



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

R35:1988

Uteluftvärmepumpar i Norrland

Mats Henriksson
Per Schmeling

R
Jull

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

Byggforskningsrådet

R35:1988

UTELUFTVÄRMEPUMPAR I NORRLAND

Mats Henriksson
Per Schmeling

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860951-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energy, Nyköping.

REFERAT

Användning av en energiupptagare av elastiskt material i kombination med en värmepump har studerats. Med hjälp av teorierna för oglasade solfångare är det möjligt att simulera energupptagningen i norrländskt klimat.

Simuleringar gjordes med utgångspunkt från en värmepump som redan idag används i Piteå, och husets verkliga energibehov. Årstäkningsgraden blir lägst 50 % om värmepumpen kopplas ur vid en utetemperatur av -12 °C och högst 60 % om urkopplingen sker vid - 20°C.

En jämförelse gjordes mellan prestanda i Stensele och Stockholm för ett och samma flerbostadshus. Den årliga bränslebesparingen blir 207 kkr för Stensele och 173 kkr för Stockholm. Detta åskådliggör det faktum att lönsamheten i norra delen av landet kan vara god även om den totala bränslekostnaden där är större.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R35:1988

ISBN 91-540-4886-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
1. SAMMANFATTNING	3
2. BAKGRUND	4
3. PROJEKTMÅL	5
4. PROJEKTUPPLÄGGNING	5
5. ENERGIUPPTAGARENS PRESTANDA	6
6. ENERGIUPPTAGAREN KOPPLAD TILL VÄRMEPUMP	11
7. JÄMFÖRELSE MELLAN NORRA OCH SÖDRA SVERIGE	13
8. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER REFERENSER	17
9. REFERENSER	18
 BILAGA 1: Indata vid simulering av utelufts- värmepump i Stensele och Stockholm	 19

1. SAMMANFATTNING

Rapporten analyserar användningen av uteluftvärmepumpar i Norrland ur två aspekter. Framför allt med tanke på möjligheterna att öka den energiupptagande ytan simuleras en prisbillig energiupptagare med hjälp av klimatdata från Luleå. Därefter simuleras användningen av en uteluftvärmepump för ett flerbostadshus i Stensele och en jämförelse görs för samma flerbostadshus i trakten av Stockholm.

1.1 Prisbillig energiupptagare

Användning av en energiupptagare av elastiskt material i kombination med en värmepump har studerats. Med hjälp av teorierna för oglasade solfångare är det möjligt att simulera energiupptagningen i norrländskt klimat.

Simuleringar gjordes med utgångspunkt från en värmepump av fabrikat KRYOTHERM som redan idag används i Piteå, och husets verkliga energibehov under 1986 har använts tillsammans med SMHIs data. Årstäckningsgraden blir lägst 50 % om värmepumpen kopplas ur vid en utetemperatur av -12°C och högst 60 % om urkopplingen sker vid -20°C . Dessa simuleringar ingick i ett examensarbete som utfördes i samarbete med Tekniska Högskolan i Luleå, Institutionen för Samhällsbyggnadsteknik.

1.2 Lönsamheten för uteluftvärmepump

En jämförelse gjordes mellan prestanda i ett extremt norrlandsklimat (Stensele) och Stockholm för ett och samma flerbostadshus. Som grund för simuleringen användes data som presenterats i ett tidigare BFR-projekt (1). I båda fallen ger olika köldmedier i stort sett samma energitäckning. Den årliga bränslebesparingen blir 207 kkr för Stensele och 173 kkr för Stockholm. Detta åskådliggör det faktum att lönsamheten i norra delen av landet kan vara god även om den totala bränsleräkningen där är större.

2. BAKGRUND

Uteluftvärmepumpar kan användas för bostadsuppvärmning under större delen av året i sydliga delar av Sverige. Längre norrut får man försämrad verkningsgrad under de kallaste vintermånaderna med en konventionell värmepump p g a de låga utetemperaturerna. Verkningsgradsförsämringen är dock inte större än att ett prisbilligt system eventuellt skulle kunna hävda sig också i Norrland.

Oglasade solfångare av elastiskt material, exempelvis EPDM-gummi, har tidigare använts vid lågtemperaturtillämpningar i södra Sverige och särskilt på hustak. En stor värmeväxlande yta kan erhållas till ett lågt pris för att mata in värme till en värmepumps förångare, och den stora ytan kan till viss del kompensera för extremt låga utetemperaturer och ispåfrysning. Ev. har man möjligheten att avskilja is genom att utnyttja energiupptagarens elasticitet på så sätt att den bringas till volymförändring genom ändring av det inre trycket.

Oavsett typ av förångare är det viktigt att känna till hur hårt de låga utetemperaturerna i Norrland slår på värmepumpens tillgänglighet vid bostadsuppvärmning. Här kommer givetvis värmesystemets egenskaper att betyda mycket, särskilt nivån på returtemperaturen. Utgående från antalet graddagar för en ort kan man inte göra en rättvis bedömning, inte heller från månadsmedelvärden. SMHIs statistik gällande frekvensfördelningen av dygnsmedeltemperaturen för olika orter kan med fördel användas, vilket också har gjorts i en nyligen utgiven BFR-rapport (1) för en uteluftsvärmepump i Stensele. Med utgångspunkt för dessa värden kan tillgängligheten för värmepumpen simuleras i ett befintligt system för bostadsuppvärmning.

3. PROJEKTMÅL

Projektet avser dels en studie av en förångare lämplig för låga utetemperaturer i kombination med en energiupptagare och dels anpassning av denna till en värmepump som arbetar vid utetemperaturer ner till minus 15 °C. Som förångare rekommenderades en SOLWIND-konstruktion med flera parallellkopplade, relativt korta rör, där varje rör har fördrängningsanordningar fördelade över hela längden som ersättning för konventionella strypanordningar. Som energiupptagare i kombination med värmepumpens förångare rekommenderades en svart gummimatta med ingjutna kanaler (Trelleborg) av samma typ som använts för oglasade solfångare.

4. PROJEKTUPPLÄGGNING

Direktförångning av freon är inte möjlig i en energiupptagare av gummi, som därför värmeväxlas mot värmepumpens förångare. Ett centralt problem är beräkning av de energimängder som kan tas upp av energiupptagaren, särskilt med hänsyn till de låga freontemperaturer som uppträder och energiupptagarens okonventionella materialval och konstruktion. Eftersom energiupptagning redan tidigare studerats för oglasade solfångare kan man utgå från sådana studier och därefter utföra de modifikationer om den aktuella tillämpningen kräver. Framför allt gäller detta det faktum att energiupptagarens yta på grund av kopplingen till en värmepump har väsentligt lägre temperatur än vad som är vanligt för solfångare.

Ursprungligen skulle studierna av energiupptagaren ligga till grund för bedömning av SOLWIND-förångarens fördelar. Under projektets gång insågs dock att det är att föredra att genomföra övergripande simuleringar av användningen av uteluftsvärmepumpar i Norrland.

5. ENERGIUPPTAGARENS PRESTANDA

Energiupptagaren genomströmmas av brine-lösningen, vars temperatur efter passagen skall beräknas. Lösningen anländer till värmepumpens förångare med denna temperatur medan freonet i förångaren håller en temperatur som ligger 5-10 °C lägre.

För att beräkna energiupptagarens prestanda kan man med fördel utgå från teorin som utvecklats för oglasade solfångare, exempelvis ref. (2).

Värmeöverföringskoefficienten sätts samman av tre faktorer:

$$U = h (\text{konv}) + h (\text{kond}) + h (\text{rad})$$

där $h (\text{konv})$ är bidraget från konvektion
 $h (\text{kond})$ är bidraget från kondensation
 och $h (\text{rad})$ är bidraget från långvågig strålning

Teorin enligt (2) kunde emellertid inte användas utan modifikationer. Den effektbalans som presenteras måste vara anpassad till dygnsmedelvärden så att de värden som idag uppmäts i SMHIs nya stationära nät kan användas. Detaljerna kring denna teoretiska fördjupning kan inhämtas från ett examensarbete (3) som utfördes inom projektets ram. Följande meteorologiska parametrar har använts:

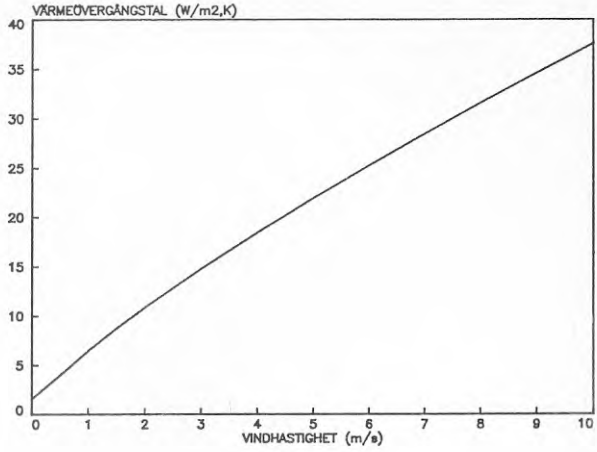
- vindhastigheten
- lufttemperaturen
- relativa fuktigheten
- solskenstid
- direkt solstrålning
- globalstrålning horisontellt samt syd, väst, öst och nord
- långvågsstrålning, nedåtriktad

Andra fysikaliska parametrar som kräver beräkning är följande:

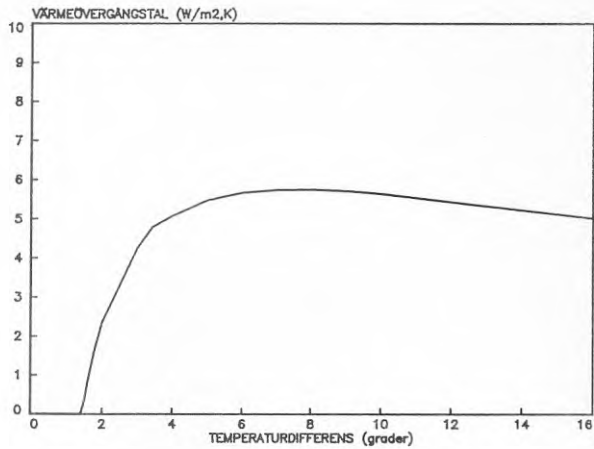
- värmeövergångstal för konvektion för plana ytor och framför allt beroendet av vind, laminära och turbulenta gränsskikt och temperaturdifferensen mellan absorberaryta och brinelösning
- värmeövergångstal för kondensation och sublimering, framför allt beroendet av relativa luftfuktigheten, vind, och temperaturdifferensen mellan luft och absorberaryta
- Värmeövergångstalet för långvågig strålning och framför allt beroendet av skuggning, atmosfärens och omgivande markytors/föremåls motstrålning och temperaturdifferens mellan luft och brine
- frostbildning
- påfrysning

Dygnsmedelvärden från Luleå under 1986 utnyttjades.

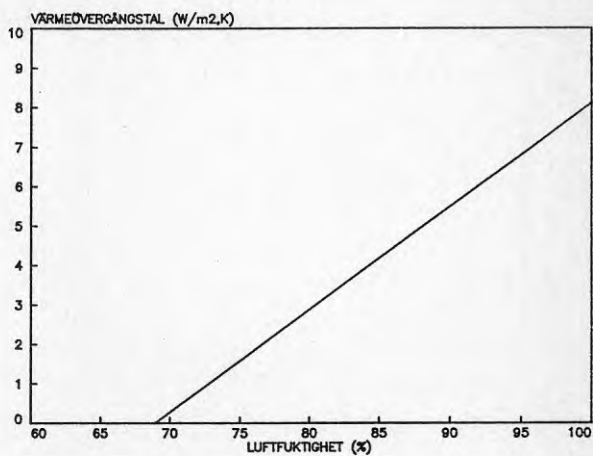
Värmeövergångstalets variationer visas i Figur 1-6. Vindhastigheten har som väntat stor inverkan, Figur 1. Temperaturdifferensen mellan luft och brine har däremot liten inverkan på värmeövergångstalet såvitt inte masstransport uppstår genom kondensation. Temperaturdifferensen är däremot proportionell mot den till energiupptagaren överförda effekten. Värmeövergångstalets variation vid kondensation som funktion av luftfuktighet, vind och temperaturdifferens mellan luft och brine visas i Figur 2-4. Den långvågiga strålningen har kraftig inverkan, vilket framgår av Figur 5-6.



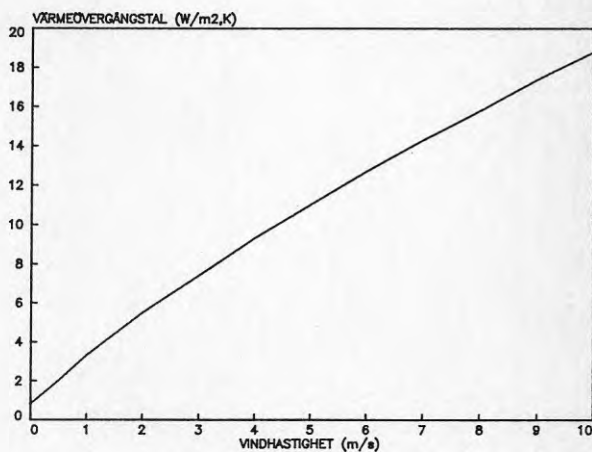
Figur 1: Värmeövergångstalet för konvektion som funktion av vindhastigheten



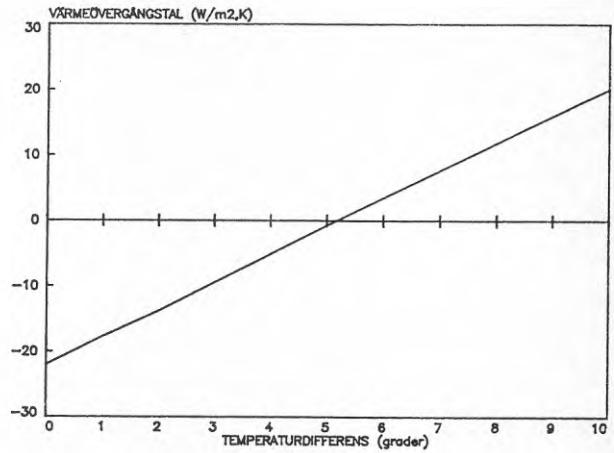
Figur 2: Värmeövergångstalet för kondensation som funktion av temperaturdifferensen mellan luft och brinelösning.



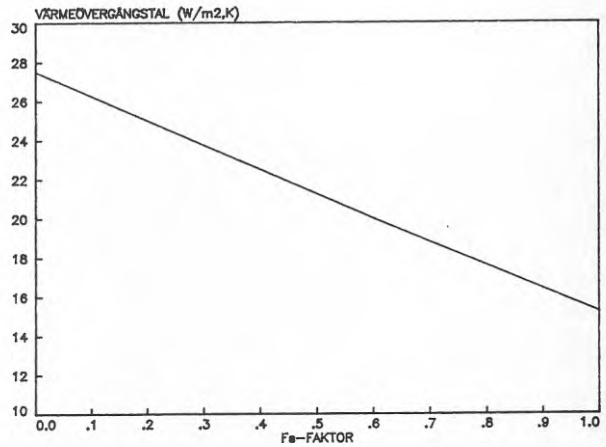
Figur 3: Värmeövergångstalet för kondensation som funktion av luftfuktigheten



Figur 4: Värmeövergångstalet för kondensation som funktion av vindhastigheten.



Figur 5: Värmeövergångstalet för långvågig strålning som funktion av temperatordifferensen mellan luft och brinelösning.



Figur 6: Värmeövergångstalet för långvågig strålning som funktion av motstrålningsfaktorn.

6. ENERGIUPPTAGARE KOPPLAD TILL VÄRMEPUMP

Vid simuleringarna kopplades energiupptagaren till en värmepump med kända data. Anledningen till att en värmepump LV40 av fabrikat KRYOTHERM valdes beror på att en sådan f n arbetar i Piteå och att fabrikanten godhetsfullt utlämnade tillräckliga data. Värmepumpen har en effekt av 45 kW vid en utetemperatur av 0 °C och lämpar sig för flerbostadshus. Kompressordelen monteras inomhus i pannrum medan förångardelen ställs upp utomhus. Förångaren utnyttjar direktförångning av köldmediet (R502). Vid simuleringarna antogs som tidigare nämnts att en brinekrets arbetar mellan förångarens sekundärsida och energiupptagaren. Man kan räkna med en temperaturdifferens av 10 °C mellan brine och köldmedium.

Husets verkliga energibehov under 1986 användes. I avsaknad av klimatdata för Piteå valdes det närbelägna Luleå. Simuleringarna varierades med framför allt två faktorer:

- absorbatorarea (m³): 100, 135 och 175
- lägsta driftstemperaturen för värmepumpen (°C): -12, -15, -17, -20

Det översiktliga resultatet framgår av Tabell 1.

Tabell 1: Resultat av simuleringar med energiupptagare och värmepump LV40 (3). VP = värmepump. Frostdag innebär dag då frost har bildats. Hänsyn har tagits den de energimängder som krävs för att avlägsna denna frost.

	Värmeupptagande yta (kvadratmeter)					
	100 m ³		135 m ³		175 m ³	
Lägsta drifttemp.	-12°C	-20°C	-12°C	-20°C	-12°C	-20°C
Upptag absorb., MWh	110	122	118	129	124	135
Lev. av VP, MWh	183	209	193	217	200	223
El till VP, MWh	73	87	75	89	77	90
Avfrostning, MWh	2	2	2	2	2	2
Behov, totalt, MWh	369	369	369	369	369	369
Spetsning, MWh	186	160	177	152	170	146
Årsvärmefaktor	2.5	2.4	2.5	2.4	2.5	2.4
Årstäckningsgrad, %	50	57	52	59	54	60
Antalet stoppdagar	86	34	80	33	76	31
Antal frostdagar	155	200	136	174	116	150

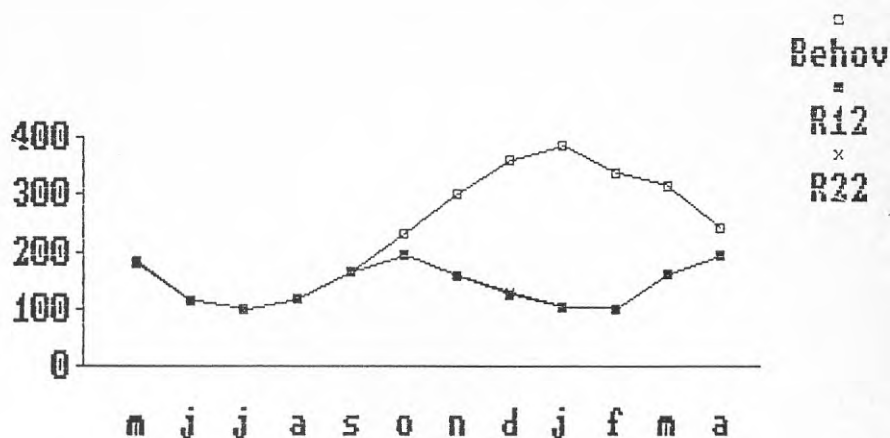
Man ser av Tabell 1 att energiförbrukningen för avfrostning är försumbar trots ett stort antal avfrost dagar. Årsvärmefaktorn ändras som väntat obetydligt. Tillgängligheten (årstäkningsgraden) ökar 6-7 procentenheter om man låter värmepumpen arbeta vid så låg utetemperatur som - 20 °C.

7. JÄMFÖRELSE MELLAN NORRA OCH SÖDRA SVERIGE

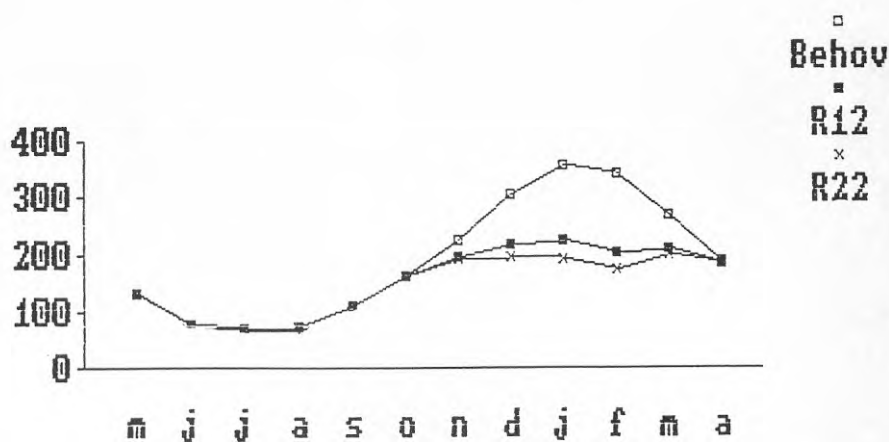
Följande jämförelse mellan uteluftsvärmepumpar i norra resp södra Sverige utnyttjar inte data från Piteå/Luleå enligt ovan. I stället utnyttjas data från ett tidigare BFR-projekt där en uteluftsvärmepump för ett flerbostadshus i Stensele (1) studerades. Rapporten (1) innehåller tillräckligt med ursprungsdata för att möjliggöra körning av ett anpassat datorprogram. Frekvensfördelningen av dygnsmedeltemperaturen har angivits liksom effektbehov, framlednings- och returtemperaturer. Som köldmedium har R 12 använts och en brinekrets finns mellan värmepumpens förångare och ett uteluftsbatteri. Ytterligare ingångsdata återfinns i Bilaga 1.

Med de allmänna förutsättningar som enligt (1) gällde för Stensele har simuleringar med Studsviks datorprogram utförts med tre olika köldmedier (R 12, R 22, R 502). Resultaten från simuleringarna för Stensele överensstämmer med rapporten (1) vad avser köldmediet R 12. Därefter har simuleringarna utsträckts att gälla också Stockholm, jfr Bilaga 1. Hänsyn tas till temperatur- och effektbegränsningar hos värmepumpen i de olika fallen. Inga apparativa ändringar har gjorts för de två orterna, d v s den dimensionerande utetemperatur (- 35 °C) för Stensele har bibehållits också för Stockholm. Däremot har givetvis uteklimatet ändrats så att gällande frekvensfördelning av dygnsmedeltemperaturen har använts för respektive orter.

Resultaten framgår av Figur 7 - 8, som visar fyra olika driftfall för de två orterna.



Figur 7: Efterfrågade och av uteluftsvärme-
pumpen levererade energimängder (MWh)
över året i Stensele. Abskissan
börjar med månaden maj.



Figur 8: Efterfrågade och av uteluftsvärme-
pumpen levererade energimängder (MWh)
över året i Stockholm. Abskissan börjar
med månaden maj.

Figur 7, som gäller Stensele, visar att R 12 och R 22 ger samma energitäckning och man kan inte skilja de två kurvorna åt. Man kan leverera 55 °C med R 22 och kan få all energi som bostadshuset kräver ner till 0 °C. När man sedan kommer ner till ca - 15 °C stängs värmepumparna av och det är således i ett tämligen litet utetemperaturområde då de två köldmedierna "konkurrerar" om bästa prestanda. I detta område är maskineffekten givetvis lika i de två fallen och förhållandevis låg i förhållande till värmebehovet. Detta innebär att allt som värmepumpen kan leverera också tas upp, och detta gäller för båda köldmedierna.

Figur 8, som gäller Stockholm, visar också den obetydlig skillnad mellan R12 och R22.

En jämförelse av bränslekostnaderna vid användning av olika köldmedier och olika eltaxor görs i Tabell 2. Då har antagits att en oljepanna har verkningsgraden 80% och att kubikmeterpriset för olja är 1600 kr i hela landet. Eltaxorna är de som gäller för Stensele och Stockholm årsskiftet 1987/88.

Tabell 2: Inverkan av klimatet (Stensele och Stockholm) på kostnaderna för en uteluftsvärmepump. Tabellen visar årskostnaden (kkkr) för identiska anläggningar i olika klimat. Eltaxan för resp. Stensele och Stockholm har använts.

Köldmedium	Väderdata	Taxa Stensele			Taxa Stockholm		
		El	Olja	Summa	El	Olja	Summa
R12	Stensele	181	168	349	214	168	382
	Stockholm	199	64	263	221	64	285
R502	Stensele	201	168	369	214	168	382
	Stockholm	182	44	226	201	44	245
R22	Stensele	195	168	363	204	168	372
	Stockholm	179	44	223	195	44	239

Skillnaderna i taxorna ger måttliga kostnads-
skillnader mellan Stensele och Stockholm och
ligger som sig bör till Stenseles förmån.

Uppvärmning med enbart olja skulle i Stensele
kosta 570 kkr och i Stockholm 412 kkr. Med
tanke på att R22 är miljövänligare än R12 kan
R22 väljas som ett realistiskt exempel på
lönsamheten. Vid tillämpning av eltaxan för
respektive ort blir den årliga bränslekostnaden
363 kkr resp 239 kkr, d v s besparingen blir 207
kkr resp 173 kkr efter installation av en
uteluftsvärmepump. Detta åskådliggör det
faktum, att lönsamheten i norra delen av landet
kan vara god även om den totala bränslekostnaden
där är större.

8. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

8.1 Energiupptagare av prisbillig modell.

En energiupptagare av gummi (modell Trelleborg) motsvarar en plan och oglasad solfångare. Efter modifiering av teorin för solfångare kunde energiupptagarens prestanda simuleras i norrlandsklimat (Piteå/Luleå). Med ledning av kända data för en konventionell uteluftsvärmepump i ett flerbostadshus var det möjligt att förutsäga energiupptagarens prestanda när den kopplats till en värmepump.

Det visade sig att energin för avfrostning bara är 1 % av levererad energimängd. Årsvärmefaktorn blir 2.4 - 2.5. Om man låter värmepumpen arbeta ner till en utetemperatur av $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i stället för $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ökar tillgängligheten med 6 - 7 procentenheter.

Energiupptagare av gummi är oprövade i norrlandsklimat. De är okänsliga för isbildning. Det låga priset tillåter insats av relativt stora ytor, vilket kan kompensera låg energiupptagning på grund av snö och is. Det rekommenderas att denna typ av energiupptagare utprovas fältmässigt.

8.2 Jämförelser mellan norra och södra Sverige.

Det är en allmän uppfattning att uteluftsvärmepumpar inte bör användas i Norrland. Studien visar att den procentuella besparing som kan uppnås inte är så stor som i södra Sverige, något som heller inte förväntats. Härav kan man emellertid inte dra slutsatsen att uteluftsvärmepumpar är olönsamma i Norrland. Eftersom uppvärmningssäsongen där är lång och värmebehovet stort, blir lönsamheten i själva verket större än i trakten av Stockholm, om man ser till det inbesparade absolutbeloppet.

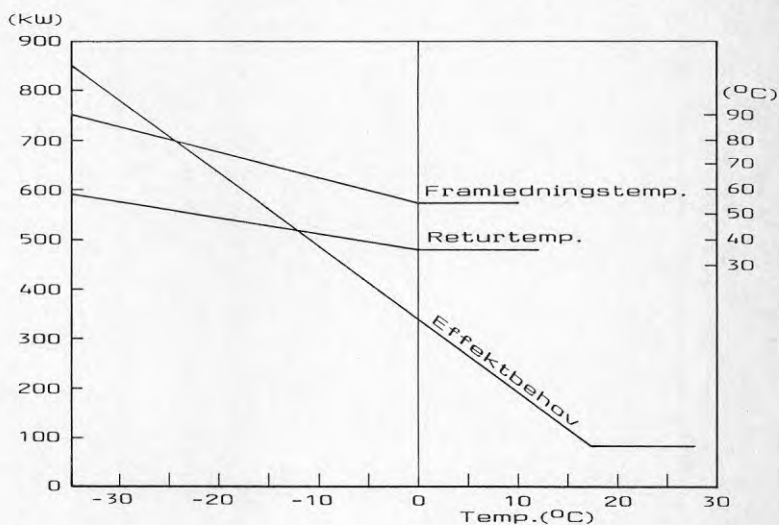
Studien har inte beaktat möjligheten att genom ett korttidslager överbrygga kalla nätter och korta kalla perioder med temperaturer understigande 15 minusgrader. Detta bör göras för att se om lönsamheten ytterligare kan förbättras.

9. REFERENSER

- (1) Börje Eriksson, Nils-Gunnar From
Uteluftsvärmepump i Norrland,
Förstudie.
BFR-rapport R116:1986.
- (2) J Keller
Characterization of the thermal
performance of uncovered solar
collectors by parameters including the
dependence on wind velocity, humidity
and infrared radiation as well as on
solar irradiance. Proc. 2nd Workshop on
Solar Associated Heat Pumps with Ground
Coupled Storage, Vienna May 1985.
- (3) Mats Henriksson Uteluftsvärmepump i
Norrland med energiupptagare av gummi
Examensarbete, Luleå Tekniska Högskola,
1987.

BILAGA 1

Figur 1-1 ger de fram- och returlednings-temperaturer och effektbehov som har använts vid datorkörningarna, jfr (1).



Figur 1-1: Fram- och returlednings-temperaturer samt effektbehov som ligger till grund för datorsimuleringar, jfr (1).

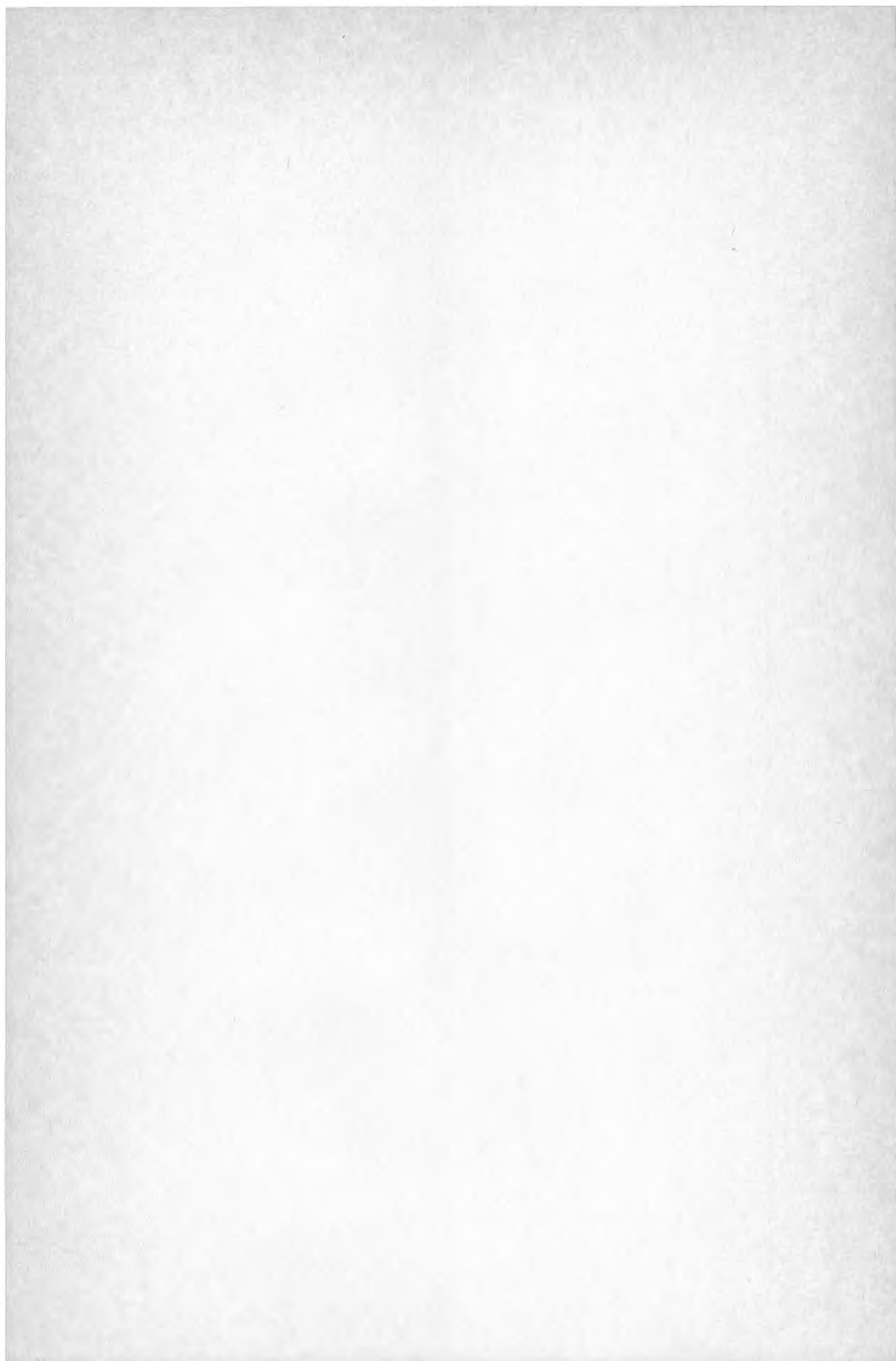
Utelufts batteriet har antagits arbeta vid en temperaturskillnad mellan brinelösning och luft på 7 °C. Effekten är max 280 kW och sjunker till noll vid utetemperaturen -15 °C. Lägsta ingående brinetemperatur är -20 °C.

Högsta förångareffekt har likaledes satts till 280 kW med en högsta och lägsta förångningstemperatur på 15 °C resp - 20 °C.

Kondensoreffekten är genomgående 340 kW. Data för högsta och lägsta kondensortemperatur framgår av Tabell 1-1.

Tabell 1-1: Data för kondensoreffekten.

Köldmedium	Kondensortemperatur, °C	
	Högst	Lägst
R 12	75	40
R 22	55	30
R 502	65	35



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860951-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energy, Nyköping.

STATENS RÅD FÖR BYGGNADSFORSKNING, STUDSVIK

R35:1988

ISBN 91-540-4886-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708035

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 30 kr exkl moms