



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

R120:1983

Bebyggelsens värmebehov vid anslutning till gruppcentralteknik

Förstudie

Jan Nordling
Hans Åkesson

R
AM

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac Ser

Byggeforskningsrådet

RI20:1983

BEBYGGELSENS VÄRMEBEHOV VID ANSLUTNING
TILL GRUPPCENTRALTEKNIK
Förstudie

Jan Nordling
Hans Åkesson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 8II260-4
från Statens råd för byggnadsforskning till AF-Energi-
konsult AB, Stockholm.

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

RI20:1983

ISBN 91-540-4018-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
I. INLEDNING	7
I.1 Problemet	7
I.2 Projektet	7
2. TRADITIONELL BERÄKNING AV VÄRMEBEHOV	8
2.1 Allmänt	8
2.2 Byggnadsdelens kylande yta	8
2.3 Värmegenomgångstal	9
2.4 Dimensionerande temperaturskillnad	10
2.5 Värmebehov för ventilation	10
2.6 Olika typer av påslag	11
3. ANALYS AV OLIKA FAKTORERS PÅVERKAN PÅ EFFEKTBEHOVET	12
3.1 Transmissionsförluster	12
3.2 Strålningsförluster	12
3.3 Ventilationsförluster	13
3.4 Intermittent uppvärmning	13
3.5 Solinstrålning	15
3.6 Önskad ventilation	17
3.7 Köldperiodens varaktighet och frekvens	18
3.8 Effektbehov för tappvarmvatten	18
4. EFFEKTBEHOV FÖR TÄCKNING AV DISTRIBUTIONS- FÖRLUSTER	20
4.1 Värmegenomgångstalet	20
4.2 Värmetäthet inom distributionsområdet	22
5. ENERGIHUSHÅLLANDE ÅTGÄRDERNS PÅVERKAN PÅ EFFEKTBEHOVET	23
6. EFFEKTBEHOVENS SAMMANLAGRING	26
7. SYNPKTER PÅ VÄRMEANLÄGGNINGARS DIMENSIONERING..	29
7.1 Förluster i värmeanläggningar	29
7.2 Årsmedelverkningsgraden	31
7.3 Val av pannstorlekar	31
8. METODER FÖR FASTSTÄLLANDE AV EFFEKTBEHOV	39
8.1 Energimätning	39
8.2 Temperaturmätare	40
8.3 Utvärderingsmetoder	40
8.4 Beräkningsexempel	43
9. REFERENSER	45

BILAGOR

0. SAMMANFATTNING

I denna förstudie har effektbehovspåverkande faktorer analyserats. Metoder för att beräkna och/eller mäta effektbehovet för såväl enskilda byggnader som större områdets effektbehov har studerats.

Studien bekräftar att det är svårt att i förväg fastställa effektbehovet för en byggnad som skall uppföras. Det är vanligt att installationerna överdimensioneras. Planerade utbyggnader som ej blir av och genomförda energisparåtgärder innebär i många fall ytterligare överkapacitet.

Troligtvis kan överskattningar av effektbehovet till relativt stor del hänföras till att för höga dimensionerande temperaturskillnader använts.

En annan orsak är att generella påslag för bl a hörnrum och ofrivillig ventilation fortfarande görs.

Man kan konstatera att det förefaller finnas ett behov av klara och lättfattliga anvisningar om hur korrekta värmebehovsberäkningar skall utföras.

Vid nya byggnader med intermittent uppvärmning och då kanske speciellt sådana för lågtemperatursystem är det viktigt att beräkna tidskonstanterna noggrannare och se hur k-värden och luftomsättningar påverkar dessa.

Solinstrålning ger ett betydande energitillskott. Om man studerar den kallaste delen av året kan man konstatera att februari har högre solinstrålning än december och januari. Februari är ofta kallast men man kan ej räkna med att den högre solinstrålningen minskar max-effektbehovet, eftersom det inte kan påvisas att det råder ett samband mellan låga utetemperaturer och ökad solinstrålning.

Den största drivkraften för den oönskade ventilationen är vinden. Det har påvisats att sannolikheten för höga vindstyrkor minskar vid låga temperaturer, och vid mycket låga temperaturer finns en övre gräns som vindstyrkan aldrig överskrider. Viktigt är dock att notera att en stor del av den oönskade ventilationen sker genom öppna fönster, dörrar och portar. Sådan oönskad ventilation minskar vid sjunkande utetemperatur. Slutsatsen blir alltså att effektbehovet för den oönskade ventilationen sannolikt minskar vid låga utetemperaturer.

Eftersom de flesta värmesystem är överdimensionerade finns i regel ingen enkel möjlighet att begränsa effektuttaget, genom sänkning av innetemperaturen, vid temperaturer under LUT.

Effektbehovet för tappvarmvattenberedning styrs helt av ackumuleringsmöjligheterna.

Distributionsförlusterna i kulvertsystem kan i tätbebyggda storstadsområden vara så låga som 4 % och i äldre system i småhusområden uppgå till i storleksordningen 30 % av årlig inmatad värmemängd. De faktorer som påverkar distributionsförlusterna är rörisolering, temperaturnivån i systemet och värmtätheten i distributionsområdet.

Tilläggsisolering och tätning av byggnader är sådana åtgärder som medför en minskning av maxeffektbehovet.

Många andra typer av åtgärder påverkar ej effektbehovet utan medför enbart en sänkning av energibehovet.

Någon sammanlagring i uppvärmningsenergi föreligger vanligen inte utan sammanlagringen går helt att hänföra till tappvarmvatteneffekt.

Studien bekräftar att månadsmedelverkningsgraderna normalt varierar mellan 80-50 %. I vissa anläggningar kan den vid sommar drift vara ner mot 30 %.

Rätt pannkombination kan förbättra årsmedelverkningsgraden avsevärt. Speciellt stor betydelse har storleken på sommarpannan.

Många parametrar påverkar effektbehovet och såväl beräkningar som enklare mätningar har visat sig vara osäkra. Det smidigaste och mest praktiska sättet är troligtvis att använda någon schablonmetod för att beräkna det maximala effektbehovet. Säkraste resultatet ger dock en kombinerad metod med mätning och beräkning.

1 INLEDNING

1.1 Problemet

Det är av stor vikt att veta såväl en byggnads effekt- som energibehov. Tidigare har den viktigaste uppgiften varit att få fram ett dimensioneringsunderlag och ofta har effektbehovet beräknats överslagsmässigt. Idag måste man ställa andra krav på dimensioneringen och det är av stor vikt att noggrannt beräkna både effekt- och energibehov.

Många befintliga byggnader har överdimensionerade installationer. Det är vanligt att denna överdimensionering har föregat från det byggnaden uppfördes. Genomförda energisparåtgärder och andra förändringar har ofta medfört ytterligare överkapacitet hos anläggningar, liksom planerade utbyggnader som ej blivit av.

Undersökningar har visat att de flesta pannanläggningar har en betydande överkapacitet. I de fall det effektbehov som använts vid den ursprungliga dimensionering av pannanläggningar har legat till grund för effektbehovsberäkning vid övergång till fjärrvärme, har ofta effektbehovet överskattas. Detta medför höga och felaktiga effekttavgifter.

1.2 Projektet

Vi har i denna förstudie försökt kartlägga hur effektbehovsbestämning traditionellt utförs. En analys av de effektbehovspåverkande faktorerna har genomförts.

Vår målsättning har varit att inte enbart studera enskilda byggnaders behov utan även belysa frågor som distributionsförluster och sammanlagring.

Förluster i produktionsanläggningen är av stor betydelse när effekt- och energibehov skall beräknas. Dessa förluster har studerats och vi har undersökt hur de kan minimeras bl a genom rätt vald pannkombination.

Hur noggrannt värmebehovsberäkningar än utförs är inte noggrannheten sådan att effektbehovet entydligt kan bestämmas med utgångspunkt från dessa.

Vi har även studerat hur man med hjälp av mätning och utvärdering av mätresultatet kan få fram tillförlitligare värden.

2 TRADITIONELL BERÄKNING AV VÄRMEBEHOV.

2.1 Allmänt

Detta kapitel avser att belysa problemen kring att utföra korrekta bestämningar av byggnaders maximala effektbehov genom beräkning. Vidare är intentionen att ge en fingervisning om varför äldre bebyggelse har så pass överdimensionerade värme-system som de förefaller att ha.

År 1957 presenterade dåvarande Statens byggnadsbesparingsutredning en skrift med titeln "Riktig värmebehovsberäkning" ref 11. I denna skrift presenteras svar från 51 uppgiftslämnare angående hur de utförde värmebehovsberäkningar. Resultatet är mycket intressant eftersom det visar att spännvidden i erhållet värmebehov för en och samma byggnad varierade med 12% från medelvärdet. Vidare framgår det att i medeltal var värmebehovet överskattat med ca 54% mot vad författaren ansåg vara korrektvärde.

En byggnads maximala effektbehov för att täcka värmebehovet för uppvärmning och ventilation kan uttryckas:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{trans}} + P_{\text{vent}}$$

där

$$P_{\text{vent}} = m \cdot c_p \cdot \Delta t \quad (\text{W})$$

$$P_{\text{trans}} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (\text{W})$$

$$P_i = k_i \cdot A_i \cdot \Delta t \quad (\text{W})$$

$$m = \text{massflöde} \quad (\text{kg/s})$$

$$c_p = \text{luftens värmekapacitet} \quad (\text{J/kg K})$$

$$\Delta t = \text{dimensionerande temperatur skillnad} \quad (\text{K})$$

$$k_i = \text{byggnadsdelens värmegenomgångstal} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

$$A_i = \text{byggnadsdelens kylande yta} \quad (\text{m}^2)$$

I det följande kommer de ovan angivna parametrarna att studeras var för sig med avseende på osäkerheten i att bestämma korrekta numeriska värden.

2.2 Byggnadsdelens kylande yta

Att bestämma en byggnadsdels kylande yta bör ej vålla några problem vare sig ritningar figns att tillgå eller ej. Det bör dock påpekas att måttet avser innermått. Sker effektbestämning med yttermått som parameter leder detta till en överdimensionering.

2.3 Värmegenomgångstal

Värmegenomgångstalet för en byggnadsdel är en funktion med uttryck enligt

$$\frac{1}{k} = m + m_1 + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}$$

där

k = värmegenomgångstal ($W/m^2 K$)

m = summan av värmeövergångsmotstånden för byggnadsdelens båda ytor. (W/m^2K)⁻¹

m_1 = värmemotstånd för ev luftskikt i byggnadsdelen (W/m^2K)⁻¹

d_i = tjockleken för de olika skikten i byggnadsdelen (m)

λ_i = värmeledningstalen för de olika skikten i byggnadsdelen (W/mK)

Värmeövergångsmotståndet för byggnadsdelens ytor är en funktion av vindhastigheten. Handboksvärden för m varierar mellan 0.17 och 0.25 för vägg och tak mot det fria och mellan 0.26 och 0.35 för byggnadsdel i uppvärmt rum mot utrymme med lägre temperatur.

Spännvidden i m -värde mellan olika handböcker påverkar k -värdet i storleksordningen 2 procent.

Värmemotståndet för icke ventilerat vertikalt luftskick är i stort sätt angivet till samma numeriska värde i olika handböcker.

Värmeledningstal för materialskikt i en byggnadskonstruktion erhålls ur handböcker typ komplement till SBN och VVS-handboken. Att välja korrekta värden bör ej vålla några problem.

Beräkningar av värmegenomgångstalet för golvkonstruktioner torde vara svårast att utföra korrekt. Vid en enkel rundfrågning bland VVS-konstruktörer visade det sig att de flesta ej tog hänsyn till värmemotstånd hos jord. Kompensation utfördes istället genom att anta en lägre temperatur differens mellan varma och kalla sidan.

I den tidigare refererade undersökningen "Riktig värmebehovsberäkning" presenteras enkätsvar på värmegenomgångstal för tre väggtyper. Det framgår att medelvärdena av enkätsvaren för de tre väggtyperna ligger 2-8.9% högre än korrekt värde. Det framgår även att enskilda svar har avvikit så pass mycket som 41% från korrekt värde.

2.4 Dimensionerande temperaturskillnad

Troligtvis kan överskattningarna av byggnaders effektbehov till relativt stor del hänföras till att för höga dimensionerande temperaturskillnader använts. Av "Riktig värmebehovsberäkning" framgår att under femtiotalet överskattades den dimensionerande temperaturskillnaden kraftigt.

I SBN 80 används uttrycken LUT 1 och LUT 5 med vilket menas lägsta utomhusmedeltemperaturen under ett respektive fem dygn. LUT 1 skall användas för byggnad av trä eller för annan lätt byggnad och LUT 5 för byggnad av sten eller annan tung byggnad. Begreppen är grova och som ex kan t ex nämnas att LUT 1 i Malmö är -18°C och LUT 5 ca -13°C . Vid uppvärmning till 20°C innebär detta att LUT 1 ger ca 15% högre effektbehov än om LUT 5 används. Vid ensidigt utnyttjande av begreppen och utan hänsynstagande till att byggnaden kan vara ett mellantig mellan "tung" och "lätt" blir effektbehovet överskattat.

Intressant i detta sammanhang är begreppet extrem utetemperatur (EUT) vilket närmare behandlas i kapitel 3.

Temperaturen till vilken byggnaden uppvärms bör också ägnas uppmärksamhet. Normalt eftersträvas en rumstemperatur av ca 20°C dagtid och 18°C nattetid i bostäder. Med beaktande av värmetillskott från personer, belysning och maskinell utrustning räcker det att dimensionera värmeanläggningen för $+17^{\circ}\text{C}$. På så sätt erhålls en mer eller mindre automatisk sänkning av rumstemperaturen när ingen aktivitet pågår.

2.5 Värmebehov för ventilation

Vid mekanisk ventilation är problemet med att avgöra effektbehovet i stort sätt förenklat till att bestämma en lämplig dimensionerande temperaturskillnad. Det bör påpekas att normalt behövs ingen hänsyn tas till forcerad ventilation via spiskåpa eller dylikt.

För byggnader vilka saknar mekanisk ventilation används normalt en luftomsättning av 0.5 gånger per timma vid bestämning av effektbehovet. Huruvida detta värde påverkas av tätning och tilläggsisolering är ej klarlagt.

2.6 Olika typer av påslag

De vanligaste typerna av påslag har traditionellt varit:

- Väderstreckspåslag
- Hörnrumpåslag
- Påslag för ofrivillig ventilation.

Väderstreckspåslaget har ofta gjorts när byggnadsdel vetter åt annat väderstreck än sydväst - sydost. Anledning till väderpåslag har varit vindens påverkan på det yttre värmeövergångstalet, samt att vid låga temperaturer förhärskar nordlig vind. Mot detta resonemang kan följande argument ställas.

- Värmeövergångstalet är framräknat för vindhastigheten 3 m/s.
- Vid extrem kyla är det mycket sällsynt med stark blåst.
- Vid läsidan av byggnaden blir vindhastigheten låg vilket ger marginal på värmeövergångstalet.

Påslagets storlek har normalt varit ca 10%.

Hörnrumpåslag har gjorts med den motivering att vid yttervägg är temperaturen lägre än den är i rummets mer centrala delar. Detta innebär då att en större del av rumsvolym är av lägre temperatur i ett hörnrum, än i ett rum med en yttervägg. Olägenheten härav skulle vara drag, ensidig avkylning m m. Hörnrumpåslagen uppgick ofta till 5-30% av framräknat effektbehov. Numera genomförs istället beräkningar av riktad operativtemperatur vilket kan sägas vara ett förfinat instrument jämfört med generella procent påslag. Vidare är idag möjligheterna att kompensera låg riktad operativtemperatur med förhöjd rumstemperatur begränsade enl SBN.

Påslag för ofrivillig ventilation gjordes förr ofta som ett procentuellt påslag på transmissionsförlusten. Undersökningar har visat att flödena vid naturlig ventilation uppgår till ca 0.5 omsättningar per timma. Vid mekanisk ventilation beräknas värmebehovet i enlighet med anläggningens driftdata.

Vid rundfrågning bland VVS-konstruktörer har framkommit att vissa fortfarande gör påslag för hörnrum och ofrivillig ventilation.

En starkt bidragande orsak till att effektbehoven är överskattade är troligen att de som genomför beräkningarna lägger på säkerhetsmarginaler för att på så sätt gardera sig mot ev klagomål på låg temperatur i byggnaden.

Det förefaller finnas ett behov av klara och lättfattliga anvisningar om hur korrekta värmebehovsberäkningar skall utföras. En sådan handbok bör även innehålla alla nödvändiga parametrar för beräkningarna.

3 ANALYS AV OLIKA FAKTORERS PÅVERKAN PÅ EFFEKTBEHOVET

Vi skall i det följande närmare gå igenom de faktorer som påverkar effektbehovet.

3.1 Transmissionsförluster

En del av värmeförlusterna utgörs av förluster genom transmission.

Värmetransmission genom en plan vägg kan som redovisats i kapitel 2 beräknas med följande samband:

$$P_{\text{trans}} = k \cdot A (t_i - t_u) \quad (\text{W})$$

k = väggens värmegenomgångstal ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

A = väggens area (m^2)

t_i = lufttemperaturen inomhus (K)

t_u = lufttemperaturen utomhus (K)

Av sambandet framgår att värmeförluster i form av transmission genom väggar, tak, etc kan betraktas linjärt beroende av utetemperaturen.

En väggkonstruktions totala värmemotstånd kan delas upp i flera delmotstånd. Det största värmemotståndet svarar själva väggen för. Det s k övergångsmotståndet till omgivande luft ger bara ett mindre bidrag (mindre än 5 %) till det totala värmemotståndet.

Det sistnämnda motståndet är en funktion av utetemperaturen men eftersom det utgör en så liten del påverkas ej det totala motståndet av detta.

Man kan konstatera att de värmemotstånd som är förknippade med transmissionsförlusterna är i stort helt oberoende av utetemperaturen.

3.2 Strålningsförluster

Värmeövergångstalet vid strålning är av samma storleksordning som värmeövergångstalet vid konvektion. Strålningen får därmed i likhet med konvektionen liten betydelse för väggens värmemotstånd.

Värmeförlusterna genom strålning är inte proportionella mot uteluftens temperatur. Vid beräkning av strålningsförluster används skillnaden mellan väggtemperaturen och den effektiva motstrålningstemperaturen. Skillnaden mellan utetemperaturen och motstrålningstemperaturen kan bli betydande. Vi skall ej här närmare analysera detta, utan bara konstatera att effektbehovskurvans påstådda avböjning inte kan förklaras av strålningsförlusternas reglebundna förändring.

3.3 Ventilationsförluster

Effektbehovet för ventilation utgörs dels av effektbehovet för den medvetna ventilationen, dels effektbehovet för den önskad ventilationen. All luft som tillförs en byggnad värms på något sätt till rumstemperatur.

När mekanisk ventilation används kan ofta luftflödet styras och behöver inte vara en funktion av utetemperatur. Önskad ventilation (avsnitt 3.6) och ventilation genom självdrag är beroende av uteluftens temperatur eftersom drivkraften då bl a är densitetsskillnaden mellan ute- och inneluft.

Tryckdifferensen över ett givet självdragssystem blir ungefär proportionellt mot temperaturskillnaden. ($t_i - t_u$) Denna tryckdifferens skall övervinna strömingsmotståndet som vid turbulent strömning är proportionellt mot strömningshastigheten i kvadrat.

Utnyttjas ej eventuella styrmöjligheter i ett självdragssystem blir ventilationsflödet ungefär proportionellt mot roten ur temperaturdifferensen.

Effektbehovet för värmning av ventilationsluft stiger då ungefär proportionellt mot temperaturdifferensen upphöjt till 1,5.

Energisparåtgärder har medfört sjunkande effektbehov och kanske då speciellt effektbehovet för ventilation. Möjligheten att minska luftflödet vid sjunkande utetemperatur i stället för att öka värmetillförseln har blivit allt vanligare.

Installation av värmeåtervinningssystem såväl i befintliga som nya byggnader medför också en betydande sänkning av effektbehoven för ventilation.

3.4 Intermittent uppvärmning

Vid intermittent uppvärmning eller vid förändringar i utomhus-temperaturen kommer temperaturen i byggnadskroppen att ändra sig. Detta medför ett tillkommande effektbehov för att värma byggnadskroppen.

I en byggnad som befinner sig i termisk fortvarighet kan snabba förändringar av utetemperatur, och därmed effektbehovet, utjämnas av husets termiska tröghet.

Figur 3.1 visar hur utetemperaturer påverkar innetemperaturen i en byggnad.

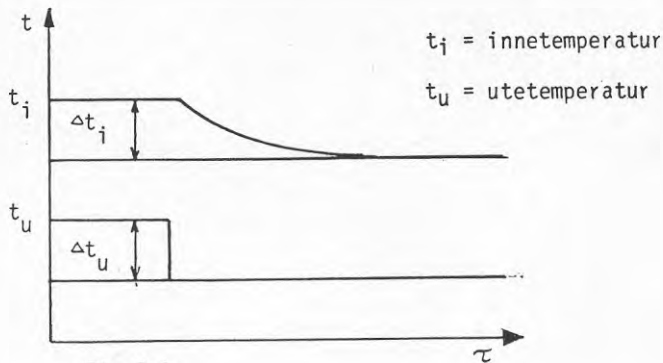


Fig 3.1

Med konstant tillförd värmeeffekt blir innetempersänkningens vid sjunkande utetemperatur, beroende av byggnadens termiska tröghet.

Förändringen kan beräknas med ekvationen

$$t_i = t_u \cdot (1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_0}})$$

τ = tiden för utetemperaturförändringen

τ_0 = byggnadens tidskonstant.

Tidskonstanten för en byggnad kan bestämmas genom mätning eller beräknas.

Tidskonstanten kan beräknas med ekvationen

$$\tau_0 = \frac{M \cdot c_p}{V \cdot \rho \cdot c_{p1} + k \cdot A}$$

M = respektive byggnadsdels massa (kg)

c_p = byggnadsmaterialets värmekapacitet (J/kgK)

V = ventilationsflödet (m³/s)

ρ = ventilationsluftens densitet (kg/m³)

c_{p1} = ventilationsluftens värmekapacitet (J/kgK)

k = ytterväggarnas värmegenomgångstal (W/m²K)

A = ytterväggarnas area (m²)

Normalt räknar man tidskonstanten $\tau_0 = 80$ h för stenhus (1950-talets byggnadssätt) och för trähus $\tau_0 = 24$ h.

Vid nya byggnader och då kanske speciellt sådana för lågtemperatursystem är det viktigt att beräkna tidskonstanterna noggrannare och se hur k-värden och luftomsättningar påverkar τ_0 .

Dagens byggnadssätt innebär att tidskonstanten blir avsevärt högre än tidigare. Tidskonstanter på upp till 500 h förekommer.

I ovanstående förutsätts att all värmeenergi som lagrats i byggnaden kan tillgodogöras genom en sänkning av innetemperaturen.

Tillåts inte en sänkning av innetemperaturen kan endast delar av den i byggnaden (ytterväggen) lagrade energin tillgodogöras vid en sänkning av utetemperaturen. Den lagrade energin kan tillgodogöras i form av en fördröjd ökning av transmissionsförlusterna genom väggen.

För transmissionsförluster genom fönster och ventilationsförluster kan man inte räkna med någon form av tidskonstant. Effektbehovet ökar då momentant vid en sänkning av utetemperaturen.

3.5 Solinstrålning

Genom att medvetet utforma och placera byggnaden kan betydande energitillskott erhållas genom passiv solvärme. För befintliga byggnader där man inte tagit hänsyn till detta vid uppförandet är ändå värmertilskottet p g a solinstrålning betydande.

Figur 3.2 visar beräknad total solinstrålning för årets månader.

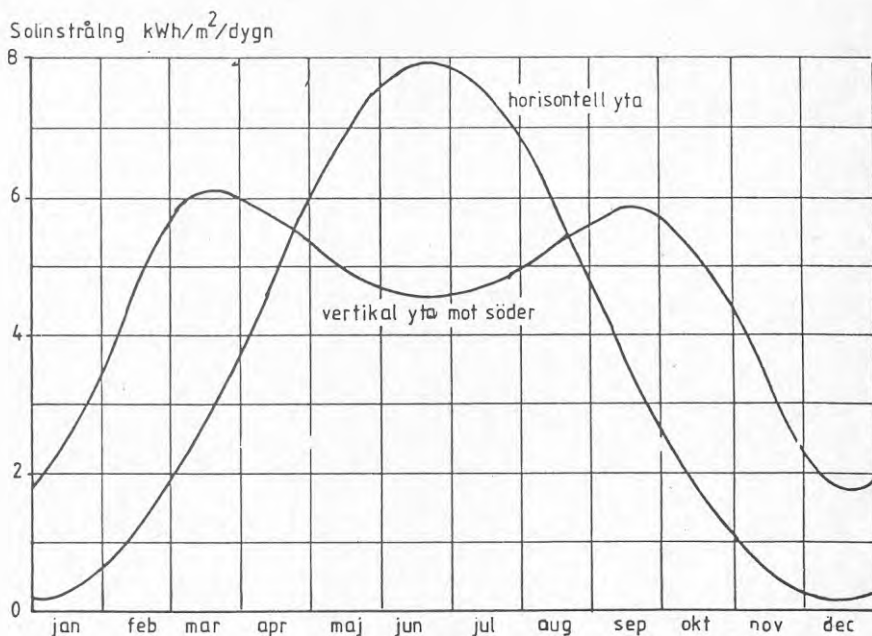


Fig 3.2 Beräknad total solinstrålning vid klar himmel mot en horisontell resp södervänd vertikal yta. L 60°N. Kurvan visar en förutsättning för passiv solvärme i kalla klimat. Vertikala ytor mottar stora delar av solinstrålningen under uppvärmningssäsongen vilket kombinerat med effektiva besparingsåtgärder möjliggör solvärmeutnyttjandet. Källa: Höglund, Ekström.

I figur 3.3 visas solens inverkan på dygnsmedeltemperaturen.

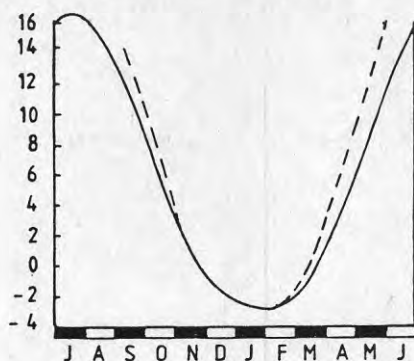


Fig 3.3. Dygnsmedeltemperaturens variation under året för Stockholm, den heldragna kurvan visar temperaturen i skuggan och den streckade kurvan en korrektion för solens inverkan. Ur ref 1.

Om en byggnads månadsvisa energiförbrukning avsätts som funktion av månadernas medeltemperaturer ligger dessa punkter i stort sett efter en rät linje. För vårmånaderna ofta något under medellinjen och för höstmånaderna något över. Februari har högre solinstrålning än december och januari och hamnar oftast under medellinjen. Då februari oftast är kallast böjer energiförbrukningskurvan av vid låga temperaturer.

Detta går dock inte att direkt överföra till observerad avböjning hos effektbehovskurvan. Eftersom det inte kan påvisas att det råder ett samband mellan låga utetemperaturer och ökad solinstrålning.

3.6 Önskad ventilation

Den önskade ventilationen kan ofta vara mycket betydande. Den del av den önskade ventilationen som uppstår genom otätheter i klimatskärmen kan minskas genom tätning.

Den drivande kraften är bl a densitetsskillnader mellan ute- och inneluft. Den tryckdifferens som kan uppstå är 10-50 Pa.

Betydligt större tryckdifferenser och därmed större förluster, kan orsakas av vinden och kan uppgå till mer än 300 Pa.

Det har påvisats att sannolikheten för höga vindstyrkor minskar vid låga temperaturer, och vid mycket låga temperaturer finns en övre gräns som vindstyrkan aldrig överskrider.

Sambandet mellan utetemperatur och vind kan till viss del förklara effektkurvans avböjning.

Viktigt är dock att notera att en stor del av den oönskade ventilationen sker genom öppna fönster, dörrar och portar. Dessa förluster beror helt på beteende och brukarvanor.

Vid t ex kraftig solinstrålning ventileras ofta byggnader genom att fönstren öppnas, vilket medför en stegring av effektbehovet vid dessa tidpunkter. Denna okontrollerade ventilation minskar med sjunkande utetemperatur och påverkar därmed effektbehovskurvans utseende.

Den oönskade och okontrollerade ventilationen skulle således kunna förklara effektkurvans avböjning vid lägre temperaturer.

3.7 Köldperiodens varaktighet och frekvens

Vi har tidigare redogjort för byggnadens förmåga att lagra värme. Varaktighet för extremt låga utetemperaturer är kort. För att kunna ta ut den i byggnadsstommen lagrade energin måste innetemperaturen sänkas. För att kunna sänka innetemperaturen krävs att värmesystemet är utfört så att effektuttaget kan begränsas vid temperaturer under LUT. Eftersom värmesystemen nästan alltid är överdimensionerade finns i regel inte denna möjlighet till effektbegränsning.

3.8 Effektbehov för tappvarmvatten

En avgörande betydelse för effektbehovet har tappvarmvattenförbrukningen. Traditionellt har energiförbrukningen för tappvarmvatten ansetts vara jämt fördelad över årets dagar.

Mätningar som utförts indikerar att så inte är fallet. Mätningarna visar ofta att energibehovet är lägre under sommartid och differensen mellan sommar och vintermånaden förfaller vara störst i flerfamiljshus. I vissa fall har påvisats att förbrukningen är dubbelt så stor under en vintermånad som under en sommarmånad.

Figur 3.4 visar resultat från mätningar i ett flerfamiljshus.

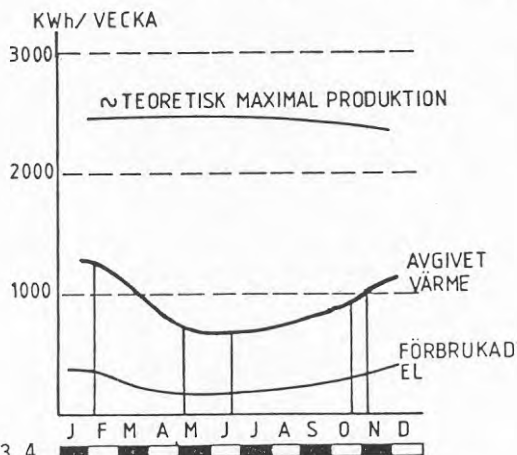


Fig 3.4

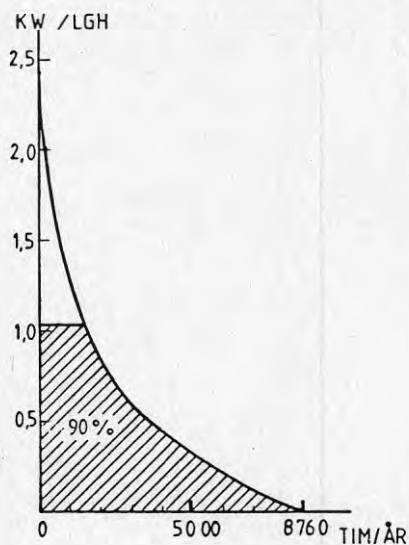
Helt avgörande för effektförbrukningen är möjligheterna till ackumulering.

Med varmvattenberedare av genomströmningstyp blir effektbehovet proportionellt mot varmvattenuttaget medan man med varmvattenberedare av förrådstyp klarar sig med lägre effekt

Exempel

En tappning av 200 l 40-gradigt vatten på 5 minuter motsvarar ca 80 kW om en genomströmningsberedare används för tappvarmvattenvärmning. En förrådsberedare på t ex 200 l istället för genomströmningsberedare minskar effektbehovet med i stort sett en faktor 6 om man t ex vill ta ett bad var 30 minut.

I fig 3.5 visas hur effektbehovet för VV-beredning kan se ut.



3.5 Effektbehov för VV-beredning.

4 EFFEKTBEHOV FÖR TÄCKNING AV DISTRIBUTIONSFÖRLUSTER.

I fjärrvärmesystem och kulvertsystem anslutna till blockcentraler, utgör ofta värmeförlusterna från kulverterna en betydande del av förlusterna i ett system.

Värmeförlusterna vid fjärrvärme distribution anges i regel i förhållande till årlig inmatad värmemängd till fjärrvärmenätet.

Storleken på distributionsförlusten varierar från nät till nät. I medeltal är den ca 8% i Svenska fjärrvärmenät enligt Statistiska Centralbyråns statistik.

Det har dock påvisats att spridningen är stor, förlusten kan vara så låg som 4% i tätbebyggda storstadsområden och uppåt 20-30% i fjärrvärmeanslutna småhusområden.

De faktorer som påverkar distributionsförlusten är rörisolering, temperaturnivån i kulvertsystemet, och värmtätheten inom distributionsområdet.

4.1 Värmegenomgångstalet

Värmeeffektörlusten för ett kulvertnät är proportionell mot medierörens totala mantelyta och temperaturdifferansen mellan värmevattnet och omgivningen.

Den momentana distributionsförluster P_f kan uttryckas med sambandet

$$P_f = k \cdot A \cdot \left(\frac{t_f - t_r}{2} \right)$$

k = värmegenomgångstal relaterat till mantelytan A . ($W/m^2 K$)

A = medierörens mantelyta, lika med $2 \cdot L \cdot d$ för ett rörpar med rördiametern d och längden L (m^2)

t_f och t_r = Temperaturdifferansen mellan fjärrvärmevatten och omgivning för fram (t_f) respektive returledning (t_r). (K)

Det totala värmegenomgångstalet k kan ses som ett årligt effektivt medelvärde för hela kulvertnätet och innefattar värmestånd i rörisolering och omgivande mark.

$$k_{tot} = \frac{\sum k_j \cdot A_j}{\sum A_j}$$

k_j och A_j är värmegenomgångstalet respektive mantelytan för varje kulvertdimension.

Det dominerande motståndet ligger i isoleringen. Markmotståndets andel av det totala värmemotståndet är i medeltal bara 10-15% för modernare kulvertsystem.

Markens egenskaper påverkar således det totala värmemotståndet i liten utsträckning.

Äldre system har dimensionerats med andra ekonomiska förutsättningar i sådana system är markmotståndets andel större (ca 20-30%).

Marksegenskaper (fukthalt etc) har således större betydelse för värmeförlusterna, i äldre system än i de som idag installeras.

Kulvertisoleringens huvudfunktioner är att isolera värmen samt isolera rören från fukt så att de inte korroderar utifrån.

I många äldre system har svårupptäckta brister i fuktisoleringen medfört fuktskador med stora värmeförluster som följd.

I figur 4.1 visas beräknade värmegenomgångstal för olika rördimensioner.

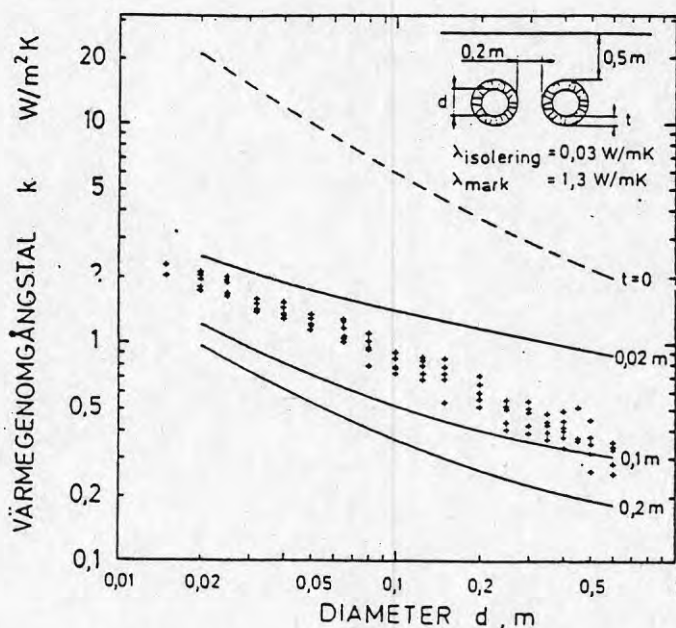


Fig 4.1 Beräknat värmegenomgångstal k som funktion av olika rördiameter med konstanta isoleringstjocklekar (linjer) och isoleringstjocklekar för kommersiellt saluförda ledningar (punkter). OBS! Logaritmiska skalor på båda axlarna. Ur ref 2.

Av figuren framgår att värmegenomgångstalet blir större vid små än vid stora rördimensioner.

Detta har en geometrisk och en ekonomisk orsak.

Vid konstant isoleringstjocklek blir värmegenomgångstalet stort, när kvoten mellan rörisoleringens ytter- och innerdiameter blir stor.

Det är oekonomiskt att använda samma isoleringstjocklek för alla rördimensioner. Den ur ekonomisk synpunkt optimala isoleringstjockleken blir mindre vid små rördimensioner än vid stora.

4.2 Värmetäthet inom distributionsområdet.

De relativa förlusternas storlek är starkt beroende av värmtätheten (GWh/km^2) eller effekttätheten (MW/km^2) som båda är mått på värmebehovets geografiska koncentration.

En förklaring till att de relativa förlusterna är större i fjärrvärmeanslutna småhusområden än i områden med flerfamiljs-hus är just skillnaden i värmetäthet.

Att enbart utgå från värmetätheten i ett område när man bedömer dess lämplighet för centraliserad värmeförsörjning är dock inte tillräckligt.

I glesare bebyggda områden är ofta nätet utfört som ett sekundärsystem, dvs man har en värmväxlare mellan primärnätet och sekundärnätet. Det är inte ovantligt att standarden är lägre i dessa system.

Eftersom en värmväxling sker blir temperaturnivån lägre i sekundärsystemet. I praktiken uppnår man ej samma temperatur differens mellan fram- och returledning i sekundärnätet som i primärnätet. För att kompensera för detta måste rörledningsdiametern göras större eftersom massflödet måste ökas.

Ökningen av rördiametern motverkar till viss del minskningen av värmeförlusterna, som de lägre temperaturerna i sekundärnäten medför.

Om man tänker sig att förändra en panncentral och det område som skall betjänas, är det viktigt att analysera värmeförlusterna i kulvertsystemet.

5. ENERGIHUSHÅLLANDE ÅTGÄRDERS PÅVERKAN PÅ EFFEKTBEHOVET.

Vi har tidigare berört att energisparande åtgärder kan ha en betydande inverkan på effektbehovet.

Tilläggsisolering och tätning är sådana typer av åtgärder som medför att maxeffektbehovet minskar. I figur 5.1 illustreras, i en konsekutiv belastningskurva, hur åtgärdstypen påverkar effektbehovet.

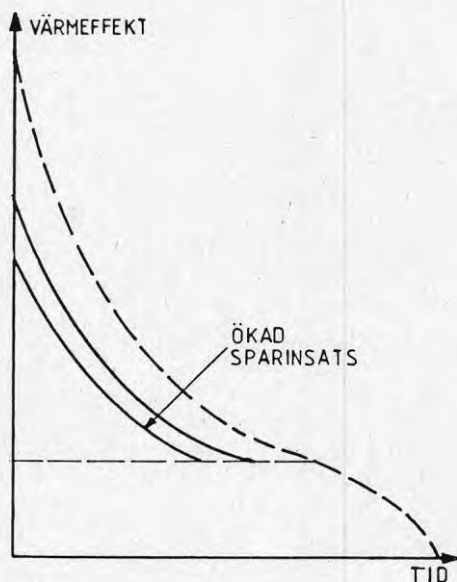


Fig 5.1 Tilläggsisolering och tätning

Utnyttjande av spillvärme kan i vissa fall ge ett kontinuerligt effekttillskott. Det är dock vanligt att tillgängligheten är osäker vilket medför att man ej kan räkna med någon effekttäckning från spillvärmen. I figur 5.2 illustreras hur spillvärme kan komma in i en produktionsanläggning.

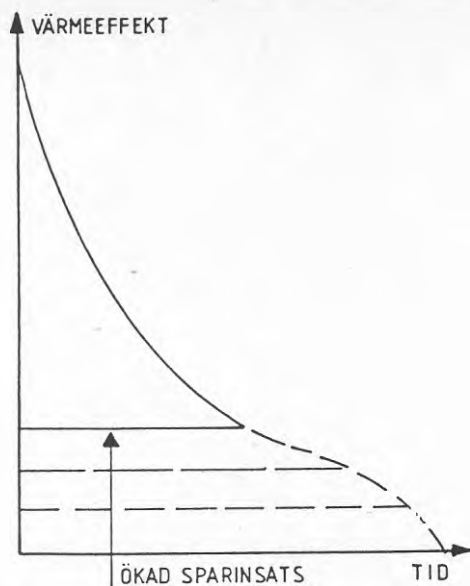


Fig 5.2 Spillvärme från industri.

Solvärme utan årslagring och värmepumpar, med värmekällor som uteluft och ytvatten, ger ej något kontinuerligt effekttillskott. I sådana system kan man inte kapa effekttoppen under vintern utan att införa lagring.

I figur 5.3 illustreras hur solvärme och nämnda typ av värmepumpstillämpningar utan lager kommer in i belastningskurvan.

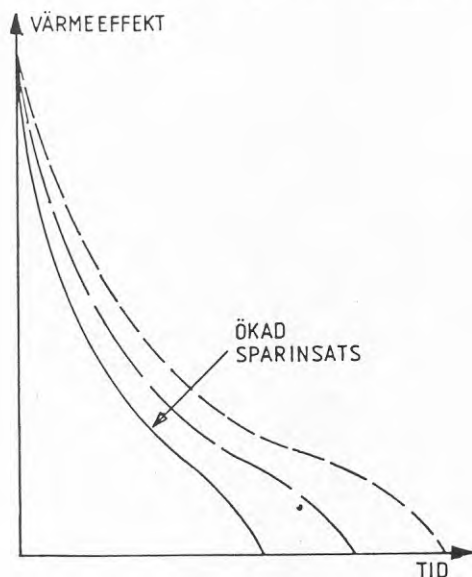


Fig 5.3 Solvärme utan årslagring.

Även om man inte kan räkna med någon effekttäckning från vissa sol- och värmepumpanläggningar har de ändå stor betydelse om de klarar en stor del av energibehovet. Eftersom den enhet som säkerställer effektbehovet då kan utgöras av en oljepanna med låg investeringskostnad. Drifftiden hos denna enhet, med dyrt bränsle, blir mycket kort.

6 EFFEKTBEHOVENS SAMMANLAGRING.

Vid distribution av ledningsbunden energi kan en sammanlagring alltid förutsättas.

Maximum för summan av ett antal belastningar är alltid mindre än summan av maximum för de enskilda belastningarna. Kvoten mellan dessa definieras som sammanlagringsfaktorn.

Sammanlagringsfaktorn beror av slumpmässiga faktorer och skilda brukarvanor.

Man har visat att elektriska hushållsbelastningar under höglasttid är normalfördelade och om man antar att belastningarna är lika och oberoende får man följande uttryck för maxeffekten per abonnent som funktion av antalet.

$$\frac{\hat{p}}{n} = a + b \cdot \sqrt{\frac{1}{n}} \quad \text{där } a \text{ och } b \text{ är konstanter}$$

Det vanliga antagandet, att belastningarna är okorrollerade, dvs oberoende, är emellertid inte alltid sant, särskilt inte för värmebelastningar. Om man i stället antar att belastningarna är korrelerade och korrelationskoefficienten mellan två belastningarna är p får man:

$$\frac{\hat{p}}{n} = a + b \cdot \sqrt{\frac{1-p}{n} + p} \quad \text{där } 0 \leq p \leq 1$$

Vid fjärrvärmedistribution finns i den rena värmelasten en stark korrelation via utetemperaturen. Tappvarmvattenbelastningen är däremot mer okorrelerad, men är starkt beroende av systemtyp (direktväxling, 4-rörssystem och dylikt). I princip har man alltså en sammansättning mellan två slags belastningar.

I fig 6.1 redovisas schematiskt teoretisk sammanlagring för tappvarmvatten och uppvärmning.

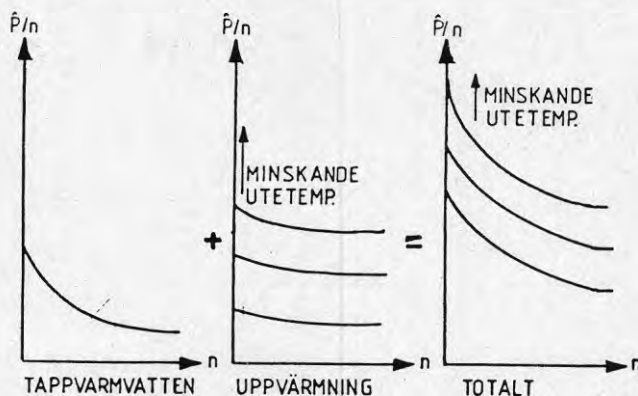


Fig 6.1 Schematisk beskrivning av sammanlagring för tappvarmvatten och uppvärmning. Ur ref 3.

Multiplieras ett objekts maxeffekt med sammanlagringsfaktorn fås den kapacitet som skall utgöra underlag för dimensionering av bl a huvudledningar och värmecentral.

Således kan stora besparingar göras i både investeringskostnader och värmeförluster i kulvertsystem om sammanlagringen kan bestämmas.

För att få bättre tumregler för sammanlagringen har sammanlagringsmätningar utförts bl a i villområden.

Av de mätningar som gjorts (ref 3) kan man bl a dra slutsatsen att någon sammanlagring i uppvärmningsenergi knappast föreligger, utan att sammanlagringen går helt att hänföra till tappvarmvatteneffekt. Slutsatsen baserar sig på att sammanlagringskurvorna för olika temperaturer är parallella, fig 6.2.

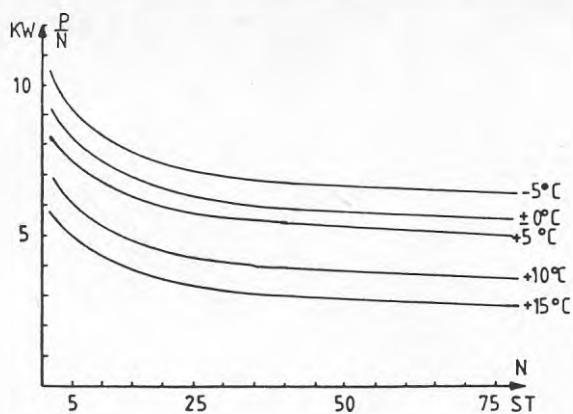


Fig 6.2 Sammanlagring av maxeffekter vid olika temperaturer i Uppsala. Ur ref 3.

Den teoretiska principen som redovisats i figur 6.1 är således giltig men det är viktigt att påpeka att stora skillnader finns mellan olika systemtyper.

7 SYNUNKTER PÅ VÄRMEANLÄGGNINGARS DIMENSIONERING

7.1 Förluster i värmeanläggningar

Årsmedelverkningsgraden för en värmeanläggning utgör en central roll när det gäller att fastlägga ett objekts effekt och energibehov.

Eftersom större delen av värmeanläggningarna i landet är oljeeldade, kommer följande kapitel att behandla oljeeldning. I princip gäller dock större delen av resonemanget även för andra bränslen.

Förlusterna från en värmeanläggning kan översiktligt indelas enligt följande:

- Rökgasförluster.
- Strålningar och konvektionsförluster från anslutande ytor.
- Genomströmningsförluster

Rökgasförlusterna uppgår till mellan 5-15% i små och medelstora anläggningar och är i regel oberoende av värmebehovet. Anledningen till det är att de flesta anläggningarna har oljebrännare med intermitterent drift. D v s när brännaren går avges alltid maximal effekt, övrig tid är den avstängd.

Strålnings- och konvektionsförlusterna är naturligtvis endast en funktion av temperatur differensen mellan pannans botten, ytterhölje och omgivande temperatur. Dvs de är oberoende av pannbelastningen.

Dessa typer av förluster beror i stället på anläggningars relativa gångtid.

$$\text{Relativ gångtid} = \frac{\text{brännarens gångtid}}{\text{brännarens gångtid} + \text{stilleståndstid}}$$

med ökad relativ gångtid blir denna typ av förluster således relativt sett mindre.

I figur 7.1 visas förlusterna som funktion av relativa gångtiden (principerna).

7.2 Årsmedelverkningsgraden

Årsmedelverkningsgraden kan beräknas på två sätt, direkt och indirekt.

7.2.1 Direkt metod

Direktmetoden innebär att oljemängden till anläggningen, under en period, mäts och ställs i relation till den utgående energimängden.

Efter mätning av rökgastemp, pannrumstemperatur och CO₂-halt, beräknas rökgasförlusterna med hjälp av följande uttryck.

$$F_R = \left(\frac{0,5}{V(\text{CO}_2)} + 0,005 \right) (t_r - t_0) \quad (\%)$$

F_R = rökgasförluster
 $V(\text{CO}_2)$ = volymprocent CO₂ i rökgaserna
 t_r = rökgastemperatur
 t_0 = pannrumstemperatur

Vid beräkningarna antas inte några större mängder oförbrända gaser förekomma i rökgaserna.

Värmeenergin beräknas som produkten av vattenflödet och temperatur differensen.

Registreringen av vattenflödet kan ske med ett flertal olika mätare. Även strypfläns kan användas.

Årsmedelverkningsgraden blir då:

$$\eta = \frac{\int_0^T m \cdot c_p \cdot (t_1 - t_r)}{\sum_0^T H \cdot Q}$$

m = vatten mängd (kg)

t = tid (s)

c_p = specifiktvärme vatten (kJ/kg)

t = tillopps- resp returtemperatur (K)

H = effektivt värmevärde (MJ/kg)

Q = oljemängd (kg)

På detta vis kan t ex medelverkningsgraden per månad beräknas.

I figur 7.3 visas ett exempel på en sådan mätning från en pannanläggning.

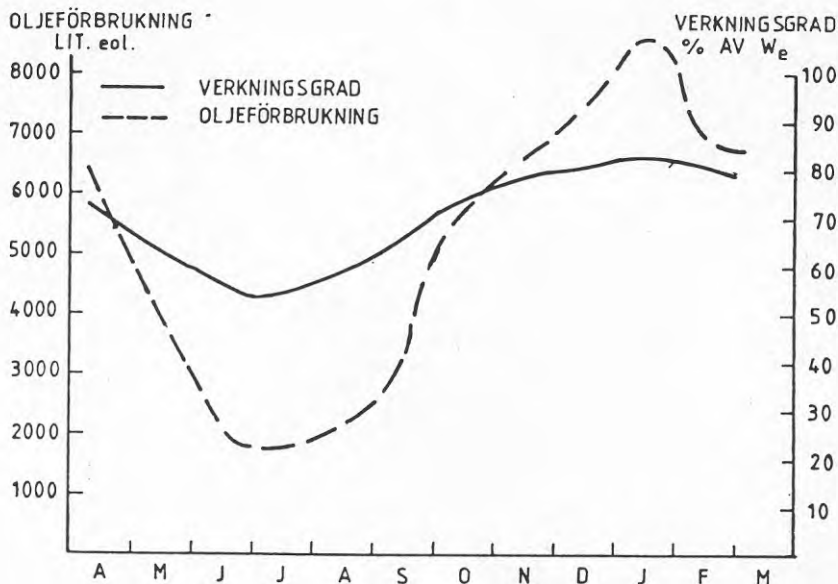


Fig 7.3

7.2.2 Indirekt metod

Den indirekta metoden medför ett betydning mer omfattande beräkningsarbete. Pannans olika förluster beräknas.

Den relativa gångtiden beräknas med hjälp av brännarens kapacitet. Om flera pannor är inkopplade till systemet görs beräkningarna för varje panna.

Strålnings- och konvektionsförlusten beräknas på följande sätt:

$$F = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot A \cdot T}{W} \cdot 100 \quad (\%)$$

α = värmeövergångstal strålning och konvektion (W/m^2K)

Δt = temperatur-differens mellan pannans omslutningsyta och pannrummet.

A = omslutningsyta (m^2)

T_i = inkopplingstid (h)

W = tillförd energimängd under perioden (MWh)

på samma sätt beräknas förlusterna från luckor.

Ledningsförlusterna från pannbotten uppskattas ibland till 30% av soleringsförlusterna.

Genomströmningsförlusterna beräknas på följande sätt

$$F_g = \frac{q \cdot \Delta t \cdot T_s}{W} \cdot 100 \quad (\%)$$

q = luftflöde (kg/s)

Δt = temperaturdifferens mellan pannvatten och pannrumsluft (K)

T_s = stilleståndsperioder (h)

W = tillförd energimängd under perioden (MWh)

Rökgasförlusterna beräknas på samma sätt som vid den direkta metoden.

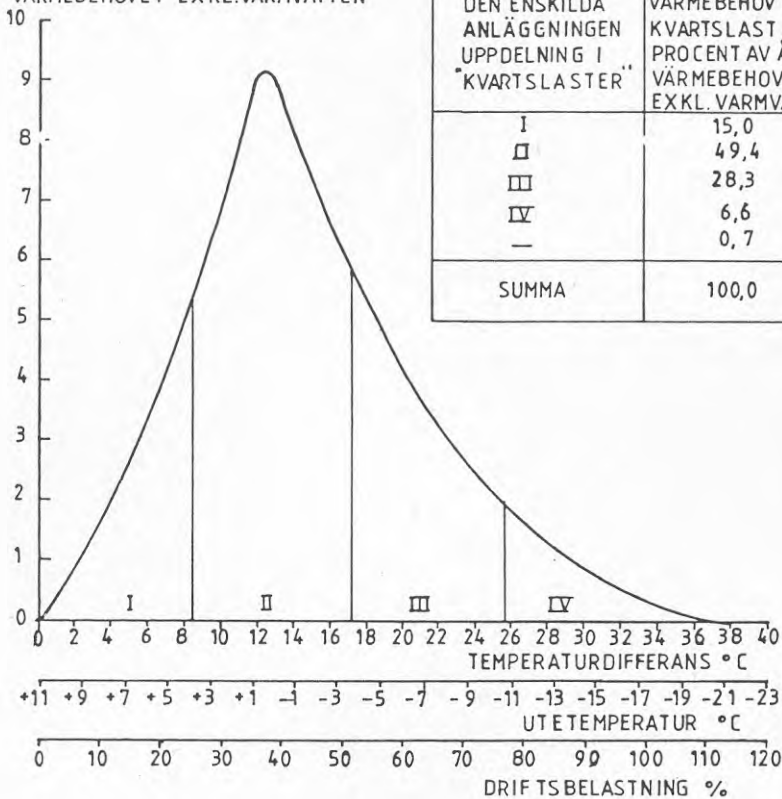
Med hjälp av dessa formler beräknas sedan årsmedelverkningsgraden.

Av figur 7.3 ovan framgår att värmeanläggningars månadsmedelverkningsgrader varierar mellan 80 och 50 %. Utslaget på kortare perioder är differensen ännu större. I vissa fall kan verkningsgraden vid sommar drift vara ned mot 30%.

7.3 Val av pannstorlekar

Om man studerar en konsekutiv belastningskurva över värmebehovet för ett större objekt, framgår att det är under mycket kort tid som det krävs en hög effekt. En mycket stor del av energibehovet kan tillgodoses med avsevärt lägre effekt. Detta tillsammans med slutsatserna från tidigare kapitel medför att valet, av lämplig pannkombinationer i värmeanläggningar, är av stor vikt för årsmedel-verkningsgraden för en anläggning. Anläggningens verkningsgrad vid max effekt har således mycket liten påverkan på årsmedelverkningsgraden. I figur 7.4 där värmebehovet åskådliggörs i procent, av årsvärmebehovet framgår detta tydligt.

VÄRMEBEHOVET I PROCENT AV ÅRS-
VÄRMEBEHOVET EXKL. VÄRMVATTEN



Det gäller att välja storlekar på pannorna så att den relativa gångtiden blir så hög som möjligt och att pannorna totalt sett går med så hög verkningsgrad som möjligt.

Genom att studera olika alternativa pannkombinationer och söka - den som med en given belastning ger den längsta relativa gång tiden kan årsmedel verkningsgraden optimeras.

En grafisk metod att utföra denna optimering har beskrivits i ref 10.

Effektbehovet som funktion av utetemperaturen ritas upp i ett diagram som en rät linje. Linjens lutning fastställs på följande sätt:

- Maxeffektbehov vid LUT.
- Effektbehov vid sommar drift (oftast behovet för varmvattenberedning).

De olika pannornas kapacitet avsätts sedan i diagrammet (fig 7.5) och projiceras ner på ett diagram som åskådliggör relativ gångtid som funktion av utetemperaturen. Relativa gångtiden (RGS) för sommarfallet beräknas som kvoten mellan effektbehovet för sommarfallet och panna 1:s max effekt.

Därefter kan kurvan för panna 1 läggas in. Genom att extrapolera panna 1:s linje till temperaturaxeln kan polpunkten för de övriga pannorna fastläggas.

Nu kan de olika pannorna läggas in i diagrammet och respektive RG beräknas för de olika pannorna inom varje driftperiod.

Hur stor del av totala driftperioden för anläggningen som varje temperaturintervall motsvarar erhålles ur en varaktighetskurva över utetemperaturen för orten i fråga.

Relativa utnyttjningstiden (RU) kan sedan beräknas vilket utgör ett mått på årsmedelverkningsgraden för pannkombinationen. Genom att på detta vis analysera olika kombinationer kan den pannkombination som ger den högsta relativa gångtidens tas fram.

utetemp	varaktighet		relativ	relativ
	h	%	gångtid	utnyttjningstid
°C			(RG)	över året
-16-(-10)	200	2,3	0,92	0,021
-10- (-8)	100	1,1	0,91	0,010
-8 - (-6)	200	2,3	0,84	0,019
-6 - (-4)	500	5,7	0,75	0,043
-4 - (-2)	600	6,8	0,95	0,065
-2 - 0	600	6,8	0,83	0,056
0 - 2	600	6,8	0,86	0,058
2 - 4	600	6,9	0,86	0,059
4 - 6	600	6,9	0,68	0,047
6 - 8	600	6,9	0,58	0,040
8 - 10	600	6,9	0,75	0,052
10 - 11	300	3,4	0,6	0,020
11	3260	37,2	0,5	0,186
	8760	100		0,676

Förutsättningar:

Maxeffektbehov 1200 kW

Installerad effekt 200 + 500 + 500 kW

LUT = -16°C

Varmvatten effektbehov 100 kW

Beräkningar:

$$RSG = \frac{100}{200} = 0.5$$

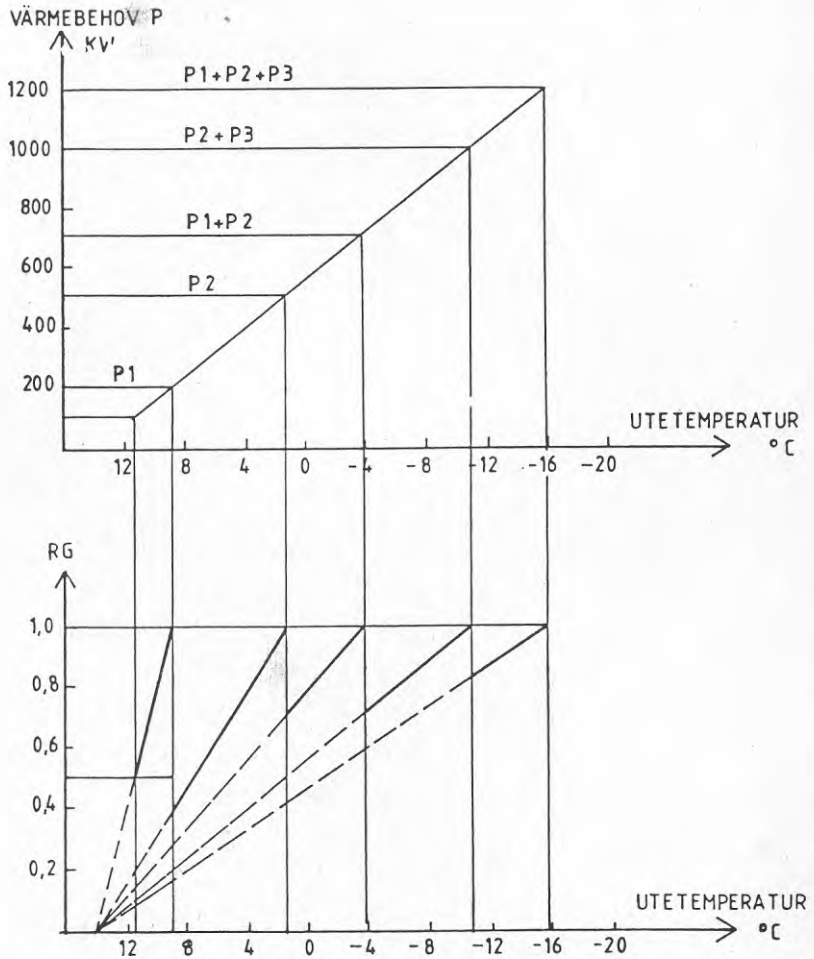


Fig 7.5.

Den relativa utnyttjningstiden (RU) blir således 0,676. Detta är ett mycket högt värde på RU. I de fall pannkombinationen $1/3 + 1/3 + 1/3$ hade valts vilket inte är ovanligt hade värdet blivit avsevärt lägre, se fig 7.6. Stor betydelse har som synes valet av sommarpanna, en alltför stor sådan ger mycket stor negativ inverkan på relativa gångtiden.

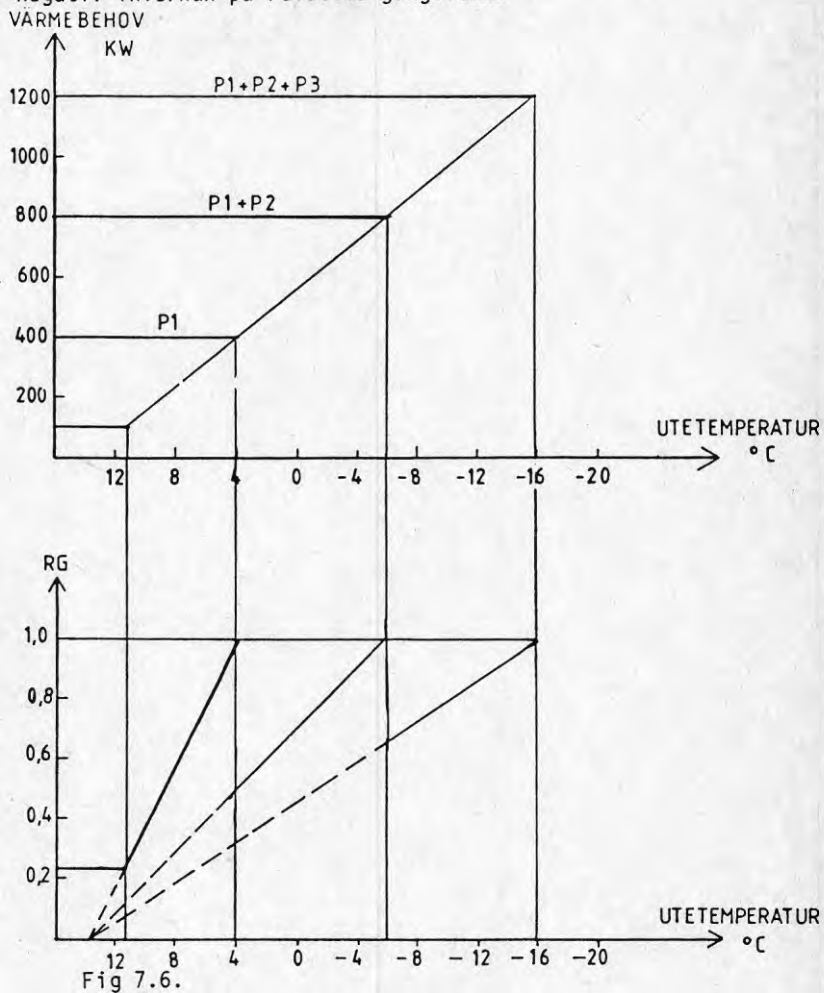


Fig 7.6.

Vid större anläggningar med modulerande brännare är möjlighe-
terna större att kompensera ett "felaktigt" pannval. Denna
möjlighet begränsas dock av risken för kondensskador om effek-
ten nedregleras alltför mycket.

I fig 7.7 visas det principiella förhållandet mellan relativa gångtiden och årsmedelverkningsgraden.

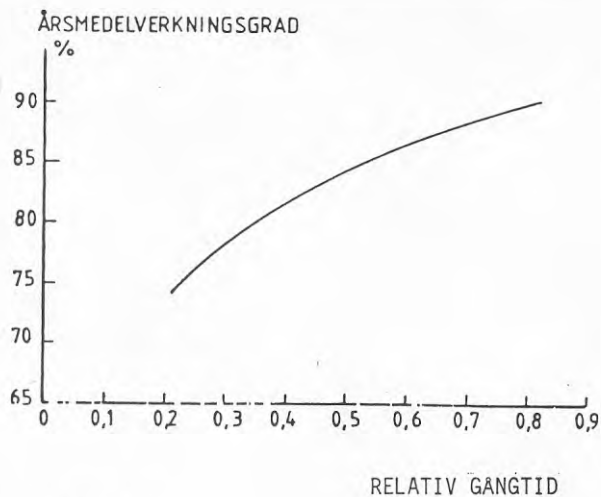


Fig 7.7

Årsmedelverkningsgraden som funktion av relativa gångtiden.

8. METODER FÖR FASTSTÄLLANDE AV EFFEKTBEHOV

Som tidigare påpekats är värmebehovsberäkningarna, som görs vid projektering inte av sådan noggrannhet att effektbehovet för en byggnad entydigt kan bestämmas med utgångspunkt från dessa. Värmebehovet har nästan alltid överskattats.

När det gäller befintliga byggnader kan ett betydligt noggrannare resultat erhållas med någon form av mätning och utvärdering av energiförbrukningen.

Även schablonmetoder utgående från bränsleförbrukningen ger i regel ett tillförlitligare värde på effektbehovet.

8.1 Energimätning

Några mer eller mindre vanliga metoder kommer att diskuteras nedan, uppdelat på fjärrvärme och oljeeldning.

8.1.1 Fjärrvärme

I det fall en energimätare finns installerad, t ex i fjärrvärmeanslutna objekt, kan effektmätning enkelt genomföras. Ofta kan en effektskrivare som mäter energiförbrukningen per timme kopplas till energimätaren. På detta vis kan medeleffekten per timme mätas. Även effektskrivare för 3 och 6 timmars medeleffekt kan utnyttjas. Detta ger naturligtvis ett lägre värde än det maximala effektbehovet.

Noggrannheten blir naturligtvis försämrad med längre tidsintervall. Värmeträgheten i de flesta byggnader är dock så hög att detta inte har någon betydelse.

8.1.2 Oljeeldning

När värmekällan är en oljepanna måste verkningsgrader på pannan först fastläggas innan objektets energi och effektbehov kan beräknas. Detta kan föranleda avsevärda problem eftersom det inte finns något direkt samband mellan den uppmätta förbränningsverkningsgraden och den totala verkningsgraden, inkl genomströmningsförluster och stilleståndsförluster. När verkningsgraden på pannan fastlagts kan objektets förbrukning beräknas.

När det gäller att bedöma objektets effektbehov är det inte lämpligt att utgå ifrån pannans märkeffekt eftersom den endast gäller vid en viss temperaturhöjning av vattnet som cirkulerar i systemet.

Vid en dåligt inreglerad anläggning kan avgiven effekt avvika avsevärt från märkeffekten, t ex om temperaturdifferensen över pannan i praktiken är 5°C i stället för 20°C blir avgiven effekt ca 25 % av maxeffekten.

Mätning av oljeförbrukning kan i princip ske på 3 olika sätt.

- Flödesmätning
- Nivåmätning i tank
- Drifttidsmätning

Flödesmätningen går till så att en flödesmätare placeras på oljeledningen till oljebrännaren och där registrerar den förbi-transporterade oljemängden. Det bör observeras att stora oljebrännare ger returflöden av olja till oljetanken och detta kräver två flödesmätare. Den verkliga oljeförbrukningen blir då skillanden mellan uppmätta värden i tilllopps- och returledningen.

Den enklaste metoden för mätning av oljeförbrukningen är avläsning av oljenivån i tanken.

Ett enkelt och noggrant sätt att bestämma oljeförbrukningen är att mäta brännarens drifttid. Finns inte drifttidsmätare på de olika brännarna är det lämpligt att installera sådana, eftersom detta ger en möjlighet att registrera förbrukningen vilket är nödvändigt för att eventuella energihushållningsåtgärder skall kunna utvärderas. När oljetrycket till brännaren och brännarmunstycket är fastlagt är drifttiden ett mått på energiförbrukningen. Det finns vissa typer av mätare som kan mäta drifttiden, samt antal start och stopp under mätperioder.

8.2 Temperaturmätare

Effektmätning bör ske under den kallaste delen av året, eftersom bästa resultat erhålls om utetemperaturen är låg och även relativt stabil så att inte objektets värmelagringsförmåga påverkar mätningen.

Energiförbrukningen relateras till utetemperaturen under mätperioden. Uppgifter om utetemperaturen kan erhållas från SMHI. Vid högre krav på noggrannhet kan en s k graddags-mätare installeras för att registrera lokalklimatet. I de flesta fall ger dock månadsmedeltemperaturen tillfredsställande resultat.

I det fall en graddags-mätare används kan medeltemperaturen t för mätperioden beräknas ur resultatet med hjälp av förhållandet $(17-t) \cdot n = GT$, där n är tiden mellan avläsningarna och GT är gradtimtalet.

8.3 Utvärderingsmetoder

Eftersom mätningarna ytterst sällan kan ske vid lägsta utetemperatur (LUT) eller dimensionerande utetemperatur (DUT) måste bestämningen av max effektbehovet ske med extrapolering från effektbehov vid högre temperatur till behovet vid LUT.

8.3.1 Extrapolering av max effektbehovet

Den enklaste metoden att fastställa effektbehovet är att effektmätningen direkt relateras till utetemperaturen. Effektbehovet som funktion av utetemperaturen anpassas till en rät linje med hjälp av linjärregression. Se bilaga 2.

Naturligtvis kan även en anpassning göras grafiskt i ett diagram. Mätperioden bör omfatta den kallaste delen av året samt vara så lång som möjligt, dock minst en månad. Ett visst urval av mätdata bör göras så att inte extrema mätdata påverkar resultatet.

Noggrannheten i metoden är mycket beroende av mätperiodens längd eftersom kurvans lutning blir osäker vid litet temperaturintervall.

Ett sätt att "styra upp" kurvan är att lägga fast den punkt som motsvarar den temperatur vid vilken det temperaturoberoende effektbehovet upphör. Traditionellt används följande temperaturer när värmebehovet anses kunna upphöra.

Radiatorer 11° C. Luftuppvärmning 17° C.

För bostäder kan effektbehovet för tappvarmvatten i detta fall uppskattas till c:a 10%. När det gäller övriga förbrukare är det betydligt svårare att generellt uppskatta tappvarmvattenförbrukningen. Finns inga andra uppgifter att tillgå, kan det vara bättre att inte utnyttja någon fast punkt.

8.3.2 Extrapolering av månadseffekten med hänsyn till dygnets effektvariation

En något mer komplicerad metod att beräkna max effekten är att utnyttja förhållandet mellan toppeffekten och medeleffekten över vardagsdygn och helgdygn.

Detta är en metod som provats på några kontorsfastigheter (ref 1) och befunnits vara betydligt bättre än föregående metod.

Energiförbrukningen per månad divideras med antalet timmar i respektive månad. Resultatet plottas i ett diagram som funktion av månadernas medeltemperatur. Med linjär regression anpassas punkterna till en rät linje som kan extrapoleras till LUT, vilket ger månadsmedeleffekten som approximativt kan betraktas som veckomedeleffekt.

För att beräkna max effekten måste förhållandet (den s k punktligheten) mellan maximal dageffekt och veckomedeleffekten (x) utnyttjas. Detta kan göras genom att energimätaren avläses morgon och kväll, eller genom att effektmätning genomförs.

Varierar effekten som i bilaga 3 kan denna utnyttjas för beräkning av x-värdet.

En förutsättning för mätningen är att utetemperaturen under mätdygnen är i det närmaste konstant. För att öka noggrannheten bör flera mätningar göras, så att ett medelvärde för flera dygn kan beräknas.

Veckomedeleffekten vid LUT multipliceras med x , vilket ger maxeffektbehovet.

8.3.3 Schablonmetoder

När det gäller schablonmetoder för att fastställa en befintlig byggnads effektbehov är utbudet relativt stort.

Dessa metoder används i olika sammanhang för att överslagsmässigt ange en byggnads effektbehov. De flesta metoderna bygger på beräkningar utgående från oljeförbrukningen.

Följande uppskattningar förekommer i olika sammanhang.

Flerfamiljshus

- $P_{\max} = 2 \times \text{oljaförbrukningen i m}^3 \text{ (kW)}$
- $P_{\max} = 3 \text{ kW per lägenhet}$
- $P_{\max} = 50 \text{ W per m}^2 \text{ BRA}$

Det är uppenbart att dessa metoder ger varierande resultat.

Övriga objekt:

Industrier $P_{\max} = 35 \text{ W/m}^3 \text{ byggvolym}$

Friliggande hus $P_{\max} = 10 \text{ kW}$

Radhus $P_{\max} = 3 \text{ kW}$

Dessa uppgifter används framför allt för att uppskatta effektbehov i stora områden av fastigheter och inte för att uppskatta en enskild byggnads effektbehov.

8.3.4 Maxeffektbestämning enligt VVF

I Värmeverksföreningens (VVF) rapport från effektbestämningsskommittén rekommenderas att abonnemangseffekterna vid fjärrvärme skall beräknas. Utgående från den normalårskorrigerade årsenergiförbrukningen W och ett kategoriskt beräknas abonnemangseffekten på följande sätt:

$$E = \frac{MWh/\text{år}}{h/\text{år}}$$

Kommittén föreslår att följande kategorital (h/år) används:

Huvudsakliga användningsområde	Klimatzon enligt Svensk Byggnorm			
	I	II	III	IV
Flerfamiljshus och gemensamt mätta småhus	2400	2300	2200	2100
Affärer, utbildning, kontor och separat mätta småhus	1900	1800	1700	1600

Abonnemangseffekten skall kontinuerligt revideras på basis av medelvärdet av de 2 senaste årens förbrukning.

Eftersom kategoritalet för ett objekt inte ändras, medför detta att energibesparande åtgärder ger motsvarande effektminskning. På detta vis gynnas energisparåtgärder när det gäller fjärrvärme.

Kategoritalet (h/år) motsvarar i princip utnyttjningstiden

$$= \frac{24 \text{ Ch}}{17\text{-EUT} \cdot 5}$$

Eftersom gradtimmarna (Ch) är en funktion av ortens höjd över havet och avstånd till större vattenyta är även kategoritalet en funktion av dessa faktorer.

8.4 Beräkningsexempel

Ett bostadsområde med 140 enfamiljsvillor. Samtliga villor är anslutna till ett av AB Borlänge Industriverk ägt fjärrvärmenät. Värmeeffektbehovet är beräknat till ca 1.6 MW och årsenergieffektbehovet till ca 3.2 GWh.

Primärkulvertsystemet är dimensionerat för 120/70°C, med undercentraler i varje villa i vilka hetvattnet värmeväxlas till radiatorvatten 80/60°C och tappvarmvatten.

I samband med att anläggningen kompletterades med en värmepump-anläggning genomfördes omfattande mätningar. Dessa utnyttjas för att prova metoden att extrapolera effektbehovet från medel-effekt och medeltemperatur för respektive månad, fig 8.1. Efter att punkterna plottas tas kurvan fram genom linjär regression.

Av figuren nedan framgår att det extrapolerade effektbehovet blir ca 1100 kW vid LUT = -24°C. Det uppmätta effektbehovet är 1200 kW. I de fall man uppskattar förhållandet mellan natt- och dageffekt till 0,9 ger det ett i det närmaste helt överensstämmande resultat, enligt pucklighetsmetoden. $1100/0,9 = 1222 \text{ kW}$.

Naturligtvis kan några långtgående slutsatser inte dras från detta enda exempel, men ingen av de övriga presenterade metoderna ger ett lika bra resultat.

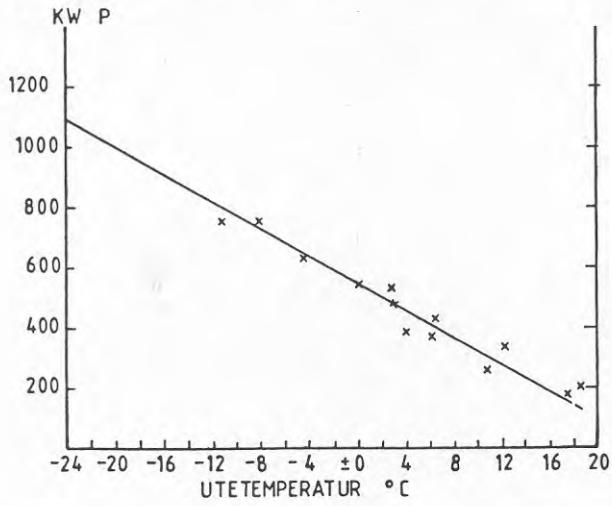


Fig 8.1 Effektbehovet som funktion av utetemperaturen

9 REFERENSER

- 1 Byggnadsstyrelsen.
Abonnerad värmeeffekt. Kontorsbyggnader.
Tekniska byråns information 18 1980-08
- 2 Werner S. Värmeförluster vid fjärrvärmedistribution.
CTH Rapport A82-109
- 3 Svenska värmeverksföreningen.
Tekniska mötet i Södertälje 22 och 23 mars 1983.
- 4 Svenska värmeverksföreningen.
Rapport från effektbestämningskommittén 1981-04-15.
- 5 Byggforskningsrådet.
Gruppcentraler för småskalig fjärrvärme G 34:1980
- 6 B Kvisgaard, S Hadvig Teknisk förlag a-s.1980
Värmetab fra fjernvarmeledninger.
- 7 Folke Peterson Byggnad, byggnadsdelar och inre
försörjningssystem. Programplan för EFUD - 78.
- 8 VVS:Special 1:1978 Lågtemperaturuppvärmning.
- 9 Olov Larsson Byggforskningen särtryck VVS 5:1964.
- 10 Olov Larsson Byggforskningen rapport 97.
- 11 S O Björk Statens Byggnadsbesparingsutredning.

Undersökning : Installerad effekt i värmeanläggningar

En undersökning (ref 10) där installerad effekt i 566 värmeanläggningar i mellansverige, projekterade 1920-1960, studerades visar att pannanläggningar ofta har en betydande överkapacitet.

Det verkliga effektbehovet beräknas med hjälp av följande uttryck:

$$P = \frac{H \cdot \eta \cdot Q(t_r - DUT)}{G \cdot 24 \cdot 3600} \quad (\text{MW})$$

H = oljans effektiva värmevärde (MJ/kg)

η = verkningsgrad under eldningssäsong

Q = årlig medelförbrukning (kg)

t_r = rumstemperatur

DUT = dimensionerande utetemperatur

G = antal graddagar

Till detta görs ett påslag med 25% för effektbehovet för tappvarmvatten.

$$P = P_v + 0,25 \cdot P_v$$

De flesta anläggningarna har således en installerad effekt som kraftigt överskrider behovet. Endast 26 % har ett effektbehov som motsvarar det med uttrycket ovan beräknade.

Rimligheten i beräkningarna har behandlats i tidigare kapitel.

På nästa blad redovisas resultatet av nämnda undersökning.

Sammanställning av anläggningar med olika panneffekt samt storleksordningen av dessa anläggningars verkliga oljeförbrukning. I de markerade rutorna anges antalet anläggningar där oljeförbrukning och panneffekt beräkningsmässigt ungefär motsvarar varandra. Under antalet anläggningar i varje ruta är angivet den verkliga panneffekten i procent av den beräkningsmässigt erforderliga (= 100%).

Oljeförbrukning per normalår		Antal anläggningar med total panneffekt uttryckt i Mcal/h (KW) ¹											Summa	
		30— 40	40— 60	60— 80	80— 120	120— 160	160— 240	240— 320	320— 400	400— 480	480— 640	640— 800		800— 1000
Gcal/år	(MWh /år) ¹	(35— 47)	(47— 70)	(70— 93)	(93— 140)	(140— 186)	(186— 279)	(279— 372)	(372— 465)	(465— 558)	(558— 744)	(744— 930)	(930— 1163)	
< 95	< (110)	42	24	2										68
95—130	(110—152)	17 100	28 143	11 200	8 285									64
130—190	(152—221)	4 70	27 100	28 140	23 200	2 280								84
190—255	(221—297)		5 71	14 100	31 143	11 200	8 285							69
255—385	(297—447)			3 70	24 100	19 140	25 200	6 280						77
385—515	(447—598)				3 71	13 100	26 143	12 200	3 257	2 315				59
515—765	(598—890)					1 71	22 100	28 140	11 180	5 220	1 280			68
765—1030	(890—1198)							13 100	13 130	6 157	2 200	2 257		36
1030—1285	(1198—1495)								6 100	5 122	1 156	3 200		15
1285—1540	(1495—1791)									4 100	3 127	2 164		9
1540—2060	(1791—2396)									1 80	3 100	5 130	4 160	13
2060—2575	(2396—2995)											2 100	1 125	3
2575—3600	(2995—4187)												1 100	1
Summa		63	84	58	89	46	81	59	33	23	10	14	6	566

¹ Enheter och siffror inom parentes gäller SI-systemet

Exempel

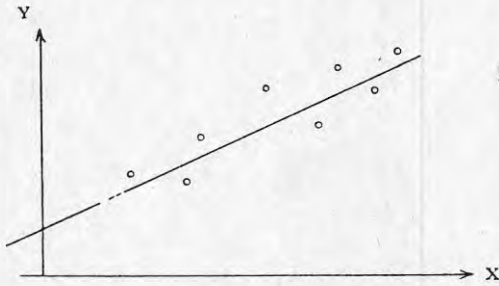
Av de anläggningar som har en oljeförbrukning motsvarande 130-190 Gcal/år (151-221 MWh/år) har fyra en panneffekt som i medeltal utgör endast 70% av den effekt som beräknats erforderlig. En beräkningsmässigt god överensstämmelse föreligger i 27 av de sammanlagt 84 anläggningarna. Tabellen visar vidare, att i 28 anläggningar utgör panneffekten i medeltal 140% av den beräknade, i 23 anläggningar 200% samt i två anläggningar 280%. Ur ref 10.

Linjär regression

Med hjälp av minsta-kvadrat-metoden kan en rät linje med ekvationen

$$Y = aX + b$$

anpassas till punkterna i ett diagram.



Män kan visa att a och b är rötter till följande ekvationssystem

$$\begin{cases} a \sum X^2 + b \sum X = \sum XY \\ a \sum X + b \cdot N = \sum Y \end{cases}$$

dvs

$$\begin{cases} a = \frac{N \cdot \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \\ b = \frac{\sum Y - a \cdot (\sum X)}{N} \end{cases}$$

N = antal talpar.

Restvariansen hos uppskattningen är ett mått på de ursprungliga Y -värdenas spridning kring regressionslinjen; den kan beräknas ur formeln:

$$S_{Y.X}^2 = \frac{\sum Y^2 - a \sum XY - b \sum Y}{N - 2}$$

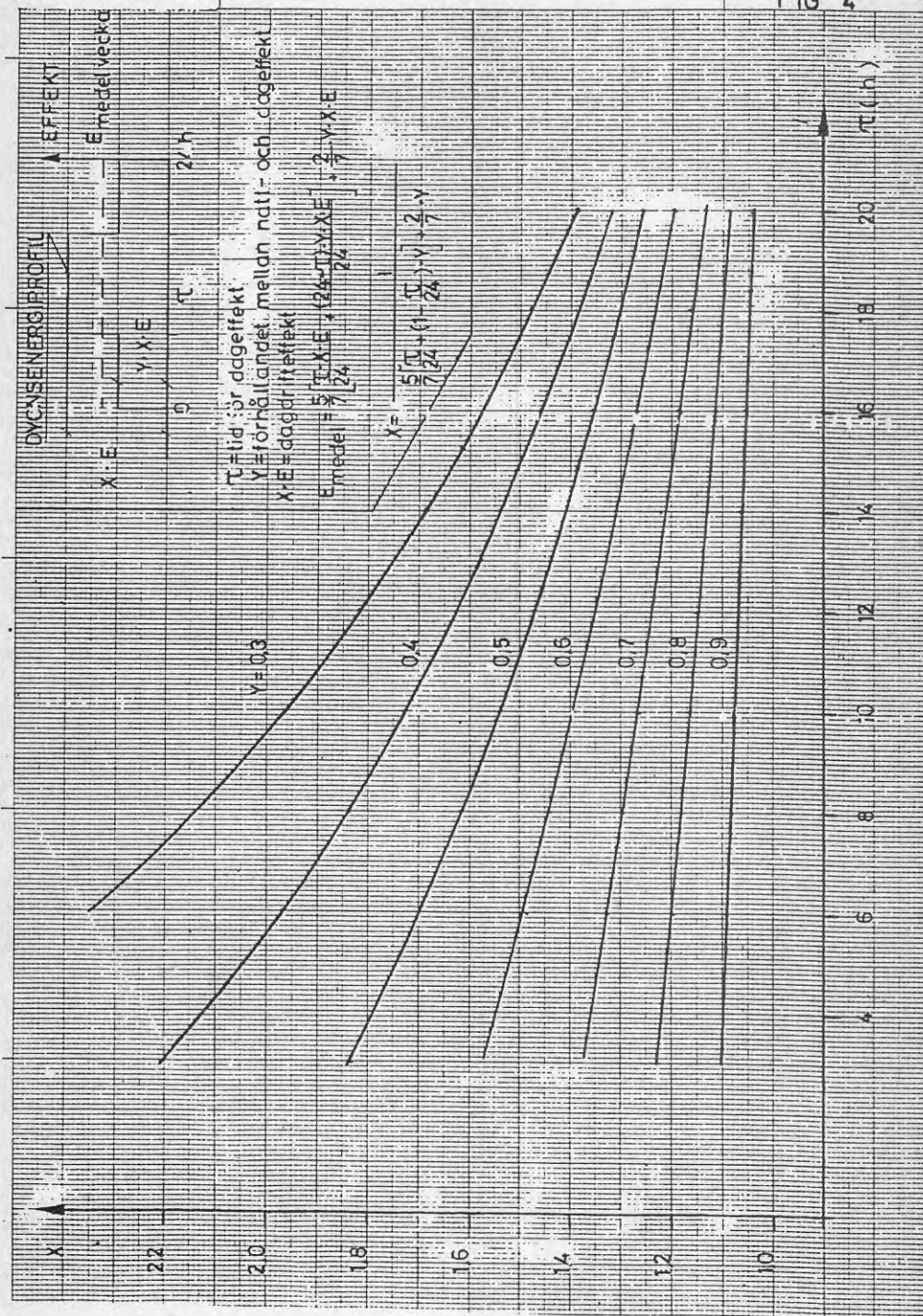
Korrelationskoefficienten är slutligen ett mått på hur väl de givna punkterna följer ett linjärt samband ($r = 0$ anger att inget samband föreligger, medan $r = 1$ anger fullständig överensstämmelse).

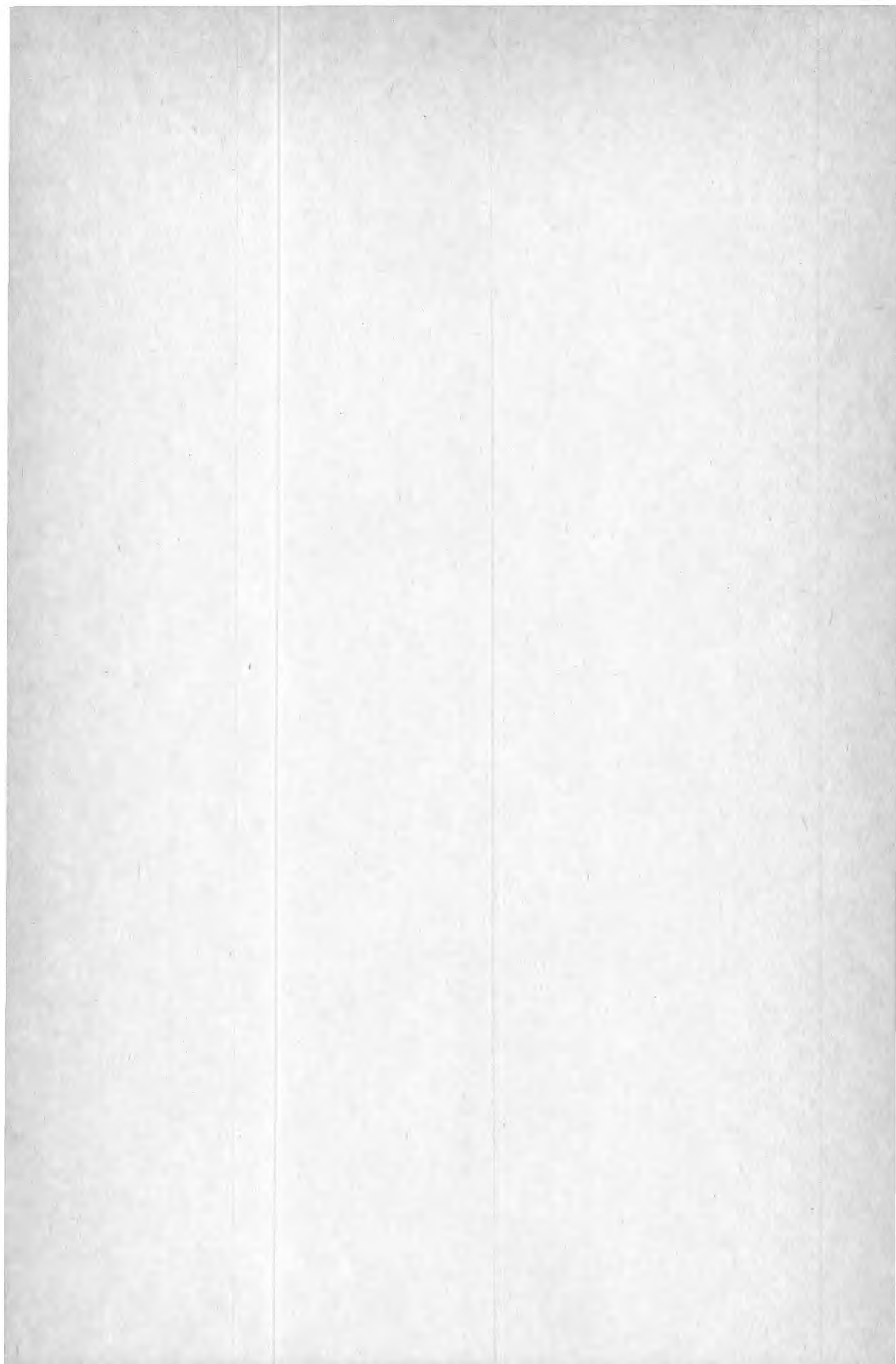
r beräknas ur formeln:

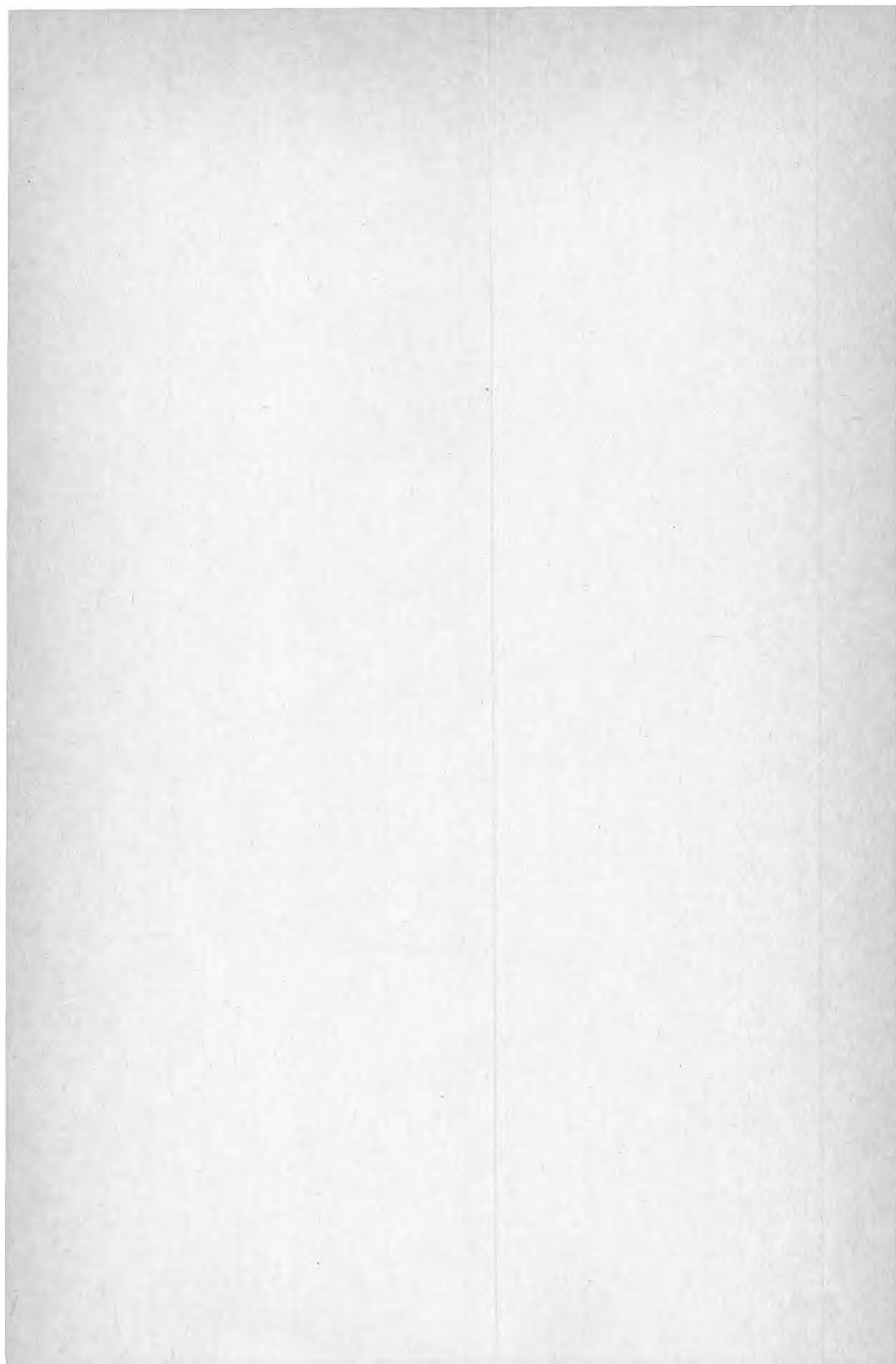
$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

BERÄKNINGSDIAGRAM FÖR PUCKLIGHETSFAKTORN

FIG 4







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811260-4 från Statens råd för bygnadsforskning
till ÅF-Energikonsult AB, Stockholm.**

R120: 1983

ISBN 91-540-4018-3

Statens råd för bygnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700820

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms