsmaterialerne skal fastholdes på en sådan måde, at de under drift af installationen forekommende temperaturbevægelser, rystelser o.lign. ikke medfører at isoleringen løsnes, synker sammen eller glider langs lodrette flader.

DIF's ABI Isoleringsarbejderne bør iøvrigt udføres efter Dansk Ingeniørforenings »Almindelige betingelser for udførelse af isoleringsarbejder ved tekniske installationer« (ABI). ABI indeholder anvisninger på, hvad der skal isoleres, og hvorledes isoleringen skal udføres.

Isoleringens udførelse *Isolering mod varmetab*
Isolering mod varmetab udføres normalt med mineraluld eller plastskum og der afsluttes med pap og lærred eller plastfolie. For ikke synlige ledninger og tilsvarende, kan isoleringen afsluttes med pap.

Udeladelse af isolering I almindelighed kan det tillades, at isolering kan udelades for korte fordelings- og koblingsledninger i samme rum som tapsted(-erne) og afspærringsventiler o.lign.

Præisolerede rør De i handelen værende præisolerede kobberrør har for lille isoleringstykkelse til at supplerende isolering kan udelukkes.

Det er almindeligt at præisolerede kobberrør anvendes som indstøbte eller indmurede koblingsledninger. Vedrørende varmetabet fra disse henvises til fabrikanternes oplysninger.

Hvor isoleres? *Isolering mod kondensdannelse*
Isolering af koldtvarsinstallationen mod kondensdannelse foretages hvor installationen er placeret i rum med så-

danne temperaturer og fugtighedsindhold, at der er risiko for kondensdannelse på f.eks. rør og ventiler mv.

Normen I BR-77 stilles ikke krav om isolering mod kondens. Normen stiller krav om isolering i de tilfælde, hvor kondensdannelse kan medføre ulemper, og det vil i praksis sige at koldtvarsledningen bør isoleres overalt, hvor der er risiko for kondens.

ABI Normen anbefaler, at isolering mod kondens foretages som anført i ABI, hvori de i tabellen fig. 16.6 anførte isoleringstykkelser angives.

Isoleringens udførelse Isolering mod kondensdannelse foretages normalt med mineraluld eller plastskum og det bemærkes, at der altid skal afsluttes med et damptæt lag f.eks. asfaltpap eller plastfolie, der udføres med rigelig overlapning.

Udeladelse af isolering Isolering mod kondens bør altid udføres, hvor det er praktisk muligt. Det vil normalt kun være tilladeligt at udelade isoleringen i rum med gulve og vægge af materialer der er ufølsomme for fugt dvs. i badeværelser o.lign.

Utilgængelige ledninger og ledninger i inventar (f.eks. køkkenskabe) bør altid isoleres mod kondens. Ventiler o.lign. bør også isoleres.

Præisolerede rør Præisolerede kobberrør giver ikke i alle tilfælde sikkerhed mod kondensdannelse på isoleringens yderside. Der henvises til fabrikanternes oplysninger.

Kapitel 17

Sikring af vandkvalitet

Generelt

Normens krav

Normen stiller følgende generelle krav:

Vandinstallationer skal udføres på en sådan måde, at vandet ikke kan komme i forbindelse med faste, flydende eller luftformige stoffer, som kan medføre eller medvirke til kemisk, fysisk eller bakteriologisk forurening af vandet.

Kravet skal opfattes helt generelt og kan deles i krav til: materialers fysiske og kemiske egenskaber og installationers arrangement og udførelse.

Kravet sigter mod at undgå enhver forurening af vandet. Det er således ikke alene den sundhedsfarlige forurening der er tale om, der skal også sikres mod den mere ulempebetonede forringelse af vandkvaliteten, f.eks. mod varmt vands indtrængen i installation for koldt vand.

Normens krav tilsigter, at vandet ved tapstederne altid tilfredsstiller de stillede krav. Der skal dels sikres mod forurening af vandet på dets vej til tapstedet og dels mod at forurenede og sundhedsfarligt vand kan trænge tilbage og således forurene den øvrige del af installationen og eventuelt forsyningsledninger, der fører vand til andre forbrugere.

Vandets kvalitet

Det tilførte vand skal i kemisk, fysisk og bakteriologisk henseende opfylde de krav, der stilles til drikkevand, se kap. 3.

Krav til drikkevand

Vandværksvand

Såvel offentlige vandværker som private fællesvandværker er underkastet myndighedernes tilsyn, og det kan derfor forudsættes, at vand fra sådanne anlæg er tilfredsstillende.

Risici for forurening

Blandt de risici, der er for sundhedsfarlig forurening af vandet, kan nævnes:

Forurening af installationen under byggeperioden og under (større) reparationsarbejder.

Forurening af installationen ved kemisk rensning af dele af installationen, f.eks. under afkalkning af beholdere.

Forurening med korrosionsprodukter.

Afgivelse af sundhedsfarlige stoffer fra de materialer en installation er udført af.

Gennemtrængen af sundhedsfarlige stoffer fra omgivelserne gennem rør og beholdervægge.

Tilbagestrømning af behandlet vand til installation for drikkevand.

Tilbagestrømning af aftappet vand.

Tilbagestrømning kan f.eks. ske hvis der på grund af ledningsbrud opstår undertryk i ledningerne og hvis der samtidigt er forbindelse mellem installationen for drikkevand og installation for behandlet vand eller installationsgenstande.

Til de mere komfortmæssige risici hører f.eks.

Utilsigtet blanding af koldt og varmt vand.

Alle de i det følgende anførte krav til materialer og udførelse af vandinstallation tilsigter at gøre disse forureningsrisici så små som praktisk muligt.

Forbindelse til andre vandforsyninger

En vandinstallation, der er tilsluttet offentlig vandforsyning, må ikke sættes i forbindelse med andre vandindvindingsanlæg. Hvis en sådan forbindelse ønskes etableret, f.eks. til nødforsyning i tilfælde af, at den offentlige vandforsyning skulle svigte, må forbindelsen etableres på en sådan måde, at de to anlæg ikke kan sættes i direkte forbin-

delse med hinanden. Tilslutningen kan f. eks. etableres over en åben beholder, hvor begge ledninger udmunder frit over højeste vandspejl, eller ved at pasrør, der kun kan monteres enten på den ene eller på den anden forbindelse. Kontraventiler anses ikke for tilfredsstillende sikring ved en permanent forbindelse, men den skal dog være der.

Rensning af installationer

Før ibrugtagning

Normens krav

Normen stiller krav om, at installationen skal gennemskylles med rent vand før den tages i brug.

Nye installationer

Kravet er formuleret med henblik på ibrugtagning af nye installationer, men der bør også foretages en omhyggelig gennemskylning af installationerne efter større reparationsarbejder, især hvis disse er foretaget på ledninger i jord.

Reparationer

Efter udsyring

Det kan være nødvendigt med mellemrum at foretage en udsyring på varmtvandsinstallationer for at fjerne tilkalkning. En sådan udsyring må kun foretages efter tilladelse fra myndigheden. Installationen må først tages i brug igen efter grundig gennemskylning, og først efter at en analyse har godtgjort, at vandet er af tilfredsstillende kvalitet.

Efter anden forurening

Hvis installationen kan have været udsat for inficerende eller sundhedsfarlige stoffer, skal der foretages særlige foranstaltninger, således at der skabes sikkerhed for, at installationen er sundhedsmæssig forsvarlig. Disse foranstaltninger skal foretages efter aftale med myndigheden.

Desinficering

Er der risiko for, at der er sket forurening, kan det være nødvendigt at foretage en desinficering og/eller rensning af ledningsnettet. Den må kun foretages efter samråd med vandforsyningen. Der skal derefter foretages en grundig gennemskylning af installationen, og det skal ved laboratorieundersøgelse fastslås, at forholdene er i orden, forinden installationen tages i brug.

Forureninger kan forekomme internt i installationerne, ofte efter en ulovlig anvendelse af installationen, f. eks. ved midlertidige forbindelser mellem installationer og kemiske bade.

Krav til materialer

Generelt

Normens krav

Normen stiller krav om, at alle dele i en installation, der kommer i forbindelse med vandet, skal være udført af materialer, der ikke kan give anledning til forurening af vandet.

VA-godkendelse

Normkravet håndteres primært gennem VA-godkendesordningen. I henhold til denne skal alle materialer, komponenter, ledninger og beholdere mv. være godkendte, for at de kan bruges i en installation.

Materialer

Blandt de prøver, der skal bestås før en VA-godkendelse opnås, er der i de fleste tilfælde prøver på materialernes tendens til afgivelse af giftige stoffer, der måtte indgå i materialerne. Der er således prøver for afgivelse af tunge metaller, f. eks. cadmium og bly, for de legeringer der indgår i armaturer.

Giftige stoffer

Det er relativt let at sikre sig, at ledninger og beholdere mv., der indgår i en installation, er VA-godkendte, men der skal gøres opmærksom på, at kravene også angår samlingsmaterialer. Normen stiller derfor følgende krav:

Samlingsmaterialer

De pakningsmaterialer, der er anvendt i ventilerne, kan forlanges særskilt godkendt.

Til samling af rør og armaturer mv. må kun anvendes samlingsmaterialer (pakninger, paksalver, lim, pap mv.), som ikke er vandopløselige, og som ikke indeholder giftige eller bakteriologisk forurenede stoffer.

Overfladebehandlinger

Et særligt problem er overfladebehandling af beholdere, specielt varmtvandsbeholdere.

Emalje og kunststof

En del beholdere er fra fabrikken forsynet med en korrosionsbeskyttende overfladebehandling af f. eks. emalje eller kunststof. Reparation af en sådan overfladebehandling må ikke foretages.

Svumning med cementmørtel

Ubehandlede beholdere må ikke forsynes med en overfladebehandling uden en VA-godkendelse. En undtagelse er dog svumning med cementmørtel. Denne behandling, der ofte udføres på større beholdere tillades uden særlig godkendelse.

Normen

Anoder

Normen tillader indsættelse af VA-godkendte anoder af magnesium og aluminium i varmtvandsbeholdere. Disse anses ikke for at udgøre nogen sundhedsfare. Anoder kan ligeledes anbringes i koldtvandsinstallationen.

Diffusion gennem rørvægge

Visse rørmaterialer er ikke diffusionstætte over for især organiske stoffer. Ledninger af PEL og PEH, som ikke er diffusionstætte overfor gas, benzin, olie eller andet, må ikke anvendes på steder, hvor der kan være risiko for diffusion, såsom rørkanaler, hvor der fremføres gasledninger, jordledninger på tankstationer mv.

Indtrængning som følge af korrosion

Normen nævner som et særligt problem rørledninger, beholdere mv. for drikkevand, hvor den modstående side af rør- eller beholdervæg kommer i berøring med flydende eller luftformige stoffer, der kan stå under højere tryk end vandledningstrykket. Såfremt der i dette tilfælde sker gennemtæring af beholder- eller rørvægge, vil der være risiko for en forurening af drikkevandet.

Varmtvandsbeholdere mv.

Dette normkrav kan have betydning ved valg af anlægstype for produktion af varmt vand.

Kappebeholdere

De fleste kappebeholdere er prøvet for et tryk på varmesiden, der er mindre end prøvetrykket på brugsvandssiden, og det har tidligere medført et forbud mod anvendelse af kappebeholdere i fjernvarmeanlæg.

Fjernvarmeanlæg mv.

Ved VA-godkendelse af anlæg for produktion af varmt vand oplyses det maksimalt tilladelige tryk på varmesiden, og kappebeholdere kan således anvendes i fjernvarmeanlæg, når blot det maksimale tryk ikke overstiger det i godkendelsen anførte tryk.

Hvis der i centralvarmeanlæg, herunder fjernvarmeanlæg, solvarmeanlæg o. a., anvendes kemisk behandlet vand eller andre medier, skal anlæg for produktion af varmt vand forsynes med en særlig korrosionsbeskyttelse. Anoder uden påtrykt spænding anses i denne forbindelse ikke for at give tilstrækkelig beskyttelse, med mindre der også er udført en VA-godkendt overfladebehandling. Anlægget skal være VA-godkendt for det pågældende varmemedium.

I normens vejledningsstof stilles der yderligere krav om særlige foranstaltninger med hensyn til materialekvalitet og mulighed for eftersyn og rensning.

Forbindelse til andre installationer

Vandinstallationer må ikke – heller ikke kortvarigt – sættes i forbindelse med beholdere eller rørsystemer, som indeholder andre væsker eller luftarter end drikkevand, vanddamp, kvælstof eller atmosfærisk luft.

Køleslanger

Hvor brugsvandsinstallationer er i forbindelse med andre væsker, f. eks. hvor der er opnået tilladelse til køling af galvaniske bade eller lignende ved direkte brug af vand, der passerer igennem kølerør i badet, må der ikke være afspærringer af kølevandsledningen efter badet, og den skal udmunde frit synligt over gulvafløb eller lignende.

Vandledninger må ikke tilsluttes direkte til afløbsinstallationer og heller ikke til acetylgasværker og lignende.

Sikring mod tilbagestrømning

Generelt

Vandinstallationer skal sikres mod tilbagestrømning af stoffer og væsker, der kan medføre en risiko for sundhedsfare eller på anden måde kan forringe vandets kvalitet.

De foranstaltninger, der skal sættes i værk, afhænger ikke alene af arten og anvendelsen af de pågældende apparater, installations- eller sanitetsgenstande, men også af farligheden af de stoffer og væsker, som er aktuelle ved de pågældende installationer.

Normens krav er meget bredt formuleret og vedrører forhold som f.eks. komfort og vandspild.

Normens krav

Normen stiller krav om, at:

vand der er aftappet gennem en aftapningsventil, og vand der har passeret et vandbehandlingsanlæg

ikke må kunne trænge tilbage i installationen for drikkevand.

Sikring mod tilbagestrømning af behandlet vand

Generelt

I denne forbindelse skal begrebet vandbehandlingsanlæg opfattes meget bredt, og det omfatter f.eks.

Mekaniske filtre

Blødgøringsanlæg

Kulfiltre

Doseringsapparater

Elektrolytiske vandbehandlingsanlæg

Anlæg for varmtvandsproduktion

Tilberednings- og serveringsapparater.

I det følgende er der beskrevet de foranstaltninger der kræves ved ovennævnte vandbehandlingsanlæg.

VA-godkendelse

Det skal dog bemærkes, at nogle anlæg er forsynet med påmonterede eller indbyggede sikringer mod tilbagestrømning, og at de sikringer, der kræves ved de aktuelle anlæg, i de fleste tilfælde vil være beskrevet i VA-godkendelsen.

For vandbehandlingsanlæg af anden type henvises til VA-godkendelsen af det pågældende anlæg.

Mekaniske filtre

På tilgangsledningen skal anbringes en kontraventil og en afspærringsventil, evt. kombineret i en stilbar kontraventil.

Blødgøringsanlæg

På tilgangsledningen til blødgøringsanlæg (-filtre) af ionbyttertypen kræves dobbelt sikring mod tilbagestrømning,

idet der kræves dels vacuumventil og dels en kontrollerbar kontraventil.

Vedrørende blødgøringsanlæg af andre typer henvises til VA-godkendelsen.

Kulfiltre

Der kræves dobbelt sikring som anført for blødgøringsanlæg.

Doseringsapparater

Ved apparater for dosering af f.eks. sæbe, desinfektionsmidler, fosfat mv. kræves dobbelt sikring. Denne kan udføres som angivet for blødgøringsanlæg af ionbyttertypen. Ved anlæg beregnet for et enkelt tapsted og anbragt efter aftapningsarmaturet kan sikringen bestå af en kontraventil, evt. kan aftapningsarmaturet være en stilbar kontraventil. Det er i så fald en forudsætning, at det aftappede vand er sikret mod tilbagestrømning, som anført senere. (Luftgab eller åben rørafbryder).

Ved visse typer doseringsanlæg, f.eks. gødningsanlæg og kemikaliedoseringsanlæg i varmecentraler, kan det – hvis der er fast forbindelse – kræves at vandet tilføres anlægget over en beholder (f.eks. en cisterne), hvor der er et luftgab mellem tilløb og højst tænkelige vandstand i beholderen.

Der henvises iøvrigt til VA-godkendelsen af det pågældende doseringsanlæg.

Anlæg for varmtvandsproduktion

Der skal sikres mod tilbagestrømning af opvarmet vand til koldt vandsinstallationen. Sikringen foretages normalt med en kontraventil.

Tilbagestrømningssikringen kan udelades ved gennemstrømningsvarmere og ved varmtvandsbeholdere med et vandindhold på højst 10 liter.

Der kræves altid anbragt en afspærringsventil på tilgangen til anlæg for varmtvandsproduktion.

Ved anlæg med et vandindhold, der er mindre end 300 liter, kan afspærringsventil og kontraventil erstattes af en stilbar kontraventil. Se iøvrigt kap. 12.

Elektrolyseanlæg

Der kræves ikke tilbagestrømningssikring på anlæg for elektrolytisk vandbehandling. Hvis anlægget er monteret i et anlæg for produktion af varmt vand, skal der sikres mod tilbagestrømning som angivet ovenfor.

Tilberednings- og serveringsapparater

Denne gruppe omfatter mange typer anlæg, og de nødvendige foranstaltninger til sikring mod tilbagestrømning kan variere fra apparat til apparat. Der henvises til VA-godkendelserne.

Kaffemaskiner mv. Kaffemaskiner og varmdrikautomater er i de fleste tilfælde forsynet med en (evt. ikke trykfast) vandvarmer, og der skal derfor sikres mod tilbagestrømning som angivet for anlæg for varmtvandsproduktion.

Kolddrik-automater Kolddrikautomater og sodavandsmaskiner kræves normalt sikret med en kontraventil.

Sikring mod tilbagestrømning af aftappet vand

Generelt I henhold til normen skal en vandinstallation udføres således, at aftappet vand ikke kan trænge tilbage i ledningerne. Foranstaltninger til sikring mod tilbagestrømning afhænger af, hvorledes udløbet fra aftapningsarmaturet og en eventuel ledning eller slange monteret i forbindelse med udløbet er eller kan blive placeret i forhold til eventuelle installationsgenstande. Foranstaltningerne afhænger også af arten og farligheden af de stoffer og væsker, der er aktuelle i den pågældende installation.

Foranstaltningernes art kan således opdeles efter installationsmåden i følgende:

Permanente forbindelser
Midlertidige forbindelser

mellem aftapningsarmaturet og installationsgenstande mv.

Sikring ved anlæg for produktion af varmt vand er behandlet i kap. 12.

Permanente forbindelser

Permanente (faste) forbindelser mellem aftapningsarmaturer og installationsgenstande mv. forekommer mange steder i vandinstallationer. Oftest er der tale om installationer i forbindelse med sanitetsgenstande (WC'er, håndvaske osv.) eller apparater og maskiner (f. eks. vaske- og opvaskemaskiner) men også forbindelser til andre installationer (f. eks. brandslukningsanlæg og varmeanlæg) er omfattet af normens krav. I det følgende omtales de nødvendige foranstaltninger ved en række almindelige installationstyper. For andre installationstyper henvises til normen, til eventuelle VA-godkendelser eller til myndighederne, der ved installationer med særlig forureningsrisiko kan forlange særlige foranstaltninger.

Foranstaltninger ved vandbehandlingsanlæg er omtalt i det foregående afsnit.

Sanitetsgenstande

Generelt Når aftapningsarmaturer monteres i forbindelse med sanitetsgenstande kræves i almindelighed et luftgab på mindst 20 mm mellem armaturets udløbstud og overkant af den sanitetsgenstand armaturet betjener. Hvor luftgabet ikke kan etableres, f. eks. ved håndbrusere, bundbrusere osv., kan luftgabet erstattes med en vacuumventil eller en kontraventil, såfremt denne er indbygget eller sammenbygget med armaturet.

Såfremt et armatur har flere udløb (evt. med omstilling) skal der være sikret mod tilbagestrømning ved alle udløb.

Mange sanitetsgenstande er forsynet med overløb, og såfremt overløbet har tilstrækkelig kapacitet, kan luftgabet regnes fra overløbet. Dette tillades dog ikke ved håndvaske, bidét'er, køkkenvaske og badekar.

Cisterner Ved cisterner (WC'er og urinaler) skal der også sikres mod tilbagestrømning. Sikringen er ved VA-godkendte cisterner indbygget i cisternen, og der kræves ved disse derfor ikke yderligere sikring mod tilbagestrømning.

Skylleventiler Når et WC eller en bækkenkylter monteres med skylleventil, vil det normalt ikke være muligt at etablere et luftgab. Skylleventiler for vandklosetter kan derfor kun god-

Maskiner og apparater

kendes, såfremt der er indbygget en vacuumventil, evt. en åben vacuumventil, i armaturet.

Når maskiner og apparater, f.eks. vaske- og opvaskemaskiner, monteres med permanente forbindelser til vandinstallationer, skal der også være sikret mod tilbagestrømning.

Ved de nyere vaske- og opvaskemaskiner vil sikringen være indbygget (oftest luftgab), og hvis det er tilfældet kræves ikke yderligere sikringer. Nogle ældre maskiner og apparater har ikke indbygget sikring, og her kræves sikring mod tilbagestrømning udført ved installationen. For alle maskiner og apparater vil det derfor fremgå af VA-godkendelsen i hvilket omfang, der kræves montering af sikring.

Fælles sikring af flere installationsgenstande

De foranstaltninger, der er beskrevet i det foregående sikrer mod tilbagestrømning fra hver enkelt installationsgenstand. I visse tilfælde er det muligt at sikre flere installationsgenstande samtidigt med en enkelt vacuumventil, og udelade sikringen ved de enkelte installationsgenstande.

Hvis der kun er udført en fælles sikring vil tilbagestrømning fra en installationsgenstand til en anden inden for den gruppe, der er dækket med samme sikring, kunne forekomme. Det er derfor en betingelse for at nøjes med en fælles sikring, at brugerne af installationen ikke udsættes for en forøget risiko for sundhedsfare mv. Installationen bør derfor være anbragt i samme rum, således at driftsforstyrrelse, der kan medføre risiko for tilbagestrømning, umiddelbart erkendes.

Installationer med særlig forureningsrisiko

Ved installationsgenstande med særlig forureningsrisiko kan der kræves særlige foranstaltninger.

Ved blødgøringsanlæg og lignende vandbehandlingsanlæg kræves, at sikringens effektivitet skal kunne kontrolleres. Dette krav kan f.eks. opfyldes ved, at der før kontraventilen anbringes prøvehane og afspærringsventil, således at man ved en prøvetapning kan kontrollere kontraventilens funktion. En anden mulighed er, at anvende en kontraventil

Kontrollerbare tilbagestrømningssikringer

Dobbelt sikring

med gennemsigtigt ventilhus. Der findes kuglekontraventiler med gennemsigtigt ventilhus eller skueglas.

I laboratorier og andre steder, hvor der anvendes stoffer og væsker, der kan være sundhedsfarlige, kan myndighederne kræve, at der – ud over sikringen ved hver enkelt installationsgenstand – udføres en sikring fra den samlede installation, f.eks. som en kontrollerbar kontraventil.

Tanke o.lign.

Når tanke f.eks. i større kedelanlæg og brandslukningsanlæg forbindes til vandinstallationerne, forlanges der i almindelighed, at tilslutningen sker med et luftgab på mindst 50 mm.

Generelt

Midlertidige forbindelser

Ved aftapningsarmaturer, hvor der kan udføres midlertidige tilslutninger af slanger mv., skal der sikres mod tilbagestrømning. Det drejer sig om

spulehaner,
havevandingshaner og
påfyldningshaner til varmeanlæg mv.

og tilbagestrømningssikringen skal i disse tilfælde bestå af en kontraventil.

Ved spulehaner på slagterier og andre steder med særlig forureningsrisiko kan myndighederne forlange særlige sikringer.

Normens krav

Der skal i denne forbindelse gøres opmærksom på normens krav:

Vandinstallationen må ikke – heller ikke kortvarigt – sættes i forbindelse med beholdere eller rørsystemer, som indeholder andre væsker eller luftarter end drikkevand, vanddamp, kvælstof eller atmosfærisk luft.

Generelt

Periodevis ubenyttede installationer

I installationer, der i kortere eller længere perioder er ubenyttede, vil der kunne opstå en forurening af vandet f.eks. ved bakterievækst. I henhold til normen skal sådanne installationer indrettes således, at de kan afspærres og tømmes for vand.

Normens krav

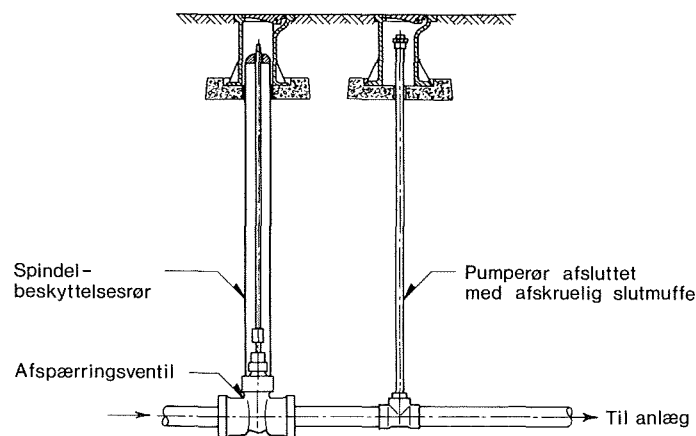


Fig. 17.1. Tømmeanordning for anlæg i jord. Selvtømmende stophaner er ikke længere tilladt.

Sommerhuse

Bestemmelsen tager især sigte på sommerhusinstallationer, der skal udføres således, at de kan afspærres og tømmes. Normen tillader ikke aftapning i jord eller i brønde (nedsivning). Normens krav kan f. eks. opfyldes ved et arrangement som vist på fig. 17.1.

Brandslukningsinstallationer

Ovennævnte krav gælder ikke for brandslukningsinstallationer, der er fast forbundet til vandinstallationen. Se kap. 15.

Metoder til sikring mod tilbagestrømning

Generelt

De foranstaltninger, der anvendes til sikring mod tilbagestrømning, er i hovedsagen:

luftgab,
kontraventiler,
vacuumventiler,
åbne rørafbrydere (åbne vacuumventiler) og
andre tilbagestrømningssikringer

Armaturerens konstruktion og virkemåde er nøjere beskrevet i kap. 10.

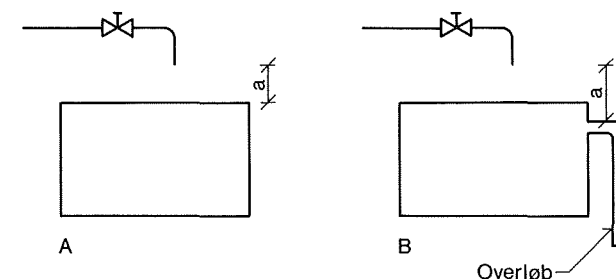


Fig. 17.2. Sikring mod tilbagestrømning med luftgab. Luftgabets størrelse a skal være mindst

20 mm ved normale installationsgenstande

50 mm ved store og ved særligt farlige installationer.

Overløb skal have tilstrækkelig kapacitet.

Luftgabet regnes fra overkant installationsgenstand ved genstande uden overløb og ved håndvaske, køkkenvaske og bidét'er.

Luftgab

Generelt

Ved et luftgab forstås en lodret afstand mellem et udløb fra vandinstallationen til den højst mulige vandstand i den installationsgenstand, der betjenes af udløbet, se fig. 17.2. Hvis udløbet betjener flere installationsgenstande regnes luftgabet fra den højeste vandstand.

Overløb

Flere typer sanitetsgenstande er forsynet med overløb, og under forudsætning af, at overløbet har tilstrækkelig kapacitet, kan luftgabet regnes herfra. Efter normen er dette dog ikke tilladeligt ved håndvaske, køkkenvaske og bidét'er,

Overløbets kapacitet

Overløbets kapacitet skal være så stor, at det kan bortlede den største vandstrøm for udløbet med et rimeligt sikkerhedstillæg, der kan sættes til 50 %.

Luftgabets størrelse

Luftgabets størrelse skal i henhold til normen være større end

20 mm ved almindelige installationsgenstande og

50 mm ved særligt farlige installationer, f.eks. ved kar med behandlet vand eller med giftige eller ætsende stoffer.

Generelt

Kontraventiler

Kontraventiler er meget anvendt som sikring mod tilbagestrømning, og de kan – når undtages særligt farlige installationer – erstatte et luftgab, se fig. 17.3.

Kontraventiler er normalt af følgende typer:

klapkontraventiler,
sædekontraventiler og
kuglekontraventiler.

Kontraventiler kan være stilbare, dvs. være forsynet med manuel lukning.

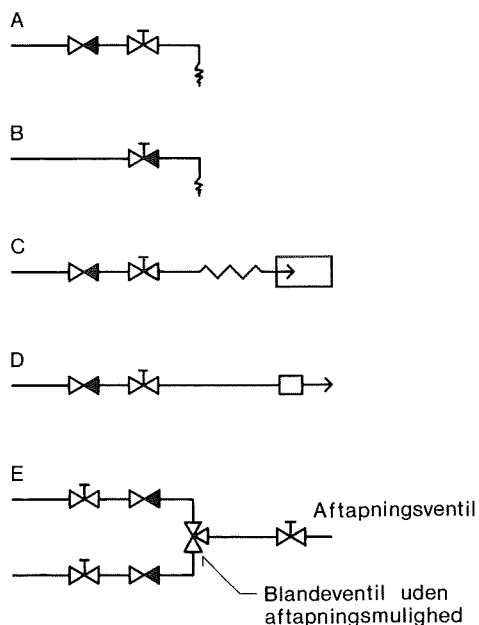


Fig. 17.3. Eksempler på sikring mod tilbagestrømning med kontraventiler.

- Kontraventil ved armatur med slangeforskruning.
- Stilbar kontraventil som aftapningsarmatur med slangeforskruning.
- Kontraventil ved maskine eller apparat af ældre type. (Se VA-godkendelse).
- Kontraventil ved mekanisk filter.
- Kontraventiler anbragt for at forhindre overstrømning mellem koldt- og varmtvandsinstallation.

Kontrollerbare
kontraventiler

Ved særligt farlige installationer kræver normen anvendelse af kontraventiler hvis funktion kan kontrolleres. Nogle kuglekontraventiler har gennemsigtigt ventilhus og tilfredsstiller således normens krav.

Vacuumventiler

En vacuumventil er et armatur, som ved undertryk i vandinstallationen åbner for forbindelse til den omgivende luft og derved afbryder en hævertvirkning. For at undgå at der går for lang tid, før luften trænger ind i den ledning, hvor hævertvirkningen skal afbrydes, skal vacuumventilen anbringes direkte på ledningen.

Vacuumventiler kan være højtryks- eller lavtryksvacuumventiler. Lavtryksvacuumventiler må kun anbringes på ledninger efter tapventilen.

Vacuumventiler kan anvendes som tilbagestrømningssikring for en enkelt eller flere installationsgenstande. Ved sikring for et enkelt tapsted eller installationsgenstand skal vacuumventilen tilsluttes koblingsledningen i et punkt der mindst er 300 mm oven over overkant af installationsgenstanden, se fig. 17.4.

Højtryks- og lavtryksvacuumventiler

Vacuumventiler for et enkelt tapsted

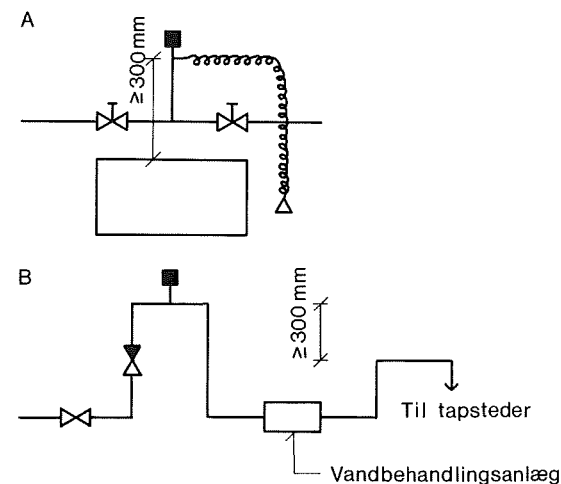


Fig. 17.4. Sikring mod tilbagestrømning med vacuumventiler.

- Sikring hvor der er mulighed for dykket udløb, f.eks. ved håndbruser.
- Dobbelt sikring ved installation med særlig forureningsrisiko.

Vacuumventil for flere tapsteder

Anvendes en vacuumventil til sikring af flere tapsteder skal ventilen anbringes med et tilslutningspunkt, der er mindst 300 mm over overkant af øverste installationsgenstand (højeste vandstand).

Vacuumventilers dimension

Den dimension på vacuumventilen, der skal anvendes, afhænger af dimensionen på den fordelingsledning den monteres på. Jo større dimension på fordelingsledningen des større skal ventilen være, eller des mindre må ventilens modstand ved luftindtag være.

Der kan opstilles beregninger over den luftmængde der ved et givet undertryk skal kunne trækkes ind i ledningen. Der skal ikke her opstilles nogen beregningsmetode, men blot anføres, at der i VA-godkendelsen vil være anført vejledning i valg af dimension afhængig af fordelingsledningens dimension. Se iøvrigt fig. 17.5.

Vacuumventilens montering
Indbyggede vacuumventiler

Vacuumventilens funktion er afhængig af, hvorledes de monteres, og fabrikantens (og VA-godkendelsens) monteringsforskrifter skal nøje følges.

Nogle aftapningsarmaturer har indbygget vacuumventil, og VA-godkendelsen omfatter derfor også tilbagestrømningssikringen.

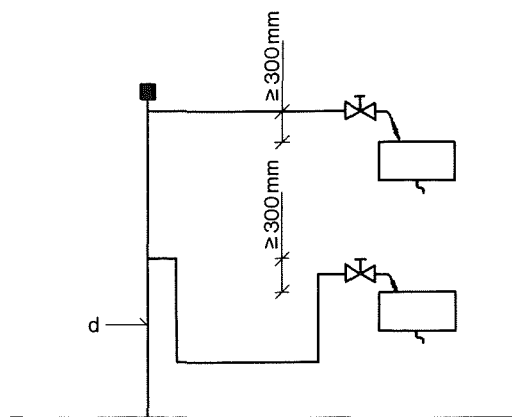


Fig. 17.5. Sikring mod tilbagestrømning af flere installationsgenstande med fælles vacuumventil.

Vacuumventilens dimension afhænger af fordelingsledningens dimension (d). Vacuumventilens dimension findes i VA-godkendelsen.

Åbne vacuumventiler (åbne rørfbrydere)

Åbne vacuumventiler er udformet efter ejektorprincippet og virker som hævertbrydere. Åbne vacuumventiler godkendes kun sammenbygget med armaturer (f.eks. skylleventiler).

Placering af vacuumventil

Normen forlanger en lodret afstand fra overkant installationenstand til vacuumventil på mindst 20 mm.

Ved sikring af WC'er og bækkenkylere, der er forsynet med skylleventil, skal den lodrette afstand dog være mindst 300 mm.

Andre tilbagestrømningssikringer

Nogle armaturer med omstilling til flere udløb, f.eks. kar og håndbruser, er forsynet med særlige typer af sikring mod tilbagestrømning. Det kan f.eks. være automatisk tilbagestilling til fast udløbstud (sikret med luftgab) når trykket falder bort i det andet udløb. Der henvises til VA-godkendelserne.

Kapitel 18

Støj

Støj fra vandinstallationer er en af de hyppigste årsager til klager over installationsstøj. Der er i de senere år gjort meget for at mindske dette problem – dels gennem myndighedskrav og dels gennem udvikling af bedre komponenter, især aftapningsarmaturer. Man kan sige, at baggrunden for at projektere og udføre en støjsvag installation stort set er til stede, men det er ikke altid, at disse muligheder udnyttes fuldt ud.

Generelt

Nye begreber

Hensyntagen til støj fra installationer er så ny en foreteelse, at der endnu ikke er opbygget en fast tradition for behandling af denne side af projektering og udførelse. Ydermere er den teoretiske baggrund en helt anden, end den der normalt anvendes i forbindelse med installationer (som f.eks. varmelære og strømningslære), så det kan være vanskeligt for installationsfolk at leve sig ind i de nye begreber.

Beskrivelse, lovkrav og dimensionering

I dette kapitel er der først søgt givet nogle enkle beskrivelser af lydens væsen og opførsel. Der er derefter givet en oversigt over lovkrav og endelig givet grundlag for dimensioneringen og dens gennemførelse.

Lyd

Den ydre, fysiske årsag til et lydindtryk er trykssvingninger i luften. Disse trykssvingninger sætter ørets trommehinde i svingninger. Fra trommehinden forplantes svingningerne gennem ørets komplicerede mekanisme, hvor de omsættes til elektriske svingninger, der sendes til hjernen.

Lydtryk

Trykssvingningerne, dvs. skiftevis over- og undertryk i forhold til det øjeblikkelige atmosfæretryk, kaldes for lydtrykket. Trykssvingningerne er meget små i forhold til atmosfæretrykket, normalt er de langt under en tusindedel af dette. Der skal derfor anvendes fintmærkende instrumenter til at måle lydtryk.

Lydtrykmåling

Hvis man vil måle lydtrykket, som man almindeligvis måler et tryk, så ville viseren blot stå og svinge frem og tilbage omkring nul-stillingen (atmosfæretryk).

Derfor indretter man lydtrykmålere, så de måler det, der kaldes lydtrykkets effektivværdi – det er noget i retning af middelværdien af viserens udslag, uden hensyn til om udslaget går mod over- eller undertryk.

Lydtrykkets variation

Størrelsen af lydtrykket for de lyde, vi udsættes for, kan variere meget. Forholdet mellem et lydtryk svarende til en lyd, man lige akkurat kan høre, og tilsvarende for en lyd, der kan give smertefornemmelser, kan være som 1 til ca. 1.000.000. Dette gør, at lydtrykket er en lidt upraktisk størrelse at regne med. I stedet for lydtrykket bruger man ofte størrelsen lydtrykniveau.

Niveau og decibel

Niveaubegrebet er ikke knyttet til lyd eller lydtryk alene. Har man en vilkårlig størrelse A , til hvilken man vil finde det tilhørende niveau, dividerer man det først med en vedtaget referencestørrelse A_0

$$\frac{A}{A_0} \quad (18.1)$$

Til dette forhold tager man logaritmen

$$\log \frac{A}{A_0} \quad (18.2)$$

Denne størrelse, som er et bestemt logaritmisk forhold, kaldes det til A hørende niveau angivet i bel – bel er ikke en enhed men en betegnelse, der skal minde om, hvordan niveauet hørende til A er regnet ud. Normalt angiver man ikke et niveau i bel, men i decibel, som er 10 gange større

$$10 \log \frac{A}{A_0} \quad (18.3)$$

Man opnår på denne måde at kunne operere med meget store tal uden at have besvær med mange cifre. Hvis f.eks. A_0 er vedtaget til at være 1, og man har en værdi af A på 1.000.000, så bliver det til A hørende niveau

$$N_A = 10 \log \frac{A}{A_0} = 10 \log \frac{1.000.000}{1} = 60 \text{ dB} \quad (18.4)$$

hvor dB er forkortelsen for decibel. Denne form for angivelse af størrelser bruges på mange måder.

Brugen af dB

Hvis man har en størrelse med benævnelsen dB bagefter, så behøver det ikke at være et lydtrykniveau – det kan være lydeffektniveau, lydintensitetsniveau og meget andet. Også de størrelser, der har med lydisolering at gøre, f.eks. en vægs reduktionstal, benævnes med dB. Derfor må man kende mere til størrelsen, end hvor mange dB den er. Ofte møder man betegnelsen dB(A), som vil blive forklaret i det følgende.

Svingninger

Grunden til, at man får trykssvingninger i luften, er, at en lyd giver har sat luften i bevægelse, således at luftpartiklerne svinger frem og tilbage omkring en ligevægtsstilling. Afgørende for karakteren af lyden er, om svingningerne er hurtige eller langsomme. Hurtige svingninger giver høje toner. Man kan måle hvor mange svingninger, der udføres i et sekund, og denne størrelse kaldes frekvensen.

Det menneskelige øre opfatter ikke lyde af forskellige frekvenser på samme måde som et måleinstrument. Lyde med høje frekvenser opfattes kraftigere end lyde med lave frekvenser. Derfor har man i måleinstrumenter indbygget nogle filtre, der kan svække de lave frekvensers betydning for måleresultatet. Det hyppigst anvendte filter kaldes A-filtret, og et lydtrykniveau, der er målt på denne måde, angives i dB(A). Man kalder også dette specielle lydtrykniveau for støjniveau, hvilket er gjort i det følgende.

En måling af støjniveauet i dB(A) tilsigter altså at give et mål for ørets opfattelse af den pågældende støj. Det er imidlertid meget kompliceret at efterligne høresansen, så et målt støjniveau kan ikke præcist fortælle, hvilken virkning

dB(A) – et mål
for ørets
opfattelse

støjen har. Man kan anvende mange forskellige måle- og beregningsmetoder til bedømmelse af støjens virkning, men ingen af dem er perfekte. I de fleste tilfælde, hvor det er af betydning at kunne foretage en hurtig og enkel måling – som f.eks. på installationsområdet – bruges derfor dB(A). Også bygningsreglementets krav er angivet i dB(A).

Lovmæssige bestemmelser

Reglerne for de støjniveauer, som en vandinstallation må give anledning til, findes i bygningsreglementet (BR) kap. 9: Lydforhold. Der vil i det følgende blive refereret til den udgave af BR, der er udsendt 1977. BR underkastes revision med ca. 5 års mellemrum.

Gyldighedsområde

BR omfatter hele landet med undtagelse af Færøerne og Grønland. Bestemmelserne gælder for følgende bygningskategorier:

Beboelses-
bygninger

Beboelsesbygninger er omfattet af BR's støjbestemmelser, også i de tilfælde, hvor en del af bygningen anvendes til erhvervsmæssige formål. Bygningsmyndighederne kan om fornødent stille strengere krav til støjniveau fra erhvervs-virksomheder end gældende for almindelige boliger.

Undtaget fra reglerne er fritliggende parcelhuse med én bolig, hvorimod kædehuse, rækkehuse o. lign. er omfattet.

Hoteller,
kollegier,
plejehjem mv.

Omfattet af bestemmelserne er hoteller (herunder moteller), hotelpensioner, kroer, kollegier, plejehjem, klublejligheder og tilsvarende boligformer.

Skoler

Skoler og andre bygninger til undervisningsformål er omfattet af bestemmelserne.

Erhvervs-
bygninger

Erhvervsbyggeri er ikke omfattet, men her kan krav fra Arbejdstilsynet komme ind i billedet. Kontorbygninger har tidligere (BR-66) været nævnt, men er udgået. Sygehuse er heller ikke omfattet. Dette, at disse kategorier ikke er nævnt i BR's støjbestemmelser, er ikke tegn på, at støjgener her er uden betydning, men snarere at det må formodes, at byg-

herren i de enkelte tilfælde vil formulere kravene i overensstemmelse med rummenes særlige anvendelse. Hvad angår sygehuse vil kravene ofte være strengere, end de i BR nævnte.

Bestemmelsernes indhold

De væsentligste krav vedrørende støjniveauet fra installationer findes i BR 9.2.4, som er gengivet i fig. 18.1. Det frem-

9.2.4. Støjniveau.

Stk. 1. Fælles tekniske installationer (afløbsinstallationer, brugsvandsinstallationer, elevatorer, kompressorer, ventilationsanlæg, varmecentraler m.m.) og installationer i fælles servicerum (vaskerum, strygerum og lign.) må ikke frembringe et støjniveau, der overstiger 35 dB(A) i beboelsesrum og 40 dB(A) i køkkener.

Stk. 2. Radiatorer i fælles vandvarmeanlæg må ikke frembringe et støjniveau, der overstiger 30 dB(A).

Stk. 3. Støjniveauet i en bolig frembragt ved brug af den del af brugsvandsanlægget, som ligger i selve boligen, omfattes ikke af stk. 1.

Stk. 4. Hvor beboelsesrum og køkken udgør et fællesrum, er kravene til beboelsesrum gældende.

Stk. 5. Individuelle installationer hørende til boligen (opvarmnings- og ventilationsanlæg, vaske- og opvaskemaskiner) må ikke frembringe et støjniveau, der i omliggende boligens beboelsesrum overstiger 35 dB(A) og i køkkener 40 dB(A).

Stk. 6. Individuelle installationer, hvis funktion er betinget af en fuldautomatisk, ikke manuel styring (opvarmnings- og ventilationsanlæg, køleskabe og dybfrysere), må i boligens beboelsesrum ikke frembringe et støjniveau, der overstiger 35 dB(A).

Stk. 7. Fælles tekniske installationer og de dertil hørende anlæg (ventilationsmaskineri, varmecentraler, renovationsanlæg m.m.) må umiddelbart uden for beboelsesbygningens vinduer og på bebyggelsens rekreative arealer, herunder altaner, tagterrasser, uderum og lign. ikke frembringe et støjniveau, der overstiger 40 dB(A).

Stk. 8. Installationer i erhvervsvirksomheder i beboelsesbygninger må i omliggende boligens beboelsesrum ikke frembringe et støjniveau, der overstiger 30 dB(A).

Fig. 18.1. Uddrag af bygningsreglementets kap. 9. Lydisolering. Det viste uddrag rummer de væsentligste bestemmelser for støj fra installationer.

går heraf, at der som hovedregel gælder følgende maksimale værdier for støjniveauet:

$$\begin{aligned} \text{Beboelsesrum: } & 35 \text{ dB(A)} \\ \text{Køkkener: } & 40 \text{ dB(A)} \end{aligned} \quad (18.5)$$

Dog gælder for støj i beboelsesrum forårsaget af enten fælles vandvarmeanlæg eller installationer i omliggende erhvervslejemål, at det maksimalt tilladelige støjniveau er 30 dB(A). På rekreative arealer må installationerne maksimalt forårsage et støjniveau på 40 dB(A). En oversigt over støjkravene er givet i fig. 18.2.

Støj fra vandinstallationer

Maksimalt tilladelige støjniveauer i dB(A)

Beboelsesbygninger		Hoteller plejehjem kollegier mv.	Bygninger til undervisnings- brug	Rekreative arealer
Beboelsesrum (og køkkener i åben forbindelse med beboelsesrum)	Køkkener	Beboelsesrum og fælles opholdsrum	Undervisnings- lokaler	Altaner, tag- terrasser, ude- rum samt uden for be- boelsesbygningens vinduer
35*	40	35	35	40

* For støj hidrørende fra erhvervslejemål er grænsen 30 dB(A).

Fig. 18.2. Oversigt over bygningsreglementets bestemmelser for støj fra vandinstallationer for forskellige bygningskategorier og rumtyper.

Kontrol af bestemmelsernes overholdelse

Myndighederne udøver ikke regelmæssig kontrol med, om støjbestemmelserne er overholdt, idet de normalt ikke er understøttet med det fornødne måleapparatur. Myndighederne har dog hjemmel til at lade foretage en undersøgelse for bygherrens regning, såfremt man har mistanke om overskridelse, idet BR nævner at »Kommunalbestyrelsen kan forlange, at der inden den færdige bygning tages i brug foretages måling af lydforholdene til eftervisning af, at forholdene er tilfreds-

BAM – byggeriets akustiske måle- station

stillende«. Denne hjemmel udnyttes i et vist omfang, men det vil normalt være bygningens lydisolering, der er i søgelyset. Det kan dog forventes, at også installationerne pådrager sig opmærksomheden, idet der er et stigende antal tilfælde af gener fra installationsstøj.

Udover at myndighederne kan pålægge en bygherre at lade foretage målinger (for bygherrens regning) på et færdigt byggeri, sker det også, at projekterende eller bygherren på eget initiativ lader foretage målinger for at sikre sig, at bygningens lydmæssige egenskaber er i overensstemmelse med myndigheds- eller bygherrekrav. Sådanne målinger kan bl. a. udføres af »Byggeriets akustiske målestation« – kaldet BAM – som drives af SBI og JTI, men også flere rådgivende ingeniører råder over det nødvendige måleudstyr.

Vanskeligheder med overholdelse af støjbestemmelserne

Vandinstallationer kan let forårsage støjproblemer. Alle former for aftapningsarmaturer kan – hvis der ikke er taget særlige hensyn ved udformningen – give anledning til generende støj. Desuden kan rørsystemet let lede støjen rundt i en bygning, og derved forstærke genevirkningen.

Selvom støj er et vanskeligt problem at klare må det dog fastslås, at med de komponenter, som kan fås på markedet, og med det kendskab til støj der findes tilgængelig, så er det muligt at udforme en vandinstallation således, at den både er hensigtsmæssig til sit egentlige formål og er i overensstemmelse med BR's støjkrav.

Støjens opståen

Støj opstår i forbindelse med omsætning af energi. Den energi der omsættes i en vandinstallation, hidrører fra vandets bevægelse.

Omsætning af energi

Hvis vandet underkastes pludselige ændringer i hastighedens størrelse og retning, så kan der dannes en kraftig støj.

Koncentreret energi- omsætning

Energi- omsætning i et vandsystem

Overskydende energi

Der vil altid ved en sådan strømning være et energitab – eller rettere en omsætning fra mekanisk energi til varmeenergi. Det er nærliggende at antage, at jo større dette energitab er, desto større er tendensen til frembringelse af støj, og dette bekræftes meget godt i praksis.

Det viser sig, at jo større energiomsætningen er, og jo mere koncentreret (på et lille område) den sker, desto kraftigere vil tendensen til støj være. Hvis man altså skal udforme et støjsvagt rørsystem, så skal man have små tab (strømliniet udformning) eller have tabene jævnt fordelt over store dele af systemet.

Den energi, som findes i vandet i en vandinstallation, kommer fra trykket i forsyningsledningen. Som forklaret i kap. 4, har en strømmende væske under et vist tryk et energiindhold, fordi den kan udføre et arbejde, som f.eks. at bevæge et stempel.

Energien skal bruges til at transportere vandet op til aftapningsarmaturet og til at dække tab undervejs. Hvis der er for lille et tryk – dvs. for lidt energi – må der ske en energitilførsel ved hjælp af en pumpe.

Hvis der er for meget energi, dvs. mere end nødvendigt for at dække tab og lodret transport af den nødvendige vandstrøm, så må den overskydende energi på en eller anden måde bruges. Når vandet ligger stille i vaskekummen, så er energien jo brugt. Energien kan bruges enten ved tapning af en større vandstrøm (end den nødvendige) eller ved at øge tabene – f.eks. ved at lukke mindre op for aftapningsarmaturet. I begge tilfælde kan der være risiko for støj, så i støj-mæssig henseende er det ikke ønskeligt at have et alt for rigeligt vandtryk.

Støjklender

De steder i en vandinstallation, hvor der sker en stor, koncentreret energiomsætning, er i de store modstande, først og fremmest i aftapningsarmaturerne. Det tab, som sker i et langt, lige rør, vil kun sjældent give støj af betydning. Hvis et tab af samme størrelse sker i et armatur, kan det give kraftig støj.

Armaturer

Armaturerne er i overvejende grad de store støjkluder, og derfor skal de også underkastes en prøvning for støj i forbindelse med VA-godkendelsen. En beskrivelse af disse prøvninger og baggrunden for den er givet i afsnittet »Støj fra armaturer«.

Støjsvage modstande

I forbindelse med støj fra installationer nævnes ofte begrebet »en støjsvag modstand«, således at man kunne tro, det drejede sig om en modstand af en ganske bestemt type.

Betegnelsen støjsvag anvendes i denne forbindelse på to forskellige måder. Hvis man taler om f.eks. et støjsvagt armatur, så menes der blot et aftapningsarmatur, som støjer mindre end hovedparten af de armaturer, som er på markedet. Nogle opfatter det således, at armaturet skal tilhøre støjgruppe 1 (se under afsnittet »Støj fra armaturer«), hvilket må være en minimumsbetingelse for at bruge betegnelsen støjsvag.

I forbindelse med tilfælde af overskydende energi, altså hvor trykket er større end nødvendigt, vil det være ønskeligt, at overskuddet optages i en støjsvag modstand. I denne forbindelse menes med »støjsvag modstand«, at modstanden og aftapningsarmaturet tilsammen forårsager et støjniveau, som er mindre end det støjniveau, som armaturet alene ville medføre. Som et af de brugelige eksempler på en støjsvag modstand kan nævnes et langt rør med lille diameter.

Luftblandere

Ofte forsynes aftapningsarmaturer med luftblandere, dvs. mundstykker hvor vandstrålen iblandes luft, så den får en »blødere« karakter og ikke har tendens til sprøjtning. Ydermere anføres det ofte, at en luftblander virker støjdæmpende – og det kan i visse tilfælde være rigtigt.

I en luftblander sker der følgende (se fig. 18.3). Når vandet passerer dyseskiven får det en stor hastighed (stor kinetisk energi), men til gengæld et lavt tryk (lille trykenergi). Når

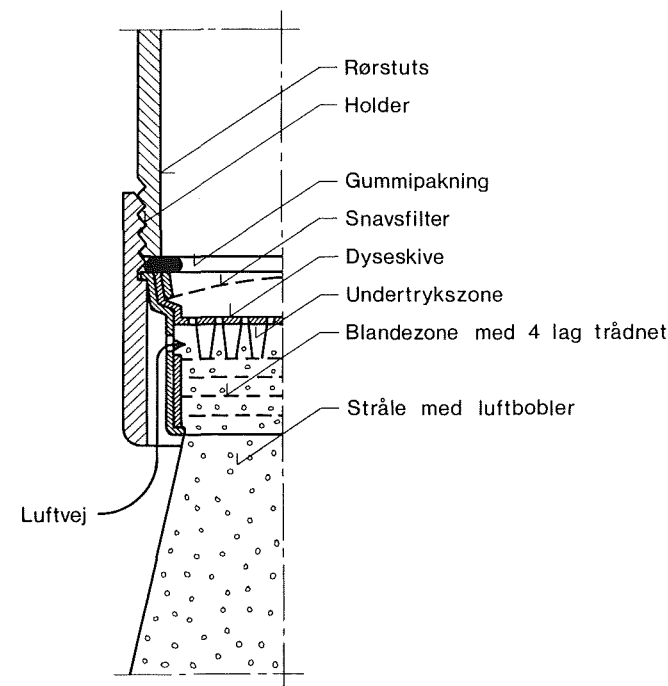


Fig. 18.3. Principskitse af en luftblander. Der findes mange forskellige typer, men hovedideen i dem er at vandet ledes gennem en dyseskive med mange små huller. Vandet får derved en stor hastighed og til gengæld et lavt tryk (lavere end atmosfæretrykket). Dette bevirker, at der udefra kan indsuges luft som opblandes med vandet.

trykket bliver lavere end atmosfærens kan der indsuges luft som blandes med vandet, hvorved den bløde stråle fremkommer.

Udover behageligheden ved den bløde stråle er der også den virkning, at hvis strålen rammer en vask, som den sætter i svingninger (f.eks. en rustfri stålvaske), så giver den luftblandede stråle mindre støj end en almindelig vandstråle.

Hvis man måler det støjniveau, som et armatur forårsager hhv. med og uden luftblander, vil det normalt vise sig, at støjniveauet med luftblander er det laveste. Samtidig kan man måle, at der kommer en mindre vandstrøm ud af arma-

Støjsvagt
armatur

Støjsvag
modstand til
overskydende
energi

Luftblander over
stålvaske

Luftblander som
støjsvag
modstand

En luftblanders
virkemåde

turet, men det vil næppe blive bemærket umiddelbart på grund af luftindblandingen. Forklaringen på støjreduktionen er, at luftblanderen har virket som en støjsvag modstand. Den forøgede modstand har bevirket, at vandstrømmen er mindsket. Derved bliver trykfaldet over armaturet også mindre og det gør effektomsætningen (produktet af tryktab og vandstrøm) også. Den mindre effektomsætning giver mindre støj. Der er til gengæld skabt en effektomsætning i luftblanderen, men da denne omsætning ikke giver anledning til væsentlig støj, er slutresultatet et lavere støjniveau. Luftblanderen kan altså anvendes som støjsvag modstand.

Når støjdata for et aftapningsarmatur opgives, vil luftblander normalt (hvis ansøger ønsker det) have været påmonteret under prøvningen, der er altså ikke yderligere at hente.

Ulemper ved luftblandere

Den luft, som suges ind i en luftblander, kan indeholde støv, som kan afsættes på de indvendige overflader. Dette er dels uhygiejnisk og dels kan støv og kalkafsætning blokere luftindsugningen, så luftblanderen ikke virker efter sin hensigt – heller ikke i støjmæssig henseende.

Strålesamlere

Der findes andre typer af mundstykker, hvor der ikke sker en luftiblanding. De har ikke ulemperne med indsugning af støv men de er normalt også dårligere til at virke som støjsvag modstand.

Vaske- og opvaskemaskiner

De vandforbrugende husholdningsmaskiner har dels en hydraulisk betinget støjdannelse og dels mekanisk støj.

Den hydrauliske støj

Hvad angår den hydrauliske støj f.eks. hidrørende fra de ventiler som styrer vandindtagning, så gælder det samme som anført for andre armaturer. Maskinerne bør af støjmæssige grunde ikke underkastes større vandtryk, end de har behov for – det overskydende kan med fordel fjernes i en støjsvag modstand. Den hydrauliske støj fra maskinerne kan være betydelig, men da tilslutningen til både vand- og afløbssy-

stem normalt sker med fleksible forbindelser, vil støjudbredelsen være begrænset. Alligevel bør nok søges efter de mest støjsvage maskiner.

Den mekaniske støj

De mange bevægelige dele i forbindelse med vaske-, skylle- og centrifugeringsprocesser medfører en støj, der ikke er store muligheder for at ændre, når maskinen er valgt.

Hindring af udstråling

En fritstående maskine vil udstråle mere støj til det rum, hvor den er placeret, end en inddækket maskine. Hvis f.eks. en opvaskemaskine kan placeres i et rum som er beklædt med absorberende materiale (f.eks. mineraluld) og som passer omkring maskinen, så kun forsiden er tilgængelig, så opnås en betydelig forbedring.

Hindring af støjens udbredelse

Da maskinerne er tilsluttet til installationssystemerne med fleksible forbindelser, sker den væsentligste udbredelse via bygningskonstruktionerne. For at hindre udbredelsen må maskinen først og fremmest isoleres fra gulvet.

Trægulve

Hvis et trægulv sættes i svingning, så vil støjen udbrede sig over det areal som det sammenhængende gulvareal dækker – altså også til andre rum, hvis de er afgrænset af lette vægge sat oven på trægulvet. Støjen vil således fortrinsvis udbrede sig i den bolig, hvor maskinen er opstillet.

Det kan lade sig gøre, at friskære gulvet under maskinen, og man kan også stille maskinen op på et stykke svømmende gulv bestående af en mineraluldsplade med f.eks. en spånplade ovenpå. Ingen af delene er nemt at udføre praktisk og hygiejnisk.

Hårde gulve

Hårde gulve vil – hvis de ikke er svømmende – transmittere lyden særdeles godt. Maskinerne bør derfor sættes op på svingningsdæmpere, som skal undersøges med mellemrum, da de kan have kortere levetid end maskinen.

Større maskiner

Større maskiner bør opsættes på svingningsdæmpere eller på et særligt maskinfundament, som er oplagt på et svingningsdæmpende underlag.

Cisterner

WC-cisterner var tidligere en af de mest generende støjkloder, men dette problem er meget nær løst. Det er i dag muligt at købe cisterner med en meget støjsvag fyldning, selv om det ikke gælder alle produkter på markedet.

Badekar

Tapning af vand i badekar kan medføre støj, som let udbredes til andre lejemål, især hvis karret er fastmuret. Det hjælper betydeligt, hvis der anvendes fritstående kar med gummifodder. Kar med bundfyldning er også støjsvage, men der er for tiden ingen godkendte armaturer for bundfyldning, idet der ikke kendes en tilfredsstillende løsning til forhindring af tilbagestrømning.

Støj fra armaturer

De væsentligste støjkloder i en vandinstallation er aftapningsarmaturerne, så man bør vide så meget som muligt om disses støjmæssige forhold.

Strømning gennem en modstand

Når man sender en vandstrøm gennem en stor enkeltmodstand, kan det medføre støj, og jo større vandstrømmen er, desto kraftigere bliver støjen. Trykfaldet over modstanden vil også vokse med vandstrømmen, så man kan lige så vel sige, at støjen vokser med trykfaldet. Det ville være rigtigere at sige, at støjen vokser med den omsatte effekt, som er produktet af vandstrømmen q og trykfaldet over modstanden Δp .

$$\text{Omsat effekt} = \Delta p \cdot q \quad (18.6)$$

Sammenligning
af modstande

Når det drejer sig om en fast modstand, kan man efter behag bruge vandstrøm, trykfald eller omsat effekt som parameter. Hvis man derimod ønsker at sammenligne de støjmæssige egenskaber to modstande af forskellig størrelse har, kan det kun gøres ved at sammenligne støjen fra de to ventiler ved samme omsatte effekt.

Armaturer

Et armatur i en given stilling (f.eks. fuldt åben) opfører sig på samme måde som andre modstande. Hvis man ændrer armaturets stilling, så har man i princippet en helt ny modstand, som kan støje både mere eller mindre end den oprindelige.

Måling af støjen

Man kan ikke måle støjen fra et armatur, som er løsrevet fra alt andet – der skal en vandstrøm til, og dertil behøves nogle rør. Der skal også et rum til at måle støjen i, så alt i alt må man gøre en hel del forudsætninger, før der kan måles. Hvis det skal være muligt at sammenligne målinger fra forskellige laboratorier, må man have en standardiseret målemetode. Det har man i en metode beskrevet i ISO/DP 3822/1.

Måleopstilling

Metoden kræver en måleopstilling bestående af et målerum (med givne akustiske egenskaber), hvoraf en af væggene er prøvevæggen, hvortil en vandinstallation er fastgjort, se fig. 18.4.

Differensniveau

Målingen udføres som en sammenligning mellem det støjniveau, som forårsages af armaturet i denne prøveopstilling, og det tilsvarende støjniveau i samme opstilling hidrørende fra en standardiseret støjkilde (installationsstøjnormal se fig. 18.5), der gennemstrømmes af en vandstrøm, svarende til et trykfald over støjnormalen på 300 kPa. Resultatet af en sådan måling benævnes armaturets differensniveau D_S , hvilket er differensen mellem støjniveauet L_S forårsaget af installationsstøjnormalen og støjniveauet L forårsaget af armaturet:

$$D_S = L_S - L \text{ dB(A)} \quad (18.7)$$

L_S , som altså er det støjniveau, som støjnormalen forårsager, vil normalt være større end L (armaturets støjniveau), da støjnormalen er udviklet således, at den giver en kraftig

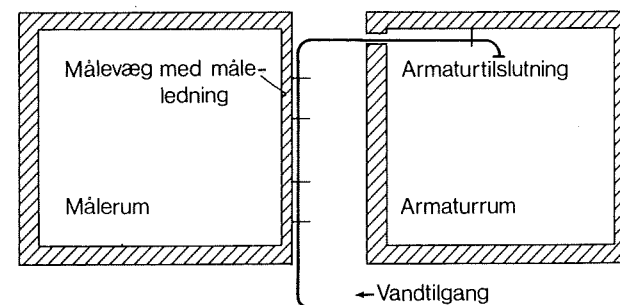


Fig. 18.4. Måleopstilling til bestemmelse af et armaturets støjniveau.

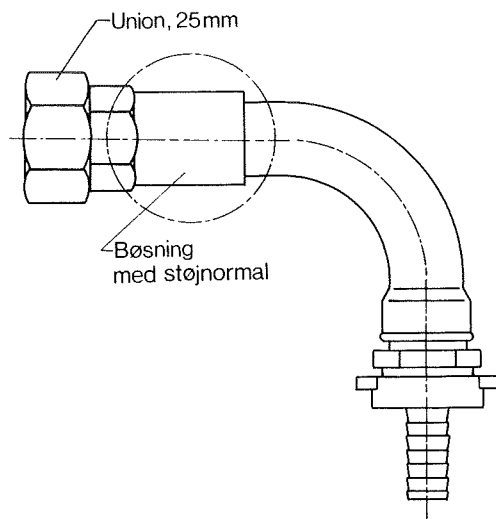
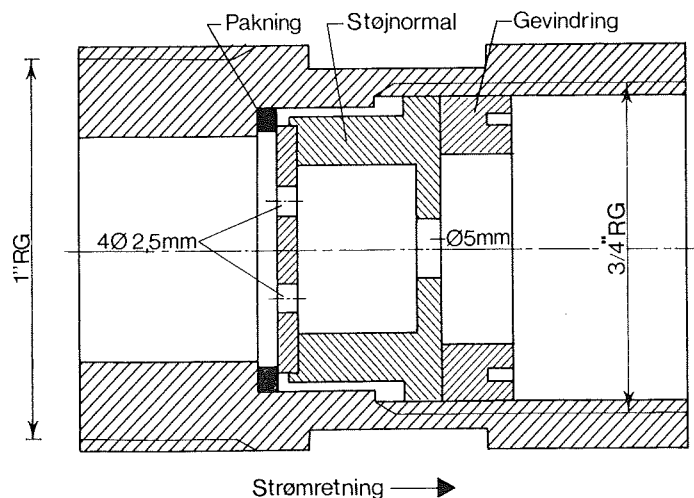


Fig. 18.5. Snit i en støjnormal (øverst) samt angivelse af, hvordan støjnormalen monteres i forsøgsopstillingen.

støj. Differensen D_S er altså normalt positiv og jo større differensen er desto mere støjsvagt er det prøvede armatur.

L_S måles altså ved et trykfald over støjnormalen på 300 kPa. L kan måles ved et vilkårligt trykfald over armaturet. Armaturet kan tillige være helt eller delvis åbnet. Ved angivelse af D_S -niveauer må det derfor præciseres, ved hvilket trykfald og ved hvilken armaturstilling L er målt.

Differensniveauet D_S , som karakteriserer armaturets støjmæssige egenskaber, kan anvendes ved sammenligning af forskellige armaturer, men det er uegnet til en direkte vurdering af, om armaturet vil give anledning til støjgener, når det anvendes i en færdig installation.

Metoden tilsigter kun at bedømme den del af støjen, som overføres til brugsvandssystemet og derigennem til bygningsdele og til andre rum. For den støj, som armaturet forårsager i det rum, hvori det er installeret, foreligger der endnu ikke en vedtaget prøvemethode.

Anvendelse af målte værdier

For en vandinstallation gælder de i BR-77, 9.2.4 angivne krav til støjniveauet i de respektive rum i en bygning, og disse krav vil ikke automatisk være opfyldt gennem anvendelse af målte og godkendte armaturer af en vis kvalitet. Der kan imidlertid godt angives nogle vejledende regler for, hvorledes et armaturs differensniveau D_S kan anvendes, når man skal vurdere om det pågældende armatur kan anvendes i et givet tilfælde.

Normstøjniveau

Erfaring fra målinger i praksis viser, at et armaturs D_S -niveau stort er det samme i bygninger som i laboratorier. Da et armaturs D_S -niveau er et differensniveau, er det imidlertid nødvendigt at indføre et referenceniveau for D_S -niveauet, hvis det i praksis skal være muligt at foretage en vurdering af et armaturs støjmæssige egenskaber, når det anvendes i en færdig installation. Til bestemmelse af dette referenceniveau har man defineret et armaturs normstøjniveau L_{AP} ved følgende udtryk:

$$L_{AP} = L_{SR} - D_S \text{ dB(A)} \quad (18.8)$$

L_{SR} er her det støjniveau i dB(A), støjnormalen forårsager i nærmeste naboelighed, når den monteres på armaturets plads og gennemstrømmes af en vandstrøm svarende til et trykfald på 300 kPa. L_{SR} er afhængig af de på målestedet værende bygningsmæssige forhold. Målinger til bestemmelse af L_{SR} for forskellige bygninger er kun i beskedent omfang udført i Danmark. I Tyskland har man imidlertid på grundlag af talrige målinger udført i forskellige bygninger kunnet fastsætte en gennemsnitsværdi for L_{SR} på 45 dB(A) – primært gældende for tunge bygninger. Det skal dog fremhæves, at der er en betydelig spredning (helt op til 10–15 dB(A)), så man bør være forsigtig, hvor byggeriet på en eller anden måde afviger fra det traditionelle.

Opdeling af armaturer i støjgrupper

Med udgangspunkt i $L_{SR} = 45$ dB(A) er foretaget følgende vejledende opdeling i tre støjgrupper. I alle tilfælde må der dog tages hensyn til, at brugsvandsanlægget som helhed skal være i overensstemmelse med Bygningsreglementets krav.

Gruppe 1

Støjgruppe 1:

$D_S \geq 25$ dB(A) Normalt ingen betingelser for anvendelsen. Det foreslås, at der generelt anvendes armaturer af gruppe 1 i bygninger, der rummer flere boliger.
 $L_{AP} \leq 20$ dB(A)

Gruppe 2

Støjgruppe 2:

$D_S \geq 15$ dB(A) Kan normalt anvendes i bygninger, hvor vandinstallation, bygningskonstruktion og planløsning har en udformning, der sikrer, at støjgener ikke opstår, eller hvor der er sikkerhed for, at vandtrykket foran armaturet ikke vil overstige 300 kPa.
 $L_{AP} \leq 30$ dB(A)

Gruppe 3

Støjgruppe 3:

$D_S < 15$ dB(A) Kan normalt anvendes i installationer, hvor vandtrykket foran armaturet ikke vil overstige den værdi, der svarer til et L_{AP} -niveau på ca. 30 dB(A).
 $L_{AP} > 30$ dB(A)

Ovennævnte støjniveauer, der bestemmer armaturets gruppeplacering, er normalt beregnet på grundlag af målinger med helt åbent armatur, der gennemstrømmes af en vandstrøm svarende til et trykfald over armaturet på 300 kPa. Visse armaturer har mellemstillinger, hvor støjniveauet er højere end ved helt åben stilling. Hvis støjniveauet i en mellemstilling er mere end 3 dB højere end ved åben stilling, anvendes mellemstillingens støjniveau ved indplaceringen i støjgrupper.

Anvendelse af støjgrupper

Anvendes armaturer fra støjgruppe 1 i en installation, der er dimensioneret efter beregning, er der sædvanligvis sikkerhed for, at det pågældende armatur ikke vil forårsage støjgener. Dette kan begrundes ved følgende betragtninger:

Referenceværdien $L_{SR} = 45$ dB(A) er som nævnt fastlagt som et gennemsnit af de målte værdier, der for forskellige bygninger har varieret mellem ca. 30 dB(A) og ca. 60 dB(A). Dette betyder, at man i uheldige tilfælde kan måle støjniveauer op til 60 dB(A), når man monterer en støjnormal på armaturets plads og har et vandtryk før normalen på 300 kPa.

Hvis bygningsreglementets krav på maksimalt 35 dB(A) skal opfyldes i denne bygning – som altså hører til de støj-mæssigt dårlige – skal det armatur, der monteres, have et støjniveau, der er

$$60 - 35 = 25 \text{ dB(A)}$$

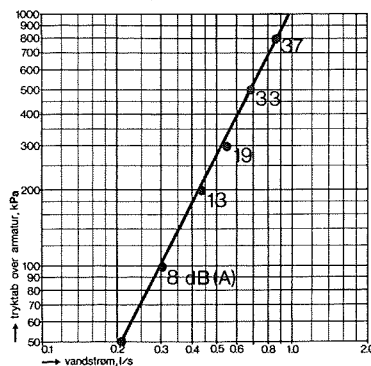
lavere end støjnormalens, altså $D_S = 25$ dB(A). Dette er netop grænsen for støjgruppe 1. Hvis vandtrykket i det pågældende anlæg er væsentligt større end 300 kPa, vil der være en risiko for støjgener.

For armaturtyper i støjgruppe 1 og 2 må det tilrådes altid at anvende de i godkendelsen givne oplysninger om armaturets støjniveau L_{AP} som funktion af vandstrøm og vandtryk ved dimensionering af brugsvandsanlæg. Giver det aktuelle vandtryk anledning til et større L_{AP} -niveau end ca. 30 dB(A), er der fare for støjgener. Giver armaturet ved det aktuelle vandtryk en større vandstrøm end ønsket, kan trykket foran armaturet nedsættes ved hjælp af en støjsvag formod-

stand (f.eks. lange kobberør med lille diameter), der optager det overskydende tryk. Giver armaturet ved det aktuelle vandtryk en mindre vandstrøm end ønsket, må anlægget ændres, eventuelt ved anvendelse af et andet armatur. Anvendes armaturer, hvis støjniveau ligger i støjgruppe 3, må dimensionering af brugsvandsanlægget altid ske på en sådan måde, at der er sikkerhed for, at vandtrykket foran armaturet ikke overstiger den værdi, der svarer til et L_{AP} -niveau på ca. 30 dB(A). Nøjere retningslinier er givet i det senere afsnit »Valg af armaturer«. Det kan eventuelt være nødvendigt at foretage en støjmåling i den færdige bygning.

Data i godkendelsesblad

I VA-godkendelsesbladet gives de støjmessige oplysninger normalt i den form, som vist i fig. 18.6. Støjniveauet er angivet ved fuldt åben ventil. Ved de nyere godkendelser er støjniveauet ved delvis åben ventil også målt. Hvis dette er højere end ved fuldt åben ventil, angives det i godkendelsen.



Støj	Støjniveau	$L_{AP} = 19 \text{ dB(A)}$ ved $L_{SR} = 45 \text{ dB(A)}$, tryktab 300 kPa og maksimal åbning gennem én strømvej, (se pkt. I, Bemærkninger).
	Støjgruppe	Gruppe: 1 (Se pkt. I, Bemærkninger).

Fig. 18.6. Et armaturs støjdata fra VA-godkendelsesbladet. Nederst er anført armaturets støjgruppe og armaturets normstøjniveau svarende til et tryk foran armaturet (tryktab) på 300 kPa. Øverst er vist tryktabet som funktion af vandstrømmen ved fuldt åben ventil. På kurven er indtegnet de punkter hvor støjniveauet er målt.

Støjens udbredelse

Det lydindtryk, som øret registrerer, er luftlydsvingninger, dvs. små men meget hurtige variationer i lufttrykket.

Det man hører, når et vandsystem støjer, er ikke direkte vandets bevægelse i rørene, men de luftlydsvingninger, som vandbevægelsen har fremkaldt. Der kan imidlertid godt være en lang og kompliceret transmissionsvej fra svingningerne i vandbevægelsen til øret.

Svingninger i rørsystemet

Vandets bevægelse vil i første omgang sætte rørsystemet i svingninger. Det er ikke ligegyldigt, hvordan røret er fastgjort. Et indstøbt rør er vanskeligt at sætte i svingninger – da den masse, som det er indstøbt i, må svinge med – mens et frit rør let kommer i sving.

Rørets svingninger kan for et fritliggende rør overføres til luften, og derved nå øret. Hvis røret har små dimensioner, kan det ikke udstråle ret meget lydenergi til luften. Et fritliggende rør til et brugsvandsanlæg på f.eks. 15–25 mm kan godt – ved visse frekvensfordelinger – være i kraftige svingninger, uden at det lyder af ret meget. Kun hvis man holder øret tæt til røret, høres lyden tydeligt. Afløbsrør har normalt meget større dimensioner så deres svingninger kan forårsage en kraftigere lyd.

Svingninger i bygningsdele

Rørets svingninger vil også – gennem fastgøringerne – forplantes til de bygningsdele (normalt dæk og vægge), hvortil røret er fastgjort. Betydningen af dette afhænger af disse bygningsdeles egenskaber. De lette bygningsdele er lette til at komme i sving og vice versa. Hvis man fastgør et rør til en let væg, så aktiverer man en bygningsdel, der dels er let at sætte i svingninger og dels har en stor flade, der kan udstråle en masse lydenergi. Det er ikke uden grund, at der advares imod fastgøring af installationer på lette vægge.

Støjudbredelse i rørsystemet

Det er klart, at røret svinger kraftigst, der hvor de voldsomme vandbevægelser forekommer, f.eks. umiddelbart ved en

Lyddudstråling fra rørene

skarp bøjning, men svingningerne forplantes også langs med røret, idet der dog er forskel på de forskellige rørmaterialers evne til at forplante svingningerne. De stive rør – som f. eks. stålrør – forplanter lyden bedst, hvorimod de mindre stive plastrør forplanter lyden dårligere. I et brugsvandsanlæg af stålrør er lydforplantningen så god, at en støjkilde – f. eks. en ventil – er næsten umulig at finde frem til, selv når man lytter mange forskellige steder.

Transmissions-
vejen

Lydens ofte lange og komplicerede transmissionsvej gør det vanskeligt at arbejde med installationernes støjproblemer. Det vil altid være bedst at angribe støjen ved kilden, dvs. udforme systemet, så svingningerne ikke opstår. Hvis det ikke kan lade sig gøre, bør man sætte ind så tæt på støj-kilden som muligt. Jo længere fra kilden, man kommer, desto mere omfattende bliver arbejdet med at bekæmpe støjen.

Blokering af
transmissionsveje

Støjdæmpning

Hvis man kunne blokere støjens transmissionsveje, ville man forhindre svingningerne i at blive overført til luften – og dermed have fjernet støjen. Dette er imidlertid så vanskeligt, at det normalt må betragtes som urealistisk.

Armatur – røret

Man kunne forestille sig, at man først og fremmest ville isolere de primære støjklinder – f. eks. armaturerne – fra røret, således at svingningerne ikke kunne overføres. Det skulle kunne gøres ved at tilslutte ventilen ved hjælp af fleksible slanger, men desværre viser det sig, at en del af svingningerne – afhængigt af slangelængden – kan forplantes gennem vandet, så virkningen ikke altid er den ønskede. I øvrigt vil man ofte fastgøre armaturet til en bygningsdel (til f. eks. væggen eller til en håndvask ophængt på væggen), hvilket muliggør, at bygningsdele direkte sættes i sving.

Røret –
byggningsdele

Man kan ligeledes forestille sig at isolere røret helt fra alle større bygningsdele. Det kan f. eks. gøres ved at anvende rørbærere med et dæpende indlæg (såsom kork), men det er meget vanskeligt at gennemføre dette overalt, fordi et røret har kontakt med bygningen på mange steder. Man kan i særlige tilfælde have glæde af denne dæmpningsform, men den er uegnet som generel metode til at klare støjproblemerne.

Projektering med henblik på støj

Man kan ikke med fuld sikkerhed regne sig til en vandinstallation, som opfylder et givet støjkrav, men med omhu kan man komme tæt på. Det er imidlertid ikke tilstrækkeligt at regne rigtigt og anvende gode ventiler – man skal gennem hele projekteringen have i tankerne at der skal tages støjmæssige hensyn.

Planløsning

Fremgangsmåde ved projektering

Der bør så vidt muligt arbejdes med planløsninger, som adskiller støjende rum (køkkener og baderum) og rolige rum (soverum) – helst så disse to rumkategorier end ikke har fælles vægge. Dette kan være meget svært i små lejligheder – hvilket gør dimensionering og armaturvalg endnu vigtigere.

Selv om der ikke i BR er krav, der går på støjen fra vandinstallationen i den øjeblikkelige brugers lejemål, bør man alligevel tænke på, at der i samme lejlighed kan være både personer, der sover, og personer, der tager bad.

Ydermere vil planløsninger i lejligheder liggende over hinanden i fleretages bygninger ofte være identiske, så hvis baderum ligger tæt ved soverum i samme bolig, vil baderummet også ligge nær soverum i andre boliger.

Rum med støjende installationer bør heller ikke placeres op mod lejlighedsskel, med mindre der også er støjende rum på den anden side.

Ophængning af
installation

De bygningsdele, som er i fast forbindelse med rørinstallationen sættes i svingninger af denne. Jo lettere væggen er, desto nemmere sættes den i svingninger. Rør bør derfor aldrig ophænges på lette vægge og de bør heller ikke ophænges på tunge vægge, som afgrænser soverum o. lign. Man bør heller ikke hænge installationer op på vægge, der er fælles med andre boliger, med mindre det drejer sig om tunge dobbeltvægge. Selv tunge vægge kan være utilstrækkelige, hvis der anvendes store indbygningsarmaturer, som reducerer vægtykkelsen væsentligt.

Udformning af
vandinstallation

Selvom man har taget de nævnte hensyn ved valg af planløsning, rørføring og ophængning, så skal der alligevel tænkes på vandinstallationens udformning og især på valg af

armatur og eventuelle støjsvage modstande. Hvis man har anvendt en støjmæssigt dårlig planløsning, kræves der endnu mere af armaturvalget, hvis det skal lykkes at overholde BR's krav.

Valg af armaturer

De støjmæssige betragtninger er et supplement til den almindelige dimensionering af vandinstallationen. De kan udføres enten i forbindelse med dimensioneringen eller efter denne, som kontrol på at også støjkravene er overholdt.

Udgangspunkterne er forsyningstrykket, kote og normalvandstrøm for det betragtede armatur, samt armaturets støjdata.

Det tryk, der skal regnes med, er ikke p_{ln} , det laveste, normalt forekommende tryk, da man for en væsentlig del af tiden har et højere tryk (se fig. 5.1). Det vil være mere rimeligt at regne med p_{max} , med mindre dette tryk er væsentligt højere end den øvrige del af trykkurven eller kun forekommer meget sjældent. Ved valg af tryk skal man tænke på, at støjen især er generende i nattimerne, hvor trykket som regel er højest.

De forskellige tapsteder skal kunne yde deres normalvandstrøm, men ofte er trykforholdene således, at der kan ydes en væsentlig større vandstrøm. Der må da regnes med denne større vandstrøm, eller den maksimale vandstrøm må begrænses ved hjælp af en støjsvag modstand. I støjberegningen regnes der med, at der kun tappes fra det tapsted, som betragtes. Derved bliver tryktabet i fordelingsledningen som regel så lille, at man kan se bort fra det og kun regne med tryktab i koblingsledninger og aftapningsarmaturer el. lign.

BR-77 angiver det tilladelige støjniveau i den færdige bygning (se fig. 18.2), men ikke hvorledes dette skal sættes i relation til det på VA-godkendelsesbladet opgivne armaturstøjniveau L_{AP} . Dette kan ikke gøres uden videre, fordi bygning og rørføring spiller en væsentlig rolle, men denne betydning er svær at omsætte i tal. Som vejledende kan foreslås følgende fremgangsmåde:

Tryk i
forsyningspunkt

Vandstrømme

Tilladeligt
støjniveau

Sikkerhedstillæg
til L_{AP}

L_{AP} i forskellige
støjgrupper

Betydning af et
armaturs
støjgruppe

Hvis bygning og rørinstallation svarer til det, som har dannet grundlag for definitionen af L_{AP} , så skulle støjniveauet i den færdige bygning (i nærmeste beboelsesrum i et andet lejemål) blive lig med L_{AP} . Der vil i praksis være vis spredning af samme størrelsesorden som omtalt for støjnormalen, se tidligere i kapitlet under anvendelse af støjgrupper. Regnes der med et støjniveau på $L_{AP} + 15$ dB(A), kan støjvurderingen gennemføres uden hensyn til bygning og installation iøvrigt, når blot man betragter den værdi af L_{AP} , der svarer til det aktuelle vandtryk.

Sikkerhedstillægget på de 15 dB(A) kan aftrappes, hvis bygning og rørinstallation har en god udformning i støjmæssig henseende.

For et armatur fra støjgruppe 1 gælder det, at $L_{AP} \leq 20$ dB(A). Med sikkerhedstillægget på 15 dB(A) skulle støjniveauet i beboelsesrum (i andet lejemål) ikke kunne overstige $20 + 15 = 35$ dB(A). BR-77-kravet er 35 dB(A), så her skulle ikke være problemer – dog forudsat, at armaturet vælges med hensyn til de trykforhold, der er på stedet.

For støjgruppe 2 gælder at $L_{AP} \leq 30$ dB(A) og med tillæg kommer man op på et støjniveau på 45 dB(A). I dette tilfælde kan det altså ske, at kravet overskrides, men hvis bygningen og installationen er fornuftigt udformet (i relation til afsnittet om »Støjens udbredelse«), så skulle kravet kunne klares. Også her skal der tages hensyn til trykforholdene.

Støjgruppe 3 rummer alt, som ikke kan komme ned på et L_{AP} -niveau på 30 dB(A), og det kan derfor være svært at sige noget generelt om denne gruppe. Der må imidlertid tilrådes stor omhyggelighed med beregning og udførelse, og i almindelighed vil det være muligt at finde en tilsvarende ventil i en bedre støjgruppe.

Man bør ikke alene forlade sig på de anvendte armaturers støjgruppe – tapnings- og trykforholdene spiller også en stor rolle. Man kan i visse tilfælde placere en gruppe 1 ventil på en måde, så den ikke overholder kravene. Man kan også undertiden anvende en gruppe 3 ventil, så der ingen problemer er. Placeringen i støjgrupper er snævert knyttet til ventilens opførsel ved trykket 300 kPa. Ved andre tryk og vandstrømme kan forholdene være anderledes.

Beskrivelse

Eksempel 18.1. Valg af armaturer

I eksempel 5.2 er gennemgået dimensioneringen af en vandinstallation i en fireetages boligblok. Diagrammet over installationen er vist i fig. 5.19 og beregningerne er gennemført i skemaerne, fig. 5.20 og 5.21. Til denne installation skal vælges armatur til håndvaskene (mærket 11 i fig. 5.19).

Tryk

Fra vandværket er opgivet det maksimale tryk i forsyningsledningen til

$$p_{\max} = 510 \text{ kPa}$$

og koten til forsyningspunktet til (18.9)

$$z_F = 10,0 \text{ m}$$

Koter

De 4 aftapningsarmaturer ved håndvaskene er placeret i koterne

1. etage: 12,9 m
2. etage: 15,7 m
3. etage: 18,5 m
4. etage: 21,3 m

(18.10)

Tryk foran ventiler

Hvis man ser bort fra tryktab i ledninger mv., så bliver trykket foran hver af armaturerne:

1. etage: $510 - (12,9 - 10,0) \cdot 9,81 = 482 \text{ kPa}$
2. etage: $510 - (15,7 - 10,0) \cdot 9,81 = 454 \text{ kPa}$
3. etage: $510 - (18,5 - 10,0) \cdot 9,81 = 426 \text{ kPa}$
4. etage: $510 - (21,3 - 10,0) \cdot 9,81 = 399 \text{ kPa}$

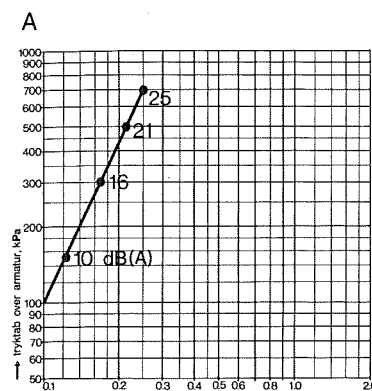
(18.11)

Armaturets støjmæssige egenskaber

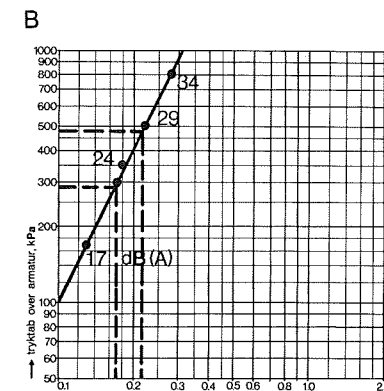
I eks. 5.2 er der regnet med aftapningsarmaturer ved håndvask, der ved et tryk på 100 kPa yder den foreskrevne normalstrøm 0,1 l/s. Et sådant armatur kunne f.eks. være det, hvis diagram er vist i fig. 18.7A. Det ses, at trykfaldet ved 0,1 l/s er præcis 100 kPa, samt at armaturstøjniveauet L_{AP} ved denne strømning er 10 dB(A). Armaturet er fra støjgruppe 1.

Hvis dette armatur placeres i 1. etage vil det blive udsat for et maksimalt tryk på 482 kPa, hvilket medfører en

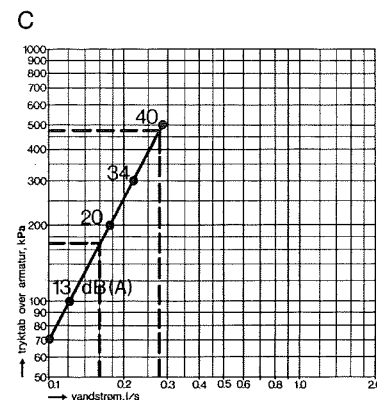
Støj ved maksimalt tryk



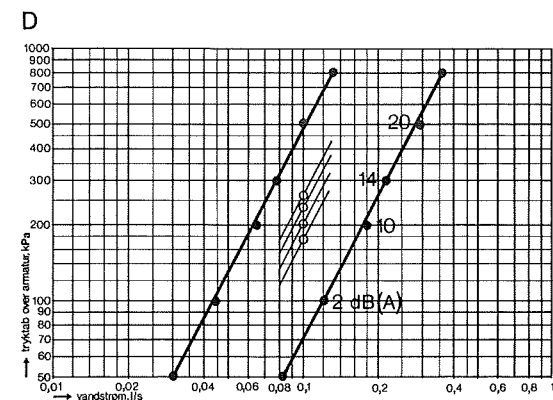
Støjniveau L_{AP} i dB(A) og vandstrøm i afhængighed af tryktabet over armaturet.



Støjniveau L_{AP} i dB(A) og vandstrøm i afhængighed af tryktabet over armaturet. Målingerne er foretaget på armatur med udløb med luftindblander.



Støjniveau L_{AP} i dB(A) og vandstrøm i afhængighed af tryktabet over armaturet.



Maksimalt støjniveauer L_{AP} i dB(A) og vandstrøm i afhængighed af tryktabet over armaturet. Målingerne er udført ved minimal (ca. 2 omdrejninger) og maksimal forindstilling (ca. 6,5 omdrejninger). Ved andre forindstillinger er kapacitetskurverne parallelle med de afbildede og beliggende mellem disse.

Fig. 18.7. Diagrammer over tryktab som funktion af vandstrøm med indlagt støjniveau. Diagrammerne, som alle gælder for blandearmaturer til håndvaske, er fra de respektive VA-godkendelsesblade. Diagrammerne anvendes i forbindelse med eks. 18.1.

Armaturler fra
gruppe 2

Anvendelse af
støjsvage
modstand

Armaturler fra støj-
gruppe 3

vandstrøm på ca. 0,22 l/s og et støjniveau på $L_{AP} = \text{ca. } 20 \text{ dB(A)}$. Med et tillæg på 15 dB(A) fås et støjniveau på 35 dB(A) – altså svarende til kravet på 35 dB(A).

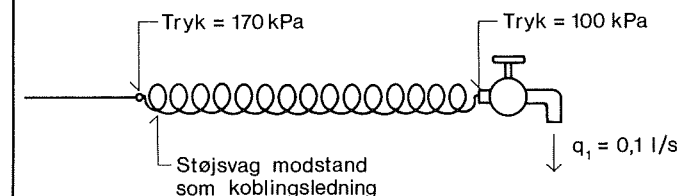
Med det armatur, hvis diagram er vist i fig. 18.7B, fås $L_{AP} = 28 \text{ dB(A)}$ og med tillæg fås 43 dB(A), hvilket overskrider kravet. Hvis ikke bygning og rørinstallation er udformet fornuftigt i støjmæssig henseende, så kan der blive problemer.

Hvis man i dette tilfælde er i tvivl, men alligevel ikke ønsker at vælge et andet armatur, så er der endnu en mulighed. Af beregningerne i eksempel 5.2 ses det, at det disponible tryk i dimensioneringstilfældet er 170 kPa, mens armaturet kun behøver 100 kPa for at yde 0,1 l/s. Hvis de 70 kPa fjernes i en støjsvag modstand, vil man – også når trykket er det maksimale – få et reduceret støjniveau.

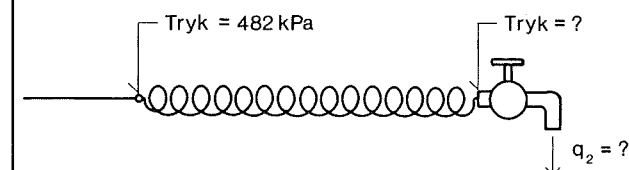
De 70 kPa, som optages i den støjsvage modstand gælder ved 0,1 l/s. Hvis vandstrømmen bliver større – hvad den jo gør ved det maksimale tryk – så vokser også dette trykfald. Dette kan beregnes som vist i fig. 18.8. Det ses heraf, at når man kobler en modstand ind, bliver vandstrømmen 0,17 l/s og ikke som før 0,22 l/s. Derved ændres også støjniveauet til ca. 22 dB(A), se fig. 18.7B. Den støjsvage modstand har altså i dette tilfælde fjernet ca. 6 dB(A).

Der findes heldigvis kun få armaturer til håndvaske i gruppe 3, og ofte findes de der, fordi de kan yde store vandstrømme. Når den omsatte effekt (trykfald · vandstrøm) vokser, så øges støjen normalt. Der findes imidlertid det bløddarmatur, som er vist i fig. 18.7C. Da $L_{AP} = 34 \text{ dB(A)}$ ved 300 kPa, er armaturet i støjgruppe 3. Hvis det installeres over håndvasken på 1. etage i eksempel 5.2, får det ved max. tryk et trykfald på 482 kPa. Dette medfører, at $L_{AP} = \text{ca. } 40 \text{ dB(A)}$ og med tillægget fås et støjniveau på 55 dB(A). Det lyder ikke særlig godt, men det er jo også en gruppe 3 ventil. Da der imidlertid er 170 kPa til rådighed, og der kun bruges 70 kPa til at yde 0,1 l/s, så er der mulighed for at indsætte en modstand.

1. Dimensioneringstilfælde



2. Dimensioneringstilfælde, med max. tryk



For en vilkårlig modstand gælder

$$\Delta p \approx K \cdot q^2$$

hvor K afhænger af modstanden. Når modstanden er uforandret gælder også:

$$K = \frac{\Delta p}{q^2} = \frac{\Delta p_1}{q_1^2} = \frac{\Delta p_2}{q_2^2}$$

I tilfælde med max. tryk fås derfor vandstrømme

$$q_2 = q_1 \sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}} = 0,1 \sqrt{\frac{170}{482}} = 0,17 \text{ l/s}$$

Fig. 18.8. Beregning af vandstrøm ved ændring af trykket. Anvendt ved eksempel 18.1.

Gruppe
3-armatur med
modstand

Hvis man indsætter en modstand, som ved 0,1 l/s optager $170 - 70 = 100$ kPa, beregnes vandstrømmen ved max. tryk som vist i fig. 18.8 til

$$q_2 = q_1 \sqrt{\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1}} = 0,1 \sqrt{\frac{482}{170}} = 0,17 \text{ l/s} \quad (18.12)$$

og af fig. 18.7C ses, at armaturstøjniveauet derved bliver $L_{AP} = \text{ca. } 18 \text{ dB(A)}$

Selv med et tillæg på 15 dB(A), fås kun 33 dB(A) i støjniveau, hvilket ikke skulle volde støj-mæssige problemer. Det kan altså i visse tilfælde lade sig gøre at bruge gruppe 3 ventilerne, men derfor bør man alligevel tilstræbe at anvende mere støjsvage ventiler.

Armaturløst
efter trykforhold

Der er som her vist mange muligheder for at få en tilfredsstillende støjsvag løsning. Den bedste måde ville imidlertid være at vælge et armatur, der passer til trykforholdene. I eksemplet her er der taget udgangspunkt i et armatur med et trykfald på 100 kPa ved 0,1 l/s. Imidlertid viser eksempel 5.2, at der er følgende tryk til rådighed:

1. etage: $301 - (12,9 - 10,0) \cdot 9,81 - 8 = 265 \text{ kPa}$
2. etage: $279 - (15,7 - 10,0) \cdot 9,81 - 8 = 233 \text{ kPa}$
3. etage: $294 - (18,5 - 10,0) \cdot 9,81 - 8 = 203 \text{ kPa}$
4. etage: $292 - (21,3 - 10,0) \cdot 9,81 - 8 = 173 \text{ kPa}$

Det vil da være naturligt at vælge ventiler, der passer så nær som muligt til de angivne tryk. Det viser sig, at dette ikke er muligt – der findes ingen sædvanlige armaturer med så stort trykfald.

Armaturløst
forindstilling

Det ideelle ville være, om aftapningsarmaturerne – lige som radiatorventiler – kunne forindstilles. Derved kunne man opnå både en god vandfordeling og mulighed for at klare støjforholdene på en nem måde. Der findes på markedet et armatur, som har forindstilling, se diagrammet i fig. 18.7D. I diagrammet er indlagt de 4 punkter, som er af interesse for denne installation. Diagrammet angiver ikke umiddelbart støjforholdene ved forindstillet ventil, men det er sandsynligt, at støjen i mellemstillinger ikke er kraftigere end for den fuldt åbne stilling.

Støjsvage modstande

Dengang der blev mere klarhed over støjforholdene i en vandinstallation, var det forventet, at der ville komme en kraftig udvikling i støjsvage modstande – det blev imidlertid ikke tilfældet. I stedet skete der en væsentlig forbedring af armaturernes støjegenskaber, så man i det store hele kan klare sig uden støjsvage modstande, hvis man vælger armaturerne med omhu.

Det er svært at fremstille en god støjsvag modstand. Der har været konstruktioner med siplader eller tynde spalter, men de er ikke driftsikre. Enten tilstoppes de af kalk eller rustskaller fra rørene. Den mest pålidelige støjsvage modstand er stadig et langt, tyndt rør, men det er jo ikke særlig håndterligt.

Kobberrør

Kobberrør er velegnet til sådanne modstande, da de fås i mange dimensioner. Desværre sætter de maksimale hastigheder mht. korrosion en grænse for, hvor små dimensioner der kan anvendes.

Beskrivelse

Eksempel 18.2. Støjsvage modstande

I eksempel 18.1 er der regnet med en modstand, som skal yde 70 kPa ved en vandstrøm på 0,1 l/s. Hvorledes kan denne modstand konstrueres?

Ikke-udskiftelige
kobberrør

Hvis der skal anvendes kobberrør, der skal placeres ikke-udskifteligt, og som skal føre vand af max. 70 °C, så er maksimalhastigheden 1,3 m/s. Denne hastighed passer i følge nomogrammet fig. 4.11 godt med 0,1 l/s og 12 · 1,0 kobberrør. Tryktabet bliver 4,2 kPa/m. Der skal bruges

$$\frac{70}{4,2} = 16,7 \text{ m rør} \quad (18.14)$$

Udskiftelige
kobberrør

Hvis røret kan være fritliggende er grænsehastigheden 2,5 m/s, og man klarer sig med et 10 · 0,8 rør med et tryktab på 9,5 kPa/m og en længde på

$$\frac{70}{9,5} = 7,4 \text{ m rør} \quad (18.15)$$

Parallele modstande

Ingen af delene er særlig tillokkende. Hvis man skal arbejde med modstande af denne størrelse, kan det måske betale sig at opdele vandstrømmen på 2 eller 3 parallelle rør, som kan vælges med lille diameter og væsentlig kortere. Dette kan dog kun tænkes praktiseret med fabriksfremstillede modstande. I de fleste tilfælde bør man vælge armaturet, så det passer til trykforholdene på stedet.

Hensyn til støj ved dimensionering ved forenklet beregning

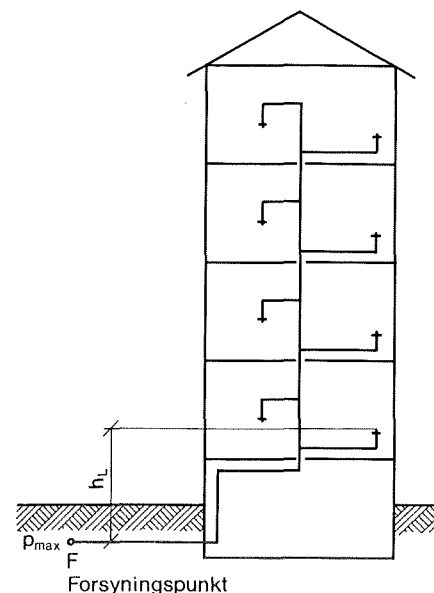
Normen giver – under visse betingelser – mulighed for gennemførelse af dimensionering ved forenklet beregning (angivet i normen stk. 3.1.5 og her beskrevet i kapitel 6). Denne beregningsform rummer ingen hensyntagen til støj, og da metoden ikke medfører en fuldstændig tryktabsberegning kan man ikke uden videre anvende den tidligere i kapitlet angivne metode.

Normen anfører, at det kan være nødvendigt at anvende særlige støjbegrænsende foranstaltninger, f.eks. anvendelse af støjsvage armaturer. Det er umidlertid vanskeligt at vide, hvad der forstås ved et støjsvagt armatur i denne forstand.

Der er i fig. 18.9 angivet en metode til armaturvalg, som er beregnet til anvendelse i forbindelse med dimensionering ved forenklet beregning. Denne metode indebærer samme grad af sikkerhed, som de metoder, der er anvendt i eksempel 18.1, og fig. 18.9 kan uden indskrænkning anvendes i alle tilfælde.

Valg af armaturer med henblik på støj

– til anvendelse i forbindelse med dimensionering ved forenklet beregning.



1. Find $p_{\max}$ – det maksimale tryk i forsyningspunkt (angives af vandværk). Angives i kPa.
2. Find h_L – det lavestsiddende tapsteds højde over forsyningspunktet (kan evt. skønnes). Måles i meter.
3. Find det faktiske tryk p_L foran armatur ved lavestsiddende tapsted.

$$p_L = p_{\max} - h_L \cdot 9,81 \quad (\text{kPa})$$

Når p_L er mindre end eller lig med 300 kPa, kan alle armaturer fra støjgruppe 1 anvendes.
4. Når p_L er større end 300 kPa, findes den maksimalt tilladelse størrelse af L_{AP} (armaturstøjniveauet) af nedenstående diagram.

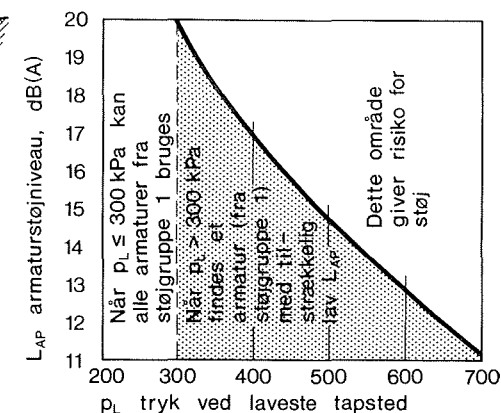


Diagram over det maksimalt tilladeige armaturstøjniveau ved forskellige tryk.

Fig. 18.9. Fremgangsmåde ved valg af armaturer med henblik på støj. Metoden er beregnet for anvendelse i forbindelse med dimensionering ved forenklet beregning (se kap. 6), men kan i øvrigt anvendes også ved den almindelige dimensionering.

5. Find i VA-godkendelsesbladene armaturer med tilstrækkelig lav værdi af L_{AP} . Kun armaturer fra støjgruppe 1 kan bruges.
6. Hvis der i installationen er forskellige armaturtyper (tapventiler, blandearmaturer, spulehaner m.m.) eller armaturfabrikater, gennemføres pkt. 2–5 for hver af disse.

Kapitel 19

Korrosion

Generelt

Korrosion i brugsvandsinstallationer er et almindeligt kendt fænomen. Udbedring af korrosionsskader på rør og beholdere og den øvrige del af bygningerne koster samfundet mange penge, og det er derfor naturligt, at normen stiller krav til materialevalg og udførelse, der begrænser dels risikoen for skadens opståen og dels omfanget af følgeskaderne.

Normens krav

Bestandighed I normens pkt. 4 stilles der krav om, at vandinstallationernes bestandighed bliver af en rimelig størrelsesorden under hensyn til omgivelsernes karakter og installationernes indbygningsmåde.

Beskadigelser og forurening For ledninger i jord anfører normen i pkt. 5.1.1, at de skal lægges med hensyntagen til korrosion, og for ledninger i bygning anføres i pkt. 5.1.2, at disse skal udføres således, at der ikke opstår skader på bygningsdele. Ledningerne skal ved indbygningen sikres en tilstrækkelig ekspansion. I pkt. 5.2 stilles en række krav til sikring mod forurening, der f.eks. i beholdere kan nødvendiggøre anvendelse af særligt korrosionsfaste materialer. Hertil kommer, at korrosionsprodukterne i sig selv kan give anledning til forurening.

Dimensionering Også i normafsnit, hvor korrosion ikke direkte er nævnt, kan der ligge korrosionshensyn bag de anførte krav eller vejledninger. Det gælder f.eks. dimensionering, hvor man i vid udstrækning er nødt til at vælge strømningshastigheder – og dermed dimensioner – på en sådan måde, at risikoen for korrosion mindskes, eller at korrosionsforebyggende foranstaltninger virker efter deres hensigt.

VA-godkendelser

Hensyn til korrosion indgår ligeledes i godkendelsesproceduren. I stedet for nogle summariske angivelser i en norm om hvilke materialer, der medfører korrosion, og hvilke ikke, kan man langt bedre gennem en godkendelse tage hensyn til de aktuelle forhold for et produkt – materialekombination, legeringer, brug og placering af komponenter osv. Derfor er der heller ikke i normen materialer, som er generelt godkendt – eller generelt forbudt. Godkendelsen går på produktet og ikke på materialet.

Årsager til korrosion

Årsagerne til korrosion er mange, og i det følgende vil der blive søgt givet en omtale af de vigtigste og af de foranstaltninger, der kan træffes for at begrænse risikoen for korrosion og omfanget af skader. De forhold der har betydning er bl. a.:

Vandets fysiske og kemiske egenskaber.

Vandets strømningsforhold.

Omgivelsernes fysiske og kemiske egenskaber.

De anvendte materialer.

Installationens indbygning.

Disse forhold har alle deres betydning, når en installation skal opbygges således, at der er en minimal risiko for korrosion.

Vandets fysiske og kemiske egenskaber

Vandanalyse

Som anført i kap. 22 bør man altid undersøge brugsvandets egenskaber, dvs. indhold af opløste stoffer, forinden en installation projekteres og udføres.

Oplysninger fra vandværket

Ved henvendelse til vandværket vil man kunne få udleveret en vandanalyse, der indeholder de nødvendige oplysninger. Man kan ligeledes henvende sig til naboer eller vandværk for at få oplyst, om der i området er erfaringer for korrosionsskader. En vandanalyse giver en god information, men det skal nævnes, at vandets egenskaber kan variere med tiden. Det kan ske ved, at nye boreriger tages i brug, el-

ler at der i spidsbelastningsperioder kan forekomme blanding af vand fra flere værker, evt. indblanding af overfladevand. Det skal endvidere bemærkes, at man i nogle områder kan komme ud for korrosionsfænomener, der ikke kan forklares ud fra de teorier, der for tiden er anerkendt.

Vandets hårdhed og aggressive kuldioxid

Den totale
hårdhed

Et af de karakteristiske forhold ved det danske drikkevand er dets store indhold af calcium- og magnesiumsalte. Det er mængden af disse stoffer, der udtrykkes i begrebet hårdheden defineret som

$$\text{den totale hårdhed} = n_{Ca^{++}} + n_{Mg^{++}} \quad (19.1)$$

hvor $n_{Ca^{++}}$ er mængden af calciumioner målt i mmol/l
(millimol pr. liter)

$n_{Mg^{++}}$ mængden af magnesiumioner i mmol/l

Hvis den totale hårdhed ønskes udtrykt i de traditionelle tyske hårdhedsgrader, °dH, anvendes definitionen:

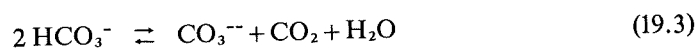
$$\text{den totale hårdhedsgrad (°dH)} = \frac{Ca^{++} \cdot 1,4 + Mg^{++} \cdot 2,3}{10} \quad (19.2)$$

hvor Ca^{++} er indholdet af calciumioner i mg/l

Mg^{++} indholdet af magnesiumioner i mg/l

Den temporære
hårdhed

Den temporære (forbigående) hårdhed er bundet til carbonationer (CO_3^{--}) og hydrogencarbonationer (HCO_3^-). Den kan beregnes ud fra antallet af mg/l af Ca^{++} og Mg^{++} , der kan ækvivaleres med mængden af de i vandet opløste CO_3^{--} og HCO_3^- . I vand eksisterer følgende ligevægt:



hvilket vil sige, at hydrogencarbonationer (HCO_3^-) er i ligevægt med carbonationer (CO_3^{--}) og opløst kuldioxid (CO_2).

Fjerner man et af stofferne i denne ligevægt vil ligevægten forskydes, således at det fjernede stof vil dannes af stofferne på den anden side. Hvis man f.eks. fjerner CO_2 (kuldioxid) ved kogning vil processen forløbe mod højre, således at hydrogencarbonationer (HCO_3^-) spaltes og der dan-

nes mere carbonation (CO_3^{--}) og mere CO_2 . Da carbonationerne er tungtopløselige, vil der ske en udfældning af $CaCO_3$ (kalk). Ved fortsat kogning vil processen fortsætte indtil hele indholdet af HCO_3^- er spaltet, og der er da udfældet den mængde calcium, der er ækvivalent med mængden af HCO_3^- . Den forbigående hårdhedsgrad svarer altså til den mængde Ca^{++} (og Mg^{++}), der er ækvivalent med mængden af hydrogencarbonationer. Den forbigående hårdhed kaldes derfor ofte for hydrogencarbonathårdheden, og kan altså fjernes ved kogning.

Den permanente
hårdhed

Den totale hårdhed består af summen af den permanente og den temporære hårdhed, eller med andre ord den permanente hårdhed er lig med den totale hårdhed minus den temporære hårdhed.

I de fleste vandtyper kan den permanente hårdhed beregnes ud fra den mængde Ca^{++} og Mg^{++} , der kan ækvivaleres med den mængde af sulfationer (SO_4^{--}), der er opløst i vandet.

Den permanente hårdhed kan ikke fjernes ved kogning. Den permanente hårdhed kan f.eks. fjernes ved fældning med soda (Na_2CO_3) eller ved ionbytning.

Vandets hårdhed i Danmark

Vands totale hårdhed kan karakteriseres efter den skala, der er angivet i fig. 19.1. Vandets totale hårdhed varierer landet over. Fra 3–9 i visse områder i Vestjylland og til 12–24 på

Hårdhed mmol/l	Hårdhedsgrad total °dH	Almindelig karakteristik
0 – 0,71	0 – 4	Meget blødt
0,71 – 1,42	4 – 8	Blødt
1,42 – 2,14	8 – 12	Middelhårdt
2,14 – 3,20	12 – 18	Temmelig hårdt
3,20 – 5,34	18 – 30	Hårdt
> 5,34	> 30	Meget hårdt

Fig. 19.1. Vands hårdhed angivet i tyske hårdhedsgrader °dH, i mmol/l og i verbal beskrivelse.

Nærmere om definition og omregning mellem forskellige måder at angive hårdhed på findes i DS 250 om vandundersøgelser.

Sjælland. Har man brug for at kende hårdheden, bør man altid spørge på vandværket, idet variationen kan være stor også indenfor korte afstande, bl.a. fordi en blanding med overfladevand vil nedsætte hårdheden.

Koldt drikkevand vil i almindelighed være kalkfældende, men man kan dog komme ud for, at der i områder, bl.a. hvor drikkevandet er blandingsvand fra to forskellige værker med forskellige hårdhedsgrader, kan være kalk- og jernopløsende vand i forsyningsledningerne.

Ligevægtskurver

Ligevægten i (19.3) er afhængig af temperaturen, hvilket kan beskrives med Tillmanns og Heublains ligevægtskurver, se fig. 19.2.

Figur 19.2 angiver sammenhængen mellem hårdhedsgrad, temperatur og indhold af fri kuldioxid. Ethvert punkt i diagrammet er udtryk for en ligevægtstilstand. Det ses f.eks., at vand af 15 °C er i ligevægt, når indholdet af fri kuldioxid er 48 mg/l, og den forbigående hårdhed er 15 °dH.

Hvis vandet efter sit indhold af fri CO₂ og sin hårdhed ikke befinder sig på den kurve, der svarer til dets temperatur, så er der ikke ligevægt.

Hvis tilstandspunktet i fig. 19.2 ligger til højre for den respektive temperaturkurve, så er vandet kalkfældende, dvs. det vil være tilbøjeligt til at udfælde CaCO₃ (kalk). Når dette sker, vil der frigøres kuldioxid, hvilket bevirker at hårdheden mindskes. Begge dele (mere fri CO₂ og mindre hårdhed) medfører – som det ses af fig. 19.2 – at vandets tilstandspunkt søger hen mod sin temperaturkurve, dvs. mod ligevægt.

Hvis vandets tilstand ligger til venstre for den respektive temperaturkurve, så er vandet kalkaggressivt, dvs. det er tilbøjeligt til at opløse kalk. Hvis vandet får lejlighed til at opløse kalk, så mindskes indholdet af fri CO₂ og hårdheden øges, hvilket bringer tilstanden hen mod ligevægtskurven.

Mængden af CO₂, der kan holdes opløst i vandet falder med stigende vandtemperatur. Dette forhold har stor betydning ved opvarmning af vand, idet vandet kommer ud af ligevægt ved opvarmningen. Man kan ikke umiddelbart se af

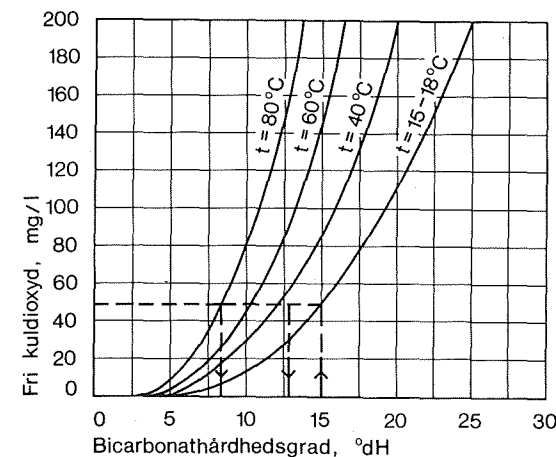
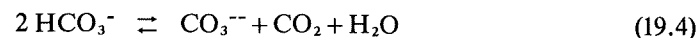


Fig. 19.2. Tillmanns og Heublains ligevægtskurver. Kurverne beskriver sammenhængen mellem hårdhedsgrad, temperatur og indhold af fri kuldioxid.

fig. 19.2, hvad der sker ved opvarmningen, idet dette afhænger af opvarmningshastigheden, men normalt vil vandet blive kalkfældende.

I forbindelse med omtalen af vandets hårdhed er det naturligt at omtale det kalkaggressive vand, dvs. vand der indeholder aggressiv CO₂. I fig. 19.2 er der angivet kurver for ligevægtstilstande mellem temperatur, hårdhedsgrad og indhold af frit CO₂. Hvis vandet indeholder mere frit CO₂ end svarende til ligevægtstilstanden, så har vi det kalkaggressive vand. Dette vand kan fremkomme på følgende måde:

Da regnvand ved fald gennem atmosfæren optager CO₂ fra luften, vil grundvand også indeholde CO₂. Kuldioxidet er til stede i fri form, og da det kun kan bindes til carbonat- eller bicarbonat-ioner vil råvandet (det ubehandlede grundvand) indeholde fri CO₂ med mindre det ved nedsivningen gennem jordlagene er kommet i kontakt med kalk i et sådant omfang at der er sket en indstilling af ligevægten:



Råvand vil enten være kalkfældende, være i ligevægt, eller være kalkaggressivt. I det sidste tilfælde vil det være den

Ligevægts-
tilstande

Tilstande hvor
der ikke er
ligevægt

Kalkfældende
vand

Kalkaggressivt
vand

Opvarmning af
vand

Aggressivt
kuldioxid

overskydende mængde af kuldioxid, der virker opløsende på kalk. Det beskyttelseslag, der normalt dannes på ledningernes inderside, og som bl. a. består af kalk, vil ikke blive dannet eller evt. ikke blive tilstrækkeligt tæt. Ledninger, der indeholder jern, vil i dette tilfælde kunne korrodere, p. g. a. vandets indhold af ilt (O_2).

Det er et krav til det vand, der forlader vandværket som drikkevand, at det ikke indeholder aggressivt CO_2 . Risikoen for tilstedeværelse af aggressivt CO_2 er størst, når hårdhedsgraden er lav, og når pH-værdien er lav (surt vand). For at sikre, at vandet ikke indeholder aggressivt CO_2 sker der på en række vandværker specielt i Vestjylland en tilsætning af kalk på vandværket. Erfaringerne viser dog, at denne tilsætning af kalk ikke har stor betydning for risikoen for korrosion.

Ilt (O_2) i drikkevand

Det vand, der leveres fra danske vandværker, indeholder altid en vis mængde opløst ilt. (Vedrørende luftning af vand, se kap. 3).

På det korrosionsmæssige område er betydningen af mængden af opløst ilt ikke fuldt afklaret. Korrosionsrisikoen for ledninger af varmforzinket stål og støbejern stiger med vandets indhold af ilt. Til gengæld forudsætter dannelsen af beskyttelseslaget, at vandet indeholder en vis mindste mængde af ilt.

Ilts opløselighed i vand i afhængighed af vandets temperatur fremgår af fig. 19.3.

Ledningsevne (konduktivitet)

En meget vigtig egenskab ved vandet er dets elektriske ledningsevne. Den måles i mS/m (millisiemens pr. m), og den afhænger af, hvor meget opløst stof, der findes i vandet.

De elektrokemiske processer i vandet både ved korrosion og ved korrosionsbeskyttelse foregår hurtigere jo større vandets ledningsevne er. Det er ofte sådan, at blødt vand også har en lille ledningsevne. Se næste afsnit om chloridindhold.

CO_2 i vand-
værksvand

Ledningsevns
indflydelse

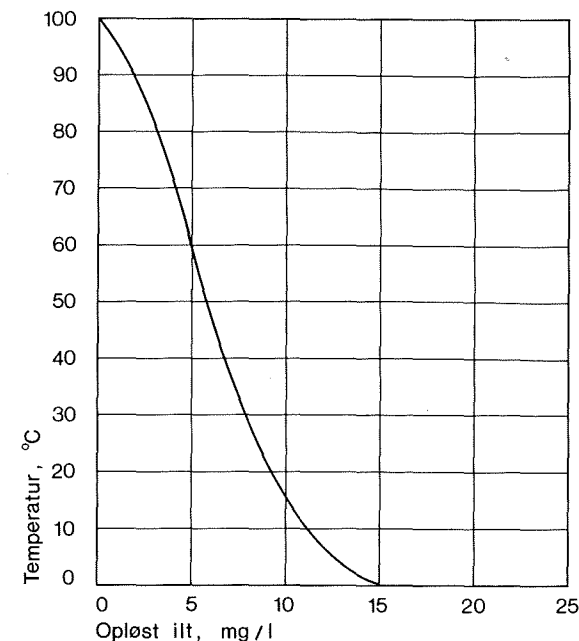


Fig. 19.3. Ilts opløselighed i vand som funktion af temperaturen. Eksempel på anvendelse af diagrammet: Koldt vand ($T = 12^\circ C$) indeholder f. eks. 8 mg/l O_2 . Opløsningen er ikke mættet, idet vand ved $12^\circ C$ kan indeholde ca. 11 mg/l O_2 .

Ved opvarmning til mere end ca. $28^\circ C$ vil opløsningen blive overmættet, og ved en temperatur på $55^\circ C$ vil vandet kun kunne indeholde ca. 5,4 mg/l O_2 . Mængden af aggressivt O_2 er da: $8 - 5,4 = 2,6$ mg/l O_2 .

Chloridindhold

I visse områder af landet har vandet et relativt højt indhold af cloridioner (Cl^-). Det er især i områder, hvor vandindvindingen foregår fra marine aflejringer. Vand med et stort indhold af Cl^- vil ofte, uanset det kan være blødt, have en god ledningsevne.

Vand med et højt chloridindhold indebærer en forøget risiko for korrosion.

Hvis indholdet af chlorid er større end ca. 150 mg Cl^- /l bør man således ikke anvende ledninger af varmforzinket stål uden elektrolytisk beskyttelse, og hvis indholdet er større end 300 mg Cl^- /l er der forøget korrosionsrisiko for

Chlorid og
korrosion

rustfrit stål. Smagsgrænsen ligger på ca. 600 mg Cl⁻/l, så man får intet varsel ad denne vej.

Sulfatindhold

Vandets indhold af sulfationer (SO₄²⁻) kan have en vis betydning for korrosion af kobber, idet der kan forekomme grubetæringer, hvor hydrogencarbonatindholdet (HCO₃⁻) er mindre end sulfatindholdet (SO₄²⁻). Hvis en analyse viser, at dette forhold gør sig gældende, bør man træffe forholdsregler mod korrosion af evt. kobber i installationen. Korrosionsrisikoen er størst i surt vand, dvs. for pH < 7.

pH-værdien

pH-værdien er et mål for vandets surhedsgrad. Neutralt vand har pH = 7, surt vand har pH < 7 og basisk vand pH > 7. Vandets pH-værdi har en direkte betydning for vandets aggressivitet. pH-værdien spiller imidlertid også en rolle i forløbet af mere komplicerede korrosionsprocesser. Således kan nævnes, at afzinkning af messing kan ske, når pH > 8,3, og når chloridindholdet er stort i forhold til den forbigående hårdhed.

For ledninger af varmforzinket stål og kobber gælder det, at korrosionsrisikoen er mindst i basisk vand (pH > 7), og for ledninger af rustfrit stål at korrosionsrisikoen er mindst i surt vand (pH < 7).

Vandets temperatur

Vandets temperatur spiller ofte en væsentlig rolle for korrosionsrisikoen. De fleste kemiske korrosionsprocesser foregår hurtigere ved høje temperaturer, men også på andre måder har temperaturen betydning. Det gælder f.eks. vandets kalkudfældning, der øges kraftigt ved temperaturer over 55–60 °C.

Korrosionsformer

De fysiske og kemiske forhold omkring korrosion i vandinstallationer er endnu ikke fuldt opklaret. Man kan derfor godt komme ud for korrosionstilfælde, hvor det er vanske-

Elektrokemiske processer

ligt at klarlægge årsagerne i alle detaljer. Til gengæld er den eksisterende viden om materialer og korrosionsforebyggelse så god, at det som regel kan angives, hvordan en installation skal udføres, for at korrosionsrisikoen er minimal.

Korrosion er processer af elektrokemisk art, hvor korrosionsprocessen i virkeligheden består af to sideløbende processer. De to processer kan kort beskrives således:

1. Metallet går i opløsning ved den såkaldte *elektronproducerende proces* og
2. Vandets indhold af ilt reduceres under dannelse af hydroxid (OH⁻) ved den *elektronforbrugende proces*.

Det opløste metal og hydroxiden kaldes korrosionsprodukter.

Mekaniske processer

I mange tilfælde accelereres den elektrokemiske korrosion som følge af andre processer. Ofte er det en betingelse for, at der ikke foregår korrosion, at der dannes en korrosionshæmmende hinde (eller lag) på de flader, der er i berøring med vandet. Såfremt denne hinde ikke dannes, eller hvis den bortslides (eroderer), vil den elektrokemiske proces kunne foregå med forøget hastighed. Flere almindelige korrosionsformer er kombinationer af elektrokemiske og mekaniske processer, og som eksempler kan nævnes: turbulens-, spændings- og udmattelseskorrosion.

Elektrokemisk korrosion

Som nævnt består den elektrokemiske korrosion af to processer, der foregår sideløbende, og som er elektrisk bundet til hinanden.

Den elektronproducerende proces eller anodeprocessen kan f.eks. for jern (Fe) skrives således



hvor e⁻ betegner en elektron.

Den elektronforbrugende proces eller katodeprocessen kan skrives således



hvor OH⁻ er en hydroxidion.

Den elektron-
producerende
proces =
anodeprocessen

Den elektron-
forbrugende
proces =
katodeprocessen

Den samlede proces

Den samlede proces kan skrives

$$2 \text{ Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Fe}(\text{OH})_2 \quad (19.7)$$

eller helt generelt

metal + ilt + vand $\rightarrow$ korrosionsprodukter

Anode- og katodeproces

I neutralt vand ($\text{pH} \sim 7$) vil det oftest være den førstnævnte katodeproces, der forekommer. Processen er afgørende for hvor hurtigt korrosionen foregår, idet hastigheden hvormed ilt (O_2) kan diffundere hen til metaloverfladen er afgørende for hvor mange af de ved anodeprocessen producerede elektroner, der kan forbruges. Hvis der ikke tilføres ilt vil anodeprocessen gå i stå.

Spændingsrækken

Den hastighed, hvormed anodeprocessen (metalopløsningen) kan foregå, er således afhængig af muligheden for at katodeprocessen kan foregå, men den er også afhængig af metallets villighed til at »slippe« atomkernernes elektroner. Denne villighed afhænger primært af metallets art og kommer til udtryk i den såkaldte spændingsrække:

Guld
18/8 stål (passivt)
Nikkel
Kobber
Tin
Bly
18/8 stål (aktivt)
Blødt stål
Aluminium
Zink
Magnesium

Spændingsrækken er en opstilling af metallerne efter deres villighed til at afgive elektroner, de øverste har sværere ved at afgive elektroner end de nederste. Rækkefølgen i spændingsrækken er dog også afhængig af de fysiske og kemiske forhold omkring metallerne. For zinks vedkommende gælder det således, at ved opvarmning rykker det opad i spændingsrækken (det bliver mere ædelt) og kan blive højere placeret end blødt stål.

Anode- og katodearealernes størrelse

De områder, hvorpå de anodiske og katodiske reaktioner foregår, benævnes henholdsvis anode- og katodearealer. Hvis anode- og katodearealerne på en metaloverflade hele tiden skifter, vil resultatet ofte blive en ganske jævn korrosion (fladetæring). Dette er f.eks. tilfældet for støbejern, hvor korrosionen iøvrigt normalt foregår meget langsomt.

Hvis anode- og katodeprocesserne sker på bestemte steder på metaloverfladen, kan resultatet blive en korrosion i form af grubetæringer.

Den mængde elektroner, der produceres ved den anodiske reaktion, er nødvendigvis lige så stor som den mængde elektroner, der forbruges ved den katodiske, men dette betyder ikke, at anode- og katodearealerne er lige store. Ofte ser man, at de anodiske arealer kun udgør en lille del af den totale overflade og i så fald taler vi om et ugunstigt anode-katodeforhold, og man får grubetæringer.

Hovedreglen er, at korrosionsforholdene er gunstige ved sammensætning af to metaller, når det metal der er højest placeret i spændingsrækken har det mindste areal eller med andre ord når katodearealet er meget mindre end anodearealerne.

Galvanisk korrosion

En særlig form for elektrokemisk korrosion er den galvaniske korrosion.

Katodisk beskyttelse

Hvis to metaller, f.eks. jern og zink, anbringes i vand med stor ledningsevne, vil jern være positivt i forhold til zink. Forbindes metallerne med en ledning, løber der en strøm fra jern til zink, og metallerne får samme spænding. Resultatet bliver at zinken korroderes hurtigere, og jernets korrosion standses, eller med andre ord at zinken er udsat for galvanisk korrosion, mens jernet er katodisk beskyttet, se fig. 19.4 b.

Sammenholder man dette med kemiske processer, ses det, at uden elektrisk forbindelse korroderer de to metaller hver for sig, dvs. anodiske og katodiske processer sker på hver af dem. Efter forbindelsen med en ledning sker den anodiske proces fortrinsvis på zinken (uædelt), og på jernet sker kun den katodiske, se fig. 19.4. Her er jern og zink brugt som

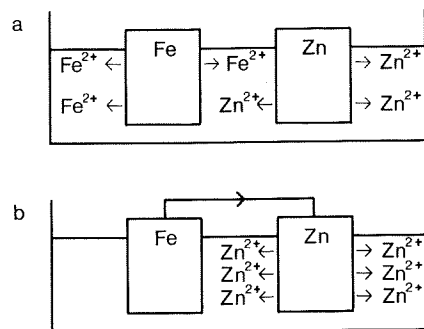


Fig. 19.4. Galvanisk korrosion. Hvis jern og zink er uden elektrisk forbindelse (a), korroderer metallerne uafhængigt af hinanden. Hvis der er en ledende forbindelse mellem dem, vil zinken korrodere hurtigere, mens jernets korrosion stoppes, jernet er katodisk beskyttet.

eksempel. Hvis de to plader består af jern og kobber, foregår i princippet de samme processer, blot er det jernet, der korroderer, og kobberet der er katodisk beskyttet.

Ved galvanisk korrosion spiller anode- og katodearealernes indbyrdes størrelsesforhold en meget stor rolle. (Se foregående afsnit).

Fladetæring

Fladetæring er karakteristisk ved at korrosionen foregår jævnt over hele overfladen. Fladetæring er en elektrokemisk tæring.

Grubetæring

Grubetæring er lokal dybtgående korrosion. Grubetæringen er normalt en elektrokemisk tæring, der ofte forekommer i vandinstallation. Tæringsformen forekommer f.eks. ved kobberpartikler på ståloverflader, og hvor korrosionsbeskyttende overfladebehandlinger lokalt er utilstrækkelige.

Ved grubetæring er katode- og anodeproces bundet til at foregå på samme sted, og grubetæring ses meget ofte i

forbindelse med aflejringer i bunden af ledninger og beholdere (tildækningskorrosion).

Selektiv korrosion

Selektiv korrosion af metallegeringer er en elektrokemisk korrosion, der angriber et af metallerne i en legering. Som eksempel kan nævnes afzinkning af messing i armaturer.

Spændingskorrosion

Spændingskorrosion er normalt en følge af en elektrokemisk korrosion i forbindelse med trækspændinger. Spændingskorrosion viser sig ved revnedannelse og forekommer specielt ved rustfrit stål.

Udmattelseskorrosion

I rørsystemer mv. kan man komme ud for hyppige variationer i tryk eller temperatur, der medfører varierende spændinger i materialerne. Disse variationer kan medføre »træthedbrud« i trækzonen. Hvis disse forhold optræder samtidig med elektrokemisk korrosion vil den totale revnedannelse foregå meget hurtigere. Denne kombination af påvirkninger kaldes udmattelseskorrosion.

Turbulenskorrosion

I de fleste tilfælde er det en betingelse for at undgå elektrokemisk korrosion, at der dannes et korrosionshæmmende lag på de flader, der er i berøring med vandet. Hvis vandets hastighed er tilstrækkelig stor, vil beskyttelseslaget ikke kunne blive etableret, eller det kan slides af. Hvis dette er tilfældet, vil den elektrokemiske korrosion kunne foregå hurtigere. Denne kombination af påvirkninger kaldes turbulenskorrosion.

Fænomenet forekommer kun sjældent på lige rørstrækninger, men derimod ofte, hvor der i bøjninger og lign. steder forekommer turbulens og dermed lokalt høje hastigheder. Turbulenskorrosion forekommer i praksis kun i kobberør.

Typiske korrosionsskader

De typiske korrosionsskader i vandinstallationer kan deles i 2 hovedgrupper:

korrosionsskader på rør og samlinger, og korrosionsskader i beholdere.

Der kan dog ofte være et sammenspil mellem de to typer, f.eks. således, at uheldige forhold i en varmtvandsbeholder kan medføre skader i det tilsluttede ledningsnet.

Korrosionsskader i rør og samlinger

Skaderne i rør og samlinger skyldes i hovedsagen følgende korrosionstyper:

elektrokemisk korrosion i ledninger af varmforzinket stål, turbulenskorrosion i ledninger af kobber, udmattelseskorrosion i ledninger af kobber samt grubetæring i ledninger af kobber.

Andre typer kan også forekomme, der skal dog her henvises til oversigtsskemaet fig. 19.5 og til litteraturlisten.

Ledninger af varmforzinket stål

I ledninger af varmforzinket stål forekommer såvel flade- som grubetæring.

Fladetæring

Fladetæringer forekommer, hvor vandet er meget blødt, dvs. har en hårdhed, der er mindre end ca. 0,7 mmol/l ~ en hårdhedsgrad på ca. 4°dH, og /eller hvor vandet indeholder fri aggressiv kuldioxid. I disse tilfælde vil der ikke kunne dannes det velkendte beskyttelseslag på indersiden af rørene, og vandets ilt har således fri adgang til zinklaget. Som beskrevet i det foregående (se fig.19.4) vil derfor først zinklaget korrodere, og når der ikke er mere tilbage, vil jernet begynde at korrodere. Gennemtæring vil dog normalt først forekomme efter nogle års drift. I installationer med denne korrosionsform vil vandet ofte være rustfarvet.

I det meget bløde vand vil grubetæringer kun sjældent forekomme, da zinklaget som vist på fig. 19.4 b virker som anode, og jernet er således katodisk beskyttet med et gunstigt anode/katode forhold. I varmt vand vil fladetæringen foregå hurtigere.

Vandtype*	Begrænsninger i anvendelse
Forbigående hårdhed < 0,7 mmol/l (4° dH tyske hårdhedsgrader)	Varmforzinket stål bør ikke anvendes
Aggressiv (kalkopløsende) carbon-dioxid	Varmforzinket stål bør ikke anvendes
$p_H < 7$ og hydrogencarbonatindholdet mindre end sulfatindholdet ($\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-} < 1$)	Kobber kan grubetære
$p_H > 8,3$ og højt chloridindhold i forhold til den forbigående hårdhed	Messing kan afzinke. Afzinkningsbestandige legeringer kan anvendes
Chlorid > 300 mg/l	Øget korrosionsrisiko for rustfrit stål
Høj ledningsevne (> 1000 μS) (mikro-Siemens)	Magnesiumanode kan bruges, men tæres hurtigt. Risiko for lugtgener og brintudvikling
Lav ledningsevne (< 300 μS)	Magnesiumanode i ubehandlet stålbeholder kan kun anvendes ved særligt velegnede konstruktioner eller ved isætning af flere anoder
Meget lav ledningsevne (< ca. 100 μS)	Elektrolyseanlæg og emaljerede beholdere med anode kan ikke bruges

* Oplysninger om vandtyper fås hos vandværket.

Fig. 19.5. Vandtyper som giver særlige korrosionsproblemer.

Grubetæring

Grubetæring på ledninger af varmforzinket stål forekommer oftest i hårdt vand, men kan forekomme i vand med hårdheder helt ned til 0,7 mmol/l ~ 4 °dH. Grubetæringer foregår meget hurtigt, og de forløber uanset at hårdt vand normalt er kalkfældende og danner et beskyttelseslag på rørenes inderside, der beskytter mod fladetæring.

Grubetæringen er som angivet i det foregående en elektrokemisk korrosion, der ofte kan være af den galvaniske type. Den forekommer både ved samlinger og i selve rørene. Grubetæringerne forekommer især

hvor der aflejres partikler af enhver art (tildækningskorrosion),

hvor der udfældes kobberpartikler, og

hvor zinklaget mangler f.eks. på grund af gevindskæring ved samlinger.

Grubetæring forekommer ofte i ledninger med et lille forbrug eller ringe cirkulation, men der forekommer også grubetæring af mange andre delvis ukendte årsager.

Ledninger af kobber

De vigtigste korrosionsformer i ledninger af kobber er grube-, turbulens- og udmattelseskorrosion. Formerne er beskrevet i det foregående.

Ledninger af andre materialer

Der henvises til oversigtsskemaet fig. 19.5.

Korrosionsskader i beholdere

Grubetæring i
beholdere

Grubetæring er den almindeligste korrosionsform, den forekommer oftest i beholderens bund, hvor der sker en ret betydelig slamaflejring (tildækningskorrosion). Grubetæring kan dog ske overalt i beholdere, og specielt hvor en indvendig overfladebehandling lokalt ikke er dækkende (porer mv.). Korrosion kan også forekomme ved tilslutningsstutse.

Beholdere med
kobbervarme-
legeme

Hvis der i stålbeholdere monteres varmelegemer af kobber, øges risikoen for grubetæring, da kobber er højere placeret i spændingsrækken end jern. Hvis der er elektrisk ledende forbindelse mellem de to metaller vil der kunne foregå galvanisk korrosion, og korrosionshastigheden øges.

Angående anoders indflydelse, se nedenfor.

Forebyggelse af korrosionsskader

Generelt

Det er vanskeligt at give helt generelle retningslinier for opnåelse af en god korrosionsbeskyttelse. De eneste materialer, der vides at være korrosionsfaste overfor alle typer drikkevand er plastmaterialerne, men disse har andre egenskaber, der ikke gør dem fuldt anvendelige i alle installationer, f.eks. er kun PEX-rør anvendelige til varmt vand.

Skadeserfaringer

Vor viden om korrosionsforebyggelse stammer i hovedsagen fra analyser af korrosionsskader. Hvis man derfor i en installation ønsker at anvende andre materialer eller andre materialekombinationer end de, der er omtalt i det følgen-

de, bør forholdene undersøges nærmere. I det følgende er der tilstræbt en opdeling af forebyggelse af korrosionsskader efter:

ledningssystemer,
anlæg for varmtvandsproduktion,
kombinationer af ledningssystem og anlæg for varmtvandsproduktion.

Det er dog ikke muligt at foretage en hel skarp opdeling.

Forebyggelse af korrosionsskader i ledningssystemet

En af de væsentligste forebyggende foranstaltninger består i korrekt valg af materiale. De normalt anvendte ledningsmaterialer er:

varmforzinket stål,
kobber,
rustfrit stål, og
plast.

Se iøvrigt fig. 19.5 og 19.6.

Ledningssystemer af varmforzinket stål

Vandets hårdhed

Ledningssystemer af varmforzinket stål bør kun anvendes når hårdheden er større end 0,7 mmol/l $\sim$ 4 °dH. Denne grænse gælder for såvel varmt som koldt vand. Når vandets ledningsevne er rimelig høj er det dog muligt at beskytte ledningsnettet ved et elektrolyseanlæg (se senere).

Vandets indhold
af aggressiv
kuldioxid

Ligeledes bør varmforzinket stål ikke anvendes når vandet indeholder aggressiv kuldioxid.

Kobber
kombineret med
varmforzinket
stål

Det er almindeligt kendt, at hvis man ønsker at kombinere ledninger af varmforzinket stål og ledninger eller beholdere af kobber, skal der tages særlige forholdsregler. For at undgå grubetæring skal man sikre sig at der ikke er for meget kobber (max 0,1 mg/l) i det vand, der gennemstrømmer stålrørene. Der er således nogle regler, man skal følge, hvis man vil opnå en rimelig sikkerhed mod korrosionsskader:

Materiale	Anvendelsesområde
Varmtforzinket stål	Kun udskiftelige ledninger i bygninger. Vandtemperatur $\leq 60^\circ\text{C}$. Ved anvendelse til varmt vand bør der udføres elektrolyseanlæg. Forbigående hårdhed $\geq 0,7 \text{ mmol/l}$ ($\sim 4^\circ\text{dH}$) Vand må ikke indeholde aggressiv CO_2 Kobberindhold $\leq 0,1 \text{ mg/l}^*$
Kobber	Samlinger på ikke udskiftelige ledninger skal være med loddefitting. Ledninger skal sikres fri ekspansion. Hastigheden må ikke overstige værdierne i fig. 19.8. $p_H > 7$ og hydrogencarbonatindhold $<$ sulfatindhold. Må ikke anbringes før varmtforzinket stål.
Rustfrit stål	Kun udskiftelige ledninger. Chloridindhold $< 300 \text{ mg/l}$
PVC, PEH, PEL og PEX	Der må ikke forekomme samlinger på ikke udskiftelige ledninger. Kun til koldt vand, PEX dog også til varmt vand.

* Vandværkssvand indeholder ikke kobber, men grænsen er ensbetydende med, at varmtforzinket stål ikke må forekomme efter kobber i en installation, regnet i vandets strømningsretning.

Fig. 19.6. Anvendelsesområder for forskellige ledningsmaterialer.

- varmeformezinkede stålrør må ikke findes efter kobberrør (regnet i vandets strømningsretning).
- hvis en varmeblade i en varmtvandsbeholder er udført af kobberrør, må den efterfølgende installation kun udføres i varmeformezinkede stålrør såfremt kobberrørene i varmebladen er vedvarende katodisk beskyttet.

Vedr. a. Det er almindeligt, at der udføres fordelingsledninger af varmeformezinket stål og koblingsledninger af kobberrør. Kravet er således opfyldt, men der findes mange eksempler på grubetæringer i denne type installationer, og det kan anbefales, at man yderligere følger de regler der er vist på fig. 19.7, idet man så opnår en vis sikkerhed mod tilbage-

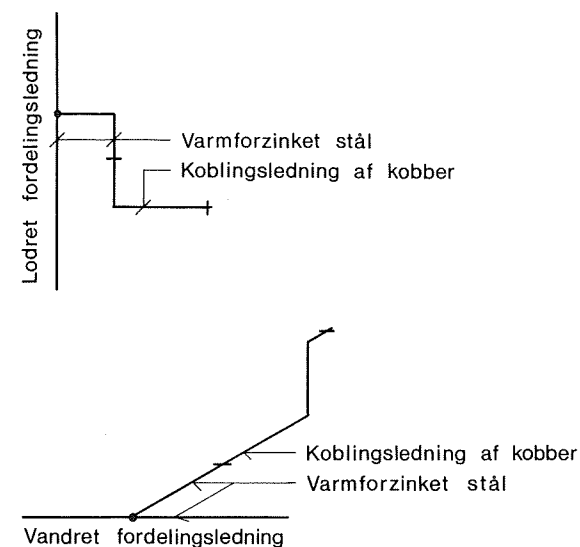


Fig. 19.7. Tilslutning af koblingsledninger af kobber til fordelingsledninger af varmeformezinket stål. Der må drages omsorg for, at kobberioner ikke strømmer tilbage til de varmeformezinkede rør.

strømning af opløst kobber (f.eks. ved termiske strømninger), der kan føre kobber ind i fordelingsystemet.

Vedr. b. Katodisk beskyttelse af varmeblader af kobberrør kan udføres ved montering af en magnesiumanode i beholderen (se fig. 19.8). Varmeblader med tætsiddende rør er dog meget vanskelige at beskytte effektivt. Hvis der udføres katodisk beskyttelse med et elektrolyseanlæg, opnås normalt en beskyttelse af det efterfølgende rørsystem.

Kobberrørsvarmelegemet bør ikke være elektrisk fraisoleret beholderen, når det efterfølgende ledningssystem indeholder rør af varmeformezinket stål.

Koldt vandssystemer kan også beskyttes med elektrolyseanlæg.

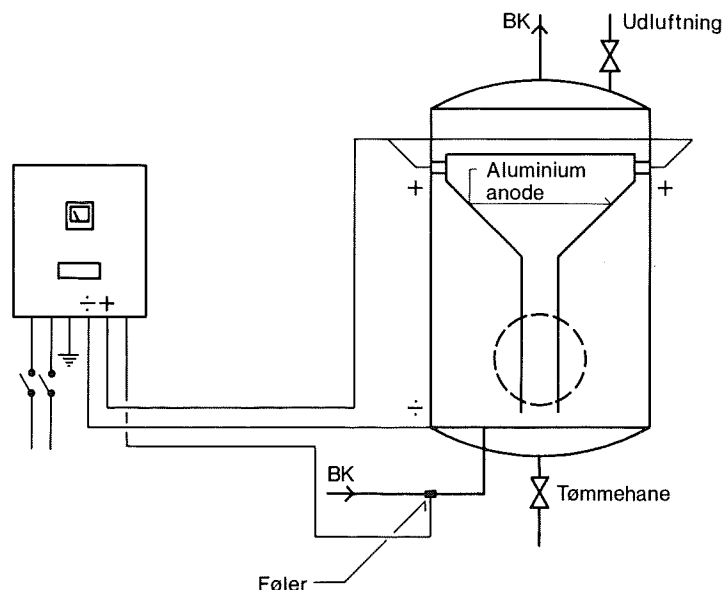


Fig. 19.8. Skematisk afbildning af et elektrolyseanlæg for en større varmtvandsbeholder.

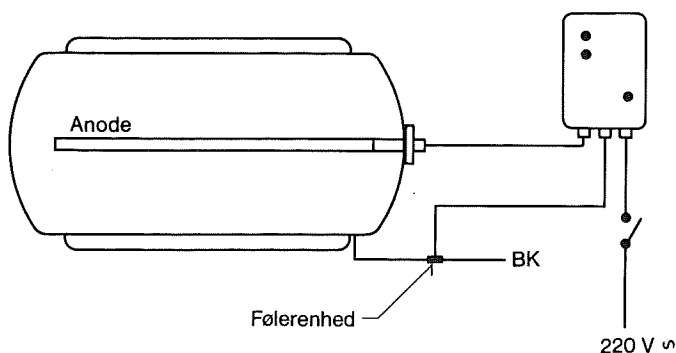


Fig. 19.9. Skematisk afbildning af et elektrolyseanlæg for en mindre beholder (kappebeholder).

Ledningssystemer af kobber

Kobber er korrosionsbestandigt overfor næsten alle normalt forekommende vandtyper.

I surt vand ($\text{pH} < 7$), hvor hydrogencarbonatindholdet er mindre end sulfatindholdet ($\text{HCO}_3^- < \text{SO}_4^{--}$), kan kobber dog grubetære. Det er specielt i områder med blødt vand, der indeholder aggressiv kuldioxid, man skal være opmærksom på dette forhold.

Der kan også forekomme grubetæringer i kobberrør, der som følge af en fabrikationsfejl har en indvendig kulstofbelægning. Hvis man i dette tilfælde anvender for rigelige mængder af flussmiddel, er der forøget risiko for grubetæringer.

Turbulenskorrosion er en almindeligt forekommende korrosionsform i kobberrør. Generelt stiger risikoen for turbulenskorrosion med strømningshastighed, temperatur og ledningens benyttelsestid. Særlig risiko for turbulenskorrosion er der således i:

varmtvandsledninger,
i ledninger med stadigt cirkulerende vand,
på steder, hvor retningsændringer og indsnævring i rørtværsnittet mv. giver forøget turbulens, og
hvor kobberets modstandsevne er nedsat i områder med blødt og surt vand.

For at opnå en rimelig sikkerhed med turbulenskorrosion angiver normen grænser for, hvor store hastigheder der kan tillades i kobberrør ved forskellige temperaturer, se fig. 19.10.

De i fig. 19.10 anførte hastigheder beregnes ud fra kobberrørens indvendige diameter og den største sandsynlige vandstrøm i røret. For cirkulationsledningernes vedkommende er det cirkulationspumpens ydelse under de aktuelle forhold, der er udgangspunkt for beregninger af hastigheden, og det skal bemærkes, at mange tilfælde af turbulenskorrosion skyldes at der »for en sikkerheds skyld« er anvendt for store pumper. Se kap. 7.

Udmattelseskorrosion forekommer ret ofte i kobberrørsinstallationer, hvor svingninger i vandets temperatur medfø-

Grubetærning

Turbulenskorrosion

Udmattelseskorrosion

Vandledning	Installationsmåde	Største forsvarlige hastighed i m/s ved temperatur °C**			
		10°	50°	70°	90°
Fordelingsledning	Udskiftelig	4,0	3,0	2,5	2,0
	Ikke udskiftelig	2,0	1,5	1,3	1,0
Koblingsledning	Udskiftelig	16	12	10	8*
	Ikke udskiftelig	4,0	3,0	2,5	2,0
Ledning med vedvarende strømning f. eks. cirkulationsledning		2,0	1,5	1,3	1,0

* Disse hastigheder medfører korrosionsfarer og er kun forsvarlige for koblingsledninger.

** Ved anvendelse af tabellen bemærkes, at koldtvalsledning som regel kan dimensioneres for temperaturen 10 °C og varmtvalsledning for 50 °C. Ved dimensionering bør middeltemperaturen være udslagsgivende og ikke enkelte spidsværdier.

Fig. 19.10. Skema over største forsvarlige hastigheder i vandledning af kobber. Når rørdiameter og vandstrøm er kendt, kan hastigheden findes af tryktabsnomogrammet i kap. 4.

I fig. 6.8 er grænsehastighederne omsat til max. vandstrømme i de forskellige rørdimensioner.

Vedr. anbefalede dimensionerende hastigheder i cirkulationsledninger se kap. 7.

rer lokalt store deformationer af rørene som følge af uheldigt placerede fastspændinger. Fastspændingerne kan være egentlige fastspændinger, men kan også være fastholdelse af rørene i gennemføringer eller ved indstøbning.

Udmattelseskorrosion forekommer oftest i installationer af hårde kobberrør med hårdloddede samlinger. Ved hårdlodningen bliver temperaturen lokalt så høj, at der sker en udglødning af røret, dvs. det bliver blødt. Dette kan medføre, at temperaturbevægelserne primært optages på disse steder, og der er derfor stor risiko for udmattelsesbrud (-korrosion). Denne type korrosion kan også forekomme i andre kobberrørsinstallationer, og det er derfor særdeles vigtigt, at en installation af kobberrør altid sikres tilstrækkelige ekspansionsmuligheder, se kap. 22 – arrangement og tilrettelæggelse.

Ledningssystemer af rustfrit stål

Rustfrit stål er modstandsdygtigt overfor alle normalt forekommende vandtyper. Der kan forekomme spændingskorrosion, hvor der – f. eks. ved inddampning ved utætte samlinger – forekommer meget høje chloridkoncentrationer. Rør af rustfrit stål og af varmforzinket stål kan uden problemer kombineres i en brugsvandsinstallation.

Hvis der anvendes formstykker af kobber, skal man være opmærksom på de korrosionsrisici, der generelt gælder for kobberrør.

Ledningssystemer af plast

Plastrør er i det væsentlige modstandsdygtige overfor alle normalt forekommende vandtyper.

Forebyggelse af korrosionsskader i anlæg for produktion af varmt vand

Langt de fleste anlæg for varmtvandsproduktion er udført med beholdere af stål, og der har i tidens løb været konstateret mange korrosionsskader både i beholdere og i tilsluttede varmtvandsinstallationer. Skaderne har været så hyppige, at man i dag må konstatere, at stålbeholdere altid skal udføres med en korrosionsbeskyttelse. I de senere år er der fremkommet beholdere af rustfrit stål og af kobber (kobberforede stålbeholdere), og såfremt der anvendes de rigtige legeringer, og samlinger (svejsninger) udføres korrekt, opnås en god korrosionsbestandighed.

Korrosionsbeskyttelse af stålbeholdere udføres normalt ved enten:

katodisk beskyttelse,
overfladebehandling, eller ved
kombination af disse to.

I fig. 19.11, er der gengivet normens tabel over kombination af materialer i anlæg for varmtvandsproduktion og rørinstallationer.

		Efterfølgende rørinstallation				
		Varmforzinket stål	Varmforzinket stål + elektrolyse	Kobber	Rustfrit stål	Plast
Anlæg til varmtvandsproduktion						
Varmtvandsbeholder (kappebeholder eller beholder med indlagt varmeblade af kobber eller rustfrit stål)	Stål + magnesiumanode	+ ¹	0	+ ²	+	+
	Stål + elektrolyse	+	+	0	0	0
	Stål emaljeret med anode	+ ¹	—	+ ³	+ ³	+
	Stål, plastbelagt	+ ¹	—	+ ³	+ ³	+
	Kobberforet stål	—	0	+	+	+
	Rustfrit stål	+	0	+	+	+
Gennemstrømningsrørvarmeveksler	Stål	+	+	— ⁴	+	+
	Kobber	—	+	+	+	+
	Rustfrit stål	+	+	+	+	+

Tegnforklaring:

+ : kombinationen er i orden

— : kombinationen bør undgås eller kan ikke laves

0 : kombinationen kan laves, men er ikke relevant.

¹ Hvis beholderen er forsynet med kobbervarmeflade, kan efterfølgende varmforzinkede stålør ikke anvendes med mindre kobbervarmefladen er katodisk beskyttet. Varmeflader med tætsiddende rør kan vanskeligt beskyttes.

² Vedligeholdelse af anode er meget vigtig.

³ Risiko for galvanisk korrosion ved studse. Risikoen kan evt. elimineres ved brug af ikke-ledende overgangsstykke, f. eks. plast-overgangsstykke, der er godkendt for varmt vand.

⁴ Kun kobberrør uden cirkulation.

Fig. 19.11. Kombinationer af materiale i anlæg til varmtvandsproduktion og rørinstallation.

Katodisk beskyttelse

Katodisk beskyttelse udføres enten ved indsætning af en anode af magnesium eller ved et elektrolyseanlæg, og der opnås en beskyttelse af selve beholderen, af en eventuel var-

meflade og, hvis der anvendes et elektrolyseanlæg også af det efterfølgende ledningssystem.

Magnesiumanoder

Ved indsætning af en magnesiumanode opnås en god beskyttelse af stålbeholdere og – under gunstige forhold – af eventuelle varmeblader af stål eller kobber. Det er dog en forudsætning, at varmebladerne er af en åben konstruktion med god afstand mellem rørene. Anoder skal anbringes således, at de giver en god beskyttelse af såvel beholder som varmelegeme.

Vandets ledningsevne

Hvis en anode skal virke hensigtsmæssigt er det nødvendigt at vandet har en ledningsevne på mindst 300 μS (mikro-Siemens). Dette er dog normalt tilfældet ved ikke meget bløde vandtyper. Ved de bløde vandtyper kan det hjælpe at indsætte flere anoder.

Overbehandling af vandet

Hvis vandets ledningsevne er meget stor, dvs. større end 1000 μS , er der ved små forbrug af varmtvand risiko for udvikling af brint og for lugtgener. I disse tilfælde vil magnesiumanoder tæres hurtigt, og hyppig kontrol og udskiftning er nødvendig. Risikoen for overbehandling kan evt. mindskes ved at anvende mindre anodestørrelser.

Ved overbehandling af vandet kan der forekomme anaerobe bakterier og foregå en sulfatreduktion, der kan medføre grubetæringer i et efterfølgende rørsystem af kobber.

Udslamning af beholdere

Korrosionsprodukterne fra magnesiumanoderne er tungt opløselige i vand og aflejres i bunden af beholderen, især hvis forbruget er ringe. Disse korrosionsprodukter skal med mellemrum renses ud.

Kobbervarmelegemer i ubehandlede stålbeholdere

I beholdere, hvor varmebladen er i elektrisk ledende forbindelse med stålbeholderen, vil stålet virke som en katodisk beskyttelse for kobbervarmefladen, og kun meget små kobbermængder vil gå i opløsning. Der vil dog være en stor risiko for, at stålet vil korrodere i nærheden af varmebladen, og der bør derfor indsættes en anode.

Ved indsætning af en magnesiumanode, der står i metalisk forbindelse med varmebladen etableres en katodisk beskyttelse, og mængden af kobber, der opløses nedsættes. Det er en betingelse for opnåelse af denne beskyttelse at varmebladen er af en meget åben konstruktion, populært sagt skal enhver del af varmebladen kunne »ses« fra anoden.

Magnesiumanoden, der således er offeranode for såvel varmebladen som stålbeholderen, vil korrodere meget hurtigt, og hyppig kontrol og evt. udskiftning vil være nødvendig.

I beholdere, hvor varmebladen er elektrisk isoleret fra stålet, er kobberet ikke katodisk beskyttet af stålet. Der vil derfor gå så meget kobber i opløsning, at der er en forøget risiko for korrosion i en efterfølgende installation af varmforzinket stål. Mængden af kobber, der går i opløsning er dog ikke så stor, at der er risiko for gennemtæring af varmelegemet, og risikoen for korrosion af beholderen er lille, såfremt der indsættes en anode.

Kobbervarmelegemer i overfladebehandlede stålbeholdere

I stålbeholdere, der er overfladebehandlet med emalje eller kunststof, bør varmelegemet være elektrisk isoleret fra beholderen, da der ellers vil være forøget risiko for gennemtæring af stålbeholderen ved fejlsteder (porer) i overfladebehandlingen.

I emaljerede beholdere bør der altid indsættes en anode, der virker som katodisk beskyttelse for dels beholderen og dels varmelegemet.

I beholdere, der er overfladebehandlet med kunststof, vil en anode, afhængigt af hvilket kunststof, der er anvendt, kunne ødelægge kunststoffet. Der bør derfor ikke indsættes anoder i sådanne beholdere. Da der er risiko for gennemtæring ved fejlsteder, stilles der ved VA-godkendelsen af kunststofbelagte beholdere meget store krav til belægnings tæthed.

Det efterfølgende rørsystem bør ikke være af varmeforzinkede stålrør, når kobbervarmebladen ikke er katodisk beskyttet.

Elektrolyseanlæg

Ved katodisk beskyttelse med elektrolyseanlæg monteres en anode af aluminium i beholderen, og der påtrykkes en jævnspænding fra en ensretter. Ved elektrolyse opnås en katodisk beskyttelse af stålbeholderen, og der dannes en tynd hinde af aluminiumhydroxid på indersiden af de efterfølgende rør. Belægningen dannes bedst i nye rør, men dannes dog også i gamle installationer. Et rigtigt dimensioneret elektrolyseanlæg har vist sig at være en særdeles effektiv metode til korrosionsbeskyttelse. Selve dimensioneringen

bør normalt overlades til leverandøren af anlægget, men for installationerne mv. gælder der nogle regler, som bør overholdes for at sikre en god beskyttelse.

Varmtvandsbeholderen bør have en størrelse der mindst er ca. $\frac{1}{3}$ af det maksimale timeforbrug (se afsnit om hydroforbeholder i kap. 14).

Varmebladen bør være af en åben konstruktion, se kap. 12. Varmebladen bør være sådan konstrueret og indbygget i beholderen, at der – når der ikke tappes – foregår termiske strømninger i vandet.

Hvis der er flere beholdere bør installationen udføres således, at alle beholdere belastes ens, f.eks. ved at rørinstallationerne udføres symmetrisk.

Elektrolyseanlæggets strømstyrke bør tilpasses forbruget (strømningsfølere i eller på tilgangsledning) og vandets fysiske og kemiske egenskaber, da der ellers er risiko for overbehandling og dermed dårlig lugt og smag.

Den bedste beskyttelse af rørsystemet opnås, når der udføres cirkulation, og når cirkulationshastigheden er mindst ca. 0,2–0,3 m/s i cirkulationsledningerne.

Elektrolyseanlægget bør sættes i drift samtidigt med anlægget for produktion af varmt vand, dvs. i mange tilfælde i byggeperioden inden en aflevering til bygherren.

Elektrolyseanlæg anvendes på grund af anlægsomkostningerne mest til større anlæg, men der er i de senere år kommet anlæg på markedet specielt beregnet til mindre installationer, f.eks. kappebeholdere i villaanlæg. Elektrolyseanlæg er ikke egnet til gennemstrømningsvarmevekslere med et lille rumindhold. Se iøvrigt fig. 19.8 og 19.9.

Overfladebehandling

Overfladebehandling af varmtvandsbeholdere har i de senere år vundet frem, og der er flere muligheder for valg af materialer. Det bemærkes, at overfladebehandlingen af en varmtvandsbeholder skal være VA-godkendt (når undtages svumning med cement), og at det ikke – inden for rammerne af godkendelsen – er tilladt at reparere, forny eller udføre en

helt ny overfladebehandling. Overfladebehandlingen består normalt af:

svumning med cement
emaljering
belægning af kunststof

Cement

Som nævnt er svumning med cementmørtel den eneste form for overfladebehandling, der ikke kræver særlig godkendelse. Svumningen kan således også udføres på gamle beholdere. Svumningen kan udføres med cement med ca. 30 % vand (konsistens som tyk fløde) og udføres bedst i flere lag indtil der er nået en lagtykkelse på ca. 2 mm. Inden svumningen skal løs rust fjernes, og under arbejdets udførelse og den efterfølgende afhærdning skal beholderen være kold.

Emaljering

I de senere år er det blevet almindeligt, at specielt små beholdere forsynes med en indvendig beskyttelse med glasemalje, der fastbrændes ved en temperatur på 800–850 °C. Emaljelagets tykkelse er normalt ca. 0,25 mm. Det skal bemærkes at der, især ved emaljerede beholdere, er særlig stor korrosionsrisiko ved påsvejste stutse.

Kunststof-belægning

Beholdere kan beskyttes med en indvendig overfladebehandling med kunststof.

Varmforzinkning

Man har tidligere forsøgt at udføre en varmforsinkning af beholdere. Erfaringerne har dog været dårlige, idet der ofte forekom grubetæringer.

Kobberforing

En særlig type overfladebeskyttelse er kobberforing, der giver en god beskyttelse. De fleste »kobberbeholdere« på det danske marked er udført af stålplade med kobberforing. Kobberforede beholdere bør ikke anvendes, når vandets pH-værdi er mindre end 7, dvs. i surt vand.

Katodisk beskyttelse af overfladebehandlede stålbeholdere

Katodisk beskyttelse af anlæg med varmelegemer af kobber er omtalt i det foregående.

Emaljerede beholdere

Emaljerede beholdere bør altid være katodisk beskyttede, enten med en magnesiumanode eller med et elektrolyseanlæg. Det giver en god beskyttelse, og anoden vil i almindelighed holde længe. Man bør dog mindst én gang om året

Kunststof-belagte beholdere

kontrollere anoden og indsætte en ny, når den gamle er bortkorroderet, da risikoen for grubetæringer er meget stor, når den katodiske beskyttelse ikke er effektiv.

På grund af risikoen for ødelæggelse af belægningen, bør beholdere med en overfladebelægning af kunststof ikke forsynes med magnesiumanode.

Korrosionsfaste beholdere

Det er nærliggende, at man for at undgå korrosion i beholdere anvender beholdere af korrosionsfast materiale. Der findes i øjeblikket to typer korrosionsfaste beholdere:

beholdere af kobber og
beholdere af rustfrit stål.

Kobber

For beholdere udført af kobberlegeringer gælder, hvad der i det foregående er skrevet om kobberforede stålbeholdere. I udlandet findes udførelser af beholdere af legeringer af nikkel og kobber. Disse er karakteristiske derved, at legeringen er mere korrosionsfast end beholdere af rent kobber.

Rustfrit stål

Rustfrit syrefast stål (ikke 18/8 stål) er et velegnet materiale til varmtvandsbeholdere. Disse beholdere har fremfor kobberbeholdere den fordel at de tilsluttede ledningssystemer kan udføres af varmforsinket stål.

Varmelegemer i varmtvandsbeholdere

Varmelegemer i beholdere består normalt af rørrækker (batterier) udført af:

ulegeret stål,
kobber eller kobberlegeringer,
rustfrit stål.

Varmemediet er normalt vand, damp eller el, i sjældne tilfælde olie.

Varmelegemer af stål

Når brugsvandet løber inde i varmelegemer af ulegeret stål, er der normalt ikke korrosionsrisiko. Årsagen hertil er, at grubetæringer erfaringsmæssigt ikke forekommer, og at de fleste vandtyper bliver kalkfældende ved opvarmning, og der vil derfor dannes et korrosionsbeskyttende lag af rørens inderside.

Når brugsvandet befinder sig på rørenes yderside, er det nødvendigt at beskytte varmelegemet mod korrosion. Dette gøres bedst med en katodisk beskyttelse (magnesiumanode eller elektrolyseanlæg). For at opnå en rimeligt god beskyttelse er det nødvendigt, at varmefladen er af en åben konstruktion. Ved beskyttelse med magnesiumanode skal konstruktionen være så åben, at anoden kan »se« alle rørene i varmelegemet. Vedr. beholdere med overfladebeskyttelse, se ovenfor.

Varmelegemer af kobber

Varmelegemer af kobber har i almindelighed lang levetid, når man sikrer sig, at

strømningshastigheden er under de i tabellen fig. 19.10 anførte værdier, og at pH-værdien >7 og indholdet af hydrogencarbonat er større end indholdet af sulfat.

Når det efterfølgende ledningsanlæg helt eller delvis er udført af varmforzinket stål, vil det i almindelighed være nødvendigt at beskytte kobberet katodisk mod korrosion. Ved større varmelegemer bør beskyttelsen udføres med et elektrolyseanlæg, medens man ved meget små varmelegemer af åben konstruktion kan udføre beskyttelsen med en magnesiumanode. Vedr. beholdere med overfladebeskyttelse, se ovenfor.

Varmelegemer af kobber bør ikke benyttes når varmemediet er olie. Årsagen hertil er, at kobberet kan virke nedbrydende på olien.

Varmelegemer af rustfrit stål

Varmelegeme af rustfrit stål vil i almindelighed ikke give korrosionsproblemer, når varmelegemets temperatur ikke overstiger vandets kogepunkt ved det aktuelle tryk. Hvis temperaturen bliver for høj, vil der kunne ske en lokal indampning – f.eks. under kalkbelægninger – med risiko for spændingskorrosion og grubetæring.

Kapitel 20

Vandbesparende foranstaltninger

Generelt

En vis del af det drikkevand, som vandværkerne tilvejebringer, ender på en eller anden måde som vandspild.

Vandspild kan ske undervejs fra vandværk til forbruger – f.eks. på grund af et utæt ledningsnet – det kan ske i forbrugers vandinstallation (utæt rørsystem, løbende cisterner og aftapningsarmaturer). Endvidere omfatter vandspild det overforbrug, der finder sted hos de enkelte forbrugere, når vandet anvendes til formål, der enten ikke kan anses for rimelige, eller når man kunne have opfyldt formålet tilfredsstillende med en mindre vandmængde.

Vandnormens krav

Normen rummer dels et kapitel (10), som specielt omhandler vandbesparende foranstaltninger, og dels er der flere steder i normen krav og vejledninger, som tager sigte på at undgå vandspild. I normens kap. 10 er således anført:

Vandspild

Urinaler

Tekniske anlæg

Skylning af urinaler skal ske på den mest vandbesparende måde samtidig med, at der tages hensyn til en tilstrækkelig effektiv skylning.

Ved tekniske anlæg, hvor vand anvendes i større omfang i produktionen eller til køle- og skylleformål eller til særlige apparater og maskiner, kan vand kun forventes leveret i den udstrækning, som vandværkets ydeevne tillader.

I forbindelse med anlæg til varmtvandsproduktion findes følgende generelle krav omhandlende vandspild (pkt. 3.2):

Anlæg til varmtvandsproduktion

Anlæg til varmtvandsproduktion skal under hensyntagen til varmtvandstapventilernes antal og art kunne yde en rimelig vandmængde med en temperatur, der passer til formålet. Anlægget skal udformes sådan, at der opnås den bedst mulige udnyttelse af den tilførte varmeenergi, og at vandspild undgås.

Ofte er et krav ikke direkte begrundet i hensyn til vandspild, som f.eks. i pkt. 5.3.

Sikring af koldt-vandstemperatur

Installationer for koldt vand skal udføres på en sådan måde, at en uønsket temperaturstigning undervejs til tapstederne undgås.

Sikring af varmt-vandstemperatur

Ledningsnettet skal være udformet på en sådan måde, at et uønsket temperaturfald undervejs til tapstederne undgås.

I det til disse punkter hørende vejledningsstof står dog anført, at kravene først og fremmest tager sigte på undgåelse af vandspild.

Intet generelt krav

Ovenstående krav er alle beregnet for afgrænsede dele af vandinstallationerne, og normen formulerer ikke noget generelt krav om undgåelse af vandspild. En del af det følgende må derfor kun opfattes som en række gode råd.

Andre myndighedsbestemmelser

Boligministeriet

Normens anvendelse på vandinstallationer er hjemlet i Bygningsreglement (BR-77), der er udfærdiget af boligministeriet. Boligministeren er også bemyndiget til at udstede supplerende bestemmelser, der tager sigte på ressourcebesparelser, herunder vandbesparelse.

Miljøministeriet Handelsministeriet

Miljøstyrelsen har udsendt en vejledning vedrørende vandforbrug og vandbesparelser (vejledning 2/77, se [20.1]). Vejledningen angiver også nogle af de muligheder, der foreligger, for begrænsninger i vandforbruget gennem lovgivning. Der findes allerede gennem vandforsyningsloven hjemmel til at skride ind over for forskellige former for vandspild. En fremtidig mulighed kunne være krav om deklaration af maskiners/installationers vandforbrug med fastsættelse af maksimalgrænser. Bestemmelser vedrørende vandbesparelse ligger også inden for handelsministeriets muligheder.

Utætte ledninger

Utætte ledninger og samlinger er en af de væsentligste årsager til vandspild, og især for ledninger i jord gælder det, at skaderne kan være svære at konstatere og lokalisere.

Ledninger i jord

Utætheder i ledningsnettet i jord (forsyningsnet samt stikledninger) kan – i områder hvor der installeres målere – konstateres gennem forskellen mellem den vandmængde, som værket har leveret, og den vandmængde, som måles hos forbrugerne. Et symptom på utætheder er et stort forbrug i nattimerne. Tabet kan i forsyningsnet med gamle ledningssystemer beløbe sig til 30–40 %, men er oftest omkring 5–10 %.

For at komme dette tab til livs gennemfører mange vandforsyninger en systematisk lækagesøgning. Lækagesøgningen udføres ofte med elektro-akustisk materiel (ventillytning eller terrænlytning) eller med isotopundersøgelser. Systematiske lækagesøgninger ved hjælp af en særlig målevogn gennemføres af Jydsk Teknologisk Institut i samarbejde med Dansk Vandteknisk Forening.

I forhold til omfanget af forsyningsledninger er omfanget af installationer i jord (på privat grund) ret beskedent. Der er derfor i almindelighed ikke basis for systematisk lækagesøgning, når der bortses fra områder med større bebyggelser, hospitaler, plejehjem o.lign. Utætheder kan nu og da spores gennem fugtige områder på jordoverfladen eller på kælderydervægge.

For at lette lokalisering af ledninger i jord bør man altid foretage en omhyggelig indmåling af ledningerne i forbindelse med udførelse.

Ved større anlæg med en omfattende installation i jord kan man placere en hovedmåler så nær tilslutningen til forsyningsledningerne som muligt og ved en hensigtsmæssig placering af bimålere føre kontrol med vandtab fra jordledningerne.

Forsyningsledninger

Systematisk lækagesøgning

Installationer i jord

Målere som kontrolforanstaltning

Ledninger i bygning

Utætte ledninger i bygninger vil som regel hurtigt blive opdaget og blive repareret, før der opstår større skader og vandspild.

En undtagelse fra denne regel er de skjulte ledninger og i denne forbindelse de ledninger, der er placeret således at udsivning ikke umiddelbart erkendes. Det kan f. eks. være ledninger i krybekældre, ingeniørgange og lignende steder.

I installationer, der er forsynet med måler vil det, med en jævnlig kontrol af vandforbruget, kunne afsløres, om der er unormalt store forbrug og måske utætheder.

Utætte armaturer

Utætte armaturer vil næsten altid forekomme i vandinstallationer. Utæthederne skyldes som regel urenheder i ventil-sæder, dårlige pakninger eller lignende forhold. Armaturer bør inspiceres jævnligt.

Aftapningsarmaturer

De armaturer, der giver anledning til de største vandspild, er aftapningsarmaturer i forbindelse med installationsgenstande, hvor udsivet vand bortledes til afløb uden at give anledning til gener og derfor vanskeligt opdages.

Cisterner

Erfaringsmæssigt er det utætte cisterner ved WC'er og urinaler, der medfører de største spildmuligheder. Spildet er ofte så stort, at det klart afsløres ved en regelmæssig måler-aflæsning. I nogle områder vil vandværket, hvis der ved måleraflæsningen konstateres et øget forbrug, gøre forbrugeren opmærksom på det.

Sikring af passende vandtemperatur

Hvis vandet ikke har den ønskede temperatur – varmt eller koldt – ved tapningens begyndelse, vil brugeren være tilbøjelig til at lade vandet løbe, indtil temperaturen er tilfredsstillende. Denne form for vandspild er særdeles udbredt.

Skjulte
ledninger

Sikring af koldtvandstemperatur

Normens krav vedrørende undgåelse af uønsket temperaturstigning tager først og fremmest sigte på ledninger, der fører vand til tapsteder for drikkevand, dvs. til armaturer i køkkener og over håndvaske samt drikkefontæner og lignende.

Den mest almindelige måde til sikring af normkravets overholdelse er isolering af ledninger for drikkevand, hvor de føres gennem opvarmede rum, samt i nicher, rørkanaler og lignende, hvor de fremføres sammen med varme- og varmtvandsledninger. Ledninger, der føres gennem våde rum, f. eks. badeværelser, isoleres dog normalt ikke. Isoleringen kan udføres i henhold til Dansk Ingeniørforenings »Almindelige betingelser for udførelse af isoleringsarbejder ved tekniske installationer«.

Isoleringen kan kun mindske den utilsigtede opvarmning af drikkevandet, så længe vandet strømmer i røret. Når vandet står stille, vil det efter en begrænset tid have samme temperatur som rørets omgivelser. Det kan derfor anbefales, at ledninger for drikkevand føres helt uden om meget varme rum, som f. eks. fyrrum.

Sikring af varmtvandstemperatur

Normens krav om undgåelse af uønsket temperaturfald kan ikke klares med isolering alene – som for koldt vand gælder det, at når vandet står stille i rørene, vil der ske en temperaturudjævning. Varmtvandsledninger bør imidlertid alligevel isoleres, så uønsket varmetilførsel til rummene undgås.

I normens vejledningsstof angives, at kravet indebærer, at der ikke må være længere ventetid end 10 sekunder til normal varmtvandstemperatur opnås. Denne ventetid kan overholdes gennem anvendelse af korte ledninger med lille diameter eller ved cirkulation. Emnet er nærmere behandlet i kapitel 7.

En ventetid på 10 sekunder svarer til følgende maksimale vandspild pr. tapning.

- 1 liter ved håndvask
- 2 liter ved køkkenvask og bruser
- 3 liter ved badekar.

Isolering

Ventetid

Det maksimale
vandspild

Unødvendigt forbrug

Selvom der ikke er stillet et generelt krav om undgåelse af unødvendigt vandforbrug, bør vandinstallationer alligevel indrettes og anvendes således, at dette undgås.

Eksempler på unødvendigt vandforbrug

Ved unødvendigt vandforbrug forstås i denne forbindelse:

- at der anvendes mere vand end nødvendigt til at opnå det ønskede resultat, eller
- at der anvendes drikkevand til formål, hvor der kan anvendes vand af ringere kvalitet, f. eks. søvand eller havvand.

Krav mod unødvendigt forbrug

Ved VA-godkendelse af kombinationsklosetter og separate cisterner til vandklosetter stilles der maksimumskrav til skyllevandsmængden (9 liter). Det er muligt at fremstille klosetter, som skyller rent med meget mindre vandmængde (f. eks. 3 liter), men det er endnu ikke klarlagt, hvor lille en vandmængde, der kan klare transporten gennem afløbsrørene.

Normen stiller som nævnt krav om undgåelse af unødvendigt vandforbrug ved urinalskylning og til teknisk brug.

Oplysning om vandforbrug

Ved VA-godkendelse af vandforbrugende apparatur og maskiner, f. eks. vaske- og opvaskemaskiner, skal der oplyses om vandforbruget. Disse oplysninger kan anvendes ved valg af maskinfabrikat, således at køberen har mulighed for at prioritere et lille vandforbrug i forhold til andre egenskaber.

Foranstaltninger mod unødvendigt forbrug

Unødvendigt vandforbrug kan undgås gennem:

Drikkevand til erhvervsformål

lokale forbud mod brug af drikkevand til erhvervsformål (industrielle processer),

Drikkevand til vanding

lokale forbud mod brug af drikkevand til vanding, og

Vandforbrug i sanitære installationer

begrænsning af vandforbrug i sanitære installationer.

Til de vandbesparende foranstaltninger hører i denne forbindelse også afregning af vandforbrug efter måler.

Vand til erhvervsformål

I mange vandforsyningsområder er der restriktion, når det drejer sig om anvendelse af drikkevand til erhvervsformål. Vandværkerne kan frit indføre sådanne restriktioner, og i mange tilfælde sker det, når vandforsyningskapacitet er begrænset. Restriktionerne kan dog også være indført af mere principielle grunde.

Industriel vandanvendelse

I industrien anvendes drikkevand f. eks. til køling, vask og skylning. Vandet anvendes også direkte i industrielle processer, hvor det kan indgå i de færdige produkter.

Køling

Vandforbruget til køling udgjorde tidligere den største del (ca. 70 %) af industriens vandforbrug. Vandværkssvand bør ikke bruges til køleformål, da det i almindelighed ikke er nødvendigt at anvende vand af en så god kvalitet til dette formål. Det er da også i de senere år lykkedes at nedbringe vandforbruget til køling til ca. 20 %. Man bør, hvor det er muligt, anvende f. eks. havvand eller søvand, hvor tilladelse kan opnås.

Såfremt vandværkssvandet anvendes til køleformål, bør der foretages recirkulation. Det opvarmede vand kan anvendes til opvarmningsformål, eller det kan afkøles i køletårne. Under alle omstændigheder bør kølevandsstrømmen styres automatisk f. eks. af termostatventiler.

Vask, skylning og rengøring

I mange tilfælde er det nødvendigt at anvende vand af en høj renlighedsgrad til rengørings-, vaske- og skylleformål. Det er derfor ofte naturligt at anvende drikkevand til dette formål. Det påregnes, at ca. 70 % af industriens øjeblikkelige vandforbrug går til disse formål. Vandforbrug til skylning af produktionsemner i industrien kan ofte nedbringes betydeligt ved brug af egnede slangemundstykker.

Recirkulation

Også i vaske- og skylleprocesser er det muligt at begrænse forbruget af vandværkssvand. I mange tilfælde udføres disse processer i flere trin, og det bør derfor overvejes, om det er muligt at recirkulere vaske- og skyllevand i et eller flere af de første trin – evt. kombineret med en primitiv rensning.

Vand til vandingsformål

Det kan diskuteres om vandværkssvand bør tillades anvendt til vanding eller ej.

Havevanding

For havevanding gælder det, at vandforbruget hertil udgør en beskeden del af det samlede forbrug, så dette vil kun i få områder danne grundlag for et forbud. Havevandingen kan derimod medføre store spidsbelastninger, hvilket kan gøre, at restriktioner er nødvendige for at sikre det øvrige forbrug. Ofte skyldes restriktionerne, at forsyningsledningerne er for små.

I de områder, hvor havevanding tillades, ville der formentligt kunne opnås besparelse ved indlæring af en bedre vandingsteknik. Med nogle få grundvandinger opnås mere effekt end ved mange mindre vandinger.

Vanding i landbrug og gartneri

Vanding i landbrug og gartneri har en voksende udbredelse. Der anvendes ikke altid vandværksvand, men dog vand, som tærer på de samlede vandressourcer. Såfremt der tages skyldig hensyn til miljøet (søer, åer, grundvandsspejl), så kan vanding være en fornuftig, produktionsforøgende faktor – også selvom der arbejdes med vandbesparelser på andre områder. Det er muligt, at vanding i gartnerier, der fremstiller grøntsager som er spiselige i rå tilstand, i fremtiden skal foretages med drikkevand.

Sanitære installationer

Nybyggeriet

Der er i øjeblikket kun begrænsede muligheder for at gøre en installation vandbesparende gennem dimensionering og komponentvalg. Man kan gennem en omhyggelig beregning sørge for, at der ikke kan tappes mere fra et tapsted end forudsat i normen. Man kan vælge maskiner og installationsgenstande med lille vandforbrug – f. eks. vælge brusere i stedet for kar. Man kan i større badeanlæg vælge trykknappbetjente armaturer, hvilket har vist sig at medføre store vandbesparelser. På længere sigt kan det dog tænkes, at der vil komme en udvikling hen mod komponenter, som giver samme virkning med et mindre vandforbrug.

Vandstrømsregulatorer

En af de nyere metoder til vandbesparelse er anvendelse af vandstrømsregulatorer foran aftapningsarmaturer. En sådan regulator virker på den måde, at den fastholder vandstrømmen til en bestemt størrelse uanset trykket. Metoden har været anvendt i Sverige, mens der i Danmark kun er få erfaringer.

For en ny installation skulle det være unødvendigt at indsætte vandstrømsregulatorer, hvis beregningerne er gennemført efter vandnormen – med mindre der er et stærkt svingende vandtryk på stedet. I eksisterende installationer, hvor der er mulighed for at tappe større vandstrømme end forudsat i normen, kan der være store besparelsesmuligheder ved brug af vandstrømsregulatorer. Som et eksempel på egnede anvendelsesmuligheder kan nævnes brusere i større badeanlæg. Man bør være opmærksom på en mulig risiko for tilkalkning.

Husholdningerne

Der vil i husholdningerne kunne spares meget vand, hvis man bevidst går ind for det – der er dog ikke egentlige sparekampagner i sigte. Som spareråd kan i denne forbindelse foreslås følgende:

Kontroller installationerne, haner, WC'er og ledninger for utætheder, og lad straks eventuelle utætheder afhjælpes. Der bør vælges vandklosetter, der kan skylle med en lille vandmængde (max. 6 liter).

Vær ved valg af vaske- eller opvaskemaskine også opmærksom på maskinens vandforbrug.

Vand have med kande.

Vask bilen med spand i stedet for med slange.

Vask op og skyl af i balje og ikke under rindende vand.

Tag brusebad i stedet for karbad.

Måling af vandforbrug

Direkte vandbesparelser

Det har vist sig, at man i områder med afregning efter vandmåler har et klart mindre forbrug pr. person, end hvor der ikke måles. Dette burde føre til, at der overalt blev anvendt målere, hvilket vandforsyningsloven giver de enkelte vandforsyninger hjemmel til at kræve.

Andre fordele

Indførelse af vandmålere hos de enkelte brugere medfører – udover den direkte forbrugsbegrænsende virkning – en række muligheder for at opdage vandspild. Vandværket kan f. eks. måle tabet i ledningsnettet for at undersøge behovet for lækagekontrol. Vandspild hos brugerne – f. eks. hidrørende fra utætheder – vil kunne opdages ved de regelmæssige aflæsninger og bringes hurtigt til ophør.

Kapitel 21

Måling af vandforbrug

Generelt

Normens krav

Normen stiller ikke krav om, at måler skal installeres, men vandinstallationer skal udføres på en sådan måde, at der er mulighed for at måle vandforbruget.

Vandforsyningsloven

Ifølge vandforsyningsloven har den stedlige myndighed (vandforsyningen, vandværket) hjemmel til at kræve, at der installeres målere. En stor del af vandforbruget til husholdninger afregnes efter måler.

Afregningsformer

Betaling af vandforbruget kan ske på følgende måder:

Betaling efter forbrugt vandmængde. Måler kræves opsat. Fast afgift, der kan beregnes som et fast beløb pr. husstand eller den kan afhænge af installationens størrelse (antallet af tapsteder). I disse tilfælde kræves måler normalt ikke opsat.

Kombineret afgift, dvs. dels en fast afgift (målerafgift) og dels betaling efter forbrugt vandmængde. I disse tilfælde kræves måler opsat.

I nogle forsyningsområder inkluderes i vandafgiften et bidrag til rensning af spildevand. Det er i visse tilfælde muligt at få tilladelse til at lade forbruget fra de dele af en installation, som ikke har afløb til kloak (f.eks. vandringsanlæg), afregne efter en separat måler til lavere takst.

Målertyper

Myndigheden afgør, hvilken målertype, der skal anvendes. Der arbejdes normalt med målere af følgende typer:

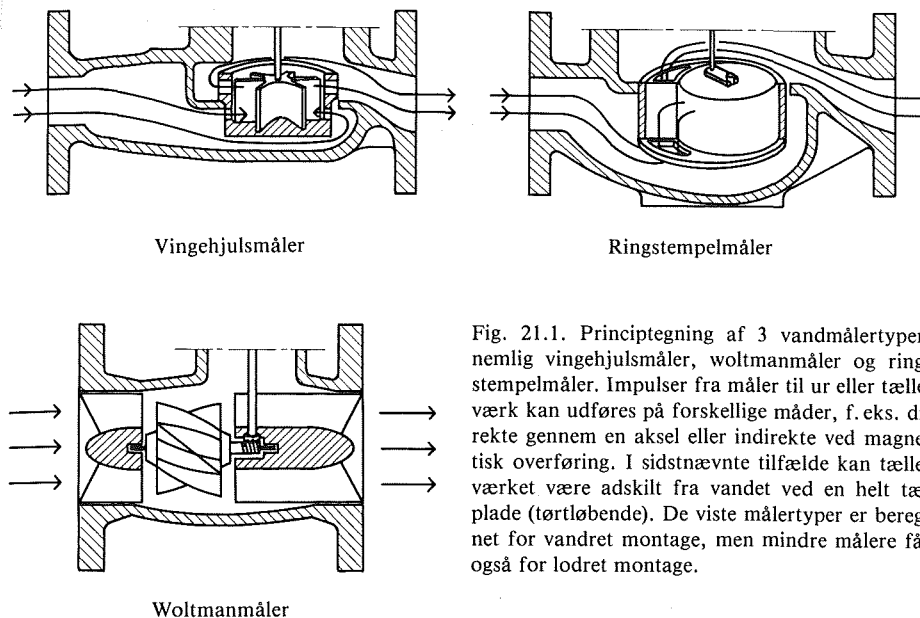


Fig. 21.1. Principtegning af 3 vandmåler typer, nemlig vingehjulsmåler, woltmanmåler og ringstempelmåler. Impulser fra måler til ur eller tællerværk kan udføres på forskellige måder, f.eks. direkte gennem en aksel eller indirekte ved magnetisk overføring. I sidstnævnte tilfælde kan tællerværket være adskilt fra vandet ved en helt tæt plade (tørtløbende). De viste målertyper er beregnet for vandret montage, men mindre målere fås også for lodret montage.

Vingehjulsmålere
Woltmanmålere
Volumenmålere.

Vingehjulsmålere

Vingehjulsmålere er i princippet konstrueret som vist på fig. 21.1.

Målenøjagtighed

Vingehjulsmålere har den svaghed, at små vandstrømme – afhængige af målerstørrelsen – kan passere måleren, uden at vingehjulet drejer sig. På fig. 21.2 er vist et eksempel på en vingehjulsmålers nøjagtighedskurve. Det ses, at for de mindste vandstrømme (under 5 % af den maksimale belastning) er unøjagtigheden størst.

Kombinationsmålere

For at undgå stor unøjagtighed ved små vandstrømme anvendes i mange tilfælde de såkaldte kombinationsmålere. En kombinationsmåler er i princippet to sammenbyggede målere, en stor og en lille, med automatisk omkobling styret af vandstrømmen.

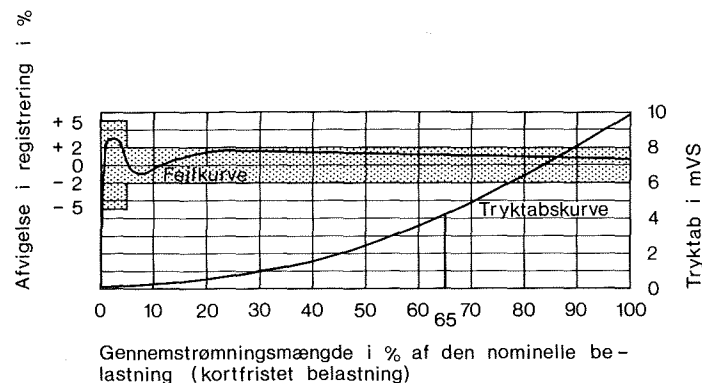


Fig. 21.2. Typisk nøjagtighedskurve for vingehjulsmålere. Det skraverede område angiver det tilladte unøjagtighedsområde for vandmålere. Den viste tryktabskurve svarer til det tryktab, der iflg. normen skal regnes med i målere. Tryktabet i måleren må ikke være større end svarende til kurven. For woltmanmålere og for mange nyere vingehjulsmålere er trykfaldet væsentligt mindre.

Woltmanmålere

Woltmanmålerens princip er vist i fig. 21.1. Det ses, at vandstrømmen drejer et lille turbinehjul, hvis bevægelse kan overføres til tælleværket. Målenøjagtigheden svarer til vingehjulsmålerens. Woltmanmåleren kan indgå i en kombinationsmåler, som f.eks. kan være dannet af en stor woltmanmåler og en lille vingehjulsmåler. Woltmanmålere anvendes som regel kun i større installationer.

Volumenmålere

Volumenmålere kan udføres efter forskellige principper, men ofte som den fig. 21.1 viste ringstempelmåler.

Volumenmålere er karakteriseret derved, at de for hver omdrejning lader et ganske bestemt volumen vand passere måleren. Dette medfører en større nøjagtighed, også for små vandstrømme. En ringstempelmåler har normalt en målenøjagtighed, som er bedre end 1% i hele sit måleområde.

Måling af varmtvandsforbrug

Måling af varmtvandsforbrug kan ske med målere af de nævnte konstruktioner. Man skal blot sikre sig, at måleren

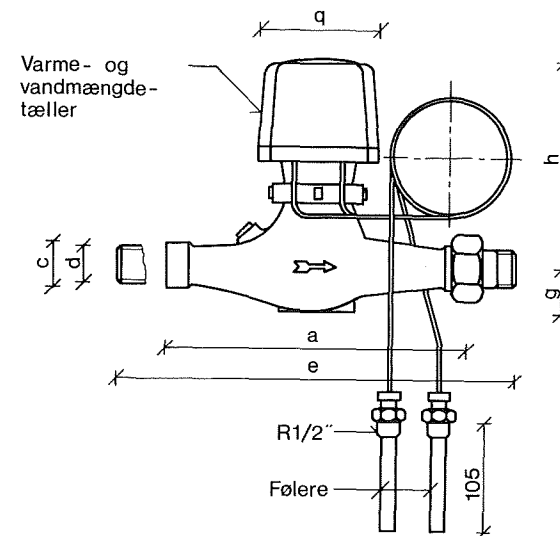


Fig. 21.3. Vandmåler med udstyr til måling af varmemængde.

fås i en udførelse for varmt vand. Almindelige vingehjulsmålere til koldt vand kan normalt ikke anvendes til varmt vand.

Varmemængde

Hvis man ønsker at registrere varmemængden – og ikke blot vandmængden – så kan flere målere udstyres med temperaturfølere og en anordning, der kombinerer målingen af temperatur og vandstrøm. En sådan måler er vist i fig. 21.3. Måling af varmtvandsforbrug ved de enkelte tapsteder kan også foretages med fordampningsmålere, der dog ikke er særligt nøjagtige.

Dimensionering af målere

Tryktab i måler

Målerstørrelse vælges normalt ud fra størrelse af tryktab over måler ved den sandsynlige vandstrøm. Dette vil dog også indebære, at måleren anvendes over et område med en rimelig god nøjagtighed.

Normvejledning

Normens vejledning angiver, at tryktabet ikke må overstige 40 kPa ved den største sandsynlige vandstrøm svarende til, at den største sandsynlige vandstrøm ikke overstiger 65% af målerens nominelle størrelse.

Bimålere

I nogle installationer er man interesseret i, at forbruget i en del af installationen måles separat. I disse tilfælde afgøres målerstørrelse og -type af den projekterende. Bimålere kan lejes hos nogle af vandværkerne.

I større bygninger bør der altid opsættes måler (bimåler) for varmtvandsinstallationen, dvs. på tilgangen til varmtvandsbeholderen. Cirkulationsvandet må ikke føres gennem måler.

Fastlæggelse af målerstørrelse

Nominel målerstørrelse

Ved dimensionering af målere beregnes den nominelle målerstørrelse. For den aktuelle installation beregnes den største sandsynlige vandstrøm q_s l/s som angivet i kap. 5 og 6.

Den beregningsmæssige målerstørrelse M

Den beregningsmæssige målerstørrelse M , der angives i m^3/h , beregnes som

$$M = q_s \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \frac{100}{65} = \text{ca. } 5,54 \cdot q_s \text{ m}^3/\text{h} \quad (21.1)$$

idet q_s ikke må overstige 65 % af den maksimale målerstørrelse.

Den virkelige størrelse

Når den beregningsmæssige målerstørrelse er fundet, vælges den nærmeste større nominelle målerstørrelse. Af hensyn til ønsket om at opnå størst mulig nøjagtighed bør måleren ikke overdimensioneres mere end nødvendigt.

Nominelle målerstørrelser

Vingehjulsmålere og volumenmålere findes i følgende nominelle målerstørrelse: (1), 3, 5, 7, 10, 20 og 30 m^3/h , se fig. 21.4. Målere med nominelstørrelse 1 m^3/h anvendes kun sjældent i vandinstallationer.

Nogle fabriker fremstiller målere med en så god målenøjagtighed ved små vandstrømme, at f.eks. en 5 m^3/h -måler kan bruges i en installation, der kun har behov for en 3 m^3/h -måler. Det medfører at tryktabet i måleren i en »3 m^3/h -installation« bliver meget mindre, hvis der anvendes en sådan 3/5 m^3/h -måler, end hvis der anvendes en 3 m^3/h -måler. Målere med et på denne måde udvidet måleområde benævnes f.eks. 3/5 og 7/10 m^3/h -målere.

Det bemærkes, at uanset ovenstående beregning af målerstørrelsen er det myndighederne, vandværket, der bestemmer målerstørrelsen.

Eksempel 21.1 Beregning af målerstørrelse til et enfamiliehus

I henhold til kap. 6 kan summen af normalstrømme i et enfamiliehus sættes til $\Sigma q_n = 1,6$ l/s. Hertil svarer en sandsynlig vandstrøm på $q_s = 0,51$ l/s. ($q_{n,max.} = 0,3$ l/s). Den beregningsmæssige målerstørrelse beregnes som $M = 5,54 \cdot 0,51 = 2,82$ m^3/h . Der bør således vælges en måler med nominel målerstørrelse på 3 m^3/h , evt. 3/5 m^3/h .

Tryktabet i måleren kan findes i fig. 21.4.

For 3 m^3/h -måler : tryktab ca. 40 kPa.
For 3/5 m^3/h -måler : tryktab ca. 13 kPa. (21.2)

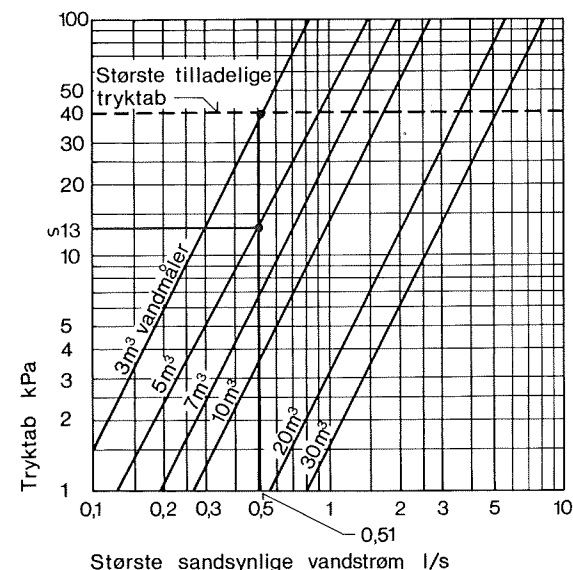


Fig. 21.4. Tryktab i vingehjulsmålere som funktion af vandstrøm. Diagrammet anvendes efter normen til valg af målerstørrelse. Det indtegnede eksempel indgår i eksempel 21.1.

Størrelse af woltmanmålere

Dimensionering af woltmanmålere foretages normalt af myndighederne (vandværket) ud fra den ønskede nøjagtighed i det aktuelle måleområde.

Normalt må den sandsynlige vandstrøm q_s ikke overstige den maksimalt tilladelige kortvarige belastning for den aktuelle måler. Woltmanmålere anvendes som regel kun i større installationer.

Målerplacering

Normens krav

Måleren anbringes så tæt ved stikledningens indføring som muligt og sådan, at måleren er let at aflæse og udskifte og er beskyttet mod frost, utilsigtet opvarmning og skadelige ydre påvirkninger.

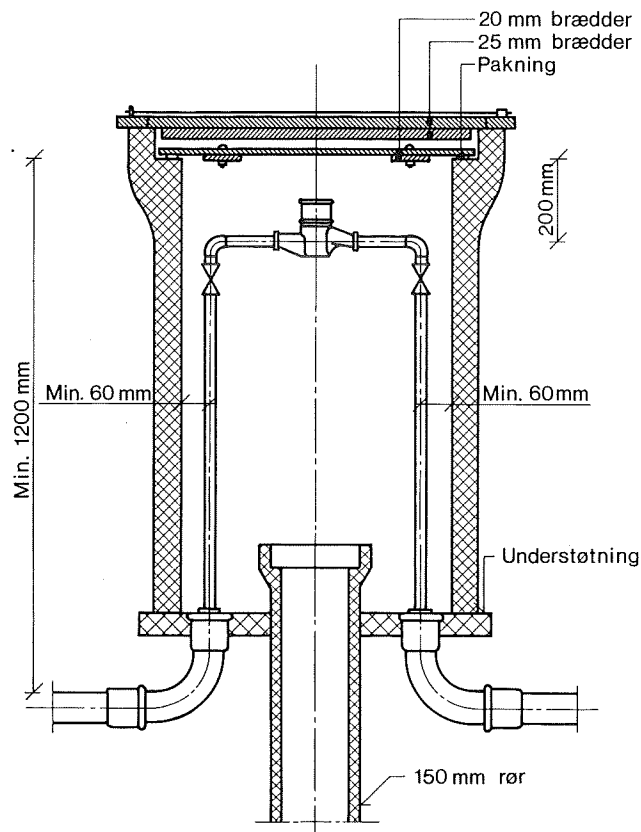


Fig. 21.5. Cirkulær målerbrønd. Konstruktionen kan anvendes for målere med nominal målerstørrelse op til 10 m³/h.

Hvor vandværket ikke forlanger måler opsat straks, udføres installationen dog sådan, at den ikke skal ændres væsentligt ved eventuel senere måleropsætning.

Måleren anbringes så vidt muligt i bygning. Hvor dette ikke kan lade sig gøre, anbringes den i målerbrønd så tæt ved stikledningens eller jordledningens indføring som muligt.

Målerbrønde

Mindre målere (op til 10 m³/h) kan placeres i en målerbrønd som vist på fig. 21.5 og fig. 21.6. Større målere placeres i målerkasse efter vandværkets anvisninger.

Målere i bygning

Målere, der anbringes i bygning, anbringes i et tilgængeligt rum og med frie afstande fra gulv, væg og loft som angivet i fig. 21.7.

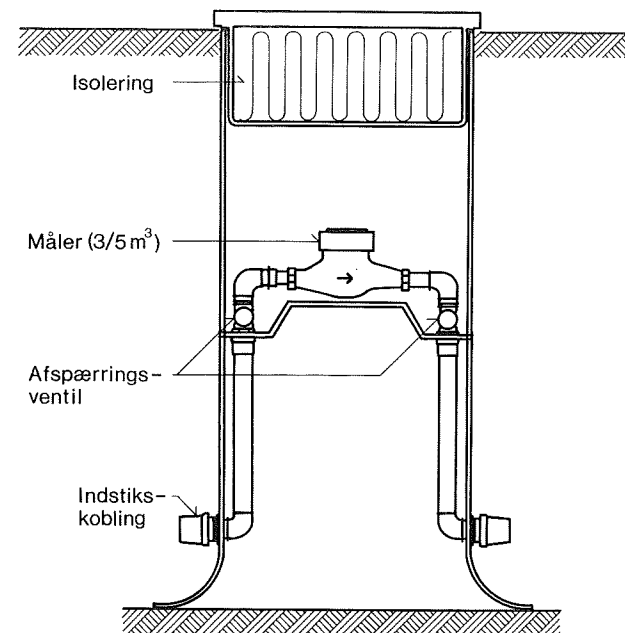
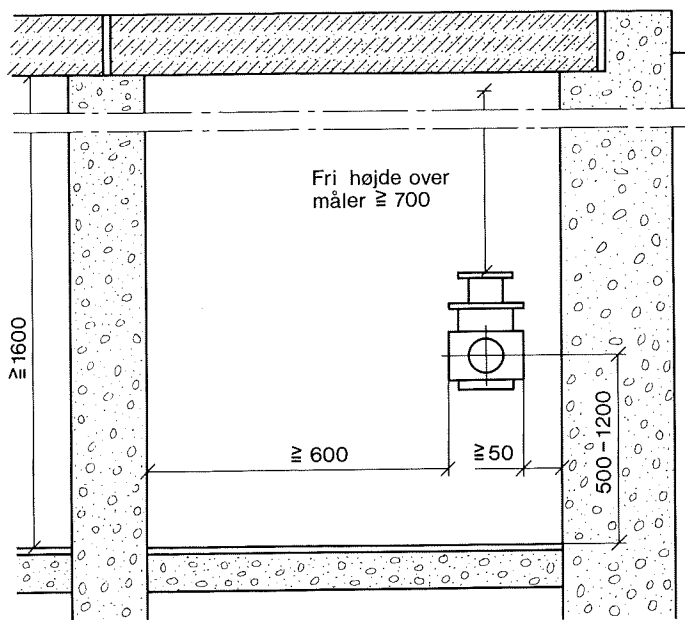


Fig. 21.6. Præfabrikeret målerbrønd af PVC (Scan-Valve).



Alle mål i mm

Fig. 21.7. Måler i bygning. Skitsen angiver de fri afstande, der iflg. normen er nødvendig for bekvem aflæsning af måler.

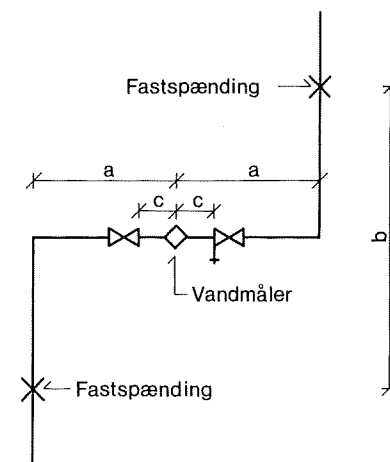
Målerarrangement

Normvejledning

Normens vejledning angiver, at måleren anbringes vandret mellem to afspærringsventiler, der skal have samme dimension som de tilsluttede ledninger, og der anbringes en aftapningsventil mellem de to afspærringsventiler. Afspærringsventilerne bør ikke give anledning til turbulens.

Installationen udføres med sådanne ekspansionsmuligheder, at måleren kan udtages af installationen. Det kan enten ske ved fleksible rørstrækninger som vist på fig. 21.8 eller ved indbygning af ekspansionsstykker.

Ved målere på 50 mm og derover skal der før måleren være en lige rørstrækning på mindst $10 \times$ målerdimensionen. Ved målerdimensionen forstås dimensionen på forskruninger eller tilslutningernes maksimale diameter. På denne rør-



- a max 0,4
- b min 1,0m for rørdimensioner op til 32 mm
- b min 1,8m for rørdimensioner større end 32 mm
- c min $2 \times$ målerdimension

Fig. 21.8. Målerplacering med ekspansionsmulighed. Ved målerdimensioner på mere end 50 mm skal a være mindst $10 \times$ målerdimensionen.

Udluftning

Måler for lodret montering

Særlige målerarrangementer

strækning er det dog tilladt at anbringe ventiler, der i fuldt åben stilling ikke giver anledning til turbulens. Afstanden til ventiler skal dog være mindst $2 \times$ målerdimensionen.

For woltmanmålere kan der evt. være særlige regler for udluftning af måleren. Der henvises til fabrikanternes anvisninger.

Normens vejledning angiver, at måler anbringes vandret. Der skal gøres opmærksom på, at der findes målertyper, der er beregnet til lodret montage, og at disse tillades anvendt i nogle forsyningsområder.

Hvis en ejendom forsynes gennem to eller flere stikledninger, der er indbyrdes forbundet, anbringes kontraventiler ved målerne, så returstrømning forhindres.

I ejendomme, der ikke kan tåle afbrydelse i vandforsyningen ved udskiftning af måler, kan installationen udføres med to parallelle målerpladser, hvori der kun anbringes én måler. Den anden målerplads afblændes.

Særlige forhold

Brandsluknings-
anlæg

Umålt forbrug

Anlæg med brandhaner, overrislingsanlæg samt sprinkleranlæg udføres med eget selvstændigt ledningsnet uden måler, medens anlæg med brandventiler og slangevindere kan være anbragt på ledning efter måler; der må i så fald ved dimensionering af ledninger og måler tages hensyn hertil. Fra anlæg uden måler må der kun aftages vand i brandtilfælde bortset fra det til afprøvning af anlægget og eventuel fornyelse af vandet nødvendige forbrug.

Kapitel 22**Vandinstallationers arrangement og tilrettelæggelse****Generelt**

Som det fremgår af denne anvisnings øvrige afsnit er der mange hensyn at tage, når en vandinstallation skal tilrettelægges. Alle installationer er i den færdige udgave et kompromis af alle de hensyn, der skal tages, og der kan derfor ikke gives en anvisning på, hvordan den helt rigtige vandinstallation udformes i de enkelte tilfælde.

Tilrettelæggelsen kan hensigtsmæssigt opdeles i tre trin:

Forundersøgelse

Programmering

Projektering

og der vil i det følgende blive anført de vigtigste forhold, der skal vurderes under disse tre trin.

Forundersøgelse

Det er ofte de ydre betingelser, der er afgørende for en vandinstallations udformning. Det er derfor nødvendigt at foretage en omhyggelig undersøgelse af primært muligheder og betingelser for tilslutning til en forsyningsledning, og sekundært af de øvrige ydre betingelser, f.eks. højdeforhold, jordbundsforhold, eksisterende bygninger, krav om brandslukningsanlæg osv.

Tilslutningsforhold

I det følgende behandles kun de tilfælde, hvor tilslutning til en forsyningsledning er mulig. I mange tilfælde, især uden for egentlige byområder, vil det være nødvendigt helt eller delvist at udføre sin egen vandforsyning. Om betingelserne

Faseopdeling

Egen
vandforsyning

herfor skal her blot henvises til DIF's »Vandforsyningsanlæg for enkeltejendomme« [3.2] og til forhandling med myndighederne.

Forsynings-
ledningers
placering

Ved forundersøgelsen bør den nøjagtige beliggenhed af forsyningsledningerne bestemmes. Placeringen af disse i forhold til grunden er af afgørende betydning for tilrettelæggelsen af vandinstallationen. De nødvendige oplysninger vil normalt kunne fås hos myndighederne, der ligeledes vil kunne oplyse om krav om placering af stikledning, eventuelt om eksisterende stikledninger skal benyttes.

Andre ledninger

Hvor forsyningsledningen er placeret i gade eller vej, bør andre ledninger også lokaliseres. Placering af hovedafløbsledninger, fjernvarmekanaler, elkabler mv. har ofte stor betydning for de praktiske muligheder for indføring af stikledninger.

Forsynings-
ledningers
materiale og
dimension

Oplysning om forsyningsledningers materiale og dimension bør også indhentes. Dette har dels betydning ved en vurdering af trykforhold, og dels kan den være afgørende for selve tilslutningens udførelse, dvs. om der kan anbores, eller om tilslutning skal ske ved indsætning af et T-stykke.

Forsyningstryk

Forsyningstrykket og dets variation med tiden er grundlaget for ledningsnettets dimensionering, og man bør skaffe sig de bedst mulige oplysninger herom.

Laveste normale
forsyningstryk

Ved forespørgsel hos myndighederne vil man normalt kunne få oplyst det laveste normale tryk (p_{ln}), der som anført i kap. 5 er udgangspunkt for dimensioneringen. Trykket opgives traditionelt i meter vandsøjle over terræn, men der er ingen faste regler for trykopgivelserne. Man kommer f.eks. ofte ud for, at trykket opgives som en trykkote, og for at undgå misforståelser, bør man altid udbede sig oplysningerne skriftligt. Uanset hvorledes trykket opgives, er det det disponible trykfald Δp_{disp} , se kap. 5, der bestemmer ledningsnettets dimensioner, evt. afgør om der skal udføres et trykforøgeranlæg.

Måling af
forsyningstryk

Såfremt myndighederne ikke er i stand til at opgive forsyningstrykket, må man skaffe sig oplysningerne ved måling.

I almindelighed er måling af trykket en besværlig udvej. Ifølge definitionen på det laveste normale tryk, p_{ln} , er det faktiske tryk større end p_{ln} i 99 % af tiden. Vil man derfor

skaffe sig den korrekte værdi af p_{ln} , er man henvist til at måle i lang tid og registrere trykket ved hjælp af skrivere. Det er ikke alene døgnvariationerne, der har interesse, også variationerne gennem året bør man skaffe sig klarhed over. Man kan f.eks. komme ud for meget lave forsyningstryk i perioder, hvor der foregår havevandning. Se kap. 5-6.

Hviletryk

Man må gøre sig klart, at de ovennævnte trykopgivelser og målinger er foretaget, mens der ikke tappes vand i den planlagte installation. Det er hvad man kunne kalde hviletrykket, der opgives.

Tapprøve

Hvis der i den planlagte installation vil forekomme store sandsynlige vandstrømme, f.eks. hvor der udføres sprinkleranlæg, vil det være nødvendigt at skaffe sig oplysning om trykforholdene under forudsætning af disse store forbrug. Der skal i så tilfælde udføres en egentlig tapp prøve med samtidig trykmåling. Målingerne foretages normalt af myndighederne og ofte på en nærliggende brandhane.

Vandkvalitet

Der bør indhentes oplysninger om vandets beskaffenhed. Det er primært de kemiske egenskaber, der har interesse og især vandets hårdhed og indhold af kuldioxid. Der henvises til kap. 13 om vandbehandling og til kap. 19 om korrosionsforhold.

De kemiske egenskaber har betydning bl.a. ved valg af materialer, korrosionsbeskyttelsens form, blødgøringsanlæg mv.

Myndighederne vil normalt kunne give oplysninger om vandets egenskaber. Der skal gøres opmærksom på, at egenskaberne kan ændres væsentligt med tiden. Der kan f.eks. være sæsonmæssige svingninger, ligesom ibrugtagning af nye borer kan ændre vandets kvalitet.

Tilslutningsbetingelser

Myndighederne stiller ofte krav af økonomisk og teknisk art, når en vandinstallation skal tilsluttes forsyningsledningen. Der må i hvert enkelt tilfælde søges oplysning om disse betingelser hos myndighederne.

Ved tilslutningen kræves normalt betalt en tilslutningsafgift. Beregningen af dennes størrelse varierer fra sted til sted og kan bl.a. afhænge af grundens størrelse, bruttoetage-

Tilslutnings-
afgifter

Forbrugsafgifter	arealet, antal lejligheder, det forventede forbrugs størrelse osv. i nogle kommuner stilles krav om, at selve tilslutningen til forsyningsledningen og stikledningen udføres af kommunen selv, normalt for byherrens regning.
Målere	I kommuner, hvor der ikke kræves opsat måler, betales normalt en fast årlig afgift. Beregningsgrundlaget for denne kan have betydning for tilrettelæggelsen af vandinstallationen, specielt i de tilfælde, hvor afgiften er bestemt af antallet af tapsteder o. lign.
Særlige målere	I kommuner, hvor vandforbruget betales efter forbrugets størrelse, dvs. at der kræves opsat måler, kan der være store forskelle i m ³ -prisen fra sted til sted. En af årsagerne hertil er, at det i de senere år er blevet almindeligt, at m ³ -prisen tillægges et beløb svarende til udgifterne til rensning af den tilsvarende mængde spildevand.
Bimålere	Såfremt der i en vandinstallation aftappes vand, der ikke bortledes gennem afløbssystemet, men anvendes i en produktion (f.eks. vandingsanlæg), kan der undertiden med myndighedernes godkendelse opsættes en særlig måler, således at vandforbrug til sådanne anlæg kan afregnes til særpris. Myndighederne vil i så fald stille særlige krav om opdeling af installationen.
	Det vil ofte være aktuelt at vandforbruget i dele af installationen måles særskilt. F.eks. opsættes ofte bimålere ved møntvaskerier i beboelsesejendomme.
	<i>Ydre forhold</i> Foruden at undersøge tilslutningsforholdene og -betingelserne er det nødvendigt at skaffe sig et nøje kendskab til selve grunden, især med henblik på udførelsen af ledninger i jord.
Højdeforhold	Det er af stor betydning at have et nøje kendskab til terrænets og bebyggelsens højdeforhold. I de fleste tilfælde vil det være nødvendigt at få foretaget et nivellement.
Terræn	Såfremt frostsikring af jordledningerne foretages ved lægning i frostfri dybde, må man have kendskab til højdeforholdene både på tidspunktet for udførelsen og til det færdige terræn, idet ledningerne skal være frostsikret under alle forhold (se kap. 16).

Bygninger	Bygningernes højdeforhold er afgørende for dimensioneringen, og det er derfor nødvendigt at kende den højdemæssige placering i terrænet, etagehøjder osv., således at dimensioneringen kan foretages.
Koter	Det kan anbefales, at alle højder af terræn og eksisterende bygninger indmåles i samme system dvs. med samme referenceniveau. Dette referenceniveau bør være »Dansk Normal Nul« (DNN), og højder med dette referenceniveau kaldes »koter«. Nye bygninger og deres vandinstallationer bør målsættes i samme system.
	Der kan anvendes andre referenceniveauer, f.eks. terræn over forsyningsledningen, men DNN (koter) bør foretrækkes. Se iøvrigt kap. 5 og 6.
Jordbund	I hvert fald ved større projekter er et nøjere kendskab til jordbundens beskaffenhed nødvendigt. En ikke-bæredygtig jord kan ofte medføre store udgifter til særlige funderingsforanstaltninger. Ligeledes kan aggressive jordarter betinge særlige materialekrav.
Grundvand	Hvis jordledninger placeres under grundvandsspejlet, skal der i mange tilfælde træffes særlige foranstaltninger. Under udførelsen skal man sikre sig mod forurenede vands indtrængning i ledningerne, og i særlige tilfælde skal ledningerne opdriftssikres.
Forhindringer i terrænet	Forinden udførelsen af jordledningerne bør man sikre sig, at den planlagte føring er praktisk mulig. Af mulige forhindringer i terrænet kan nævnes: Eksisterende bygninger og ledninger, søer eller blot små vandhuller, træer, olietanke, terrænelægninger, andre ledninger, fundamenter osv.
	Programmering Ved programmering af en vandinstallation forstås i denne forbindelse, at man skaffer sig klarhed over hvilke krav, der skal stilles til vandinstallationen, ikke blot på udførelsetidspunktet, men i en rimelig til fremover. Der kan skelnes mellem eksisterende installationer, planlagte installationer og fremtidige installationer.

Eksisterende installationer

Ændring af
eksisterende
installation

Ved udførelsen af nyanlæg vil man ofte være nødt til at kombinere eventuelle eksisterende installationer med den nye vandinstallation. Man skal i så tilfælde være opmærksom på det forhold, at myndighederne har ret til at kræve den eksisterende vandinstallation bragt i overensstemmelse med den nye norm. Dette forhold vil dog i almindelighed ikke medføre de store ændringer, da den nye norm primært er baseret på funktionskrav. En eksisterende installation, der har fungeret tilfredsstillende, skal ikke ændres, såfremt alle den nye norms sikringsbestemmelser (normens kap. 5) er opfyldt. Der skal dog specielt gøres opmærksom på, at bygningsreglementets (og normens) grænser for støjniveauet skal overholdes for såvel den eksisterende som for den nye installations vedkommende.

Opmåling

I mange tilfælde vil det være nødvendigt at foretage en opmåling og optegning af den eksisterende installation. I dimensioneringen af den kombinerede installation indgår jo også de eksisterende tapsteders antal og normalvandstrømme. Det kan anbefales, at man ved udvidelse af eksisterende installationer i videst muligt omfang får oplysninger om brugernes (evt. dårlige) erfaringer med installationen og tager hensyn til disse ved projekteringen af nyanlægget. Der kan f.eks. være tale om store kalkafsætninger, utilstrækkelige varmtvandsydeler eller -cirkulation, frostfarlige ledningsstrækninger osv.

Brugererfaringer

Planlagte installationer

Forinden man påbegynder den endelige detailprojektering skal man skaffe sig et nøje kendskab til brugernes ønsker om kapacitet og omfang af den planlagte installation, og af påtænkte udvidelser. Der kan næppe gives en fuldstændig checkliste omfattende alle former for tapsteder og vandbehandlingsanlæg, men i det følgende vil der blive angivet en række tapsteder mv., som findes i mere eller mindre udstrakt grad i de mest almindelige installationstyper.

Boliger o.lign.

For boligers, plejehjems o.lign. vedkommende er de krav, der stilles til vandinstallationerne almindeligvis ret traditionelle. Det gælder i hvert fald så længe der er tale om in-

stationer for, hvad der kan kaldes almindeligt husholdningsforbrug (personlig hygiejne, madlavning og vask).

Alm. hushold-
ningsforbrug

De almindeligste tapsteder for vand til alm. husholdningsforbrug er:

	Koldt vand	Varmt vand
Håndvask	×	×
Bruser	×	×
Badekar	×	×
Bidet	×	×
WC	×	
Svømmebassin	×	
Køkkenvask	×	×
Udslagningsvask	×	×
Opvaskemaskine	×	og/eller
Vaskemaskine	×	og/eller
Havevanding	×	
Kedelpåfyldning	×	eller
Frie tapsteder*)	×	og/eller
Befugtningsanlæg	×	
Blødgøringsanlæg	×	og/eller

*) f.eks. til fyldning af spande o. lign.

Varmtvands-
temperatur

I en almindelig husholdning kan man ofte klare sig med en varmtvandstemperatur på max. 40–45 °C, hvor man traditionelt altid har dimensioneret for 55 °C. Varmtvandstemperaturen kan specielt reduceres, hvor al vask og opvask foregår i maskiner med indbyggede varmelegemer. Se i øvrigt kap. 7.

Andre forbrug

I erhvervsvirksomheder, institutioner osv. optræder, foruden de tidligere anførte, en lang række andre forbrugsmuligheder og -mønstre.

Vand til
erhvervsformål
o.lign.

Når kravene til vandinstallationens omfang og kapacitet skal fastlægges for en erhvervsvirksomhed, vil man ofte komme ud for ønsker om, at drikkevand anvendes til egentlige erhvervsformål. Der kan f.eks. være tale om, at vandet ønskes anvendt til køleformål, til levnedsmidler, til store vaskeanlæg og vandingsanlæg etc. Man må i så tilfælde forhandle med myndighederne om mulighederne for at dække disse forbrug via vandforsyningen. Det er muligt, at det of-

Forsynings-
sikkerhed

fentlige hverken kan eller vil dække disse forbrug, og man er så henvist til at anvende mindre vandkrævende produktionsmetoder, at udføre egne indvindingsanlæg, at få tilkørt vand udefra eller lignende.

Ved programmeringen bør man gøre sig klart, at en vandforsyning helt eller delvist kan svigte i visse perioder. På sygehuse og i visse erhvervsvirksomheder vil afbrydelser i mange tilfælde ikke kunne tolereres, og det vil være nødvendigt at udføre særlige anlæg for at sikre sig mod afbrydelser. Her kan f.eks. være tale om anlæg af reservoirer eller egne indvindingsanlæg.

Samtidighed

Når der er tale om andet end, hvad der kan kaldes almindelige forbrug, bør det undersøges nøjere, om der forekommer systematisk benyttede tapsteder. Dimensioneringen af en installation, hvori der forekommer systematisk benyttede tapsteder, er behandlet i kap. 5, og her skal blot nævnes nogle af de installationstyper, hvori der almindeligvis forekommer sådanne:

Vaskerianlæg

Vaskeanlæg

Badeinstallationer i fabrikker, sporthaller, skoler og lign.

Større køkkener

Hoteller etc.

Fremtidige installationer

Ved planlægningen af en vandinstallation vil det være hensigtsmæssigt at tage hensyn til en fremtidig udvidelse af installationen. Det kan være svært at forudse omfanget af fremtidige udvidelser, men et par enkelte forhold skal der dog peges på.

Installationer i boliger bør dimensioneres så rigelige, at installationer for vaske- og opvaskemaskiner kan udføres uden store ændringer af installationerne.

Stikledninger og øvrige ledninger i jord bør dimensioneres rigelige (f.eks. kan stikledningens dimension vælges større end forsyningsledningens). Ledninger, der forsyner brandhaner bør være mindst 100 mm.

Utilgængelige ledninger (specielt fordelingsledninger) bør undgås.

Projektering

Generelt

Når forundersøgelser og programmering er tilendebragt, bør man foretage en samlet vurdering af den planlagte vandinstallation. Specielt bør man skaffe sig overblik over i hvilket omfang, der kræves særlige foranstaltninger, f.eks. trykforøgning, blødgøringsanlæg, tilbagestrømningssikringer, særlige opdelinger af anlægget, brandtekniske foranstaltninger (f.eks. udvendige brandhaner).

Fremføringsveje for vandinstallationens vigtigste ledninger fastlægges efter følgende retningslinier:

Stikledninger og ledninger i jord gøres, under hensyntagen til placering af måler og eventuelle installationscentraler, så korte som muligt.

Måler placeres så tæt ved ledningens indføring i bygning som muligt. Vedrørende krav til målers placering, se kap. 21.

De største fordelingsledninger føres så tæt til eventuelle installationsgrupper som muligt.

Af hensyn til reparationer opdeles anlæg i rimeligt afgrænsede zoner.

Ledningernes tilgængelighed skal være så god som mulig.

Installationens projektering vil i det følgende blive opdelt i

Rørføring

Installationens
enkelte dele

Stik- og jordledning

Vandmåler

Installation i bygning

Ledningers anbringelse i bygninger.

Projektering af stik- og jordledninger

Stikledningen går fra forsyningsledningen til grundgrænse, mens den jordledning der går fra grundgrænse til bygning, benævnes »jordledning på privat grund«.

Stikledninger

Bygningsmyndighederne har ofte en række krav til udførelse af en ejendoms stikledning(er). Stikledningen – dvs. jord-

	ledningen udenfor grundgrænsen – er ikke omfattet af normen.
Tilslutningssteder	Forsyningsledningernes kapacitet (dimension og tryk) kan være afgørende for, hvor der kan tilsluttes. Har en ejendom flere tilslutningsmuligheder (f.eks. ved hjørneejendomme) kan myndighederne bestemme, hvor der skal tilsluttes. Normalt er man dog frit stillet i sit valg af tilslutningssted(er), således at hensynet til vandinstallationen tilgodeses.
Antal stikledninger	Antallet af stikledninger bør bl.a. af hensyn til de besværlige ledningsarbejder i vejarealet begrænses, og der vil kun undtagelsesvis blive givet tilladelse til mere end ét stik pr. ejendom af myndighederne. I praksis kan dette forhold formuleres som »ét stik pr. installation«, også af den grund at der ikke via en vandinstallation må skabes forbindelse mellem to (eller flere) stikledninger, med mindre der monteres kontraventiler.
Store ejendomme	Undtagelsesvis kan der gives tilladelse til indføring af flere stik ved meget store ejendomme (bebyggelser). Der bør dog kun indføres flere stik, hvor bebyggelsen omfatter flere bygninger, således at der er en klar opdeling af installationen (»ét stik pr. installation«).
Sprinkleranlæg o.lign.	Et af de tilfælde, hvor der gives tilladelse til flere stik, er hvor der udføres brandslukningsanlæg, f.eks. sprinkleranlæg, der efter Dansk Brandforsikrings Forenings regler i de fleste tilfælde kræver et separat stik. Om de særlige regler for tilslutning af sprinkleranlæg henvises til kap. 15.
Tilslutning	Selve tilslutningen af stikledningen til forsyningsledningen kan ske ved anboring eller ved et T-stykke. I de fleste tilfælde er det vandværket der afgør, hvorledes tilslutningen skal foretages. Der skal dog gøres opmærksom på, at anboringer i visse tilfælde giver for store tryktab, til at der sikres ejendommen rimelige forsyningsmuligheder.
Stikledningers dimension	Dimensionering af stikledningen indgår i den almindelige dimensionering som beskrevet i kap. 5 og 6. Her skal blot anbefales, at man af hensyn til udvidelsesmulighederne dimensionerer rigeligt.
Afspærring af stikledning	Normen kræver, at ejendommens installation kan afspærres fra forsyningsledningen ved at der anbringes en af-

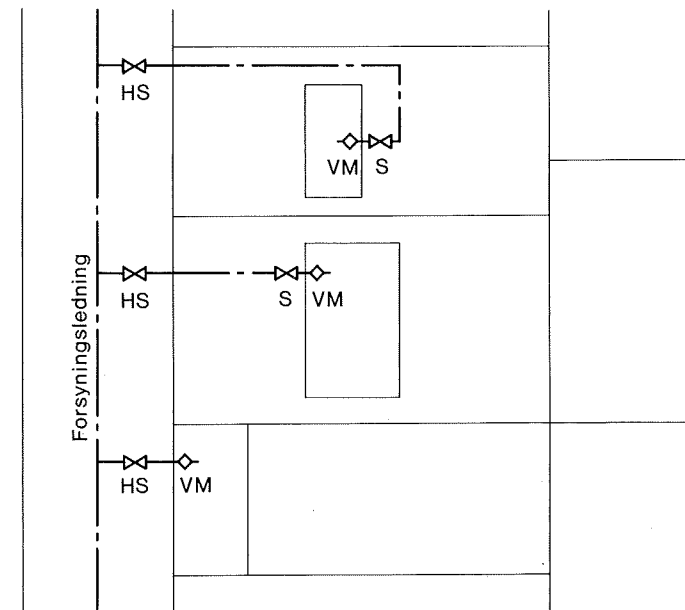


Fig. 22.1. Stikledningers og jordledningers indføring i bygning. Betydningen af symbolerne er:

- HS Hovedstophane, placeres på stikledning dvs. i vejareal – kræves altid.
 S Afspærringsventil ved indføring i bygning (reparationsventil) – anbefales.
 VM Vandmåler.

spærringsventil ved stikledningens indføring på grunden. Se fig. 22.1. Denne afspærringsventil, der traditionelt kaldes »hovedstopphanen«, skal afmærkes ved et skilt, f.eks. som angivet på fig. 22.2.

Jordledninger

Ved jordledninger forstås her de ledninger, som i normen benævnes jordledninger på privat grund.

På grund af de store omkostninger ved udførelse og eventuelle senere reparationer af ledninger i jord bør disse gøres så korte som muligt.

I visse tilfælde stiller myndighederne krav om placering af brandhaner på privat grund, se kap. 15. Forsyningen til dis-

Installationer
i terræn

Brandhaner

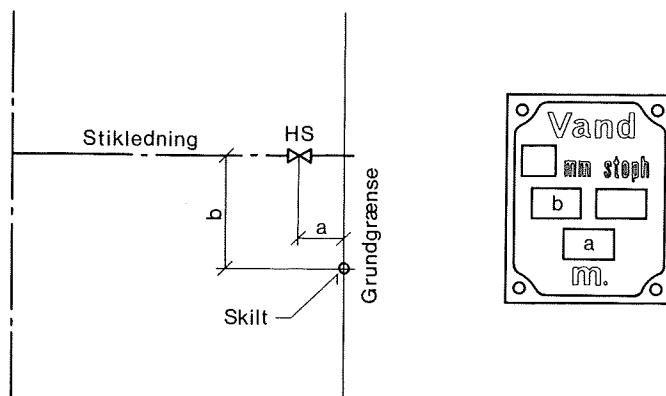


Fig. 22.2. Placering af afmærkning for hovedstopbane. HS betegner hovedstopbanen, og a og b hovedstopbanens afstande til skiltet. Skiltet fortæller normalt, hvor hovedstopbanen kan findes. I skiltets frie felter præges dels dimension på ventilen og dels ventilens afstand i meter fra skiltet.

se bør ikke ske over måler, og det er almindeligt, at forsyningen sker via et særligt jordledningsnet, f. eks. som vist på fig. 22.3. Ledninger, der forsyner brandhaner, bør kun undtagelsesvis forsynes med afspærringsventiler. Hvis der monteres afspærringsventiler bør disse plomberes i åben stilling for at undgå utilsigtet afspærring.

Vandingsanlæg

I mange tilfælde udføres særlige vandingsanlæg (evt. blot enkelte opstandere med slangetilslutningsmuligheder). Disse anlæg skal normalt tilsluttes over måler, og af hensyn til frostfaren bør der være mulighed for hel eller delvis afspærring og tømning af anlægget.

Materialer og samlinger

Til stikledninger og jordledninger iøvrigt kan anvendes de i kap. 9 anførte materialer og samlingsmetoder. Her skal dog gøres opmærksom på, at lægningsdybderne kan blive så store, at det på grund af jord- og trafikbelastningen kan blive nødvendigt at vælge rør af højere trykklasse end forsyningstrykket betinger.

Udførelse
Frostsikring

Frostsikring af jordledninger foretages normalt ved nedgravning af ledningerne til frostfri dybde, dvs. ca. 1,2 m jord over ledningsoverkant. I visse tilfælde, hvor der i vin-

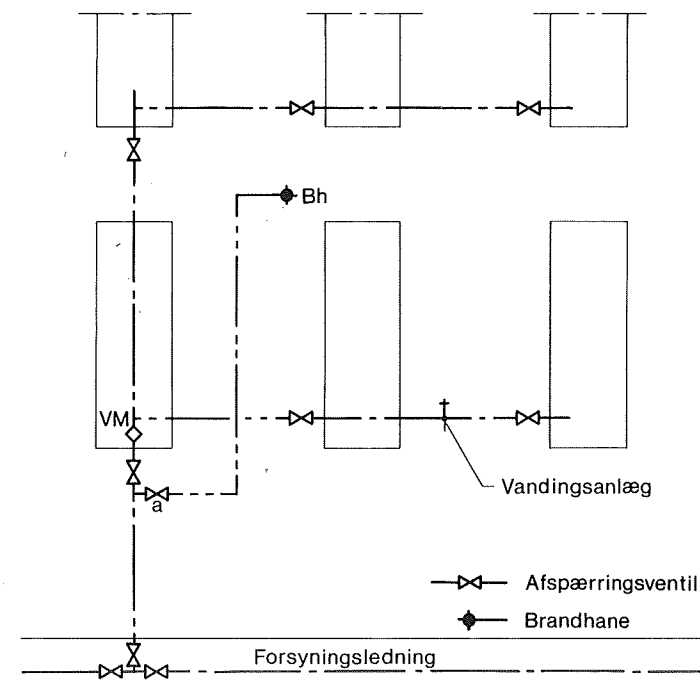


Fig. 22.3. Eksempler på placering af afspærringsventiler i jord. Afspærringsventilen a bør plomberes i åben stilling.

terperioden ikke kan forventes et forbrug, skal lægningsdybden forøges, eller – hvis det kan tillades – skal anlægget indrettes således, at det kan afspærres og tømmes for vand.

Jordledningers anbringelse i forhold til omgivelserne

Som anført under afsnittet om forundersøgelse er der mange hensyn at tage, når ledningsføringen i jord skal fastlægges. Her skal nævnes en del af de væsentligste.

Vandleddninger i jord skal anbringes således:

at bygningens fundering ikke svækkes,
at ledningerne ikke overbelastes på grund af tryk fra fun-
damente, og
at sætninger af fundamente ikke medfører brud på lednin-
gerne.

Forhold til
fundamenter

Ledning parallel
med eksisterende
fundament

Projektklasser

De to første krav stilles i DIF's norm for Fundering, DS 415 [22.1], og medfører krav til den indbyrdes beliggenhed af fundamenter og vandledninger.

I nærheden af eksisterende fundamenter, som i det væsentlige bærer lodret last, kan midlertidige udgravninger foretages uden særlige foranstaltninger, hvis følgende tre betingelser er opfyldt:

1. Den truede konstruktion er funderet svarende til normens krav og henhører iøvrigt ikke under skærpet projektklasse.
2. Udgravningen når ikke ned under grundvandsspejlet og når ikke ned i sprækket fedt ler.
3. Udgravningen udføres over de på fig. 22.4 viste flader for henholdsvis ler og sand.

Funderingsnormen regner med 3 projektklasser: lav, normal og skærpet projektklasse, og der henvises til funderingsnormen angående henførelsen til projektklasser. Meget kort kan det siges, at alt der ikke kan henføres til lav og normal projektklasse henføres til skærpet projektklasse.

For bygninger i normal projektklasse må den regningsmæssige fundamentslast ikke overstige 5000 kN (5 MN) for enkeltfundamenter eller 1000 kN/m (1 MN/m) for stribefundamenter. For direkte funderede konstruktioner må det regningsmæssige fundamentstryk på det effektive fundamentsareal desuden ikke overstige 1000 kN/m². Disse betingelser er normalt for bygninger i indtil 4–6 etager med normale spændvidder.

Naboforhold. Hvor et projekt eksempelvis ved udgravning, pæleramning eller grundvandssænkning indebærer risiko for beskadigelse af nabokonstruktioner, skal de geotekniske undersøgelser og beregninger vedrørende nabokonstruktionernes forhold mindst svare til normal projektklasse, men skal iøvrigt afpasses efter nabokonstruktionernes art, størrelse og fundering.

Jordbundsforhold. De specielle forhold forbundet med fundering på fjeld (Grønland, Færøerne og Bornholm) på skrivekridt indeholdende kaviteter, på fedt ler af tertiær oprindelse, på interglaciale aflejringer samt på senglaciale alle-

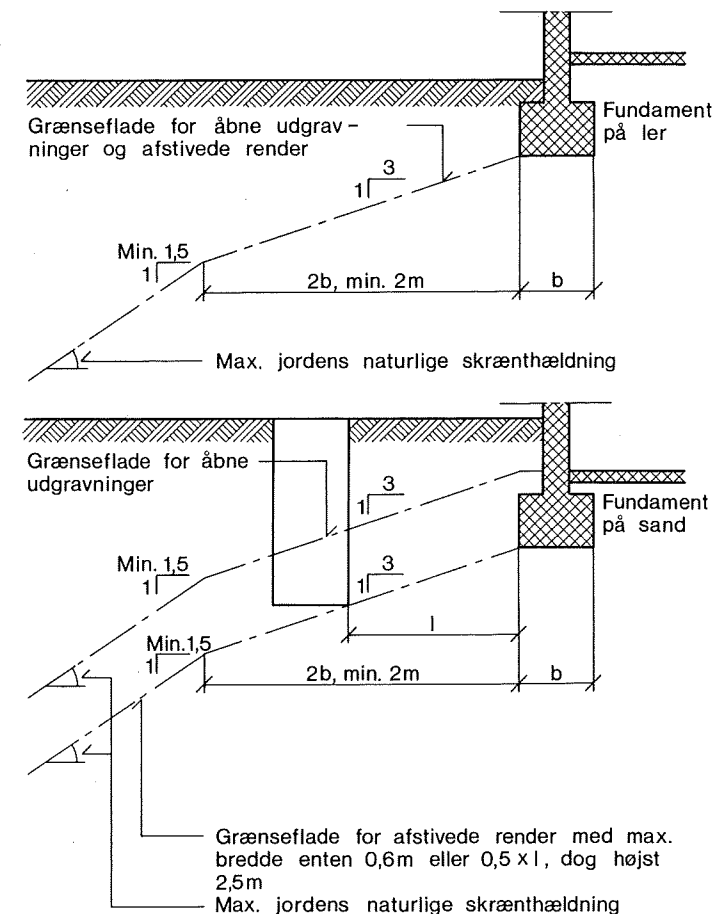


Fig. 22.4. Midlertidige udgravninger i nærheden af fundamenter. I nærheden af eksisterende fundamenter, som i det væsentlige bærer lodret last, kan midlertidige udgravninger foretages uden særlige foranstaltninger, hvis følgende tre betingelser er opfyldt:

1. Den truede konstruktion er funderet svarende til normens krav og henhører i øvrigt ikke under skærpet projektklasse.
2. Udgravningen når ikke ned under grundvandsspejlet og når ikke ned i sprækket fedt ler.
3. Udgravningen udføres over de viste flader for henholdsvis ler og sand.

Afstivede render kan både i ler og sand føres ned til den på den nederste figur viste flade. Rendens største tilladte bredde er:

1. 0,6 m eller
2. 0,5 gange afstanden mellem fundamentskant og nærmeste afstivede side, dog højst 2,5 m.

I alle øvrige tilfælde skal det ved nærmere geotekniske undersøgelser påvises, at normens generelle krav er opfyldt.

rødaflejringer må undersøges og behandles i skærpet projektklasse. Alle øvrige jordbundsforhold kan som regel behandles i normal projektklasse.

Grundvandsforhold. Projekter må kun behandles i normal projektklasse, hvis grundvandsforholdene er af en sådan natur, at der ikke uden forudgående varsel kan ske varige beskadigelser af konstruktioner eller bærende jordlag ved manglende eller svigtende grundvandssænkings- eller drænanlæg. Blandt andet kan udgravninger væsentligt under grundvandsspejlet i aflejringer med permeabiliteten voksende med dybden normalt ikke behandles i normal projektklasse.

Ledning vinkelret på eksisterende fundamenter

Når ledninger skal passere fundamenter skal der, såfremt fundamentet ikke er ført ned til samme dybde som ledninger, udføres en fundamentsforstærkning som vist på fig. 22.5.

Sætning af fundamenter

Bygningsfundamenter vil næsten altid sætte sig mere eller mindre på grund af fundamentsbelastningen. Når vandledninger passerer gennem fundamenter, bør de derfor aldrig støbes fast. Vedr. indføring i bygning, se nedenfor.

Særlige funderingsforhold

Under særlige funderingsforhold, f.eks. når bygninger er pælefunderet, bør man altid søge sagkyndig bistand for at få undersøgt, om det vil være nødvendigt at iværksætte særlige foranstaltninger for vandledningernes vedkommen-

Afløbsledninger

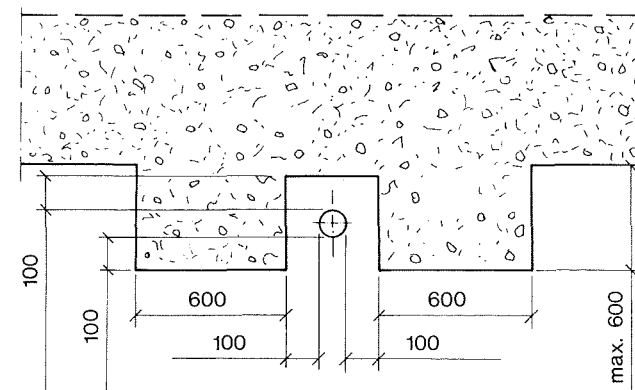
Vandledning bør ikke lægges i samme grav som kloak- og fjernvarmeledninger. Hvor det på grund af de stedlige forhold ikke kan undgås, skal der være en fri vandret afstand mellem ledningerne på mindst 0,5 m, og vandledningen skal ligge højere end kloakledningen.

Fjernvarmeledninger

Vandledninger bør ikke placeres for tæt ved fjernvarmeledningen. Afhængigt af fjernvarmeledningernes isolering vil der være risiko for opvarmning af vandet i ledningerne. Ved brud på fjernvarmeledningerne vil der ligeledes være risiko for at ledninger af plast og asbestcement kan blive ødelagt på grund af fjernvarmevandets høje temperatur. Afstanden mellem parallelle vandledninger og fjernvarmeledninger bør mindst være ca. 1 m.

Elkabler mv.

For øvrige lednings- og kabelanlæg kan der i diverse reg-



Alle mål i mm

Fig. 22.5. Fundamentsforstærkning ved ledningsindføring.

Krydsende ledninger

lementer være fastsat regler for ledningernes indbyrdes placering, og der bør i tvivlstilfælde altid rettes henvendelse til de pågældende værker eller forsyningsselskaber.

Tankstationer, olie- og benzinledninger

Når vandledninger krydser henover andre ledninger vil de blive placeret i et område, hvor der er risiko for sætninger. Hvis vandledninger er udført af et materiale, der ikke kan tåle sætninger, f.eks. støbejern, kan det blive nødvendigt at udføre særlige undetstøtninger, se kap. 23.

Vandledninger af PEL og PEH bør lægges i så stor afstand som muligt fra ledninger og tankanlæg for gas, benzin og olie. Føres vandledninger parallelt med sådanne ledninger, skal der være en fri afstand mellem ledningerne på mindst 1,0 m. På tankstationer og lignende, hvor spild af benzin og olie kan forekomme, må ledninger af PEL og PEH til vandledninger ikke anvendes.

Bagstøbning

Særlige forhold ved jordledninger

Såfremt der anvendes ikke-forskydningssikrede samlinger, f.eks. stikmuffesamlinger, skal større jordledninger ved retningsændringer sikres, således at der ikke sker en udskydning. Denne sikring kan foretages som en bagstøbning, se iøvrigt kap. 23.

Generelt

Indføring af jordledning i bygning

Valget af det sted, hvor jordledningen fra stikket føres ind i bygningen, er normalt et kompromis imellem følgende hensyn.

Jordledningen skal gøres så kort som muligt, normens krav til målerplacering skal iagttages, og indføringen skal ske på et for den indvendige installation hensigtsmæssigt sted.

Ledninger i jord under bygning

Normens vejledningsstof anviser følgende: Ved indføring i huse uden kælder føres ledningen under eller gennem fundament og derefter ved bøjning op til gulv, hvor der afsluttes med en muffe i gulvhøjde. Såfremt ledningen udføres af plastrør, skal den føres gennem bøsningrør. Såfremt fundamenter ikke er ført ned til samme dybde som vandledningen, skal der udføres en fundamentsforstærkning med en fri afstand på 10 cm omkring ledningen. Se fig. 22.5.

Ledninger under bygning bør så vidt muligt undgås. Et ledningsbrud på en sådan ledning kan få katastrofale følger for bygningens fundering, og dertil kommer de særdeles besværlige reparationsarbejder.

Særlige foranstaltninger

Såfremt der udføres ledninger i jord under bygning, bør der derfor træffes særlige forholdsregler for at mindske risikoen for brud og for at mindske generne ved et brud.

Ledning i kanal

Ledningen kan således placeres i en kanal på en sådan måde, at den bliver udskiftelig, og således at et ledningsbrud ikke kan medføre skader på bygninger. Ledninger i jord under mindre bygninger kan, under forudsætning af at ledningen er udført af et bøjeligt materiale, f.eks. PEL, udføres som vist på fig. 22.6.

Hensyn til lyskasser o.lign.

Af hensyn til risikoen for frysning må ledninger ikke føres ind i bygning gennem eller umiddelbart ved lyskasser eller kældernedgange, men bør holdes i en afstand af mindst 1,0 m herfra. Gennemføringer i kælderydervægge er beskrevet i kap. 23.

Vandmålere

Krav til målere og deres placering mv. er angivet i kap. 21.

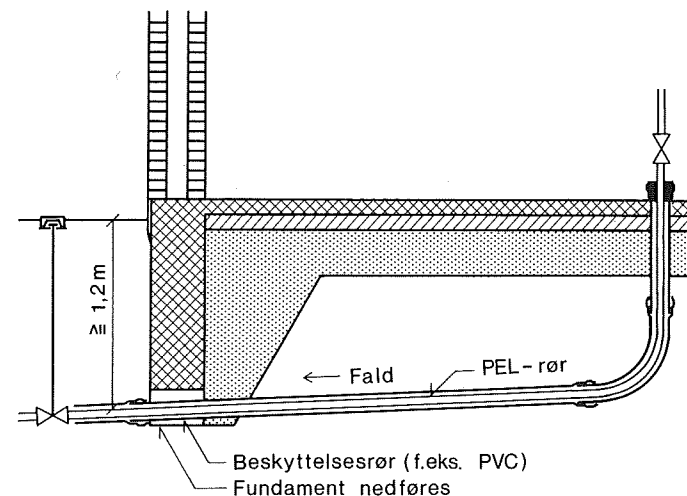


Fig. 22.6. Indføring af ledning gennem jord under bygning.

Projektering af vandinstallationer i bygninger

I dette afsnit vil blive omtalt de vigtigste forhold, som skal tages i betragtning ved projekteringen. I mange tilfælde vil der blive henvist til kapitler, hvor det pågældende spørgsmål er mere udførligt behandlet.

Ledninger i bygning

Der kan ikke gives endegyldige regler for, hvorledes ledningsinstallationerne i bygninger skal udføres. Det afhænger af bygningens udformning, installationens omfang, dimensioneringsforhold og mange andre forhold. Der kan imidlertid nævnes en lang række problemstillinger, som ofte bør iagttages.

Opdeling af installationen

I mange tilfælde kan det være praktisk at dele installationerne i én eller flere zoner eller sektioner.

Såfremt der udføres et eller flere trykforøgeranlæg, kan det være en både driftsmæssig og en økonomisk fordel at

Trykzoner

dele installationerne i en eller flere trykzoner. Herved kan det opnås, at man kun øger trykket i den eller de dele af installationen, der kræver en forøgelse af trykket. Disse forhold er nærmere belyst i kap. 14.

Driftsmæssig
Opdeling

Hvis dele af installationen periodevis er ude af drift, kan det være en fordel at dele installationen i sektioner, således at der kan foretages en afspærring (og evt. en aftapning) af den eller de sektioner, der er ude af drift. En sådan opdeling kan f.eks. være aktuel ved installation i rum, der ikke holdes opvarmet uden for brugstiden (frostfare), i hoteller og lignende hvor dele af bygningen aflukkes uden for sæsonen (en utæthed vil først blive erkendt på et sent tidspunkt).

Målt og
ikke-målt
forbrug

Hvis man har ønsker om måling af vandforbrug i forskellige dele af en installation, vil en opdeling også være aktuel.

Årsagen til ønske om en individuel måling kan være, at der ønskes en udgiftsfordeling baseret på måling af vandforbruget f.eks. i industrikomplekser med flere lejere. Som andre eksempler kan nævnes installationer, hvor en del af vandforbruget afregnes med værket til særlige takster (forbrug til vanding). Installationer med brandslukningsanlæg kan tilsluttes før måler.

Reparation

Installationer kan opdeles i sektioner ud fra ønsket om, at ledningsreparationer i én sektion ikke må medføre afbrydelse af installationen i andre sektioner. Egentlig ledningsreparation forekommer dog ret sjældent i installationer, der er udført i henhold til normens regler. Reparations- og vedligeholdelsesarbejder forekommer oftest ved aftapningsarmaturer, apparater, maskiner, vandbehandlingsanlæg og anlæg for produktion af varmt vand. Ved flere af disse installationsgenstande vil der ofte være krævet afspærringsmulighed i de aktuelle VA-godkendelser eller i normen. Uanset, om der er krav om afspærringsventiler ved en installationsgenstand eller ej, vil det dog altid være en god ide at anbringe afspærringsventiler ved alle installationsgenstande, der kræver vedligeholdelse og service.

Normens krav
om afspærrings-
og aftapnings-
mulighed

Normens krav om afspærringsmuligheder lyder:

Vandinstallationen skal udføres med det nødvendige antal afspærrings- og aftapningsmuligheder, således at eftersyn og reparationer kan udføres uden væsentlige ulemper.

På hver stikledning foran ejendommens grænse mod gade eller vej skal en afspærringsventil anbringes efter myndighedens nærmere bestemmelse.

Der findes ligeledes i normen en vejledning i opfyldelse af de funktionelle krav.

Behovet for afspærringsmuligheder anses for opfyldt, hvis afspærringsventiler anbringes følgende steder:

- a. På ledninger, umiddelbart hvor de er indført i bygninger.
- b. I etageejendomme på alle lodrette fordelingsledninger ved afgreninger fra de vandrette fordelingsledninger, endvidere på enhver fordelingsledning til et lejemål eller – hvor dette ikke kan ske – på koblingsledningen til hvert enkelt tapsted.
- c. På koblingsledninger til cisterner og skylleventiler samt iøvrigt på koblingsledninger til enhver installationsgenstand, som bør kunne repareres, uden at vandtilførslen til den øvrige installation afbrydes.
- d. På ledninger til anlæg til varmtvandsproduktion.
- e. På ledninger til uopvarmede rum eller på ledninger til tapventiler i det fri.

I de under a, b, d og e nævnte tilfælde anbringes endvidere nødvendige aftapningsventiler.

Ledningers anbringelse i bygning

Normens krav til ledningens anbringelse i forhold til andre bygningsdele lyder:

Ledninger i bygning skal udføres sådan, at der ikke opstår skader på bygningsdele eller på installationsdele, og sådan, at bærende vægge ikke svækkes mere end tilladeligt.

Ledninger skal understøttes og fastgøres sådan, at der ikke opstår beskadigelser eller for store nedbøjninger på ledningerne, og sådan, at der foreligger tilstrækkelige ekspansionsmuligheder.

Ledninger skal anbringes og beskyttes sådan, at der ikke består nogen mulighed for tilfældig, utilsigtet beskadigelse af dem ved kemisk eller mekanisk påvirkning eller ved ekstrem temperaturpåvirkning.

Bæring

Formålet med bæring er, at disse skal fastholde installationen på en sådan måde, at de påvirkninger, den udsættes for, kan optages uden gener og skader. Af de fysiske påvirkninger, rørledninger udsættes for, er de vigtigste:

Påvirkninger fra tyngdekraften, mekaniske påvirkninger og temperatursvingninger,

og de i denne forbindelse vigtigste egenskaber hos rørene er deres

styrke, og
varmeudvidelseskoefficient.

Alt efter bæringernes art kan disse opdeles i følgende kategorier:

Bæringstyper

Almindelige bæring, hvis formål er en simpel understøtning. De anvendes på liggende ledninger og tillader rørledningen at bevæge sig såvel i akseretningen som vinkelret derpå. Den oftest anvendte bæring af denne kategori er pendulbæringen.

Styr, der tillader ledningerne at bevæge sig i akseretningen. Den almindeligste form for styr er gennemføring i mure og etageadskillelse. Gennemføringen skal ske i bøsning.

Fastspændinger, der holder ledningen fast uden bevægelsesmuligheder.

Eksempler på bæring er angivet i kap. 23.

Bæringsafstande

Bæringsafstandene afhænger af ledningsmateriale, rørdiameter og – for plastrørs vedkommende – også af vandets temperatur. Der kan anvendes de på fig. 22.7 anførte bæringsafstande.

Ledningers ekspansion

Ledninger vil på grund af variationer i omgivelsernes og vandets temperatur udvide sig eller trække sig sammen. Hvis disse temperaturbevægelser ikke kan foregå mere eller mindre frit, kan der dels opstå skadelige påvirkninger af rør

Største afstand mellem rørbærere for vandrette fordelingsledninger.

Rørstørrelse mm	Største afstand i m mellem rørbærere på ledning af			
	stål	kobber	PVC, PEH	PEL
≤ 20	2,5	1,25	0,7	0,3
25	2,5	2,5	0,9	0,4
32	2,5	2,5	1,0	0,4
40	3,0	2,5	1,1	0,5
50	3,0	2,5	1,2	0,5
65	4,0	2,5	1,4	0,6
75	4,0	3,0	1,5	0,6
90	5,0	3,0	1,6	0,7
100	5,0	3,0	1,7	0,7

Største afstand mellem rørbærere for lodrette fordelingsledninger.

Rørstørrelse mm	Største afstand i m mellem rørbærere på ledning af			
	stål	kobber	PVC, PEH	PEL
≤ 20	2,5	1,25	0,8	0,5
25	2,5	2,5	1,0	0,6
32	2,5	2,5	1,3	0,8
40	3,0	2,5	1,6	1,0
50	3,0	2,5	2,0	1,3
65	4,0	2,5	2,5	1,6
75	4,0	3,0	3,0	1,9
90	5,0	3,0	3,6	2,2
100	5,0	3,0	4,0	2,7

Fig. 22.7. Størst tilladte afstande mellem rørbærere for rør af forskellige materialer. For PEX-rør henvises til fabrikantens anvisninger.

og samlinger, og dels kan andre bygningsdele blive udsat for kræfter, der kan medføre revner, evt. brud.

Længdeudvidelse

En ledning med længden L vil, hvis temperaturen ændres med ΔT , få en længdeændring på ΔL (mm)

$$\Delta L = \beta \cdot L \cdot \Delta T \quad (22.1)$$

hvor ΔL er længdeændringen (mm),

β længdeudvidelseskoefficienten (mm/m · °C),

L ledningens længde (m), og

ΔT temperaturstigningen (°C).

Længde-
udvidelses-
koefficienter

Længdeudvidelseskoefficienten for de mest almindelige ledningsmaterialer er:

stål:	$\beta = 0,012 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$	
kobber og rustfrit stål:	$\beta = 0,0166 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$	
PVC:	$\beta = \text{ca. } 0,06 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$	(22.2)
PEL og PEH:	$\beta = \text{ca. } 0,22 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$	
PEX:	$\beta = \text{ca. } 0,18 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$	

For plastmaterialerne varierer β med temperaturen (lavest ved lave temperaturer). Da PVC og PEL og PEH kun kan anvendes til koldt vand, kan der i praksis regnes med de anførte værdier. For PEX varierer β fra 0,14 til 0,20 mm/m · °C i temperaturintervallet 10–100 °C.

Temperatur- variation °C	Længdeudvidelser, mm/m · °C				
	Varm- forzinket stålrør	Kobberrør, rustfri stålrør ¹⁾	PVC- rør	PEL- rør	PEX- rør ³⁾
10	0,12	0,17	0,6	2,2	1,8
20	0,24	0,33	1,2	4,4	3,6
30	0,36	0,50	1,8	6,6	5,4
40	0,48	0,66	— ²⁾	— ²⁾	7,2
50	0,60	0,83	—	—	9,0
60	0,72	1,00	—	—	10,8
70	0,84	1,16	—	—	12,6
80	0,96	1,33	—	—	14,4
90	1,08	1,49	—	—	16,2
100	1,20	1,66	—	—	18,0

¹⁾ Rør af rustfrit stål kan regnes at have samme længdeudvidelseskoefficient som kobberrør.

²⁾ Rør af PVC og PEL kan kun anvendes for koldt vand og der er derfor ikke angivet værdier for højere temperaturvariationer end 30 °C.

³⁾ For PEX-rør er der regnet med $\beta = 0,18 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$.

Fig. 22.8. Længdeudvidelser ved temperaturvariationer for forskellige rørmaterialer.

Eksempel: En varmtvandsledning af stål monteres spændingsfrit ved 10 °C. Varmtvandstemperaturen regnes til max. 60 °C. Temperaturvariationen er således 50 °C. Ledningslængden er 25 m. Den maksimale længdeudvidelse er $25 \times 0,6 = 15 \text{ mm}$.

Hvis samme ledning udføres af PEX fås en maksimal længdeudvidelse på $25 \times 9 = 225 \text{ mm}$.

For boliger o. lign. med normale vand- og rumtemperaturer kan for koldt vandsledninger regnes $\Delta T = 30 \text{ °C}$ og for varmtvandsledninger $\Delta T = 60 \text{ °C}$.

Temperatur-
variationer

De temperaturer, der har betydning i denne forbindelse, er

T_o = temperaturen på udførelsestidspunktet

T_{min} = laveste vandtemperatur

T_{max} = højeste vandtemperatur.

Længdeudvidelser for temperaturvariationer op til 100 °C er i fig. 22.8 angivet for forskellige rørmaterialer.

Beregning af
længde-
variationer

Hvis en ledning ved temperaturen T_o på udførelsestidspunktet har længden L_o vil længden af ledningen i bygningen variere mellem

$$L_{min} = L_o + L_o \cdot \beta \cdot (T_{min} - T_o), \text{ og} \quad (22.3)$$

$$L_{max} = L_o + L_o \cdot \beta \cdot (T_{max} - T_o)$$

Eksempel 22.1. En lednings varmeudvidelse

En varmtvandsledning af kobber med længden $L_o = 20 \text{ m}$ monteres (spændingsløst) ved 20 °C. Den vil kunne have længdevariationer mellem

$$L_{min} = 20 + 20 \cdot \frac{0,0166}{1000} \cdot (10 - 20) = 20 - 0,0033 \text{ m} \quad (22.4)$$

$$L_{max} = 20 + 20 \cdot \frac{0,0166}{1000} \cdot (60 - 20) = 20 + 0,0133 \text{ m}$$

svarende til en samlet længdevariation på ca. 17 mm, idet der er regnet med en koldt vandtemperatur på 10 °C og en varmt vandtemperatur på 60 °C.

Spændinger i rør

Hvis en ledningsstrækningens længde fastholdes med fastspændinger ved endepunkterne, vil temperaturvariationerne medføre spændinger i rørene, der svarer til den længdeudvidelse, der ville komme såfremt ledningen kunne ekspandere frit.

Under forudsætning af, at ledningen i hele sin længde er styret i længderetningen, dvs. sikret imod udbøjning på tværs af længderetningen, kan man beregne disse spændinger. Disse forudsætninger ligger imidlertid langt fra de virkelige forhold. I den praktiske installationsteknik benytter

Størrelsen af temperaturvariationerne

man sig derfor af nogle erfaringsmæssige regler for optagelse af ledningernes ekspansion, uden at der optræder skadelige spændinger i rørsystemerne.

Temperaturvariationerne i vandinstallationer er relativt små, max. op til 50–60 °C for varmtvandsledninger og op til 20–30 °C for koldt vandsledninger. I ledninger for hedt vand kan regnes med en maksimaltemperatur på 95–100 °C.

Optagelse af ekspansion

I praksis søger man i vandinstallationer at indrette ledningsnettet således, at det kan ekspandere frit, og således at bevægelserne optages i sideslag, ekspansionssløjfer o. lign. Der kan også anvendes kompensatorer, dvs. formstykker, der kan optage ledningssystemets ekspansion. I almindelige vandinstallationer er kompensatorer dog ikke meget anvendt, og de skal derfor ikke omtales nærmere.

Ekspansionssløjfer

Ekspansionssløjfer kan f.eks. udføres som vist i fig. 22.9. For ekspansionssløjfer kan den nødvendige samlede længde (l) af bøjningen beregnes af formlen

$$l = c \cdot \sqrt{d} \cdot \Delta l \quad (22.5)$$

hvor d er rørdiameteren

Δl længdeudvidelsen, se ligning (22.1)

l bøjningens samlede længde

c en konstant som afhænger af ledningsmateriale, udformning af slaget samt af de enheder, der anvendes.

Sammenhængen mellem l og Δl er angivet i fig. 22.10 og 22.11 og værdien for c er vist i fig. 22.9.

Sideslag

En anden måde at optage ekspansioner på er at udføre et sideslag (en halv ekspansionsbøjning), se fig. 22.12.

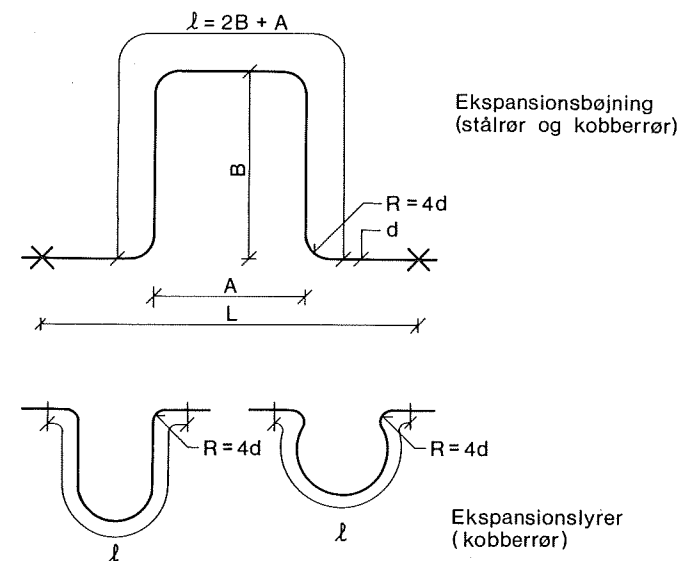


Fig. 22.9. Ekspansionsbøjninger (U-formede). Hvis en bestemt længdeudvidelse, Δl , af ledningslængden skal optages, så kan den samlede, nødvendige længde af bøjningen, l , beregnes af

$$l = c \cdot \sqrt{d} \cdot \Delta l$$

hvor l er den samlede bøjningslængde (mm),

d rørets udvendige diameter (mm), og

c en konstant, som har følgende værdier

Stålrør: $c = 75$

Kobberrør: $c = 80$

Formlen gælder for området

$$A \leq B \leq 2A$$

samt for en bøjningsradius på $4d$. Hvis bøjningsradius mindskes til $2,5d$, skal l forøges med 10–20 %. Formlen er afbildet i fig. 22.10 og 22.11.

Ekspansion af fritliggende ledninger

Ekspansion i ledningsnettet vil altid forekomme, og under forudsætning af veldefinerede styr og fastspændinger kan man beregne længder af sideslag mv. I almindelige installationer er det meget svært på forhånd at finde ud af, hvor ekspansionerne vil ske. Der kan f.eks. forekomme utilsigtede fastspændinger og styr ved gennemføringer i dæk og vægge ved afgreninger og andre steder.

Fig. 22.10. Den nødvendige længde af en ekspansionsbøjning eller en ekspansionslyre af kobberør som funktion af den længdeudvidelse, som skal optages. Tallene på de enkelte kurver angiver kobberørets udvendige diameter gange godstykkelsen.

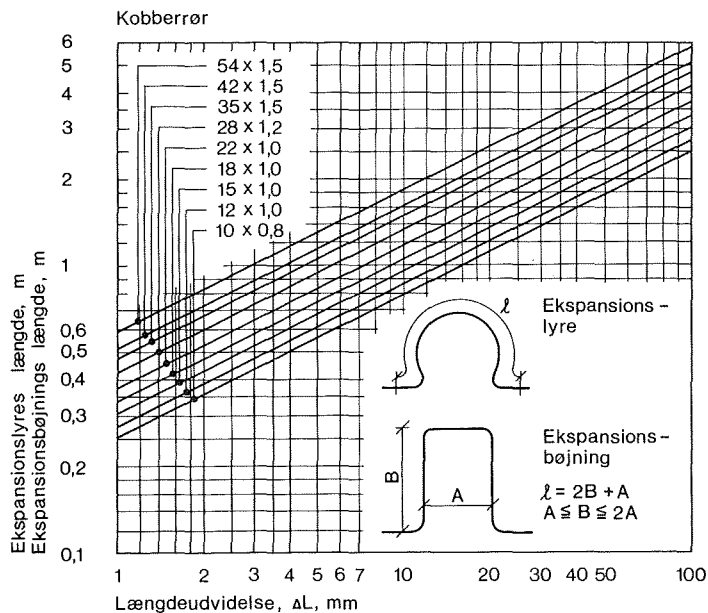


Fig. 22.11. Den nødvendige længde af en ekspansionsbøjning af varmforzinket stål som funktion af den længdeudvidelse, som skal optages. Tallene på kurverne angiver rørens nominelle diameter.

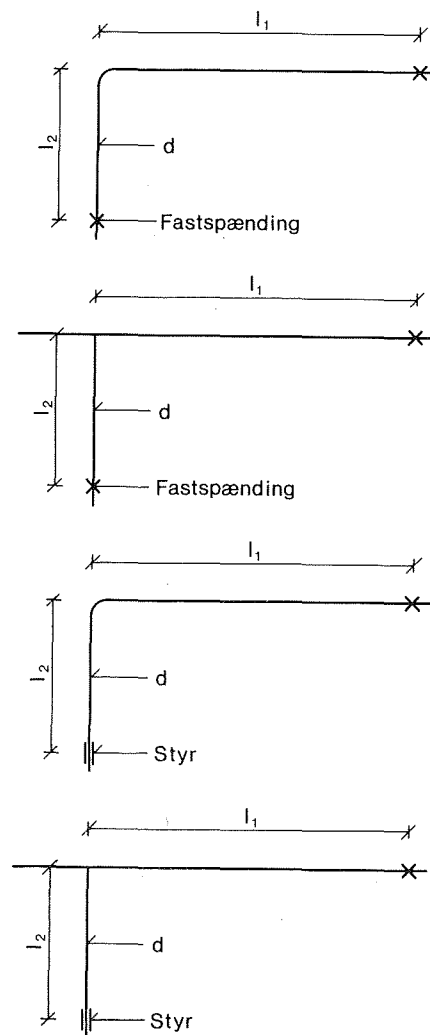
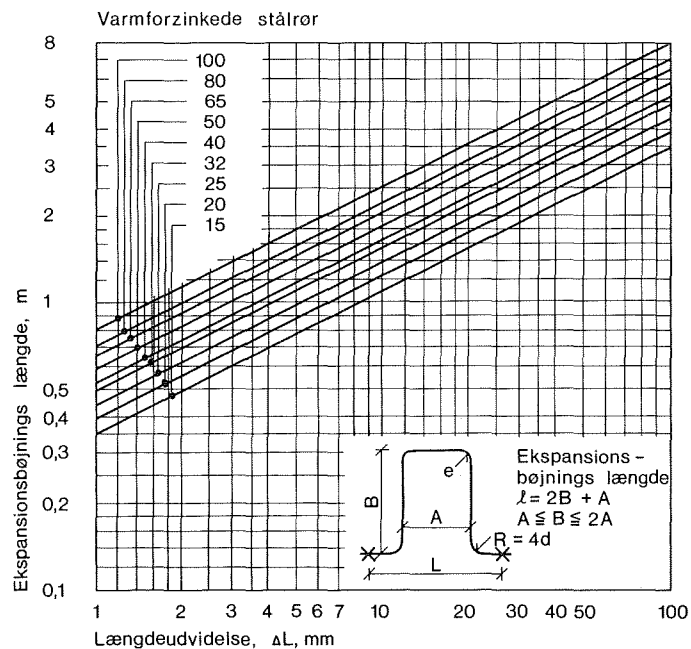


Fig. 22.12. Optagelse af ekspansion ved hjælp af et sideslag. Hvis længden l_1 er den strækning, hvis udvidelse skal optages, og l_2 er det sideslag, som skal tillade optagelse af udvidelsen, så kan l_2 beregnes af

$$l_2 = 63 \sqrt{d} \cdot \Delta l_1 \quad (22.6)$$

hvor d er rørets udvendige diameter (mm), og Δl_1 rørstrækningen l_1 's udvidelse (mm)

For plastrør kan skønsmæssigt regnes med $l_2 = 30 \sqrt{d} \cdot \Delta l_1$. For nøjagtigere værdier henvises til de respektive fabrikater.

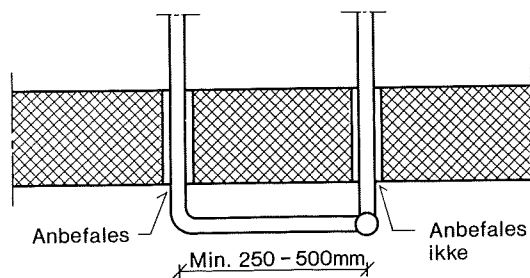


Fig. 22.13. Ekspansion ved afgreninger. Ved afgreninger bør der altid sørges for ekspansionsmuligheder, også hvor det ikke beregningsmæssigt synes at være nødvendigt – det kan være svært at forudse, hvor ekspansionen vil ske. Sideslagets længde bør være mindst 250 mm, dog mindst den beregningsmæssige længde.

Det kan derfor anbefales, at man – ud over de ekspansionsbøjninger og sideslag, der kan beregnes som anført i det foregående – altid sørger for rigelige ekspansionsmuligheder.

Der bør altid ved afgreninger udføres sideslag, uanset om man kan regne sig til, at det ikke er nødvendigt, se fig. 22.13.

Ekspansionsmuligheder for indstøbte og indmurede rør

Ekspansionsmulighederne skal også være til stede for rør der er indmurede eller indstøbte. I vandinstallation vil indstøbte og indmurede og dermed ikke-udskiftelige rør i praksis altid være kobberør eller PEX-rør (kun koldt vand).

Indstøbte kobberørs ekspansion sikres normalt ved at man isolerer rør og især bøjninger og samlinger med et elastisk isoleringsmateriale. Ved indstøbninger skal man sikre sig at

rørene kan ekspandere frit i længderetningen, og at forskydninger ved alle afgreninger og retningsændringer kan optages.

Eksempler på løsninger er vist i fig. 22.14.

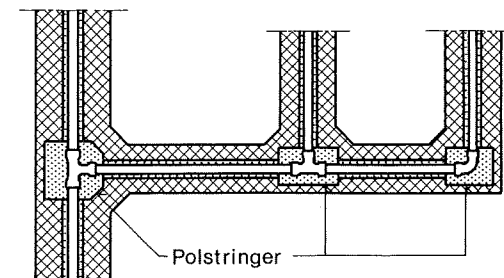


Fig. 22.14. Sikring af ekspansionsmuligheder for indstøbte kobberør. Isoleringsslag og polstringer skal være så tykke, at sideslagene i henhold til fig. 22.12 er effektive.

For præisolerede kobberør kan man regne med at ekspansionen i længderetningen er sikret, men der bør foretages ekstra isolering (polstringer) ved afgreninger og retningsændringer.

Rør af PEX kan indstøbes direkte uden polstringer m.v. Det bemærkes, at samlinger af PEX-rør ikke må indstøbes.

PEX-rør

Rørgennemføringer

I henhold til normens krav skal

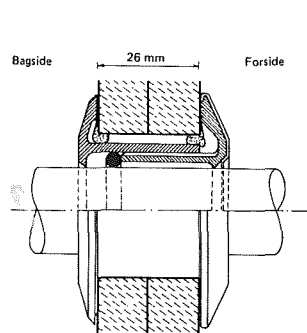
rørgennemføringer gennem vægge og etageadskillelser udføres sådan, at brandspredning og forplantning af støj, lugt og fugtighed forhindres.

For at tilfredsstille normens krav sker gennemføringerne i pakkede bøsninger, dvs. bøsninger, hvor mellemrummet mellem bøsning og rør er tætnet, f.eks. med en gummiring.

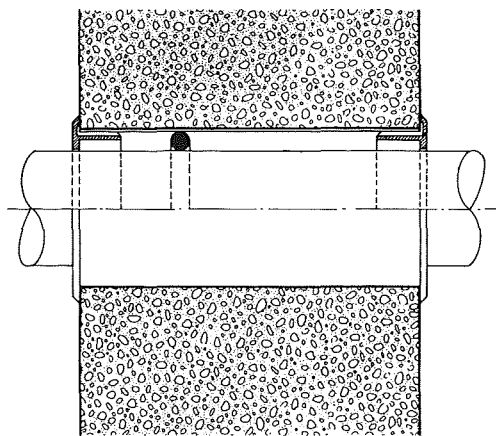
Ved gennemføringer i badeværelsesgulve og lignende fugt-tige steder placeres tætningen ca. 3-5 cm over gulvets overside. Ved gennemføringer, til hvilke der ikke stilles tæthedskrav, udføres normalt kun et bøsningrør uden tætning. Bøsningrøret udføres af korrosionsbestandigt materiale, f.eks. plast eller varmforzinket stål. Eksempler på bøsninger er vist på fig. 22.15. Gennemføringer i fundamenter og kælderydervægge er omtalt i kap. 23.

Afgreninger

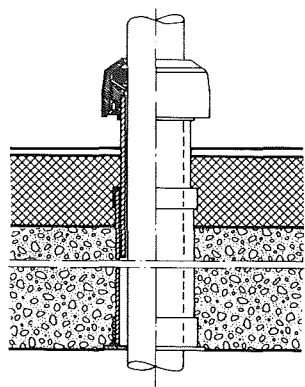
Kobberør



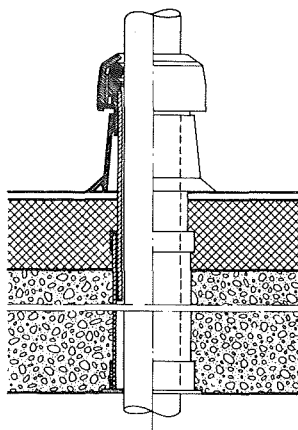
Rørgennemføring for gipsvægge
i tørre rum



Rørgennemføring i vægge,
store rør



Rørgennemføring i gulv,
våde rum med hård belægning.
Forskydelig bosning



Rørgennemføring i gulv,
våde rum med plastbelægning

Fig. 22.15. Rørgennemføringer for etageadskillelser og vægge.

Figurerne viser forskellige eksempler på rørgennemføringer, der tilfredsstiller bygningsreglementets krav om tætte rørgennemføringer. Tegningerne stammer fra BPS-VVS-kataloget, hvor yderligere specifikationer findes. [22.2].

Armaturers montering på rørledninger

Vedrørende fastgørelse af armaturer angiver normen

ved armaturer skal ledningerne understøttes sådan, at de kan modstå påvirkninger fra armaturets vægt, dets brug og betjening.

Armaturer monteres normalt direkte på ledningerne eller på de installationsgenstande, de betjener, og der er sjældent problemer i forbindelse hermed. Hvis armaturerne placeres på ledningerne bør der monteres rørbærere i nærhed af armaturerne. Hvis armaturer monteres på bløde plastledninger (PEX, PEL og PEH), bør der foretages en afstivning af rørene f.eks. som vist på fig. 22.16.

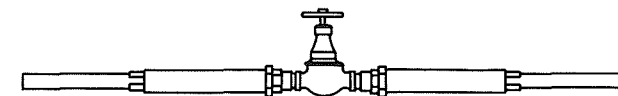


Fig. 22.16. Montering af armatur på en PEL-ledning. Når et armatur monteres på en blød ledning bør røret altid støttes i nærheden af armaturet.

Ledningers føring

Når ledninger skal føres i en bygning, skal der bl.a. tages hensyn til følgende forhold:

Udskiftelighed af ledninger og armaturer, mulighed for betjening af armaturer, ledningernes indflydelse på bygningen, bygningens indflydelse på ledningerne.

Ledningers udskiftelighed

Ledninger i bygninger kan være udskiftelige eller ikke-udskiftelige. Normen stiller særlige krav til ikke-udskiftelige ledninger, så der kan være grund til at se nærmere på disse begreber.

Normen definerer udskiftelige ledninger som:

Ledninger, der kan demonteres og erstattes uden anden indgreb end de vedligeholdelsesmæssigt bestemte.

Udskiftelige ledninger

Bygningen

Det væsentlige, når man skal afgøre, om en ledning er udskiftelig, er ikke så meget de rent installationstekniske synspunkter, som det er hensynet til selve bygningen. Hvis en lednings udskiftning kræver ophugning af gulve og vægge er ledningen ikke udskiftelig, mens den er udskiftelig, når den bliver tilgængelig for udskiftning blot ved, at man skruer en afdækning af.

Installationen

Normens definition på udskiftelige ledninger indeholder ikke krav om, at det installationsteknisk skal være let at udskifte ledningen, det skal blot være muligt. Rent praktisk bør man i hvert enkelt tilfælde vurdere forholdene omkring ledningsudskiftningen for at afgøre, om en ledning er udskiftelig eller ej. Det skal nævnes, at hvis en ledning skal isoleres i henhold til norm og bygningsreglement, så gælder det også for den udskiftede ledning.

Eksempler på udskiftelige ledninger

Som eksempler på udskiftelige ledninger kan nævnes:

Ledninger, der føres frit i rum, ophængt på loft eller væg.
Ledninger, der føres i eller bag demonterbart inventar.

Ledninger i rørskafter og -nicher med demonterbar afdækning.

Ledninger i ledningsgrave og -kanaler med demonterbar afdækning.

Ledninger i krybekældre, ingeniørgange og kanaler med arbejds mulighed på stedet.

Ledninger over demonterbare nedforskallede lofter (hænge-lofter).

Ledninger i grave, kanaler, skakter og nicher der er tilgængelige ved enderne, således at udskiftning kan ske »over langs« i rimeligt lange rørlængder.

Ledninger i tomrør (se næste afsnit).

Eksempler på udskiftelige ledninger er vist i fig. 22.17.

Tomrørs-installationer

Medens de fleste af de førnævnte ledningsplaceringer er velkendt, gælder dette ikke tomrørsinstallationer, der anvendes en del i udlandet.

Tomrørs-princippet

Installationsprincippet går ud på, at man samtidig med bygningsarbejdernes udførelse trækker tomme rør af f.eks. plast, hvor man senere ønsker vandledninger ført. Når vandinstallationen udføres sker ledningstrækningen ved, at

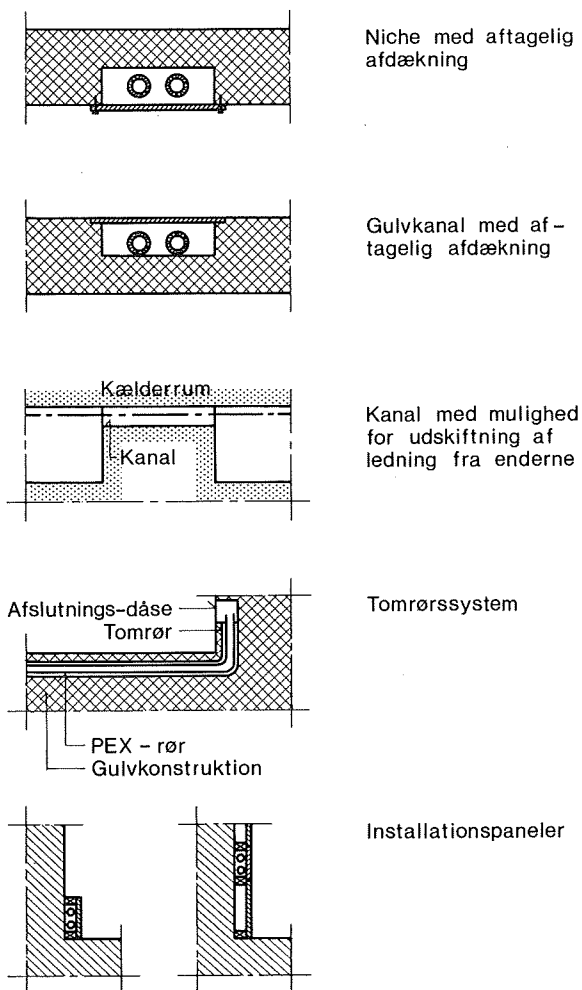


Fig. 22.17. Eksempler på udskiftelige ledninger.

vandledningerne trækkes gennem de tomme rør. Systemet kan anvendes når vandledninger udføres af blødt materiale, f.eks. PEL eller PEX. Systemet kan også bruges til kobberørinstallationer. Det er en forudsætning at der ikke placeres samlinger i tomrørene.

Udskiftelige eller ikke-udskiftelige ledninger

Normen angiver i vejledningsstoffet hvilke ledningsmaterialer og samlingsmetoder, der må anvendes til udskiftelige og ikke-udskiftelige ledninger (se fig. 22.18). For andre materialer og samlinger henvises til VA-godkendelserne, der kan indeholde særlige bestemmelser.

Uanset godkendelse af materialer og samlinger til ikke-udskiftelige ledninger kan det tilrådes, at vandledninger i bygninger i størst muligt omfang udføres udskiftelige. Udføres ledninger som ikke-udskiftelige, bør samlinger placeres således, at eventuelle utætheder umiddelbart erkendes. Det bemærkes at kun loddessamlinger p.t. er godkendt som samlinger på ikke-udskiftelige ledningsstrækninger. Se kap.

Materiale	Anvendelse	Materiale	Samlingsmetoder														Ikke-udskiftelige ledn. i bygninger
			Ledninger i jord og udskiftelige ledninger i bygninger														
			i bygn.		Hårdlodning'	Blødlodning'	Svejsning	Limning	Mekanisk samling	Gummiringssamling	Gevindsamling	Flangesamling	Blystøbning	Hårdlodning'	Blødlodning'	Svejsning	
I jord	Udskiftelig	Ikke-udskiftelig	Formstykke														
Rør																	
Støbejern	K	K	O	Støbejern	—	—	—	—	—	jb	—	jb	jb	—	—	—	—
Varmforzinket stål	O	KV	O	Varmforzinket blødstøbegods	—	—	—	—	—	—	b	b	—	—	—	—	—
Rustfrit stål	O	KV	K	Kobber, kobberlegering el. rustfrit stål	b ²	b ³	—	—	b	—	—	—	—	b	b	—	Ved chloridindhold større end 300 mg/l skal installationen udføres udskiftelig
Kobber	KV	KV	KV	Kobber eller kobberlegering	jb	jb	jb ⁴	—	jb	—	—	jb	—	b	b	b ⁴	—
PVC	K	K	K	PVC el. metal	—	—	—	jb	jb	jb	—	jb	—	—	—	—	—
PEL	K	K	K	PEL el. metal	—	—	—	—	jb	—	—	—	—	—	—	b	—
PEH	K	K	K	PEH el. metal	—	—	jb	—	jb	—	—	jb	—	—	—	b	—
PEX	K	KV	K	Metal	—	—	—	—	jb	—	—	—	—	—	—	—	—

Tegnforklaring:

K: anvendeligt for koldt vand
V: anvendeligt for varmt vand
O: ikke-anvendeligt
b: anvendeligt i bygning
j: anvendeligt i jord

Noter:

1. Lodninger udføres som kapillarlodninger med VA-godkendte loddemidler
2. Anvendes ved formstykker af rustfrit stål
3. Anvendes ved formstykker af kobber eller kobberlegering. Flussmidler skal være på phosphorsyrebasis
4. Anvendes kun ved dimensioner over 54 × 1,5 mm

Det bemærkes, at også andre rør, samlinger og samlingsmetoder end de i tabellen angivne kan anvendes efter VA-godkendelse.

Fig. 22.18. Vejledende eksempler på ledningsmaterialer, formstykker og samlingsmetoder for ledninger i jord og bygning.

24 om kontrol og prøvning, kap. 19 om korrosion og kap. 23 om udførelse.

Synlige og ikke-synlige ledninger

Synlige ledninger vil normalt være udskiftelige, mens ikke-synlige ledninger ikke behøver at være ikke-udskiftelige. Der vil ofte være ønske om, at ledninger skal føres ikke-synligt. Det er i mange tilfælde et rimeligt krav, og her skal blot opfordres til at ikke-synlige ledninger i videst mulig udstrækning udføres som udskiftelige ledninger, og at samlinger placeres således, at utætheder umiddelbart erkendes.

Ledningers forhold til omgivelserne

Når ledninger skal placeres i bygning, skal man sikre sig, at der ikke er risiko for, at de udsættes for kemiske, fysiske eller termiske påvirkninger, der kan skade ledningerne.

Kemiske påvirkninger på ledninger

Fritliggende ledninger vil kun sjældent blive udsat for kemiske påvirkninger, der kan skade rørene. Kun hvis ledningen føres gennem rum, hvor luften kan indeholde dampe (f. eks. klor- og saltholdige) der kan skade rørene, bør man træffe særlige foranstaltninger, f. eks. kan der udføres korrosionsbeskyttende maling.

Indstøbte rør er mere udsatte, såfremt indstøbningen er udført således, at der kan trænge vand og evt. rengøringsmidler ned til dem.

Fysiske påvirkninger på ledninger

Ved placering af ledninger skal man sikre sig, at der ikke er risiko for at ledningerne bliver udsat for mekanisk overlast.

I færdselsarealer (f. eks. gange og tunneller i sygehuse) bør ledningerne placeres således, at der ikke er risiko for påkørsel. Hvis dette ikke er muligt, bør de afskærmes. I skoler og lignende steder bør længere ledningsstrækninger placeres således, at de er utilgængelige for eleverne. Hvis dette ikke er muligt, bør de afskærmes, evt. sikres med ekstra bæringer.

Fritliggende ledninger kan blive udsat for mange andre

Fritliggende ledninger

Indstøbte ledninger

Mekanisk overlast

Fritliggende ledninger

Ikke-synlige
ledninger

former for mekanisk overlast, også mere trivielle. Blandt de sidste kan f.eks. nævnes døropslag, hammerslag o. lign.

Ikke-synlige ledninger kan blive udsat for overlast, som oftest fordi man ikke er klar over deres beliggenhed. Som et typisk eksempel kan nævnes søm, der slås ind i indmurede koblingsledninger af kobber. For at undgå denne slags skader bør indmurede rørs placering afmærkes i byggeperioden. De lokaliseres iøvrigt bedst såfremt de altid føres lodret op eller ned fra udgangen gennem væg.

Termiske påvirkninger på ledninger

Ledninger skal placeres således, at de ikke udsættes for termiske påvirkninger, der enten kan skade ledningerne eller bevirke u hensigtsmæssig opvarmning eller afkøling af vandet i ledningerne. Forhold vedrørende ledningernes ekspansion er beskrevet tidligere i dette kapitel.

Varmerum

Ved placering af ledninger i meget varme rum, f.eks. varmecentraler, bør man naturligvis sikre sig, at der holdes en rimelig afstand til meget varme installationsdele, f.eks. kedler og røgrør. Et andet forhold som man skal være opmærksom på, er at vandet i ledninger for koldt vand kan blive opvarmet, således at man ved tapning kan komme til at vente længe, før der kommer koldt vand frem til tapstedet. Det kan i praksis betyde et ret stort vandspild, og længere trækninger af koldtvandsledninger i meget varme rum bør derfor undgås. I varme rum vil der ligeledes være øget risiko for kondensdannelse på koldtvandsledninger. Se kap. 16.

Såfremt ledninger af plast placeres i varme rum, skal bæringsafstanden for såvel vandrette som lodrette rør gøres mindre. Der henvises til fabrikanternes oplysninger.

Kolde rum

Ved placering af ledninger i kolde rum skal man især passe på frostfaren. Ledninger bør således aldrig føres gennem frost- eller fryserum, friskluftkanaler og lignende steder, hvor man med sikkerhed kan komme ud for at omgivelsernes temperatur er lavere end 0 °C.

Krybekælder

Temperaturen i ventilerede krybekældre er normalt altid over 0 °C, og ledninger for såvel koldt som varmt vand kan placeres i disse, når man sørger for en rimelig afstand til friskluftventiler. Der er mange eksempler på frostska-

Tagrum
Frostsikring

både koldtvandsledninger og varmtvandsledninger (uden cirkulation), hvor disse er ført tæt forbi friskluftventiler.

Ledninger bør aldrig placeres i ventilerede tagrum.

Hvor man ikke kan undgå, at ledninger placeres i områder, hvor temperaturen kan komme under 0 °C, kan man sikre mod frostsprængninger ved at muliggøre afspærring og aftapning eller f.eks. ved at lægge varmekabler under isoleringen.

Ledninger i sikringsrum

Der findes særlige regler for vandledninger, der føres gennem sikringsrum. Disse findes i »Bekendtgørelse om udførelse af sikringsrum«, se [22.3] hvorfra der citeres:

Tekniske installationer.

§ 11. Rørledninger og andre tekniske installationer eller anlæg, der ved brud kan frembyde særlig fare, må ikke forefindes i sikringsrum. Under farlige installationer henregnes bl.a. afløbsledninger, ledninger for vand og centralvarme, damp-, gas- og køleledninger samt beholdere og rør-anlæg for brandfarlige, eksplosionsfarlige eller giftige væsker og luftarter.

Stk. 2. Det er dog tilladt at føre afløbsledninger samt ledninger for vand og centralvarme, men ikke fjernvarmeledninger med direkte forbindelse fra varmeværk, igennem sikringsrummet, såfremt enten ledningerne føres langs med sikringsrummets vægge og/eller dæk og omstøbes, eller ledningerne indstøbes i sikringsrummets vægge og/eller dæk. Ledningernes omstøbning og indstøbning skal udføres som anført i stk. 3.

Stk. 4. Hvor det på grund af særlige forhold er nødvendigt, kan rørledninger for vand og centralvarme indtil 32 mm diameter dog føres igennem rummet uden omstøbning, når ledningerne forsynes med afspærringsventiler tæt uden for de steder, hvor ledningerne føres gennem de vægge, der omgiver sikringsrummet.

Bekendtgørelsens § 11 stk. 3 indeholder nærmere regler for udførelse af de nævnte omstøbninger.

Kapitel 23

Udførelse af vandinstallationer

Generelt

Ved udførelsen af vandinstallationer skal man sikre sig, at normens funktionskrav er opfyldt, ikke alene på udførelses-tidspunktet men også en rimelig tid fremover.

De krav, der skal være opfyldt, er omtalt i de øvrige kapitler, og der skal derfor i dette kapitel kun gøres rede for en række forhold, der vedrører selve udførelsen.

Andre normer

Ved vandnormens ikrafttræden er samtidigt en række andre DIF-normer om ledninger i jord og bygninger sat ud af kraft. Det drejer sig om:

Udgåede normer

»Foreløbige normer for anvendelse af rør af polyethylen til jordledninger for koldt drikkevand«, 1. udgave 1964, »Foreløbige normer for anvendelse af rør af uplastificeret (stift) polyvinylchlorid (PVC) til jordledninger for koldt drikkevand«, 1. udgave 1963, »Norm for koldtvandsledninger af PEL (polyethylen med lav massefylde) i bygninger«, 1. udgave maj 1969 og »Norm for koldtvandsledninger af stift PVC (uplastificeret polyvinylchlorid) i bygninger«, 1. udgave maj 1969.

Disse normer vil ikke foreløbigt blive erstattet med andre, og der henvises derfor til VA-godkendelserne af de enkelte fabrikater.

VA-godkendelse

VA-godkendelsen af ledninger mv. vil i mange tilfælde angive en række betingelser for anvendelsen af de pågældende

fabrikater, evt. med henvisning til andre normer, og der skal derfor henvises til VA-godkendelserne. Da der er væsentlige forskelle på udførelse af installation i jord og i bygning, vil der i det følgende blive foretaget en opdeling derefter.

Lov om autorisation

I henhold til »Lov om gasinstallationer og installationer i forbindelse med vand- og afløbsledninger«, [23.1], skal

»vandinstallationer fra og med tilslutningen til forsyningsledningen (hovedledningen), med mindre tilslutningen sker til et forsyningsanlæg for en enkelt forbruger«,

udføres af

»personer eller virksomheder, der har opnået autorisation som gas-, vand- og sanitetsmester (VVS-installatør), ...«.

Fritagelse for autorisationskrav

Der er således ikke krav om, at installationer i ejendomme med egen vandforsyning (brønd eller boring) skal udføres af en autoriseret mester. Det skal dog bemærkes, at de anvendte materialer og komponenter er omfattet af VA-godkendelsesordningen.

Det er en betingelse for fritagelse for autorisationskravet, at installationen udelukkende benyttes af ejendommens indehaver og dennes husstand. Derimod er installationer, som indehaveren i erhvervsmæssigt øjemed lader benytte af andre end sin egen husstand, omfattet af autorisationskravet.

Undtaget fra kravet om autorisation er endvidere arbejder som vandforsyningsvirksomheder udfører ved de installationer, som de forsyner med vand, samt arbejder på forsyningsledningerne. Stikledninger og arbejder i forbindelse hermed, dvs. arbejder uden for skel, er ikke omfattet af vandnormen.

Gennemførelse af arbejder i vejareal

Udførelse af stikledninger er et særligt problem, da stikledningen normalt forløber i offentligt vejareal. Tilstedeværel-

sen af andre arter af ledningsanlæg kan medføre, at myndighederne stiller særlige krav til udførelsen af stikledningen, se fig. 23.1.

Ledningsarbejdets tilrettelæggelse

Medens man normalt er frit stillet med tilrettelæggelsen og udførelsen af arbejdet på egen grund, er ethvert arbejde i en anlagt gade eller vej forbundet med et særligt ansvar.

Gaden er almindeligvis åben for færdsel, og arbejdet skal udføres således, at færdslen ikke generes mere end det foreliggende arbejde absolut nødvendiggør.

Enhver opgravning må derfor ikke gives større udstrækning end nødvendigt og skal ved en omhyggelig afstivning sikres mod enhver sammenskruden af gravningen, hvorved dennes omfang vil blive unødigt forøget samtidig med, at der kan opstå fare for færdslen på de tilstødende arealer.

I henhold til bestemmelserne i de forskellige politivedtæg-

Hensyn til trafik

Politivedtægter

TVÆRPROFIL MED LEDNINGER

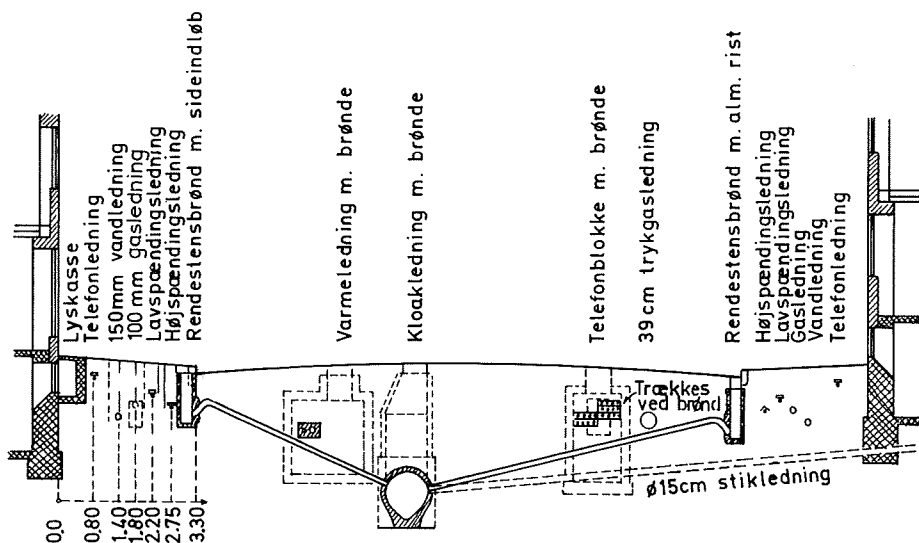


Fig. 23.1. Eksempel på ledningsplaceringer i vejareal.

ter skal den pågældende strækning, så længe arbejdet varer, i passende afstand holdes forsvarligt afspærret. Fra mørket falder på, og indtil det bliver lyst om morgenen, skal der være anbragt fornødne tændte lygter ved afspærringen. Da entreprenøren er ansvarlig for, at afspærringen er i orden, må der ofte uden for arbejdstiden foretages inspektion af afspærringen, først og fremmest i nattimerne, og specielt for at tilse at lygterne brænder.

Selvfølgelig må gaden ikke holdes helt eller delvis afspærret længere end absolut nødvendigt, hvorfor entreprenøren altid er ansvarlig for en hurtig gennemførelse af arbejdet i gader og veje, og hvis det af færdselshensyn er nødvendigt, kan vejmyndighederne forlange at der præsteres natarbejde.

Ved gravning på tværs af gaden for at få forbindelse med forsyningsledningen, kan man træffe på forskellige kabler og ledninger, der er ført frem i gaden, se fig. 23.1.

Gasrør er som regel støbejernsmufferrør eller plastrør af almindelig kendt type, der kan forveksles med vandrør.

Kabler er almindeligvis overspundet med jute eller plastbelagte og afdækket med en eller anden beskyttelse i form af mursten, lagt på fladen, fliser, vinkeljern eller et trådnæt eller et gult plastbænder, der er anbragt 30 cm over kablet. Beskadigelse af de omhandlede forsyningsledninger og kabler, der kan skyldes såvel arbejdernes værktøj som nedskridning af den underliggende jord ved opgravningen, kan medføre store ulemper og påføre entreprenøren et betydeligt erstatningsansvar. Berøring med værktøj af de strømførende dele af elektriske højspændingskabler er forbundet med livsfare.

Hovedafledningsledninger vil normalt være af betonmufferrør eller glaserede lerrør, men andre ledningsmaterialer kan især for stikledninger forekomme. Som eksempler kan nævnes: PVC-rør (rødbrune), PEH-rør (sorte) og støbejernsrør, der til forveksling ligner vandledninger af støbejern.

Fjernvarmeledninger er normalt enten placeret i betonkanaler, eller de er udført som præisolerede rør med en beskyttelseskappe af plast. Den sidste type kan forveksles med vandledninger, men har ofte karakteristiske samlinger.

Andre ledninger
i vej

Gravemetoder

Disse forhold medfører, at problemet om hånd- eller maskingravning må tages op til en meget nøje overvejelse. Visse steder er overvejelserne gjort, nemlig hvor myndighederne blankt forbyder maskingravning. Andre steder må mesteren gøre sig klart, om der på stedet kan graves tilstrækkelige længder ad gangen til, at det kan betale sig at anvende en maskine.

Kontakt til myndigheder

Vandmesteren må inden arbejdets igangsættelse altid sikre sig oplysninger om de i vedkommende gade værende ledninger og kabler, eventuelt ved direkte assistance af en tilsynsførende fra det kontor, der kan påvise beliggenheden af ledninger eller kabler og give anvisning på foranstaltninger til deres sikring under arbejdets udførelse. Entreprenøren skal derfor – ikke mindst i egen interesse – inden opgravning i gade påbegyndes, anmelde arbejdet til de kontorer, der varetager udførelsen og vedligeholdelsen af de forskellige kabler og ledninger.

Når disse oplysninger er samlet, bør han, helst ved håndgravning, få blottet de i vejen eller gaden værende ledninger og hvis det skønnes nødvendigt forsvarligt ophænge eller understøtte disse. Træffer han på ukendte ledninger, skal de vedkommende myndigheder altid tilkaldes, således at en registrering kan finde sted.

Tilfyldningen skal udføres så omhyggeligt som overhovedet muligt for at undgå senere sætninger.

Istandsættelse af vej

Istandsættelse af befæstelse såvel i kørebaner som i fortove skal være af absolut samme kvalitet som den oprindelige befæstelse. Istandsættelsen skal ske så hurtigt som muligt, og hvis der udføres en midlertidig befæstelse, skal den give fuldstændig jævn vejbane og vedligeholdes omhyggeligt, indtil den endelige befæstelse kan udføres.

Den endelige istandsættelse vil ofte blive udført af vejmyndigheden for ejerens, eventuelt entreprenørens regning. Det må iøvrigt erindres at vejmyndighederne har ret til i offentlig gade også at forlange selv at udføre dele af arbejdet på ejerens regning, f.eks. tilstutninger til ledninger.

Udførelse af an boring

I mange områder forlanger vandværket, at selve anboringen bliver udført af en »anboringsmester« med særlig autorisation fra værket.

Udførelse af installationsarbejdet

Installationen kan opdeles i følgende dele:

tilslutning til forsyningsledning,
stikledning,
installationer i jord,
overgang til installation i bygning og
installation i bygning.

Tilslutning til forsyningsledningen

Generelt

Tilslutning til forsyningsledningen foretages enten ved

anboring, eller
indsikring af T-stykke.

Tilslutningsmåden afgøres af myndighederne, og der udføres normalt en anboring. Kun hvor forsyningsledningen er for lille til at anfore, eller hvor det ved beregning – se kap. 5 og 6 – påvises, at tryktabet i en anboring er for stort tilsluttes med T-stykke.

Anboring

Anboring kan foretages som en top- eller en sideanboring.

Topanboring

Ved anboring i toppen af forsyningsledningen kan stikledningen komme til at ligge op til 10–30 cm højere end forsyningsledningen, afhængigt af ledningsmaterialet. For at frostsikre stikledningen med en jorddækning på 120 cm over top af ledningen er det således en betingelse for anvendelse af topanboring at forsyningsledningen ligger med en jorddækning på mindst 130–150 cm.

Sideanboring

Ved anboring i siden af forsyningsledningen vil sideledning og forsyningsledning komme til at ligge med næsten samme jorddækning.

Anboringsdimension

Anboringsdimensionen afgøres af myndighederne. Dimensionen afhænger af

forsyningsledningens materiale og dimension, og tryktabets størrelse.

For vandinstallationens vedkommende vil det tryktabsmæssigt være en fordel med en stor anboringsdimension. Men en an boring medfører en svækkelse af forsyningsledningen, og der er derfor praktiske grænser for hvor stor an boringen kan udføres.

Fra »gamle dage« har man haft den regel at støbejerns ledninger ikke må anbores med større dimension end $\frac{1}{4}$ af hovedledningens dimension. Da den mindste anboringsdimension er 20 mm betyder det at man nødtigt anborer forsyningsledninger, der er mindre end 80 mm. Bedre værktøj og ledninger har dog medført, at man kan an bore med større dimension, f. eks. 40 mm an boring på en 80 mm forsyningsledning.

Eternitledninger anbores sjældent med større dimension end 40 mm. Der henvises til fabrikantens anvisninger.

Plastledninger, som regel PVC-ledninger, kan anbores med ret store dimensioner, f. eks. kan et 75 PVC-rør anbores med indtil 40 mm og et 160 mm PVC-rør med indtil 68 mm. Der henvises til fabrikanternes anvisninger.

Anborings udførelse

Anboringer kan udføres, medens der er tryk i forsyningsledningen, og det er således ikke nødvendigt at foretage afspærring af en større eller mindre del af forsyningsnettet.

Omkring ledningen, der skal anbores, spændes en anboringsbøjle (se fig. 23.2) med et gevindhul der svarer til anborings dimension.

Anboringsbøjlels udførelse afhænger af forsyningsledningens dimension og materiale.

I anboringsbøjlels gevindhul anbringes en anborings shane. På dennes gevind påskrues et specielt anborings apparat (se fig. 23.2) og ved hjælp af et anboringsbor, der føres gennem den åbne anborings shane bores hullet i forsyningsledningen.

Efter at hullet er boret, trækkes anboringsboret ud, og i det øjeblik det passerer anborings shanen lukkes denne.

Støbejerns ledninger

Eternitledninger

Plastledninger

Anboringsbøjler

Anborings shane

Anborings apparat

Anboringsbor

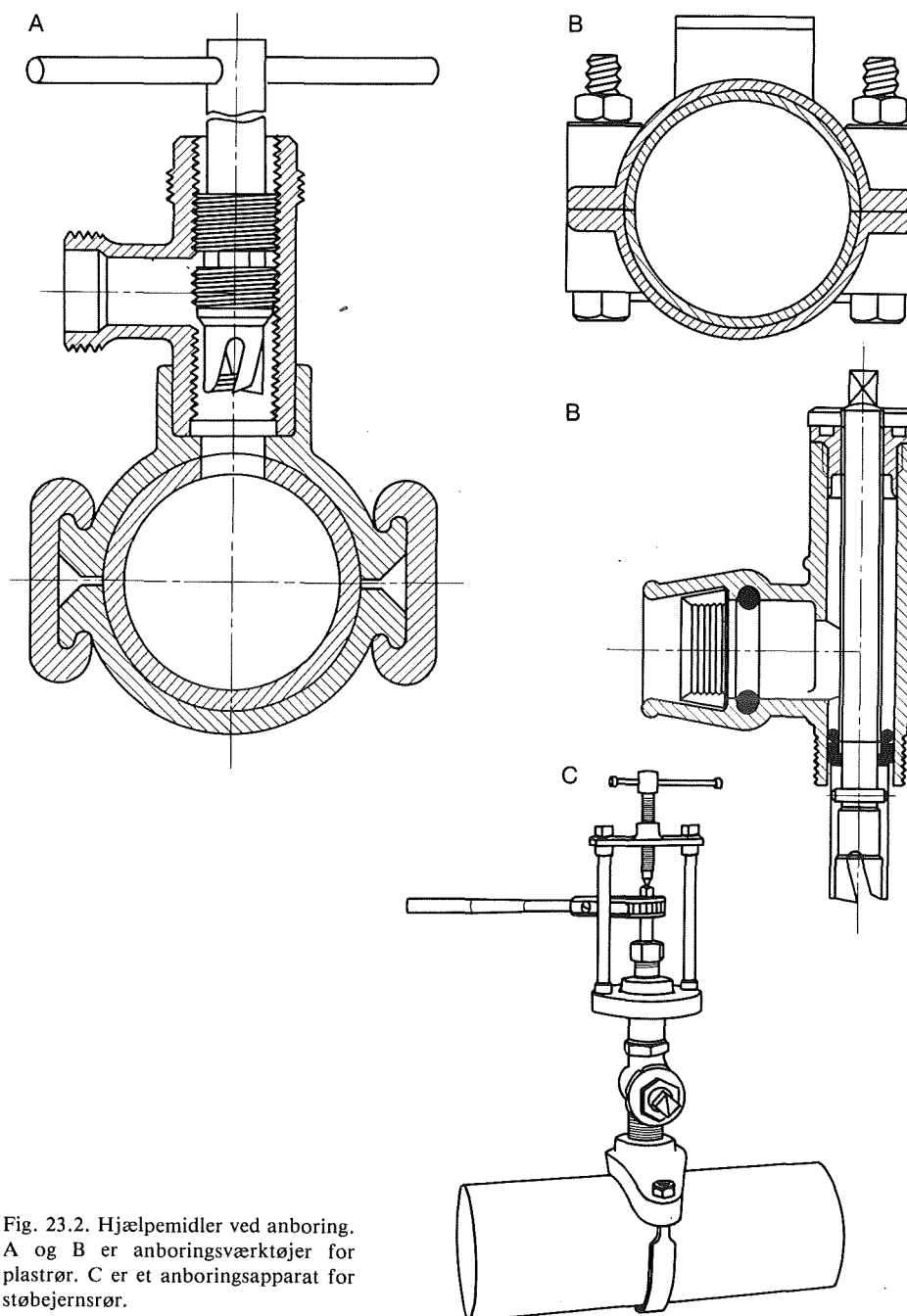


Fig. 23.2. Hjælpemidler ved an boring. A og B er anboringsværktøjer for plastrør. C er et anboringsapparat for støbejernsrør.

Anbøringsapparatet kan herefter fjernes og stikledningen kan tilsluttes, efter at alle borespåner er fjernet ved gennemskylning.

Da anbøringsværktøjerne har forskellig udformning afhængigt af ledningsmaterialer og anbøringsdimension, bør fabrikanternes anvisninger altid nøje følges.

Tilslutning med T-stykke

Tilslutning med T-stykke foretages ved små forsyningsledninger, og hvor tryktabet ved anboring bliver for stort. Tilslutning foretages ved udskæring af et passende stykke af forsyningsledningen, hvorefter der monteres et grenrør (T-stykke) og evt. en skydemuffe.

Såfremt stikledning med hovedskydeventil ikke kan tilsluttes straks, kan det være nødvendigt at montere en afspærringsventil umiddelbart ved T-stykket, evt. at anvende en såkaldt kombimodel, dvs. et T-stykke med skydeventil på afgreningen. Under arbejdet skal den aktuelle strækning af forsyningsledningen være afspærret.

I særlige tilfælde, f.eks. ved sprinklerstik, hvor man ikke kan tolerere afbrydelser i vandforsyningen, kan vandværket forlange, at der anvendes kombiarmaturer med afspærringsventiler på alle tre (eller fire) tilslutninger.

Stikledning

Ledningsarbejder

Når tilslutningen til forsyningsledningen er foretaget, kan selve stikledningsarbejdet udføres. Selve ledningsarbejdet adskiller sig ikke fra andre ledningsarbejder i jord og vil blive omtalt i det følgende afsnit.

Afspærringsmuligheder

Som anført i det foregående kan myndighederne kræve, at der er en afspærringsmulighed ved selve tilslutningen. Det er dog ikke normalt, at ventilspindelen i så tilfælde kræves ført til terræn og afsluttet med dæksel mv.

Normen kræver, at der anbringes en afspærringsventil foran ejendommens grænse (skel) mod gade eller vej. Den kan f.eks. udføres som vist på fig. 23.3.

Afspærrings-
ventil

Afspærrings-
ventil ved skel

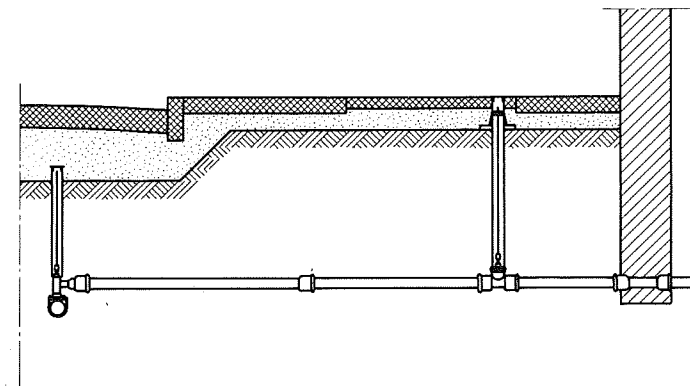


Fig. 23.3. Eksempel på stikledning med afspærringsventil (Københavns kommune). Ved udførelse af dæksel og spindelbeskyttelsesrør er det vigtigt, at det udføres således, at trafiklast og sætninger ikke overføres til spindel (og ventilhus).

Installationer i jord

Vandinstallationer i jord omfatter:

ledninger,
afspærringsventiler,
eventuelle målerarrangementer (målerbrønde) og
andre installationer.

Afspærringsventiler kan udføres som vist på fig.23.3.

Såfremt installationerne skal forsynes med tømmemulighed kan dette opnås som vist på fig. 17.5. Stophaner med udtømmning i jord er ikke tilladt.

Målerarrangementer kan udføres som angivet i kap. 21. Andre installationer kan f.eks. omfatte vandingsanlæg, brandhaner mv. Der henvises til de respektive kapitler.

Ledninger i jord

Som omtalt i indledningen til dette kapitel er en række ledningsnormer ophævet og erstattet med vandnormen og de bestemmelser, der måtte fremgå af VA-godkendelserne.

I det følgende er der omtalt retningslinier for lægning mv. af de mest almindelige ledningstyper.

Samlingstyper er omtalt i kap. 9.

Generelt

Samlinger

Jordarbejde

Jordarbejdet skal udføres efter de sikkerhedsmæssige retningslinier, der angives af arbejdstilsynet. Nye regler er under udarbejdelse.

Støbejernsrør

Udgravningens bund

Udgravningens bund skal udføres således, at rørene understøttes i hele deres længde, og ledningen må ikke understøttes på mufferne. Såfremt udgravningens bund er stenet, knoldet eller på anden måde ujævn bør der udføres et udjævningslag af sand, hvis tykkelse afhænger af forholdene på stedet. Udjævningslaget bør være mindst 10 cm tykt.

Udjævningslag

Ikke-bæredygtig jord

Hvis jordbunden ikke er tilstrækkelig bæredygtig, skal den ikke-bæredygtige jord fjernes og erstattes med sand eller grus. Jordarter eller fyld, der kan medføre korrosion på støbejernsrørene, skal udskiftes. Det drejer sig f.eks. om sure jordarter, slaggefyld o.lign. I disse områder kan den dårlige fyld helt fjernes og erstattes med et grusfundament, eller der kan etableres en bærebjælke af f.eks. stål eller trykimprægneret træ med vederlag i uforstyrret jord. Vederlagene kan evt. udføres som betonpuder, se fig. 23.4.

Sætningsfarlige områder

Når vandledninger af støbejern placeres i sætningsfarlige områder, bør der træffes særlige foranstaltninger. De sætningsfarlige områder kan f.eks. være, hvor ledningen passerer over tidligere lagte ledninger (f.eks. kloakledninger hvor komprimeringen evt. har været utilstrækkelig), eller langs kælderudgravninger.

Beskyttelseslag

Støbejernsrør kræver ikke særlige beskyttelseslag, men fylden omkring rørene bør være fri for større sten. Der er ikke normmæssige krav til udjævningslag og beskyttelseslag, men det kan anbefales, at de udføres som angivet for plastrør.

Tilfyldning

Over beskyttelseslag kan der tilfyldes med almindelig fyld.

Retningsændringer

Retningsændringer på støbejernsledninger i jord foretages med formstykker. Visse samlingstyper, f.eks. tytonsamlinger, skruemuffer og boltemuffesamlinger tillader mindre vinkeldrejninger op til ca. 5° afhængigt af samlingsmetoden, hvilket kan udnyttes ved retningsændringer. Se kap. 9.

Forankringer

For at sikre ledningerne mod forskydninger (udskydning

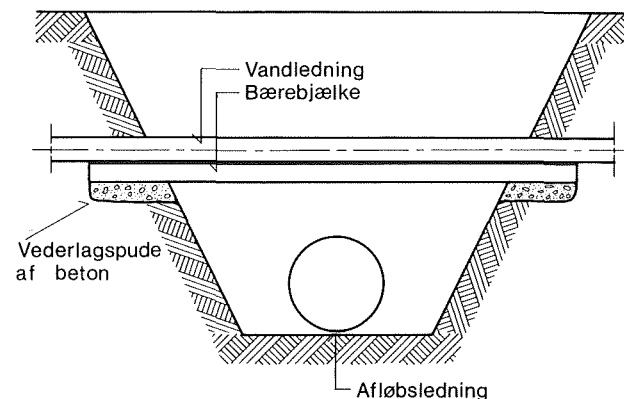


Fig. 23.4. Vandlednings passage af udgravning.

af samlinger) bør der foretages forankringer ved retningsændringer som anført for plastledninger.

Hvis der anvendes trækfaste samlinger, f.eks. boltemuffesamlinger, kan forankringer ved retningsændringer undværes.

Plastrør

Vandledninger i jord udføres ofte af plast. Lægningsforskrifter findes i begrænset omfang i normen, medens de mere detaljerede forskrifter indtil eventuelle nye normer foreligger vil fremgå af VA-godkendelserne eller af fabrikanternes informationsmateriale.

Udgravningens bund skal være fri for større sten.

Ikke-bæredygtig jord skal fjernes og erstattes med grus eller sand.

Se under støbejernsrør.

Da plastrør kan tåle deformationer i et vist omfang kan støttebjælker o.lign. specielt for de mindre dimensioner undværes.

Udjævningslag skal udføres ved lægning af plastrør, se fig. 23.5. Rørene lægges på udjævningslaget, således at de understøttes jævnt langs hele rørets længde. Rørene må ikke understøttes på samlingerne.

Udgravningens bund

Ikke-bæredygtig jord

Sætningsfarlige områder

Udjævningslag

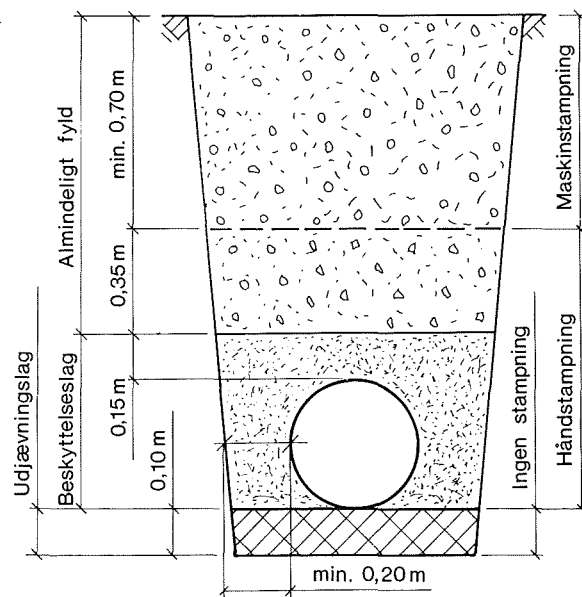


Fig. 23.5. Lægning af plastledninger i jord.

Beskyttelseslag

Beskyttelseslag omkring og indtil 15 cm over top af ledning skal udføres, se fig. 23.5.

Tilfyldning

Tilfyldning over beskyttelseslaget kan foretages med almindelig fyld.

Komprimering

Komprimering af beskyttelseslag og tilfyldning skal indtil 50 cm over top af ledning foretages som håndstampning. For at undgå deformationer af ledningstværsnittet (ovalitet) er det vigtigt at stampning af beskyttelseslaget foretages omhyggeligt. Udjævningslaget skal ikke komprimeres.

Retnings-
ændringer

Retningsændringer kan ske ved hjælp af formstykker eller ved koldbukning af rørene. Den bedste lokalisering af ledningerne ved evt. senere opgravning opnås, såfremt der anvendes formstykker.

Retnings-
ændringer
PVC-rør

Til PVC-rør findes en række formstykker (45° og 90° bøjninger) med en bøjningsradius på ca. 3,5 gange den udvendige diameter. Kold bukning af PVC-rør kan foretages med en bøjningsradius på ca. 400 gange den udvendige diameter.

Retnings-
ændringer
PEL-rør

De forskellige samlingsprogrammer indeholder vinkler, der kan anvendes ved retningsændringer.

Forankringer

Mest almindeligt foretages retningsændringer på PEL-ledninger ved kold bøjning med en bøjningsradius på ca. 25 gange den udvendige diameter.

De temperatursvingninger ledninger i jord udsættes for gennem året vil kun sjældent overstige ca. 10 °C, og der foretages normalt ikke særlige foranstaltninger i den anledning.

Derimod bør man, når der anvendes ikke-trækfaste samlinger, altid sikre mod udskydning af samlingen. Denne forankring udføres oftest ved om- eller bagstøbning med mager beton, og forankringer udføres ved

bøjninger,
T-stykker (afgreninger),
dimensionsændringer og
afspærringsventiler.

Omfanget og styrken af forankringerne afhænger af rørdimensioner, forsyningstryk og jordbundsforhold mv. Ved større ledninger bør der derfor altid udføres særlige beregninger af de kræfter, der optræder, og hvordan de overføres til jorden.

Kraft på ledning

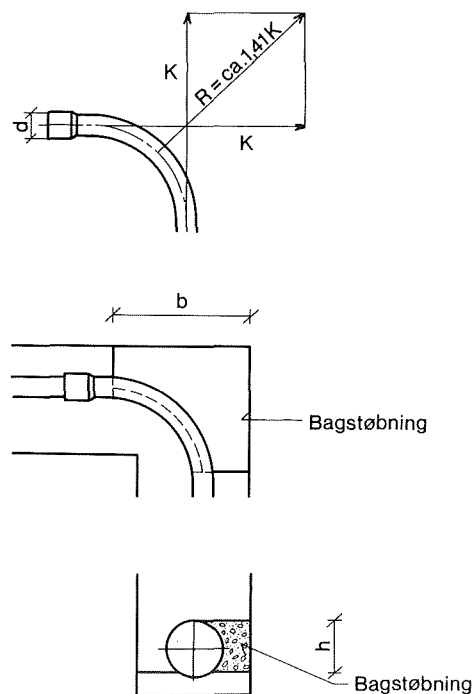
Trykket i ledningerne medfører en aksialt virkende kraft K (kN) på ca.

$$K = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot p \quad (23.1)$$

hvor d_i er den indvendige diameter (m), og p prøvetrykket (kPa).

Prøvetrykket skal være mindst det højest forekommende driftstryk, dog mindst 600 kPa (ca. 60 mVS). Denne kraft skal overføres til jorden via bagstøbninger.

Ved de dimensioner, der normalt er tale om i vandinstallationer ($d_u \leq 160$ mm), vil almindelig dansk morænejord kunne optage disse kræfter. Hvor der derimod er tale om jordarter med ringe styrke, bør der indhentes nærmere oplysning hos fabrikanterne. Se iøvrigt fig. 23.6, 23.7, 23.8 og 23.9.



Indvendig diameter	mm	40	50	60	70	80	90	100	110	150
K ved $p = 600 \text{ kN/m}^2$	kN	0,75	1,18	1,70	2,31	3,02	3,82	4,71	5,70	10,60

Fig. 23.6. Forankring af vandledninger i jord ved retningsændring på 90°. De kræfter der skal optages beregnes som:

$$K = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot p$$

hvor d_i er rørets indvendige diameter (m)
 p prøvetrykket (kPa)

Ved retningsændringer på 45° kan den resulterende kraft R regnes at være 1,5 gange så stor.

Til optagelse af kraften K behøves et areal ($b \cdot h$) mellem jord og bagstøbning på:

$$b \cdot h = \frac{K}{200} \text{ (m}^2\text{)}$$

idet det tilladelige tryk på jord sættes til 200 kPa.

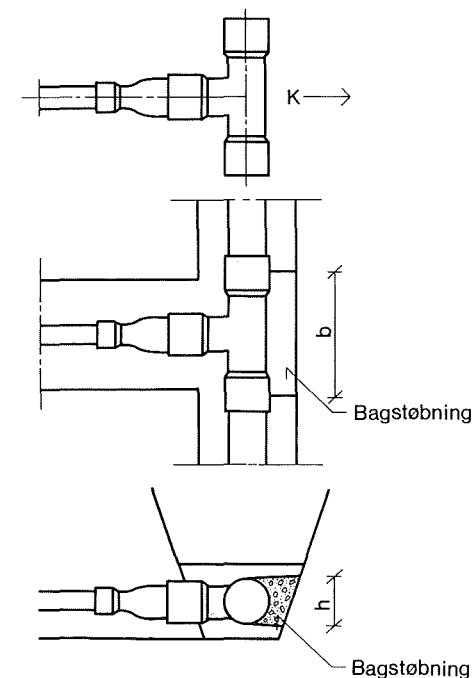


Fig. 23.7. Bagstøbning ved afgrening (T-stykke). Vedr. beregning af K mv., se fig. 23.6.

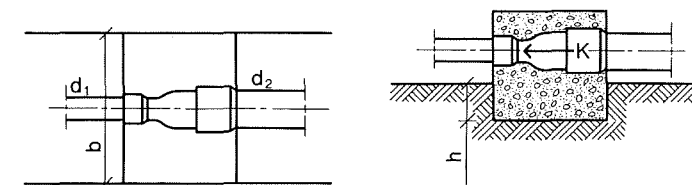


Fig. 23.8. Fastholdelse af reduktionsrør. Aksialkraften K , der skal overføres til jorden kan beregnes som:

$$K = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot p \text{ (kN)}$$

hvor d_2 og d_1 er de indvendige diametre (m) og
 p prøvetrykket (kPa)

Til optagelse af kraften K behøves et areal ($b \cdot h$) mellem jord og støbning på:

$$b \cdot h = \frac{K}{200} \text{ (m}^2\text{)}$$

idet det tilladelige tryk på jord sættes til 200 kPa.

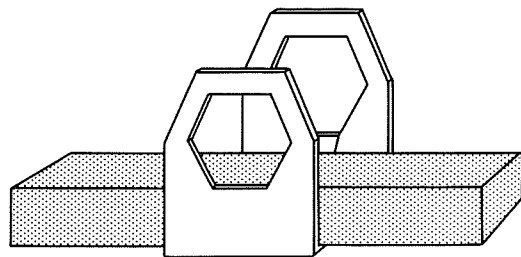


Fig. 23.9. Fastholdelsesgarniture for afspæringsventil.

Fastholdelse ved trykprøvning

Ved trykprøvning af plastrør skal man sørge for en fastholdelse af ledningen under trykprøven. Bagstøbning og omstøbning, der dækker samlinger, må ikke være udført ved trykprøven. Trykprøven bør tidligst udføres 48 timer efter støbningen.

Håndtering af plastrør

Ved lægning af plastrør ved lave temperaturer skal man være opmærksom på at specielt PVC-rør kan blive skøre. Der henvises til fabrikanternes informationsmateriale.

Overgang til installationer i bygning

Ved overgang fra installationer (ledninger) i jord skal man være opmærksom på de specielle forhold, der er gældende. Det er primært risikoen for brud på ledningerne umiddelbart ved indføringen, der skal tages højde for. Sekundært skal der udføres tætte indføringer.

Gennemføring i fundamenter

Når en ledning føres gennem eller under et fundament, må ledningen ikke faststøbes, men føres gennem en udsparring der giver mulighed for at bygningens fundamenter kan sætte sig, uden at der derved overføres kræfter til ledningen. Evt. kan der anvendes bøsningrør af rigelig dimension. Se fig. 23.10. Såfremt ledningen føres under det normale fundamenteringsniveau skal fundamentet føres ned som anført i kap. 22.

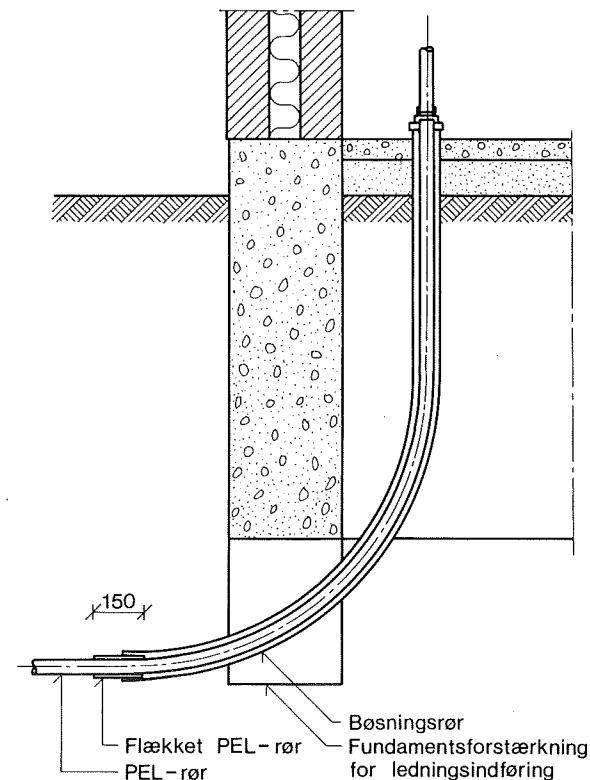


Fig. 23.10. Eksempel på indføring af PEL stikledning i hus med gulv på jord.

Gennemføring i kælderydervægge

Gennemføringen i kælderydervægge skal udføres tæt, og der er i praksis to muligheder:

ledning føres ubrudt igennem en tæt bøsning, eller der anvendes et murstykke.

Tæt bøsning

Tætte bøsninger anvendes ved gennemføring af plastledninger. Eksempler er vist på fig. 23.11.

Murstykker

Murstykker anvendes fortrinsvis ved gennemføring af støbejernsrør. Et eksempel er vist på fig. 23.12.

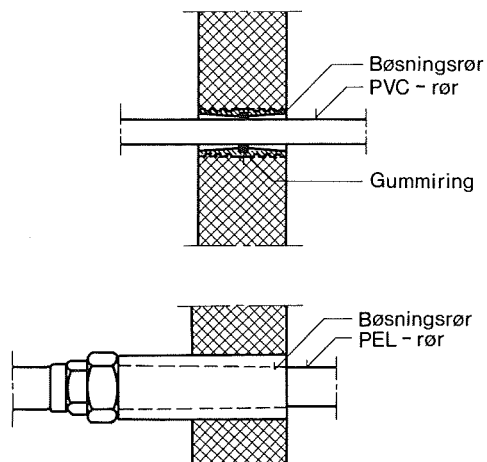


Fig. 23.11. Eksempler på gennemføring i kælderydervæg med tæt bøsning.

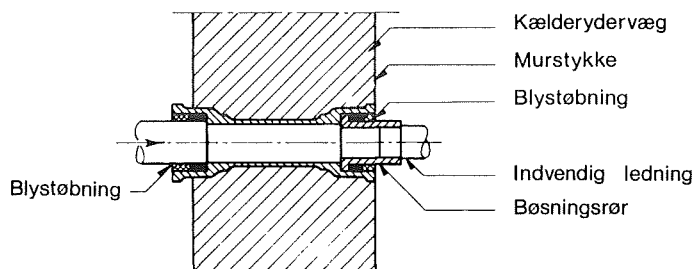


Fig. 23.12. Gennemføring i kælderydervæg med murstykke.

Gennemføringer i gulv på jord

Gennemføringer i gulv på jord kan for plastrørs vedkommende udføres som murgennemføringer. Ved gennemføring af støbejernsrør afsluttes med muffe i gulvhøjde og der sættes bøsningmuffe med overgang til indvendig ledning.

Installationer i bygning

Installationer i bygning omfatter bl. a.

målerinstallation,
ledningsarbejder, og
isolering.

Målerinstallation

Målerinstallation er nærmere omtalt i kap. 21. Såfremt myndighederne ikke kræver måler opsat, skal der gøres plads til den i installationen på en sådan måde, at måler kan installeres uden væsentlige indgreb i installationen.

Ledningsarbejder

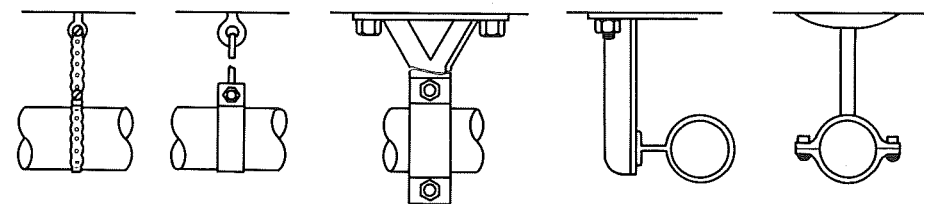
Ved udførelse af ledningsarbejder skal man sikre sig at normens krav er opfyldt. Kravene og de mere projekteringsmæssige konsekvenser er omtalt i kap. 22, og her skal de forskellige bæringstyper, rørgennemføringer mv. nærmere omtales.

Bæring

Problemerne omkring bæring, styre- og fastspændinger er nærmere behandlet i kap. 22. Her omtales de mest almindelige typer opdelt efter rørmaterialet.

Varmforzinkede
stålrør

Eksempler på bæring er vist på fig. 23.13.



Pendulbæring
All - round
patentbånd

Pendulbæring
Rundjerns strop

Fastspænding

Styr

Flangerørsbæring

Fig. 23.13. Eksempler på bæring.

Kobberrør

Bæring til kobberrør er i princippet af samme konstruktion, som de der anvendes til stålrør. Anvendes bæring af stål lægges et isolerende indlæg i bæringen a. h. t. risikoen for korrosion. Bæringerne kan også være af andre materialer, som eksempler kan nævnes rørbærere af plast, rødgoods, kobber og messing. En særlig type er de såkaldte klemrørbærere af plast, der anvendes meget ved synlige rørinstallationer i badeværelser, se fig. 23.14.

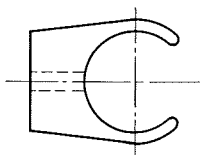


Fig. 23.14. Klemrørbærer for kobberrør.

Plastrør

For plastrør bør der anvendes bæring med bredere anlægsflade mod rørene, men ellers af principielt samme type som vist på fig. 23.13.

Vandrette rør af PEX, PVC, PEH og PEL, bør understøttes af rende eller lignende.

Afstand mellem rør

Rør bør placeres således, at der mellem færdigt isolerede rør er en afstand på 6 cm. Ved krydsninger kan afstanden nedsættes til 3 cm.

Ledninger for varmt vand (fremløb) og cirkulationsledninger, når undtages anlæg med naturlig cirkulation, kan under snævre pladsforhold isoleres sammen, og afstanden mellem rørene (excl. isolering) kan nedsættes til ca. 2 cm, se fig. 23.15

Afstand mellem rør og væg

Af hensyn til mulighed for bl.a. maling af rør og vægge bør afstanden mellem færdigt isoleret rør og væg (og loft), ikke være mindre end 2,5–3 cm og helst 6 cm. Se fig. 23.15.

Isolering

Isolering er nærmere omtalt i kap. 16.

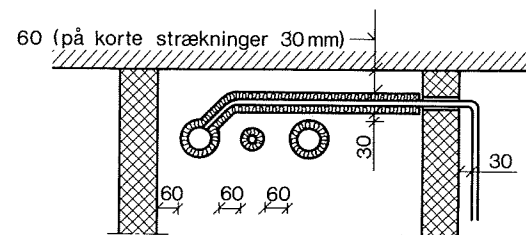


Fig. 23.15. Rørs afstand til andre rør, vægge og lofter. Det bemærkes at i henhold til bygningsreglementet skal der være en fri passagehøjde under rør på 1,90 m.

Kapitel 24

Kontrol og prøvning

Generelt

Når det skal sikres, at en vandinstallation lever op til de krav, der er stillet til den, er det nødvendigt at foretage en kontrol. Kontrol kan ske, dels under byggeprocessen og dels når installationen er færdig. Som et led i kontrollen kan der udføres visse prøvninger.

Kontrol

Kontrol af vandinstallationer består dels i en kontrol af, at normens krav er overholdt, og dels i en kontrol af, at det udførte er i overensstemmelse med projektet.

Myndighedskontrol

Myndighederne har ret til at kontrollere, at vandinstallationer overholder normens krav. Omfanget af denne kontrol varierer meget fra område til område, og de udførende bør derfor i hvert enkelt tilfælde undersøge de lokale regler for myndighedernes tilsyn. Specielt henledes opmærksomheden på, at installationer, der ikke er synlige, eller som er ikke-udskiftelige i det færdige byggeprojekt, kan forlanges kontrolleret inden inddækning eller indstøbning.

Myndighederne har ikke noget ansvar for, at en færdig installation er i overensstemmelse med normen. Hvis det på et senere tidspunkt konstateres, at der er uoverensstemmelser med normen, kan myndighederne forlange installationen ændret.

Myndighedernes
ansvar

Bygherrens kontrol

Bygherren eller dennes tilsyn har i almindelighed ret til at kontrollere alle dele af installationen og disses overensstemmelse med projektmaterialet. De nærmere regler herfor vil normalt være fastlagt i en kontrakt mellem bygherren og den udførende.

Prøvning

Prøvning af vandinstallationer kan i praksis bestå dels af nogle prøvninger af installationens funktion og dels af en tæthedsprøvning. Tæthedsprøvning gennemføres normalt som en trykprøvning.

Funktionsprøvninger

Funktionsprøver – dvs. prøver, hvor man undersøger, om installationen kan opfylde de forudsatte funktioner – er endnu ikke almindeligt anvendt, da der savnes beskrivelse af sådanne prøver. Der er dog enkelte funktioner, som kan prøves direkte, før en ny installation kan tages i brug og afleveres til bygherren. Der er primært tale om prøvninger vedrørende:

kapacitet,
støjforhold,
indregulering af cirkulationssystemer og
tilbagestrømningssikringer.

Kapacitets-
prøvninger

En betingelse for, at en kapacitetsprøvning kan gennemføres, er, at der foreligger en direkte talmæssig angivelse af den ønskede kapacitet. Det er således ikke uden videre muligt at foretage en prøvning, hvor den ønskede kapacitet er baseret på en vis sandsynlighed for samtidig brug af tapsteder. Det er derimod muligt at afprøve en varmtvandsinstallation, hvor kapacitetskravet er baseret på et bestemt tappeprogram.

Kapacitets-
prøvning for
apparater o.lign.

Apparatur, vandbehandlingsanlæg o.lign. med talmæssigt veldefineret kapacitet kan ofte med et godt resultat kontrolleres gennem prøvning. Det er således muligt med ret

simple midler at prøve blødgøringsanlæg, trykforøgeranlæg o. lign. Med henblik på disse prøver – men i øvrigt også ved en almindelig løbende kontrol – kan det være hensigtsmæssigt at forsyne installationen med de nødvendige prøveudtag og måleinstrumenter, såsom termometre, manometre og trykudtag.

Prøvning af cirkulations-system

I installationer for varmt vand kan det let kontrolleres, om ventetidskravet er overholdt. Derigennem opnås en kontrol på, at et evt. cirkulationssystem fungerer som tilsigtet. Det bemærkes, at ventetiden skal svare ret nøje til den beregnede ventetid svarende til de aktuelle ledningslængder. Da det kan være vanskeligt at bestemme den nøjagtige vandstrøm kan ventetidsmålinger erstattes med måling af den vandmængde, der skal aftappes før den forudsatte varmtvandstemperatur er opnået. Se kap. 7.

Anlæg for produktion af varmt vand

Kapaciteten af anlæg for produktion af varmt vand kan som nævnt kontrolleres direkte ved gennemførelse af et foreskrevet tappeprogram. Kapaciteten kan også kontrolleres gennem bestemmelse af det effektive volumen og den effektive ydelse, som de er defineret i kap. 12.

Måling af støj

Kontrol af det støjniveau, som forårsages af en vandinstallation, kan direkte foretages ved hjælp af en transportabel lydtrykmåler. I bygningsreglementet er angivet såvel krav som beskrivelse af målemetode, se også kap. 18. Støjkravene er et godt eksempel på et krav sæt, som lægger op til en funktionsprøve på den færdige installation. Da kravene skal være opfyldt selv ved det maksimale tryk p_{max} , skal prøvning udføres i en periode med højt tryk (ofte om natten).

Tæthedsprøvninger

I normen foreskrives, at en vandinstallation skal tæthedsprøves, inden den tages i brug. Det er almindeligt, at tæthedsprøven foretages med vandtryk, men normen åbner mulighed for, at der også kan prøves med trykluft (max. tryk 50 kPa).

For en tæthedsprøvning gælder – hvad enten den foretages med vand eller luft – følgende generelle regler:

Generelle regler for tæthedsprøvning

1. Tæthedsprøver udføres af vandmesteren.
2. Trykprøvning af plastledninger må ikke foretages med højere tryk end angivet ved den valgte trykklasse (min. PN 10).
3. Plastledninger med limede samlinger må først trykprøves efter den af fabrikanten opgivne tid for limens afbinding. Normalt er denne tid ca. 12 timer, det kan dog anbefales tidligst at trykprøve efter 24 timer.
4. Såfremt der er anvendt ikke-trækfaste samlinger, skal alle afsprodsninger (bagstøbninger o. lign.) være udført.
5. Alle samlinger skal være synlige ved trykprøvningen.
6. Ved trykprøvning af ledninger i jord må disse ikke være dækket, og graven skal være fri for vand.
7. Ledninger, der skal indstøbes eller inddækkes, skal prøves før indstøbning eller inddækning.

Trykprøvning i flere omgange

I mange installationer vil det være nødvendigt at udføre tæthedsprøvning i flere omgange. Dette kan f. eks. være begrundet med de øvrige byggearbejders udførelse (støbning af gulve, udførelse af inddækninger mv.). Der skal dog altid afsluttes med en prøve af installationen i sin helhed.

Præfabrikerede enheder

Et formelt problem kan opstå i byggerier, hvor der anvendes præfabrikerede enheder, såsom badekabiner eller andre vådrumsenheder med skjulte (f. eks. indstøbte) ledninger. Sådanne enheder skal trykprøves af en vandmester på fabrikken, inden ledningerne indstøbes. Myndighederne i den kommune, hvor enhederne monteres i installationen, kan evt. forlange en attest eller erklæring om, at denne prøve er udført.

Prøvning med trykluft

Muligheden for tæthedsprøvning med trykluft er indført, fordi en trykprøve med vand ikke giver fuld sikkerhed for vedvarende tæthed i en installation af kobberør med loddede samlinger, se kap. 9. Trykluftprøven er ikke krævet, men den kan anbefales, når der er tale om installationer med skjulte samlinger. Eventuelle utætheder kan lokaliseres ved pensling af samlingerne med sæbevand.

Ved trykprøvning med luft er det meget vigtigt, at den i normen anførte grænse for lufttrykket på 50 kPa ikke overskrides, da en sprængning kan få katastrofale følger.

For at opnå den bedst mulige prøvning bør en trykluftprøvning efterfølges af en trykprøvning med vand som beskrevet i det følgende.

Prøvning med
vandtryk

Den traditionelle tæthedsprøve udføres med vandtryk. Normen foreskriver, at der skal prøves med det højest forekommende driftstryk, dog mindst 600 kPa (~ 60 mVS). Det er i almindelighed ikke nok at prøve med det på prøvetidspunktet forekommende tryk i forsyningsledningen. Det tryk, der skal prøves med, skal oplyses af vandværket.

Ved trykprøvningen fyldes installationen fra det laveste punkt, og der skal udluftes ved alle tapsteder. Prøvetrykket skal holdes i mindst 15 min., hvorefter installationen efterses for eventuelle utætheder, mens trykket stadig fastholdes.

Kapitel 25

Vedligeholdelse

Generelt

Det er vigtigt, at man allerede i planlægningsfasen gør sig klart, at en vandinstallation skal kunne vedligeholdes og repareres. De beslutninger, som tages i denne fase vil være afgørende for det senere driftsbudget.

Planlægningsfasen

Gennem valg af materialer og komponenter fastlægges det senere behov for reparation og vedligeholdelse. Enhver kalkulation af anlægsudgiften til en installation burde suppleres med et skøn over de tilhørende driftsudgifter, så valgene kunne træffes på et korrekt grundlag. Desværre kan det være vanskeligt at gennemføre sådanne beregninger. Der findes områder, hvor beregninger kan opstilles – f.eks. valg af materiale og anlægsudformning i relation til udgiften ved korrosion, herunder udgifter til vedligeholdelse af anoder og elektrolyseanlæg – og i sådanne tilfælde bør det gøres.

Anlægs- og
driftsudgifter

Rørføring

Rørføringen har på flere måder betydning for driften. Hvis rørene føres skjult og med skjulte samlinger, så er der risiko for, at skaderne – når de melder sig – kan blive omfattende og vil kunne indebære, at der også sker skade på bygningsdele. Hvis rør nødvendigvis må føres skjult, vil det være en betydelig fordel, hvis de lægges således, at eventuelle skader hurtigt kan afsløres.

Med henblik på den regelmæssige vedligeholdelse er det også væsentligt, at installationen generelt er let tilgængelig, således at den uhindret kan inspiceres.

Når reparationen skal gennemføres, er det vigtigt, at afbrydelsen af vandtilførslen sker i så lille en del af installationen som muligt. Derfor skal installationen forsynes med af-

spærringsmuligheder i passende omfang. Dette er også påpeget i normen.

Normens krav

Normen indeholder en række krav, som helt eller delvis vedrører reparation og vedligeholdelse. Det gælder således krav vedrørende:

udskiftelighed,
pladsforhold
tilgængelighed og
placering af sikkerhedsventiler.

Krav vedrørende samlingsmetoder og materialevalg har ofte samme formål.

Med henblik på ressourcebevarelse kræver normen, at installationsdele, der af *driftstekniske* grunde må forventes at skulle repareres med mellemrum, skal være udskiftelige. Der er ikke tale om, at der skal slækkes på kravet om bestandighed, men hvis der kan forudses problemer, så skal det være muligt at klare en reparation gennem udskiftning af de færrest mulige dele.

Udskiftelighedskravet tager primært sigte på maskiner og apparater, men også for ventiler, anoder og varmeplader i varmtvandsbeholdere vil kravet være aktuelt.

Normens krav om udskiftelighed medfører også, at der skal være plads omkring de ting, der skal kunne udskiftes, således at udskiftningen kan foretages. Dette gælder f.eks. ved varmtvandsbeholdere, hvor varmeplader og anoder skal kunne udskiftes, uden at hele installationen nedtages, og at renseadgange (inspektionsdæksler mv.) skal være tilgængelige.

Afspærringsventiler, der er anbragt for at begrænse ulemperne ved reparation og eftersyn (normens stk. 5.6), skal være placeret således, at de bekvemt kan betjenes.

Sikkerhedsventiler ved varmtvandsbeholdere med et rumindhold på mere end 300 l bør så vidt muligt være placeret højere end beholderen. Grunden hertil er, at reparation eller udskiftning af sikkerhedsventilen skal kunne foretages, uden at beholderen skal tømmes for vand.

Udskiftelighed

Pladsforhold

Tilgængelighed

Placering af
sikkerheds-
ventiler

Forberedt vedligeholdelse

Der kan gøres mange små foranstaltninger, som kan være af stor værdi for vedligeholdelsen.

Der bør for enhver bygning forefindes et sæt installations-tegninger. Der bør tillige være udarbejdet en instruks for drift og vedligeholdelse. Dette arbejde bør påbegyndes under projekteringen og fortsættes til alle komponenter er valgt og leverandørernes driftsinstrukser foreligger.

Det er en stor lettelse, under vedligeholdelsesarbejdet, hvis ledninger og ventiler er omhyggeligt mærket. Mærkningen skal være så klar, at enhver af afspærringsventilernes funktion tydeligt fremgår. En tilsvarende mærkning bør foretages på tegninger og diagrammer. For sprinkleranlæg gælder, at de skal mærkes i overensstemmelse med »Dansk Brandforsikrings Forening«s regler.

Instruks for drift
og vedlige-
holdelseMærkning af
ledninger og
ventilerSnavs og
urenheder

Forebyggende vedligeholdelse

Under tilrettelæggelsen af en installation skal der – gennem sikring af tilgængelighed, udskiftelighed mm. – skabes forudsætninger for en fornuftig vedligeholdelse. Når installationen er i drift, er der en række andre forebyggende foranstaltninger, der bør tages i anvendelse. Blandt de væsentligste foranstaltninger for en almindelig vandinstallation kan nævnes:

Gennemskylning af installationen (efter behov).

Systematisk vedligeholdelse af anlæg for varmtvandsproduktion.

For specielle vandinstallationer – f.eks. indeholdende vandbehandlingsanlæg, maskiner, apparater mv. – vil der som regel være særlige krav til vedligeholdelsen, og der henvises herom til leverandørens anvisninger.

Gennemskylning af installationen

Snavs og urenheder i en installation kan give anledning til problemer. Det sker primært i vandrette ledningsstrækninger samt ved afspærringsarmaturer, kontraventiler, aftap-

ningsventiler mv., og det viser sig ved, at disse ikke mere lukker tæt.

Gennemskylning
efter reparations-
arbejder

Normen stiller krav om, at en installation skal gennemskyles inden ibrugtagningen. Herudover bør man altid foretage en grundig gennemskylning efter større reparations- og vedligeholdelsesarbejder, idet disse arbejder ofte giver anledning til, at urenheder – fra f.eks. ledninger – løsnes og føres med vandstrømmen til armaturerne. Dette kan forhindre lukning, ødelægge ventilsæder og evt. ødelægge pakninger. En grundig gennemskylning er derfor nødvendig.

Reparation af
forsynings-
ledninger

De samme forhold optræder også ved reparationer på forsyningsledninger. Her er der tillige risiko for, at jordpartikler kan komme ind i ledningerne. I områder, hvor forsyningsledningerne er udført helt eller delvist af støbejern, er der ligeledes risiko for, at rustskaller løsnes og føres ind i installationerne. Med henblik på beskyttelse af installationen bør derfor også forsyningsledninger og ledninger i jord gennemskyles efter arbejder på disse (f.eks. reparation og anboringer).

Snavsdannelse

I princippet kunne disse urenheder fanges i snavssamlere og filtre, før de gav anledning til problemer. Ved anvendelse af snavssamlere og filtre optræder der imidlertid andre gener. Hvis snavssamlere skal kunne fjerne de urenheder, der kan gøre ventiler utætte, skal de være ret finmaskede, og de får derfor mere karakter af filtre, som normalt ikke anvendes i en drikkevandsinstallation. Såfremt der er sket en tilstopning af den si, der sidder i en vandmåler, skal rensning ske med vandværkets assistance.

Filtre

Filtre (mekaniske) kan give anledning til f.eks. bakterievækst og dermed til en forringelse af vandets kvalitet. De er derfor kun godkendt til vand til teknisk brug, og kan ikke anvendes som snavssamlere i almindelige vandinstallationer.

Anlæg for varmtvandsproduktion

I anlæg for varmtvandsproduktion sker oftest flere sideløbende processer såsom:

opvarmning af brugsvandet,
katodisk beskyttelse af anlægget og
elektrolytisk beskyttelse af anlæg og den efterfølgende installation.

Hvis disse processer skal kunne foregå tilfredsstillende, vil det være nødvendigt at foretage en systematisk inspektion og vedligeholdelse af anlægget.

Inspektion og vedligeholdelse bør omfatte følgende arbejder:

udslamning af beholdere,
inspektion og rensning af varmeblader,
inspektion af overfladebehandlinger,
inspektion og evt. udskiftning af anoder og
systematisk service og vedligeholdelse af elektrolyseanlæg.

Udslamning af
beholdere

I anlæg for varmtvandsproduktion og specielt i varmtvandsbeholdere vil der p.g.a. de små gennemstrømningshastigheder samle sig urenheder i bunden af beholderen. For at undgå tildækningskorrosion (se kap. 19) bør alle beholdere derfor udslammes og renses mindst en gang om året.

Inspektion og
rensning af
varmeblader

Varmeblader skal holdes rene for at sikre en god overføring af varmen. Jo højere temperaturen på varmemediet er, des større er risikoen for kalkafsetninger på varmebladen. Varmebladen bør derfor med jævne mellemrum inspiceres og efter behov afsyres eller renses manuelt.

Udsyring må kun foretages efter tilladelse fra myndigheden, og installationen må først tages i brug igen efter en grundig gennemskylning.

En eventuel overfladebehandling af beholderens indre bør ligeledes jævnlig kontrolleres og evt. udbedres, se kap. 12.

Inspektion af
overflade-
behandling

Inspektion og
evt. udskiftning
af anoder

Anoder tæres bort med hastighed, der afhænger af f.eks. vandets kvalitet, beholdermateriale og beholderkonstruktion. De skal derfor inspiceres med jævne mellemrum – hyppigst i starten – til der findes en passende udskiftningshyppighed.

I stålbeholdere uden overfladebehandling går tæringen normalt hurtigt, og anoderne bør derfor kontrolleres med ca. 1 års mellemrum. Udskiftning, der skal foretages efter behov, kræves her normalt efter 1-2 års drift.

I beholdere med overfladebehandling bør eventuelle anoder kontrolleres efter 1 års drift. Ud fra anodens tilstand på dette tidspunkt kan man skønne over inspektionsintervallerne. Normalt vil et 5-års interval være passende. I beholdere med plastbelægning anvendes i reglen ingen anode.

Elektrolyseanlæg kræver pasning og vedligeholdelse. Det vil her føre for vidt at beskrive disse arbejder. Det skal blot anføres, at det er en betingelse for korrekt funktion af et elektrolyseanlæg, at service og vedligeholdelse foretages systematisk og af specialistfirmaer, evt. af leverandøren.

Afhængigt af anlæggets udformning kan der være andre nødvendige forebyggende foranstaltninger, f.eks. vil en jævnlig kontrol af temperaturstyringen være ønskelig. Sikkerhedsventiler skal afprøves (løftes) med korte mellemrum – 1-2 gange pr. måned – hvis en korrekt funktion skal sikres.

Fejlfinding

Bortset fra de i det foregående omtalte, forebyggende vedligeholdelsesarbejder finder der kun sjældent systematisk inspektion af vandinstallationer sted. Fejlfinding foretages normalt kun, når der konstateres mangler eller ulemper.

I større installationer bør der føres kontrol med vandforbruget med jævnlige aflæsninger af målere. Et unormalt stort vandforbrug kan f.eks. skyldes utætte tapventiler, eller at et cirkulationssystem for varmt vand ikke fungerer efter hensigten (for store ventetider).

Hvis der konstateres et unormalt stort vandforbrug, bør installationen altid gås efter. Der vil ofte være tale om utætte cisterneventiler, hvor udsivende vand ledes til afløb og derfor ikke giver anledning til gener eller klager.

I vandinstallationer vil det være rimeligt at foretage en lejlighedsvis inspektion af kontraventiler, sikkerhedsventiler og – fremfor alt – af aftapningsarmaturer.

Systematisk service og vedligeholdelse af elektrolyseanlæg

Andre arbejder

Systematisk inspektion

Kontrol af vandforbrug

Lejlighedsvis inspektion

Installationer for varmt vand

I installationer for varmt vand vil der ofte optræde følgende mangler:

for lav varmtvandstemperatur.

for lille vandstrøm,

for lange ventetider og

brunfarvet vand.

For lav varmtvandstemperatur

For lav varmtvandstemperatur kan f.eks. skyldes:

utilstrækkelig kapacitet i anlægget for produktion af varmt vand, eller

utilsigtet opblanding med koldt vand.

Utilstrækkelig kapacitet

Utilstrækkelig kapacitet kan skyldes tilkalkning af varmeklader, og disse bør derfor inspiceres og renses, hvis det er nødvendigt. Den utilstrækkelige kapacitet kan også skyldes et ændret forbrugsmønster, eller at en udvidelse af installationen er foretaget uden en nødvendig ændring af anlægget for varmtvandsproduktion.

Utilsigtet opblanding med koldt vand

For lav varmtvandstemperatur kan skyldes en utilsigtet opblanding med koldt vand. Dette vil normalt skyldes, at den krævede kontraventil på cirkulationssystemet ikke virker. Fejlen kan optræde i cirkulationssystemer såvel med som uden cirkulationspumpe.

Hvis fejlen kun optræder ved et enkelt tapsted, kan den muligvis skyldes, at der sker en overstrømning i selve blandearmaturet, og evt. bør armaturet – eller måske blot pakningerne – udskiftes.

For lille vandstrøm

For lille vandstrøm ved de enkelte tapsteder kan skyldes utilstrækkelige dimensioner, men ofte er der med tiden sket en tilkalkning af varmtvandsledningerne. Hvis der i installationen er en gennemstrømningsvandvarmer er årsagen hyppigt en tilkalkning af denne.

For lange ventetider

En tilkalkning fjernes ved udsyring eller evt. udskiftning af dele af ledningssystemet.

Nedsat cirkulation

For lange ventetider vil normalt skyldes, at der intet cirkulationssystem er, eller – hvis der er et cirkulationssystem – at cirkulationen er nedsat eller helt standset.

Nedsat cirkulation kan skyldes en defekt pumpe, men kan også skyldes tilkalkede cirkulationsledninger, tilkalkede re-

guleringsventiler, manglende udluftning, eller – hvad der nok er det almindeligste – at fordelingen af de cirkulerende vandstrømme er forkert.

Indregulering af cirkulations-system

En forkert fordeling af vandstrømmene kan skyldes en helt manglende indregulering, eller en tidligere foretaget indregulering, der har været utilstrækkelig. Der kan være sket det, at modstandene i nettet er ændret, hvilket ofte er tilfældet, og det kan skyldes tilkalkning af ledninger og armaturer.

Kontrol af indregulering

Det er vigtigt, at indreguleringen af cirkulationssystemer er i orden. Som nævnt kan en mangelfuld indregulering medføre for store ventetider ved et eller flere tapsteder, men ligeså vigtigt er det, at der kan opstå korrosionsskader i ledningssystemet. Forholdene omkring korrosion er omtalt i kap. 19. Her skal blot resumeres et par vigtige punkter:

cirkulationshastigheden i ledningen af varmforzinkede stål-rør, der er korrosionsbeskyttede med elektrolyse, skal være mindst 0,2–0,3 m/s og

cirkulationshastigheden i kobberrørssystemer må ingen steder overstige de i fig. 19.8 anførte grænsehastigheder.

Angående indregulering af cirkulationssystemer, se kap. 7.

Brunfarvet vand

Man kan komme ud for, at det vand der tappes, er brunt. Dette kan skyldes løsnet rust og andre urenheder, som føres med vandet efter reparationsarbejder. Det kan imidlertid også skyldes, at der foregår en kraftig korrosion, f.eks. i varmtvandsbeholderen. I sidstnævnte tilfælde bør man først undersøge, om eventuelle anoder er borttæret – de bør i så fald udskiftes.

Reparationer

Det vil her føre for vidt at komme ind på, hvorledes reparationer skal udføres. Det skal dog bemærkes, at normens bestemmelser også gælder for ændringer og tilføjelser i eksisterende installationer.

Litteraturliste

En del af kildeangivelserne er anført direkte i teksten. Nedenstående liste rummer værker, som kan have betydning for læserne – udover deres værdi som kilde til oplysninger givet i anvisningen.

- [1.1] Bekendtgørelse om indførelse af det internationale enhedssystem (SI) for mål og vægt. Handelsministeriets bekendtgørelse nr. 320, 21. juni 1977.
- [1.2] Fysiske størrelser og måleenheder DS 2000, DS 2001 og DS 2002. De væsentligste i denne sammenhæng er DS 2001.0 (almindelige principper), DS 2001.3 (mekanik) og DS 2001.4 (varmelære). DS 2002 rummer regler for brug af SI-enheder og deres decimale multipla.
- [1.3] Signaturer for VVS-installationer DS/R 106.5. 1. udg. juni 1972. 12 sider.
- [3.1] DIF's norm for fælles vandforsyningsanlæg. 1. udg. 1978. DS 442.
- [3.2] DIF's norm for vandforsyningsanlæg for enkeltejendomme. 1. udg. 1978. DS 441.
- [4.1] Nomogrammer for tryktab i rør. K. Ovesen og K. O. Juel Rasmussen. Ingeniøren nr. 21, 1962. SBI-særtryk 133. København 1963.
- [4.2] Beregning af tryktab i rør og kanaler. K. Ovesen. VVS nr. 8, 1968. SBI-særtryk 183. København 1968.
- [5.1] Underlag för utarbetande av vattenregulativ. NKB-skrift nr. 12. Udgivet af den nordiske komité for bygningsbestemmelser. November 1969.

- [7.1] Indregulering af varmeanlæg. Jørgen Christiansen. SBI-rapport 111. Hørsholm 1979.
- [10.1] Godkendelses- og prøvningsbetingelser for aftapningsarmaturer. Boligministeriets godkendelsesudvalg for vand- og afløbsmateriel. Maj 1977.
- [10.2] Foreløbige godkendelses- og prøvningsbetingelser for afspærrings- og reguleringsarmaturer. Boligministeriets godkendelsesudvalg for vand- og afløbsmateriel. Februar 1978.
- [10.3] Foreløbige godkendelses- og prøvningsbetingelser for kontraventiler til brugsvandsanlæg. Boligministeriets godkendelsesudvalg for vand- og afløbsmateriel. Januar 1975.
- [10.4] Foreløbige godkendelses- og prøvningsbetingelser for vacuumventiler til brugsvandsanlæg. Boligministeriets godkendelsesudvalg for vand- og afløbsmateriel. Januar 1975.
- [12.1] Bekendtgørelse om trykbeholdere mv. på landjorden, Arbejdsministeriets bekendtgørelse af 22. december 1971.
- [12.2] DIF's Almindelige betingelser for udførelse af varmeanlæg. 2. udg. 1976.
- [14.2] Afløbsteknik. Bahl Andersen m.fl. Polyteknisk Forlag 1974.
- [14.3] Pumpeståbi. Bahl Andersen. Teknisk Forlag 1975.
- [15.1] Forskrifter for automatiske sprinkleranlæg. Dansk Brandforsikrings Forening. Januar 1971.
- [15.2] DIF's norm for automatiske sprinkleranlæg i bygninger. 1. udg. 1973. DS 431.
- [16.1] DIF's Almindelige betingelser for udførelse af isoleringsarbejder ved tekniske installationer. 2. udg. 1974.
- [16.2] Rockwool isoleringsbog, teoretisk grundlag.
- [18.1] Støj fra installationer. Jørgen Kristensen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 79. København 1970.

- [19.1] Korrosionsforebyggelse i boligbyggeriets VVS-installationer, SBI-anvisning 95. København 1973.
- [20.1] Vandforbrug og vandbesparelse. Vejledning nr. 2/77. Miljøstyrelsen. Oktober 1977.
- [21.1] Kallvattenmätare. Publikation VAV P 34. Udgivet af VAV (Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen). Stockholm. September 1978.
- [22.1] DIF's norm for fundering. 2. udg. 1977. DS 415.
- [22.2] VVS-detajler. Udgivet af BPS-centret. Hørsholm 1975.
- [22.3] Bekendtgørelse om udførelse af sikringsrum, Indenrigsministeriets bekendtgørelse nr. 135 af 21. april 1975.
- [23.1] Lov om gasinstallationer og installationer i forbindelse med vand- og afløbsledninger. Lov nr. 250 af 8. juni 1978.

Stikordsregister

Den væsentligste ud af flere nævnte henvisninger er anført i *kursiv*

A

Acetylangasværker 403
Afgrening, modstandstal 73
Afkarbonisering 337
Afkøling af vand i ledning 166, 174
Afløbsinstallationer 403, 514, 541
Afspærring 255, 311, 508, 519
Afspærringsarmatur 239
Afspærringsventil 239, 496, 546
Afstand, til andre ledninger 514, 559
– til fundamenter 513
– mellem rørbærere 521
Afsætning i rør og beholdere 316, 340
Aftapning 310, 410, 519, 537
Aftapningsventil, se tømmehane
Anboring 73, 101, 543
Anbøringsapparat 544
Anbøringsbøjle 544
Anbøringshane 544
Anlæg for varmtvandsproduktion 273, 480, 568
– for enfamiliehuse 295
– for flerfamiliehuse 299
Anode 309, 343, 402, 473
Arbejdstilsynet 313, 325, 332, 353, 548
Armaturer 229
Armaturkarakteristik 111
Armaturmontering 256–272
Asbestcimentrør 213
Autorisation 44, 539

B

Badekar 256, 428
Bagstøbning 515, 553
Beholdervolumen, det effektive 277, 280, 318, 322
Beholderydelse, den effektive 279, 281, 320, 322

Beregningsskema 114

– forenklet dimensionering 142
Beregningstryk 99
Beskyttelseslag, ledninger i jord 550
– elektrolyseanlæg 341
Bidet 257
Bimåler 492
Blandearmatur 230, 235, 256
Blandingsbatteri, se blandearmatur
Blødgøringsanlæg 269, 335, 404
Blødlodning 220, 222
Brandhane 369, 498, 509
Brandinstallation 368
Brandslukningsanlæg 368, 409, 498
Brandventil 373, 498
Bruser 258
Byggesagsbehandlingen 38
Byggesagsbehandling 40
Bygningsreglement 38, 368, 380, 419
Bækkenskyller 407
Bæringer 520, 557
Bøjning, modstandstal 72
Bøsninger 529, 555

C

Cirkulation 165, 174
– maksimal hastighed 178
– mindste hastighed 178
– naturlig 177
– med pumpe 177
Cirkulationspumpe 187, 316
Cirkulationssystem 179, 181, 188
– indregulering 178
– tryktab i 186
Cirkulationsledning, varmetab 174, 286
Cisterner 260, 427
Colebrook-Whites formel 61

STIKORDSREGISTER

D

Dampopvarmet anlæg 332
Decibel 417
Desinficering 400
Dimensionering af anlæg for varmtvandsproduktion 285
Dimensionering af ledninger 60, 104, 141
– ved beregning 74
– ved forenklet beregning 139
Dimensioneringsgrundlag 51
Dispensation 42
Disponibelt trykfald 98, 100, 104
Disponibelt tryktab pr. meter 105, 141
Driftstryk 564
Drikkevand, krav til 49
Doseringsapparat 405
Dynamisk tryk 32, 56
Døgnfaktor 301, 357
Døgnforbrug 301, 357

E

Effekt 53, 276
Effektiv beholderydelse, se beholderydelse
Effektiv varmtvandseffekt 279
Effektiv varmtvandsstrøm 279
Effektivt beholdervolumen, se beholdervolumen
Effektivt energiindhold 277
Ekspansion 496, 520, 528
Ekspansionssløjfer 524
Elektriske installationer 514, 541
Elektrolyseanlæg 97, 287, 309, 340, 406, 474
El-vandvarmer 324
Energiligningen 53, 57
Energilinen 58
Enheder 29, 30
Enheder, omsætningstabeller 36
Enkeltmodstande 63, 72
Eternitledninger 544

F

Faktisk tryk 99
Fastspændinger 520
Fejlfinding 570
Filtre, mekaniske 344, 568
Fittings, se formstykker

Fjernvarme, varmt brugsvand 321, 329, 402
– ledninger 514
Forankring 548, 551, 552
Forbrugsafgift 502
Fordelingsledning, tryktab 104, 145
Forkompression 351
Formstykker 200–227
Forrådsbeholdere 308
Forsyningsledning 49, 101, 481
Forsyningspunkt 80
Forurening 399
Friktionskoefficient for rør 60
Fristrømsædeventil 73, 240
Frostsikring 263, 266, 379, 392, 494, 510
Fundamenter, forhold til 511
Fundamentsforstærkning 515
Funktionskrav 25, 42
Funktionsprøve 561
Fælles-brusere 259

G

Galvaniske bade 403
Gasledninger 515, 541
Gasvandvarmere 327
Gennemskylning 400, 567
Gennemstrømningsvarmer 274, 287, 323, 329
Genopvarmningstid 320, 325
Godkendelse 26 (se også VA-godkendelse)
Godkendelse beholdere, se arbejdstilsynet
– el-vandvarmere 325
– gasvandvarmere 328
– kedelunits 330
Gyldighedsområde 43

H

Havevanding, vandbesparelse 486
Havevandingshane 263, 409
Hedtvand, opvarmning af brugsvand 332
Hedtvandsbeholder 333
Hydroforanlæg 351
Hydroforbeholder 353
Hydroforformel 354, 362
Hydroforpumpe 353, 355, 361
Højdebeholder 364
Håndvaske 264

Hårdhed, vands 450
Hårdlodning 221, 222

I
Ikke-udskiftelig ledning 534, 562
Indregulering 243, 261
Indtængen af andre væsker eller luftarter 403
Indvindingsanlæg 45
Installationsgenstande 255
Ionbytningsanlæg 335, 336
Isolering 165, 318, 380, 483, 558
Isolering mod frost 384
– kondens 388
– utilsigtet opvarmning 392
– varmetab, beregning 381
Isoleringsmaterialer 394
– arbejder 394

J
Jordbundsforhold 512
Jordledning 509, 562
Jordledning, indføring 516

K
Kaffemaskine 406
Kappebeholder 318, 329, 402
Kaloriemåling 491
Katodisk beskyttelse 467, 472
Kavitation 360
Kedelunits 330
Kemikaliedosering 344
Kinetisk energi 56
Klage 42
Klapkontraventil 246
Kloakledning, se afløbsinstallation
Kobberrør 202, 218, 562
Kobberrør, største hastigheder 95, 178
Koblingsledning 106, 153
Kogevandsautomat 326
Kolddrikautomat 406
Koldtvandstemperatur 286, 480, 483
Koldtvandsventil, markering 231
Komfortgrad 286, 296
Kompressor 354
Kondensdannelse 388
Konduktivitet, se ledningsevne

Kontraventil 246, 412
Kontraventil, kontrollerbar 248, 413
Kontraventil, stilbar 233, 247
Korrosion 95, 448
Korrosion, forebyggelse af 310, 464, 471
Korrosion, årsag til 449
Korrosionsformer 456
Korrosionsskader 462
Koteangivelse 35, 80, 503
Kuglehane 73, 240
Kuglekontraventil 247
Kulfilter 405
Køkkenvask 262
Køling, vand til 479, 485

L
Laboratorier 409
Laminarstrømning 61
Ledninger i bygning 214, 381, 482, 517, 557
Ledninger i jord 198, 392, 481, 509, 547
Ledningsevne, vands 454, 473
Ledningsgennemføring 529, 554
Ledningsindføring 555
Litteraturliste 573
Loddefittings 223, 226
Loddemidler 221, 222, 226
Lodning 220
Luftblandere 424
Luftgab 256–272, 407, 411
Lydtryk 417
Lydtrykmåling 417
Lydtrykniveau 417, 418
Lægningsdybde 392
Lækagesøgning 481
Længdeudvidelse 521
Længdeudvidelseskoefficient 522

M
Magnesiumanode 343, 473
Materialer 193, 401,
Materialekombinationer, varmtvands-
installationer 472
Mekaniske filtre 344, 404
Mekaniske koblinger 210–227
Membranventiler 73, 240
Modstandstal 65, 72

Mollier-diagram 389
Moody's diagram 64
Murstykke 555
Målerbrønd 495
Målerplacering 494
Målerstørrelse 103, 492

N
Neddrosling 82
Nomogrammer 66–71
Nomogram, anvendelse af 63
Normalvandstrøm 81, 82, 144
Normstøjniveau 431

O
Omsætning af enheder 36
Opspidsning 102
Opvaskemaskine 269, 270, 426
Overfladebehandling 401, 475
Overløb 411
Overløbsledning, sikkerhedsventil 315
Overrislingsanlæg 375, 498
Oversvømmelsessikring 270, 271

P
Pakningsmaterialer 401
P-E kurve 292, 297
PEL-rør 205, 208
PEH-rør 205, 212
PEX-rør 226
Plastrør 205
Potentiel energi 55
Projektering 507
Prøvetryk 564
P-V kurve 292, 297, 321
PVC-rør 204
Pumpe 316, 353
Påfyldningshaner 266, 409

R
Recirkulation 485
Referenceflade 100
Reduktionsventil 245
Reguleringsarmatur 178, 186, 243
Reguleringsstee 244
Rengøringsvaske 267
Retningsændring, ledning i jord 548, 550

Reynold's tal 60
Ruhed 62
Rustfri stålør 224
Rørafbryder, se vacuumventil
Rørbærer 557
Rørbærer, afstand 521
Rørgennemføringer 529
Rørmateriale 197

S
Samlingsmaterialer 197, 401
Samlingsmetoder 197, 199
Sandsynlighed 78, 84
Servantehane, se tapventil
Sideslag 524
SI-enheder 27
Signaturer 37
Sikkerhedsventil 251, 312, 566
Sikringsrum 537
Skoldningsrisiko 260, 316, 328
Skydeventiler 73, 240, 546
Skylleventil 234, 268
Skylning, vand til 479, 485
Slangeforbindelse 266, 270
Slangevinder 374, 498
Solvarmeanlæg, tilbagestrømning 403
Sprinkleranlæg 375, 498
Spulehaner 232, 265
Statisk tryk 32, 56
Stedlig myndighed 40
Stigrør 369
Stikledning 102, 144, 507, 546
Stilbar kontraventil, se kontraventil
Storz-kobling 370
Strengreguleringsventil 244
Strålesamlere, støj 426
Styr 520
Styring af vandtemperatur 260, 317
Støbejernsrør 198, 544, 548
Støj 81, 416
Støjdæmpning 436
Støjgrupper 432
Støjkilder 423
Støjkrav 421
Støjmåling 422, 429
Støjniveau 418, 420, 429
Støjnormal 430

Støjudbredelse 435
 Støjsvage modstande 81, 424, 445
 Støjsvagt armatur 424
 Største forsvarlige hastighed 95, 470
 Største sandsynlige vandstrøm 83, 85, 87, 88, 94
 Største timeforbrug 356
 Stålrør, rustfri 224
 Stålrør, varmforzinkede 215
 Sumkurve 284, 301
 Svømmerventil 253
 Symboler 29-35
 Systematisk benyttede tapsteder 84, 92
 Sædekontraventil, se kontraventil
 Sædeventil 73, 240
 Særlig forureningsrisiko 408
 Sætning 548, 549

T

Tappeprogram 281, 301
 Tapprove 376, 501, 561
 Tapsted 51
 Tapventil 113, 230, 232
 Tegningssignaturer 35, 37
 Tilbagestrømning 403
 Tilbagestrømningssikring 246, 311, 369, 406
 Tilfyldning 548, 550
 Tilfældigt benyttede tapsteder 84
 Tilslutningsafgift 501
 Tilstening, tillæg for 281
 Timefaktor 357
 Toldehane 240
 Tomrørsinstallation 532
 Totalt tryk 32, 56
 Tryk, beregnings- 99
 – det maksimale 81
 – det faktiske 99
 – laveste normale 77, 78
 – over terræn 80
 Trykenergi 55
 Trykbegreber 32
 Trykforskel 32
 Trykforøgeranlæg 345, 351, 362
 Trykgruppe 113, 143
 Trykkote 80
 Trykprøve 554, 562, 564

Trykstød 242, 268
 Tryktab, generelt 32
 – i an boring 101
 – i armatur 110
 – i apparater og maskiner 114
 – i fordelingsledning 104
 – i enkeltmodstande 63
 – i koblingsledning 106
 – i lige rør 60
 – i stikledning 102
 – i vandmåler 103
 Tryktabsberegning 65
 Trykzone 349
 Turbulenskorrosion 461
 Turbulent strømning 61
 Tæthedsprøvning 41, 563
 Tømmehane 240, 496, 519
 Tømning 264, 310, 370, 410, 547

U

Udjævningslag 548, 549
 Udgravning 513
 Udskiftelighed 531, 566
 Udskiftelig ledning 531, 534
 Udslamning af beholdere 473
 Udsyring 400, 569
 Uopvarmede rum 176, 385, 536
 Urinal 260, 479
 Urinalskylning, styring 268

V

Vacuumventil 248, 413
 VA-godkendelse 26, 28, 194
 Vandanalyse 449
 Vandbehandlingsanlæg 334
 Vandbesparelser 480
 Vandforbrug 480, 487
 – afregning 488
 – erhverv 485
 – køling 485
 – unødvendigt 268, 484
 Vandforsyning 45
 Vandforsyningslov 43, 488
 Vandindvindingsanlæg 45, 399
 Vandkvalitet, sikring af 398
 – undersøgelse af 501
 Vandmester, autoriseret 539

Vandmåler 481, 487, 488, 557
 – tryktab i 103, 491
 – installation af 496
 Vandspild 164, 479, 481, 483
 Vandstrøm 34
 Vandstrømsregulator 486
 Vandtype 449, 463, 501
 Vandværket 40
 Varmeanlæg, tilslutning til 267, 409
 Varmelegemer, korrosion 477
 Varmedningsevne 384
 Varmeovergangstal 383
 Varmtvandsbeholder 274, 289, 318, 329
 – korrosion 471
 – varmelegeme 310, 477
 Varmtvandseffekt, den effektive 279
 Varmtvandsforbrug, til brusebad 286
 – til karbad 286
 Varmtvandsproduktion, anlæg for 273
 Varmtvandstemperatur 164, 275, 279, 286, 483

Varmtvandsstrøm, den effektive 279
 Varmtvandsventil, markering 231
 Vaskemaskine 269, 426
 Vaskerende 271
 Vedligeholdelse 565
 Ventetid 164, 167, 168, 483
 Vingehjulsmåler 489, 492
 Viskositet 60
 Volumenmåler 490, 492

W

WC-cisterne 260, 427
 Woltmanmåler 490, 493

Æ

Ændring af vands beskaffenhed 334

Å

Åben beholder 399, 409

Summary

The direction covers the whole field of water installations by means of detailed descriptions, rules for the determination of dimensions, and examples. The direction is meant to be used together with the new Danish code of practice for water installations. The direction deals with legal provisions, design of installations for hot and cold water, and equipment for the production of hot water. The publication gives a comprehensive description of materials, equipment, and methods, comprising piping, moulded pieces, fittings, sanitary ware, insulation etc. Moreover, a great number of safety problems are dealt with, such as pollution, fire hazards, noise, and corrosion. Furthermore, the direction gives general information on water supply, water treatment, saving of water, and metering of water consumption.

SBI-ANVISNING 118	VANDINSTALLATIONER behandler hele vandinstallationsområdet gennem beskrivelser, illustrationer, dimensioneringsvejledninger og eksempler med udgangspunkt i den nye vandnorm
LOVGIVNING	Administrative bestemmelser Godkendelsesordninger
DIMENSIONERING AF VANDSYSTEMER	Grundlaget, gennemførte og forenklede beregninger Installationer og anlæg for produktion af varmt brugsvand. Trykforøgelse
MATERIALER, MATERIEL OG METODER	Rør, formstykker, samlinger, armaturer, installationsgenstande, isolering mm.
TILGRÆSENDE PROBLEMER	Sikring mod forurening, brand, støj og korrosion Vandforsyning, vandbehandling, vandbesparelse og måling af vandforbrug
PLANLÆGNING, PROJEKTERING, UDFØRELSE OG KONTROL	Vandinstallationers arrangement og tilrettelæggelse Detaljeret beskrivelse af udførelse Kontrol, prøvning og vedligeholdelse