



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

R42:1990

**Idrifttagning av  
installationssystemen i  
Stockholmsprojektet**

**Bengt Wånggren**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135448

**Byggforskningsrådet**

R42:1990

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTOREN FOR VÅG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

**IDRIFTTAGNING AV INSTALLATIONSSYSTEMEN I  
STOCKHOLMSPROJEKTET**

Bengt Wångren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851060-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till KTH, EHUB,  
Stockholm

## REFERAT

I Stockholmsprojektet jämförs olika sätt att bygga energisnåla flerbostadshus. Nya byggmetoder och installationssystem provas i full skala i sex byggnader. Metoderna för energihushållning varierar från förbättring av väl beprövade system till relativt avancerad ny teknik.

Energiprojektet utvärderas av Kungliga Tekniska Högskolan (KTH). När mätdata från de första byggnaderna började analyseras upptäcktes stora skillnader mellan verklig och avsedd funktion hos många installationssystem. KTH startade då ett speciellt idrifttagningsprojekt.

Denna idrifttagning har utförts efter slutbesiktningarna och skiljer sig mycket ifrån dessa. Vi har lärt oss att man måste jobba systematiskt med anläggningarna i olika driftfall. Man måste utföra testkörningar, samla in och analysera mätvärden, intervjua de boende, följa upp larmer osv. Några intressanta resultat från projektet är att:

- Projekteringsfelen upptäcktes i samtliga fall med hjälp av aktiv idrifttagning. (Observera att vid normal slutbesiktning hittas definitionsmässigt inga projekteringsfel. Man förutsätter att handlingarna är riktiga.
- De flesta utförandefelen (27 av 33) upptäcktes med hjälp av aktiv idrifttagning.
- Projekteringsfel, utförandefel och injusterings- och driftfel, det vill säga "den mänskliga faktorn", är helt dominerande. Material- och komponentfel svarar för mindre än 1/3 av felen.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R42:1990

ISBN 91-540-5197-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**gotab** 91312, Stockholm 1990

## INNEHÅLL

	Förord	
	Sammanfattning	5
1	Bakgrund	9
	1.1 Stockholmsprojektet	9
	1.2 Projektgruppen för Energihushållning i Byggnader, EHUB	10
2	Inledning	11
3	Syfte och avgränsningar	13
4	Metod	14
	4.1 Felsökning, felanalys, åtgärdsförslag och åtgärder	14
	4.2 Dokumentation och klassificering av fel	15
	4.3 Bedömning av fel	16
	4.4 Sammanställning, statistisk bear- betning, presentation och analys	17
5.	Resultat	18
	5.1 Kort om idrifttagningen i respektive byggnad	18
	5.2 Felens orsaker, felkällor	21
	5.3 Hur felens upptäckts	24
	5.4 Hur fel med olika orsak upptäckts	26
	5.5 Installationssystem där felens funnits	26
6.	Diskussion	29
	6.1 Besiktningar och felorsaker	29
	6.2 Idrifttagning efter besiktningen	30
	6.3 General- eller totalentreprenad	31
	6.4 Hur komplicerat kan ett installa- tionssystem vara?	31
	6.5 Rätten att få göra fel i experimenthus	32
7.	Rekommendationer för idrifttagning	33
	7.1 Programskede	33
	7.2 Projekteringsskede	33
	7.3 Upphandling av entreprenad	34
	7.4 Utförandeskede	34
	7.5 Godkännande av entreprenad	35
	7.6 Idrifttagningsskede	35
	7.7 Mätmetoder	35

8.	Allmängiltighet	37
9.	Exempel	38
9.1	Värmepump med styr- & reglerproblem	38
9.2	Felkopplade ackumulatortankar	39
9.3	Luftvärmväxlare i FTX-system	39
9.4	Café-protokoll	40
	Litteratur	41

## FÖRORD

Denna rapport behandlar ett projekt som pågått i flera år och som krävt deltagande av många personer och organisationer. Det har gått under benämningen idrifttagningsprojektet och hade inte gått att genomföra utan ett medverkande av alla konstruktörer, entreprenörer, byggherrar och förvaltare inblandade i Stockholmsprojektet. Jag vill tacka alla dessa för deras medverkan och speciellt nämna deras prestigefria och välvilliga inställning. Ett bättre samarbete mellan forskare och industri kan jag knappast föreställa mig.

Jag vill också tacka mina kollegor i projektgruppen EHUB vid Tekniska Högskolan som alla på något sätt deltagit i idrifttagningsprojektet, om inte annat så genom att korrekturläsa denna rapport. Ett speciellt tack till Göran Werner och Per Wickman som medverkat i bedömningen och analysen av idrifttagningsproblemen. Förutom personer knutna till EHUB har sex grupper examensarbetare arbetat helt eller till del med frågor som ingår i idrifttagningsprojektet.

Vi som arbetat med idrifttagningsprojektet har haft stor hjälp av det goda samarbetet med Karin Engvall vid Stockholms stads Utrednings och statistikkontor, USK. Av henne har vi kunnat få underhandsinformation från den stora boendeundersökning som kontoret under hennes ledning utfört.

Till slut ett stort tack till Bertil Pettersson vid Statens råd för byggnadsforskning, BFR, och Bertil Grandinsson vid Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, som stött projektet med både finansiering och ett stort intresse.

Sollentuna i januari 1990  
Bengt Wånggren





## SAMMANFATTNING

Mycket olägenheter och kostnader skulle kunna undvikas om värme- och ventilationssystem togs i drift på ett effektivare sätt. En mycket aktiv idrifttagning har skett av Tekniska Högskolan i Stockholmsprojektet och resultaten visar att både projekterings- och utförandefel finns i riklig mängd. Projektet visar att slutbesiktningen är ett mycket dåligt medel att säkerställa en god funktion. Projekteringsfel kan t ex inte upptäckas vid slutbesiktningen eftersom man där utgår ifrån att handlingarna är riktiga. För att få god funktion hos våra framtida installationssystem behöver vi utarbeta rutiner för idrifttagning. Rutinerna skall omfatta mätningar, testkörningar, boendeintervjuer, analyser och åtgärdspaket.

I Stockholmsprojektet jämförs olika sätt att bygga energisnåla flerbostadshus. Nya byggmetoder och installationssystem prövas i full skala i sex byggnader. Metoderna för energihushållning varierar från förbättring av väl beprövade system till relativt avancerad ny teknik. Vissa av byggnaderna har ovanligt mycket installationer. Energiförbrukningen i de olika byggnaderna som ingår i Stockholmsprojektet är låg jämfört med andra liknande byggnader som byggdes i Stockholm vid samma tid.

De ideer och den teknik som prövas i projektet baserar sig på förslag från ledande bygg- och konsultföretag. Installations- och byggnadsarbeten i Stockholmsprojektet utfördes av vanliga entreprenörer och underentreprenörer som upphandlats på vanligt sätt. Byggnaderna har därför i stort utförts med den för branschen normala kvaliteten och noggrannheten. Entreprenörer och byggherrar fick själva ta i drift och sköta sina VVS-system.

Energiprojektet utvärderas av Kungliga Tekniska Högskolan (KTH). När mätdata från de första byggnaderna började analyseras upptäckte vi stora skillnader mellan verklig och avsedd funktion hos många installationssystem.

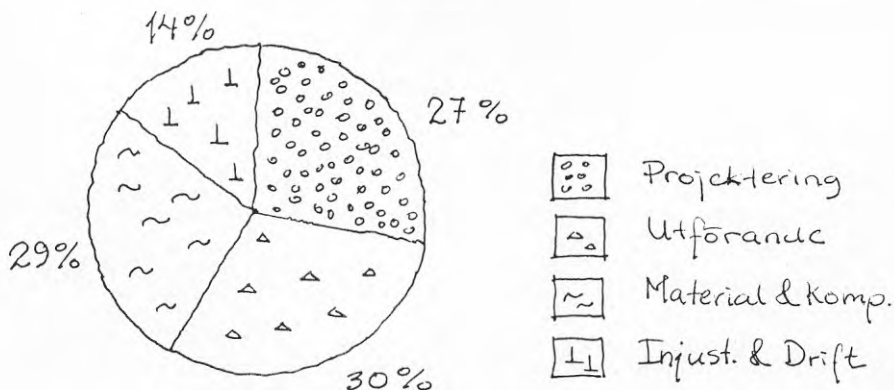
Projektgruppen för Energihushållning i Byggnader (EHUB) vid KTH startade då ett idrifttagningsprojektet som bland annat syftade till

- att tillsammans med byggherrarna se till att energisystemen fungerar,
- att dokumentera och analysera problem,
- att presentera generella slutsatser och
- att föreslå metoder för idrifttagning och mätningar.

Dokumentationen från projektet består av utförliga beskrivningar av upptäckta fel som lagts in i en databas där de kunnat bearbetas statistiskt. Felen har klassificerats och bedömts efter

- installationssystem
- orsak
- upptäcktssätt
- konsekvens

Vår idrifttagning har utförts efter slutbesiktningarna och skiljer sig mycket ifrån dessa. Vi har lärt oss att man måste jobba systematiskt med anläggningarna i olika driftfall. Man måste utföra testkörningar, samla in och analysera mätvärden, intervjua av de boende, följa upp larmer o s v. Vi har haft tillgång till stora tidsresurser och mycket mätutrustning.



Andel fel fördelat på de olika installations-systemen. Det totala antalet dokumenterade fel är 110. Flest fel har upptäckts i ventilations-systemen. Generellt för alla felgrupper är att en stor källa till fel är styr- och reglersystem. Dessa är mycket svåra att upptäcka vid en traditionell slutbesiktning.

Felet har upptäckts med hjälp av:	Orsak:			
	Proj. fel	Utförande fel	Material &Komp.fel	Injust. Driftf.
Dataanalys	12	10	3	6
Test & mätn.	12	11	9	4
Boendesynp.	6	6	8	1
Larmer	0	4	4	2
Slumpen	0	2	5	2
Övrigt	0	0	3	0
Summa	30	33	32	15

*Antal fel med olika felorsaker och hur de upptäckts. Sammanställningen visar tydligt att alla projekteringsfel och nästan alla utförandefele skulle förblivit oupptäckta utan den aktiva idrifttagning som skett. Siffror som manar till eftertanke eftersom vi vet att vårt sätt att utföra idrifttagningen är mycket ovanligt i branschen.*

Vi har definierat aktiv idrifttagning till att omfatta analys av insamlade data, tester och mätningar ute i anläggningarna samt uppföljning av de boendes synpunkter.

Några intressanta resultat är att:

- \* Projekteringsfelen upptäcktes i samtliga fall med hjälp av aktiv idrifttagning. (Observera att vid normal slutbesiktning hittas definitionsmässigt inga projekteringsfel. Man förutsätter att handlingarna är riktiga.)
- \* De flesta utförandefelen (27 av 33) upptäcktes med hjälp av aktiv idrifttagning.
- \* Projekteringsfel, utförandefel och injusterings- & driftfel, det vill säga "Den mänskliga faktorn", är helt dominerande. Material- & komponentfel svarar för mindre än 1/3 av felen.
- \* En mycket stor del av de dokumenterade felen (88 av 110) har upptäckts vid aktiv idrifttagning. Siffran tyder på att behovet av en utökad idrifttagning i alla nya byggnader är stort.

Vi har troligen upptäckt fler fel än man normalt gör i byggnader. Detta skulle kunna tolkas så att det i Stockholmsprojektets byggnader förekommer ovanligt många fel. Vi tror inte att det är så. När vi påtalat fel och föreslagit åtgärder har vi ofta fått höra att '...denna teknik (eller utrustning) har använts i massor av andra byggnader och då alltid fungerat...'. Eftersom man normalt inte

undersöker andra byggnader lika noga som vi har gjort kan formuleringar av denna typ tyda på att liknande fel är vanliga i också dem . Genom att mäta och analysera funktionen så noggrant i Stockholmsprojektets byggnader har vi troligen hittat fel som i andra byggnader ofta fått passera obemärkt

Vi anser att en aktiv idrifttagningen bör utföras som ett naturligt led i byggprocessen. För att detta skall bli möjligt behöver vi utarbeta rutiner för idrifttagning. Rutinerna skall omfatta mätningar, testkörningar, boendeintervjuer, analyser och åtgärds paket. Vi hoppas att vårt sätt att arbeta i Stockholmsprojektet kan vara en början till sådana rutiner.

## 1 BAKGRUND

Idrifttagningsprojektet är en del av ett mycket stort energiforskningsprojekt kallat Stockholmsprojektet. Författaren, som i denna rapport kallas jag men i själva verket heter Bengt Wånggren, har varit projektledare för idrifttagningsprojektet.

Det var ursprungligen ett uppdrag från EHUB till mig då jag arbetade på Mätcentralen för Energiforskning, MCE, vid KTH. Skälet till att jag ombads ta mig an projektet var att jag var ansvarig för mätsystemen i Stockholmsprojektet och därför lärt mig installationssystemen bättre än någon annan. Jag slutade sedan på MCE och var därefter i ungefär ett år anställd på EHUB där jag fortsatte att arbeta med projektet. Sedan augusti 1988 är jag anställd på byggentreprenadföretaget Ohlsson & Skarne.

### 1.1 Stockholmsprojektet

I Stockholmsprojektet studeras sex nybyggda energisnåla flerbostadshus i Stockholm. Projektet är finansierat av Statens råd för byggnadsforskning, BFR. Syftet är att i full skala pröva nya byggmetoder och installationssystem som kan leda till minskat behov av köpt energi. Metoderna för energihushållning varierar från förbättring av väl beprövade system till relativt avancerad ny teknik.

De idéer och den teknik som utvecklas och provas i Stockholmsprojektet baserar sig på förslag som lämnades av ledande byggherre-, byggentreprenad- och konsultföretag i samband med de idétävlingar Stockholms stad utlyste 1981-82 inför planeringen av Södra stationsområdet och Hansta. 1982 anvisade Stockholms stad mark för byggande av sex experimenthus med låg energiförbrukning. De sex byggnaderna benämns Kejsaren, Konsolen, Sjuksköterskan, Skogsalmen, Bodbetjänten och Höstvetet efter kvarteren där de uppförts.

Många parter är inblandade i projektet. Förutom de sex byggherrarna tillkommer byggnadsentreprenadföretag, konsulter, underentreprenörer och leverantörer samt handläggare i Stockholms stad och på Byggnadsforskningsrådet samt forskare på KTH.

En utförligare beskrivning av Stockholmsprojektet finns bland annat i "Sex unika hus. Energisnåla nya flerbostadshus. Teknik och erfarenheter från Stockholmsprojektet", Statens råd för byggnadsforskning, G2:1988.

Resultat från projektet har sammanfattats i "Unika resultat från sex energisnåla hus", Statens råd för byggnadsforskning, T14:1989.

## **1.2 Projektgruppen för Energihushållning i Byggnader**

Projektgruppen för Energihushållning i Byggnader, EHUB, är en självständig del av Institutionen för Byggnadsteknik vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. EHUB har i Stockholmsprojektet bland annat ansvaret för analys av och rapportering om de olika byggnadernas bygg- och installationsteknik, energiförbrukning samt idrifttagningsproblem. EHUB har ett tiotal medarbetare varav de flesta arbetar inom Stockholmsprojektet.

På uppdrag av EHUB utförs den datoriserade insamlingen av mätdata i Stockholmsprojektet av Mätcentralen för Energiforskning, MCE, vid Kungliga Tekniska Högskolan.

## 2 INLEDNING

I Stockholmsprojektet jämförs olika sätt att bygga energisnåla flerbostadshus. Många byggnader är ovanligt installationsintensiva medan man i andra, t ex kv. Sjuksköterskan, valt ett enklare alternativ. Avgörande argument för detta val var att man misstrodde den avancerade tekniken. Man menade att den var svår att få att fungera bra samt att det var kostsamt att underhålla en god funktion.

Övriga deltagare i projektet räknade dock inte med några sådana problem meddelade de optimistiskt. De flesta komponenter var väl beprövade och de få nyheterna var testade både teoretiskt och praktiskt. Projektgruppen EHUB valde därför vid projektets start, för att få en rättvisande bild, att låta entreprenörer och byggherrar själva ta i drift och sköta sina VVS-system. Inte heller vi förutsåg de problem som skulle komma utan litade på byggherrars och konstruktörers försäkringar.

När mätdata från de första byggnaderna (Konsolen, Kejsaren och Sjuksköterskan) började analyseras hösten 1984 upptäckte vi dock stora skillnader mellan verklig och avsedd funktion hos många installationssystem. Efter en tids avvaktan i väntan på att de driftansvariga skulle upptäcka och rätta till felet, beslöt vi oss för att meddela våra iakttagelser.

Projektansvariga hos entreprenörer och byggherrar bad oss då att hjälpa till att ta anläggningarna i drift på ett riktigt sätt. Man ville ha hjälp att påvisa felfunktioner så att underentreprenörer och konstruktörer skulle bli tvungna att avhjälpa felaktigheterna.

Projektgruppen EHUB var väl medveten om att denna åtgärd ändrade förutsättningarna för den planerade jämförelsen mellan byggnader med enkla installationer och sådana med mera komplicerade energisystem. Vi ansåg dock att det var felaktigt att utvärdera bygganden som förbrukade mer energi än nödvändigt p g a dålig funktion hos installationssystemen. I vissa fall var dessutom felaktigheterna av en sådan art att mätning och utvärdering var omöjlig. Exempel på detta var att många vattenflöden ofta gick åt fel håll i ledningarna.

Vårt arbete ändrades därmed. Från att ha sett som vårt huvudsakliga ansvar att mäta och analysera insåg vi efterhand att vi måste delta i idrifttagningen för att inom rimlig tid kunna utföra analyser på fungerande VVS-anläggningar. Arbetet med att hitta felet upptog i början en stor del av

tiden för den personal som hade ansvar för energi-  
analysen. Detta försenade naturligtvis deras  
egentliga arbete vilket inte var önskvärt.

(Jag använder i rapporten konsekvent ordet fel för  
de idrifttagningsproblem som upptäckts och  
dokumenterats. I vissa fall är inte benämningen  
helt korrekt men jag har för enkelhets skull valt  
att inte göra någon nyansering i ordvalet. Ordet  
fel har tyvärr en negativ klang men det har den  
stora fördelen att det är kort.)



### 3 SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR

För att på ett effektivt sätt lösa de problem som beskrivits ovan startades ett speciellt "Idrifttagningsprojekt". Projektet har formellt 860701 som startdatum men redan dessförinnan hade mycket arbete utförts.

Projektet har följande syften:

1. Se till att energisystemen fungerar genom att utföra analyser och testkörningar, föreslå förbättringar samt utvärdera utförda förändringar.
2. Avlasta idrifttagningsarbetet från den personal som är ansvarig för energianalysen.
3. Dokumentera problemen genom att samla in information från alla byggnader, sammanställa denna på ett systematiskt sätt samt presentera generella slutsatser och exempel.
4. Lämna rekommendationer och anvisa metodik för idrifttagning av installationssystem i byggnader. Föreslå mätmetoder och mätinsats för att underlätta felsökning.

Projektet har följande avgränsningar:

Projektet avgränsas till att behandla endast idrifttagning av installationer. Förhållandet mellan antal fel i installationsteknik och byggteknik ligger utanför denna undersökning och kan alltså inte heller utläsas i diagram eller tabeller.

Projektet avgränsas dessutom till att behandla endast de fel vi själva identifierat eller på annat sätt fått kännedom om i de byggnader som ingår i Stockholmsprojektet.

## 4 METOD

Arbetet med projektet skedde i många steg och involverade många människor. Det var därför nödvändigt att arbeta konsekvent. Mycket tidigt i projektet togs därför ett speciellt formulär fram för att strukturera och dokumentera felsökning, felanalys och åtgärder. Uppgifterna på dessa formulär låg sedan till grund för den vidare bearbetningen och presentationen i denna rapport.

De olika konkreta stegen i projektet är felsökning, felanalys, åtgärdsförslag, åtgärder, uppföljning av åtgärder, dokumentation, klassificering, bedömning, sammanställning, statistisk bearbetning och presentation, analys, slutsatser och rekommendationer.

### 4.1 Felsökning, felanalys, åtgärdsförslag och åtgärder

Sökandet efter fel och brister i installationssystemen skedde på en mängd olika sätt. En stor del av felen identifierades genom analys av mätdata insamlade med de datoriserade mätsystemen. Vid besök ute i anläggningarna hittades fel genom testkörningar, provningar och manuella eller datoriserade mätningar. Även synpunkter (klagomål) från de boende ledde oss till felaktigheter. Dessa synpunkter förmedlades till oss dels av Karin Engvall från den intervjuundersökning som Stockholm stads Utrednings och statistikkontor utfört och dels direkt vid våra egna diskussioner med boende.

Ett mycket vanligt sätt att arbeta med idrifttagningen var att utföra följande moment:

- a. Analysera funktionen hos hela eller delar av ett installationssystem m h a datorinsamlade mätdata.
- b. Undersöka motsvarande funktioner genom mätningar och observationer ute i anläggningarna.
- c. Beskriva felen noggrant (på ett speciellt utarbetat formulär).
- d. Kontrollera givare och mätsystem för att se till att felet inte finns hos mätningarna.
- e. Analysera felet och formulera troliga orsaker.
- f. Förslå vilka åtgärder fastighetsägaren skall utföra för att komma tillrätta med felet.
- g. Följa upp åtgärderna och analysera deras resultat.

## 4.2 Dokumentation och klassificering av fel

Felbeskrivning, analys, och åtgärder dokumenterades på ett formulär som tagits fram speciellt för projektet.

Efter det att felen beskrivits på formulär klassificerades de av en grupp av tre personer med bred kompetens inom området installationssystem i byggnader. Gruppen bestod av Göran Werner (installationstekniker), Per Wickman (drifingenjör) och Bengt Wånggren (byggnadstekniker och författare till denna rapport). Denna metod innebar, speciellt vid klassificering av orsak, ett visst mått av subjektivitet. Något annat rimligt sätt kunde vi dock inte hitta.

Klassificeringen av felen utfördes för:

- a. I vilket installationssystem det ingick.
- b. Vilken orsak det hade.
- c. Hur det upptäcktes.

### Installationssystem

Installationssystemen har indelats i huvudgrupperna värmeproduktionssystem, värmedistributionssystem, ventilationssystem samt övrigt. Förutom den grova indelningen i huvudsystem har felen indelats i delsystem respektive delfunktion, vilka redovisas i resultatkapitlet.

### Orsak

En mycket intressant, men kanske lite känslig, klassificering som gjordes var vilken orsak de olika felen hade. Vi utsåg här en "skyldig" till varje fel. Ofta fick skulden delas av flera aktörer eller komponenter.

Huvudgrupperna för orsak är projektering, utförande, material & komponent, injustering, drift samt övrigt. Huvudgrupperna är indelade i delgrupper på så sätt att aktörer eller komponenter kan särskiljas. Delgrupperna redovisas i resultatkapitlet.

### Upptäckt

Det är också intressant att redovisa hur de olika felen upptäcktes. Som redan nämnts i metodbeskrivningen har arbetet med idrifttagningen skett på en mängd olika sätt.

Vi klassificeringen har vi skilt mellan om det upptäckts med:

- a. Analys av datorinsamlade mätvärden,
- b. Testkörningar och mätningar ute i anläggningarna,
- c. Synpunkter från de boende,
- d. Genom larmer,
- e. Slumpens hjälp,
- f. eller på övrigt sätt.

Som ett exempel på dataanalys kan nämnas att ställa upp energibalanser över en värmepump. Ute i anläggningarna skedde idrifttagning t ex genom att studera driftfunktioner, temperaturer före och efter värmeväxlare och flödesriktningar. Exempel på fel som upptäckts av en slump vid besök ute i anläggningarna kan t ex vara en ventil som inte stänger helt utan läcker och på grund av detta ger ett oljud ifrån sig.

#### 4.3 Bedömning av fel

I den dokumentation som hittills beskrivits har ingen hänsyn tagits till hur allvarliga konsekvenser felen hade. Naturligtvis var det inte så att alla fel var lika allvarliga. Dessutom påverkade felen olika saker. Därför valde jag att subjektivt bedöma varje fels konsekvens i skala från 0 till 4. Bedömningen gjordes för hur stor påverkan felet hade på energi, komfort och kostnader.

Bedömningen utfördes av samma grupp av personer som gjorde klassificeringen av felen. Jag vill speciellt betona att vi inte kunde göra noggranna utredningar om t ex den ökade energiförbrukningen för varje enskilt fel. Bedömningen är därför starkt subjektiv.

#### Energikonsekvenser

Vid bedömningen strävade vi efter att förankra punkter på skalan i hur stor ökning av energiförbrukningen som felet medfört. Vi satte vikten 1 på så sätt att det avser 1-5 % ökad total förbrukning av energi, vikten 2 på 5-10%, vikten 3 på 10-15% samt vikten 4 på mer än 15%. 0 avser naturligtvis att vi bedömte att energiförbrukningen inte ökat alls eller obetydligt.

### Komfortkonsekvenser

En rad av de fel som upptäcktes medförde en försämrad komfort för de boende. (Ofta var det just detta som var skälet till att dessa fel upptäcktes. Våra givare som installerats i värme- och ventilationsystemen var normalt inte anpassade att hitta sådana fel.) Det kan ha varit kraftigt luftdrag vid tilluftsdon, matos i lägenheter, låg temperatur i lägenheter eller på varmvattnet.

Bedömningen baserades här på våra egna undersökningar och slutsatser, egna uppgifter från de boende samt på underhandsinformation från den boendeundersökning som Stockholms Stad genomfört och som nämnts tidigare. Gradvis ökande påverkan bedömdes i skalan 0 till 4 där 0 avser ingen eller ringa påverkan.

### Kostnadskonsekvenser

Kostnadskonsekvensen var mycket svår att bedöma och förankra i en absolut skala. Kostnaderna var dessutom av olika art och drabbade olika intressenter. Trots detta gjorde vi en sådan bedömning eftersom vi ansåg att den var mycket intressant.

Vid bedömningen vägde vi in både kostnad för ökad energiförbrukning medan felet kvarstod och kostnad för att åtgärda detsamma. Även kostnadskonsekvenser bedömdes i en skala från 0 till 4. På grund av bedömningsgrunderna kunde en hög siffra alltså ibland avse hög extra energiförbrukning och ibland höga kostnader för att rätta till felet. Som alla förstär blev bedömningen även här starkt subjektiv.

## 4.4 Statistisk bearbetning och analys

Informationen från de ifyllda formulären lades in i en databas i en persondator. Data ur databasen sorterades sedan på olika sätt och analyserades. Resultatet av denna analys och den statistiska redovisningen från idrifttagningsprojektet ges i följande kapitel.

Antalet fel i enskilda byggnader redovisas inte i rapporten. Skälet till detta är främst att siffrorna skulle ge en felaktig bild av verkligheten. Antalet fel som vi känt till och dokumenterat är inte alltid en riktig spegling av hur stora idrifttagningsproblemen varit i en byggnad. Vi har jobbat olika intensivt med olika byggnader och därför hittat olika andel av de fel som fanns (eller fortfarande finns) i dem.

## 5 RESULTAT

Syftet med denna rapport är naturligtvis inte att straffa eller utpeka någon person eller grupp som deltagit i Stockholmsprojektet. Istället redovisas idrifttagningsproblemen i huvudsak anonymt och på ett så positivt sätt som möjligt. Tyngdpunkten i presentationen har lagts på redovisning av gemensamma sammanställningar och på att försöka dra generella slutsatser. Detaljerade felrapporter från de olika byggnaderna redovisas därför inte i rapporten.

Trots allt finns det naturligtvis ett stort intresse av att även få en allmän information om hur väl de olika byggnaderna fungerat. Därför ger jag inledningsvis en mycket kort beskrivning av energitekniken och idrifttagningen byggnad för byggnad.

### 5.1 Kort om idrifttagningen i respektive byggnad

#### Konsolen

Kv. Konsolen uppfördes på totalentreprenad av byggföretaget Ohlsson & Skarne åt deras eget fastighetsbolag. Energisystemet där byggteknik (främst den tunga stommen och ytterväggarna bestående av prefabricerade betongelementen) och installations-teknik integrerades planerades i samarbete mellan Ohlsson & Skarne och K-konsult. K-konsult var energi- och VVS-konstruktörer. Byggnadsentreprenören var samordningsansvarig för installationerna.

De idrifttagningsproblem som speciellt uppmärksammades i kv. Konsolen berörde till stor del frånluftsvärmepumpen. Den hade alltför många styrande funktioner som inte samordnades på ett bra sätt. Samordningen mellan värmepump, ackumulator-tankar och VVC-kretsen fungerade inte heller optimalt. Det förekom dessutom slarv med injusteringen av värmesystemet. Ett komfortproblem som uppmärksammades var att det höga ljudet från värmepumpen störde de boende i lägenheten ovanför undercentralen.

#### Sjuksköterskan

Byggherre för kv Sjuksköterskan var AB Stockholmsbyggen som är ett dotterbolag till AB Riksbyggen. Riksbyggens egen konsultavdelning var konstruktörer för energi och VVS och byggnaden uppfördes på generalentreprenad av DIÖS Bygg AB. Idrifttagning och drift sköttes av Riksbyggen. Från cirka ett och

ett halvt år efter driftstart har personal från EHUB hjälp till genom att initiera och utföra idrifttagning i byggnaden.

Det förekom en mängd idrifttagningsproblem i byggnaden, nästan alla i ventilationssystemet. Idrifttagningen vid övertagandet fungerade inte bra, trots att en av de energisparande åtgärderna i byggnaden var just kvalitetsstyrning. Man hade dessutom medvetet undvikit att satsa på ny installationsteknik utan valt "säkra" lösningar. De flesta fel är små och kan hänföras till slarv (eller möjligen okunnighet). Trots att felen är små har de haft relativt allvarliga följder, speciellt för de boende. De har klagat på luftdrag och låg inomhustemperatur.

Ett större fel med generell betydelse finns i systemet för forcering av frånluftsventilationen. Valet att strypa bort fläktkapacitet då forcering inte behövs har bidragit till en hög elförbrukning för ventilationssystemet.

### **Kejsaren**

För kv. Kejsaren var AB Stockholmshem byggherre. Konstruktörer för energi och VVS var K-konsult och byggnaden uppfördes på generalentreprenad av K-bygg. Luftsolfångar- och ventilationssystemet, som var huvudpunkter i experimentet, utfördes av Bahco som var underentreprenör. Idrifttagningen av byggnadens energisystem utfördes till stor del av K-konsult. Solfångarsystemet analyserades dessutom noggrant i två examensarbeten utförda av teknologer vid Tekniska Högskolan. Även underentreprenörerna Bahco och Billman (som ansvarade för styrentreprenaden) deltog aktivt i idrifttagningen. Driften handhas av AB Stockholmshem men där ansåg man länge att byggnaden var alltför komplicerad för den egna personalen.

I likhet med i kv. Sjuksköterskan är det i första hand ventilationssystemet som vållat problem i kv. Kejsaren. Byggnaden har ett solfångarsystem som är integrerat med ventilationssystemet och här upptäcktes många fel. Felen bestod till stor del i läckande spjäll och värmeväxlare, felaktiga styrfunktioner och komponenter som gått sönder eller ej fyllt måttet. De påverkade i första hand möjligheten att tillgodogöra sig solenergi eller att återvinna frånluftsenergi. Felen medförde inte i lika stor utsträckning försämrade komfort för de boende som i kv. Sjuksköterskan.

## Skogsalmen

Byggherre för kv. Skogsalmen var Stockholms Kooperativa Bostadsrättsförening, SKB. Konstruktör för energi och VVS var K-konsult och generalentreprenör var Siab Byggen AB. Experimentets huvuddel bestod av inglasade balkonger med en aktiv inlagring av solvärme i betongbjälklagen med hjälp av fläktar. Idrifttagningen utfördes av SKB:s driftorganisation tillsammans med K-konsult. Ansvar för drift ligger hos SKB.

Vi har inte följt idrifttagningen i dessa byggnader lika intensivt som i de övriga. Detta berodde främst på att kv. Skogsalmen från början inte ingick i Stockholmsprojektet utan kom till senare. De idrifttagningsproblem vi trots detta uppmärksammat har till stor del berört styrningen av fläktarna som används för solvärmeinlagringen. Det har även varit problem med VVC-kretsen och med värmekretsen. Problemen med värmen berodde på syre-inläckning i golvvärmerör i en barnstuga vilket medförde att järnoxid (rost) satte igen en värmeväxlare.

## Bodbetjänten

Byggherren för kv Bodbetjänten är ABV:s fastighetsavdelning. Byggnaden uppfördes på totalentreprenad av byggbolaget ABV. Byggbolaget anlidade i sin tur Strängbetong som underentreprenör för stomme och energisystem. Strängbetong har sedan flera år profilerat sig med en integration mellan byggnaders stomme och energisystem. Även detta var ett totalåtagande med funktionsgarantier.

Idrifttagningen i kv. Bodbetjänten utfördes i huvudsak av Strängbetong. Idrifttagningen gick enligt vår bedömning mycket bra. De olika installationssystemen synes redan före slutbesiktningen ha börjat fungera på rätt sätt. Detta är anmärkningsvärt eftersom systemen i Bodbetjänten är ovanligt komplicerade i jämförelse med många av de andra byggnaderna i Stockholmsprojektet

På grund av att man klarade idrifttagningen så bra på egen hand blev EHUB inte särskilt mycket inblandad. Vi har därför inte så mycket information om idrifttagningsproblem i byggnaden. Kort kan dock nämnas att man bytte värmepump alldeles vid driftstarten efter ett haveri. Man bytte ett kylbatteri som var kopplat till frånluftsvärmepumpen därför att det var feldimensionerat. Man bytte även den värmeväxlare som används till värmning av tappvarmvatten. Dessutom flyttades vissa drifttermostater som tillhörde det system i vilket luft från



kontoret värmer bostäderna genom att cirkulera i hålbjälklaget .

### **Höstvetet**

Byggherre för kv. Höstvetet var JM:s fastighetsbolag. Byggnaden uppfördes av JM:s byggbolag på totalentreprenad. Energisystemet i stort planlades av VBB. Systemet innehåller bland annat ett säsongsvärmelager i borrhål i berggrunden, två värmepumpar och ett värmesystem där värme distribueras till lägenheterna med tappvarmvattensystemet medan det inom lägenheterna distribueras med luftvärme. Konstruktör för installationssystemen var Arlanda VVS. De olika systemen utfördes sedan av olika underentreprenörer. Idrifttagningen i Höstvetet utfördes i första hand av JM:s fastighetsbolag men EHUB har hjälpt till med att analysera funktionen hos de olika systemen och att föreslå och utvärdera åtgärder.

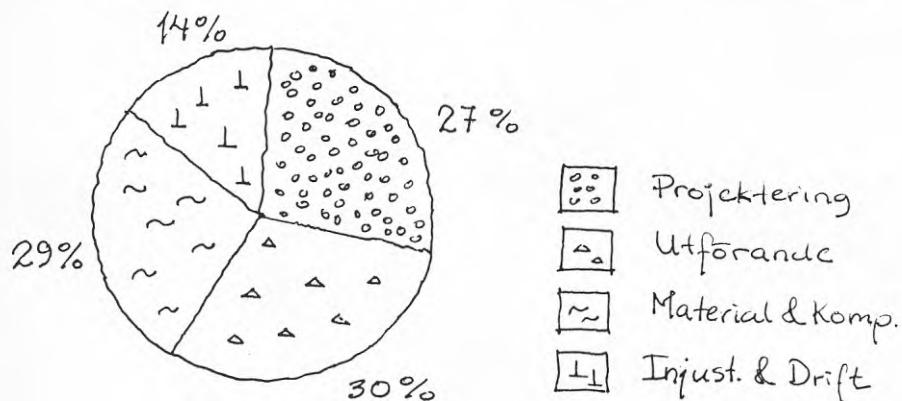
De fel som uppmärksammats har i huvudsak berört värmepumparnas ihopkoppling med ackumulatorer och elpanna samt lägenhetsaggregatens funktion. Det har också varit ovanlig många ventiler som haft fel funktion eller inte varit tillräckligt bra, vattenvärmeväxlare som varit förväxlade och vissa problem med värmeväxlarna för från- och tilluften. Ett fel av stor generell betydelse var att den nedre delen av borrhålslagret ej nämnvärt deltar i lagringen.

### **5.2 Felens orsaker, felkällor**

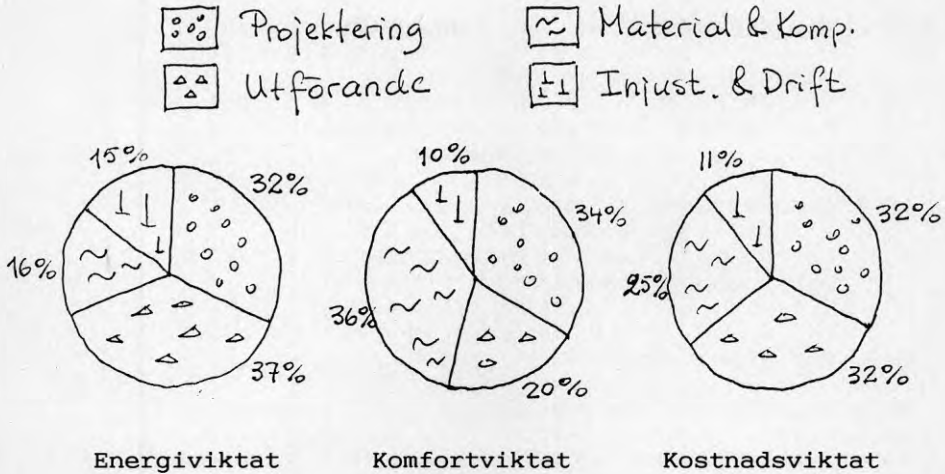
En första sammanställning gjordes för att se vad felet hade för orsaker. "Den mänskliga faktorn" det vill säga projekteringsfel, utförandefel och injusterings- & driftfel är helt dominerande. Material & komponentfel svarar för mindre än 1/3 av felet. Tabell 1 nedan visar fördelningen på olika aktörer och andra typer av felkällor.

Orsaksgrupp	Aktör	Antal
Projekteringsfel	Projekteringsamordning	4
	Energisystemprojektör	17
	VS-projektör	6
	Ventilationsproj.	6
	Styr- & reglerpr.	3
	Elprojektör	1
Utförandefel	Utförandesamordning	4
	Byggtreprenör	2
	Rörentreprenör	10
	Ventilationsentrepr.	13
	Kylentreprenör	6
	Styr- & reglerentrepr.	10
	Elentreprenör	0
Material & komp.	Byggmaterial	0
	Rördel	8
	Ventilationsdel	19
	Styr- & reglerutrustn.	10
	Elmaterial	1
Injusteringsfel	Rörentreprenör	2
	Ventilationsentrepr.	8
	Kylentreprenör	2
	Styr- & reglerentrepr.	3
	Elentreprenör	0
Driftfel	Fastighetsförvaltn.	3

Tabell 1. Antal fel av olika orsaker. Antalet registrerade fel i undersökningen var 110. Många fel bedömdes ha flera än en orsak och därför blir totalsumman i tabellen större.



Figur 1. Andelen fel med olika orsaker i installationssystemen i Stockholmsprojektet.



Figur 2. Felens orsaker viktade med avseende på hur stor konsekvens felet haft på energiförbrukning, boendekomfort och kostnader. Projekterings- och utförandefelens inverkan på energiförbrukningen är större än övriga orsaker medan boendekomforten starkt påverkas av material- och komponentfel.

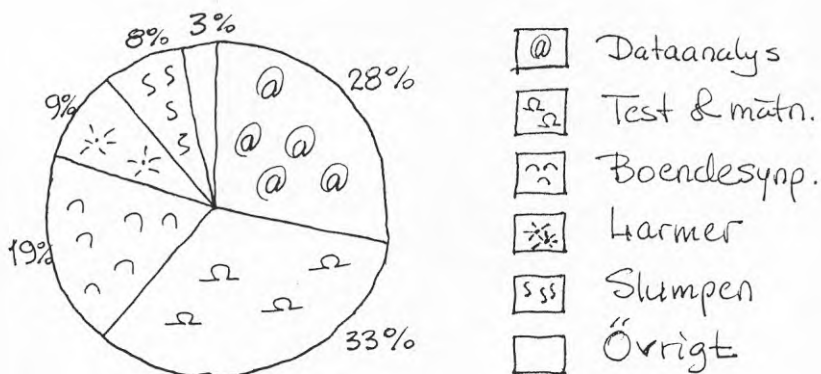
Andelen fel som kunnat hänföras till projektering var avsevärt lägre i denna undersökning än vad som ibland påstås vara fallet i byggbranchen, speciellt hos byggtreprenörerna. Jag påstår inte att det som här redovisas är den absoluta sanningen. På grund av att tiden trots allt varit begränsad för idrifttagningen har vi inte kunnat hitta alla fel och andelen fel av olika orsak påverkas förstås av detta. Om vi haft hur mycket tid som helst till vårt förfogande hade vi säkerligen hittat fler projekteringsfel och fler utförandefel. Vi hade knappast hittat många fler material-, komponent-, injusterings- eller driftfel eftersom dessa är lättast att upptäcka.

När vi väger in de olika felens konsekvenser ser vi att:

- \* Projekterings- och utförandefelen har en mycket stor inverkan på energiförbrukningen jämfört med övriga typer av fel.
- \* Projekterings- och injusterings- & driftfelen har en stor inverkan på komforten. Utförandefelen har en mindre inverkan.
- \* Det är dyrt att åtgärda projekterings- och utförandefel och billigt att åtgärda injusterings & driftfel.
- \* Boendekomforten påverkas starkt av material- och komponentfel

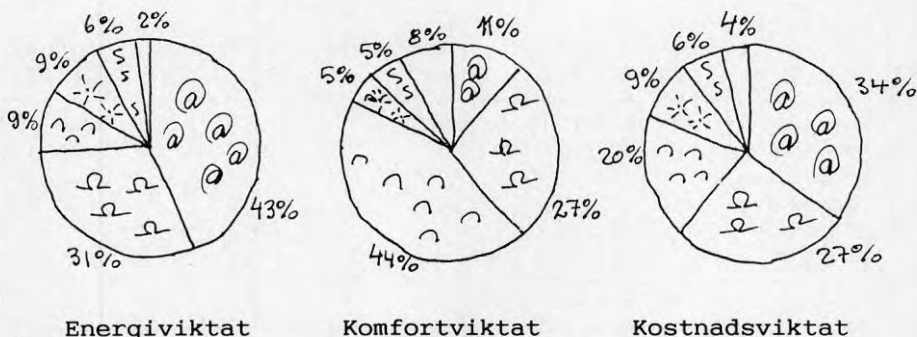
### 5.3 Hur felen upptäckts

Felsökningen har som nämnts i kapitel 4 skett på många olika sätt och nedan visas hur stor andel av felen som upptäckts på de olika sätten. Felen har även sammanställts med den viktning m a p energi, komfort och kostnader som tidigare beskrivits.



Figur 3. Andelen fel som hittats med olika metoder. En mycket stor andel av felen, har hittats på grund av den aktiva idrifttagningen som utförts av EHUB. Det är naturligtvis omöjligt att säga hur många av dessa fel som hade hittats utan en aktiv idrifttagning men siffran tyder på att behovet av en utökad idrifttagning i alla normala byggnader är stort.

[a] Dataanalys    [~] Boendesynp.    [sss] Slumpen  
 [P] Test & Mät.    [✱] Larmer    [ ] Övrigt



Figur 4. Här har varje fel, uppdelat på hur det upptäckts, viktats med avseende på energi, komfort och kostnader. Nyttan av de olika sätten att felsöka varierar kraftigt med vilken konsekvens felet har. För att hitta fel som ger en högre energiförbrukning är analys av mätdata en bra metod. Denna metod är däremot inte tillräcklig för att hitta fel som ger försämrad boendekomfort. För att hitta sådana fel måste man ta in de boendes synpunkter, helst genom en intervjuundersökning, och dessutom ofta besöka husen.

Med hänsyn till konsekvensen hos olika fel ser vi att:

- \* En metodisk aktiv idrifttagning med analys av insamlade data från mätningar i installationsystemen och en aktiv idrifttagning ute i anläggningarna har en stor inverkan på energiförbrukningen. Mer än 90 % av "energivikten" har hittats med hjälp av metodisk idrifttagning, antingen genom dataanalys av insamlade mätvärden eller genom att vara ute i anläggningarna för funktionskontroller eller andra besök.
- \* De fel som ger dålig komfort upptäcks lättast om man samlar in de boendes synpunkter. Detta måste sedan följas upp med mätningar ute i byggnaderna.
- \* Kostnadskonsekvensen för olika fel är relativt oberoende av hur de hittats.

#### 5.4 Hur fel med olika orsak upptäckts

Nästa steg blev sedan att även sortera felen efter orsak och se hur fel av olika orsak hittades.

Felet har upptäckts med hjälp av:	Orsak:			
	Proj. fel	Utförande fel	Material & Komp.fel	Injust. Driftf.
Dataanalys	12	10	3	6
Test & mätn.	12	11	9	4
Boendesynp.	6	6	8	1
Larmer	0	4	4	2
Slumpen	0	2	5	2
Övrigt	0	0	3	0
Summa	30	33	32	15

*Tabell 2. Antal fel med olika felorsaker och hur de upptäckts. Sammanställningen visar tydligt att alla projekterings- och nästan alla utförandefel skulle förblivit oupptäckta om inte den aktiva idrifttagningen skett. Siffror som manar till eftertanke eftersom vi vet att vårt sätt att utföra idrifttagningen är mycket ovanligt i branschen.*

Ur tabellen kan man utläsa att:

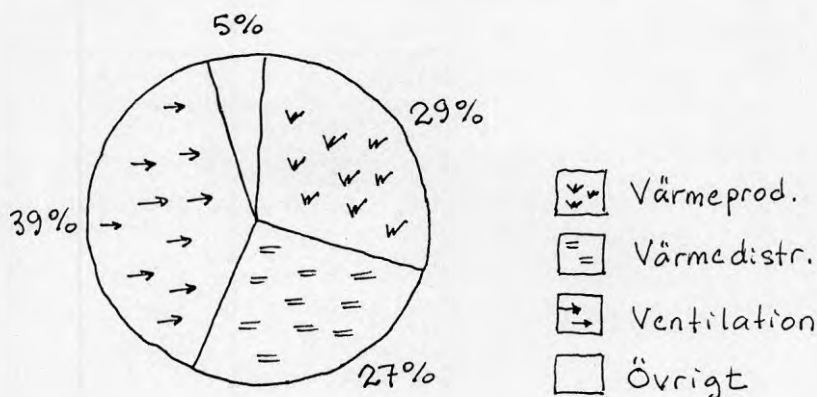
- \* Alla projekteringsfel har hittats med hjälp av metodisk idrifttagning.
- \* Material & komponentfel upptäckts sällan vid datoriserad analys.
- \* De flesta utförandefelen (27 av 33) upptäcktes vid aktiv idrifttagning.

#### 5.5 Installationssystem där felen funnits

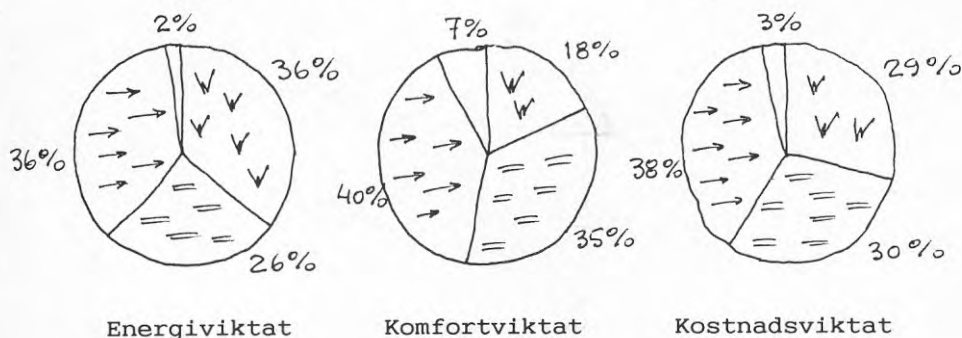
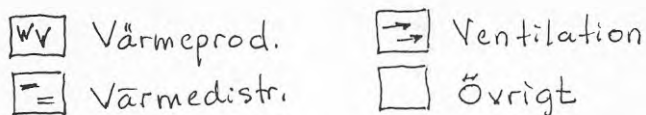
De olika huvudsystem i vilka felen klassificerats är värmeprduktionssystem, värmedistributionssystem och ventilationssystem. Dessutom finns fel som klassificerats under övrigt. Förutom klassificering i huvudsystem har felen indelats efter delsystem.

Huvudsystem		Delsystem	Antal
Värmeproduktion	32	Värmepumpar	20
		Styr- och reglerfel	17
		Solfångare	9
		Temperaturnivåer	5
		Komponentfel	5
		Elpannor	4
		Fjärrvärme	1
Värmedistribution	30	Varmvattenberedning	17
		Luftburen värme	8
		Komponentfel	8
		Vätskeburen värme	6
		Styr- och reglerfel	6
		Akkumulatorer	5
		Temperaturnivåer	3
		Ventilation	43
Komponentfel	13		
Styr- och reglerfel	12		
Frånluft	11		
Spjäll och don	8		
Solfångare	8		
Övrigt	5	Komponentfel	4
		Styr- och reglerfel	1

Tabell 3. Antal fel i olika installationssystem. De flesta fel berörde flera delsystem och därför är det totala antalet i tabellen större än antalet fel.



Figur 5. Andel fel tillhörande de olika installationssystemen. De flesta felen har hittats i ventilationssystemen.



Figur 6. Konsekvensen av fel i olika installationssystem sedan de viktats med avseende på energi, komfort och kostnad.

Sedan felens konsekvens vägts in kan man se att:

- \* Fel i värmeproduktionssystemet ger en något högre energikonsekvens än i övriga system.
- \* Komforten påverkas mycket starkt av fel i värmedistributions- och ventilationssystemen.
- \* Fel i värmeproduktionssystemet har däremot liten konsekvens för komforten. Det finns i de flesta fall backup system som hjälper upp en dålig funktion hos värmeproduktionssystemet.
- \* Kostnaderna för ett fel är i stort sett oberoende av i vilket system det uppträder.
- \* Ventilationsfel svarar i alla tre aspekter för stora konsekvenser.



## 6 DISKUSSION

Att vi skulle upptäcka så många fel i installationssystemen i Stockholmsprojektets byggnader kom som en överraskning för de flesta. Vår organisation för utvärdering av projektet var inte anpassad för detta. Det är uppenbart att också de flesta byggherrar och entreprenörer hade en alltför blåögd bild av hur systemen skulle fungera. Man hade i de flesta fall inte satt av någon tid eller några pengar för en idrifttagning. Förvaltarnas organisationer var i de flesta fall inte heller anpassade för att på ett bra sätt ta hand om byggnaderna efter överlämnandet.

Det första och mest övergripande resultatet av idrifttagningsprojektet är att det (projektet) överhuvud taget behövdes. Redan detta faktum har startat en diskussion i byggbranschen som på sikt kan göra att alla parter tar idrifttagningen på större allvar. Denna rapport skall ge ytterligare näring åt den debatten och försöka styra den i rätt riktning.

### 6.1 Besiktningar och feltyper

Alla fel som redovisas i denna rapport har upptäckts efter respektive byggnads slutbesiktning. De har passerat besiktningen utan att upptäckas och anläggningarna har alltså godkänts trots att de haft mycket allvarliga fel. Många fel var så allvarliga att hela funktionen hos vissa installationssystem spolierades.

Felen beror till största del på mänskliga misstag. Vad avser projekteringsfelen, som är en stor andel, beror de till mycket stor del på att projektören tänkt fel. De flesta av Stockholmsprojektets installationssystem är, oberoende om de tillhör själva energiexperimentet eller inte, så komplicerade att deras funktion är svår att förstå i sin helhet. Trots det har konstruktörerna oftast tänkt alltför ytligt, inte löst alla problem på ritbordet och framför allt skjutit styr- och reglerproblematiken framför sig. Detta hindrade dock inte att de oförbehållsamt trodde att anläggningen var utan fel och skulle fungera klanderfritt. Jag fick ibland också en känsla av att energi-, ventilations- och VS-konsulterna hade förhoppningen att styr- och reglerkonsulten skulle lösa alla problem som de själva hoppat över. Det var naturligtvis en omöjlig uppgift för denne. Andra mera normala misstag som utförs under projekteringen är fel-dimensionerade värmväxlare, förångare, fläktar och rörledningar.

Det borde egentligen inte vara någon överaskning att projekteringsfelen inte upptäckts vid slutbesiktningarna. Besiktningsmännen utgår ifrån att handlingarna är riktiga och kontrollerar att utförandet överensstämmer med dessa. Projekteringsfel kan alltså inte upptäckas vid slutbesiktningen.

Under rubriken utförandefel hamnar det som många med en annan vokabulär skulle kalla för byggfusk. Vad består då dessa av? Här hittar man sådana fel som felkopplade fläktmotorer, utbytta värmeväxlare, saknad värmeisolering, tilluftskanal som mynnar i ett vindsutrymme, felkopplade ackumulatortankar och felplacerade styrgivare. De flesta felen är exempel på slarv och otillräcklig egenkontroll. Ett fåtal fel beror på medveten underlåtenhet eller lathet, d.v.s. sånt som man med rätta kan kalla fusk.

Utförandefel borde en duktig besiktningsman hitta om han har tillräckligt med tid till sitt förfarande. Det är ju just utförandefel han skall upptäcka. Man frågar sig varför så många missats. Jag tror att det beror på att besiktningsmannen inte förväntas vara alltför noggrann, då betraktas han som petig. Dessutom är det svårt och arbetsamt att hitta utförandefel liknande de som fanns i Stockholmsprojektet. Ofta krävs mätningar eftersom felen inte alltid syns utanpå. Ingen förväntar sig heller att besiktningsmannen skall hitta allvarliga fel. Både byggherrar, konstruktörer och entreprenörer tror att allt är rätt projekterat och utfört.

Till injusterings- & driftfel räknas till exempel felaktigt eller helt oinjusterade ventilations- och värmesystem, igensatta frånluftsfiler eller frånluftsdon och felinställda drifttermostater. Även många utav dessa fel borde rätteligen ha upptäckts vid slutbesiktningen.

## 6.2 Idrifttagning efter besiktningen

Den idrifttagning som utförts i Stockholmsprojektet skiljer sig mycket från en besiktning. Vi har lärt oss att man måste jobba systematiskt med installationssystemen i olika driftfall. Man måste utföra testkörningar, samla in och analysera mätvärden, intervjua de boende och följa upp larmer. Vi har haft gott om tid och tillgång till stora mätresurser. En så stor insats är inte möjlig i normala byggnader men med en ordentligt förberedd organisation och bra rutiner borde arbetet kunna förenklas.

Eftersom besiktningarna redan utförts och byggnaderna godkända har det ofta varit mycket svårt att få de upptäckta felen åtgärdade.

Slutbesiktningen och det därpå följande godkännandet av entreprenaden är dock mycket starkt förankrat i entreprenadjuridiken. Entreprenörerna godtar knappast att den tas bort eller avsevärt förändras. (En förändring kan dock tänkas ske på lite längre sikt.) Man måste alltså nu finna en metod att godkänna byggnaden men trots detta ha möjlighet att gå tillbaka till konstruktörer och entreprenörer och få rättelse då fel upptäcks.

### 6.3 General- eller totalentreprenad

Eftersom de olika entreprenadformerna funnits i projektet är det naturligtvis frestande att försöka se hur resultatet blivit för hus byggda under olika entreprenadformer. Här finns inget direkt statistiskt material utan jag har gjort en subjektiv helhetsbedömning. Min erfarenhet är här att de hus som byggts som totalentreprenader, Konsolen och Bodbetjänten, har en bättre funktion än de som byggts som generalentreprenader. Ett undantag är Höstvetet där man haft relativt många idrifttagningsproblem.

I de hus som byggts som generalentreprenader, Kejsaren, Sjuksköterskan och Skogsalmen, har dels felet varit talrikare (åtminstone i förhållande till installationssystemens komplexitet) och dels har det varit avsevärt svårare att få dem åtgärdade. Man har ofta hamnat i långa, för att inte säga ändlösa, diskussioner om vem som felat. Alla skyller på andra.

I totalentreprenaderna har ansvarsförhållandet varit enklare. Det har saknat betydelse om felet berott på projekteringen eller utförandet. Totalentreprenören, som också har ekonomiska resurser att åtgärda felet, har gentemot byggherren haft ansvaret att lämna ifrån sig en i alla avseenden fungerande byggnad.

### 6.4 Hur komplicerat kan ett installationssystem vara?

Jag har inte dragit slutsatsen att systemen i Stockholmsprojektet är för komplicerade för att kunna användas i normala hus. En mycket intressant iakttagelse är istället att det inte alltid är de system som ansetts som mest komplicerade som ställt till med de största problemen. Tvärtom kan man säga att vissa av dessa fungerar bra därför att stor vikt lagts vid att ta dem idrift. Andra mera konventionella system däremot har "körts igång" och ofta lämnats vind för våg.

Jag tror att alla typer av installationssystem måste försees med instrumentpaneler (Instrumentbrädor) där funktionen kan avläsas i varje stund om man skall säkerställa en bra drift. Standardiserade mät- och panelsystem bör tas fram för luftvärmväxlare, solfångare, ackumulatorer, värmepumpar, schuntautomatik och fjärrvärmeundercentraler. För t.ex. en värmepump bör instrumentbrädan visa värmefaktor, drifttid och antal starter senaste dygnet, avgiven effekt och uttemperatur. Så mycket som möjligt av detta bör visas med visarinstrument som har markeringar för godtagbara och ej godtagbara värden, t.ex. med gröna och röda fält.

### 6.5 Rätten att få göra fel i experimenthus

Trots allt får man inte glömma att Stockholmsprojektet är ett pilotprojekt och att dess byggnader är prototyper. Projektet skall gå före och visa vägen inför framtiden. Naturligtvis måste man tolerera att prototyper har fel. Hela idén med att bygga prototyper är att i liten skala prova och finslipa ny teknik. Man måste få göra fel och lära sig av sina misstag. Jag hoppas att min rapport, trots sin upprädnings av fel som begåtts, inte avskräcker från att prova nya idéer i kommande fullskaleprojekt. Tänk bara på att tidigt börja planera för en aktiv idrifttagning.

## 7 REKOMMENDATIONER FÖR IDRIFTTAGNING

Arbetet med att få väl fungerande installations-system i en byggnad börjar inte efter slutbesiktningen. Alla aktörer i byggprocessen arbetar naturligtvis hela tiden med detta mål för ögonen. Jag skall i detta kapitel ge några tips för de olika skedena som om de används troligen hjälper er, och mig i min nya roll som entreprenör, att komma närmare målet.

Till att börja med måste man acceptera tanken att det hus man skall bygga kommer att ha fel. Sedan man accepterat detta skall man förbereda sig för det. Beroende på var i byggprocessen man befinner sig måste man naturligtvis förbereda sig på olika sätt. Jag har valt att här i första hand se på problemet ur byggherrens synvinkel. Det är ju han som ursprungligen har ansvaret och kan styra processen.

Jag tror att man måste utse en installationsprojektledare som får vittgående befogenheter och till exempel skall kunna hålla inne en del av entreprenadsumman till dess att alla system fungerar. Han måste följa byggprocessens alla skeden och även ha ansvaret för idrifttagning och utbildning av driftpersonalen.

Det finns två vägar att nå denna lösning. Den första är att byggherren anlitar en expert eller själv anställer en medarbetare som tidigt knyts till projektet. Här kan den skicklige konsulten få nya arbetstillfällen och stimulerande arbetsuppgifter. Det andra alternativet är att byggtrepprenörerna utvidgar sitt kompetensområde och i framtiden tar ansvar för att lämna ifrån sig väl fungerande uppvärmnings- och ventilationssystem. Man måste då tänka sig att höja anseendet för dem som nu kallas installationssamordnare och se över deras löneutveckling för att främja rekryteringen.

### 7.1 Programskede

I programarbetet bör man inte lägga fast ett bestämt utförandet alltför tidigt. Beskriv hellre funktioner än tekniska lösningar. Speciellt gäller detta om byggnaden skall uppföras på totalentreprenad. Metoden som vissa byggherrar använder att "skriva över" ansvaret för angivna tekniska lösningar till en totalentreprenör brukar sällan hålla om det blir komplikationer.

### 7.2 Projekteringsskede

Se till funktionen analyseras noga vid projekteringen. På grund av att projekteringsfel inte upptäcks, eller ens bedöms, vid besiktningar är dessa extra allvarliga. De har dessutom stor inverkan på energiförbrukning, komfort och kostnader jämfört med fel med andra orsaker.

Red därför ut konsekvenser så långt som möjligt vid ritbordet. Begär alltid att konstruktörerna skall redogöra muntligt för funktionen hos installations-systemen och var kritisk i granskningen. Var inte rädd att ställa dumma frågor till konstruktörerna. Själv blir jag alltid extra vaksam då jag inte förstår hur det är tänkt att fungera och konstruktören har svårt att förklara. Kom ihåg: Det dunkelt sagda är oftast det dunkelt tänkta! Se också till att andra experter och konstruktörer granskar ritningarna. Diskutera ingående de skillnader i åsikter som kommer fram på detta sätt.

### 7.3 Upphandling av entreprenad

Man måste skilja mellan general- och totalentreprenad. Vid generalentreprenad är det byggherren som har ansvaret att leda och kontrollera projekteringen enligt vad som sagts ovan. Väljs totalentreprenad faller detta på entreprenören. Byggherren bör då i stället ställa upp funktionskrav som kan kontrolleras under den kommande idrifttagningen och de första årens drift. Själv föredrar jag totalentreprenaden eftersom ansvarsfördelningen är klarare och därför att entreprenörerna, som då har både det tekniska och ekonomiska ansvaret, också är de som har de ekonomiska resurserna. Detta underlättar avsevärt när fel upptäcks vid idrifttagningen.

### 7.4 Utförandeskede

Under utförandeskedet är det viktigt att varje entreprenör har en bra egenkontroll. Det är mycket populärt att tala om kvalitetsstyrning och kvalitetssystem och de flesta av byggprocessens aktörer kan idag prestera en trave papper om detta. Hur dessa skall värderas eller vad de betyder i praktiken kan jag inte ge några råd om. Det räcker naturligtvis inte med att det finns en massa papper med det kanske är ett bra hjälpmedel. Till syvene og sidst är det de enskilda arbetarna, arbetsledarna, platscheferna och kontrollanterna som avgör kvaliteten på bygget. Det viktigaste är därför att se till att entreprenörerna har duktigt folk på bygget.

Det är också viktigt att konstruktörerna beskriver och förklarar funktionen för de som jobbar i

produktionen. Många fel beror på att dessa missförstått ritningarna.

### 7.5 Godkännande av entreprenad

Vi har redan konstaterat att slutbesiktningarna är ett mycket dåligt instrument att få väl fungerande installationssystem. Alla fel som finns i denna rapport är upptäckta efter slutbesiktningen och missades av denna. Hur skall man då göra för att inte slutbesiktningen blir ett hinder för åtgärder då fel upptäcks vid idrifttagningen? Jag tror att ett bra sätt är att hålla inne en del av entreprenadsumman under idrifttagningsfasen. När fel upptäcks rättas de för pengarna eller så låter man entreprenören göra det på egen bekostnad om han så väljer. När garantitiden gått ut och entreprenaden saknar fel betalas pengarna ut.

Om man inte kan få ett sådant avtal med entreprenören kan man hämta ideer till förbättrade besiktningar från Byggnadsstyrelsen. De har rutiner och krav för entreprenörernas egenkontroll, samordnade provningar och mycket annat. Rutinerna är dock omfattande och kanske bäst lämpade för stora energianläggningar.

### 7.6 Idrifttagningskedje

Under det första eller de två första åren bör man utföra en noggrann kontroll av funktionen hos installationssystemen. Man bör tidigt planera för en idrifttagning genom att sätt av resurser och montera mätutrustning. De fel som hittas skall snabbt åtgärdas eftersom det är troligt att fler fel är dolda i systemet och inte upptäckts på grund av det första felet. Målet skall vara att hitta och åtgärda alla väsentliga fel under de två första åren, d.v.s. under entreprenadens garantitid. Idrifttagningen bör ske av byggherren eller hans ombud i samarbete med entreprenörerna.

### 7.7 Mätmetoder

För att möjliggöra idrifttagningen måste man mäta och för att mätningarna skall bli så noggranna och billiga som möjligt måste de förberedas redan vid projekteringen. Man har t.ex. vid mätning av flöden krav på raksträckor före och efter mätdonet. Vad som skall mätas beror på installationssystemet och har något berörts tidigare.

Energiflöden i vätskor mäts lämpligen med vattenmätare (vinghjulsmätare) och termometrar som är kopplade till ett integreringsverk. Här finns många

fabrikat. En komplett mätning kostar mellan 10.000 och 20.000, priset är främst beroende på flödets storlek.

Energiflöden i luft är mera komplicerat att mäta bl.a. beroende på att samma volym luft bär olika mycket energi vid olika temperatur och tryck. Luftflöden mäts bäst med fast monterade don som ger en tryckdifferens över en strypning. De flesta tillverkare av ventilationsdelar kan leverera ett sådant don. Luftflöden kan också mätas enligt pitotrörs- eller propellerprincipen eller genom att mäta avkylningen av en värmd elektronikkomponent eller tråd. Differenstrycket som bildas över en strypning eller i ett pitotrör omformas till en elektrisk signal. En bra och billig utrustning för detta kan köpas från Micatrone.

Datainsamling kan i första hand utföras manuellt genom avläsning av instrumenten. Hellst bör instrumenten samlas till en instrumentpalel som diskuterats tidigare. Man bör registrera alla data i en driftjournal.

Det första året är det bra om man under vissa perioder samlar in mätvärden automatiskt och oftare än genom manuell avläsning. Då är det lämpligt att använda en datalogger som eventuellt kopplas till telenätet så att den kan fjärravläsas. Jag tror på sikt på en utveckling där insamlingen och analysen av data sker med hjälp av datorer och att s.k. expertsystem tar över kontrollen. Man kan emellertid enkelt redan nu göra manuella expertsystem. Man behöver bara jämföra driftjournalens värden med sådana som man teoretiskt räknat ut i förväg eller, när idrifttagningen utförts och man kommit in i ett driftsskede, med tidigare års förbrukning.



## 8 ALLMÄNGILTIGHET

Installationssystemen i Stockholmsprojektet är av mycket varierande komplexitet men innehåller mestadels rena standardkomponenter. En mycket stor andel av systemen är vad som populärt kallas "känd teknik". De är inte i sig experiment. Installations- och byggnadsarbeten utfördes av vanliga entreprenörer och underentreprenörer som upphandlats på vanligt sätt. Byggnaderna bör därför i stort ha utförts med den för branschen normala kvaliteten och noggrannheten.

Byggnaderna och deras installationssystem utsattes emllertid för en mycket stor uppmärksamhet under alla faser. Byggherrar, konstruktörer, entreprenörer och förvaltare visste om att byggnaderna skulle analyseras noggrant av Tekniska Högskolan och att resultatet skulle publiceras. Detta borde rimligen medfört att alla aktörer ansträngde sig lite extra för att göra ett bra arbete. Resultatet från idrifttagningsprojektet bör i så fall snarare underskatta än överskatta problemen som uppstår i idrifttagningssskedet.

Underlaget för den statistik som redovisas i rapporten härör till största del från byggnader där den ordinarie idrifttagningen varit otillräcklig om inte vi på EHUB hjälpt till att analysera problemen. Vi tror att detta är det normala fallet och att materialet därför är allmängiltigt för andra byggnader.

Vi har med stor säkerhet upptäckt fler fel än man normalt gör i en byggnad. Detta skulle ju kunna tyda på att det i byggnaderna i stockholmsprojektet finns ovanligt många fel. Vi tror inte att det är så. Det som talar för att det inte är så är att när vi påtalat felen och föreslagit åtgärder har vi ofta fått höra att det är konstigt att det blivit fel just här. Denna teknik, eller utrustning, har ju använts i massor av andra byggnader och då alltid fungerat. Eftersom denna formulering dyker upp så ofta, och för så vitt skilda systemlösningar och komponenter, drar vi slutsatsen att det nog är fel på väldigt många andra ställen också. Där man mäter hittar man fel!

Bedömningen av felens orsaker och konsekvenser samt den därpå följande analysen innehåller ett visst mått av subjektivitet som inte kunnat undvikas. Jag tror inte att detta i sig påverkat allmängiltigheten.

## 9 EXEMPEL

Som tidigare nämnts är ambitionen med denna rapport att så objektivt som möjligt redovisa fel utan att för den skull peka ut några syndabockar. I exemplen kan det dock inte undvikas att initierade läsare känner igen och kan personbestämma aktörerna. Exemplen skall därför ses som just exempel på idrifttagningsproblem. De är inte valda därför att de behandlar fel som är ovanligt allvarliga eller svåra att lösa utan mera för att de är allmänt intressanta.

### 9.1 Värmepumpar med styr- & reglerproblem

När Stockholmsprojektet startades bedömdes värmepumpar vara känd teknik och de togs därför inte upp under rubriken experiment. Det har dock visat sig vara svårt att få dem att fungera bra och det har oftast berott på fel vid projekteringen. Trots att så många värmepumpar installerats i Sverige under en lång rad av år är kunnandet inte tillräckligt om hur de skall integreras med byggnaders energisystem.

I kv. Konsolen finns en frånluftsvärmepump som levererar värme till radiatorkretsen och till varmvattenuppvärmning. På grund av att man inte sett till helheten när den projekterats har den fått ca. tio (10) olika separata styrfunktioner, varav tre är interna i värmepumpen. De flesta är termostater som har en på/av funktion. Alla styrfunktioner är beroende av varandra men måste ställas in var för sig. Om någon står fel kan funktionen hos hela systemet spolieras.

Systemet är speciellt känsligt vid varmvattenberedning då temperaturnivåerna är låga och de olika termostaterna måste stå mycket nära varandra. Det blev inte bättre av att en av styrgivarna var så dålig att man måste ställa den på 38 grader för att den skulle reglera vid 45.

Vissa termostater styr start och stopp av cirkulationspumpar eller reglerar shuntar medan andra styr start och stopp av själva värmepumpen. Om de senare ställs fel träder värmepumpens interna styrgivar in. Detta medför i sin tur att värmepumpen kan starta, gå 20 sekunder och därefter slå av för att efter ca 20 sekunder starta igen o.s.v.

Systemet har flera värmeöverföringskretsar som varmhålls oavsett om det finns ett värmebehov eller inte. Dessa kretsars pumpar kan inte stoppas eftersom detta medför felfunktion hos styrgivarna. Kretsarna medför onödig el- och värmeförbrukning

samt leder till att värmepumpen får onödiga starter vilket sliter på den.

## 9.2 Felkopplade ackumulatortankar

Problem med inkoppling av ackumulatortankar i ett värmepumpsystem skulle behöva ett eget forskningsprojekt och en egen rapport. Jag kan här bara kort konstatera att detta tycks vara en av de svåraste uppgifterna vid konstruktion av en byggnads energisystem.

Ett roligt exempel, som dock mera kan hänföras till bristande kommunikation mellan konstruktör och rörmokare, är hämtat från kv. Höstvetet. Konstruktören hade schematiskt ritat anslutning av både varm och kall ledning till ackumulatortankarnas topp. Så blev det sedan också utfört vilket resulterade i att endast den absolut översta delen av ackumulatörerna deltog i värmlagringen.

Felet upptäcktes efter ca. ett år och ingen ville kännas vid något ansvar. Konstruktören menade att det var fullständigt självklart att det kalla vattnet skulle föras ned till botten av tanken och att det var skit till rörmokare som inte fattade det. Rörentreprenören menade att de utfört efter handlingarna. Felet fick rättas till på byggherrens bekostnad.

## 9.3 Luftvärmväxlare i FTX-system

Det är väl känt att värmeöverföring från frånluft till tilluft ibland kan medföra att även lukter och partiklar överförs. Man antar då att dessa problem framförallt är förknippade med s.k. roterande värmväxlare och den typen används därför normalt inte för bostäder. Det är mindre känt att det även i s.k. korsströms värmväxlare kan finnas stora läckage, ibland bra mycket större än de 10 % som anges i tillverkarnas produktblad.

Ett exempel på detta fanns i kv. Kejsaren. Vid luftflödes- och spårgasmätningar i ventilationsanläggningen uppmättes ett läckage från frånluften till tilluften på över 30 %. Efter att först ha provat med att förbättra tätheten med gummilister bytte tillverkaren ut hela insatsen i värmväxlaren. Därmed nåddes nästan produktbladets 10 %. Vid ett senare tillfälle justerades tryckskillnaden över värmväxlarinsatsen så att läckaget skedde från tilluften till avluften. Därmed kunde inte "använd" luft gå tillbaka till huset men värmväxlarens verkningsgrad minskade.

#### 9.4 Café-protokoll

Man bör kontrollera injusteringen av värme- och ventilationssystem noga vid slutbesiktningen. Vi har i Stockholmsprojektet sett flera exempel på helt eller delvis oinjusterade anläggningar som gett problem med ojämn temperaturfördelning och drag. Entreprenörer som med avsikt undlåter att utföra en injustering bör på något sätt få böta och inte bara behöva åtgärda felet. Jag rekommenderar att man vid besiktningen jämför den faktiska inställningen på ca 30 % av alla ventiler eller don med det protokoll som injusteraren lämnar ifrån sig.

I kv. Sjuksköterskan stod alla tilluftsventiler inställda så som de levererades från fabriken. De hade inte justerats alls men trots detta fanns ett protokoll som "bevis" på att så skett. (Går under benämningen café-protokoll). Felet upptäcktes sedan många boende klagat på drag.

**10 LITTERATUR**

Sex unika hus. Energisnåla nya flerbostadshus. Teknik och erfarenheter från Stockholmsprojektet, Statens råd för byggnadsforskning, G2:1988.

Unika resultat från sex energisnåla hus, Statens råd för byggnadsforskning, T14:1989.

Probleminventering i hus med inglasad gård. Karin Engvall. Stockholms stad Utrednings- och statistikkontoret. Utredningsrapport nr 1989:6.

Att bo med inglasad gård. Christina Norrby-Herdenfeldt. Stockholms stad Utrednings- och statistikkontoret. Utredningsrapport nr 1989:7.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851060-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till KTH, EHUB,  
Stockholm**

**R42: 1990**

**ISBN 91-540-5197-5**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art. nr: 6801042**

**Abonnemangsgrupp:  
T. Fastighetsförvaltning**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna**

**Cirkapris: 41 kr exkl moms**