



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R67:1986

Flerbostadshus med styrd självdraagsventilation och värmeåtervinning

Lennart Eriksson
Tonny Masimov
Stefan Westblom

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	ser

V/0
A

BYGGDOK

Sankt Eriksgatan 46
112 34 Stockholm
tel: 08-617 74 50
fax: 08-617 74 60

Byggeforskningsrådet

R67:1986

FLERBOSTADSHUS MED STYRD SJÄLVDRAGSVENTILATION
OCH VÄRMEÅTERVINNING

Lenart Eriksson
Tonny Masimov
Stefan Westblom

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
821402-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Projektgruppen L. Eriksson, B. Rosengran, Kalmar.

REFERAT

Rapporten behandlar utvecklingen av ett nytt ventilationssystem speciellt lämpat för installation i befintliga flerbostadshus med självdragsventilation.

Målsättningen med projektet har varit att utveckla ett väl fungerande system speciellt lämpligt för ROT-verksamhet och varsam ombyggnad där grundstommen utgörs av det befintliga självdrags-systemet. Dessutom skall installations- och driftkostnaden vara låg. Vidare skall systemet vara utrymmessnålt och medföra små ingrepp i byggnadsstommen.

Huvudkomponenterna i systemet utgörs av automatiskt temperaturstyrda tilluftsdon samt en speciell anordning i form av en huv som placeras på ventilationsskorstenarna. Det kompletta systemet eliminerar självdragssystemets stora nackdel att luftflödet varierar från alltför kraftigt ner till noll över året på grund av variationer i vindförhållanden och utomhustemperatur. En ytterligare fördel med systemet är att det enkelt kan kompletteras med värmepump för återvinning av värme ur frånluften där så är lämpligt.

I rapporten redovisas systemets utvecklingsfaser med såväl laboratorietester som prov på fältet under verkliga driftförhållanden.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R67:1986

ISBN 91-540-4599-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986

FÖRFATTARENS FÖRORD

Föreliggande rapport behandlar utvecklingen av ett nytt ventilationssystem speciellt lämpat för installation i befintliga flerbostadshus med självdragssystemer.

Målsättningen med projektet har varit att utveckla ett väl fungerande system speciellt lämpligt för ROT-verksamhet och varsam ombyggnad där grundstommen utgörs av det befintliga självdragssystemet. Dessutom skall installations- och driftkostnaden vara låg. Vidare skall systemet vara utrymmessnålt och medföra små ingrepp i byggnadsstommen.

Huvudkomponenterna i systemet utgörs av automatiskt temperaturstyrda tilluftsdon samt en speciell anordning i form av en huv som placeras på ventilationsskorstenarna. Det kompletta systemet eliminerar självdragssystemets stora nackdel att luftflödet varierar från alltför kraftigt ner till noll över året på grund av variationer i vindförhållanden och utomhustemperatur. En ytterligare fördel med systemet är att det enkelt kan kompletteras med värmepump för återvinning av värme ur frånluften där så är lämpligt.

Praktiska prov med systemet och ingående komponenter har utförts dels som laboratorietester, dels som fältförsök.

Fältförsöken har genomförts i samråd med den kommunala bostadsstiftelsen Kalmarhem i Kalmar som välvilligt ställt ett lämpligt flerbostadshus till förfogande för proven.

Värdefulla bidrag vid utarbetandet av rapporten har dessutom lämnats av bland annat

P O Nylund, Tyréns Företagsgrupp AB, Stockholm
samt B-O Hecktor, K-Konsult, Kalmar.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sida
1.	INLEDNING	7
1.1	Ändamålet med ventilation	7
1.2	Förekomst av olika system	8
1.3	Projektets målsättning	9
2.	VENTILATIONSSYSTEM I BEFINTLIGA FLER-BOSTADSHUS	11
2.1	Självdragssystem	11
2.1.1	Principuppbyggnad och teoretisk funktion	12
2.1.2	Systemets utformning i praktiken	18
2.1.3	Problem i praktisk drift	22
2.1.4	Sammanfattning av för- och nackdelar med självdragssystem	26
2.2	Fläktstyrt frånluftssystem	27
2.2.1	Principuppbyggnad och funktion	27
2.2.2	Systemets utformning i praktiken	27
2.2.3	Problem i praktisk drift	28
2.2.4	Sammanfattning av för- och nackdelar vid frånluftssystem	29
2.3	Fläktstyrt från- och tilluftssystem	30
2.3.1	Principuppbyggnad och funktion	30
2.3.2	Problem i praktisk drift	31
2.3.3	Sammanfattning av för- och nackdelar vid från- och tilluftssystem FT-system	31
2.4	Sammanfattande synpunkter på självdragssystem och mekaniska ventilationssystem	33
2.4.1	Ventilationens effektivitet	33
2.4.2	Principiella svagheter hos olika system	33
3.	TANKAR KRING ETT VENTILATIONSSYSTEM FÖR ROT-ÅTGÄRDER OCH VARSAM OMBYGGNAD	35
3.1	Luftomsättning	35
3.2	Spiskåpa	36
3.3	Fläktar	37
3.4	Strypningar	37
3.5	Kanalläckage	38
3.6	Osuppfångning från matlagning	39
3.7	Kolfilterfläkt	39

4.	STYRT SJÄLVDRAGSSYSTEM I STEG	41
4.1	Kravspecifikation	42
4.2	Styrning av tilluft	42
4.3	Sätt att påverka fasadanblåsningens inverkan	44
4.4	Åtgärd mot störningar vid skorstensmynningen	45
4.5	Åtgärd mot vikande ventilationsflöde vid stigande utetemperatur	46
4.6	Återvinning av värme ur ventiationsluften	47
4.7	Sammanfattande önskemål för en anordning vid ventilationsskorstenen	47
5.	LABORATORIEPROV	49
5.1	Provrigg	49
5.2	Aerodynamiska prov med enkel mynning	50
5.3	Aerodynamiska prov med enkel mynning försedd med enkla skydd	51
5.4	Aerodynamiska prov med skorstensattrapp av konventionellt utförande	53
5.5	Aerodynamiska prov med samlingslåda på skorstenstoppen	54
5.6	Aerodynamiska prov med samlingslåda försedd med buskigt utlopp	56
5.7	Aerodynamiska prov med samlingslåda och buskigt utlopp kompletterad med skärm	57
5.8	Aerodynamiska prov med anordning enligt 5.7 kompletterad med gallerarrangemang	59
5.9	Aerodynamiska försök med hjälpfläkt	60
5.10	Försök med försmutsad yta	61
5.11	Sammanfattning	61

6.	UTVECKLING AV UTRUSTNING FÖR VÄRMEÅTER- VINNING	62
6.1	Kravspecifikation	62
6.2	Dimensionering av värmeväxlare	64
6.3	Provning av värmeväxlare	65
6.4	Provresultat	67
7.	FÄLTPROV MED KOMPLETT ANORDNING	69
7.1	Provhus och provinstallation	69
7.2	Mätningar och resultat	71
7.2.1	Provhusets täthet, samt ventilations- flöde vid vindstilla och varierande utetemperatur	71
7.2.2	Vindpåverkan på skorstenstoppen med och utan provanordning	73
7.2.3	Värmeväxlarens funktion	75
7.3	Sammanfattande resultat	77
8.	MARKNADSINTRESSE, EKONOMI, FRAMTIDA UTVECKLING	78
8.1	Analys av intresset för systemet	78
8.2	Totalekonomiska uppskattningar för ett helt system	80
8.2.1	Energibesparing och anläggningskostnad	81
8.3	Förestående och pågående utveckling av systemet	83
9.	NORMER, FINANSIERING, LÅNEREGLER OCH ENERGIVILLKOR	84
9.1	Normer	84
9.2	Finansiering och låneregler	85
9.3	Energivillkor	86
10.	REFERENSLITTERATUR	87

1. INLEDNING

1.1 Ändamålet med ventilation

Komfortventilation installeras för att hålla koncentrationen av olika luftburna avfallsprodukter vid godtagbar nivå. Avfallsprodukterna forslas därvid bort med ventilationsluften i stort sett i samma takt som de tillförs till rumsluften.

De produkter man önskar avlägsna utgörs huvudsakligen av fukt samt illaluktande och/eller hälsovådliga ämnen, vilka produceras eller frigörs vid verksamheten i lokalen. Även överskottsvärme i en lokal kan betraktas som en ej önskvärd avfallsprodukt. I vissa fall kommer avfallsprodukterna från det material som ingår i byggnadskonstruktionen eller från den mark som byggnaden är uppförd på.

Exempel på ämnen från förstnämnda grupp är vattenånga från våtrum och utandningsluft, luktämnen från människor och matlagning o s v.

Ämnen från sistnämnda gruppen är exempelvis formaldehyd från träfiberplattor och radon med radondöttrar från viss typ av lättbetong och berggrund. Fukt från mark och byggnadsmaterial kan även inräknas i denna grupp.

Önskan att hålla koncentrationen av avfallsprodukterna vid så låg nivå som möjligt talar för hög luftomsättning.

Önskan att hålla energiförbrukningen för uppvärmning av ventilationsluften låg talar för så begränsad luftomsättning som möjligt.

Dessa helt motstående intressen innebär att man måste acceptera en kompromisslösning, d v s en ventilationsnivå som är godtagbar ur båda synpunkterna. Därmed krävs att ventilationen är väl styrd och fördelad.

En av de mest använda energisparåtgärderna under senare år har varit att minska ventilationen i våra bostäder. Ett billigt och därför vanligt sätt att minska ventilationen har varit att utföra tätningsarbeten på klimatskärmen, d v s på väggar, tak, golv, fönster och dörrar.

Tätningsarbetet har ofta genomförts slentrianmässigt och okritiskt utan tanke på hur erforderlig luft skall tillföras till bostaden.

Vid byggnader med självdragsventilation - även kallad naturlig ventilation - har resultatet ofta blivit en kraftig minskning av ventilationen - ofta under en acceptabel miniminivå.

Vid byggnader med mekanisk frånluftsventilation har den utförda tätningen vanligtvis ej medfört någon markant minskning av det totala ventilationsflödet. Däremot har resultatet ofta blivit punktvis uppträdande drag samt snedfördelning av ventilationsluften och i extrema fall kraftigt undertryck i vissa utrymmen.

Den försämrade tillförseln och fördelningen av luften har i många fall medfört allvarliga fukt- och mögelskador på byggnaden samt obehag och i vissa fall direkta hälsorisker för de boende. Detta gäller såväl i hus med självdragssystem som i hus med frånluftssystem.

En generell förutsättning för ett väl fungerande ventilationssystem är därför att klimatskärmen är tät men samtidigt försedd med definierade öppningar för tillförsel av ventilationsluften. Därigenom finns goda förutsättningar att påverka och styra luftinströmning och luftrörelser i byggnaden på önskvärt sätt.

1.2 Förekomst av olika system

Förekomsten av olika ventilationssystem i svenska flerbostadshus framgår av tabell 1. Siffrorna är hämtade ur statistikunderlaget för det s k ROT-programmet (ref 1)¹.

¹Ref 1.

Bättre Bostäder 1983. Ett 10-årigt förnyelse- och underhållsprogram (ROT-program). Bostadsdepartementet Dsbo 1983:2.

Tabell 1.1

Typ av ventilationssystem	Antal flerbostadshus (1 000-tal) byggda under tiden				Summa
	-1930	1931-1945	1946-1960	1961-1975	
Självdrag (S)	18	19	25	11	73
Fläktstyrd frånluft (F)	--	1	4	26	31
Fläktstyrd till- och frånluft (FT)	--	--	1	3	4
Uppgift saknas	6	2	2	--	10
SUMMA					118

Självdragssystemen dominerar således kraftigt i våra flerbostadshus. Om man dessutom väljer att betrakta de hus som är aktuella för ROT-insatser blir denna dominans ändå mera markant.

För flerbostadshus i andra länder är andelen självdragssystem generellt sett ändå högre än i Sverige. Undantag är områden med sådant klimat att komfortkyla erfordras.

1.3 Projektets målsättning

Föreliggande projekt avser en utveckling av det vanliga självdragssystemet. Målsättningen är att få fram ett väl fungerande system med styrd luftomsättning och låg energiförbrukning. Ombyggnadsinsatsen i form av materiel och arbete skall vara måttlig. Installationen skall gärna kunna ske i samband med vanliga renoveringar av byggnaderna.

Projektarbetet har sålunda i huvudsak inriktats på den starkt växande ROT-sektorn. Uppnådda resultat tyder emellertid på att systemet kan vara lämpligt även vid vissa nybyggnadsobjekt. Systemet bör även kunna användas utomlands inom ramen för svensk export av bygg- och energiteknik.

2. VENTILATIONSSYSTEM I BEFINTLIGA FLER- BOSTADSHUS

Som inledningsvis angivits förekommer nedan angivna huvudtyper av ventilationssystem i våra flerbostadshus.

- Självdragssystem (S-system)
- Fläktstyrda frånluftssystem (F-system)
- Fläktstyrda från- och tilluftssystem (FT-system)

I praktiken förekommer dessutom vissa hybrider mellan nämnda system.

Självdragsventilation benämns även naturlig ventilation. I föreliggande rapport används dock genomgående begreppet självdrag.

P O Nylund har i ref 21 och ref 32, lättfattligt redogjort för bland annat principiell uppbyggnad och funktion för dessa system. Nylunds arbeten utgör grunden för nedanstående beskrivning och vissa figurer har dessutom lånats från rapporterna.

2.1 Självdragssystem (S-system)

I tabell 1.1 har redovisats att cirka 73 000 flerbostadshus i Sverige ventilerades med självdrags-system år 1975. Självdragsventilation är därmed det mest använda systemet. Av tabellen framgår även att självdragssystemet framför allt finns i hus byggda före år 1960, d v s hus som berörs av ROT-programmet.

¹Ref 2.

Nylund P.O 1979. Tjyvdrag och ventilation (Statens råd för byggnadsforskning), Stockholm T4:79.

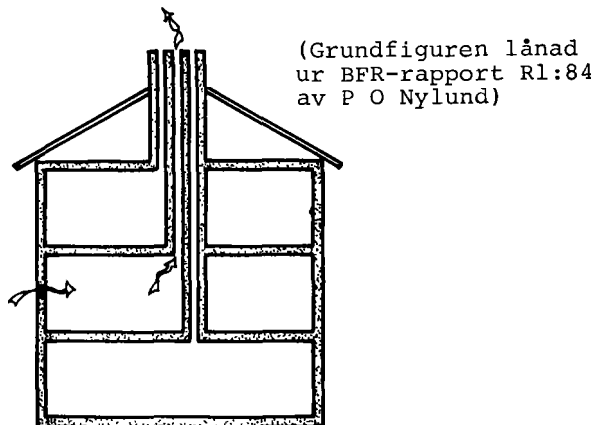
²Ref 3.

Nylund P.O 1984. Räkna med luftläckning. Samspel byggnad-ventilation (Statens råd för byggnadsforskning), Stockholm R 1:84.

2.1.1 Principuppbyggnad och teoretisk funktion

I ett självdragssystem tas tilluften in i bostaden genom ytterväggen. Luften strömmar in antingen genom otätheter i klimatskärmen, d v s väggar, fönster och dörrar eller genom särskilda ventiler. Ventilerna är vanligtvis springventiler placerade under fönstren.

Frånluften evakueras via ett antal kanaler vars utlopp mynnar ovan byggnadens tak. Kanalerna är vanligen samlade i grupper i form av ventilations-skorstenar, se figur 2.1. I vissa fall ingår även rökkanaler från eldstäder i skorstenen. Evakueringskanalerna är ofta försedda med enkla spjäll vid inloppet.



FIGUR 2.1 FLERVÅNINGSS BOSTADSHUS MED SJÄLVDRAGS-VENTILATION

Drivtrycket för luftströmningen genom bostaden utgörs av tryckskillnaden som finns mellan en punkt utomhus i höjd med insugningsöppningen och en punkt i evakueringskanalen omedelbart under skorstensutloppet.

Tryckfall

Sammanlagda tryckfallet i frånluftskanal och luftintag är lika stort som drivtrycket och kan skrivas som

$$\Delta P = \frac{\rho_u \cdot w_t^2}{2} \cdot \zeta_t + \frac{\rho_r \cdot w_f^2}{2} \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_f \right) \quad (2.1)$$

där

Δp = Tryckfall Pa
 ρ_u = Tilluftens densitet kg/m³
 w_t = Lufthastighet i tillluftsöppning m/s
 f_t = Motståndstalet för tillluftsöppningen
 ρ_r = Frånluftens densitet kg/m³
 w_f = Lufthastighet i frånluftskanal m/s
 λ = Kanalens friktionsfaktor
 l = Kanalens längd meter
 d = Kanalens diameter meter
 Σf_f = Summa motståndstal för frånluftskanalen
inklusive inlopp och utlopp

Vid självdragssystem är frånluftskanalernas tvärsnittsarea vanligtvis avsevärt större än tilluftsöppningarnas area. Således är lufthastigheten i frånluftskanalen endast en bråkdel av hastigheten i tilluftsöppningen.

Tryckfallet i frånluftskanalen blir därmed i stort sett försumbart, varför tryckfallet kan skrivas som

$$\Delta p = \frac{\rho_t \cdot w_t^2}{2} \cdot f_t \quad (2.2)$$

Med en viss förenkling gäller således att tryckfallet över klimatskärmen, dvs tilluftsöppningen i stort sett är lika med det tillgängliga drivtrycket.

Drivtryck

Drivtrycket orsakas vid självdragssystem av tre olika faktorer nämligen

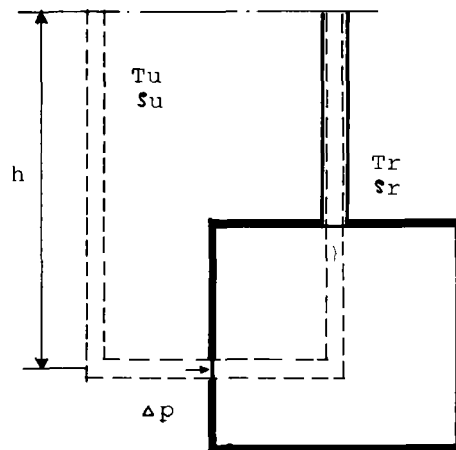
- temperaturskillnaden mellan inne- och uteluft i kombination med "skorstenshöjden" (termiska drivtrycket)
- vindanblåsning mot byggnadens fasad
- vindens ejektorverkan över skorstensmynningen

Vid vindstilla ger de båda sistnämnda faktorerna inget bidrag till drivtrycket. Den förstnämnda faktorn som ger upphov till det termiska drivtrycket är därmed den som blir dimensionerande för drivtrycket.

De drivtryck som vindanblåsningen mot fasaden samt vindens ejektorverkan över skorstensmyningen ger upphov till är därmed att betrakta som tryckstörningar, vilka ger upphov till normalt ej önskade luftflöden.

Termiskt drivtryck

Det termiska drivtrycket kan enkelt härledas ur figur 2.2.



FIGUR 2.2 DRIVTRYCK VID SJÄLVDRAGS-
VENTILATION

I figuren har ett U-rör streckats in, vilket innehåller en luftpelare utanför byggnaden och motsvarande luftpelare i byggnad och skorsten. Pelarna möts vid ett membran i ytterväggen.

Luftpelarna påverkar membranet med differenstrycket

$$\Delta p = \rho_u \cdot g \cdot h - \rho_r \cdot g \cdot h = g \cdot h (\rho_u - \rho_r) \quad (2.3)$$

där

- Δp = Differensstryck Pa
- ρ_u = Uteluftens densitet Kg/m³
- ρ_r = Inneluftens densitet kg/m³
- h = Höjdskillnad skorstenstopp-membran
- g = Tyngdfaktorn m/s²

Tryckskillnaden som är lika med termiska drivtrycket vid borttaget membran kan med allmänna gaslagen omvandlas till

$$\Delta p = \rho_0 \cdot g \cdot 273 \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_r} \right) \quad (2.4)$$

där

$$\begin{aligned} \Delta p &= \text{Termiskt drivtryck Pa} \\ \rho_0 &= \text{Luftens densitet vid } 0^\circ\text{C} \\ T_u &= \text{Uteluftens temperatur } ^\circ\text{K} \\ T_r &= \text{Rumsluftens temperatur } ^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Inom det normala tillämpningsområdet kan formeln approximeras till

$$\Delta p \approx 0,043 \cdot h (T_r - T_u) \quad (2.5)$$

Det termiska drivtrycket varierar således med våningsplanet. För exempelvis ett femvåningshus erhålls följande ungefärliga drivtryck:

Tabell 2.1

Våningsplan	Drivtryck i Pa vid utetemperatur		
	+10°C	+0°C	-20°C
Bottenvåning	8	15	30
1 tr upp	6	13	25
2 tr upp	5	10	19
3 tr upp	4	7	14
4 tr upp	2	5	9

Ett ventilationssystem enligt självdragsprincipen och en spis eller värmepanna har ett flertal principiella likheter, vilka är av intresse i sammanhanget.

Sålunda kan tillgängligt drivtryck och tryckfall för luft- respektive gasgenomströmningen beräknas efter samma grundformler (exempelvis 2.4 och 2.1).

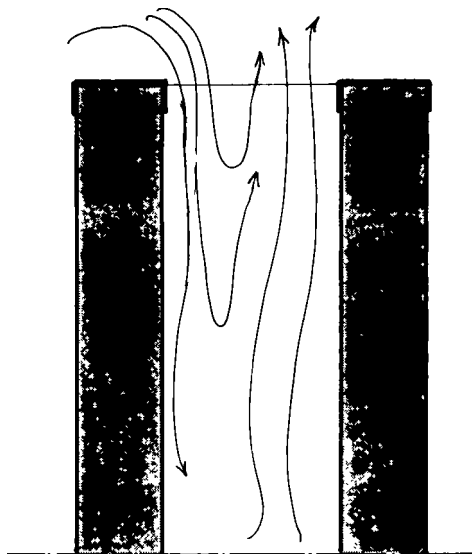
Även vid spisen är större delen av tryckfallet på tilloppssidan. Sålunda regleras luftflödet till spisen medelst dragluckan på samma sätt som luft-

flödet i självdragssystemet regleras medelst tilluftsöppningen i ytterväggen.

I rökgaskanalen till en spis finns normalt ett spjäll monterat.

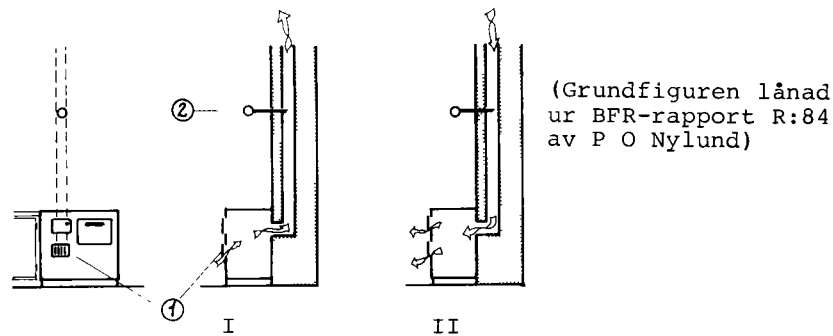
Spjäallets främsta funktion är att på olika sätt minska förlusterna vid litet effektuttag eller helt avstängd spis enligt följande.

- Vid låg belastning skjuter man spjäallet mer eller mindre mot stängt läge. Därigenom flyttas en del av tryckfallet till rökgaskanalen. Undertrycket i eldstaden blir därmed mindre liksom mängden tjuvluft som kommer in genom otätheter i spisen.
- Vid helt avställd men varm spis skjuter man spjäallet till stängt läge. Därigenom undviks en dubbelcirkulation genom spisen. Med dubbelcirkulation menas i detta fall att vid ingen eller låg utströmningshastighet rasar kall uteluft ner genom en del av skorstensarean samtidigt som varm luft och gas strömmar upp genom en annan del av arean, se figur 2.3. Dubbelströmningen genom skorstenen ovanför spjäallet elimineras ej medelst spjäallet. Dubbelcirkulation i skorstenen kan förekomma under drift vid låg belastning, då gashastigheten i skorstenen är låg. Det kan noteras att vid en bestämd strömningshastighet ökar risken för dubbelcirkulation med ökad tvärsnittsarea.



FIGUR 2.3 DUBBELCIRKULATION I SKORSTEN

- Vid helt kall spis förhindrar spjället dessutom bakdrag genom rökgaskanal och skorsten. Med bakdrag menas därvid att flödesriktningen blir omvänd, varvid kall luft strömmar in i huset via rökgaskanalen. I det fallet kommer dragluckan att tjäntgöra som tilluftsdon, se figur 2.4.



FIGUR 2.4 VEDSPIS 1 - DRAGLUCKA 2 - SPJÄLL

I Rättvänt stadium
II Omvänt stadium

Liknande problem som elimineras eller åtminstone minskas med spjället i rökgaskanalen finns även vid frånluftskanaler i självdragssystem. Problemen är i allmänhet inte lika lätta att identifiera i ventilationssystemet utan uppträder där mera smygande. Problemen kan normalt ej heller lösas genom installation av spjäll i frånluftskanaler, tvärtom kan montering av spjäll medföra större olägenheter. Detta kommer att beröras mera ingående i senare avsnitt.

Drivtryck orsakat av vindanblåsning mot fasaden

Vinden orsakar övertryck på fasaden mot husets lovartssida och undertryck på fasaden mot läsidan. Tryckförhållandena är komplicerade och beror bland annat på byggnadens form, omgivande vegetation, närhet till andra byggnader m m. I ref 2 har P O Nylund visat att vindanblåsning mot fasaden endast obetydligt påverkar ventilationsflödet under förutsättning att husen är någorlunda täta.

Vindanblåsningen har således i detta avseende endast marginell betydelse och saknar därför vidare intresse.

Drivtryck orsakat av vindens ejektorverkan vid skorstensmynningen

Vindhastigheten vid skorstensmynningen ger upphov till ändrat tryckförhållande i skorsten. Vanligtvis uppkommer ett undertryck med icke önskad ökning av ventilationsflödet som följd. I undantagsfall kan på grund av närliggande hinder vindförhållanden uppstå som i stället ger tryckökning och minskat flöde i någon eller några kanaler.

Drivtrycket som orsakas av vindens ejektorverkan är svårt att i detalj beräkna eftersom trycket förutom av vindhastigheten beror av skorstensmynningens utförande, luftflöde m m. Mynningen kan sålunda vara utförd för att direkt öka drivtrycket, vilket förekommer vid skorstenar för rökgaser, se vidare avsnitt 4.4. Med hänsyn till den mångfald av parametrar som förekommer finner vi det ej vara möjligt att redovisa beräkningsformler med praktiskt värde. Vi nöjer oss därför med att tillsvidare konstatera att praktiska prov visat att cirka 10 m/s i vindstyrka kan medföra att luftväxlingen ökar 2-3 gånger vid självdragssystem.

2.1.2 Systemets utformning i praktiken

För att nå avsedd ventilationseffekt skall luften tas in på lämplig plats, fördelas över vistelsezonen med hänsyn till aktiviteterna samt evakueras på lämpligt sätt. I det följande redovisas ett antal synpunkter på dessa frågor.

Fördelning av inkommande uteluft

Fördelning av inkommande uteluft skall ske så att den verkligen kommer de boende till del i den s k vistelsezonen utan att besvärande drag uppstår. Detta innebär att luften skall tillföras till vistelsezonen med låg hastighet och ej besvärande låg temperatur. Uteluften skall dessutom tas in genom de normalt luftrenaste rummen och sedan föras mot utrymmen med allt större luftkrävande aktiviteter såsom kök, bad och WC. Den till sov- och vardagsrum tillförda uteluften skall således kunna passera vidare mot kök, bad och WC där frånluftskanalernas inlopp normalt är placerade. Luftpassagen skall kunna ske även vid stängda dörrar via så kallade överluftsdon. Överluftsdonen utgörs i de flesta fall av en urfräsning i dörrkarmens överkant. Enligt gällande byggnorm skall den fria

tvärsnittsårean vara minst 75 cm² (ref 4)¹. I många äldre hus saknas dessa överluftsdon, varför luften får söka sig fram genom otätheter vid dörrar o dyl.

Det kan ibland vara önskvärt att på olika sätt öka eller minska ventilationen i olika rum. Detta kan lättare åstadkommas vid självdragssystem utan alltför stor påverkan på dess totala funktion. Orsaken härtill är det låga drivtryck som systemet arbetar med.

Kanalsystem och skorstenar för frånluft

Självdragsventilation var det helt förhärskande systemet fram till och med 1960-talet. Av naturliga skäl varierar därför kanalernas kvalitet, dimension, utseende och dragning högst avsevärt. Antalet frånluftskanaler var från början mycket begränsat, men allt eftersom centralvärmesystemen ersatte kakelugnarna frigjordes rökkanalerna och kom att användas som evakueringskanaler.

Långt in på 1940-talet var det fortfarande vanligt förekommande att varje lägenhet i flerfamiljshus hade separat uppvärmning i form av kakelugnar i bostadsrummen och vedeldad spis i köket för matlagning och uppvärmning. Eldstadens behov av luft för förbränningen motsvarade i stort sett även behovet av ventilationsluft för den rumsvolym som eldstaden själv förmådde hålla varm. Under icke eldningssäsong öppnades som regel en s k rosettventil i kakelugnens överdel, varvid rökkanalen kom att fungera som en bra frånluftskanal. Således finns det en naturlig förklaring till att dessa rökkanaler kom att användas som frånluftskanaler efter det att centralvärme installerats och kakelugnarna rivits ut i samband därmed.

Uppgifter främst om kanaler och skorstenar i befintliga hus, har sammanställts i det följande. Ett flertal av uppgifterna har hämtats från E Oxelmark (ref 5)².

- De flesta självdragskanaler (cirka 80 %) är utförda av tegel. Fram till 1928 används två tegelformat 23x11x6,2 cm respektive

¹Ref 4.

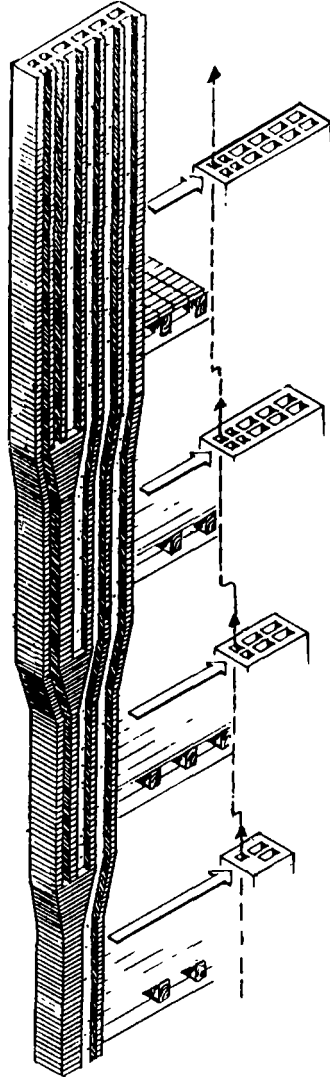
Svensk Byggnorm 1980. Statens Planverks Författningssamling 1980:1

²Ref 5.

Oxelmark E 1984. KTH konstruktionslära examensarbete. Skorstenar för självdragsventilation.

30x14,5x7,5 cm. I slutet av 1920-talet ersattes dessa båda format av normaltegel med måtten 25x12x7,5 cm.

- Stora variationer förekommer vad gäller dragningen av kanalerna. Ibland har en symmetrisk skorstensplacering på taknocken eftersträvats. Avsikten har varit att vid bostäder uppnå minsta möjliga störningar från husets olika takkonstruktioner och närliggande byggnader.
- I vissa fall har en vertikal draging genom huset eftersträvats. En sådan draging har i många fall medfört att utloppet hamnat i ett lågt beläget takavsnitt, vilket kompenserats med motsvarande högre skorstenshöjd ovan tak.
- Den fria skorstenshöjden över tak har varierat genom årens lopp. Skorstenarnas nuvarande kondition - särskilt ovan taket - kan vara ytterst varierande.
- Kanaler från närliggande delar av huset har som regel sammanförts i våningssteg till en och samma skorstenskonstruktion över tak. Ursprungligen var kanalerna mest avsedda för eldstäder av olika slag. Som regel är alla kanaler obrutna från början till slut, d v s påstick från flera håll till samma kanal förekommer sällan. Vid rökkanaler förekommer aldrig påstick.
- Numera används endast cirka 4 % av antalet kanaler som rökkanaler. I denna procentsats är rökkanaler från pannrum inräknade. De sistnämnda är vanligtvis dragna i helt separata skorstenar. Kanaler för rökgaser blandade med ventilationskanaler i samma skorsten förekommer således mycket sällan.
- Kanaldimensionerna har varierat kraftigt, dels beroende på tidsåldern, dels beroende på för vilket ändamål kanalerna använts. Kanaler från kök, s k imkanaler, har som regel större tvärsnitt än övriga kanaler.
- Kökskanaler är s k rensningspliktiga kanaler. Skälet härtill är att köksosets fett avsätter sig på kanalens yta, varför regelbunden rensning krävs. Fettbeläggningarna är normalt koncentrerade till de första en å två meterna av kanalen närmast inloppet och är i regel åtkomliga från inloppssidan.



FIGUR 2.5 VENTILATIONSSKORSTENENS UPPBYGGNAD

Grundfiguren lånad ur BFR-rapport 32:1974 av
S-E Bjerking

Vid kanaler som försetts med köksfläkt vid kanalinnloppet (fläkt av utblåsningstyp) kan emellertid fett föras långt upp i kanalsystemet.

- Antalet kanaler per skorsten beror främst av antalet våningsplan i byggnaden. Som regel innehåller en skorsten i slutänden samtliga våningsplans likartade kanaler. Dessa ansluts våning för våning enligt figur 2.5. Vanligtvis finns omkring 8 kanaler per skorsten.
- Gällande byggnorm (ref 4) tillåter att kanalerna dras i sidled högst 1/5 av höjdskillnaden mellan skorstenstopp och inloppet till kanalen.
- Flödehastigheten är genomgående mycket låg, vilket innebär att försmutsning inom rimliga gränser knappast påverkar ventilationsflödet.

2.1.3 Problem i praktisk drift

Det låga drivtrycket som normalt står till förfogande medför att självdragssystemet måste behandlas varsamt och ej utsätts för störande ingrepp. I det följande redovisas ett antal tekniska åtgärder, vilka förutom avsedda positiva effekter ger upphov till störningar av ventilationen enligt följande.

Tätning av klimatskärmen. Konsekvenser

I många flerbostadshus med självdragssystem tillförs luften via läckage genom klimatskärmen. I andra hus sker tillförseln genom vanligtvis schablonmässigt beräknade tilluftsventiler.

En okritisk och ingående tätning, särskilt vid de hus som helt saknar tilluftsventiler, medför självfallet otillräcklig ventilation. Detta är speciellt markant vid äldre hus byggda av stenmaterial där fönster och dörrar försetts med effektiva tätningsmaterial.

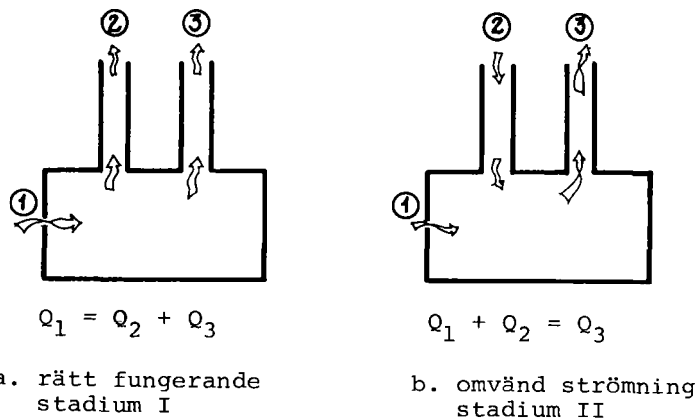
Konsekvenserna av effektivt genomförd men ej genomtänkt tätning kan bli följande

- tilluften kan ha blivit helt otillräcklig
- tilluften kan ha blivit snedfördelad

I tidigare avsnitt har redogjorts för vikten av att tilluften fördelas rätt ur komfortsynpunkt. Utöver vad som där redovisats kan noteras risken för fukt- och mögelbildning samt att lågt luftflöde lätt leder till omkastad flödesriktning i någon av evakueringskanalerna. Det sistnämnda behandlas i följande avsnitt.

Omkastad flödesriktning

Efter tätning av klimatskärmen ökar risken för att flödesriktningen blir omkastad i någon eller några av utsugningskanalerna. Orsaken härtill är att uteluften inte kommer in i byggnaden i erforderlig mängd och i rätt nivå så att tillräckligt hög utströmningshastighet uppnås i utsugningskanalerna. Systemet blir därmed labilt och en obetydlig tryckstörning kan starta en dubbelcirkulation i en kanal. Eftersom ett flertal kanaler ingår i systemet är risken uppenbar att den nedåtgående luftströmmen i en kanal tar överhanden, varefter denna kanal kommer att tjänsigöra som tilluftskanal. Det ökade tilluftsflödet ger därmed ökad utströmningshastighet i övriga kanaler. Se figur 2.6.



FIGUR 2.6 VENTILATIONSSYSTEMET HAR TVÅ MÖJLIGA OCH STABILA FUNKTIONSTILLSTÄND

(Grundfiguren lånad ur BFR-rapport R84:1 av P O Nylund)

Förlopp av detta slag är mycket svåra att häva eftersom den nedåtgående luftströmmen snabbt kyler ner kanalens väggar. Att stänga kanalen, eller de fungerande frånluftskanaler, ger givetvis ett omedelbart stopp på cirkulationen, men denna startar på nytt om kanalen åter öppnas. Den kvarstående kylan i ena kanalen respektive värmen i övriga kanaler sätter i sådant fall åter ny fart på rundgången precis som tidigare. En analogi kan göras med förloppet i en spis och man kan därvid erinra om de svårigheter som ofta finns att "få drag" i en spis när man eldar upp. "Få drag" innebär i detta fall att få igång cirkulationen i rätt riktning i skorstenen.

Omvänd flödesriktning medför dels att tillförsel av uteluft sker på fel plats, dels en kraftigt ökad energiförbrukning för oönskat stort ventilationsflöde. Energiförbrukningen kan därmed i olyckliga fall bli avsevärt större efter utfört tätningssarbete än den var före. Den omvända flödesriktningen kan således medföra sämre komfort såsom kallras och risk för överlukt, d v s luktöverföring exempelvis från ett toaletttrum till andra delar av bostaden.

Punktutsugning

Frånluftsfläkt som installeras exempelvis för utsugning från toaletttrum eller kök, d v s så kallad punktutsugning kan på likartat sätt orsaka omvänd flödesriktning i andra kanaler.

En fläkt orsakar alltid ett större eller mindre undertryck, utgående från det utrymme där fläkten är installerad. Detta undertryck drar självfallet till sig luft från angränsande utrymmen, särskilt om tillgången på tilluft över klimatskärmen till utrymmet är knappt. Utrymmen där det ligger nära till hands att installera en utblåsningsfläkt är t ex bad eller duschrum utan fönster samt i kök.

Det relativt kraftiga undertryck som en punktvis installerad utblåsningsfläkt åstadkommer kan lätt medföra att en frånluftskanal i ett annat rum t ex ett toaletttrum börjar fungera som tilluftskanal.

Redan ett relativt lågt undertryck kan sålunda orsaka bakdrag, d v s omkastad flödesriktning med kallras i nämnd kanal. Den nedåtgående strömningen är som nämnts svår att häva, varför det uppkomna kallraset ofta fortsätter även efter det att fläkten stängts av.

Fläktens inverkan begränsas dessutom inte alltid till lägenhetens interna luftströmning. Det är sålunda fullt möjligt att fläkten drar till sig luft från trapphus och andra lägenheter. Omfattningen beror på vilken täthet som råder mellan husets olika utrymmen.

Strypningar i evakueringskanaler

Varje strypning i en frånluftskanal är en potentiell risk för omvänd cirkulation. Orsaken härtill är att strypningen medför lägre flöde i kanalen och därmed lägre lufthastighet. Risken finns därmed för dubbelcirkulation, vilken, som visats, snabbt kan leda till omvänd cirkulation.

Strypningen kan exempelvis utgöras av en stillastående fläkt eller mer eller mindre stängda spjäll av olika utförande.

Kökskåpa och neddragen köksfläkt

För att förbättra köksventilationen under tider då matlagning pågår har i vissa fall en spiskåpa monterats, i andra fall en neddragen utblåsningsfläkt. Även dessa arrangemang medför således en uppenbar risk för omvänd flödesriktning, speciellt under de tider då spisen ej nyttjas. Orsaken härtill är att evakueringskanalens utsugningsöppning kommer i höjd med kåpans nederkant, vilket sålunda ger liten nivåskillnad mellan tilluftsöppning och utsugningsöppning.

Vid köksfläktsarrangemang har därtill evakueringskanalen - i detta fall en imkanal - en förhållandevis stor area, vilket ytterligare ökar risken för omkastning av flödet.

2.1.4 Sammanfattning av för- och nackdelar med självdragssystem

I det föregående har redovisats ett antal av de problem och nackdelar, men även fördelar, man kan ställas inför i samband med befintliga självdrags-system. Dessa synpunkter sammanfattas nedan.

Fördelar:

- Systemet är tystgående eftersom strömnings-hastigheterna är låga och fläktar saknas.
- Funktionen påverkas ej av elavbrott.
- Systemet är inom vida gränser okänsligt för försmutsning.
- Systemet upplevs positivt, är enkelt och välbekant för det stora flertalet boende som även anpassat sina vädringsvanor här-till.
- Systemet är som helhet relativt okänsligt för individuella ventiltionsbehov och varierande vädringsvanor.

Nackdelar:

- Ventilationsflödet ökar med sjunkande ute-temperatur och ökande vind. (Den före de kopplade dubbelfönsternas tid normalt före-kommande monteringen av s k innanfönster med tätande klisterremor innebar en viss avvägning av ventilationen utöver den ökade värmeisoleringen.)
- Ventilationsflödet minskar med ökande ute-temperatur.
- Ventilationen i högre belägna våningsplan blir sämre än i undre på grund av kanalernas olika skorstensverkan.
- Ventilationflödet påverkas relativt kraftigt av rådande vindförhållanden. Största inverkan har vinden vid skorstenstoppen.
- Omvänd cirkulation kan uppstå i vissa kanaler och ge upphov till kallras och hög energiförbrukning, Konsekvensen kan bli att ventilationskanaler täpps igen av de boende med risk för fukt- och mögelskador.

2.2 Fläktstyrt frånluftssystem (F-system)

Som framgår av tabell 1.1 är fläktstyrda frånluftssystem de vanligaste näst efter självdrags-systemen. Vid ROT-åtgärder övervägs ibland installation av F-system. Systemets principiella funktion samt några speciella egenheter redovisas i det följande.

2.2.1 Principuppbyggnad och funktion

Systemet är ett så kallat mekaniskt ventilations-system och innehåller en centralt sugande fläkt som är kopplad till samtliga frånluftskanaler. Dessa utgår normalt från bad- och toalettrum samt kök. Tilluften bör tas in i bostaden genom till-luftsdon, vanligtvis placerade i sov- och vardags-rum. Luften förs sedan vidare till de utrymmen som är mest ventilationskrävande. Från dessa lokaler förs luften via frånluftskanalen ut över tak med den gemensamma fläkten.

2.2.2 Systemets utformning i praktiken

Fläktryckets storlek

I tidigt byggda system var fläktens drivtryck relativt lågt. I dessa lågtryckssystem är det ej ovanligt att termik- och vindkrafter märkbart påverkar ventilationsflödena. Dessa system kan därför betraktas som en hybrid mellan självdrags- och fläktsystem.

Senare byggda system med relativt höga fläktryck är utförda med s k kontrollventiler i kanalöppningarna i de utrymmen där utsugningen sker. Tryckfallet över ventilen är relativt högt.

Ett givet tryckfall svarar därvid mot ett bestämt flöde. Inreglering av flödet till önskat värde sker således genom att tryckfallet över ventilen regleras in till ett på förhand beräknat värde. För att nå goda ventilationsförhållanden krävs därför att systemets dimensioner och injusteringsorgan är väl beräknade och av god kvalitet.

Uppkommande olikheter i kanalsystem samt eventuella håltagningar i skiljeväggar av olika slag har stor inverkan på systemets totalfunktion.

Klimatskärmens täthet

En faktor att observera är att tätning av klimatskärmen i hus med fläktsystem ofta ej ger nämnvärd minskning av flödet. Resultatet blir dock en viss ökning av undertrycket. Att flödet blir i stort sett oförändrat beror på att tryckfallet över klimatskärmen även efter tätning är litet jämfört med tryckfallet över kontrollventilen. Systemets totala tryckfall påverkas därmed relativt lite, varför flödet genom fläkten i stort sett bibehålls.

2.2.3 Problem i praktisk drift

Drag- och undertryck

En viss täthetsgrad hos klimatskärmen eftersträvas som regel med hänsyn till vindens påverkan och en önskan att få luften rätt fördelad. Att ha en i förhållande till självdragssystemet hög tryckdifferens över klimatskärmen medför dock vissa nackdelar.

Om exempelvis ett fönster öppnas något kommer utluft att strömma in med hög hastighet och ett kraftigt drag uppstår. Den inströmmande luften går den lättaste vägen till närmsta frånluftsdon. Ventilationen i övriga utrymmen försämras därmed samtidigt som den genom fönstret inströmmande luften genom kallras kan påverka en närliggande termostatventil att onödigtvis kalla på värme. En tillkommande nackdel vid öppna fönster är att luft från lägenheten via trapphus och andra passager söker sig till andra lägenheter där undertrycket i förhållande till utomhusluften fortfarande är stort. Samma effekt som vid ett fönster på glänt kan erhållas vid fönster där tätningslisterna är dåliga.

Extra undertryck i lägenheterna kan även bli direkt besvärande för de boende på grund av att stora krafter erfordras för att öppna och stänga fönster och dörrar. Höga lufthastigheter kan uppstå i springor vid brevlådor samt dörrar och fönster med drag och oljud som följd.

I många fall saknas tilluftsdon helt vid fläktsystem. I andra fall har de stängts och t o m tejpats över av de boende för att undvika besvärande drag. Av ovanstående framgår klart att väl fungerande och rätt placerade tilluftsdon erfordras för att komforten skall bli acceptabel. Sålunda skall inströmningshastigheten vara måttlig och luftströmmen ej riktad så att den direkt går in i vistelsezonen eller påverkar termostatven-

tiler. I det fall att den kalla luftströmmen påverkar radiatorventiler kan energiförbrukningen bli betydande samtidigt som temperatursvängningarna på inomhusluften kan bli stora.

Intressanta synpunkter på ovanstående redovisas i Bulletin 1978:19, SIB (ref 6)¹ och BFR-rapport av B Rosengren (ref 7)².

Försmutsning

En nackdel med systemet är att en rubbad ventilinställning eller försmutsning kan medföra betydande snedfördelning av ventilationsluften i hela eller delar av systemet. Detta redovisas t ex av O Wallin i KTH:s årsrapport 1980 (ref 8).³ Där påvisas bland annat att rensning bör utföras varje år. Detta medför relativt hög underhållskostnad samtidigt som det visat sig vara mycket svårt att få tillträde till samtliga lägenheter för att utföra erforderligt arbete.

Buller

Vid fläktsystemen, liksom vid alla mekaniska ventilationssystem, finns risk för uppkomst av störande buller.

2.2.4 Sammanfattning av för- och nackdelar vid frånluftssystem

Installation av frånluftssystem vid ROT-ombyggnad i hus med självdragsventilation är vanligtvis möjligt. Speciella system har utvecklats för sådan ombyggnad. Installationen medför dock relativt stora ingrepp i byggnaden och stora delar av vindsutrymmet tas i anspråk för kanaldragningen. Bland systemets för- och nackdelar kan sammanfattningsvis följande nämnas.

¹Ref 6.

Meddelanden/Bulletin, 1978. Undersökning av don för F- och S-system, SIB, Gävle M 78:19.

²Ref 7.

Rosengren B 1984. Energibesparing i enfamiljshus. reglering av ventilationen med automatiska tilluftsventiler (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm

³Ref 8.

Wallin O 1980. KTH:s årsrapport. Försmutsning av ventilationssystem - optimalt rensningsintervall för frånluftskanaler. Se även Peterson F 1983. Rena kanaler, tidskrifter VVS 11/83.

Fördelar

- Ventilationsflödet påverkas obetydligt av variationer i utetemperaturen.
- Frånluftskanalerna kan utföras med relativt små dimensioner.
- Forcering av ventilationsflödet i enstaka utrymmen kan ske utan svårighet, dock ej utan konsekvenser.
- Utrustning för värmeåtervinning ur frånluften kan installeras centralt, exempelvis i form av frånluftsvärmepump.

Nackdelar

- Systemet kräver omsorgsfull inreglering för att beräknade luftflöden skall innehållas.
- Systemet är känsligt för försmutsning.
- Risk för drag finns vid fönsterventilation, genom brevlådor m m.
- Risk finns för störande oljud på grund av höga lufthastigheter vid fönster och dörrspringor samt från fläkten.
- Systemet kräver relativt mycket service och underhåll.

2.3 Fläktstyrt från- och tilluftssystem (FT-system)

Av tabell 1.1 framgår att dessa system (FT-system) börjat användas i bostäder först under senare år. FT-systemen benämns balanserad ventilation.

2.3.1 Principuppbyggnad och funktion

Systemet är ett mekaniskt ventilationssystem med centraliserad transport av såväl till- som frånluft. Uteluften kan hämtas på den sida av fastigheten där luftkvaliteten är bäst. Luften kan där efter filtreras, kylas, värmas, befuktas o s v, innan den fördelas ut i byggnadens olika utrymmen.

Luften kan även användas som transportmedium för fastighetens värmeförsörjning. Därvid kan även värmeväxling ordnas mellan från- och tilluft, s k FTX-system. Systemet är avancerat och medför goda möjligheter till leverans av en i många avseenden god luftkvalitet.

Utförandet med kanalsystem för såväl till- som frånluft är givetvis skrymmande och kostsamt.

I FT-systemen är tilluften förvärmad. Luftrörelserna avviker därmed helt från det mönster som ovan beskrivits för S- och F-systemen.

Den förvärmade luften har sålunda vanligtvis låg densitet jämfört med den svalare luften i vistelsezonen och tenderar därför att stiga uppåt. För att nå god ventilationseffekt bör därför tilluften tillföras lågt, gärna under fönstret och bortföras högt, gärna vid motstående innervägg. Därmed uppnås en god luftomsättning i vistelsezonen.

Ett huvudkrav vid såväl FT- som FTX-system med värmeväxlare är att såväl klimatskärm som kanalsystem har god täthet.

2.3.2 Problem i praktisk drift

Fläktstyrda från- och tilluftssystem fungerar i allmänhet väl. Förutsättningen är dock att de är väl injusterade. I vissa fall kan störande ljud uppstå i systemet på grund av relativt höga strömningshastigheter och fläktljud. Dessa ljud kan dock dämpas med ljudfällor och andra ljuddämpande anordningar som installeras på lämplig plats i systemet.

En betydande risk för igensättning av till- och frånluftsdon samt filter finns. Systemet kräver därmed regelbunden tillsyn av kompetent personal för att avsedd funktion skall säkerställas.

2.3.3 Sammanfattning av för- och nackdelar vid från- och tilluftssystem (FT-system)

Vid ROT-åtgärder i äldre hus torde det endast i undantagsfall vara aktuellt att installera FT-system. Sådana fall kan vara där uteluften har extremt dålig kvalitet, exempelvis i byggnader belägna nära högbelastade trafikleder.

Byggnadstekniskt kan det vara svårt att placera till- och frånluftsdon så att god ventilations-effekt uppnås. Ur installationssynpunkt är det ofta lättast att placera både till- och frånluftsdon nära taket. Vid sådan placering är risken betydande att tilluften följer taket och går vidare ut genom frånluftsdonen utan att komma in i vistelsezonen.

Bland systemets för- och nackdelar kan sammanfattningsvis följande nämnas.

Fördelar

- Systemet fungerar väl förutsatt att det underhålls på ett riktigt sätt. Variationer i utetemperatur och vindstyrka påverkar ej systemets funktion.
- Systemet ger möjlighet till god luftkvalitet och styrning av ventilationen. Tilluften kan behandlas på olika sätt såsom filtrering, värming, kylning, befuktning, värmeåtervinning o s v.
- Tilluften kan användas för transport och växling av värme för att tillgodose byggnadens uppvärmningsbehov.

Nackdelar

- Systemet kräver omsorgsfull inreglering för att beräknade luftflöden skall innehållas.
- Systemet är känsligt för försmutsning och kräver betydande underhåll och skötsel av kompetent personal för att avsedd funktion skall uppehållas.
- Installations- och driftkostnaden är hög.

2.4 Sammanfattande synpunkter på självdragssystem och mekaniska ventilationssystem

Ventilationseffekten i olika system har utforskats och redovisats i en rad rapporter. Uppgifter om självdragssystemen redovisas emellertid i ringa omfattning. I SIB-rapport (ref 9)¹ redovisar dock M Sandberg vissa uppgifter. I det följande sammanfattas ett antal väsentliga synpunkter på de olika systemen vad gäller ventilationens effektivitet samt systemens svagheter.

2.4.1 Ventilationens effektivitet

Av ett ventilationssystem krävs att det är effektivt. Detta innebär bland annat:

- tilluften skall komma de boende till del på ett effektivt och komfortabelt sätt,
- luftföroreningar av alla slag skall bortföras effektivt,
- tilluften skall normalt tillföras de rum som har bäst luftkvalitet, d v s vardags- och sovrum och därefter passera vidare till och evakueras från mera ventilationskrävande rum såsom kök, badrum och WC,
- systemet skall fungera väl som helhet samt i möjligaste mån vara okänsligt för störningar.

2.4.2 Principiella svagheter hos olika system

Självdragssystemets största principiella svagheter i förhållande till mekaniska system är att

- ventilationsflödet varierar över året med tidvis behov av kompletterande fönsterväd-ring,
- ventilationsflödet påverkas kraftigt även av mindre tryckstörningar,
- återvinning av värme ur ventilationsluften är i stort sett omöjlig av ekonomiska orsaker eftersom varje utsugningspunkt har sin egen frånluftskanal.

¹Ref 9.

Sandberg M 1982. Något om sambandet mellan luftkvalitet och luftrörelser i rum. KTH:s skriftserie 1982:1, rapport nr 217.

De mekaniska systemens största principiella svagheter i förhållande till självdragssystemet är att

- systemen är i hög grad beroende av korrekt dimensionering, återkommande injustering samt inte minst av skötsel och underhåll för att avsedd funktion skall upprätthållas. En väsentlig faktor för funktionen är rengöring av filter, till- och frånluftsdon samt kanaler för att undvika en smygande försämring av ventilationseffekten,
- luftkvaliteten i ett någorlunda tätt hus med mekanisk ventilation försämras snabbt om fläktarna stannar eftersom luftomsättningen därigenom blir försumbar.

3. TANKAR KRING ETT VENTILATIONSSYSTEM FÖR ROT-ÅTGÄRDER OCH VARSAM OMBYGGNAD

Allvarliga fukt- och mögelskador har i flera fall konstaterats i yngre hus med frånluftssystem efter det att tätningsåtgärder genomförts. Motsvarande skador har nu börjat visa sig även vid åtgärdade hus med självdragssystem. Det är därför av stor vikt att dessa problem beaktas i framtida ROT-projekt.

En viktig faktor att beakta i arbetet är även att såväl fastighetsägare som boende i allmänhet föredrar självdragsventilation framför förekommande system med mekanisk ventilation, se avsnitt 7.8.

Ovarsam ROT-ombyggnad av hus med självdragssystem kan leda till att vissa av de positiva egenskaperna går förlorade samtidigt som nya negativa kan börja uppträda. Varsam ROT-ombyggnad kan å andra sidan göra husen med självdragssystem bättre med avseende på komfort och energiförbrukning. Åtgärderna är ofta enkla sedan husens egenskaper, problem och möjligheter nu kunnat identifieras.

Vi kan även konstatera att i praktiken styrs ombyggnaden starkt av normer samt låne- och bidragssystem. Det är väsentligt att dessa i framtiden utformas så att utveckling av god äldre teknik ej hämmas utan tvärt om gynnas, se vidare avsnitt 9.

Som grund för funktionsbeskrivning för ett förbättrat självdragssystem redovisas i det följande en rad tankar, synpunkter och idéer angående behov av luftomsättning, tillbehör såsom spiskåpor, fläktar, inverkan av dimensioner på till- och frånluftöppningar och kanaler m m.

3.1 Luftomsättning

Enligt gällande byggnorm skall antalet luftomsättningar vara lägst 0,5/h. Frågan är dock vilken luftomsättning som i realiteten behövs?

Enligt vår uppfattning bör normvärdet normalt vara mer än tillräckligt för såväl de boendes som byggnadens "hälsa". Förutsättningen är att tilluften fördelas jämnt - d v s att tillräckligt många tilluftsdon finns - samt att ventilationen är kontinuerlig. Vi bortser härvid från radonproblemen som kräver högre omsättningstal.

I fläktsystem var tidigare en mycket vanlig energisparåtgärd att reducera luftomsättningen under dygnets mörka del. Detta förfarande anser vi vara mycket tvivelaktigt eftersom ventilationsbehovet normalt är störst denna tid på dygnet. Orsaken härtill är att man ofta avslutar dagens aktiviteter i bad- och duschrum. Därtill kommer att man nattetid har dygnets längsta sammanhängande vistelse i ett enda rum och därmed behov av frisk luft i sovrummen. Sovrummen är dessutom ofta belägna längst bort från frånluftsdonen. Många fukt- och mögelproblem har orsakats av reducerad luftomsättning nattetid.

Behov av momentant större luftomsättning kan i vissa fall finnas. Vid självdragsventilation klaras detta genom fönstervädning. Detta förfarande rekommenderas även i energisparsammanhang förutsatt att det sker kortvarigt och med korsdrag. I ett hus med fläktventilation är metoden mindre lämplig eftersom minsta fönsterspringa i ett sådant system lätt ger upphov till en starkt dragig kortslutningsluftström enligt tidigare redovisning.

Den öppna plats i lägenheten där luftförorening i form av lukt kan uppkomma i större mängd är över spisen. När andra energislag än el var vanliga för matlagning tillkom dessutom bränslenas luftbehov och deras utsläpp av förbränningsprodukter. Särskilt gasspisar avger betydande mängder koldioxid och vattenånga.

3.2 Spiskåpa

En förbättring av köksventilationen vid ombyggnad av äldre bostäder är normalt ett berättigat krav på standardhöjning. I gällande byggnorm anbefalls därför vid självdragsventilation och ombyggnad att en spiskåpa sätts upp som uppfångaranordning för matoset.

Vi ifrågasätter dock om sådan kåpa ej gör mer skada än nytta. Sannolikt förbättrar spiskåpan ventilationsförhållandena under den tid då spisen är i bruk. Under övrig tid finns dock uppenbar risk för att flödet går åt fel håll i imkanalen, d v s att kanalen tjänstgör som ej önskad tilllufts kanal. Dessa synpunkter har tidigare redovisats mera detaljerat i avsnitt 2.1.3.

3.3 Fläktar för punktutsug

Fläktar för punktutsug har blivit allt vanligare. Försök att kompensera bristfällig ventilation medelst lokala utblåsningsfläktar av olika slag är att börja i fel ände av problemlösningen och dessutom att samtidigt riskera flera nya problem.

Frånluftsfläkt som installeras för exempelvis utsugning från toaletterum eller kök kan, som ingående beskrivits i avsnitt 2.1.3, orsaka omvänd flödesriktning i andra frånluftskanaler.

Fläktens inverkan begränsas dessutom inte alltid till lägenhetens interna luftströmning. Det är sålunda fullt möjligt att fläkten drar till sig luft från trapphus och andra lägenheter. Omfattningen beror på vilken täthet som råder mellan husets olika utrymmen.

Konsekvensen av ovanstående är således att en fläkt - som endast tidvis är i drift - kan orsaka kallras och överluktproblem i helt andra utrymmen än där den är installerad.

3.4 Strypningar

Strypningar i enskilda frånluftskanaler kan som nämnts i avsnitt 2.1.3 ge upphov till omvänd flödesriktning (bakdrag) och bör därför undvikas. Detta gäller särskilt om erforderlig tilluft ej tillförs genom klimatskärmen. En stillastående fläkt, liksom eventuella klaff- och ventilarrangemang utgör sådana strypningar. Risker är därmed uppenbar att man vid stillastående fläkt får omkastad flödesriktning och fläkten tjänstgör som "tilluftsdon". Denna omkastning är speciellt vanlig vid köksfläktar placerade i neddragen kåpa över spisen.

Mot denna bakgrund kan ifrågasättas om i gällande byggnorm angivna R-EHS-frånluftsdon är lämpliga. (Beteckningen R står för reglerbar, EHS för ej helt stängbar.) Enligt byggnormen får donen ej kunna regleras ner under 40 % av tillgänglig area, men kan givetvis även med denna begränsning orsaka problem.

Ändå större problem kan emellertid orsakas av de i byggnormen rekommenderade tilluftsdonen med beteckningen R-TU. (Beteckningen R står för reglerbar, TU för tätslutande uteluftsdon.) Dessa tilluftsdon kan således ställas i helt stängt läge, vilket är direkt olämpligt. Ett tilluftsdon bör aldrig kunna stängas helt, eftersom ett minimum av luftväxling alltid behövs, även när människor ej vistas i bostaden.

3.5 Kanalläckage

Självdraagskanalerna är utförda för låg strömningshastighet och lågt tryckfall. Kanalerna är vanligtvis murade och normalt ganska ojämna och otäta. Vid forcerat flöde kan man därmed påräkna läckage, såväl mellan de enskilda kanalerna som mellan kanaler och närliggande utrymmen i huset. Risken för överluftsproblem och störning av strömningen i närliggande kanaler genom läckageflöden är därmed uppenbar vid forcerat flöde i någon kanal.

Vid installationer med utblåsningsfläkt är risken för ovannämnda problem betydande. Exempel på sådana fläktar är köks- och våtrumsfläktar placerade i frånluftskanalens inlopp som således trycker ut luften i kanalen.

Att i stället för utblåsningsfläkt installera ut-sugningsfläkt i utloppsändan av varje kanal medför givetvis mindre problem i nämnda avseenden. Man kan dock i detta fall ifrågasätta om man uppnår önskad luftomsättning i det utrymme som skall ventileras med hjälp av fläkten. Uppenbar risk finns att en stor del av flödet genom fläkten tillförs genom otätheter i kanalen och således ej via avsedd utsugningsöppningen. Ytterligare ett problem kan vara att få en eventuell fjärrstyrning av fläkten att fungera utan driftstörningar under längre tid, exempelvis vid enskilda os- och fettbemängda köksflöden.

I samband härmed kan påpekas att vid forcerad köksventilation föreskrivs att kanalerna skall vara dokumenterat täta samt att kanaler från flera kök ej får vara sammankopplade utan skall vara separat dragna upp över tak. Erforderligt tätningarbete är kostsamt speciellt med hänsyn till att tätheten skall kvarstå under lång tid.

En stor svårighet kan i många fall vara att identifiera kanalerna till de olika utrymmena samt att komma åt kanalerna för att utföra erforderliga arbeten.

3.6 Osuppfångning från matlagning

Som tidigare nämnts är en viss förbättring av köksventilationen att betrakta som en berättigad standardhöjning i samband med ombyggnad.

Nackdelar med spiskåpa respektive fläkt för punktutsugning i kök och andra utrymmen har tidigare redovisats. I avsnitt 3.4 har dessutom påtalats att avställd fläkt utgör en strypning som sätter imkanalens allmänventilerande funktion praktiskt taget helt ur spel.

3.7 Kolfilterfläkt

Kolfilterfläkt kan utgöra ett bra komplement till allmänventilationen i köket.

En kolfilterfläkt fungerar på så sätt att fett och os från spisen fångas upp i filtret. Fläkten är ej ansluten till imkanalen utan den renade luften går tillbaka ut i köket. Kolfilterfläkten recirkulerar således luften i köket, vilket ej stör ventilationssystemet i sin helhet. Det os som missas av kolfilterfläkten evakueras genom den intakta imkanalen. Förutsättningen är givetvis att imkanalen fungerar på avsett vis.

Om i stället spiskåpa med eller utan fläkt installerats uppträder i avsnitt 3.6 nämnda problem. Dessutom går den del av osen, som ej omedelbart fångas upp och avgår med ventilationsluften, upp mot taket på grund av den höga temperaturen. Först efter det att luften svalnat till omgivande lufttemperatur kan osen åter sjunka ner och föras ut med fläkten. Därmed får osen rika tillfällen att avsätta sitt innehåll av fett på olika ytor i bostaden innan det försvinner ut med ventilationsluften.

Även ur energisynpunkt är kolfilterfläkt att föredra framför utsugningsfläkt. En kolfilterfläkt, som således cirkulerar runt luften, åstadkommer genom cirkulationen en utjämning av temperaturen mellan golv och tak. Därigenom förbättras värmekomforten. Det kan i detta sammanhang nämnas att det finns flera nya konstruktioner vars enda uppgift är att bryta upp temperaturskiktningen i lokaler genom att omfördela luftmassan på liknande sätt. Komfort- och energivinsterna vid sådana recirkulerande fläktanordningar - ibland även försedda med kolfilter - uppges kunna bli betydande. Även om detta inte direkt kan överföras till en installation av kolfilterfläkt i ett kök

bör effekten i någon mån kunna räknas installationen tillgodo. Som ytterligare en pluspost för kolfilterfläkten som princip kan nämnas att bostadens allmänna luftkvalitet vid behov kan förbättras genom drift av kolfilterfläkten på exempelvis lågvarv.

Driftskostnad för kolfilter

Byte av kolfilter bör enligt uppgift ske med ett års intervall. Försummat byte ger sig tillkänna genom dålig lukt. Varaktig sanitär olägenhet kan därmed ej förekomma obemärkt.

Förbrukningskostnaden för kolfilter vid samordnat köp för ett antal fläktar motsvarar ungefär summan av uppvärmningskostnaden för den extra ventilationsluft som alternativt installerad utblåsningsfläkt förbrukar och den service på grund av störningar de därtill ofta förorsakar.

Till och med vid system med fläktstyrd frånluft bedöms det ofta vara direkt lönsamt att installera recirkulerande kolfilterfläktar i de fall då värmeåtervinning sker av frånluften. Därigenom kan kostnaden för service och uppvärmningsenergi sänkas så att det t o m lönar sig att fastighetsägaren gratis tillhandahåller kolfilter för byte i erforderlig omfattning.

Utveckling

Det är angeläget att kolfilterfläktarnas många principiellt goda sidor uppmärksammas och att de utvecklas i kombination med väl fungerande och allmänventilerande imkanaler.

4. STYRT SJÄLVDRAGSSYSTEM I STEG

I avsnitt 2 har redovisats principer för och synpunkter på olika existerande ventilationssystem. I avsnitt 3 har vissa tankar kring ett ventilationssystem för ROT-åtgärder framförts. Baserat på detta tas nu ytterligare ett steg nämligen att specificera ett koncept för ett ventilationssystem i första hand anpassat för äldre flerbostadshus försedda med självdragssystem.

Målsättningen är att få fram ett väl fungerande system med styrd luftomsättning och låg energiförbrukning. Ombyggnadsinsatserna skall vara måttliga. Installationen bör kunna ske utan att lägenheterna behöver utrymmas.

Gruppen äldre flerbostadshus innehåller hus med starkt varierande behov av reparationer och underhåll. Det är därför även önskvärt att i systemet ingående åtgärder kan göras stegvis och anpassas till aktuella reparations- och ombyggnadsinsatser. Vid ett stegvis genomförande måste man givetvis hela tiden ha samspelet byggnad-ventilation klart för sig i varje enskilt fall, se även avsnitt 8.1

Åtgärder inom en byggnad kan förslagsvis indelas i följande tre grupper:

1. Enklare underhåll
2. ROT-åtgärder
3. Ombyggnad motsvarande nybyggnad, ej klassad som ROT-åtgärder.

Enligt vår bedömning kommer åtgärder enligt grupp 1 - enklare underhåll - att bedrivas i oförändrad omfattning.

Vi uppfattar vidare att statsmakternas intentioner är att ROT-åtgärder, d v s grupp 2, kommer att prioriteras.

Grupp 3 - Ombyggnad motsvarande nybyggnad, ej klassad som ROT - bedömer vi komma att minska dels på grund av de höga kostnaderna härför, dels på grund av ökat ekonomiskt stöd från staten till ROT-sektorn.

Med denna bakgrund inriktas utvecklingsarbetet i första hand på ett system lämpligt för grupperna 1 och 2 med viss prioritering av grupp 2.

Grupp 1 är dock samtidigt mycket väsentlig eftersom tätningsåtgärder även ingår i det enklaste underhåll. Sådana tätningsåtgärder påverkar som tidigare nämnts ventilationen i hög grad.

4.1 Kravspecifikation

Baserat på vad som anförts i tidigare avsnitt har vi kommit fram till följande "kravspecifikation".

- Tilluften skall styras.
- Fasadanblåsningens påverkan på ventilationsflödet skall minskas.
- Vindens effekt på ventilationsflödet i form av ejektorverkan och andra störningar vid skorstenstoppen skall begränsas.
- Åtgärder för att kompensera det med stigande utetemperatur vikande drivtrycket skall vidtas.
- Värmeåtervinning ur frånluften skall vara möjlig i sådana fall där värmen kan återanvändas på ett ekonomiskt riktigt sätt.

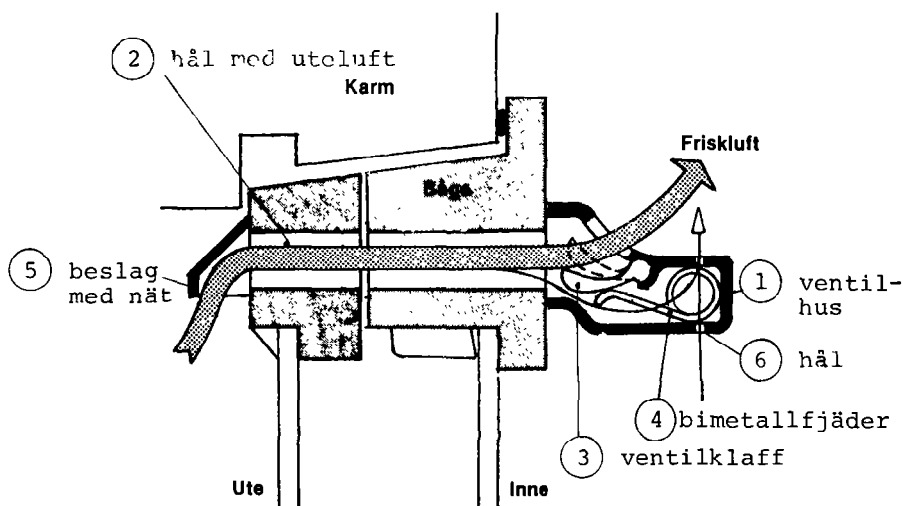
4.2 Styrning av tilluft

Före utförande av tätningsåtgärder i byggnader med självdragssystem tas tilluften in genom slumpvis belägna springor och öppningar och flödet påverkas starkt av rådande väderleksförhållande.

Efter omsorgsfullt genomförd tätning kan följden som nämnts bli otillräckligt lågt luftflöde. För att råda bot på detta är det ej ovanligt att tätningsmaterial utelämnas bitvis, exempelvis vid fönster. Därigenom närmar man sig åter den ursprungliga okontrollerade ventilationen och förlovar dessutom en del av den energisparvinst man sökte nå.

I vår idé ingår i stället att tätningen skall genomföras så långt detta är tekniskt och ekonomiskt möjligt. Ventilationsluften skall sedan tillföras genom rätt dimensionerande tilluftsdon. Donen skall vara så utförda att tryckfallet över donet styrs automatiskt efter utetemperaturen. Eftersom drivtrycket i ett självdragssystem i stort sett är proportionellt mot utetemperaturen kan därmed ventilationsflödet orsakat av termiska krafter hållas i stort sett konstant oberoende av utetemperaturen upp till cirka +5°C.

Tilluftsventilen SPAR-VEN är ett exempel på ett sådant automatiskt temperaturstyrt tilluftsdon. Ventilens principiella uppbyggnad och funktion beskrivs kort i det följande.



FIGUR 4.1 AUTOMATISKT TEMPERATURSTYRT TILLUFTSDON

Ventilen är ett smalt tilluftsdon av typ springventil, se figur 4.1 ovan. Den monteras på insidan av fönsterbågen eller fönsterkarmen, lämpligen vid fönsterpartiets överkant. Luften tillförs till ventilhuset (1) utifrån genom ett antal hål (2) av bestämd diameter vilka borraras i fönsterbågen (fönsterkarmen). På utsidan döljs hålen av ett beslag (5) med droppkant och insektsgaller. Ventilen har en rörlig klaff (3), vars rörelse påverkas av en temperaturkänslig bimetallfjäder (4). Bimetallfjäders temperatur påverkas i första hand av den luft som strömmar in genom ventilen utifrån. I begränsad omfattning påverkas emellertid bimetallfjäders av rumstemperaturen och genom den luftmängd som passerar förbi fjädern via hålen (6).

Vid mildt och lugnt väder öppnar bimetallfjäders ventilklaffen helt. Vid kall och blåsig väderlek går klaffen mot stängt läge. Dock finns alltid en öppning för ett beräknat minimiflöde.

Antal ventiler och hål i fönsterbågen/karmen bestäms av önskat ventilationsflöde (i princip rumsvolym) samt inom vissa gränser av höjdskillnaden mellan ventilationsskorstenens mynning och tilluftsdonet.

Tilluftsdonet är vidare försett med en injusteringsanordning. Denna medger att flödet kan justeras in inom vissa gränser med hänsyn till önskade lokala variationer och i det enskilda fallet förekommande luftläckage genom klimatskärmen.

4.3 Sätt att påverka fasadanblåsningens inverkan

Blåst ger upphov till en ökad ventilation. Den ökade ventilationen orsakas främst av ett ökat vindtryck på husets lovartssida. Samtidigt fås emellertid ett lägre tryck på läfasaden, vilket i viss mån minskar luftinflödet på denna sida.

Detta sammantaget innebär att vid ett hus med förhållandevis tät klimatskärm fås en märkbart ökad ventilation genom fasadanblåsning först vid vindstyrkor överstigande 3-5 m/s. Frekvensen av vindstyrkor över detta värde vid aktuell höjd över marknivån är relativt liten och avtar markant med ökad hastighet.

Byggnadens energiförbrukning påverkas därför endast marginellt genom vindens påverkan på fasaden.

Fasadanblåsningens inverkan ur komfortsynpunkt blir däremot märkbar eftersom ventilationsflödet i de enskilda rummen förändras och blir beroende av var i huset de är placerade. Vid högre vindhastigheter kan vinden orsaka en sådan ökning av trycket på fasaden att besvärande höga lufthastigheter, dvs drag uppkommer i närheten av tilluftsdonen. Ur komfortsynpunkt är det givetvis ej önskvärt med drag även om det förekommer relativt sällan. Systemet bör därför utformas med tanke på detta problem.

I det beskrivna temperaturstyrda tilluftsdonet finns i viss mån en vinddämpande funktion inbyggd. Ventilklaffens läge påverkas sålunda av blandningstemperaturen mellan inströmmande uteluft och rumsluftens temperatur samt av den rumsluft som strömmar in i ventilhuset genom hålen (6). Vid mycket snabba vindförändringar hinner ventilen dock ej reagera fullt ut på ändringar i blandningstemperaturen på grund av bimetallfjäders termiska tröghet. En vidareutveckling av tilluftsdonen med hänsyn härtill är därför önskvärd.

4.4 Åtgärd mot störningar vid skorstensmynningen

Vindens riktning och styrka vid skorstensmynningen varierar starkt och beror även på husets form och närliggande omgivning.

Dessa variationer kan ge upphov till starkt varierande tryckförhållanden vid skorstensmynningen. Vanligtvis erhålls ett undertryck genom vindens ejektorverkan. I vissa fall kan emellertid vinden genom turbulens ge upphov till direkt övertryck i en eller flera kanaler.

I avsnitt 2.11 har redovisats att sammantaget leder detta till märkbart större luftväxling redan vid låg vindhastighet. I många fall ger således kombinationen av turbulens och ejektorverkan upphov till omvänt luftflöde i vissa kanaler och kraftigt ökad utströmning i andra.

I täta hus med väl fungerande tilluftsdon förorsakar vindsuget, d v s ejektorverkan, inte tillnärmelsevis så stort obehag som i allmänt otäta hus. Å andra sidan är som tidigare nämnts risken att få omvänt flöde i någon kanal betydligt större vid ett tätat hus.

Ett tidigt använt sätt att undvika övertryck och i stället skapa en förstärkt ejektorverkan var att montera en s k "dansare" på rökkanalens mynning. Dansaren - som fortfarande förekommer i modern form exempelvis vid braskaminer - hade en karaktäristisk profil och kunde liknas vid en svängande gubbe. "Gubbens" huvud fungerade som vindflöjel och svängde det bålformade vindskyddet i förhållande till vindriktningen så att rökkanalens utlopp alltid kom i lä med ökad ejektorverkan som följd.

"Dansaren" är sålunda en lämplig avslutning på en rökgaskanal men av samma skäl klart olämplig som avslutning på en ventilationskanal.

Även om det i viss mån kan vara möjligt att kontrollera luftflödet medelst lämpligt utformade tilluftsdon kvarstår risken för omvänt flöde i vissa kanaler. Målsättningen måste därför vara att åtgärda problemet vid källan, d v s i detta fall vid skorstensmynningen.

I avsnitt 5.1 - 5.8 redovisas laboratorieprov med olika anordningar för att lösa detta problem.

4.5 Åtgärd mot vikande ventilationsflöde vid stigande utetemperatur

Som visats i avsnitt 2.1.1 är drivkraften vid självdragssystem direkt proportionell mot temperaturskillnaden mellan rumsluft och uteluft. Vid i övrigt konstanta förhållanden varierar därmed ventilationsflödet enligt formeln

$$Q = \sqrt{t_r - t_u} \quad (4.1)$$

Erfarenheter har visat att vid utetemperaturer upp till cirka +50C kan ventilationsflödet hållas inom rimliga värden med tidigare nämnda temperaturstyrda tilluftsdon. Vid högre utomhustemperatur tenderar luftflödet att bli för lågt, d v s under det normala flödet 0,5 omsättningar per timme. Låg luftomsättning vid hög utetemperatur är speciellt olämpligt eftersom risken för exempelvis mögelbildning är extra stor under den varma årstiden då relativa fuktigheten dessutom ofta är hög hos inomhusluften.

Den "gamla metoden" att kompensera den minskande drivkraften genom att öppna fönster på glänt har med samhällets och teknikens utveckling fått vissa nackdelar.

Sålunda har den ökande brottsligheten medfört att man ogärna lämnar ett fönster på glänt. De numera allmänt förekommande termostatventilerna på radiatorerna medför dessutom att ventilerna påverkas av den okontrollerat inströmmade luftens temperatur. Detta orsakar tidvis såväl ökad energiförbrukning som obehaglig övertemperatur hos radiatorn.

Det vid stigande utetemperatur vikande självdraget kan kompenseras genom installation av en enkel temperaturstyrd hjälpfläkt. För att hjälpfläkten verkligen skall bli till nytta och ej ge upphov till nya problem så krävs att fläkten ger en verkan som i möjligaste mån påminner om den som utvecklas av ett stabilt drivtryck vid självdragssystem. Ett förslag till lösning enligt ovanstående redovisas i avsnitt 5.9.

4.6 Återvinning av värme ur ventilationsluften

I en tid då det blivit allt mera angeläget att spara energi bör man även fundera på möjligheten att återvinna energi ur frånluften även vid självdragssystem. Om man ett ögonblick bortser från de ovan redovisade utvecklingspunkterna för ett styrt självdragssystem bedömer vi att följande tre principiella möjligheter finns.

1. Värmeväxlare installeras i varje separat frånluftskanal.
2. Frånluften från samtliga kanaler samlas till en gemensam ventilationskanal som förses med strypdon, fläkt och värmeväxlare.
3. Frånluften från kanalerna i respektive ventilationsskorsten samlas och förs till en värmeväxlare i anslutning till respektive skorsten.

Den först nämnda möjligheten bedömer vi vara utesluten av bland annat kostnadsskäl.

Möjlighet nummer två passar dåligt in med de ovan redovisade utvecklingsstegen för ett styrt självdragssystem.

Den återstående möjligheten, nummer 3, bedömer vi som den mest önskvärda. Vi tänker oss då att fånga upp energin i ventilationsluften medelst värmeväxlare med extremt lågt tryckfall placerade i huvar över respektive ventilationsskorsten. Energin förs därvid i värmeväxlarna över till ett flytande medium och kan därefter transporteras i klena ledningar till en lämplig samlingsplats för all energi och där utnyttjas på bästa sätt.

Ett system med klena transportledningar medför förutom låg kostnad att outnyttjade utrymmen i vindsplanet som exempelvis kan vara möjliga att bygga om till bostäder ej behöver utnyttjas för skrymmande ventilationskanaler.

4.7 Sammanfattande önskemål för en anordning vid ventilationsskorstenen

Baserat på kravspecifikationen och ovan redovisade tankar och idéer kring denna sammanfattar vi önskade egenskaper hos en anordning på ventilationskorstenarna enligt följande.

Anordningen skall således

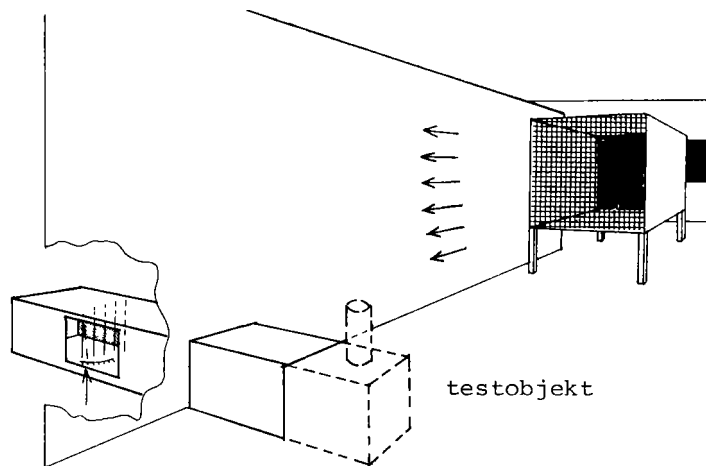
- begränsa vindens ejektorverkan på skorstenen,
- förhindra baksug och omkastad flödesriktning i frånluftskanalerna,
- kompensera vikande drivtryck vid stigande utetemperatur,
- i vissa installationer kunna förse med kompletterande utrustning för värmeåtervinning.

Anordningar med ovan beskrivna egenskaper baseras på att automatiskt temperaturstyrda tilluftsdon först installeras. Installation av dessa don kan som nämnts göras i ett tidigare skede och är en åtgärd som även ensam ger en förbättring av ventilationen.

5. LABORATORIEPROV

5.1 Provrigg

För att mäta vindens inverkan på ventilations-skorstenar byggdes en provrigg enligt figur 5.1. Huvudkomponenten i riggen utgjordes av en "vindmaskin" bestående av en gallerförsedd trumma 2 x 2 m i tvärsnitt och med fyra kraftiga fläktar monterade i trummans ena ände. Med fläktarna kan en "vindhastighet" på upp till cirka 7 m/s åstadkommas mätt cirka 5 m framför trummans mynning.



FIGUR 5.1 PROVRIGG

Vindmaskinen placerades i en stor rumstempererad lokal. Ett par meter vid sidan om vindmaskinen och parallellt med luftens strömningsriktning byggdes en lång hög skärmvägg.

Det huvudsakliga ändamålet var att mäta luftflödet genom testobjektet under olika förhållanden, d v s att söka efterlikna vindens ejektorverkan.

På cirka fem meters avstånd framför vindmaskinen drogs därför en trumma ut vinkelrätt genom skärmväggen. Testobjektet anslöts tätt till trumman så att all luft som passerade genom testobjektet togs bakom skärmväggen.

För att inte påverka flödet i testobjektet måste tryckfallet och därmed lufthastigheten i trumman hållas låg. Dessutom måste luftflödet mätas med en anordning som inte orsakar nämnvärt luftmotstånd. Mätproblemet löstes genom att ett antal vertikalt hängande ulltrådar fästes i trummans överkant jämnt fördelade över tvärsnittet. Genom ett fönster i trumman kunde trådarna iakttagas. Med hjälp av en tillfälligt monterad kontrollfläkt producerades kända flöden genom trumman. Genom att notera trådarnas lutning vid ett antal kända luftflöden kunde fönstret förses med en graderad skala över luftflödet.

I lokalen fanns på vindmaskinens sug sida ett öppningsbart fönster och i motsatta änden av lokalen - räknat i luftens strömningsriktning - fanns en öppen dörr till uteluften.

Med fönster och dörr öppna kunde därmed en godtagbart jämn luftströmning uppnås i lokalen utan virvelbildande rundcirkulation. Dessutom erhöles bakom skärmen praktiskt taget stillastående luft av samma temperatur och tryck som framför skärmen. (Samma temperatur eftersom mätningarna utfördes under den varma årstiden.)

I provriggen ingick dessutom ett antal stora skivor som kunde placeras i olika lägen nära testobjektet. Därmed var det möjligt att simulera störningar från takutsprång, närliggande skorstenar och liknande.

Med den använda provriggen kunde testobjekten utföras och provas i naturlig storlek.

Ett alternativ till provriggen enligt ovan var provning i vindtunnel. Vi konstaterade dock snabbt att sådana prov dels var omöjliga att genomföra inom kostnadsramen, dels hade måst genomföras i mindre skala. Fördelen med prov i naturlig skala var dessutom att testobjekteten efter laboratorieprovet kunde lyftas upp på tak för fortsatta prov under verkliga förhållanden.

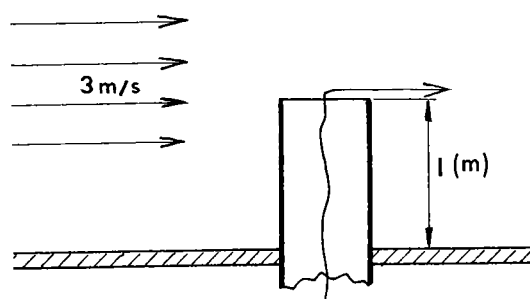
5.2 Aerodynamiska prov med enkel mynning

Det första testet som utfördes i provriggen var att klarlägga hur stor ejektorverkan som erhålls vid en vertikal kanal (skorsten) med olika lång del exponerad för vinden, se figur 5.2.

Följande ingångsdata användes:

Kanaldimensioner

- tvärsnitt 60 x 80 cm
- utskjutande höjd 100-150 cm
- lufthastighet 3 m/s



FIGUR 5.2 VINDPROV MED REKTANGULÄR SKORSTEN

Resultat

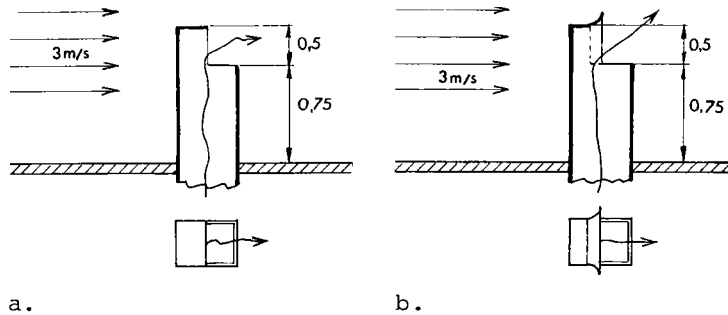
Hastigheten i den vertikala kanalen (skorstenen) varierade mellan 0,3-0,8 m/s under proven, men bedömdes vara oberoende av den utskjutande höjden.

Genomsnittlig hastighet beräknades till cirka 0,6 m/s.

Med rökpistol konstaterades en relativt kraftig turbulens vid mynningen.

5.3 Aerodynamiska prov med enkel mynning försedd med enkla skydd

I detta prov försågs den vertikala kanalens mynning med enkla skydd av varierande utförande i princip enligt figur 5.3.a. Avskärmningens utförande varierades på olika sätt, bland annat provades ett skovelliknande utförande med vindavvisande kanter figur 5.3.b. Lufthastigheten var samma som i tidigare försök, d v s 3 m/s.



FIGUR 5.3 VINDPROV MED ENKELT SKYDD

Resultat

Vid anordningar enligt figur 5.3a sjönk hastigheten i den vertikala kanalen med cirka 40 % till cirka 0,35 m/s och var i stort sett oförändrad vid olika utförande på skyddet.

Vid utförandet med det skovelliknande skyddet enligt figur 5.3b erhöles kraftig minskning av turbulensen. En klar ökning av hastigheten i kanalen, d v s en förstärkt ejektorverkan konstaterades.

Det sistnämnda stämmer väl överens med erfarenheterna från de i avsnitt 4.4 nämnda dansarna som har till uppgift att åstadkomma så stabil ejektorverkan som möjligt. De är utförda med mjuka avrundade former som ger liten turbulens, och vrider sig dessutom i förhållande till vinden så att samma strömningsförhållande ständigt bibehålls.

Nämnda iakttagelse gav anledning till reflexionen att ett utförande av en kanalöppning som vid anblåsning ger upphov till kraftig turbulens samtidigt ger en kraftigt minskad ejektorverkan.

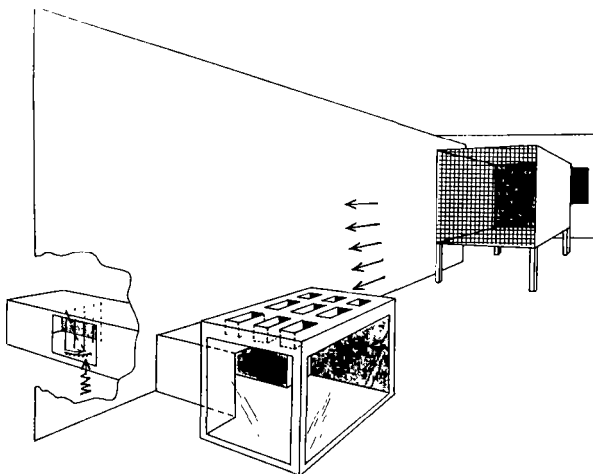
Innan ytterligare försök att verifiera denna hypotes kunde vidtas beslöts att en representativ attrapp av en ventilationsskorsten i full skala skulle byggas. Därmed blev det möjligt att studera vindens påverkan på flera kanaler samtidigt.

Attrappen skulle om möjligt kunna användas för fältprov i senare skede. Bostadsstiftelsen Kalmarhem var positiva till att delta i ett framtida fältprov och ställde välvilligt ett hus till förfogande. Ett typiskt trevåningshus, byggår 1945-46, ur Kalmarhems byggnadsbestånd utsågs därför som provhus och en lämplig ventilations Skorsten utvaldes.

5.4 Aerodynamiska prov med skorstensattrapp av konventionellt utförande

Den utvalda ventilations Skorstenen var av en vanligt förekommande typ med 9 st frånluftskanaler med dimension 1/2 sten x 1/1 sten.

En attrapp av denna skorsten byggdes upp i full skala i laboratoriet, se figur 5.4.



FIGUR 5.4 VINDPROV MED SKORSTENSATRAPP

Ett stort antal prov genomfördes därefter med denna attrapp.

Alla prov kördes med vindhastighet 7 m/s. Vår filosofi var därvid att vindhastigheter över 7 m/s i kombination med kyla uppträder relativt sällan. Kunde vi därför med någon anordning nå en god dämpning av ejektorverkan så borde detta vara tillfredsställande över hela temperatur- och vindregistret, speciellt i kombination med ett temperaturstyrt tilluftsdon.

Proven utfördes dels utan störande inslag från vindhinder, dels med simulerade vindhinder i form av stora skivor. Skivorna placerades växelvis framför och bakom skorstenen på varierande nivåer och med olika lutningar.

Resultat

Vid försöken utan störande inslag från skivor uppmättes ett genomsnittligt flöde av 550 m³/h totalt genom ventilationsskorstenen. Med rökpistol konstaterades vissa variationer mellan de olika kanalerna.

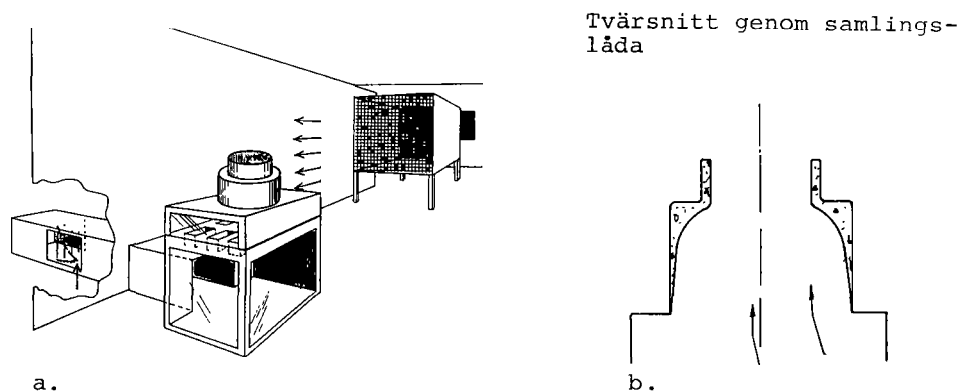
Genom simuleringen av vindhinder med hjälp av de nämnda skivorna erhöles betydande avvikelser från nämnt värde. Flödesvariationerna mellan de olika kanalerna blev därvid avsevärda i flera fall.

En skorsten med 9 ventilationskanaler enligt ovan ventilerar normalt cirka 500 m³ lägenhetsvolym. Med 0,5 omsättningar motsvarar detta 250 m³/h i luftflöde. Detta flöde skall åstadkommas av de termiska krafterna. Våra försök - utan termiska krafter - visar således att flödet ökar avsevärt genom vindens inverkan.

5.5 Aerodynamiska prov med samlingslåda på skorstenstoppen

Att lösa problemet gemensamt för samtliga kanaler i skorstenen bedömdes mera realistiskt än att satsa på en lösning för varje kanal. Dessa tankar redovisas för övrigt i avsnitt 4.6 i samband med problematiken kring värmeåtervinning.

En samlingslåda tillverkades därför, enligt figur 5.5. Invändiga höjden valdes till 30 cm. Därigenom blev luftmotståndet försumbart i denna del. Den cirkulära utloppsdelen utfördes med relativt mjukt avsmalnande utlopp enligt figur 5.5.b med en lika stor ekvivalent utloppsöppning som den sammanlagda arean av de 9 ventilationskanalerna.



FIGUR 5.5 VINDPROV MED SKORSTEN FÖRSEDD MED SAMLINGSLÅDA

Vid proven som var i stort sett identiska med de som beskrivits i föregående avsnitt var vindhastigheten likaledes 7 m/s.

Resultat

Flödet genom ventilationsskorstenen uppmättes till cirka 900 m³/h. Således erhöles en kraftig ökning av ejektorverkan jämfört med föregående försöks-serie.

Turbulensen kring mynningen i detta försök - som för övrigt påminner om prov enligt 5.2 - bedömdes som rimligtvis mindre än turbulensen vid föregående försök 5.4 med 9 separata kanalmyrningar. Detta styrker den hypotes vi framfört, avsnitt 5.3, nämligen att ökad turbulens ger mindre ejektorverkan.

Utöver ovan redovisade ökning av flödet konstaterades dock det positiva att tidigare uppmätta svängningar i flöde och tryckskillnader mellan de olika kanalerna i det närmaste hade upphört.

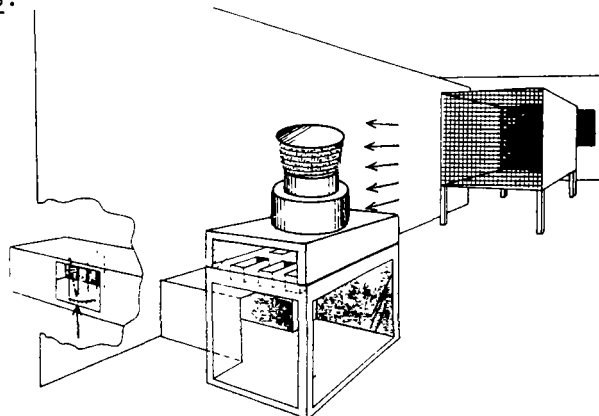
Med en samlande huv över varje skorsten kan således problemet med omvänd strömning eller bakdrag elimineras. Samtidigt har resterande problem samlats till ett gemensamt utlopp, vilket bör göra det lättare att lösa dessa.

5.6 Aerodynamiska prov med samlingslåda försedd med buskigt utlopp

Resultatet av de tidigare försöken visade alltså bland annat att turbulensen har en betydande inverkan på vindens ejektorverkan.

Sökandet efter en starkt turbulensbildande komponent påbörjades därför. Därvid uppmärksammades ett rör som utvecklats för att användas i vissa typer av värmeväxlare. Röret med fabriktionsnamnet Spine-Fin tillverkas av koppar alternativt aluminium med ett på högkant pålindat mycket tätt uppslitsat aluminiumband. Genom slitsarna i aluminiumbandet och tillverkningsmetoden utvecklas en mycket stor mängd kylflänsar i form av cirka 10 mm långa borst på röret. Det färdiga värmeväxlarröret kan utseendemässigt liknas vid ett kopparrör lindat med julgransglitter. Röret används framför allt vid värmeväxlare i kylanläggningar för luft vid egenkonvektion.

Ett antal meter av värmeväxlarröret lindades upp med varven sida vid sida och med borstens toppar intill varandra så att röret bildade en cylinder med samma diameter som det cirkulära utloppet i föregående försök, avsnitt 5.5. Cylindern monterades som en förlängning på utloppsröret och täcktes med ett lock. Rörlängden valdes så att den fria mantelytan mellan borsten på cylindern var många gånger större än cylinderns, och därmed de 9 kanalernas sammanlagda tvärsnittsarea, se figur 5.6.



FIGUR 5.6 VINDPROV MED "BUSKIGT" UTLOPP

Det "buskiga" utloppet provades på samma sätt som tidigare anordningar med vindhastighet 7 m/s.

Resultat

Flödet genom ventilationsskorstenen uppmättes till 270 m³/h. Således gav anordningen en dramatisk dämpning av vindens ejektorverkan.

Rökprov visade att flödet i huvudsak gick ut på rörpaketets läsida, men rök iakttoogs även på sidorna. Rök kunde t o m skönjas på lovartsidan där den dock snabbt skingrades av den anblåsande vinden.

Vid provet konstaterades även att flödet fördelades jämnt mellan de enskilda kanalerna och att det totala flödet var påfallande lugnt och stabilt.

Den fria genomströmningsarean genom buskigheten var som nämnts flera gånger större än frånluftskanalernas sammanlagda area. Genom mätning med påtvingat flöde med kontrollfläkten konstaterades att tryckfallet genom anordningen vid 250 m³/h endast var några få Pa, se vidare avsnitt 5.8.

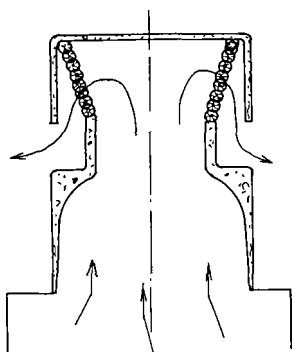
5.7 Aerodynamiska prov med samlingslåda och buskigt utlopp kompletterad med skärm

En naturligt följd av att använda värmeväxlarröret för vinddämpande ändamål blev att i kombination därmed fundera vidare på möjligheten av att utnyttja röret för dess primära ändamål, d v s som värmeväxlare.

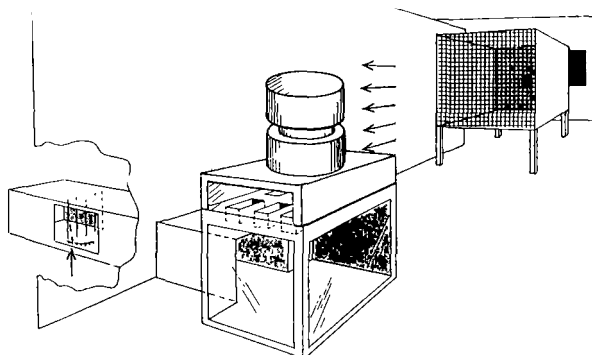
Inom parentes kan nämnas att medel för att patentesöka och utveckla en prototyp för vinddämpning och värmeåtervinning söktes och erhöles från STU och Utvecklingsfonden.

För att kunna utnyttja värmeväxlarröret för värmeåtervinning måste ett vindskydd placeras utanför röret så att vindens direkt avkylande verkan eliminerades. Utformningen av värmeväxlarröret och skyddet föregicks av en hel del beräkningar och överväganden. Beträffande värmetekniska beräkningar hänvisas till avsnitt 6.

Av figur 5.7.a framgår att värmeväxlarröret lindades i konform med största diametern överst. Motivet för detta är att utfallande kondens skall droppa av utan att falla på lägre liggande del av röret. Vidare får den avkylda luften i förhållande till den tillströmmande varma en naturlig vertikal "kallrasrörelse" efter kontakten med det kalla rörpaketet.



FIGUR 5.7a TVÄRSNITT GENOM PROV-
ANORDNING MED BUSKIGT
UTLOPP OCH AVSKÄRMNING



FIGUR 5.7b VINDPROV MED BUSKIGT UTLOPP
OCH AVSKÄRMNING

Principutförandet av avskärmningen samt det "buskiga" värmväxlarröret framgår av figur 5.7a och 5.7b. Avskärmningen hindrar således att vinden slår direkt mot värmväxlaren. Avskärmningen ger samtidigt ett extra skydd mot störningar men värmväxlarens "buskiga" skyddsverkan kvarstår som det viktigaste avvisande skyddet mot störande vindstötter.

Attrapperna testades som tidigare vid 7 m/s.

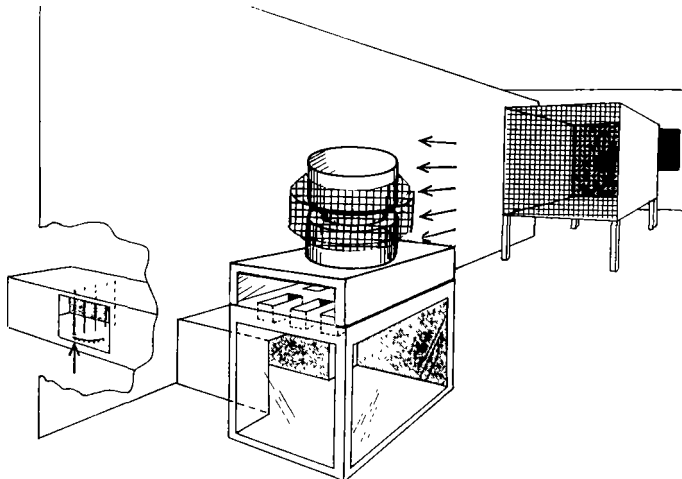
Resultat

Vid utförande enligt figur 5.7 uppmättes ejektorflödet till cirka 140 m³/h, således ytterligare en viss positiv reducering.

5.8 Aerodynamiska prov med anordning enligt 5.7 kompletterad med gallerarrangemang

Den ovan redovisade attrappen kompletterades där- efter med ett galler som skydd mot växtdelar, små- djur, snö och liknande.

Ett flertal typer av gallerburar testades. Det slutliga gallerarrangemanget utformades främst av estetiska samt tillverknings- och servicemässiga skäl enligt figur 5.8.

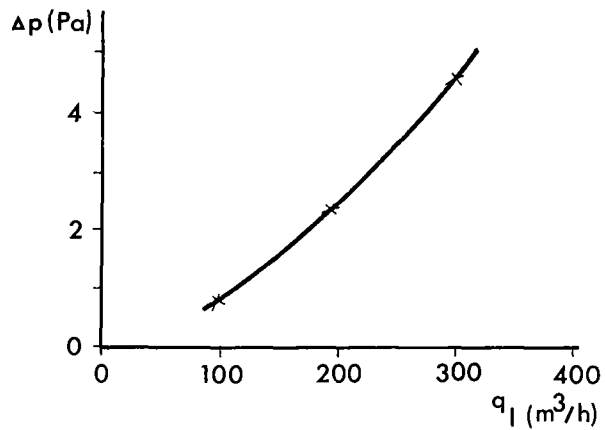


FIGUR 5.8 VINDPROV MED GALLERARRANGEMANG

Resultat

Vid prov med detta utförande reducerades vindens ejektorverkan vid 7 m/s till nära nog noll. Endast svaga avvikelser av storleksordningen max + 45 m³/h uppmättes.

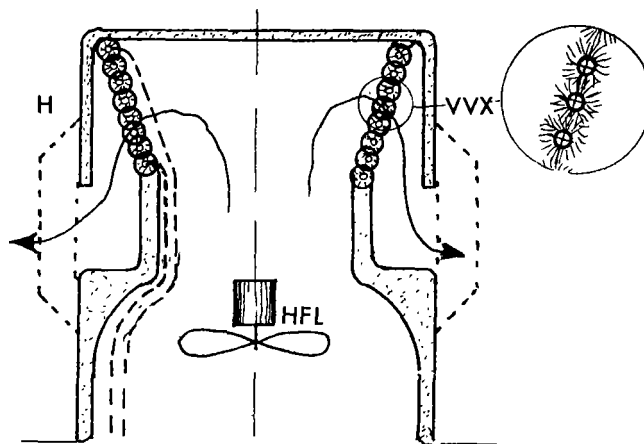
I samband med dessa försök gjordes en förnyad mätning av tryckfallet över huvan, varvid flödet bestämdes medelst kontrollfläkten. Tryckfallet var så litet att det var svårt att mäta med god noggrannhet. I figur 5.9 redovisas dock en ungefärlig kurva över tryckfallet som funktion av flödet.



FIGUR 5.9 TRYCKFALL ÖVER HUV SOM FUNKTION AV LUFTFLÖDET

5.9 Aerodynamiska försök med hjälpfläkt

För att kompensera det vid stigande utetemperatur allt lägre självdraget provades en hjälpfläkt (HFL). Som hjälpfläkt användes en liten axialfläkt, vilken monterades i frånluftshalsen, se figur 5.10. Fläkten försågs med steglöst pådrag för att möjliggöra utprovning av lämplig fläktstorlek.



FIGUR 5.10 TVÄRSNITT GENOM PROVANORDNING KOMPLETTERAD MED GALLER OCH FLÄKT

Det sammanlagda tryckfallet över rätt dimensionerade tilluftsdon och huv på ventilationsskorstener är av storleksordningen 5-10 Pa. Därmed kan en fläkt med mycket liten tryckuppsättning användas. En direkt dimensionering av denna bedömdes dock vara lämplig att genomföra först i samband med fältprov på en verklig skorsten med hänsyn till i praktiken förekommande variationer i kanaldimensioner m m.

Sålunda bedömde vi att den valda fläktstorleken kunde förväntas motsvara behovet samt att den inte gav något besvärande luftmotstånd vid stillestånd. Vid de tester som genomfördes konstaterades också att fläktens motstånd var helt försumbart.

5.10 Försök med försmutsad yta

För att klarlägga i vad mån en försmutsning av borsten på Spine-Fin-rören påverkar tryckfallet simulerades ett smutspåslag. Försöket genomfördes på så sätt att 50 % av värmeväxlarytan täcktes med plastfolie. Någon mätbar ökning av tryckfallet kunde därvid ej konstateras.

5.11 Sammanfattning

De stegvis utförda proven och de likaledes konstaterade problemen och tänkta lösningsförslagen resulterade i en huvattrapp i princip enligt figur 5.10 ovan. Vägen dit var lång med många misslyckade försök av vilka blott ett litet antal kunnat redovisas.

Den slutliga huvattrappen innehåller dock en totallösning med sådana egenskaper att den bedöms kunna fungera väl i praktisk drift.

Av de redovisade försöken framgår att laboratoriemätningarna har utförts utan påverkan av termiska drivkrafter och utan stöd av automatiskt temperaturstyrda tilluftsdon. Med hänsyn härtill bedömer vi att det finns en viss extra säkerhet inbyggd i systemet som motvikt mot oförutsedda störningar av t ex byggnadsteknisk art som sannolikt kommer att visa sig i praktiken. Senare erfarenheter från fältmätningar redovisas i avsnitt 7.

6. UTVECKLING AV UTRUSTNING FÖR VÄRMEÅTER- VINNING

När det buskiga värmeväxlarrörets lämplighet som vinddämpande anordning konstaterats var det - som angetts i 5.7 - naturligt att gå vidare och försöka utnyttja röret för dess primära ändamål som värmeväxlare för gas-vätska.

Inledningsvis noterar vi därvid att värmeåtervinning ur frånluft företrädesvis kan ske på följande två sätt:

- återvinning av värme för växling över till tilluft,
- återvinning av värme med värmepump för värmning av tappvarmvatten och/eller värmvatten för radiatorsystemet.

Det förstnämnda sättet var självfallet inte av intresse i detta fall eftersom centraliserat tilluftssystem ej finns.

6.1 Kravspecifikation

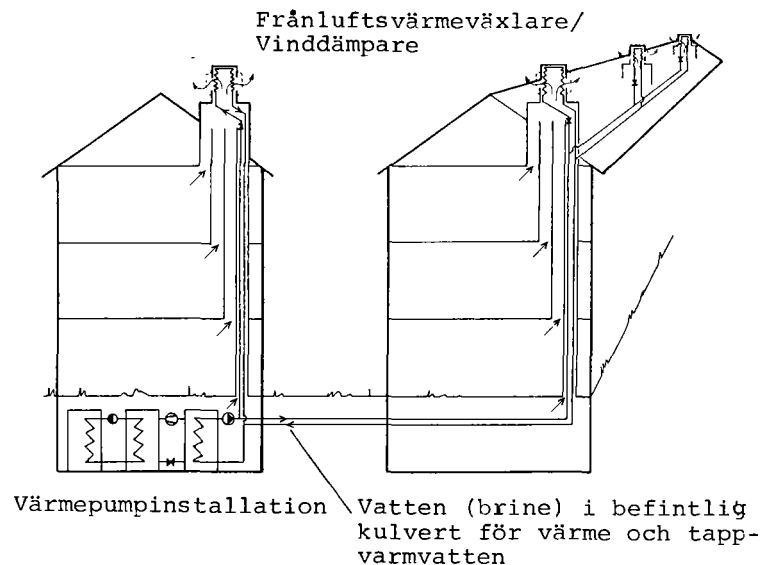
Det andra alternativet bedömdes dock som en möjlig väg att utnyttja värmen i frånluften. Följande kravspecifikation sattes upp för ett sådant system.

- Återvinningsgraden skall vara god inom ett stort flödesområde.
- Tryckfallet över värmeväxlaren skall vara lågt.
- Energin vid utfällning av kondensat skall tillvaratas.
- Värmeväxlaren skall vara lätt åtkomlig för rengöring.
- Inga stora tunga anordningar skall behöva placeras på vind eller tak med hänsyn till utrymmesbehov och eventuella krav på förstärkning av byggnadsstommen.

En värmeåtervinningsutrustning baserad på Spine-Fin-röret och som uppfyller dessa krav bedömdes vara möjlig att konstruera med följande uppbyggnad.

- En värmväxlaryta av Spine-Fin-rör utformas på lämpligt sätt och tjänstgör dessutom som turbulensbildare enligt 5.6.
- Värmväxlaren utformas så att den har lågt tryckfall på luftsidan, vilket enligt tidigare erfarenheter bör vara möjligt.
- Spine-Fin-röret lindas koniskt och med "en rad" i strömningsriktningen enligt figur 5.7a. Därmed bör det vara möjligt att återvinna kondenseringsvärmets vid utfällning av kondensat på "julgransglittret", samtidigt som kondensatet droppar av fritt ut på taket.
- Att konstruera vindskyddet så att växlarytan blev lätt åtkomlig bedömdes vara möjligt utan större svårigheter.
- Tunga skrymmande anordningar på vind eller tak undviks genom att tillkommande ventilationsutrustning undviks och att värmepumpen placeras i källarplanet. Värmväxlarna fördelas ut på samtliga ventilationsskorstenar och kopplas parallellt till den gemensamma värmepumpen medelst klana brineledningar.

Systemet kan därmed utformas i princip enligt figur 6.1.



FIGUR 6.1 PRINCIPUPPBYGGNAD FÖR VÄRMEÅTERVINNINGSANLÄGGNING

Av figuren framgår att skorstenarnas värmeväxlare på brine-sidan kopplas parallellt med varandra exempelvis medelst billiga polyetenslangar till en gemensam huvudledning. Denna förs ner till kylarplånet exempelvis genom en ventilationskanal. Därmed erfordras ej något extra utrymme för rördragningen och någon kostnad för håltagning i vertikalled uppstår ej heller.

Flödet på brine-sidan injusteras med hjälp av termometrar eller enkla flödesmätare för varje växlare separat.

Värmepumpen ansluts till fastighetens värmesystem, varvid den från värmepumpen avgivna energin används för uppvärmning av tappvarmvatten till cirka 55°C alternativt för uppvärmning av radiatorsystemet.

6.2 Dimensionering av värmeväxlare

En murad kanal, 1/2-sten x 1 sten, genomströmmas vid en halv luftomsättning per timma av 25-30 m³/h. En ventilationsskorsten innehåller 8-12 murade kanaler. En temperatursänkning med 15°C på frånluften bedöms rimlig. Med specifika värmeförbrukningen för luft = 1,2 kJ/m³°C blir därmed dimensionerande kyleffekt per skorsten

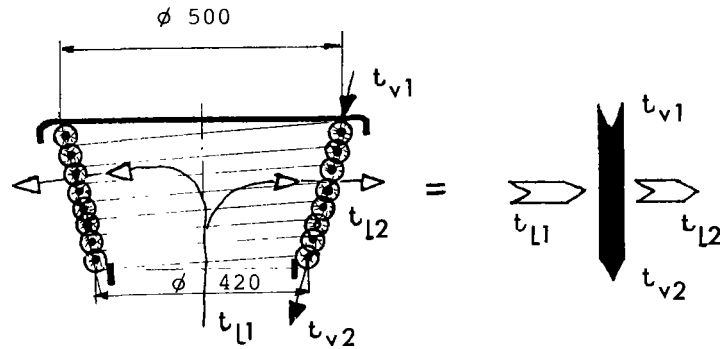
$$\text{lägst} \quad \frac{25 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 15}{3 \cdot 600} = 1,0 \text{ kW}$$

$$\text{högst} \quad \frac{30 \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 15}{3 \cdot 600} = 1,8 \text{ kW}$$

Tillverkaren av Spine-Fin-röret har redovisat data över rörets värmeöverförande förmåga vid låg luft-hastighet, d v s vid egenkonvektion.

Enligt dessa uppgifter beräknas värmeöverföringen vid tvärström till cirka 100 W/m rör vid luft-hastigheten 0,8 m/s och aktuella temperaturer.

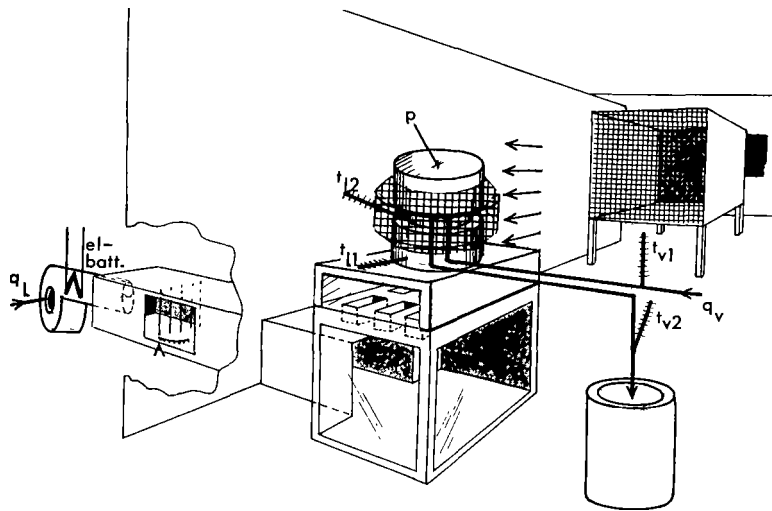
Rörlängden borde därmed väljas inom området 10-18 m. En anpassning av värmeväxlaren till huvens övriga mått resulterade därmed i en kompromiss med mått enligt figur 6.2.



FIGUR 6.2 VÄRMEVÄXLARENS HUVUDFORM OCH STRÖMNINGSBILD

6.3 Provning av värmeväxlare

För prov av värmeväxlaren används den tidigare framtagna provriggen kompletterad enligt figur 6.3.



FIGUR 6.3 PROVNING AV VÄRMEÅTERVINNING

Vattenledningsvatten med temperaturen cirka 150C användes som "brine".

Tilluften till skorstenen, d v s den simulerade frånluftens temperatur höjdes med hjälp av elbatteri till cirka 35°C. Därmed var det möjligt att uppnå cirka 15°C temperatursänkning på luften vid ingående "brine-temperatur" cirka +15°C och därmed simulera de verkliga förväntade förhållandena vad gäller effekt- och temperaturdifferens.

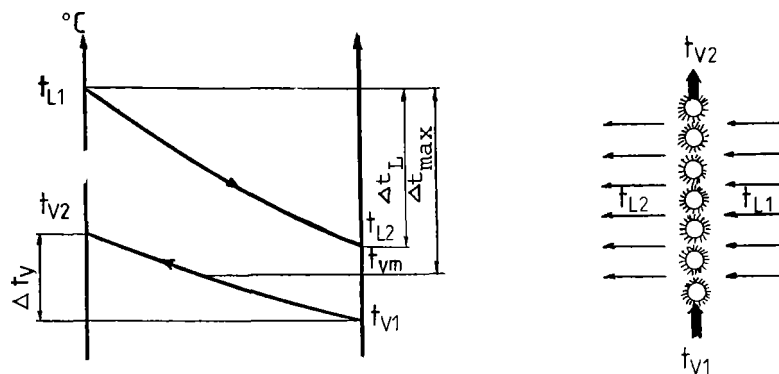
Vattenflödet mättes genom att vattenvolymen som strömmade genom växlaren under en bestämd tid mättes med mätkärl.

Luftflödet bestämdes med kontrollfläkt SF typ ABBA enligt tidigare.

Luft- och vattentemperaturen mättes med kalibrerade precisionstermometrar.

Vid de rådande temperaturförhållandena var batteriet torrt, d v s fukten i luften kondenserade ej på batteriet. Detta är även det normala driftfallet, d v s att den kylda luftens temperatur t_{L2} är så hög att daggpunkten ej nås. I de fall kondensering sker på batteriytan är detta att räkna som ett positivt tillskott.

Med viss förenkling gäller följande beräkningar, se figur 6.4.



FIGUR 6.4 TEMPERATURFÖRLOPP VID VÄRMEVÄXLING

$$\text{Kyleffekten är } q_L \cdot C_{PL} \cdot \Delta t_L \quad \text{kW}$$

där C_{PL} = specifika värmets för luft kWh/m³°C

Övriga beteckningar framgår av figur och tabell.

Batteriverkningsgraden definieras som

$$\frac{\Delta t_L}{t_{\max}}$$

Vid batteriverkningsgraden 100 % blir

$$t_{L2} = \frac{t_{v1} + t_{v2}}{2} = t_{vm}$$

6.4 Provresultat

Erhållna provresultat med komplett återvinningsenhet med vindskydd framgår av tabell 6.1. Provbeteckningar P1-P5 specificeras efter tabellen på nästa sida.

Tabell 6.1

Prov nr		P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
q _L	luftflöde m ³ /h	200	200	200	200	400
q _v	vattenflöde m ³ /h	0,27	0,27	0,13	0,50	0,27
t _{L1}	luft in °C	33,8	33,9	35	35	33,1
t _{L2}	luft ut °C	19,1	19,1	22	18,1	18,4
Δt _L	temp diff luft °C	14,7	14,8	13	16,9	14,7
t _{v1}	vattentemp in °C	15,3	15,3	16	14,6	12,8
t _{v2}	vattentemp ut °C	18,4	18,4	20,9	16,4	17,8
Δt _v	temp diff vatten	3,1	3,1	4,9	1,8	5,0
t _{vm}	vattentemp medel °C	16,9	16,9	18,5	15,5	15,3
Δt _{max}	t _{L1} -t _{vm} °C	17,0	17,1	16,6	19,5	17,8
B	batteriverkningsgrad	0,87	0,87	0,79	0,87	0,83
P	kyleffekt mätt på luftsidan kW	0,98	0,99	0,87	1,13	1,96
P	vattensidan kW	0,97	0,97	0,72	1,06	1,57

För de olika proven P1-P5 gäller följande specifika förutsättningar.

P1	Vindhastighet 0 m/s
P2	Vindhastighet 7 m/s vindtemperatur 15°C lägre än TL1
P3	Enligt prov 1 men med q_v halverat
P4	Enligt prov 1 men med q_v fördubblat
P5	Enligt prov 1 men med q_L fördubblat

Kyleffekten har beräknats dels såsom av värmeväxlaren från luften upptagen effekt, dels som av värmeväxlaren till vattnet avgiven effekt. Då det är svårt att med god noggrannhet bestämma avgående lufttemperaturen - och i viss mån luftflödet - är sannolikt den på vattensidan beräknade effekten mera korrekt.

Av tabellen framgår att värmeväxlaren har god batteriverkningsgrad över ett vidsträckt driftområde. Därmed har konstaterats att växlaren ger god återvinningseffekt vid de luftflöden som normalt förekommer vid ventilationsskorstenar av aktuell typ.

Tryckfallet över huv och värmeväxlare uppmättes även i detta sammanhang och har tidigare redovisats i figur 5.9.

7. FÄLTPROV MED KOMPLETT ANORDNING

För att verifiera de positiva mätresultaten från laboratorietesterna fattades beslut att prov skulle genomföras under verkliga förhållanden på en ventilationsskorsten i ett hus med självdragsventilation.

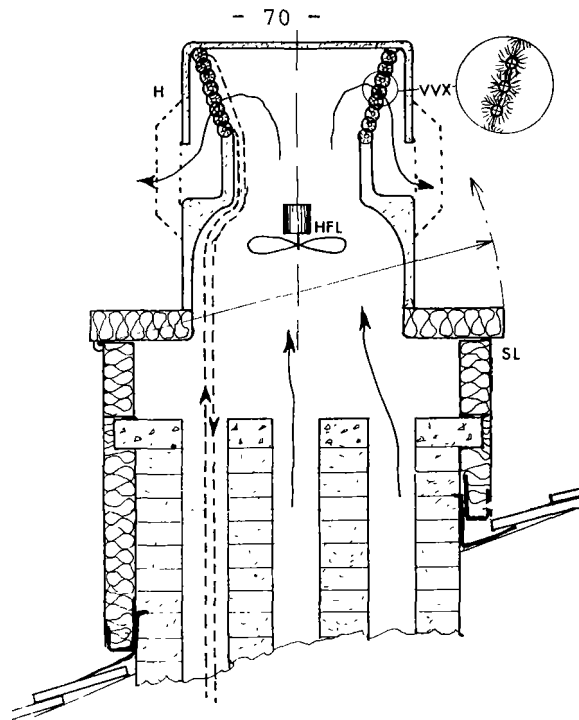
7.1 Provhus och provinstallation

Den kommunala bostadsstiftelsen Kalmarhem förvaltar ett antal flerbostadshus med självdragsventilation, vilka är aktuella för ROT-åtgärder. I samråd med stiftelsen utvaldes som tidigare nämnts en byggnad som bedömdes vara lämplig som provhus. Huset, beläget i kv Sarven i Kalmar, är ett trevåningshus i "limpform" byggt år 1947. Det är försett med källarvåning och på vinden finns förådsutrymmen. Huset har tre uppgångar med totalt 18 lägenheter och är sammanbyggt i vinkel med en liknande huskropp.

Vad gäller underhåll och slitage kan huset anses vara normalt för sin årgång. Några ROT-åtgärder har ännu ej vidtagits men avsikten är att sådana skall genomföras inom ett par år.

Huset har totalt 9 ventilationsskorstenar. Två varandra närliggande skorstenar utvaldes, en som referens och en för installation av den med STU-medel utvecklade prototypen. Anordningen gavs arbetsnamnet "SPAR-VEN-buren". I utvecklat skick är alla frånluftsvarma ytor på anordningen inklusive tegelskorstenen ovan tak försedda med 60 mm mineralullsisolering eller motsvarande. Huven inklusive samlingslådans lock utfördes uppfällbar, se figur 7.1. Därigenom kunde prov utföras på plats med och utan anordningen. Detta som komplement till parallella och fortlöpande jämförelser med den oskyddade referensskorstenen.

Inför proven täpptes frånluftskanalerna från sov- och vardagsrum igen. Därigenom uppfylldes nu gällande praxis att luft från boenderum normalt skall evakueras via kök, badrum, och WC, d v s i riktning från utrymmen med renaste luft mot utrymmen med sämre luftkvalitet. Därmed minskades även antalet lägenheter som var inkopplade på skorstenen, vilket underlättade mätningar och utvärdering.



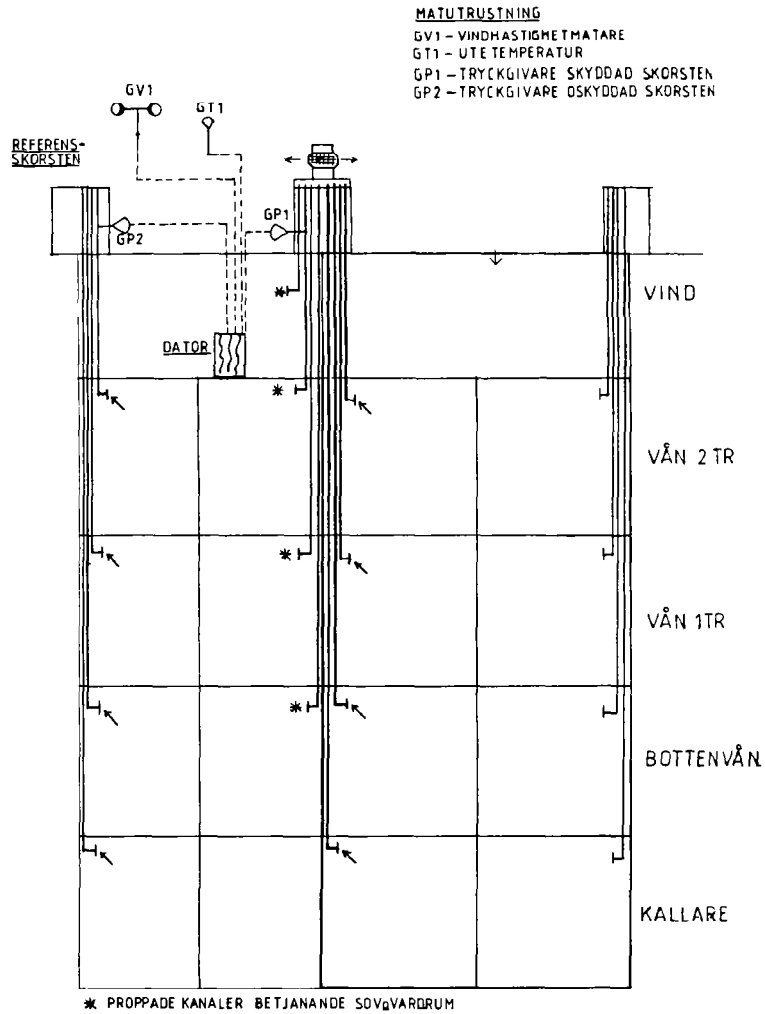
FIGUR 7.1 SPAR-VEN-BUR

Skorstenen innehöll även en kanal från ett uppvärmt mangelrum i källarplanet. Detta medförde att ett fjärde våningsplan kunde simuleras. Dessutom kunde de vattenförande plastledningarna till och från värmväxlaren på skorstenstoppen dras till källarplanet utan extra håltagningar.

För mätningarna utnyttjades en dator. Till denna kopplades tryckgivare som installerades i provanordningen och i referensskorstenen. Dessutom inkopplades temperaturgivare och vindhastighetsmätare enligt figur 7.2.

För flödesmätningar i lägenheternas frånluftsdon användes en kalibrerad varmtrådsanemometer med stos, fabrikt SWEMA.

För temperaturmätningar på vatten och luft användes precisionstermometrar. Vid mätning av lufttemperaturer försågs termometrarna med strålningskydd. Vattenflödet mättes med tidtagarur och mätkärl.



FIGUR 7.2 FÄLTPROV
PRINCIPKOPPLING

7.2 Mätningar och resultat

7.2.1 Provhusets täthet samt ventilationsflöde vid vindstilla och varierande utetemperatur

Husets täthet mättes med den metod som beskrivs av P O Nylund (ref 2). Vid vindstilla mättes därvid den statiska tryckdifferensen över fasaden vid varierande utomhustemperatur.

Läckageflödet uttrycks approximativt som

$$Q = k \cdot \Delta p^\beta$$

där k och β är koefficienter.

Q = luftflöde m³/h

Δp = tryckskillnad Pa

Vid skorsten försedd med provanordningen erhöles:

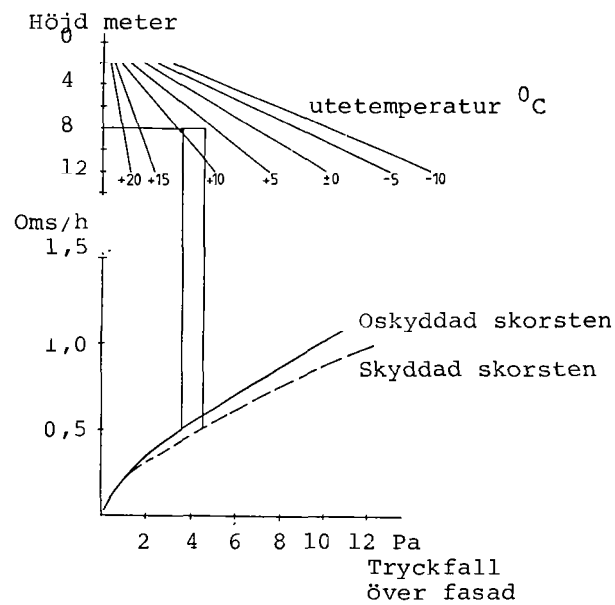
$$Q = 35,9 \cdot \Delta p^{0,52}$$

Vid skorsten utan anordningen erhöles:

$$Q = 26,6 \cdot \Delta p^{0,65}$$

Läckageflödet redovisas grafiskt i figur 7.3 nedre delen i form av luftomsättning.

Av figuren framgår att det lilla extra tryckfall som erhålls vid skorstenen med provanordningen är litet, vilket verifierar laboratorieproven.



FIGUR 7.3 LUFTOMSÄTTNING VID FÄLTPROV

Beräkningarna verifieras dessutom av kontrollmätningar med varmtrådsanemometer i lägenheternas frånluftsdon, vilka gav god överensstämmelse. Med de framtagna kurvorna kan luftomsättningen beräknas vid olika lufttemperaturer och våningsplan eftersom drivtrycket ΔP är direkt proportionellt mot höjdskillnaden skorstenstopp-tillluftsöppning samt temperaturskillnaden inne-ute. Detta framgår av figur 7.3, övre och nedre del i kombination.

Det uppmätta läckageflödet motsvarar tätheten i ett normalt underhållet hus innan speciella tätningssåtgärder vidtagits. En intressant iakttagelse var att normflödet - 0,5 omsättningar per timme - uppnåddes vid drivtrycket cirka 4 Pa. Detta motsvarar exempelvis utetemperaturen +10°C och höjden 8 m. (Man kan notera att detta värde även kan erhållas efter noggrann tätning av huset och med rätt projekterade tilluftsdon. Jämför figur 8.2.)

7.2.2 Vindpåverkan på skorstenstoppen med och utan provanordning

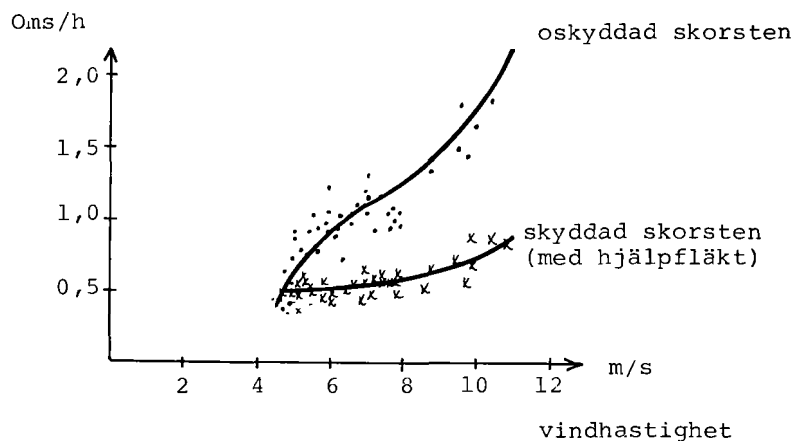
Vindens påverkan på skorstenstoppen resulterar i tryckförändringar i ventilationsskorstenens kanaler. Vinden som sveper över skorstenstoppen åstadkommer vanligtvis ett markant undertryck (vindsug) i flertalet av kanalerna.

Det av vinden förorsakade undertrycket kan betraktas som ett direkt tillägg till det termiska drivtrycket. Det sammanlagda drivtrycket ger alltså upphov till ett flöde som kommer att råda under nämnda vindtillstånd.

Med kännedom om det för tillfället rådande undertrycket kan man därmed ur figur 7.3 utläsa luftomsättningen.

Trycket i de båda provskorstenarna, den skyddade respektive oskyddade, mättes och registrerades under ett antal provperioder medelst den tidigare nämnda mätutrustningen, d v s datorn med tryckgivare. Medelst datorns program kunde medeltrycket och flödet beräknas för respektive skorsten under önskade perioder.

Provresultatet från en sommarperiod har sammanfattats i figur 7.4.



FIGUR 7.4 LUFTOMSÄTTNING SOM FUNKTION AV VINDHASTIGHET ÖVER SKORSTENSTOPP (SOMMARFALLET)

Vid den skyddade skorstenen har den inbyggda hjälpfläkten varit i kontinuerlig drift. Vid analys av provvärdena bör observeras att det termiska drivtrycket är försumbart eftersom provet är gjort sommartid.

Av testresultaten kan man således utläsa att vid oskyddad skorsten och vindhastigheter över cirka 4 m/s ökar luftomsättningen snabbt över normflödet 0,5 omsättningar/h. Vid sjunkande vindhastighet avtar ventilationsflödet snabbt mot 0.

Vid den skyddade skorsten och hjälpfläkten i drift blir däremot luftomsättningen relativt konstant 0,5-0,8 omsättningar/h upp till relativt hög vindstyrka (cirka 10 m/s).

Man bör vidare observera att under eldningssäsongen kommer luftomsättningen att öka ytterligare vid den oskyddade skorstenen på grund av det tillkommande termiska drivtrycket. Vid den skyddade skorstenen förändras däremot knappast flödet under förutsättning att rätt projekterade och installerade temperaturstyrda tilluftsdon finns på plats.

7.2.3 Värmeväxlarens funktion

Genom att plastledningar dragits från källarplanet till och från värmeväxlaren kunde växlarens värmeåtervinningsförmåga mätas under praktisk drift.

Som värmeupptagande medium i växlaren användes kommunalt vattenledningsvatten. Inkommande vattenledningsvatten hade cirka 50C högre temperatur än vad som skulle varit fallet hos brinen i en värmepumpkrets. Den i verkligheten återvunna värmemängden skulle därför bli motsvarande större än vad som erhöles vid proven.

Proven med värmeväxlaren redovisas i tabell 7.1.

Uppmätta parametrar samt beräkningsgrunder har redovisats i avsnitt 6.3.

Tabell 7.1

Provresultatet vid praktiskt prov med värmeväxlaren.

Prov nr		1	2	3
t_{ute}	utomhustemp °C	2,2	-0,5	5,6
V_v	vindhastighet m/s	6,0	3,2	3
q_L	luftflöde m ³ /h	285	315	276
q_v	vattenflöde m ³ /h	0,28	0,29	0,32
t_{L1}	luft in °C	17,2	17,5	16,5
t_{L2}	luft ut °C	10,8	10,8	10,2
Δt_L	temp diff luft °C	6,4	6,7	6,3
t_{v1}	vattentemp in °C	8,4	8,2	8,1
t_{v2}	vattentemp ut °C	10,9	10,9	10,3
Δt_v	temp diff vatten	2,5	2,7	2,2
t_{vm}	vattentemp medel °C	9,65	9,75	9,2
Δt_{max}	= $t_{L1} - t_{vm}$ °C	7,55	7,75	7,3
B	batteriverkningsgrad	0,85	0,86	0,86
P	kyleffekt mätt på luftsidan kW	0,61	0,70	0,58
P	mätt på vatten- sidan kW	0,81	0,90	0,83

Liksom vid laboratorieproven fås en viss avvikelse mellan kyleffekt mätt på luftsidan respektive på vattensidan. Utöver de felkällor som redovisats vid laboratorieproven tillkommer att värme överförs mellan frånluften och de oisolerade plastledningarna. Plastledningarna har en sammanlagd längd av 25 m med en beräknad värmeöverföring av 7 W/m. Den på vattensidan mätta effekten skall därmed teoretiskt vara cirka 0,18 kW större än effekten mätt på luftsidan. Med denna minuskorrektion är överensstämmelsen god.

7.3 Sammanfattande resultat

De ovan redovisade proven, såväl laboratorieprov som fältprov, har visat att SPAR-VEN-buren har följande egenskaper

- dämpar effektivt vindens ejektorverkan
- säkerställer ventilationen även under den varma årstiden
- är användbar för värmeåtervinning med god verkningsgrad.

Därmed kan byggforskningsprojektets huvudsyfte anses vara uppnått, d v s att fastställa de fysikaliska och byggnadstekniska förutsättningarna för förstärkt och styrd självdragsventilation med värmeåtervinning i flerfamiljshus.

8. MARKNADSINTRESSE, EKONOMI OCH FRAMTIDA
UTVECKLING

När det redovisade BFR-projektet började visa positiva resultat söktes och erhöles visst ekonomiskt stöd från företag och institutioner bland annat från STU för att utveckla idéerna till färdiga konstruktioner.

Dessutom genomfördes en analys av intresset för systemet enligt nedan.

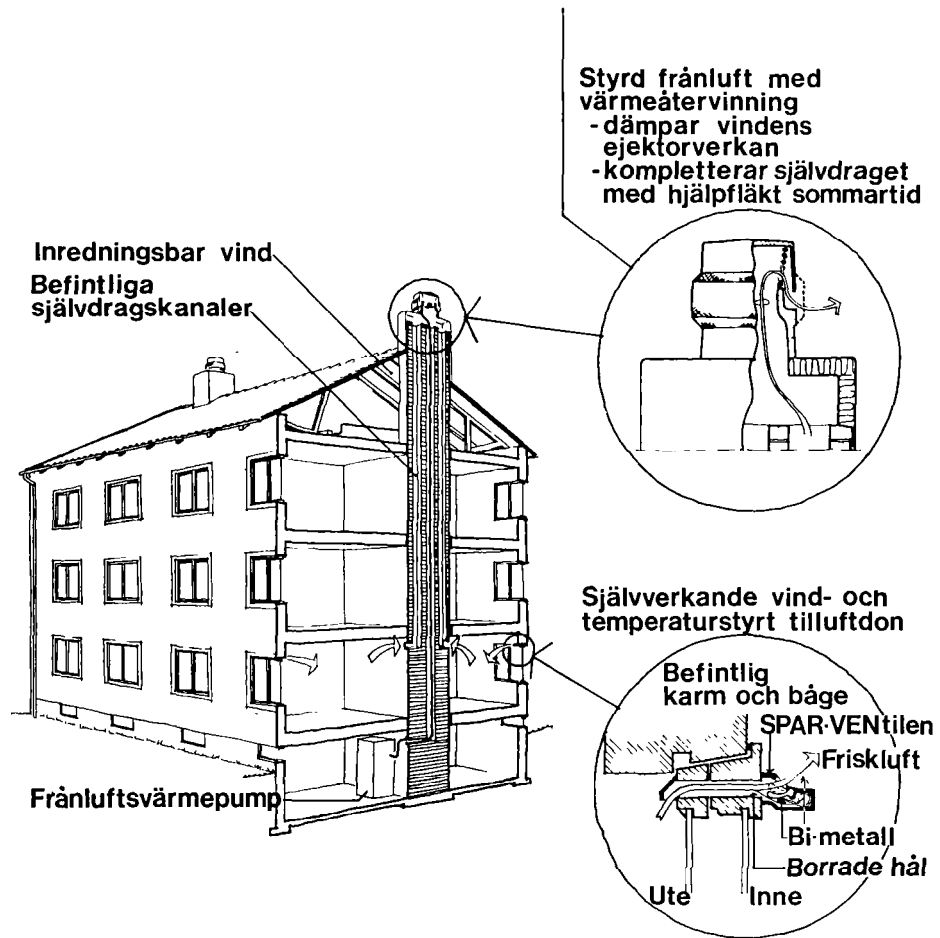
8.1 Analys av intresset för systemet

Analysen har bland annat omfattat en enkät för att klarlägga fastighetsägarnas/brukarnas inställning till olika ventilationssystem.

Som en del i enkäten ingick redovisning av det kompletta ventilationssystemet med förstärkt och styrt självdrag med respektive utan värmepump, se vidare figur 8.1.

Via enkäten framkom bland annat följande synpunkter.

- Ett klart intresse och behov av ett fungerande ventilationssystem med enkel uppbyggnad finns i det befintliga flerbostadsbeståndet.
- Särskilt större bostadsföretag med vanligtvis långsiktiga åtgärdsprogram och erforderlig kunskapsnivå har en markerad positiv inställning.
- Systemets enkelhet bedöms vara av särskilt stort värde för att brukaren skall förstå funktionen och därmed få bästa möjliga nytta av detsamma.
- Enkelheten är en första påtaglig faktor också i kostnadsbedömningen såväl i fråga om installation som drift och underhåll.



FIGUR 8.1 KOMPLETT SPAR-VEN - SYSTEM

- Enkelheten gör det även möjligt för fastighetsägaren att med god noggrannhet beräkna såväl installations- som drift- och underhållskostnader.
- Möjligheten till stegvis uppbyggnad i anslutning till planerade renoverings- och ombyggnadsarbeten bedöms som mycket positivt.
- Förutsättningen för en bred tillämpning av systemet är att en representativ referensanläggning finns som är väl helhetsprovad och kostnadsberäknad.

8.2 Totalekonomiska uppskattningar för ett komplett system

Att genomföra en total kostnadsberäkning av ett komplett system är svårt. Orsaken härtill är att värdet av ett flertal faktorer är variabelt från fall till fall. I en totalekonomisk kostnadsberäkning ingår exempelvis följande faktorer.

- Luftkvalitetens värde. (Exempelvis värdet av att undanröja risk för fukt och mögelskador.)
- Omfattningen av installationsarbetena i det enskilda fallet.
- Tillgängligheten för service- och underhållsarbeten.
- Värdet av installationens utrymmesbehov och placering. (Exempelvis värdet av att inredningsbara vindsutrymmen ej tas i anspråk.)
- Värdet av att vissa byggnadsarbeten såsom skorstensrenovering ingår. (Vissa andra system kräver exempelvis rivning av befintliga skorstenar och betydande håltagningar.)
- Värdet av att ingreppen i de enskilda lägenheterna är små, med obetydlig störning för de boende.
- Kostnader för drivenergi, skötsel och underhåll. (Genom systemets enkelhet är kostnaderna förhållandevis små.)
- Värdet av möjlig energibesparing med och utan värmeåtervinning.

Flera av de ovannämnda faktorerna är som nämnts svåra att bedöma ur kostnadssynpunkt och kostnaderna är även beroende av nu gällande och kommande normer och finansieringsvillkor. Vissa synpunkter på normer och finansieringsvillkor redovisas för övrigt i avsnitt 9.

8.2.1 Energibesparing och anläggningskostnad

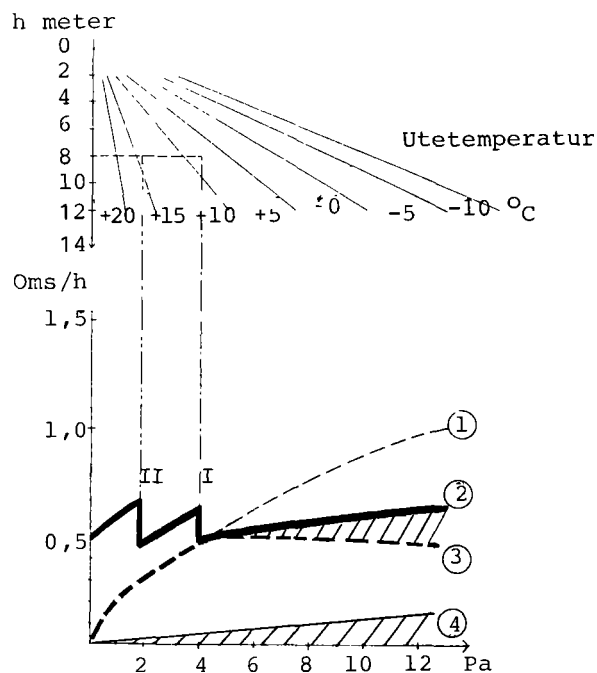
Med ledning av de genomförda fältmätningarna har en sammanfattande schablonberäkning av energibesparing och anläggningskostnad utförts enligt följande.

Beräkningarna baseras på mätningar samt vind- och temperaturförhållanden i Kalmar. Värdena bedöms dock vara i stort sett representativa även för övriga orter i syd- och mellansverige.

Merflödet över året vid oskyddad skorsten beräknas per lägenhet (till 45 m³/h) enligt följande, se även figur 8.2.

Tabell 8.1

Vindhastighet m/s	Vindfrekvens % av tiden	Merflöde per lägenhet m ³ /h	Merflöde • frekvens m ³ /h
0	7,4	0	0
1-3	33,8	9	3
4-6	39,0	52	20,3
7-9	15,5	100	15,5
10-12	3,1	180	5,6
13-15	0,5	260	1,3
Merflöde per lägenhet (medelvärde över året)			45,7



1. Läckagekurva + helt/delvis manuellt öppna tilluftsdon (exempel).
2. Summa tilluftsflöde 3+4, samt fläkt-drift i 2 steg, I och II.
3. Automatiskt reglerande tilluftsdon (med viss inbyggd överreaktion).
4. Ofrånkomligt läckage efter tätning (exklusive tilluftsdon).

FIGUR 8.2 LUFTOMSÄTTNING I EN FASTIGHET GENOM TERMIK OCH HJÄLPFLÄKTDRIFT MED ETT KOMPLETT SPAR-VEN-SYSTEM.

Merflödet per lägenhet i det genomförda fältmätningens provet blir sålunda 45 m³/h över året. Vid energipriset 0,3 kronor/KWh fås därmed vid skyddad skorsten en besparing av 400:-/lägenhet och år i direkt energikostnad.

Den beräknade investeringsandelen för att nå denna besparing uppgår till cirka 2 500:-/lägenhet eller cirka 120:-/lägenhet och år vid en beräknad livslängd av 20 år. Resterande investeringsandel hänförs till ventilationsfunktionen.

Vid installation av värmepump bedöms återvinning kunna ske från ett luftflöde motsvarande cirka 0,5 oms/h med 140C temperatursänkning av frånluften. Med priset 0,3 kronor/KWh uppgår värdet av energin till 650:-/lägenhet och år. Investeringskostnaden för återvinningsanläggningen har beräknats till cirka 5 000:-/lägenhet eller cirka 330:-/lägenhet och år vid 15 års livslängd.

8.3 Förestående och pågående utveckling av systemet

Av det föregående framgår att systemet genomgående synes vara positivt och utvecklingsbart. För närmare fastställande av funktion, ekonomi och besparingsmöjligheter erfordras emellertid fullskaleprovningar i en eller flera fastigheter med flera skorstenar och ett uppkopplat system inklusive värmepump.

Stiftelsen Kalmarhem har visat intresse för att installera systemet i en demonstrationsanläggning omfattande tre hus med cirka 50 lägenheter.

Fastigheterna, byggda 1956, är typiska självdragsventilerade hus. De är energimässigt väl kartlagda. Husen har tätats på konventionellt sätt med resultat att de boende framfört önskemål om förbättrad ventilation. Installation av systemet beräknas kunna ske som en avgränsad åtgärd varigenom goda förutsättningar finns för en representativ utvärdering. Utvärderingen bör göras ingående och om möjligt omfatta ett helt driftår.

Nämnda uppföljnings- och demonstrationsprojekt startades i full skala under senare delen av eldningssäsongen 1985-86 med medel från bland annat BFR och SBUF och i K-Konsults regi. De preliminära mätningarna och beräkningarna tyder på att resultaten kan väntas motsvara uppställda mål och kravspecifikationer.

9. NORMER, FINANSIERING, LÅNEREGLER OCH
ENERGIVILLKOR

Inledningsvis konstaterar vi att normer, bidrags- och lånevillkor liksom myndighetstext i allmänhet har en starkt styrande inverkan på godtagna tekniska lösningar. Detta gäller oavsett om det rör sig om tvingande bestämmelser eller endast förslag till praktiska lösningar.

Under arbetet med föreliggande utvecklingsprojekt har vi sålunda vid ett flertal tillfällen kommit i kontakt med begränsningar inriktade på teknisk lösning i stället för funktion, vilket även påpekats i vår löpande text. I det följande skall dessa frågor belysas ytterligare om än i begränsad omfattning.

Den återupplivade målsättningen att myndighetstexter så långt möjligt skall inriktas på funktionskrav och inte på specifika tekniska lösningar är lovvärd. Detta bör gynna en teknisk förnyelse och i föreliggande fall en nyutveckling grundad på äldre beprövad teknik.

9.1 Normer

Bland annat i avsnitt 3 ifrågasätter vi den i normerna rekommenderade lösningen med spiskåpa samt påpekar de negativa följderna av punktutsug av olika slag. Vi anser det vara angeläget att en jämn allmänventilerande funktion bibehålls för imkanalen. Detta kompletterat med en strömningsmässigt icke störande kolfilterfläkt borde godtas som en sammantaget bra lösning. Detta anges ej som något alternativ i nuvarande normer, däremot de klart olämpliga anordningarna med punktutsug av olika slag i kök, bad och WC.

Frågan om tätslutande eller icke helt tätslutande tilluftsdon behandlas motsägelsefullt i normer respektive bestämmelser för typgodkännande. Ett garanterat minimum av ventilationsluft förutsätts i de sistnämnda. I normen anges emellertid tätslutande don. För typgodkännande krävs emellertid att de ej är tätslutande. Med tanke på förekommande och alltmer ökande problem med fukt- och mögelskador bör icke tätslutande don vara funktionsmässigt korrekt. Se även avsnitt 3.4.

Baserat på våra erfarenheter hittills föreslår vi att följande generella synpunkter beaktas i kommande normer för ROT-åtgärder i flerbostadshus med självdragssystem.

- Tätning till viss måttligt kostsam och varaktig täthetsgrad skall genomföras.
- Luftmängden $0,5 + 0,1$ oms/h skall tillförsäkras året runt. (I samband med enklare underhållsarbeten bör väl fungerande tilluftsdon installeras och kompletterande fönstervädring accepteras.)
- En god allmänventilation säkerställs med en god funktion hos frånluftskanalerna, speciellt imkanalen för kökets del. Som komplement rekommenderas en uppfångaranordning över spisen med godtagbar uppfångningsförmåga. Anordningen får dock ej tillåtas störa ventilationssystemets funktion i övrigt.
- Värmeåtervinning ur frånluften skall ske såvida ej hållbara skäl kan redovisas mot detta.
- Från punktvis forcerande och/eller starkt strypande anordningar skall avrådas allmänt.

9.2 Finansiering och låneregler

Ett generellt önskemål är att låneregler ges längre giltighet i oförändrat skick än hittills.

Man kan även konstatera att reglerna innehåller ett kardinalfel, nämligen att någon ordningsföljd för genomförande av planerade åtgärder ej föreskrivs. Felaktig ordning kan i vissa fall medföra att redan genomförda åtgärder blir helt meningslösa. Som exempel härpå kan nämnas att injustering av värmesystemet är meningsfyllt först när erforderliga åtgärder genomförts på klimatskärm och ventilationssystem, se ref 10.1

En viss minskning av risken för sådana misstag kan vara att i förordningen placera avsnitten i rätt ordning, d v s avsnittet för ventilation före värmeavsnittet o s v.

1Ref 10.

Förordningen (1983:974) om statligt räntestöd vid förbättring av bostadshus (Bostadsstyrelsen, Stockholm) BOFS 1983:74 RBF 1.

Avsnittet om ventilation måste dessutom ses över så att erforderliga anordningar och åtgärder blir låneberättigade såväl i självdragssystem som i mekaniska system. Sådana åtgärder kan exempelvis vara montering av anordningar för korrektion av drivkrafter för att modifiera anläggningens kapacitet och/eller reducera störningar av vindanblåsning m m.

9.3 Energivillkor

Värmeåtervinning ur frånluft medelst värmepump har en ovanligt säker tillgänglighet året runt. Den obrutna vinterdriften är av särskilt värde och dessutom oberoende av fläktdrift i det redovisade systemet.

Endast ifråga om stora fjärrvärmesystem förekommer fortfarande viss diskussion om lämpligheten av att installera frånluftsvärmepumpar. I BFR-rapporten R 112:1984 (ref 11)¹ lämnas några intressanta uppgifter.

Sälunda anges i rapporten att vid jämförelse mellan värmepumpar av olika slag och med olika värmekällor och kombinationer så erhålls den lägsta totalkostnaden med kombinationen frånluftsvärmepump/fjärrvärme, även jämfört med enbart fjärrvärme. Detta gäller trots att Malmö har och även i framtiden beräknas ha låg fjärrvärmesats beroende på att värmeproduktionen i stor utsträckning baseras på kol och spillvärme.

Vid totalrenovering av äldre fastigheter måste ventilationen självfallet ses över. Med det i föreliggande projekt beskrivna sättet kan detta i normalfallet enkelt utföras från början eller lika enkelt även senare genom komplettering med frånluftsvärmepump av standardtyp när detta bedöms vara ekonomiskt motiverat.

¹Ref 11.

Luterkort S Lenneke L 1984. "Värmeförsörjning av befintliga flerfamiljshus. Långsiktig jämförelse av värmepumpar och fjärrvärme i Malmö" (Statens Råd för byggnadsforskning) Stockholm R112:1984.

10. REFERENSLITTERATUR
1. **Bättre bostäder, 1983.** Ett 10-årigt förnyelse- och underhållsprogram (ROT-program). Bostadsdepartementet.
 2. **Nylund P O, 1979.** Tjyvdrag och ventilation. Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm. T 4:79.
 3. **Nylund P O, 1984.** Räkna med luftläckning. Samspel byggnad - ventilation (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm, R 1:84.
 4. **Oxelmark E, 1984.** KTH Konstruktionslära, examensarbete. Skorstenar för självdragsventilation.
 5. **Svensk Byggnorm 1980.** (Statens planverks författningssamling), 1980:1.
 6. **Rosengren B, 1984.** Energibesparing i enfamiljshus. Reglering av ventilationen med automatiska tilluftsventiler (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm, Byggdok.
 7. **Meddelande/bulletin, 1978.** Undersökning av don för F- och S-system (Statens institut för byggnadsforskning) SIB, Gävle, M 78:19.
 8. **Wallin O, 1980 i KTH:s årsrapport.** Försmutsning av ventilationssystem - optimalt rensningsintervall för frånluftskanaler. Se även Petersson F, 1983, Rena kanaler, tidskriften VVS nr 11/83 med litteraturförteckning s 107.
 9. **Sandberg M, 1982.** Något om sambandet mellan luftkvalitet och luftrörelser i rum (Kungl Tekniska Högskolan) Stockholm. KTH:s skriftserie 1982:1. Rapport nr 217.
 10. **Förordningen (1983:974) om statligt räntestöd vid förbättring av bostadshus (Bostadsstyrelsen) Stockholm BOFS 1983:74 RBF 1.**
 11. **Luterkort S, Lennmeke L, 1984.** Värmeför-sörjning av befintliga flerfamiljshus. Långsiktig jämförelse av värmepumpar och fjärrvärme i Malmö (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm, R 112:1984.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821402-9
från Statens råd för byggnadsforskning till Projekt-
gruppen L Eriksson, B Rosengren, Kalmar.

R67: 1986

ISBN 91-540-4599-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706067

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 35 kr exkl moms