

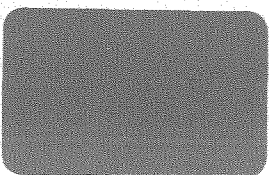
# BOLIGVENTILATION

VENTILATION OF HOUSES  
WITH AN ENGLISH SUMMARY

P. BECHER

L. EVENSEN

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · SBI - RAPPORT 44  
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG · KØBENHAVN 1961



*Denne publikation sendes med hilsen fra*

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Borgergade 20, København K, Danmark

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT *Borgergade 20, København K. Tlf. Minerva 5630*

*SBI er en selvstændig institution, der ledes af en bestyrelse udpeget af boligministeren,*

*SBI er oprettet ved lov nr. 123 af 19. marts 1947,*

*SBI har til opgave »- at følge, fremme og samordne teknisk, økonomisk og anden undersøgelses- og forskningsvirksomhed, som kan bidrage til en forbedring og billiggørelse af byggeriet, samt at udøve oplysningsvirksomhed angående byggeforskningens resultater«.*

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT *Oslo - Blindern, Tlf. 69 58 80*

*NBI er et selvstendig institutt under Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd, som oppnevner styret. NBI ble opprettet 1953 og avløste det midlertidige Kontoret for byggforskning fra 1949.*

*NBI skal fremme byggforskningen ved å klargjøre oppgavene og få dem løst; ved å virke for frivillig koordinering av tiltak og sørge for at forsøksresultater blir gjort kjent.*

*NBI skal samarbeide med myndigheter, organisasjoner o. a. og bistå offentlige og private oppdragsgivere.*

STATENS RÅD FÖR BYGGNADSFORSKNING *Linnégatan 64, Stockholm Ö. Tel. 63 09 65*

*BFR - Byggeforskningsrådet - sorterar under Socialdepartementet.*

*BFR skall främja forskning och rationalisering inom byggnadsfacket och verka för att verksamheten inriktas på särskilt viktiga uppgifter, lämna medelsbidrag för forsknings- och försöksverksamhet inom byggnadsområdet samt draga försorg om att resultaten af denne verksamhet blir på lämpligt sätt offentliggjorda.*

*BFR sprider under samlingsnamnet *Byggforskningen* forsknings- och försöksresultat i form av handböcker, handlingar, rapporter, småskrifter, särtryck av tidskriftsartiklar m. m.*

STATENS INSTITUT FÖR BYGGNADSFORSKNING *Linnégatan 64, Stockholm Ö. Tel. 63 09 65*

*sorterar under Socialdepartementet,*

*bedriver sådan forsknings- och försöksverksamhet, som är ägnad att främja en rationell utveckling av planering, produktion och förvaltning inom byggnadsområdet (företrädesvis problem, som ej är föremål för uppmärksamhet från andra forskningsinstitutioners eller enskilda forskares sida).*

STATENS TEKNISKA FORSKNINGSANSTALT *Lönnsrosgatan 37, Helsingfors. Tel. 30 771*

*Anstalten som konstituerades 16. 1. 1942 (förfatningssamling n:o 44) är underställd handels- och industriministeriet.*

*På Statens tekniska forskningsanstalt ankommer att bedriva teknisk forskningsverksamhet i vetenskapligt och allmännyttigt syfte m.m. på byggnadstekniska området, att utföra materialprovningssuppdrag jämte andra forskningsuppdrag samt att bistå tekniska högskolan i undervisnings- och forskningsarbete.*

DK 697.9:728

## BOLIGVENTILATION

VENTILATION OF HOUSES  
WITH AN ENGLISH SUMMARY

P. BECHER

civilingeniør, dr. techn.

L. EVENSEN

civilingeniør

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

ex. 4  
19 FEB. 1981

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · SBI - RAPPORT 44  
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG · KØBENHAVN 1961

20881 P  
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

# Indhold

Forord . . . . .	3	6. Udgifterne . . . . .	51
1. Oversigt . . . . .	4	Anlægsudgifterne . . . . .	52
Anlægstyper . . . . .	4	Beregningstilfælde 1 . . . . .	52
Installationernes tilstand - naturlig ventilation . . . . .	7	Beregningstilfælde 2 . . . . .	52
Installationernes tilstand - mekanisk ventilation . . . . .	13	Beregningstilfælde 3 . . . . .	52
De udsugede luftmængder . . . . .	23	Beregningstilfælde 4 . . . . .	53
Luftskiftets indflydelse på lufttilstan- den . . . . .	26	Beregningstilfælde 5 . . . . .	53
Lydproblemer . . . . .	28	Driftsudgifterne . . . . .	53
Den svenske ventilationsundersøgelse . . . . .	28	Beregningstilfælde 1 . . . . .	53
En tidligere norsk ventilationsundersø- gelse . . . . .	30	Beregningstilfælde 2 . . . . .	54
Forsøg med aftrækshætter . . . . .	30	Beregningstilfælde 3 . . . . .	54
Forsøg med køkkenventilator . . . . .	30	Beregningstilfælde 4 . . . . .	54
Anlægs- og driftsudgifterne . . . . .	32	Beregningstilfælde 5 . . . . .	54
Sammenfatning . . . . .	32	7. Den svenske ventilationsundersøgelse . . . . .	55
2. Undersøgelsesernes formål og tilrettelæg- gelse . . . . .	35	Naturlig ventilation . . . . .	55
3. Anlægstyper . . . . .	37	Mekanisk ventilation . . . . .	55
Naturlige ventilationsanlæg . . . . .	37	8. En tidligere norsk ventilationsundersø- gelse . . . . .	57
Mekaniske ventilationsanlæg . . . . .	37	9. Taghældningens indflydelse på hætternes sugeevne . . . . .	59
4. Anlæggenes udførelse og tilstand . . . . .	40	Forsøg 1 . . . . .	59
Naturlige ventilationsanlæg . . . . .	40	Forsøg 2 . . . . .	61
Aftrekskanalerne . . . . .	40	10. Luftskiftemåling og røgforsøg med ven- tilation af køkken . . . . .	65
Udsugningsåbningerne og kanaltilslut- ningerne til rummene . . . . .	41	Luftskiftemålingen . . . . .	65
Kanalforbindelserne i tagrummene . . . . .	42	Røgforsøget . . . . .	67
Aftreکشætterne . . . . .	44	11. Måleteknik og ventilkarakteristikker . . . . .	68
Mekaniske ventilationsanlæg . . . . .	45	Måleteknik . . . . .	68
Ventilationskanalerne . . . . .	45	Ventilkarakteristikker . . . . .	69
Ventilationsmaskineriet . . . . .	45	Usikkerhedsoverslag . . . . .	70
5. Luftmængdemålingerne . . . . .	46	12. Korrektion for temperatur- og vindfor- skelle . . . . .	73
Naturlig ventilation, separat-systemet . . . . .	46	English Summary . . . . .	75
Naturlig ventilation, skorstens-systemet . . . . .	48		
Mekanisk ventilation . . . . .	48		
Luftskiftets indflydelse på lufttil- standen . . . . .	49		

Udarbejdet med støtte i henhold til lov nr.212 af 11.juni 1954 om tilskud til teknisk videnskabelig forskning og forsøgsvirksomhed (modværdien af Marshall-midlerne).

# Forord

Boligventilation har altid været et diskussions- emne blandt de byggende, men nogle egentlige hol- depunkter har man aldrig haft, idet en objektiv undersøgelse af spørgsmålet ikke tidligere har været gennemført her i landet.

Spørgsmålet er imidlertid blevet aktuelt i de senere år, dels under udarbejdelsen af det ny bygningsreglement, som er trådt i kraft 1.4.61, dels fordi mekanisk ventilation af boliger så småt er begyndt at vinde indpas, dels fordi det af hensyn til beregning af varmetabet vil være godt at vide noget mere om luftskiftet i alminde- lige boliger, og endelig fordi den nordiske komi- té for bygningsbestemmelser har taget spørgsmå- let op.

Statens Byggeforskningsinstitut fik derfor i 1957 en Marshall-bevilling til en undersøgelse af boligernes ventilation, og det er resultatet af denne undersøgelse, som blev gennemført i Storkø- benhavn i 1958-59, der hermed forelægges.

Statens Nämnd för Byggnadsforskning i Stock- holm har samtidig udført en lignende undersøgelse,

se, og resultatet er kort refereret i nærværende rapport, ligesom de danske resultater vil blive refereret i den svenske rapport.

Undersøgelsen omfatter så mange lejligheder, at resultaterne må siges at være repræsentative, og det kan straks fastslås, at naturlige ventila- tionsanlæg fungerer udmærket, så der er ingen grund til her i landet at gå bort fra de naturli- ge ventilationsanlæg med central udsugning fra køkken og bad, når ikke særlige grunde taler der- for.

Derimod burde udformningen og udførelsen af ventilationsanlæggene være bedre, end den er i langt de fleste tilfælde, og det gælder både na- turlige og mekaniske ventilationsanlæg.

Statens Byggeforskningsinstitut  
September 1961 P. Becher

# 1. Oversigt

## Anlægstyper

Boligventilationsanlæg kan udføres på mange måder og både som naturlige og mekaniske ventilationsanlæg.

Naturlige ventilationsanlæg er her i landet hidtil i alt væsentligt blevet udført og godkendt efter separat-systemet, fig. 1, med central udsugning fra køkken og bad. I Norge bruges både separat- og skorstens-systemet, fig. 2, og der synes ikke at være grund til at foretrække det ene for det andet. I Holland, Belgien, Tyskland og Italien bruges nu et hollandsk system, shunt-systemet, se fig. 3, som man har gode erfaringer med.

De forskellige landes bygningsreglementer er på disse områder meget forskellige og højst inkonsekvente. Danmark og Norge er de eneste to lande, hvor det er tilladt at føre røgaftrækket fra flere kakkelovne i forskellige etager til samme skorsten. Dette er på det strengeste forbudt i andre lande, og bygningskyndige derfra kan ikke forstå, at vore huse ikke er eksploderet for 100 år siden, men de bøjer sig dog for den kendsgerning, at vore huse står endnu, men tør alligevel ikke indføre sådant djævelskab hjemme.

Til gengæld har det hidtil ikke her i landet været tilladt at bruge skorstens- eller shunt-systemet til ventilationsanlæg!

Danmark, Sverige og Schweiz er iøvrigt de eneste lande i Europa, hvor centralvarmeanlæg bruges i større udstrækning i boliger. Det er derfor andre steder et stort problem at få plads til de mange skorstene fra de individuelle ildsteder, og derfor er shunt-systemet blevet udviklet.

I Sverige anvendes mekaniske ventilationsanlæg i stor udstrækning, og det hævdes almindeligvis, at de naturlige ventilationsanlæg ikke virker ordentligt. Desuden fremføres det som en ulempe ved de naturlige ventilationsanlæg, at de trækker bedst, når det er koldest udenfor og mindst i varmt vejr, når der netop er brug for megen ventilation. Hertil er kun at sige, at når

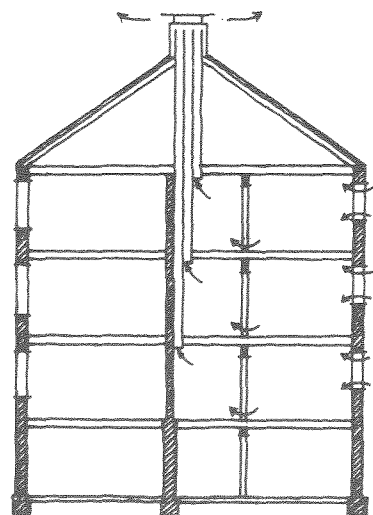


Fig. 1. Separat-systemet for naturlig ventilation.  
The separate system for natural ventilation.

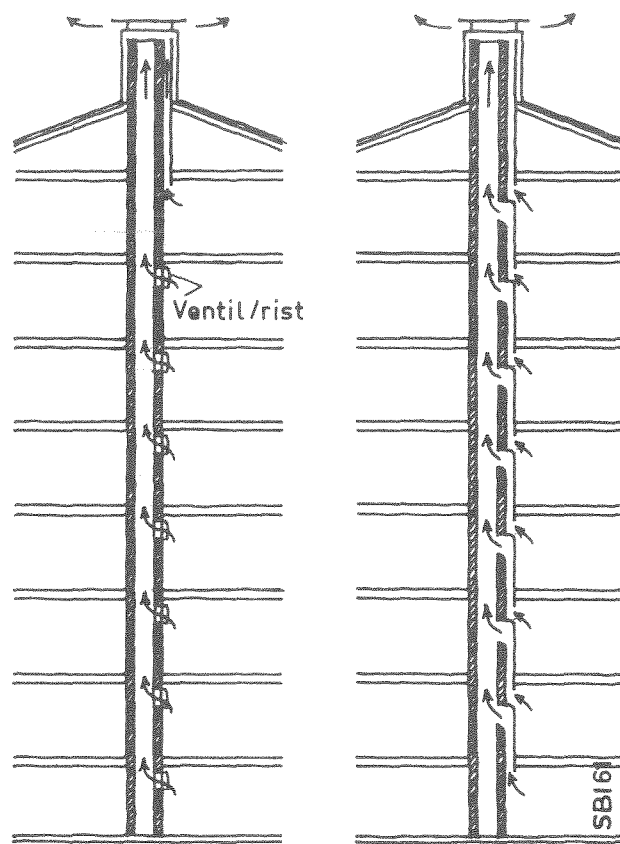


Fig. 2. Skorstens-systemet for naturlig ventilation.  
The chimney system for natural ventilation.  
(Ventil/rist = valve/grille).

Fig. 3. Shunt-systemet for naturlig ventilation.  
The shunt system for natural ventilation.

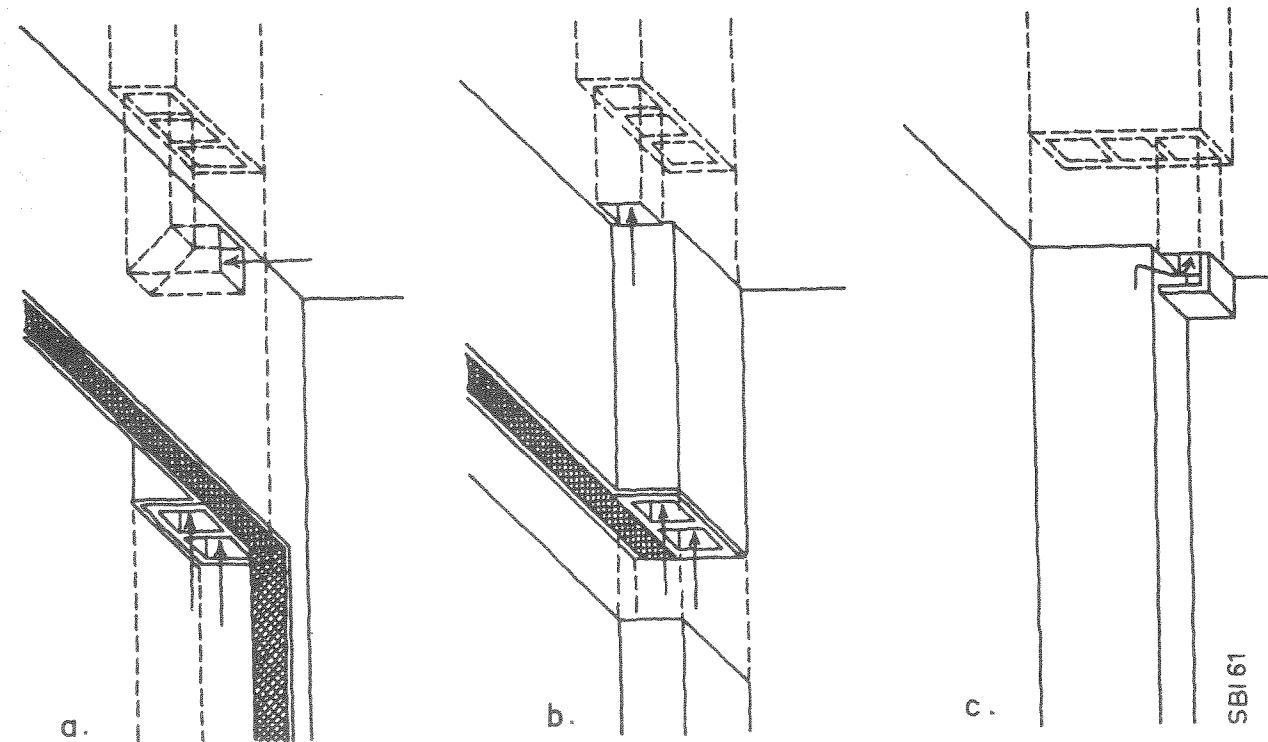


Fig. 4. Aftrækskanalerne og udsugningsåbningernes udformning og placering i de ventilerede rum.  
The form and placing of air ducts and exhaust openings in the ventilated rooms.

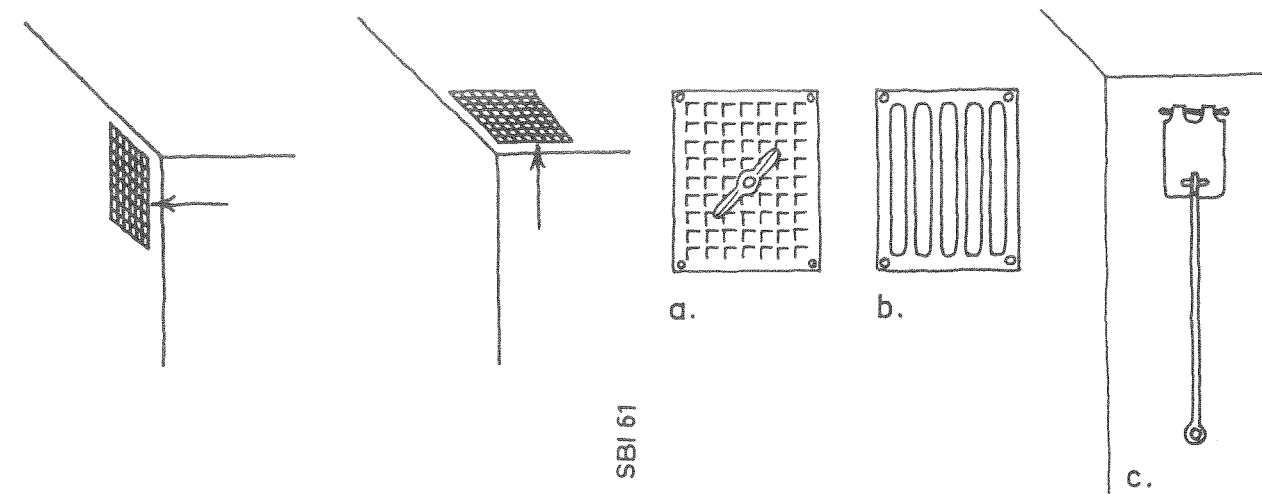


Fig. 5. Udsugningsåbninger med trådnæt.  
Exhaust openings with wire netting.

Fig. 6. Ventil og spjæld til udsugningsåbninger.  
Grilles and dampers for vent holes.

det er koldest, lukkes boligerne tættest til, så på dette tidspunkt trænges netop til forstærket aftrek, og i varmt vejr er det bedste trods alt at lukke vinduerne op.

Dette er også i overensstemmelse med en tidligere svensk undersøgelse: John Rydberg och Åke Arnell, Ventilationens storlek i bostäder, Statens Komitté för Byggnadsforskning, Meddelanden nr. 15, Stockholm 1949, hvori der står: "En allmän jämförelse mellan system med naturlig och me-

kanisk utsugning ger vid handen, att den mekaniska utsugningen torde få anses vara kraftigare, stabilare och möjligen i genomsnitt något bättre, avvägd än den naturliga. Någon avgörande skillnad i funktionen mellan de bägge olika huvudsystemen kan dock knappast anses föreligga. Den naturliga utsugningens största svaghet ur teknisk synpunkt, är den dåliga funktionen sommartid, men farhågorna härför synas tidigare ha varit något överdrivna."

Oversigtsskemaet giver en opstilling over de anlægstyper, der kan tænkes. Herhjemme er det dog kun separat-systemet, fig. 1, for naturligt aftræk, der har været tilladt, og skorstens-systemet, fig. 17 og 19, for mekanisk udsugning.

De almindelige ventilationsanlæg efter separat-systemet lader sig inddеле efter udformningen af tagudførslerne.

Tudstens-systemet, fig. 7b, var det hyppigst installerede ventilationsanlæg i 20'erne og 30'erne, og det findes skønsvis i 30-40% af ejendommene i Storkøbenhavn. Tudstenene, fig. 8g og h, der er anbragt i tagfladerne, er forbundet to og to med vandrette tværkanaler, hvortil aftrækskanalerne tilsluttes.

Hætte-systemet, fig. 7c, er den hyppigst anvendte systemtype til nybyggeri inden for de sidste 10-15 år, og det findes skønsvis i 40-50% af ejendommene. Zinkhætterne, fig. 8a-f, danner på tagfladerne afslutning over aftrækskolonnerne.

Rygnings-systemet, fig. 7d og 8i, er forholdsvis nyt, det anvendes kun i ejendomme med eternittage.

Systemtyper med aftrækshætter, der er konstruerede, så de skulle forhindre nedslag og forstærke trækken, fig. 7e og 8j, finder kun sjældent anvendelse.

Skorstens-systemet, fig. 2 og 7a, for naturligt aftræk, findes endnu i en række ældre ejendomme; ventilationen fra køkkenerne foregår på den måde, at hver køkkenkolonne ventileres til en fælles, lodret, muret emkanal, der er afsluttet over taget i en regulær skorstenspipe. Systemet fungerer ganske som skorstensaftrækket fra kakkellovne i de samme ejendomme, blot er der i aftræksåbningerne indsat ventiler eller riste.

Shunt-systemet, fig. 3, for naturligt aftræk betegner en overgangsform mellem separat- og skorstens-systemet. Systemet er patentbeskyttet\*).

De få mekaniske udsugningsanlæg, der fandtes installeret i Storkøbenhavn i 1958, var alle udført efter skorstens-systemet, fig. 17 og 19. Udsugningen fra køkken og bad/wc foregår gennem typegodkendte ventiler, og de lodrette udsugningskanaler - fælleskanaler - modtager hver for

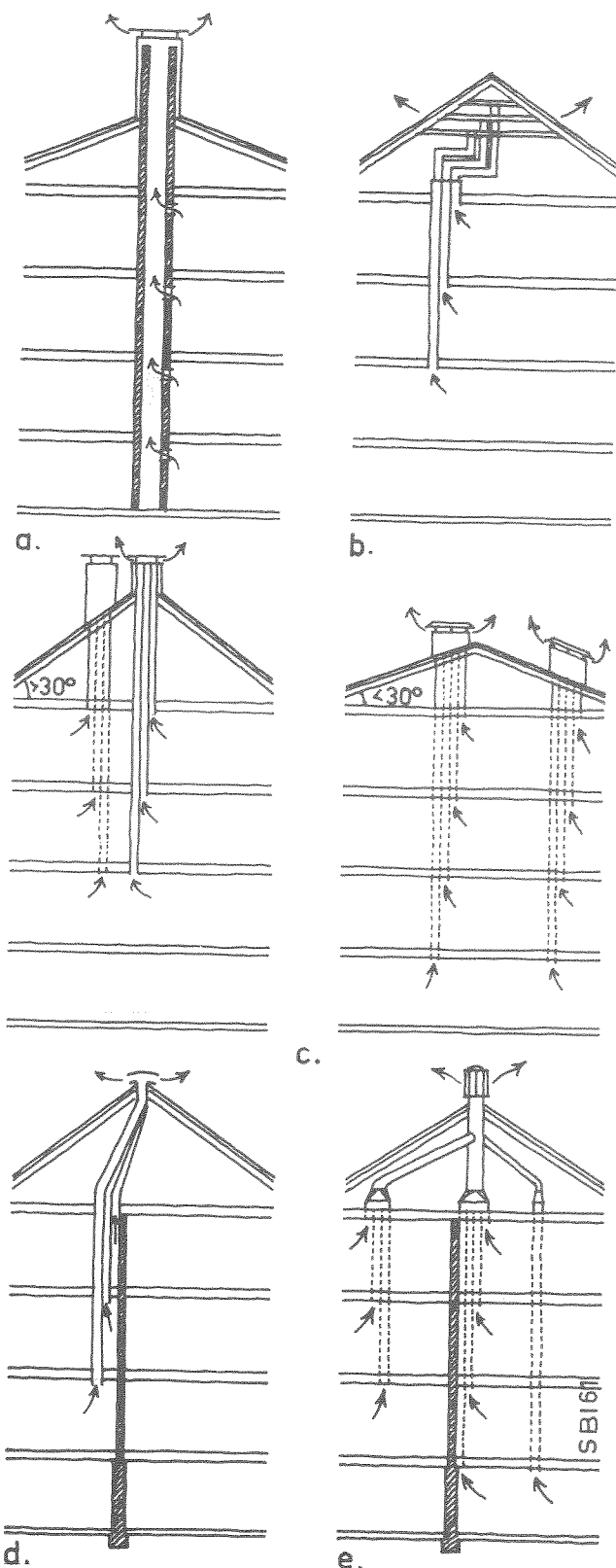
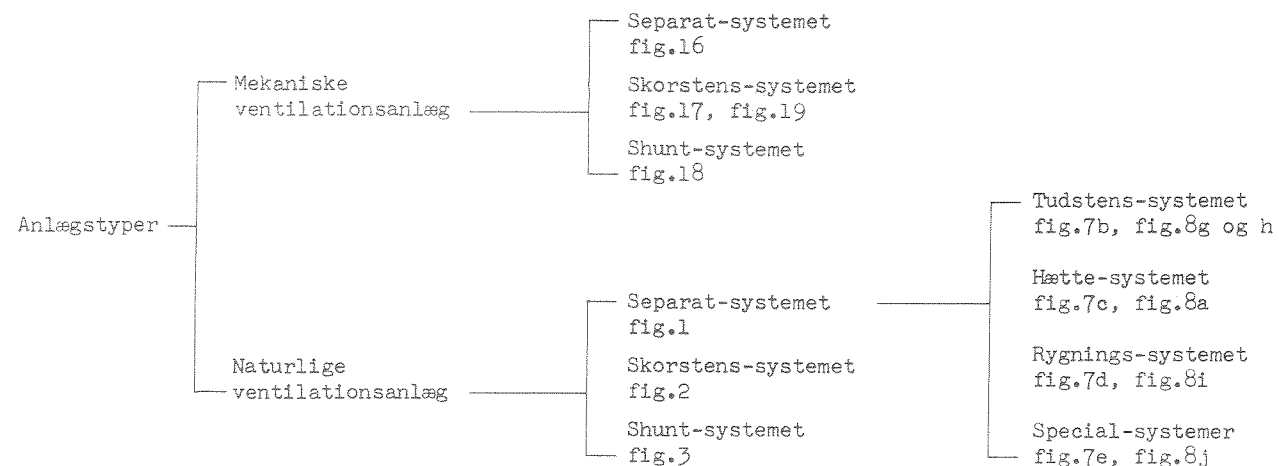


Fig. 7. Kanalforbindelserne for 5 almindelige anlægstyper for naturlig ventilation. a. Skorstens-systemet. b. Tudstens-systemet. c. Hætte-systemet. d. Rygnings-systemet. e. Aeroflux-systemet.

The ducts of 5 common systems for natural ventilation. a. The chimney system. b. The vent pipe tile system. c. The ridge system. d. The cowl system. e. The cowl system.



Oversigtsskema over anlægstyper for boligventilation.

sig aftræk fra lige så mange køkkener og bad/wc- rum, som der er etager. Udsugningskanalerne er over øverste etageadskillelse tilsluttet samlekanaler, der fører til ventilatormaskineriet. Dette kan enten være fælles for hele ejendommen eller opdelt i mindre ventilatoraggregater, der hver for sig betjener et mindre afsnit.

## Installationernes tilstand - naturlig ventilation

Aftræksrørene viste sig nede i etagerne at være udført af tegl, beton, jernplade eller eternit.

I de ældre ejendomme forsynet med skorstens-systemet, hvor aftrækket fra køkkenerne skete gennem fælles murede kanaler, var lysningsmålene for kanalerne sædvanligvis 12 x 24 cm<sup>2</sup>. Kanalerne viste sig indvendig belagt med et tommetykt snavslag, som støv og em i aftræksluften gennem årene havde aflejret. Da emkanalerne hver for sig dannede aftræk for 4-5 køkkener på een gang, er dette i nogen grad forklaring på den kraftige tilnavsning.

Når der ses bort fra det forholdsvis begrænsede antal ejendomme med udluftning gennem skorstens-systemet, var aftrækskanalerne iøvrigt udført af jernplade og beton i de ældre ejendomme, og beton og eternit i de nyere. Lysningsmålene var gennemgående 10 x 15 cm<sup>2</sup>, der var dog nogen variation i dimensionerne for jernpladekanalernes vedkommende.

Jernplade- og eternitkanalerne viste sig overalt glatte og jævne indvendig uden vulster ved overgangsstederne mellem de enkelte kanalstykker, og tilbøjeligheden til tilnavsning var kun lille.

Betonkanalerne viste sig hyppigt skæmmet af mørtelvulster. Den overskydende fugemørtel var under kanalernes opstilling blevet trykket ind i kanalværsnittene, hvor den havde fået lov til at blive siddende som bræmmer, der ofte ragede 1-2 cm ind. Da kanalelementerne kun er 33 cm høje, gentager mørtelpølserne sig op gennem kanalerne med en indbyrdes afstand på 33 cm. Mørtelbræmmerne vil nok forøge muligheden for tilstopning af kanalerne ved brædestumper, murbrokker, kviste eller andet; men det var kun i få kanaler ud af tusinde, en sådan tilstopning fandtes. Sandsynligvis er disse mørtelbræmmer uden indflydelse på størrelsen af den udsugede luftmængde.

Betonkanalerne viste sig, hvor de dannede aftræk fra køkkenerne, at have en udpræget tendens til at snavse til, hvorimod de som aftrækskanaler for bad/wc holdt sig rene. Det må skyldes det højere fugtindhold i luften fra køkkenerne, idet emmen fremmer støvaflejringer. Snavslagene i betonkanalerne var ofte tommetykke, og allerede i løbet af 3-4 år syntes tilnavsningen at være så kraftig, at en rensning burde foretages.

Kanalerne var ofte ført ned gennem bygningerne udenfor de ventilerede rum og forbundet med disse gennem korte vandrette kanalstik. I langt de fleste tilfælde syntes dette unødvendigt; ka-

\*) Dansk patent nr. 79642 løbende fra 19.9.47.

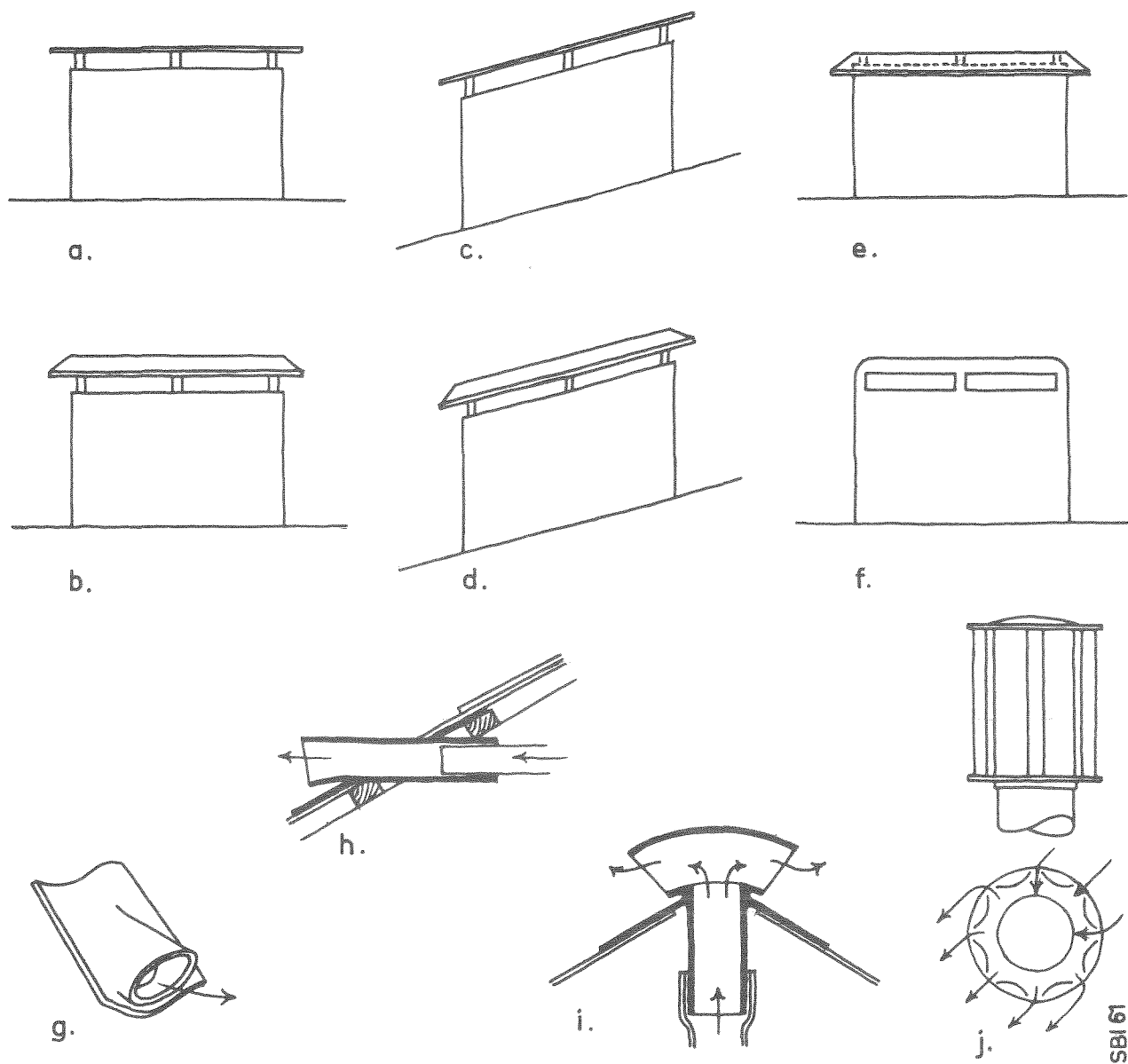


Fig. 8. Høttekonstruktioner til naturlige ventilationsanlæg. a-f. Zinkhætter. g. Tegltudsten. h. Eternittudsten. i. Eternit-ventilationsrygningssten. j. Special-ventilationshøtte. Hoods and vent pipes for natural ventilating systems. a-f. Zinc hoods. g. Vent pipe tile. h. Asbestos-cement vent pipe slate. i. Asbestos-cement vent pipe ridge capping. j. Special cowl.

nalerne kunne lige så godt være ført ned til de ventilerede rum inden for disses begrænsningsflader, således at kanalerne kunne have udmundet direkte i lofterne uden trækninger eller knæk. Rensning kunne da være foretaget af kanalerne ved at føre en støvsugerslange op nedefra. Men selv hvor kanalerne var "rigtigt" udført, kunne dette i mange tilfælde ikke lade sig gøre, da der uden om kanalmundingerne var anbragt gipsplader for at frembringe en slags snavsbakker.

Foran mundingerne var mange steder i det æl-

dre byggeri anbragt trådnet eller ventiler, der stopper meget hurtigt til og nedsætter trækken betydeligt.

Aftræksåbningerne fandtes ikke sjældent tilstoppet med klude, avispir, papstykker eller andet for at hindre snavsnedfald gennem aftræksåbningerne, undgå nedslag eller forhindre varmetab gennem aftræksluften. Beboerne tilstoppede nu og da aftræksåbningerne i bad/wc, fordi de klagede over de trækgener, frisklufttilførslen gennem spalten under døren forvoldte.

Kanalforbindelserne i tagrummene danner et sørgeligt kapitel for sig. Nogle kanalforbindelser var velordnede og rationelt opbyggede, andre var snørklede, uhensigtsmæssige og mangelfulde, se fig. 9-13. Hovedparten af kanalforbindelserne fandtes iøvrigt udført af jernplade; men beton og eternit fandtes også udstrakt anvendt.

Som fig. 11 viser det, opnås den mest rationelle kanalkonstruktion, hvor aftrækshætterne er beliggende lodret over de tilsvarende aftrækskolonner. Trækninger er da overflødige, og aftrækket reduceres ikke som følge af tryktab i knæk og bøjninger. Men selvfølgelig skal alle kanalerne føres op og ikke som på fig. 11, hvor nogle af dem ender i tagrummet. Det lader sig imidlertid ikke altid gøre at anbringe hætterne lodret over aftrækskolonnerne; ofte tillader hættekonstruktionen det ikke, eller tagspær er i vejen. Ved større taghældninger end  $30^\circ$  kræver bygnings-

reglementet desuden, at aftrækshætterne skal være beliggende med overkanten af hætten hævet mindst 30 cm over tagryggen; det bliver da nødvendigt at placere hætterne i nærheden af tagryggen, hvis meget høje hættekonstruktioner skal undgås. Trækninger af kanalforbindelserne i tagrummet kan da sikkert ikke undgås, men udføres trækningerne med bløde bøjninger og ikke under større vinkel med lodlinien end  $45^\circ$ , vil de næppe virke nedsættende på trækstyrken. Iøvrigt viste det sig at være meget almindeligt at udføre vandrette trækninger i tagrummene, selvom det ofte er ganske unødvendigt.

Tudstens-systemet er nok den systemtype, der blandt de naturlige ventilationsanlæg må betragtes som den mest uhensigtsmæssige. Tværforbindelserne mellem tudstenene umuliggør simple kanalforbindelser i tagrummene. Da tudstenene som regel placeres gruppevis i tagfladerne af arkitek-

Fig. 9. Kanalforbindelser i loftsrømmet ved et tudstens-system mellem trukne betonkanaler og tværkanalerne. Dette system er det dårligste af de anvendte. Loft ducts of a vent pipe tile system connecting the concrete air shafts to the transversal vent pipes. This is the poorest system of those used.

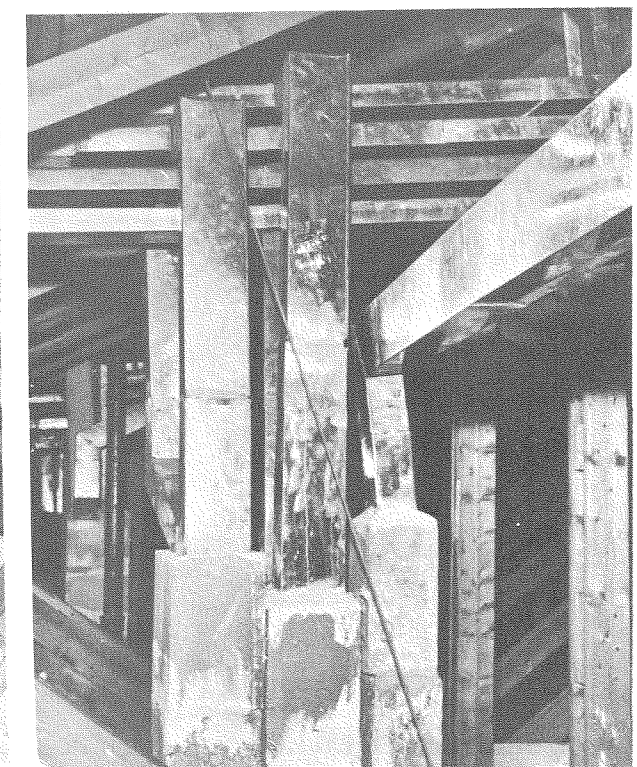
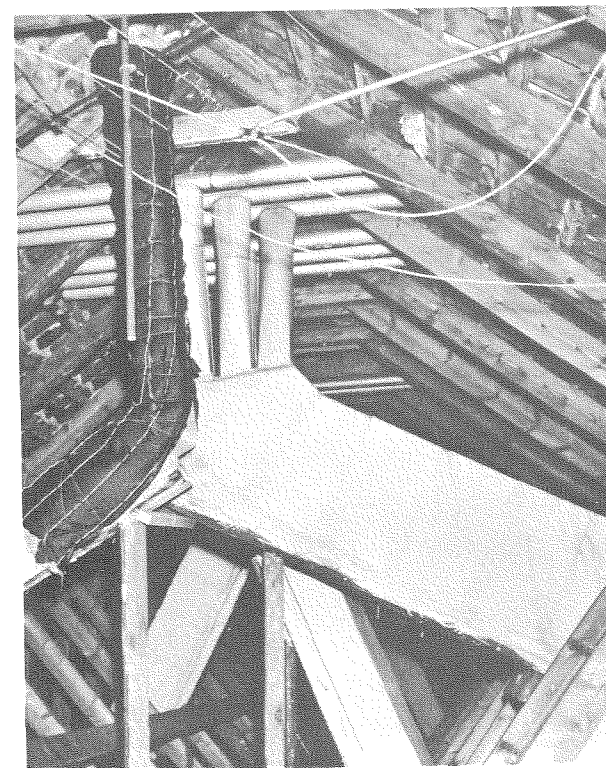


Fig. 10. Kanalforbindelser i loftsrømmet for tudstens-system. Konstruktionen er aerodynamisk set forkert. Jernpladekanalerne er ikke isolerede mod kondens indvendig, de vil ruste op i løbet af få år. Loft ducts of a vent pipe tile system. Aerodynamically, the construction is defective. The steel sheet ducts have not been insulated to prevent internal condensation and will be corroded within few years.

toniske hensyn, må der udføres snørklede kanalforbindelser, for at aftrækskanaler og tudsten skal kunne forbindes.

Strømningsteknisk set er tudstenene også uheldige. Der er ikke plads til at gøre hullerne i tagstenene ret store, tværkanalerne bliver derfor mindre end de lodrette kanaler, og når vinden blæser mod en af tagfladerne, kommer der nedslag i kanalerne. De vandrette tværkanaler burde i stedet være større end de lodrette og de lodrette ført halvvejs op i tværkanalerne. Når vinden blæser gennem tværkanalerne, vil der da komme en hastighedsforøgelse i det indsnævrede tvær-snit og dermed en sugning i det lodrette rør.

Blikkenslagerne ser iøvrigt ud til at have været fuldstændig frit stillede, hvad kanalopbygningen i tagrummene angår; det bærer de lange

vandrette kanaltækninger på op til 10 m eller mere og de talrige knæk og bøjninger på kanalerne vidnesbyrd om. Kanalsamlingerne fandtes sjældent sammenloddede eller kanalerne ombertlede, og de var så godt som aldrig tætnede. Ved overgangen mellem betonkanaler og jernpladekanaler eller eternitkanaler gabede jævnligt store utætheder, idet false, noter eller muffe ikke passede sammen mellem de forskellige kanaltyper.

Kanalerne var sjældent isolerede i tagrummene, kun i de nyeste ejendomme var isolering ved at vinde indpas. I mange ejendomme var der vanskeligheder med kondensdannelse og tæring i kanalerne eller fugtskader fra kondensvand, der løb ned gennem kanalerne og frembragte skjolder rundt om aftræksåbningerne i de ventilerede rum. Kondensdannelsen skyldes for lav temperatur af kanalvæg-

gene i tagrummene, således at ventilationsluften afkøles under sit dugpunkt. Kondensdannelse optræder kun i vintermånederne, og kun hvis tagrummene er vel ventilerede og etageadskillelsen over øverste etage kraftigt isoleret, således at temperaturen bliver lav i tagrummet. Ved isolering af aftrækskanalerne hæves imidlertid temperaturen af kanalvæggene, og kondensdannelse undgås. Betonafttrækskanaler er dog så tykvæggede, 25 mm, at isolering af betonkanaler er overflødig. Betonen er desuden så grovkornet og porøs, at fugt i mindre mængder kan akkumuleres i kanalvæggene uden at drive ned.

Ventilationsluften fra vaskekældre med gasfyrede vaskemaskiner og -kedler viste sig iøvrigt særlig aggressiv over for jernpladekanaler. Hvor de var uisolerede, udsattes de hurtigt for vold-

some rustangreb og var i løbet af 1-2 år gennemtærede. Selv forbløjet og forzinket jernplade kunne ikke holde.

Tudstens-systemerne, der i de fleste tilfælde har kanalforbindelserne i tagrummene udført af jernplade, udsattes ofte for voldsomme tæring, og vedligeholdelsesomkostningerne har vist sig så store, at man i en række ejendomme og boligselskaber har valgt at udskifte dem med mere holdbare og robuste systemformer, som f.eks. hætte-systemet, der let lader sig tilpasse de gamle anlæg. Udgifterne til udskiftningen af anlægget skal dække opstilling af eternitkanaler i tagrummet, udskiftning af tudstenene med zinkhætter, der skal inddækkes i tagfladen, samt reparation af tagfladen efter fjernelse af tudstenene. Udgifterne androg eksempelvis med 1958-prisniveau-

Fig. 11. Aftrækskolonne af betonelementer for hætte-system. Læg mærke til, at der ikke har været plads til at føre alle kanalerne op gennem taget, og så gjorde man det naturligvis ikke. Air shafts made of concrete units for a hood system. Notice that it has been impossible to carry all shafts through the roof, so it was, naturally, not done.

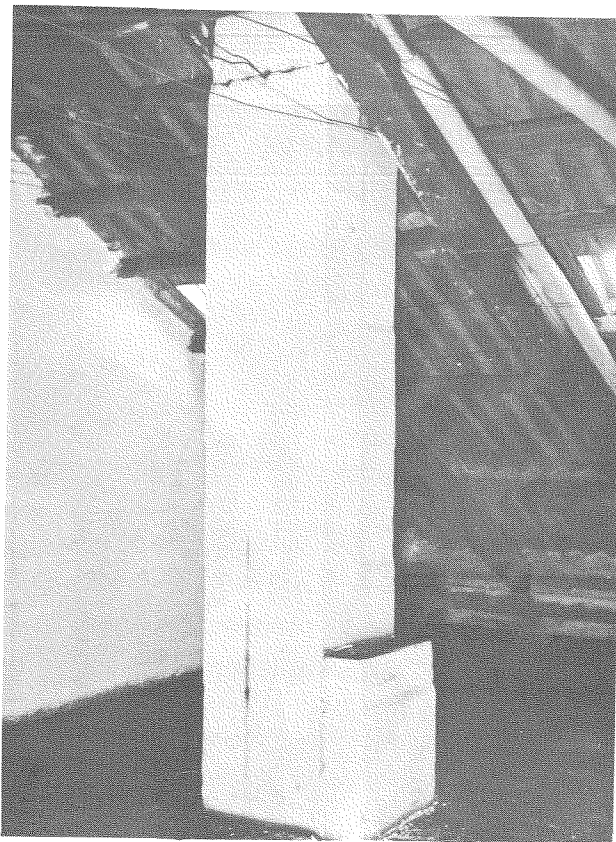


Fig. 12. Aftrækskolonne af eternitkanaler for hætte-system. Kanalerne burde være isolerede. Der vil løbe kondensvand ned gennem dem, så loftet i køkkenerne bliver skjoldede og skal hvidtes hver sommer. Air shafts made of asbestos-cement tubes for a hood system. The tubes should have been insulated. Condensed water will flow down the tubes, so that kitchen ceilings will be discoloured and will have to be whitewashed every summer.



Fig. 13. Kanalforbindelser i loftsrømmet for rygningssystem, god udførelse. Loft ducts of a ridge system, a good construction.



Fig. 14. Zinkhætte. Zink hood.

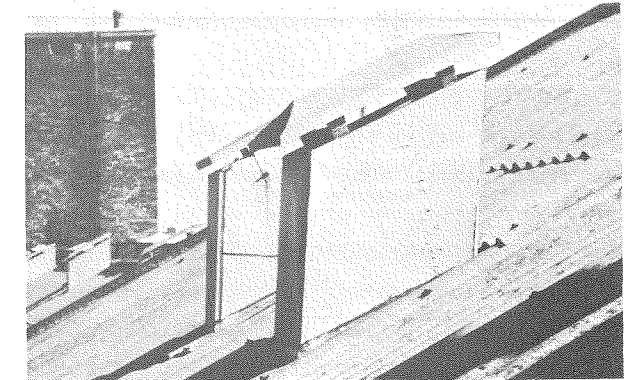
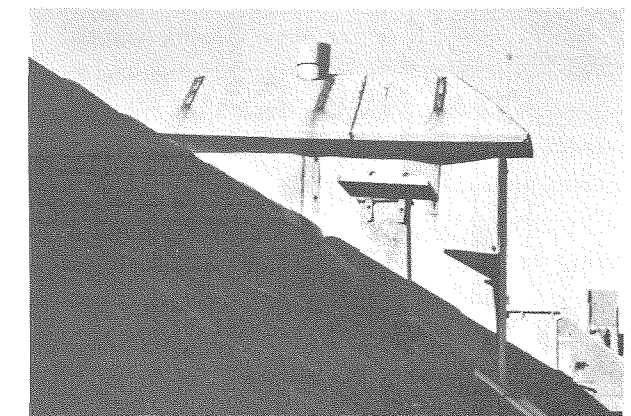


Fig. 15. Zinkhætte. Zink hood.





et for et 3-etages beboelseshus med 100 trappeopgange ca. kr. 100.000,-, hvortil kom isolering af aftrækskanalerne i tagrummene.

Tudstenene syntes meget åbne for slagregn og fygesne, og det viste sig ofte vanskeligt at op-

nå fornøden tæthed ved forbindelserne mellem tudsten og tværkanaler, hvad talrige fugtskjolder på lofterne i øverste etage bevidner. Tudene manglede som regel beskyttelsesnet, således at gråspurve kunne bygge reder i tværkanalerne.

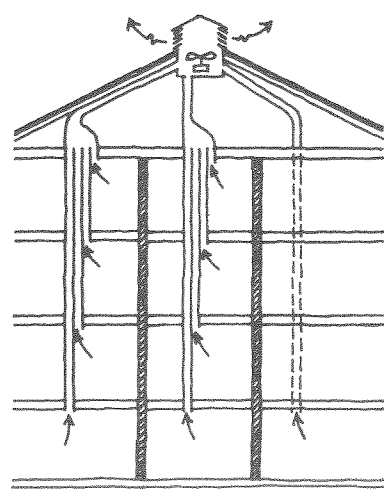


Fig. 16. Separat-systemet for mekanisk ventilation. The separate system for mechanical ventilation.

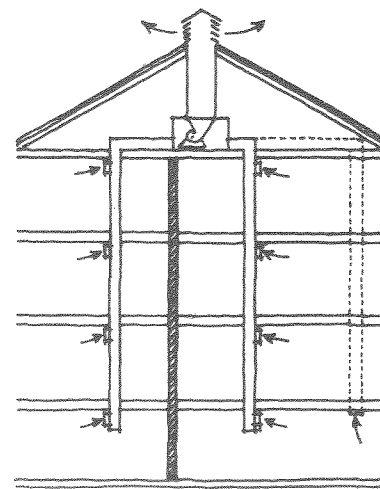


Fig. 17. Skorstens-systemet for mekanisk ventilation. The chimney system for mechanical ventilation.

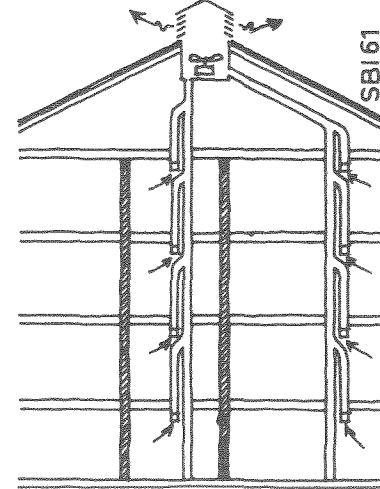


Fig. 18. Shunt-systemet for mekanisk ventilation. The shunt system for mechanical ventilation.

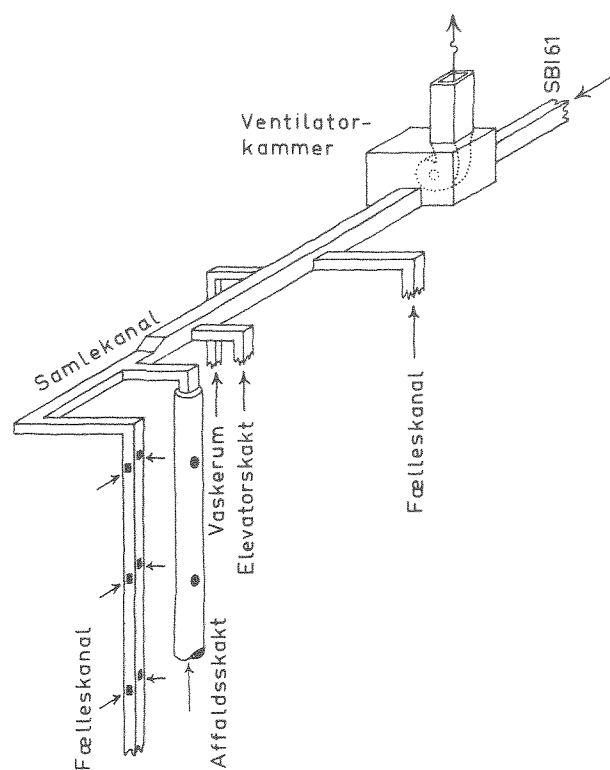


Fig. 19. Mekanisk ventilationsanlæg efter skorstens-systemet, som det er tilladt udført herhjemme. Mechanical ventilating plant according to the chimney system, as allowed in Denmark. (Fælleskanal = collective shaft. Samlekanal = combining duct. Affaldsskakt = refuse chute. Vaskerum = wash room. Elevatorskakt = lift shaft. Ventilator-kammer = fan box).

Aftrækshætterne skal sikre aftrækskanaler og tagrum mod indtrængen af regn og sne, men samtidig burde de forstærke aftrækket som følge af den sugning, vinden fremkalder i hætterne. Er de forkert placeret på tagfladen, opstår der risiko for nedslag i hætterne.

Zinkhætterne, se fig. 14 og 15, synes overalt opbygget på nogenlunde samme måde. De rektangulære zinkkapper er inddækket i tagfladerne og bærer ca. 5-10 cm over deres overkant en overdækning, der rager 2-8 cm ud over hættekapperne til afdækning mod vejrliget. Nogle overdækninger er tydeligt løftede over hættekapperne, andre er ligesom trukket ned om disse for at yde ekstra beskyttelse mod vejrliget.

Zinkhætterne viste sig særdeles vejrbestandige, og kun i få tilfælde var bæringerne, der bar overdækningerne, så hårdt angrebne af rust, at disse var faldet ned.

I en række tilfælde havde alliker bygget reder i aftrækshætterne; det kunne have været undgået, hvis der var blevet indsat trådnæt i spalteåbningerne mellem hætte og overdækning.

Eternit-ventilations-rygningssten lader sig let indpasse i tagbeklædningen, og de nedadvendende tude, se fig. 13, kan forbindes med eternitaftrækskanalerne ved simple muffesamlinger med god mulighed for en rationel opbygning af et aftræksanlæg. Hætterne er strømningsmekanisk set velplacerede i tagryggen, idet aftrækket bliver så godt som uafhængigt af vindretningen; de viste sig imidlertid at have en uheldig tilbøjelighed til at "hyle" i stormvejr. Vejrbestandigheden er som for eternit i almindelighed, og hættypen viste sig at have en god evne til at holde regn og sne ude.

Om de naturlige ventilationsanlæg kan det i almindelighed siges, at det navnlig er galt med kanalerne over øverste etageadskillelse. Kanalerne er ikke tætte, runde rør er stukket ned i fir-kantede uden tætning af nogen art, og trækningerne er oplagt uden plan eller omtanke: de er meget lange, med skarpe knæk, bagfald osv. Jernpladekanaler er i mange tilfælde ikke varmeisolerede mod dug på indersiden, så de rustner i stykker og falder ned i løbet af 2-3 år. Tagudførslerne er også i mange tilfælde højst uheldigt udformede og placerede, så der kommer nedslag i dem.

## Installationernes tilstand - mekanisk ventilation

Udsugningsventilerne i de få mekaniske udsugningsanlæg var forsynet med spalteformede udsugningsåbninger. Ventilene var, når der ses bort fra et enkelt udsugningsanlæg, alle regulerbare; fig. 45 viser karakteristikkene for en af de anvendte ventiler.

Ved trykforskelle over udsugningsventilerne på  $\Delta p_v = 10 - 15 \text{ kp/m}^2$  og derover, foregår reguleringen kun over en begrænset del af ventilernes samlede reguleringsområde, der i forbindelse med den grove indstillingsanordning, ventiltypen er udstyret med, bevirker, at ventilerne kun kan indstilles på fuldt åben eller lukket. Ved en mindre trykforskel, som  $2,5 \text{ kp/m}^2$ , forløber karakteristikkene dog ikke så stejlt, og hele området kan udnyttes til regulering af den udsugede luftmængde.

Til sammenligning er medtaget karakteristikkene, fig. 46, for en tallerkenventil, hvor udsugningen foregår gennem en spalte rundt langs periferien af en tallerken-skive. Tallerkenventilen er mere fint-regulerende end kontrolventilen, og karakteristikkene forløber mindre stejlt.

Ventilkarakteristikkene giver iøvrigt mulighed for at bedømme, hvorvidt en indregulering af udsugningsanlægget er mulig ved indstilling og begrænsning af den enkelte udsugningsventils reguleringsområde. Er ventilkarakteristikken, der svarer til undertrykket i vedkommende udsugningskanal, nemlig for stejlt eller for fladt, vil indregulering ikke kunne foretages med den omhandlede ventiltype, og en anden må vælges.

Udsugningsventilerne viste sig iøvrigt, så snart udsugningen blot var af nogenlunde størrelse, hurtigt at stoppe til som følge af snavsaflejringer på ventildelene. Det var mest køkkenventilerne, det var galt med; de viste sig at have tilbøjelighed til at stoppe til i løbet af 1-2 måneder eller mindre, hvis de ikke blev nedtaget for rengøring. Da beboerne åbenbart meget hurtigt holder op med at rengøre ventilerne, kan disse altså ikke være den rigtige form for regulering af anlæggene.

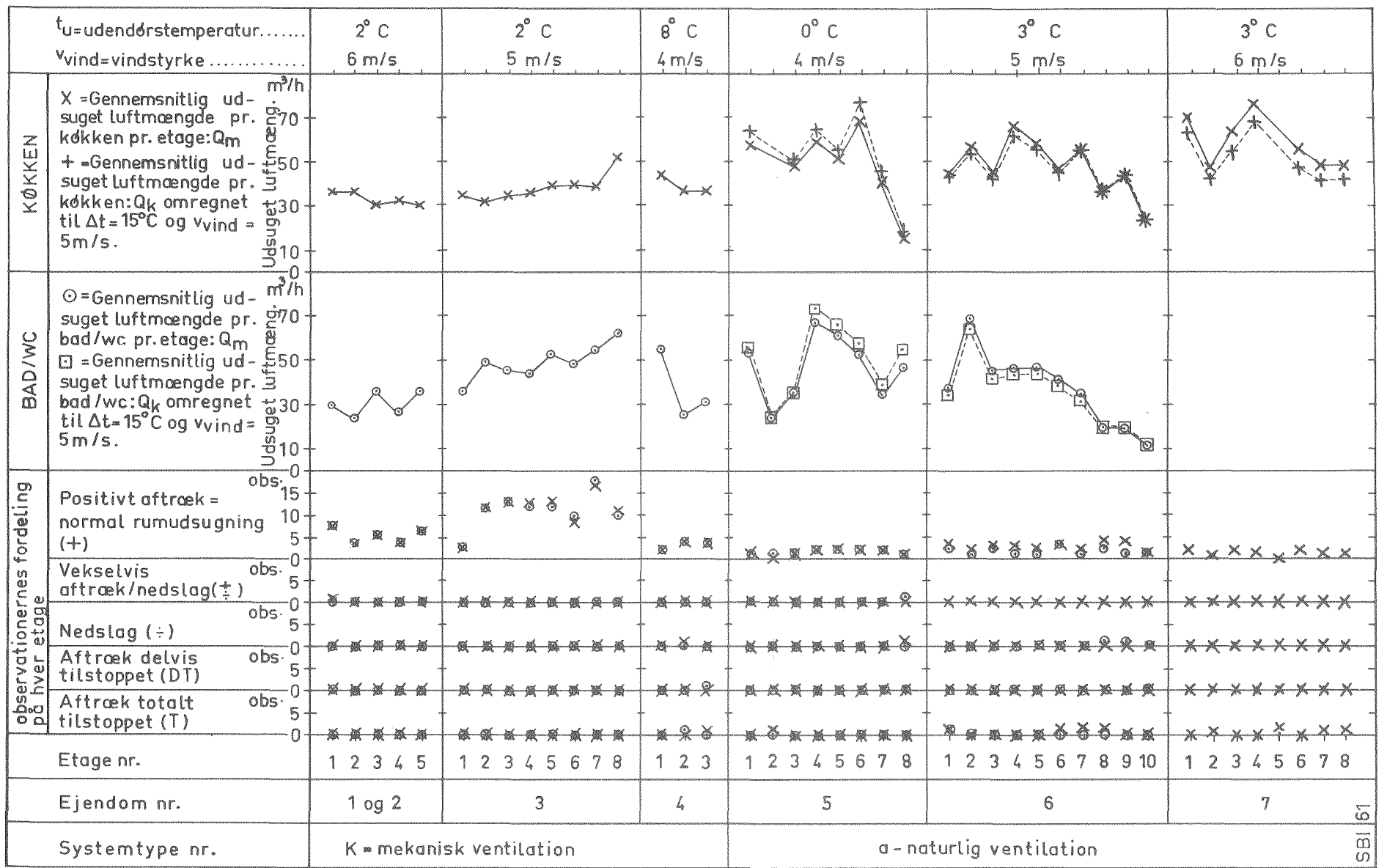


Fig. 20. Oversigtsdiagrammer over resultaterne af luftmængdemålingerne.  
Key diagrams of the results of the air volume measuring.

x = KØKKEN      ○ = BAD/WC

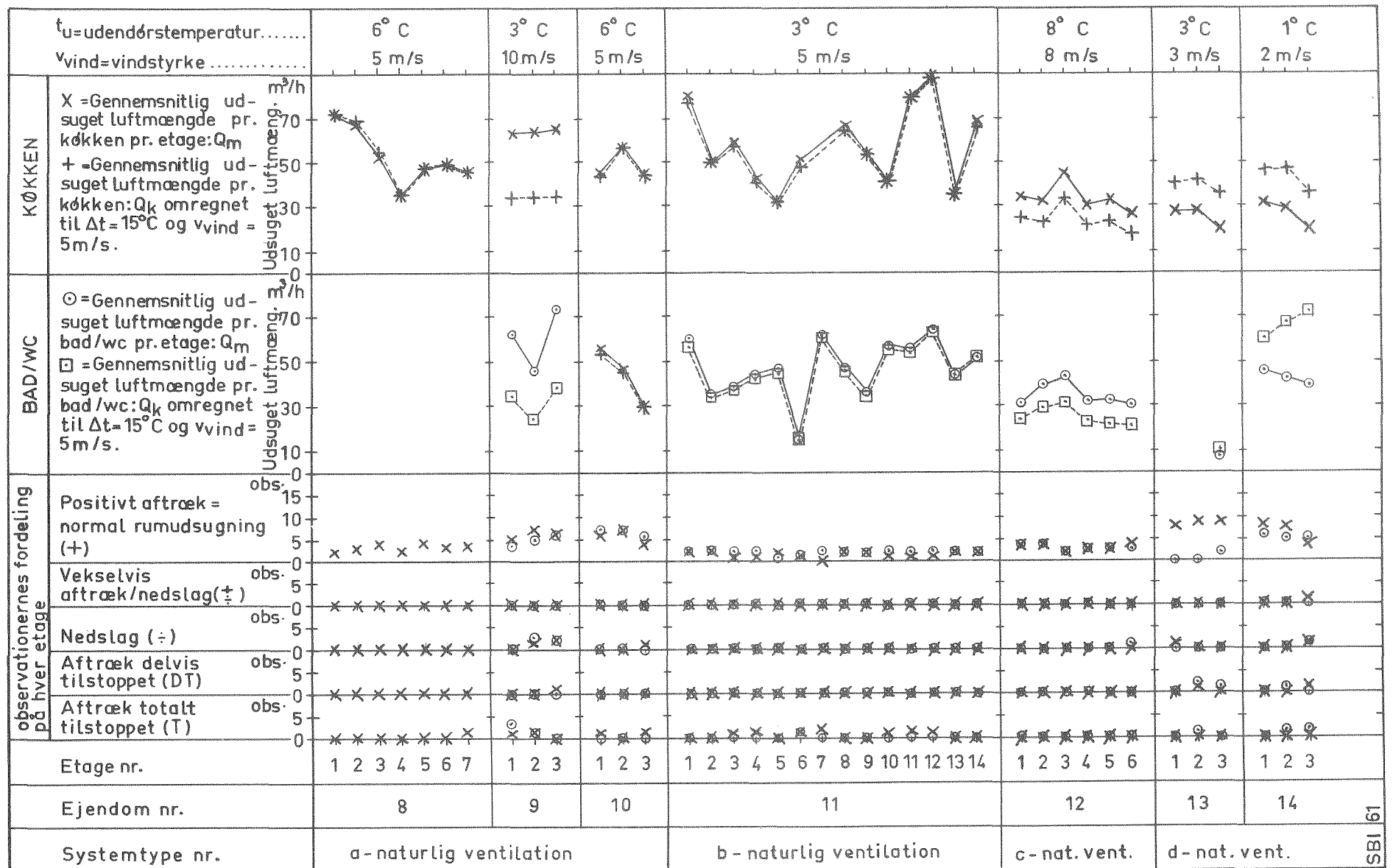


Fig. 20. Oversigtsdiagrammer over resultaterne af luftmængdemålingerne.  
Key diagrams of the results of the air volume measuring.

x = KØKKEN      ○ = BAD/WC

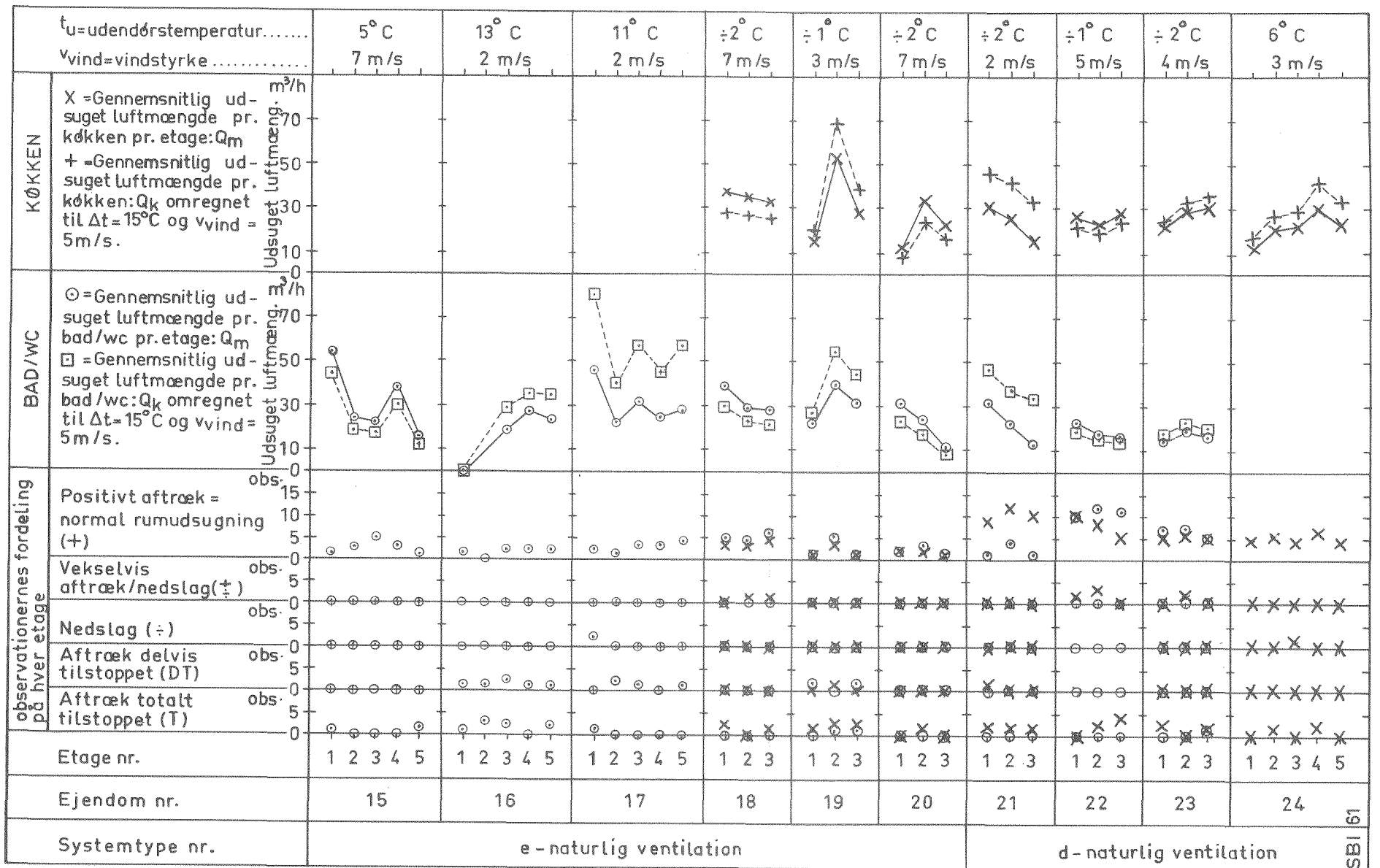


Fig. 20. Oversigtsdiagrammer over resultaterne af luftmængdemålingerne.

Key diagrams of the results of the air volume measuring.

x = KØKKEN

○ = BAD / WC

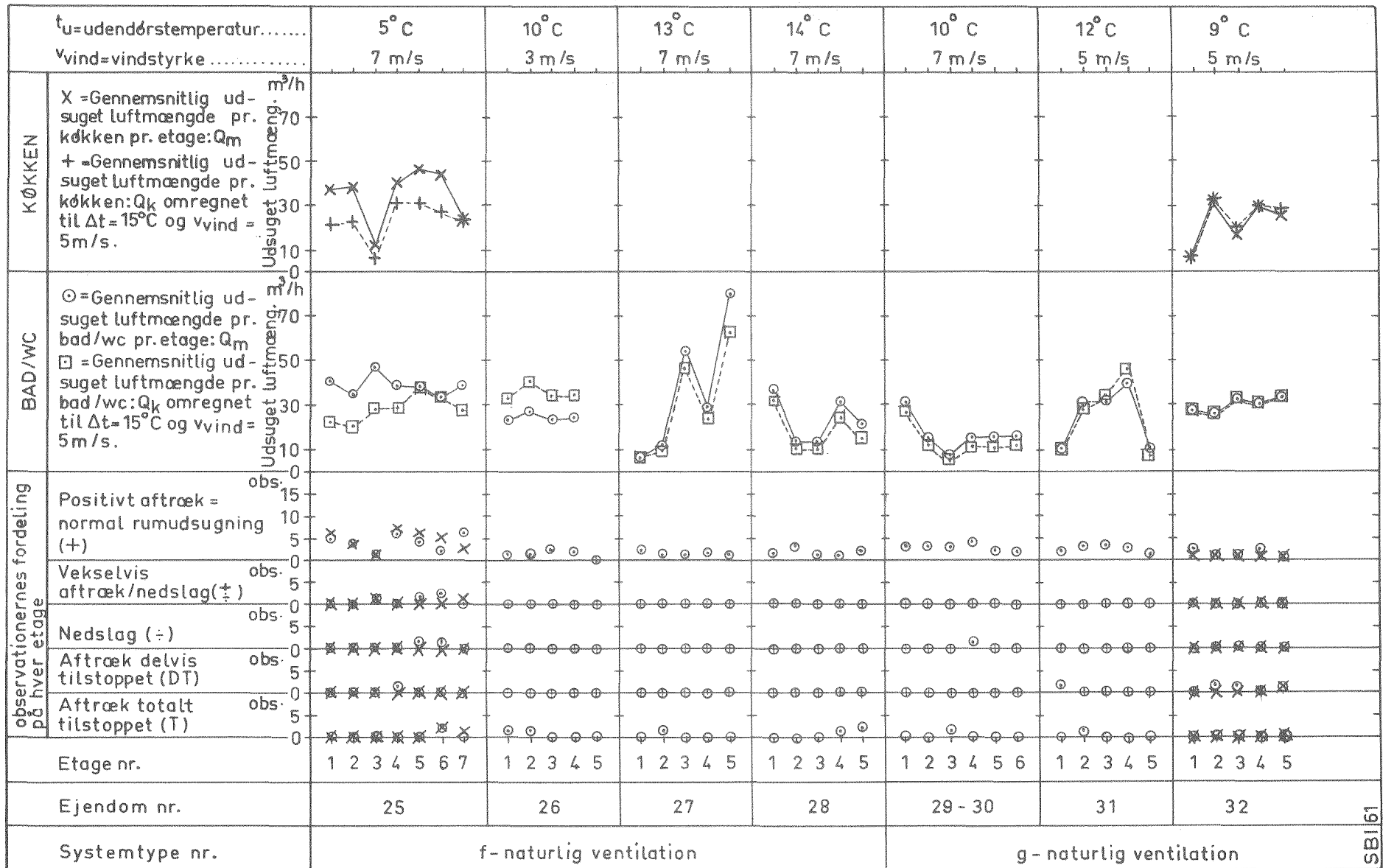


Fig. 20. Oversigtsdiagrammer over resultaterne af luftmængdemålingerne.

Key diagrams of the results of the air volume measuring.

x = KØKKEN

○ = BAD / WC

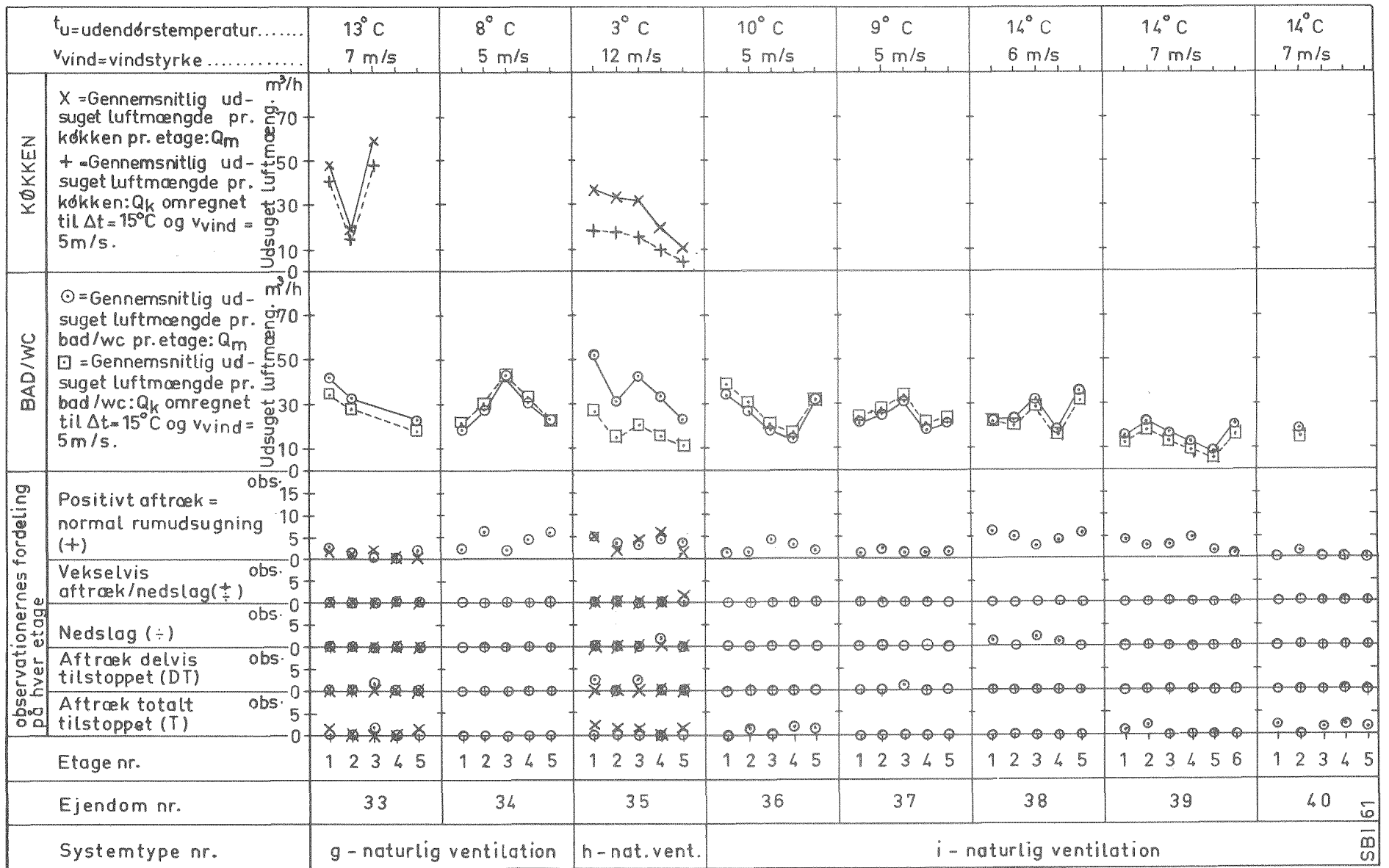


Fig. 20. Oversigtsdiagrammer over resultaterne af luftmængdemålingerne.  
Key diagrams of the results of the air volume measuring.

x = KØKKEN      ⊙ = BAD/WC

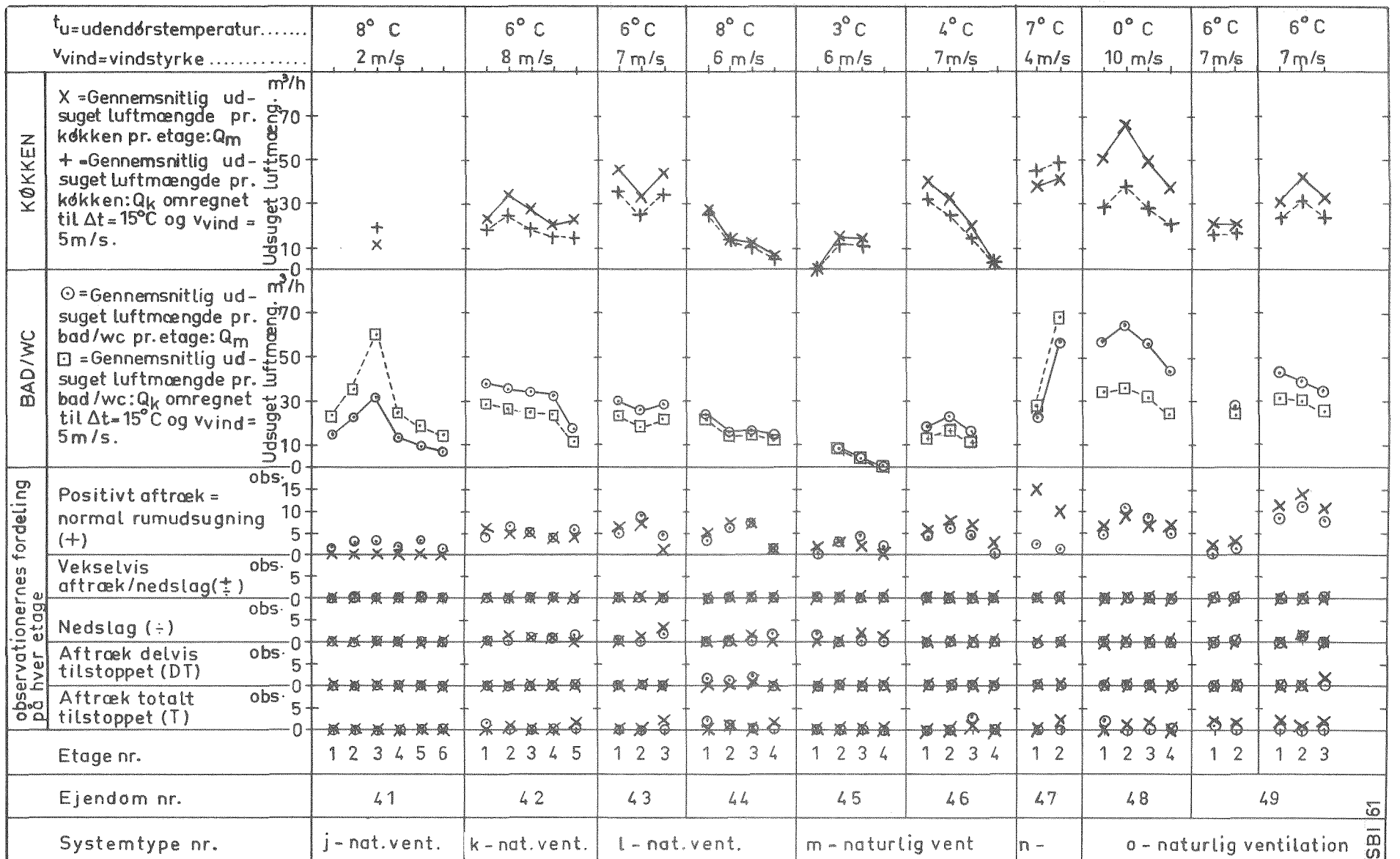


Fig. 20. Oversigtsdiagrammer over resultaterne af luftmængdemålingerne.  
Key diagrams of the results of the air volume measuring.

x = KØKKEN      ⊙ = BAD/WC

$t_u$ = udendørstemperatur.....	8° C	9° C	10° C	5° C	÷ 2° C
Vind = vindstyrke.....	5 m/s	5 m/s	7 m/s	7 m/s	4 m/s
X = Gennemsnitlig ud-sugnet luftmængde pr. køkken pr. etage: $Q_m$	[Diagram showing air flow arrows and values for kitchen]				
+ = Gennemsnitlig ud-sugnet luftmængde pr. køkken: $Q_k$ omregnet til $\Delta t = 15^\circ C$ og $v_{vind} = 5 m/s$ .	[Diagram showing air flow arrows and values for kitchen]				
○ = Gennemsnitlig ud-sugnet luftmængde pr. bad/wc pr. etage: $Q_m$	[Diagram showing air flow arrows and values for bathroom]				
□ = Gennemsnitlig ud-sugnet luftmængde pr. bad/wc: $Q_k$ omregnet til $\Delta t = 15^\circ C$ og $v_{vind} = 5 m/s$ .	[Diagram showing air flow arrows and values for bathroom]				
Positivt aftræk = normal rumudsugning (+)	X	X	X	X	X
Vekselvis aftræk/nedslag (±)	X	X	X	X	X
Nedslag (÷)	X	X	X	X	X
Aftræk delvis tilstoppet (DT)	X	X	X	X	X
Aftræk totalt tilstoppet (T)	X	X	X	X	X
Etage nr.	1	2	3	4	5
Ejendom nr.	54 = 34	53 = 37	52 = 30	51 = 15	50
Systemtype nr.	p - nat.vent. q - naturlig ventilation - skorstens-system				

Fig. 20. Oversigtsdiagrammer over resultaterne af luftmængdemålingerne. Key diagrams of the results of the air volume measuring.

x = KØKKEN ○ = BAD/WC

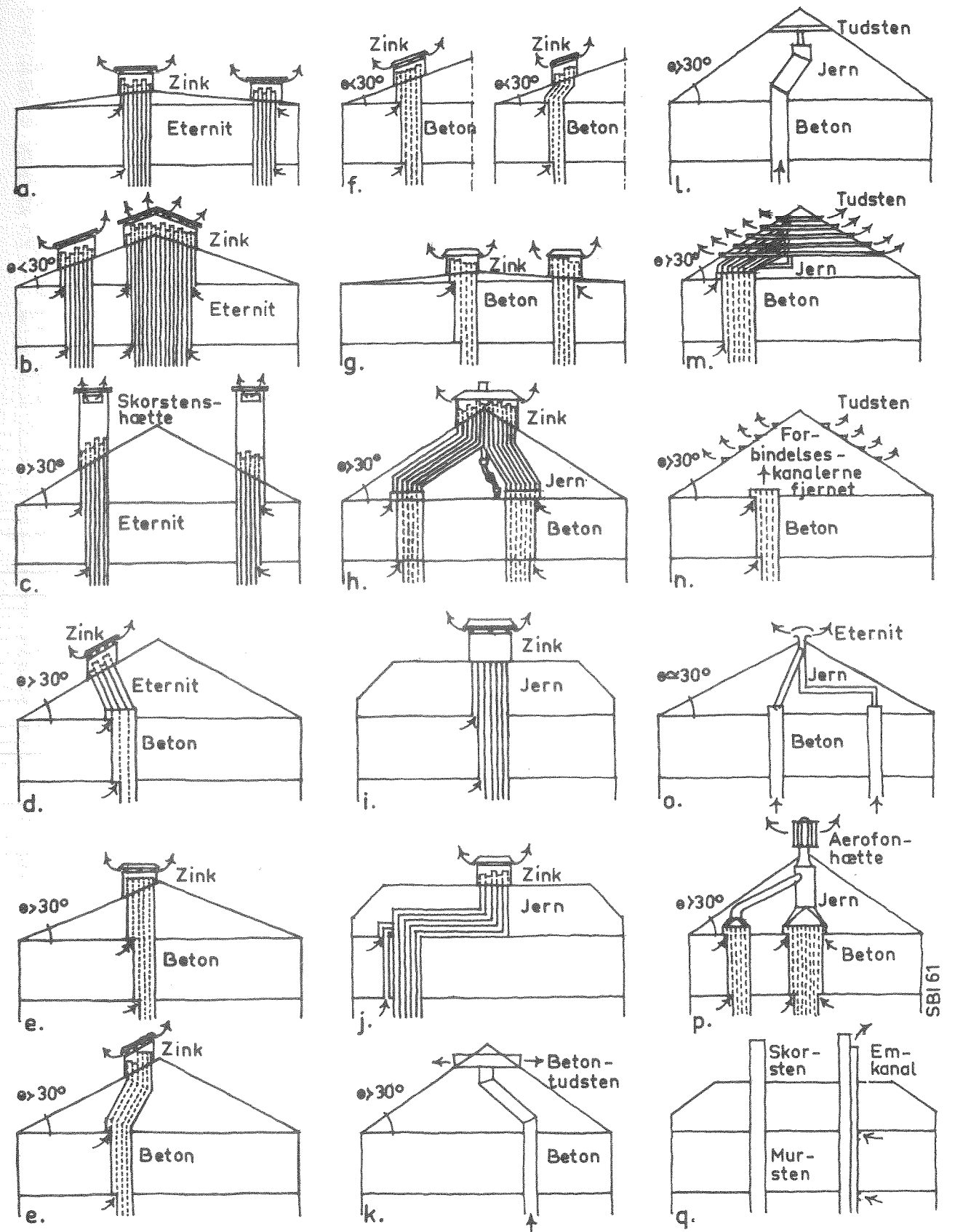


Fig. 21. Skitser af ventilationsanlæggene i de ejendomme, hvor målingerne er foretaget. Sketched ventilating plants of the houses in which the measurements were taken. (Eternit = asbestos-cement. Beton = concrete. Jern = steel. Tudsten = vent pipe tiles. Skorstenshætte = chimney cover. Forbindelseskanalerne fjernet = connecting ducts removed. Aerofonhætte = cowl. Betontudsten = concrete vent pipes. Skorsten = chimney. Mursten = brickwork. Emkanal = vapour escape).

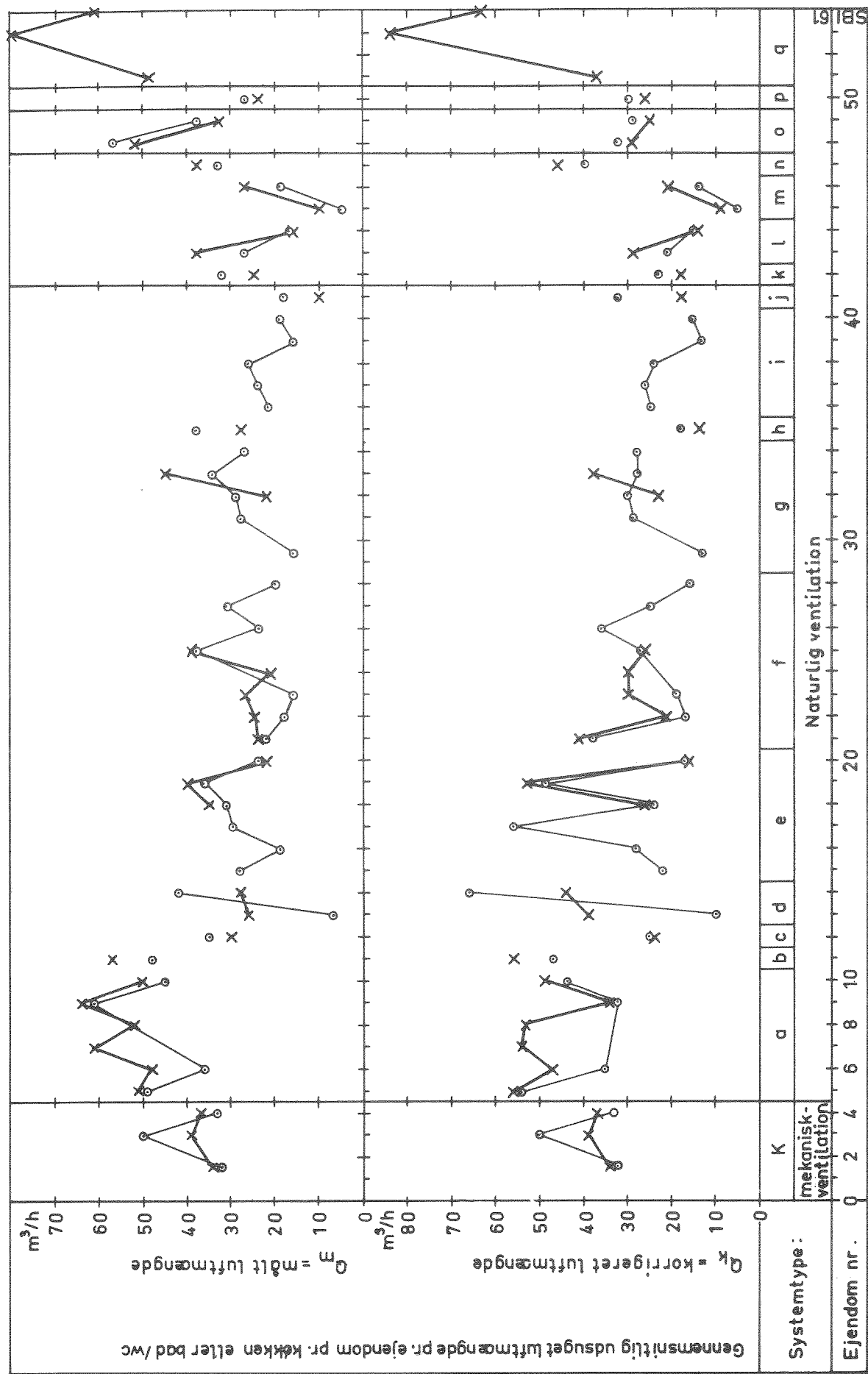


Fig. 22. De gennemsnitlige udsugede luftmængder pr. ejendom, sml. fig. 20. Systemerne a-g med separatkanaler og zinkhætter samt o er de bedste naturlige ventilationsanlæg. De står fuldt på højde med de mekaniske ventilationsanlæg.

X = KØKKEN ○ = BAD/WC

Udsugningskanalerne fandtes udført af jernplade, beton og eternit. Lysningsarealerne for de lodrette udsugningskanaler var 3 - 400 cm<sup>2</sup> og for samlekanalerne i tagrummene 5 - 600 cm<sup>2</sup>.

I det ældste af udsugningsanlæggene, der var 3-4 år gammelt, viste de lodrette udsugningskanaler sig ved inspektion gennem rensedækslerne i samlekanalerne at være jævnt kraftigt tilsnævsnede. Stedvis havde der samlet sig et tommetykt snavslag. Kanalvæggene i udsugningskanalerne fremtrådte både glatte og uden revnedannelser, hvorimod der i de vandrette samlekanaler flere steder var kraftige revnedannelser i betonen, og rensedækslerne manglede flere steder. Jernplade- og eternitkanalerne i de øvrige kunstige udsugningsanlæg viste sig, hvor det var muligt at komme til at tilse dem, at være i orden.

Ventilationsmaskinerierne fandtes intakte i de tre beboelsesejendomme, undersøgelsen omfattede. Der var dog en ting, der tiltrak sig opmærksomheden: I det ældste af anlæggene var der installeret et kontrolur, der på visse tidspunkter af døgnet foretog en omstyring af ventilatoren fra fuldt omløbstal til reduceret omløbstal. Kontroluret viste sig at være 6 timer bagud for dansk normaltids, med det resultat at den kraftige udsugning, der skulle indfinde sig i tidsrummet kl. 16 - 18, først indfandt sig henad midnat. Det må anbefales kun at udføre ventilatorerne med enkelt omløbstal og at udelade reguleringsautomatik, hvori tiden indgår.

Intet af de undersøgte ventilationsmaskinerier gav anledning til støjgener. Dæmpningen af ventilatorstøjen må åbenbart have været tilstrækkelig gennem de lange kanalledninger og gennem udsugningsventilerne.

Afkastningsskorstenene. Udblåsningen fra ventilationsanlæggene foregik gennem regulære skorstenspiber. Det er en indlysende fordel ved de mekaniske ventilationsanlæg, at tagfladerne befries for det utal af aftrækshætter, der normalt må anvendes ved naturlige ventilationsanlæg.

Fig. 22. The average exhausted volumes of air per house, of. fig. 20. Systems a-g with separate ducts and zinc hoods and system o are the best natural ventilating plants. They are quite equal to the mechanical ventilating plants. (Køkken = kitchen. Bad/wc o = bath/wc.  $Q_k$  = corrected volume of air.  $Q_m$  = measured volume of air. Systemtype = type of system. Ejendom nr. = house no.).

## De udsugede luftmængder

Målingerne blev udført i januar - maj 1959 og omfattede

- 133 lejligheder med mekanisk ventilation fra køkken og bad/wc,
- 494 lejligheder med naturlig ventilation fra køkken og bad/wc,
- 434 lejligheder med naturlig ventilation fra entré, køkken eller bad/wc.

De ialt 1061 lejligheder fordeler sig på 3 ejendomme med mekanisk ventilation og 45 med naturlig ventilation.

Luftmængderne i de naturlige ventilationsanlæg målt med hjælp af varmetrådsinstrumenter, hvis "følere" anbragtes i midtpunktet af udsugningsåbningerne. Luftmængderne i de mekaniske ventilationsanlæg målt med hjælp af et mekanisk virkende måleinstrument, der med sin måleramme holdtes op mod udsugningsventilerne.

Ubestemtheden på det enkelte måleresultat androg med de valgte målemetoder

- 5 - 10% for de mekaniske ventilationsanlæg,
- 5 - 10% for de naturlige ventilationsanlæg, hvor svingningerne i trækstyrken kun har været af moderat karakter og
- 10 - 20% for de naturlige ventilationsanlæg, hvor svingningerne i trækstyrken har været ekstremt store som følge af urolige vindforhold.

Naturlig ventilation - separat-systemet. Målingerne for disse ejendomme nr. 5 - 50 er samlet i fig. 20, og systemtyperne for ventilationsanlæggene er skitseret i fig. 21.

Hovedtendensen for de naturlige ventilationsanlæg synes at være en svag aftagen i aftræk fra køkken og bad/wc op gennem etagerne, således at den udsugede luftmængde er mindst for de øverste etagers vedkommende. Det falder godt sammen med, at det termiske drivtryk er mindst for de øverste etagers vedkommende, hvor kanalhøjden er lille.

Nedslag forekom kun sjældent og fortrinsvis i udsugningskanalerne tilsluttet de øverste etager.

Fig. 22 viser en oversigt over de gennemsnitlige udsugede luftmængder pr. ejendom pr. køkken eller bad/wc for de omhandlede systemtyper a-p, se fig. 21.

Systemtyperne a og b, der forekom i ejendomme med forholdsvis mange etager - op til 14 etager - og flade tage ( $< 30^\circ$ ), og som er udført efter hætte-systemet, udviser en forholdsvis høj trækstyrke.

Systemtyperne c - g og o, der er udført efter hætte-systemet, respektive rygningssystemer, udviser et moderat aftræk.

Systemtyperne h - m, der dels omfatter hætte-systemer, h - j, dels tudstens-systemer, k - m, udviser kun ringe trækstyrke. Ejendommene med systemtyperne i - k installeret var alle ældre ejendomme.

Systemtypen n er et tudstens-anlæg, hvor forbindelseskanalerne i tagrummet er fjernet. Udsugningen fra køkken og bad/wc foregik direkte op i tagrummet. Trækstyrken synes jævnt god. Kanalforbindelserne, der forbinder tudsten og udsugningskolonner, nedsætter altså trækstyrken, idet den viste sig ringe for systemtyperne k - m. Systemtype p, hvor udsugningsanlægget var opbygget i lighed med aeroflux-systemet, Glent & Co., synes moderat i trækstyrke.

Af samtlige systemtyper synes tudstens-systemet dårligst, udsugningsmæssigt set!

Tabel 1 viser, at den udsugede luftmængde har været

mindst for de 4 - 5-etages ejendomme,  
middel for de 2 - 3-etages ejendomme og  
højest for de 6 - 14-etages ejendomme.

Luftmængden synes at ligge en anelse højere for køkkenerne end for bad/wc-rummene vedkommende, men spredningen er stor.

De gennemsnitligt udsugede luftmængder var

32 m<sup>3</sup>/h for køkken og  
29 m<sup>3</sup>/h for bad/wc.

Spredningen er både for køkken og bad/wc ca. 20 m<sup>3</sup>/h.

Luftmængden har således i store træk været den samme for køkken og bad/wc, nemlig ca. 30 m<sup>3</sup>/h, og forskelle i rumstørrelser og frisklufttilførselsforhold synes ikke at have megen indflydelse. Den tidligere fremgangsmåde ved beregning af varmetabet, at sætte ventilationstab i relation til værelsernes rumfang, er altså forkert.

Fig. 23 og 24 viser, at ca. 12% af køkkenaftrækkene og ca. 7% af aftrækkene fra bad/wc-rummene fandtes tilstoppede.

Naturlig ventilation - skorstens-systemet. Målingerne for de ældre ejendomme nr. 51 - 54 med ventilation af køkkenerne gennem fælles emkanaler, se fig. 21q, er samlet i fig. 20.

En stor del af de oplukkelige ventiler i ejendommene nr. 52 - 54 var tilstoppede. Det skyldes, at ventilerne var blevet hvidtet over og ikke lod sig åbne. Måleresultaterne viser, at luftmængderne i de tilfælde, hvor ventilerne kunne åbnes, har været meget stor: 60 - 80 m<sup>3</sup>/h (dog kun med den ventil, hvorpå målingen foretoges, åben).

Ventilristene i ejendommen nr. 51 var ikke regulerbare, men alle luftgennemstrømmelige. Udsugningen synes at svigte for de nederste etagers vedkommende, medens den fremdeles er kraftig for de øverste etagers vedkommende.

Systemet har både her og i andre lande vist sig at fungere upåklageligt, så der synes ikke at være grundlag for ikke at tillade dets anvendelse.

Mekanisk ventilation - skorstens-systemet. Diagrammerne for ejendommene nr. 1 - 2, 3 og 4, der var forsynet med mekaniske ventilationsanlæg, se fig. 17 og 19, med lodrette fælleskanaler for køkken og bad/wc, er samlet i fig. 20. Ejendommen nr. 4 havde et fælles ventilatormaskineri for hele bygningen, medens de øvrige anlæg havde ventilatormaskineriet opdelt i mindre enheder. Udsugningen foregik gennem typegodkendte KGD-ventiler.

Fig. 20 viser, at der ikke er nogen udpræget tendens til stigning eller fald i trækstyrken op gennem etagerne. Udsugningen har været så godt som ensformigt fordelt over etagerne.

Fig. 22 viser, at den udsugede luftmængde ved mekanisk ventilation har ligget en del under de bedste naturlige ventilationsanlæg.

Tabel 2 viser, at luftmængden har været mindst for den 5-etages ejendom nr. 1 - 2, middel for den 3-etages ejendom nr. 4 og højest for den 8-etages ejendom nr. 3.

Luftmængden synes at ligge en anelse højere for køkkenernes end for bad/wc-rummene vedkommende i de 3 og 5-etages ejendomme, medens det omvendte er tilfældet for den 8-etages ejendom.

Spredningen er stor, så udsugningen må have været meget uensartet fordelt over de omhandlede køkkener og bad/wc-rum.

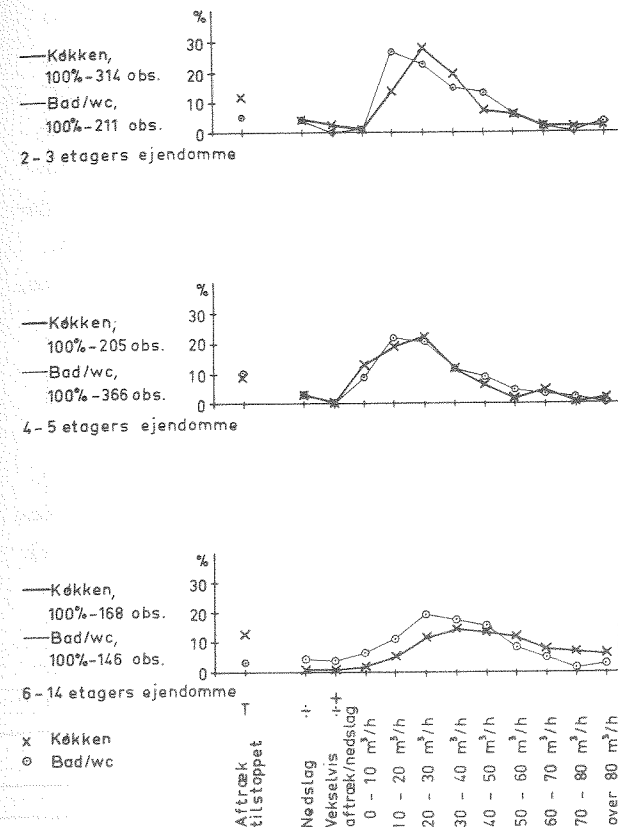


Fig. 23. Fordelingskurver over målingerne på separat-systemet, naturlig ventilation, sml. tabel 1. Distribution curves of the measurements of the separate system with natural ventilation, cf. table 1, see English Summary. (Køkken = kitchen. Bad = bath. 2-3 etagers ejendomme = houses of 2-3 stories. 4-5 etagers ejendomme = houses of 4-5 stories. 6-14 etagers ejendomme = houses of 6-14 stories. Aftræk tilstoppet = choked duct. Nedslag = down-draught. Vekselsvis aftræk/nedslag = alternating ventilation/down-draught).

Sammenholdes tabellerne 1 og 2 for naturlig og mekanisk ventilation, viser det sig, at de mekaniske ventilationsanlæg gennemsnitligt har givet en 5 - 10 m<sup>3</sup>/h mere end de tilsvarende naturlige.

For de 3 mekaniske ventilationsanlæg andrager de gennemsnitligt udsugede luftmængder

38 m<sup>3</sup>/h for køkken og  
46 m<sup>3</sup>/h for bad/wc.

Spredningen er både for køkken og bad/wc ca. 20 m<sup>3</sup>/h.

Udsugningen fra bad/wc er således gennemsnitligt større end fra køkken. Det omvendte burde naturligvis have været tilfældet, når der tages hensyn til behov og rumstørrelse.

At spredningen er så stor betyder, at udsugningen har været meget uensartet fordelt over

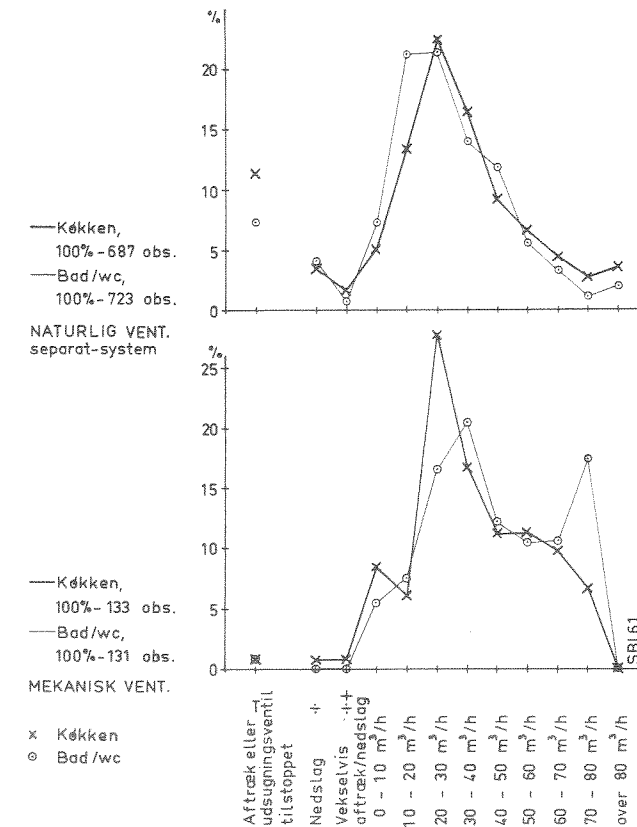


Fig. 24. Fordelingskurver over målingerne for separat-systemet med naturlig ventilation og for skorstens-systemet med mekanisk ventilation. Distribution curves of the measurements of the separate system with natural ventilation and of the chimney system with mechanical ventilation. (Køkken = kitchen. Bad = bath. Nedslag = down-draught. Aftræk eller udsugningsventil stoppet = choked duct or exhaust grille. Vekselsvis aftræk/nedslag = alternating ventilation/down-draught).

køkkenerne og bad/wc-rummene. Derimod har udsugningen vist sig at være nogenlunde ensartet fordelt de enkelte etager imellem.

Ca. 8% af udsugningsventilerne var tilstoppede i den 3-etages ejendom, hvor ventilerne var uden reguleringsmulighed. I de andre ejendomme var der ingen tilstopninger; men ejendommene var også først fornylig taget i brug.

Ud fra det foreliggende undersøgelsesmateriale kan der drages den konklusion, at de mekaniske udsugningsanlæg i det store og hele har vist sig at have lige så store mangler som de naturlige udsugningsanlæg, blot har udsugningen gennemsnitligt været noget kraftigere, men de bedste typer naturlige ventilationsanlæg a og b er fuldt så gode som de mekaniske.

Da udsugningen fra ejendommene 3 og 4 ifølge

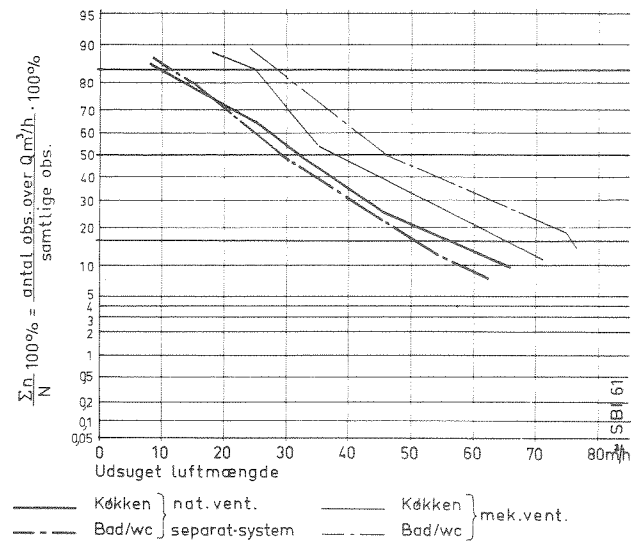


Fig. 25. Fraktildiagram over talmaterialet, vist på fig. 24, for naturlig ventilation efter separat-systemet og mekanisk ventilation. Fractile diagram of the data appearing from fig. 24 for natural ventilation according to the separate system and for mechanical ventilation. (Antal obs. over  $Q$  = number of obs. exceeding  $Q$ . Samtlige obs. = total number of obs. Udsuget luftmængde = exhausted volume of air. Køkken = kitchen. Bad = bath).

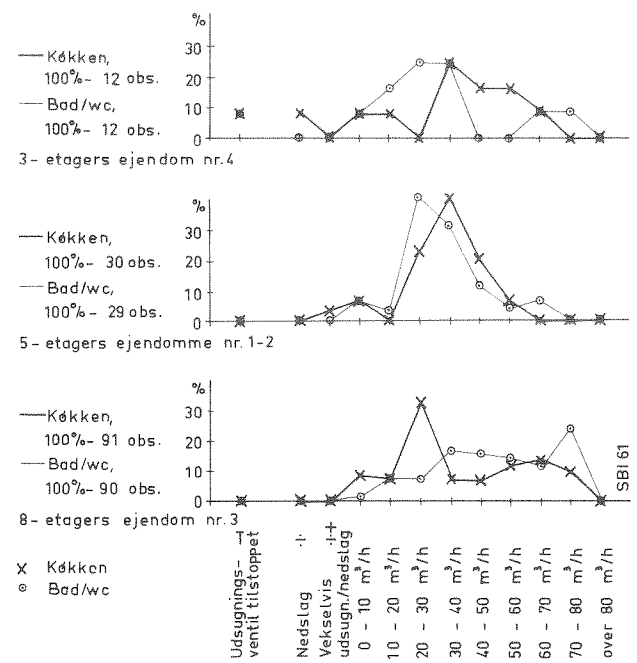


Fig. 26. Fordelingskurver for målingerne på skorstens-systemet, mekanisk ventilation, sml. tabel 2. Distribution curves of the measurements of the chimney system with mechanical ventilation, cf. tabel 2, see English Summary. (Køkken = kitchen. Bad = bath. 3-etagers ejendom nr. 4 = 3-storied house no. 4. 5-etagers ejendomme nr. 1-2 = 5-storied houses nos. 1-2. 8-etagers ejendom nr. 3 = 8-storied house no. 3. Udsugningsventil tilstoppet = choked exhaust grille. Nedslag = down-draught. Vekselsvis udsugning/nedslag = alternating exhaust/down-draught).

tabel 2 gennemsnitligt har andraget ca.  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ , og da disse ejendomme var forsynet med udsugningsventiler af samme type som den ventil, karakteristikkene på fig. 45 er optegnet for, er det muligt ud fra figuren at afgøre, hvilket undertryk der omtrentligt har hersket i udsugningskanalerne bag udsugningsventilerne. Fuldt åben ventil svarer til en spaltebredde  $s = 16 - 18 \text{ mm}$ , og for  $Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$  viser diagrammet, at trykfaldet  $\Delta p_v$  over ventilen må have været mindre end  $2,5 \text{ kp}/\text{m}^2$ , antagelig  $1 - 2 \text{ kp}/\text{m}^2$ . Undertrykket i de lodrette udsugningskanaler har således gennemsnitligt andraget  $1 - 2 \text{ kp}/\text{m}^2$ , og da ventilatorfabrikanterne opgiver, at sugetrykket for ventilatorerne som regel ligger på ca.  $10 \text{ kp}/\text{m}^2$ , må forskellen  $8 - 9 \text{ kp}/\text{m}^2$  være medgået til dækning af friktionstab i kanalerne og tryktab i enkeltmodstande for luftstrømningen gennem udsugnings- og samlekanalerne og lækagetab. Kanalerne var i disse 2 ejendomme udført af jernplade og eternit, der er særdeles tætte materialer og samtidig glatte materialer. Tryktabene i enkeltmodstandene og lækagetabene må derfor have været store, hvis ventilatorerne virkelig har haft  $10 \text{ kp}/\text{m}^2$  sugetryk. Sandheden er nok snarere den, at ventilatorerne kun har haft få  $\text{kp}/\text{m}^2$  sugetryk.

### Luftskiftets indflydelse på lufttilstanden

Samtidig med målingen af de udsugede luftmængder registreredes rumlufttilstanden, bedømt ud fra det subjektive lugtindtryk, der mødte iagttagerne, når de trådte ind i køkkenet eller bad/wc. Der blev lagt følgende tre grader af lugtintensitet til grund for bedømmelsen

- D = tung, kvalm rumlufttilstand,
- J = jævn, normal rumlufttilstand,
- F = behagelig, frisk rumlufttilstand.

Tabel 3 viser sammenhængen mellem de registrerede subjektive lugtindtryk, luftfornyelser og

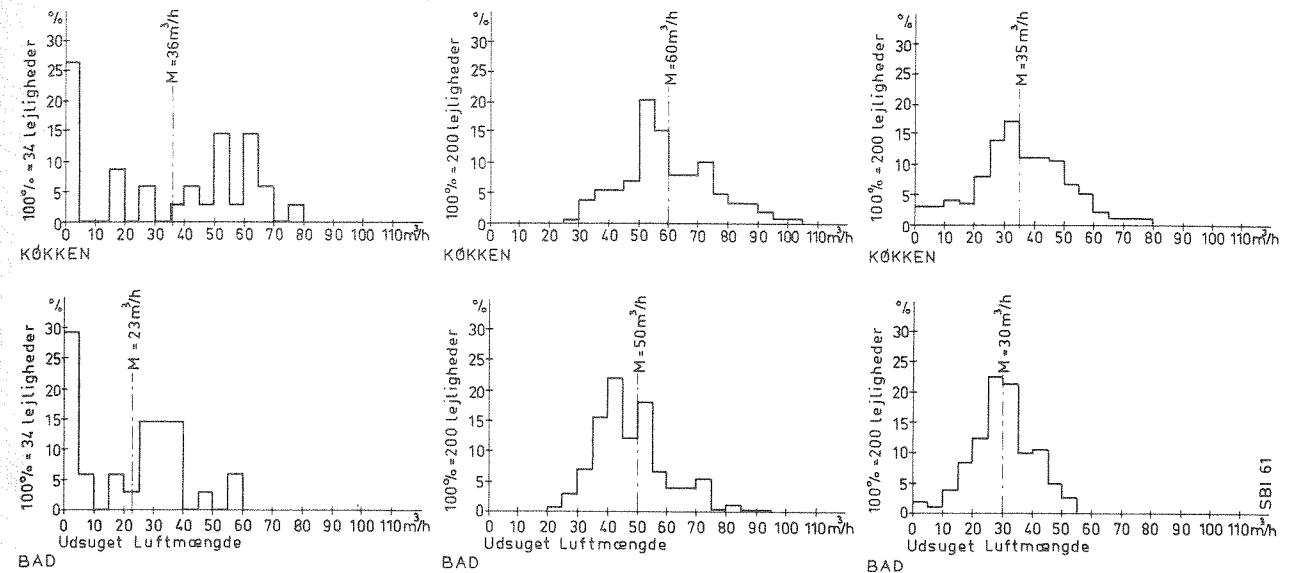


Fig. 27. Fordelingskurver over målingerne i et 5-etages hus med Kontrollventilation, svensk undersøgelse. Distribution curves of the measurements of a 5-storied house with mechanical ventilation, Swedish investigation. (lejligheder = flats. Køkken = kitchen. Udsuget luftmængde = exhausted volume of air. Bad = bath).

Fig. 28. Fordelingskurver over målingerne i 3- og 8-etages huse med Kontrollventilation, svensk undersøgelse. Distribution curves of the measurements of 3 and 8-storied houses with mechanical ventilation, Swedish investigation.

Fig. 29. Fordelingskurver over målingerne i 3-etages huse med mekanisk ventilation ved propeller-ventilatorer, svensk undersøgelse. Distribution curves of the measurements of 3-storied houses with mechanical ventilation by means of propeller fans, Swedish investigation.

luftskifter i køkkenet og bad/wc i de undersøgte lejligheder.

Tabel 4 viser, at den procentvise fordeling inden for de tre grader af lugtintensitet D, J, F ligger på

- 40% - 50% - 10% for køkkenet og
- 20% - 70% - 10% for bad/wc.

Tabellen viser det overraskende resultat, at de procentvise fordelinger D, J, F så at sige er de samme for køkkenet og bad/wc med naturligt ventilationsanlæg og uden nogen form for aftræk.

Talmaterialet tyder gennemgående på en bedre rumlufttilstand i beboelsesejendomme med mekanisk ventilation end med naturlig ventilation eller ingen ventilation. Det falder sandsynligvis sammen med, at de omhandlede tre ejendomme med mekanisk ventilation var nyopførte, således at beboerne endnu ikke for alvor havde fået sat deres præg på lejlighederne lugtmæssigt set.

Talværdierne tyder iøvrigt på en gennemsnitligt ringere rumlufttilstand i køkkenet end i bad/wc.

Ifølge tabel 3 er luftfornyelsen, der opstår som følge af den udsugede luftmængde, gennemsnit-

ligt den samme for alle tre kategorier: D, J og F. Rumlufttilstanden har åbenbart ikke været afhængig af størrelsen af den udsugede luftmængde, hvad der må betegnes som et overraskende resultat. Alt taler for, at rumlufttilstanden i overvejende grad afhænger af den enkelte families renlighed og boligvaner.

Tabel 3 viser, at luftfornyelsen hidrørende fra den udsugede luftmængde gennemsnitligt andrager

- 30 -  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  for køkkenet og
- 30 -  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  for bad/wc,

hvilket svarer til luftskifter på

- 2 -  $2,5$  gange pr. time for køkkenet og
- ca. 7 gange pr. time for bad/wc.

Luftskifter af denne størrelsesorden må regnes for fuldt tilfredsstillende, hvad udluftningen af køkkenet og bad/wc angår. Da talværdierne imidlertid er et udtryk for gennemsnittet af luftskifterne i de undersøgte lejligheder, vil en meget stor del - op mod halvdelen - have haft luftskifter, der er mindre end disse gennemsnitsværdier, og for disse lejligheder vil luftfornyelsen være for ringe.



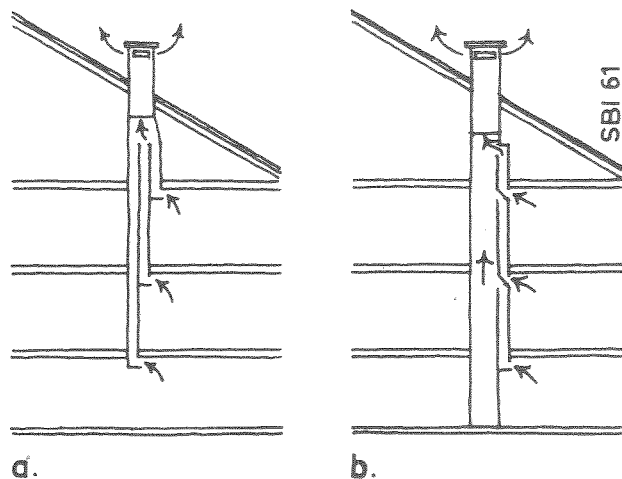


Fig. 30. Kanalsystemer ved norsk undersøgelse.  
a. separat-systemet  
b. shunt-systemet.  
Duct systems of Norwegian investigation.  
a. The separate system.  
b. The shunt system.

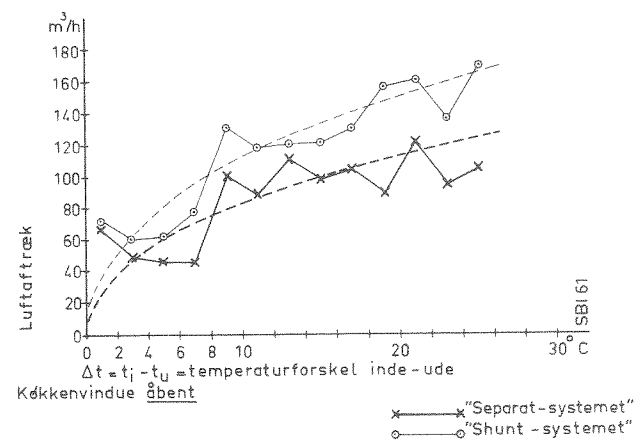
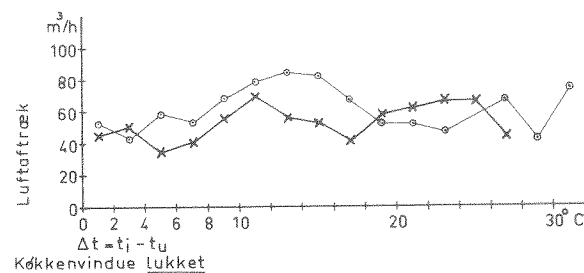


Fig. 31. Målingerne fra norsk undersøgelse med aftræk fra køkkenet gennem separat-systemet og shunt-systemet.  
The measurements of a Norwegian investigation of kitchen ventilation through the separate system and the shunt system, respectively.  
(Luftaftræk = exhausted volume of air. Køkkenvindue lukket = kitchen window closed. Køkkenvindue åbent = kitchen window open. Temperaturforskel inde-ude = difference of temperatures inside and outside).

## Lydproblemer

Der er ikke ved de mange besøg i de forskellige lejligheder nogen steder blevet klaget over støjgener - hverken over lydgenngang i kanalerne eller ved mekaniske ventilationsanlæg over ventilationsstøj.

Efter foreliggende tyske undersøgelser\*) vil betonkanaler og murede kanaler aldrig give støjgener; de er så tykvæggede og så ru indvendig, at de er tilstrækkeligt lydisolerende og lyddæmpende.

Ved mekaniske ventilationskanaler, hvor der bruges glatte kanaler, men ventiler foran udsugningsåbningerne, vil der heller ikke opstå lydproblemer. Dog må ved mekaniske ventilationsanlæg i højhuse, hvor der i de øverste etager er ført udsugningskanaler af jernplade op fra de nedre etager, sørges for lydisolation mellem denne kanal og kanalen for de øvre etager. I det hele taget må der mellem de enkelte kanaler både ved naturlige og mekaniske ventilationsanlæg være mere end en enkelt tynd væg af eternit eller jernplade for at hindre lydovergang.

## Den svenske ventilationsundersøgelse

De svenske ventilationsmålinger, der udførtes sideløbende med de danske, og som påbegyndtes i 1958, omfatter

36 lejligheder med naturlig ventilation og 434 lejligheder med mekanisk ventilation.

**Naturlig ventilation.** Lejlighederne havde aftræk gennem teglstensmurede aftrækskanaler, og medens køkkenerne alle havde rumaftræk, var der i de fleste af wc-rummene aftræk gennem klosetskålen.

Røgprøver viste, at der var nedslag i 3 af aftrækskanalerne fra køkkenerne, og at der var nedslag i 9 af aftrækskanalerne fra wc-rummene og stillestående luft, dvs. intet aftræk, gennem 5 af aftrækskanalerne fra wc.

\*) "Luftschallübertragung über Lüftungs- und Abgaskanäle" von L. Cremer und M. Heckl, findes i SCHALLSCHUTZ VON BAUTEILEN, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1960.

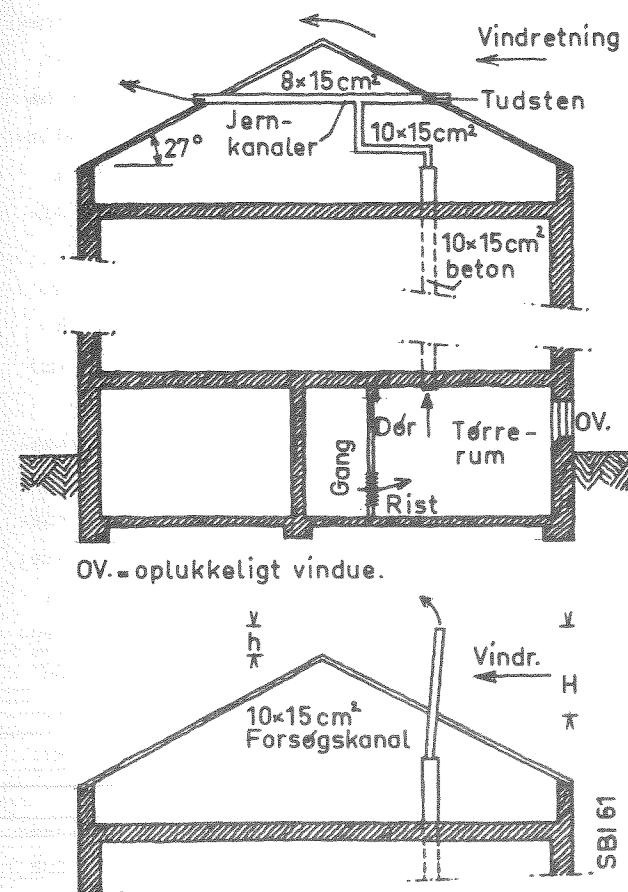


Fig. 32. Skitse af forsøgsarrangementet ved hætteforsøg. Som tagudførsel blev benyttet et sammenskydeligt rør.  
Sketched arrangement for vent pipe experiments. The vent pipe was telescopic.  
(Vindretning = wind direction. Tudsten = vent pipe tile. Jernkanaler = steel sheet ducts. Beton = concrete. Dør = door. Gang = corridor. Rist = grille. Tørrerum = drying room. Oplukkeligt vindue = hinged window. Forsøgskanal = experimental duct).

**Mekanisk ventilation.** De 434 lejligheder fordelte sig over to anlægstyper

234 lejligheder havde udsugning fra køkkenet og bad/wc gennem regulerbare udsugningsventiler og gennem centrifugalventilatorer efter Fläktfabrikens Kontrollventilationssystem - anlægstype I,

200 lejligheder havde udsugning fra køkkenet gennem regulerbare ventiler og fra bad/wc gennem ikke-regulerbare ventilriste. Ventilristene ydede i fuldt åben tilstand kun ringe modstand, idet de simpelthen bestod af en drejelig spjældplade. Ventilristene var ligeledes uden nævneværdig modstand. Udsugningsanlæggene var forsynet med propellventilatorer - anlægstype II.

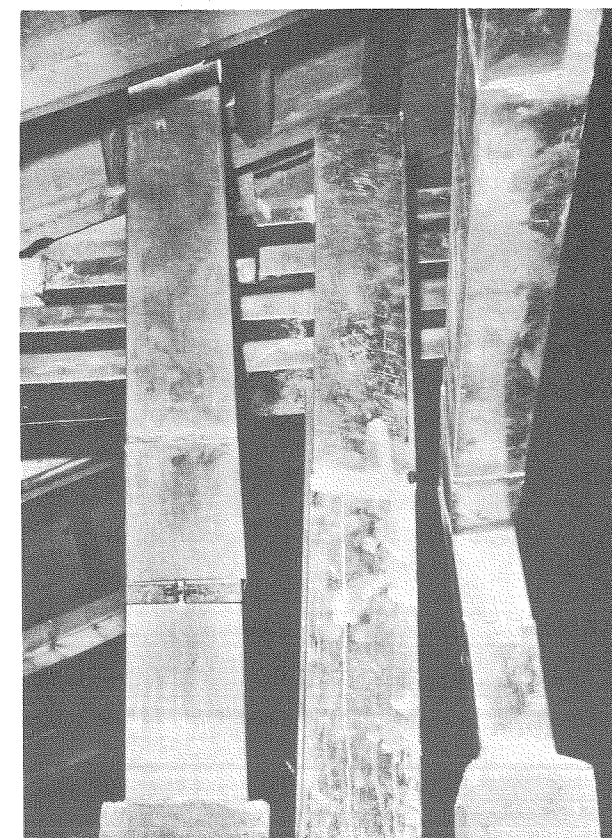


Fig. 33. Foto af forsøgsarrangementet i loftsrømmet på fig. 32.  
Photograph of the loft arrangement of fig. 32.

Den 5-etages ejendom, som fig. 27 omhandler, viste en så ringe udsugning, at en indgående inspektion af anlægget blev iværksat. Herunder blev 15 spande fulde af murbrokker og andet hentet ud af ventilationskanalerne i tagrummet, og ikke mindre end 8 udsugningskanaler viste sig ikke at være ført op over øverste etageadskillelse, men sluttede blindt under den.\*)

Fig. 28 viser ventilationsresultaterne fra nogle 3- og 8-etages huse. Selvom udsugningen gennemsnitligt ligger så højt som på 60 m³/h for køkkenerne og 50 m³/h for bad/wc-rummene, opfylder den dog ikke kravene i den svenske bygge lov, der forlanger en 10 - 20 m³/h større udsugning.

\*) Ved en tilsvarende undersøgelse udført af Norges Byggeforskningsinstitut i en stor beboelsesejendom med mekanisk ventilation viste det sig, at ingen af ventilationskanalerne var ført gennem næstøverste etageadskillelse. Der blev altså kun udsuget, omend kraftigt, fra den øverste etage. Ingen af beboerne i de underliggende etager havde dog klaget over dårlig ventilation.

Spredningen er stor på talmaterialet; den andrager 20 - 30 m<sup>3</sup>/h. Det tyder på stor variation i udsugningen fra rum til rum. 74 af de 200 lejligheder fig. 28 omfatter, var beliggende i 8-etages huse, og her viste der sig ikke nogen nævneværdig forskel i udsugningen mellem de enkelte etager, hvorimod der var stor forskel i udsugningen inden for de enkelte etager. Dette svarer til erfaringerne fra de danske undersøgelser.

Fig. 29 viser resultaterne for nogle 3-etages huse. Udsugningen er gennemsnitligt meget ringe, hvilket tyder på, at anlæggene må have været behæftet med en række fejl, og propelventilatorerne dimensioneret med for lav kapacitet, da udsugningen ellers ikke ville have været for lav over alle etager.

### En tidligere norsk ventilationsundersøgelse

Norges Byggeforskningsinstitut har i 1951-52 foretaget en sammenlignende undersøgelse af separat-systemet og shunt-systemet for naturlig ventilation. Der viste sig ikke at være synderlig forskel på de to systemers ventilationsevne, måske bør dog shunt-systemet foretrakkes.

### Forsøg med aftrækshætter

Da taghætternes konstruktion og placering viste sig at have stor indflydelse på ventilationsanlæggenes funktion, blev der udført nogle forsøg med hætter i en ejendom nord for København. Ved sammenlignende forsøg mellem et tudstens-aftræk og et hætte-aftræk, se fig. 33 der vekselvis kunne tilsluttes samme aftrækskanal i en 3-etages beboelsesejendom med 27° taghældning, viste det sig, at aftrækket gennem tudstens-aftrækket i høj grad var upålideligt, idet det hyppigt stoppede, og at trækstyrken i det hele taget var ringe. Hætte-aftrækket derimod viste væsentlig bedre trækstyrke, selvom vindstyrken var høj og hætten beliggende på den luv tagflade midtvejs mellem tagskæg og tagryg. Hætten var udført som en 10 x 15 cm<sup>2</sup> jernpladekanal, der stak op gennem tagfladen. Ved regulering af hættehøjden mellem de to stillinger, hvor overkanten af hætten

netop flugtede med tagfladen, og hvor den var hævet 30 cm over tagryggen, konstateredes det, at trækstyrken nåede maksimum, når overkanten af hætten var hævet fra 50 til 75 cm op over tagfladen. Det falder meget godt sammen med kravet i bygningsreglementet, hvorefter overkanten af aftrækshætten skal være hævet mindst 50 cm over tagfladen, når taghældningen er mindre end 1:2.

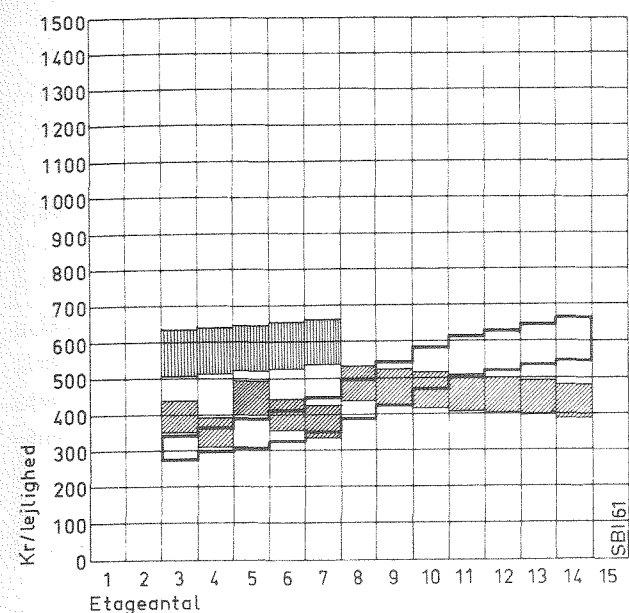
Der udførtes endvidere forsøg med hætter på et saddeltag med 40° taghældning (ejendommen var på 3 etager), og hætterne beliggende midtvejs mellem tagskæg og tagryg, se fig. 37, og overkanten af hætterne hævet 50 cm over tagfladen. Det viste sig da, at vinden fremkaldte nedslag i hætterne, når de var beliggende på den luv tagflade, og vindretningen indenfor en vinkel på ca. 90°, fordelt med 45° til hver side af normalen til husets længdeakse. Når hætterne var beliggende på den læ tagflade, var der derimod ingen nedslags-tendenser, og aftrækket var moderat og uden væsentlige svingninger. En tilspidsning af hættemundingen viste sig uden indflydelse på nedslags-tendensen.

Det kan herefter med overvejende sandsynlighed fastslås, at ved taghældninger på 40° og derover vil der ved hætter af gangs konstruktion opstå risiko for nedslag, når hætterne er beliggende midt mellem tagskæg og tagryg på den luv tagflade. Ved taghældninger under 27° vil der derimod ikke være fare for nedslag under normale vejrforhold. Et eller andet sted mellem 27° og 40° vil taghældningen netop være kritisk.

### Forsøg med køkkenventilator

I de senere år er der blevet indrettet en del køkkener med direkte udsugning. Der blev derfor udført nogle orienterende målinger med en sådan ventilator opsat i køkkenvindue i en beboelse-lejlighed, se fig. 39, beliggende på 2. etage i et 3-etages hus, hvor der kun var vinduer mod nord og syd. Her udførtes 2 ventilationsforsøg, der gav følgende resultater

1. Med alle døre og vinduer i lejligheden lukkede målttes luftskiftet i opholdsrummene og kontrolleredes udsugningen fra det indvendigt beliggende badeværelse, når køkkenventilatoren var a) ude af drift og b) i drift for fuldt

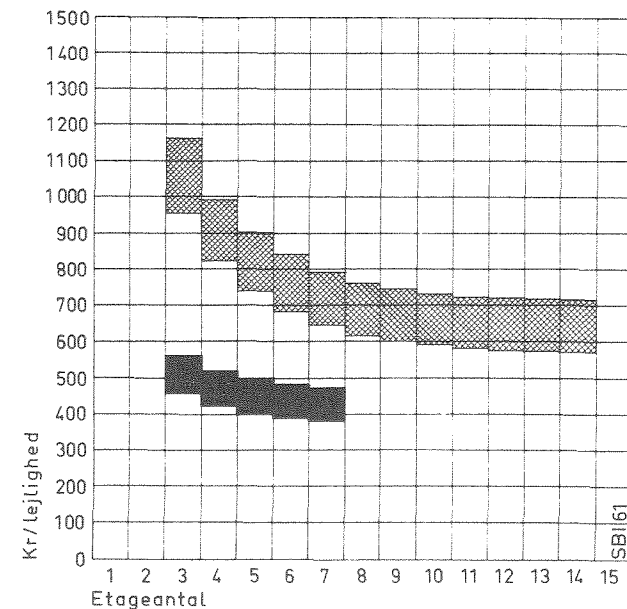


- Beregningstilfælde 1: Naturlig ventilation, separat-system. Kanaler af eternitrør uden trækning i tagrum.
- Beregningstilfælde 2: Naturlig ventilation, separat-system. Kanaler af eternitrør med trækning i tagrum.
- Beregningstilfælde 3: Naturlig ventilation, shunt-system. Kanaler af betonrør uden trækning i tagrum.

Fig. 34a. Anlægsudgifterne for naturlige ventilationsanlæg i kr. pr. lejlighed. Initial costs of natural ventilating plants in Dan. kr. per flat. (Beregningstilfælde = calculation no. do. 1 etc. = natural ventilation, separate system, asbestos-cement ducts, without offsets of loft ducts. do. 2 etc. = natural ventilation, separate system, asbestos-cement ducts, with offsets of loft ducts. do. 3 etc. = natural ventilation, shunt system, concrete ducts, without offsets of loft ducts. Kr/lejlighed = kr. per flat. Etageantal = number of stories).

omløbstal. Ventilatoren var med en nominal udsugning på 900 m<sup>3</sup>/h efter fabrikantens opgivelser. Resultatet blev

- a) køkkenventilatoren ude af drift:
  - Luftskifte i opholdsrum 0,64 gange pr. time svarende til 45 m<sup>3</sup>/h,
  - Aftræk fra bad: 30 - 35 m<sup>3</sup>/h.
- b) Køkkenventilator i drift for fuldt omløbstal:
  - Luftskifte i opholdsrum 1,85 gange pr. time svarende til 130 m<sup>3</sup>/h.
  - Aftræk fra bad: Nedslag.
  - Luftskiftet i opholdsrummene steg således til det tredobbelte, til trods for at alle døre



- Beregningstilfælde 4: Mekanisk ventilation, skorstens-system. Kanaler af beton- eller eternitrør. Ventilatoraggregat i hytte på taget. 1 aggregat pr. opgang.
- Beregningstilfælde 5: Mekanisk ventilation, skorstens-system. Kanaler af beton- eller eternitrør. Ventilatoraggregat i tagrum. 1 aggregat pr. 3 opgange.

Fig. 34b. Anlægsudgifterne for mekaniske ventilationsanlæg i kr. pr. lejlighed. Initial costs of mechanical ventilating plants in Dan. kr. per flat. (Kr/lejlighed = kr. per flat. Etageantal = number of stories. Beregningstilfælde = calculation no. do. 4 etc. = mechanical ventilation, chimney system, concrete or asbestos-cement ducts, fan unit in housing on the roof, one unit per staircase. do. 5 = mechanical ventilation, chimney system, concrete or asbestos-cement ducts, fan unit in the loft, one unit per 3 staircases).

og vinduer i lejligheden var lukkede, når køkkenventilatoren sættes i gang. Undertrykket, som køkkenventilatoren frembragte i lejligheden, var stort nok til at fremkalde nedslag gennem aftrækskanalen (naturlig ventilation) fra baderummet.

2. Ved afbrænding af røgpulverstreng i køkkenet og ved trinvis opregulering af omløbstallet for køkkenventilatoren indtil fuldt omløbstal søgtes det konstateret, hvor kraftig udsugning, der må forlanges af en køkkenventilator for at bortventilere mados og em i takt med deres produktion. Frisklufttilførslen til køkkenet skete gennem soveværelset, idet so-

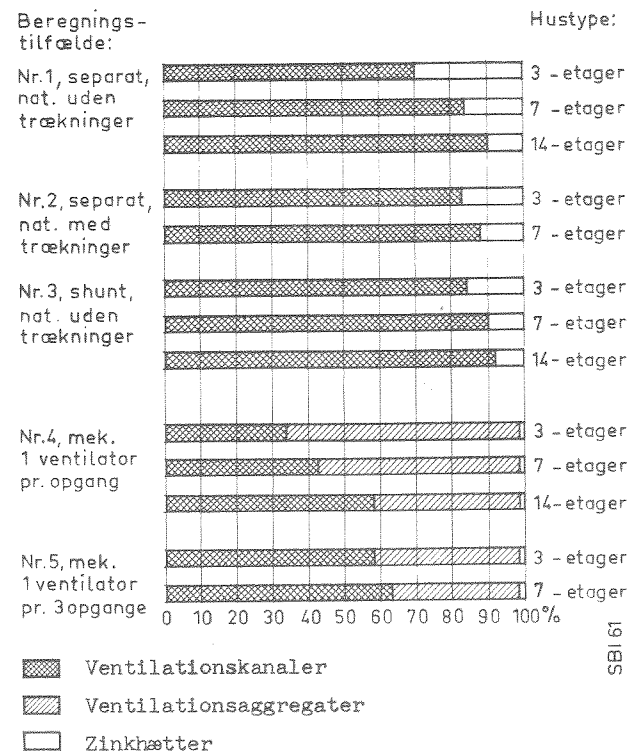


Fig. 34c. Forholdet mellem priserne for kanaler, ventilatorer og zinkhætter for forskellige typer af ventilationsanlæg. The initial cost percentages of ducts, fans, and zinc hoods for various types of ventilating plants. (Beregningstilfælde etc. = calculation. No. 1, separate, nat. vent., without offsets. No. 2, separate, nat. vent., with offsets. No. 3, shunt, nat. vent., without offsets. No. 4, mech., one ventilator per staircase. No. 5, mech., one ventilator per 3 staircases. Hustype = type of house. Etager = stories. Ventilationskanaler = ventilating ducts. Ventilationsaggregater = fan units. Zinkhætter = zinc hoods).

veværelsesvinduet stod åbent, og dørene mellem køkken og entré og soveværelse og entré ligeledes stod åbne.

Ved lave omløbstal udfyldte røgen hurtigt køkkenet og vældede snart ud i entréen. Først ved fuldt omløbstal lykkedes det at holde entréen fri for røg, og ventilationsluften havde en tydelig retningstendens hen mod ventilatoren i køkkenvinduet. Udsugningen målt til ca. 500 m<sup>3</sup>/h ved fuldt omløbstal, køkkenet var 10 m<sup>2</sup> og ca. 25 m<sup>3</sup> stort. En udsugning svarende til ca. 20 luftskifter pr. time må derfor være målet, hvis mados og em effektivt skal kunne bortventileres umiddelbart efter deres produktion; der vil dog i vintermånedene være betydelige trækgener og varmetab forbundet hermed.

## Anlægs- og driftsudgifterne

Når det i aktuelle tilfælde skal afgøres, hvilket ventilationssystem, der bør vælges, må der ikke alene foretages en teknisk vurdering, men også en økonomisk - dels af anlægsudgifterne og dels af driftsudgifterne.

Anlægsudgifterne for ventilationsanlæggene i gennemsnit pr. lejlighed påvirkes af etageantal, taghældning og materialevalg til aftrækskanaler, samt for mekaniske ventilationsanlæg også af det antal lodrette kanaler, det enkelte ventilationsaggregat skal betjene.

En gennemregning, se fig. 34 viser, at anlægsudgifterne stort set er ens for alle typer anlæg; usikkerheden på prisberegningerne, hvor alle komponenterne medtages, er så store, at der ikke kan spores en klar tendens. De mekaniske ventilationsanlæg synes dog at være dyrere end naturlige.

Ved meget høje huse - over 8-10 etager - vil systemerne med få lodrette kanaler, nemlig skorstenssystemet og shunt-systemet, blive billigere pr. lejlighed.

Driftsudgifterne vil, se fig. 35, for de naturlige ventilationsanlæg udover kapitaludgifterne, væsentligst være udgifter til reparationer og fornyelser af de dele, som kan korrodere, dvs. kanaler og hætter af jern og metal.

For de mekaniske ventilationsanlæg vil driftsudgifterne ligge højest, fordi de ikke alene omfatter udgifter til reparationer og fornyelser af kanaler og hætter, men også til reparationer af selve ventilationsaggregatet, tilsyn og pasning og endelig udgifter til elektricitet.

## Sammenfatning

Målingerne af ventilationsluftmængderne viste, at ved en temperaturforskel inde-ude på 15°C og en vindstyrke på 5 m/s var udsugningen gennemsnitligt 32 m<sup>3</sup>/h for køkkener og 29 m<sup>3</sup>/h for bad/wc ved naturlige ventilationsanlæg efter separat-systemet, se fig. 1, een kanal for hvert rum, og 38 m<sup>3</sup>/h for køkkenet og 46 m<sup>3</sup>/h for bad/wc ved mekaniske ventilationsanlæg ved maksimal be-

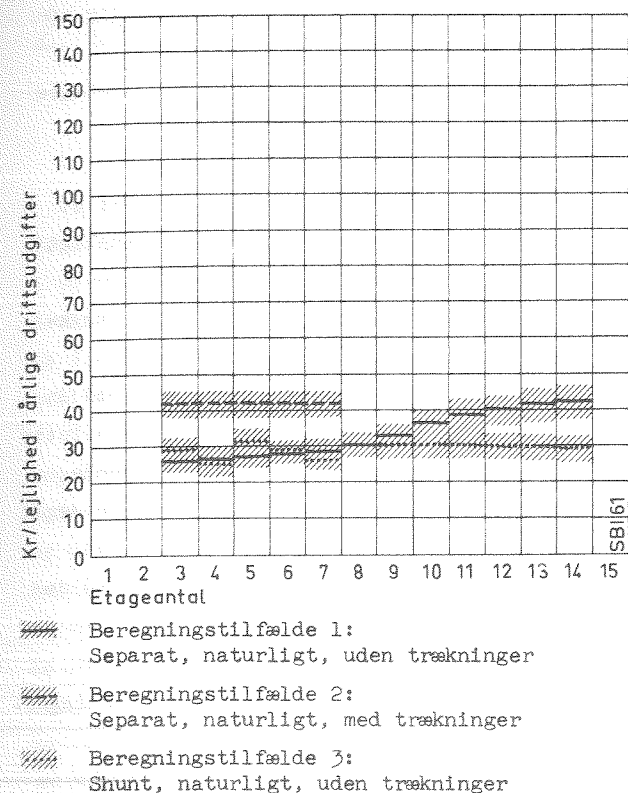


Fig. 35a. De samlede årlige driftsudgifter i kr. pr. lejlighed for naturlige ventilationsanlæg. The total annual operating costs in Dan. kr. per flat of natural ventilating plants. (Kr/lejlighed i årlige driftsudgifter = kr. per flat of annual operating costs. Etageantal = number of stories. Beregningstilfælde = calculation no. do. 1 etc. = separate, nat. vent., without offsets. do. 2 etc. = separate, nat. vent., with offsets. do. 3 etc. = shunt, nat. vent., without offsets).

lastning efter skorstenssystemet, een kanal for hver kolonne rum over hinanden. Spredningen var meget stor omkring 20 m<sup>3</sup>/h på alle tallene.

Den subjektive vurdering af lufttilstanden i de undersøgte 1061 danske lejligheder tyder på, at disse ventilationsluftmængder i de fleste tilfælde er tilstrækkelige, når de virker hele døgnet. Men boligvanerne betyder langt mere end luftmængderne. Hvor beboerne ikke udlufter og holder tilstrækkeligt rent, og det gælder desværre mange steder, hjælper det ikke selv med kraftig udsugning.

Nogen udpræget forskel i funktionen mellem naturlig og mekanisk udsugning har det ikke været muligt at konstatere, når alle forhold tages i betragtning. De sædvanlige indvendinger mod naturlig udsugning: at den ikke virker og hyppigt giver nedslag, har intet på sig, og de forkert udførte mekaniske ventilationsanlæg virker natur-

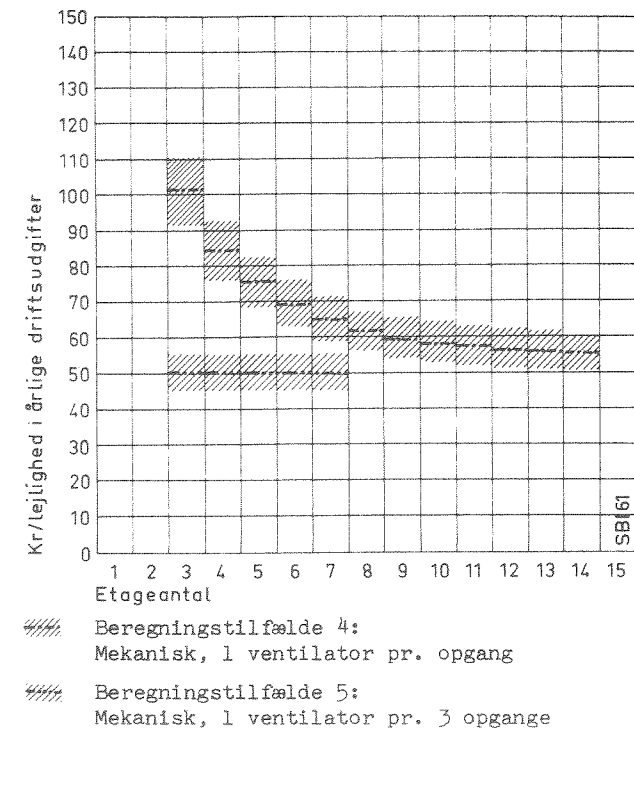


Fig. 35b. De samlede årlige driftsudgifter i kr. pr. lejlighed for mekaniske ventilationsanlæg. The total annual operating costs in Dan. kr. per flat of mechanical ventilating plants. (Kr/lejlighed i årlige driftsudgifter = kr. per flat of annual operating costs. Etageantal = number of stories. Beregningstilfælde = calculation no. do. 4 etc. = mechanical, one ventilator per staircase. do. 5 etc. = mechanical, one ventilator per 3 staircases).

ligvis heller ikke tilfredsstillende. Det er kun, når anlæggene ikke er rigtigt udført, at de ikke virker tilfredsstillende.

Der er ikke megen forskel i udgifterne ved de forskellige systemer, men det må dog siges, at de mekaniske ventilationsanlæg er dyrere både i installation og drift end de naturlige.

De retningslinier for udførelsen, der kan udledes af undersøgelserne, er:

- der skal udføres så detaljerede tegninger, at håndværkerne kan se, hvorledes kanalføringerne skal være,
- udsugningsåbningerne skal placeres, så de bliver lette at holde rene, og en støvsugerslange kan stikkes op i kanalerne,
- tagudførslerne skal udformes strømningssteknisk rigtigt, placeres således at nedslag kan undgås ved alle vindretninger og forsynes med fuglenet,

alle kanaler i kolde tagrum af Jernplade eller eternit skal varmeisoleres mod indvendig kondensation, kanalerne skal være glatte indvendig for at holde sig rene,

der bør i bygningsreglementet optages en bestemmelse om, at kanalerne skal udføres, så de kan renses overalt, og de bør forlanges rensede med regelmæssige mellemrum,

ved naturlige ventilationsanlæg:

Separat-, skorstens- og shuntsystemerne fungerer alle upåklageligt, når de er udført rigtigt, der er ingen grund til at hindre nogen af systemernes anvendelse, kanalerne skal helst føres lige op i rygningen uden vandrette trækninger, dette er det vigtigste både af hensyn til funktionen og renholdelsen; shunt-systemet må derfor forventes at være det ugunstigste med hensyn til renholdelse,

skorstens-systemet bør foretrækkes som det simpleste system i bygninger med indtil 4-5 etager, \*)

udsugningsåbningerne i rummene bør ikke være andet end munden af den lodrette kanal i

loftet uden riste, net eller snavshylder af nogen art,

alle kanaler bør synes, og der bør foretages tæthedsprøver før indflytning,

ved mekaniske ventilationsanlæg:

anlæggenes driftstid bør ikke styres af et tidsrelæ, da dette ikke vil være pålideligt over lange tidsrum,

det færdige anlæg bør nøje gennemgås, trykprøves og indreguleres,

der bør anvendes reguleringsventiler med en fornuftig karakteristik, og de bør være lette at rengøre, idet almindeligt forekommende ventiltyper er tilbøjelige til at samle meget snavs,

alle større betonkanaler bør armeres, så de ikke kan revne.

Angående driften kan det siges:

alle ventilationskanaler bør renses med regelmæssige mellemrum,

varmemesteren bør have en fyldig instruks om anlæggenes pasning og vedligeholdelse, og han bør af og til kontrollere, om anlæggene præsterer, hvad de skal, og om indreguleringen er i orden.

## 2. Undersøgelsernes formål og tilrettelæggelse

Formålet med boligventilationsundersøgelsen har i korthed været at få klarlagt, hvorledes aftræks- og ventilationsanlæggene findes udformet og fungerer i den bestående boligmasse, og i hvilken tilstand de forefindes.

Samtidig med, at der blev planlagt en undersøgelse i SBI, blev der planlagt en tilsvarende i Statens Nämnd för Byggnadsforskning, Stockholm, og det var da naturligt, der fandt et vist samarbejde sted. Det blev derfor aftalt, at de samme målemetoder og måleinstrumenter skulle anvendes, og at resultaterne blev behandlet efter tilsvarende principper, således at de er indbyrdes sammenlignelige.

Som følge heraf kan ventilationsresultaterne fra de to lande supplere hinanden, idet de danske undersøgelser næsten overvejende omfatter ejendomme med naturlig ventilation, medens de tilsvarende svenske undersøgelser hovedsagelig omfatter mekaniske ventilationsanlæg. Årsagen her til er den, at der i årene 1958-59 kun fandtes få boligkomplekser med mekanisk ventilation i Danmark, medens interessen i Sverige fortrinsvis har koncentreret sig om de mekaniske ventilationsanlæg.

Ventilationsundersøgelsen omfatter alene aftræks- og ventilationsinstallationerne for køkken og bad/wc, idet vaske-, tørre- og strygerum, skarnkasserum og affaldsskakter er holdt uden for undersøgelsen.

Undersøgelsen opdeltes i to faser: en "forundersøgelse" og den egentlige "ventilationsundersøgelse".

Ved forundersøgelsen blev et betydeligt antal beboelsesejendomme i Storkøbenhavn gennemgået for at få indsamlet et materiale til belysning af boligventilationsforholdene og anlægsudformningerne.

Ved ventilationsundersøgelsen blev den udsugede luftmængde for aftræks- og ventilationsanlæggene målt i en række beboelsesejendomme, der var udvalgt således på grundlag af resultaterne fra forundersøgelsen, at de vigtigste anlægsty-

per var repræsenteret med et lejlighedsantal, der stod i passende indbyrdes forhold.

Ventilationsundersøgelsen omfatter ialt 1061 lejligheder fordelt på 3 ejendomme med mekanisk ventilation og 45 ejendomme med naturlig ventilation eller

133 lejligheder med mekanisk udsugning

fra køkken og bad/wc,

494 lejligheder med naturlig ventilation

fra køkken og bad/wc,

434 lejligheder med naturlig ventilation

fra enten køkken eller bad/wc.

At ventilationsundersøgelsen kun omfatter 3 ejendomme med mekanisk ventilation i modsætning til 45 ejendomskomplekser med naturlig ventilation, skyldes, at der i 1958-59 kun var få ejendomme med mekaniske ventilationsanlæg til rådighed, medens hovedparten af beboelsesejendommene var udstyret med naturlige ventilationssystemer. At de 45 ejendomme med naturlig ventilation var tilstrækkeligt til at repræsentere hovedparten af beboelsesejendommene ved undersøgelsen skyldes, at ejendommene naturligt samler sig i grupper med tilsvarende anlægsudformninger. Da der endvidere har vist sig kun at eksistere et forholdsvist begrænset antal grupper, har det været muligt med ventilationsresultaterne at kunne give et udmærket billede af aftræksforholdene i boligmassen i sin helhed.

Som måleinstrumenter til registreringen af de udsugede luftmængder gennem aftræks- og ventilationskanalerne benyttedes for de naturlige aftrækskanalers vedkommende varmetrådsanemometre, -arbejdende efter Wheatstone's bro-princippet og forsynet med en "føler" til måling af lufthastigheden.

For de mekaniske ventilationsanlægs vedkommende benyttedes et specialfremstillet, mekanisk virkende måleinstrument, hvis måleramme var forsynet med en fjederpåvirket perforeret plade, der var ophængt i midten af målerammen, og som påvirkedes til udslag af luftstrømmen gennem målerammen. Begge typer måleinstrumenter findes

\*) Ved forsøg i Centre Scientifique et Technique du Batiment i Paris viste det sig, at i højhuse med naturlig ventilation efter skorstenssystemet strømmede der luft fra de underliggende etager ind gennem udsugningsåbningen i 7. etage.

nærmere omtalt i kapitel 11, hvori endvidere kalibreringen af instrumenterne og måleteknikken ved ventilationsmålingerne er beskrevet.

Målingerne var lagt således til rette, at to assistenter gennemgik de 48 udvalgte ejendomme i perioden februar-april 1959, og foretog målingerne af de udsugede luftmængder gennem aftræks- og ventilationskanalerne fra køkken og bad/wc, hvor beboerne gav tilladelse. Udover målingerne indhentes en række oplysninger i hver enkelt lejlighed af betydning for den videre behandling af måleresultaterne, data vedrørende rumdimensioner, kanaltværsnit og placering af kanalernes udmundning i rummene, rumtemperaturen etc.

Ved målingen af luftmængden ved de naturlige aftrækskanaler anbragtes varmetrådsanemometrenes følere i midtpunktet af udsugningsåbningerne, og ved målingen af de udsugede luftmængder gennem udsugningsventilerne i de mekaniske ventilationsanlæg placeredes det mekanisk virkende måleinstrument mod udsugningsventilerne med en måletragt som mellemled. Hver enkelt ventil holdtes iøvrigt fuldt åben under målingen.

Hastigheden i udsugningsåbningerne blev bestemt som middelværdien over 2 minutter.

I tilknytning til ventilationsmålingerne indhentes oplysninger fra Meteorologisk Institut vedrørende temperatur- og vindforholdene over Storkøbenhavn under måleperioderne.

Måleresultaterne er angivet i  $m^3/h$  for størrelsen af de udsugede luftmængder gennem aftrækskanalerne og udsugningsventilerne, og den absolutte usikkerhed på det enkelte måleresultat er en kombination af en række usikkerheds- og ubestemthedsbidrag. Sammenfattende må der regnes med en resulterende ubestemthed på det enkelte måleresultat, det vil sige på den udsugede luftmængde, af størrelsesorden

5 - 10% på måleresultaterne for de mekaniske ventilationsanlæg forsynet med udsugningsventiler i udsugningsåbningerne,

5 - 10% på måleresultaterne for de naturlige ventilationsanlæg, hvor vindstyrken har været lav og forholdsvis konstant under målingerne, og

ca. 20% på måleresultaterne for de naturlige ventilationsanlæg, hvor vindstyrken har været stærkt svingende og middelvindstyrken forholdsvis høj under målingerne.

Værdien af undersøgelsesmateriale afhænger først og fremmest af pålideligheden af de oplysninger, der er indsamlet, samt af den omhu hvorved de enkelte observationer er blevet udført og måleresultaterne viderebehandlet. Fejlprocenten er imidlertid søgt holdt lav ved et vidtgående kontrolarbejde med såvel undersøgelsens udførelse som med materialets bearbejdning.

Ved en omhyggelig tilrettelæggelse af målemetoden og en tilstrækkelig nøjagtig kalibrering af måleinstrumenterne, er usikkerhedsbidragene holdt så lave, at den resulterende ubestemthed på det enkelte måleresultat er så tilpas lav i forhold til spredningen på måleresultaterne, at det har været muligt at uddrage karakteristiske træk af betydning for de enkelte anlægstyper og for materialet i sin helhed. Da materialet vedrørende de mekaniske ventilationsanlæg imidlertid kun indeholder oplysninger fra forholdsvis få lejligheder, bliver ubestemtheden på spredningen for måleresultaterne dog stor for disse anlægs vedkommende. Dette gælder dog kun for de danske ventilationsresultaters vedkommende, idet de tilsvarende svenske ventilationsundersøgelser omfatter et betydeligt antal måleresultater fra mekaniske ventilationsanlæg.

### 3. Anlægstyper

Ved boligventilation anvendes her i landet overalt central udsugning, idet der kun findes aftræk i køkken og bad/wc, så der holdes undertryk i forhold hertil i lejlighedens øvrige rum.

Ved de naturlige ventilationsanlæg frembringes drivtrykket til luftstrømningerne gennem kanalerne dels ved vindens tryk og dels ved de tekniske kræfter, der opstår ved vægtfyldeforskellene mellem den varme luft i de lodrette kanaler og den kolde luft i det fri. Det, der sker, er meget kompliceret og lader sig ikke gøre til genstand for en nøjagtig beregning.

Ved de mekaniske ventilationsanlæg frembringes drivkraften af en elektrisk drevet ventilator i tagrummet.

Inden for hver af de to grupper findes der talrige variationsmuligheder for anlæggenes udførelsesmåder, og det er hovedtrækkene af disse, der er gengivet i det følgende.

#### Naturlige ventilationsanlæg

De naturlige ventilationsanlæg består kun af kanalforbindelserne, der fører fra de ventilerede rum op over taget til det fri, og aftrækshætterne, der afslutter kanalerne foroven til beskyttelse mod vejrliget og til fremme af trækstyrken for kanalerne. Der kan imidlertid opnås talrige variationsmuligheder ud fra de gængse typer af kanalmaterialer og aftrækshættetyper ved at variere kanalforbindelsesmåderne og placeringen af hætterne på tagfladerne.

Udsugningsanlæggene kan klassificeres efter de kanalforbindelsesprincipper, der hidtil er blevet anvendt i boligbyggeriet. Der kan her fremhæves systemtyperne

- separat-systemet,
- skorstens-systemet og
- shunt-systemet,

hvoraf de to sidste ikke har principiell godkendelse til boligbyggeri herhjemme. Der arbejdes dog på indførelsen af shunt-systemet.

Fig. 1 viser en principskitse af kanalføringerne for separat-systemet, der er det almindelige aftrækssystem i Danmark. Fra hvert enkelt køkken og bad/wc, der skal ventileres, føres en selvstændig udsugningskanal op gennem bygningen over taget til det fri. Gennem øverste etageadskillelse fører der derfor lige så mange kanaler, som der er rum i bygningen, der skal ventileres. Kanalkolonnerne, det vil sige grupperne af kanaler, der udgår fra de over hinanden beliggende køkkener eller bad/wc, antager et væsentlig større omfang i de øverste etager end i de nederste.

Fig. 2 viser en skitse af skorstens-systemet, der findes installeret i en række ældre ejendomme i København. De lodrette "skorstene" eller "emkanaler" modtager aftræk fra alle over hinanden beliggende køkkener tilsluttet samme trappeopgang; de modtager dog intetsteds aftræk fra bad/wc-rummene, der fandtes ventilerede ved hjælp af separat-systemet. Systemet fungerer ganske som med de almindelige skorstene, der modtager aftræk fra kakkelovne i de samme ejendomme.

Fig. 3 viser en principskitse af shunt-systemet. Systemet er en overgangsform mellem de to førstnævnte typer. Skorstensprincippet er bibeholdt; men aftrækket fra hvert enkelt rum er ført en etage op, inden det føres ind i skorstenskanalen. Systemet er hidtil kun blevet anvendt i boligbyggeri i Holland, Italien, Norge og Tyskland, for tiden er det patentbeskyttet i Danmark, hvor der er udført et eller to anlæg.

Udsugningskanalerne udgår fra de ventilerede rum tæt under lofterne eller i selve lofterne. Fig. 4 viser skitser af udsugningsåbninger, således som de findes placeret og udformet i hovedparten af køkkenerne og bad/wc-rummene i Storkøbenhavn. Udmunder kanalerne direkte i lofterne, udgås knæk på kanalerne ved indførelsen til rummene. I en del tilfælde er udsugningsåbningerne forsynet med trådnet, som vist på fig. 5, derimod er de regulerbare spjæld på fig. 6a sjældent anvendt i udsugningsåbningerne i de naturlige ventilationsanlæg. Risten vist på fig. 6b

og ventilen vist på fig. 6c findes anvendt i de ældre beboelsesejendomme med aftræk fra køkkenerne gennem skorstens-systemet.

De gængse kanalmaterialer, der hidtil er anvendt til ventilationsanlæg i boligbyggeri, er teglsten, beton, eternit og jernplade. Murede kanaler er dog anvendt yderst sjældent. Lysningsmålene for udsugningskanalerne er næsten overalt  $10 \times 15 \text{ cm}^2$ , såvel for køkken som for bad/wc. Udviklingen er gået fra jernpladekanaler over betonelementkanaler til eternitkanaler. Udsugningskanalerne er indtil fornylig i stor udstrækning blevet udført af  $10 \times 15 \text{ cm}^2$  betonelementer, der er blokke med en højde på ca. 33 cm. Eternitkanaler med lysningsmålene  $10 \times 15 \text{ cm}^2$  og i længder på 2-3 m pr. stk. vinder imidlertid mere og mere indpas i nybyggeri.

Fig. 7 giver en række skitser af kanalforbindelsesmetoderne, der har fundet anvendelse i ventilationsanlæggene i det bestående boligbyggeri.

Skorstens-systemet fig. 7a indtager en særstilling, idet det ikke har været tilladt i nybyggeri i en årrække, således at det kun er bevaret i en serie ældre ejendomme. Det anses herhjemme for at kunne lede brand og lugt fra den ene etage til den anden.

Tudstens-systemet, vist på fig. 7b, har været meget udbredt i en årrække op mod den anden verdenskrig. De lodrette udsugningskanaler er i tagrummet ført op til vandrette tværkanaler, som forbinder modsvarende tudsten i de to tagflader. Systemudformningen synes nu at være ved at blive endelig forladt som en følge af en række uheldige erfaringer med rørarrangementet, hvorom senere.

Hætte-systemet, fig. 7c, findes installeret i ca. 60% af beboelsesejendommene i Storkøbenhavn. Udsugningskanalerne er ført op gennem tagfladen og afsluttet i zinkhætter, som er anbragt på og inddækket i tagfladen. Systemet synes fortsat at være det mest udbredte i nybyggeriet; men det på fig. 7d viste rygningssystem, hvor udsugningskanalerne udmunder i ventilationsrygsten i tagryggen er ved at vinde betydeligt indpas i nybyggeri med eternit-tagbelægning. Skal både køkken og bad/wc, samt en række vaske- og tørrerum og skarnkasserum imidlertid samtidigt ventileres over taget til det fri gennem ventila-

tionsrygningssten, bliver tagryggen tæt besat med sådanne rygningssystemer.

Systemtypen fig. 7e findes anvendt i nogle få beboelsesejendomme i Storkøbenhavn. Den bygger på specialudformede aftrækshætter, hvorom der fra fabrikanternes side gøres gældende, at hætterne har en særlig god sugsevne og evne til at modvirke nedslag. I de få anlæg, der er tilladt udført, er hver af hætterne fælles for en trappeopgang, dvs. for en affaldsskakt og udsugningskolonnerne fra køkken og bad/wc i lejlighederne tilsluttet trappeopgangen samt vaske-, tørre- og skarnkasserummene, beliggende i nærheden af trappeopgangen. Ved denne udformning er de lodrette udsugningskanaler tilladt samlet i fælleskanaler i tagrummet.

Aftrækshætterne udføres af zinkplade, eternit, tegl og af galvaniseret jernplade. Fig. 8 viser en række af de almindeligst anvendte hætter, hvor fig. 8a-f viser zinkhætter, anvendelige til alle tagformer og vel nok langt de mest anvendte i efterkrigstidens byggeri, fig. 8g viser en tegltudsten og fig. 8h en eternittudsten. Fig. 8i viser en eternitventilationsrygningssten, anvendelig til eternittage med rygning. Fig. 8j viser en specialkonstrueret hætte, anvendelig til systemudformningen vist på fig. 7e.

Fotografierne fig. 9-13 giver eksempler på kanalarrangementerne for de naturlige ventilationsanlæg i tagrummene. Fotografierne fig. 14-15 viser to aftrækshætter. Det er zinkhætter af den kategori, der findes i tusindvis af på hustagene i Danmark. Som det fremgår af fotografierne, vidner de just ikke om dybere kendskab til strømningsmekanikken hos de projekterende og udførende eller om sans for kvalitetsarbejde.

## Mekaniske ventilationsanlæg

De mekaniske ventilationsanlæg består af kanalerne og ventilationsmaskineriet, samt afkastningskanalerne, der fører fra ventilatorerne til det fri. Dertil kommer de særlige typegodkendte ventiler, der anbringes i udsugningsåbningerne, motorskab til sikring af el-motorerne, lydisolerende underlag for maskineriet osv. Ventilatorerne er sædvanligvis centrifugalventila-

torer, men propelventilatorer finder stigende anvendelse, efterhånden som bedre og mere støjsvage modeller er fremkommet.

Principielt kan anlæggene klassificeres efter de samme retningslinier som de naturlige ventilationsanlæg, det vil sige efter system-typerne:

separat-systemet, fig. 16,

skorstens-systemet, fig. 17 og

shunt-systemet, fig. 18,

hvoraf kun skorstens-systemet, omend i en noget modificeret udformning, se fig. 19, har fundet typegodkendelse herhjemme for nogle enkelte fabrikkers vedkommende, "Kontrollventilations-systemet" og "Glentco blokventilation". De to andre typer har fundet anvendelse i Sverige.

Skitsen af det mekaniske ventilationsanlæg på fig. 19 viser udsugningskanalerne fra køkken og bad/wc slået sammen til fælleskanaler, der hver for sig betjener samtlige køkkener og bad/wc i de over hinanden beliggende lejligheder, idet kun et enkelt lejemål i hver etage tillades ventileret af samme fælleskanal. Hvor køkken og bad/wc ikke støder umiddelbart op mod hinanden, er fælleskanalerne delt op i fælleskanaler for køkkener og bad/wc for sig.

Udsugningen foregår gennem særlige typegodkendte udsugningsventiler, der arbejder med et forholdsvis stort trykfald af størrelsesorden 5 - 10 kp/m<sup>2</sup>, således at der hersker et tilsvarende undertryk i ventilationskanalerne i forhold til de ventilerede rum. Både køkkener og bad/wc, vaske-, tørre- og skarnkasserum, affaldsskakter og elevatorskakter ventileres gennem samme udsugningsventilator. Der må derfor en særlig indregulering til af anlæggene efter deres igangsætning, hvis den tilsigtede fordeling af de udsugede luftmængder over anlægget virkelig skal komme i stand. Indreguleringen må foretages ved spjæld i ventilationskanalerne og af reguleringsorganer i udsugningsventilerne, der efter indre-

guleringen kan fastlåses, så beboerne ikke kan stille på dem.

De øvrige systemtyper, anvendt i Sverige til mekaniske ventilationsanlæg: separat-systemet og shunt-systemet, er anvendelige uden udsugningsventiler i udsugningsåbningerne. De undertryk, ventilationsmaskineriet behøver at frembringe for samme luftmængde i ventilationskanalerne, er væsentlig mindre, nemlig af størrelsesorden 2 - 5 kp/m<sup>2</sup>, hvorfor ventilatorerne bliver noget billigere i drift for samme luftmængde. Sædvanligvis er udsugningsåbningerne i svenske anlæg dog forsynet med såkaldte "imventiler", der i fuldt åben tilstand ikke yder nogen nævneværdig modstand mod udsugningsluften.

Mekaniske ventilationsanlæg kan iøvrigt udføres centraliseret eller decentraliseret. I første tilfælde tilsluttes ventilationskanalerne et for hele bygningen fælles ventilationsmaskineri, medens ventilationsmaskineriet i sidste tilfælde opdeles i en række mindre ventilatoraggregater, der opstilles over hvert enkelt af bygningens afsnit, f.eks. over hver trappeopgang med udsugning fra alle lejligheder tilsluttet trappeopgangen samt affaldsskakt, elevatorskakt og øvrige birum beliggende ved foden af trappeopgangen.

Ved decentralisering af ventilationsmaskineriet kan et vidt forgrenet kanalnet over øverste etageadskillelse spares, og ejendommen bliver ventilationsmæssigt set ikke afhængig af et enkelt ventilatoraggregat. Som følge af de korte kanalstik, der opnås ved det decentraliserede system, undgås endvidere en stor del lækagetab gennem utætheder i kanalerne, der ellers ville belastere udsugningsventilatorerne og forøge driftsudgifterne ved de centraliserede anlæg. Såvel det centraliserede som det decentraliserede udsugningsanlæg har imidlertid hver sine fordele, der må afvejes mod hinanden, når valget af systemtyper skal træffes.

## 4. Anlæggenes udførelse og tilstand

### Naturlige ventilationsanlæg

I det efterfølgende er givet en beskrivelse af aftræks- og ventilationsinstallationerne i boligmassen, som de forefandt ved undersøgelserne.

#### Aftrækskanalerne

Lysningsmålene for aftrækskanalerne fra køkken og bad/wc er i langt de fleste tilfælde  $10 \times 15 \text{ cm}^2$ . Hvor kanalerne er opbygget af betonelementer eller udført af eternit, ligger disse dimensioner fast. Anderledes er det med jernpladekanalerne, hvor det er blikkenslagerne, der på mere eller mindre tilfældig måde har fastlagt lysningsmålene hjemme på værkstederne uden standardisering for øje: lysningsmål på f.eks.  $8 \times 14 \text{ cm}^2$ ,  $11 \times 13 \text{ cm}^2$ ,  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ,  $10^\emptyset$  og  $12^\emptyset \text{ cm}$  er da også almindelige i det ældre byggeri. Gennemsnitligt ligger lysningsmålene for jernpladekanalerne dog på ca.  $150 \text{ cm}^2$ , således at dimensionerne i det store og hele samler sig omkring  $10 \times 15 \text{ cm}^2$  såvel for køkken som bad/wc.

Kanalstammerne, som fører fra loftsrummene ned gennem etagerne til de ventilerede rum, er i det ældre byggeri fortrinsvis udført af jernplade, og i mindre udstrækning af beton.

I det nyere byggeri er jernpladekanalerne forsvundne og i det allernyeste synes kun at blive anvendt eternitkanaler. Eternitkanalerne er ganske vist lidt dyrere i indkøb end betonelementerne, men de er langt nemmere og hurtigere at opstille og giver tættere og glattere kanaler.

Da aftrækskanaler for naturlig ventilation i Danmark ikke er underkastet rensningspligt, er det af væsentlig betydning for aftrækskanalernes funktion, at de indvendige kanalvægge er både jævne og glatte, samt uden knæk og bøjninger, så risikoen for snavsansamlinger og tilstopninger fra brædestumper, kviste, fuglereder osv. bliver det mindst mulige, ligesom indvendig inspektion af kanalerne muliggøres. Aftrækskanalerne bør føre fra de ventilerede rum lodret op gennem bygningen til aftræksætterne på taget uden trækninger. Beklageligvis vil der dog selv ved ideal-

kanalføringerne uundgåeligt afleje sig støv på de indvendige kanalvægge som en følge af aftræksluftens indhold af em og støv, og når snavstotterne efterhånden vokser sig overvægtige, løsner de sig fra kanalvæggene og føres enten ud foroven med aftræksluften eller daler ned gennem aftræksåbningerne i de tilsluttede rum. Det er dog fortrinsvis i byggeriet fra førkrigsårene, dette sker; snavset har her fået den nødvendige tid til at afleje sig i så stor udstrækning på kanalvæggene, at denne gene for alvor kan gøre sig gældende. Dette er da også hovedårsagen til, at så mange aftrækskanaler i de naturlige ventilationsanlæg er blevet tilstoppede. Beboerne lukker simpelthen udsugningsåbningerne for at undgå snavsnedfaldet fra kanalerne.

Hvor køkken og bad/wc ligger ved ydervæg, er det simplest at lade kanalerne udmunde et sted nede på taget.

For at nedslag skal undgås må hætterne føres mindst 30 cm over tagryggen, og de ville altså blive meget høje. Følgen er, at aftrækskanalerne forsynes med knæk, bøjninger eller trækninger i loftsrummene og føres ud til det fri i nærheden af tagryggen. Er taghældningen mindre end  $30^\circ$ , er det dog ikke nødvendigt at føre hætterne 30 cm op over tagryggen. Det er da tilstrækkeligt at føre hætterne 50 cm op over tagfladen, idet nedslagstendenser ikke synes at optræde ved taghældninger under  $30^\circ$ .

Da det er af betydning for kanalernes funktion, at indervæggene er jævne og glatte, må der ved opførelsen af kanalinstallationerne lægges vægt på en håndværksmæssig korrekt samling af de enkelte kanalelementer. Er håndværkerne ikke i stand til at opfylde disse krav, bør man se sig om efter nye robuste og sikre samlemetoder mellem de enkelte kanalelementer, der ikke stiller særlige krav til den håndværksmæssige udførelse.

Jernpladekanalerne må siges i langt de fleste tilfælde at have overtruffet forventningerne. Overgangsstederne mellem de enkelte kanalstykker, samlet ved lodning eller ombertling, har været både glatte og omhyggeligt udførte,

og de lodrette kanaler har overalt stået klare og lyse indvendig uden antydning af tilstopninger eller snavsansamlinger. Kanalvæggene har åbenbart den fornødne glathed til at afvise støvaflejringer i større omfang.

Eternitkanalerne er først taget i anvendelse efter krigsårene, og kanalerne syntes i langt de fleste tilfælde uden urenheder og tilstopninger. Der er kun få samlinger, og de rationelt udformede muffesamlinger fremtræder næsten usynlige i det indre af kanalerne.

Medens både jernplade- og eternitkanalerne således har vist sig uden nævneværdig tendens til snavsansamlinger i de lodrette kanalstykker, er det modsatte tilfældet for betonkanalernes vedkommende. Her er det meget almindeligt i ældre ejendomme, men også i byggeri af nyere dato, at finde godt "tilgroede" aftrækskanaler, hvor snavset sidder i tommetykke lag på de indvendige kanaloverflader.

Årsagen til denne tendens til støvvedhæng på væggene må skyldes betonens forholdsvis ru overflade i forbindelse med dens fugtakkumulerende egenskab, således at emmen i aftræksluften slår sig ned på kanalvæggene og bliver opsuget. De halvfugtige kanalvægge fastholder da støvet fra aftræksluften, og de når sjældent at udtørre. Jernplade- og eternitkanalerne, som er uden fugtakkumulerende egenskaber, må forventes at nå at tørre mellem perioderne, hvor aftræksluften er særlig emholdig, således at snavset atter løsnes og føres bort.

En fejl, der gik igen i en meget stor del af aftrækskanalerne, var forekomsten af mørtelbræmmer ud for samlingerne mellem de enkelte elementer i betonkanalerne. De ca. 33 cm høje betonelementer med indvendig lysning  $10 \times 15 \text{ cm}^2$  samles nemlig med mørtel som fugemateriale mellem falsene på elementerne. Ved fugningen er den overskydende mørtel blevet presset ud mellem falsene og har dannet 1 - 2 cm brede bræmmer indvendig i og udvendig på kanalerne. De udvendige mørtelbræmmer har mureren strøget af, men de indvendige har fået lov til at blive siddende.

Spørgsmålet er imidlertid, hvor stor en rolle forekomsten af disse mørtelbræmmer i kanalerne spiller? Sandsynligvis er de ganske harmløse, for aftrækket bliver ganske givet ikke nedsat i styrke, og tendensen til forurening kan dårligt

blive større, end den alligevel vil være for betonkanalernes vedkommende. Mørtelbræmmerne viser derimod tydeligt, om fugerne er blevet udfyldt med fugemørtel.

Det er derimod meget værre, at der i flere tilfælde blev fundet bygninger under opførelse, hvor det viste sig, at aftrækskanalerne blev opstillet af murerne simpelthen ved opstabling af betonelementerne uden tætning med fugemateriale og ved senere camouflering af kalamiteten ved pudsning af kanalvæggene udvendig samtidig med pudsningen af væggene i rummene. Det er da klart, at en senere inspektion vil vise, at kanalerne er glatte og i orden indvendig; men hvad den ikke uden videre afslører er, at kanalerne, hvor de er opstillet af kolonnerør, er kortsluttet ud for hver enkelt samling.

Hvad snavsansamlingerne angår, viste det sig, at det fortrinsvis var aftrækskanalerne fra køkkenerne, det var galt fat med, hvorimod aftrækskanalerne fra bade- og wc-rummene i det store og hele stod klare og rene. Emmen fra madlavningen må åbenbart bære en stor del af skylden for kanalernes tilsmudsning.

#### Udsugningsåbninger og kanaltilslutningerne til rummene

En stor del af aftrækskanalerne er, som vist på fig. 4a, tilsluttet de ventilerede rum ved et kort vandret kanalstik. Årsagen hertil er, at kanalstammerne er opstillet på den anden side af skillevæggene ind til naborummene. Lægges kanalstammerne derimod inden for begrænsningsfladerne af de ventilerede rum, kan knækkene undgås, som vist på fig. 4b. Men opsættes der, som vist på fig. 4c, plader rundt om aftræksåbningerne, er man tilbage igen til forholdene vist på fig. 4a. Herved opnås nogle fortræffelige "snavsbakker", men det bliver umuligt at få en støvsugerslange stukket op i kanalerne for at rense dem nedefra. Når snavset derpå, som det er almindeligt i boligerne, gennem årene får lov til at samle sig i "snavsbakkerne" uden at blive fjernet, vil aftræksåbningerne til sidst "gro" helt til, og udseendet af aftræksåbningerne vil blive højst uindbydende og usættisk.

I en række af de ældre ejendomme er der almindeligvis indsat trådnæt i udsugningsåbningerne til hindring af snavsnedfald fra kanalerne. Be-

klageligvis er trådnettene ikke aftagelige, således at en rensning af aftrækskanalernes nederste afsnit er umulig. Snavset har da gennem årene fået lejlighed til at hobe sig op over netterne, som i en række tilfælde har vist sig så godt som tilstoppede med en klæbrig, beglignende substans af snavs, som er vanskelig at fjerne. Tendensen i nybyggeriet er lykkeligvis gået i retning af at udelade disse trådnets i udsugningsåbningerne.

Det var kun i få tilfælde, der fandtes anbragt ventiler og spjæld i udsugningsåbningerne, og hvor de forefandt, var de tilstoppede med snavs og ikke aftagelige for rengøring, eller de var tillukkede, og beboerne ville ikke benytte dem, da snavs faldt ned gennem ventil- og spjældåbningerne, hvis de søgte at åbne disse.

Ventilklapperne, vist på fig. 6c, som findes installeret i aftræksåbningerne i emkanalerne i køkkenerne i de ældre ejendomme med skorstenssystemet, var i mange tilfælde dækkede af hvidtning, således at de ikke kunne åbnes. Hvor de kunne åbnes, åbenbares indervægge i emkanalerne, der var helt overdækkede med snavs, således at beboerne kviede sig ved at benytte sig af ventilationsmuligheden.

Stort set kan det siges, at aftrækskanalerne fra køkkenerne i de fleste tilfælde er modne til en gennemgribende rensning allerede efter 3-4 års forløb, mens kanalerne fra bad/wc-rummene stort set holder sig rene. Hvor beboerne har tilstoppet aftræksåbningerne til kanalerne, skyldes det i første række, at de vil sikre sig imod, at smudset fra kanalerne drysser ned på komfur eller i badekar. I en del tilfælde har beboerne dog ved tilstopning af kanalerne søgt at hindre nedslag gennem kanalerne, hvor aftrækshætterne har været forkert beliggende på tagfladerne, eller der har været fejl i ventilationssystemet i tagrummet.

Det behøver dog ikke alene at være nedslagsvirkninger, beboerne søger at beskytte sig imod ved tilstopning af udsugningsåbningerne. I mange tilfælde har beboerne nemlig tilstoppet aftrækene fra bad/wc-rummene, fordi de klagede over trækgenerne, som frisklufttilførslen til disse rum forvoldte. Frisklufttilførslen til bad/wc sker nemlig sædvanligvis gennem en spalte under døren ud til forstue eller entré, således at

friskluften i nærheden af døren stryger hen over gulvet i en bred luftstråle, forbi wc-skålen.

Hvor tilstopningerne blev fjernet, viste det sig bagefter, at aftrækkene fungerede som de øvrige aftræk i de samme ejendomme. Der blev også fundet tilstopninger, hvor beboerne som årsag gav bestræbelserne på at spare på varmeudgifterne.

#### Kanalforbindelserne i tagrummene

Ved de naturlige ventilationsanlæg har fantasien fået rigt afløb, når det gælder kanalforbindelserne i loftsrummene. Mange ventilationsanlæg er udført med simple og velordnede kanalforbindelser i tagrummene, men lige så mange anlæg udviser både udviklede og mangelfulde kanalarrangementer i loftsrummene. Fotografierne fig. 9-13 giver et godt indtryk af det, man kommer ud for.

Langt de simpleste kanalforbindelser opnås, hvor de lodrette aftrækskolonner kan føres lodret op gennem tagrummet og videre gennem taget ud til det fri uden knæk eller bøjninger; samtidig hermed kan kanalerne udføres i samme materiale i hele deres udstrækning uden "svage punkter" ved overgangssteder mellem forskellige kanaltyper, som mellem betonelementer og eternitkanaler, hvor muffen og false ikke passer sammen. Men kravene i bygningsreglementet vil normalt ved taghældninger over 30° medføre, at hætterne må anbringes ved tagryggen, således at de lodrette kanalstammer i mange tilfælde må trækkes for at kunne tilsluttes hætterne.

Hvor betonkanalerne trækkes i tagrummene, understøttes de sædvanligvis med stole, af brædder eller bjælker. Trækninger på op til 10 m eller mere er ikke usædvanlige, ligesom vandrette trækninger af betonkanalerne heller ikke er ualmindelige. Det er klart, at de vandrette kanalstykker betyder forøget risiko for tilstopning af kanalerne, og særlig mørtelbræmmerne vil fastholde forureningerne.

Betonelementkanalerne synes robuste og holdbare gennem årene, der syndes blot med fugningen af samlingerne i loftsrummene, og samlingerne er mange steder brudt op for gennemføring af fjernsyns- og radioantennekabler, uden at de på ny er blevet tætnet.

Eternitkanalerne viste sig særdeles velegnede som kanalforbindelser i tagrummene, især for-

di de præfabrikerede bøjninger giver mulighed for trækninger uden skarpe knæk og med muffesamlinger mellem kanalstykker og bøjninger. Ganske unødvendigt fandtes imidlertid i adskillige tilfælde trækninger på 90°, udført ved hjælp af 90° bøjninger, hvor 45° bøjninger og trækninger lige så godt kunne have været anvendt.

Kanalforbindelsernes ømme punkt er imidlertid jernpladekanalerne i tagrummene. Her har blikkenslagerne i vid udstrækning set stort på tætheden af samlingerne mellem de enkelte kanalstykker og har undladt sammenlodninger og ombertlinger af kanalerne ud for samlingerne, med det resultat, at de er utætte, og at kanalerne faktisk som byggesæt kan pilles ned med fingrene og opstilles påny uden videre foranstaltninger. Kanalerne er da også i mange tilfælde faldet sammen under vægten af indtrængende fygesne.

De hyppigst forekommende kanaler er imidlertid betonkanaler gennem etagerne, jernpladekanaler i loftsetagen og zinkhætter eller tudsten som afslutning. Samlingerne mellem jernpladekanalerne og betonkanalerne er simpelthen sket ved, at enderne på jernkanalerne er opslidset eller klemt ovale og presset ned i den firkantede åbning på det øverste betonelement. I nogle tilfælde er samlingen tætnet med mørtel, men i langt de fleste tilfælde har åbningerne i hjørnerne mellem de ovale jernkanaler og de firkantede kanalåbninger i betonelementerne fået lov til at stå åbne uden tætningsmateriale, således at aftrækskanalerne står i direkte forbindelse med tagrummene gennem de grove utætheder.

Tudstenssystemet fortjener en særlig omtale i denne sammenhæng; thi sjældent har kvalerne været så store som netop med dette system. Næsten overalt, hvor tudstenssystemerne er brugt, er kanalforbindelserne i tagrummene foretaget med jernpladekanaler, som i langt de fleste tilfælde er uisolerede. Blikkenslagerne har, som vist på fig. 10, forbundet aftrækskolonnerne med de vandrette tværkanaler mellem tudstene ved hjælp af lange vandrette og skrå kanaltrækninger og forbindelsesled, udstyret med talrige knæk og bøjninger. Kanalerne er udført af forzinket eller forblyet jernplade, og i nogle tilfælde af sort plade. Zinkplade synes at være for kostbart. Sammenlodning mellem de enkelte kanalstykker er kun sjældent udført, så trækning-

gerne er meget svage. Værre er imidlertid de omfattende korrosionsangreb. Da kanalerne i tagrummene ikke er isolerede, falder temperaturen af kanalvæggene under dugpunktet for aftræksluften, og emmen kondenserer i de kolde kanaltrækninger. Omfattende rustangreb sætter ind selv på den forzinkede jernplade, hvor det først går ud over samlingerne. Særlig udsatte synes aftrækskanalerne fra vaskerum med gasvaskekedler og gasvaske-maskiner at være, selv forblyet jernplade kan ikke holde her. Kanalerne var i den grad tærede, at blot en ringe berøring af kanalerne i flere tilfælde bevirkede, at de styrtede sammen; der var kun et skelet tilbage af jernkanalerne.

Da levedygtigheden af de uisolerede jernkanaler i loftsrummene kun kan anslås til 4-5 år, er det forståeligt, at det lønner sig at ofre isoleringen på kanalerne.

Hvad der er sagt vedrørende jernpladekanalerne i forbindelse med tudstenssystemerne, gælder også for de andre systemtyper, hvor kanalforbindelserne i loftsrummene er af uisoleret jernplade. Også her har tæringerne af kanalerne vist sig at sætte ind, omend i noget mindre udstrækning.

Under forundersøgelsen blev der imidlertid truffet på flere anlæg, hvor kanalforbindelserne i tagrummene var udført af uisoleret jernplade, men hvor der ikke var de fjerneste spor af korrosionsangreb på kanalerne. Årsagen må være en gennemsnitlig højere temperatur i disse tagrum end normalt som følge af mangelfuld isolering af den øverste etageadskillelse, således at emmen ikke er blevet kølet ned under dugpunktet i aftrækskanalerne.

Foruden tæringerne har tudstenssystemerne voldt kvaler ved utætheder mellem tudsten og tværkanaler, hvor fygesne og slagregn er trængt ind og har skabt talrige fugtskader, idet fugten er trængt ned gennem træetageadskillelserne og har fremkaldt fugtskader på lofterne i lejlighederne i øverste etage.

Tudstenssystemerne synes nu imidlertid at være endeligt forladt i nybyggeriet, og i en række ejendomme har man taget konsekvensen af de dårlige erfaringer med systemet og udskiftet kanalarrangementerne og tudstene med simple og mere holdbare kanalforbindelser af eternit eller betonelementer afsluttet over taget i zinkhætter.



Udgifterne hertil skal dække istandsættelse af tagfladerne, opsætning af ny kanaler i loftsrummene og zinkhætter på tagfladerne, så de er ikke små. Med 1958-prisniveaueet androg udgifterne ca. 100.000 kr. for en ejendom med 3 etager og 100 trappeopgange uden isolering af kanalerne.

Hvad isoleringen af aftrækskanalerne angår, synes betonelementkanalerne at stille sig anderledes end eternit- og jernpladekanalerne; de porøse betonelementer synes at have en god evne til at akkumulere kondensvandet fra aftræksluften og til at afgive det igen til luften i de perioder, hvor den er mindre fugtholdig. Eternit- og jernpladekanalerne derimod er glatte og uden evne til at opsuge kondensvandet, der til tider er drevet ned og ud gennem aftræksåbningerne i de ventilerede rum og har frembragt fugtskjolder på pudslaget, eller fugten har fremkaldt tæring af jernpladekanalerne. Som følge heraf synes isoleringen at kunne undværes på betonkanalerne, men ikke på eternit- og jernpladekanalerne, hvor de passerer kolde rum.

I sammenhæng med omtalen af isoleringen af aftrækskanalerne skal det lige nævnes, at varmeisoleringen af etageadskillelserne over øverste etage synes meget udsat, hvor isoleringen er udlagt direkte oven på etageadskillelserne, tilgængelig for håndværkerne under reparationsarbejder. De søndertræmper nemlig isoleringen og flytter den til side, så den ligger hulter til bulter, og "glemmer" at lægge den på plads igen.

#### Aftrækshætter

Ved aftrækshætter forstås zinkhætter, tudsten, ventilationsrygningssten og i det hele taget alle hætter til afdækning af aftrækskanalerne mod vejrliget.

Tudstenene er særlig utætte overfor slagregn og fygesne. Når vinden blæser mod facaderne, vil der nemlig komme overtryk og altså nedslag i de lodrette kanaler. Skulle dette undgås, måtte de vandrette stykker have en indsnævring, hvor den lodrette kanal tilsluttes. Men det er et spørgsmål, om det ville være tilstrækkeligt. Det gør det heller ikke bedre, at de vandrette kanaler mellem tudstenene ikke har fald mod det fri. Mange tudsten manglede iøvrigt beskyttelsestrånet, hvorfor fugle kunne bygge reder i de vandrette kanaltrækninger.

Zinkhætter syntes overalt nogenlunde ensartet i konstruktion, se fig. 8a-f. Hætterne består af rektangulære zinkkapper, forsynet med overdækninger, som er fæstnet til overkanten af kapperne ved hjælp af "bjælker", der løfter overdækningerne 5-10 cm op over overkanten af kapperne, så aftræksluften kan få adgang til det fri. Hættekapperne er netop så store i omkreds, at de lige omslutter de tilhørende aftrækskolonner, der rager op i hætterne, uden at spillerummet mellem aftrækskolonne og hætte bliver større end nødvendigt. Overdækningerne rager normalt 2 - 8 cm ud over hætterne. Nogle overdækninger er, som vist på fig. 8a-d tydeligt løftede over hættekapperne, medens andre er trukket ned om hætterne til ekstra beskyttelse mod vejrliget, fig. 8e og fig. 15. Hætterne synes ikke særlig følsomme overfor slagregn og fygesne, der sjældent forvolder fugtskader ved disse former.

Zinkhætterne syntes særdeles vejrbestandige; kun i nogle få tilfælde var de så medtaget af vejrliget, at deres funktionsevne måtte forventes at være nedsat. Overdækningerne var således i nogle få tilfælde faldet ned over hættekapperne, fordi bæringerne var brudt sammen som følge af rustangreb og eventuel overlast.

I nogle tilfælde viste det sig, at trådnat i sprækkerne mellem overdækning og hætte kunne være påkrævet, da alliker havde havde bygget rede i hætterne og fyldt kanalerne helt op med kviste.

Zinkhætten synes altså i den gængse form at fungere tilfredsstillende i enhver henseende, derimod er deres placering på tagfladen af stor betydning, som det fremgår af kapitel 9.

Eternit-ventilationsrygningsstenene, fig. 8i, der i den senere tid har vundet betydeligt indpas, synes både lette og bekvemme at indpasse i tagkonstruktionen, og strømnings teknisk set er de rigtigt placeret i tagryggen, hvorved de bliver uafhængige af vindretningen. Da hætterne er forsynet med en række skarpe kanter, har de imidlertid tilbøjelighed til at "hyle" i stormvejr. Hættetyper ser ud til at være i stand til at holde regnvand og fygesne ude, i hvert fald har der ikke været nogen gener deraf, hvor de har været anvendt.

## Mekaniske ventilationsanlæg

Da der ved ventilationsundersøgelsens gennemførelse kun fandtes få ejendomme med mekaniske ventilationsanlæg i København, bliver erfaringer med de mekaniske ventilationsanlæg tilsvarende sparsomme. Der fandtes kun anlæg, hvor lodrette fælleskanaler igennem særlige typegodkendte udsugningsventiler modtager aftræk fra samtlige over hinanden beliggende køkkener eller bad/wc under ét, skorstens-systemet.

Betingelsen for anvendelsen af mekaniske ventilationsanlæg har således overfor de gængse ventilationsanlæg været, at udsugningsåbningerne skulle forsynes med særlige typegodkendte, regulerbare ventiler, der er i stand til at opfylde myndighedernes krav i brand- og lyd mæssig henseende. Som påpeget i kapitel 11 er imidlertid ikke alle ventiltyper lige godt regulerende.

Indreguleringen af anlæggene sker ved at foretage en justering af reguleringsområdet for ventilerne, der iøvrigt efter indreguleringen fastlåses på en sådan måde, at de senere hen af beboerne kun kan reguleres mellem 20% og 100% af den maksimale luftmængde.

Som det senere ses, er en meget omhyggelig indregulering imidlertid nødvendig, og kun en gennemgribende kontrol kan sikre dette. Ligeledes er det naturligt af en vis betydning, at ventilerne virkelig bliver installeret i udsugningsåbningerne, og at entreprenøren ikke "glemmer" det, hvad der sker for bavsende mange steder. Det er heller ikke godt at anbringe udsugningsåbningerne i køkkenskabene og blot udskære tilsvarende huller i skabsvæggene og udelade ventilerne.

En alvorlig ulempe ved udsugningsventilerne viste sig at være deres tilbøjelighed til at stoppe til som følge af støvaflejringer og snavsansamlinger i ventilspalterne. Udsugningsluften indeholder nemlig, navnlig fra køkkenerne, en del em og støv, som tilsammen aflejrer et tykt snavslag på forsiden af ventilerne og i ventilspalterne. Da ventilerne herved antager et højst uæstetisk udseende, bliver beboerne nødsaget til at tage dem ned for rengøring. Da tilnavnsningen imidlertid ofte sker i løbet af få uger, mister beboerne efterhånden lysten til at rengøre de

sortsmudsige, tilfædtede ventiler, og ventilerne får lov til at "gro" til, således at udsugningsevnen til sidst bliver lig nul. Dette tyder på, at ventiler i udsugningsåbningerne ikke er den rigtige løsning.

#### Ventilationskanalerne

Kanalerne er hidtil blevet udført af beton og jernplade, men eternitkanaler trænger sig på ved nyanlæg. De lodrette kanaler var det kun i et enkelt tilfælde muligt at tilse gennem rensedæksler i de vandrette samlekanaler over øverste etageadskillelse. Selvom anlægget kun var få år gammelt, havde der på kanalvæggene samlet sig et tommetykt snavslag. Kanalerne viste sig at have glatte kanalvægge og at være i god stand. De vandrette betonsamlekanaler, som i loftsrummene forbinder de lodrette ventilationskanaler med ventilatorerne, viste sig hist og her skrammet af dybe revner i betonen, og flere af rensedækslerne i kanalerne manglede. Det er klart, at en del af undertrykket i kanalerne går tabt som følge af disse utætheder, og resultatet bliver en reduktion af de udsugede luftmængder fra lejlighederne og dårlig fordeling i anlægget. Betonen i sig selv er imidlertid i et vist omfang luftgennemtrængelig, og andrager lækagetabene, som svenske undersøgelser giver udtryk for, op mod 25% af den beregnede kapacitet, må ventilatorerne være tilsvarende forøgede i kapacitet, hvis rumudsugningen ikke skal lide derunder.

Lyd mæssigt set var der ikke støjgener ved de undersøgte udsugningsanlæg. Udsugningsventilerne og de lange kanalstrækninger tilsammen sørger åbenbart for den fornødne dæmpning af støjen fra ventilationsmaskineriet.

#### Ventilationsmaskineriet

Ventilationsmaskineriet syntes intakt overalt, blot konstateredes det for et enkelt anlægs vedkommende, hvor ventilatoren var indrettet til at kunne køre med to omdrejningstal, et højt omdrejningstal med tilsvarende kraftig udsugning og et lavere omdrejningstal med reduceret udsugning, styret af et kontrolur, at tidsuret var 6 timer bagefter. Den kraftige udsugning, som skulle foregå mellem kl. 16 og 20, hvor madtilberedningen foregår, indfandt sig først henad midnat.

## 5. Luftmængdemålingerne

### Naturlig ventilation, separat-systemet

Hovedformålet med undersøgelserne var som nævnt at få fastslået størrelsesordenen af de udsugede luftmængder fra køkken og bad/wc, gældende for boligmassen i almindelighed. Der blev målt i 1061 lejligheder med køkken og bad/wc, og det er resultaterne fra disse målinger, der er gengivet i det efterfølgende.

Ved alle målinger af udsugede luftmængder blev samtlige vinduer og døre i den pågældende lejlighed holdt lukkede.

Der blev ialt udført aftræksmålinger på 45 ejendomme med naturlig ventilation af køkken og bad/wc. I en del af ejendommene var der dog kun ventilation af enten køkken eller bad/wc, som det fremgår af oversigtsdiagrammerne fig. 20, der viser aftræksresultaterne for de 45 ejendomme, hvor hver enkelt ejendom er anført med et nummer 5 til 50.

Under ejendomsnumrene på figuren er angivet systemnumrene for ventilationsanlæggene, idet systemnumrene henfører til fig. 21, hvor skitserne af anlægsudformningerne er vist for de forskellige systemtyper, der fandtes installeret i de 45 ejendomme.

Foroven på diagrammerne fig. 20 er over hver ejendom angivet middelværdien af udendørstemperaturen  $t_u$  og vindstyrken  $v_{\text{vind}}$  for det tidsrum, målingerne har stået på i vedkommende ejendoms-kompleks. Talværdierne for  $t_u$  og  $v_{\text{vind}}$  hidrører fra vejrmeldingerne fra Meteorologisk Instituts vejrstationer i Kastrup, Ordrup og Landbohøjskolen.

I de næste to rubrikker: køkken og bad/wc er angivet talværdierne for de udsugede luftmængder gennem aftrækskanalerne fra køkken og bad/wc. Luftmængderne for de enkelte lejligheder er ikke medtaget på fig. 20 af hensyn til pladsforholdene, derimod er middelværdierne  $Q_m$  i hver enkelt etage og i hver enkelt ejendom anført:

$$Q_m = \frac{\sum Q}{m}$$

hvor  $\sum Q$  er summen af de målte luftmængder på en

etage og  $m$  antallet af målinger på samme etage.

Middeltallene  $Q_m$  er kun dannet for de målinger, der hidrører fra aftrækskanaler med normalt aftræk (+), det vil sige med udsugning fra rummet. Målinger, der hidrører fra tilstoppede aftrækskanaler (T), eller som svarer til nedslag (-) eller varierende aftræk, det vil sige vekselvis aftræk og nedslag ( $\pm$ ) gennem kanalerne, er derimod holdt uden for middelværdidannelserne.

Talværdierne  $m$  er anført i rubrikken: positivt aftræk (+) og angivet som antal observationer, hvor forkortelsen obs. står for observationer, det vil sige aftræksmålinger.

Nedslagsvirkningen blev under målingerne påvist ved hjælp af en røgpistol, idet udsugningen blev kontrolleret ved hver aftræksmåling med røg til synliggørelse af luftstrømningerne.

Rubrikken: "observationernes fordeling på hver etage" giver sammen med værdierne for  $Q_m$  et billede af forholdene. De enkelte underrubrikker angiver:

- + positivt aftræk, det vil sige normalt forløbende udsugning,
- nedslag eller negativt aftræk,
- $\pm$  vekselvis aftræk/nedslag, det vil sige, at luftstrømmen gennem aftrækskanalen under målingen har vekslet mellem positivt aftræk og nedslag uden nogen udtalt tilbøjelighed til at forløbe i den ene eller den anden retning.
- DT delvis tilstoppet aftrækskanal eller -åbning (det var som regel, hvor der var trådnat i udsugningsåbningen),
- T totalt tilstoppet aftrækskanal eller -åbning, således at den udsugede luftmængde bliver 0  $\text{m}^3/\text{h}$  (heraf var der højst 10, hvor beboerne ikke selv havde tilstoppet udsugningsåbningerne).

Eks. Ifølge fig. 20 vil aftræksmålingerne på 8. etage i ejendom nr. 6 fordele sig på  
Køkken: 4 lejligheder med normalt aftræk (+) med en gennemsnitlig udsugede luftmængde ( $Q_m$ ) på 37  $\text{m}^3/\text{h}$  og 1 lejlighed med totalt tilstoppet aftræk (T),

Bad/wc: 2 lejligheder med normalt aftræk (+) med en gennemsnitlig udsugede luftmængde ( $Q_m$ ) på 20  $\text{m}^3/\text{h}$  og 1 lejlighed med nedslag (-).

Værdierne  $Q_{\text{K}}$  i rubrik 2 og 3 på fig. 20 svarer til værdierne  $Q_m$ , blot korrigeret for afvigelser i temperaturforskelle  $\Delta t = t_1 - t_u$  mellem rumluften og udendørsluften og for afvigelser i vindstyrker  $v_{\text{vind}}$ . Som figuren viser, er der forskel mellem udendørstemperaturen og vindstyrken fra ejendom til ejendom. Derved vanskeliggøres en indbyrdes sammenligning mellem de enkelte afmålinger, og for i nogen grad at råde bod på dette forhold er samtlige resultater omregnet til samme basistilstand: 15°C temperaturforskelle inde-ude og 5 m/s vindstyrke ved hjælp af korrektionsfaktoren f:

$$Q_{\text{K}} = f \cdot Q_m$$

som beskrevet i kapitel 12.

Fig. 20 viser, at luftmængden varierer meget med etagehøjden. I nogle ejendomme synes der at være en tendens til, at luftmængden stiger, i andre at den falder op gennem etagerne. Der er kun en ganske svag tendens både for køkken og bad til en aftagen af den udsugede luftmængdes størrelse op gennem etagerne. Det må skyldes, at samtidig med, at den termiske drivkraft falder op gennem etagerne, falder også strømningsmodstanden i kanalerne. Det har altså ikke noget på sig, som det altid påstås, at naturlige ventilationsanlæg ikke suger kraftigt nok i de øverste etager; se f.eks. på kurverne for ejendom nr. 11 på fig. 20, hvordan luftmængden varierer op gennem etagerne, og hvor luftmængden i øverste etage ligger over middelværdien.

Middelværdierne af de udsugede luftmængder i hver ejendom er vist på fig. 22 for køkken og bad/wc hver for sig. Nederst på figuren er udad en vandret akse afsat ejendomsnumrene og systemtyperne svarende til fig. 21. Ejendomme med samme systemtype er forbundet med streger. Den øverste halvdel af fig. 22 svarer til  $Q_m$ -værdierne, den nederste halvdel til  $Q_{\text{K}}$ -værdierne, det vil sige de til  $\Delta t = 15^\circ\text{C}$  og  $v_{\text{vind}} = 5 \text{ m/s}$  omregnede luftmængder.

Oversigtsdiagrammet fig. 22 viser et tydeligt fald i trækstyrke fra systemtype a til n, mens o ligger ret højt.

Sagt på en anden måde synes systemtyperne til venstre på diagrammet mest effektive og systemtyperne h-m forholdsvis mangelfulde. Hættesystemerne udført som vist på fig. 21a-g med enkle kanalføringer og zinkhætter over tagfladen synes derfor at være de mest effektive af de omhandlede systemtyper. Rygnings-systemet svarende til fig. 21o synes dog på højde med hætte-systemet, hvorimod tudstens-systemet, svarende til fig. 21k-m ligger dårligt placeret aftræksmæssigt set. Som fig. 20 giver udtryk for, er sidstnævnte system også skæmmet af en række nedslagstendenser og af tilstopninger af aftræksåbningerne, hvad der yderligere understreger systemets ineffektivitet.

Fig. 23 viser 3 sæt fordelingskurver over aftræksresultaterne for ejendommene nr. 5-50 med separat-systemet. Ejendommene er opdelt efter etageantal, således at ejendomme på 2-3 etager er henlagt i første gruppe, 4-5 etager i anden gruppe og 6-14 etager i tredje gruppe.

Fig. 23 viser fordelingen af luftmængderne inden for intervallerne 0-10  $\text{m}^3/\text{h}$ , 10-20  $\text{m}^3/\text{h}$  ..... 70-80  $\text{m}^3/\text{h}$  og over 80  $\text{m}^3/\text{h}$ , samt på kategorierne nedslag (-), vekselvis aftræk/nedslag ( $\pm$ ) og aftræk tilstoppet (T).

Fordelingskurverne giver dog først efter optegning af tilsvarende fraktildiagrammer oplysning om størrelsen af middelværdierne for de udsugede luftmængder inden for de tre nævnte grupper, og om spredningen på talmaterialet for hver af grupperne. Talværdierne er opført i tabel 1.

Gruppe	Etage-antal	Gennemsnitlig udsugede luftmængde, $\text{m}^3/\text{h}$		Spredningen på talmaterialet
		Køkken	Bad/wc	
1	2-3	30	30	20
2	4-5	25	25	20
3	6-14	45	35	30

Tabel 1. Gennemsnitlig udsugede luftmængde pr. køkken og bad/wc, samt spredningen på resultaterne for de tre grupper på henholdsvis 2-3, 4-5 og 6-14 etagers ejendomme med naturlig ventilation gennem separat-systemet.

Tabel 1 viser, at luftmængderne har været mindst i de 4-5 etagers ejendomme og størst i de 6-14 etagers ejendomme. Spredningen på talmaterialet er stor, idet den er af samme størrelsesorden

den som gennemsnitsværdierne for de udsugede luftmængder pr. køkken og bad/wc. Det tyder på en meget uensartet trækstyrke for de naturlige ventilationsanlæg.

De tre kurvesæt på fig. 23 er samlet under ét på fig. 24, der viser fordelingskurverne for køkken og bad/wc for samtlige ejendomme under ét forsynet med aftræksanlæg af typen: separat-systemet. Fig. 25 viser fordelingskurverne omsat til fraktildiagram, hvoraf det fremgår, at middelværdien for den udsugede luftmængde pr. køkken og bad/wc for samtlige ejendomme 5-50 med naturlig ventilation andrager ved en temperaturforskel inde-ude på  $\Delta t = 15^\circ\text{C}$  og en vindstyrke på 5 m/s:

32 m<sup>3</sup>/h for køkkener og  
29 m<sup>3</sup>/h for bad/wc.

Spredningen andrager for begge rums vedkommende ca. 20 m<sup>3</sup>/h.

Spredningen er således stor på hele materialet, og som fig. 25 viser, synes trækstyrken kun at ligge ganske uvæsentligt højere for køkkenernes end for bad/wc-rummenes vedkommende. I store træk må trækstyrken siges at være den samme for køkken og bad, og forskelle i rumstørrelser og frisklufttilførselsforhold for køkken og bad/wc synes uden indvirkning på de udsugede luftmængder.

### Naturlig ventilation, skorstenssystemet

Skorstenssystemet findes i en del ældre ejendomme, som naturlig ventilation fra køkkenerne gennem fælles lodrette emkanaler, hvortil der er ført aftræk fra køkkener i flere etager. Målingerne på skorstenssystemet omfatter ejendomme nr. 51-54, se fig. 20. Systemtypen svarer til fig. 21q.

Ejendommene nr. 52-54 havde aflukkede ventiltklapper i udsugningsåbningerne på emkanalerne - medens ejendommen nr. 51 havde riste i udsugningsåbningerne, der ikke kunne tillukkes. Spjældklapperne i ejendommene nr. 52-54 var overalt lukkede på grund af kanalernes væstetiske indre, og en del af dem var tilklistrede af hvidtning, hvilket fig. 20 også giver udtryk for ved det forholdsvis store antal tilstoppede af-

trækskanaler i ejendommene nr. 52-54. Ristene i ejendom nr. 51 var alle luftgennemstrømmelige, de var ikke tilgroet med snavs, selv om kanalerne indvendigt var stærkt forurenet. En enkelt rist var dog fjernet, og der var i stedet for tilsluttet et aftræksrør fra en gasvandvarmer.

Måleresultaterne for ejendommene 53-54 giver udtryk for stor trækstyrke. Årsagen hertil er, at kun det aftræksspjæld, hvorpå den øjeblikkelige måling udførtes, holdtes åbent, medens de øvrige var lukkede. Endvidere var fælleskanalerne over taget afsluttet med regulære skorstenspiber, der har god sugeevne.

Måleresultaterne for ejendommen nr. 51 viser, at den store trækstyrke fra ejendommene nr. 53-54 ikke opretholdes, når samtlige spjæld på fælleskanalerne holdes åbne på en gang. Tværtimod synes aftrækket for de nederste etager at svigte, medens trækstyrken fremdeles er god for de øverste etagers vedkommende.

### Mekanisk ventilation

Målingerne er opført på fig. 20 svarende til ejendommene nr. 1-4.

De mekaniske ventilationsanlæg i de 3 ejendomme var alle udført efter skorstenssystemet, hvor køkken og bad/wc i de over hinanden beliggende lejligheder ventileres gennem fælles udsugningskanaler.

I den 3-etages ejendom nr. 4 modtog den enkelte fælleskanal aftræk fra både køkken og bad/wc, medens der i de to andre ejendomme nr. 1-2 og 3 fandtes særskilte fælleskanaler for køkken og bad, således at der måtte to fælleskanaler til at betjene hvert sæt over hinanden beliggende lejligheder. Alle 3 ejendomme havde centralt placeret udsugningsmaskineri, der betjente lejlighederne tilsluttet flere trappegange under ét ved hjælp af vandrette kanalforbindelser i tagrummene. Udsugningsåbningerne var forsynet med Fläktfabrikens udsugningsventiler kaldet "Kontrollventiler". Den enkelte ventil holdtes fuldt åben, så længe målingen af den udsugede luftmængde gennem ventilen stod på.

Kun gennemsnitsværdierne  $Q_m$  af de udsugede luftmængder pr. køkken eller bad/wc for hver etage er vist på fig. 20. Korrigerede værdier  $Q_k$

er ikke udregnet for de mekaniske ventilationsanlæg, da de registrerede temperaturforskelle og vindstyrker svarede godt til basisværdierne  $\Delta t_k = 15^\circ\text{C}$  og  $v_{\text{vind,k}} = 5 \text{ m/s}$ , der er anvendt ved omregningen af måleresultaterne fra de naturlige ventilationsanlæg. Fig. 20 viser ingen udpræget forskel i udsuget luftmængde de enkelte etager imellem. Ejendommen nr. 3 synes at have kraftigere udsugning i de øverste etager, medens det modsatte er tilfældet for ejendom nr. 4.

Sammenlignes naturlig og kunstig ventilation på fig. 22 ses det, at de bedste af de naturlige systemer 1-3 er bedre end mekanisk ventilation.

Fig. 26 viser 3 sæt fordelingskurver over samtlige målinger for de 3 ejendomme 1-2, 3 og 4 med mekaniske ventilationsanlæg. Fig. 26 er tegnet ganske som fig. 23. Af fordelingskurverne findes efter optegning af et tilsvarende fraktildiagram, fig. 25, størrelsen af middelværdierne for de udsugede luftmængder samt spredningen på talmaterialet. Tabel 2 viser disse middelværdier og spredninger for de 3 ejendomme.

Ejendoms-kompleks	Etage-antal	Gennemsnitlig udsuget luftmængde, m <sup>3</sup> /h		Spredningen på talmaterialet
		Køkken	Bad/wc	
1-2	3	40	35	30
3	5	35	30	20
4	8	40	50	30

Tabel 2. Gennemsnitlig udsuget luftmængde pr. køkken og bad/wc, samt spredningen på ventilationsresultaterne for de 3 ejendomme på henholdsvis 3, 5 og 8 etager med mekanisk ventilationsanlæg.

Tabel 2 viser, at udsugningen har været mindst i den 5-etages ejendom og størst i den 8-etages ejendom, altså ganske som for de naturlige ventilationsanlægs vedkommende, se tabel 1.

Spredningen er iøjnefaldende stor. Den stiger fra 20 m<sup>3</sup>/h til 30 m<sup>3</sup>/h ved overgangen fra de mindste luftmængder på ca. 30 m<sup>3</sup>/h til de største på 40-50 m<sup>3</sup>/h.

Sammenlignes tabel 1 og 2 ses det, at i de lavere bygninger er den udsugede luftmængde 5-10 m<sup>3</sup>/h lavere ved naturlig ventilation end ved mekanisk, mens det omvendte er tilfældet ved de højere bygninger.

De tre kurvesæt på fig. 26 er samlet under ét på fig. 24, der viser fordelingskurverne for køkken og bad for alle 3 ejendomme med mekanisk ventilationsanlæg. Fig. 25 viser fordelingskurverne omsat til fraktildiagram, hvoraf det fremgår, at middelværdien for den udsugede luftmængde andrager

38 m<sup>3</sup>/h for køkkener og  
46 m<sup>3</sup>/h for bad/wc.

Spredningen andrager for begge rums vedkommende ca. 20 m<sup>3</sup>/h, altså det samme som for de naturlige ventilationsanlægs vedkommende.

Udsugningen er lidt større for bad/wc end køkkener, det burde være omvendt. I det hele taget er det meget dårligt med den store spredning. De mekaniske ventilationsanlæg burde være indreguleret således, at spredningen var meget mindre. Det er netop ideen med disse anlæg. Det er meningsløst, at de udviser lige så stor spredning som de naturlige ventilationsanlæg.

### Luftskiftets indflydelse på lufttilstanden

Der blev i hver af de 1061 lejligheder, undersøgelsen omfattede, gjort notater om rumlufttilstanden i køkken og bad/wc, bedømt ved det subjektive lugtindtryk, der mødte de to assistenter, når de trådte ind i rummene for at udføre målingerne. Dette blev gjort for at se, om der er nogen sammenhæng mellem det subjektive lugtindtryk og luftskiftets størrelse, beregnet som den udsugede luftmængde divideret med rumvolumenet.

Ved den subjektive lugtbedømmelse lagdes følgende tre grader af lugtintensitet til grund:

D (dårlig) = tung, kvalm rumlufttilstand  
J (jævn) = jævnt normal rumlufttilstand  
F (fin) = behagelig frisk rumlufttilstand

Resultaterne er samlet i tabel 3, der angiver fordelingen af observationerne inden for hver gruppe. Desuden viser tabellen middelværdierne for de udsugede luftmængder og luftskifter for hver gruppe.

Tabel 4 viser den procentvise fordeling af antallet af observationer fra tabel 3.

Rumtype		Køkken			Bad/wc		
Lugtintensitet		D	J	F	D	J	F
Mekanisk udsugning	Antal observationer	43	63	25	20	99	12
	Udsuget luftmængde, m <sup>3</sup> /h	33,2	36,4	46,1	30,6	45,3	63,4
	Luftskifte h <sup>-1</sup>	2,43	2,23	3,11	5,01	7,12	10,18
Naturligt aftræk	Antal observationer	252	362	40	181	438	70
	Udsuget luftmængde, m <sup>3</sup> /h	29,3	31,8	32,1	27,0	29,5	25,7
	Luftskifte h <sup>-1</sup>	2,34	2,44	2,22	6,90	6,51	6,25
Rum uden aftræk eller udsugning	Antal observationer	63	89	9	41	113	5

Tabel 3. Oversigt over sammenhængen mellem de registrerede subjektive lugtindtryk, udsuget luftmængde og luftskifter i de 1061 undersøgte beboelseslejligheder.

D = tung, kvalm rumluft

J = jævn, normal rumluft og

F = behagelig frisk rumluft

Rumtype	Køkken			Bad/wc		
	D	J	F	D	J	F
Lugtintensitet						
Naturlig ventilation	39%	55%	6%	26%	64%	10%
Mekanisk ventilation	33%	48%	19%	15%	76%	9%
Rum uden aftræk	39%	55%	6%	26%	71%	3%

Tabel 4. Den procentvise fordeling af observationerne over det subjektive lugtindtryk i køkken og bad/wc, se tabel 3.

Tabellerne viser, at fordelingen af antallet af observationer inden for de tre grupper, D, J og F er nogenlunde den samme for de tre kategorier:

naturlig ventilation,  
mekanisk ventilation og  
ingen ventilation

Fordelingen er ca. 40 - 50 - 10% for køkkenerne og 20 - 70 - 10% for bad/wc. Der var åbenbart en ringere lufttilstand i køkkenerne. Det skyldes formentlig, at køkkenerne er større og forureningskilderne kraftigere. Efter tabel 4 er der forholdsvis få rum med dårlig lufttilstand. Det skyldes nok, at ejendommene med mekanisk ventilation var ret ny, så beboerne endnu ikke havde nået at sætte deres præg på dem.

Tabel 3 giver i store træk udtryk for, at

hverken størrelsen af den udsugede luftmængde eller luftskiftet har nogen videre indflydelse på lufttilstanden bedømt på denne måde. Dette skyldes formentlig, at en meget stor del af luften strømmer til fra lejlighedens øvrige rum, hvor den forurenes stærkt, idet luftskiftet i hele lejligheden er lille, og desuden at køkkenerne også ventileres af en tværgående luftstrøm ind eller ud af vinduerne.

Alle ventilationsmålinger blev foretaget i tidsrummet fra kl. 16-20, nogle enkelte dog kl. 14-18 om lørdagen. De første registreringer i tidsrummet kl. 16-18 må tænkes at være foregået samtidig med, at madtillavningen har fundet sted i køkkenerne, hvorimod de sidste registreringer fra kl. 18-20 er foregået i perioden efter spisetid, hvor køkkenerne er ved at blive udluftet efter madtillavningen. Måske kan disse forhold påvirke talmaterialets fordeling, på den anden side er talmaterialet så omfattende, at de nævnte forhold skulle udlignes. Den samme uligevægt i brugen af bad/wc-rummene kan måske også tænkes at have indflydelse på talmaterialets fordeling.

Tabel 3 viser en gennemsnitlig udsuget luftmængde på 30 - 40 m<sup>3</sup>/h fra køkken og 30 - 50 m<sup>3</sup>/h fra bad/wc, samt et gennemsnitligt luftskifte fremkaldt af de udsugede luftmængder på 2-2,5 h<sup>-1</sup> for køkken og ca. 7 h<sup>-1</sup> for bad/wc.

## 6. Udgifterne

Antal etager	Beregningstilfælde				
	1	2	3	4	5
	Naturlig ventilation			Mekanisk ventilation	
	Separat-system		Shunt-system	Skorstens-system	
	30° tag	45° tag	30° tag	0° tag	15° tag
	Ingen trækning af kanaler	Med trækning af kanaler	Ingen trækning af kanaler	1 ventilator pr. opgang	1 ventilator pr. 3 opgange
Eternit-kanaler		Beton-kanaler	Eternit-kanaler		
3	280-340(25)	520-640(42)	360-440(28)	960-1160(102)	470-570(51)
4			310-390(24)		
5	310-390(26)		400-490(31)		
6			360-440(27)		
7	360-440(29)	540-660(41)	340-420(26)	650-790(65)	390-470(51)
8					
9			430-530(30)		
10					
11	500-620(39)		410-510(30)		
12					
13					
14	540-660(42)		390-470(29)	560-800(56)	

Tabel 5. Anlægsudgifterne og de årlige driftsudgifter (i parentes) i kr. pr. lejlighed for ventilationsanlæg i boligejendomme.

For at få en forestilling om, hvordan anlægs- og driftsudgifterne ved de forskellige anlægstyper for boligventilation ligger i forhold til hinanden, er der gennemført en række prisberegninger for 5 typiske tilfælde.

Sådanne beregninger kan ikke blive særlig nøjagtige, men det er muligt at opstille dem således, at det fremgår, hvordan tendensen er. I praksis vil der ved valget mellem anlægstyperne, udover funktionshensynet, i høj grad blive taget hensyn til priserne. Men man kan ikke frigøre sig for indtrykket af, at det mere er en formodning om, hvordan prisforholdene er end konkret

viden, der ligger bagved valget og desuden en ganske usaglig antagelse om, at sådan skal et "moderne" anlæg være.

Prisberegningerne er gengivet på prisdiagrammerne fig. 34a-c og fig. 35a,b samt i tabel 5 for de udvalgte anlægstyper. Priserne er fra hovedstadsområdet efteråret 1960. I alle 5 beregningstilfælde er medregnet aftræk fra affaldsskakte fra øverste dæk. Kanalerne er af beton eller eternit i etagerne, hvor de er regnet ompudsede, således at deres totale vægtykkelse bliver 4 cm. Eternit- og blikrørskanaler er i tagrum isoleret med 40 mm mineraluld.

I beregningstilfælde 4 med mekanisk ventilation er ventilatoren tænkt opstillet i en træskelbygning på taget og kanalerne der ligger på taget ommurede med 23 cm letbetonblokke dækkede med tagpap.

## Anlægsudgifterne

De 5 tilfælde, der er regnet igennem, er:

- 1 naturligventilation, separat-system, ingen trækninger af kanalerne i tagrummet
- 2 naturlig ventilation, separat-system, med trækning af kanaler i tagrummet
- 3 naturlig ventilation, shunt-system, ingen trækninger af kanaler i tagrummet
- 4 kunstig ventilation, skorstens-system, 1 ventilatoraggregat pr. opgang
- 5 kunstig ventilation, skorstens-system, 1 ventilatoraggregat pr. 3 opgange.

Til naturlig ventilation, separat-system, er valgt anlæg med eternitkanaler, fordi det er det kanalmateriale, som fortrinsvis anvendes - ikke fordi det er billigere - det er ca. 30-40% dyrere i materialer pr. m rør end betonkanaler i korte længder, men antagelig fordi eternitrør er lettere og fås i større længder, med andre ord er mere håndterlige og hurtigere at opstille.

De på fig. 34a,b viste priser er gengivet med  $\pm 10\%$  af de beregnede priser udfra den betragtning, at den "rigtige" håndværkerpris ikke kan beregnes tilstrækkeligt nøjagtigt. Priserne må opfattes som vejledende udfra de i efterfølgende afsnit anførte beregningsforudsætninger.

### Beregningstilfælde 1

Af fig. 34a fremgår, at for naturlig ventilation med separat kanal fra hvert rum er prisen stigende i gennemsnit pr. lejlighed med stigende etageantal.

Den gennemsnitlige prisstigning pr. lejlighed pr. etage andrager ca. 8%. Som det fremgår af diagrammet, er stigningen dog ikke helt jævn. Dette skyldes, at andelen i udgifter til aftræk fra fællesrum, vaske-, tørre- og strygerum samt skarnkasserum, på grund af det forøgede antal lejligheder pr. opgang med forøget etageantal, er større for de højere huse end for de lavere,

og at denne andel stiger i trin hver gang disses rum kapacitet overskrides.

At prisen pr. lejlighed iøvrigt er stigende med stigende etageantal skyldes, at de enkelte rums aftrækskanaler forlænges med stigende etageantal, hvilket betyder, at kanalernes andel i de samlede udgifter er større pr. lejlighed for de højere huse end for de lavere.

På fig. 34c ses, at kanalernes anskaffelsespris varierer fra 70% ved et 3-etages hus til 90% ved et 14-etages hus.

### Beregningstilfælde 2

Af fig. 34a fremgår det, at naturlig ventilation med separat kanal for hvert rum og med trækning af kanalerne i tagrummet naturligvis er dyrere end samme system, når der ikke er foretaget nogen trækning af kanalerne i tagrummet, beregningstilfælde 1.

Prisforskellen er 2-300 kr. pr. lejlighed og skyldes alene, at kanalerne i tagrummet bliver længere, og at der skal udføres stole til at bære de trukne kanaler. Taghældningen i beregningstilfælde 1 er  $30^\circ$  og i beregningstilfælde 2,  $45^\circ$ .

Prisstigninger med stigende etageantal er mindre udtalt i dette tilfælde end i det forrige, og på fig. 34c vil man bemærke, at kanalernes andel i anskaffelsesprisen fra det 3-etages hus til det 7-etages hus kun stiger fra 83% til 88% i modsætning til beregningstilfælde 1, hvor stigningen for samme to hustyper udgjorde fra 70% til 84%.

### Beregningstilfælde 3

Af fig. 34a fremgår det, at prisen for shunt-systemet for nogle hustyper er dyrere og for andre hustyper er billigere end separat-systemet uden trækninger i tagrummet.

For hustyper over 10 etager synes shunt-systemet klart at være billigere end separat-systemet. For de lavere etagehuse synes shunt-systemet at koste tilnærmelsesvis det samme som separat-systemet.

Springene i priskurven skyldes, at der for 3 og 4-etages huse er regnet med 2 shunt-kanaler (fælles for køkken og bad) pr. opgang, for 5, 6 og 7-etages huse er der regnet med 4 shunt-kanaler (1 kanal for køkken og 1 kanal for bad) pr. opgang, men for huse over 7 etager er der regnet

med 4 shunt-kanaler for de første 6-7 etager og 4 shunt-kanaler for de øvrige etager.

På fig. 34c ses det, at kanalernes andel i anskaffelsesprisen stiger fra 3-etages huse til 7- og 14-etages huse fra 84% til 90% og 92%.

Til shunt-systemet er der regnet med betonkanaler, da det viste sig at være det mindst komplicerede at anvende for denne særlige kanalsammenbygning. Iøvrigt findes der endnu ikke fabriksfremstillede kanaldele i handelen for shunt-system hverken i beton eller eternit.

### Beregningstilfælde 4

Af fig. 34b fremgår det, at prisen for mekanisk ventilation med 1 ventilatoraggregat pr. opgang ligger væsentligt højere end for de naturlige ventilationssystemer, og at prisen er faldende med stigende etageantal, men at det for det 14-etages hus koster næsten det samme som separat-systemet, beregningstilfælde 1.

På fig. 34c ses det, at for 3- og 7-etages huse er ventilatoraggregatets andel i anskaffelsesprisen større end kanalernes andel, 65% - 56%, men for det 14-etages hus er den 41%. Dette betyder, at jo mindre andel den tekniske installation har, des billigere er et mekanisk ventilationsanlæg i anskaffelse.

Forholdet mellem kanalernes og ventilationsaggregatets andele i anskaffelsesprisen har vist sig at reducere betydningen af, om der regnedes med beton- eller eternitkanaler. Endvidere viste det sig, at prisforskellen pr. lejlighed mellem håndbetjent styring eller automatisk styring af ventilatorerne var uden betydning for anskaffelsesprisen.

### Beregningstilfælde 5

Af fig. 34b fremgår det, at prisen for mekanisk ventilation med 1 aggregat for 3 opgange ligger væsentligt under beregningstilfælde 4, og at prisen er næsten den samme som for separat-system og shunt-system for 6-7-etages huse, men noget højere for 3-5-etages huse.

På fig. 34c ses det, at kanalernes andel i anskaffelsesprisen for 3- og 7-etages huse er større end ventilatoraggregaternes andel, 58% mod 41% og 63% mod 36%. Kanalernes andele er dog heller ikke i dette beregningstilfælde store nok til, at det har nogen indflydelse på, om der an-

vendes beton- eller eternitkanaler. Ligeledes er den tekniske installations andel stadig stor nok til, at det er uden prismæssig betydning, om styringen er håndbetjent eller automatisk.

Ved sammenligning mellem 34a og 34b ses det, at priskurverne løber sammen ved de lavere huse og fra hinanden ved de højere huse, og i udpræget grad er sammenfaldende for huse mellem 5-7 etager.

For de naturlige ventilationssystemer i de lavere huse, 3-5 etager, synes der at være en prismæssig fordel ved separat-systemet, og for de højere huse synes den prismæssige fordel at ligge i shunt-systemet.

For de mekaniske ventilationssystemer synes det at være tydeligt, at der bør hægtes så mange opgange (lejligheder) som muligt på ventilatoraggregatet, men at det anskaffelsesmæssigt først viser sig at være økonomisk forsvarligt at anvende for huse over 5 etager sammenlignet med de økonomiske muligheder, de naturlige ventilations-systemer indebærer.

## Driftsudgifterne

Driftsudgifterne indgår altid i huslejen, og de består af

forrentning og afskrivning af anlægsudgifterne, vedligeholdelsesudgifterne og el-udgifterne ved de mekaniske ventilationsanlæg.

Ved de naturlige ventilationsanlæg er der regnet med en rentefod på 6% p.a. og en afskrivningstid på 50 år for kanalerne og 20 år for zinkhætterne.

Strømprisen ved de mekaniske ventilationsanlæg er sat til 12 øre pr. kWh, og der er regnet med, at ventilatorerne kører 18 timer i døgnet. Der er desuden regnet med service-tilsyn og malning af ventilatorerne hvert 5. år, rensning af kanaler i tagrum og over tag hvert 15. år, indstilling af slukkeur 2 gange årligt, for beregningstilfælde 4 vedligeholdelse af ventilatorhytte, samt en afskrivningstid for ventilatorerne på 20 år.

Beregningsresultaterne er vist på fig. 35a,b. De anførte driftsudgifter må ikke betragtes som absolutte men kun til sammenligning. Med skravering er der angivet en usikkerhed på  $\pm 10\%$ .

#### Beregningstilfælde 1

Naturlig ventilation, separat-system, ingen trækninger. Af fig. 35a fremgår, at de årlige driftsudgifter er stigende med stigende etageantal pr. ejendom svarende til anskaffelsesprisens bevægelser.

#### Beregningstilfælde 2

Naturlig ventilation, separat-system, med trækninger. Af fig. 35a fremgår, at de årlige driftsudgifter næsten følger en vandret linie uanset etageantal. Variationerne for de lavere ejendomme er små og ikke nær så udprægede som anskaffelsesprisens variationer.

#### Beregningstilfælde 3

Naturlig ventilation, shunt-system. Af fig. 35a fremgår, at de årlige driftsudgifter ikke ændres på grund af etageantallet.

#### Beregningstilfælde 4

Mekanisk ventilation, 1 ventilator pr. opgang. Af fig. 35b fremgår det, at de årlige driftsudgifter er faldende med stigende etageantal, og kurven er i sit forløb identisk med priskurven på fig. 34b.

#### Beregningstilfælde 5

Mekanisk ventilation, 1 ventilator pr. 3 opgange. Af fig. 35b fremgår, at de årlige driftsudgifter er uforandrede ved stigende etageantal.

På fig. 35a ses det, at de naturlige ventilationsanlæg i det store og hele koster det samme bortset fra de højeste ejendomme, hvor der viser sig en tendens til lavere udgifter for shunt-systemet (beregningstilfælde 3). For de lavere ejendommers vedkommende ser det ud til, at separat-system og shunt-system koster praktisk taget det samme.

Står man overfor valget mellem separat-system eller shunt-system, vil der i de fleste tilfælde være grund til at overveje, om ikke man bør vælge shunt-systemet, hvis det er de økonomiske forhold, som afgør valget. De andre forhold, som må medtages i overvejsen, drejer sig om den plads, det ene eller andet system kræver til kanalerne.

For beregningstilfælde 2's vedkommende må man konstatere, at trækning af kanalerne i tagrummet, ligesom gældende for anskaffelsesprisen, også medfører en fordyrelse af driftsudgifterne sammenlignet med beregningstilfælde 1, hvor trækninger i tagrummet er undgået.

De mekaniske ventilationsanlæg viser sig ligesom for anskaffelsesprisens vedkommende at ligge noget højere i de årlige driftsudgifter end de naturlige aftræksanlæg.

Af fig. 35b fremgår, at jo flere lejligheder, der er pr. ventilator, jo mindre bliver driftsudgifterne. For ejendomme med 7 etager og derunder ses driftsudgifterne for mekaniske ventilationsanlæg at være betydeligt større end ved naturlige ventilationsanlæg.

## 7. Den svenske ventilationsundersøgelse

De svenske ventilationsundersøgelser påbegyndtes i 1958 af Statens Nämnd för Byggnadsforskning, byggnadsvärmeutskottet.

### Naturlig ventilation

Undersøgelsen omfatter 36 lejligheder med teglstensmurede aftrækskanaler. Af de 36 lejligheder har

- 36 køkkener "imventiler", ventiler med lodret spjældplade, der er drejelig om en lodret midtlinie som et drejevindue,
- 15 wc-rum "ventilgaller", regulerbare ristespjæld,
- 4 wc-rum "ventilgaller och stolventilation", regulerbare ristespjæld og aftræk gennem wc-skål,
- 11 wc-rum "enbart stolventilation", alene aftræk gennem wc-skål og
- 6 wc-rum ingen ventilationsanordninger.

Aftræksmålingerne udførtes med røgpistol. Resultatet blev:

- Køkken: nedslag i 3 aftrækskanaler, medens yderligere 3 lejere klagede over, at der ofte forekom nedslag, hvorved snavs kom ned i køkkenerne gennem imventilerne.
- WC:
- i 1 af 19 wc-rum med "gallerventil", dvs. regulerbart ristespjæld, forekom der nedslag,
  - i 8 af 15 wc-rum med "stolventilation", dvs. aftræk gennem wc-skål, konstateredes nedslag,
  - i 5 wc-rum var der stillestående luft.

### Mekanisk ventilation

Undersøgelsen omfatter 434 lejligheder, hvoraf de 234 lejligheder er forsynet med kontrollventilationsanlæg. Undersøgelsesresultaterne er opdelt i 3 afdelinger:

1. 5-etages hus med Kontrollventilation omfattende 42 lejligheder, hvoraf de 34 lejligheder blev undersøgt. Huset opført 1952.

Anlægstype: centrifugal-ventilator med 2 hastigheder.

Ventiltipe: kontrollventiler (Fläktfabrikens fabrikat), hvis luftmængde ikke kunne reguleres af lejerne.

Målingerne foretages med fuldt åbne ventiler og med ventilatorerne kørende med maksimalt omløbstal. Anlægget var forsynet med kontrolur til omkobling af ventilatorernes omløbstal. Uret gik iøvrigt 2 timer bagefter, hvorfor den forøgede effekt under madtillavningen ville udeblive.

Friskluftventilerne under vinduerne holdtes lukkede under målingerne. Anlægget var uden renselemme i tagrummet.

Fig. 27 viser resultaterne af målingerne. Udsugningen viste sig så ringe, at man besluttede sig til at hugge hul på ventilationskanalerne og montere renselemme i dem på ikke mindre end 79 steder på loftet. I såvel luftkanalerne som de lodrette kanaler gennem huset fandt man ikke mindre end 15 spande fulde af murbrokker og affald. Endvidere viste det sig, at flere kanaler ikke var tilsluttet ventilatoren. 8 kanaler var end ikke trukket gennem loftsbjælkelaget. Det kostede 20.000.- sv. kr. at rette alle fejl.

Tilfældet viser, at såvel kontrol med ventilationsanlæggene under byggeperioden som efter er påkrævet, og der må udarbejdes tydelige instruktioner for anlæggenes pasning, vedligeholdelse og kontrol.

2. 3- og 8-etages huse med Kontrollventilation, opført 1957-58. Antal undersøgte lejligheder 200.

Anlægstype: centrifugalventilatorer med konstant omløbstal.

Ventiltipe: regulerbare Kontrollventiler, der holdtes åbne under målingerne.

Friskluftventilerne holdtes åbne under målingerne.

Fig. 28 viser resultaterne fra ventilationsmålingerne. I 8-etages husene, der omfatter 74 af de 200 lejligheder, viste der sig ikke nogen nævneværdig forskel mellem de ud-

sugede luftmængder de enkelte etager imellem, hvilket tyder på en omhyggelig indregulering af anlæggene.

3. 3-etages huse opført 1950-51. Antal undersøgte lejligheder 200.

Anlægstype: propelventilator med konstant omløbstal.

Ventiltype: køkken: "imventil", ventil med drejelig spjældplade, der i fuldt åben tilstand ikke yder nogen nævneværdig modstand mod den udsugede luft.

bad: ikke regulerbar "gallerventil", rist.

Friskluftventilerne holdtes åbne under målingerne.

Fig. 29 viser resultaterne af målingerne. Spredningen på måleresultaterne er forholdsvis stor og af samme størrelsesorden som for Kontrollventilations-systemet, se fig. 28.

Da denne type ventilationsanlæg som regel kun arbejder med en trykforskel på 2-3 kg/m<sup>2</sup>, vil eventuelle lækagetab gennem utætheder i kanalvægge og fuger ikke få så stor betydning som ved Kontrollventilationssystemet, hvor trykforskellen er af størrelsesordenen 10-15 kg/m<sup>2</sup>.

## 8. En tidligere norsk ventilationsundersøgelse

t <sub>i</sub> -t <sub>u</sub>	Separat-system				Shunt-system			
	Køkkenvindue lukket		Køkkenvindue åbent		Køkkenvindue lukket		Køkkenvindue åbent	
	Antal målinger	Aftræk i middel	Antal målinger	Aftræk i middel	Antal målinger	Aftræk i middel	Antal målinger	Aftræk i middel
°C		m <sup>3</sup> /h		m <sup>3</sup> /h		m <sup>3</sup> /h		m <sup>3</sup> /h
1	9	45	12	68	8	52	9	72
3	7	50	4	48	6	43	6	61
5	5	35	7	47	5	59	5	62
7	4	41	2	47	4	54	5	78
9	2	56	6	101	7	68	8	131
11	3	71	5	88	2	79	4	119
13	9	56	6	113	5	85	5	120
15	5	54	8	99	4	82	9	121
17	6	42	8	105	9	68	7	131
19	8	58	4	90	5	54	3	158
21	2	63	5	124	5	53	5	161
23	6	68	3	96	4	48	5	137
25	6	68	3	106	7	67	2	171
27	3	45			2	69		
29					1	43		
31					1	75		
ialt	75 målinger		73 målinger		75 målinger		73 målinger	

Tabel 6. Ventilationsresultaterne fra norsk ventilationsmåling i 3-etages huse, hvor køkkenerne parvis var naturligt ventileret med de to systemtyper: separat-systemet og shunt-systemet.

I 1951-52 udførte Norges Byggeforskningsinstitut sammenlignende målinger af de naturlige ventilationsystemer separat-systemet og shunt-systemet. Rapporten blev udgivet i 1954: "Oppdriftsventilasjon" af Hallvard Hagen, hvortil der iøvrigt henvises. Princippet ved de to kanalføringer er vist på fig. 30a,b, hvor a viser separat-systemet, hvor aftrækskanalerne fra de ventilerede rum føres særskilt op til tagrummet, hvor de samles i en større fælleskanal og føres op over tag, medens b viser shunt-systemet, hvor aftrækket fra hvert af de ventilerede rum føres i egen kanal én etage op og ind i en fælles samlekanal.

Ventilationsmålingerne udførtes på ialt 70 lejligheder fordelt over 8 forskellige 3-etages husblokke. Målingerne udførtes samtidig på to lejligheder ad gangen, én for hver systemtype.

Der var aftræk fra både køkken og bad. Køkkenerne med de to forskellige systemtyper vendte ud mod samme facade, således at vindpåvirkningen ville få samme indflydelse på aftrækkene. Baderummene med separat-systemet lå mod ydervæg, hvorimod baderummene med shunt-systemet lå inde i lejlighederne uden ydervæg mod det fri, hvorfor sammenlignende målinger ikke var mulige med ensartede frisklufttilførselsforhold.

I hvert køkken blev der udført to sæt målinger. Ved det første sæt målinger holdtes både køkkendør og -vindue lukket. Dette er det normale tilfælde, som anlægget er beregnet for. Ved det andet sæt målinger holdtes køkkenvinduet åbent. Resultaterne fra de to forsøgsserier er gengivet i tabel 6. Resultaterne i tabel 6 er indtegnet på fig. 31.

Den nederste del af fig. 31 iser målingerne, hvor køkkenvinduerne holdtes åbne. For et bestemt ventilationssystem vil luftmængden teoretisk set være meget nær proportional med kvadratrod af temperaturdifferencen,  $Q = k\sqrt{t_i - t_u}$ . For de aktuelle værdier af  $t_i$  og  $t_u$  vil  $k$  højst variere med  $\pm 4\%$ . I fig. 31 er der indlagt parabler for hvert af de to ventilationssystemer. Foruden at være parabler er hver kurve bestemt af, at summen af de lodrette afstande fra middelværdierne til parablen skal være lige stor over som under kurven; hvert punkt skal dog gives vægt efter det antal målinger, det repræsenterer.

Måles luftmængden  $Q$  i  $m^3/h$  og temperaturdifferencen i  $^{\circ}C$ , bliver værdierne for konstanterne  $k$ :

$$k_1 = 25,4 \text{ m}^3/h^{\circ}C^{\frac{1}{2}} \text{ for separat-systemet,}$$

$$k_2 = 35,0 \text{ m}^3/h^{\circ}C^{\frac{1}{2}} \text{ for shunt-systemet}$$

og forholdstallet

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{35,0}{25,4} = 1,38$$

Den øverste halvdel af fig. 31 iser kurvesættet for målingerne, hvor køkkenvinduerne holdtes lukkede. Her har kurverne for middelværdierne fået et helt andet forløb, end man skulle vente. Det ser ud til, at luftmængden for begge systemer først stiger noget med stigende temperaturdifference for siden at aftage igen. Dette unormale forløb kan sandsynligvis forklares ved, at en del af frisklufttilførslen sker gennem spise-

kammeret, og at friskluftventilerne i dette af lukkes om vinteren ved lave udendørstemperaturer.

Den gennemsnitlige luftmængde er stort set noget større for shunt-systemet end for separat-systemet, forskellen er mest udpræget ved målingerne med åbent køkkenvindue, mens den udjævnes ved målingerne med lukket køkkenvindue. Dette skyldes ganske naturligt, at begge systemerne ved lukningen af køkkenvinduerne får samme modstandstillæg, idet frisklufttilførslen nu må foregå gennem utætheder i bygningen. Den forholdsvis ringe modstand i kanalsystemet ved shunt-systemet får derved ikke så stor indflydelse.

Køkkenernes volumen var ca.  $25 \text{ m}^3$ , og målingerne viser, at der kan regnes med et gennemsnitligt luftskifte på 2 gange i timen.

Resultaterne tyder på, at luftmængden er tilfredsstillende i størrelse for begge ventilationssystemers vedkommende. Aftrækket gennem shunt-systemet har imidlertid vist sig bedst absolut set, og en statistisk analyse af materialet viser, at sandsynligheden for, at separat-systemet i de omhandlede tilfælde ville kunne fungere lige så godt som shunt-systemet, er meget lille.

Målingerne tyder ikke på, at luftnedslag er hyppigere i shunt-systemet end i separat-systemet. Da begge anlægsudforminger har fælleskanaler fra øverste etage og ud til det fri, vil eventuelle ulemper ved luftnedslag blive lige store for begge typeres vedkommende.

## 9. Taghældningens indflydelse på hætternes sugesevne

Aftrækshætter, som findes anbragt i selve tagryggen eller i nærheden af denne, og hvis overkant befinder sig mindst 30 cm over tagryggen, anses normalt for at fungere tilfredsstillende uafhængigt af vindretningen, idet overtrykszoner sjældent opstår i nærheden af tagryggen. Anderledes er det imidlertid med aftrækshætter, der er anbragt på tagflader i afstand fra tagryggen, thi ved taghældninger over en vis størrelse opstår der i vindsiden overtrykszoner over tagfladen i nærheden af tagskægget, og disse overtrykszoner breder sig mere og mere op over tagfladen, jo større taghældningen er. Når overtrykszonerne strækker sig op forbi aftrækshætterne, vil der derfor opstå mulighed for nedslag i dem.

Spørgsmålet er da, hvor stor taghældning der kan tillades, før aftrækshætterne bør flyttes op i nærheden af tagryggen, med oversiden af hætten beliggende mindst 30 cm over denne. Det er for i nogen grad at besvare dette spørgsmål, de efterfølgende to forsøg udførtes.

### Forsøg 1

Midtvejs mellem tagryg og tagskæg anbragtes på en 3-etages ejendom med sadeltag og  $27^{\circ}$  taghældning en forsøgshætte, bestående af et sammenskydeligt  $10 \times 15 \text{ cm}^2$  pladejernsrør. I sammenskudt tilstand flugtede overkanten med tagfladen og i udtrukket tilstand ragede det 90 cm op over tagfladen, hvilket svarede til 30 cm over tagryggen.

Fig. 32 viser en skitse af forsøgsarrangementet. Ejendommen var ventileret gennem et tudstenssystem for naturlig ventilation, og til forsøgets udførelse udvalgte en aftrækskanal af  $10 \times 15 \text{ cm}^2$  betonelementer udgående fra et tørrerum i kælderen. Kanalforbindelsen i tagrummet mellem betonkanal og tværkanal mellem tudstene i de to tagflader blev nedtaget, så længe den sammenskydelige forsøgskanal blev brugt som vist foruden på fig. 32 og på fotografiet fig. 33. Fig. 10 viser den oprindelige kanalforbindelse.

Der udførtes derefter 7 forsøg (a-g) med for-

søgsarrangementet, hvert forsøg af 5-6 minutters varighed med aflæsning hvert 10. sekund på det i kapitel 11 omtalte Velometer af den udsugede luftmængde gennem aftrækskanalen:

a: aftræk fra tørrerummet gennem det oprindelige tudstens-system,

b: aftræk fra tørrerummet gennem forsøgskanal med overkanten af forsøgskanalen beliggende  $H = 0$  cm over tagfladen,

c: som b, men med  $H = 25$  cm

d: som b, men med  $H = 50$  cm

e: som b, men med  $H = 75$  cm

f: som b, men med  $H = 90$  cm svarende til overkanten af forsøgskanalen beliggende  $H = 30$  cm over tagryggen,

g: som a.

Alle vinduer i tørrerummet var lukkede under forsøgene, og frisklufttilførslen til tørrerummet foregik fra kældergangen gennem en ventilationsrist i den nederste halvdel af døren mellem tørrerum og kældergang.

Alle forsøgene udførtes med forsøgskanalen anbragt i vindsiden på den luv tagflade. Vinden var rettet vinkelret ind mod husets længdeakse, og tørrerummet var beliggende mod den luv facade. Vejrforholdene var ifølge Meteorologisk Instituts vejrrapporter:  $6,5^{\circ}C$  udendørstemperatur ved Ordrups vejrstation,  $15 \text{ m/s}$  vindstyrke ved Kastруп.

Målingerne a-g suppleredes med en enkelt måling h, svarende til forsøg a med tudstens-systemet indskudt og et vindue i tørrerummet åbent i den luv facade.

Måleresultaterne er vist på fig. 36, der viser svingningerne i trækstyrken for de enkelte måleserier a-h.

Tudstens-systemet giver tilsyneladende anledning til et væsentligt ringere aftræk end hættesystemet. Gentagne gange viste aftrækket sig at gå i stå med tudstens-systemet indskudt.

Trækstyrken for forsøgskanalsystemet når åbenbart sit maksimum og er mest regelmæssig, når overkanten af forsøgskanalen er beliggende i området fra 50-75 cm over tagfladen, dvs. med be-



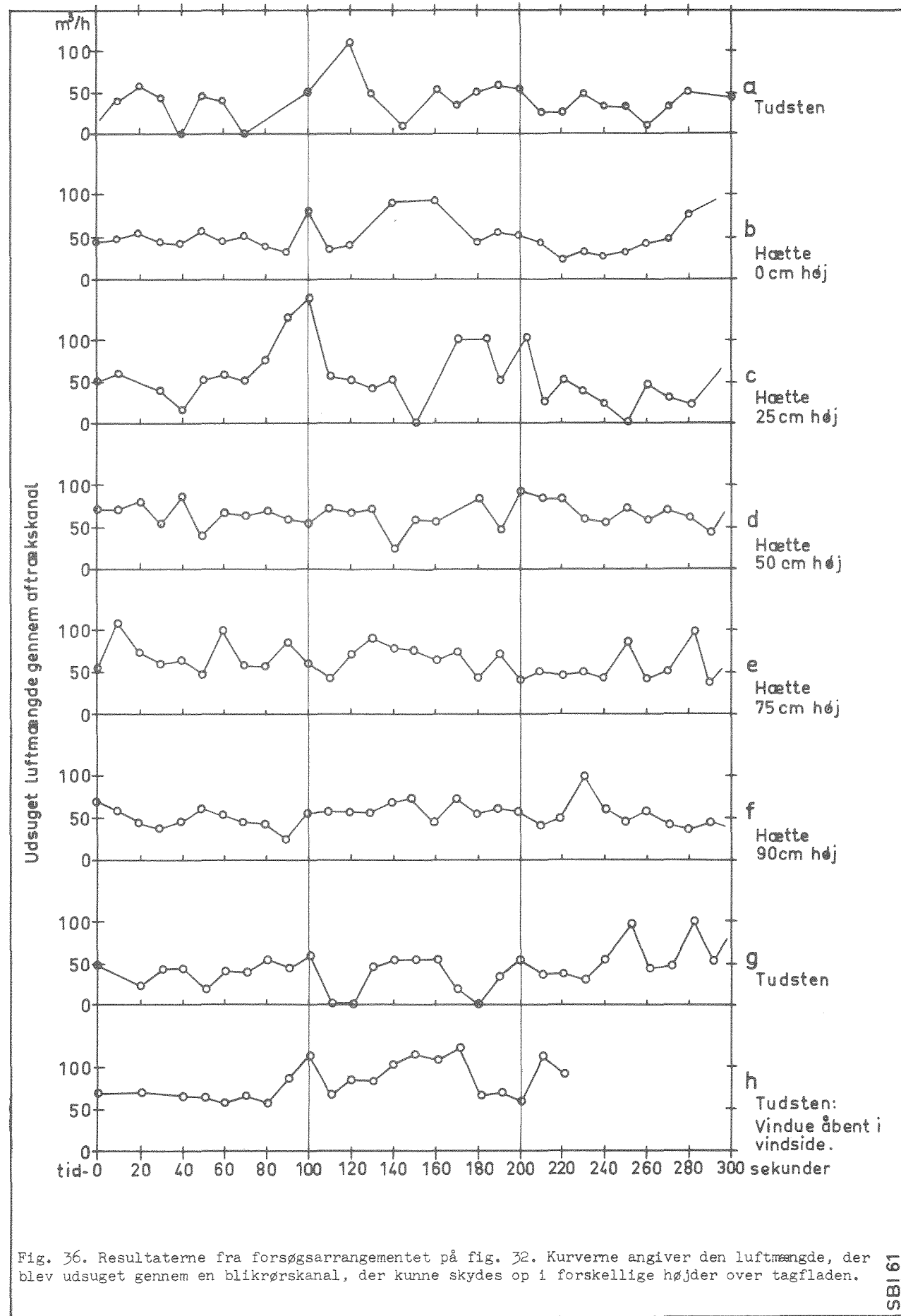


Fig. 36. Resultaterne fra forsøgsarrangementet på fig. 32. Kurverne angiver den luftmængde, der blev udsuget gennem en blikrørskanal, der kunne skydes op i forskellige højder over tagfladen.

SBI 61

tegnelserne ifølge fig. 32: H = 50-75 cm. Nedslag forekom ikke under målingerne.

Den supplerende måling h viser en kraftig stigning i trækstyrken i forhold til måleserierne a-g. Det åbentstående vindue i den luv facade i tørrerummet betyder en væsentlig formindskelse af modstanden i kredsløbet for frisklufttilførselens vedkommende, og målingen h viser den betydning, friskluftventiler anbragt i ydermur, vil have for trækstyrken.

### Forsøg 2

I en 3-etages ejendom med sadeltag og 40° taghældning foretoges aftræksforsøg i 6 lejligheder tilsluttet samme trappeopgang. Aftrækket fra køkken og bad/wc foregik gennem 10 x 15 cm<sup>2</sup> aftrækskanaler, udført af betonelementer indtil øverste etageadskillelse og eternitkanaler i tagrummet, afsluttet med zinkhætter over taget. Fig. 37 viser arrangementet. Fotografiet fig. 12 viser aftrækskolonnerne i tagrummet. Zinkhætterne svarer til de i fig. 14 viste hætter. Et tværsnit af hætten er vist på fig. 37a.

Bad/wc var indvendigt beliggende og uden ydervæg mod det fri, men med skillevæg mod køkken. Aftrækskanalerne fra både køkken og bad/wc var beliggende i disse skillevægge og samledes til kolonner på 6 kanaler med én kolonne for hver 3 over hinanden beliggende lejligheder.

Zinkhætterne var beliggende midtvejs mellem tagskæg og tagryg. Zinkhætten anbragt over aftrækskolonnen fra de 3 lejligheder, beliggende til venstre for trappeopgangen, blev imidlertid ændret i konstruktion, førend aftræksforsøgene udførtes. Tværsnittet af den ændrede hættekonstruktion er vist på fig. 37a.

Fig. 36. Results of the experimental arrangement of fig. 32. The curves are indicating the volume of air exhausted through the steel sheet duct which was telescoped to various levels above the roof.

(Udsuget luftmængde gennem aftrækskanal = volume of air exhausted through ventilating duct. Tudsten = vent pipe tile. Hætte x cm høj = vent pipe x cm high. Vindue åbent i vindside = window open to windward. Tid = time. Udsuget etc. = volume of air exhausted through the ventilating duct from the drying room, see fig. 19, connected to: a, g & h: the original vent pipe tile system. b-f: the experimental vent pipe. Outside temperature 6° C., wind force 15 m/sec. Experimental vent pipe and drying room located to windward).

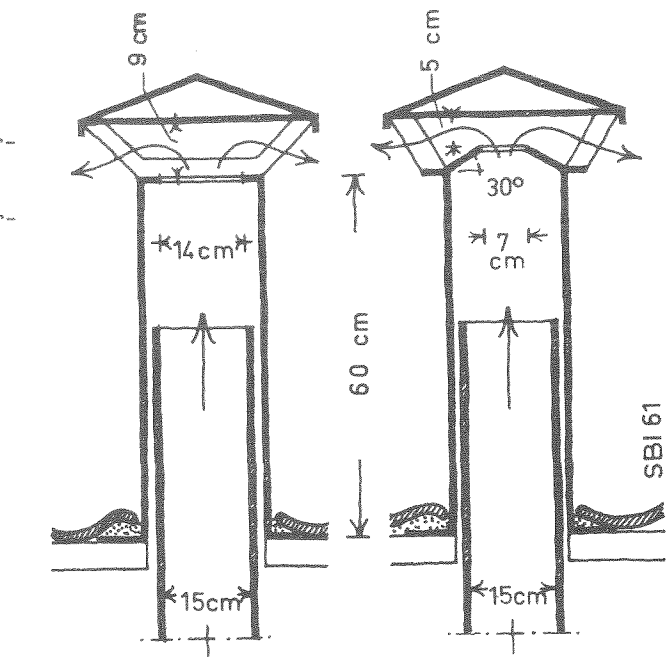
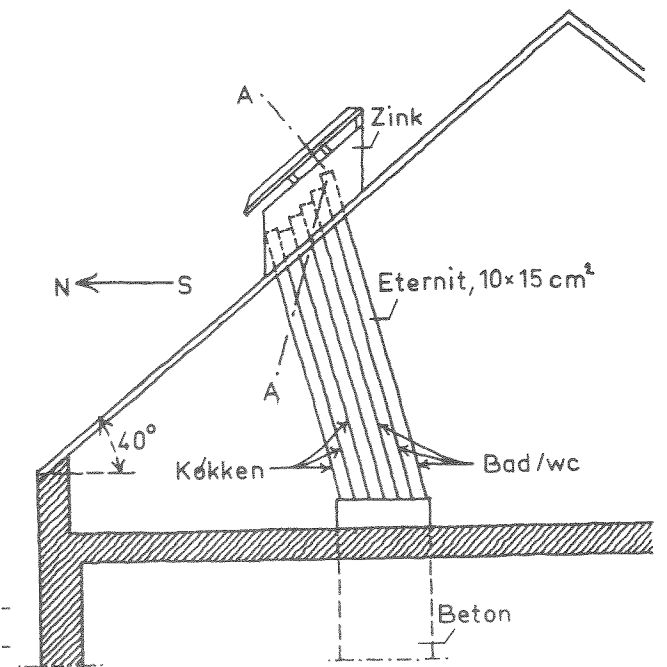


Fig. 37. Hætternes udformning ved aftræksforsøg. a. oprindelig hættekonstruktion b. ændret hættekonstruktion. The form of the hood during ventilating experiments. a. The original hood b. The changed hood. (Eternit = asbestos-cement. Køkken = kitchen. Bad = bath. Beton = concrete. Oprindelig hætte, a = original hood, a. Ændret hættemunding, b = changed orifice of hood, b).

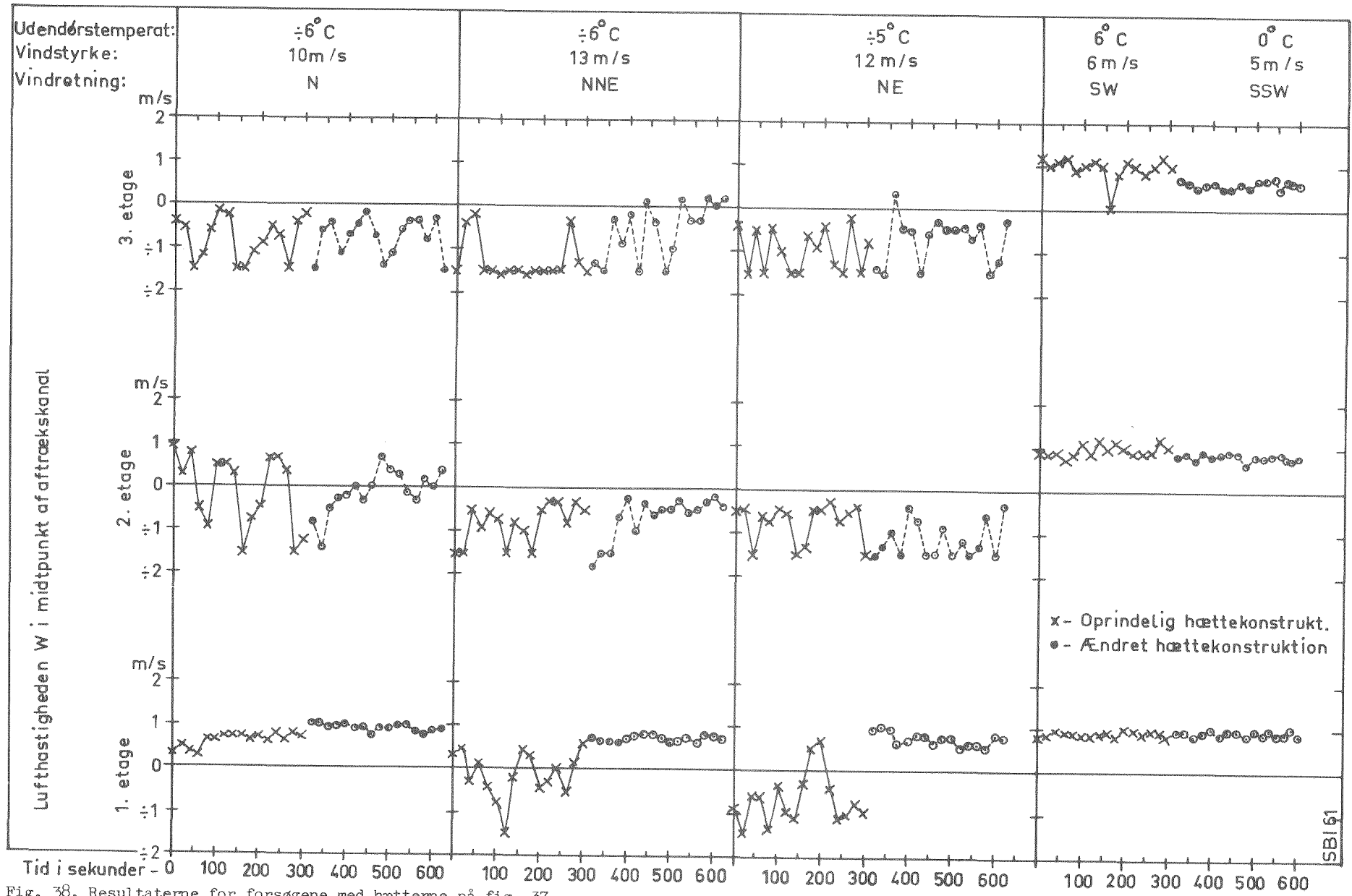


Fig. 38. Resultaterne for forsøgene med hætterne på fig. 37.  
 English figure text see page 64.

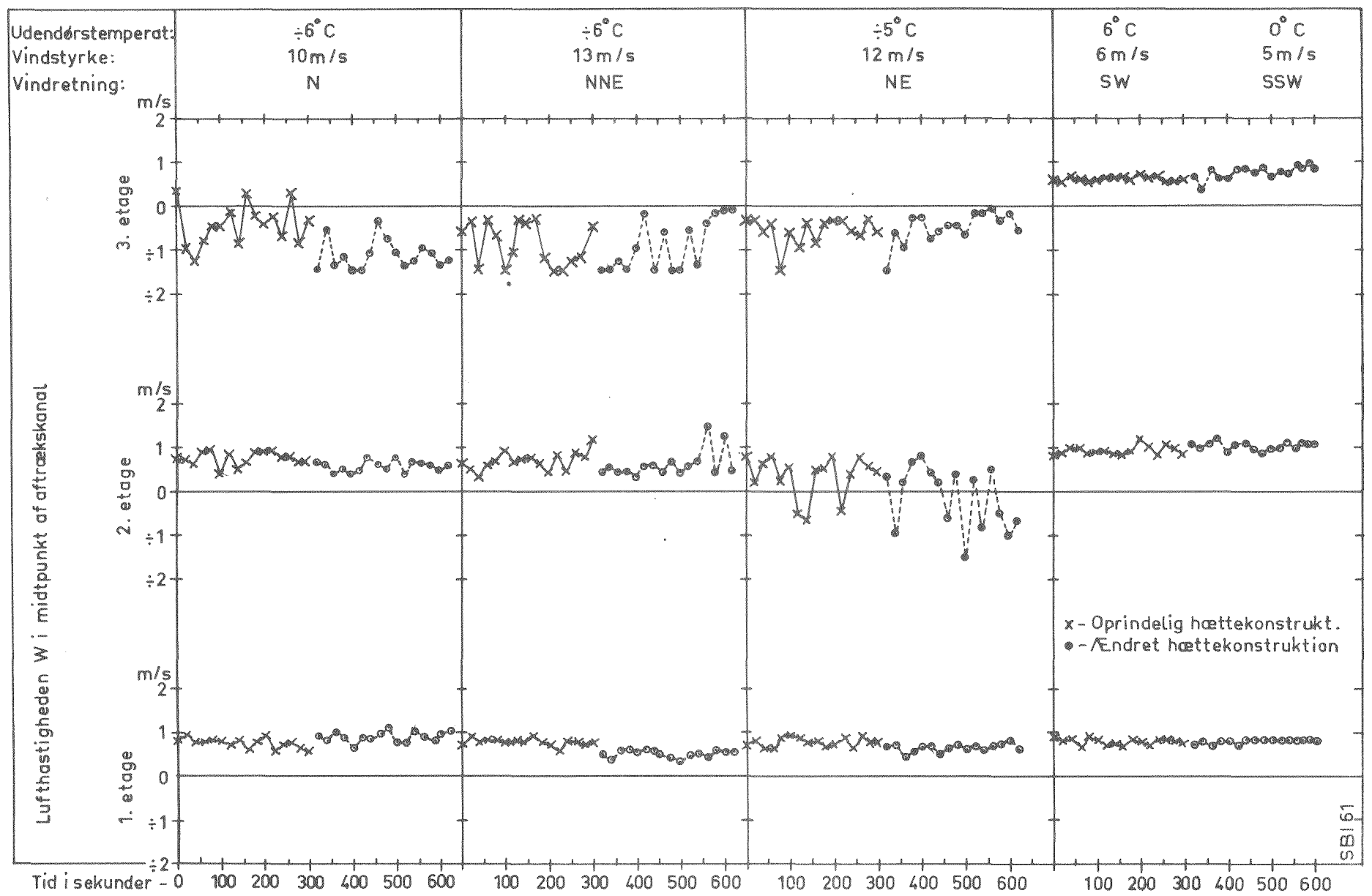


Fig. 38. Resultaterne for forsøgene med hætterne på fig. 37. English figure text see page

struktion er vist på fig. 37b; hættemandingen er ændret i forhold til den oprindelige i forsøg på at fremme hættens sugsevne og nedsætte dens nedslagstendens i forhold til den oprindelige hættekonstruktion, der bibeholdtes over aftrækskolonnen fra de 3 lejligheder til højre for trappeopgangen.

Ejendommen var iøvrigt beliggende med sin længdeakse i retningen fra WtN til EtS, og køkkenerne havde ydervæg mod N.

Under indledende forsøg havde det vist sig, at aftrækshætterne i vedkommende bebyggelse udviste nedslagstendenser for vindretninger fra N-NNE-NE, dvs. for indfaldende vinde mod køkkenfacaderne og tagfladerne, hvorpå aftrækshætterne var placeret.

Aftræksmålingerne blev derfor foretaget ved disse vindretninger. Et par supplerende målinger udførtes dog med vinden fra SW og SSW, altså med hætterne i den læ tagflade.

Fig. 38 viser resultatet af målingerne. Hver enkelt måleperiode var på 300 sekunder med aflæsning hvert 20. sekund af lufthastigheden i midtpunktet af aftræksåbningen ved hjælp af det i kapitel 11 omtalte "Anemotherm"-instrument.

Hver enkelt måleserie å 600 sekunder vist på fig. 38 svarer til to måleperioder på 300 sekunder; den første måleperiode svarende til lejligheden til højre med den oprindelige hættekonstruktion a, den sidste måleperiode svarende til lejligheden til venstre med den ændrede hættekonstruktion b.

Hver måleserie gennemførtes i løbet af ca. 3 timer, idet aftrækkene fra køkken og bad målt i én lejlighed ad gangen.

Fig. 38 antyder, at de to hættekonstruktioner synes at have samme nedslagstendens, og trækstyrken synes uforandret.

Fig. 38. The results of the hood experiments of fig. 37. (Udendørstemperat: outside temperature: Vindstyrke: = wind force: m/s = m/sec. Vindretning: wind direction: 1. etage = 1st floor. 2. etage = 2nd floor. 3. etage = 3rd floor. x - original hood. o - changed hood. Lufthastigheden W i midtpunkt af aftrækskanal = the air velocity W at the centre of the ventilating duct. Tid i sekunder = time in seconds).

Ændringen i hættekonstruktionen har således ikke haft nogen indvirkning på trækstyrken eller nedslagstendensen.

Den sidste af de 4 måleserier, vist på fig. 38, udført med vindretning modsat køkkensiden, dvs. med aftrækshætterne beliggende på den læ tagflade, viser, at der overhovedet ikke er nogen nedslagstendens for aftrækshætterne, når de er beliggende midtvejs mellem tagkæg og tagryg på den læ tagflade.

Det tør herefter fastslås, at taghældninger på 40° og derover er kritiske for aftrækshætter af normal konstruktion - dvs. de gængse zinkhætter - anbragt på tagfladen midtvejs mellem tagkæg og tagryg. Ved uheldigt indfaldende vinde vil hætterne få tendens til at give nedslag i aftrækskanalerne, fordi vinden fremkalder en overtrykszone over tagfladen, hvor hætterne er placerede. Så længe hætterne er beliggende på læsiden af taget, synes der ikke at være nogen nedslagstendens.

En taghældning på 27° synes altså at give tilfredsstillende aftræksforhold, uanset hvor på tagfladen aftrækshætterne er beliggende. En taghældning på 40° giver derimod anledning til nedslagstendenser, hvis aftrækshætterne er placeret på tagfladen midtvejs mellem tagkæg og tagryg. Nedslag vil kun opstå, når hætterne er beliggende på den luv tagflade.

Et eller andet sted mellem 27° og 40° må der åbenbart findes en taghældning, der netop er kritisk i aftræksmæssig henseende, hvad risikoen for nedslag angår.

Noget andet er, hvor der findes opbygninger på taget, der må aftrækshætterne placeres således i forhold dertil, så opbygningerne ikke kan forårsage vindnedslag. Det er en ting, der ofte synes imod.

## 10. Luftskeftemåling og røgforsøg med ventilation af køkken

For at søge at belyse, hvorledes udsugningen fra køkken og bad/wc indvirker på luftskeftet i de tilhørende opholdsrum, monteredes en køkkenventilator K i køkkenvinduet i en beboelseslejlighed, som vist på fig. 39. Lejligheden var beliggende på 2. etage i et 3-etages hus og med naboledigheder til begge sider. Fra bad/wc-rummet førte en 10 x 15 cm<sup>2</sup> aftrækskanal A lodret op til en eternit-ventilationsrygningssten i tagryggen. Køkkenet havde ingen aftrækskanal. Den centrale udsugning fra lejligheden foregik følgelig ved kunstig udsugning fra køkken gennem køkkenventilatoren K og ved naturlig ventilation fra bad/wc.

### Luftskeftemålingen

Luftskeftemålingen foretoges for opholdsstue og kammer under ét, idet døren mellem de to rum holdtes åben, de øvrige døre i lejligheden lukkede. Rumluften holdtes i livlig bevægelse mellem de to rum ved hjælp af to ventilatorer V<sub>1</sub> og V<sub>2</sub>. Alle vinduer og klapruder i lejligheden var ligeledes lukkede; der var koblede vinduer.

Luftskeftet blev målt med kuldioxyd som sporgas; måleapparatet var stillet til rådighed af Laboratoriet for opvarmning og ventilation, Danmarks tekniske Højskole.

Luftskeftet, der svarer til luftfornyelsen divideret med rumvolumenet, bestemtes ud fra faldet i kuldioxydkoncentration i rumluften pr. tidsenhed, idet der inden forsøgets start blev tilført rumluften en passende kuldioxydmængde.

Luftskeftet bestemmes ud fra følgende: faldet i kuldioxydkoncentration i rumluften = kuldioxydmængden, der bortgår med ventilationsluften, følgelig er

$$-dc = n \cdot c \cdot dt, \text{ hvor}$$

c = kuldioxydkoncentrationen til tidspunktet t

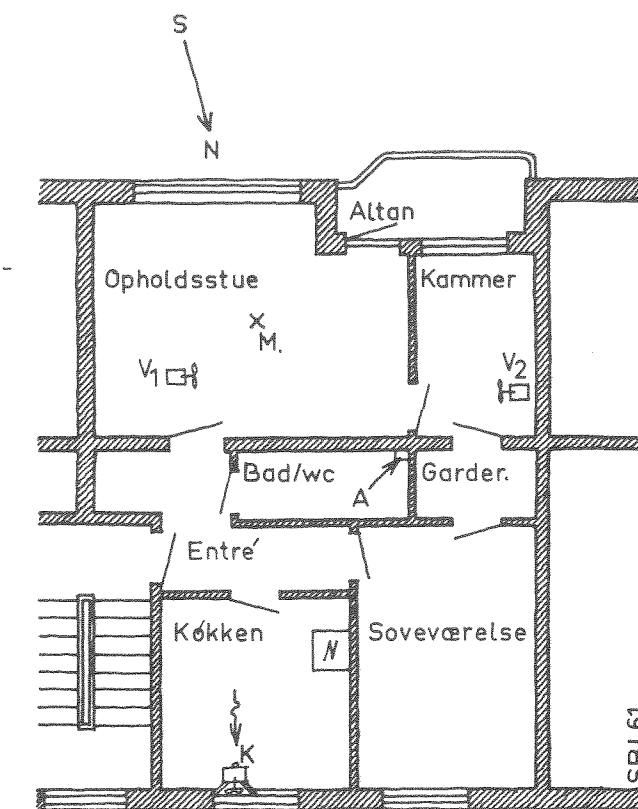
-dc = faldet i kuldioxydkoncentration i tidsrummet dt

t = tiden i timer  
n = det resulterende luftskefte i opholdsrum og kammer under ét i h<sup>-1</sup>.

Integration af differentiaalligningen fra tidspunktet t<sub>0</sub> til t giver

$$n = \frac{1}{t - t_0} \cdot \ln \frac{c_0}{c}$$

Fig. 39. Forsøgsopstillingen ved luftskeftemåling med sporgas i lejlighed. Lejligheden blev ventileret med en udsugningsventilator i køkkenvinduet og med en aftrækskanal ført over tag fra bad/wc. M er målestedet for luftskeftemålingerne 1,2 m over gulv. The experimental arrangement during the measuring of air changes in a flat by means of tracer gas. The flat was ventilated by an exhaust fan in the kitchen window and by a ventilating duct in the bath/w.c. carried above the roof. M is the point of measurement 1.2 m above the floor. (Altan = balcony. Kammer = room. Garder. = wardrobe. Køkken = kitchen. Opholdsstue = living room. Bad = bath. Entre = hall. Soveværelse = bedroom).



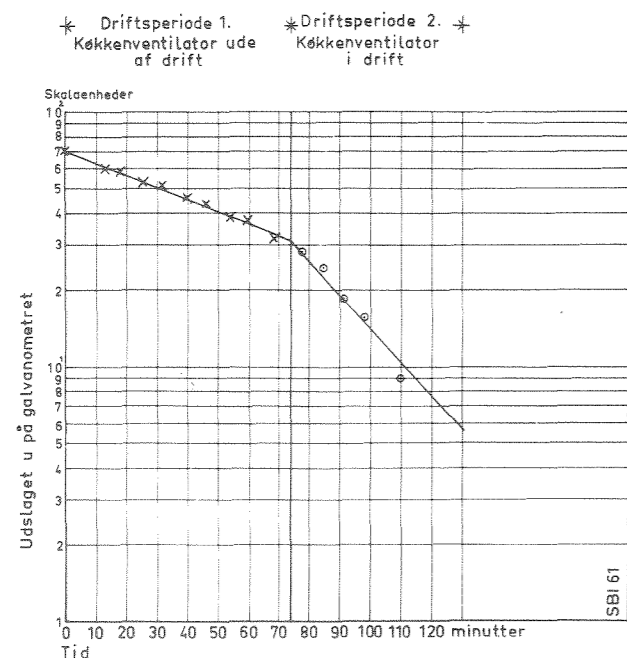


Fig. 40. Diagram over resultaterne fra luftskiftemålingerne i opholdsrummene i lejligheden på fig. 39.

Diagram of the results of the air change measuring in the flat of fig. 39. (Driftsperiode = operating period. Køkkenventilator ude af/i drift = kitchen fan out of/in operation. Skalaenheder = graduations of scale. Udslaget u på galvanometret = the deflection u of the galvanometer. Tid = time).

Da kuldioxidkoncentrationen  $c$  var proportional med udslaget  $u$  på galvanometret på måleinstrumentet, kan ligningen skrives som

$$n = \frac{2,3}{t - t_0} \log \frac{u_0}{u}, \text{ hvor}$$

$u$  = galvanometerudslaget til tidspunktet  $t$

$u_0$  = galvanometerudslaget til tidspunktet  $t_0$ .

Luftskiftemålingen i opholdsstue og kammer udførtes med

1. køkkenventilatoren standset og tillukket,
2. køkkenventilatoren i drift for fuldt omdrejningstal med udsugning fra køkkenet.

Resultaterne fra luftskiftemålingen er indført på diagrammet fig. 40. Venstre halvdel af diagrammet svarer til driftsperiode 1, højre halvdel til driftsperiode 2.

Rumtemperaturen var under forsøget  $22^{\circ}\text{C}$  og vindstyrken  $6 \text{ m/s}$  målt i Kastrup vejrstation, medens vindretningen var parallel med husfacaderne.

Fig. 40 giver følgende oplysninger om luftskifterne:

#### Driftsperiode 1 - køkkenventilatoren standset

$$t_0 = 0 \text{ min.} = 0 \text{ h,} \quad u = 70 \text{ skalaenheder}$$

$$t = 74 \text{ min.} = \frac{74}{60} \text{ h,} \quad u = 32 \text{ skalaenheder}$$

$$\text{Luftskiftet } n = \frac{2,3}{(74 - 0)/60} \log \frac{70}{32} = 0,64 \text{ h}^{-1}$$

Luftfornyelsen  $Q = n \cdot V = 0,64 \cdot 70 = 45 \text{ m}^3/\text{h}$ , idet rumvolumenet  $V = 70 \text{ m}^3$  af opholdsstue og kammer tilsammen.

#### Driftsperiode 2 - køkkenventilatoren i drift

$$t_0 = 74 \text{ min.} = \frac{74}{60} \text{ h,} \quad u_0 = 32 \text{ skalaenheder,}$$

$$t = 110 \text{ min.} = \frac{110}{60} \text{ h,} \quad u = 10,5 \text{ skalaenheder.}$$

$$\text{Luftskiftet } n = \frac{2,3}{(110 - 74)/60} \log \frac{32}{10,5} = 1,85 \text{ h}^{-1}$$

Luftfornyelsen  $Q = n \cdot V = 1,85 \cdot 70 = 130 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Køkkenventilatoren var fra fabrikantens side opgivet til at have en nominal udsugning på  $900 \text{ m}^3/\text{h}$  ved omløbstal 1 og  $600 \text{ m}^3/\text{h}$  ved omløbstal 2, idet ventilatoren kunne omkobles mellem to omløbstal. Størrelsen af luftmængden, som ventilatoren udsugede under luftskiftemålingen, blev imidlertid ikke målt; men ventilatoren var under driftsperiode 2 i drift for fuldt omløbstal.

På trods af at samtlige døre og vinduer, fra set døren mellem opholdsstue og kammer, var lukkede under luftskiftemålingen i lejligheden, steg luftskiftet således til det tredobbelte i opholdsstue + kammer ved igangsætning af køkkenventilatoren.

Det konstateredes, at der under luftskiftemålingen var konstant nedslag gennem aftrækskanalen i badeværelset under driftsperiode 2, medens aftrækket gennem aftrækskanalen var på  $30 - 35 \text{ m}^3/\text{h}$  under driftsperiode 1.

Efter luftskiftemålingens afslutning viste det sig, at nedslaget gennem aftrækskanalen ophørte, når køkkenventilatoren omkoblede til omdrejningstal 2, svarende til den nominelle luftmængde  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ . Aftrækket gennem aftrækskanalen A gik da helt i stå, idet aftrækket overgik til at veksle mellem nedslag og aftræk uden noget egentligt aftræk til følge.

Under normale vejrforhold med lave vindstyrker viste der sig altså at være et luftskifte i opholdsrummene af størrelsesorden  $0,6 - 0,7 \text{ h}^{-1}$  ved naturlig ventilation. Ved igangsætning af køkkenventilatoren steg luftskiftet imidlertid til det tredobbelte. Den udsugede luftmængde

gennem bad/wc svarede til  $0,4 - 0,5 \text{ h}^{-1}$ , altså omtrent af samme størrelsesorden som luftfornyelsen i opholdsstue og kammer. Ved igangsætning af køkkenventilatoren afløstes aftrækket fra bad/wc af konstant nedslag gennem kanalen.

Luftskiftemålingerne tyder på en kraftig indvirkning fra udsugningsanordningerne i køkkenet og bad/wc på luftskiftet i opholdsrummene. Ved central udsugning fra køkkenet og bad/wc vil der opstå en gensidig indvirkning mellem de to udsugningssystemer, hvis det ene har væsentlig større trækraft end det andet. Hvor frisklufttilførslen til køkkenet og bad/wc foregår fra opholdsrummene gennem entré eller forstue, samarbejder naturlige og kunstige ventilationsanlæg dårligt, idet der let fremkaldes nedslag i det naturlige ventilationsanlæg som følge af det kunstige udsugningsanlægs overlegne drivtryk.

#### Røgforsøget

Ved røgprøver i køkkenet søgtes det påvist, hvor kraftig udsugning der måtte kræves af køkkenventilatoren ved rigelig frisklufttilførsel, for at madosen i køkkenet kunne bortventileres i takt med dens frembringelse.

Køkkenventilatoren forsynedes derfor med en reguleringsmodstand, således at dens omdrejningstal kunne reguleres nedefra og op til fuldt omløbstal.

Røgpulverstrengene afbrændtes i køkkenet på køgestedet, og dørene mellem køkkenet og entré og mellem entré og soveværelse holdtes åbne, ligesom klappuden i soveværelset holdtes åben. De øvrige døre og vinduer i lejligheden var lukkede.

Forsøgene udførtes derefter på den måde, at omløbstallet for ventilatoren reguleredes i spring, og ved hvert fikseret omløbstal afbrændtes røgpulver i køkkenet. Ved de lave omløbstal udfyldte røgen hurtigt køkkenet og vældede ud i entréen. Først ved fuldt omløbstal lykkedes det helt at hindre røgen i at trænge ud i entréen, og hovedparten af røgen blev af luftstrømmen fra den halvtåbne dør ført direkte hen imod ventilatoren og blæst ud i det fri. Med et vingeanemometer målte den udsugede luftmængde gennem ventilatoren ved fuldt omløbstal til  $550 \text{ m}^3/\text{h}$  og nærmest vindstille udendørs. Målingen gentoges senere på et tidspunkt med moderat NE-vind, dvs. med mod ventilatoren indfaldende vind, og den udsugede luftmængde viste sig da faldet til  $410 \text{ m}^3/\text{h}$ , ligeledes ved fuldt omløbstal.

Køkkenventilatorer bør følgelig dimensioneres med en kapacitet på  $4 - 500 \text{ m}^3/\text{h}$  effektiv udsugning, hvis de i køkkener af almindelig størrelse på  $6 - 12 \text{ m}^2$  effektivt skal kunne bortventilere mados og forbrændingsprodukter. I vintermånederne vil frisklufttilførslen kunne forvolde trækgener, og der vil optræde et ikke ubetydeligt varmetab med luftmængder af denne størrelsesorden.

# 11. Måleteknik og ventilkarakteristikker

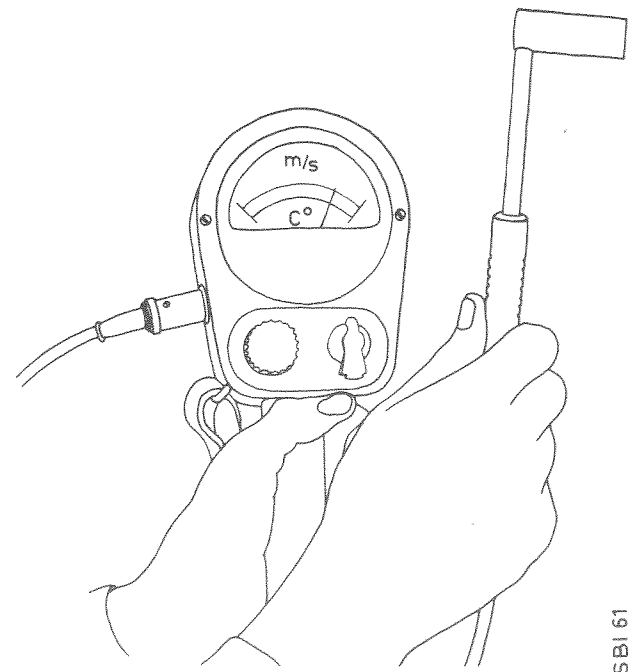


Fig. 41. Varmetrådsanemometret Wallac. The hot-wire anemometer Wallac. (m/s = m/sec.).

## Måleteknik

Et problem ved ventilationsundersøgelser er fremskaffelsen af egnede måleinstrumenter, som med tilstrækkelig nøjagtighed kan måle de udsugede luftmængder. Der findes ingen måleinstrumenter i handelen, som umiddelbart kan angive, hvor meget der suges ud med forholdsvis lille hastighed gennem en lille åbning. Derimod havde det svenske byggeforskningsinstitut rådighed over et måleinstrument til de mekaniske ventilationsanlæg, som kunne anvendes ved de gængse typer af udsugningsventiler i køkken og bad/wc. Måleinstrumentet - i det efterfølgende benævnt som velometer - findes udførligt beskrevet i den tilsvarende svenske ventilationsrapport, hvortil der må henvises. Ved velvillig assistance fra SNB's side blev Velometret stillet til rådighed for de danske undersøgelser.

Velometret lod sig imidlertid ikke anvende ved de naturlige ventilationsanlæg, fordi udsugningsåbningerne som oftes fandtes udformet og placeret så uheldigt i køkkenerne og bad/wc-rummene, at der ikke var en passende anlægsflade

for velometrets måleramme. Nogle aftrækskanaler viste sig at udmunde i lofterne, andre i væggene, nogle umiddelbart op mod et af rumhjørnerne, og en del udsugningsåbninger var omkransede af flanger eller plader af forskellig udformning. Det var derfor ikke muligt at konstruere en måleflange, der let og bekvemt kunne anbringes direkte mod en hvilken som helst udsugningsåbning.

Valget faldt da for de naturlige ventilationsanlægs vedkommende på varmetrådsanemometret, der fungerer efter Wheatstone's-bro princippet, hvor den ene af modstandene i brokoblingen er det egentlige måleorgan. Modstandstråden holdes opvarmet af en svag glødestrøm og findes anbragt i en føler for enden af et fleksibelt kabel. Fig. 41 viser et billede af instrumenttypen.

Efter gennemførelsen af en serie indledende forsøgsmålinger i en række lejligheder, hvor de nævnte instrumenttyper blev taget i anvendelse, var der indvundet så mange måletekniske erfaringer, at en kalibrering af måleinstrumenterne kunne foretages laboriemæssigt med en måleopstilling, der så nært som muligt svarede til aftræksforholdene ude omkring i ejendommene. I Laboratoriet for opvarmning og ventilation, Danmarks tekniske Højskole, blev et forsøgsarrangement opstillet, omfattende en 10 x 15 cm<sup>2</sup> aftrækskanal med en centrifugalventilator med reguleringstransformator tilsluttet den ene ende, og forsynet med en måleflange i den anden ende. Flangen kunne på forskellig måde indpasses i en "rumopstilling", således at udsugningsåbningen kunne placeres på forskellig måde i forhold til væg og loft. Midtvejs i kanalen var der indskudt en måleblænde til måling af den gennemsugede luftmængde ved hjælp af et mikromanometer.

Forsøgsopstillingen var opbygget i modelforholdet 1:1, og kalibreringen af varmetrådsanemometrene foretoges med følere anbragt i midtpunktet af udsugningsåbningen. Fig. 42 og 43 viser kalibreringskurverne for de to varmetrådsanemometre, i det følgende benævnt som henholdsvis "Anemotherm" og "Wallac", svarende til varmerørerne. Kalibreringskurverne angiver sammen-

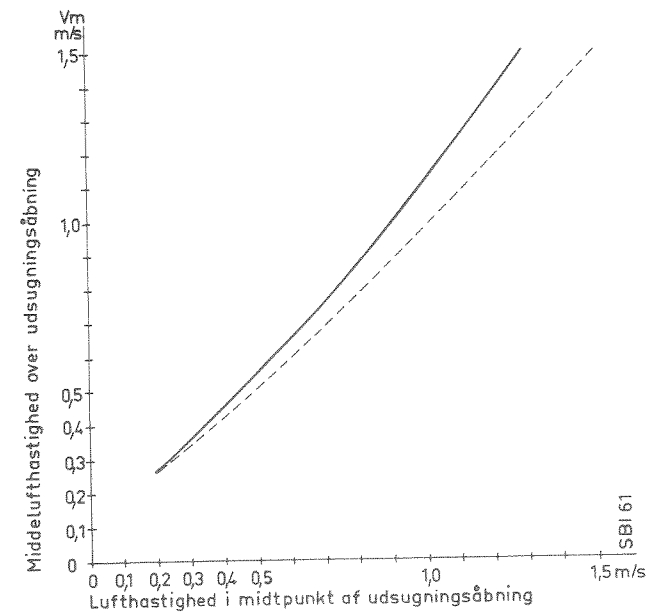


Fig. 42. Kalibreringskurver for varmetrådsanemometret Anemotherm. Calibration curves of the hot-wire anemometer Anemotherm. (m/s = m/sec. Middellufthastighed over udsugningsåbning = average air velocity in the exhaust opening. Lufthastighed i midtpunkt af udsugningsåbning = air velocity at the centre of the exhaust opening. — vent hole in a plane wall under the ceiling not less than 50 cm from corners. - - - - vent hole under the ceiling at a corner).

hængen mellem de med varmetrådsanemometrene registrerede lufthastigheder i midtpunktet af måletværsnittet og middellufthastigheden over det samme.

Kalibreringen af Velometret beregnet til måling af luftmængderne gennem udsugningsventilerne, i køkken og bad/wc i ejendomme med kunstig ventilation, foretoges med udsugningsventiler af de gængse typer indbygget i aftræksåbningen i den nævnte laborieopstilling. Kalibreringerne foregik som ved de egentlige målinger med en måletragt indskudt mellem udsugningsventil og Velometer. Fig. 44 viser kalibreringskurverne.

Kalibreringskurverne er iøvrigt optegnet for udsugningsåbninger beliggende i vægafsniittene umiddelbart under lofterne eller i lofterne i umiddelbar nærhed af en af de tilstødende vægge, således at de ikke uden videre kan benyttes for udsugningsåbninger beliggende f.eks. midt i loftet eller i en af væggene et stykke neden for loftet. Aftræksåbningerne ude i ejendommene vi-

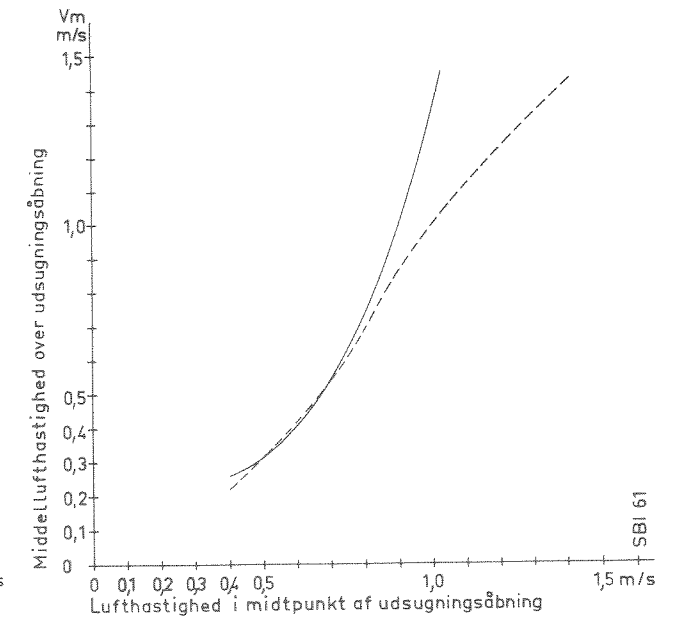


Fig. 43. Kalibreringskurver for varmetrådsanemometret Wallac. Calibration curves of the hot-wire anemometer Wallac. (m/s = m/sec. Middellufthastighed over udsugningsåbning = average air velocity in the exhaust opening. Lufthastighed i midtpunkt af udsugningsåbning = air velocity at the centre of the exhaust opening. — vent hole in a plane wall under the ceiling not less than 50 cm from corners. - - - - vent hole under the ceiling at a corner).

ste sig imidlertid allesammen således beliggende, når der ses bort fra nogle få isolerede tilfælde, at de opfylder de betingelser, ved hvilke kalibreringskurverne er gyldige.

Som supplement til kalibreringsmålingerne blev to udsugningsventiler, som var typiske for de fabrikater, der fandtes på markedet, gennemmålt, og ventilkarakteristikkerne optegnet. Fig. 45 og 46 viser karakteristikkene for en Kontrollventil med to lodrette, regulerbare udsugningspalter, og en tallerken-ventil med udsugningspalte rundt langs periferien af en skive, som kunne åbnes eller lukkes ved drejning af skiven. Begge ventiltyper var venligst stillet til rådighed for målingerne af AB Flåktfabriken.

## Ventilkarakteristikker

Ventilkarakteristikkerne angiver sammenhængen mellem spaltebredden  $s$  af udsugningsåbningen, trykfaldet  $\Delta p_v$  over ventilen og luftmængden  $Q$ .

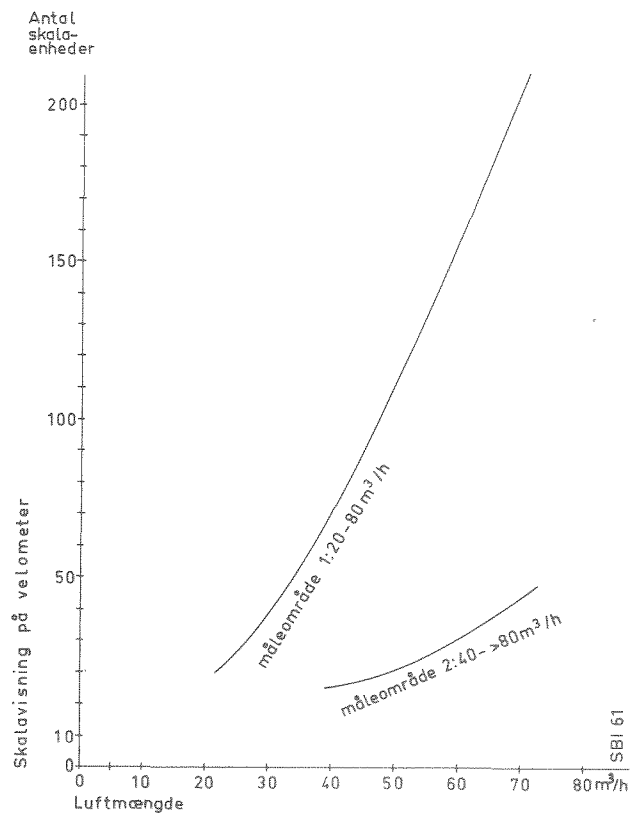


Fig. 44. Kalibreringskurver for Velometer nr. 9. Calibration curves of Velometer no. 9. (Antal skalaenheder = graduations of scale. Måleområde = range of measurement. Skalavisning på Velometer = Deflection of Velometer. Luftmængde = volume of air).

Da der normalt skulle arbejdes med trykfald af størrelsesorden 5-10  $\text{kp/m}^2$  over udsugningsventilerne og dermed tilsvarende undertryk i udsugningskanalerne, giver felterne mellem karakteristikkene for 5 og 10  $\text{kp/m}^2$  på fig. 45 og 46 et billede af de to ventiltypers reguleringsområder. Ventilkarakteristikkerne synes iøvrigt at forløbe noget stejlere for Kontroll-ventilen end for tallerken-ventilen, hvad der i forbindelse med, at førstnævnte ventil havde en væsentlig grovere virkende reguleringsanordning, bevirkede, at Kontroll-ventilen faktisk kun havde to reguleringsmuligheder: fuldt åben og lukket, medens tallerken-ventilen viste stor regulerings-ejne med en finere indstillingsmulighed.

### Usikkerhedsoverslag

Angiver et måleresultat en øjebliksværdi for størrelsen af den udsugede luftmængde gennem en aftrækskanal eller udsugningsventil, vil ubestemtheden på måleresultatet afhænge af måleob-

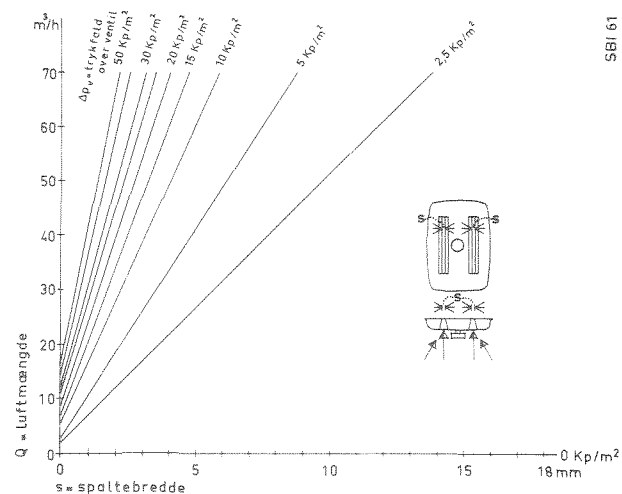


Fig. 45. Karakteristikkene for Kontrollventil, type KGD af Flåktfabrikens fabrikat. Diagrammet viser sammenhængen mellem trykfaldet over ventilen  $\Delta p_v$  i  $\text{kp/m}^2$ , spalteåbningen  $s$  i mm og luftmængden  $Q$  i  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Characteristics of the KGD grille manufactured by the Flåktfabriken. The diagram shows the connection between the pressure drop across the grille  $\Delta p_v$  in mm w.g., the width of the slots  $s$  in mm, and the volume of air  $Q$  in  $\text{m}^3/\text{h}$ . ( $\text{kp/m}^2 \approx \text{mm w.g.}$  Luftmængde = volume of air. Spaltebredde = width of slots. Trykfald over ventil = pressure drop across the grille).

Jektets ubestemthed  $\sigma_o$ , måle metodens usikkerhed  $\sigma_m$ , kalibreringsusikkerheden  $\sigma_k$ , samt ubestemtheden på den udsugede luftmængde  $\sigma_t$  som følge af variationerne i vindstyrken og vejrliget. Størrelsen af den udsugede luftmængde vil nemlig variere med tiden på en ikke lovbundet måde.

Sammenhængen er givet ved

$$\sigma^2 = \sigma_o^2 + \sigma_m^2 + \sigma_k^2 + \sigma_t^2$$

Fremkommer måleresultatet som middelværdien af  $n$  iagttagelser, er ubestemtheden på middeltallet

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

idet ubestemtheden på måleresultatet dog ved selv nok så mange gentagelser ikke kan bringes ned under kalibreringsusikkerheden  $\sigma_k$ .

Måleobjektet er den enkelte aftrækskanal eller udsugningsventil. Måleresultatet var imidlertid ikke en øjebliksværdi for den udsugede luftmængde, men middelværdien over et tidsrum på 2 minut-

ter. Da middelværdidannelsen afhænger af det subjektive skøn hos iagttageren, må usikkerhedsbidraget  $\sigma_m$  stå i relation hertil. Middelværdidannelsen bliver behæftet med desto større usikkerhed, jo større svingninger der er i vindstyrken under måleperioden. Usikkerhedsbidraget  $\sigma_m$  andrager skønsvist 5-10% ved lave vindstyrker med rolige vindforhold og ca. 20% ved forholdsvis høje middelvindstyrker og tilsvarende urolige vindforhold.

For de mekaniske ventilationsanlægs vedkommende andrager  $\sigma_m$  skønsvist 5-10%, idet udsugningen foregår gennem udsugningsventiler under forholdsvis store trykfald, således at svingningerne i vindstyrken ikke får nævneværdig indflydelse på størrelsen af de udsugede luftmængder.

Ubestemtheden  $\sigma_o$  på måleobjektet, den enkelte aftrækskanal eller udsugningsventil, er ubestemt på måleresultatet fundet ved gentagne målinger, hvor de øvrige usikkerhedsbidrag og kalibreringsusikkerheden er forsvindende i forhold til  $\sigma_o$ , og hvor vindstyrken holder sig konstant. Da disse forhold naturligvis ikke lader sig etablere samtidig i praksis, vil  $\sigma_o$  ikke umiddelbart kunne findes ved måling. Skønsvist vil  $\sigma_o$  dog være ubetydelig i forhold til de øvrige usikkerhedsbidrag.

Kalibreringsusikkerheden  $\sigma_k$  andrager kun nogle få procent og er ubetydelig i forhold til de øvrige usikkerhedsbidrag. Der må imidlertid forventes nogen forfalskning af de enkelte måleresultater, da kalibreringskurverne anvendes på aftrækskanaler og aftræksåbninger, der ikke er udformet på identisk samme måde som i kalibreringsarrangementet. Forfalskningen i måleresultaterne kan skønsvist sættes fra 0% til 10%, afhængigt af, hvor meget den enkelte aftræksinstallation afviger fra kalibreringsarrangementet. For de mekaniske ventilationsanlægs vedkommende har ventiltypen for køkken og bad/wc været den samme som anvendt ved kalibreringen af velometret, hvorfor forfalskningen i måleresultaterne i dette tilfælde bliver af underordnet betydning.

Ubestemthedsbidraget  $\sigma_t$  afhænger af vejrforholdene og af vindfølsomheden for ventilationsanlæggene i bygningen. Luftstrømmingerne langs jordoverfladen er turbulente. Luftfastigheden veksler derfor uafledigt, og vinden kommer i stød med mellemrum af størrelsesorden 1-3 mi-

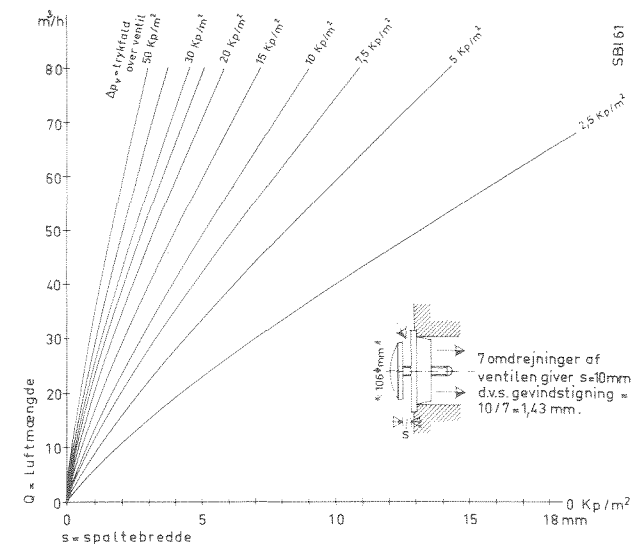


Fig. 46. Karakteristikkene for Kontrollventil, type EVH 10 af Flåktfabrikens fabrikat. Diagrammet viser sammenhængen mellem trykfaldet over ventilen  $\Delta p_v$  i  $\text{kp/m}^2$ , spalteåbningen  $s$  i mm og luftmængden  $Q$  i  $\text{m}^3/\text{h}$ . Characteristics of the EVH 10 grille manufactured by the Flåktfabriken. The diagram shows the connection between the pressure drop across the grille  $\Delta p_v$  in mm w.g., the width of the slots  $s$  in mm, and the volume of air  $Q$  in  $\text{m}^3/\text{h}$ . ( $\text{kp/m}^2 \approx \text{mm w.g.}$  Luftmængde = volume of air. Spaltebredde = width of slot. Trykfald over ventil = pressure drop across the grille. 7 omdrejninger etc. = 7 revolutions result in  $s = 10$  mm, i.e. the pitch is  $10/7 = 1.43$  mm).

nutter. Vindstødene forplanter sig delvis ind gennem bygningerne og giver desuden svingninger i aftrækskåtternes sugsevne. Følgelig vil luftmængderne, der udsuges gennem aftrækskanalerne, underkastes lignende svingninger. Vindstødene stiger stærkt i styrke med stigende middelvindstyrke. Det samme gælder svingningerne i luftstrømmingerne gennem aftrækskanalerne. Følgen af dette bliver, at  $\sigma_t$  vokser med stigende middelvindstyrke.  $\sigma_t$  afhænger endvidere som nævnt af vindfølsomheden af installationen.  $\sigma_t$  lader sig derfor ikke bestemme laboratoriemæssigt.

For at få et indtryk af størrelsesforholdet af  $\sigma_t$ , udførtes følgende forsøg:

I et 3-etages hus udmålte den udsugede luftmængde gennem en aftrækskanal fra et badeværelse, beliggende på 2. etage og uden vindue til det fri. Aftrækskanalen førte lodret op gennem bygningen og ud til det fri gennem en eternitventilationsrygningssten i tagryggen. Aftrækskanalen havde dimensionerne  $10 \times 15 \text{ cm}^2$ . Målingerne foretoges over to perioder, hver af 5 minutters varighed med registreringer af den øjeblikkeligt

udsugede luftmængde hver 10. sekund. I måleperiode 1 var vindstyrken 3-4 m/s og udendørstemperaturen -1°C, og i måleperiode 2 var vindstyrken 14-15 m/s og udendørstemperaturen +6°C. Resultaterne findes opført i tabel 7.

Tabel 7 viser tydeligt svingningerne i den udsugede luftmængde og forskellen i trækstyrke mellem de to måleperioder.

Middelværdierne M for de udsugede luftmængder gennem de to måleperioder bliver henholdsvis 32 m³/h og 71 m³/h.

De relative afvigelser  $\frac{\Delta}{M} \cdot 100\%$ , hvor  $\Delta$  er grænseafvigelsen for de 31 observationer, hver enkelt måleperiode omfatter, andrager ca. 10% for måleperiode 1 og ca. 40% for måleperiode 2, idet  $\Delta = 5 \text{ m}^3/\text{h}$  for måleperiode 1 og  $\Delta = 59 \text{ m}^3/\text{h}$  for måleperiode 2.

Den relative ubestemthed  $\sigma$  på middelværdien M bliver  $\sqrt{31}$  gange mindre, da middelværdien er dannet ud fra 31 observationer; følgelig bliver  $\sigma = \text{ca. } 2\%$  for måleperiode 1 og  $\sigma = \text{ca. } 10\%$  for måleperiode 2.

Da ubestemthedsbidraget  $\sigma_t$  er inkluderet i disse talværdier, giver de et begreb om størrelsesordenen af  $\sigma_t$ .

Tabel 7. Aftræksmåling på 10 x 15 cm<sup>2</sup> aftrækskanal for naturlig ventilation, tilsluttet badeværelse uden vindue til det fri, beliggende på 2<sup>1</sup> etage i 3-etages hus. Aftrækskanalen er ført til det fri gennem eternit-ventilationsrygningssten i tagryggen.  
Måleperiode 1: vindstyrke 3-4 m/s, udendørstemperatur -1°C.  
Måleperiode 2: vindstyrke 14-15 m/s, udendørstemperatur +6°C.

Sammenfattende kan der regnes med resulterende ubestemtheder på de enkelte måleresultater af størrelsesorden

- 5 - 10% for de mekaniske ventilationsanlæg, forsynet med udsugningsventiler af godkendt type,
- 5 - 10% for de naturlige ventilationsanlæg, hvor vindstyrken har været lav og vindforholdene forholdsvis rolige under målingerne, og
- ca. 20% for de naturlige ventilationsanlæg, hvor middelvindstyrken har været høj og vindforholdene urolige under målingerne.

Aflæsnings-tidspunkt, sekunder	Udsuget luftmængde, m <sup>3</sup> /h	
	Måleperiode 1	Måleperiode 2
0	33	104
10	31	79
20	31	58
30	31	63
40	30	68
50	30	71
60	32	75
70	31	92
80	30	94
90	30	68
100	31	60
110	32	67
120	32	84
130	32	87
140	33	75
150	34	53
160	34	55
170	33	79
180	32	82
190	35	63
200	32	68
210	31	68
220	32	71
230	31	84
240	31	75
250	33	71
260	32	63
270	31	58
280	33	63
290	31	45
300	31	58

## 12. Korrektion for temperatur- og vindforskelle

De registrerede temperaturforskelle mellem de ventilerede rum og det fri samt vindstyrkerne grupperer sig om et gennemsnit på

$$\Delta t = t_i - t_u = 15^\circ\text{C} \text{ og } v_{\text{vind}} = 5 \text{ m/s}$$

Det er så godt som umuligt ad teoretisk vej at få dannet sig et detaljeret billede af, hvorledes luftstrømningerne forløber gennem en bygning. Det lader sig kun gøre at skønne hovedlinierne for disse luftstrømninger. Luften strømmer naturligvis fra vindsiden tværs gennem bygningen over mod læsiden, hvor en del af luften forlader bygningen gennem utætheder i de læ bygningsfacader, medens resten bevæger sig lodret til vejrs op gennem aftrækskanaler, skorstene og andre skakter.

Temperaturforskellen  $\Delta t$  indvirker hovedsagelig på luftmængden, der strømmer til vejrs op gennem bygningen, medens vinden primært styrer luftstrømningerne på tværs gennem bygningen og sekundært ved sugning i ventilationshætter og skorstenspiber indvirker på strømningsforholdet gennem de lodrette passager. Det bliver temperaturforskellen  $\Delta t$  og det dynamiske vindtryk

$$\frac{v^2}{2g} \cdot \gamma, \text{ der i forbindelse med vindretningen}$$

bliver bestemmende i ventilationsmæssig henseende.

Vindtrykket over en bygning giver en sådan trykfordeling indvendig i denne, at ca. 90% af vindtrykket lægger sig over den luv facade. Trykforholdene indvendig i bygningen bliver derfor kun i mindre grad afhængige af vindretningen; vindretningen har derimod betydning for sugevnen for aftrækshætterne. Er disse nemlig uhelbredt beliggende på tagfladerne, vil de kunne forvolde nedslag ved vindretninger, hvor vinden får lejlighed til at frembringe overtryk i hætterne.

Drivtrykket, der frembringer luftstrømmen gennem aftrækskanalerne, sammensættes af de to delbidrag

$$\Delta p_t \approx H(\gamma_u - \gamma_i) \text{ og}$$

$$\Delta p_v \approx a \frac{v^2}{2g} \gamma \approx \frac{a}{16} v^2 \text{ vind}$$

for  $\gamma = 1,26 \text{ kg/m}^3$ , hvor

H = højden af aftrækskanalen i m

$\gamma_u$  = vægtfylden af udendørsluften i kg/m<sup>3</sup>

$\gamma_i$  = vægtfylden af rumluften i kg/m<sup>3</sup>

v<sub>vind</sub> = vindstyrken i m/s

a = en faktor, der tager hensyn til alle forhold under  $\Delta t$ , som har indflydelse på relationen mellem drivtryk  $\Delta p_v$  og vindstyrken  $v_{\text{vind}}$  og  $|a| \leq 1$ .

Det samlede drivtryk  $\Sigma \Delta p$  bliver derefter

$$\Sigma \Delta p = \Delta p_t + \Delta p_v \approx H(\gamma_u - \gamma_i) + a \cdot \frac{1}{16} v^2 \text{ vind}$$

Summen af drivtrykkene er også lig summen af friktionstabene i aftrækskanalerne og tryktabene i enkeltmodstandene, aftræksluften møder på sin vej gennem bygningen.

$$\Sigma \Delta p = \Sigma \lambda \frac{w^2}{2g} \gamma \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \frac{w^2}{2g} \gamma, \text{ hvor}$$

$\Sigma \Delta p$  = det samlede drivtryk i kp/m<sup>2</sup>

$\gamma$  = luftens vægtfylde i kg/m<sup>3</sup>

g = tyngdeaccelerationen i m/s<sup>2</sup>

w = luftens strømningshastighed gennem kanal eller enkeltmodstand i m/s

l = længden eller højden af aftrækskanalen i m

d = den ækvivalente diameter af aftrækskanalen i m

$\lambda$  = friktionskoefficienten for aftrækskanalen, afhængig af kanalvæggenes ruhed og Reynolds tal for luftstrømmen gennem kanalen,

$\zeta$  = modstandstallet for enkeltmodstanden.

Sammenfattes de to udtryk, fås

$$\Sigma \Delta p = H(\gamma_u - \gamma_i) + a \cdot \frac{1}{16} v^2 \text{ vind} =$$

$$\Sigma \lambda \frac{w^2}{2g} \gamma \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \frac{w^2}{2g} \gamma$$

hvor de to summationer skal udføres for samtlige kanalstrækninger og enkeltmodstande.

Luftmængden  $Q$  gennem en kanal udtrykkes ved

$$Q = w \cdot A, \text{ hvor}$$

$Q$  = den udsugede luftmængde i  $m^3/s$

$w$  = lufthastigheden gennem aftrækskanalen i  $m/s$

$A$  = tværsnitsarealet af aftrækskanalen.

Indsættes udtrykket  $Q = w \cdot A$  i ligningen for  $\Delta p$ , vil den fremtræde i den nye form

$$H(\gamma_u - \gamma_i) + a \cdot \frac{1}{16} v_{\text{vind}}^2 =$$

$$Q^2 \frac{\gamma}{2g} \left[ \sum \left( \frac{1}{A_\lambda^2} \cdot \frac{\lambda l}{d} \right) + \sum \left( \frac{1}{A_\zeta^2} \cdot \zeta \right) \right]$$

hvor  $A_\lambda$  og  $A_\zeta$  er gennemstrømningsarealerne for hver af kanalstykkerne og enkeltmodstandene, summationerne udstrækkes over.

Vægtfyldeforskellen  $\gamma_u - \gamma_i$  er med god tilnærmelse lig med

$$\gamma_u - \gamma_i = \frac{353}{273} \Delta t$$

Der gøres derefter den tilnærmelse, at faktoren  $a$  sættes lig med  $+1$  eller  $-1$ , hvor  $+1$  anvendes i tilfælde, hvor vinden giver et drivtryk, der virker i samme retning som det termiske drivtryk, og  $-1$  anvendes, hvor det af vinden forårsagede drivtryk virker i modsat retning af det termiske drivtryk, og det vil i praksis sige i de tilfælde, hvor vinden forårsager nedslag. Herefter findes

$$0,07 \cdot H \cdot \Delta t \pm v_{\text{vind}}^2 =$$

$$Q^2 \cdot b \cdot \left[ \sum \left( \frac{1}{A_\lambda^2} \cdot \frac{\lambda l}{d} \right) + \sum \left( \frac{1}{A_\zeta^2} \cdot \zeta \right) \right]$$

hvor  $b$  er en konstant og minustegnet skal benyttes i tilfælde, hvor vinden giver nedslag.

Ligningen kan nu skrives såvel for basisforholdene  $k$ , svarende til  $\Delta t_k = 15^\circ C$  og  $v_{\text{vind},k} = 5 m/s$  og for de faktiske forhold  $m$ , svarende til temperaturforskellen  $\Delta t_m$  og vindstyrken  $v_{\text{vind},m}$ :

$$0,07 \cdot H \cdot \Delta t_k \pm v_{\text{vind},k}^2 = Q_k^2 \cdot b \cdot [\dots\dots\dots] \text{ og}$$

$$0,07 \cdot H \cdot \Delta t_m \pm v_{\text{vind},m}^2 = Q_m^2 \cdot b \cdot [\dots\dots\dots]$$

hvor indholdet af de to parenteser er det samme.

Dannes forholdet mellem de to ligninger, bliver

$$\frac{Q_k^2}{Q_m^2} = \frac{0,07 \cdot H \cdot \Delta t_k \pm v_{\text{vind},k}^2}{0,07 \cdot H \cdot \Delta t_m \pm v_{\text{vind},m}^2}$$

eller

$$Q_k = Q_m \frac{0,07 \cdot H \cdot \Delta t_k \pm v_{\text{vind},k}^2}{0,07 \cdot H \cdot \Delta t_m \pm v_{\text{vind},m}^2} = f Q_m$$

Indsættes talværdierne for basistilstanden  $\Delta t_k = 15^\circ C$  og  $v_{\text{vind},k} = 5 m/s$ , bliver

$$f = \frac{0,07 \cdot H \cdot 15 \pm 25}{0,07 \cdot H \cdot \Delta t_m \pm v_{\text{vind},m}^2}, \text{ hvor}$$

- $H$  = kanalhøjden i  $m$
- $\Delta t_m$  = temperaturforskellen mellem rumluften og udendørsluften i  $^\circ C$
- $v_{\text{vind},m}$  = den samtidig med  $\Delta t_m$  registrerede vindstyrke i  $m/s$ , og hvor

- + anvendes ved normale aftræksforhold
- anvendes i tilfælde, hvor vinden forårsager nedslag i aftrækshætterne, som følge af at de er placeret i overtrykszonerne på tage med stor taghældning eller i overtrykszoner foran lægigende genstande på tagfladerne.

Ved hjælp af faktoren  $f$  kan resultaterne omregnes fra de registrerede temperatur- og vindstyrkeforhold til basisværdierne.

## English Summary

### VENTILATION OF HOUSES

#### Types of ventilating plants

There are many types of ventilating plants in houses, and they can be constructed both as natural and mechanical ventilating plants. Natural ventilating plants are in Denmark constructed according to the separate system, fig. 1, with central exhaust from kitchen and bath/w.c. In Norway the separate system is used as well as the chimney system, fig. 2, and there seems to be no reason to prefer one to the other. In other countries a Dutch system, the shunt system shown in fig. 3, is now being used with good results.

The building regulations of the various countries are in these respects very different and most inconsistent. Denmark and Norway are the only two countries in which it is allowed to carry several stove pipes of various floors to the same chimney. On the other hand, it has not yet been allowed in Denmark to use the chimney or the shunt system for ventilating plants. The reverse is the case in other countries.

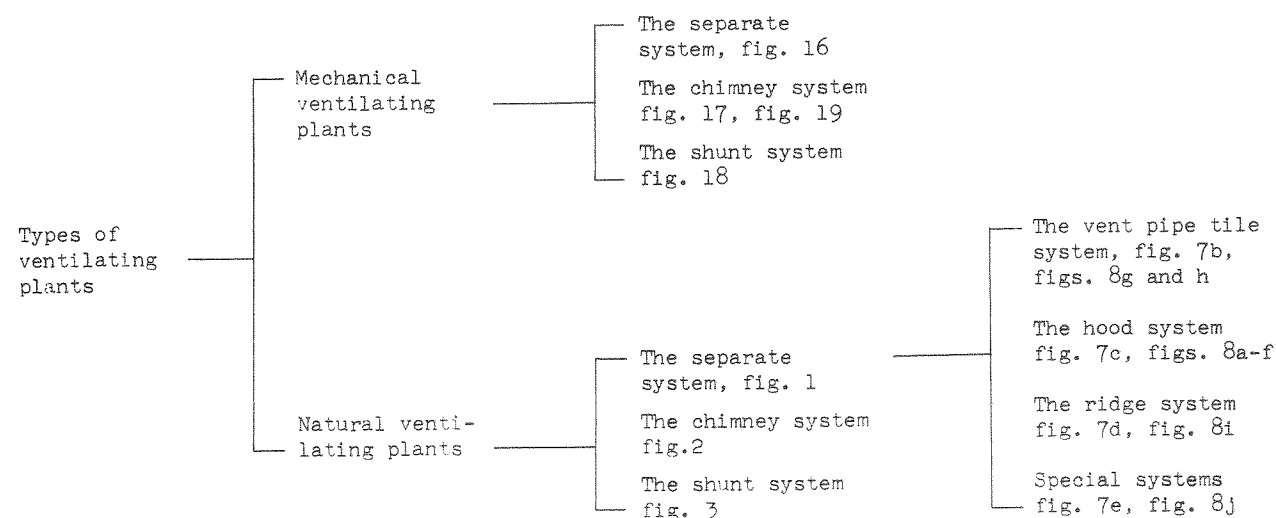
It has been maintained, probably on subjective estimates only, that natural ventilating plants are not effective, and that mechanical ventilating plants are the only plants to use.

Furthermore, it has been stated as a disadvantage of natural ventilating plants that there is a minimum of draught in hot weather, when good ventilation is required. Against this it may be urged that the houses are more closed in cold weather, thus requiring increased ventilation, and after all, the best thing to do in hot weather is to open the windows.

A tabular summary is given below of the possible types of ventilating plants. In Denmark, however, only the separate system, fig. 1, for natural ventilation and the chimney system, figs 17 and 19, for mechanical ventilation have been allowed, both systems for central exhaust.

The general ventilating plants according to the separate system can be subdivided according to the roof arrangement.

The vent pipe tile system, fig. 7b, was the most frequently used system in the twenties and thirties, and is, on a rough estimate, found in 30-40 % of the houses in Greater Copenhagen. The vent pipe tiles or slates, figs. 8g and h, which are placed in the roof surfaces are connected in



Tabular summary of the types of ventilating plants in houses.



pairs by horizontal transversal vent pipes to which the ventilating ducts are connected.

The hood system, fig. 7c, is the most frequently used system in new houses within the last 10-15 years, and they are, at a rough estimate, found in 40-50 per cent of the houses. The zinc hoods, figs. 8a-f, form the upper end of the columns of ventilating ducts on the roof.

The ridge system, figs. 7d and 8i, is comparatively new and is only used in houses with asbestos-cement roofs.

Systems employing the use of cowls so constructed as to prevent down-draught and to increase the draught, figs. 7e and 8j, are seldom used.

The chimney system, figs. 2 and 7a, for natural ventilation is still found in a number of old houses. The kitchens are ventilated via ducts to a collective vapour escape shaft made of brickwork which is terminated above the roof by a regular chimney pot.

The shunt system, fig. 3, for natural ventilation constitutes an intermediate form between the separate and the chimney system.

The few mechanical ventilating plants existing in Copenhagen in 1958 were all of them constructed according to the chimney system, figs. 17 and 19. The exhaust from kitchens and baths/w.c.s is made through approved types of grilles, and each of the vertical ventilating ducts - collective shafts - receives the exhaust from as many kitchens and baths/w.c.s, as there are stories in the house. Above the top floor the shafts are connected to combining ducts leading to the fan mechanism. The latter may be common to the whole house or be divided into smaller units.

#### The state and condition of the installations - natural ventilation

The ventilating ducts through the floors were found to be made of tile, concrete, steel sheet, or asbestos-cement.

In the old houses with the chimney system, in which the kitchens were ventilated through collective shafts made of brickwork, the clear opening of the shafts was usually  $12 \cdot 24 \text{ cm}^2$ . The shafts were found to be covered inside with

a thick layer of dirt deposited through the years from the dust and vapour of the exhausted air.

Apart from the comparatively limited number of houses ventilated according to the chimney system, the ventilating ducts were otherwise made of steel sheet and concrete in old houses and of concrete and asbestos-cement in new houses. The clear openings were generally  $10 \cdot 15 \text{ cm}^2$ .

The steel sheet and asbestos-cement ducts were everywhere smooth and plane inside, without any projections at the joints of the duct pieces, and the tendency to get dirty was small.

The concrete ducts were often marred by projecting mortar. During the erection of the 35 cm high duct pieces excess jointing mortar had been pressed into the cross section of the ducts. These brims of mortar have probably no influence on the volume of exhausted air.

The concrete ducts for kitchen ventilation proved to get dirty, whereas those for bath/w.c. ventilation kept clean. As early as within 3-4 years the ducts seemed to get so dirty as to require cleaning.

The ducts were often carried through the houses outside the ventilated rooms, connected to the latter by short horizontal ducts. In the vast majority of cases this arrangement seemed unnecessary. The ducts could have led directly into the ceiling without any offsets or elbows and could then have been cleaned by pushing the nozzle of a vacuum cleaner into the duct from below.

The exhaust openings were in many old houses provided with wire netting or grilles which are easily choked with a consequent reduction of the draught.

The exhaust openings were not infrequently found to be stopped up to prevent dirt from falling down or to prevent down-draught or loss of heat. Now and then the inmates of the house stopped up the exhaust openings in baths/w.c.s, because they complained of the inconvenient draught resulting from fresh air entering through the slit under the door.

The loft ducts were in some houses well arranged and rationally constructed, but in many others they were tortuous, inappropriate, and de-

fective, see figs. 9-13. The majority of the duct connections were made of steel sheet, but concrete and asbestos-cement had also been extensively used.

As will appear from fig. 11, the most rational construction of the ducts is obtained, when the hoods are placed vertically above the corresponding shafts. If the slope of the roof exceeds  $30^\circ$ , the building regulations specify that the top of the hood shall be placed not less than 30 cm above the ridge of the roof. In order to avoid the construction of very high hoods, it will then be necessary to place the hoods close to the ridge. Probably, offsets cannot then be avoided in the loft ducts, but if they are provided with gentle bends forming an angle with the vertical not exceeding  $45^\circ$ , the offsets will hardly reduce the draught.

The vent pipe tile system may be considered the most inappropriate system among the natural ventilating plants. The transversal vent pipes make it impossible to construct simple duct connections in the loft. Aerodynamically, the vent pipe tiles are also bad. The diameter of the holes in the tiles is limited, and the transversal vent pipes will therefore be smaller than the vertical ducts, and when the wind blows against one of the roof surfaces, there will be down-draught in the ducts.

The loft ducts were seldom insulated, only in houses built recently insulation was gaining ground. In many houses there were difficulties in connection with condensation and corrosion in the ducts or damage by condensed water flowing down the ducts and producing discolouration around the exhaust openings of the ventilated rooms. By insulating the ventilating ducts the temperature of the duct walls is elevated, and condensation is eliminated. Concrete ducts are, however, so thick-walled, 25 mm, that insulation of such ducts is unnecessary.

The exhausted air from wash rooms with gas-fired washing machines and boilers was found to be particularly aggressive towards steel sheet ducts. At places, where these ducts were uninsulated, they were rapidly subjected to severe corrosion, and within 1-2 years they had been corroded through. Even leaded or galvanized steel sheet was not durable.

The ventilating hoods are to shield the ventilating ducts and the loft from rain and snow, but they should, at the same time, increase the draught on account of the suction produced in the hoods by the wind. If they are misplaced at the roof surfaces, there is a risk of down-draught in the hoods.

The zinc hoods, see figs. 14 and 15, seem everywhere to be constructed in the same way. The rectangular zinc hood is flashed at the roof surface and is, about 5-10 cm above the top, supporting a cover which projects over the hood by 2-8 cm, in order to afford protection from the weather. Some covers are elevated above the hoods, others have been pulled down over the hoods, in order to afford extra protection from the weather.

The zinc hoods were found to be most weather-proof, and only in a few cases the cover supports had been so corroded that they had fallen down.

Asbestos-cement vent pipe ridge cappings can easily be fitted into the roofing, and the down-turned vent pipes, see fig. 13, can be connected to the asbestos-cement ventilating ducts by means of simple spigot-and-socket joints, which facilitates a rational construction of a ventilating plant. Aerodynamically, the vent pipes are well placed at the ridge, as the draught will be almost independent of the wind direction. They were, however, found to have a bad tendency to howl in a stormy weather. They are as weather-proof as asbestos-cement in general, and they were found to afford good protection from rain and snow.

It may be commented in general on the natural ventilating plants that the ducts above the top floor are often in a bad condition. The ducts are not tight, round pipes have been pushed down into rectangular ducts without any kind of sealing, and the offsets have been made without care, they are very long and are constructed with sharp elbows, counterslope, etc. Steel sheet ducts are in many cases uninsulated against condensation on the inside, so that they will corrode through and fall down within 2-3 years. The form and location of hoods and vent pipes are also in many cases most inappropriate, which will result in down-draught.

The state and condition of the installations - mechanical ventilation

The exhaust grilles of the mechanical ventilating plants were provided with openings shaped like slots. All grilles, apart from those of a single exhaust ventilating plant, were adjustable. Fig. 45 shows the characteristics of one of grilles used.

At pressure drops across the grille of  $\Delta p_v = 10-15 \text{ kp/m}^2$  ( $\text{kp/m}^2 = \text{mm w.g.}$ ) or more, the regulation will only cover a limited part of the total field of regulation of the grille, which in connection with the rough regulating device of this type of grille has the effect that the grille can only be adjusted to entirely open or closed. At a smaller pressure drop, such as  $2.5 \text{ kp/m}^2$ , the characteristic curve is not so steep, and the whole field can be utilized for regulating the exhausted volume of air.

In comparison, fig. 46 shows the characteristic curves of a disc grille in which the exhausted air passes a slot around the periphery of a disc. With the disc grille a finer regulation can be obtained.

The characteristic curves of the grilles also make it possible to judge whether it is possible to regulate the exhaust ventilating plant by adjusting and limiting the field of regulation of each individual grille.

The exhaust grilles were found to be choked rapidly on account of dirt deposits, if only the volume of exhausted air is moderately great. The kitchen grilles in particular were in a bad condition. They were found to have a tendency to be choked within 1-2 months or sooner, if they were not taken down for cleaning. As the inmates of the house will soon stop cleaning the grilles, the latter are not the right means to regulate the ventilating plants.

The ventilating ducts were found to be made of steel sheet, concrete, and asbestos-cement. The clear opening of the shafts was  $3-400 \text{ cm}^2$  and that of the combining ducts in the loft  $5-600 \text{ cm}^2$ .

In the oldest of the exhaust ventilating plants which was 3-4 years old the ventilating shafts were, by inspection through the cleanout doors in the combining ducts, found to be rather

dirty. In some places a thick layer of dirt had been deposited.

The fan mechanisms were found intact in the three houses comprised by the investigation. In the oldest of the plants a time switch was installed which, at certain times of the day, changed the rotation of the fan from full speed to reduced speed. The time switch turned out to be 6 hours slow.

The exhaust chimneys. The exhaust of the ventilating plants were ejected through regular chimney pots. It is an advantage of the mechanical ventilating plants that the roof surfaces are freed from the numerous ventilating hoods which are generally used in natural ventilating plants.

The exhausted volumes of air

The measurements were taken in January - May 1959, comprising:

- 133 flats with mechanical exhaust ventilation from kitchens and baths/w.c.s,
- 494 flats with natural ventilation from kitchens and baths/w.c.s,
- 434 flats with natural ventilation from halls, kitchens, or baths/w.c.s.

The total of 1061 flats belongs to 3 houses with mechanical ventilation and 45 houses with natural ventilation.

The air volumes of the natural ventilating plants were measured by means of hot-wire instruments the probe of which were placed at the centre of the exhaust openings. The air volumes of the mechanical ventilating plants were measured by means of a mechanical deflecting vane instrument which in its frame was held in front of the exhaust grilles.

Natural ventilation - the separate system.

The measurements taken in these houses, nos. 5-50, have been collected in fig. 20, the types of the ventilating plants have been sketched in fig. 21.

The chief tendency of the natural ventilating plants seems to be a slight decrease in the ventilation of kitchens and baths/w.c.s with increasing height, so that the smallest volumes of air are exhausted from the upper stories. Which agrees well with the fact that the thermal power is smaller on the upper floors.

Down-draught occurred seldom and principally in ventilating ducts connected to the upper stories.

Fig. 22 shows a summary of the average exhausted volumes of air per house per kitchen or bath/w.c. of the various types of systems, cf. fig. 21.

Systems a and b which were found in houses of comparatively many stories - up to 14 - and flat roofs ( $<30^\circ$ ), and which were constructed according to the hood system, indicate a relatively good draught.

Systems c-g and o which were constructed according to the hood system and the vent pipe ridge capping system, respectively, indicate a moderate draught.

Systems h-m comprising hood systems h-j and vent pipe tile systems k-m indicate a bad draught. All houses with systems i-k were old houses.

System n is a vent pipe tile system in which the loft duct connections have been removed, so that kitchens and baths/w.c.s were ventilated to the loft. The draught seems to be fairly good, which indicates that the ducts connecting the ventilating shafts to the vent pipes decrease the draught, the latter being bad in systems k-m. The draught of system p seems to be moderate.

Group	Number of stories	Average exhausted volume of air $\text{m}^3/\text{h}$		Standard deviation of the data $\text{m}^3/\text{h}$
		Kitchen	Bath/wc	
1	2-3	30	30	20
2	4-5	25	25	20
3	6-14	45	35	30

Table 1. Average exhausted volume of air per kitchen or bath/w.c., and the standard deviation of the results corresponding to the three groups of houses of 2-3, 4-5, and 6-14 stories, respectively, with natural ventilation according to the separate system.

Table 1 shows that the exhausted volume of air has been small in houses of 4-5 stories, medium - - - 2-3 - , and great - - - 6-14 - .

The volume exhausted from kitchens seems to be slightly greater than that exhausted from

baths/w.c.s, but the standard deviation is considerable.

The average exhausted volumes of air were:  
 $32 \text{ m}^3/\text{h}$  from kitchens and  
 $29 - -$  baths/w.c.s.

The standard deviation in either case is about  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Broadly, the volumes exhausted from kitchens and baths/w.c.s are the same, viz. about  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , and differences of room sizes and of fresh air intakes seem to have no influence. The former method of heat loss calculation, according to which the ventilation loss was proportioned to the volumes of the rooms, is consequently wrong.

The volumes of air vary much from one floor to another, and in some houses the greatest volume is exhausted from the lower stories, in others from the upper stories. The usual objection to natural ventilating plants, that the greatest volume of air is exhausted from the upper stories, is thus unfounded. It must be due to the fact that the flow resistance in the ducts is decreasing with increasing height, while at the same time the thermal power is decreasing correspondingly.

Figs. 23 and 24 show that about 12 per cent of the kitchen ducts and about 7 per cent of the bath/w.c. ducts were found to be choked.

Natural ventilation - the chimney system. The measurements taken in the old houses, nos. 51-54 in which the kitchens were ventilated through collective vapour escapes, cf. fig. 21q, have been collected in fig. 20.

The measurements show that the volumes of air in cases of adjustable grilles have been very great:  $60-80 \text{ m}^3/\text{h}$  (only, however, with the grille in question open).

The grilles of house no. 51 were not adjustable, but all of them were open to air flows. The exhaustion seems to have failed on the lower floors, whereas it is powerful on the upper floors.

The system has proved to function satisfactorily, in Denmark as well as in other countries, so that there seems to be no reasons for not allowing it.

Mechanical ventilation - the chimney system. The diagrams of houses nos. 1-2, 3, and 4 which were provided with mechanical ventilating plants,

cf. figs. 17 and 19, with shafts common to kitchens and baths/w.c.s, have been collected in fig. 20. House no. 4 had a fan mechanism common to the whole building, whereas the other plants had fan mechanisms subdivided into smaller units.

Fig. 20 shows no distinct tendency to any increase or decrease in the draught with increasing height. The exhaustion has been almost uniform throughout the stories.

Fig. 22 shows that the exhausted volume of air by mechanical ventilation has been somewhat smaller than that of the best natural ventilating plants.

House	Number of stories	Average exhausted volume of air m <sup>3</sup> /h		Standard deviation of the data m <sup>3</sup> /h
		Kitchen	Bath/wc	
1-2	3	40	35	30
3	5	35	30	20
4	8	40	50	30

Table 2. Average exhausted volume of air per kitchen or bath/wc, and the standard deviation of the results corresponding to the three houses of 3, 5, and 8 stories, respectively, with mechanical ventilation.

Table 2 shows that the volume of air has been small in the five-storied houses nos. 1-2, medium in the three-storied house no. 4, and great in the eight-storied house no. 3.

The volume of air exhausted from kitchens seems to be slightly greater than that exhausted from baths/w.c.s in the three- and five-storied houses, the reverse being the case in the eight-storied house.

The standard deviation is considerable, and the exhaustion must therefore have differed very much in the kitchens and baths/w.c.s in question.

If tables 1 and 2 for natural and mechanical ventilation are compared, it appears that the mechanical ventilating plants have on an average, exhausted 5-10 m<sup>3</sup>/h more than the corresponding natural plants.

The average exhausted volumes of air of the three mechanical ventilating plants were:

38 m<sup>3</sup>/h from kitchens and  
46 - - baths/w.c.s.

The standard deviation in either case is about 20 m<sup>3</sup>/h.

About 8 per cent of the exhaust grilles were choked in the three-storied house with unadjustable grilles. In the other houses no choking had occurred, but they had not been occupied until recently.

The conclusion can be drawn from the material available that the mechanical ventilating plants have been found to have, on the whole, as great disadvantages as the natural ventilating plants, but the exhaustion has, on an average, been a little more powerful. However, the best types, a and b, of the natural ventilating plants are quite equal to the mechanical plants.

#### The influence of air changes on the air condition

Simultaneously with the measuring of the exhausted volumes of air, air conditions were registered in the rooms, judged by the subjective sensation of smell of the observer on entering a kitchen or bath/w.c. The following three intensities of smell were the basis of the judgment:

- D = heavy, sickly air condition,
- J = tolerable, normal air condition,
- F = pleasant, fresh air condition.

Table 3 shows the connection between the registered subjective sensations of smell, the exhausted volumes of air, and the air changes in kitchens and baths/w.c.s of the investigated flats.

Type of room	Kitchen			Bath/wc		
	D	J	F	D	J	F
Natural ventilation	39%	55%	6%	26%	64%	10%
Mechanical vent.	33%	48%	19%	15%	76%	9%
Unventilated rooms	39%	55%	6%	26%	71%	3%

Table 4. The percentage distribution of the observations regarding the subjective sensations of smell in kitchen and bath/wc, see table 3.

Table 4 shows that the percentage distribution on the three intensities of smell D, J, and F is:

40% - 50% - 10% in kitchens and  
20% - 70% - 10% in baths/w.c.s.

The table shows the surprising fact that the percentage distributions are practically the same with natural ventilation and with no kind of ventilation.

Generally, the data indicate a better air condition in houses with mechanical ventilation than in houses with natural or no ventilation. It is probably due to the fact that the three houses with mechanical ventilation had been built recently, and their inmates had therefore not yet really marked their flats as regards smells.

The data also indicate a generally poorer air condition in the kitchen than in the bath/w.c.

According to table 3, the ventilation caused by the exhausted volume of air is practically the same in all three categories: D, J, and F. The air condition has apparently not depended on the exhausted volume of air, which must be characterized as a surprising result. Everything seems to indicate that the air condition mainly depends on the cleanliness and habits of the individual family.

Type of room	Kitchen			Bath/wc			
	D	J	F	D	J	F	
Natural ventilation	Number of obs.	252	362	40	181	438	70
	Exhausted volume of air m <sup>3</sup> /h	29.3	31.8	32.1	27.0	29.5	25.7
	Air changes h <sup>-1</sup>	2.34	2.44	2.22	6.90	6.51	6.25
Mechanical ventilation	Number of obs.	43	63	25	20	99	12
	Exhausted volume of air m <sup>3</sup> /h	33.2	36.4	46.1	30.6	45.3	63.4
	Air changes h <sup>-1</sup>	2.43	2.23	3.11	5.01	7.12	10.18
Unventilated rooms	Number of obs.	63	89	9	41	113	5

Table 3. Survey of the connection between the registered subjective sensations of smell, the exhausted volume of air, and the air changes of the 1061 investigated flats.

Table 3 shows that the ventilation caused by the exhausted volume of air generally amounts to:

30-40 m<sup>3</sup>/h in kitchens and  
30-50 - - baths/w.c.s

corresponding to:

2 - 2.5 air changes per hour in kitchens and  
about 7 air changes per hour in baths/w.c.s.

Such rates of air change should be considered quite satisfactory, as regards kitchens and baths/w.c.s. However, as the data indicate the average of the air changes in the investigated flats, a considerable part - close on half - of the flats will have had air changes fewer than the above averages, and in these flats the ventilation is too poor.

#### Sound problems

Nowhere, in the many flats visited, complaints have been made of nuisance by noise, neither of transmission of sounds in the ducts nor, in case of mechanical ventilating plants, of fan noise.

According to German investigations available, concrete and brick ducts will never cause nuisance by noise, their walls being so thick and rough inside that they are sufficiently sound-absorbing.

Sound problems will not arise in connections with mechanical ventilating plants with smooth ducts but with grilles in front of the exhaust openings. However, in case of mechanical ventilating plants in multi-storied blocks, in which steel sheet ducts have been carried from the lower stories into the upper stories, sound insulation must be placed between these ducts and the ducts of the upper stories.

Generally speaking, there must, in natural as well as mechanical ventilating plants, be more than a single thin wall of asbestos-cement or steel sheet between the various ducts.

#### The Swedish investigation

The Swedish ventilation measuring which was carried out concurrently with the Danish measuring, and which was started in 1958, comprises:

36 flats with natural ventilation and  
434 - - mechanical -

Natural ventilation. The flats were ventilated through brick ducts, and whereas all kitchens were ventilated through exhaust openings,

most w.c.s were ventilated through the bowl.

Smoke tests showed down-draught in 3 of the kitchen ventilating ducts and in 9 of the w.c. ventilating ducts, and there was stagnant air, i.e. no ventilation, in 5 of the w.c. ventilating ducts.

Mechanical ventilation. The 434 flats were distributed on two types of ventilating plants: 234 flats had kitchens and baths/w.c.s ventilated through adjustable exhaust grilles and by centrifugal fans - type I. 200 flats had kitchens ventilated through adjustable grilles and baths/w.c.s ventilated through unadjustable grilles. When quite open, the adjustable grilles offered small resistance, as they consisted of a swivel damper. The unadjustable grilles also offered inconsiderable resistance. The exhaust ventilating plants were provided with propeller fans - type II.

Fig. 28 shows the measurements taken in some three- and eight-storied houses. Even if the average exhausted volumes of air are as great as 60 m<sup>3</sup>/h from kitchens and 50 m<sup>3</sup>/h from baths/w.c.s, the exhaustion does not comply with the Swedish building regulations, which require another 10-20 m<sup>3</sup>/h. The standard deviation of the data is considerable, 20-30 m<sup>3</sup>/h, which indicates a great variation in the exhaustion from one room to another. 74 of the 200 flats comprised by fig. 28 were located in eight-storied houses, and no considerable difference was found between the volumes of air exhausted from the various stories, whereas the volumes differed much on the same floor.

Fig. 29 shows the measurements taken in some three-storied houses. The average exhausted volumes of air are very small, which indicates that there must be a number of defects in the plants, and that the designed capacity of the propeller fans is insufficient. Otherwise, the exhaustion would not have been too small on all floors.

#### An earlier Norwegian investigation

The Norwegian National Institute of Building Research has in 1951-52 carried out a comparative investigation of the separate system and the shunt system for natural ventilation. No considerable difference was found between the capa-

cities of the two ventilating systems, but perhaps the shunt system should be preferred.

#### Experiments with hoods and vent pipes

As the construction and placing of the ventilating hoods and vent pipes were found to have a great influence on the functioning of the ventilating plants, some experiments were made.

Consequently, it can be established in all probability that, in case of roof slopes of 40° and more, there will be a risk of down-draught in hoods of the usual construction, when the latter are placed midway between the eaves and the ridge on the windward roof surface. In case of roof slopes of less than 27°, there will be no risk of down-draught under normal weather conditions. The slope of the roof will be critical somewhere between 27° and 40°.

#### Experiments with a kitchen fan

In recent years a number of kitchens have been provided with direct exhaust ventilation. Some preliminary experiments were therefore made with a fan mounted in a kitchen window of a flat, cf. fig. 39.

1. All doors and windows of the flat being closed, the air changes of the living rooms and the ventilation of the bath, placed in the centre of the flat, were measured, while the kitchen fan was a) out of operation, and b) operating at full speed. The fan was designed for a nominal exhaustion of 900 m<sup>3</sup>/h. The results were:

- a) kitchen fan out of operation:  
Air changes of the living rooms = 0.64 per hour, corresponding to 45 m<sup>3</sup>/h.  
Ventilation of bath = 30-35 m<sup>3</sup>/h.
- b) kitchen fan operating at full speed:  
Air changes of the living rooms = 1.85 per hour, corresponding to 130 m<sup>3</sup>/h.  
Ventilation of bath = down-draught.

The air changes of the living rooms were thus trebled, though all the doors and windows of the flat were closed, when the kitchen fan was started. The underpressure produced in the flat by the fan was sufficient to cause down-draught in the bath ventilating duct (natural ventilation). 2. By burning fumigating powder in the kitchen, while at the same time gradually increasing the speed of the kitchen fan, an attempt was made to

find out, which exhaustion should be demanded from a kitchen fan to remove smell of cooking and vapour concurrently with the production. The supply to the kitchen of fresh air came from the bedroom, the bedroom window being open, as were also the doors between kitchen and hall and between hall and bedroom.

At low speeds the smoke soon filled the kitchen and flowed into the hall. Only at full speed the fan succeeded in keeping the hall free from smoke, and the ventilating air was clearly directed towards the fan in the kitchen window. The exhaustion was found to be about 500 m<sup>3</sup>/h at full speed, the area of the kitchen was 10 m<sup>2</sup>, and its volume was about 25 m<sup>3</sup>. An exhaustion corresponding to about 20 air changes per hour should therefore be aimed at, if smell of cooking and vapour are to be removed effectively immediately after their production. Considerable inconvenient draught and loss of heat will, however, be involved in the winter season.

#### Initial and operating costs

When it is to be decided, which ventilating system should be chosen, not only a technical but also an economic valuation has to be made - of initial as well as of operating costs.

The average initial costs per flat of the ventilating plants are depending on the number of stories, the slope of the roof, the materials chosen for the ventilating ducts, and, in case of mechanical ventilating plants, the number of ventilating shafts to be served by each fan unit.

A calculation shows, cf. fig. 34, that the initial costs of all types of ventilating plants are practically the same. The uncertainty of the calculation in which all components are included is so great that no distinct tendency can be observed. However, the mechanical ventilating plants seem to be more expensive than the natural plants.

In very high houses - of more than 8-10 stories - systems of few ventilating shafts, viz. the chimney system and the shunt system, will be cheaper per flat.

The operating costs, cf. fig. 35 will, in the case of natural ventilating plants, besides the costs concerning the capital, mainly comprise repairs and replacements of parts subject

to corrosion, i.e. ducts and hoods made of steel and non-ferrous metal.

In the case of mechanical ventilating plants, the operating costs will be higher, because they do not only comprise repairs and replacements of ducts and hoods but also repairs of the fan unit, inspection and attention of the latter, and finally power consumption.

#### Summary

The measurements taken showed that the average exhausted volumes of air were, at a difference of temperatures inside-outside of 15°C, and a wind speed of 5 m/sec.:

32 m<sup>3</sup>/h from kitchens and  
29 - - baths/w.c.s

in natural ventilating plants according to the separate system, cf. fig. 1, one duct for each room, and

38 m<sup>3</sup>/h from kitchens and  
46 - - baths/w.c.s

in mechanical ventilating plants of maximum load according to the chimney system, one duct for each column of rooms placed one above the other. The standard deviation of all data was very great, about 20 m<sup>3</sup>/h.

The subjective valuation of the air condition in the 1061 investigated Danish flats seems to indicate that these volumes of air are in most cases sufficient, when they are exhausted day and night. But the habits of the inmates are much more important than the volumes of air. If they do not air the rooms and keep them sufficiently clean, that being unfortunately the case in many flats, even a powerful exhaustion does not help.

Any distinct difference in functioning between natural and mechanical ventilation has not been established, all circumstances considered. The usual objections to natural ventilation, that it does not work and that down-draught often occurs, are unfounded, and badly constructed mechanical ventilating plants are, of course, also inadequate. Only well constructed plants are working satisfactorily.

There is no considerable difference between the costs of the systems, but it should be

mentioned that mechanical ventilating plants are more expensive than natural plants, both as to installation and operation.

The lines of the construction to be concluded from the investigations are as follows:

the drawings shall be so detailed that the workmen can see, how the ducts are to be constructed,

the exhaust openings shall be so placed that they are easily cleaned by pushing the nozzle of a vacuum cleaner into the ducts,

the roof outlets shall be aerodynamically right and be so placed that down-draught can be avoided at all wind directions, and they

shall be provided with wire netting,

all steel sheet or asbestos-cement ducts in cold lofts shall be heat insulated to prevent condensation inside,

the ducts shall be smooth inside to keep clean,

a rule should be entered in the building regulations that the ducts shall be so constructed that they can be cleaned everywhere, and cleaning should be required at regular intervals.

In the case of natural ventilating plants: the separate system, the chimney system, and the shunt system are all of them working satisfactorily, when they are well constructed, and there are no reasons for preventing the use of any of these systems, the ducts shall preferably be carried directly to the ridge of the roof without any off-

sets, which is most important with a view to functioning as well as cleaning. The shunt system is therefore, in all probability, the poorest of the systems, from a cleaning point of view,

the chimney system should be preferred, being the most simple of the systems,

the exhaust openings in the rooms should be nothing else than the entrance of the ventilating shaft at the ceiling, without grilles, wire netting, or any kind of dirt shelves, all ducts should be inspected, and leakage tests be made, before the houses are occupied.

In the case of mechanical ventilating plants:

the operating time of the plants should not be controlled by a time switch, as the latter is not reliable for long periods,

the completed plant should be carefully overhauled, tested by pressure, and adjusted, adjustable grilles with rational characteristic curves should be used, and they should be easily cleaned, as those generally available have a tendency to getting very dirty, all large concrete ducts should be reinforced, so that cracks are avoided.

As regards the operation of the plants:

all ventilating ducts should be cleaned at regular intervals,

the caretaker should receive careful instructions as to the attention and maintenance of the plants, and now and then he should check the functioning and adjustment of the plants.

## SBI-anvisninger

er byggeforskningsens resultater i praktisk form til brug ved projektering og byggeri. Fortegnelsen omfatter kun anvisninger, der endnu ikke er udsolgt.

6. *Fugt i nye huse*. Plakat til ophængning. 1949. 10. oplag 1960. A<sub>4</sub>. 100 stk. 5 kr.
7. *Fugt og isolering*. Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1951. 2. reviderede udgave 1957. 111 s. A<sub>4</sub>. 8 kr.
8. *Brug og valg af betonblandere*. Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. 1951. 66 s. A<sub>5</sub>. 3 kr.
10. *Kunstig belysning på byggepladser*. Jens Thorsen og Mogens Voltelen. 1951. 2. udgave 1953. 20 s. A<sub>5</sub>. 2 kr.
11. *Omsætningsmål for trædimensioner*. 1951. 1 s. A<sub>4</sub>. (Udsolgt). Udsendt 1957 som DS 1002: Normaldimensioner på høvlet fyrretræ.
13. *Byggeprisens bestanddele beregnet ved et 3-etagers boligbyggeri i provinsen i april 1951*. 1952. 5. oplag 1960. 28 s. A<sub>5</sub>. 2 kr.
15. *Dækforme i boligbyggeri*. 1955. 62 s. A<sub>5</sub>. 3 kr.
16. *Mekaniseret håndværktøj på byggepladsen*. Fleming Nielsen. 1955. 48 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
17. *Betonstøbning om vinteren*. Poul Nerenst, Erik Rastrup og Gunnar M. Idorn. 1953. 2. reviderede udgave 1958. 91 s. A<sub>5</sub>. 8 kr.
20. *Undgå fugt*. Folder til ophængning. 1954. 3 s. A<sub>6</sub>. 1 stk. 0,40 kr. 100 stk. 25 kr.
21. *Hvilket dæk? Folder til ophængning*. 1954. 20 s. A<sub>5</sub>. 2,50 kr.
22. *Normalvinduer af træ*. Poul Kjergaard. 1955. 128 s. A<sub>4</sub>. 6 stk. tillæg A<sub>4</sub>. Pris incl. 6 tillæg: 28 kr. Med 1 tillæg: 22 kr. Tillæg pr. stk.: 1,50 kr. 4 tillæg er 1958 udsolgt og udsendt som Dansk standard. B 3.0: DS 1.006, B. 4.0: DS 1007, B. 4.9: DS 1008, D 2.0: DS 1009.
24. *Udarbejdelse af instruks for varmemestre*. Poul Becher og Frederik Olsen. 1953. 16 s. A<sub>5</sub>. 1 stk.: 2 kr. 50 stk.: 50 kr.
25. *Simpelt regnskabsystem for muremestre*. Fleming Nielsen. 1954. 2. oplag 1956. 24 s. A<sub>5</sub>. Incl. prøvesæt af formularer i samlemappe 5 kr. Bløkke med regnskabsblade til for- og efterkalkulation kan købes særskilt.
26. *Plan over byggepladsen*. 1956. 30 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
27. *Vejledning i betonkontrol*. 1956. 122 s. A<sub>5</sub>. 12 kr.
28. *Bygningsfundering*. Ved Geoteknisk Institut. 1955. 2. oplag 1959. 82 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
29. *SBI betonberegner*. Poul Nerenst og Johannes Landbo. 1955. Plasticskyder med tilhørende vejledning. A<sub>6</sub> og A<sub>5</sub>. 4 kr.
30. *Beslaglister til normalvinduer af træ*. Klaus Blach og Johannes Brixen. 1956. 28 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
32. *Tårnkraner ved traditionelt boligbyggeri*. John Brøndum Hillers. 1956. 78 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
34. *Byggeriets modul-ABC*. SBI's modulkomité ved Edvard Heiberg. 1957. 24 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
35. *Teglprodukter*. 1956. 105 s. A<sub>5</sub>. 8 kr.
36. *Rudestørrelser*. Klaus Blach, Preben Ankerstjerne og Johannes Brixen. Folder til ophængning. 1956. 14 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
37. *Udvendig puds på letbeton*. Folder. 1957. 8 s. A<sub>5</sub>. Gratis.
38. *Oversigtstidsplanen og skitsetidsplanen ved traditionelt etagebyggeri*. 1957. 16 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
39. *Byggefejl*. Billedsamling ved Børge T. Lorentzen. 1957. 20 blade i samlemappe. A<sub>5</sub>. 4 kr.
40. *Gulve direkte på jord*. Poul Becher og Harry W. Petersen. 1958. 20 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
41. *Jernbetondek i boligbyggeri*. 1958. 56 s. A<sub>5</sub>. 8 kr.
42. *Vinduer, forbedring og vedligeholdelse*. Klaus Blach, Preben Ankerstjerne og Johannes Brixen. 1958. 16 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
43. *Normalrum og normalspændvidder for etagebyggeri*. Aage Dalgas Rasmussen og Finn Vedel-Petersen 1958. 64 s. A<sub>5</sub>. 8 kr.
44. *Overfalsede skabslåger, normalmål og normaldetaljer*. Klaus Blach, Johannes Brixen og Preben Ankerstjerne. 1958. 16 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
45. *Enfamiliehusets arbejdsplan - en vejledning for arkitekter og håndværksmestre*. Udarbejdet i samarbejde med Håndværksrådet. 1959. 16 + 8 s. A<sub>5</sub>. 4 kr. SBI-skema til arbejdsplaner A<sub>5</sub>. Blok med 20 skema-ark. 8 kr. SBI-datoskotte 1961-65. 5 ark i omslag. A<sub>4</sub>. 4 kr.
46. *Plan i køkkenet*. Finn Vedel-Petersen. 1959. 2. oplag 1961. 36 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
47. *Modulprojektering*. Foreløbig vejledning fra SBI's modulkomité ved Mogens Frisendal. 1959. 32 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
48. *Byggeri hele året 1. Planlægning og materiel*. 1959. 64 s. A<sub>5</sub>. 8 kr.
49. *Byggeri hele året 2. Arbejdets udførelse*. 1959. 52 s. A<sub>5</sub>. 8 kr.
50. *Før De bygger eget hus*. 1960. 32 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
51. *Små oliefyr - valg, installation, drift*. Ib Gregersen. 1960. 33 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
52. *Luftvarmeanlæg for småhuse*. 1960. 59 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
53. *Planlægning af byggeprisen ved enfamiliehus*. Erik Allin og Fleming Nielsen. 1961. 28 s. A<sub>5</sub>. 4 kr.
54. *Letbeton 1*. Erik V. Meyer og P. Nerenst. 1961. 33 s. A<sub>5</sub>. 5 kr.
55. *Vinterplanen*. 1961. Folder til ophængning. 12 s. A<sub>5</sub>. 1 stk.: 3 kr. 10 stk.: 20 kr. 50 stk.: 75 kr.
56. *Arbejdsplaner ved etagebyggeri - med eksempler fra det traditionelle boligbyggeri*. Udarbejdet i samarbejde med Håndværksrådet. 1961. 36 s. A<sub>5</sub> + 4 bilag A<sub>2</sub> + 2 SBI-skema til arbejdsplaner. 10 kr. SBI-skema til arbejdsplaner, 1/2 A<sub>2</sub>. Rulle med 10 skema-ark. 25 kr. SBI-datoskotte 1961-65. 5 ark i omslag. A<sub>4</sub>. 4 kr.
57. *Boligens mål*. Aage Dalgas Rasmussen. 1961. 28 s. A<sub>5</sub>. 5 kr.

Foruden SBI-anvisninger udsendes andre publikationsserier, bl. a. *Rapporter, Landbrugsbyggeri, Nyt skolebyggeri* og *Særtryk*. Alle instituttets publikationer kan købes i boghandelen eller hos Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V, tlf. BY 9288. Samme steder fås SBI-publikationsliste, der er en bestillingsseddel med en kort omtale af hver publikation.

TEGN ET SBI-ABONNEMENT for 24,- kr. om året.

De får da hvert år tilsendt alle ny SBI-anvisninger og andre udvalgte SBI-publikationer til en samlet bogladepris af mindst 32,- kr. og De bliver holdt orienteret om alt, hvad SBI udsender.

De bliver SBI-ABONNENT ved at indsende 24,- kr. til TEKNISK FORLAG, V. Farimagsgade 31, giro 20490.

## SBI-rapporter

er beretninger om selvstændige forskningsarbejder, som udføres for eller af instituttet, referater af byggetekniske møder afholdt af instituttet, m. m. Fortegnelsen omfatter kun rapporter, der endnu ikke er udsolgt.

This series are reports on original research works carried out for or by the institute, reports of meetings concerning building construction arranged by the institute, etc. The list does not comprise reports which are out of print. English titel in ( ) indicates an English summary.

1. *Økonomisk varmeisolerings (Economic Heat Insulation)*. Poul Becher. 1949. 2. udgave 1950. 61 p. A<sub>4</sub>. 7 kr.
11. *Mørteltilsætningsstoffer til brug ved vinterbyggeri (Mortar Admixtures for Winter Construction)*. Henry Dührkop. 1953. 40 p. A<sub>4</sub>. 3 kr.
12. *Luftlyd i beboelsejendomme (Airborne Sound in Dwellings)*. Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen. 1954. 40 p. A<sub>4</sub>. 7 kr.
13. *Byggetiden ved 10 enfamiliehuse (The Construction Time of 10 Single-family Houses)*. 1956. 53 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.
14. *Prøvelse af tre kontinuerlige betonblandere (Testing of Three Continuous Concrete Mixers)*. Per Bredsdorff, Johannes Landbo, Poul Nerenst og Niels Munk Plum. 146 p. A<sub>4</sub>. 16 kr.
16. *Nyere etageboligplaner. Plantypekatalog og forslag til planvurdering. (Contemporary Plans of Flats. A Catalogue of Plans with Suggested Criteria for Comparative Evaluation)*. Aage Dalgas Rasmussen og Finn Vedel-Petersen. 1956. 92 p. A<sub>4</sub>. 28 kr.
18. *Økonomisk rørisolering (Economic Pipe Insulation)*. Poul Becher og Kristian Engelsen. 1957. 93 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.
19. *Problemer vedrørende installation og drift af oliefyringsanlæg. Otto Juul Jørgensen og Frederik Olsen. 1957. 42 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.*
20. *El-installationer i boligbyggeri. H. Justesen. 1957. 26 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.*
21. *Fejl og mangler ved betonelementer i montagebyggeri. B. J. Rambøll. 1957. 24 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.*
23. *Akustiske problemer i skolebygninger (Acoustics in School Buildings)*. Fritz Ingerslev, Jørgen Petersen og Jørgen Kristensen. 1957. 45 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.
24. *Pudsfri beton (Plaster-free Concrete)*. V. Galløe. 1958. 32 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.
25. *Korrosionsproblemer i byggeriet. H. H. Arup. 1958. 25 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.*
26. *Anlægsudgifter ved centraliserede og decentraliserede opvarmningsanlæg (The Investments at Centralized and Decentralized Hot-water Heating Systems)*. Kristian Engelsen. 1958. 36 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.
27. *Det lille enfamiliehus. Planseksempler og vejledning i planudformning (The Small Single Family House, Plan Examples and Guiding Lines)*. Ole Dybbroe og Grethe Meyer. 1959. 152 p. A<sub>4</sub>. 24 kr.
28. *Om tegls frostfasthed. En litteraturregennemgang (On Frost Resistance of Tiles. A Survey of Literature)*. Jørn Jessing og H. P. Nielsen. 1958. 12 p. A<sub>4</sub>. Bilag 20 ark A<sub>4</sub> med ialt 160 kartotekskort. 16 kr.
29. *Problemer ved licitations- og udførelsesgrundlaget for beton- og jernbetonarbejder. R. A. Larsen. 1958. 18 p. A<sub>4</sub>. 4 kr.*
30. *Træskeletvæggen som ydervæg i lavt boligbyggeri (Timber Frame Walls as Load-bearing Exterior Walls in One Storey Houses)*. Jørgen Bryrup. 1958. 107 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.
31. *Brandtekniske forsøg med entredøre (Testing of Fire-Resisting Front Doors)*. Gerhard Hansen og H. Winckelmann. 1959. 18 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.
32. *Beregning af bærende konstruktioner ved hjælp af elektronisk cifferregnemaskine. 1. Plane konstruktioner sammensat af lige stænger (Analysis of Loadbearing Structures by means of Electronic Digital Computer. 1. Two-Dimensional Structures Composed of Straight Members)*. V. Galløe. 1959. 68 p. A<sub>4</sub>. 16 kr.
33. *Forsøg med større centralvarmekedel i Stationsparken (Test on a Boiler in a Central Heating Plant)*. P. Olufsen og Poul H. Rasmussen. 1959. 54 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.
34. *Virkningen af byggetekniske fejl og mangler på vedligeholdelsesomkostningerne. Erik Allin. 1959. 46 p. A<sub>4</sub>. 12 kr.*
35. *Aftøbstedninger og dren. O. Hyllested. 1959. 22 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.*
36. *Røgundersøgelser ved større centralvarmeanlæg (Smoke Problems at Big Heating Plants)*. Knud Hansen. 1960. 60 p. A<sub>4</sub>. 16 kr.
37. *Om rengøringsudgifter, deres afhængighed af bygningens materialer og udformning. Alfred Born. 1960. 36 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.*
38. *Samlingsproblemer i montagebyggeri (Problems of Joining Room-Sized Building Units)*. Johs. F. Munch-Petersen. 1960. 23 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.
39. *Lydisolation i boligbyggeri (Sound Insulation of Dwellings)*. Fritz Ingerslev og Jørgen Kristensen. 1960. 114 p. A<sub>4</sub>. 24 kr.
40. *Bestrygningsmidler til fugtige ydervægge (Water Repellents for Exterior Brickwork)*. H. Dührkop og C. Falk. 1960. 48 p. A<sub>4</sub>. 16 kr.
41. *Bedre arbejdsstegninger - et svensk forslag udarbejdet af HALTH-gruppen. Sven A. Tyrén. 1960 32 p. A<sub>4</sub>. 8 kr.*
42. *Facadebeklædningselementer. Knud E. C. Nielsen. 1961. 28 p. A<sub>4</sub>. 10 kr.*
43. *Projektmaterialets rationalisering. Bjørn Bindslev. 1961. 80 p. A<sub>4</sub>. 15 kr.*

PRIS 30 KR.