



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.

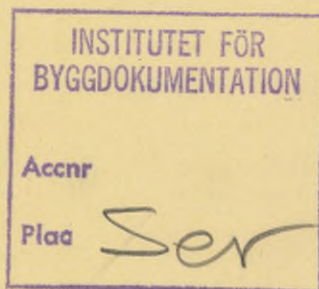
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may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



Borrhålsvärmelager för flerbostadshus i Märsta

Förstudie

Hans Hydén
Jonny Kellner
Rolf Nilsson



K
AW

R174:1984

Borrhålsvärmelager för flerbostadshus
i Märsta

Förstudie

Hans Hydén
Jonny Kellner
Rolf Nilsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
830888-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Sigtunahem, Märsta.

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

R174:1984

ISBN 91-540-4280-1

Statens råd för byggandsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

	Sid
FÖRORD	
1	SAMMANFATTNING 7
2	BAKGRUND OCH SYFTE 9
2.1	Teknik för säsongsvärmelagring 9
2.2	Byggnaders anpassning till lågtemperatursystem 9
2.3	Samspelet mellan fjärrvärmeför- sörjning och lokala värmepumpar med värmelager 14
2.4	Syftet med föreliggande förstudie 14
3	FÖRUTSÄTTNINGAR I VALSTA 15
3.1	Bebyggelse och nuvarande värme- försörjning 15
3.2	Allmänna energi- och effektbe- sparande åtgärder 15
3.3	Icke traditionella åtgärder och synsätt för att sänka effekt- behov och temperaturkrav 18
3.4	Dimensionerande värmebehov 30
4	SYSTEMLÖSNINGAR MED SÄSONGSVÄR- MELAGRING 31
4.1	Allmänna principer 31
4.2	Luft som värmekälla 35
4.3	Fjärrvärme som värmekälla 38
4.4	Konsekvenser för fjärrvärmele- veranserna 39
5	EKONOMI 41
5.1	Investeringar och kapitalkost- nader 41
5.2	Energikostnader 41
5.3	Totala uppvärmningskostnader 43
5.4	Konsekvenser för fjärrvärmele- verantören 44
6	DISKUSSION OCH SLUTSATSER 45
7	REFERENSER 47

FÖRORD

Föreliggande projekt avser en förstudie av möjligheterna att införa lågtemperaturteknik och höggradig oljeersättning med hjälp av värmepump i befintlig 60-talsbebyggelse.

Som studieobjekt har nyttjats AB Sigtunahems bostadsområde i Valsta, Märsta. Projektledare för Sigtunahem har varit Sven-Gunnar Könberg.

Huvudansvariga för projektarbetet har varit Hans Hydén och Johnny Kellner, VBB AB, Stockholm och Rolf Nilsson, Arlanda VVS-Konstruktioner AB, Märsta.

Värdefulla diskussioner har förts med Ingvar Eriksson, VD för Sigtuna Energiverk.

Stockholm i februari 1984
Hans Hydén

1 SAMMANFATTNING

Möjligheterna att införa lågtemperaturteknik och höggradig oljeersättning med hjälp av värmepump och säsongsvärmelagring i befintlig 60-talsbebyggelse har studerats. Som studieobjekt har utnyttjats ett bostadsområde i Märsta, Sigtuna kommun, färdigställt år 1967.

Beräkningar visar att det genom idag traditionella energisparåtgärder och måttliga fönsterförbättringar bör vara möjligt att sänka maximalt erforderlig framledningstemperatur i husens värmesystem till 55-60°C, vilket ger goda möjligheter till oljeersättning med hjälp av värmepump.

De studerade husen är idag fjärrvärmeförsörjda. En övergång till värmeförsörjning med värmepump och värmelager innebär stora förändringar i fjärrvärmeleveranserna. De tekniska och ekonomiska konsekvenserna för värmekonsumenterna och fjärrvärmelieferantören har studerats för ett antal olika systemlösningar. Flera möjligheter till för båda parter ekonomiskt intressanta lösningar har påvisats.

Det bör vara intressant att någon av de föreslagna systemlösningarna kommer till utförande så att borrhålsvärmelagringstekniken demonstreras under betryggande former (back-up från fjärrvärmesystemet). Samtidigt kan en för många parter intressant systemlösning med värmepump och säsongsvärmelagring demonstreras och testas.

2 BAKGRUND OCH SYFTE

2.1 Teknik för säsongsvärmelagring

Ett antal olika metoder för säsongslagring av värme i mark har utvecklats under de senaste åren. Motivet för värmelagring har varit att skapa förutsättningar för värmeförsörjning med solvärme och naturvärme (vatten och uteluft); i de flesta fall med hjälp av värmepump.

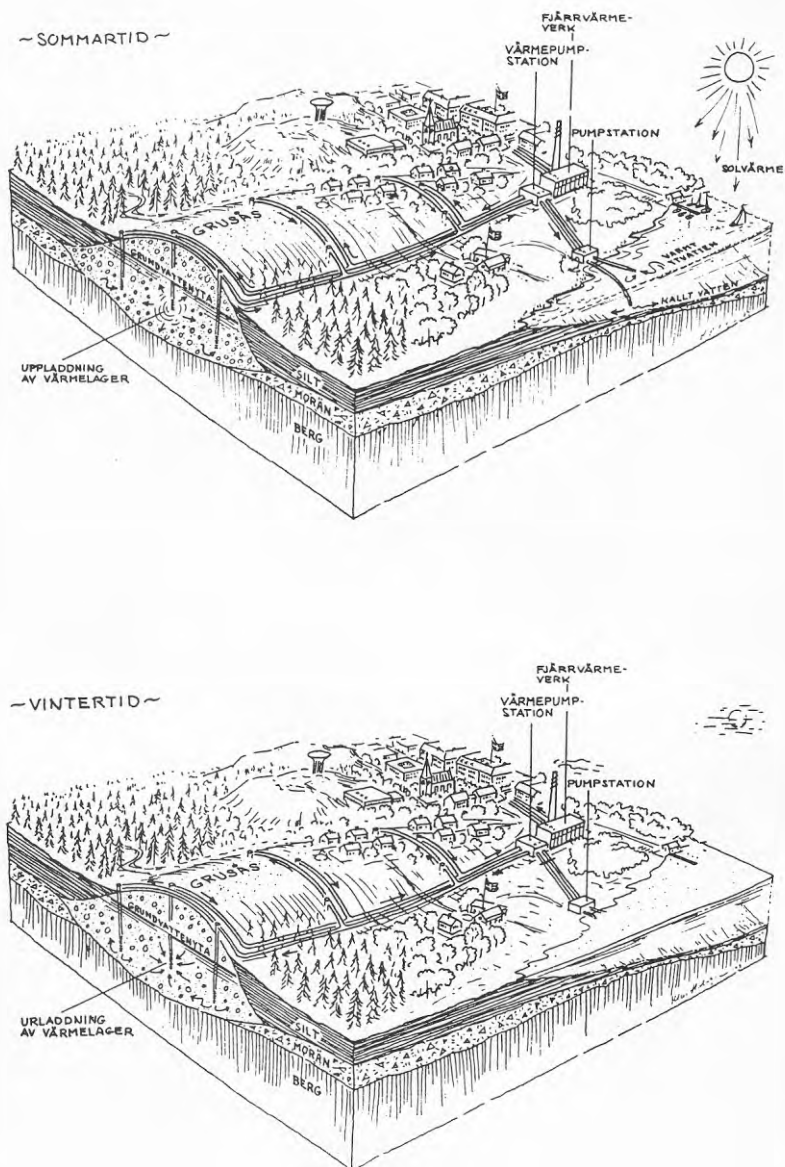
De metoder som för närvarande är mest aktuella är värmelagring i grundvatten (Hydén m fl, 1983) samt borrhålslager (Sunstorelager) i lera (Hultmark, 1980) och i berg (Platell m fl, 1981). De olika metoderna är illustrerade i Figur 2.1-2.3. Värmelager i grundvatten och lera är troligen alltid förknippade med värmepumpar. Mycket stora värmelager i berg för fjärrvärmesystem kan fungera tekniskt och ekonomiskt utan hjälp av värmepump. För lager som är knutna till bebyggelse via gruppcentraler krävs dock troligen värmepump för att lagret ska bli ekonomiskt.

Värmelager i lera och berg har bedömts ha en betydande potential som värmekälla för värmepumpar i blockcentraler (Margen, 1983). Förutsättningarna blir speciellt goda om installationstekniska och byggnadstekniska åtgärder vidtages så att maxeffektbehovet minskar och temperaturen i uppvärmningssystemet kan sänkas. Vid planering för bebyggelseanknutna värmelager är det också mycket angeläget att beakta samordningsfrågor med befintliga och eventuella framtida fjärrvärmesystem.

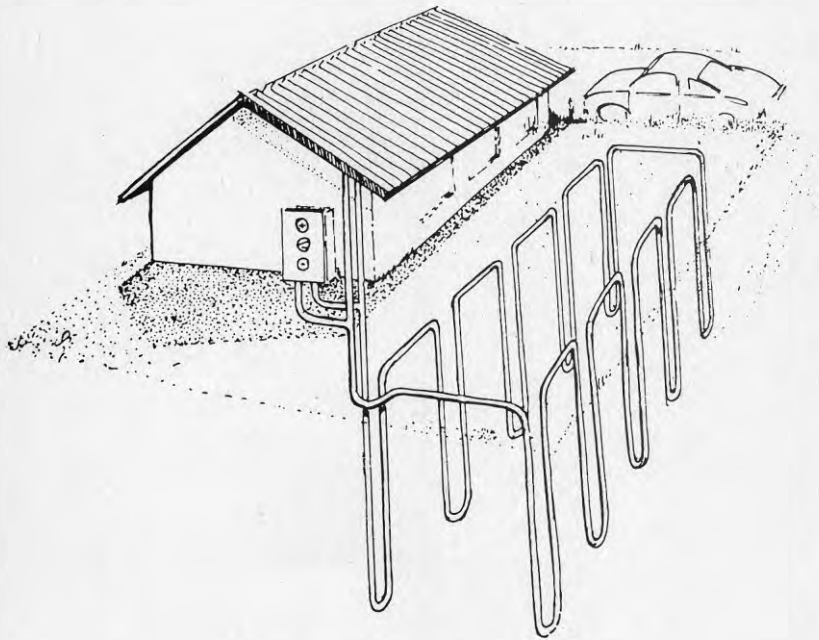
2.2 Byggnaders anpassning till lågtemperatursystem

Studier har visat (Gustafsson m fl, 1978) att radiator-system generellt är överdimensionerade i relation till sina nominella maximala framledningstemperaturer. I byggnader färdigställda före 60-talets mitt är detta särskilt påtagligt.

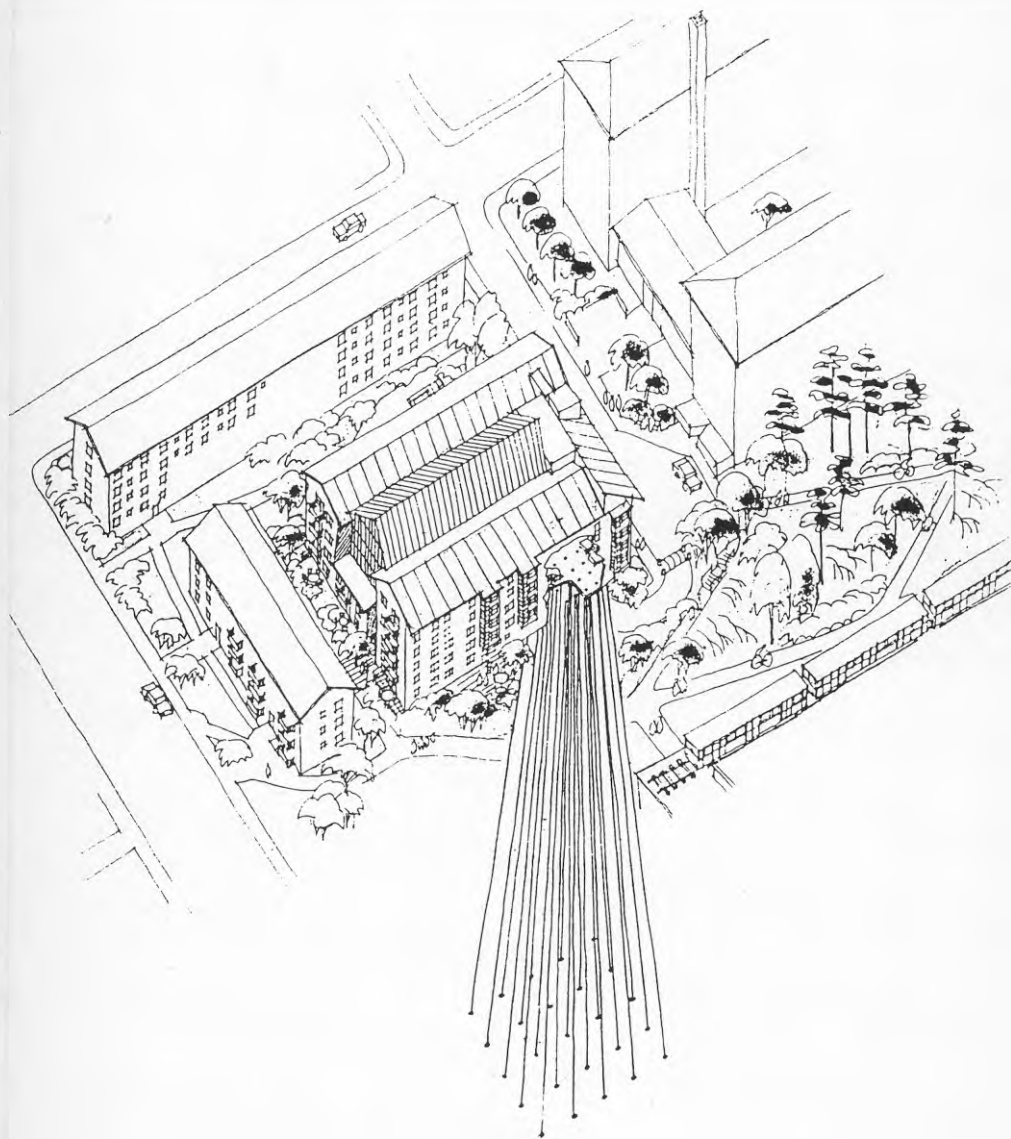
I bebyggelse från 1960- och 70-talen är "reserven" i form av överdimensionerade radiatorsystem mindre. Samtidigt ökar fönstrens relativa andel i transmissionsförlusterna eftersom ytterväggar med större värmemotstånd började introduceras under denna period. Koncentrerade insatser för fönsterbättring borde i sådana hus ge möjligheter till minskade framledningstemperaturer. Det är emellertid sannolikt att lägre framledningstemperaturer utöver fönsterförbättringar också kan kräva större värmeavgivande ytor. En tekniskt enkel och ekonomiskt rimlig åtgärd kan vara att montera kompletterande smala radiatorer vid tak ovanför/innanför fönster, kopplade till det befintliga värmerörsystemet.



Figur 2.1 Värmelagring i akvifer.



Figur 2.2 Sunstorelager i lera.



Figur 2.3 Sunstorelager i berg.

Av tänkbara byggnadstekniska åtgärder för energihushållning i befintlig bebyggelse har förbättring av fönster - med undantag av tätning - hittills betraktats som en mindre lönsam åtgärd än t ex tilläggsisolering av ytterväggar.

Övergång från 2-glasfönster till fönster med k-värden $< 2\text{W/m}^2\text{°C}$ ger visserligen en avsevärd förbättring av värmemotståndet, men dels är fönstrens andel av klimatskärmen måttlig dels blir åtgärden specifikt dyr räknad t ex per inbesparad kWh.

Jämfört med tilläggsisolering av ytterväggar har emellertid utbyte av fönster eller tillägg av ett tredje och kanske också fjärde glas ett antal praktiska fördelar. Till skillnad mot vad utvändigt isolering kräver minskar eller utesluts ställningskostnaderna. Inget inkräktande på rumsmått sker - som vid invändig isolering.

Fönsterförbättring torde också nästan undantagslöst kunna genomföras snabbt och utan nämnvärd störning för de boende.

De kraftigt förbättrade yttemperaturerna på invändiga glasytor ger fördelar, som hittills inte uppmärksamats till sina fulla värden, såsom:

- * Vistelsezonen i ett rum påverkas/utökas gynnsamt. En ekonomisk värdering av detta är knappast genomförbar, men vinsten bör inte neqligeras.
- * Med hänsyn till den operativa temperaturen medger ökade yttemperaturer en sänkning av lufttemperaturen. Med normala fönsterareor i typiska rum i flerbostadshus kan det vid byte från 2-glasfönster till fönster med k-värden $< 2\text{W/m}^2\text{°C}$ röra sig om en minskning med ca 1°C , vilket sänker årsvärmebehovet med ca 6 %.
- * Det i sammanhanget kanske viktigaste är att radiatorernas kompensande bidrag till den operativa temperaturen kan minska. Annorlunda uttryckt kan lägre framledningstemperatur i vattenburna system bli möjliga.

Sammanfattningsvis kan man således som en arbetshypotes anta att man med rimliga installationstekniska och byggnadstekniska åtgärder i de flesta typer av bebyggelse bör kunna klara sig med en maximal framledningstemperatur i värmesystemen av $55\text{--}60\text{°C}$, vilket samtidigt är den temperatur som krävs för varmvattenberedning. Fr o m 1984-01-01 föreskriver SBN vid nyproduktion av byggnader en maximal framledningstemperatur av 55°C .

Man bör också observera att genom övergång till lågtemperatursystem i befintlig bebyggelse så blir möjligheterna att uppnå höga effekter på radiatorerna mycket begränsade. Detta kan på sikt bli ett styrmedel för att förhindra onödig vädring. Ovarsam vädring får nämligen till följd en nedkylning av rummen, som med låg tillgänglig radiator effekt blir svåra att snabbt värma upp. Förhoppningsvis leder detta till att de boende blir mera observanta på vädringens problematik.

2.3 Samspelet mellan fjärrvärmeförsörjning och lokala värmepumpar med värmelager

Ett värmelager med värmepump i bebyggelse med möjlighet till fjärrvärmeanslutning innebär en kompletterande värmeförsörjningsanläggning vars dimensionering och ekonomi blir beroende av driftförutsättningarna för fjärrvärmesystemet. Värmepumpen innebär att delar av värmeproduktionen sker lokalt vilket kan nyttjas för oljeersättning i den centrala värmeproduktionen. Värmelagret möjliggör nämligen att värmeproduktionen såväl centralt som lokalt i ökad utsträckning kan ske under låglasttid. En god totalekonomi kräver att en samordnad planering av värmeproduktionen sker och att fjärrvärmeleverantören arbetar med en säsongs-differentierad värmeförbrukning. Under sådana förutsättningar kan både konsument och värmeproducent samtidigt uppnå tekniska och ekonomiska fördelar.

2.4 Syftet med föreliggande förstudie

Syftet med föreliggande förstudie är att närmare belysa möjligheterna att i bebyggelse från slutet av 60-talet sänka kraven på maximal framledningstemperatur i värmesystemet till 55-60°C. Syftet är vidare att studera dimensionering och ekonomi för värmepumpar med säsongsvärmelager i berg för oljeersättning i sådan fjärrvärmeanslutning bebyggelse. Värmekällan för laddning av lagret är härvid uteluft, alternativt fjärrvärme producerad till låg kostnad under sommaren.

Som tillämpningsexempel har studerats AB Sigtunahems bostadsområde Valsta i Märsta.

Rapporten avses kunna utgöra underlag för beslut om vidare projektering och anläggning av en demonstrationsanläggning, där speciellt energitäckningsmöjligheterna för den anslutna bebyggelsen och samordningsfrågor med fjärrvärmeproduktionen kan studeras.

En sådan demonstrationsanläggning kan även tas som utgångspunkt för eventuella förändringar av det statliga energisparstödet till befintlig bebyggelse och av finansieringen av värmelager.

3 FÖRUTSÄTTNINGAR I VALSTA

3.1 Bebyggelse och nuvarande värmeförsörjning

AB Sigtunahems bostadsområde i Valsta omfattar 312 lägenheter med en total bostadsyta på ca 29 000 m² fördelade på sex stycken sju-vånings lamellhus färdigställda år 1967, se Figur 3.1 och foto Figur 3.2. Husen är för närvarande fjärrvärmeförsörjda via två abonnentcentraler i husen A2 och A5. Det nuvarande värmebehovet ett normalår är ca 7,2 GWh/år.

3.2 Allmänna energi- och effektbesparande åtgärder

3.2.1 Ventilation

Husen innehåller till en övervägande del mycket stora 3- och 4-rumslägenheter med ett extra tvätt- eller duschrum.

Luftmängderna i lägenheterna är stora med enligt vid byggnadstidpunkten gällande norm 60 m³/h i bad, WC och dusch samt 80 m³/h i kök som gällande värden. Energi- och effektbehovet blir härigenom stort. De stora luftmängderna har även medfört att fönsterkarmarna bågnat.

En anpassning av luftmängderna enligt SBN 80 bör ske genom att installera tidsstyrda frånluftsdon i mörka bad- och duschrum och tidsstyrda spiskåpor i kök, samt genom att injustera luftmängderna i ljusa badrum till 36 m³/h.

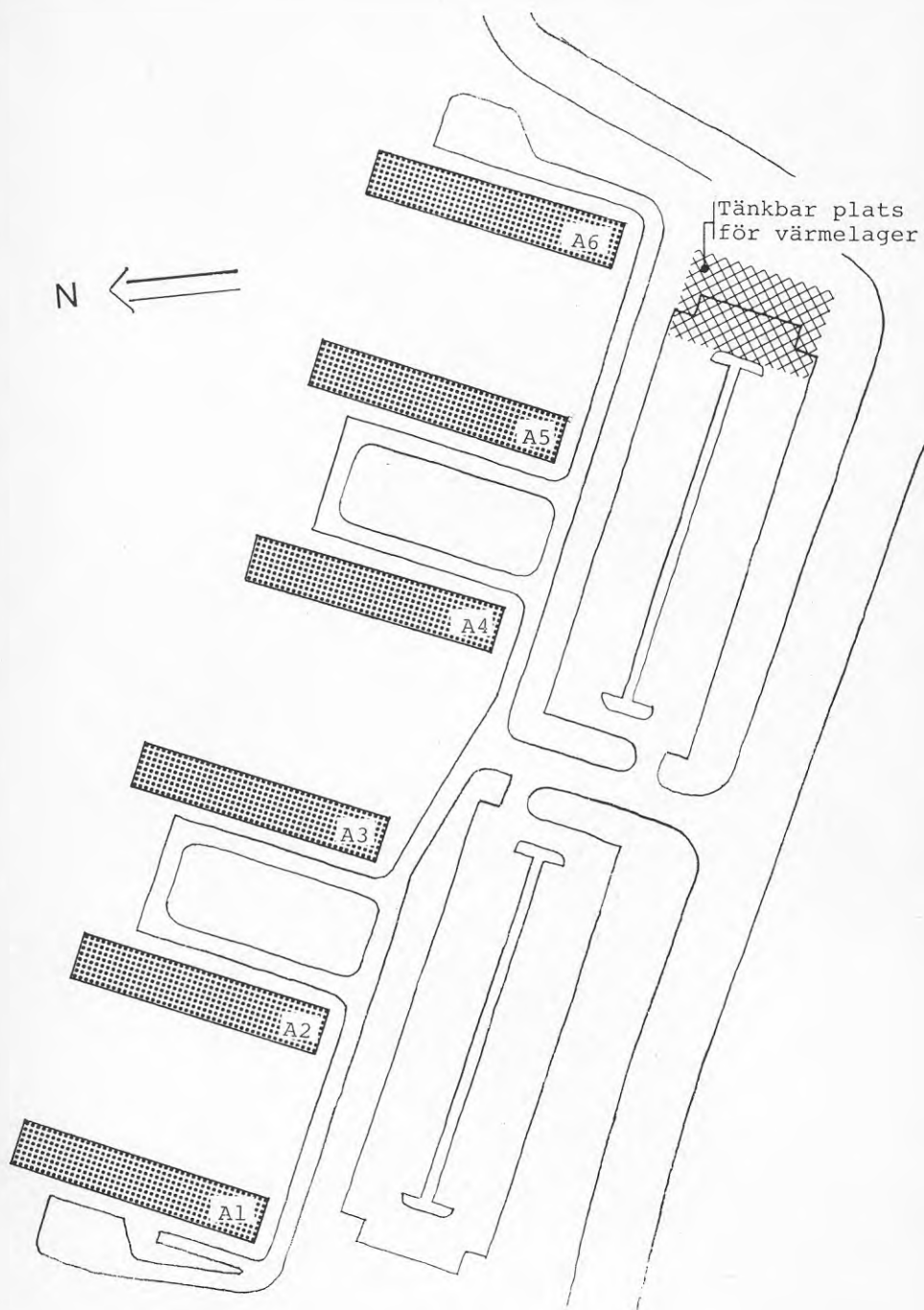
Dessa åtgärder medför att en stor energimängd kan sparas, samt även att effektbehovet minskar, då den tid forcering pågår är så kort, att någon hänsyn ej behöver tas till då erforderlig effekt.

Grovsoprummen är försedda med en extra kontrollventil, där även en radiator är monterad. Kontrollventilen bör sättas igen då luftväxlingen ändå blir tillräcklig.

Åtgärderna i ventilationssystemet innebär att man totalt gör en effektbesparing av ca 380 kW, och att energiförbrukningen minskar med ca 1 000 MWh/år.

Trapphusen är utformade som genomgångsentréer med entrédörrar från bägge långsidorna, vilket medför dubbla antalet dörrar mot vad som är nödvändigt. Dessa dörrar är dessutom mycket otäta och har dåligt k-värde. Entréerna på baksidan av husen bör därför sättas igen.

Huvudentréerna bör byggas om till vindfång genom att ytterligare en dörr sättes in. Genom en samordnad



Figur 3.1 AB Sigtunahems bostadsområde i Valsta.



Figur 3.2 Valstaområdet.

reducering av luftmängderna både vid entréer och trapphus kan en energibesparing på ca 600 MWh/år åstadkommas.

3.2.2 Radiator- och varmvattensystem

Radiatorsystemen i husen har efter besiktning befunnits vara dåligt inreglerade med rumstemperaturer varierande mellan 19-22°C.

För att få en jämnare fördelning till 20°C i husen, och för att kunna tillgodogöra överskottsvärmen, som avges i form av personvärme, hushålls-el och solinstrålning, bör radiatortermostatventiler installeras. I samband med detta inregleras radiatorsystemet på varje radiator och respektive radiatorstammar. Dessa åtgärder medför en energibesparing av ca 280 MWh/år.

De befintliga blandarna är av äldre typ med ett flöde som är avsevärt större än vad som numera anses erforderligt. Blandarna bör därför bytas ut mot blandare av lågflödestyp. Besparingen av ett sådant utbyte torde uppskattningsvis bli ca 14 000 m³ vatten per år och en energimängd av ca 400 MWh/år genom minskad varmvattenförbrukning.

Cirkulationspumparna i undercentralerna är fortfarande i drift hela året, även då inget värmebehov föreligger. Dessa bör periodvis kunna stoppas sommartid och förses med en enkel reglerutrustning, som startar och stoppar pumparna för regelbunden "motion" under denna period. Detta medför en el-energibesparing på ca 8 MWh/år. Dessutom sparas ett antal kWh i minskat läckage.

3.2.3 Slutsatser

Den möjliga energibesparingen för de sex bostadsfas-tigheterna med ovan föreslagna åtgärder uppgår till ca 2 400 MWh/år. Energiförbrukningen skulle således på detta sätt kunna minskas från nuvarande 7 200 MWh/år till 4 800 MWh/år.

3.3 Icke traditionella åtgärder och synsätt för att sänka effektbehov och temperaturkrav

3.3.1 Allmänt

Det är i högsta grad angeläget att frågor om energihushållning samordnas med effekthushållning. Dagens låneregler ger dock få incitament till effektnedsättande åtgärder i besparingssyfte.

Som tidigare nämnts förbättras förutsättningarna för säsongsvärmelagringsteknik om möjligheter finns att skapa lågtemperatursystem inom själva byggnader-

na. Framledningstemperaturen vid dimensionerande effektbehov bör uppgå till högst ca +55°C. I befintlig bebyggelse är de flesta vattenburna radiatorssystem baserade på betydligt högre temperaturer, nominellt +80°C. Erfarenheter visar dock att många befintliga värmeanläggningar är överdimensionerade.

Inför de generella kraven på en högsta framledningstemperatur av +55°C vid nybyggnad (1984-01-01) har Statens Planverk tagit fram ett preliminärt förslag till beräkningsmetod för dimensionerande utetemperatur (DUT) och värmeeffektbehov som för närvarande testas på småhus. För ett normalt småhus på 110 m² som uppfyller de nya s k ELAK-kraven blir den dimensionerande utetemperatur i Stockholm ca -13°C, att jämföra med LUT = -18°C.

Om man till detta lägger inverkan av interna värmelaster blir den totala beräkningsmässiga effektredueringen ca 30% jämfört med hittillsvarande regler i SBN 80.

En av förutsättningarna för detta projekt har varit att med hjälp av effektreducerande byggnads- och regleringstekniska åtgärder åstadkomma en kraftig sänkning av framledningstemperaturen och därmed möjliggöra införande av lågtemperatursystem utan nämnda förändringar i befintliga installationer.

Förutom traditionella besparingsåtgärder (se avsnitt 3.2) utnyttjas byte av 2-glasfönster med k-värde på ca 3 W/m²°C till fönster med så låga k-värden som ca 1,5 W/m²°C. De befintliga 2-glasfönstren är i dåligt skick och även utan energihänsyn i behov av byte. Fönsterarean är ca 30% av byggnadens totala fasadarea. Genom fönsterbyte och vissa fönsterminskningar sänks effektbehovet för täckande av transmissionsförluster med ca 1,0 kW per lägenhet. Samtidigt sjunker naturligtvis energibehovet genom att transmissionsförlusterna minskar samt genom att inomhustemperaturen kan sänkas något tack vare ökning av den operativa temperaturen. Troligen kan också ytekonomin anses öka genom att kallrasen från fönstren minskar kraftigt vilket medger bättre möblerbarhet. Eventuellt kan en tilläggsisolering av vindsbjälklaget bli nödvändig för att en acceptabel inreglering av lägenheterna i de översta våningarna skall bli möjlig.

Genom införande av lågtemperatursystem även i befintlig bebyggelse skapas, som redan antytts, möjligheter att på ett effektivare sätt utnyttja t ex värmepumpar, returvatten i fjärrvärmenät, spillvärme, ackumulering m m.

3.3.2 Värmekapacitet

Vid konstant inomhustemperatur och oförändrad utetemperatur under en längre tid kan värmefflödet genom t ex en yttervägg hinna bli stationärt. Detta är

den normala beräkningsförutsättningen vid bestämningen av väggens värmemotstånd/värmeegenomgångskoefficient. I praktiken inträffar emellertid stationära värmeflöden nästan aldrig i byggnadskonstruktioner. Normalt befinner sig en byggnad och dess enskilda delar alltid i en avkylnings- eller uppvärmningsfas.

Detta beror dels på att omgivningsförhållandena - t ex utomhustemperatur och solstrålning - ändras snabbt, dels på att alla byggnadsdelar har en viss värmekapacitet och därmed lagringsförmåga.

Värmekapaciteten för en byggnad bestäms således av de ingående materialens specifika egenskaper, den s k värmekapacitiviteten, vanligen uttryckt i Wh/°C, kg, och av mängden material t ex per m² av byggnadsdelen.

Tabell 3.1 Specifik värme för några ämnen och byggnadsmaterial

Material	Värmelagrande förmåga	
	kWh/°C ton	kWh/°C m ³
Stål	0,14	1,07
Lättmetall	0,26	0,69
Betong	0,25	0,58
Natursten	0,19-0,22	0,44-0,58
Glas	0,21	0,54
Tegel (1,7)	0,26	0,42
Gips	0,31	0,37*)
Barrträ	0,58-0,81	0,28-0,42
Gasbetong (0,5)	0,25	0,12
Luft (vid +10°C)	0,28	0,004
Vatten	1,17	1,17

*) En 13 mm tjock gipsskiva lagrar ca 0,005 kWh/°C m²

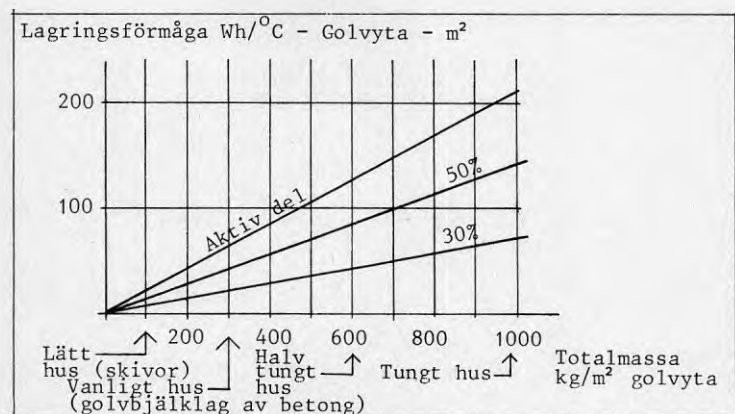
Värmekapaciteten är av stor betydelse vid dimensioneringen av den maximala effekten i en byggnads uppvärmningssystem. Behovet av hänsyn till värmelagringen i en byggnad ökar vid hög isoleringsstandard och låg maximal framledningstemperatur i värmedistributionssystemet. De värmelagrande egenskaperna hos en byggnad är också en av de viktigaste faktorerna vid solvärmeutnyttjande genom fönster och inglasningar.

För att dimensionera en värmeanläggning i en byggnad så att önskad inomhustemperatur kan upprätthållas måste hänsyn till flera faktorer tas, bl a den effektiva delen av byggnadens värmekapacitet. Det finns dock inte en allmänt vedertagen princip för hur den effektiva värmekapaciteten skall beräknas. I KTH (1982) ges exempel på hur man använder summan av

bjälklagens, innerväggarnas och halva ytterväggarnas värmekapacitet alternativt summan av hela ytterväggarnas samt halva innerväggarnas och bjälklagens kapacitet. Inte i något av fallen tas hänsyn till inredningens och möblernas massor. Inte heller omtalas betydelsen av isoleringens placering i ytterväggen.

Vid beräkning av den effektiva värmekapaciteten talar mycket för att endast ta hänsyn till den del av massan som ligger innanför värmeisoleringen. I vanliga tegel och betongkonstruktioner sker dygnsmässiga temperaturförändringar till ett djup av ca 0,1 m.

En konstruktions förmåga att ta emot och lagra värme försämras avsevärt om den täcks av något isolerande material. Om ett betongbjälklag t ex täcks av en tjock heltäckningsmatta med ett värme motstånd på ca $0,2 \text{ m}^2\text{°C/W}$ reduceras lagringskapaciteten från ca $56 \text{ Wh/m}^2\text{°C}$ till 17 Wh/m^2 under antagandet att ca 0,1 m av betongmassan deltar i processen. Därför kan man aldrig vid beräkning av en byggnads värmekapacitet anta att hela massan aktivt deltar i processen. Ett rimligt antagande är att kanske endast 50-60% av byggnadens massa deltar aktivt.



Figur 3.3 Exempel på olika byggnaders värmekapacitet

När värmesystemet för en byggnad dimensioneras tar man även hänsyn till värmeförluster och husets täthet. Temperaturförloppet brukar beräknas med hjälp av byggnadens tidskonstant. Större massa och mindre förluster ger ett högre värde på tidskonstanten och långsammare temperaturförändringar i rumsluften. I Sverige har man godtagit att rumstemperaturen får sjunka 3°C under loppet av fem dygn vid ett tillfälle under en 30-årsperiod för en tung byggnad och under loppet av ett dygn för en lätt byggnad (t ex ett småhus med träregelstomme och träbjälklag).

3.3.3 Förutsättning för effektberäkning i Valsta

Byggnadernas stomupbyggnad

Byggnadernas långfasader består av EW-element (60 mm betong, 80 mm cellplast, 40 mm betong; k-värde 0,45 W/m²°C. Area ca 1970 m² per byggnad.

Byggnadernas gavelfasader består av EW-element (100 mm betong, 120 mm cellplast, 60 mm betong); k-värde 0,3 W/m²°C. Area 510 m² per byggnad.

Utfackningspartier av ytterväggarna består av utvändigt plåtbeklämdad, 13 asfaltboard, 80+30 mineralulls-isolering och 13 mm gips. 15% regelandel; k-värde ca 0,40 W/m²°C. Area 175 m² per byggnad.

Vindsbjälklagen består av yttertak, 250 mm stab leca och 160 mm betongbjälklag; k-värde ca 0,5 W/m²°C. Area 870 m² per byggnad.

Fönstren består efter byte av förseglade 3-glasfönster; k-värde 1,5 W/m²°C. Area 900 m² per byggnad. Hänsyn till fönsterreducering med ca 100 m² per byggnad har tagits.

Den luftvolym som skall värmas till +20°C är ca 6200 m³ per byggnad (lägenheter).

Den luftvolym som per timme skall värmas till +18°C är ca 2000 m³ per byggnad (trapphus, källare).

Källarväggarna har en area 400 m² per byggnad och källarbjälklaget har en area av 870 m² per byggnad.

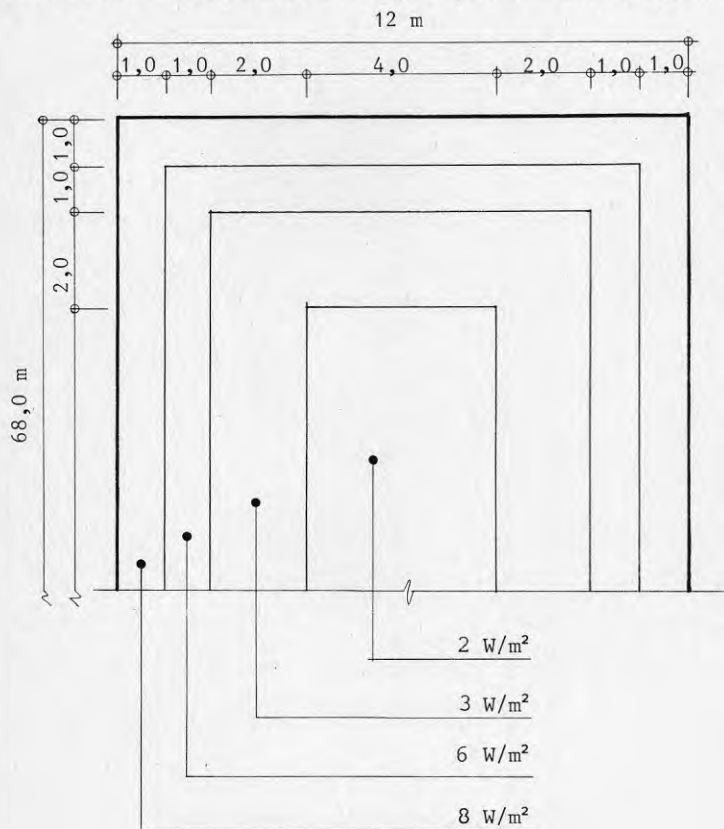
Effektbehovet har beräknats med hjälp av dator.

3.3.4 Effektbehov för byggnadsdelar under mark

För beräkningar av byggnadens effektbehov i källare (väggar och golv) har datorprogram utnyttjats. Programmet som är utarbetat vid Institutionen för matematisk fysik, LTH, är egentligen avsett för simulering av värmelagringsförloppet i ett borrhållager. Eftersom programmet simulerar det termiska förloppet även i marken utanför själva lagret ger det möjligheter till att simulera effekt- och energiförlusterna i källarmurar och bottenplattor under mark. För att förenkla beräkningarna har simuleringen skett för en cylindriskt utformad källare med radien 10 m och höjden 2,5 m. I övrigt har klimatskärmens fysikaliska data använts. Temperaturen i cylindern är +18°C, väggar och golv anges med sina värmemotstånd.

För marken har antagits värmeledningstalet $1,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ och kapaciteten $1,9 \text{ MJ/m}^3^\circ\text{C}$. Marktemperaturen beror av luftens temperatur vilken kan beskrivas som en sinuskurva med årsmedeltemperaturen $+6,6^\circ\text{C}$. Beräkningen förutsätter att ingen grundvattenströmning sker.

Simulering har skett under en tidsperiod av 10 år för att nå en acceptabel insvängning i marken. Till grund för beräkningarna ligger månadsmedelvärdet den kallaste månaden under det 10:e året. Väggarna och bottenplattan har sedan delats in i olika randzoner där effektbehovet anges per m^2 för varje zon.



Figur 3.4 Zonberäkning av effektförluster genom bottenplattan

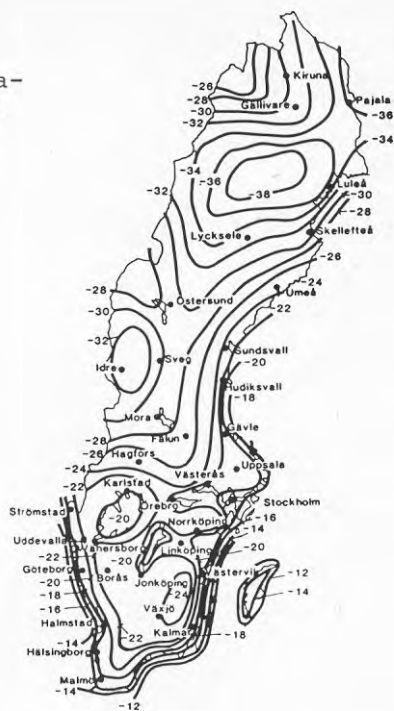
Det sammanlagda maximala effektbehovet för källarväggarna och bottenplattan blir enligt simuleringen ca 7 kW/hus .

3.3.5 Beräkning av DUT

Byggnaderna i Valsta kan antas ha betydligt högre tidskonstant än de 80 h som gäller för LUT5 i SBN 80.

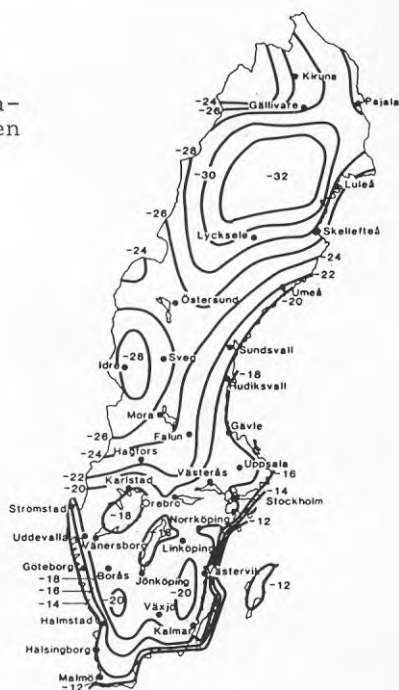
Figur 3.5

Isotermkarta för lägsta dimensionerande utetemperatur, LUT1, för hus av trä eller annan lätt byggnad (enl SBN 80).



Figur 3.6

Isotermkarta för lägsta dimensionerande utetemperatur, LUT 5, för hus av sten eller annan tung byggnad (enl SBN 80).



I SBN anges även att ett tillägg på 15 % skall göras för transmissionsförlusten genom takytan. Dessa påslag har i många fall ytterligare bidragit till överdimensionering av värmesystem. En överarbetning av nästa utgåva av SBN är därför motiverad.

Det uttryck som används för att bestämma den dimensionerande utetemperaturen, DUT är

$$DUT = EUT + \frac{\Delta\theta}{1 - \exp\left(-\frac{i}{\tau_b}\right)}$$

där

EUT = den extrema utetemperatur, bestämd som den medeltemperatur under i dygn, vilkens sannolikhet att underskridas är en gång på 30 år $\left(\frac{1}{30}\right)^{\circ}\text{C}$.

$\Delta\theta$ = den temperatursänkning som godtas inomhus då utetemperaturen sjunker från DUT till EUT, $^{\circ}\text{C} \cdot \Delta\theta = 3^{\circ}\text{C}$

i = köldperiodens varaktighet, h

τ_b = byggnadens tidskonstant, h definierad som

$$\tau_b = \frac{\sum mc_p}{\sum kA + \dot{q}c_p} (1-\eta)$$

där $\sum mc_p$ är rummets effektiva värmekapacitet, dvs det värme som frigörs ur väggar, bjälklag och inredning vid en grads temperatursänkning

$\sum k \cdot A$ = transmissionsförluster genom byggnadens ytter-
ytor per grad, $\text{W}/^{\circ}\text{C}$

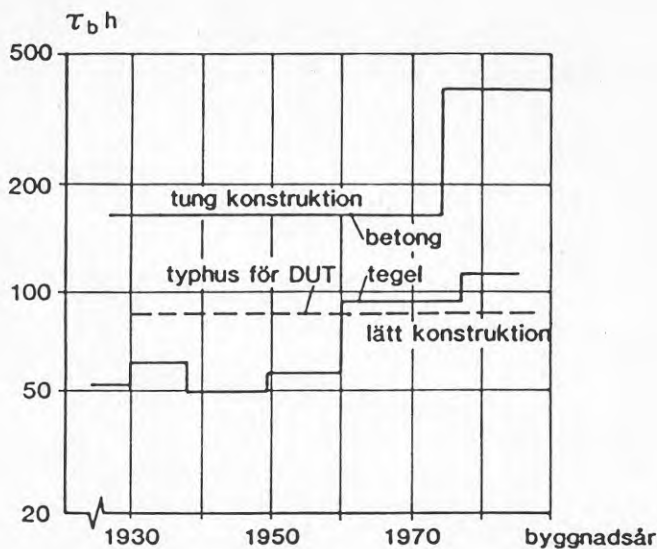
\dot{q} = uteluftflödet, kg luft/s

η = eventuellt värmeåtervinningsaggregats verkningsgrad

c_p = värmekapacitativiteten hos luft, $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$

Under antagandet att ca 60% av byggnadens massa deltar aktivt i värmelagring blir kapaciteten ca $120 \text{ Wh}/\text{m}^2 \text{ vy}$, $^{\circ}\text{C}$ och tidskonstanten ca 180 h.

Resultatet stämmer väl överens med KTH (1982), Figur 3.7.



Figur 3.7 Utveckling hos byggnaders tidskonstant
(enl Folke Peterson, KTH)

Eftersom byggnaderna i Valsta sannolikt är tyngre än genomsnittliga flerbostadshus (bl a p g a att ytterväggarna till stora delar består av sandwichelement av betong) är det rimligt att anta en varaktighet, för den köldperiod vid vilken DUT uppträder till åtminstone 6,0 dygn i stället för SBNs 5 dygn. Enligt Figur 3.8 och Figur 3.9 stämmer även här beräkningsvärdet $\tau_b = 180$ väl in. Den dimensionerande utetemperatur för Valsta blir trots försiktiga beräkningar -12 à -13°C att jämföras med av SBN 80 angivna -18 à -20°C .

Dimensionerande effekt för värme och tappvarmvatten i byggnaderna i Valsta blir med en viss överskattning ca 1800 kW. Maximal framledningstemperatur beräknas bli $+60^\circ\text{C}$.

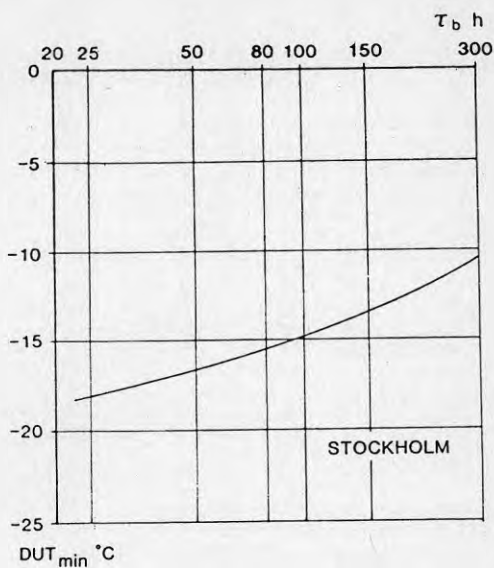
Resultaten av beräkningsfel för stora delar av det befintliga bostadsbeståndet har medfört att framledningstemperaturerna till radiatorerna enbart med inregleringstekniska åtgärder kan sänkas betydligt från de nominella 80° för att önskad temperatur skall erhållas.

Överdimensioneringarna ligger i de flesta fall på ca 30%-50%. Överdimensioneringen är mest påtaglig i äldre fastigheter.

Orsakerna till överdimensioneringarna beror förutom det som tidigare påtalats på att projektörerna har

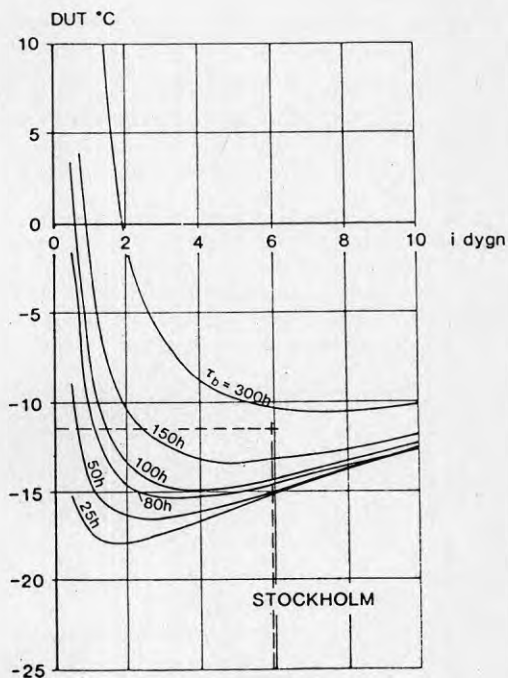
Figur 3.8

Den varaktighet, i , hos köldperioden vid vilken DUT uppträder som funktion av byggnadens tidskonstant. Värdena avser Stockholm.



Figur 3.9

Dimensionerande utetemperatur, DUT, för köldperioder av olika längd. τ_b = byggnadens tidskonstant. Värdena avser Stockholm.



gjort extra påslag i många av beräkningsstegen, se Tabell 3.2.

Tabell 3.2 Beräkningsparametrarnas påverkan på beräkningsresultaten

Beräkningsparameter	Parameterns värde		Ändring i resultatet		
	Normalt	Ändring	Effektbehov %	Energibehov %	Temp till radiator vid LUT C
Rumstemperatur	22° C	-2° C	-5,1	-5,6	-4,5
LUT	-17° C	+2° C	-5,1	0	-2,5
K-värde på vägg	0,8	-0,2	-4,6	-5,0	-2,2
K-värde på fönster	3	-1	-7,2	-8,0	-3,1
Ventilation	75 m ³ /h	-15 m ³ /h	-12,0	-13,2	-5,6
Extern värmeförsel	380 kWh	+100 kWh	0	-2,9	0
Vattenflöde	0,070 m ³ /h	+0,015 m ³ /h	0	0	-1,6
Radiatoryta	4,6 m ²	0,2 m ²	0	0	-1,0
Summa (Samtliga beräkningsparametrar är överdimensionerade)			-34	-34,7	-20,5

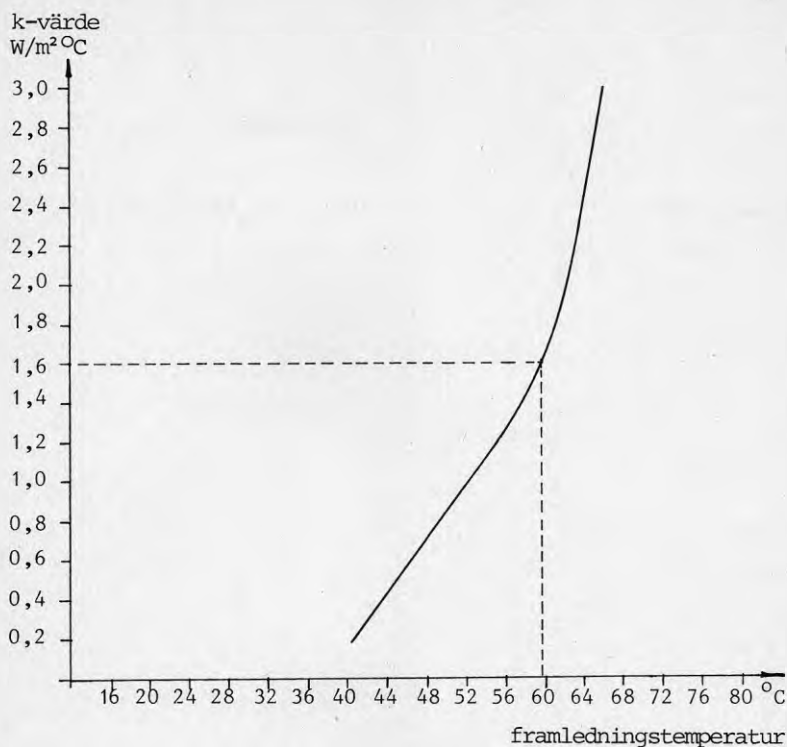
(ur VVS-special, 1:1978)

3.3.6 Fönstrens påverkan på framledningstemperatur

I byggnader av Valstatyp som för övrigt förekommer i en mycket stor del av bebyggelsen (miljonprogrammet) är fönster en mycket stor procentuell del av klimatskärmen. Fönstrens k-värde har därför en avgörande betydelse för dimensioneringen av värmesystemen.

I samband med ROT-åtgärder i sådana byggnader kan en kombination av fönsterminskning och byte till fönster med låga k-värden vara ett betydligt bättre ekonomiskt alternativ än andra former av isoleringsåtgärder. I några fall är det både estetiskt och tekniskt omöjligt att tilläggsisolera den täta delen av fasaden. För Valstas vidkommande innebär byte av fönster från 2-glas med ett k-värde på 3,0 W/m²°C till fönster med ett k-värde på 1,5 W/m²°C, en ungefärlig energibesparing på 850 MWh/år och en effektminskning med ca 1 kW per lägenhet.

k-värdet skulle för det dimensioneringsmässigt kritiska fallet i Valsta, ett 2 m² stort fönster, behöva vara 1,2 W/m²°C för en framledningstemperatur på nybyggnadsnormens +55°C, se Figur 3.10.



Figur 3.10 Förhållandet mellan ett drygt 2 m² stort fönster och dimensionerande framledningstemperatur i Valsta

Tilläggsisolering av fasaderna är ej aktuell för Valstas vidkommande, men om så hade varit fallet skulle en kombination av enbart fönsterminskning och ett mera normalt fönster-k-värde mycket väl klara en framledningstemperatur på +55°C.

För Valsta kan framledningstemperaturen alltså dimensioneras till +60°C vilket innebär en sänkning med ca 10°C jämfört med dagens situation. Slutsatsen skulle kunna vara att det för ett stort antal byggnader i Sverige är fullt ekonomiskt motiverat att enbart tilläggsisolera genom fönsteråtgärder om dessa åtgärder tillgrips vid rätt tidpunkt och kombineras med en väl genomstuderad inreglering av värmesystemen. På detta sätt ges möjligheter att införa lågtemperatursystem i befintlig bebyggelse.

Detta öppnar i sin tur möjligheter för oljereduktion med hjälp av spillvärme, omgivningsvärme, värmepumpar och värmelager i en stor del av den befintliga bebyggelsen.

3.4 Dimensionerande värmebehov

Under förutsättning att åtgärderna enligt avsnitt 3.2 vidtages kan energibehovet ett normalår sänkas till ca 4,8 GWh per år, vilket uppskattningsvis fördelar sig över året enligt Tabell 3.3. Det maximala effektbehovet är ca 2,4 MW och maximal fram lednings-temperatur 60°C. En värmepump som täcker ca 95 % av energibehovet behöver härigenom ej leverera värme vid högre temperatur än ca 55°C. De ytterligare energibesparingar som kan göras genom åtgärderna enligt avsnitt 3.3 har tills vidare ej medräknats vid dimensioneringen enligt nedan. Detta bör naturligtvis ske vid en slutlig dimensionering.

Tabell 3.3 Energibehov Valsta (MWh)

Månad	Varmvatten	Värme	Totalt
Jan	120	590	710
Febr	120	520	640
Mars	120	490	610
April	120	300	420
Maj	120	100	220
Juni	120	-	120
Juli	120	-	120
Augusti	120	-	120
Sept	120	90	210
Okt	120	270	390
Nov	120	440	560
Dec	<u>120</u>	<u>450</u>	<u>680</u>
Totalt	1 440	3 360	4 800

4 SYSTEMLÖSNINGAR MED SÄSONGSVÄRMELAGRING

4.1 Allmänna principer

Alternativa uppbyggnadssätt för uppvärmningssystemet framgår av Figur 4.1-4.3.

Sommartid laddas lagret med hjälp av luftvärmepump eller direkt från fjärrvärmenätet. Om luft är värmekälla används en del av värmepumpkapaciteten för tappvarmvattenproduktion, en del huvudsakligen för laddning av lagret men även för viss direkt värmeproduktion vår och höst medan en sista del av värmepumpkapaciteten står utnyttjad eller används för leverans av värme till fjärrvärmenätet. Om fjärrvärmenätet är värmekälla för laddning av lagret står värmepumpen utnyttjad sommartid och hela värmebehovet tas från fjärrvärmenätet.

Under vintern utgör lagret en mycket gynnsam värmekälla för värmepumpen. Under de kallaste dagarna sker spetsning med hjälp av fjärrvärme.

Om luft används som värmekälla sommartid måste förångarna dubblas för delar av eller hela värmepump-effekten eftersom köldbärarmediet är olika på sommaren resp vintern.

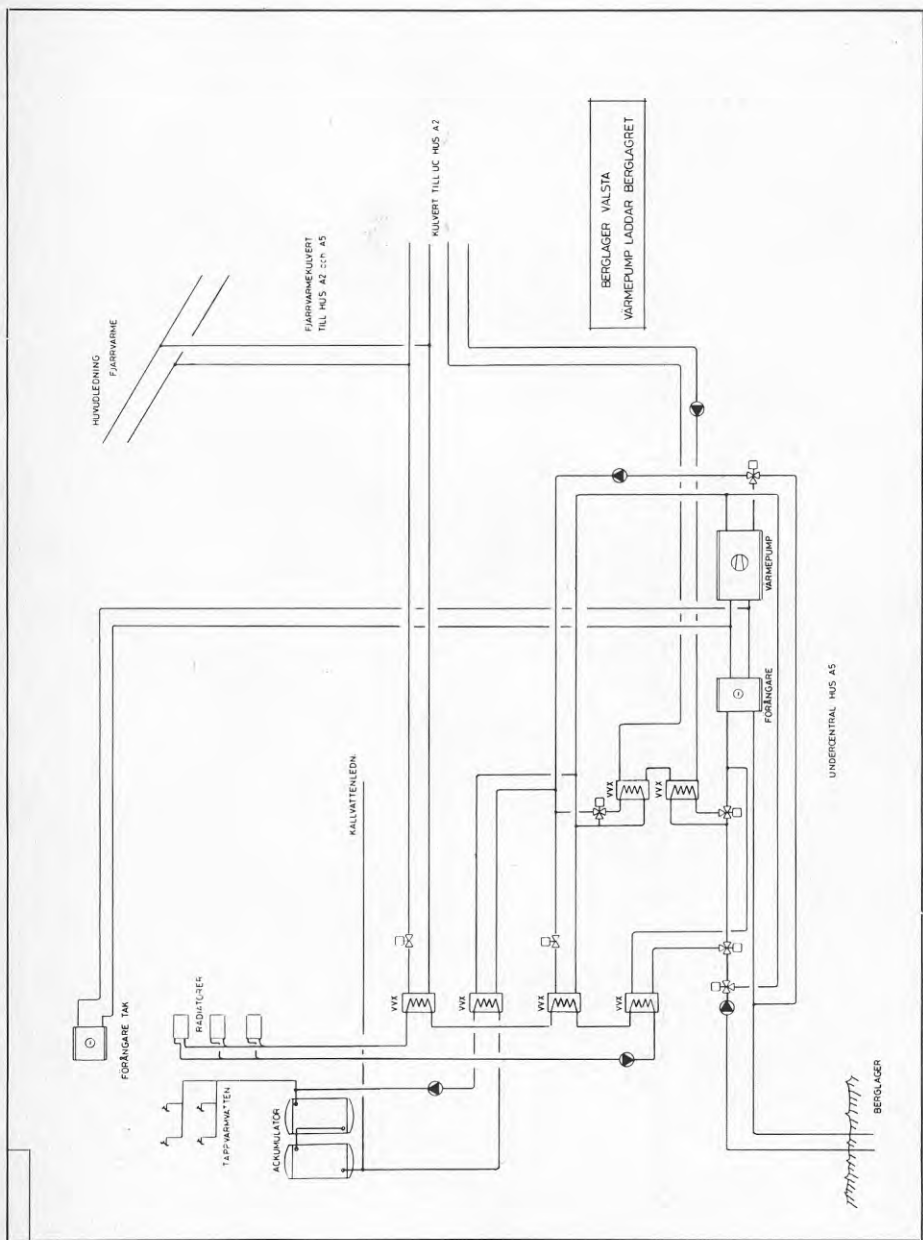
I det följande görs dimensionerings- och energibalansberäkningar för ett antal anläggningsutformningar för bebyggelsen i Valsta. Värmepumpens uteluftförångare förutsätts bli placerad på Hus A5:s tak vilket bedöms vara gynnsamt ur bullersynpunkt. Värmepumpen i övrigt placeras i källaren i Hus A5 i ett utnyttjat cykelrum på ca 210 m², som lämpar sig väl för ändamålet. En ljudisolering av detta rum är dock nödvändig. I detta utrymme placeras även tappvarmvattenackumulatörer med en volym på ca 12 m³ för varmvattenförsörjning av Hus A4-6.

Förångaren på taket förbinds med värmepumpen via en på fasaden utanpåliggande rörledning. Distributionen av värmebäraren från Hus A5 till undercentralen i Hus A2 sker genom att en ny kulvert förläggs bredvid den befintliga fjärrvärmekulverten. Därigenom behöver inte några sprängningsarbeten för detta ske.

Hus A2 har ett utrymme i anslutning till undercentralen, där 12 m³ ackumulatörer för tappvarmvatten kan placeras. Varmvattnet distribueras för övrigt via det befintliga varmvattensystemet till Hus A1-3.

I de båda befintliga undercentralerna behålles fjärrvärmeväxlarna, för att kunna utnyttjas vid spetslast.

Laddning av lagret med luftvärme sker under månaderna maj - oktober och drivs med full effekt endast när lufttemperaturen överstiger 5-6°C. Under april och november används luft som direkt värmekälla med redu-



Figur 4.1 Luftvärmepump som värmekälla, inget sommaröverskott.

cerad effekt när lufttemperaturen överstiger ca +2°C. Under övrig tid används lagret som värmekälla.

4.2 Luft som värmekälla

4.2.1 Ingen värmeleverans till fjärrvärmenätet

Med hänsyn till det maximala effektbehovet 2,4 MW bedöms att en värmepump med 1,2 MW värmeeffekt täcker 95 % av energibehovet. Om ingen leverans av värme till fjärrvärmenätet ska ske krävs en värmeeffekt från luftvärmepumpen på 940 kW för att klara sommarlasten och för att ladda lagret. Energibalansen för anläggningen blir då enligt Tabell 4.1.

Det har vid beräkningarna förutsatts att lagringsförlusterna kan begränsas till 10-15 % genom att lagret temperaturstruktureras i horisontalld. Centrum av lagret arbetar i intervallet 40-20°C medan randzonen av lagret ligger ca 10°C lägre.

Av beräkningarna framgår att anläggningarna kräver en lagringskapacitet på ca 2 850 MWh. Med 20°C temperatursving i lagret innebär detta en lagervolym på ca 240 000 m³.

Tabell 4.1 Energibalans för lagersystem utan sommarleverans till fjärrvärmenätet (MWh)

Mån	Behov	Lev vp	Brist	Från lager	Ø	El	Till lager	Ø	El	Direkt	Över-skott	Ø	El
J	710	610	100	480	4,8	130	-			-			
F	640	580	60	460	4,8	120	-			-			
M	610	570	40	450	4,8	120	-			-			
A	420	420	-	110	4,5	30	-			200	-	3,4	80
M	220	675	-	-			435	5	90	220	-	3,6	60
J	120	675	-	-			555	5,5	100	120	-	4,0	30
J	120	675	-	-			555	5,5	100	120	-	4,1	30
A	120	675	-	-			555	5,5	100	120	-	4,0	30
S	210	675	-	-			465	5,2	90	210	-	3,7	60
O	390	675	-	-			285	4,7	60	390	-	3,3	120
N	560	560	-	440	4,8	120	-			-			
D	680	640	40	510	4,8	130	-			-			
	4 800		240	2 450		650	2 850		540	1 180	-		410

4.2.2 Luftvärmepump 1,2 MW

Om värmepumpen byggs ut med full effekt, 1,2 MW, uppstår ett kapacitetsöverskott för konvektorbatterierna sommartid. Detta överskott skulle kunna levereras in i fjärrvärmenätet. Energibalansen för en sådan anläggning framgår av Tabell 4.2.

Av tabellen framgår att värmeöverskottet blir 1 135 MWh/år. Marginalkostnaden för produktion av detta överskott samt värdet av överskottet diskuteras i senare kapitel.

Tabell 4.2 Energibalans för lagersystem med 1,2 MW luftvärmepump (MWh)

Mån	Behov	Lev vp	Brist	Från lager	Ø	El	Till lager	Ø	El	Direkt	Över-skott	Ø	El	El
J	710	610	100	480	4,8	130	-							
F	640	580	60	460	4,8	120	-							
M	610	570	40	450	4,8	120	-							
A	420	420	-	110	4,5	30	-			200	-	3,4	80	-
M	220	860	-	-			475	5	95	220	165	3,6	60	45
J	120	860	-	-			475	5,5	85	120	265	4,0	30	65
J	120	860	-	-			475	5,5	85	120	265	4,0	30	65
A	120	860	-	-			475	5,5	85	120	265	4,0	30	65
S	210	860	-	-			475	5,2	90	210	175	3,7	60	50
O	390	860	-	-			470	4,7	100	390	-	3,3	120	-
N	560	560	-	440	4,8	120	-							
D	680	640	40	510	4,8	130	-							
	4 800		240	2 450		650	2 845		540	1 180	1 135		410	290

4.2.3 Luftvärmepump 1,7 MW

Genom att fjärrvärmenätet ger möjlighet för avsättning av värme från luftvärmepumpen sommartid skulle det kunna vara motiverat att öka värmepumpens storlek. Härigenom ökar även energitäckningen från värmepumpen för det direkt försörjda bostadsområdet.

I Tabell 4.3 visas energibalansen för ett system med en luftvärmepump på 1,7 MW, vilken bedöms ge 99 % energitäckning. Överskottet, som sommartid förs till fjärrvärmenätet, skulle i ett sådant fall uppgå till 3 170 MWh. Marginalkostnaden och värdet för denna produktion diskuteras i senare kapitel.

Tabell 4.3 Energibalans för lagersystem med 1,7 MW luftvärmepump (MWh)

Mån	Behov	Lev vp	Brist	Från lager	Ø	El	Till lager	Ø	El	Direkt	Över- skott	Ø	El	El
J	710	670	40	530	4,8	140	-							
F	640	640	-	505	4,8	135	-							
M	610	610	-	485	4,8	125	-							
A	420	420	-	110	4,5	30	-			200	-	3,4	80	-
M	220	1 225	-	-			500	5	100	220	505	3,6	60	140
J	120	1 225	-	-			500	5,5	90	120	605	4,0	30	150
J	120	1 225	-	-			500	5,5	90	120	605	4,0	30	150
A	120	1 225	-	-			500	5,5	90	120	605	4,0	30	150
S	210	1 225	-	-			500	5,2	95	210	515	3,7	60	140
O	390	1 225	-	-			500	4,7	105	390	335	3,3	120	100
N	560	560	-	440	4,8	120	-							
D	680	680	-	540	4,8	140	-							
	4 800		40	2 610		690	3 000		570	1 180	3 170		410	830

4.3 Fjärrvärme som värmekälla

4.3.1 Värmepump 1.2 MW

Om värme sommartid kan produceras centralt i fjärrvärmesystemet till mycket låg kostnad, t ex med hjälp av elpanna eller central värmepump, och den låga rörliga kostnaden slår igenom hos konsumenten, kan det vara intressant för såväl konsument som fjärrvärme-producent att utesluta värmepumpens luftkonvektor och i stället ladda lagret med fjärrvärme, eventuellt från returledningen. I Tabell 4.4 visas energibalansen för en värmepumpanläggning på 1,2 MW med enbart lagret som värmekälla och där lagret laddas med fjärrvärme under månaderna april - oktober.

Tabell 4.4 Energibalans för lagersystem med 1,2 MW värmepump och fjärrvärme som värmekälla för laddning av lager (MWh)

Mån	Behov	Lev vp	Från lager	Ø	El	Fjv direkt	Fjv till lager
J	710	610	480	4,8	130	100	
F	640	580	460	4,8	120	60	
M	610	570	450	4,8	120	40	
A	420					420	180
M	220					220	380
J	120					120	480
J	120					120	480
A	120					120	480
S	210					210	390
O	390					390	210
N	560	560	440	4,8	120	-	
D	680	640	510	4,8	130	40	
	4 800	2 960	2 340		620	1 840	2 600

4.3.2 Värmepump 0,7 MW

För att jämna ut fjärrvärmeleveranserna över året kan man tänka sig att minska värmepumpens storlek så att energitäckningen från denna minskar. Härigenom minskar sommarleveranserna av fjärrvärme till lagret medan direktleveranserna vintertid ökar. I Tabell 4.5 visas energibalansen för en anläggning med 0,7 MW värmepump.

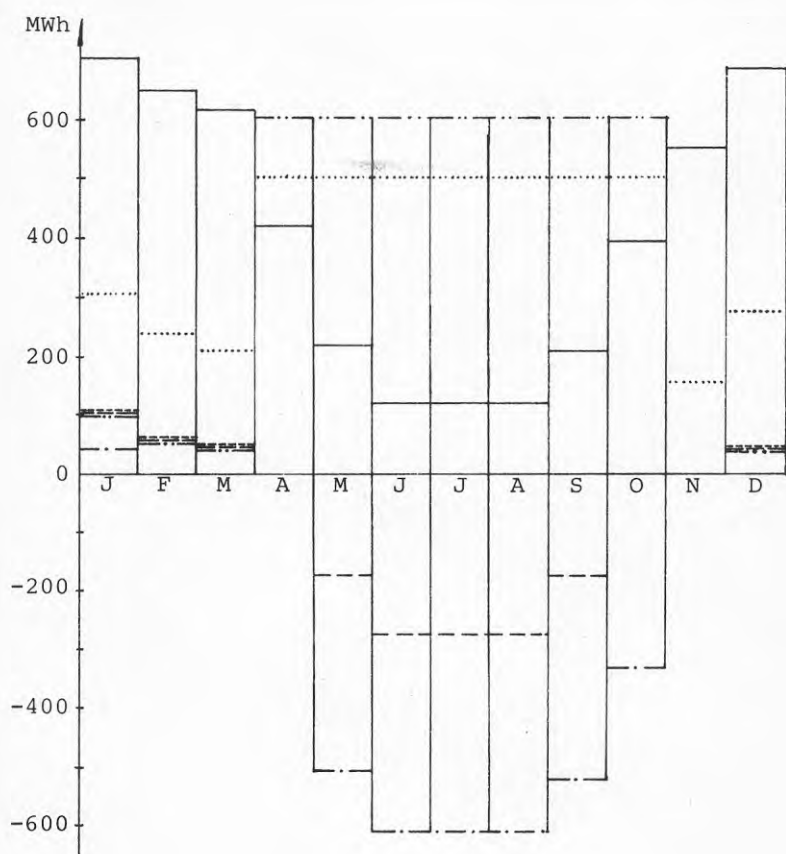
Tabell 4.5 Energibalans för ett lagersystem med 0,7 MW värmepump och fjärrvärme som värmekälla för laddning av lager (MWh)

Mån	Behov	Lev vp	Från lager	Ø	El	Fjv direkt	Fjv till lager
J	710	400	317	4,8	83	310	
F	640	400	317	4,8	83	240	
M	610	400	317	4,8	83	210	
A	420					420	80
M	220					220	280
J	120					120	380
J	120					120	380
A	120					120	380
S	210					210	290
O	390					390	110
N	560	400	317	4,8	83	160	
D	680	400	317	4,8	83	280	
	4 800	2 000	1 585		415	2 800	1 900

4.4 Konsekvenser för fjärrvärmeleveranserna

Jämfört med nuvarande förhållanden med enbart direktleverans av fjärrvärme till konsumenten innebär ett värmepumpsystem med värmelager att såväl total omfattning som fördelning i tid av fjärrvärmeleveranserna radikalt förändras. Detta illustreras i Figur 4.4, där de studerade alternativen numrerats enligt följande

1. Enbart direktleverans av fjv
2. Luftvärmepump 0,94 MW
3. Luftvärmepump 1,2 MW
4. Luftvärmepump 1,7 MW
5. Värmepump 1,2 MW, fjv laddar lagret
6. Värmepump 0,7 MW, fjv laddar lagret



- 1 Enbart direktleverans av fjv
- 2 Luft-vp 0,94 MW
- 3 Luft-vp 1,2 MW
- 4 Luft-vp 1,7 MW
- 5 Vp 1,2 MW, fjv laddar lagret
- 6 Vp 0,7 MW, fjv laddar lagret

Figur 4.4 Fjärrvärmeleveranser vid de olika studerade värmelagringsalternativen 1-6 (negativa värden = leverans till fjärrvärmesystemet).

5 EKONOMI

5.1 Investeringar och kapitalkostnader

En översiktlig investerings- och kapitalkostnadsanalys för de studerade lagringssystemen 2-6 enligt ovan har utförts. I samtliga alternativ har lagret förutsatts arbeta med 20°C temperatursving vilket ger en specifik lagringskapacitet av 12 kWh/m³. Följande specifika kostnader har antagits:

- lager, 18 kr/m³
- luftkonvektor, 1 000 kr/kW kyleffekt
- värmepump, 1 200 kr/kW värmeeffekt
- projektering och oförutsett, 15 %

Dessutom har översiktligt antagits en kostnad för anslutning av lager samt installations- och ombyggnadsarbeten etc på 1,6-2 Mkr i de olika alternativen.

Kapitalkostnaden har beräknats som annuiteten med 20 års amorteringstid och 1 resp 5 % realränta. Den lägre procentsatsen avses spegla en situation med förmånlig statlig finansiering och den högre procentsatsen en privat finansiering.

Drift- och underhållskostnader har schablonmässigt satts till 1 % av hela investeringen (i praktiken är denna siffra högre för värmepumpen och lägre för lagret).

Med ovanstående antaganden blir investerings och kapitalkostnader för alternativen 2-6 i avsnitt 4.4 enligt Tabell 5.1.

5.2 Energikostnader

Beräkningarna av kostnaden för elenergi för de olika värmepumpalternativen har baserats på en differentierad eltaxa som offererats av Sigtuna Energiverk enligt följande

- fast avgift	4 300 kr/år
- effektavgift	50 kr/kW år
- energiavgift	
april-oktober	12,5 öre/kWh
nov-mars 06-22	40,0 "-"
22-06	15,8 "-"
- energiskatt	5,2 "-"

Vid beräkningar av energikostnaden har till elförbrukningen enligt Tabell 4.1-4.5 gjorts ett tillägg på 10 % för kringutrustningen.

Tabell 5.1 Investerings- och kapitalkostnader för värmepumpalternativen 2-6 (kkkr)

Alternativ	2	3	4	5	6
<u>Investeringar</u>					
Lager	4 275	4 275	4 500	3 900	2 850
Luftkonvektor	800	1 000	1 400	-	-
Värmepump	1 440	1 440	2 040	1 440	840
Ansl, install	1 800	2 000	2 000	1 600	1 600
	<u>8 315</u>	<u>8 715</u>	<u>9 940</u>	<u>6 940</u>	<u>5 290</u>
Proj o oföruts	<u>1 245</u>	<u>1 305</u>	<u>1 490</u>	<u>1 040</u>	<u>790</u>
<u>Totalt</u>	<u>9 560</u>	<u>10 020</u>	<u>11 430</u>	<u>7 980</u>	<u>6 080</u>
<u>Kapitalkostnader</u>					
Realränta 1 %	529	555	633	442	337
(Realränta 5 %)	(767)	(804)	(917)	(640)	(488)
<u>Drift och underhåll</u>	96	100	114	80	61
<u>Tot fast kostnad</u>	<u>625(863)</u>	<u>655(904)</u>	<u>747(1031)</u>	<u>522(720)</u>	<u>398(549)</u>

Tabell 5.2 Energikostnader för värmepumpsystem (kkkr)

Alternativ	2	3	4	5	6
<u>Elenergi</u>					
Fast avgift	4	4	4	4	4
Effektavgift	20	20	28	20	12
Energi sommar	190	248	359	-	-
Energi vinter	<u>240</u>	<u>240</u>	<u>254</u>	<u>240</u>	<u>161</u>
	<u>454</u>	<u>512</u>	<u>645</u>	<u>264</u>	<u>177</u>
<u>Fjärrvärme</u>					
Effekt	90	90	55	90	130
Energi sommar	-	-	-	420	350
Energi vinter	<u>84</u>	<u>84</u>	<u>14</u>	<u>84</u>	<u>420</u>
	<u>174</u>	<u>174</u>	<u>69</u>	<u>594</u>	<u>900</u>
<u>Totalt</u>	<u>628</u>	<u>686</u>	<u>714</u>	<u>858</u>	<u>1077</u>

Tabell 5.3 Totala uppvärmningskostnader

Alternativ	1	2	3	4	5	6
Fasta kostn, kkr	-	625(863)*	655(904)	747(1031)	522(720)	398(549)
Energikostn, kkr	1476	628	686	714	858	1077
Totalkostn, kkr	1476	1253(1491)	1331(1590)	1461(1745)	1380(1578)	1475(1626)
Prod värme, MWh	4800	4800	5935	7970	4800	4800
Öre/prod kWh	30	26(31)	22(27)	18(22)	29(33)	31(34)

* 1 % resp (5 %) real ränta

Vid beräkningen av kostnad för fjärrvärme har utgått från Värmeverksföreningens normaltaxa som i dagens prisläge ungefärligen ger

- effektavgift 75 kr/kW
- energiavgift 27 öre/kWh

För att ett system med lagring av fjärrvärme ska bli intressant krävs en differentierad taxa även för fjärrvärme. Vid beräkningarna i det följande har antagits

- energiavgift sommar 10 öre/kWh
- energiavgift vinter 35 öre/kWh

Med ovan givna förutsättningar blir energikostnaderna för de studerade värmepumpsystemen enligt Tabell 5.2.

5.3 Totala uppvärmningskostnader

Med kapital- och energikostnader enligt avsnitten 5.1 och 5.2 blir de totala uppvärmningskostnaderna för fortsatt fjärrvärme, alt 1, resp för fjärrvärme i kombination med värmepump, alt 2-6 enligt Tabell 5.3.

I alternativen 3 och 4 levereras under sommarmånaderna ett överskott på 1 135 resp 3 170 MWh till fjärrvärmenätet. Marginalkostnaden vid 1 % ränta för denna produktion jämfört med alternativ 2, som ej ger något överskott, är 78 resp 208 kkr, dvs 6,9 resp 6,6 öre/kWh. Detta överskott kan dock ej säljas till den genomsnittliga produktionskostnaden 22 resp 18 öre/kWh vid 1 % real ränta, utan möjligen för ca 8 öre/kWh. För konsumenten blir då genomsnittskostnaden för egen konsumerad värme ej 22 resp 18 öre/kWh utan i båda fallen ca 25 öre/kWh vid 1 % real ränta.

Av tabell 5.3 framgår att systemen med luftvärmepump som värmekälla för säsongsvärmelager ger en lägre uppvärmningskostnad för konsumenten än fjärrvärme för realräntor upp till ca 5 %. En luftvärmepump som är överdimensionerad med hänsyn till enbart brukarens värmebehov blir lönsam om överskottsvärme kan säljas till fjärrvärmenätet under månaderna maj-oktober till ett pris av minst ca 8 öre/kWh.

Av Tabell 5.3 framgår vidare att säsongslagring av fjärrvärme ej blir lönsam vid den antagna differentieringen av fjärrvärmemetaxan 10 öre/kWh på sommaren och 35 öre/kWh på vintern. För att alt 5 skall komma i nivå med alt 2, luftvärmepump dimensionerad för enbart konsumentens behov, krävs att energi sommartid kan köpas för ca 7 öre/kWh. En mindre värmepump dimensionerad så att fjärrvärmeleveransen blir jämnt fördelad över året, alt 6, blir ej lönsam för konsumenten.

5.4 Konsekvenser för fjärrvärmeleverantören

Såsom framgår av Figur 4.2 påverkas fjärrvärmeleveranserna mycket kraftigt i omfattning och tid om en bebyggelseanknuten värmepump installeras. De värmepumpar som är lönsammast för konsumenten innebär att fjärrvärmekonsumtionen reduceras med minst 95 % under perioden november-mars medan konsumtionen under sommaren övergår till leverans, alternativt ökas väsentligt.

I kostnadskalkylen ovan har förutsatts att fördelningen i fjärrvärmesystemet mellan specifika fasta och rörliga kostnader ej ändras trots det kraftigt ändrade konsumtionsmönstret. Huruvida så blir fallet är beroende av vilken utsträckning värmepumpar av detta slag kommer in i systemet och hur utnyttjandemöjligheten för befintliga värmeproduktions- och värmedistributionsanläggningar påverkas.

Det är uppenbart att införande av värmelager och värmepumpar ger möjlighet att öka anslutningseffekten till det befintliga fjärrvärmesystemet. Om anslutningen ej kan öka när värmeunderlag saknas innebär lagren endast möjlighet att reducera topplastbehovet och således ersätta olja med ett billigare energislag. Däremot kan fjärrvärmesystemets fasta kostnader ej slås ut på flera abonnenter och om den totala värmeförbrukningen sjunker kan den fasta avgiften komma att påverkas. Det är svårt att ange några generella slutsatser. Varje enskilt fall måste studeras speciellt.

Förstudien visar att det med måttliga installations-tekniska åtgärder i det studerade bostadsområdet i Valsta, Sigtuna kommun, är möjligt att sänka värmeförbrukningen ett normalår från nuvarande 7,2 GWh/år till högst 4,8 GWh/år. Samtidigt kan kravet på maximal framledningstemperatur sänkas till ca 60°C. Det maximala effektbehovet sänks från 3,7 till högst 2,4 MW.

Sedan de vvs-tekniska åtgärderna i husen (som i sig är återbetalda på kort tid) vidtagits är förutsättningarna för att täcka en stor del av husens värmebehov med värmepump goda. Förutsättningarna förbättras ytterligare genom de föreslagna fönsterförbättringarna. Utbyte av fönster är en åtgärd som ur underhållssynpunkt under alla omständigheter bör genomföras och den här föreslagna standardförbättringen, som ryms inom ramen för statliga bostadslån, ger en begränsad merkostnad som synes vara väl motiverad.

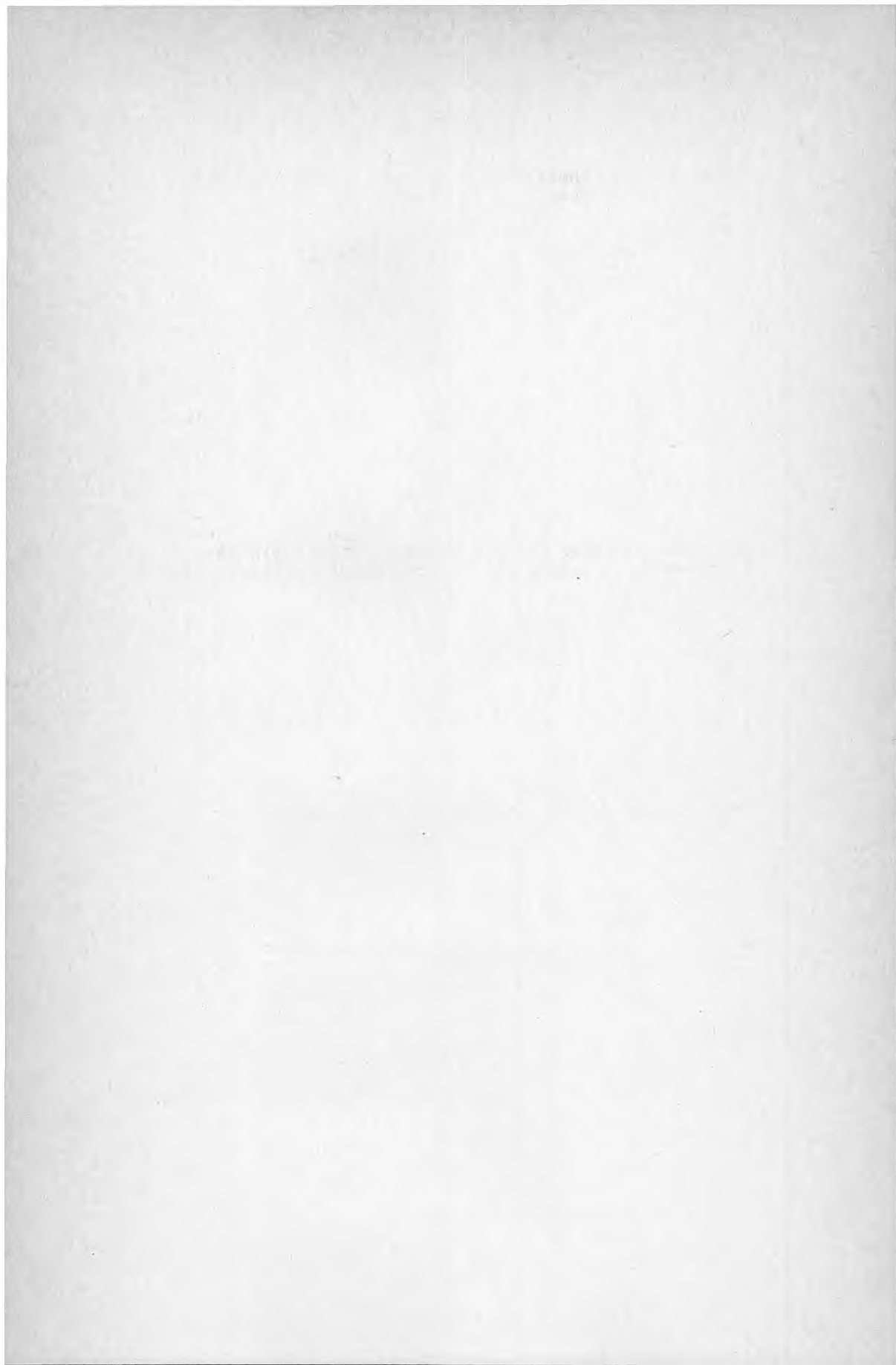
En luftvärmepump med säsongsvärmelager i borrhålslager i berg kan sänka uppvärmningskostnaderna för husen. Fjärrvärmeleveranserna påverkas kraftigt till omfattning och i tid och den totala lönsamheten för denna typ av värmepumpinstallation blir beroende av fjärrvärmesystemets produktionsvillkor.

Vid starkt differentierad fjärrvärmesats mellan sommar och vinter kan säsongslagring av fjärrvärme i bebyggelseanknutna värmelager ge möjligheter för en utjämnad värmeproduktion över året som i sin tur ger minskat oljebehov och sänkta totala uppvärmningskostnader.

För att verifiera ett värmelagers funktion i den studerade typen av systemtillämpning synes en demonstrationsanläggning i Valsta vara väl motiverad. Den beräknade anläggningskostnaden för hela värmepumpsystemet med 1 200 kW värmeeffekt är ca 10 Mkr, dvs ca 8 000 kr/kW inklusive alla installations och ombyggnadskostnader.

7 REFERENSER

- Erat, B, Björkholtz, D, 1983. Bygg Klimatanpassat. Svensk Byggtjänst.
- Gustafsson, Olsson, Wahlman, 1978. Lågtemperatursystem i existerande byggnader (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R29:1978.
- Hultmark, G, 1980. Sunclay-projektet (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R38:1980.
- Hydén, H, Emmelin, A, 1983. Värmelagring i akviferer i Sverige (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R66:1983.
- Isfält, E, 1981. Trögheten, bortglömd faktor när värmesystemet dimensioneras. Byggmästaren, nr 11.
- KTH, 1982. Årsrapport, institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH.
- Margen, P, 1983. Lagring av värme i mark vid låg temperatur (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R105:1983.
- Platell, O, Wikström, H, 1981. Projekt Sunstore - Verksamheten 1977-1980 (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R100:1981.
- Svedinger, B, 1981. Värme i jord, berg och vatten (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport T1:1981.
- Svensson, S, 1983. Byggnadsdimensionerande värmeeffektbehov. VVS och Energi, nr 4.
- VVS-special, 1978. Lågtemperaturuppvärmning.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
830888-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Sigtunahem, Märsta.**

R174: 1984

ISBN 91-540-4280-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704174

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms