



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.



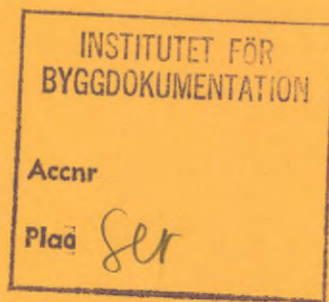
**Rapport**

**R69:1986**

# **Luftkvalitet i småhus**

**En studie av behovsanpassad ventilation**

**Arne Lögdberg  
Anders Adling**



*Handwritten initials or signature.*

**Byggeforskningsrådet**

R69:1986

LUFTKVALITET I SMÅHUS

En studie av behovsanpassad ventilation

Arne Lögdberg  
Anders Ådling

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
811225-7 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Byggnads AB Folkhem, Stockholm.

## REFERAT

De krav på ventilation av bostäder som finns i Svensk Byggnorm (SBN) ger inte en acceptabel luftkvalitet i sovrum om man ser till de komfortkrav som bör kunna ställas på relativ fuktighet och halten koldioxid i rumsluften.

Ett enkelt och billigt sätt att åstadkomma en förbättring härvidlag är att installera frånluftsdon även i husens sovrum. En samtidig sänkning av husens totala luftomsättning till ca 0,3 oms/h, vilket ger en inte oväsentlig energibesparing, är också möjlig. Mätningar av luftomsättningen har utförts, dels med hjälp av spårgas dels med varmtrådsanemometer, i såväl hus försedda med frånluftsdon i sovrum som i referenshus av samma typ. Referenshusen har ett traditionellt ventilationssystem med frånluftsdon i samtliga våtutrymmen, klädkammare och kök. Tilluften tas i båda fallen in i husen via springventiler i fönsterkarmarna.

Resultatet av undersökningarna har visat att med frånluftsdon placerade i sovrummen erhålles ett väsentligt bättre inomhusklimat i dessa utrymmen än om evakuering sker på traditionellt sätt.

Några fukt- eller mögelproblem har ej kunnat konstateras, och kanske allra viktigast är det faktum att de boende upplever inomhusklimatet som gott.

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

R69:1986

ISBN 91-540-4600-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

## INNEHÅLL

1.	FÖRORD .....	2.....
2.	SAMMANFATTNING .....	3.....
3.	BAKGRUND .....	4 - 7..
4.	MÅLSÄTTNING .....	8.....
5.	TEKNISK BESKRIVNING .....	9 - 14..
6.	GENOMFÖRANDE .....	15 - 16..
6.1	LUFTFUKTIGHET .....	17.....
6.2	UNDERTRYCK I VÄTUTRYMMENA .....	17.....
6.3	UNDERTRYCK RELATIVT UTELUFTEN .....	18.....
6.4	ENERGIFÖRBRUKNING .....	18.....
6.5	VERKLIG ENERGIÖRBRUKNING .....	19.....
6.6	TÄTHET .....	20.....
6.7	NEDSMUTSNING AV FRÄNLUFTSDON .....	20.....

BILAGA I

BILAGA 2

REFERENSER

## FÖRORD

I täta och välisolerade hus måste man ställa höga krav på ventilationssystemet för att kunna tillförsäkra de boende ett tillfredsställande inomhusklimat.

Tyvärr har i många fall ventilationssystemen i framförallt småhus visat upp allvarliga brister. Mätningar som utförts på uppdrag av Byggnads AB FOLKHEM, har visat att luftomsättningen i t.ex. ett sovrum är oacceptabelt låg även vid fläktstyrd frånluft och friskluftsintag (springventiler) i fönstren. Mindre än hälften av den rekommenderade luftomsättningen har i många fall uppmätts.

FOLKHEM har tillsammans med institutionen för byggnadsteknik på KTH under ett flertal år samarbetat i frågor som rör bygg- och energiteknik samt med frågor rörande inomhusklimatet i olika typer av småhus. Mätningar har bl.a. utförts med inriktning på följande:

- energiförbrukning
- lufttäthet
- luftomsättning
- inomhusklimat

Denna rapport bygger på de erfarenheter som vunnits under de 8 år som mätningarna pågått och redovisar ett modifierat frånluftssystem som bättre kan behovsanpassas till olika rumsfunktioner. Det modifierande frånluftssystemet möjliggör även att luftomsättningen kan sänkas från byggnormens på 0,5 oms/h till ca 0,3 oms/h med bibehållet gott inomhusklimat.

I rapporten redovisas som en bilaga FOLKHEMS första gruppområde med täta och välisolerade hus.<sup>x)</sup> Tätheten vid färdigställandet var i dessa hus ca 1 oms/h vid 50 Pa (1977). Mätning av energiförbrukning, inomhusklimat, lufttäthet m.m. har utförts i dessa hus under perioden 1977-1984.

x) Åkersberga-projektet

Projektets syften har dels varit att studera om man genom att installera frånluftsdon i samtliga sovrum kan förbättra inomhusklimatet i dessa utrymmen, dels att undersöka om man genom en sådan behovsanpassning kan sänka den totala luftomsättningen i huset från normens krav 0,5 oms/h till 0,3 oms/h. Genom detta skulle en årlig energibesparing på ca 2500 kwh dessutom erhållas.

Undersökningarna har utförts inom två projekt under en tid av fem år. Dessa har utgjorts av 1-2 plans platsbyggda radhus av trä belägna inom Tyresö respektive Sigtuna kommun.

Resultatet av undersökningarna har visat att med frånluftsdon placerade i sovrummen erhålles ett väsentligt bättre inomhusklimat i dessa utrymmen än om evakuering sker på traditionellt sätt över don endast i våtutrymmena.

Genom att behovsanpassa ventilationen har även luftomsättningen i hela huset kunnat sänkas från normkravet 0,5 oms/h till 0,3 oms/h. Detta ger dessutom en energibesparing, beroende på husstorlek, på 1.100 - 3.000 kwh/år.

Den enkätundersökning som gjordes bland de boende gav vid handen att de upplevde inomhusklimatet som gott.

Ur hygienisk synpunkt är en luftomsättning på  $4 \text{ m}^3/\text{person}$  och timme vid  $18^\circ\text{C}$  och en relativ ånghalt på 60 procent en minimi-omsättning för att luften inte skall innehålla mer än 0,5 procent  $\text{CO}_2$  (det högst-värde som Arbetarskyddsstyrelsen tillåter på en arbetsplats). Motsvarande värde saknas för bostäder. Med hänsyn till komfortkrav t.ex. luft, ej för hög RF i rummen samt hänsyn till materialbetingade avdunstningar inkl. radon, är en luftomsättning på  $10 \text{ m}^3/\text{person}$  och timme ett lämpligare gränsvärde (se Ubisch 1977). Det innebär att i ett föräldrasovrum behövs en ventilation av ca  $(10+10+5) = 25 \text{ m}^3/\text{h}$  om två vuxna och ett barn sover där.

För att kontrollera om luftomsättningen i enskilda rum (i första hand sovrum) uppgår till de värden som rekommenderats enligt ovan ( $25 \text{ m}^3/\text{h}$  i ett föräldrasovrum) har spårgasmätningar utförts i fem nybyggda småhus där luftomsättningen vid 50 Pa var ca 3,0 oms/h för hela huset.

Nedan redovisas några exempel på dessa mätningar:

Exempel på mätresultat

Ex. 1. Mätning av luftomsättningen i föräldrasovrummet vid en fläktinställning på ca 0,5 oms/h i hela huset med öppen respektive stängd springventil (genomsnittligt värde för de fem husen)

Tabell 1.

Fläktinställning	$\text{m}^3/\text{h}$	oms/h	Rekommenderat värde ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
0,5 oms/h (stängd springventil)	8	0,26	25
0,5 oms/h (springventil öppen)	18	0,66	25

Av tabellen framgår att luftomsättningen inte i något fall uppgick till det rekommenderade värdet.

Mätresultatet visar även att springventilen har en avgörande inverkan på rummets luftomsättning.



För att illustrera hur ökningen av  $\text{CO}_2$ -halten och luftfuktigheten i sovrummet förändras, under de betingelser som redovisats i tabellen ovan har dessa beräknats och redovisats i diagramform nedan. (1)

Beräkning av  $\text{CO}_2$ -halt enligt formel (bilaga 2).

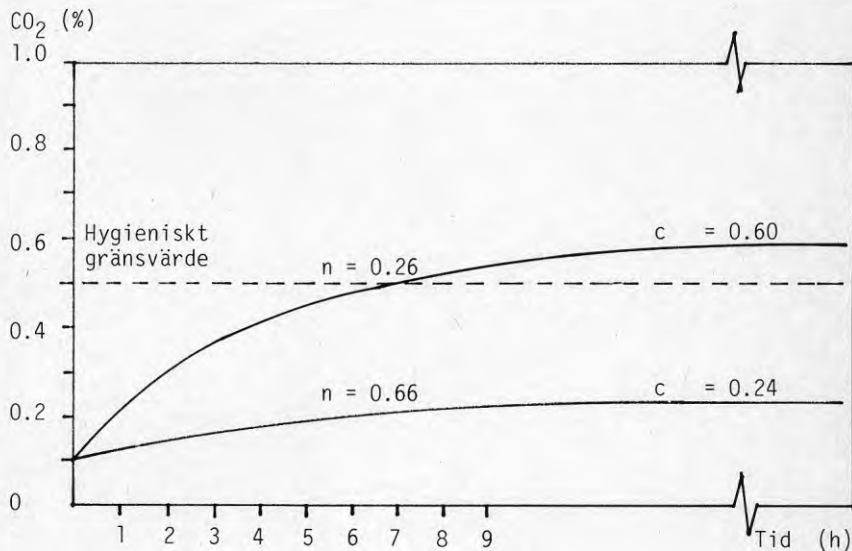


Diagram 1 Hustyp med täthet 3,0 vid 50 Pa  
Värdena 0.66 och 0.26 avser öppen respektive stängd springventil

Av diagrammet framgår att med stängd springventil överskrids det hygieniska gränsvärdet efter ca 5-6 timmar. Detta värde är helt oacceptabelt. Utgångsvärdet på  $\text{CO}_2$ -halten (0.18 %) antas finnas i rummet under dagtid.

Luftfuktigheten i sovrummet under vår- och höstväder ( $0^{\circ}\text{C}$  RF 80 % utomhus) har beräknats för samma rum och illustreras i diagram 2. (2)

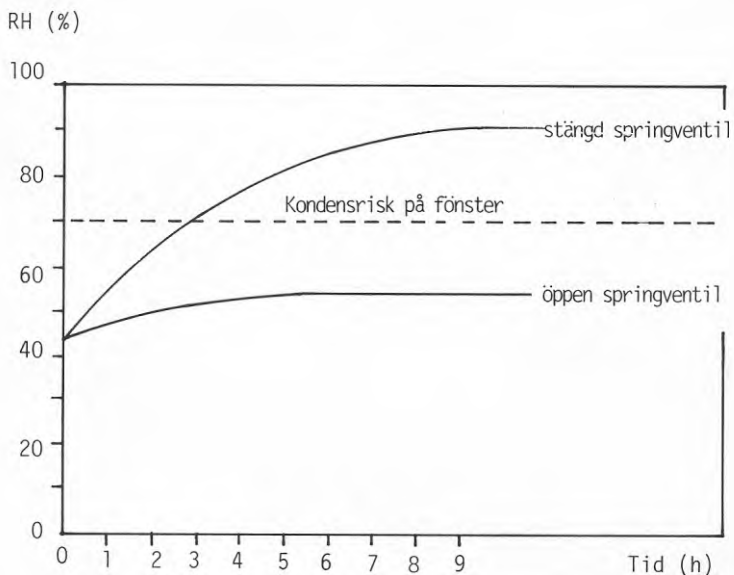


Diagram 2 Hustyp med täthet 3,0 vid 50 Pa

Av figuren framgår att om springventilen är stängd finns det stor risk för att kondens på fönstren skall uppstå.

Diagrammet bygger på förutsättningarna att en människa avger 40 g vattenånga per timme vid vila. Om man antar att två vuxna och ett barn sover i rummet kommer ett vattentillskott på 100 g/h att tillföras rummet. Eventuell förekomst av blommor o.dyl. kan ytterligare öka fuktavgivningen.

## Ex. 2 Bestämning av luftomsättningen om luftflödet störs

Samtliga luftomsättningsmätningar som redovisats i ex. 1 har utförts utan några störningar av luftflödet förorsakat av t.ex. öppna fönster eller dörrar.

För att ta reda på om luftflödet från föräldrasovrummet påverkas av att ett eller två fönster öppnats på glänt, har mätningar av luftomsättningen utförts med två fönster öppna på glänt i en hall i husens övervåning. Fönstren kunde låsas i ett s.k. väd-ringsläge så luftspringan mellan båge och karm endast blev ca 2 cm.

Samtliga mätningar utfördes med fläkten inställd så att luftomsättning i hela huset var ca 0,5 oms/h. Resultatet av mätningarna redovisas i tabell 2. Husets luftomsättning vid 50 Pa var 3 oms/h.

Tabell 2

Redovisning av luftomsättningen i föräldrasovrummet när två fönster var öppna på glänt i övervåningen

Fläktinställning	Luftomsättning när fönstren var öppna (m <sup>3</sup> /h)	Luftomsättning när fönstren var stängda (m <sup>3</sup> /h)
0,5 oms/h, stängd springventil	5	8
0,5 oms/h öppen springventil	13	19

Av tabell 2 framgår att luftomsättningen minskar avsevärt om två fönster "står på glänt". Den genomsnittliga minskningen var ca 35 %.

Mot bakgrund av ovan redovisade mätningar, som klart visar att i ett frånluftsventilerat småhus kan luftomsättningen i enskilda rum bli så låg att de ur hygienisk synpunkt är otillfredsställande.

En bättre fördelning av luftflödet i huset är därför nödvändig. Ett vanligt sätt att förbättra inomhusklimatet är att installera ett traditionellt FTX-system. Kostnaden för ett sådant system är emellertid ganska hög. (Totalkostnad inkl. installation ca 25.000) Tanken väcktes då på att modifiera ett konventionellt frånluftssystem genom att placera frånluftsdon även i sovrummen. På detta sätt skulle ett garanterat luftflöde i sovrummen erhållas.

Merkostnaden för att installera frånluftsdon i sovrummen uppgår till ca 1.000 kr. per hus (1985 års kostnadsläge).

Två forskningsprojekt har därför igångsatts för att utvärdera om ett modifierat frånluftssystem med frånluftsdon i sovrummen ger ett acceptabelt inomhusklimat i hela huset.

Projekt I avser två 2-plans radhus på 125 m<sup>2</sup> belägna i Tyresö och projekt II avser 17 1-2 plans radhus i Sigtuna.

I ett hus på ca 125 m<sup>2</sup> är en luftomsättning på ca 80 m<sup>3</sup>/h i hela huset fullt tillräcklig för att erhålla ett tillfredsställande inomhusklimat under förutsättning att luften är jämnt fördelad. 80 m<sup>3</sup>/h motsvarar en luftomsättning på 0,3 m<sup>3</sup>/h.

Forskningsprojektet inriktades därför även på att undersöka om ett behovsanpassat frånluftssystem kunde fungera tillfredsställande även vid en total luftomsättning på 0,3 oms/h. En reduktion av luftomsättningen med 0,2 oms/h ger dessutom en energibesparing på ca 2.500 kwh/år.



Radhus i Sigtuna med sin nära lekmiljö (projekt II)

Såväl husen i Tyresö som i Sigtuna är platsbyggda enligt "pre-cutmetoden".

Grundläggning sker på ett kapilärbrytande lager av singel varpå man isolerat med 80 mm cellplast. Ovanpå detta har sedan gjutits en kantförstyvad betongplatta med sockelelement av lättklinker. Bjälklagets k-värde =  $0.24 \text{ w/m}^2\text{OC}$ .

Ytterväggarna har ett fasadskikt av boardskivor med dekorläkt och isolering av 170 mm mineralullsskiva mellan reglar. På insidan finns ångspärr av plastfolie med gipsskiva som beklädnad (k-värde  $0.28 \text{ w/m}^2\text{OC}$ ).

Takbjälklaget med regnskydd av skyddsbelagd papp, på ett underlag av råspont, är isolerat med 220 mm mineralull.

På undersidan är spikat glespanel, plastfolie och gipsskiva (k-värde  $0.19 \text{ w/m}^2\text{OC}$ ).

Ventilationssystemet, som är ett fläktstyrt frånluftssystem, har frånluftsdon placerade i sovrum, klädkammare, dusch, bad, tvätt och kök. Från dessa don förs luften genom kanaler ut ur husen via en fläkt placerad på taket.

Fläktens varvtal regleras med ett reglage på spiskåpan i köket. Då reglaget är inställt på minimiläget går fläkten på basvarv, vilket är lika med projekterat flöde. Spiskåpan har också ett spjällreglage. Vid matlagning öppnas spjället samtidigt som fläktens varvtal ökas.

Uteluft tas in genom springventiler placerade i fönstrens karmöverstycken. Springventilerna kan vara öppna i två lägen: helt öppna och stängda till hälften. Ventilerna går ej att stänga helt.

Uppvärmningen av husen sker med termostatstyrda direktverkande elradiatorer, och varmvatten beredes elektriskt i en 300-liters varmvattenberedare.

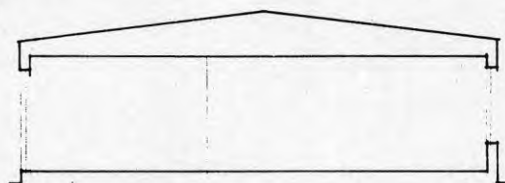


2-plans radhus i Tyresö (projekt I)

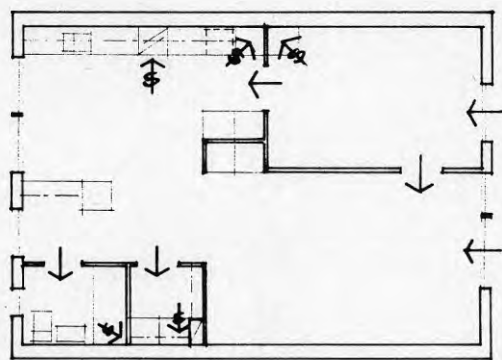


1½-planshus i samma område

## HUSTYP 2A

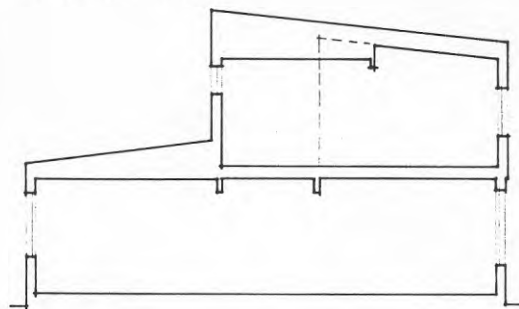


SEKTION

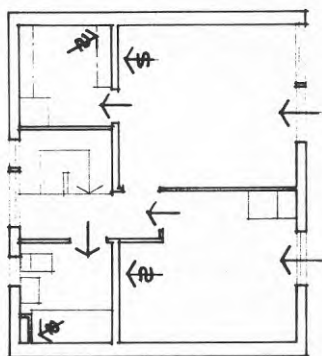


ENTRÉVÅNING

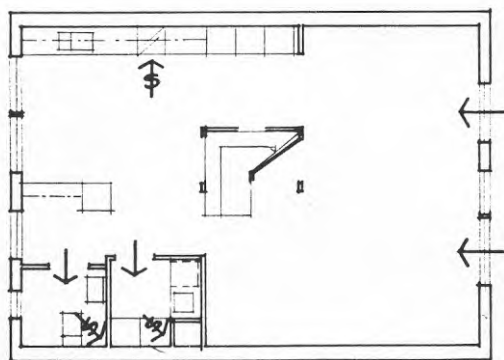
## HUSTYP 4B



SEKTION



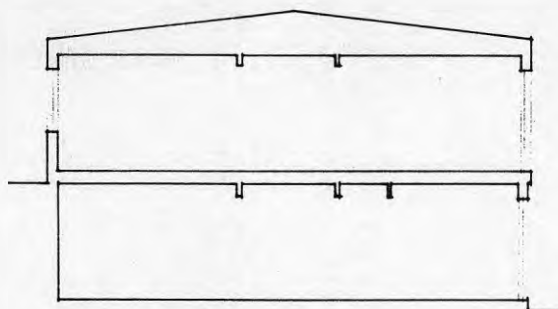
ÖVERVÅNING



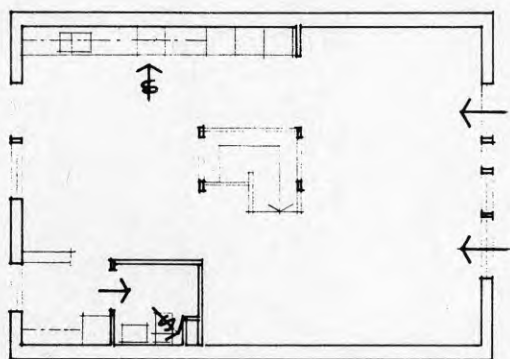
ENTREVÅNING



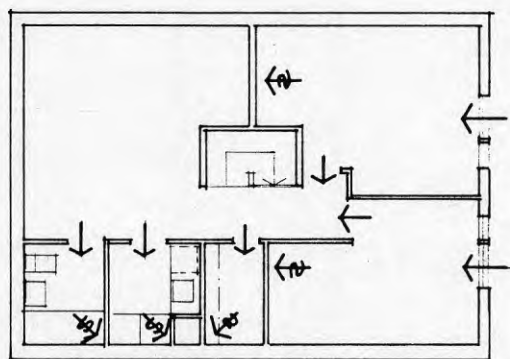
## HUSTYP 4 SOU



SEKTION

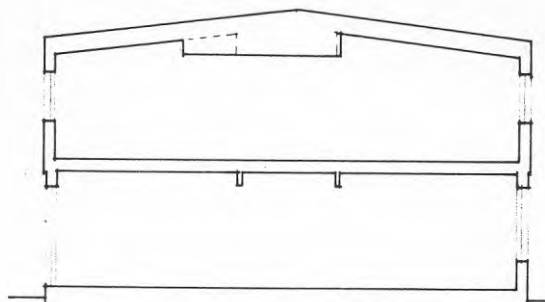


ENTRÉVÅNING

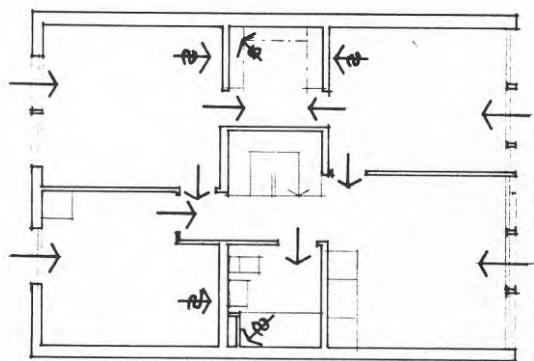


SOUTERRÄNGVÅNING

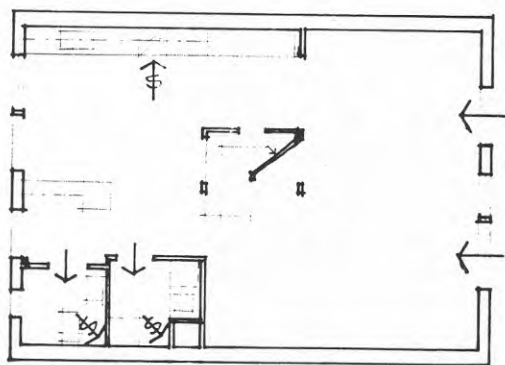
## HUSTYP 6A



SEKTION



ÖVERVÅNING



ENTRÉVÅNING

Under mätperioden studerades följande:

- luftomsättning
- luftfuktighet
- energiförbrukning

Vidare gjordes en intervju med de boende för att utröna hur de upplevde inomhusmiljön.

Mätningar har utförts såväl i mäthuset som i referenshus av samma typ. Samtliga hus har byggts med god lufttäthet (ca 1,6 oms/h vid 50 Pa). Referenshusen har ett traditionellt frånluftssystem med frånluftsdon i samtliga våtutrymmen, klädkammare och kök. Uppvärmning sker i alla hus med termostatstyrda direktverkande elradiatorer.

I samtliga hus finns tilluftsdon (springventiler i fönsterkarm) i samtliga sovrum, i vardagsrum och i hall. I mäthuset med två våningsplan injusterades ventilationsdonen enligt följande:

Föräldrasovrum	25 m <sup>3</sup> /h	(inga rekommendationer i SBN)
Sovrum 2	10 "	
Sovrum 3	10 "	
Bad	15 "	(min. 36 m <sup>3</sup> /h enl.SBN)
Toalett	10 "	- " -
Kök	20 "	- " -
Tvätt	10 "	- " -
Summa luftomsättning	100 m <sup>3</sup> /h	

Husets totala luftvolym har beräknats till 300 m<sup>3</sup>, vilket innebär att den totala luftomsättningen blir 0,33 oms/h. Uppmätning och injustering av luftomsättningen har skett med hjälp av spår-gasmätning.

Referenshusen, som saknade frånluftsdon i sovrummen, injusterades enligt SBN så att det totala luftflödet i huset uppgick till 150 m<sup>3</sup>/h, vilket motsvarar 0,5 oms/h.

Av tabellen framgår att luftomsättningen har reducerats i våtutrymmena jämfört med vad SBN kräver. I sovrummen har luftmängden inställd med hänsyn tagen till att en god komfort skall tillförsäkras. Observera att här finns inga direkta krav i SBN, trots att människor under lång tid (6-10 timmar vistas i dessa relativt små rum).

Jämförande mätningar av luftomsättning, i första hand i föräldrasovrum, har gjorts i mäthuset. Resultatet redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Uppmätt luftomsättning i föräldrarsovrummet med en luftomsättning på 0,3 oms/h.

Mätförhållanden	0,3 oms/h
Uppmätt luftomsättning i hela huset (oms/h)	0,3
Uppmätt luftomsättning i föräldrarsovrummet (springventilen helt öppen) ( $m^3/h$ )	21-24

Mätningarna visar att trots att den totala luftomsättningen är mycket låg i mäthuset (0,3 oms/h) är luftomsättningen i sovrummen tillräckligt stor.

Luftfuktighet och inomhustemperatur har registrerats i husens vardagsrum med termohygrograf i såväl mäthus som referenshus och redovisas i tabell 4.

Tabell 4 Ex. på luftfuktighetsmätningar i mäthus och referenshus

Pro- jekt	Hus	Hus- typ	Relativ fuktighet %	Luft- oms. oms/h	Inomhus- temp. °C	Antal personer
I	A	6 A	35-45	0,3	21,0	4
II	1	6 A	35-40	0,3	19,0	4
	2	4 sou	36-41	0,3	21,0	3
	3	2 A	38-44	0,3	20,0	1
	4	2 A	43-51	0,5	20,0	2
	5	4 B	26-36	0,5	21,0	3
	6	4 sou	34-60	0,5	21,0	2

Av tabellen framgår att samtliga hus har en luftfuktighet på ca 40 %. Mätresultaten visar vidare att luftfuktigheten inte påverkas negativt när frånluftsdonen är placerade i sovrummen och den totala luftomsättningen sänks till 0,3 oms/h.

Genom att minska luftomsättningen i våtutrymmena i förhållande till normkraven studerades speciellt event. kondens eller mögelsbildning i dessa utrymmen. Hygrometrar har även i vissa hus placerats ut i dessa utrymmen och regelbundet avlästs.

Av mätningarna framkom att luftfuktigheten i såväl vardagsrum, föräldrasovrum som våtutrymmena under större delen av dygnet var lika. Det svaga undertrycket som uppkom i våtutrymmena räckte således till för att ta bort den fukt som uppkom i dessa utrymmen.

Efter ett bad var luftfuktigheten i badrummet 100 % men efter mindre än två timmar hade luftfuktigheten utjämnat sig med den övriga nivån i huset.

## 6.2 UNDERTRYCK I VÅTUTRYMMENA

Under hela mätperioden har det varit undertryck i våtutrymmena relativt övriga utrymmen i huset. Något baksug eller lukt från t.ex. toalettrummen har således inte registrerats.

### 6.3 UNDERTRYCK RELATIVT UTELUFTEN

Det genomsnittliga undertrycket relativt uteluften har varit 2-5 Pa i alla rum. Detta innebär att den oavsiktliga ventilationen i stor utsträckning har kommit att styras från frånluftsfläkten. Den oavsiktliga ventilationen är därför mycket liten (0,05 - 0,1 oms/h).

En intressant iakttagelse är att vid så pass hög vidhastighet som 10-12 m/s uppvisar huset, med fläkten på basvarv, undertryck på både vind och läsidan (ca 2 Pa).

Vid garantibesiktningen (två år senare) anmärkte man inte i något fall på inomhusklimatet.

I projekt I som spänner över en 5-årsperiod har heller inga problem konstaterats.

### 6.4 ENERGIFÖRBRUKNING

En teoretisk beräkning av energiförbrukningen visar att den i jämförelse med referenshusen (0,5 oms/h) skall vara ca 2200 kwh/år lägre i mäthuset där luftomsättningen är 0,3 oms/h.

Nedan följer en energibalans för mät- och referenshuset samt en redogörelse för den verkliga energiförbrukningen i mäthuset.

Energibalans för Projekt I (tvåvånings radhus med en våningsyta på 125 m<sup>2</sup>)

Beräkningarna är utförda för Stockholmsklimat och vid en inomhustemperatur på 21°C.

#### Energiförluster

transmission	8900 kwh/år	uppvärmningsanläggning	7100 kwh/år
ventilation (0,5 oms/h)	6700	varmvattenberedning	5000
hushållsel	1000	hushållsel	3500
avloppsvatten	3500	solinstrålning	3000
		personvärme	1500
	<hr/>		<hr/>
	20100 kwh/år		20100 kwh/år

Energiförbrukningen har uppmätts under en fyraårsperiod. I huset bor en familj på 4 personer. Två vuxna och två barn. Temperaturen har i genomsnitt varit ca 21°C. Resultatet av mätningarna redovisas i tabell 5.

Tabell 5 Redovisning av energiförbrukningen i mätuset under perioden september 1980 - september 1984.

Mät-period	Beräknad energiförbrukning med normenlig ventilation (0,5 oms/h) kwh/år	Beräknad energiförbrukning vid behovsanpassad ventilation kwh/år	Uppmätt energiförbrukning kwh/år	Temp. inomhus °C
80-81	15600	12900	12600	21
81-82	15600	12900	13000	21
82-83	15600	12900	12700	21
83-84	15600	12900	13400	21

Medelvärde 12925

Av tabellen framgår att energibesparingen blir ca 2500 - 3000 kwh/år. Den extra kostnaden för att modifiera systemet uppgick 1980 till ca 500 kr. Med dåvarande energipris på 20 öre/kwh blev återbetalningstiden ca ett år.

Av tabellen framgår vidare att det teoretiskt beräknade värdet på energiförbrukningen och det uppmätta medelvärdet över en fyraårsperiod stämmer mycket väl överens.

En energibalans för projekt II visar att beroende på husstorleken blir energibesparingen 1100 - 2800 kwh/år. Korttidsmätningar som har utförts (14 dagars perioder) pekar mot samma storleksordning.

## 6.6 TÄTHET

En förutsättning för att erhålla ett bra inomhusklimat och en låg energiförbrukning är att huset är lufttätt. Täthetsprovning har därför utförts för att utröna om tätheten är bestående.

Mätningarna har utförts vid färdigställandet (1980), samt 1981, 1982 och 1984.

I tabell 6 redovisas täthetsprovningarna under en fyraårsperiod.

Tabell 6 Täthetsprovning under en 4-årsperiod

Hus	Luftomsättning (oms/h) vid 50 Pa tryckdifferens vid tryckprovning			
	april 1980	april 1981	oktober 1982	oktober 1984
Mäthus	1,6	1,6	1,5	1,5
Ref.hus	1,5	1,5	1,5	1,5

Av tabellen framgår att tätheten inte förändrats under den 4-åriga mätperioden. En bra byggnadsteknik och ett väl utfört arbete under byggnadstiden är huvudorsakerna till de samstämmiga resultaten.

## 6.7 NEDSMUTSNING AV FRÅNLUFTSDON

Vid efterkontroll av luftflödet över frånluftsdonen konstaterades att dessa i vissa fall var starkt nedsmutsade framför allt i bad och WC. Efter rengöring av frånluftsdonen ökade luftflödet genom dessa med 20-100 %.

Rengöringen är mycket enkel att utföra. Donen spolas i vatten och torkas av. Detta bör ske 3-4 gånger/år för att ventilations-systemet skall fungera optimalt.



## BILAGA 1

ÅKERSBERGAPROJEKTET

Projektet består av 5 st friliggande platsbyggda 1½-plans småhus.

Husen, som är källarlösa, är uppförda med platta på mark och träregelstomme med stående panel.

Uppvärmning sker med direktverkande elradiatorer och ventilationssystemet är av "f-typ" med friskluftsintag via springventiler i fönsterkarmarna.

Mätningar av energiförbrukning och lufttätethet har utförts under 1978-80 med uppföljande mätningar 1981-84.



Två av villorna i Åkersberga.

## Energiförbrukning

En energibalans för Åkersberga-husen under ett normalår i Stockholmsklimat vid innetemperaturen +20°C och en genomsnittlig ventilation av 0,5 oms/h redovisas i tabell 7.

Energiförluster:		Energitillskott:	
transmission	13100 kWh	uppvärmningsanläggning	11000 kWh
ventilation	6700	varmvattenberedning	5000
hushållsel	1000	hushållsel	3500
avloppsvatten	3500	solinstrålning	2300 } x/
(utspolning av varmvatten)		personvärme	1500 }

S:a energiförbrukn. 24300 kWh    S:a energitillförsel    24300 kWh

x/ gratisenergi    S:a betald energi    19600 kWh

### Jämförelse mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning

Den totala energiförbrukningen i fem hus har avlästs på resp. hus elmätare. Inomhustemperaturen har kontrollerats några gånger under året. Husägarna har försäkrat att inga ändringar gjorts på elradiatorernas termostatinställningar.

Frånluftsmängden har uppmätts vid varje avläsningstillfälle av elmätaren och antagits vara konstant under året.

I tabell 8 redovisas den verkliga energiförbrukningen perioden februari 78 - februari 79 i förhållande till beräknad energiförbrukning. Beräkning av energiförbrukningen har gjorts på det sätt som ligger till grund för tabell 7, varvid uppmätta värden på temperaturer och ventilation använts för beräkning av transmissions- och ventilationsförluster.

Tabell 8 Redovisning av beräknad och uppmätt energiförbrukning under februari 78 - februari 79

Hus	Uppmätt temperatur inne °C	Uppmätt luftomsättning oms/h	Energiförbrukning kWh/år	
			beräknad	uppmätt
A1	19-20	0,35	17 100-18 000	17 900
A2	20-21	0,50	19 600-20 500	19 450
A3	17-18	0,50	16 100-17 100	16 000
A4	20-21	0,50	19 600-20 500	20 500
A5	19-20	0,50	18 400-19 600	18 900
Medel	19-20		Medel	18 550

Av tabellen framgår att de uppmätta energiförbrukningarna stämmer väl överens med de beräknade.

Under perioden februari 79 - februari 80 har motsvarande mätningar av energiförbrukningen utförts. Mätningarna visar god samstämmighet mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning.

Den uppmätta energiförbrukningen var i medeltal 18 800 kWh/år för de fem husen. Inomhustemperaturen var i medeltal ca 19-20°C, d.v.s. lika det som redovisats i tabell 8.

Under de två "mätåren" var husägarna väl medvetna att deras hus ingick i ett forskningsprogram och var därför angelägna om att sköta husen extra väl och hålla en så låg energiförbrukning som möjligt. Det blev i flera fall en tävlan mellan husägarna om vilken som hade den lägsta energiförbrukningen.

För att kontrollera om energiförbrukningen väsentligt skulle förändras efter den ordinarie mätperiodens slut har kontroll av energiförbrukningen skett sedan mätperioden avslutats. Mätningarna har utförts under februari månad 1981 och under oktober månad 1984.

Resultatet av mätningarna redovisas i tabellerna 9 o 10 (grad-dagsanpassade värden).

Tabell 9 Redovisning av energiförbrukningen under februari 78 - februari 80 (avse medelvärdet för de fem husen)

Mätperiod	inomhustemperatur °C	Energiförbrukning kWh/år	
		beräknad	uppmätt
febr.78-febr.79	19-20	18 400-19 600	18 600
febr.79-febr.80	19-20	18 400-19 600	18 800
Medelvärde	19,5	Medelvärde	18 700

Tabell 10 Redovisning av energiförbrukningen under perioden februari 80 - oktober 84 (efter den ordinarie mätperiodens slut)

Kontroll period	Uppskattad inomhustemp. (husägarens uppgifter) °C	Beräknad energiförbrukning på grundval av husägarnas uppgifter kWh/år	Uppmätt energiförbrukning kWh/år
febr.80-febr.81	20-21	19 600-20 500	19 400
febr.81-okt. 84	20-21	19 600-20 500	19 600
Medelvärde	20,5	Medelvärde	19 500

Av tabellen framgår att det beräknade medelvärdet under mätperioden (78-80) är 18 700 kWh/år och under kontrollperioden (80-84) 19 500. Skillnaden i energiförbrukningen mellan mät- och kontrollperioden blir 700 kWh/år eller 3,7 %.

Av tabellen framgår även att den uppskattade inomhustemperaturen har varit ca 20,5°C, d.v.s. ca 1°C högre än under mätperioden.

Samstämmigheten mellan energiförbrukningen under mätperioden och kontrollperioden är mycket god och faller helt inom felmarginalen för de beräkningar som gjorts vad gäller graddagsanpassning m.m.

Detta tyder på att brukarvanorna hos husägarna inte väsentligt har ändrats (varmvattenförbrukning, hushållsel m.m.) samt att i täta och välisolerade hus kan energiförbrukningen bestämmas med god noggrannhet när inomhustemperatur och ventilationsgrad är kända.

#### Kontroll av husens täthet

Ett krav på konstruktionerna måste vara att husets täthet blir bestående. Täthetsmätningar har därför utförts för att utröna om husens täthet blir bestående över tiden. Mätningarna har utförts dels vid färdigställandet, dels under mätperioden (78-80) samt två gånger under kontrollperioden (81 och 84). Mätningarna under hösten 84 kunde av tidsskäl endast utföras i två av husen. I tabell 11 redovisas resultaten av täthetsprovningar utförda vid färdigställandet och sedan husen varit bebodda ett, tre och sju år.

Tabell 11 Resultat av tryckprovningar under en 7-årsperiod

Hus	Luftomsättning (oms/h) vid 50 Pa tryckdifferens vid tryckprovning			
	okt 77	febr.79	febr. 81	okt. 84
1	0.8	1.6	1.5	-
2	0.7	1.1	1.2	1.2
3	0.7	1.5	1.4	1.3
4	0.7	1.0	1.1	-
5	0.8	1.2	1.3	-

Av tabellen framgår att en relativt stor höjning av luftläckaget har erhållits efter att husen har varit bebodda ca ett år. Vid de senare mätningarna har ingen ytterligare försämring skett (värdena ligger inom mätutrustningens mätnoggrannhet).

Orsaken till höjningen 79 beror sannolikt på flera orsaker. Husen har under första året torkat ut, varvid små sprickor kan ha uppstått framförallt mellan yttervägg och mellanbjälklag.

Fuktkvoten på träbjälkarna mot yttervägg var mycket låg (6,5-7%) vid mätningarna i februari 79,80 och 84, vilket visar att det skett en kraftig uttorkning av trävirket sedan byggtiden.

Bestämning av CO<sub>2</sub>-halt erhålles direkt av sambandet:

$$c = \frac{q}{nv} (1 - e^{-nt}) + c_0 e^{-nt}$$

där c = koncentrationen CO<sub>2</sub> vid tiden t

n = luftomsättningen (oms/h)

t = tiden (h)

q = avgiven CO<sub>2</sub>-halt i m<sup>3</sup>/h

v = rummets volym (m<sup>3</sup>)

c<sub>0</sub> = bakgrundskoncentrationen av CO<sub>2</sub> i rummet

- von Ubisch, Hans           Översikt över bostadshygieniska aspekter.  
Statens Naturvårdsverk, OHA, Stockholm  
1977.
- Cornell, Helena            Studie av klimatförhållanden,  
Lögberg, Arne            ventilationsomsättning och energi-  
förbrukning i täta hus.  
Institutionen för byggnadsteknik vid KTH.  
Stockholm 1978.
- Björk, Tommy             Studie av modifierat frånluftssystem,  
Zettergren, Torbjörn     inomhusklimat och energiförbrukning i  
radhusområde Östra Steninge.  
Institutionen för byggnadsteknik vid KTH.  
Stockholm 1984.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811225-7  
från Statens råd för byggnadsforskning till Byggnads AB  
Folkhem, Stockholm.

R69: 1986

ISBN 91-540-4600-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706069

Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirkapris: 25 kr exkl moms