



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

R15:1984

Energihantering i lätt byggnad

Kvarteret Åkern 13

C G Pettersson m fl

K
AWP

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *5er*

Byggeforskningsrådet

R15:1984

ENERGIHANTERING I LÄTT BYGGNAD

Kvarteret Åkern 13

P O Hedberg
Sven Malm
Ronny Persson
C G Pettersson
Curt Sandberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811627-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till fastighetsbolaget Citadellet AB.

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

R15:1984

ISBN 91-540-4080-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | FÖRORD | 5 |
| 2 | SAMMANFATTNING | 6 |
| 3 | INLEDNING | 7 |
| 3.1 | Bakgrund till projektet | 7 |
| 3.2 | Problembeskrivning vid program- arbetet | 7 |
| 4 | DETALJERADE BYGGBESKRIVNINGAR KV ÅKERN | 9 |
| 4.1 | Byggnader teknik - statistik | 9 |
| 4.1.1 | Parkeringshus hus E | 9 |
| 4.1.2 | Befintlig byggnad hus D | 9 |
| 4.1.3 | Befintlig byggnad hus B | 9 |
| 4.1.4 | Befintlig byggnad hus C | 9 |
| 4.1.5 | Nybyggnad hus A | 12 |
| 4.2 | Citadellet byggsystem | 12 |
| 4.2.1 | Egenvikter | 12 |
| 4.2.2 | Montage/processtid | 13 |
| 5 | ENERGISYSTEM KV ÅKERN | 14 |
| 5.1 | Förutsättningar för val av energisystem | 14 |
| 5.2 | Alternativa systemlösningar | 14 |
| 5.2.1 | Installationer enligt KBS rapport april 1978 | 14 |
| 5.2.2 | "Miniluftsystem" | 14 |
| 5.2.3 | "Fan-coil"-system | 15 |
| 5.3 | Beskrivning av vald lösning | 15 |
| 5.3.1 | Huvudsystem | 15 |
| 5.3.2 | Ventilationssystem | 15 |
| 5.3.3 | Radiatorsystem | 16 |
| 5.3.4 | Varmvatten | 16 |
| 5.3.5 | Fan-coilsystem | 16 |
| 6 | UPPFÖLJNING MÄTRESULTAT | 18 |
| 6.1 | K-värden | 18 |
| 6.1.1 | Kommentar till mätresultat | 20 |
| 6.2 | Täthet | 21 |
| 6.2.1 | Kommentar till mätresultat | 23 |
| 6.3 | Värmetröghet/tidskonstant för byggnaden | 24 |
| 6.3.1 | Mätning | 24 |
| 6.3.2 | Beräkning | 25 |
| 6.3.3 | Kommentarer till mätning och beräkning | 25 |
| 6.4 | Registrering av energiför- brukning | 25 |
| 6.4.1 | Elförbrukning, totalt | 26 |
| 6.4.2 | Elförbrukning nybyggnad | 27 |
| 6.4.3 | Fjärrvärmeförbrukning, totalt | 27 |
| 6.4.4 | Fjärrvärmeförbrukning nybyggnad | 27 |
| 6.4.5 | Sammanställning förbrukad energi | 28 |
| 6.4.6 | Kommentar till förbrukad energi | 28 |

| | | |
|--------|---|----|
| 7 | ENERGIBALANSREDOVISNING | 30 |
| 7.1 | Hela kvarteret | 30 |
| 7.2 | Nybyggda lokalerna | 30 |
| 8 | ÖVERVÄGANDEN VID BESLUT OM UPPHANDLING AV STYR OCH REGLERSYSTEM | 31 |
| 8.1 | Förvaltningstekniska aspekter | 31 |
| 8.1.2 | Hyresgäster | 31 |
| 8.1.3 | Underhåll | 31 |
| 8.1.4 | Garanti | 31 |
| 8.2 | Tekniska aspekter | 32 |
| 8.2.1 | Flexibilitet | 32 |
| 8.2.2 | Zonindelning vid ombyggnad | 32 |
| 8.2.3 | Programmering | 32 |
| 8.2.4 | Relationshandlingar | 32 |
| 8.2.5 | Märksystem | 33 |
| 8.2.6 | Drift- och skötselinstruktion | 33 |
| 8.2.7 | Larm | 33 |
| 8.2.8 | Kablage | 33 |
| 8.2.9 | Låsning | 33 |
| 8.2.10 | Kraftanläggning | 34 |
| 8.2.11 | Energimätning | 34 |
| 8.3 | Administrativa aspekter | 34 |
| 8.3.1 | Entreprenadform | 34 |
| 8.4 | Tidsaspekt | 34 |
| 8.4.1 | Genomförandetidplan | 34 |
| 8.5 | Ekonomiska aspekter | 35 |
| 8.5.1 | Förfrågningsunderlag | 35 |
| 8.5.2 | Upphandlingssituationen | 35 |
| 8.5.3 | Genomförandesituation | 36 |
| 8.5.4 | Uppföljning | 36 |
| 9 | KOSTNADSUPPFÖLJNING AV STYR- OCH REGLERSYSTEMET | 37 |
| 9.1 | Redovisning upphandling och uppföljning av tilläggs- kostnader | 37 |
| 9.2 | Servicepolicy | 37 |
| 9.2.1 | Prognos servicepolicy | 37 |
| 10 | INTEGRERING ENERGI - STYRSYSTEM | 39 |
| 10.1 | Flexibilitet | 39 |
| 10.2 | Underlag för hyresdebitering | 39 |
| 10.3 | Statistikbehandling | 40 |
| 10.4 | Korttidslagring | 40 |
| 10.5 | Kontroll - avstängning | 40 |
| 10.6 | Minimering uteluftsflöde | 41 |
| 10.7 | Styrstrategi | 41 |
| 11 | SLUTSATSER | 43 |
| 11.1 | Förhållande el-fjärrvärme | 43 |
| 11.2 | Driftmål | 43 |
| 11.3 | Systemet | 43 |
| 11.4 | Fastighetsägarsynpunkt | 43 |

1 FÖRORD

Denna rapport avser att redogöra för energiförbrukningen i ett kvarter med ett byggsystem av stålstomme, lättklinker bjälklag, utfackningsväggar av polyuretanelement och anpassad el/VVS-installation.

Dessutom är kvarteret datoriserat när det gäller styrregler.

Rapporten försöker redogöra för byggsystemet med det integrerade el/VVS-systemet plus redogöra för tankegångar och problem omkring det hela vid genomförandet.

Arbeten med rapporten har utförts av medlemmar från projektets genomförande (Ronny Persson, Sven Malm och CG Pettersson) och externt konsultföretag (Hugo Theorells Ing. byrå AB, Curt Sandberg och P-O Hedberg) inkopplade endast för denna rapportens genomförande. Detta med tanke på att försöka få rapporten så objektiv som möjligt.

Arbetsgruppen har även fått ett gott stöd från Tor Göran Malmström, KTH, vid bedömningar av tidkonstanter.

Målsättningen för kvarterets energiförbrukning har innehållits med bred marginal dvs "Dubblad våningsyta till bibehållen energiförbrukning totalt sett".

I rapporten framgår att energiförbrukningen (el, fjärrvärme + fastighetsel + hyresgästförbrukning) är så låg som 53 kwh/m² vy/år.

Fjärrvärmeförbrukningen stannar vid 16 kwh/m² vy/år respektive fastighetsel 19 kwh/m² vy/år och hyresgästens interna förbrukning av el 18 kwh/m² vy/år.

Inomhusklimatet i fastigheten har ej blivit lidande på den låga förbrukningen då temperaturen hållits vid +21 - 22°C vintertid och under sommaren +22 - 24°C trots den värmebölja som inträffade sommaren 1982.

Fastighetsägarens krav om individuell rumsreglering (per fönstermodul) har även innehållits.

Skälen till den låga energiförbrukningen är

- lätt byggnad vilket möjliggör snabb inreglering av önskat klimat
- vatten som media för energitransport medför låg elförbrukning vid distribution i systemet plus liten risk för "spill"
- luftmängder har kunnat minskas p g a att vatten blivit mediabärare. Detta har i sin tur lett till minskat krav på utrymme för ventilationskanaler vilket i sin tur leder till minskad byggvolym
- datoriserat styr-reglersystem av mycket flexibel modell medför att driftpersonalen själva enkelt kan styra fastigheten på ett för varje tidpunkt optimalt sätt
- produktionskostnaden för nybyggda delar av kvarteret har blivit relativt låg jämfört med uppnådd komfort och kvalitet. Fastighetsägarens totalinvestering inkl alla kostnader (projektering, bygg, finans, avgifter, moms mm) exkl endast markinköp är för hus A under 4.500:-/m² vy i mars 1982 penningvärde.

Noterbara iakttagelser från olika mätningar är bl a

- att polyuretanelementen håller betydligt bättre K-värden i praktiken än i teorin
- en upphandling på totalentreprenad för styr-reglerentreprenaden mot en relativt enkel rambeskrivning har fungerat bra i detta fall. Dock är viktigt att entreprenör - beställare arbetar tillsammans så att delar i tekniska lösningar hela tiden kan fastläggas. Detta kräver att beställarsidan har kompetens att följa entreprenörens arbete.

Notabelt är att året efter denna rapport pekar mot ännu lägre förbrukningssiffror.

3 INLEDNING

3.1 Bakgrund till projektet

Kv Akern inköptes 1974 av Citadellet AB från Ahléns och har sedan dess genomgått en om-, på- och tillbyggnad vilken startade hösten 1979 och slutfördes sommaren 1982. Samtidigt med denna genomgripande förändring har en övergång skett från oljeeldning till fjärrvärme och i kombination med energiåtervinning från kommersiell kyla och komfortkyla. Våningsytan uppgår numera till ca: 48.000 m² fördelat på gamla lokaler från början av 1900-talet med ca: 50% respektive resterande nybyggt plus P-Hus om 11.000 m². Samtliga 48.000 m² lokal är uppvärmda.

Fastigheten innehåller följande funktioner,

- inlastning för NK/Ahléns
- lager för olika hyresgäster
- varuhus
- stor restaurang, 200 personer
- liten restaurang, 50 personer
- postlokaler
- modellverkstad med sprutbox
- parkeringshus 307 bilplatser
- provkök för landstinget
- viss tryckeri- och distributionsverksamhet
- datahallar med terminaler
- lektionssal för datautbildning
- laboratorium
- kontorslokaler
- kontor med pool och bastu
- hissar, 22 st
- motionslokal

Med andra ord har denna fastighet en mycket komplicerad funktion med mycket stora skillnader i krav på klimat och standard. Före ombyggnaden fanns över 70 fläktar och flera mindre kylenheter placerade på flera ställen inom kvarteret.

3.2 Problembeskrivning vid programarbetet

Vid uppstartning av projektet Akern sommaren 1979 började projekteringsgruppen söka efter lämplig systemlösning för energihanteringen. Projekteringsarbetet påbörjades vintern 1979/80 efter nedanstående målsättning:

- antalet fläktar, pumpar mm skulle minskas
- luftflöden skulle minimeras
- vatten skulle nyttjas så långt som möjligt som mediatransportör av energi
- påbyggnad måste ske med lätt konstruktion p g a att befintlig byggnadsstomme ej gick att förstärka. Vid lastpåföring där befintliga grunddelar skulle nyttjas
- en mycket modernare övervakning och styrning ansågs som nödvändig

- komfortkraven i varuhuset och kontor har förändrats jämfört med 1928
- nya kontorslokalerna är dyra att bygga, vilket ger höga hyror och därmed ökade komfort- och funktionskrav från hyresgästerna
- drifttiderna blir mycket varierande p g a fastighetens stora spridning på funktioner
- hela befintliga kvarteret skulle vara i normal drift under hela byggskedet
- trafikapparaten omkring kvarteret fick ej störas, vilket ledde till ett fåtal upplagsytor utanför byggkropparna
- 1979 fanns ej färdiga/prövade bygg-styr-system på marknaden som klarade problem inom Kv Åkern.

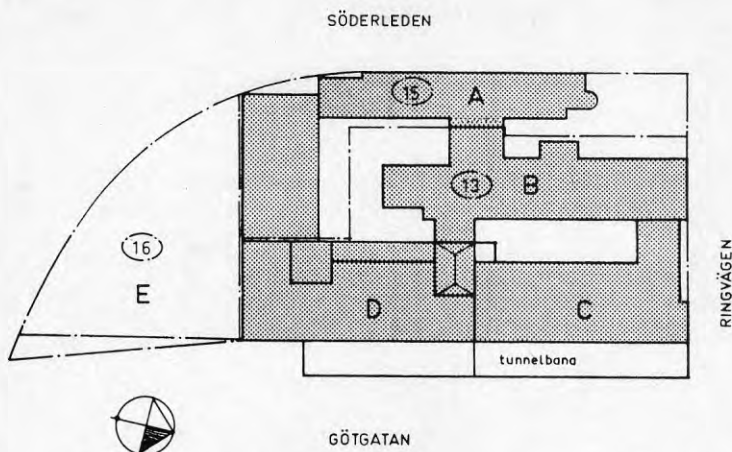


Bild 1 Översiktsplan kvarteren Åkern 13,15 och 16

4.1 Byggnader teknik - statik

4.1.1 Parkeringshus Hus E

Platsgjuten betong med ca halva byggnaden under mark. Innehåller ej uppvärmning eller vatteninstallation varför byggnaden utelämnas ur studien. Allmän belysning plus automatik vid in- och utfart nyttjar elenergi vilken separat mäts.

4.1.2 Befintlig byggnad Hus D

Byggt 1928 med stålstomme, lätta träbjälklag utfackningsvägg av 7 cm slaggplatta ingen tilläggsisolering är utförd. Byggnadslov har sökts för tilläggsisolering plus ny fasadbeklädnad. Källarvåning innehåller i huvudsak personalutrymmen för varuhuset, gatuplan och 2 ytterligare våningar varuhus med 1 st stor restaurang. Därutöver kontorslokaler. Kylbehov föreligger i varuhuset långa tider av året.

4.1.3 Befintlig byggnad Hus B

Gammalt stenhus med vägg tjocklek i botten om ca 2,8 m vilken tunnare ut uppåt succesivt till tjocklek ca 0,6 m. Väggar är helt oisolerade, yttertak isolerat med 15 cm torv. Denna byggnad innehåller kontor, datahallar, liten restaurang och post i byggnaden.

4.1.4 Befintlig påbyggnad Hus C

Källarvåning i betong. Gatuplanet i pelardäckkonstruktion med höjd av 5,0 och väggar med nästan bara

skyltfönster. Påbyggnad med 6 våningar har skett i stålstomme - lecaelement - puretanelement (se bild 2). 2 trappor under mark lager och kylrum. 1 trappa under mark varuhus/livsmedelslokal med kylrum och diskar. Gatuplanet varuhus resterande lokaler är kontor plus innehåller ett provkök. Kontoren har olika drifttider på varje våning. Provkök kräver kyla när det är i drift.

Befintlig stomme och grundläggning har ej förstärkts då 2/3 av ytan var planerad för 4 våningar traditionell påbyggnad och 1/3 av ytan var ej planerad att påbyggas alls. Förstärkning har kunnat utelämnas beroende på det lätta byggsystemet med en speciell stålstomme. Byggmetoden har utvecklats under Citadellets ledning.

Varuhusets hela ventilation och klimatanläggning var placerade där påbyggnaden skulle ske så en omplacering var tvunget att utföras före start av påbyggnad.

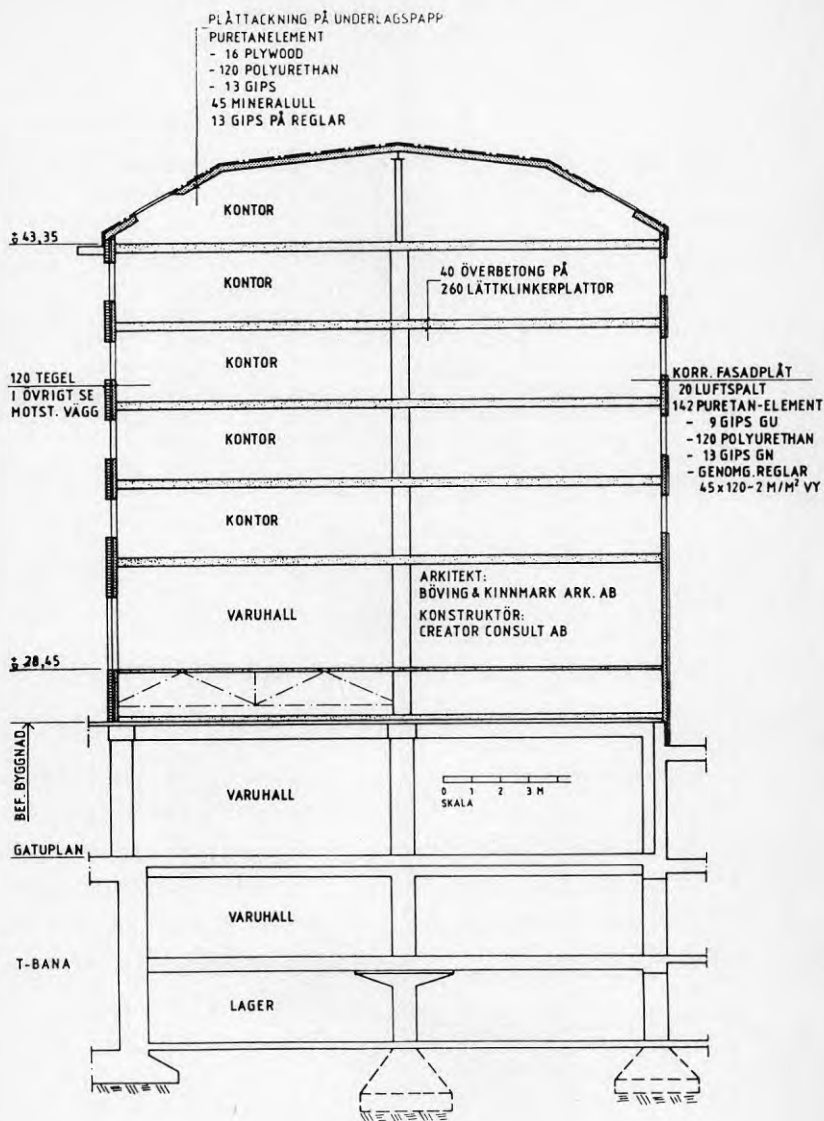


Bild 2 Tvärsektion hus C

4.1.5 Nybyggnad hus A

Hus A nybygge i lättstomme av stål-leca-puretanelement med skyddsrum och inlastning i plastgjuten betong. Betongdelarna nyttjas till lager, övriga delar som kontor och lektionssalar. Samma teknik har nyttjats som för hus C.

4.2 Citadellet byggsystem

Det byggsystem som succesivt utvecklats under byggnation av hus C har renodlats under byggnationen av hus A.

Byggsystemet består av en stålstomme där allt svetsningsarbete sker på fabrik och montage på arbetsplatsen sker med bultning. Stålstomme - bjälklag av lättklinkerelement - fasad och yttertak med sandwichelement av puretan utgör en enhet, vilken brandprovats i fullskaleförsök respektive ljudprovats. Extra brandskydd erfordras ej enligt resultat från provning vid Statens Provningsanstalt i Borås av stålbalkar ingående i bjälklaget, vilka fungerar med lättklinkerbjälklaget som en enhet.

4.2.1 Egenvikter

Byggnaden av hus A och hus C väger per m² våningsyta enligt nedanstående

| | | |
|---|--------------------------|---|
| A | Stålstomme | 39kg/m ² våningsyta (m ² vy) |
| B | Bjälklagsplattor | 220kg/m ² våningsyta (m ² vy) |
| C | Bjälklagspåggjutning | 92kg/m ² våningsyta (m ² vy) |
| D | Mellanväggar | 30kg/m ² våningsyta (m ² vy) |
| E | Yttervägg puretanelement | 8kg/m ² våningsyta (m ² vy) |
| F | Fasadskikt av tegel | (27)kg/m ² våningsyta (m ² vy) |
| G | Installationer | <u>5 kg/m²våningsyta (m²vy)</u> |
| | | (421)kg/m ² våningsyta |
| | | 394 kg/m ² våningsyta |

Eftersom fasadskiktet av tegel är beläget utanför den mycket goda och täta värmeisoleringen som sandwich-element av puretan utgör samverkar den dåligt energimässigt med själva byggnadskroppen varför det utelämnas vid resonemang av byggnaden ur lätt/tung synvinkel.

I ett betonghus väger ett betongbjälklag över 400 kg/m²vy vilket även gäller byggnader med hålbjälklag av betong.

Därför betraktas detta byggnadssystem som mycket lätt. I ett rent betonghus uppskattas totala vikten till minimum 7-800 kg/m² vy.

4.2.2 Montage/processtid

Montagestart för hus C var 1980-05-19 med invigning av varuhus 1980-10-28 respektive kontor 1980-12-15, d v s byggnation av 8.136 m² vy tog 23 veckor respektive 29 veckor.

Den korta tiden kan förklaras av det snabba montagesätt av själva stommen ca 12 veckor, men framförallt av kort tidsåtgång vid stomkomplettering och installationsarbete. Att det inte tog längre tid i de senare skeden beror på utformningen med tanke på god arbetsergonomi.

5 ENERGISYSTEM KV ÅKERN

5.1 Förutsättningar för val av energisystem

Av vad som framgår ovan har själva byggnadskroppen låg vikt - god värmeisolering (K-värde < 0,16) samt god täthet. Detta innebär kriterierna enligt nedan: (inom parentes angivna värderingar är hämtade från projekteringsgruppens arbete och slutsatser)

| | |
|---|---|
| Värmelagringskapacitet: | (låg) |
| Flexibilitetskrav/rumsindelning: | (hög) |
| Låg rumshöjd (2,4 - 2,5m): | (ökad svårighetsgrad) |
| Solinstrålning: | (negativt) |
| Intern värmebelastning: | (antages öka varje år) p g a ökad datorisering inom kontorsadministrationen (ökad svårighetsgrad) |
| Blandning av nybyggnad-gammal: | |
| Värmeöverskott från varuhuset (kommersiell kyla): | (positivt) |
| Komfortkrav från hyresgäster: | (ökad svårighet) |
| Litet intrång vid passage, befintliga lokaler: | (ökad svårighet) |
| Låg energiförbrukning: | (myndighets- och fastighetsägarkrav) |
| Elenergiuttag: | (maximerat p g a befintligt ställverk) |
| Underlag för hyresdebitering: | (positivt) |

5.2 Alternativa systemlösningar

5.2.1 Installationer enligt KBS rapport april 1978

Denna rapport var utgångspunkt vid projekteringsstarten. "Venttacberäkningar" gav till resultat för hus C att ca 120.000 m³/tim måste passera igenom byggnaden för att ge ett acceptabelt klimat ur hyresgästsynpunkt. Då kvarstod fortfarande problemet vid denna typ av installation att temperaturen inom kvarteret ej kunde garanteras vara tillräckligt låg sommartid. Stora utrymmen togs dessutom i anspråk för installationer. Energiförbrukningen blir hög dels p g a den stora luftmängden dels genom ej utnyttjad återvinning från avluft.

Fastighetsägaren accepterade ej denna lösning ur driftkostnads- respektive hyresförlust-synpunkt. Dessutom mindre disponibel kontorsyta.

5.2.2 "Miniluftsystem"

Systemet ger lägre uteluftmängd och därmed lägre driftkostnader än 5.2.1.

Fastighetsägaren kunde i detta fall ej acceptera distributionssystemets tillluftside p g a att tilluft-

kanaler gjorde intrång på ytor för varje kontorsmodul samt stora distributionskanaler.

5.2.3 "Fan coil"-system

Systemet arbetar med rumsluften för klimatberedning. Tilluft/luftväxlingar går att minska till ett minimum enligt SBN.

Intrånget på uthyrbar yta var minst jämfört med 5.2.1 och 5.2.2.

Flexibiliteten, som fastighetsägaren ställde krav på, ur utnyttjande synpunkt, respektive rumsindelning, är mycket stor.

Mycket låga driftkostnader för fläktarbetet p g a små motorer och liten behandlad luftmängd.

Komfortkrav från hyresgästen går att uppfylla enligt dagens krav samt att de har kapacitet för en kraftig utökning vid ökad intern värmeavgivning.

Befintliga lokaler behöver endast passeras med kläna värme/kylvattenledningar. Arbetsergonomimässigt innebär montage av detta system att det väl passade in till byggnaden 4.2.2 då vattenrör kan prefabrikeras och inkoppling till fan coil kan ske med mjuka rör. Ventilationskanaler blir spiro max ϕ 150 i våningsplan och ϕ 500 i schakt. Allt montage kan ske synligt och är därför även positivt för framtida fastighetsunderhåll.

Detta system valdes av fastighetsägaren då det bäst uppfyllde ställda kriterier ur teknisk och ekonomisk synvinkel.

5.3 Beskrivning av vald lösning

5.3.1 Huvudsystem

Kvarteret får sin värmeförsörjning via fjärrvärmenätet. Energicentral är uppbyggd för att i största möjliga utsträckning krama ur energiinnehållet ur fjärrvärmen. Centralen har 5 huvudsystem. Ventilation, varmvatten, radiatorer, varmt och kallt vatten till Fan-coil. För varje system är det installerat mätutrustningar för individuell mätning och övervakning av energiförbrukningen. Systemens uppbyggnad framgår av bild 3.

5.3.2 Ventilationssystem

Värmeväxling sker till ventilationsaggregaten via 2 st värmeväxlare. Då fastighetens ventilationssystem består av nytt och gammalt kan inte temperatursänkningen över luftvärmarna ske i den utsträckning som är önskvärd.

Befintliga äldre aggregat är försedda med luftvärmare avsedda för Δt 20°C. Nyinstallationer har planerats för Δt 40°C.

5.3.3 Radiatorsystem

Befintliga äldre huskroppar inom kvarteret är försedda med radiatorer. Dessa är uppdelade i 7 st grupper, fasad- och husvis.

De flesta radiatorer är installerade under perioden 40 - 60 talet och har på grund av överdimensionering relativt stor värmeavgivande yta. Detta innebär att systemet erfordrar en framledningstemperatur av max 50°C vid lägsta utetemperatur.

Radiatorerna är kompletterade med termostatventiler.

5.3.4 Varmvatten

Detta system är försett med separat värmeväxlare som i första hand tillvaratar värmen i returvattnet ifrån radiatorgrupper och värmeväxlare Fan-coil. Vid stört-tappning kan temperaturen höjas via inkommande hetvatten.

Kallvattnet förvärms via överskottet från komfortkylanläggning. Dessutom tillgodoses behovet av varmvatten av att överskottet från den kommersiella kylanläggningen tillvaratas.

5.3.5 Fan-coilsystem

För nybyggda kontor i hus A och C är det installerat 890 st Fan-coil. Distributionssystemet är uppbyggt så att separata kretsar tillgodoser brukarens behov av kyla respektive uppvärmning. För kondenset är separat avloppsrör lagt utmed fasaderna och inkopplat på ordinarie stammar.

Varje Fan-coil är försedd med möjlighet att öka luft-hastigheten i 3-steg. Elmatningen är förlagd fasadvis och våningsvis med övergripande stopp via huvuddator. Styrningen av varmt respektive kallt vatten sker av termostat. Termostaten arbetar inom intervallet 20 - 26°C med en dödzon på 2°C. Denna styr magnetventiler som är monterade i vattenkretsarna före enheten. För tillförsel av media till systemet är installerat 2 st vätskekylmaskiner av fabrikat Carrier. Dessa är vardera uppdelade i 4 x 2 steg för att minimera risken av driftavbrott vid haverier och service.

Vätskekylmaskinerna levererar varmt och kallt vatten till enheterna samt 2 st bufferttankar om 23 m³ vardera. Dessa tankar kan bl a laddas under natten sommartid, vilket bidrar till att minimera energiförbrukningen. Flexibiliteten i detta system är mycket stor. Vid individuella värmelaster för enskilda brukare kan man smidigt anpassa kyleffekterna efter varje behov.

6 UPPFÖLJANDE MÄTRESULTAT

6.1 K-värden

Uppföljande mätningar har utförts av Statens provningsanstalt i Borås.

Utfört 1982-03-22--04-07

Provnings-
utförande

Före mätningarnas början termograferades yttervägg och bjälklag med IR-kamera för att placeringen av värmeflödesmätarna skulle kunna ske på representativa delar.

Värmeflödet genom konstruktionen mättes med termoelektriska värmeflödesgivare som applicerades på konstruktionens insida. Värmeflödesgivarna placerades på partier utan köldbryggor eller isoleringsdefekter. Yttertemperaturerna inne och ute i mätpunkterna mättes med motståndsgivare. Vidare registrerades lufttemperaturerna inne och ute. Dessa mätvärden registrerades i en integrator som integrerade samhörande värden på värmeflöde och temperaturskillnad över konstruktionen. Integrationsperioden var 3 h och 24 h. Mätningen pågick så lång tid att det erhållna värmemotståndet för hela mätperioden avvek med högst $\pm 5\%$ från närmast föregående integrationsperiods (dygnsmedelvärde) värmemotstånd.

Värmemotstånd och
K-värde beräknat
enl SBN

Beräkning enligt SBN ger:

Hus A

Yttervägg, inifrån räknat: 9 mm gips-skiva + 120mm polyuretan + 13 mm gips-skiva + 45mm min. ull + 120mm tegel

$\Sigma M = 5,71 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ $k = 0,17 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Snedtak, inifrån räknat: 13 mm gipsskiva
+ 120 mm polyuretan + 19mm
plywood + 1 lag
papp + slätplåt

$$\Sigma M = 4,52 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \quad k = 0,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

Hus B

Yttervägg: puts + ca 220 te-
gel + puts

$$\Sigma M = 0,42 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \quad k = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

Takbjälklag: konstruktions-
uppgifter saknas

Hus C

Yttervägg, inifrån räknat: 9mm gipsskiva +
120mm polyuretan
+ 13mm gipsskiva
+ plåt

$$\Sigma M = 4,48 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \quad k = 0,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

Snedtak; se snedtak hus
A

Hus D

Yttervägg: puts + ca 150mm
slaggplattor +
puts

$$\Sigma M \sim 0,80 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \quad k \sim 0,95 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

Vindsbjälklag och snedtak: konstruktions-
uppgifter saknas

Mätresultat

Följande värmemotstånd och med ledning därav framräknade k-värden erhöles vid mätning under minst sex på varandra följande dygn.

Tabell 1 K-värden beräknade och uppmätta

| | Hus | Konstruk- tionsdel | Värme- motstånd ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) | K-värde ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) uppmätt | K-värde ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) ber. vid proj. enl. ovan |
|------------|-----|------------------------------|--|--|--|
| Nybyggt | A | yttervägg mot öster | 7,49 | 0,13 | 0,17 |
| Nybyggt | A | yttervägg mot väs- ter | 10,20 | 0,10 | 0,17 |
| Nybyggt | A | snedtak | 7,98 | 0,12 | 0,21 |
| Befintligt | B | yttervägg mot öster | 0,83 | 0,93 | 1,48 |
| Befintligt | B | yttervägg mot norr | 0,80 | 0,95 | |
| Befintligt | B | takbjälklag | 5,09 | 0,19 | |
| Nybyggt | C | yttervägg mot söder | 8,03 | 0,12 | 0,21 |
| Nybyggt | C | yttervägg mot norr | 5,16 | 0,18 | 0,21 |
| Nybyggt | C | snedtak | 8,70 | 0,11 | 0,21 |
| Befintligt | D | yttervägg mot öster | 1,03 | 0,78 | 0,95 |
| Befintligt | D | yttervägg mot väster | 0,47 | 1,39 | |
| Befintligt | D | snedtak | 2,88 | 0,32 | |
| Befintligt | D | vindsbjälk- lag | 4,33 | 0,22 | |

6.1.1 Kommentarer till mätresultat

Uppmätta värden ligger långt under teoretiska beräkningar vilket ej är överaskande då lambdavärden för polyuretan verkar "satta" på säkra sidan. Det finns flera tidigare mätningar i andra sammanhang som ger liknande resultat. Beräknade k-värden för befintliga stenhus är osäkra då full kännedom om murens uppbyggnad saknas.

Befintligt hus D kommer att tilläggsisoleras med 10 cm mineralull så att k-värdet kommer att reduceras betydligt. Hus B kommer däremot att lämnas utan åtgärd p g a för stora tekniska svårigheter och därmed för höga kostnader vid en tilläggsisolering.

6.2 Täthet

Bestämning av byggnadens lufttäthet med s k "tryckmetoden"

Täthetsprovning har utförts av Theorells kontroll AB enligt nedan:

Metoden innebär att byggnaden sätts under över- och undertryck med hjälp av en fläkt. Därvid uppmäts det tillförda eller bortförda luftflödet Q som åtgår för att upprätthålla viss tryckskillnad, Δp , över byggnadens yttre begränsningsytor. Luftflödet blir härvid ett mått på byggnadens lufttäthet vid påfört tryck.

Resultatet är normalt oberoende av klimatförhållandet vid mättillfället. Normalt skiljer sig luftflödena vid över- resp undertryck. Detta kan bero på att vissa tätningar fungerar olika beroende på tryckgradientens riktning, utåtgående fönster har t ex normalt större läckage vid invändigt övertryck än vid undertryck. Det kan bero på att de naturliga tryckskillnaderna orsakar läckage som ej blir uppmätta vid provningen. Genom att bilda medelvärden av flödena erhåller man emellertid ett för byggnaden entydigt värde. Byggnadens lufttäthet bestäms normalt som antalet luftomsättningar n per tidsenhet.

Före provningen har alla ventilationsöppningar tätats. Även ytterdörrar tejpas igen liksom övriga genomgångar och springor som observerats, dock ej inom schakt.

På grund av byggnadens storlek är det i detta fall inte praktiskt möjligt att utföra provet för hela byggnadsvolymen. Därför har tryckprovningen utförts för endast ett våningsplan. Täthetsprovningen blir därför ett mått på husets täthet både internt mellan våningarna och ytterfasadernas täthet. Ett kontorshus är normalt på grund av alla genomföringar och schakt inte särskilt tätt mellan våningarna. För att minska detta luftläckage har i detta fall vissa extra tätningar utförts före provningen.

Provet gav följande resultat.

Protokoll från mätresultat

DATUM: 1982-04-21

OBJEKT: Kv. Åkern nr 13, 14, 16

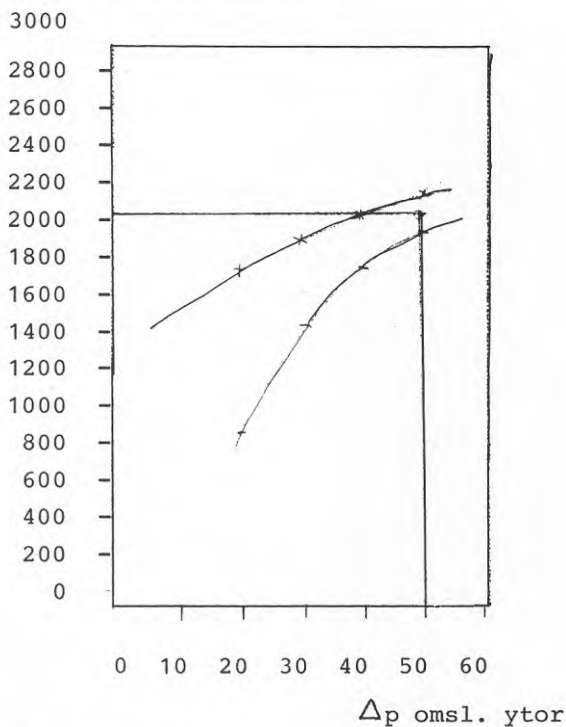
Hus A, plan 4, del 12

STOCKHOLM

Avser en helt färdigställd våning om 480 m² ly.

t i + 23°C

t u + 5°C



+ = ÖVERTRYCK, - = UNDERTRYCK

VINDHASTIGHET m/s: 4-6

N: ENTRE

V:  O:

S:

Byggnadens volym: 1.200 m³

Färdigställande av byggnad: X

Målningsarb. färdigt: X*

Täcklistor monterade X

Mattor lagda: X*

Tättningslistor monterade: X

Övrigt

Ja | Nej

* Delvis ej helt färdigt. Bild 4 Protokoll fr lufttätetsprovning

6.2.1 Kommentar till mätresultat

Om man räknar ut antalet omsättningar i timmen vid 50 Pa blir det för luftflödet 2.000 m³/h och den aktuella byggnadsvolymen 1.200 m³ lika med 1,7 omsättningar.

Utgår man från omslutande ytor som är ca 1.200 m² totalt varav endast 20% utgörs av fasadytor och resten representerar golv och tak kan man se att läckage till yttre ytor utgör endast 0,3 omsättningar. Det finns dessutom mycket som talar för att tätheten mellan våningsplanen är betydligt sämre på grund av alla genomföringar än ytterfasadens täthet vilket gör att ännu mindre del av luftflödet kan hänföras till ytterväggar och fönster.

6.3 Värmetröghet/tidskonstant för byggnaden

6.3.1 Mätning

Mätning har utförts av driftpersonal från kv Åkern enligt nedan.

Vid (+22°C) rumstemperatur avstängdes all värmeförsel, ventilationssystem, interna värmekällor och ytterdörrar låstes. Mätperioden började 1982-04-08 kl 14.00 och avslutades 1982-04-13 kl 12.00 (påskhelgen 1982). Registrering skedde med temperaturskrivare. Utomhustemperatur har tagits från SMHI:s timregistrering. Registreringsvärden framgår av nedanstående kurva.

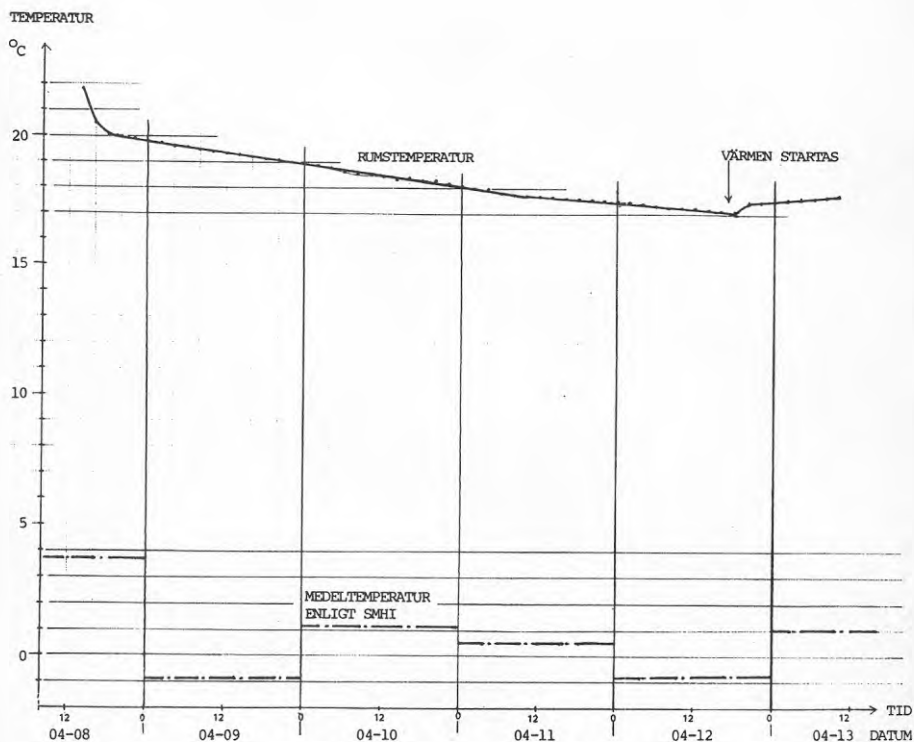


Bild nr 5 Avsvalningsförlopp

6.3.2 Beräkning

Vid en beräkning av husets tidskonstant kan man utgå från följande värden:

- o Förluster för en kontorsmodul beräknas till: fönster 2,8, yttervägg 0,8, luftläckage 1,5 = 5,1 W per °C temperaturdifferens mellan rumstemperatur och utetemperatur.
- o Värmetillskottet från instrålning genom ett fönster vid den akutella mätperioden har uppskattats till ca 1.800 Wh/dygn.
- o Balans mellan värmetillskott och förluster beräknas vid:

$$\frac{1.800}{24 \cdot 5,1} = 15^{\circ}\text{C utomhustemperatur.}$$

En rumstemperatur av 22°C och en utomhustemperatur av +2°C ger med ovanstående värden en beräknad tidkonstant lika med 6,5 dygn.

6.3.3 Kommentarer till mätning och beräkning

Av kuryan framgår att rumstemperaturen snabbt sjunker ca 1,5°C då värmeanläggningen stoppas. Därefter börjar lagrad värme avges, varvid avsvlningsförloppet följer en "normal" avsvlningskurva. En grafisk lösning ger då en tidkonstant motsvarande ca 6 dygn.

Av ovanstående framgår, trots att byggnaden kan betraktas som förhållandevis lätt, kan tidkonstanten uppskattas till minst sex dygn. Att den är så lång beror på låga k-värden i kombination med att husets ytterväggar och fönster är täta.

Om ventilationsanläggningen hade varit påslagen, har tidkonstanten beräknats till 2,4 dygn.

6.4 Registrering av energiförbrukning

Registrering har skett i fastighetens permanenta datoriserade styr/reglersystem, Billman Visonik 4000. Denna dator får sina mätvärden från inbyggda energimätare som finns för medierna värme och kyla.

Elmätning har skett med manuell avläsning. För varje huskropp finns separat mätning. För el är dessutom inbyggt en mätning per våning. Mätperioden har dels varit totalt för kvarteret, månadsvis sedan 1981-07-01 resp detaljregistrering av förbrukningsområden fr o m april 1982.

Under tidsperioden juli 1981 t o m juni 1982 är antalet graddagar 9% högre än räknat för normalår. Korrigering för detta har ej skett i nedanstående registrerade förbrukningar.

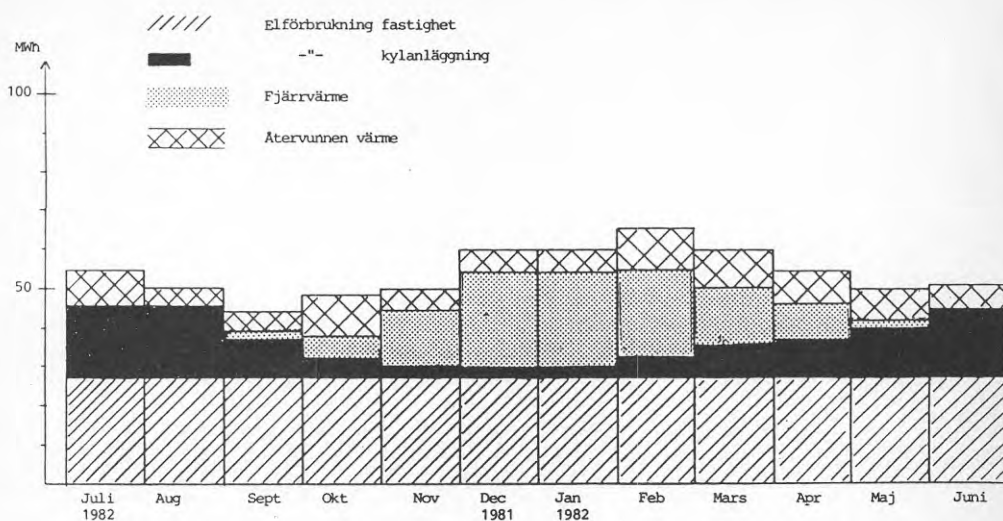


Bild 6 Månadsvis energiförbrukning

6.4.1 Elförbrukning, totalt

Elförbrukningen, totalt i kvarteret 4.200 Mwh under ett år fördelas enligt nedan (värden i Mwh):

| | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Byggström | 200* |
| P-hus | 100* |
| Varuhus, intern | 2.000* |
| Varuhus, fläktar | 315 |
| Varuhus, kyla | 145 |
| Hysesgäster befintliga byggnader | 500 |
| Fläktar/hissar befintliga byggnader | 200 |
| Hysesgäster nybyggt kontor | 310 |
| Fläktar nybyggt kontor | 70 ber. värde på drifttid |
| Komfortkyla nybyggt kontor | 150 |
| Energicentral (pumpar) | 150 |
| Tryckstegringspumpar | 20 |
| Hissar nybyggt kontor | 40 |
| Total elförbrukning | 4.200 |

* Uppmätta värden

* Totalt uppmätt. Fördelning är uppskattad

6.4.2 Elförbrukning nybyggnad

Värden i kwh/m² vy

| | | |
|--|---------------------------------|-------------|
| Intern förbrukning av hyresgäster | $\frac{310.000}{17.058}$ | = 18* |
| Fläktar + hissar | $\frac{70.000+40.000}{17.058}$ | = 6,5 |
| Energicentral + tryckstegringspump | $\frac{150.000+20.000}{48.000}$ | = 3,5 |
| Klimatkyla | $\frac{150.000}{17.058}$ | = 9 |
| Total elenergiförbrukning nybyggda kontor | | = <u>37</u> |

* Att den interna förbrukningen är relativt låg beror på låg belysningsstyrka och att hyresgästen släcker vid icke närvaro (18 kwh/m²).

6.4.3 Fjärrvärmeförbrukning, totalt

Fjärrvärmeförbrukning totalt i kvarteret juli 1981 - juni 1982, 2.870.000 kwh fördelas enligt nedan (värden i Mwh):

| | |
|---|--------------|
| Byggförbrukning under färdigställandet | 220 |
| (För uttorkning uppskattad merför- brukning 110.000 kwh) Nybyggt kontor | 160 |
| Radiatorkretsar bef byggnad och ventilation bef byggnader | 2.390 |
| Tappvarmvatten (fjärrvärmedel) | 100 |
| | <u>2.870</u> |

Mätning har skett veckovis inom de nybyggda kontoren och för tappvarmvatten. Däremot har separat mätning ej varit färdiginstallerad i de befintliga byggnaderna p g a att arbetet ej kunde fortsätta förrän efter vintern 1981/82.

6.4.4 Fjärrvärmeförbrukning nybyggnad

Värden i kwh/m² vy

| | | |
|---|----------------------------------|-----|
| Förbrukning fan coil + ventilation | $\frac{110.000+160.000}{18.100}$ | =15 |
| Förbrukning tappvarmvatten (upp- skattad fördelning mellan restau- ranger-övriga lokaler 60-40%). | $\frac{40.000}{48.000}$ | =1 |

Total fjärrvärmeförbrukning
nybyggnad kontor 16

6.4.5 Sammanställning förbrukad energi

Värden i kwh.

Elenergi totalt hela kvarteret 3.900.000
exkl "byggström" och P-Hus

Fjärrvärme totalt hela kvarteret 2.760.000
exkl "byggförbrukning"

Summa 6.660.000

I genomsnitt hela kvarteret $\frac{6.660.000}{48.000} = \underline{\underline{139}}$

I genomsnitt nybyggnad kontor
(enl 6.4.2 och 6.4.4 (37-16)) 53

I genomsnitt befintliga lokaler
inkl varuhus

$\frac{6.660.000 - 52 \times 18.100}{48.000 - 18.100} = \underline{\underline{191}}$

Genomsnittssiffran för befintliga lokaler inkl varuhus har sjunkit jämfört med åren innan om- och tillbyggnader påbörjades. Då förbrukades ca 3.200.000 el och 520 m³ olja, vilket borde betyda ca: 7.000.000 i förbrukning. Våningsytan var då 25.800, vilket ger $\frac{7.000.000}{25.800} = 270$

6.4.6 Kommentarer till förbrukad energi

Energiförbrukning inom nybyggda kontorslokaler om 53 kwh/m² vy/år är även uppmätt på en icke helt in-justerad anläggning, vilket borde innebära en ytterligare sänkning efter 1 - 2 års driftvana.

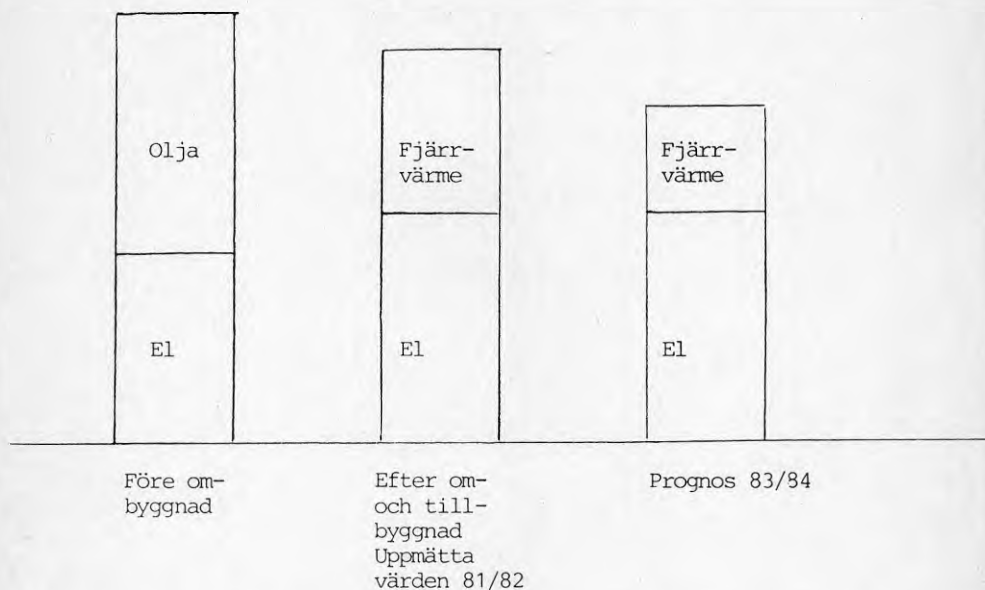


Bild 7a Total energiförbrukning för hela kvarteret (exkl P-hus)

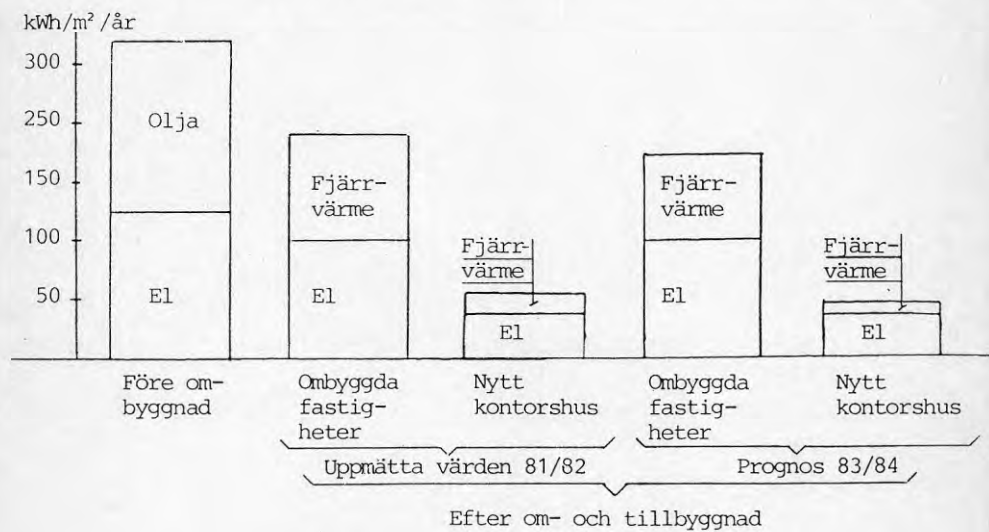


Bild 7b Energiförbrukning per ytenhet

7 ENERGIBALANSREDOVISNING

7.1 Hela kvarteret

Hela kvarterets energibalans ser ut på följande sätt (värden i Mwh):

| | |
|--|-------|
| Totalt tillförd fjärrvärme | 2.870 |
| Totalt tillförd el | 4.200 |
| Återvinning från kommersiell kyla till varuhuset, uppskattat värde | 200 |
| Återvinning från kommersiell kyla till tappvarmvatten | 85 |
| Återvinning från komfortkyla till tappvarmvatten | 80 |
| Återvinning från komfortkyla till uppvärmning av hus A och hus C, uppskattat värde | 150 |
| Totalt energiflöde för kvarteret vid dagens nyttjande | 7.585 |

För att utnyttja återvinningsvärmerna via kommersiell kyla bättre krävs en smärre ombyggnad. Dessutom kan komfortkylmaskinerna för hus A och C utnyttjas till förvärmning av radiatorkretsarna för hus B och D, vilket utförs hösten 1982.

7.2 Nybyggda lokalerna

Energibalansen för de nybyggda kontorslokalerna, hus A och hus C, ser ut på följande sätt (värden i Mwh):

| | |
|--|--|
| Total fjärrvärmeförbrukning | 270 |
| Elförbrukning exkl kylmaskiner i energicentral | 420 |
| Del av elförbrukning för kylmaskiner i energicentral | 210 |
| Återvinning till varmvatten, uppskattat värde | 27 |
| Återvinning till uppvärmning | 150 |
| Totalt energibehov för nuvarande nyttjande | 1.127 |
| Totalt energiflöde | $\frac{1.127.000}{17.058} = 63 \text{ kwh/m}^2 \text{ vy}$ |

Av detta är 53 kwh/m² vy "köpt" energi.

8 ÖVERVÄGANDEN VID BESLUT OM UPPHANDLING AV STYR OCH REGLERSYSTEM

8.1 Förvaltningstekniska aspekter

Då kvarteret innehåller dels nybyggnad och del ombyggnad av befintliga lokaler så måste ihopkopplingen resp arbeten med detta ske med tanke på att det fanns hyresgäster i lokalerna. Nedan upplistas överväganden som har skett.

Målsättningen för hela det här projektet var bl a att dubbla våningsytan inom kvarteret med bibehållen energiförbrukning.

8.1.2 Hyresgäster

Befintliga lokaler skall kunna vara i funktion under genomförandefasen av ombyggnaden då det finns hyresgäster i lokalen under hela perioden.

8.1.3 Underhåll

Framtida underhåll, service och garanti (med framtida menas i detta fall efter genomförd ombyggnad). Ett enkelt system önskas, vilket kräver mindre antal reservdelar och det skall vara mera lättskött än vad som tidigare har varit. D v s servicepersonal skall inte behöva springa runt i lokalerna för rutinkontroller. "Springet" ute i lokalerna skall endast föräledas när det behövs för åtgärder på platsen.

8.1.4 Garanti

Med garanti avses vad som kan hända efter det att entreprenaden är genomförd. Det innebär att behålla befintliga anläggningar till viss del resp att bygga om dem till viss del. Någon måste ta ansvar för hur steget tas från befintlig anläggning över till en moderniserad anläggning. Vidare finns den normala materialgarantin för de nya leveranserna. Garantier för att funktioner innehålls så att målet nås om minimal energiförbrukning på resp del av fastigheten. Dessutom garanti för att det genomförs enligt planerna så att hyresgäster ej blir störda under arbetet med anläggningen resp därefter. Garantier för att service på anläggningen erhålls inom överenskomna tider när så erfordras.

Underlag för förebyggande underhåll i form av att driftstider på rörliga komponenter kan registreras och indikeras i god tid före servicebesök så att en planläggning och därmed rutinmässig förvaltning kan erhållas.

Möjlighet till integrering med motsvarande anslutning av flera fastigheter inom Citadellets förvaltnings-

område. En tidig avsikt var att om teknologin med kv Åkern innehålls skall flera större fastigheter som finns inom Citadellets förvaltning centraliseras och därmed skulle investeringar som sker i kv Åkern kunna slås ut på flera fastigheter. Detta kan utgöras av central utrustning men framför allt på den personella sidan, att kvalificerade tekniker skall kunna utnyttjas på flera objekt.

8.2 Tekniska aspekter

8.2.1 Flexibilitet

Med ordet flexibilitet menas att Citadellets tekniker inom fastigheten lätt och enkelt själva skulle kunna ställa om, programmera om mm på den tekniska sidan och inte behöva anlita externt folk fortsättningsvis när det gäller att göra förändringar. Detta innebär att driftansvarig personal själv kan genomföra förändringar av systemet, drifttider, gränsvärdens förändringar etc när det gäller hyresgästernas disposition av lokalerna som sker i framtiden.

8.2.2 Zonindelning vid ombyggnad

Innebär att hyresgäster endast får störas under mycket kort tid. Den befintliga anläggningen är i drift fram till en tidpunkt när bara omläggning av kablar i stort sett kan ske på några timmar. Den datoriserade nya anläggningen kan då operera själv under en tid, utan att behöva vara ansluten till dator eller annan utrustning. Det blir kort tid mellan upphandling av styrregler-entreprenad och första idrifttagandet. Den korta tidplanen beror på att ombyggnaden skall ske under icke uppvärmningssäsong och därmed finns bara sommaren 1981 för allt arbete och det kan vara för kort från den period som sattes under hösten 1980.

TBF-tiden (felfrekvens) skall vara så lång som möjligt. Detta innebär att tiden mellan eventuella fel skall vara så lång som möjligt för anläggningen.

8.2.3 Programmering

Vid programmering skall alltid klarspråk användas så att Citadellets egen driftpersonal enkelt och snabbt skall kunna lära sig systemet och kan "prata" med datorn.

8.2.4 Relationshandlingar

Relationshandlingar över anläggningen skall finnas på bildskärm så att driftpersonalen enkelt kan få en flödesbild över en viss del av anläggningen och därmed kan hitta i systemet mycket enklare än om de jobbar

med vanliga lösa ritningar. Uppskattning av antalet ritningar eller flödesbilder ger i storleksordningen 75 stycken och därav kravet på att det skall ligga på bildskärm så att de snabbt kan gå att få fram.

8.2.5 Märksystem

Det skall vara ett märksystem för anläggningen som dels är geografiskt betingat inom fastigheten och dels skall det vara integrerat med samtliga delar dvs mekaniska delar, eltekniska delar, styr-regler-delar och byggnader.

8.2.6 Drift- och skötselinstruktion

Drift- och skötselinstruktioner skall byggas upp i samband med styr-regler-anläggningen och vara uppbyggd enligt principen att fastighetstekniker skall förstå den.

En förkortad version skall finnas i datorn så att det går att få en enkel användning av drift- och skötselinstruktioner. Målsättningen skall vara att dessa får plats i en normal pärm.

8.2.7 Larm

Samarbete när det gäller larm och dess vidareföring till externa larmmottagare. Brandlarm måste utav myndighetskrav ske separat men det skall finnas möjlighet att parallellt ta in det på datorn och därmed kanske hindra utryckningar vid falskt larm. Dessutom skall det gå att sända vidare de viktigaste larmen under den tid på dygnet då icke driftcentral är bemannad.

8.2.8 Kablage

Kablage som förläggs mellan de olika enheterna skall vara märkta på sådant sätt att de av misstag ej kan klippas av i en senare ombyggnad av fastigheten.

Den erfarenhet som erhållits när det gäller den här fastigheten är att det finns otroligt mycket kablar liggande överallt, som ser likadana ut och det har hänt olyckor under ombyggnadsfasen p g a detta. Därför skall viktiga enheter i styr-regler systemet vara märkta på cc avstånd ca 1 meter på ett varaktigt sätt så att vem som helst som går upp ovan undertaket skall se att detta är en styr-regler kabel.

8.2.9 Låsning

Det skall finnas möjlighet att koppla in låssystem och eventuella kodlås till styr-regler systemet.

8.2.10 Kraftanläggning

Viss anslutning resp styrmöjligheter skall kunna ligga på elsidan och dess högspänningssida med bl a spetsvaktsbegränsare och övervakning reservkraft.

8.2.11 Energimätning

Mätning för statistik av energiförbrukning på resp fläkt resp shuntgrupper som för ut media i anläggningen. Detta som en dubbelcheckning för eventuella fel i anläggningen.

8.3 Administrativa aspekter

8.3.1 Entreprenadform

Efter att ha beaktat punkterna 8.1 och 8.2 beslöts att en entreprenadform som uppfyllde fastighetsägarens krav borde vara totalentreprenad. I totalentreprenaden lägga in kablageförlängningar, utredningsjobb mm samt ansvar för befintliga anläggningar i den meningen att den blivande entreprenören själv får bestämma hur mycket som skall bytas ut och byggas om. Ett förfrågningsunderlag som bestod av en rambeskrivning och relationshandlingar av befintlig anläggning samt en funktionsbeskrivning med sikte på vad som önskades erhålla av dels nybyggda delarna och dels de kommande ombyggnaderna av befintliga anläggningar. Förfrågningsunderlaget togs fram i samråd med ett antal konsulter som är specialister var och en på sitt område. Tyvärr uppstod det misshälligheter eller missförstånd mellan de olika konsulterna då de flesta av dessa indirekt skrev förfrågningsunderlaget för att de själva fortsättningsvis önskade delta i projektet som kontrollanter. Ett försök med tillrättläggande av detta skedde i förfrågningsbrevet där det framfördes synpunkter och begärdes in pris på totalentreprenad med förfrågningsunderlaget som gällande ur teknisk synvinkel och icke administrativ synvinkel.

8.4 Tidsaspekt

8.4.1 Genomförandetidplan

Upphandling i september 1980, entreprenören skulle ha genomfört utvärdering, slutgiltig utvärdering av befintlig anläggning och prissatt densamma till vecka 50/1980. Första leverans av ombyggda fläkttrum skall ske 1:a maj 1981 och i princip hela anläggningen skall vara levererad till september 1981 och därefter följer en slutgiltig intrimming och injusteringsperiod med besiktning 1:a kvartalet 1982 och fullt färdig anläggning inkl efter-arbeten från slutbesiktning klart till 1:a april 1982. Som kommentar till tidplan kan

man säga att den kanske startades i väl hårt tempo pga att vi själva inte hade bättre vetande om den tid det tar att ta fram slutgiltiga underlag för befintlig anläggningsteknisk status och funktion. Även upphandlingstiden försenades pga problem som uppstod i upphandlingsarbetet genom att förfrågningsunderlaget och den upphandling vi hade för avsikt att göra. En totalentreprenadsupphandling tog mer tid än beräknat att genomföra pga utvärderingen om vad resp entreprenör hade offererat i sitt anbud.

8.5 Ekonomiska aspekter

8.5.1 Förfrågnings-situation

Förutsättningar och egna bedömningar innan förfrågningsunderlag utsändes. Parallellt med utredningsarbetet våren 1980 hade våra tyngsta konsulter gjort vissa ekonomiska bedömningar och vi hade själva byggt upp en kalkyl och bild över vad det borde kosta att genomföra denna entreprenad. Dels i form av ombyggnad av befintliga delar och dels i form av eventuella tilläggs-kostnader för de rena nybyggena.

8.5.2 Upphandlingssituationen

När offerterna inkommit från de 5 inbjudna anbudslämnarna pekade det på att vår egen förhandskalkyl hade varit mycket fel, dvs att erhållna anbud låg ca 75% över egen kalkyl. Då stoppades upphandlingsarbetet under en period och utredning vidtogs om en av våra konsulter som hade varit med och lämnat priset skulle kunna genomföra handläggningen. Därför infordrades delanbud från andra entreprenörer och leverantörer än de vi hade frågat. Detta arbete tog ca 4 veckor att genomföra för att erhålla en bild av de kalkyler som hade upprättats under anbudstiden i stort sett stämde och att den merkostnad det skulle innebära att genomföra anläggningen med de erhållna anbuden var betydligt för stor.

Därefter fortsatte förhandlingsarbetet med entreprenörerna som lämnat anbud och när risksituationer klarlagts och en ytterligare förändring av upphandlingsformen skett så erhöles kostnader som väl överensstämde med vad som hade kalkylerats. Den förändring som skedde var att det pris som hade begärts in delades och de kan kallas för två klossar, A det var en förutsättning att samtliga befintliga komponenter inom anläggningen kunde bibehållas och att styrregler blev en ren styrbit och alt B att samtliga befintliga komponenter inom anläggningen byttes ut och ersattes med nya. Upphandling skedde på dessa förutsättningar och att entreprenören lämnade en mycket detaljerad prislista varefter ett gemensamt besiktnings- och bedömningsarbete kunde fortgå under ett antal veckor. Gemensamt räknades då fram det slut-

giltiga priset som rimligtvis borde ligga någonstans mellan A- och B-pris.

Parallellt med denna upphandling utkristalliserades också vår konsultgrupp på ett sätt som gjorde att vissa konsulter skildes från uppdraget och två konsulter behölls för den fortsatta handläggningen. En med VVS-kompetens och en med el, styr-regler-kompetens, vilka gemensamt med våra egna tekniker fortsättningsvis har granskat och följt upp den upphandlade produkten.

8.5.3 Genomförandesituation

Vid beslut om hur mycket som skall byggas om av befintlig anläggning togs det fram utredningar för att beräkna pay-off-tider för varje enskilt fläktrum med tillhörande ombyggnad. Plus att det även har gjorts en totalbedömning av hur mycket som skall byggas om för att erhålla de kriterier som har uppställts under 6.1 när det gäller framtida drift, underhåll, servicegrad mm. Denna dubbelkoll av ekonomi har föranlett att det har bedömts och nyttjats relativt långa pay-off-tider för att kunna motivera en totalt fungerande anläggning och en fungerande anläggning i ett lika mönster rakt igenom. Genom att bedöma hela anläggningens driftresultat och pay-off-tid erhålls en bättre slutprodukt än att som underlag bara beakta pay-off-tider vilka då kan variera från några dagar upp till 7 - 8 år. Det har i vissa situationer valts att även investera trots pay-off-tider på 7 - 8 år, men då med beslutsunderlag att därmed erhålla en likformig anläggning och som får ett bättre slutresultat.

8.5.4 Uppföljning

Fastighetsägaren har även gjort en bedömning av att handla med företag som bedöms komma att leva kvar under längre tid framöver. Därmed kan detta påverka prisbilden i vissa avseenden.

Det som efterlyses i punkterna 6.1 och 6.2 ovan. När entreprenaden upphandlats och arbetet med förfrågningsunderlaget under sommaren 1980 fanns det relativt få anläggningar i drift som innehöll de krav som har ställts på denna anläggning. Därför var det så svårt att genom studiebesök och annat skaffa sig en bild av vad det egentligen var som resp entreprenör avsåg med alla sina listor och specifikationer. Parallellt med utvärderingsarbetet besöktes de olika leverantörernas referensanläggningar, diskuterades med dess driftpersonal och på det sättet klarlades en bild av hur felaktigheter rättades till, hur servicedelarna har fungerat efteråt osv.

9 KOSTNADSUPPFÖLJNING AV STYR- OCH REGLER-
SYSTEMET

9.1 Redovisning upphandling och uppföljning av
tilläggskostnader

Förfrågningsunderlag finns redogjort för i 8. Efter förhandlingar och uppdelning i ett A- och ett B-pris träffades avtal som slutade på att A-priset skulle vara 1,2 miljoner och B-priset 1,8 miljoner + indexreglering med H63. Därefter vidtogs den gemensamma besiktningen och utvärderingen av befintlig anläggning för att finna ut slutpriset.

Under besiktningens arbetet konstaterades vissa fel i förfrågningsunderlaget så tillvida att vissa felbedömningar var gjorda, vissa fläktar var glömda vid uppställandet av förfrågningsunderlaget samt funktioner i energicentralen har utökats genom fastighetsägarens önskemål. Detta föranledde tilläggskostnader. Avgående kostnader erhöles där det visade sig för dyrbart att bygga om vissa direktexpanderande kylmaskiner för varu- huset och för en annan hyresgäst.

Efter långa förhandlingar och en längre utdragen besiktningstid än som hade avtalats enades parterna under april 1981 om en slutkostnad på 2,2 miljoner inkl indexreglering och samtliga ändrings- och tilläggsarbeten var reglerade i och med detta. Våra konsulter som fanns kvar i projektet har tillsammans med fastighetsägaren arbetat med uppföljning av entreprenörens leveranser och handlingar. Entreprenören har i stort sett följt det uppgjorda schemat. Däremot har det uppstått vissa tidsförskjutningar, troligtvis pga att felbedömningar gjorts i anbudsstadiet av den verkliga tiden för projektering och ombyggnad. Under vintern 1981/82 gavs en tidsförlängning med tre månader. Ersättning för extra driftkostnader under denna värmesäsong, erhöles dvs merkostnader för fjärrvärme för en hel driftsäsong, vilket blev följden av den här tremånaders förseningen. I övrigt har entreprenaden genomförts helt enligt avtal och det innebär att några ytterligare extra kostnader inte har uppstått och den kvalitet som har bestämts i avtalet har innehållits.

9.2 Servicepolicy

9.2.1 Prognos av servicepolicy

Styr- och reglerentreprenaden svarar för service under garantitiden. Därefter kommer serviceavtal att upprättas baserat på drifterfarenhet under garantitiden. Även serviceavtal för anslutande delar till styr- och regler-systemet dvs el och VVS-system kommer att byggas upp under garantitiden.

Efter garantitidens utgång kommer serviceavtal att tecknas för vissa delar plus att stora delar kommer att utföras av fastighetsägarens egen personal. Under den tid styr-regler-anläggningen hittills har varit i drift har nästan inga fel förekommit. Även inom el- och VVS-entreprenaderna har förekomsten av fel varit mycket liten.

Inget system fungerar bättre än den svagaste länken och därav att ett differentierat och väl genomplanerat energisystem väljs så ställer detta krav på att driftpersonalen kan utnyttja dess möjligheter i full utsträckning. För att i praktiken klara av alla de uppgifter som krävs med momentan informationsbehandling från ca 700 adresser samt beräkningar av denna data för maximalt utnyttjande av information så att minimal tillförsel av energi sker. Till detta krävs ett väl fungerande styr och övervakningssystem.

Omvänt gäller samma resonemang, investerar fastighetsägaren i ett kraftfullt styr och övervakningssystem så kräver detta att ett väl genomtänkt system för fastighetens energibehov finns.

För att klargöra vad den kravspecifikation som redovisas i punkt 5.1 leder till följer här en redovisning.

10.1 Flexibilitet

Fastighetsägarens krav på att lokalerna är i största möjliga mån avdelbara eller disponibla för de över-skådliga krav som hyresgästen kan tänkas ställa är inte tekniskt eller ekonomiskt möjligt att uppfylla till 100%.

Lösningen som är installerad inom kv Åkern har närmast sig målet. Installationer tillfredsställer individuell rumstemperaturreglering inom mycket breda belastningsfall. Mätning och registrering av enskilda förbrukares utnyttjande av energi för fördelning av energikostnaden kan också i stor utsträckning uppfyllas även vid omdisponering av lokalerna. Denna flexibilitet har uppnåtts med den installation som har skett inom nybyggda fastighetskroppar av kv Åkern.

För befintliga fastighetsdelar har inte detta systems stora möjligheter kunnat utnyttjats i full utsträckning då befintliga installationer har bibehållits.

10.2 Underlag för hyresdebitering

För att rationellt kunna förvalta och minimera de over-head kostnader som en affärsdrivande fastighetsägare ställer krävs att förbrukad energi registreras och beräknas på korrekt sätt samt så momentant som möjligt. Detta är komplicerat i en fastighet som inhyser flera hyresgäster med mycket differentierad verksamhet.

För att uppfylla detta krav har mätningmöjligheter installerats för de olika systemen. Dessa registreringssverk levererar sin information till huvuddatorn

som i varje ögonblick kan tala om förbrukad energimängd.

10.3 Statistikbehandling

För att driftansvarig personal snabbt skall få ett underlag för bedömning av underhållsinsatser samt förändringar av de förbättringar som de genomför på installerade system krävs fortgående registreringar av energiförbrukningen. Detta hade inte varit genomförbart utan ett väl differentierat distributionsystem samt registrering och lagringsmöjlighet av insamlade uppgifter.

10.4 Korttidslagring

För att utnyttja korttidslagringsmöjligheten så maximalt som möjligt så krävs att "förutsägelse" av nästa dygns väder genomförs. Detta kan genomföras manuellt. Här har utnyttjats den möjlighet som huvuddatorns program innehåller.

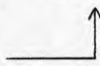
En kontinuerlig övervakning av utetemperaturen samt dess förändringar utföres så att en extra-polering av nästa dygns väder kan genomföras. Detta leder till att lagring av energin som är möjlig i installerade 46 m³ tankar utnyttjas i full utsträckning. Önskvärt vore att dessa tankar innehöll en större volym. Platsbrist i befintliga utrymmen har bestämt volymen.

10.5 Kontroll - avstängning

För nybyggda fastigheter har genomförts en kontroll och avstängningsmöjlighet av driften för uppvärmningssystemet fasad och våningsvis. Denna nedbrytning i procentuellt små delar av fastigheten innebär att utnyttjande av energiförbrukningen kan minimeras till de lokaler som utnyttjas. Minimeringen av elförbrukningen framgår klart av fig nedan i detta tidstyrningsprogram var helt genomfört vecka 23/1982.

Dessa reduceringar av elförbrukningen kunde inte erhållits såtillvida att nedbrytningen av klimatanläggningen hade skett till den nivå som är genomförd. Reduceringarna som har skett av insatt värme- eller kylenergi redovisas inte i denna tabell.

| | | 1982 vecka | | | | | El-förbrukning Kwh | | | | |
|-------|----|------------|------|------|------|------|--------------------|------|-----|------|------|
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Hus A | | | | | | | | | | | |
| Plan | 11 | 866 | 906 | 888 | 743 | 657 | 754 | 818 | 485 | 663 | 622 |
| | 10 | 1227 | 1331 | 1209 | 1086 | 992 | 1148 | 1127 | 787 | 1005 | 970 |
| | 9 | 780 | 773 | 728 | 598 | 544 | 629 | 766 | 437 | 652 | 712 |
| | 8 | 646 | 768 | 656 | 506 | 362 | 488 | 609 | 344 | 514 | 504 |
| | 7 | 806 | 738 | 722 | 540 | 441 | 627 | 824 | 476 | 535 | 618 |
| | 6 | 693 | 676 | 685 | 548 | 416 | 485 | 601 | 307 | 499 | 433 |
| Hus C | | | | | | | | | | | |
| Plan | 10 | 528 | 574 | 436 | 640 | 396 | 450 | 614 | 400 | 476 | 482 |
| | 9 | 1344 | 1202 | 1098 | 1198 | 1158 | 1386 | 1518 | 902 | 1166 | 1208 |
| | 8 | 394 | 414 | 366 | 354 | 300 | 394 | 422 | 256 | 354 | 360 |
| | 7 | 582 | 526 | 508 | 560 | 526 | 582 | 584 | 404 | 534 | 470 |

Inkoppling 

10.6 Minimering uteluftsflöde

För att undvika mekaniska fel i spjällmotor-länkar och dyl inom ventilationsaggregat som är försett med återluft är det installerat möjligheter att mäta blandningstemperaturen.

Den för stunden gällande blandningstemperaturen beräknas via datorn genom registrering av uteluftstemperatur - returluftstemperaturen - blandningstemperaturen.

Denna beräkning har till syfte att alltid upprätthålla min uteluftsflöde dvs inställa spjällen.

10.7 Styrstrategi

Citadellets byggsystem är viktmässigt lätt vilket innebär att fastighetens lagringsmöjligheter är ringa varför lagring av energin som tillförs fastigheterna måste ske utanför byggstommen.

Tillförd energi av solinstrålning och människor som vistas i fastigheten under dagtid förflyttas inom kvarteret meddelst vatten som binder ca 4.000 ggr mer energi/volymsenhet än luft. Därmed har energiförbrukningen för pumpning vid förflyttning av energi kunnat reduceras i stor utsträckning, dvs pumpa vatten är billigare än via fläktrum transportera stora luftmängder. Detta kan med fördel utföras med hjälp av ett datoriserat styr-reglersystem som har kapacitet för många registreringar och beräkningar samtidigt (pkt 10 700 adresser).

Idag arbetar datorn med 4 olika ekvationer för morgon, dag, natt och helgdrift avseende de olika mediakretsarna respektive huskropparna. Därutöver finns flera kombinationer av dessa ekvationer för att mer eller mindre individuellt anpassa årets olika tillfällesbehov.

Dessutom nyttjas 2 x 23 m³ tankarna för lagring av antingen kallt eller varmt vatten som komplement alternativt utjämningsfaktor.

En av fördelarna med detta är att kylkompressarna under sommaren körs nattetid och därmed går det att få en ca 15°C lägre kondenseringstemperatur vilket innebär mycket lägre förbrukning av elenergi för kylmaskinerna.

11 SLUTSATSER

11.1 Förhållande el-fjärrvärme

Vid Citadellets byggsystem är faktorn fjärrvärme kontra elförbrukning $160/570 = 28\%$ fjärrvärme och 72% elförbrukning. Det leder till slutsatsen att man kan ifrågasätta fjärrvärme.

Vattenburen elvärme borde vara billigare ur kommunal-distributionssynpunkt.

Dessutom ger denna systemlösning ett nyttjande av låga vattentemperaturer inom byggnaden vilket även håller dörren öppen för alternativa uppvärmningsmöjligheter.

11.2 Driftmål

Kvarterets nybyggda delar närmar sig en nivå av energiförbrukning som utgör ett ekonomiskt optimum.

53 kwh/m² vy/år, med trolig slutnivå om ca 45 kwh/m² vy/år, medför att tillförd energi utöver vad som åtgår vid nyttjandet av själva lokalen till belysning - maskiner mm nästan är 0 och därmed är det ej ekonomiskt lönsamt ur fastighetsägarsynpunkt att göra ytterligare tekniska investeringar. Då den besparing om ytterligare ca 15 - 20 kwh/m² vy som är möjlig innebär att tekniken med säsongsförflyttning av energi måste tillämpas. Detta tror vi kräver större objekt än detta kvarter.

11.3 Systemet

Investering av mera komplexa datasystem för styr- och regler kräver ett energisystem med många varieringsmöjligheter eller omvänt.

Ett energisystem med många variabler kräver i sin tur en byggnad av lättkonstruktion som är mycket tät och välisolerad.

Tunga byggnader med större lagringskapacitet än Citadellets byggsystem, medger ej stor varieringsförmåga ur energisynpunkt.

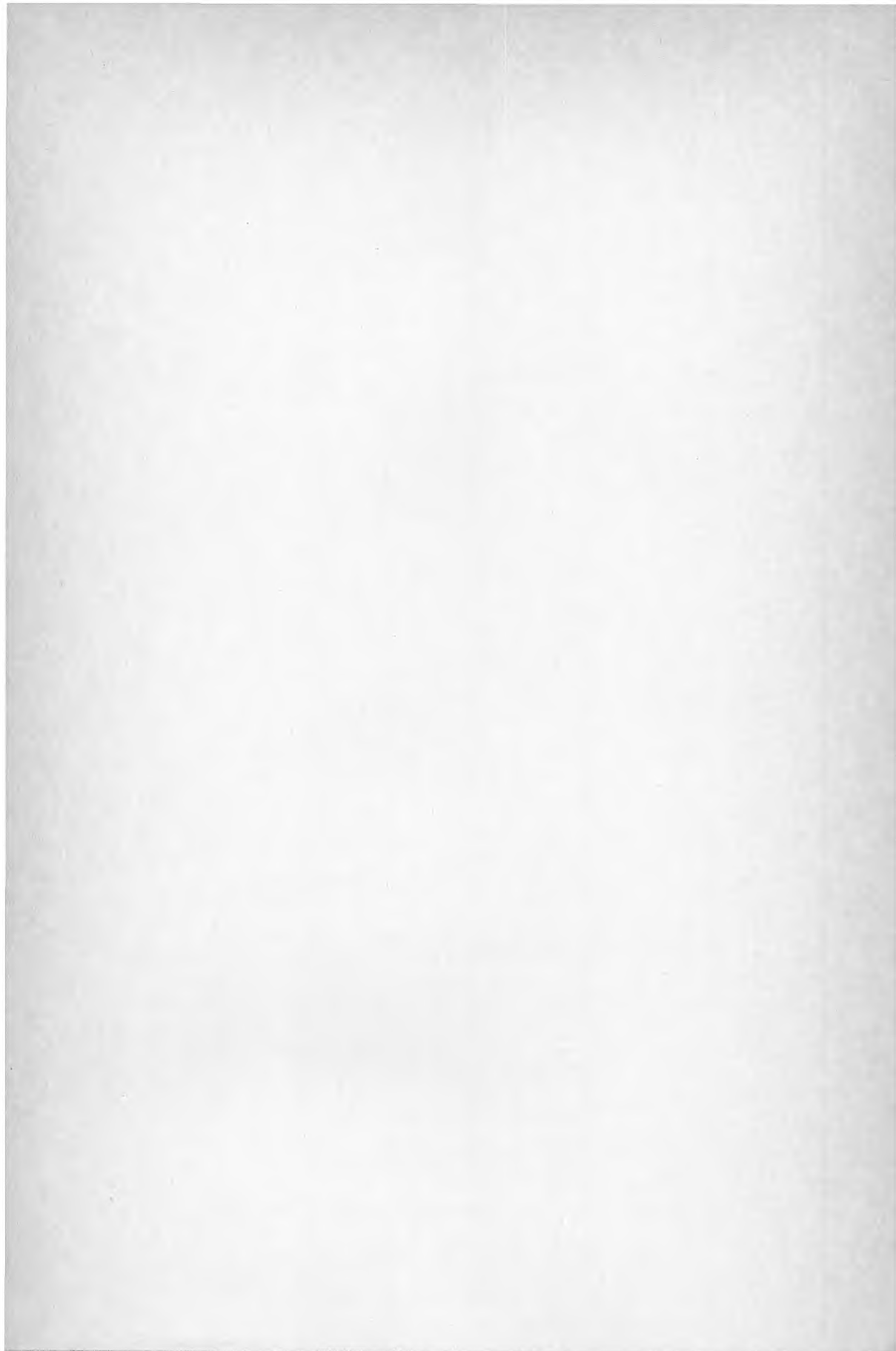
Den lätta byggnaden ger därmed ett bättre anpassat inomhusklimat till hyresgästernas olika krav och eventuella framtida omDispositioneringar och utökningar av datorisering inom kontorsadministrationen.

11.4 Fastighetsägarsynpunkt

Ett fastighetsbolag borde vara mest intresserat av lätta byggnader, typ Citadellets byggsystem då deras verksamhet går ut på att äga och hyra ut till relativt

korta hyreskontrakt jämfört med byggnadens egen livslängd.

Dessutom ger det låga driftkostnader i dagsläget plus mindre framtida känslighet för stora energikostnadsförändringar.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811627-7 från Statens råd för byggnadsforskning till
fastighetsbolaget Citadellet AB.**

R15:1984

ISBN 91-540-4080-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704015

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris 30 kr exkl moms