

SBI-publ.

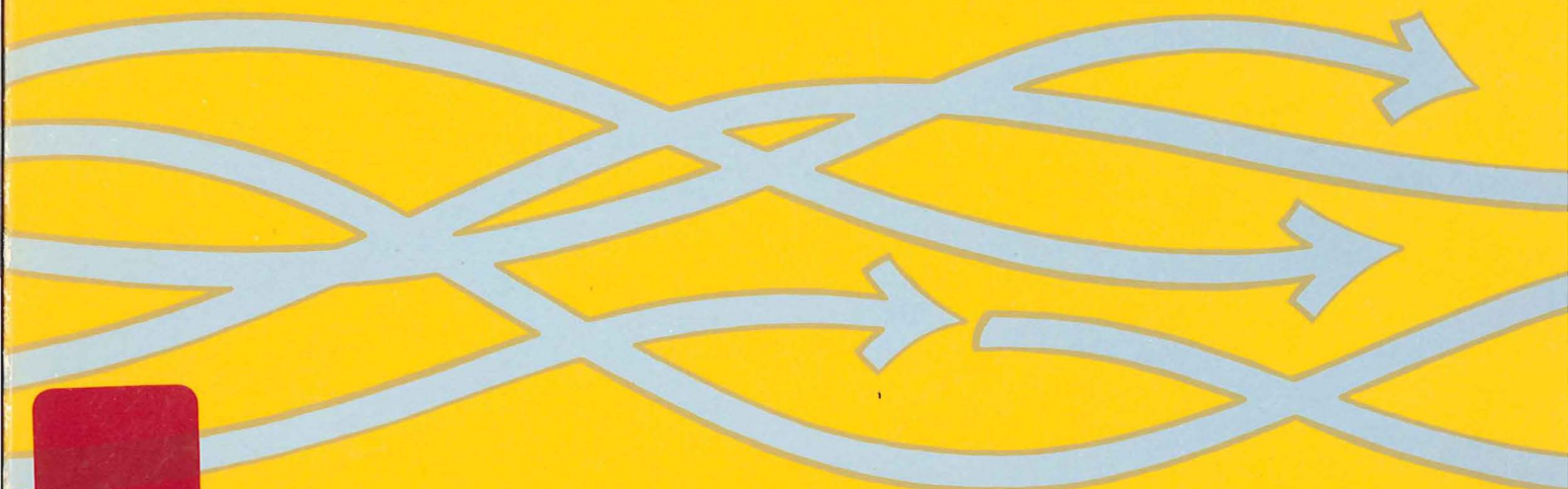
DAN FINK
KØBENHAVN

LETTING 1970



VENTILATION AF BOLIGER

GEORG CHRISTENSEN



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT • SBI-ANVISNING 74
KØBENHAVN 1970 • I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

Ventilation af boliger

GEORG CHRISTENSEN, civilingeniør

00671P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
-x-4
26 JUNI 1986



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · SBI-ANVISNING 74
KØBENHAVN 1970 · I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

Indhold

1. Boligens ventilationsbehov	3
2. Bygningsreglementets ventilationskrav	3
3. Ventilationsprincipper	6
a. Naturlig ventilation	6
b. Mekanisk ventilation	7
α. Indeliggende køkken	8
4. Ventilationsanlæggenes udformning og detaljer	9
a. Kanalmateriale	9
b. Samlinger	9
c. Kanaler i tagrum	13
d. Kanalgenneføring i tagflade	14
e. Kanaludmunding over tag	14
α. Naturlig ventilation	14
β. Mekanisk ventilation	15
f. Udsugningsventiler	16
α. Naturlig ventilation	16
β. Mekanisk ventilation	16
g. Brandtekniske synspunkter	16
h. Vedligeholdelse af mekaniske ventilationsanlæg	17
5. Beregning af mekaniske ventilationsanlæg	18
a. Friktionstab	18
b. Tryktab i enkeltmodstande	20
c. Valg af ventilator	23
6. Beregningseksempel	24
a. Kanalberegning	24
b. Valg af ventilator	30

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelsen: Ventilation af boliger, SBI-anvisning 74 (1970).

ISBN 87 563 0006 9

1. Boligens ventilationsbehov

Et boligventilationsanlæg skal sammen med et korrekt dimensioneret og udført opvarmningsanlæg medvirke til, at der i alle boligens rum opretholdes et passende rumklima. Dette opnås normalt ved en lufttemperatur på 20-22°C, en relativ luftfugtighed på 30-65%, en lufthastighed i opholdszonen på 0,05-0,2 m/sek og en passende ringe grad af forurening i form af støv og lugt.

Luftskiftet må ikke være for stort, da der herved

kan forårsages trækgener, medens et for ringe luftskifte vil medføre lugt- og fugtgener.

Det luftskifte, som bør tilstræbes i en moderne bolig, ligger formodentlig omkring 1-2 gange i timen, hvilket normalt vil kunne opnås med de ventilationsanlæg, der anvendes i dag, forudsat at de udføres omhyggeligt og for mekaniske anlægs vedkommende, at de indreguleres rigtigt.

2. Bygningsreglementets ventilationskrav

I bygningsreglementets 1966-udgave foreligger der ret veldefinerede regler for, hvorledes boligventilationsanlæg skal udformes. For anlæg med naturlig ventilation er angivet de kanaldimensioner, som erfaringsmæssigt giver et rimeligt luftskifte, og for mekaniske ventilationsanlæg er angivet de luft-

mængder, som bør udsuges fra forskellige rum. Endvidere lægges der vægt på, at der opnås en tilfredsstillende frisklufttilgang. Den skematiske oversigt på næste side gengiver bygningsreglementets krav på disse områder.

OVERSIGT OVER BYGNINGSREGLEMENTETS VENTILATIONSKRAV

Rum	Frisklufttilførsel	Naturlig ventilation,* kanaltværsnit i cm ²	Mekanisk ventilation, luftmængde i m ³ /h
Beboelsesrum	Oplukkeligt vindue eller dør til det fri. I rum, der normalt kan påregnes anvendt som soverum, skal vindue eller dør forsynes med beslag, der gør det muligt at regulere åbningen på en sådan måde, at generende træk undgås, eller regulerbar ventil indsættes i vindue eller ydervæg. Ventilens fri åbning skal være mindst 30 cm ² .		
Køkkener på 6 m ² og derover, jfr. dog stk. 4	Oplukkeligt, regulerbart vindue. Dersom ventileret viktualieskab ikke indrettes, desuden en regulerbar ventil i ydervæg. Ventilens fri åbning skal være mindst 30 cm ² .	200	80
Køkkener mellem 6 og 4 m ² jfr. 4.1.4. stk. 6b	Som køkkener over 6 m ² gulvareal	150	60
Rum med kogeniche eller kogeskab jfr. 4.1.4. stk. 6c og d	Som beboelsesrum eller en mindst 50 cm ² fri åbning til rum med frisklufttilførsel som beboelsesrum.	Altid mekanisk ventilation.	60
Viktualieskab	En regulerbar ventil med en fri åbning på mindst 100 cm ² i ydervæg anbragt i skabets øverste del.		
Baderum samt WC-rum i lejligheder uden baderum	Oplukkeligt vindue, mindst 0,2 m ² stort, eller regulerbar ventil med mindst 100 cm ² fri åbning til det fri, eller horisontal friskluftkanal med mindst 100 cm ² lysningsareal til det fri, evt. forsynet med regulerbar ventil, eller en mindst 100 cm ² spalte over eller under dør, eller en ventil af tilsvarende størrelse i væg mod adgangsrummet.	150	60
Særskilt WC-rum i lejligheder med baderum	Som baderum. Spalter, ventiler eller luftkanaler skal dog kun være 50 cm ² .	100	30
Trapperum med direkte adgang til lejligheder	Oplukkeligt vindue, mindst 0,2 m ² stort for hver etage, eller ventil til det fri med en fri åbning på 50 cm ² pr. lejlighed. Åbningen skal anbringes for nede i trapperummet. Hvis ventilationsanlæg med recirkulation anvendes, jfr. stk. 2, skal frisklufttilførselen være mindst 30 m ³ /h pr. lejlighed		
Fælles forrum, jfr. 4.1.5. stk. 2	En mindst 100 cm ² og højst 200 cm ² fri åbning fra forrum til det fri eller til luftsluse.		
Vaskerum og tørre-rum, jfr. dog stk. 4	Oplukkeligt vindue samt en mindst 150 cm ² fri åbning enten til det fri eller under dør til gang med dør eller vindue til det fri. Åbning til det fri kan forsynes med regulerbar, ikke helt aflukkelig ventil.	200	80
Affaldsskakter	Ved naturligt aftræk: Rist i dør til skarnboks med en fri gennemstrømningsåbning på ca. 25% af aftrækskanalens tværsnitsareal. Ved mekanisk udsugning: 25 cm ² fri åbning i dør til skarnboks anbragt højst 10 cm over gulv.	300 over øverste indkast- ningslåge	300 når en ind- kastningslåge eller dør til skarnboks er åben

Rum	Frisklufttilførsel	Naturlig ventilation,* kanaltværsnit i cm ²	Mekanisk ventilation, luftmængde i m ³ /h
Skarnkasserum, jfr. 4.1.6. stk. 2a	Rottesikker rist til det fri ved guly. Ristens gennemstrømningsareal skal være 50-75% af aftrækskanalens tværsnitsareal.	150	5 pr. beholder dog mindst 60
Elevatorskakter i beboelsesbygninger		1% af skakt-tværsnittet	30 pr. m ² skakt-tværsnit

* De angivne lysningsarealer kan reduceres med 25%, hvis kanalerne udføres med bløde bøjninger og glatte indervægge.

Yderligere er der angivet nogle lempelser for fritbeliggende eenfamiliehuse samt for WC- og baderum, som indrettes i allerede eksisterende bygninger. I en af disse lempelser fraviges kravet om ventilation af et køkken ved hjælp af en kanal over tag, idet der i stedet tillades anbragt en køkkenventilator med afkastning til det fri gennem ydervæg. Disse lempelser i reglementet har medført, at der ofte forekommer ønsker om i almindelighed at anvende aftræk gennem ydervæg. Dette må dog frarådes på det kraftigste for såvel køkken, WC- som baderum, da vindtryk på ydervæggene vil kunne medføre, at luften fra disse rum presses ind i opholdsrummene i stedet for at blive ledt til det fri. For boliger med naturlig ventilation vil det derfor betyde en sænkning af ventilationsstandarder, hvis aftræk over tag fra køkken, WC- og baderum erstattes med ventilationsåbninger i ydervægge.

Affaldsrum med sækkevekslere

Til opsamling og komprimering af affald opsættes undertiden særlige maskiner, såkaldte sækkevekslere. Sådanne skaktrum falder ikke umiddelbart

ind under bygningsreglementets bestemmelser, men kan normalt accepteres af bygningsmyndigheden under følgende forudsætninger:

1. Alle skæringer mellem vægge og gulv afrundes med hulkehl.
2. Vægge og gulve udføres glatte og afvaskelige.
3. Døren til rummet udføres som BS-60 dør.
4. Døren skal kunne aflåses.
5. Dør og karm skal rustbeskyttes samt være glatte og lette at rengøre.
6. Der skal være ind sugning af friskluft (eventuelt igennem en kanal) direkte fra det fri. Denne kanal skal udmunde i det fri i passende afstand fra døre og vinduer til lejligheder, således at eventuel lugt ikke kan genere. Kanalen skal brandisoleres fra skaktrummet til det fri som BS-60 kanal, og i munden til det fri skal der anbringes en rottesikker rist, ligesom kanalen skal kunne rengøres.
7. Der skal fra hvert skaktrum ved mekanisk ventilation udsuges en luftmængde på mindst 200 m³/h + 50 m³/h for hver lejlighed udover fire, der anvender den tilhørende affaldsskakt. Udsugningen skal ske gennem affaldsskakt.

3. Ventilationsprincipper

I Danmark er det hyppigst anvendte system for naturlig og mekanisk ventilation den såkaldte "centrale udsugning". Herved forstås udsugning af luft fra de rum i boligen, hvor den kraftigste forurening af rumluften finder sted, nemlig køkken, WC og badeværelse, medens erstatningsluften tilføres fra boligens øvrige rum. På denne måde opnås den store fordel, at der i forhold til de øvrige rum vil skabes undertryk i de rum, hvori ventilationsbehovet normalt er størst, således at lugtgener hindres i at blive overført til naborum.

Frisklufttilførselen rummer særlige problemer, som endnu ikke er løst på helt tilfredsstillende måde. Ved mekaniske udsugningsanlæg vil frisklufttilførselen kunne forbedres ved supplerende af anlægget med et indblæsningsanlæg for konditioneret og renset luft. For tiden vil økonomiske synspunkter nok i almindelighed være en hindring for denne løsning, men som en overgangsløsning kan det anbefales i større udstrækning end i dag at anvende friskluftventiler f.eks. i forbindelse med radiatorer i opholdsrum, hvorved trækgener i videst muligt omfang undgås. Smalle spalteformede ventiler over vinduespartier eller døre giver erfaringsmæssigt sjældent anledning til trækgener.

Ved naturlige ventilationsanlæg er de udsugede luftmængder afhængige af forskellen mellem inde- og udetemperaturen samt af vindens virkning, hvorfor anlæggene ikke altid vil virke lige effektivt. Ved mekaniske ventilationsanlæg afhjælpes denne svag-

hed, idet den nødvendige trykforskel skabes af en ventilator.

a. Naturlig ventilation

Ved naturlig ventilation frembringes luftskiftet af små trykforskelle skabt af vind eller temperaturforskelle imellem luften udenfor og inde i bygningen.

De trykforskelle, som forårsages af vinden, kan enten give anledning til tværventilation eller til sugning i ventilationshætter som vist på fig. 1 a. Ved tværventilation forstås, at luften bevæger sig i vandret retning igennem huset fra vindsiden til læsiden. Denne ventilationsform er meget anvendelig til en kort og kraftig ventilation udover den almindelige ventilation, og det er derfor hensigtsmæssigt, at der i den samme lejlighed findes vinduer, som kan åbnes i modstående facader.

Vindens sugning i ventilationshætter giver anledning til en opadgående luftbevægelse som vist på fig. 1 b. Den sugevirkning, som opnås, afhænger dels af hættens udformning dels af hættens placering på tagfladen. Vinden kan under uheldige omstændigheder undertiden give anledning til kraftigt nedslag selv i kanaler, som er placeret gunstigt på tagfladen, og hvor hættens udformning er god.

Temperaturforskellen mellem inde- og udeluften muliggør en termisk opdrift (et termisk drivtryk),

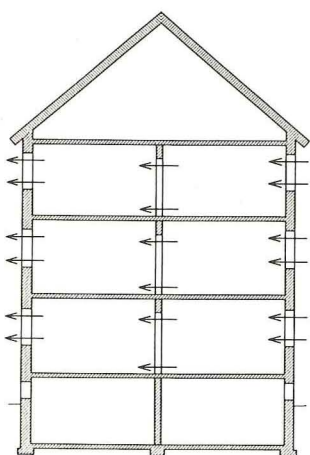


Fig. 1a. Tværventilation forårsages af vindens tryk på en facade, idet luften presses tværs gennem huset fra den lw side til den læ side. Denne form for ventilation er meget effektiv til kortvarig kraftig ventilation af en lejlighed ved hjælp af åbne vinduer.

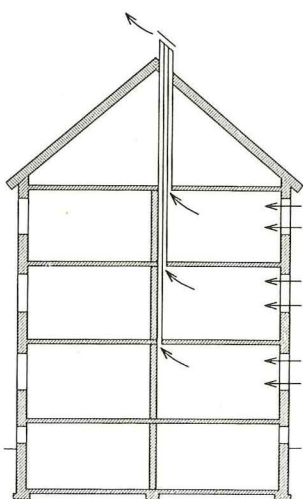


Fig. 1b. Vindens sugning i ventilationshætte over tag fører luften lodret op gennem huset, hvor den afkastes over taget. Både denne form for luftfornyelse og den i fig. 1a viste tværventilation er stærkt afhængig af vindforholdene.

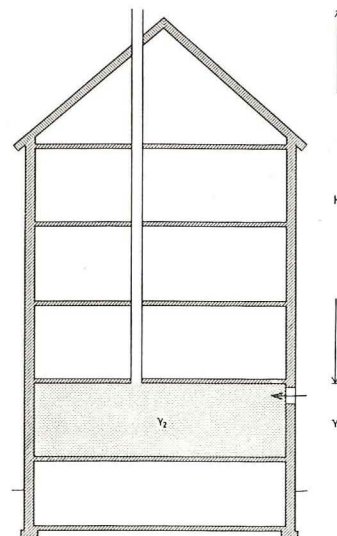


Fig. 2. Det termiske drivtryk, som er virksomt ved udsugningen fra den skraverede etage er

$$\Delta p = H(\gamma_1 - \gamma_2) \text{ kp/m}^2 \text{ (mm H}_2\text{O)}$$

hvor

H = ventilationskanalens træk højde, m

γ_1 = vægtylde af den udendørs kolde luft kp/m^3

γ_2 = vægtylde af den indendørs varme luft kp/m^3

Ved 20° temperaturredifferens ligger det termiske drivtryk ved en kanalhøjde på 10 m på ca. 1 kp/m^2

som opstår, når to luftsøjler af forskellig temperatur "forbindes" foroven og forneden som vist på fig. 2.

Da den termiske opdrift afhænger af luftsøjleens højde, fås den kraftigste opdrift i de nederste etager af højere huse. Under sommerforhold, hvor temperaturen inde og ude er meget nær den samme, vil den termiske opdrift ophøre, og den naturlige ventilation kan da kun finde sted ved vindens virkning. Den ringe stabilitet i anlæg med naturlig ventilation kan illustreres med, at den udsugede luftmængde igennem en kanal med en højde på 12,8 m og et tværsnitsareal på 100 cm^2 vil være 0 m^3/h , hvis temperaturen ude og inde er den samme og ca. 100 m^3/h ved en temperaturredifferens på 25° mellem ude og inde.

Når generne under sommerforhold trods alt er beskedne, er årsagen, at det naturligvis i de fleste tilfælde er muligt at lukke vinduerne op. Heraf følger i øvrigt, at det må tilrådes at anvende mekanisk ventilation, hvis boligen indeholder vinduesløse rum som f.eks. indeliggende baderum.

Fra hvert ventileret rum skal der føres en separat kanal op over taget til det fri, hvilket betyder, at antallet af kanaler stiger op gennem etagerne (se fig. 1 b). Da det naturlige ventilationsanlæg således optager forskellig plads i de enkelte etager kan det være ret vanskeligt af indpasse f.eks. i montagebyggeri i mange etager.

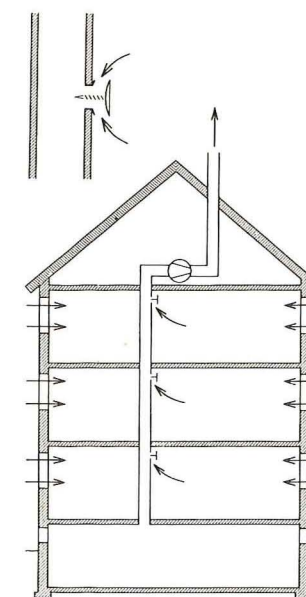


Fig. 3. Ved mekaniske ventilationsanlæg anvendes her i landet almindeligvis fælleskanalsystemet, hvor op til 8 over hinanden liggende lejemål kan tilsluttes den samme kanal. Forskellige lejemål i samme etage må ikke tilsluttes samme lodrette kanal. Der skal altid anbringes en ventil i udsugningsåbningen, og over denne ventil skal der findes et trykfald på ikke under 10 kp/m^2

b. Mekanisk ventilation

Ved mekaniske ventilationsanlæg erstattes drivtrykket, som skabes af vind- og temperaturforskelle, af en ventilator. Herved sikres det, at der sommer og vinter uafhængigt af de ydre atmosfæriske forhold, finder en luftfornyelse sted. Fig. 3 viser princippet for de mekaniske ventilationsanlæg i etageejendomme, således som anlæggene normalt udføres herhjemme. Til mekaniske ventilationsanlæg anvendes lodrette fælleskanaler, og der benyttes altid kontinuerlig drift.

Denne type boligventilationsanlæg passer godt til industrialiseret byggeri, fordi kanalarealet kan holdes uændret i indtil otte over hinanden liggende etager. Når der må sættes en grænse ved otte etager, er det, dels fordi det bliver lettere at indregulere anlægget i flere sektioner og dels af økonomiske grunde, fordi kanalarealet i de nederste etager ville blive urimeligt stort i forhold til de luftmængder, som skal udsuges.

I højere huse opdeles fælleskanalen derfor i flere fælleskanaler, som hver betjener otte over hinanden liggende etager.

Anlæggets balance må heller ikke kunne forstyrres, selv om en stor del af ventilerne i de enkelte lejligheder reguleres ned til mindste luftmængde. I bygningsreglementet kræves således, at selv om halvdelen af ventilerne på en kanal reguleres helt

ned til mindste luftmængde, må den luftmængde, der udsuges gennem de stadig åbne ventiler, ikke øges med mere end 10%.

Ventilationsanlægget, der anbringes i tagrummet eller på taget, må i øvrigt ikke give anledning til et støjniveau over 30 dB(A) i opholdsrum og 35 dB(A) i køkkener. Dette krav vil dog under normale omstændigheder være opfyldt, når kanalstrækningen imellem ventilator og den nærmeste lejlighed har mindst to bøjninger og en længde på over fire meter, eller hvis der imellem kanal og ventilationsaggregat installeres en lydsluse.

I eenfamiliehuse er det i de senere år blevet almindeligt med diskontinueret ventilation i form af køkkenventilatorer og specialemhætter med ventilatorer. Sådanne ventilatorer og emhætter må ikke i etageejendomme tilsluttes et eksisterende mekanisk udsugningsanlæg, da anlæggets balance herved ødelægges. Tilslutning af sådanne ventilatorer til et eksisterende naturligt ventilationsanlæg må kun ske, når der ved en tryk- eller røgprøve er skabt sikkerhed for, at kanalen er tæt.

α. Indeliggende køkkener

I bygningsreglementet er anvendelsen af indeliggende køkkener ikke forudsat i udgaven fra 1966, og der kræves stadig dispensation i henhold til landsbyggeovens § 15. Da der således ikke foreligger klare regler for, hvornår sådanne køkkentyper kan anvendes, kan der ikke her gives nøjagtige anvisninger på, hvorledes ventilationen bør foregå. På grundlag af forsøg foretaget ved SBI kan der dog her foreslås visse retningslinier, som dog ikke må opfattes som krav i henhold til bygningsreglementet. De af SBI foreslåede retningslinier er publiceret i SBI-særtryk nr. 184 "Indeliggende køkkener — brug og ventilation".

I den her beskrevne sammenhæng vil der ved et indeliggende køkken blive forstået et køkken, som

ikke har vindue direkte til det fri. Det forudsættes, at køkkenet står i hel eller delvis åben forbindelse med et normalt beboelsesrum med vindue til det fri, samt at åbningen mellem køkken og beboelsesrum ikke kan tildækkes på anden måde end ved et forskydeligt forhæng af vævet stof.

Indeliggende køkkener på 6 m² og derover skal forsynes med mekanisk udsugning, som kan udsuge 250 m³/h. Ventilationen skal endvidere være regulerbar således, at brugeren i hvert enkelt køkken kan nedregulere luftydelsen til 50 m³/h. Disse luftydelse ved højeste og laveste trin må ikke i væsentlig grad være afhængige af den samlede belastning på ventilationsanlægget.

Herudover skal der over komfuret installeres en emhætte, som mindst svarer til komfurets bredde, og emhættens fremspring skal være 45 cm. Højden af emhættens underside over komfurets varmeplader skal være mindst 50 cm og højst 70 cm. Emhætten skal i hovedsagen bestå af ubrændbare materialer. Emhætten skal være indvendigt let tilgængelig eller let at adskille for rengøring.

Ventilation må ikke give anledning til et støjniveau som i beboelsesrum indenfor samme lejemål som det ventilerede køkken overstiger 25 dB(A) ved laveste trin for luftydelsen og 30 dB(A) ved højeste trin for luftydelsen. Dette krav er skærpet i forhold til de almindelige lydtekniske krav for mekaniske ventilationsanlæg, fordi støjkilden står i åben forbindelse med et opholdsrum.

Frisklufttilførselen skal ske gennem ydervæggen i det beboelsesrum, som står i åben forbindelse med køkkenet. Der skal her anbringes friskluftåbninger, som enten kan bestå af et regulerbart højtsiddende vindue på mindst 0,2 m² eller regulerbare ventiler med en samlet fri åbning på mindst 250 cm².

Til alle ny lejere skal der udleveres en skriftlig vejledning, som på kortfattet og letforståelig måde redegør for ventilationsanlæggets virkemåde og for brugen af anlægget under forskellige vejrforhold.

4. Ventilationsanlæggenes udformning og detaljer

a. Kanalmateriale

Ventilationskanaler i boliger opbygges normalt af beton, asbestcement eller galvaniseret jernplade. Da kanalerne under øverste etageadskillelse skal kunne brandklassificeres BS 30, er det ofte nødvendigt at omstøbe kanalerne med monierpuds. De nærmere regler herfor fremgår af bygningsreglementets bestemmelser. Det kan nævnes, at spiralfalsede pladejernsrør fremover må forventes at finde stadig større anvendelse til boligventilationsformål.

Opmuring af ventilationskanaler i eller uden forbandt med vægge bør ikke anvendes mere, da sådanne kanaler erfaringsmæssigt ikke er tilstrækkeligt tætte.

Betonkanaler bør i så vid udstrækning som muligt anvendes etagehøje i stedet for de højder på 30-40 cm, som før var almindelige. Herved opnås færre samlinger, hvorved der skabes bedre tæthed, og synlige kanalstrækninger i boligen står uden fuger.

Både de lave og høje betonkanalelementer vil indgå i en ny udgave af DS 400 (Dansk standard for betonvarer) og på fig. 6 a, b og c er angivet de dimensioner, som forventes at ville indgå i den nye standard.

Af hensyn til kanalernes tæthed må huller til ventilationsåbninger ikke hugges eller skæres i beton- eller asbestcementkanaler, efter at disse er opsat. Hullerne skal således udføres ved støbningen af betonelementerne og skæres i eternitkanalerne inden opsætningen.

Endelig kan der anvendes krydsfiner, som er imprægneret imod råd og brand, og som er godkendt af boligministeriet til dette formål.

I samlingerne i kanalernes kanter og imellem kanalstykker må der tages hensyn til, at der ikke opstår utætheder, når træet eventuelt arbejder under varierende fugtforhold.

Til slut kan nævnes, at der i beton støbt på stedet kan udsparres kanaler. Der kan da enten anvendes "duct-tubes", som efter udstøbningen kan udtages og anvendes mange gange, eller der kan — inden støbningen — anbringes kanalstykker, som blot omstøbes.

"Duct-tubes" kan give anledning til alvorlige lækager i systemet, hvis de placeres så nær overfladen, at der kun bliver en tynd skal beton som kanalvæg. Hvis det ikke kan sikres, at kanalvæggens tykkelse intet sted kommer under en tykkelse på 2,5 cm, bør denne kanaltype ikke anvendes.

Langt større sikkerhed for lufttæthed af kanalerne opnås ved indstøbning af spiralfalsede pladejernsrør. Der kan her anvendes 76 Ømm kanaler i 10 cm tykke betonvægge.

I bunden af alle kanaler bør der monteres renseløkke, således at snavs kan fjernes efter "skorstensfejning".

b. Samlinger

Ventilationskanaler skal være tætte. Etagehøje betonkanaler opsættes med fer og not i bastardmørtel. Eksempler på samlinger er vist på fig. 4. For at undgå utætheder senere bør samlingerne også tætnes med en fugemasse. Asbestcimentrør samlet med muffen, som vist på fig. 5, giver også erfaringsmæssigt en tæt samling. Den nyudviklede samling med anvendelse af gummiringe er at foretrække for den ældre samlingsmetode med en asbestsnor i bunden af muffen, fordi gummiringen kan inspiceres efter arbejdets udførelse.

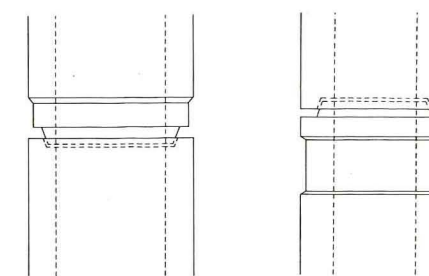


Fig. 4. Høje kanalelementers endeflader er udformet således, at de er selvcentrerende. Tæthed opnås ved at omstøbe kanalerne i samlingerne efter opsætningen. Af hensyn til påvirkningerne under transport og montage skal høje kanalelementer altid være armerede.

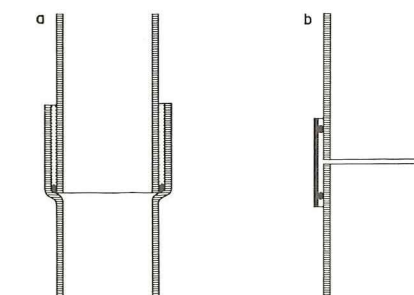
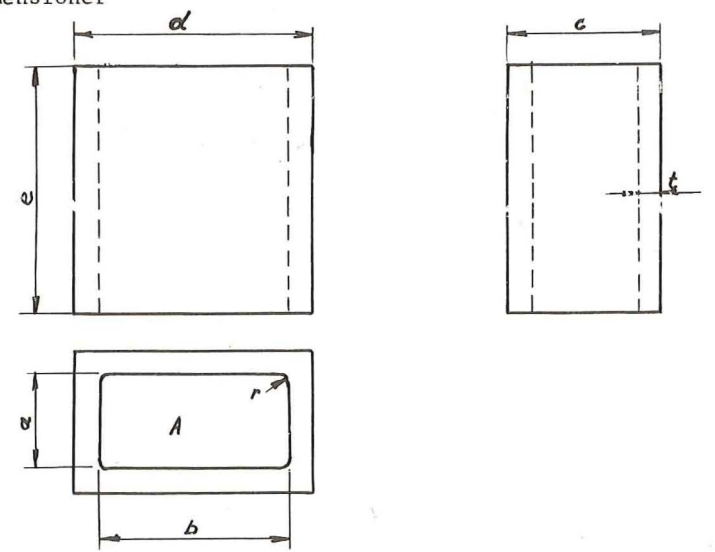


Fig. 5. Samling af asbestcimentrør. Til venstre er vist en muffesamling hvor tæthed etableres ved hjælp af en asbestsnor i muffens bund. Til højre ses en samling med en special bandage, hvor to gummiringe ved hjælp af et spændebånd klemmes fast om rørene. Ved denne samlingsmetode opnås en bedre tæthed.

3. LAVE LUFTKANALRØR FOR FÆLLESKANALER

3.1 Dimensioner



Bestillings Nr. se note 1)	Nominelle lysningsmål			Tilvirkningsmål				
	areal A cm ²	a cm	b cm	udvendige mål ²⁾			t mm	r mm
				c mm	d mm	e		
LF 300	300	15	20	230	280	bygge- mål 4M	40 ± 1	cirka 10
LF 450	450	15	30	230	380			
LF 600	600	15	40	230	480			
LF 800	800	20	40	280	480			
LF 1000	1000	20	50	280	580	se no- te ²⁾	se no- te ³⁾	cirka 20

- 1) Eventuelt behov for kanalelementer med lysningsarealer 200, 150 og 100 cm² dækkes af elementerne i LS - serien - se pkt. 5.
- 2) c og d er maksimalmål. Tolerance: ⁻⁰/₋₁ mm
Tilvirkningsmål for e afhænger af samlingsdetaljerne.
- 3) Hvis den indvendige form udføres med smig er mindste tilladelige godstykkelse 39 mm og største 41 mm.

3.2 Samlingsdetaljer
figuren viser eksempel på samling med fals.
Standard for samlinger er under revision.

3.3 Overflader
Udvendig overflade skal være velegnet for pudslag.
Indvendig overflade skal være jævn dvs. uden fremspring.

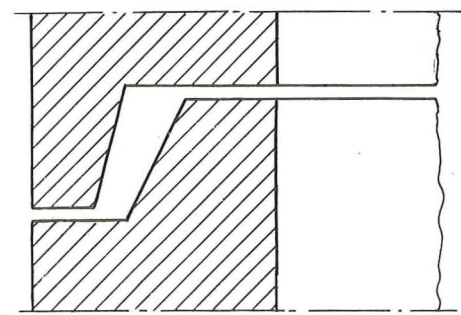
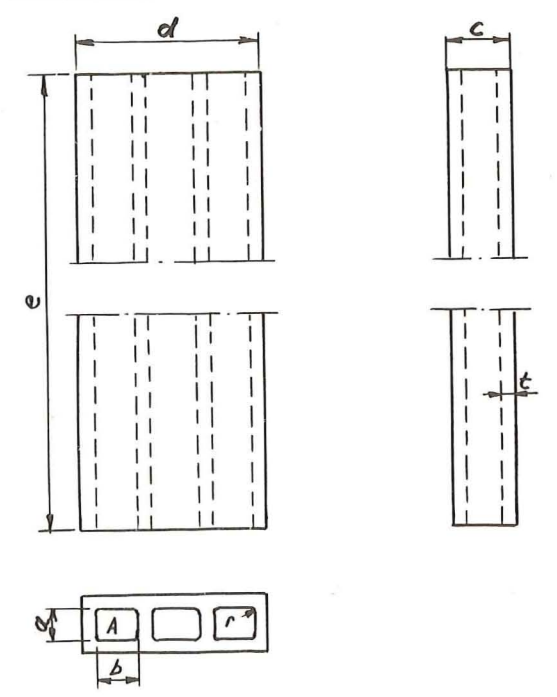


Fig. 6a. DS-rekommandation for lave luftkanalrør af beton.

6. HØJE LUFTKANALRØR FOR SEPARATKANALER.

6.1 Dimensioner



Bestillings Nr.	nominelle lysningsmål			tilvirkningsmål				
	areal A cm ²	a cm	b cm	udvendige mål ¹⁾			t mm	r
				c mm	d mm	e		
HS 150	130	10,0	13,3	200	600	bygge- mål 28M se note 1)	50 ± 1	valg- fri
HS 200	195	15,0	13,3	250	600			

1) c og d er maksimalmål. Tolerance ⁻⁰/₋₁ mm.
tilvirkningsmål for c afhænger af samlingsdetaljerne.

6.2 Samlingsdetaljer
- foreløbig ingen standard for samlinger.

6.3 Overflade
Udvendig overflade skal være helt plan, uden fremspring, og velegnet for tapet eller spartling og maling.
Indvendig overflade skal være glat og uden fremspring.

SKJ/BB

Fig. 6b. DS-rekommandation for høje luftkanalrør af beton. Disse høje kanalelementer bør foretrækkes frem for lave, da de giver bedre tæthed.

Forslag til DS-Rekommandation		LUFTKANALRØR AF BETON				R16/b1.1 side 3		
4. HØJE LUFTKANALRØR FOR FÆLLESKANALER								
4.1 Dimensioner								
Bestillings Nr.	nominelle lysningsmål			tilvirkningsmål				
	areal A cm ²	a cm	b cm	udvendige mål 1)			t mm	r
HF 200	200	10	20	200	300	bygge- mål 28M se note 1)	50	der er valgfrihed mellem skarpe hjør- ner, afrunding el- ler affåsning.
HF 300	300	10	30	200	400			
HF 400	400	20	20	300	300			
HF 600	600	20	30	300	400			
HF 800	800	20	40	300	500			
HF 1000	1000	20	50	300	600			
1) c og d er maksimalmål. Tolerance $\begin{matrix} -0 \\ -1 \end{matrix}$ mm. tilvirkningsmål for e afhænger af samlingsdetaljerne.								
4.2 Samlingsdetaljer. - foreløbig ingen standard for samlinger.								
4.3 Overflader Udvendig overflade skal være helt plan, uden fremspring, og velegnet for tapet eller spartling og maling. Indvendig overflade skal være glat og uden fremspring.								

Fig. 6 c. DS-rekommandation for høje luftkanalrør for fælleskanaler af beton.

I bygningsreglementet gives der bygningsmyndighedernes tilladelse til at forlange kanalernes tæthed undersøgt ved en røgprøve for anlæg med naturlig ventilation.

For mekaniske anlægs vedkommende er det helt afgørende, at kanalerne er tætte. Oplysninger over kanalers tæthed findes kun i sparsomt omfang, men det kan anbefales at benytte de svenske regler for tilladelig lækage pr. m² kanalareal. Disse regler fremgår af følgende skema:

Trykområde kp/m ²	Prøvetryk kp/m ²	Højeste tilladte lækage i m ³ /hm ²
5-40	20	4
41-100	70	8

c. Kanaler i tagrum

Over øverste etage udføres kanaler oftest af galvaniseret jernplade isoleret med 5 cm mineraluld. Ved anlæg med naturlig ventilation må kanalerne i tagrummet ikke trækkes i mindre vinkel end 30° med vandret. Hvis kanaler ikke skal trækkes i tag-

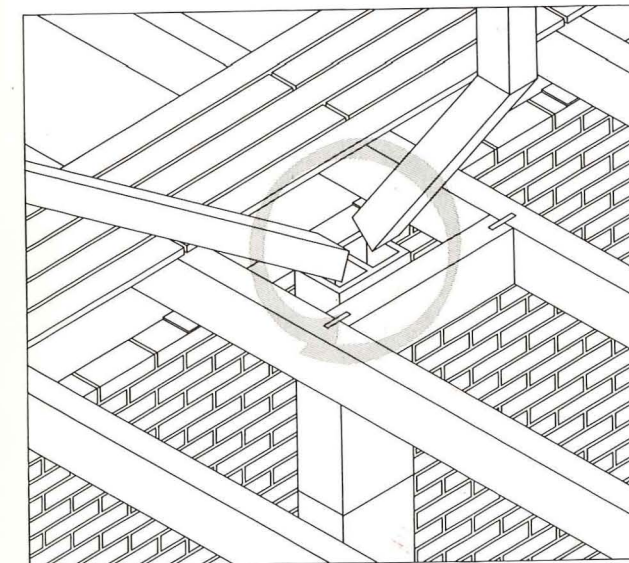


Fig. 7. Eksempel på utilstrækkelig forbindelse mellem pladejernsrør og betonkanalstykke. Rørene er blot placeret således, at efterfølgende "tætning" med mørtel skulle sikre en tæt samling.

rummet, udføres de normalt i tagrummet af det samme materiale, som er benyttet i etagerne.

For at undgå fugtskader i tagrummet er det vigtigt, at kanalerne her er og forbliver tætte, og det vil især sige, at overgangen fra et kanalmateriale til et andet skal udføres omhyggeligt. På fig. 7 ses et eksempel på en dårlig samling, og på fig. 8 a er vist, hvorledes en samling bør udføres. Fig. 8 b viser et samlingsprincip, hvor der endvidere opnås en lyddæmpende virkning, da samlingsstykket er beklædt med et lydabsorberende materiale. Lyddæmpende materiale skal være anbragt således, at det kan renses og eventuelt udskiftes med passende mellemrum.

Af brandtekniske årsager skal ventilationskanaler fra affaldsskakte føres separat mindst 2 m, inden de tilsluttes ventilator eller anden ventilationskanal.

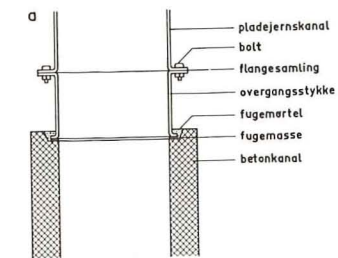


Fig. 8a. Ved overgang fra eet kanalmateriale til et andet bør der udføres et specielt overgangsstykke som vist her. Da det må formodes, at den ret stive samling vil revne, bør der skabes tæthed med en fugemasse.

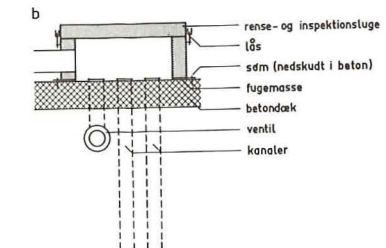


Fig. 8b. Lodrette kanaler afsluttes øverst på en sådan måde, at der er mulighed for at rense kanalen. Dette kan f.eks. gøres, som vist på figuren, ved hjælp af en pladejernskasse med aftageligt låg. Kassen, der er lydæmpet, sættes med flangen i en fugemasse på et betondæk og skydes derefter fast til underlaget med en sømpistol.

d. Kanalgenneføring i tagflade

Mange fugtskader i tagkonstruktioner skyldes dårlig udformning af kanalgenneføringer. På fig. 9 er vist, hvorledes en større betonkanal kan føres igennem et tegltag. På fig. 10 a, b og c er vist, hvorledes en almindelig pladejernskanal føres igennem henholdsvis et tegltag, et metaltag og et built-up tag. Når det gælder metaltage, bør ventilationskanalen udføres af samme metal som taget for at undgå galvanisk korrosion.

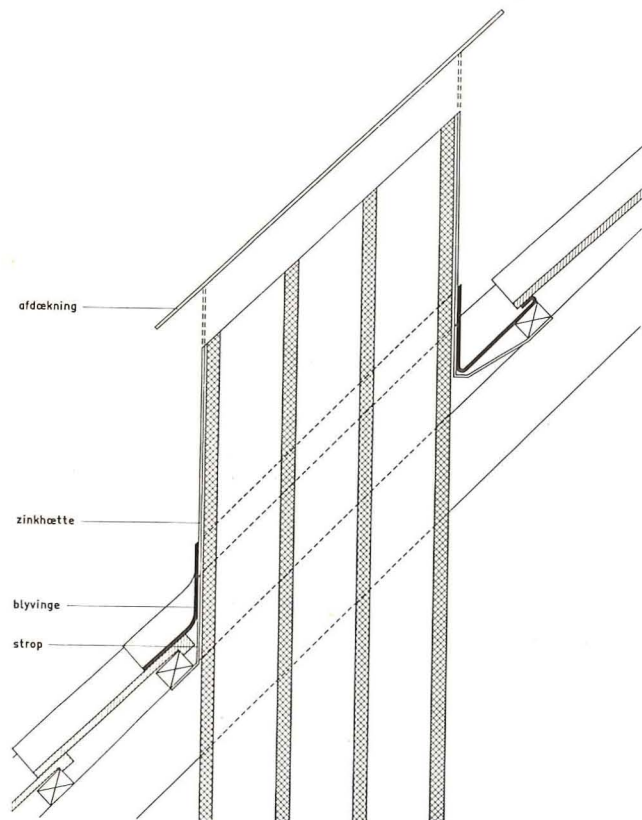


Fig. 9. Gennemføring af større betonkanal i tegltag. Det er vigtigt, at inddækningen udføres omhyggeligt.

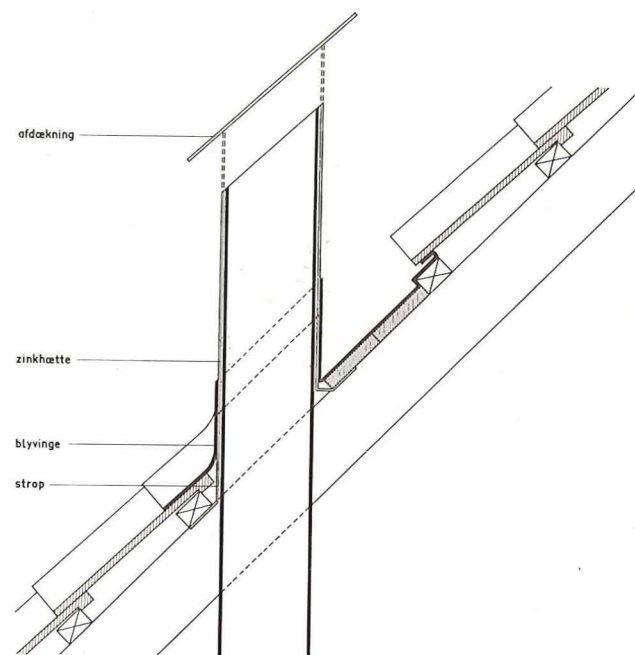


Fig. 10a. Pladejernskanal ført igennem tegltag.

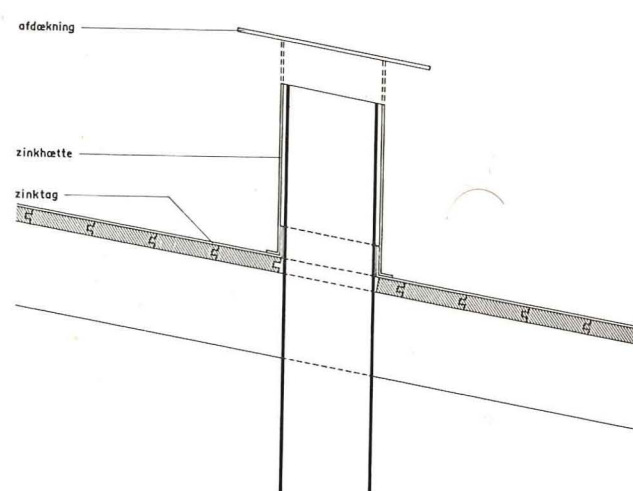


Fig. 10b. Pladejernskanal ført igennem metaltag.

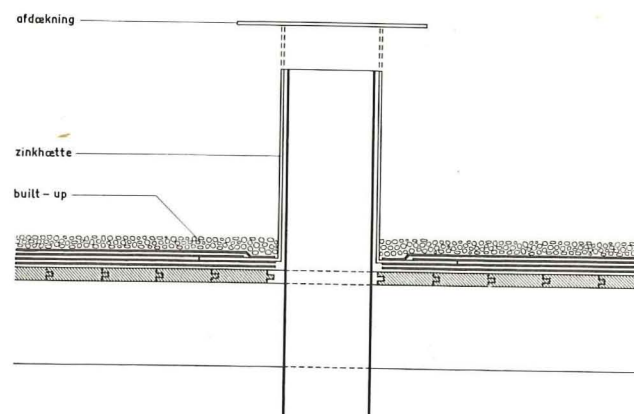


Fig. 10c. Pladejernskanal ført igennem built-up tag.

e. Kanaludmunding over tag

α. Naturlig ventilation

Især når det gælder naturlig ventilation, er det af stor betydning, at kanaludmunningen over tag er anbragt så hensigtsmæssigt, at der under alle vindforhold findes undertryk på denne del af tagfladen. Herved opnås en jævn sugeevne, og muligheden for nedslag i kanalen bliver ringe. Disse forhold kan opnås, hvis udmunningen over tag anbringes således på tagfladen, som det er beskrevet i bygningsreglementet af 1966, kapitel 11.2.2. stk. 6, hvori det hedder:

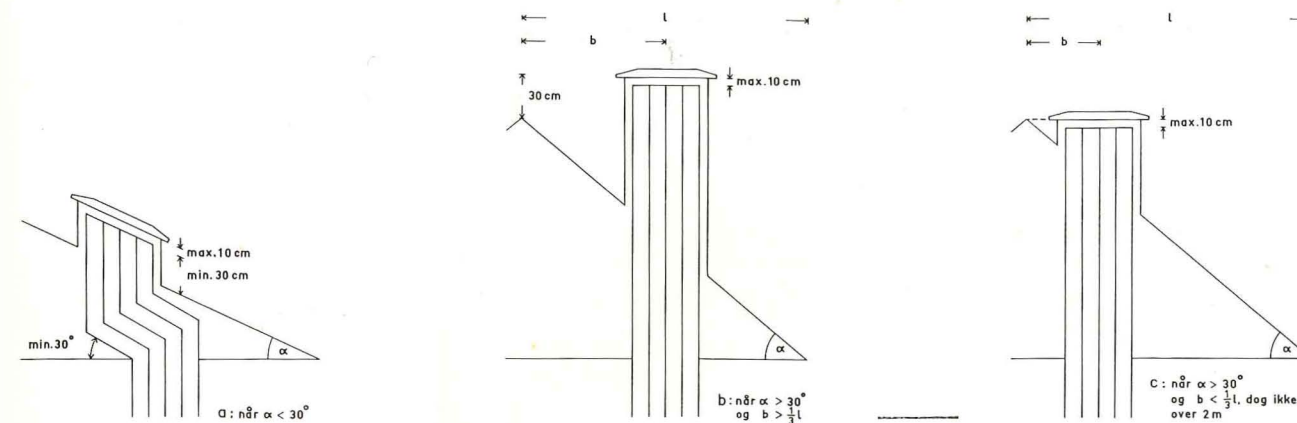


Fig. 11. Tagudførsel over tag for aftrækskanaler for naturlig ventilation. a gælder for taghældninger under 30°, b og c for hældninger over 30°. Kanaludmunningerne skal ligge i samme plan og være afskåret parallelt med tagfladen. Endvidere skal de ligge højst 10 cm under inddækningens kant. Hætter skal have overdækning samt være forsynet med fuglenet. Trækning i tagrum skal ske med en vinkel med vandret plan på mindst 30°.

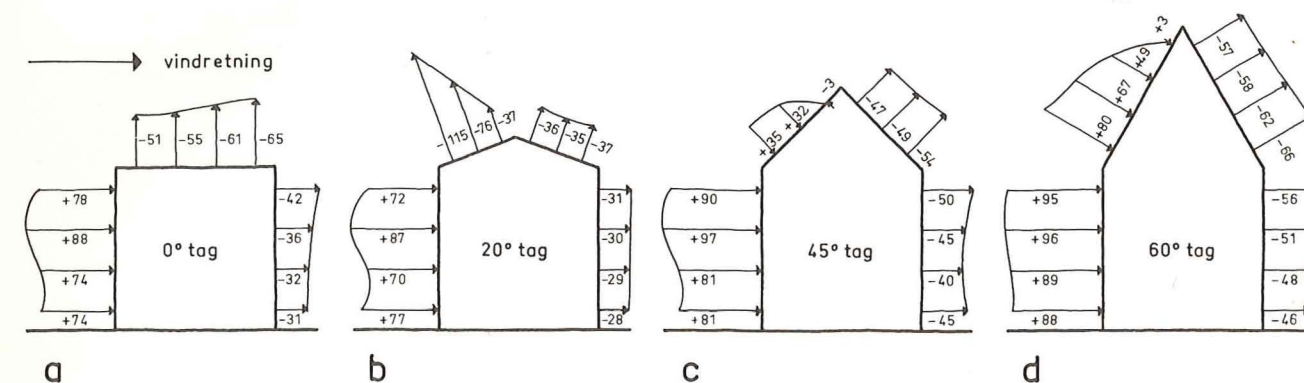


Fig. 12. Vindtryk og -sugning på facader og tage med forskellig hældning målt i tværsnittet vinkelret på facadens midte med vinden vinkelret på facaden. Vindbelastningen er angivet i procent af det dynamiske tryk i den uforstyrrede vind $p = \frac{1}{16} v^2$. Husenes dimensioner er $h : b : l = 1 : 1 : 2$. Efter modelforsøg af Martin Jensen.

"Ventilationskanaler skal føres lodret op gennem tagdækning og anbringes således, at vindnedslag på grund af nærliggende bygningsdele og genstande undgås, og i passende afstand fra vinduer, døre og udførsler af faldrør i tag. Kanalerne skal forsynes med inddækning af vejrbestandigt materiale eller tilsluttes rygningsten, der er godkendt af boligministeriet. Inddækningen skal forsynes med overdækning og beskyttelsesnet mod fugle, og kanalen skal afsluttes tidligst 10 cm fra overkant af inddækning. Er taghældningen mindre end 30° med vandret plan, skal inddækningens overkant være hævet mindst 30 cm over tagfladen. På tage med større hældning end 30° med vandret plan skal inddækningen være hævet mindst 30 cm over tagryggen. Såfremt inddækningen anbringes i den øverste tredjedel af tagfladen (dog højst 2 m fra tagryggen målt i tagfladens plan), kan inddækningen dog afsluttes i højde med tagryggen. Ventilationskanaler fra affaldsskakter skal altid føres mindst 1 m over vinduer til beboelsesrum og køkkener".

De i dette afsnit omtalte afslutninger over tag er vist i skitserne på fig. 11 a, b og c.

Problemerne vedrørende trykfordelingen omkring huse er langt fra afklarede, idet lokale fremspring, træer og andre huse kan ændre vindens strømningsbillede meget afgørende. På fig. 12 er vist resultaterne af nogle danske modelforsøg, der

antyder, hvorledes trykfordelingen omkring et hus vil blive ved vindens påvirkning. En vis idé om trykforholdene i konkrete tilfælde kan opnås ud fra den på figuren angivne trykfordeling.

β. Mekanisk ventilation

Afkastning af luft fra boligventilationsanlæg bør ske i lodret retning så nær tagryggen som muligt. Ved flade tage er det vigtigt, at luften afkastes så langt væk fra altaner som muligt. Det må tilstræbes, at afkastning sker jævnt, således at opblandingen med luften sker nær ventilatoren. Hvis ikke dette forhold iagttages, kan koncentrerede luftstråler med forurenede luft give anledning til lugtgener på altaner i øverste etage i husets læside.

Ventilationsmaskineriet må endvidere være støjdæmpet, således at der i vindstille vejr på de nærliggende altaner ikke opnås et støjniveau på over 40 dB(A).

f. Udsugningsventiler

α. Naturlig ventilation

Det er i reglen hensigtsmæssigt at anbringe ventiler i kanalåbningerne, da den udsugede luftmængde herved kan begrænses i kraftigt blæsevejr. I etageejendomme er dette særligt nødvendigt for de nederste etagers vedkommende, hvor vindens sugning og den termiske opdrift kan give anledning til en alt for kraftig udsugning.

De anvendte ventiler skal være regulerbare og opfylde følgende krav:

- ventiler skal være udført af korrosionsbestandigt og ubrændbart materiale og være let aftagelige for rengøring,
- ventilens frie gennemstrømningsareal må i fuldt åben tilstand ikke være mindre end det for den pågældende kanal foreskrevne tværsnitsareal og skal i lukket tilstand have et frit gennemstrømningsareal på mindst 20% af dette tværsnitsareal,
- ventilen skal uden besvær kunne betjenes fra gulvet.

β. Mekanisk ventilation

En meget vigtig detalje i et mekanisk boligventilationssystem er udsugningsventilen, og der er da også i bygningsreglementet angivet en række krav til sådanne ventiler. I bygningsreglementet hedder det således:

- ventilen skal være af korrosionsbestandigt, ubrændbart materiale med smeltepunkt over 800°C og være let aftagelig for rengøring,
- ventilen skal være dimensioneret således, at den ved de foreskrevne luftmængder giver en modstand på mindst 10 kp/m², og skal være indstillelig mellem 20 og 100% af de i 11.1, stk. 3, angivne luftmængder. (Se tidligere i denne anvisning gengivne oversigt over bygningsreglementets ventilationskrav),
- ventilen skal uden besvær kunne betjenes fra gulvet.

Det i punkt b nævnte krav til regulering af luftmængder må anses for unødvendigt i andre rum end køkkener. En konstant udsugning på 30 m³/h fra toiletter og 60 m³/h fra baderum må derfor formodes at blive fastsat i bygningsreglementets ny udgave i 1971. For at forbedre ventilationsstandarden på samme måde som det er sket i eenfamiliehusbyggeriet, kan det anbefales, at der i forbindelse med kogested etableres forceret ventilation igennem en emhætte. En sådan forceret ventilation bør mindst være på 250 m³/h.

På fig. 13 er vist nogle af de i dag anvendte ventiltyper.

Det er vigtigt, at der ved ventilens udformning er taget hensyn til, at der ikke skabes støj, når luften suges ud gennem ventilen. Derfor bør alle ventiltyper være undersøgt for støjproduktion, således at det kan konstateres, at ventilationsanlægget (ventil + ventilator) ved de givne trykforhold og luftmængder ikke forårsager et støjniveau over 30 dB(A) i opholdsrum og 35 dB(A) i andre rum. På fig.

14 er vist et eksempel på et støjdiagram for en udsugningsventil.

Som en grov regel kan det nævnes, at ventilen selv ikke bør give anledning til et højere støjniveau end 27 dB(A) og 32 dB(A) i henholdsvis opholdsrum og andre rum.

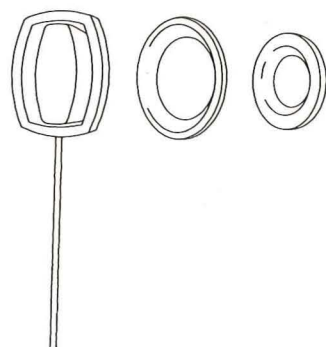


Fig. 13. Eksempler på udsugningsventiler. Ventilerne skal give mulighed for forindstilling til indregulering af anlægget. På længere sigt må det formodes at regulering foretaget af beboerne vil blive benyttet i mindre omfang end nu, da sådanne reguleringsanordninger meget let fyldes med snavs, således at de alligevel ikke virker tilfredsstillende.

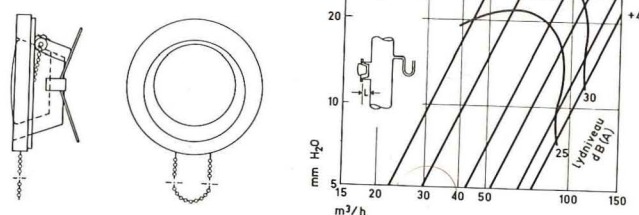


Fig. 14. Ventil for anlæg med mekanisk ventilation. Ventilen forindstilles ved hjælp af en keglestub, som kan fastspændes i forskellige stillinger i udsugningsåbningen. A angiver forindstillingen i mm fra en 0-stilling. Herudover kan ventilen ved hjælp af et kædetræk af brugeren drøvels ned til en ydelse på 20% af den krævede. Til højre er angivet forindstillingsdiagrammet samt støjproduktionen i ventilen. Støjproduktionen er stærkt afhængig af tilslutningen til kanalen. Det her viste diagram gælder for $L = 40-70$ mm og $v = 5$ m/sek. Bestemmelsen af støjniveauet er sket ved en rumabsorption på 10 m² Sabin.

g. Brandtekniske synspunkter

Alle kanaler skal være udført med kanalsider, som er mindst BS 30. Dette gælder både de lodrette kanaler gennem etagerne og de lodrette og vandrette kanaler, som findes over øverste etageadskillelse. Ventilationsmaskineri, som anbringes i tagrum, skal indbygges i en kasse med vægge som er mindst BS 30. Hvis ventilationsmaskineriet anbringes i en særlig kasse oven på taget, skal også denne kasses sider have en brandmodstandsevne, som mindst er BS 30.

Spredning af ild og røg gennem etagerne vil ikke finde sted igennem den lodrette kanal, fordi undertrykket på mindst 10 kp/m² over ventilerne vil forhindre forbrændingsprodukter i at strømme ud gennem ventilerne.

Der vil altid være en risiko for, at der opstår en brand i forbindelse med visse typer madlavning. Af denne grund bør emhætter være udført således, at de ikke let antændes og derved bliver årsag til, at en brand, som under normale omstændigheder hurtigt dør hen, breder sig.

Endelig er det for almindelige udsugningsventiler krævet, at de skal bestå af ubrændbart materiale med et smeltepunkt på over 800°C.

h. Vedligeholdelse af mekaniske ventilationsanlæg

Som alle andre tekniske indretninger skal mekaniske ventilationsanlæg vedligeholdes. Beboeren skal med jævne mellemrum aftage udsugningsventilen og afvaske den. Dette kræver, dels at beboeren instrueres i, hvorledes ventilen fjernes og sættes på plads

igen, og dels at ventilen er anbragt på et for beboeren rimeligt bekvemt sted.

Vedligeholdelse af ventilationsmaskineri bør lægges i hænderne på sagkyndigt personale, helst fra det firma som har installeret anlægget. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, må der til f.eks. viceværten, foreligge en nøje instruks om, hvorledes vedligeholdelse finder sted. En grundig personlig instruktion af især ikke teknisk kyndigt personale er absolut nødvendig.

Allerede ved projekteringen må der tages hensyn til vedligeholdelse. Lemme for rengøring af kanaler må anbringes på let tilgængelige steder, således at kanalerne kan rengøres mindst 1 gang om året. Ventilatorer må renses og efterses med mellemrum, og slidte kileremme udskiftes inden luftmængden reduceres alt for voldsomt. En ekstra kilerem bør altid opbevares i forbindelse med ventilationsmaskineriet. Motorer skal smøres med de smøremidler og med de tidsintervaller, som angives af motorleverandøren.

Endelig er det vigtigt, at motorskabe og signallamper er anbragt således, at den ansvarlige for anlæggets drift uden besvær kan konstatere, at anlægget kører. Motorskabe bør dog anbringes på en sådan måde, at børn ikke kan komme til dem.

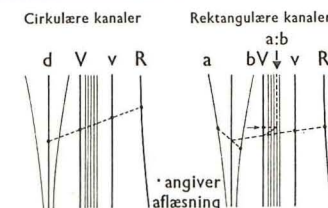
SBI-nomogram 10

Tryktab for kanaler af galvaniseret jernplade

Luft 25° C

Anvendelse: Ventilationsanlæg.
Temperaturområde: Nomogrammet gælder ved 25°C. I intervallet 0-50°C er fejlen på de aflæste tryktab mindre end ± 10%.
 1 kp/m² = 1 mm H₂O = 9,81 N/m²

Anvendelse af akser for luftmængde V
 V-aksen under den lodrette pil er suppleret med 5 lodrette hjælpelinier (betegnet a:b = 1,0—2,0—3,0—4,0—5,0), som kun anvendes ved rektangulære kanaler.
Cirkulære kanaler: Mærk luftmængden på V-aksen som det fremgår af skitsen til venstre. Brug ikke hjælpelinjerne.
Rektangulære kanaler: Mærk luftmængden på V-aksen og gå vandret mod højre til skæring med den lodrette linje, som angiver det aktuelle a:b-forhold. Herfra går man skråt nedad langs de skrå retningslinier til skæring med V-aksen. Herved er fundet det punkt igennem hvilket en linje kan trækkes til skæring med de andre nomogramakser (se skitsen til højre).



5. Beregning af mekaniske ventilationsanlæg

Med henblik på i højere grad end det er tilfældet nu, at sætte de projekterende i stand til enten at vurdere et anlægs effektivitet eller selv foretage en beregning af et almindeligt boligventilationsanlæg, bringes i det følgende en gennemgang af beregningsmetoderne med tilhørende eksempler.

Fremgangsmåden ved beregningerne adskiller sig ikke fra beregningen af et almindeligt ventilationsanlæg, men det er dog et særpræg, at udsugningsventilerne giver langt den største del af det samlede tryktab i anlægget. Dette skyldes, at der må holdes lave lufthastigheder for at undgå støjproduktion, og at de store tryktab over ventilerne endvidere gør det muligt at regulere luftudsugningen fra det enkelte rum ved indstilling af ventilen. Endvidere vil der være god sikkerhed for, at røg fra en brand i eet lejemål ikke vil kunne strømme ud til et andet lejemål gennem ventilerne. Både af hensyn til de brand- og lydtekniske forhold må der i øvrigt kun tilsluttes udsugningsventiler til samme lodrette kanal fra eet lejemål i hver etage.

Selve beregningerne forløber i princippet således:

- fastsættelse af luftmængder i anlæggets delstrækninger, herunder lækage i kanaler
- kanalberegning
- valg af ventilator.

Luftmængder, som skal transporteres i anlæggets delstrækninger, fastsættes ud fra bygningsreglementets krav til udsugning fra de enkelte rum. Kanaldimensionerne fastlægges således, at der opnås passende lufthastigheder og tryktab i kanalstrækningerne, og samtidig udføres der en kanalberegning, som skal sikre, at trykfordelingen og dermed luffordelingen i kanalnettet bliver som ønsket. Når disse beregninger er foretaget, kan der herefter vælges den rigtige ventilator. Tryktabsberegningerne er derfor en forudsætning for, at ventilationsanlægget kommer til at virke efter hensigten.

Indregulering af anlægget vil altid være nødvendig for at få den rette luffordeling. Denne indregulering bør kunne foregå ikke alene på ventilerne, men i udstrakte anlæg også ved indskydelse af passende enkeltmodstande. Alle ventiler skal indstilles som beregningerne viser før indreguleringen påbegyndes. Indreguleringen bør ikke finde sted i kraftig blæst, eller hvis temperaturen er under 5°C, da den termiske opdrift ellers vil kunne give systemet en kraftig udsugning, som ikke vil kunne opnås under sommerforhold.

Ved beregningerne må der skelnes imellem to forskellige energitab, nemlig *friktionstab* og *tab i enkeltmodstande*, hvilket gennemgås nøjere i det følgende.

a. Friktionstab

På fig. 15 er vist et nomogram til bestemmelse af friktionstab pr. meter kanal ved lufts strømning i galvaniserede pladejernkanaler. Nomogrammet er udarbejdet for cirkulære kanaler, men kan også anvendes for rektangulære kanaltværsnit, idet sådanne tværsnit ækvivaleres med den såkaldte hydrauliske diameter $d_h = \frac{2ab}{a+b}$, hvor a og b er den rektangulære kanals sidelængder. Transformation af luftmængder ved anvendelsen af rektangulære kanaler sker ved hjælp af de fem lodrette hjælpelinier vist i tilslutning til akser for V (luftmængde i m³/h) angivet med en lodret pil i nomogrammets hoved. Nomogrammet benyttes i øvrigt på følgende måde:

Cirkulære kanaler:

Luftføringen i m³/h markeres på V-aksen og sammenhørende værdier af kanaldiameter, lufthastighed, dynamisk tryk og friktionstab aflæses nu på en ret linie trukket over nomogrammet gennem punktet på V-aksen. Dette er vist på den venstre skitse i nomogrammets hoved. Hjælpelinierne ved forskellige værdier for $\frac{a}{b}$ benyttes således ikke.

Rektangulære kanaler:

Luftføringen i m³/h markeres på V-aksen, og man går herefter vandret mod højre til skæring med den lodrette linje, som angiver det aktuelle a:b-forhold. Herfra bevæger man sig skråt nedad langs de skrå retningslinier til skæring med V-aksen. Herved er fundet punktet, hvorigennem den rette linje skal trækkes til skæring med de andre nomogramakser. Dette er skematisk vist i nomogrammets hoved på figuren til højre.

På fig. 16 er vist korrektionsfaktorerne, som skal benyttes ved forskellige lufthastigheder til beregning af tryktabet for andre kanalmaterialer end til galvaniseret jernplade.

For at undgå støjproduktion i boligventilationsanlæg vælges der i de lodrette kanaler, som fører op igennem huset, normalt hastigheder op til 5,0 m/sek., medens der i de vandrette kanaler over øverste etageadskillelse benyttes hastigheder på 6-7 m/sek.

I boligventilationsanlæg er det karakteristisk, der finder udsugning sted med kort afstand (ca. 3 m) i den lodrette kanal med konstant tværsnit. Da det er upraktisk at beregne friktionstab for hver af de korte delstrækninger forenkles beregningerne ved at benytte den hastighed, som findes ca. 2/3 oppe i kanalen som gennemsnitshastighed for hele kanalen.

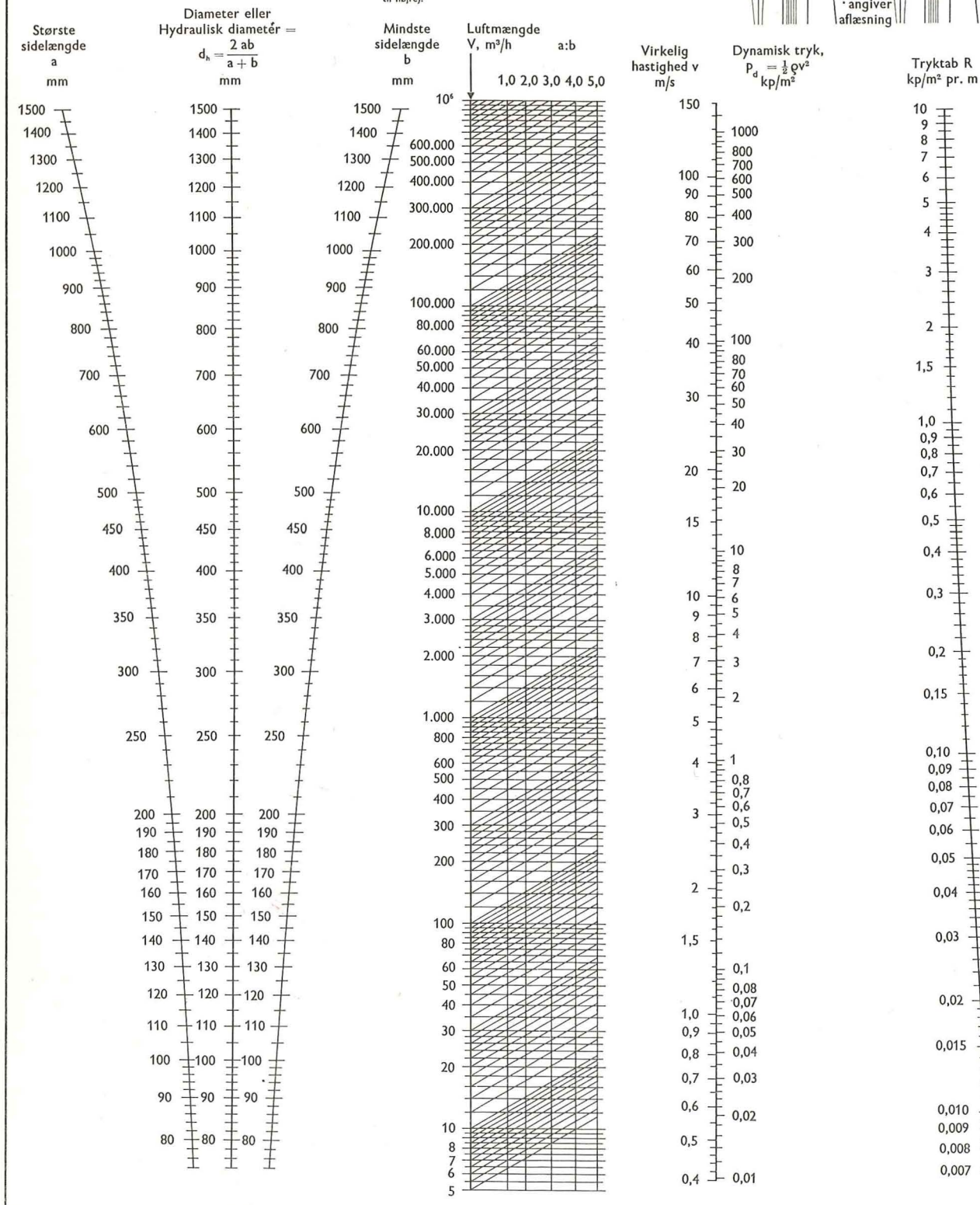
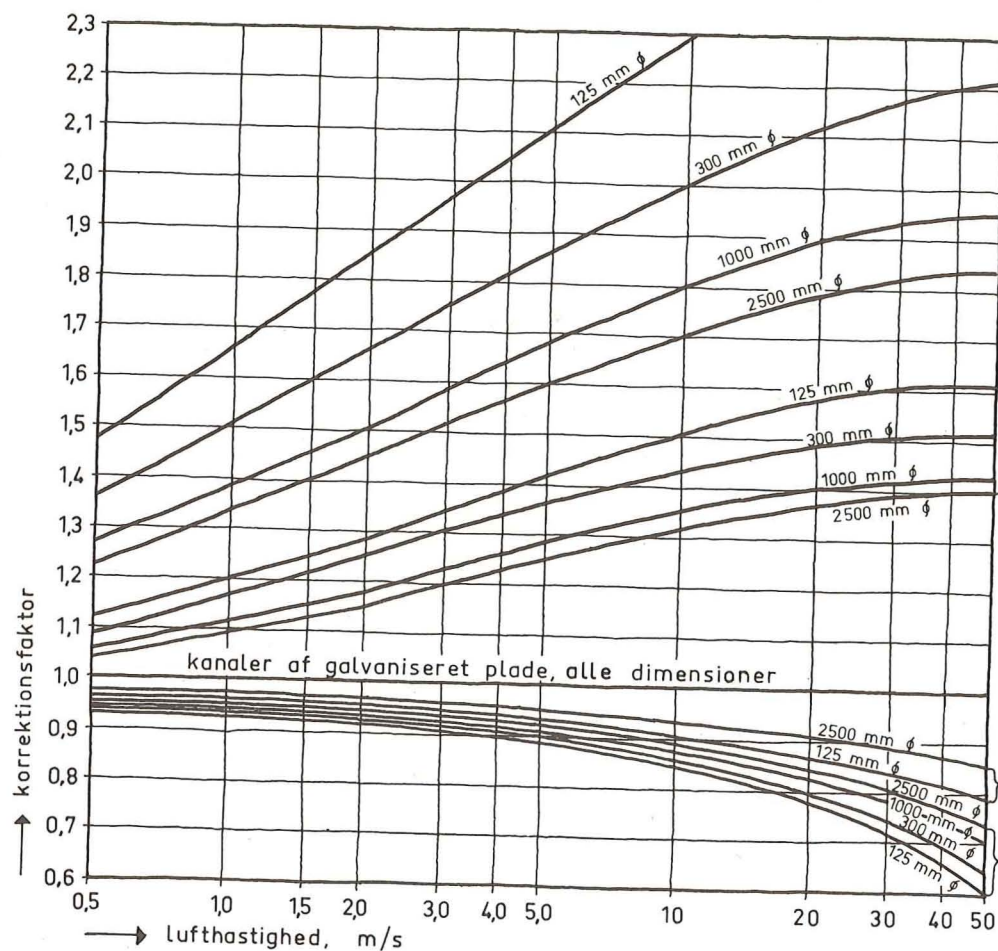


Fig. 15. Nomogram til bestemmelse af tryktab i cirkulære luftkanaler af galvaniseret jernplade. Anvendelsen er forklaret i teksten.



meget ujævn overflade
f.eks. nittet jernplade-
kanal, betonkanal i
30-40 cm høje elemen-
ter, muret kanal indv.
udækket isolering.

ujævn overflade
f.eks. betonkanal i
etagehøje elementer,
møbelplade,
eternitkanaler,
indv. isolering med
perforeret plade.

diagramværdier
galvaniseret jernplade

glat overflade
svejste kanaler.

meget glat overflade
glat plast
trukket aluminium

Fig. 16. Diagram over korrektionsfaktorer til anvendelse i forbindelse med tryktabsdiagrammet på fig. 15. Det på fig. 15 fundne tryktab skal multipliceres med den korrektionsfaktor, der svarer til det pågældende kanalmateriale, kanaldimensionen og lufthastigheden. For rektangulære kanaler skal der anvendes den hydrauliske radius, som findes i fig. 15.

b. Tryktab i enkeltmodstande

Når en luftstrøm ændrer retning eller hastighed, sker der et tab af energi, som ytrer sig ved et tryktab. Dette tryktab kaldes for tryktabet i enkeltmodstanden, og det kan skrives som

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

hvor

ζ = modstandstallet, en dimensionsløs faktor, som afhænger af enkeltmodstandens udformning

ρ = luftens massefylde

v = luftens hastighed.

Størrelsen $\frac{1}{2} \rho v^2$ kaldes luftens dynamiske tryk eller hastighedstrykket. For luft af normal temperatur gælder med god tilnærmelse, at $\frac{1}{2} \rho v^2 = \frac{v^2}{16}$ og udtrykket ovenfor kan derfor skrives som

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{v^2}{16}$$

hvor v indsættes i m/s, og tryktabet over enkeltmodstanden fås da i $\text{kp/m}^2 = \text{mm H}_2\text{O}$. På nomogrammet i fig. 15 kan det dynamiske tryk umiddel-

bart aflæses på højre side af akserne for hastigheden v , og en beregning af størrelsen er derfor overflødig.

Modstandstallene for de forskellige enkeltmodstande kendes ikke med særlig stor nøjagtighed. På fig. 17 er vist modstandstal som følge af tværsnitsændringer, og på fig. 18 og 19 er vist modstandstal for henholdsvis sammenløb og bøjninger. Ved hjælp af disse figurer samt det dynamiske tryk, som fås fra fig. 15, kan tryktabet i enkeltmodstandene derefter beregnes ved produktet $\Delta p = \zeta \frac{1}{2} \rho v^2$.

Eksempler

Eksempel 1. Beregning af friktionstab i cirkulær kanal.

En 270 mm luftkanal af galvaniseret jernplade fører en luftmængde på 520 m^3/h . Find friktionstabet pr. m og lufthastigheden i m/s.

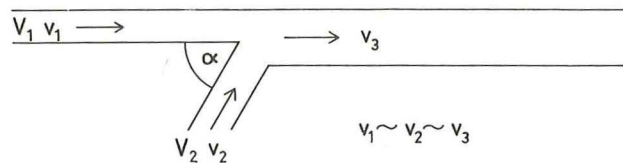
På nomogrammet fig. 14 kan der umiddelbart, som vist på skitsen for cirkulære kanaler i nomogrammet, indlægges en ret linie gennem punkterne $d = 270 \text{ mm}$ og $V = 520 \text{ m}^3/\text{h}$, og der aflæses $p = 0,034 \text{ kp/m}$ pr. m og $v = 2,5 \text{ m/s}$.

modstandstal for tværsnitsændringer

type	figur	propor-tioner		modstands-tal		type	figur	propor-tioner		modstands-tal		
		F_1/F_2 el. v_2/v_1	ζ_1	ζ_2	kant F_2/F_1 el. v_2/v_1			ζ_2				
pludselig udvidelse		0,1	0,81	81		pludselig indsnævring		0	0,34	0-0,2	0,11	
		0,2	0,64	16				skarp-kantet	0,2			0,32
		0,3	0,49	5				0,4	0,25			
		0,4	0,36	2,25				0,6	0,16			
		0,5	0,25	1,00				0,8	0,06			
		0,6	0,16	0,45				affa-set	0,8			0,02
		0,7	0,09	0,18					0-0,2			0,0001
		0,8	0,04	0,06					0,4			0,0001
		0,9	0,01	0,01					0,8			0
gradvis udvidelse		α	ζ_r		gradvis indsnævring		α	ζ_2	30°	0,02		
		5°	0,17				45°	0,04				
		7°	0,22				60°	0,07				
		10°	0,28									
		20°	0,45									
30°	0,59											
40°	0,73											
pludselig ud		F_1/F_2	ζ_1		overgangs-stykke		α	ζ	≤ 14	0,15		
		≈ 0	1,00									
ud gennem skarpkantet hul		F_0/F_1	ζ_0		ind med flange		F_2/F_1	ζ_2	≈ 0	0,34		
		≈ 0	2,50									
		0,2	2,44									
		0,4	2,26									
		0,6	1,96									
0,8	1,54											
1,0	1,00											
stang gennem kanal		s/d	ζ		ind i kanal		F_2/F_1	ζ_2	≈ 0	0,85		
		0,10	0,7									
		0,25	1,4									
0,50	4,0											
rør gennem kanal		s/d	ζ		trompet-formet indløb		F_0/F_2 el. v_2/v_0	ζ_0	≈ 0	0,03		
		0,10	0,20									
		0,25	0,55									
		0,50	2,0									
strømliniet stang gennem kanal		s/d	ζ		indløb gennem skarpkantet hul		F_0/F_2 el. v_2/v_0	ζ_0	≈ 0	2,50		
		0,10	0,07									
		0,25	0,23									
		0,50	0,90									
		F_0/F_2 el. v_2/v_0	ζ_0				blænde i kanal, skarpkantet hul				F_1/F_2 el. v_2/v_1	ζ_0
		≈ 0	2,50									
0,2	1,86											
0,4	1,21											
0,6	0,64											
0,8	0,20											
1,0	0											

Fig. 17. Modstandstallet for forskellige former for tværsnitsændringer. Modstandstallene er henført til de hastigheder, som bærer samme indices undtagen ved "gradvis udvidelse", hvor ζ_r er henført til forskellen mellem det dynamiske tryk før og efter. Trykfaldet findes i dette tilfælde af

$$\Delta p = \zeta_r \frac{(v_1 - v_2)^2}{16}$$



$V_1 : V_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha = 90$	0,68	0,58	0,51	0,48	0,44	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33
75	0,52	0,44	0,39	0,36	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26	0,25
60	0,34	0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17
45	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10
30	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
15	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 18. Modstandstal for sammenløb imellem to luftmængder i en udsugningskanal. V og v angiver henholdsvis luftmængder og lufthastigheder i de to delkanaler. ζ_2 bestemmes som for tilsvarende bøjninger fra fig. 19 med $\frac{r}{a}$ eller $\frac{r}{d} = 0,5$.

Eksempel 2. Beregning af friktionstab i rektangulær kanal.

I en 10 m lang meget ujævn betonkanal med dimensionen 200 x 400 mm føres en luftmængde på 720 m³/h. Hvor stort bliver friktionstabet på denne strækning?

Nomogrammet i fig. 15 benyttes som vist i skitsen til højre i nomogrammet hoved. Herefter bestemmes først den hydrauliske diameter for den rektangulære kanal til $d_h = 267$ mm. Ud fra forholdet $\frac{a}{b} = 2,0$ findes derefter punktet på V-aksen, der svarer til luftmængden $V = 720$ m³/h (se skitsen i nomogrammet hoved), og den rette linie tværs over nomogrammet er fastlagt. Friktionstabet pr. m kanal aflæses da til 0,034 kp/m², forudsat kanalen er af galvaniseret jernplade. For at finde korrektionsfaktoren aflæses samtidig lufthastigheden i kanalen til 2,5 m/sek. På fig. 16 ses, at der for en ujævn betonkanal skal benyttes en korrektionsfaktor på 1,8 ved en lufthastighed på 2,5 m/sek.

modstandstal for bøjninger										
type	figur	proportioner		modstandstal	type	figur	proportioner		modstandstal	
α -bøjning		cirkulær, rektangulær med eller uden ledeplader.		$\frac{\alpha}{90}$ gange modstandstallet for tilsvarende 90° bøjning	90°-bøjning kvadratisk tværsnit koncentriske ledeplader		r/a	r_1/a	r_2/a	0,70 0,13 0,12 0,45 0,12 0,10 0,08
90°-bøjning cirkulært tværsnit		skarp $r/d = 0,5$ 0,75 1,0 1,5 2,0 ≥ 6		1,30 0,90 0,45 0,33 0,24 0,19 0,01	90°-bøjning rektangulært tværsnit skarpt med smalle ledeplader		strømlinieformede ledeplader		0,10	
90°-bøjning rektangulært tværsnit		b/a	r/a		ledeplader af tynd plade				0,35	
		0,25	skarp	1,25						
			0,5	1,25						
			0,75	0,60						
			1,0	0,37						
			1,5	0,19						
0,5	skarp	1,47								
	0,5	1,10								
	0,75	0,50								
	1,0	0,28								
	1,5	0,13								
1,0	skarp	1,50								
	0,5	1,00								
	0,75	0,41								
	1,0	0,22								
	1,5	0,09								
4,0	skarp	1,38								
	0,5	0,96								
	0,75	0,37								
	1,0	0,19								
	1,5	0,07								
135°-bøjning skarp cirkulært tværsnit								0,50		
90°-segmentbøjning cirkulært tværsnit						r/d				
						1,5		0,50		
						2,0		0,45		
						2,5		0,40		
						3,0		0,35		

Fig. 19. Modstandstal for bøjninger.

Det skal bemærkes, at selve aflæsningen af den hydrauliske diameter som $d_h = 267$ mm kun er nødvendig, når der på fig. 16 skal aflæses en korrektionsfaktor.

Det samlede tryktab i kanalstrækningen bliver derfor:
 $\Delta p = \text{friktionstab pr. m} \cdot \text{korrektionsfaktor} \cdot \text{kanallængde}$
 $\Delta p = 0,034 \cdot 1,8 \cdot 10,0 = 0,62 \text{ kp/m}^2$

Eksempel 3. Beregning af tryktab i en lodret etagehøj betonkanal.

I en 20 x 20 cm betonkanal udsuges der i fire over hinanden liggende etager en luftmængde på 80 m³/h. Etagehøjden er 2,8 m. Hvor stort bliver friktionstabet i denne kanal?

Den udsugede luftmængde er $4 \times 80 = 320$ m³/h, og kanallængden er $3 \times 2,8 = 8,4$ m. Hastigheden $2/3$ oppe i kanalen er bestemt af den udsugede luftmængde i de tre etager, som ligger under. Derfor fås $v = \frac{Q}{A} = \frac{3 \cdot 80}{400 \cdot 3600} = 1,7$ m/sek.

Af nomogrammet på fig. 15 fås, at tryktabet bliver 0,022 kp/m. På fig. 16 ses, at korrektionsfaktoren for betonkanalen bliver 1,25.

Det samlede tryktab bliver derfor:
 $\Delta p = \text{friktionstab pr. m} \cdot \text{korrektionsfaktor} \cdot \text{kanallængde}$
 $\Delta p = 0,022 \cdot 1,25 \cdot 8,4 = 0,23 \text{ kp/m}^2$

Eksempel 4. Beregning af enkeltmodstand ved tværsnitsændring.

Den i eksempel 2 omtalte betonkanal 200 x 400 mm udvides pludseligt til et areal, som er dobbelt så stort nemlig 0,16 m². Hvad bliver tryktabet ved denne pludselige udvidelse?

På fig. 17 ses under "pludselig udvidelse", at modstandstallet henført til hastigheden før udvidelsen kan sættes til $\zeta = 0,25$. Nu beregnes det samlede tryktab af
 $\Delta p = \zeta \left(\frac{\rho}{2} v^2 \right) \text{ kp/m}^2$.

På nomogrammet i fig. 15 ses, at for en hastighed på 2,5 m/sek. er det dynamiske tryk 0,39 kp/m², og tryktabet bliver derfor:
 $\Delta p = 0,25 \cdot 0,39 = 0,098 \sim 0,10 \text{ kp/m}^2$

Det samme resultat var opnået, hvis der i stedet var henført til hastigheden efter udvidelsen. I dette tilfælde skulle den anden kolonne under "modstandstal" i tabellen have været benyttet.

Hvis tværsnittet i stedet for en skarpkantet udvidelse indsnævres til det halve, anvendes kolonnen for "pludselig indsnævring" i fig. 17. Det ses her, at

modstandstallet vil blive ca. 0,2 og tryktabet derfor:
 $\Delta p = \zeta \left(\frac{\rho}{2} v^2 \right) = 0,2 \left(\frac{1}{2} \rho \cdot 5^2 \right) = 0,2 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ kp/m}^2$

Det bemærkes, at i dette tilfælde skal der, således som fig. 17 er udformet, anvendes hastigheden efter tværsnitsændringen.

Eksempel 5. Beregning af enkeltmodstand i bøjning

Kanalen med en dimension 200 x 400 mm bukes skarpt 90° om den korte side. Hvad bliver tryktabet i en sådan bøjning?

På fig. 19 ses, at for en 90° bøjning med et rektangulært tværsnit og et sideforhold $b/a = 0,5$ vil en bøjning om den lange side give et modstandstal på $\zeta = 1,47$.

Tryktabet i bøjningen bliver derfor:
 $\Delta p = \zeta \left(\frac{\rho}{2} v^2 \right) = 1,47 \cdot 0,39 \sim 0,6 \text{ kp/m}^2$.

c. Valg af ventilator

Når hele anlægget er gennemregnet efter retningslinierne, som er givet ovenfor, kan ventilatorens størrelse og ydelse bestemmes. Der foretages en summation af tryktabene i de enkelte kanalstrækninger fra de ventilerede rum til det sted i anlægget, hvor ventilatoren er anbragt, og det største af tryktabene er dimensionsgivende. Den luftmængde, som ventilatoren skal kunne udsuge, fås ved summation af hele anlæggets luftmængde. Til tryktabet skal yderligere lægges tabene, som fås igennem et eventuelt ventilatorrum og igennem kanalerne for afkastning af den udsugede luft. Herudover er det nødvendigt at regne med et trykfald for frisklufttilførselen, som sker igennem fuger omkring døre og vinduer. Dette trykfald kan under normale omstændigheder sættes til 1 kp/m². Endelig skal der til disse tryktab lægges det dynamiske tryk, som ventilatoren skal yde ved sin afgangsside. Det vil sige, at der skal vælges en ventilator med et totaltryk på $p = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$ hvor

- $p_1 =$ største tryktab i kanalsystem og udsugningsventil
- $p_2 =$ tryktab i ventilator samt kanaler for afkastning af luft
- $p_3 =$ tryktab for frisklufttilførsel
- $p_4 =$ det dynamiske tryk på ventilatorens afgangsside.

Til boligventilationsanlæg med et udstrakt kanalnet anvendes i reglen centrifugalventilatorer. I den senere tid har det i øvrigt vist sig at blive økonomisk rimeligt at erstatte een stor ventilator med flere små, således at der f.eks. anbringes een tagventilator over hver opgange i en boligblok. På denne måde kan det helt undgås at fremføre kanaler i tagrum eller over tag.

6. Beregningseksempel

a. Kanalberegning

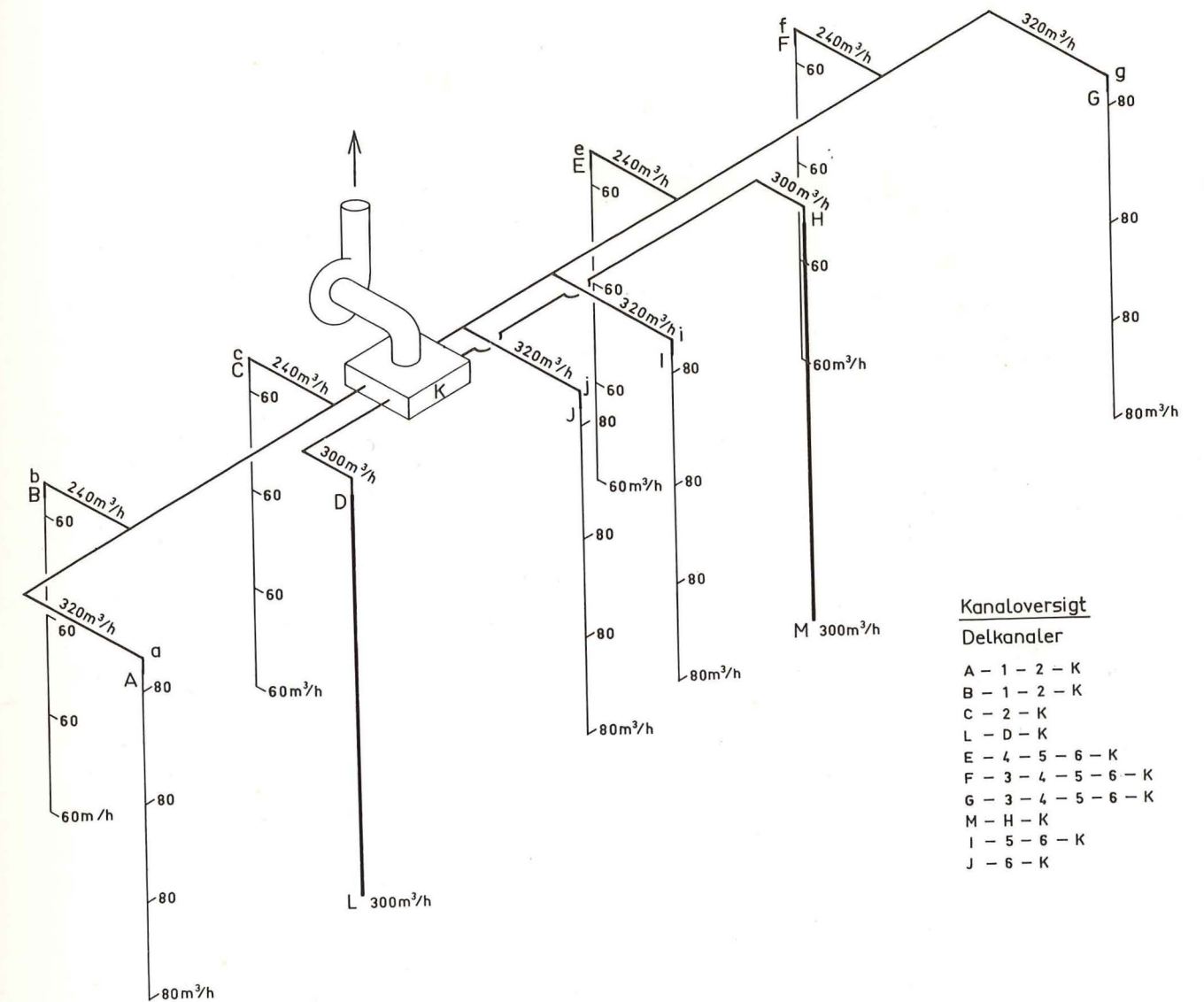
På fig. 20 er skematisk vist et boligventilationsanlæg, som ønskes dimensioneret. De lodrette ventilationskanaler tænkes udført af etagehøje beton-elementer og over øverste etage udføres kanalerne af runde galvaniserede pladejernsrør, som af hensyn til faren for korrosion ved kondensation i rørene isoleres med 50 mm mineraluld. Ventilationsmaskineriet tænkes anbragt over øverste etageadskillelse, hvorfor det er vigtigt at maskineriet opsættes på et materiale, som forhindrer, at sving-

ninger overføres til etageadskillelsen og dermed giver anledning til gener i form af bygningslyd. I de følgende skemaer er vist en traditionel beregning for et lavtryksventilationsanlæg til boligventilationsformål.

I følgende tabel er givet en oversigt over tryktabene i de enkelte kanalstrækninger. Det bliver hermed muligt at afgøre, hvilken forindstilling de enkelte ventiler skal have og endvidere bestemmes tryktabet i de nødvendige blænder i kanalstrækningerne fra affaldsskakterne. Beregning af blænder er foretaget i skemaerne fig. 21 a, b og c.

Kanalstrækning	A-K	B-K	C-K	D-K	G-K	F-K	E-K	I-K	J-K	H-K
1 Tryktab for kanalafgrening fra hovedk. kp/m^2	-	2.66	1.30	-	-	5.35	4.02	2.93	1.81	-
2 Tryktab i kanalstrækning efter afgren. kp/m^2	4.37	1.26	1.26	13.74	7.09	1.26	1.26	1.48	1.48	12.61
3 Tryktab i betonkanal som vist i eksempel 3	0.23	0.17	0.17	-	0.23	0.17	0.17	0.23	0.23	-
4 Samlet tryktab (1) + (2) + (3) i kp/m^2	4.6	4.1	2.7	13.7	7.3	6.8	5.4	4.6	3.5	12.6
5 Nødvendigt trykfald i ventil i kp/m^2	12.7	13.2	14.6	-	10.0	10.5	11.9	12.7	13.8	-
6 Nødvendigt trykfald i blænde i kp/m^2	-	-	-	3.6	-	-	-	-	-	4.7
7 Samlede undertryk i anlægget indtil K kp/m^2	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3
8 Nødvendig forindstilling i ventil, jfr. fig. 14	-6.0	-12.0	-12.5	-	-3.5	-10.5	-11.0	-6.0	-7.0	-
9 Nødvendig blændediameter jfr. beregn. i skema mm	-	-	-	85	-	-	-	-	-	70

Tryktabenes fordeling over de enkelte kanalstreng. Kanalstrækningen G-K er dimensionerende for anlægget, idet der her netop opnås det krævede trykfald på 10 kp/m^2 over ventilerne.



Kanaloversigt
Delkanaler

A - 1 - 2 - K
B - 1 - 2 - K
C - 2 - K
L - D - K
E - 4 - 5 - 6 - K
F - 3 - 4 - 5 - 6 - K
G - 3 - 4 - 5 - 6 - K
M - H - K
I - 5 - 6 - K
J - 6 - K

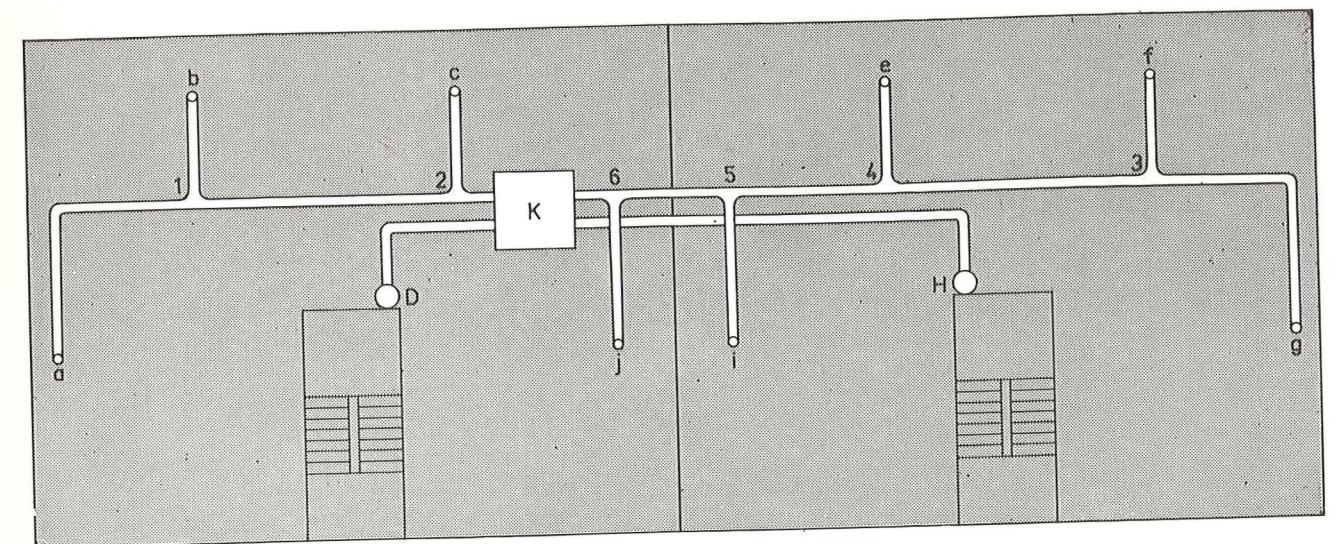


Fig. 20. Skitse af kanalsystem benyttet ved beregningseksempel.

kanalberegning for ventilationsanlæg											sag nr.		side 1
strækning	luftmængde		hastighed	kanaldim.		længde	enkeltmodstande	tryktab pr. m	dynamisk tryk	tryktab			bemærkning
	m ³ /h	m ³ /s		højde	bredde					R·Δl	ialt	summa-tion	
			mm	mm	Δl	Σξ	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	
Betonkanal													
F-a	320		2,3	d _n = 200	200	0,5		0,04123		0,03		0,03	Friktion
Pladejernskanal													
a-1	320		2,3	180		0,5	0,10-10		0,05				Overgangs-stykke
			3,5				0,14		0,75	0,11	0,16	0,19	$\frac{v_1}{v_2} = 0,65$
-	320		3,5	180		7,5	0,10-10		0,75				Friktion + 2 bøjninger
							2,0,33		0,75		0,50	1,25	
									0,65		0,75	0,49	Indløb $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{240}{320} = \frac{3}{4}$
1-2	560		4,1	224		7,0	0,11-10		0,77				Friktion + Indløb $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{240}{560} = \frac{3}{7}$
							0,56		1,05	0,59	1,36	3,29	
2-II	800		4,5	250		1,0	0,105-10		0,10				Friktion + udløb
							1,0		1,2	1,20	1,30	4,59	
Betonkanal													
B-b	240		1,7	d _n = 200	200	0,5	-	0,02-125	-	0,01	0,01	0,01	Friktion
Pladejernskanal													
b-1	240		1,7	160		0,5	0,10-10		0,05				Overgangs-stykke
			3,3				0,20		0,66	0,13	0,18	0,19	$\frac{v_1}{v_2} = 0,5$
-	240		3,3	160		2,5	0,10-10		0,25				Friktion + bøjning
							0,33		0,66	0,22			
									0,90		0,66	0,60	Indløb som 90° bøjning
									0,60		1,07	1,26	
Betonkanal													
C-c	240		1,7	d _n = 200	200	0,5	-	0,02-125	-	0,01	0,01	0,01	Friktion
Pladejernskanal													
C-2	240		1,7	160		0,5	0,10-10		0,05				Overgangs-stykke
			3,3				0,20		0,66	0,13	0,18	0,19	$\frac{v_1}{v_2} = 0,5$
-	240		3,3	160		2,5	0,10-10		0,25				Gnidning + bøjning
							0,33		0,66	0,22	0,47		
									0,90	-	0,66	0,60	Indløb som 90° bøjning
									0,60		1,07	1,26	

Fig. 21 a. Beregning af tryktab i kanaler.

kanalberegning for ventilationsanlæg											sag nr.		side 2	
strækning	luftmængde		hastighed	kanaldim.		længde	enkeltmodstande	tryktab pr. m	dynamisk tryk	tryktab			bemærkning	
	m ³ /h	m ³ /s		højde	bredde					R·Δl	ialt	summa-tion		
			mm	mm	Δl	Σξ	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²		
Betonkanal														
G-g	320		2,3	d _n = 200	200	0,5		0,041-123		0,03	0,03	0,03	Friktion	
Pladejernskanal														
g-3	320	0,09	2,3	180		0,5	0,10-10		0,05				Friktion + overgang	
			3,5				0,14		0,75	0,11	0,16	0,19	$\frac{v_1}{v_2} = 0,65$	
-	320		3,5	180		7,5	0,10-10		0,75				Friktion + 2 bøjninger	
									0,75		0,50			
									0,65	-	0,75	0,49	Indløb $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1}{1,3}$	
3-4	560		4,1	224		7,0	-	0,11-10		0,77			Indløb $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{240}{560} = \frac{3}{7}$	
									0,56	1,05	0,59	1,33	3,07	
4-5	800		4,5	250		4,0	0,105-10		0,42				Friktion + Indløb $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{320}{800} = \frac{2}{5}$	
									0,54	1,2	0,65	1,07	4,14	
5-6	1120		5,0	280		3,0	-	0,13-10	-	0,39			Friktion + Indløb $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{320}{1120} = \frac{2}{3,5}$	
									0,50	-	1,5	0,75	1,14	5,28
6-II	1440		5,4	400		1,0		0,11		0,11			Friktion + Udløb	
									1,0	1,7	1,70	1,81	7,09	
Betonkanal														
F-f	240		1,7	d _n = 200	200	0,5	-	0,02-125	-	0,01	0,01	0,01	Friktion	
Pladejernskanal														
f-3	240		1,7	160		0,5	0,10-10		0,05				Friktion + overgang	
			3,3				0,20		0,66	0,13	0,18	0,19	$\frac{v_1}{v_2} = 0,5$	
-	240		3,3	160		2,5	0,10-10		0,25				Friktion + 1 bøjning	
									0,33	0,66	0,22			
									0,90	-	0,66	0,61	1,07	Indløb som 90° bøjning
									0,60		1,07	1,26		
E-4	240	Som kanalstrækning F-3										1,26	Som ovenfor	

Fig. 21 b. Beregning af tryktab i kanaler.

kanalberegning for ventilationsanlæg											sag nr.		side 3
strækning	luftmængde			kanaldim.		længde Δl m	enkelt- mod- stande $\sum \xi$	tryktab pr. m R kg/m ²	dyna- misk tryk kg/m ²	tryktab			bemærkning
	m ³ /h	m ³ /s	m/s	højde diam. mm	bredde areal mm m ²					R $\cdot\Delta l$ Z kg/m ²	ialt kg/m ²	summa- tion kg/m ²	
<i>Betonkanal</i>													
I-i	320		2,3	d _h = 200 200	200	0,5	2,04	1,13	0,03		0,03		
<i>Pladejernkanal</i>													
i-5	320		2,3	180		0,5	0,10	1,0	0,05				
			3,5			0,14	0,175		0,11	0,16	0,19	$\frac{y}{V_2} = 0,65$	
-	320		3,5	180		4,0	0,10	1,0	0,36				Friktion + 1 bøjning
						0,33	0,75		0,25	0,61	0,80		
			3,5			0,90	0,75		0,68		1,48		Indløb som 90° bøjning
J-6	320	Som kanalstrækning I-5									1,48	se ovenfor	
<i>Betonkanal (Affaldsøskakt)</i>													
L-D	300		0,7	400		11,0	0,02	1,2	0,03				kan ikke ses på monogram
						0,34	0,03		0,01	0,04	0,04		Friktion + Indløb
D	300		0,7	112		0,33	4,5		1,48		1,52		Pludselig Indsnevring
D-W	300		0,7	112		5,0	0,05	1,0	4,75		9,24		Friktion + 2 bøjninger
						2,033	4,5		2,97	7,72			
						1,0	4,5		4,50	13,74			
<i>Nødvendig enkeltmodstand i blænde</i>													
			$\xi = \frac{17,30 - 13,74}{4,5} = 0,79$										Dyn. tryk = 4,5 kg/m ²
			Åbning i blænde 0,52 · F = 0,52 · 0,01 = 0,0052 m ²										Fås af Fig. 17
			<u>d = 85 mm</u>										

Fig. 21 c. Beregning af tryktab i kanaler.

kanalberegning for ventilationsanlæg											sag nr.		side 4
strækning	luftmængde			kanaldim.		længde Δl m	enkelt- mod- stande $\sum \xi$	tryktab pr. m R kg/m ²	dyna- misk tryk kg/m ²	tryktab			bemærkning
	m ³ /h	m ³ /s	m/s	højde diam. mm	bredde areal mm m ²					R $\cdot\Delta l$ Z kg/m ²	ialt kg/m ²	summa- tion kg/m ²	
<i>Betonkanal (Affaldsøskakt)</i>													
M-H	300		0,7	400		11,0	0,02	1,2	0,03				Fås ikke i monogram
						0,34	0,03		0,01	0,04	0,04		Friktion + Indløb
H	300		6,9	125		0,33	3,0		0,99		1,03		Pludselig indsnevring
H-W	300		6,9	125		12,0	0,05	1,0	6,60				Friktion + 2 bøjninger
						2,033	3,0		1,98	8,58	9,61		
						1,0	3,0		3,00		12,61		Udløb
<i>Nødvendig enkeltmodstand i blænde:</i>													
			$\xi = \frac{17,30 - 12,61}{3,0} = 1,56$										Fås fra fig. 17
			Åbning i blænde ~ 0,30 · F = 0,30 · 0,012 = 0,0036										
			<u>d = 70 mm</u>										

b. Valg af ventilator

Til boligventilationsanlæg anvendes centrifugalventilatorer, da disse dels kan yde det nødvendige høje tryk og dels har et støjspektrum med lav energifrigivelse ved de høje frekvenser, som det menneskelige øre er mest følsomt overfor.

I centrifugalventilatorer er tryk- og sugestats normalt lige store, hvorved hastigheden før og efter ventilatoren bliver den samme. Der sker derfor kun en forøgelse af det statiske tryk ved luftens passage gennem ventilatoren.

Ventilatoren bør have en ret flad karakteristik, således at de udsugede luftmængder ikke ændres væsentligt i de enkelte ventiler, hvis en del af ventilerne i anlægget lukkes. Dette problem bliver naturligvis ikke aktuelt, hvis alle ventiler i anlægget indstilles fast een gang for alle.

Selv om beregningerne har vist, at der kun kræves en sugevirkning på 17,3 kp/m², er det nødvendigt at vælge en ventilator med et totaltryk på 20 kp/m², dels på grund af tab igennem kanalen for afkastningsluften og dels fordi luften skal accelereres

op fra samlekassen K til en hastighed på ca. 4 m/sek. i ventilatorens sugestats. Endvidere må der regnes med, at der i de ventilerede rum findes et undertryk på 1 kp/m², som ventilatoren også skal arbejde imod. Dette betyder, at der skal vælges en ventilator som kan præstere et samlet tryk på 20 kp/m² og et statisk tryk på 19 kp/m² samt en luftmængde på 2840 m³/h. Den nødvendige effekt for en motor til ventilatoren kan beregnes efter formlen:

$$N = \frac{1}{3600 \cdot 75} \times \frac{V \times p}{\eta}$$

hvor

N = effekten i HK

V = luftmængden i m³/h

p = trykstigningen i mm H₂O (kp/m²)

h = virkningsgraden

I det her anvendte beregningseksempel bliver motoreffekten med en virkningsgrad på f.eks. 70%

$$N = \frac{1}{3600 \times 75} \times \frac{2840 \times 20}{0,70} = \sim 0,3 \text{ HK}$$

I øvrigt henvises der til ventilationsfirmaernes kataloger med henblik på valg af den ventilator- og motortype, som bedst opfylder de stillede krav.

Denne SBI-anvisning er forklaring til og en uddybning af Bygningsreglementets bestemmelser vedrørende ventilation af boliger.

De forskellige ventilationsprincipper gennemgås og i et kort afsnit omtales problemerne ved indeliggende køkkener.

Der er lagt vægt på behandlingen af anlæggenes udformning og detaljer, der også vises i figurene.

Et kapitel om beregning af mekaniske ventilationsanlæg efterfølges af et detaljeret eksempel på dimensionering af et boliganlæg.

