

SBI-tryk
SBI-SÆRTRYK
188

UDK 699.844 : 696.11

VVS nr. 11 og 12, 1968

Jørgen Kristensen, J. Overgaard
og K. Ovesen :
Støj fra brugsvandsinstallationer

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
I kommission hos Teknisk Forlag
København 1969



01117P 2.
Bibliotekseksemplar

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Støj fra brugsvandsinstallationer

*Civilingeniør Jørgen Kristensen, SBI
akademiingeniør J. Overgaard, SBI
og civilingeniør K. Ovesen, SBI*

Støj fra brugsvandsinstallationer

Brugsvandsinstallationerne kan være generende støjkilder i vore boliger, og de vil i mange tilfælde kunne give store problemer ved overholdelse af bygningsreglementet. Der findes endnu ingen patntløsning, der alene kan klare alle støjproblemer, så der må arbejdes sideløbende med flere muligheder for at reducere installationsstøjen. En af disse muligheder er at sænke vandtrykket ved hjælp af en reduktionsventil. Lydteknisk Laboratorium og Statens Byggeforskningsinstitut har foretaget en undersøgelse af sådanne ventiler i såvel laboratoriet som i praksis, og har tillige udført en serie målinger af installationsstøjen i en nybygget boligblok.

Af civilingeniør Jørgen Kristensen, Lydteknisk Laboratorium, akademiingeniør J. Overgaard, SBI, civilingeniør K. Ovesen, SBI.

Der er i tidens løb gjort adskillige forsøg på at formindske støjen fra vandinstallationerne. Erfaringerne har imidlertid ikke være så gode, at det i dag er muligt at angive en sikker og i praksis gennemførlig metode til løsning af problemet. Til vandklosetter har de førende fabrikker udviklet cisterneventiler, der i det store og hele løser problemet vedrørende fyldningsstøjen – hvis man altså anvender disse fabrikater – men for aftapningsventiler synes ingen løsning umiddelbart forestående.

Det må med rimelighed kunne forventes, at ventilfabrikanterne skal løse dette problem, da støjen jo frembringes i ventilen. Det er påkrævet, at en sådan udvikling hurtigt kommer i gang. Da det imidlertid er tvivlsomt, om man kan løse hele problemet på denne måde, må man forsøge, om det ad andre veje kan lade sig gøre at mindske støjproblemerne. Enhver ventil vil forårsage støj, når den udsættes for tilstrækkelig store trykfald og vandstrømme. Det gælder altså om at mindske ventilens belastning, og da vandstrømmens størrelse er funktionelt betinget, må man fjerne en del af trykfaldet over ventilen.

Det kan gøres på forskellige måder. Man har f. eks. tidligere forsøgt at anbringe en drøvventil foran aftapningsventilen, men det førte i reglen blot til, at støjen hovedsagelig frem-

bragtes i drøvventilen. Et bedre resultat har man opnået ved at anvende en lang rørstrækning med en lille dimension og lade trykfaldet optage ved friktion, hvorved den frembragte støj bliver minimal. Denne metode er dog ikke helt problemfri, bl. a. kan nævnes: vanskeligheder ved nettrykvariationer, risiko for tilkalkning af de tynde rør og dårlig reguleringsevne for ventiler.

En anden mulighed er at nedsætte trykket i hele nettet ved hjælp af reduktionsventiler.

Formålet med denne undersøgelse er tilvejebringelse af en vurdering af mulighederne for at afhjælpe støjgener ved anvendelse af reduktionsventiler i brugsvandsanlæg.

Mulighederne er begrænsede, fordi man visse steder har brug for hele trykhøjden for at få vand ud af de øverste ventiler, men i hovedparten af de bygninger, der i øjeblikket opføres, er der et overskud af nettryk, der forøger støjproblemerne. En reduktionsventil vil desuden have den fordel, at den kan kompensere for variationer i nettrykket. Det er ikke ualmindeligt, at nettrykket er væsentligt højere om natten, hvilket kan medføre en forøgelse af støjen ved aftapning netop i de perioder hvor støjen er mest uønsket.

Der er i laboratoriet foretaget en undersøgelse af 3 reduktionsventilers

virkemåde og støjmæssige egenskaber. En af disse 3 ventiler er blevet monteret i en bygning og prøvet med forskellige indstillinger og med et varierende antal tapsteder i brug. Samtidig er støjniveauet blevet målt i forskellige rum i bygningen. Endelig er én aftapningsventil, svarende til de i bygningen anvendte, blevet undersøgt i laboratoriet.

Resultatet af undersøgelserne er følgende. Den i bygningens kælder installerede reduktionsventil havde under forsøgene og i en efterfølgende driftsperiode på 3 måneder en tilfredsstillende funktion. Herefter blev ventilen nedtaget, og ved en fornyet afprøvning i laboratoriet kunne man ikke konstatere nogen ændring i forhold til de tidligere målinger. Støjen fra reduktionsventilen målt i kælderen var næppe højere end den støj, som kom fra installationen i øvrigt, med et mindre antal tapsteder i brug. Ved spidsbelastning må der forventes væsentlig mere støj, men en sådan driftstilstand forefindes som regel ikke i de mere kritiske perioder såsom natte-timerne.

Den reduktion af støjniveauet, som kan opnås ved hjælp af en reduktionsventil afhænger af, hvor langt man kan nedsætte sekundærtrykket og alligevel bevare en tilfredsstillende drift – eller sagt på en anden måde, hvor stor en reduktion af de maksimale

vandstrømme til det enkelte tapsted, som kan tillades. En halvering af vandstrømmen giver groft regnet en støjreduktion på 10 dB. En reduktion af vandstrømmen – og dermed af støjniveauet – kan ligeledes opnås ved brug af en luftblander. Hvis en reduktion af vandstrømmene til de enkelte tapsteder ikke kan tolereres, kan hverken reduktionsventil eller luftblander anvendes, og en støjreduktion vil da kræve indgreb i anlægget, f.eks. udskiftning af aftapningsventiler.

Reduktionsventiler alene kan ikke løse alle støjproblemer i brugsvandsinstallationer, men der er mulighed for, at de kan give en mærkbar reduktion af støjen, og at de i forbindelse med faste modstande ved tapstederne (som f.eks. tynde kobberør) kan give

en installation, der er tilfredsstillende i støjmessig henseende.

Reduktionsventilers støj og funktion

Der blev målt på 3 reduktionsventiler af følgende fabrikater:

BAILEY
UNIVERSAL
NAF

Ventilerne, som var stillet til rådighed af de respektive importører, var alle i dimension 50 mm, idet denne dimension har en kapacitet svarende til en 3-etages boligblok af normal størrelse.

Ventilerne er noget forskellige i konstruktion, men virker i princippet alle på den måde, at et fjedersystem sammen med sekundærtrykket holder

ligevægt med primærtrykket, således at der tilnærmert opnås et konstant sekundærtryk uafhængig af vandstrøm og primærtryk.

Målingerne blev udført på Lydteknisk Laboratorium i Lyngby med den i fig. 1 viste opstilling. Ventilen blev under afprøvningen monteret på en 50 mm rørledning, der er fastgjort til den ene side af en 11 cm pudset teglstensvæg, hvis anden side udgør den ene vægflade i et mindre, lydhardt rum. Støjniveauet af den i dette rum udrålede lyd blev taget som et mål for den af ventilerne frembragte støj.

Resultaterne af de hydrauliske målinger ses i fig. 2, hvor sekundærtrykkets variation med primærtryk og vandstrøm er vist for 3 forskellige

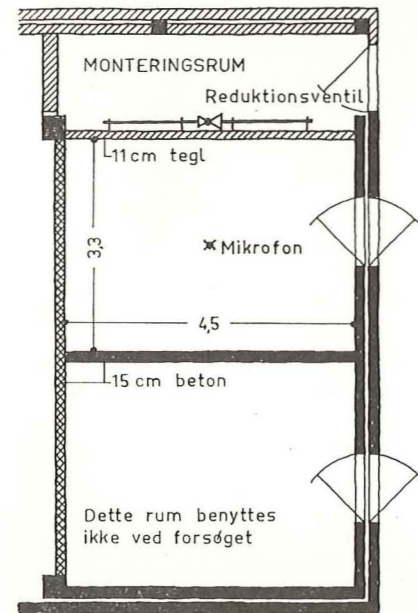


Fig. 1a. Plan af rummene til laboratoriemåling. Støjniveauet måles i en indre bygning, som er mekanisk isoleret fra den øvrige bygning. Måleobjekt – reduktionsventil eller blandingsbatteri – monteres uden på den indre bygning i det lille monteringsrum på en 11 cm pudset teglvæg. Målerummet er et lydhardt rum, der er reguleret til en efterklangstid på ca. 2 sek. i frekvensområdet 100-5000 Hz.

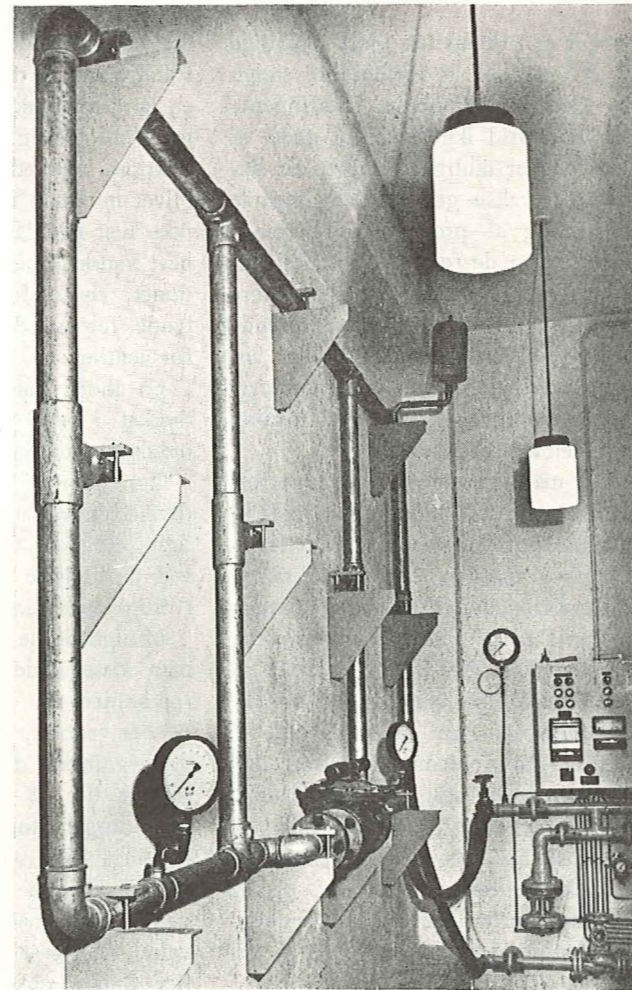


Fig. 1b. Reduktionsventilen, UNIVERSAL, er her anbragt i prøveopstillingen, der er udført af 2" galvaniserede rør, som er monteret på konsoller (de lodrette rørstykker mellem manometrene indgår ikke i kredsløbet). Installationsprovestanden bestod ved afprøvningen af et delvis lukket kredsløb. Fra et reservoir i et underliggende rum pumpes vandet rundt i systemet. Vandstrøm og tryk kan ved overgang til provestanden indstilles på ønskede værdier. Vandstrøm måles med normblænde og differensstrykmanometer. Trykkene måles med to præcisionsmanometre monteret umiddelbart for og efter reduktionsventilen. Ved overgangen til og fra installationsprovestanden er anbragt gummislanger på ca. 1 meters længde, for at undgå transmission af støj fra pumpe, reguleringsventiler m.m. til den egentlige prøveinstallation.

Hver af ventilerne har været prøvet ved 3 forskellige indstillinger af fjederspændingen. Indstillingerne er i figurerne karakteriseret ved de primær- og sekundærtryk, som ventilen er indstillet til ved en meget lille vandstrøm. Ved hver af disse indstillinger er ventilerne prøvet ved en række forskellige primærtryk.

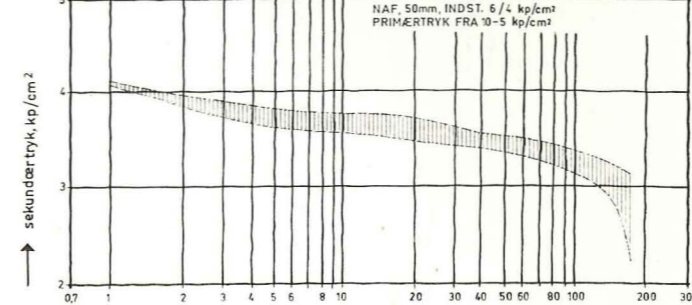
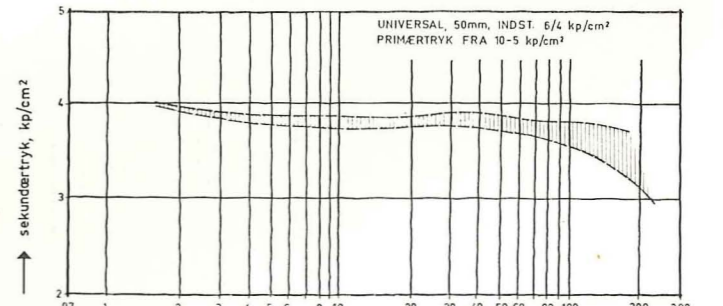
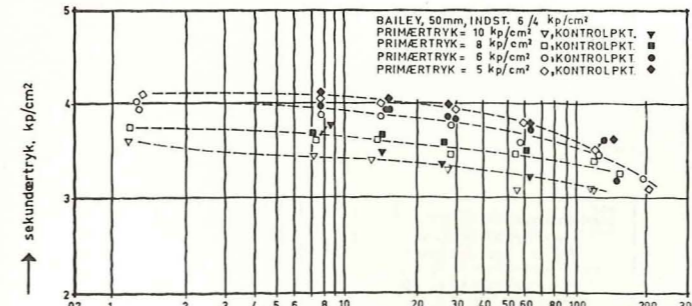
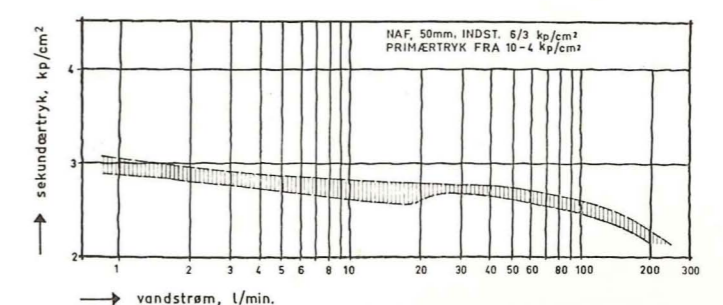
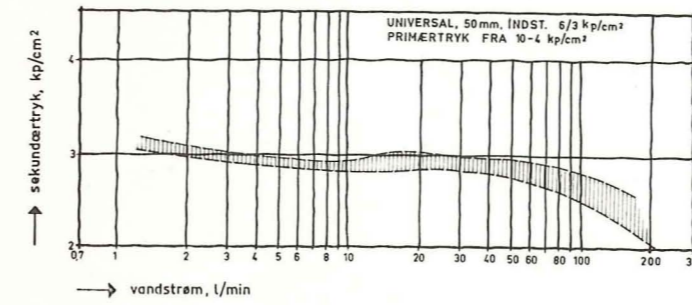
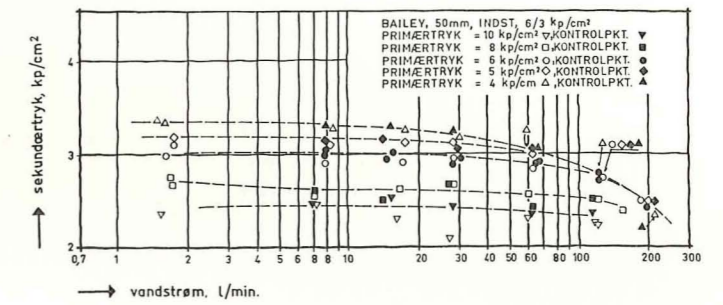
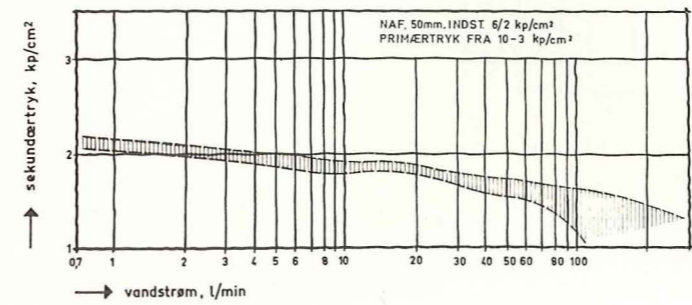
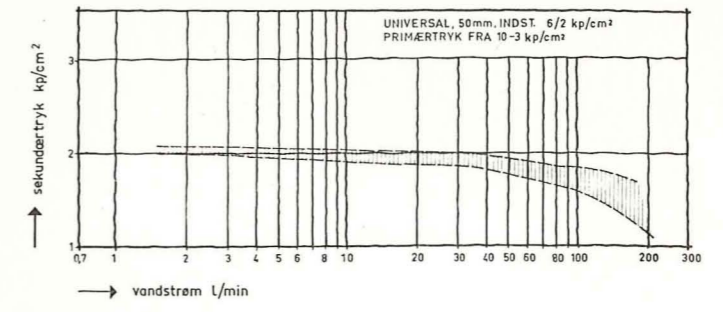
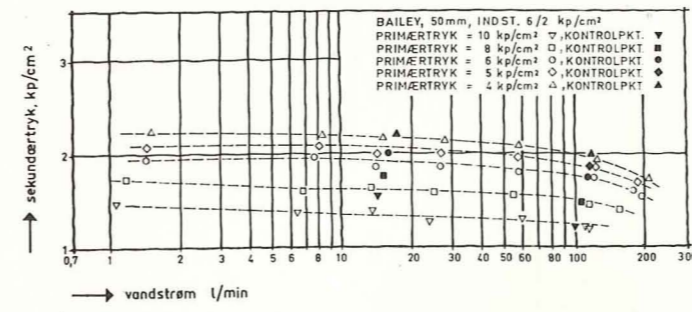
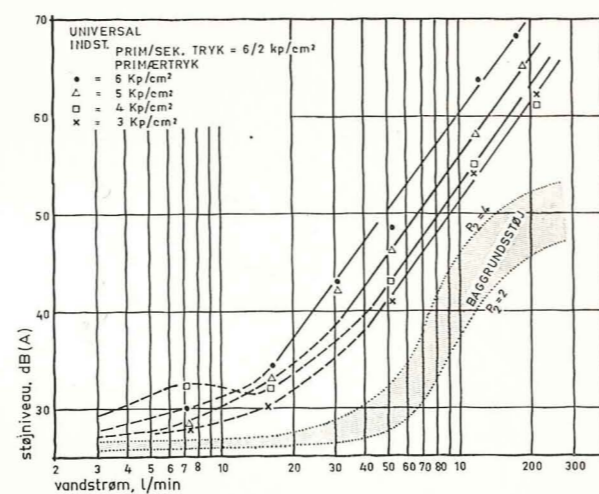


Fig. 2. Sekundærtryk som funktion af vandstrøm med primærtryk som parameter for de tre undersøgte ventiler, i tre forskellige indstillinger af fjederspænding. Ved BAILEY er kurver optegnet for hver værdi af primærtrykkene. Ved NAF og UNIVERSAL lå kurverne så tæt, at kun grænsekurverne blev overskuelige. Kontrolpunkt betyder gentagelse af samme måling. Bemærkning: Importøren har senere meddelt, at der er fremkommet en ny model af BAILEY reduktionsventil, som er mere velegnet til brugsvand, idet ventilen efter fabrikantens oplysninger giver mindre spredning på sekundærtrykket ved varierende primærtryk.

indstillinger for hver af ventilerne. Den ideelle kurve ville være en vandret linie, men det viser sig, at sekundærtrykket falder med voksende vandstrøm. Denne tendens er mest udtalt ved NAF-ventilen. Primærtrykket indvirker også på sekundærtrykket, hvilket især observeres ved BAILEY-ventilen, hvor kurverne ligger med så stor afstand, at det har været muligt at indtegne alle målepunkter. For denne ventil gælder det, at sekundærtrykket ligger højest ved de lave primærtryk, hvilket må siges at være en fordel ved dens anvendelse i et brugsvandsnet, hvor stigninger i nettrykket som regel vil forekomme om natten. Ved UNIVERSAL- og NAF-ventilerne observeredes de største sekundærtryk ved store primærtryk, men variationerne i sekundærtrykket er af en så beskeden størrelse, at det ikke var muligt at indlægge alle kurverne. Det skal i øvrigt bemærkes, at så høje primær-

Fig. 3. Støjniveau som funktion af vandstrøm med primærtryk som parameter for én indstilling af fjederspændingen. Baggrundsstøjen i det lydharde målerum er målt med ventilen erstattet af et rørstykke. Vandtrykket P_2 (kp/cm^2) svarer til de anvendte sekundærtryk, fordi baggrundsstøjen hovedsagelig frembringes i reguleringsventilen efter prøvestanden.



tryk, som er anvendt ved forsøgene, ikke forekommer normalt i danske vandnet. Grunden til, at ventilerne er afprøvet med så høje primærtryk er, at reduktionsventiler måske kunne anvendes til zoneopdeling ved et trykforøgeranlæg.

Der må stilles store krav til en reduktionsventil, der skal bruges i en vandinstallation. Hvis sekundærtryk-

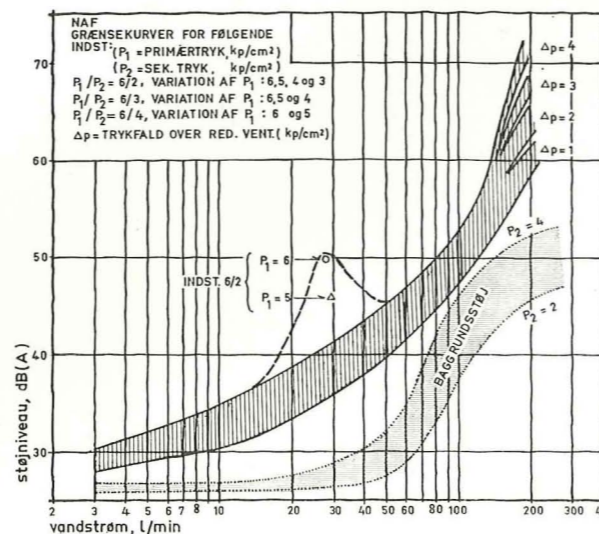
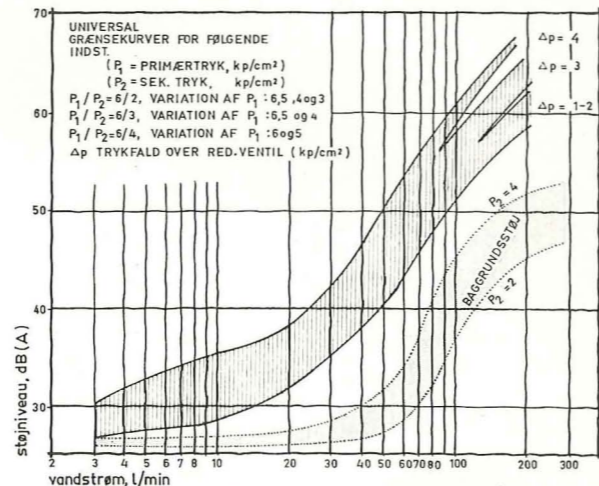
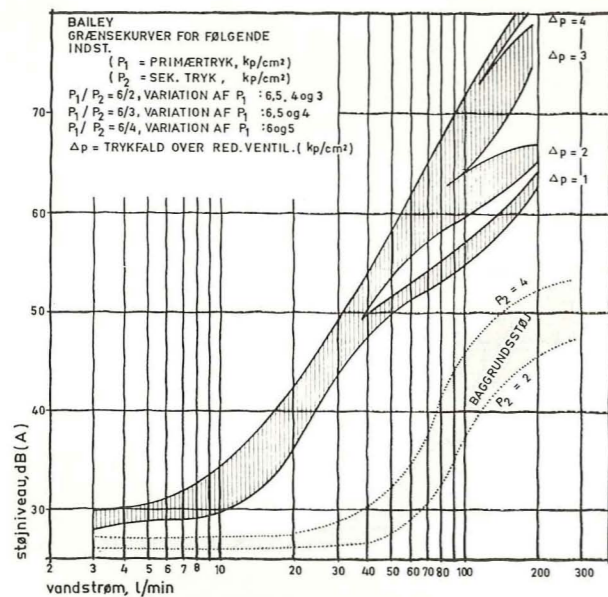


Fig. 4. Støjniveau som funktion af vandstrøm med primærtryk som parameter for tre forskellige fjederindstillinger. Der er kun vist grænsekurver. Ved fjederindstillingen primær-sek.tryk = 6/2 havde NAF ustabile strømningstilstande, hvorved støjniveauet varierede mere end 10 dB. På figuren er det vist med en punkteret linie.

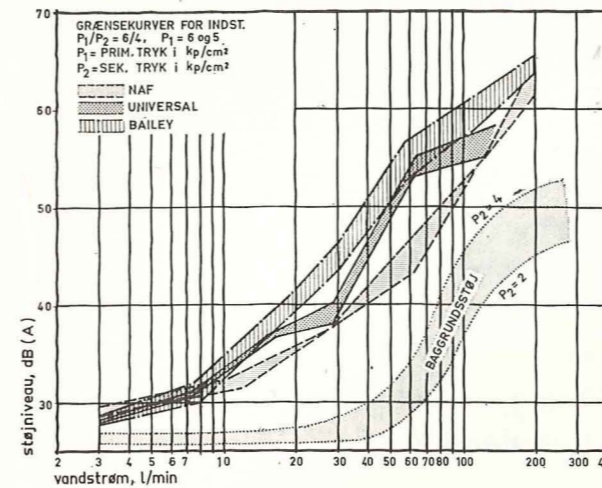


Fig. 5. Støjniveau som funktion af vandstrøm med primærtryk som parameter ved samme fjederindstilling af primær-sekundærtryk for de tre ventiler.

ket falder for kraftigt med stigende vandstrøm, kan det give vanskeligheder med vandfordelingen under spidsbelastning. Endvidere skal ventilen fungere effektivt blot et enkelt tapsted er i brug.

Det er ikke tilstrækkeligt, at en reduktionsventil har gode hydrauliske egenskaber, thi eventuel støj forplanter sig meget let langs et røret, og det er ingen løsning at flytte støjfrembringelsen fra aftapningsventilen til en reduktionsventil. Der er derfor også foretaget en undersøgelse af ventilerens støjmæssige egenskaber.

For en fast modstand afhænger det frembragte støjniveau af vandstrømmen og trykfaldet, og da der er en sammenhæng mellem vandstrøm og

trykfald, kan man efter behag afbilde støjniveauet, som modstanden forårsager, enten som funktion af trykfald eller som funktion af vandstrøm. Når det drejer sig om en variabel modstand – som det er tilfældet med en reduktionsventil – er forholdene noget mere komplicerede, og spredningen i de målte støjniveauer er noget større end med en fast modstand.

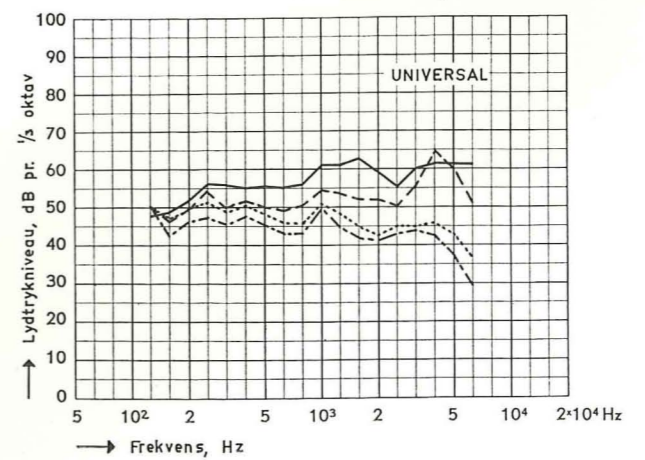
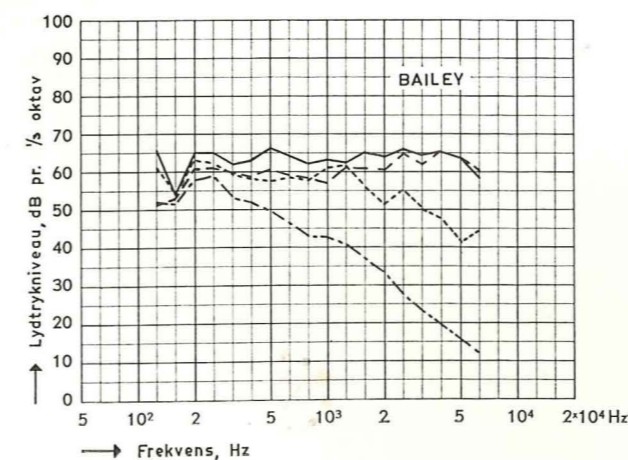
En nogenlunde tilfredsstillende afbildning fås, hvis støjniveauet afbildes som funktion af vandstrømmen med ventilens indstilling og primærtrykket som parametre. Et eksempel på en sådan afbildning er vist i fig. 3 for én af ventilerne ved én indstilling af fjederspændingen.

Det ses i fig. 3, at støjniveauet vokser med vandstrømmen, og i logaritmisk afbildning kan dele af kurverne være meget nær rette linier. Endvidere ses, at sammenhørende målinger af støjniveauet ligger højere jo højere primærtrykket er, hvilket er naturligt, da højere primærtryk giver større tryktab i ventilen for samme sekundærtryk og dermed forholdsvis mere støj.

I fig. 4 er der vist diagrammer over støjniveau som funktion af vandstrøm for de 3 reduktionsventiler. Hver ventil er undersøgt ved 3 forskellige indstillinger af fjederspændingen, og for hver af disse indstillinger er der målt ved forskellige primærtryk. Hvert af diagrammerne dækker således 7-8 måleserier.

Målingerne viser generelt, at jo større primærtrykket er, desto højere bliver støjniveauet – som det også fremgår af fig. 3 – men forskellene er i almindelighed ret små. Der kan ligeledes observeres forskelle ved forskellige indstillinger af fjederspændingen, men de udviser ingen markant tendens. Ved store vandstrømme udskiller kurverne sig fra hinanden – ikke specielt efter indstilling og primærtryk, men snarere efter størrelsen af det trykfald, som optages i ventilen. Med den ubestemthed i keglens indstilling, som findes i et så primitivt system, kan man næppe karakterisere reduktionsventilers støjmæssige

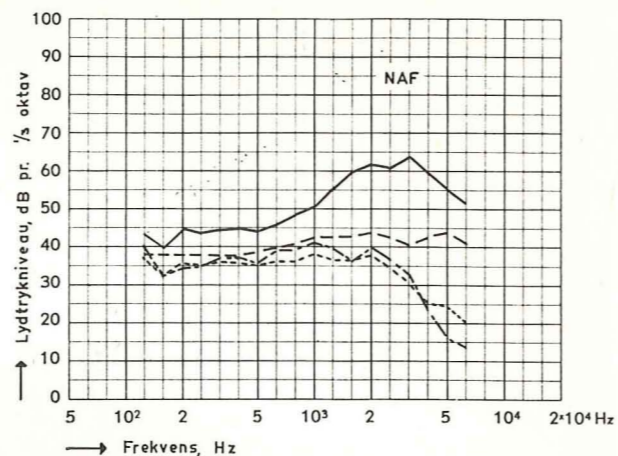
Fig. 6 fortsættes næste side.



Signatur	$P_1, \text{kp/cm}^2$	$P_2, \text{kp/cm}^2$	Q, l/min	L, dB(A)
—	8	1,5	109	76
- - -	6	1,8	115	75
· · · · ·	4	2,0	119	67
- · - · -	3	2,0	120	57

Signatur	$P_1, \text{kp/cm}^2$	$P_2, \text{kp/cm}^2$	Q, l/min	L, dB(A)
—	8	1,8	118	68
- - -	6	1,7	120	63,5
· · · · ·	4	1,6	118	55
- · - · -	3	1,5	115	54

Fig. 6. Støjniveauet pr. 1/3-oktav for samme fjederindstilling af de tre ventiler. Primærtrykket er anvendt som parameter. P_1 - primærtryk; P_2 - sekundærtryk; Q = vandstrøm; L = lydtryksniveau.



Signatur	$P_1, \text{kp/cm}^2$	$P_2, \text{kp/cm}^2$	$Q, \text{l/min}$	$L, \text{dB(A)}$
—	8	1,5	119	66
- - -	6	1,6	119	54
.....	4	1,1	106	49
- · - · -	3	1,6	118	49

Fig. 6 fortsat fra side 564

egenskaber mere præcist, end det er gjort i fig. 4.

Det er vanskeligt ud fra fig. 4 at bedømme ventilerne i forhold til hinanden, især ved de små vandstrømme. En sammenligning gældende for en indstilling er vist i fig. 5.

En af forudsætningerne for at anvende totalstøjniveauet i dB(A) som et rimeligt sammenligningsgrundlag for ventilerne under forskellige driftsbetingelser er, at støjniveauet som funktion af frekvensen ikke ændres væsentligt med driftsbetingelserne. Denne forudsætning viser sig i almindelighed at være nogenlunde opfyldt for primærtryk mindre end 6 kp/cm².

På fig. 6 ses støjniveauet som funktion af frekvensen for de tre ventiler under de mest ugunstige betingelser, stor vandstrøm og det mindste no-

minelle sekundærtryk 2 kp/cm². Det på figuren viste resultat for BAILEY ved primærtryk på 3 kp/cm² må betragtes som et særtilfælde.

Støj fra brugsvandsinstallationer (2)

Der blev i 1. del af artiklen gjort rede for en laboratorieundersøgelse af nogle reduktionsventiler. Der skal her fortælles om en række støjmålinger foretaget i en bygning, hvor en af de undersøgte reduktionsventiler var monteret, samt om en undersøgelse af de tapventiler, der var anvendt i bygningen. Endvidere gives en beskrivelse af nogle af de foreliggende muligheder for støjsvag udformning af brugsvandsinstallationer. 1. del bragtes i VVS nr. 11, 1968.

Af civilingeniør Jørgen Kristensen, Lydteknisk Laboratorium, akademiingeniør J. Overgaard, SBI, civilingeniør K. Ovesen, SBI.

Støjmålinger i beboelsesejendom

Ved måling af støj vil der i reglen være stor forskel på målebetingelserne i laboratoriet og i praksis. For at få belyst reduktionsventilens anvendelighed under praktiske forhold blev der udført en række målinger i en 3-etages boligblok, beliggende i bebyggelsen Tingbjerg III, Husum.

I denne blok blev monteret én af de i laboratoriet afprøvede reduktionsventiler (UNIVERSAL) i koldtvarmløbet ledningen tæt ved det punkt, hvor ledningen føres ind i blokken. Det ville have været ønskeligt at have reduktionsventilen således placeret, at den kunne dække både koldt og varmt vand, men da det ikke var muligt, blev der kun udført forsøg med koldtvarmløbet. Arrangementet ved reduktionsventilen er vist i fig. 7, og i fig. 8 er vist, hvordan aftapningen i baderum blev arrangeret.

I forbindelse med anvendelse af en reduktionsventil ønsker man at undersøge, om der opnås en reduktion af støjniveauet, tilfredsstillende aftapningsmuligheder, tilfredsstillende drift over en længere periode.

Der skal først ses på aftapningsmulighederne. Disse kunne være undersøgt ved beregning, men som man vil se af målingerne, fremkommer der i praksis ofte forhold, som ikke lader sig dække ind ved beregning.

KV-diagrammet er vist skematisk øverst i fig. 9, og nedenunder er der givet tabeller for 3 måleserier, udført med et stort antal tapsteder åbne, nemlig alle koldtvarmløbsventiler i badevæ-

relserne hørende til de 6 midterste strenge i anlægget. Ventilerne var alle fuldt åbne svarende til, at 30 % af anlæggets tapenheder benyttes.

Ved de første målinger var reduktionsventilen ikke indskudt. Nettrykket var før aftapningen 4,4 kp/cm², men sank under aftapningen til 3,4 kp/cm². Tapmængderne varierede fra

6,3 l/min til 21,8 l/min. (Vandværksregulativet sætter tapmængden til 15 l/min, men tillader dog, at en ventil giver fra 9 til 18 l/min ved et overtryk på 0,5 kp/cm²). Da ventilen med den mindste tapmængde var placeret i øverste etage, længst væk fra stikket, skulle man tro, at tryktabet i ledningerne gav en skæv vandfordeling. Ved

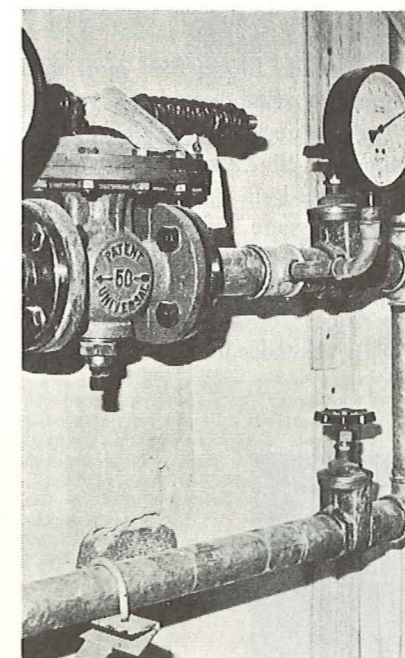


Fig. 7. Reduktionsventilen UNIVERSAL monteret i beboelsesblokkens koldtvarmløbet ledninger tæt ved det punkt, hvor ledningen føres ind i kælderen. Parallelt med reduktionsventilen er monteret en omførsledning forsynet med en afspærringsventil. På hver side af reduktionsventilen er monteret et præcisionsmanometer til måling af primær- og sekundærtryk. Når omløbet benyttes, sættes reduktionsventilen ud af drift således, at trykket kan måles med et af manometrene ved reduktionsventilen.

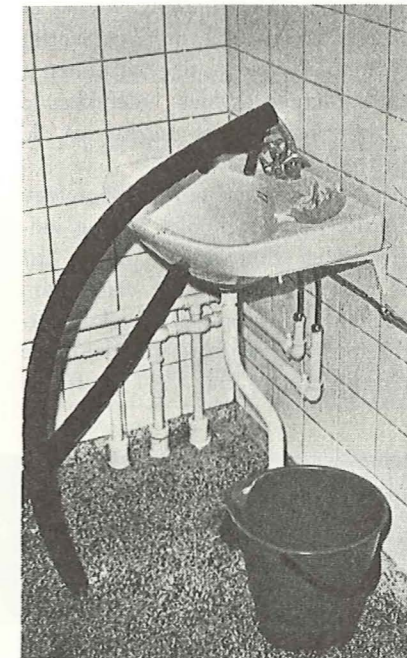


Fig. 8. Aftapning af vand i badeværelse. For at mindske plaskelyde ledes vandet ned på gulvet gennem en 2" gummislange. Aftapningsmængden måles med et stopur og graderet spand. Trykket foran aftapningsventilen måles med et manometer monteret på køkkenventilen i samme lejlighed. Det svarer til tryktudtag ca. 120 cm fra aftapningsstedet.

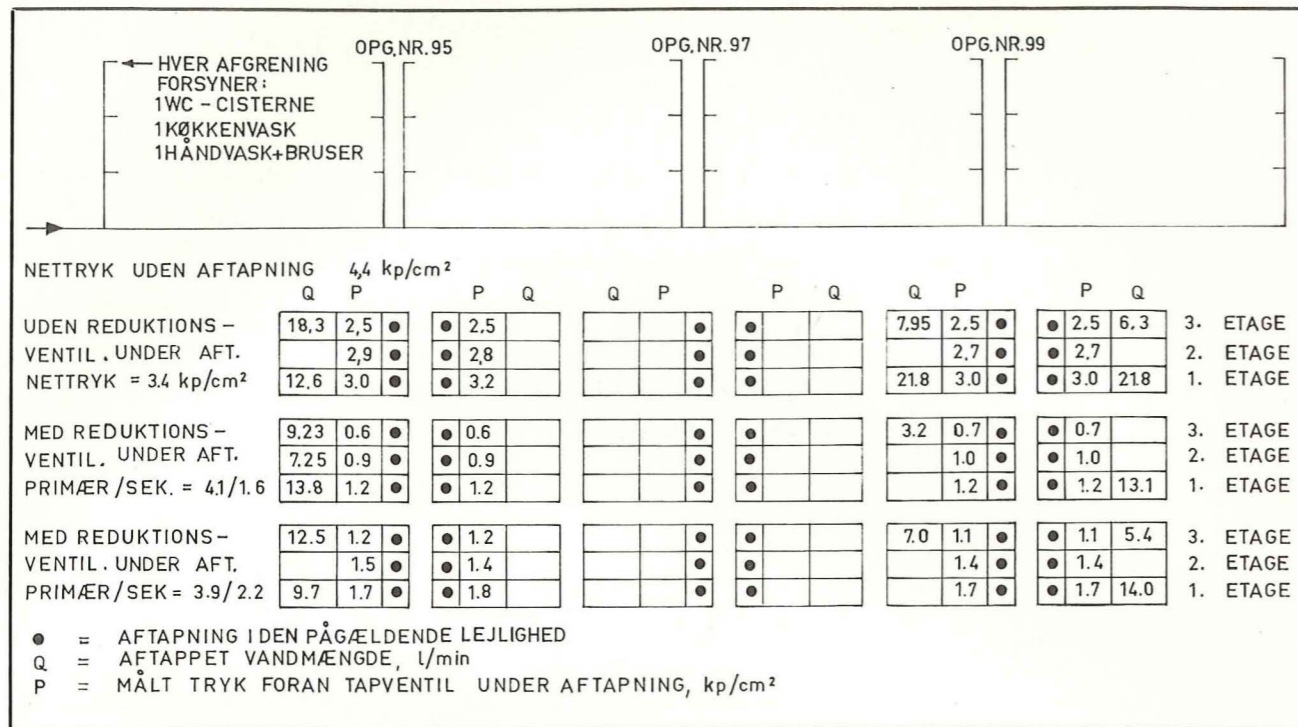


Fig. 9. Schematisk koldtvands-diagram for boligblok med data fra aftapningsforsøg. Resultater fra tre tilfælde: uden reduktionsventil og reduktionsventil med sekundærtryk 2,0 kp/cm² og 3,0 kp/cm². Sekundærtrykket er indstillet ved meget små vandmængder. Alle koldtvandsventiler i badeværelser var fuldt åbne og uden luftblænder.

nøjere studium af fig. 9 viser det sig imidlertid, at trykforløbet i alle strengene er så ens, således at modstanden i nettet er uden væsentlig betydning. Grunden til variationen i tapmængderne skyldes udelukkende en overordentlig stor forskel på de enkelte ventiler.

Med samme antal ventiler åbne blev reduktionsventilen koblet ind og indstillet på et sekundærtryk på 2,0 kp/cm² ved en meget lille vandstrøm. Under aftapningen faldt sekundærtrykket til 1,6 kp/cm², og de målte tapmængder var fra 3,2-13,8 l/min.

Med bedre ventiler burde tapmængderne kunne opfylde vandværksregulativets krav, da trykket i øverste etage var ca. 0,6 kp/cm².

Et lignende forsøg blev gjort med et nominelt sekundærtryk på 3,0 kp/cm², det reelle tryk faldt da under aftapningen til 2,2 kp/cm². Forsøgene viser, at med de nævnte trykforhold skulle det være muligt at nedsætte vandtrykket i en boligblok ved anvendelse af en reduktionsventil uden uheldige følger for aftapningsforløbet - hvis der anvendes mere ensartede ventiler.

Forsøg med færre tapventiler åbne viste, at ved anvendelse af reduktionsventiler var tapmængderne for den enkelte ventil meget nær uafhængige af, hvor mange andre tapsteder, der var åbne. Når reduktionsventilen ikke var indkoblet, faldt tapmængderne med antallet af åbne tapsteder.

Måling af støjniveauet er af størst interesse, når der kun tappes ét eller et mindre antal steder, fordi trykket da vil være størst foran aftapningsventilen. Der blev foretaget en række målinger i lejlighederne hørende til de to midterste strenge, som er vist

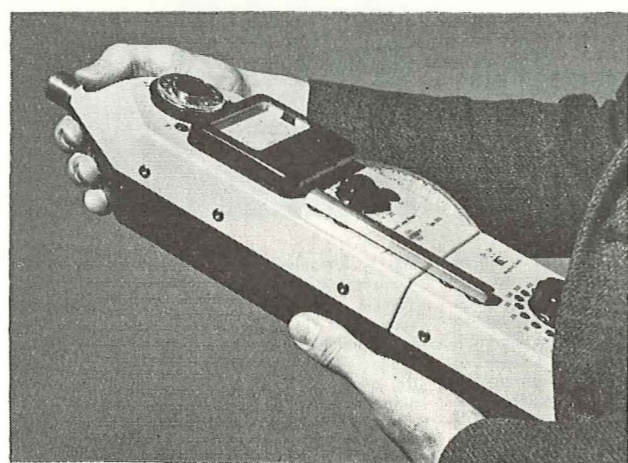
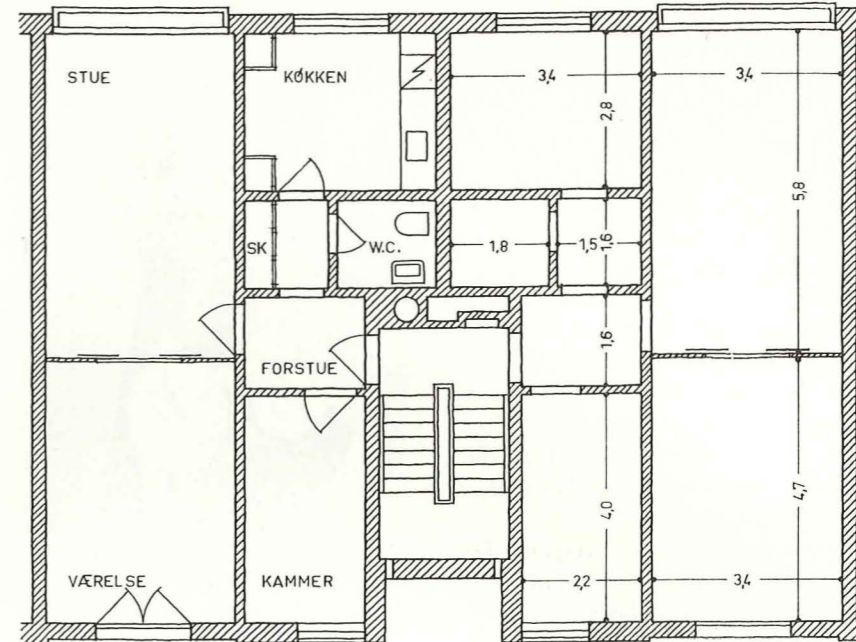


Fig. 10. Lydtrykniveauet målt med et transportabelt instrument. Målingen foretoges i overensstemmelse med BR-1966*) i rummets midte. Der målt efterklangstid (t) i alle rummene, og alle støjniveauer i dB(A) er blevet korrigeret til efterklangstid t=0,5 sek. efter udtrykket

$$L_{\text{korrr.}} = L_{\text{malt}} + 10 \log \frac{0,5}{t}$$

*) BR-1966: Bygningsreglement for købstæderne og landet 1966.

Fig. 11a. Lejlighedsplaner for opgangene nr. 95, 97 og 99. Foruden disse opgange er der i den 3-etages blok to endegange med kun én lejlighed på hver etage. Det er traditionelt muret byggeri med bærende tværskillevægge. Ydervægge er 35 cm hulmur, lejlighedsdel 23 cm tegl, bærende vægge i øvrigt 15 cm tegl og ikke bærende vægge 11 cm tegl. Etageadskillelserne er 19 cm betonelementer med trægulve på stroer. Da målingerne blev udført, var lejlighederne malerfærdige, men tapopsætning samt snedkermontering var ikke tilendebragt.



i fig. 9 (nr. 97 i fig. 9). I fig. 10 er vist det anvendte måleinstrument.

Lejlighedsplanen i rigtig målestoksforhold er vist på fig. 11a, og i de følgende figurer er de korrigerede støjniveauer skrevet i de respektive rum på en forenklet lejlighedsplan. I fig. 11b er der vist en sammenligning mellem de korrigerede støjniveauer med og uden reduktionsventil. Det ses for det første, at denne lejlighedsplan, hvor installationerne ligger koncentreret, bevirker, at støjniveauet i opholdsrummene er relativt beskedent. Imidlertid finder man alligevel overskridelser af bygningsreglementets krav til støjniveauet i tilfældet uden reduktionsventil. Når reduktionsventilen anvendes med et sekundærtryk på 2,0 kp/cm², bliver alle støjniveauer væsentligt lavere. Der sker også en reduktion af vandstrømmen, idet denne ved indkobling af reduktionsventilen falder fra ca. 22 til ca. 12 l/min. Man må imidlertid gøre sig klart, at hvis man ønsker at reducere støjen med bibeholdelse af de samme ventiler, så findes der ikke andre muligheder end at reducere vandstrømmen uden samtidig at frembringe mere støj i en eventuel modstand, end der frembringes i ventilen.

Der er også andre måder på hvilke man kan reducere vandstrømmen og dermed støjen, nemlig ved at forsyne ventilerne med en luftblænder eller anden form for modstand, der ikke frembringer støj, som transmitteres til naborummene via installationerne. Der er i fig. 11c vist resultater fra en måleserie, hvor der blev tappet fra 1 ventil, dels med og uden luftblænder monteret på ventilen, og dels med og uden reduktionsventil. Som forventet fås de højeste støjniveauer, når der hverken anvendes reduktionsventil eller luftblænder, og værdierne lig-

mR	uR	mR	uR	mR	uR	mR	uR
26	40	32	52	25	44	—	35
—	40	33	53	27	43	—	36
—	37	30	53	25	41	—	33
		mR	uR	mR	uR		
		41	72	33	52		
		41	63	35	47		
		51	73	31	46		
mR	uR	mR	uR	mR	uR	mR	uR
—	39	—	43	—	37	—	33
—	38	—	40	—	37	—	33
—	35	—	39	—	34	—	29

	u. reduk. v.		m. reduk. v.	
	1. etage	3. etage	1. etage	3. etage
tryk (kp/cm ²)	4,0	3,6	1,6	1,2
vandstr. (l/min)	21,4	22,1	12,7	11,7

Fig. 11b. Resultaterne af støjmåling i opgang 97 angivet på skematisk lejlighedsplan. Her er vist støjniveauet med og uden reduktionsventil og i begge tilfælde uden luftblænder. Støjniveauet er angivet i dB(A). Aftapning: Ventiler i bad på 1. og 3. etage tv. fuldt åbne. mR=med reduktionsventil; sek.tryk=2,0 kp/cm². uR= uden reduktionsventil; nettryk=4,4 kp/cm². Øverste tal=støjniveau på 3. etage. Midterste tal=støjniveau på 2. etage. Nederste tal=støjniveau på 1. etage. Hvor støjniveauet var under 25 dB (A) eller svarede til baggrundstøjniveauet, er dette angivet ved en streg. Det lille skema viser tryk (kp/cm²) og vandstrøm (l/min.).

Uden reduktionsventil (nettryk=4,4 kp/cm ²)							
mL	uL	mL	uL	mL	uL	mL	uL
27	31	36	48	—	38	—	27
—	31	29	45	—	35	—	27
—	28	25	42	—	33	—	25
		mL	uL	mL	uL		
		68	68	27	43		
		43	58	31	43		
		41	56	25	41		
mL	uL	mL	uL	mL	uL	mL	uL
—	28	28	31	—	28	—	25
—	28	25	32	—	30	—	27
—	26	—	30	—	27	—	25

Med reduktionsventil (sek. tryk = 3,0 kp/cm ²)							
mL	uL	mL	uL	mL	uL	mL	uL
—	—	32	33	—	—	—	—
—	—	30	29	—	—	—	—
—	—	27	26	—	—	—	—
		mL	uL	mL	uL		
		63	56	25	31		
		45	43	30	35		
		43	39	26	27		
mL	uL	mL	uL	mL	uL	mL	uL
—	—	28	27	—	—	—	—
—	—	26	26	—	—	—	—

Med reduktionsventil (sek. tryk = 2,0 kp/cm ²)							
mL	uL	mL	uL	mL	uL	mL	uL
—	—	31	31	—	—	—	—
—	—	26	26	—	—	—	—
		mL	uL	mL	uL		
		61	54	25	31		
		41	39	27	32		
		38	35	—	—		
mL	uL	mL	uL	mL	uL	mL	uL
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—

Fig. 11c. Støjniveau i dB(A) fra aftapning med fuldt åben ventil i bad på 3. etage tv.. Støjen med og uden luftblænder sammenlignes i tilfældene: Uden reduktionsventil og reduktionsventil med sek. tryk 3,0 kp/cm² og 2,0 kp/cm². mL=med luftblænder. uL=uden luftblænder. Forklaring: Se i øvrigt tekst til fig. 11b.

tryk i kp/cm ²	u. reduk. v. nettryk=4,4		m. reduk. v. sek. tryk=3,0		m. reduk. v. sek. tryk=2,0	
	mL	uL	mL	uL	mL	uL
tryk (kp/cm ²)	3,8	3,7	2,1	2,1	1,3	1,4
vandstr. (l/m)	11,4	19,7	8,5	14,5	6,5	11,2

ger her på grænsen af bygningsreglementets krav. Når værdierne ikke – som i fig. 11b – ligger højere, skyldes det formentlig, at ventilen af en eller anden grund kun har givet 19,7 l/min ved de sidste målinger (fig. 11c), mens den har givet 22,1 l/min ved de første forsøg (fig. 11b). Anvendelse af luftblander giver stort set samme resultater som anvendelse af reduktionsventil – dog evt. med lidt højere støjniveau i luftblanderens nærmeste omgivelser. Anvendelse af såvel luftblander som reduktionsventil giver ikke bedre resultater end reduktionsventilen alene, men vandstrømmen mindskes alligevel.

Under forsøgene med aftapning fra 1 eller 2 ventiler blev støjniveauet målt ca. 2 m fra reduktionsventilen. Det var 33–38 dB(A), hvilket stort set var det samme som støjniveauet fra rørinstitutionerne i kælderen, når reduktionsventilen ikke var i brug.

Efter en driftsperiode på ca. 3 måneder, blev reduktionsventilen demonteret og prøvet på ny i laboratoriet. Der kunne ved denne prøve ikke konstateres nogen ændringer, hverken i hydraulisk eller støjmessig henseende. Ventilen blev derefter sendt til korrosionscentralen for undersøgelse af eventuelle kalkafsetninger.

Undersøgelsen viste, at der ikke – som man kunne have frygtet – var tegn på begyndende aflejringer, men der var til gengæld korrosionsangreb på ventilens jerndele. Dette problem skulle imidlertid ret let kunne løses ved et passende materialevalg.

Driften i de 3 måneder var ikke helt problemfri, idet der forekom relativt mange klager over, at tapstederne gav for lidt vand. Dette skyldtes, at luftblanderne udgjorde fortræffelige filtre for pakkergør og andet snavs, hvorved der opstod en forøget modstand i luftblanderne. Luftblanderens snavssamlende virkning er muligvis blevet forøget på grund af det reducerede tryk. Dette problem må imidlertid kunne klares ved en kraftig udskylning af anlægget, eller ved at vente med at montere luftblander til anlægget har været i drift i et stykke tid.

Tapventiler i laboratorium og bygning

Da tapventilers støjmessige egenskaber kan være ret forskellige fra ty-

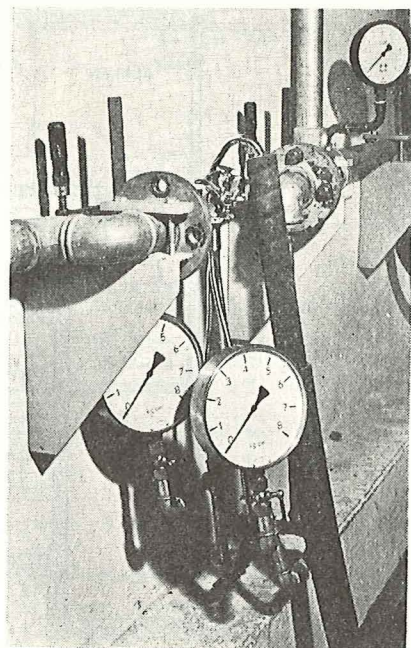
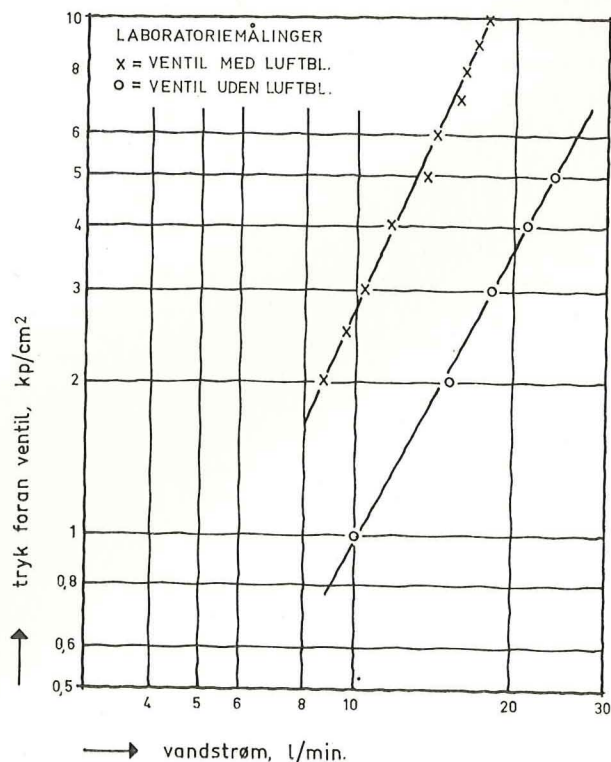


Fig. 12. Laboratorieopstillingen til måling af blandingsbatteriet VENLO, 15 mm, med omskifter til brusere. Ventilen er monteret i et profiljern, der er fastspændt på de to konsoller, som var nærmest ved reduktionsventilen.

pe til type, blev der til supplerende af feltmålinger i laboratoriet foretaget en nøjere undersøgelse af et blandingsbatteri af samme type, som var monteret i badeværelserne i den undersøgte boligblok. Måleopstillingen, som i store træk svarede til den, der blev anvendt til reduktionsventilerne, er vist i fig. 12.

Fig. 13a. Tryk foran ventil som funktion af tapmængde for VENLO blandingsbatteri med og uden SANPERLA luftblander. Målt i laboratoriet.



Målingerne på blandingsbatteriet (fabrikat Venlo) blev foretaget med lukket VV-side og fuldt åben KV-side, nøjagtigt som ved feltmålingerne.

Resultaterne af de hydrauliske målinger er vist i fig. 13a. Ventilen er målt både med og uden luftblander, og målepunkterne ligger – som forventet – på to rette linier i et dobbeltlogaritmisk diagram. Det ses, at luftblanderen forøger modstanden væsentligt, således at vandstrømmen for samme tryk nedsættes til ca. 55 %, når luftblanderen påmonteres. Endvidere bemærkes det, at modstanden i ventilen forekommer ret høj sammenlignet med vandværksregulativets krav til en ventil, idet et tryk foran ventilen på 0,5 kp/cm² kun giver en vandstrøm på ca. 7 l/min (med luftblander ca. 4,5 l/min).

De fleste feltmålinger blev foretaget under tapning fra blandingsbatterierne over håndvasken i bad og toilet i opgang nr. 97, 3. etage til venstre, og 1. etage til venstre (se diagrammet i fig. 11). Målingerne for disse to ventiler er indtegnet i fig. 13b, hvor også kurverne for laboratiormålingerne er angivet. Det ses, at der er ganske god overensstemmelse. Især ventilen på 1. etage giver praktisk taget samme resultater som den i laboratoriet målte ventil. Ventilen på 3.

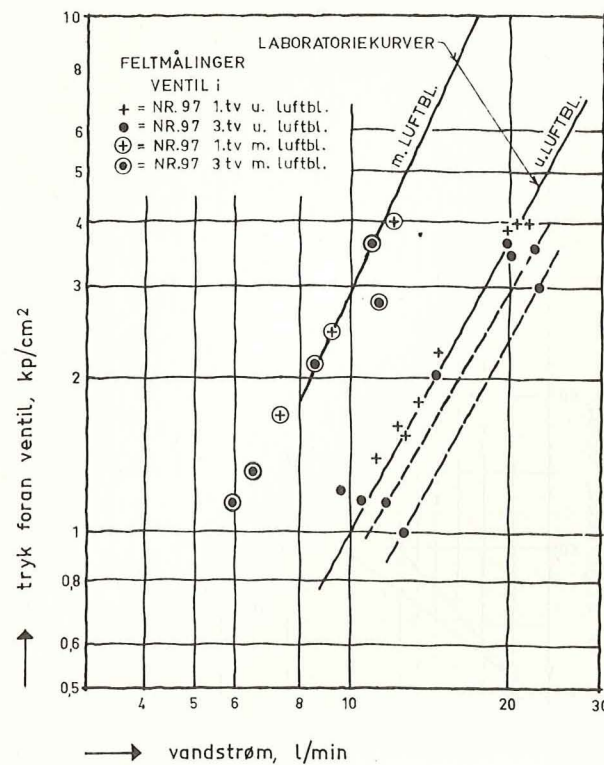


Fig. 13b. Tryk foran ventil som funktion af tapmængden for VENLO blandingsbatteri med og uden luftblander. Det er resultatet af feltmålinger og viser spredningen på gentagne målinger på to ventiler. Til sammenligning er laboratoriekurverne fra fig. 13a indtegnet.

etage synes at være noget usikker i indstillingen.

Herudover foreligger der nogle målinger af ventilerne i nr. 95 og nr. 99, som er vist i fig. 13c. Ved omtalen af feltmålingerne foretaget med et stort antal åbne ventiler blev det bemærket, at en del af ventilerne gav en yderst ringe vandmængde, og det ses da også af fig. 13c, at der er en stor spredning på ventilerens modstand i fuldt åben stilling. For et tryk foran ventilen på 2,5 kp/cm² er der målt vandstrømme mellem 6 og 20 l/min. Det kan ikke helt udelukkes, at nogle af de store modstande skyldes forstoppelse i rørene, men det forekommer ikke sandsynligt. En tilsvarende spredning kan forventes i ventilerens støjmessige egenskaber, så målinger på en enkelt ventil er ikke tilstrækkeligt til at karakterisere et fabrikat.

Støjen fra blandingsbatteriet blev også målt i laboratoriet, og resultatet af målingerne er angivet i fig. 14, dels som funktion af vandmængde, dels som funktion af tryk. Ser man på figuren med støjniveauet som funktion af vandmængden, grupperer punkterne sig omkring rette linier, men kurven for ventilen uden luftblander

har et pludseligt spring på ca. 15 dB. Dette spring i støjniveauet skyldes, at der i ventilen indtræder en kavitationstilstand, som frembringer en kraftig støj. Overgangen til kavitationstilstanden sker i reglen i et for ventilen karakteristisk interval, men ikke altid så skarpt som her markeret.

Kurven for ventil med påmonteret luftblander (fig. 14a) har ikke et sådant spring. Luftblanderens store modstand bevirker, at trykfaldet over ventilsædet aldrig antager en sådan størrelse, at der kan forekomme kavitation i selve ventilen.

Ser man på støjniveauet som funktion af trykket, stiger dette som ventet med trykket; ved små tryk er forskellen mellem støjniveauet fra ventilen med og uden luftblander meget beskedent, men ved tryk mellem 1,5 og 3,0 kp/cm² stiger støjniveauet for ventilen uden luftblander mere med trykket end for ventilen med luftblander, og forskellen i støjniveauerne andrager ved tryk på 3,0 kp/cm² ca. 15 dB. Dette svarer til den stigning, som er forårsaget af kavitationstilstanden, hvilket også fremgår af fig. 14a.

En frekvensanalyse af de viste målepunkter ses på fig. 15. En sammenlig-

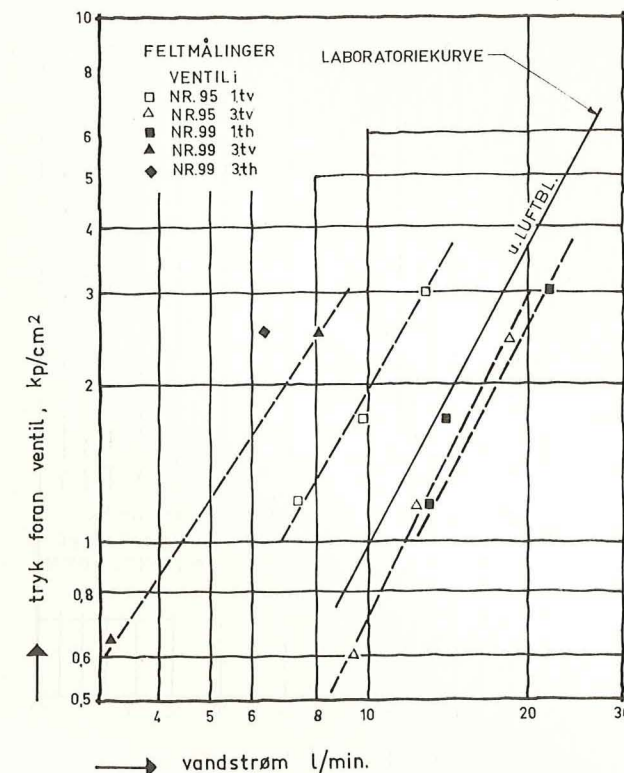


Fig. 13c. Tryk foran ventil over forskellige blandingsbatterier som funktion af tapmængden. Uden luftblander. Resultatet af feltmålinger, som viser spredningen i hydrauliske forhold for 5 ens VENLO blandingsbatterier uden luftblander. Laboratoriekurven fra fig. 13a er indtegnet til sammenligning.

ning mellem støjniveauerne i de to tilfælde viser tydeligt, hvorledes støjens frekvensforløb ændres for ventilen uden luftblander. Denne ændring er i fuld udvikling ved et tryk på 2 kp/cm², og ved trykket 3 kp/cm² synes den at være afsluttet. Sammenlignes de angivne tryk og tilsvarende vandmængder med figur 14 ser man, at de netop ligger i de områder, hvor kavitationstilstanden henholdsvis er under udvikling og fuldt udviklet.

Resultater af støjmålinger fra praksis er vist i fig. 14c sammen med kurven fra laboratiormålingerne fra fig. 14a. Man kan ikke – som for de hydrauliske målinger – forvente direkte overensstemmelse mellem feltmålinger og laboratiormålinger, for det er ikke støjilden alene, som har betydning for støjniveauet, men også rørinstitutionen og bygningens konstruktion har betydning for støjniveauet.

I fig. 14c er støjniveauet angivet som funktion af vandstrømmen for det baderum, hvor aftapningen sker, for det baderum som ligger direkte under, samt for det baderum som ligger skråt under. I alle tilfælde er der målt både med og uden luftblander. Målingerne er behæftet med en del usikkerhed, og der er – som det frem-

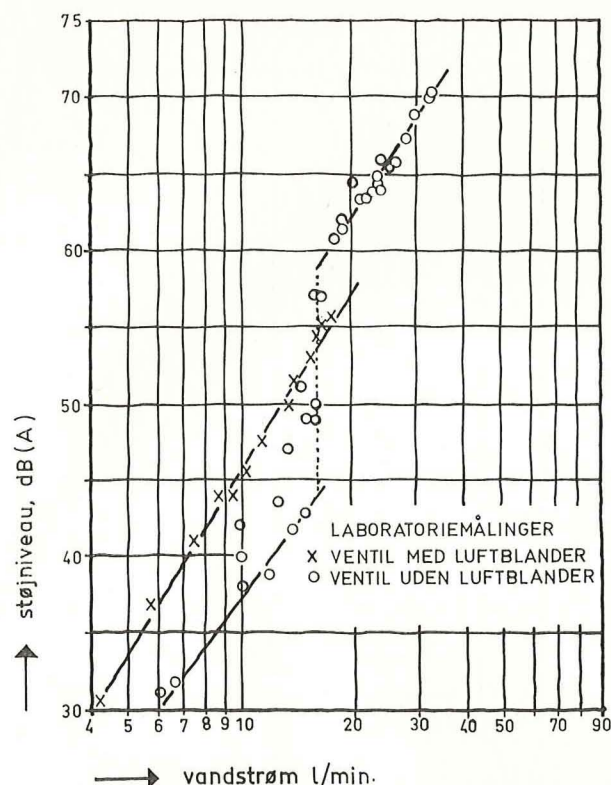


Fig. 14a. Støjniveau som funktion af tapmængden for VENLO blandingsbatteri med og uden luftblander. Resultat af laboratiormålinger.

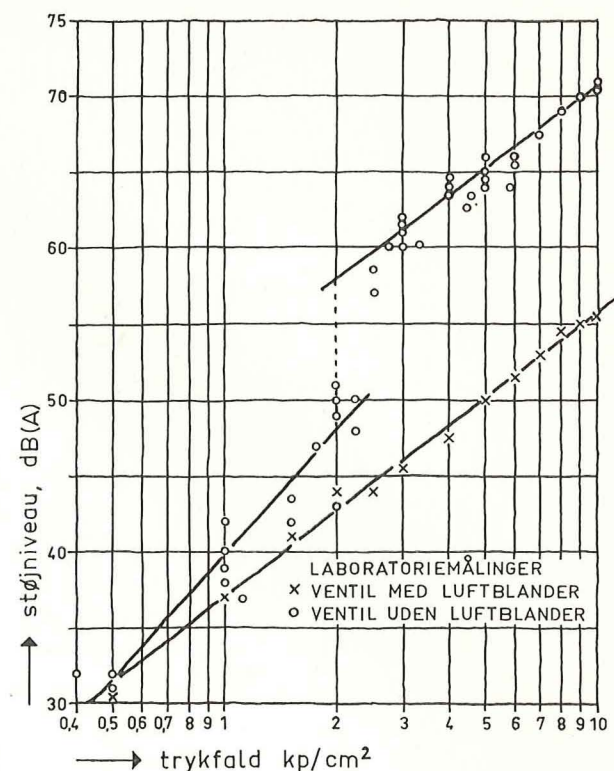


Fig. 14b. Støjniveau som funktion af trykket foran VENLO blandingsbatteri med og uden luftblander. Dette er en anden afbildning af resultaterne fra fig. 14a.

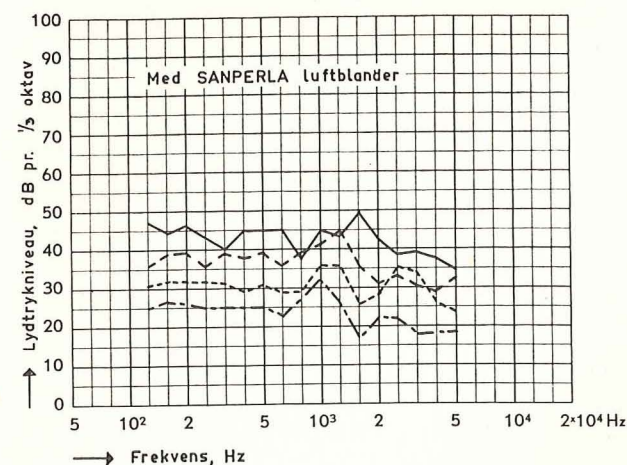
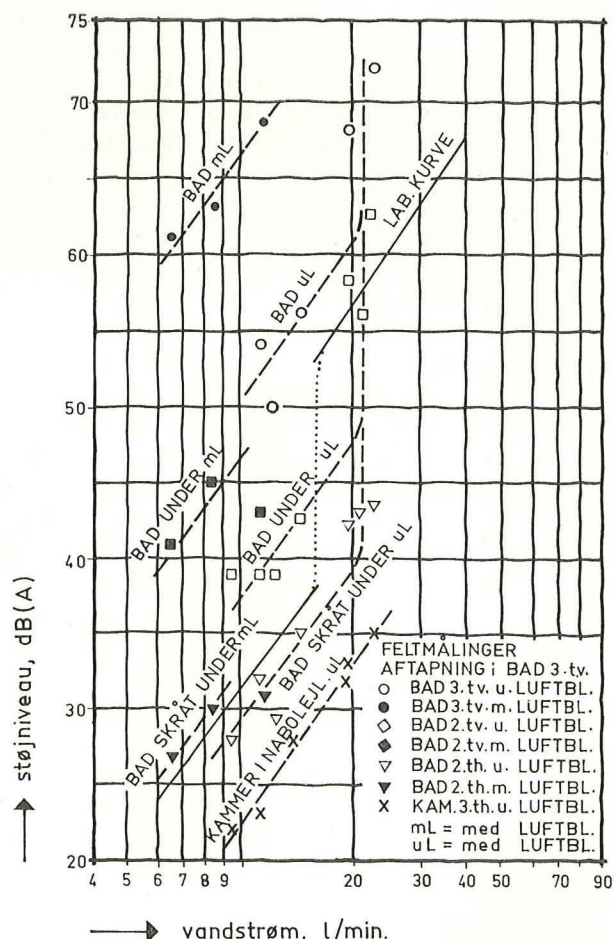
går af fig. 13b – også nogen usikkerhed på ventilens indstilling. Det er imidlertid sandsynligt, at kurvernes forløb er som angivet i figuren, hvilket i store træk vil sige svarende til resultatet fra laboratoriet.

Springet i støjniveauet bemærkes tydeligt, men det ses, at det sker ved noget større vandstrøm end i laboratoriet. Dette kan forklares ved, at målingerne ikke er foretaget med samme ventil, og at kavitationstilstanden kan indtræde vilkårligt inden for et vist område.

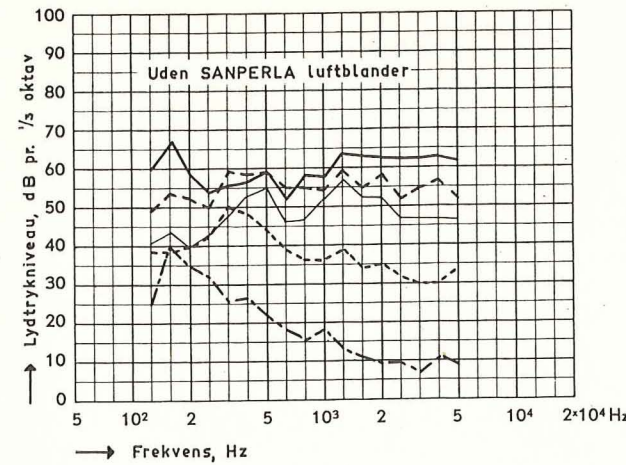
Der er som forventet målt det højeste støjniveau i det rum, hvor aftapningen sker, og der bemærkes en tydelig forskel på resultaterne med og uden luftblander. Denne forskel er større her end i de øvrige rum, og det tyder på, at en væsentlig del af støjen fra luftblanderen udsendes som luftlyd. Det kan altså set ud fra et rent støjmessigt synspunkt være til større fordel for naboen end for en selv, hvis man forsyner sin tapventil med en luftblander.

Den bedste overensstemmelse mellem felt- og laboratiormålinger fås for det baderum, som ligger direkte under aftapningsstedet. Resultaterne fra baderummet, som ligger direkte op til

Fig. 14c. Støjniveau som funktion af tapmængden for VENLO blandingsbatteri med og uden luftblander. Måleresultaterne er fra rum med forskellig beliggenhed. Til orientering er indtegnet resultater fra laboratiormålingerne, der i dette tilfælde er korregeret til efterklangstiden 0,5 sek. efter formelen i fig. 10.



Signatur	P, kp/cm ²	Q, l/min	L, dB(A)
—	10	18,8	55
- - -	5	14,0	50
· · · · ·	2	9,8	43
- - - - -	1	6,4	37



Signatur	P, kp/cm ²	Q, l/min	L, dB(A)
—	10	33,4	71
- - -	5	23,4	66
· · · · ·	3	18,5	62
- - - - -	2	14,5	51
- - - - -	1	10,0	42

det baderum, hvor der tappes (ikke afbildet), ligger på et lignende niveau, blot knapt så regelmæssig. Baderummet direkte under aftapningsstedet har noget højere støjniveau end de førnævnte to baderum. En medvirkende årsag til dette kan være støj fra afløbssystemet.

I fig. 14c er medtaget et af de rum, som falder ind under bestemmelserne i BR-1966, nemlig kammeret i nabolejligheden. Også her kan der konstateres overensstemmelse med laboratiormålingerne hvad angår kurvens forløb. Resultaterne tyder på, at der er mulighed for at finde en korrelation mellem målinger foretaget i praksis og i laboratoriet, hvilket er en nødvendig forudsætning for at kunne tilvejebringe et nogenlunde sikkert beregningsgrundlag for støjsvage brugsvandsinstallationer.

Muligheder for støjsvage brugsvandsinstallationer

Støj, som forårsages af aftapningsventiler, kan man enten søge fjernet ved kilden, eller man kan forsøge at isolere det samlede rørgenet fra bygningen. Sidstnævnte fremgangsmåde har vist sig at indebære meget store vanskeligheder ved arbejdets udførelse, og det skønnes derfor, at den mest farbare vej i øjeblikket er behandling af støjkilden.

Støjkilderne er i langt de fleste tilfælde selve aftapningsventilerne, som

vil forårsage desto mere støj jo større vandstrøm og trykfald, de er udsat for. Størrelsen af vandstrømmen er fastlagt på funktionsmæssigt grundlag (eller burde være det), så man kan ikke frit reducere disse med henblik på mindskelse af støjen. Imidlertid vil de vandstrømme, som i praksis kan aftappes, ofte være væsentligt højere end foreskrevet, og der er således basis for en begrænsning.

Begrænsningen af de mulige vandstrømme kan ske på flere måder. Det kan f.eks. gøres centralt ved en nedsettelse af nettrykket via en reduktionsventil. Det kan også gøres ved at indskyde en modstand i serie med hver af aftapningsventilerne. Hvis der skal opnås en virkning, skal disse modstande frembringe mindre støj end ventilerne, og der findes i øjeblikket to muligheder: enten kan modstanden udgøres af en lang rørstrækning med lille dimension, eller der kan anvendes en luftblander. Der arbejdes på andre former for støjsvage modstande, men disse er ikke i handelen. Ingen af de nævnte løsninger er problemfri. Man kan ikke anvende en enkelt fast modstand for hele anlægget eller for en gruppe af tapsteder. Den ville enten være virkningsløs ved anvendelse af et enkelt tapsted, eller reducere vandstrømmene for kraftigt ved taping fra flere tapsteder.

I bygninger med en vis højde kan det ske, at ventilerne i de nederste

etager frembringer en kraftig støj, mens ventilerne i de øverste etager frembringer forholdsvis lidt støj, men giver en vandstrøm, som ligger i underkanten af det forsvarlige. I så tilfælde kan man ikke anvende en reduktionsventil, med mindre der foretages en zoneopdeling, så alene de nederste etager forsynes under reduceret tryk. Anvendelse af luftblandere og rør med lille dimension kan hjælpe, hvis de anbringes foran de aftapningsventiler, som giver for stor vandstrøm.

Hvis ikke der ved planlægningen tages hensyn til støjproblemet, vil man ofte komme ud for aftapningsventiler, som ikke giver for meget vand ved de herskende trykforhold, men alligevel forårsager mere støj end tilladt. Man kan hjælpe sig ved at anvende en ventil med mindre modstand (dvs. 1 dimension større) og så afpasse vandstrømmen ved hjælp af en støjsvag modstand, men det er ingen god løsning.

Dimensioneringen af brugsvandsnettet med henblik på støj, aftapningsforhold og – ikke mindst – en rationel og forenklet udformning af nettet, må betragtes som en helhed. Et arbejde med disse problemer er i gang og vil blive omtalt senere.

Summary

The object of the study was to establish an evaluation of the extend to which it is possible by the introduction of reduction valves in water supply installations to remedy noise nuisance.

In the laboratory the function and noise properties of three different reduction valves were examined. One of the valves was installed in a building and tested with different adjustments and a varying number of appliances in use. At the same time the noise level in various rooms in the building was measured. One tap corresponding to those used in the building was examined in the laboratory.

The results of the study were the following: The effect of the reduction valve installed in the basement of the building was satisfactory during the experimental period and a subsequent period of operation of three months.

When this period had elapsed, the valve was taken down and transferred to the laboratory. When tested here, no changes were observed as compared to the results of previous measurements.

In the basement was the noise from the water system with the reduction valve hardly louder than that from the system without this valve when a small number are used. During peak loads considerably more noise is to be expected, but an operational condition of this type will hardly occur during the more critical periods such as the hours of the night.

The reduction of the noise level which may be obtained by means of a reduction valve depends on the extend to which it is possible to reduce the secondary pressure while at the same time maintaining satisfactory functioning of the installation – or otherwise

expressed – the extend to which maximum rate of flow to the individual appliances may be reduced. By halving the rate of flow a noise reduction of roughly 10 dB may be effected. A reduction of the rate of flow – and consequently of the noise level – may also be obtained by using an air mixer. If a reduction of the rate of flow to the individual appliances is not acceptable, neither reduction valve nor air mixer can be used, and to reduce the noise it will be necessary to alter the installed system, for instance by exchanging tap valves.

The reduction valve has the advantage of being able to compensate for variations in mains pressure. It is not unusual that the mains pressure is higher at night which may result in an increase of the noise caused by the tapping of water during the period when noise is most undesirable.