



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**

**R139:1979**

**Lönsamhetskalkyler  
vid energibesparande  
åtgärder för befintliga  
byggnader**

**Ulf Järnefors**

**Byggforskningen**

TEKNISKA HOGSKOLEN I LUND  
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

R139:1979

LÖNSAMHETSKALKYLER VID ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER  
FÖR BEFINTLIGA BYGGNADER

Ulf Järnefors

Denna rapport hänför sig till forskningsprojekt 288 vid Statens institut för byggnadsforskning. Projektet har finansierats med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.

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

R139:1979

ISBN 91-540-3129-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

## INNEHÅLL

Förord till 2:a upplagan . . . . .	4
1. Sammanfattning . . . . .	5
2. Beteckningar . . . . .	6
3. Begreppsförklaringar . . . . .	7
4. Energibesparande åtgärder . . . . .	8
5. Krav betr kalkylmetoder . . . . .	10
6. System ACGP . . . . .	11
7. Utförandet av lönsamhetskalkyler . . . . .	18
8. Exempel på lönsamhetskalkyler . . . . .	20
BILAGA 1. ACGP-DIAGRAM 1 - 16 . . . . .	40
BILAGA 2. Energiförluster genom fönster . . . . .	56

## FÖRORD TILL 2:a UPPLAGAN

Beräkningsmetodikerna överensstämmer helt med vad som angivits i den 1:a upplagan, Rapport R40:1975

Smärre ändringar i text och beteckningar har dock utförts för att underlätta läsandet.

Exemplen har givits en något ändrad redigering i syfte att göra beräkningsarbetet mer överskådligt.

Antalet ACGP-DIAGRAM i Bilaga 1 har utökats från 7 till 16.

Ett skrivfel i formel (2) i Bilaga 2 har rättats.

För fördjupat studium av system ACGP hänvisas till Rapport R17:1976 från Byggforskningen.

Stockholm 1979-09-01

ACGP DATA

*Ulf Järnefors*

# 1. SAMMANFATTNING

Med hjälp av denna rapport kan:

- Lönsamhetskalkyler enligt system ACGP utförs för alla energibesparande åtgärder oavsett siffervärden på investeringar, energibesparingar, kostnader o dyl.  
Den enda begränsningen gäller åtgärdenas brukstid (livslängd) för vilka av praktiska skäl beräkningsalternativen har satts till 5 nämligen 5, 10, 15, 20 och 30 år.
- Lönsamhetskalkyler utförs utan speciella hjälpmedel. Själva kalkylarbetet består av elementära matematiska beräkningar kompletterade med avläsningar av siffervärden som erhålls genom enkla konstruktioner i bifogade ACGP-DIAGRAM.
- Kalkylresultatet erhålls med en noggrannhet och säkerhet som direkt svarar mot noggrannheten och säkerheten hos kalkylens ingångsvärden.
- Beslutsfattare på ett adekvat sätt påverka kalkylresultat och dess utvärdering genom prognossättning och fastställande av gränsvärde för lönsamhet.
- Kalkylutfallet vid andra prognosvärden än de givna mycket lätt undersökas.

För att utföra en lönsamhetskalkyl enligt system ACGP behöver läsaren bara ha tagit del av följande pkt i rapporten:

4. Energibesparande åtgärder.
7. Utförandet av lönsamhetskalkyler.
8. Något eller några exempel på lönsamhetskalkyler.

## 2. BETECKNINGAR

A kr	= kostnad under år 0.
B kr	= energibesparing under år 0 (besparing nr 1).
°C	= grader Celsius.
D kr	= energibesparing under år 0 (besparing nr 2).
E kr	= summa nuvärde av kostnader under brukstiden.
F kr	= summa nuvärde av besparingar nr 1 under brukstiden.
H kr	= summa nuvärde av besparingar nr 2 under brukstiden.
I kr	= investerat kapital.
K	= grader Kelvin.
L kr	= besparing nr 1 år n.
M kr	= besparing nr 2 år n.
N kr	= kostnad år n.
Q	= värmeförbrukningstal för en ort i tusen gradtimmar per normalår.
R kWh	= energiförlust per m <sup>2</sup> fönsterarea och normalår.
S kWh	= energiförlust per m <sup>2</sup> fönsterarea och tusen gradtimmar.

-----

a %	= årliga förändringar av kostnader.
b %	= årliga förändringar av energibesparingar (nr 1).
d %	= årliga förändringar av energibesparingar nr 2.
k W/(m <sup>2</sup> ·K)	= värmegenomgångskoefficient.
k <sub>p</sub> W/(m <sup>2</sup> ·K)	= värmegenomgångskoefficient vid p st fönsterglas.
m år	= ett valfritt år inom brukstiden n år.
n år	= brukstid (livslängd).
p st	= antal glas i fönster.
q %	= nuvärderänta (endast i beräkningar).
r %	= internränta (kalkylränta).
Δt °C	= medelvärde av temperaturskillnader mellan inne- och uteluft under normalårets uppvärmningssäsong.
x %	= reduktion av energiförluster per normalår p g a solvärmeinläckning.

### 3. BEGREPPSFÖRKLARINGAR. (forts från underst å nästa sida).

År 0	Den tidsperiod om ett år vid vars slut kalkyl utförs och beslut om investering fattas.
År 1, år 2...år n.	Ånger 1:a, 2:a ... n:te året efter år 0.
Årliga förändringar	Årligt lika stora procentuella förändringar mellan år 0 och år n dvs under hela brukstiden.



### 3. BEGREPPSFÖRKLARINGAR

ACGP	Annual changes with geometric progression d v s årliga förändringar med geometrisk progression.
ACGP-DIAGRAM	Se Bilaga 1.
Avkastning i % av investerat kapital, r %	Se internränta.
Beslutsfattare	Person som bl a har till uppgift att ansvara för de ekonomiska konsekvenserna av gjorda investeringar.
Brukstid, n år.	Den tidsrymd under vilken en åtgärd förväntas avge de vid kalkyltillfället utlovade energibesparingarna i energienheter.
Effektiv ränta, r %	Se internränta.
Framtida kostnader och energibesparingar. A, B och D kr.	Dessa uttrycks i form av årsmedeltal och antas i kalkylen utfalla vid slutet av resp år.
Gränsvärde för lönsamheten, r %.	Det lägsta värde på en investerings förväntade avkastning som en beslutsfattare kan acceptera.
Internränta, r %.	Avkastning i % (förväntad) av investerat kapital.
Investering, I kr.	Insats av kapital år 0 för att genomföra en energibesparande åtgärd.
Kalkylränta, r %.	Beslutsfattarens gränsvärde för lönsamheten uttryckt genom ett värde på internräntan.
Livslängd.	Se brukstid.
Låneränta, %.	Årlig avgift i % till kreditinstitut e dyl för rätten att få disponera kapital.
Lönsamhet.	Härmed avses endast lönsamhet ur ekonomisk synpunkt.
Löpande priser.	Det vid varje tidpunkt verkliga (aktuella) priset.
Nuvärderänta, q %.	Används endast i själva beräkningarna. Se pkt 6.9.
Parameter.	En kalkylstorhet som ej har ett bestämt värde.
Prognoser.	Förutsägelser betr parameterstorlekar i framtiden under brukstiden.
Restvärde.	Investeringens kvarvarande värde vid brukstidens slut.
System ACGP.	Sammanfattande benämning på de metoder som tillämpar ACGP under någon eller några faser av kalkylarbetet.

## 4. ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER

### 4.1 Indelning ur kalkylsynpunkt

Alla energibesparande åtgärder kan hänföras till någon av de två efterföljande kategorierna:

- åtgärder för vars genomförande ingen investering erfordras
- åtgärder för vars genomförande en investering erfordras

Med *investering* avses här kapitalinsats.

Lönsamhetskalkyler kan ej utföras för åtgärder utan investering. Dessa följs dock alltid av energibesparingar och i vissa fall även av kostnader.

Ingen anledning finns att i denna rapport behandla dessa åtgärder.

Lönsamhetskalkyler kan alltid utföras för åtgärder för vars genomförande en investering erfordras. Bland sådana åtgärder för befintliga byggnader kan nämnas:

- injustering och driftskontroll av oljeeldade värmecentraler
- sänkning av rumstemp efter inreglering av värmesystem
- minskning av luftomsättningen
- minskning av tappvarmvattenförbrukningen
- tilläggsisolering av vindsbjälklag
- tilläggsisolering av ytterväggar
- utbyte av 2-glas fönster mot 3-glas eller 4-glas fönster
- återvinning av värme ur frånluft

### 4.2 Uttryck för lönsamhet

Lönsamheten uttrycks i efterföljande material genom *avkastning i % av investerat kapital* d v s *internräntan*,  $r$  %.

Detta uttryck är, förutom att det speglar lönsamheten på ett korrekt sätt, lätt att förstå samt synnerligen användbart vid olika slags kalkyler. Själva kalkylarbetet som består i lösandet av högregradsekvationer kan dock synas betungande.

Kalkylarbetet för de allra flesta fall av energibesparande åtgärder kan dock utföras genom uppritandet av 2 räta linjer i något av de diagram som finns i Bilaga 1 till denna rapport. För att lösa avancerade kalkylfall finns numera andra hjälpmedel såsom datorprogram för programmerbara räknedosor alt mikrodatorer.

ANM. Som uttryck för lönsamheten är *återbetalningstiden* som regel klart vilseledande. Enda undantaget härifrån är de fall för vilka återbetalningstidens längd sammanfaller med den tidsperiod under vilken investeringen kan brukas.

### 4.3 Statsmakternas målsättning

Av Sveriges totala energikonsumtion har under de senaste åren ca 40 % använts till uppvärmning, ventilation o dyl av befintliga byggnader. Ingen del av denna förbrukning kan sägas ha nytt-

jats direkt i produktionen. Importen av olja utgör numera en svår påfrestning på vår handelsbalans, varför det ur statsmakternas synpunkt är ytterst angeläget att åtgärder vidtas så att denna del av landets energiförbrukning minskas.

För att stimulera till genomförandet av energibesparande åtgärder ger staten numera i varierande utsträckning både lån och bidrag. Hänsyn till dessa måste självklart tas i lönsamhetskalkylerna. Någon anledning att här gå igenom de aktuella låne- och bidragsreglerna finns dock ej. Dessa kan nämligen komma att ändras i framtiden. Däremot torde följande sammanfattning vara odisputabel:

Statsmakternas målsättning är största möjliga energibesparing

#### 4.4 Beslutsfattarens utvärdering

*Beslutsfattare* är person eller en grupp av personer som bl a har till uppgift att ansvara för de ekonomiska konsekvenserna av gjorda investeringar.

Beslutsfattare fastställer som regel i samband med investeringar det lägsta värde på investeringens förväntade avkastning som kan accepteras.

Storleken på detta *gränsvärde för lönsamheten* brukar vara summan av %-talen för *låneräntan*  $d$  v s årlig avgift för att disponera kapital, risktagande, vinst samt oförutsedda omkostnader.

Det lägsta acceptabla gränsvärdet för lönsamheten är när internräntan,  $r$  %, är lika stor som låneräntan.

ANM. Gränsvärdet för lönsamheten, uttryckt genom internräntan, har även den vedertagna benämningen *kalkylräntan*.

För praktiskt taget samtliga energibesparande åtgärder finns utförandeformer som innebär alternativa investeringar vilka i sin tur följs av olika stora energibesparingar. Som regel ger härvid en större investering en högre grad av energibesparing.

Vi kan nu formulera följande huvudregler för beslutsfattarens utvärdering:

- Endast de alternativ för vilka en kalkyl visar att internräntan är större än gränsvärdet för lönsamheten kan bli aktuella för utförande.  
Av dessa alternativ bör det väljas vars internränta ligger närmast det fastställda gränsvärdet.
- I tveksamma fall bör även investeringens storlek för resp alternativ beaktas.  
Härvid bör det alternativ väljas som kräver den lägsta investeringen.

Genomförandet av dessa regler innebär en *styrning av den energibesparande åtgärdens omfattning* mot det alternativ som ger den största energibesparingen vid av beslutsfattare fastställda ekonomiska ramar.

Som jämförelse med statsmakternas målsättning kan formuleras:

Genom styrning av beslutsfattare uppnås största möjliga energibesparing för varje åtgärd.

## 5. KRAV BETR KALKYLMETODER

Med *lönsamhet* avses i denna rapport endast lönsamhet ur ekonomisk synpunkt i samband med investeringar. Den förväntade lönsamheten väger som regel tyngst av beslutsunderlaget.

Det är dock väsentligt att framhålla att även andra omständigheter, som ej kan uttryckas i ekonomiska termer, t ex resurser av material och arbetskraft, kan ha betydelse vid beslutsfattandet.

Storleken av lönsamheten hos en energibesparande åtgärd påverkas bl a av följande 6 parametrar d v s kalkylstorheter som ej ha ett bestämt värde.

- investerat kapital
- brukstid
- energibesparingar och kostnader
- förändringar under brukstiden av storleken hos energibesparingar och kostnader
- restvärde
- låneränta

En kortfattad diskussion av dessa parametrar genomförs i pkt 6.2 - 6.8.

Med *brukstid* förstås den tidsrymd under vilken en investering förväntas avge de vid kalkyltillfället utlovade energibesparingarna i energienheter, t ex kWh.

Energibesparingar och kostnader kan även benämnas *intäkter* och *kostnader* resp *inbetalningar* och *utbetalningar*.

Vi uppställer nu följande huvudkrav betr metoder för kalkyl av lönsamhet:

Alla parametrar som på ett väsentligt sätt kan påverka storleken hos den verkliga lönsamheten d v s den lönsamhet som erhålls genom en *efterkalkyl* vid brukstidens slut skall även vara representerade i investeringskalkylen d v s i *förkalkylen* vid brukstidens början.

Ingen beslutsfattare torde kunna bestrida att ett uppfyllande av detta krav syns vara rimligt.

Vi uppställer ytterligare ett krav betr metoder för kalkyl av lönsamhet:

Om någon i kalkylen ingående parameter ej kan fastställas med önskad noggrannhet vid kalkyltillfället, beroende t ex på att parameterstorlekarna ligga i framtiden under brukstiden, skall kalkylresultatet utformas så att beslutsfattare själv på ett enkelt och överskådligt sätt kan pröva lönsamhetsutfallet vid olika prognoser över den aktuella parameterens storlek.

De flesta beslutsfattare torde anse att ett uppfyllande av detta krav är önskvärt.

*Prognoser* d v s förutsägelser gällande parameterstorlekar i framtiden under brukstiden kan genom system ACGP ställas på ett för alla lättfattligt sätt. Korrekta kalkylresultat svarande mot resp prognosvärden erhålls dessutom. Denna för system ACGP avgörande fördel behandlas närmare under pkt 6.5.

## 6. SYSTEM ACGP

### 6.1 Huvudegenskaper

*ACGP står för annual changes with geometric progression  
d v s årliga förändringar med geometrisk progression.*

System ACGP är resultat av ett utvecklingsarbete som utförts under åren 1973-75 av Ulf Järnefors, Stockholm.

Tillämpningen av system ACGP vid lönsamhetskalkyler för energibesparande åtgärder karakteriseras bl a av:

- investeringar, energibesparingar och kostnader anges i löpande priser.
- framtida förändringar under brukstiden uttrycks genom årliga förändringar.
- kalkyl utförs som regel med hjälp av ACGP-diagram varigenom beslutsfattare själv kan pröva lönsamheten vid olika prognoser över årliga förändringar av energibesparingar och kostnader.

Med *löpande priser* förstås det vid varje tidpunkt verkliga (aktuella) priset.

I system ACGP ingår således inget försök att, genom att förändra räntans storlek, fånga in konsekvenser av framtida inflation, teknisk-ekonomisk utveckling, skatter o dyl.

Uppenbart är att alla sådana omräkningar t ex med hjälp av realränta tillför kalkylen felkällor vilkas storlekar ej kan påvisas och till vilkas konsekvenser beslutsfattare således ej kan ta ställning.

Med *årliga förändringar* förstås årligt lika stora procentuella förändringar under brukstiden d v s själva förändringen adderas till energibesparingen eller kostnaden med en periodicitet av ett år. Principen är alltså densamma som gäller vid ränta på ränta.

I arbetet med investeringskalkyler enligt system ACGP ingår ofta 3 personer:

- utredare som sammanställer tekniska och ekonomiska förutsättningar.
- kalkylator som utför själva lönsamhetskalkylen.
- beslutsfattare som utvärderar kalkylresultatet.

Praktiskt taget alla lönsamhetskalkyler för energibesparande åtgärder vid befintliga byggnader innehålla endast en parameter som behöver prognoseras, nämligen energipriset.

Vid dessa kalkyler erfordras ingen kalkylator, kalkylarbetet är redan utfört och redovisas genom ACGP-diagrammen i Bilaga 1.

Beslutsfattare kan själv, genom att rita några räta linjer i det aktuella ACGP-diagrammet, erhålla en utvärdering som svarar mot egen prognossättning.

I pkt 6.2 - 6.9 kommer att visas att:

Genom att komplettera kända kalkylmetoder med system ACGP uppfylls båda kraven enligt pkt 5.

## 6.2 Investering

De flesta energibesparande åtgärder utförs genom en enstaka investering vid en tidpunkt som ligger i nära anslutning till kalkyltillfället.

Vid mer omfattande åtgärder utförs ofta delinvesteringar under en tidsperiod av 2 eller flera år.

För alla energibesparande åtgärder gäller regeln:

Ju noggrannare det investerade kapitalet kan fastställas desto säkrare blir resultatet av lönsamhetskalkylen.

Det exaktaste sättet att fastställa storleken på en investering torde vara anbud till fasta priser.

## 6.3 Brukstid

Brukstiden,  $n$  år, d v s den tidsrymd under vilken en åtgärd förväntas avge de vid kalkyltillfället utlovade energibesparingarna i energienheter, fastställs som regel av utredare. Hänsyn bör härvid även tas till lånevillkoren d v s till amorteringstidens längd.

Ur praktisk synpunkt bör man söka begränsa antalet alternativ betr brukstidens längd. I denna rapport redovisas ACGP-diagram för 5 olika brukstider nämligen: 5, 10, 15, 20 och 30 år. Beräkningar med längre brukstid än 30 år är som regel ej meningsfulla.

ANM. Vid kalkylfall med både energibesparingar och kostnader gäller ur beräkningsteknisk synpunkt ett villkor betr brukstidens längd. Detta villkor behandlas närmare i pkt 7.4.

År 0 benämns den tidsperiod om ett år vid vars slut kalkyl utförs och beslut om investering fattas.

Själva investeringen antas vid normalfallet även genomföras vid år 0.

ANM. Olika metoder finns att räkna om en framtida investering till år 0. Dessa behandlas dock ej i denna rapport.

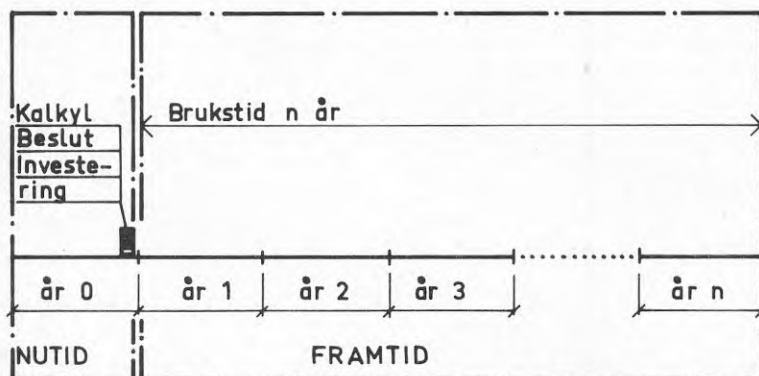


FIG 1. Tidsschema vid en normal kalkyl enligt system ACGP.

#### 6.4 Energibesparingar och kostnader

I lönsamhetskalkylerna ingår energibesparingarna och kostnaderna i form av årsmedeltal med sorten kr. De antas utfalla vid slutet av resp år under hela brukstiden.

För alla efterföljande kalkyler gäller:

Kostnader avser ej kostnader för investerat kapital.

ANM. Hänsyn till dessa kostnader tas automatiskt genom beräkningsmetodiken.

Följande 4 parametrar är de väsentligaste vid en lönsamhetskalkyl för energibesparande åtgärder för befintliga byggnader:

- investerat kapital (investering).
- brukstid, n år.
- energibesparingar (besparingar).
- kostnader

Av dessa parametrar kan endast investering och brukstid fastställas med önskad noggrannhet vid kalkyltillfället. Energibesparingar och kostnader, som båda ligger i framtiden under brukstiden, är alltid ovissa till sin storlek.

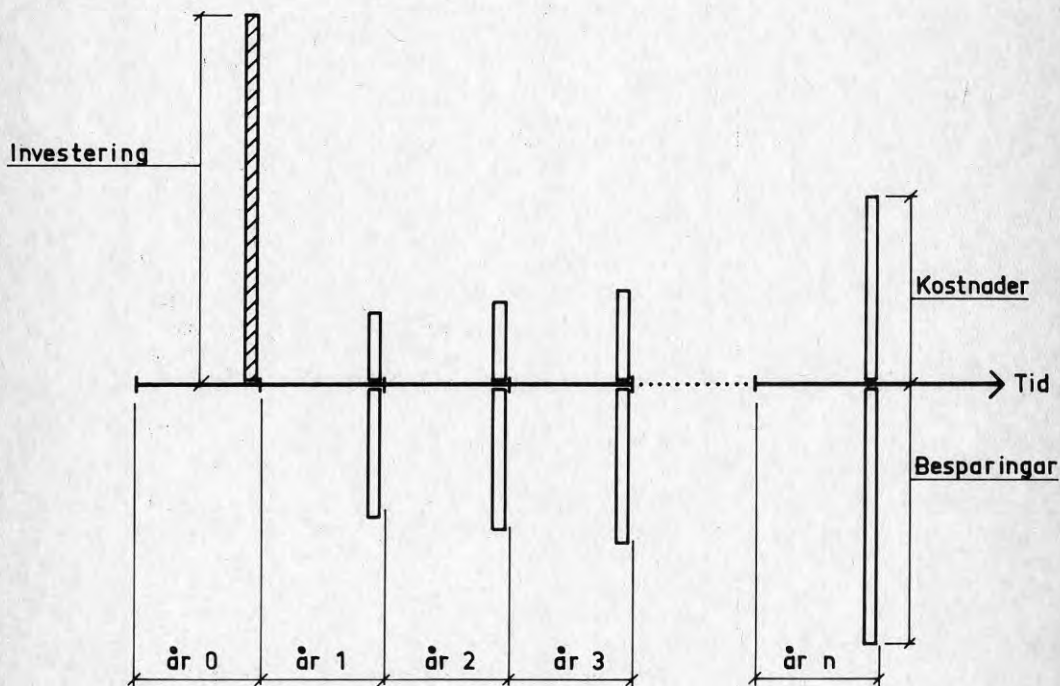


FIG. 2. Tidsschema visande investering samt framtida energibesparingar (besparingar) och kostnader under brukstiden, n år. Investeringen, vars värde är säkert, är streckat.

### 6.5 Årliga förändringar

Årliga förändringar är det centrala begreppet i system ACGP.

Med *årliga förändringar* avses årligt lika stora, procentuella förändringar mellan år 0 och år  $n$  d v s under hela brukstiden.

Årliga förändringar används mycket ofta i dagligt tal och i litteraturen. Begreppets innebörd är således väl förankrat i det allmänna medvetandet. Exempel:

"Energipriset har ökat med 10% år från år under den senaste 10-års perioden." Energiprisets årliga förändringar är här +10%.

"Företagets export i dollar räknad har minskat med 6% varje år under de senaste 4 åren." Exportvärdets årliga förändringar är här -6%.

Som huvudregel nr 1 gäller för system ACGP:

Varje årsmedeltalsserie kan i en lönsamhetskalkyl ersättas av dess storlek år 0 och ett värde på årliga förändringar.

I själva kalkylen representeras nämligen en årsmedeltalsserie av summa nuvärde för de olika årsmedeltalen. Denna nuvärdesumma kan, som framgår av pkt 6.9, beräknas med hjälp av årsmedeltalet år 0, ett värde på årliga förändringar och på internräntan (kalkylräntan)  $r\%$ .

Emellertid finns det vid en brukstid av 2 år eller större en oändlig mängd andra kombinationer av årsmedeltal som vid oförändrade värden på brukstid, årsmedeltal år 0 och internränta ger samma summa nuvärde.

Härav följer huvudregel nr 2 för system ACGP:

Ett årsmedeltal för år 0 och en årlig förändring av t ex 5% motsvaras i en investeringskalkyl inte bara av de årsmedeltal som ökar med 5% från år 0 till år  $n$  utan även av en oändlig mängd andra årsmedeltalsserier som alla innehåller det ursprungliga värdet för år 0.

Man kan även genom system ACGP för en valfri del av en årsmedeltalsserie som hämtats ur statistiskt material och vars första tal sägs gälla år 0, beräkna den årliga förändring som tillsammans med årsmedeltalet för år 0 representerar denna årsmedeltalsserie i en lönsamhetskalkyl.

Denna möjlighet att med stor noggrannhet beräkna årliga förändringar ur statistiskt material kan vara ett värdefullt underlag vid beslutsfattares prognossättning.

Betr vidare information om denna del av system ACGP se Rapport R17:1976.

### 6.6 Restvärde

*Restvärdet* d v s investeringens kvarvarande värde vid brukstidens slut skall i lönsamhetskalkyler adderas till intäkten (inbetalningen) år  $n$ . Observera att restvärdet kan vara negativt.

Vid längre brukstider kan det vara svårt att uppskatta storleken hos restvärdet. Dess inverkan på lönsamheten är även i de flesta fall relativt obetydlig.

P g härav sätts ofta restvärdet lika med noll.



### 6.7 Förändringar under brukstiden av storleken hos energibesparingar resp kostnader

I FIG 2 har illustrerats att storleken år 1 till år n av energibesparingar och kostnader är oviss.

Men för deras storlek år 0 d v s i nutiden gäller:

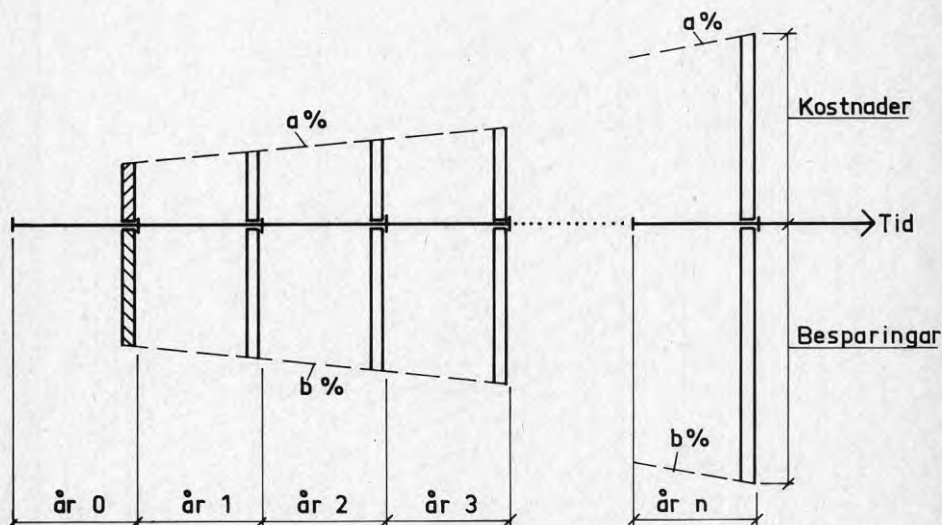
Genom anbud, beräkningar o dyl kan alltid storleken år 0 av energibesparingar och kostnader fastställas med önskad noggrannhet.

Enligt pkt 6.5 kan vi dra följande slutsats:

Storleken av energibesparingar och kostnader fr o m år 1 t o m år n d v s i framtiden kan alltid uttryckas genom deras storlek år 0 samt ett värde på årliga förändringar. Detta värde måste prognoseras.

Vi inför beteckningarna:

- årliga förändringar av kostnader =  $a\%$ .
- årliga förändringar av energibesparingar =  $b\%$ .



**FIG 3.** Schema över samband mellan kostnader och besparingar (energibesparingar) som uttrycks genom årsmedeltal år 0 och årliga förändringar:  $a\%$  resp  $b\%$ .

Observera att endast värden för år 0 (de streckade) är kända till sin storlek.

Beslutsfattare kan givetvis ställa olika prognoser för de årliga förändringarna,  $a\%$  och  $b\%$ .

## 6.8 R nteuttryck

I alla investeringskalkyler som avser en tidsperiod (brukstid) längre än ett  r måste en räntefot d v s en ränta uttryckt i % per  r ingå.

Det är av utomordentlig vikt för korrektheten i beräkningarna att alla r ntebegrepp används i sitt rätta sammanhang. Bland de benämningar som finns på räntor kan nämnas:

Kalkylränta	Realränta	Internränta
Nominell ränta	Effektiv ränta	Låneränta

Av dessa 6 r ntebegrepp används i system ACGP som regel endast internränta, kalkylränta och låneränta.

För att inga missförstånd skall uppstå repeteras h r i ett sammanhang begreppsf rklaringarna:

- *internränta*,  $r$  %, = avkastning i % av investerat kapital. Observera att en lönsamhetskalkyl (investeringskalkyl) ger som resultat en *f rventad* avkastning. Endast efterkalkylen, vid brukstidens slut, visar den *verkliga* avkastningen.
- *kalkylränta*,  $r$  %, = beslutsfattarens gränsvärde för lönsamheten uttryckt genom ett värde på internräntan.
- *låneränta* = årlig avgift i % till kreditinstitut o dyl f r rätten att få disponera kapital.

ANM. *Effektiv ränta*  r vid lönsamhetskalkyler detsamma som internränta.

Internräntan,  $r$  %, kan alltid entydigt beräknas f r:

En följd av  r där f r varje år villkoret att energibesparingarna  r större än kostnaderna uppfylls.

Uppfylls ej detta villkor finns det 2 eller flera värden på internräntan.

Vid kalkyler enligt system ACGP utsträcks gränsen för en entydig beräkning av internräntan,  $r$  %, till:

En följd av  r där energibesparingen f r  r  $n$ , beräknad genom ett årsmedeltal f r  r 0 och årliga förändringar  $b$  %, ej understiger kostnaden för  r  $n$  beräknad genom ett årsmedeltal f r  r 0 och årliga förändringar,  $a$  %. Se även pkt 7.4.

ANM. I viss ekonomisk litteratur uppges att:

"Internr ntemetodens användning för beslutsunderlag förutsätter att intäkter som uppstår under investeringsobjektets livslängd kan reinvesteras med en avkastning uppgående till internräntan."

Det är emellertid lätt att visa att detta villkor ej existerar vid en korrekt tillämpning av internr ntemetoden.  
Se Rapport R17:1976 sid 55-56.

## 6.9 Beräkningar

Storleken på internräntan  $r$  % för en viss investering fastställs genom nuvärdeberäkning med räntan  $r$  % av energibesparingar och kostnader under år 1 till år  $n$ . Rätt värde på  $r$  erhålls när summa nuvärde av energibesparingar minus summa nuvärde av kostnader är lika med investerat kapital.

I pkt 6.7 har visats hur kostnader och energibesparingar år 1 till år  $n$  kan uttryckas genom deras storlek år 0 samt en årlig förändring  $a$  % resp  $b$  %. Vi betecknar en kostnad år 0 med  $A$ . Härav följer att dess storlek år  $m$  ( $m$  är ett valfritt år inom brukstiden  $n$  år) som vi betecknar med  $A_m$  även kan uttryckas genom  $A$  och en årlig förändring  $a$  %. Nuvärdet av  $A_m$  beräknat med räntan  $r$  % betecknar vi med  $A_0$ . Vi önskar nu uttrycka  $A_0$  med hjälp av den kända storheten  $A$  samt en sk nuvärderänta  $q$  ( $q$  används endast i beräkningstekniska sammanhang).

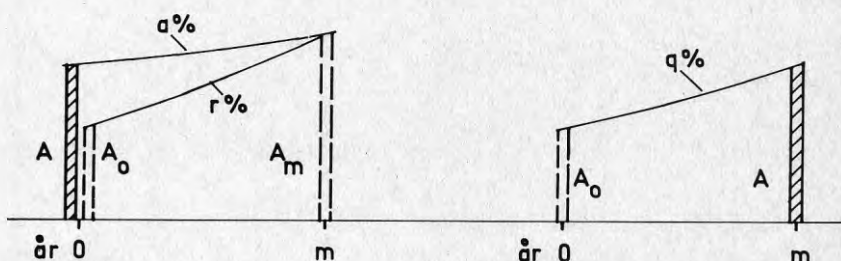


FIG 4. Samband mellan kända resp okända storheter (snedstreckade resp tomma staplar).

Vi inser att:  $A_m = A \left(1 + \frac{a}{100}\right)^m$

Nuvärdet av  $A_m = A_0 = A \left(1 + \frac{a}{100}\right)^m \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{-m} = A \left(1 + \frac{q}{100}\right)^{-m}$

Vi kan nu lösa  $q$  och finner:

$$q = \frac{r-a}{1 + \frac{a}{100}}$$

Detta enkla uttryck är huvudformeln vid beräkningar enligt system ACGP.

Vi kan med hjälp av denna formel med önskad noggrannhet beräkna storleken av internräntan  $r$  % vid:

kända värden på:	prognoserade värden på:
- investerat kapital	- årliga förändringar av energibesparingar
- brukstid	- årliga förändringar av kostnader
- energibesparingar år 0	
- kostnader år 0	

I pkt 7 kommer att visas hur beslutsfattare med hjälp av ACGP-diagram kan pröva lönsamhetsutfallet vid olika prognosvärden.

Härigenom konstateras att system ACGP uppfyller båda de krav beträffande kalkylmetoder som formulerats i pkt 5.

## 7. UTFÖRANDET AV LÖNSAMHETSKALKYLER

### 7.1 ACGP-DIAGRAM

Dessa utgör ett enkelt och billigt hjälpmedel vid lönsamhetskalkylers utförande. De finns i Bilaga 1 för brukstiderna: 5, 10, 15, 20 och 30 år.

I efterföljande ex 1 - 10 används bl a följande beteckningar:

A kr = kostnad under år 0.

B " = energibesparing under år 0 (besparing nr 1).

D " = energibesparing under år 0 (besparing nr 2).

E " = summa nuvärde av kostnader under brukstiden.

F " = summa nuvärde av besparingar nr 1 under brukstiden.

H " = summa nuvärde av besparingar nr 2 under brukstiden.

I " = investerat kapital.

L " = besparing nr 1 år n.

M " = besparing nr 2 år n.

N " = kostnad år n.

R = energiförlust i kWh/m<sup>2</sup> fönsterarea och normalår.

S = energiförlust i " fönsterarea och tusen gradtimmar.

a % = årliga förändringar av kostnader.

b % = årliga förändringar av energibesparingar (nr 1).

d % = årliga förändringar av energibesparingar nr 2.

n år = brukstid (livslängd).

r % = internränta (kalkylränta).

år 0 = den tidsperiod om ett år vid vars slut kalkyl utförs och beslut om investering fattas.

Med hjälp av ACGP-DIAGRAMMEN kan storlekar mellan 6 % och 40 % av internräntan, r %, beräknas.

Man kan betr gränsvärde för lönsamhet enl pkt 4.4 utan tvekan konstatera att: Det för energibesparande åtgärder normala området ligger mellan r=6 % och r=25 %.

### 7.2 Lån och bidrag från statsmakterna

- Bidrag som ej behöver återbetalas bör före kalkyl dras av från investerat kapital.
- Den ränta vid vilken lån utgår bör beaktas när beslutsfattare fastställer gränsvärde för lönsamhet, r %.

### 7.3 Beslutsfattarens arbetsinsats

Beslutsfattare bör delta i kalkylarbetet genom:

- att ställa prognoser över årliga förändringar av energibesparingar och kostnader. Se pkt 6.5.
- att fastställa gränsvärde för lönsamhet. Se pkt 4.4.
- att utvärdera kalkylresultat. Se pkt 4.4.

Beslutsfattare som avstår från att ställa prognoser över årliga förändringar av energibesparingar (energipriset) och kostnader ställer helt enkelt prognosen 0 % för alla dessa. I de flesta sammanhang torde denna prognos ej vara speciellt realistisk.

#### 7.4 Villkor betr brukstidens längd

Vid kalkyler innehållande fler än en *parameter* d v s storhet som inte har ett bestämt värde t ex årliga förändringar av energibesparingar och kostnader måste följande villkor beaktas:

Internräntan,  $r$  %, kan alltid entydigt beräknas för:

En följd av år där energibesparing år  $n$ , beräknad genom årsmedeltal år 0 och årliga förändringar, ej understiger kostnad år  $n$ , beräknad genom årsmedeltal år 0 och årliga förändringar.

Vid tveksamma fall bör man kontrollera att villkoret uppfylls helt enkelt genom att beräkna storleken år  $n$  av energibesparingar och kostnader. Härvid används givna prognoser över årliga förändringar. Om beräkningen visar att kostnader år  $n$  är större än energibesparingar år  $n$  måste en kortare brukstid väljas. Storlekar år  $n$  erhålls genom att multiplicera resp storlekar år 0 med en faktor som erhålls ur nedanstående tabell.  
Ex.  $a = 8$  %,  $n = 15$  år,  $A = 1\ 000$  kr, Kostnad år  $n = 3,17 \cdot 1000 = 3\ 170$  kr.

a, b etc %	Brukstid n år				
	n = 5	n = 10	n = 15	n = 20	n = 30
- 4	0,82	0,66	0,54	0,44	0,29
- 3	0,86	0,74	0,63	0,54	0,40
- 2	0,90	0,82	0,74	0,67	0,55
- 1	0,95	0,90	0,86	0,82	0,74
± 0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,05	1,10	1,16	1,22	1,35
2	1,10	1,22	1,35	1,49	1,81
3	1,16	1,34	1,56	1,81	2,43
4	1,22	1,48	1,80	2,19	3,24
5	1,28	1,63	2,08	2,65	4,32
6	1,34	1,79	2,40	3,21	5,74
7	1,40	1,97	2,76	3,87	7,61
8	1,47	2,16	3,17	4,66	10,06
9	1,54	2,37	3,64	5,60	13,27
10	1,61	2,59	4,18	6,73	17,45

#### 7.5 Beräkningsmetodik

I efterföljande 10 exempel visas hur ACGP-DIAGRAMMEN kan användas vid ett antal olika kalkylfall.

Härvid är antalet parametrar av stor betydelse för kalkylarbetets omfattning.

Vid en parameter t ex årliga förändringar av energibesparingar d v s av energipriset, ex 4 och 6-10, blir konstruktionen i diagrammet mycket enkel: Max 2 hjälplinjer parallella med axlarna per beräkningsfall.

Vid två eller flera parametrar t ex årliga förändringar av både energipris och kostnader, ex 1-3 samt 5, måste ett antal hjälplinjer per beräkningsfall utföras.

Syftet med ex 1-10 är endast att illustrera beräkningsmetodiken. Inga i dessa exempel givna värden på investeringar, energibesparingar, kostnader etc samt ställda prognoser över årliga förändringar eller angivna gränsvärden för lönsamhet får således ens uppfattas som uttryck för författarens personliga åsikter.



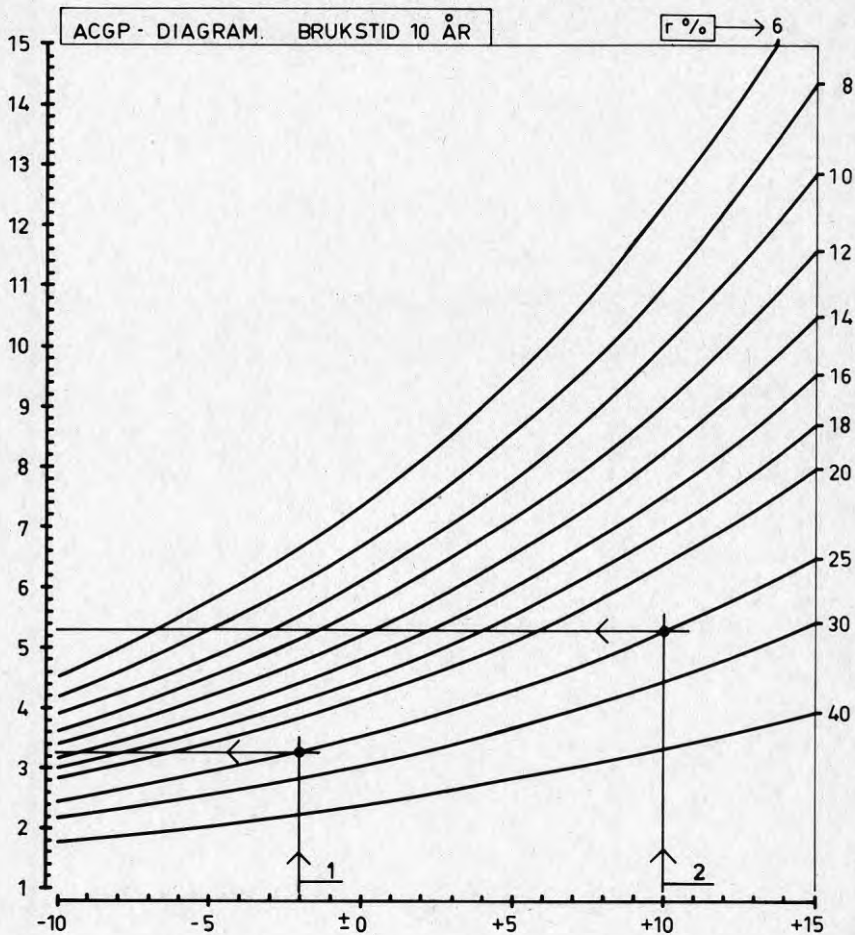


FIG. 6. Storheter.  
 1. x-axeln: b %. y-axeln: F/B.  
 2. x-axeln: a %. y-axeln: E/A.

Ex 2. (Både energibesparingar och kostnader)

ÅTGÄRD: INJUSTERING OCH DRIFTSKONTROLL AV OLJEELDADE VÄRME-CENTRALER.

Orientering

Injustering av värmepannan till en villa om ca  $120 \text{ m}^2$  bostadsyta beräknas ge en oljebesparing år 0 som motsvarar B kr. Investering, I kr, samt kostnad år 0 för driftskontroll, A kr, har erhållits genom anbud. För brukstiden n år föreligger 2 st utredningsalternativ.

Förutsättningar

I = 200 kr

B = 210 kr

A = 125 kr

n = 10 år alternativt n = 5 år.

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av kostnader: a = 9 %  
 " " " " " energipriset: b = 1 %  
 Gränsvärde för lönsamheten: r = 12 %

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan, r %, vid angivna förutsättningar och prognoser.

Villkor för korrekt kalkyl

Energibesparingen är n, L kr, skall vara större än kostnaden är n, N kr.

n=10 år:  $L=1,1 \cdot 210=231$ .  $N=2,37 \cdot 125=296$  d v s  $L < N$ .

n=5 år:  $L=1,05 \cdot 210=221$ .  $N=1,54 \cdot 125=193$  d v s  $L > N$ .

Villkoret uppfylls vid n = 5 år men ej vid n = 10 år.

Kalkyl

Kalkylen består av att man för olika r-värden beräknar summa nuvärde av energibesparingarna minus summa nuvärde av kostnaderna. När man härvid erhåller ett värde = investerat kapital d v s när  $F - E = I$  är r-värdet det sökta. Se FIG 7.

$$1. \quad b=1\% \text{ och } r=20\% \text{ ger } F/B=3,9 \text{ d v s } F = 3,9 \cdot 210 = 819$$

$$2. \quad a=9\% \quad " \quad r=20\% \quad " \quad E/A=4,85 \text{ d v s } E = 4,85 \cdot 125 = 606$$

$$F - E = 213$$

$$3. \quad b=1\% \text{ och } r=10\% \text{ ger } F/B=3,06 \text{ d v s } F = 3,06 \cdot 210 = 643$$

$$4. \quad a=9\% \quad " \quad r=10\% \quad " \quad E/A=3,77 \text{ d v s } E = 3,77 \cdot 125 = 471$$

$$F - E = 171$$

$$5. \quad b=1\% \text{ och } r=12,4\% \text{ ger } F/B=3,66 \text{ d v s } F = 3,66 \cdot 210 = 769$$

$$6. \quad a=9\% \quad " \quad r=12,4\% \quad " \quad E/A=4,55 \text{ d v s } E = 4,55 \cdot 125 = 569$$

$$F - E = 200$$

Kalkylresultat

Den sökta internräntan är 12,4 %

Utvärdering av kalkylresultat

Åtgärden bör genomföras



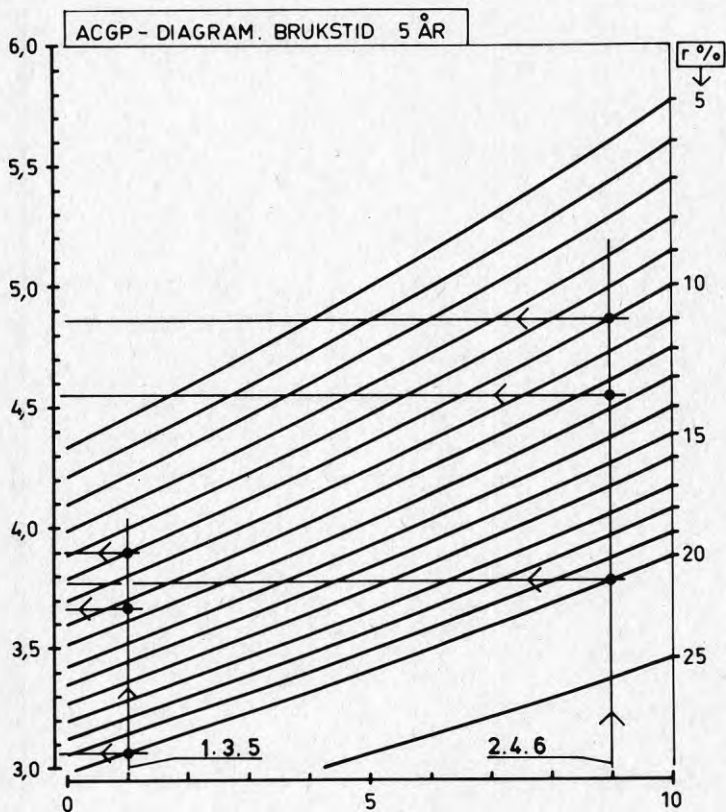


FIG 7. Storheter.  
 1,3,5. x-axeln: b %. y-axeln: F/B.  
 2,4,6. x-axeln: a %. y-axeln: E/A.

Ex 3. (Både energibesparingar och kostnader)

ÅTGÄRD: SÄNKNING AV RUMSTEMPERATUREN I SAMBAND MED INREGLERING  
AV VÄRMESYSTEM

Orientering

Genom inreglering av värmesystemet för ett bostadshus beräknas rumstemperaturen kunna sänkas med 20°C vilket motsvarar en energibesparing per lägenhet och år 0 av B kr. Investering, I kr, samt kostnad år 0 för efterjustering - allt per lägenhet - har erhållits genom anbud. Brukstiden n år har fastställts genom utredning.

Förutsättningar

I = 250 kr.

B = 170 kr.

A = 6 kr.

n = 10 år.

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av kostnader: a = 8 %

" " " " " energipriser: b = 0 %

Gränsvärde för lönsamhet: r = 10 %

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan, r %, vid angivna förutsättningar och prognoser.

Villkor för korrekt kalkyl

Energibesparingen är n, L kr, skall vara större än kostnaden år n, N kr.

n=10 år: L=170.  $N=2,16 \cdot 6=13$  d v s  $L > N$ .

Villkoret är uppfyllt.

Kalkyl

Kalkylen består av att man för olika r-värden beräknar summa nuvärde av energibesparingarna, F, minus summa nuvärde, E, av kostnaderna. När man härvid erhåller ett värde = investerat kapital d v s när  $F - E = I$  är r-värdet det sökta. Se FIG 8.

1. b=0% och r=25% ger  $F/B=3,55$  d v s  $F=3,55 \cdot 170=604$

2. a=8% " r=25% "  $E/A=4,85$  d v s  $E=4,85 \cdot 6 = 29$

F-E=574

Kalkylresultat

$F - E > I$  d v s den sökta internräntan är större än 25 %.

Utvärdering av kalkylresultat

Åtgärden bör genomföras.

Alternativt kan temperaturen sänkas 10°C.

Även denna åtgärd är lönsam vilket en kalkyl, utförd enl ovanstående, lätt kan visa.

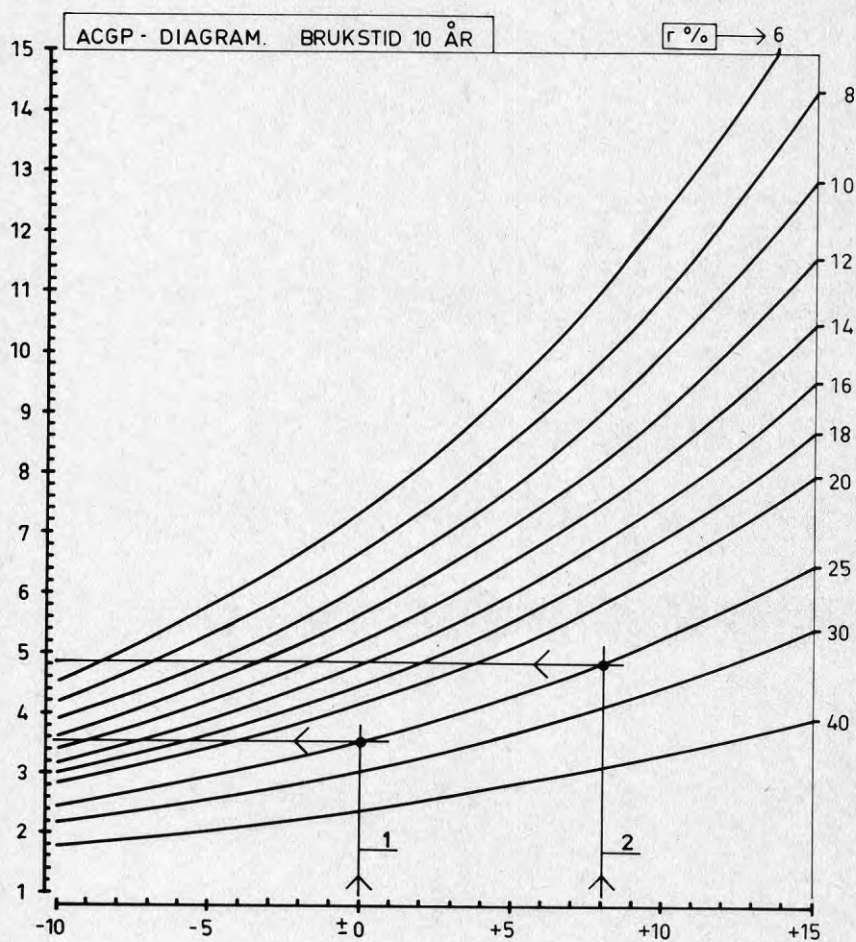


FIG 8. Storheter.  
 1. x-axeln: b %. y-axeln: F/B.  
 2. x-axeln: a %. y-axeln: E/A.

Ex 4. (Endast energibesparingar)

## ATGÅRD: MINSKNING AV LUFTOMSÄTTNINGEN

Orientering

Genom fönstertätning m m i ett bostadshus beräknas luftomsättningen kunna minska med 0,2 omsättningar per timme, vilket motsvarar en energibesparing per lägenhet och år 0 av B kr. Investering per lägenhet, I kr, har erhållits genom anbud. Brukstiden, n år, har fastställts genom utredning.

Förutsättningar

I = 400 kr.

B = 76 kr.

n = 15 år.

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av energipriser:  $b = 2 \%$ .

Gränsvärde för lönsamhet:  $r = 11 \%$ .

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan,  $r \%$ , vid angivna förutsättningar och prognoser.

Kalkyl och kalkylresultat

$I/B = 5,3$

Genom värdet på  $I/B = 5,3$  samt  $b = 2$  erhålls genom 2 med axlarna parallella hjälplinjer i FIG 9 det sökta  $r$ -värdet:  $r = \text{ca } 19,5 \%$ .

Utvärdering av kalkylresultat

Atgårdens bör genomföras.

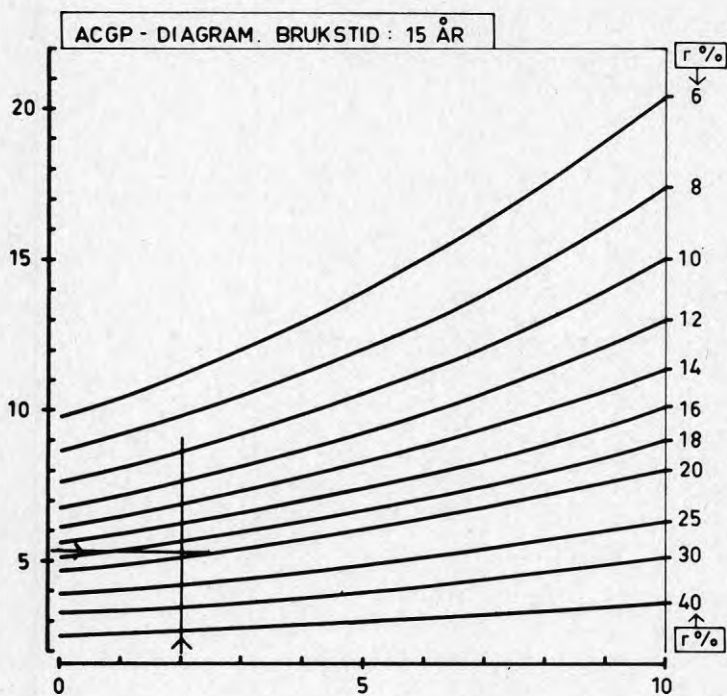


FIG 9. Størheter.  
 x-axeln:  $b\%$ .  
 y-axeln:  $I/B$ .

Ex 5. (Energibesparingar (2 st) och kostnader)

ÅTGÄRD: MINSKNING AV TAPPVARMVATTENFÖRBÄTTNING

Orientering

Installation av en tappvarmvattenmätare för en viss lokal beräknas ge energibesparingen, B kr år 0, betr värmeenergi och D kr år 0, betr vattenförbrukning. Storlek av investering, I kr, samt kostnad år 0 för avläsning och debitering, A kr, har erhållits genom anbud. Brukstiden n år har fastställts genom utredning.

Förutsättningar

I = 1 100 kr    B = 90 kr    n = 10 år.  
A = 20 kr    D = 125 kr

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av kostnader: a = 8 %  
" " " " " energipris: b = 2 %  
" " " " " vattenpris: d = 4 %  
Gränsvärde för lönsamhet: r = 12 %

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan, r %, vid angivna förutsättningar och prognoser.

Villkor för korrekt kalkyl

Summan av energibesparingarna år n: L+M kr skall vara större än kostnaden år n: N kr.  
n=10 år: L=1,22·90=110. M=1,48·125=185. L+M=295. N=2,16·20=43.  
L+M > N d v s villkoret är uppfyllt.

Kalkyl

Kalkylen består av att man för olika r-värden beräknar summa nuvärde av energibesparingarna minus summa nuvärde av kostnaderna. När man härvid erhåller ett värde = investerat kapital d v s när  $F + H - E = I$  är r-värdet det sökta. Se FIG 10.

- |                |     |          |       |                      |
|----------------|-----|----------|-------|----------------------|
| 1. b=2%, r=20% | ger | F/B=4,5  | d v s | F = 4,5 · 90 = 405   |
| 2. d=4%, r=20% | "   | H/D=4,9  | d v s | H = 4,9 · 125 = 613  |
| 3. a=8%, r=20% | "   | E/A=5,85 | d v s | E = 5,85 · 20 = 117  |
|                |     |          |       | F+H-E= 901           |
| 4. b=2%, r=10% | ger | F/B=6,7  | d v s | F = 6,7 · 90 = 603   |
| 5. d=4%, r=10% | "   | H/D=7,4  | d v s | H = 7,4 · 125 = 925  |
| 6. a=8%, r=10% | "   | E/A=9    | d v s | E = 9 · 20 = 180     |
|                |     |          |       | F+H-E= 1 348         |
| 7. b=2%, r=15% | ger | F/B=5,45 | d v s | F = 5,45 · 90 = 491  |
| 8. d=4%, r=15% | "   | H/D=5,95 | d v s | H = 5,95 · 125 = 750 |
| 9. a=8%, r=15% | "   | E/A=7,2  | d v s | E = 7,2 · 20 = 144   |
|                |     |          |       | F+H-E= 1 097         |

Kalkylresultat

Den sökta internräntan är 15 %

Utvärdering av kalkylresultat

Åtgärden bör genomföras.

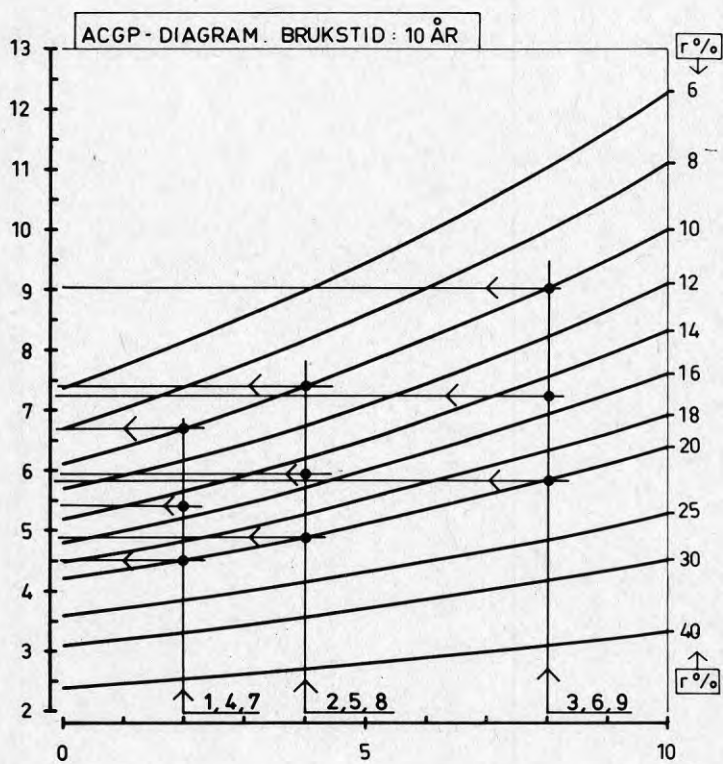


FIG 10. Storheter.

1,4,7. x-axeln: b %. y-axeln: F/B.  
 2,5,8. x-axeln: d %. y-axeln: H/D.  
 3,6,9. x-axeln: a %. y-axeln: E/A.

Ex 6. (Endast energibesparingar)

## ATGÅRD: TILLÄGGSISOLERING AV VINDSBJÄLKLAGE

Orientering

Vindsbjälklaget i en bef byggnad i Stockholm består av betong och koksaska.  $k$ -värdet är  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Nedan angivna storlekar av investerat kapital,  $I$  kr, för olika tjocklekar av tilläggsisolering med mineralull har erhållits genom anbud. Värmeenergi levereras från en oljeeldad värmecentral till ett pris år 0 av 5 öre/kWh. Brukstiden  $n$  år har fastställts genom utredning.

Förutsättningar

50 mm tilläggsisolering:	$I = 19,30 \text{ kr}/\text{m}^2$	$n = 30 \text{ år}$
100 " "	$I = 23,65 \text{ "}$	
150 " "	$I = 30,95 \text{ "}$	
200 " "	$I = 35,80 \text{ "}$	
250 " "	$I = 40,30 \text{ "}$	

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av energipris:  $b = 4 \%$ .  
Gränsvärde för lönsamhet:  $r = 9 \%$ .

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan,  $r \%$ , vid angivna förutsättningar och prognoser.

Kalkyl

Energibesparingar,  $B \text{ kr}/\text{m}^2$ , enl tabell nedan har erhållits genom separat beräkning.

Tilläggsisol mm	Investering $I \text{ kr}/\text{m}^2$	Bjälklagets $k$ -värde $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Besparing $B \text{ kr}/\text{m}^2$	I/B
0	-	0,70	-	-
50	19,30	0,32	1,43	13,5
100	23,65	0,21	1,84	12,9
150	30,95	0,16	2,03	15,2
200	35,80	0,12	2,18	16,4
250	40,30	0,10	2,25	17,9

Ur FIG 11 erhålls genom  $b = 4 \%$  och resp I/B-värde de sökta  $r$ -värdena.

Kalkylresultat

50 mm tilläggsisolering:	$r = \text{ca } 10,4 \%$
100 " "	$r = \text{ca } 10,9 \%$
150 " "	$r = \text{ca } 9,3 \%$
200 " "	$r = \text{ca } 8,6 \%$
250 " "	$r = \text{ca } 7,9 \%$

Utvärdering av kalkylresultat

Åtgärden bör genomföras med en tilläggsisolering av 150 mm.



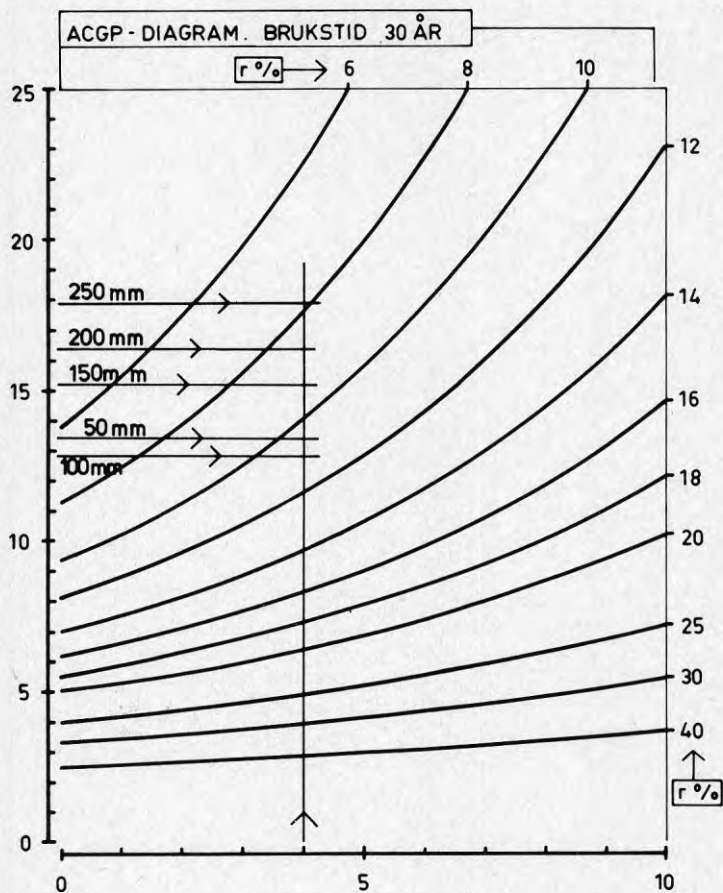


FIG 11. Storheter.  
 x-axeln:  $b \%$ .  
 y-axeln:  $I/B$ .

Ex 7. (Endast energibesparingar)

ATGÄRD: TILLÄGGSISOLERING AV YTTERVÄGGAR

Orientering

Ytterväggen i en bef byggnad i Stockholm utgörs av 1½ stens tegel in- och utvändigt putsbeklädd. Fasadputsen är i starkt behov av renovering. Väggens värmeegenomgångskoefficient är ca 1,1 W/(m<sup>2</sup>·K). Nedan angivna storlekar av investerat kapital, för tilläggsisol + reglar, för ytskikt av färgade asbestcementplattor samt för renovering av bef utvändig puts inkl ställningar har erhållits genom anbud. Värmeenergi levereras från ett fjärrvärmnät till ett pris år 0 av 5 öre/kWh. Brukstiden 5 år har fastställts genom utredning.

Förutsättningar

50 mm tilläggsisolering:	I = 46,0	kr/m <sup>2</sup>	n = 30 år.
70 " "	I = 52,0	"	
95 " "	I = 61,0	"	
120 " "	I = 68,0	"	
Ytskikt	I = 75,0	"	
Renovering av utv puts	I = 90,0	"	

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av energipriset:  $b = 3 \%$ .  
Gränsvärde för lönsamhet:  $r = 11 \%$ .

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan,  $r \%$ , vid angivna förutsättningar och prognoser.

Kalkyl

Beräkningar enl tabell nedan. Angivna värden på investering, I kr, är ursprungliga värden minus skillnaden mellan: Renovering av utv puts och ytskikt d v s minus 15 kr/m<sup>2</sup>. Energibesparingar, B kr/m<sup>2</sup>, har erhållits genom separat beräkning.

Tilläggsisol mm	Investering I kr/m <sup>2</sup>	Ytterväggens k-värde W/(m <sup>2</sup> ·K)	Energi- besparing kr/m <sup>2</sup>	I/B
0	-	1,10	-	-
50	31	0,39	3,55	8,7
70	37	0,31	3,95	9,4
95	46	0,25	4,25	10,8
120	53	0,20	4,50	11,8

Ur FIG 12 erhålls genom  $b = 3 \%$  och resp I/B-värde de sökta  $r$ -värdena.

Kalkylresultat

50 mm tilläggsisolering:	$r = \text{ca } 14,3 \%$
70 " "	$r = \text{ca } 13,4 \%$
95 " "	$r = \text{ca } 11,7 \%$
120 " "	$r = \text{ca } 10,8 \%$

Utvärdering av kalkylresultat

Atgärden bör genomföras med en tilläggsisolering av 95 mm.

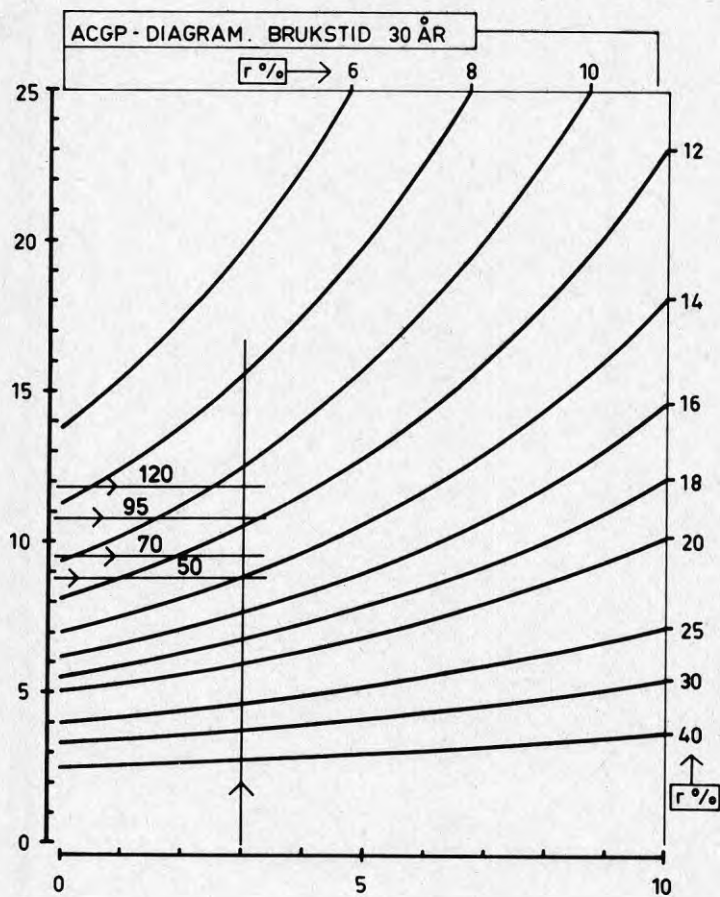


FIG. 12. Storheter.  
 x-axeIn: b %.  
 y-axeIn: I/B.

Ex 8. (Endast energibesparingar)

ÅTGÄRD: UTBYTE AV 2-GLASFÖNSTER MOT 3-GLAS ELLER 4-GLASFÖNSTER

Orientering

En fastighet i Stockholm har ett antal 2-glasfönster mot norr. Dessa är i stort behov av renovering. Nedan angivna storlekar av investerat kapital, I kr, för utbyte till 3-glas resp 4-glasfönster samt för renovering av bef 2-glasfönster har erhållits genom anbud. Fastigheten är eluppvärmd till ett pris år 0 av 12 öre/kWh. Brukstiden n år har fastställts genom utredning.

Förutsättningar

Renovering: I = 250 kr/m<sup>2</sup> n = 30 år.  
 Utbyte till 3-glas: I = 500 "  
 utbyte till 4-glas: I = 700 "

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av energipriset: b = 7 %.  
 Gränsvärde för lönsamheten: r = 10 %.

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan, r %, vid angivna förutsättningar och prognoser.

Kalkyl

Beräkningar enl Bilaga 2 samt tabell nedan. I tabellen angivna värden på investering, I kr, är ursprungliga värden minus renovering d v s minus 250 kr/m<sup>2</sup>.

	Bilaga nr 2				Investering I kr/m <sup>2</sup>	Energi- besparing B kr/m <sup>2</sup>	I/B
	k W/(m <sup>2</sup> ·K)	x %	S kWh/m <sup>2</sup>	R kWh/m <sup>2</sup>			
2-glas	2,6	7,5	2,4	240	-	-	-
3-glas	1,7	7,5	1,5	150	250	10,8	23,1
4-glas	1,3	7,5	1,1	110	450	15,6	28,8

Ur FIG 13 erhålls genom b = 7 % och resp I/B-värde de sökta r-värdena.

Kalkylresultat

Utbyte av 2-glasfönster mot 3-glasfönster: r = ca 8,9 %  
 " " 2- " " 4- " : r = ca 7,3 %

Utvärdering av kalkylresultat

Om renovering av ifrågavarande fönster anses nödvändig bör detta ske.

Något ekonomiskt motiv för att i stället göra utbyte till 3-glas eller 4-glasfönster finns ej.

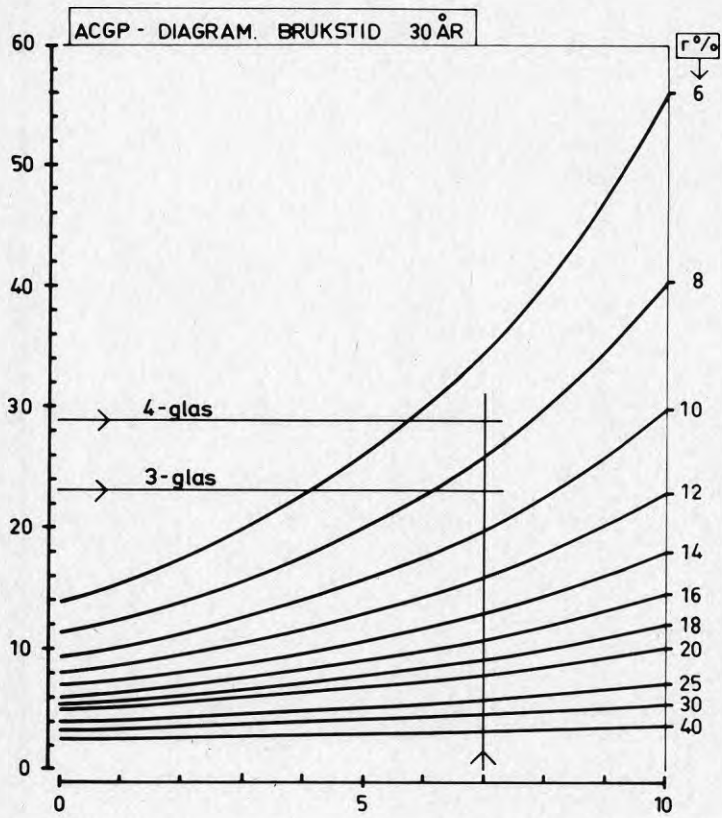


FIG 13. Storheter.  
 x-axeIn:  $b$  %.  
 y-axeIn:  $I/B$ .

Ex 9. (Endast energibesparingar)

ATGÅRD: UTBYTE AV 2-GLASFÖNSTER MOT 3-GLASFÖNSTER

Orientering

En nybyggd bostadsfastighet i Stockholm som är försedd med 2-glasfönster har en fasad mot söder som utan sol- eller bullerdämpande hinder i form av träd, vägbankar o dyl gränsar mot en större trafikled. Nedan angiven storlek av investerat kapital, I kr, för utbyte till 3-glasfönster med bullerdämpande egenskaper har erhållits genom anbud. Värmeenergi levereras från en oljeeldad värmecentral till ett pris år 0 av 6 öre/kWh. Brukstiden n år samt gränsvärdet för lönsamhet, r %, har fastställts genom utredning.

FörutsättningarUtbyte till 3-glasfönster:  $I = 580 \text{ kr/m}^2$ 

n = 30 år.

Gränsvärde för lönsamhet: r = 10 %.

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av energipris: b = 2 %.

Kalkylens syfte

Beräkning av den del av investeringen, I kr, som kan motiveras genom 3-glasfönstrets energibesparande egenskaper.

Kalkyl

Beräkningar utförs enl Bilaga 2 samt tabell nedan.

	Bilaga nr 2				Energi- besparing B kr/m <sup>2</sup>
	k W/(m <sup>2</sup> ·K)	x %	S kWh/m <sup>2</sup>	R kWh/m <sup>2</sup>	
2-glas	2,6	40	1,56	156	-
3-glas	1,7	40	1,04	104	3,1

Ur FIG 14 erhålls genom b = 2 % och r = 10 %  $I/B = 11,3$   
d v s  $I = 3,1 \cdot 11,3 = 35,0 \text{ kr/m}^2$ .

KalkylresultatDen sökta investeringen är ca 35 kr/m<sup>2</sup>.Utvärdering av kalkylresultat

För att genomföra utbytet av 2-glasfönster till bullerdämpande 3-glasfönster krävs ur ekonomisk synpunkt att bullerdämpningen kan värderas till 580 - 35 d v s till 545 kr/m<sup>2</sup> fönsterarea.

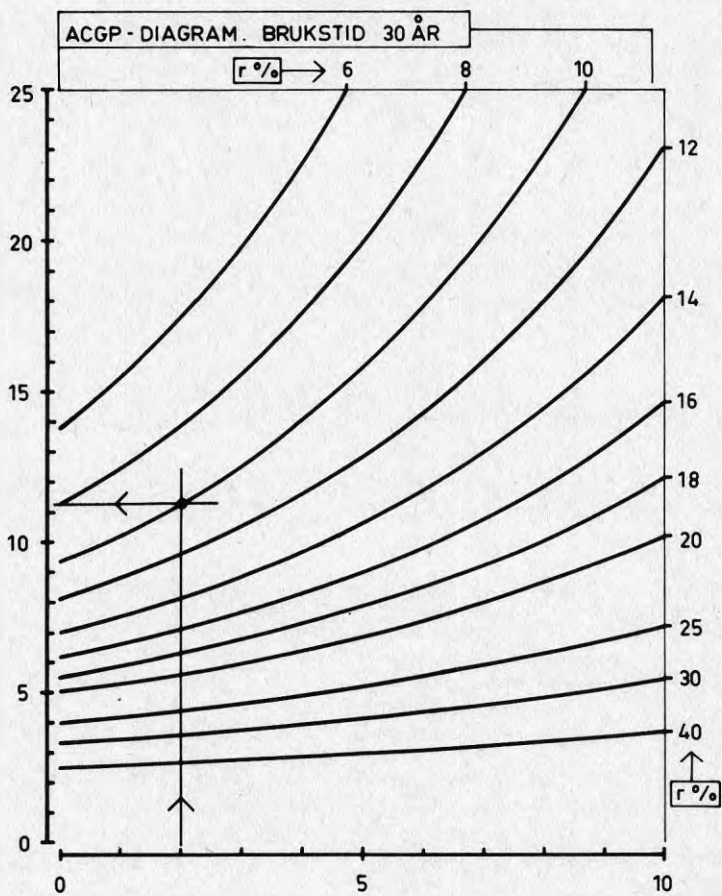


FIG. 14. Storheter.  
 x-axeln:  $b\%$ .  
 y-axeln:  $I/B$ .

Ex 10. (Endast energibesparingar)

ATGÄRD: ÅTERVINNING AV VÄRME UR FRÅNLUFT

Orientering

För ett befintligt sjukhus har anbud infordrats på en anläggning för återvinning av värmeenergi ur frånluften. Återvinningsanläggningen skall bestå av luftvärmare i till- och frånluft samt mellanliggande cirkulationskrets.

Två anbudsgivare, I och II, har lämnat alternativa anbud med luftvärmare av 6, 8 resp 10 djup här betecknade I-6, I-8 etc. Energibesparingen år 0 är värdet av återvunnen värmeenergi minus kostnad för uppoffrad elenergi. Energibesparingarna för resp alternativ ingick i anbuden. Inga väsentliga skillnader fanns i övrigt mellan de 6 alternativen. Brukstiden n år har fastställts genom utredning.

Förutsättningar

	I-6	I-8	I-10	II-6	II-8	II-10
Investering I tkr	431,0	472,0	517,0	323,0	347,0	378,0
Energibesparing år 0. B tkr	102,6	112,5	114,8	67,3	84,7	87,9

n = 10 år

Information från beslutsfattare

Prognos över årliga förändringar av värmeenergi- och elenergi-  
pris: b = 3 %.

Gränsvärde för lönsamhet: r = 12 %.

Kalkylens syfte

Beräkning av internräntan, r %, för de 6 alternativen vid angivna förutsättningar och prognoser.

Kalkyl och kalkylresultat

Beräkningar av I/B utförs enl tabell nedan.

Ur FIG 15 erhålls genom b = 3 % och resp I/B-värde de sökta r-värdena som anges i tabellen.

	I-6	I-8	I-10	II-6	II-8	II-10
I/B	4,2	4,2	4,5	4,8	4,1	4,3
r % ca	23,5	23,5	21,5	19,7	24,3	22,8

Utvärdering av kalkylresultat

Alla alternativ ligger betydligt över gränsvärdet för lönsamhet.

- Om energibesparingens storlek prioriteras bör alt I-10 väljas.

- Om investeringens storlek prioriteras bör alt II-6 väljas.

Ovanstående utvärdering kan synas korrekt men uppenbarligen kan större energibesparing erhållas utan att det av beslutsfattare fastställda gränsvärdet för lönsamhet underskrids. Jfr pkt 4.4.

Samtliga anbud bör därför förkastas. Vid ny anbudsinfordran bör helt enkelt anges att kvoten mellan anbudssumma och energibesparing (I/B) skall ligga så nära som möjligt men ej över värdet 6,5 samt att företrädare ges åt det anbud som innebär den högsta energibesparingen år 0.



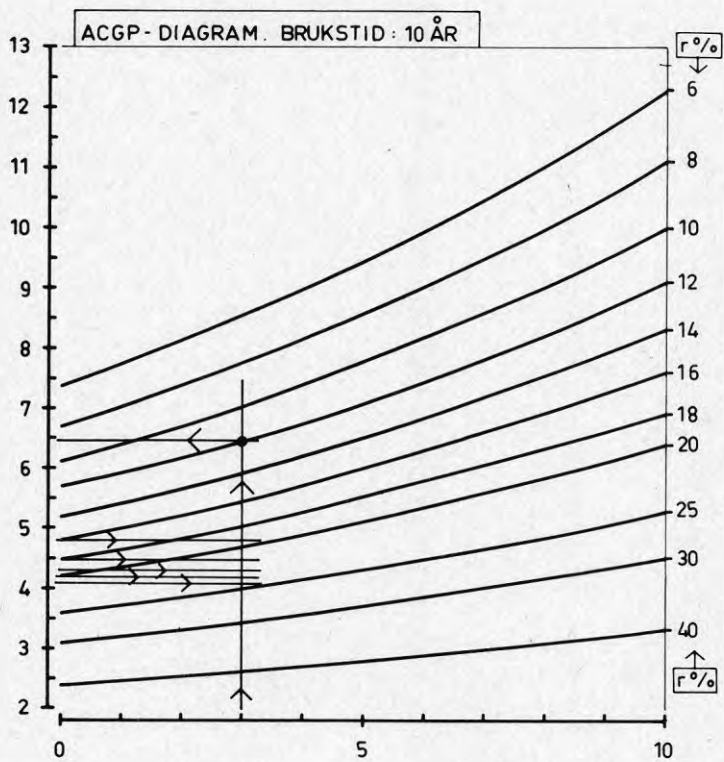
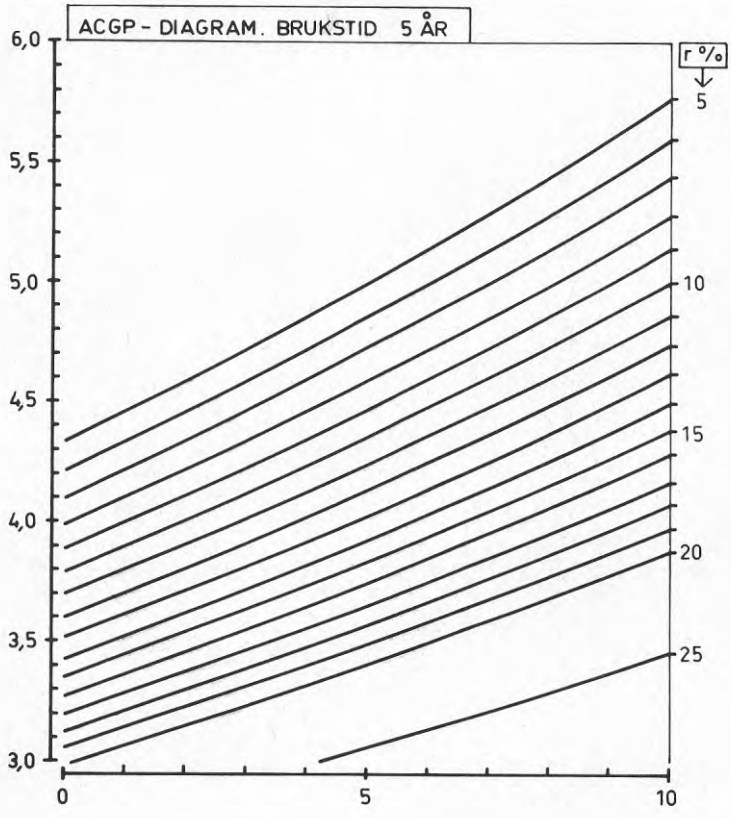
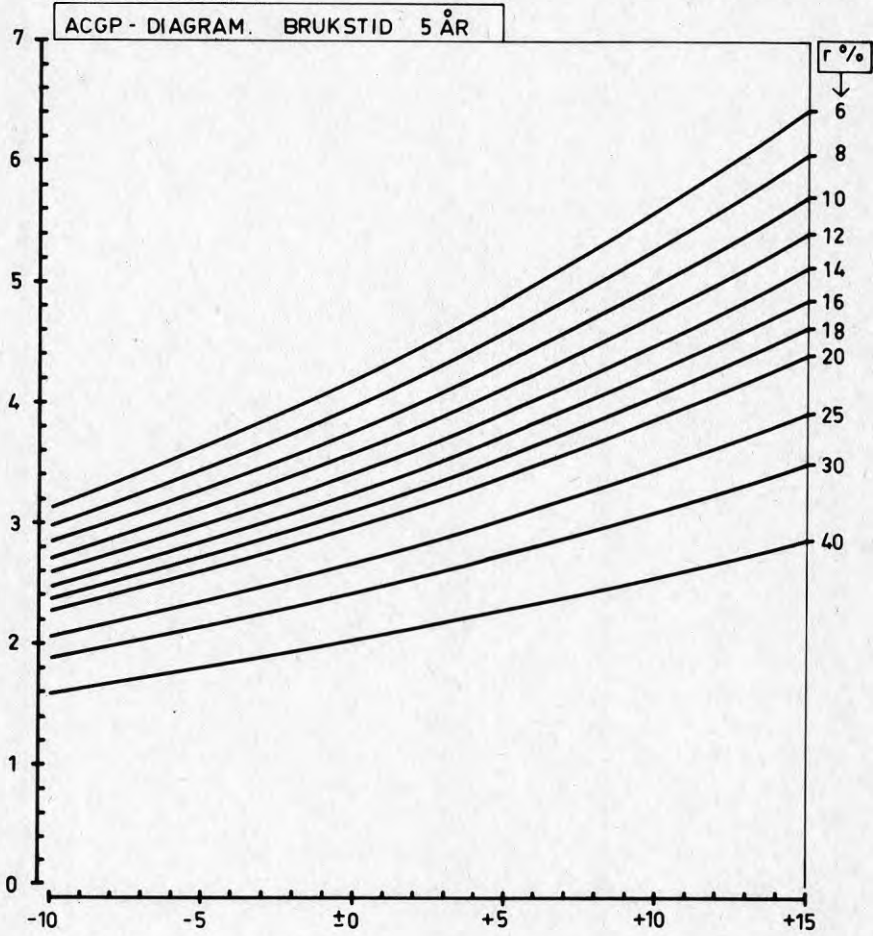
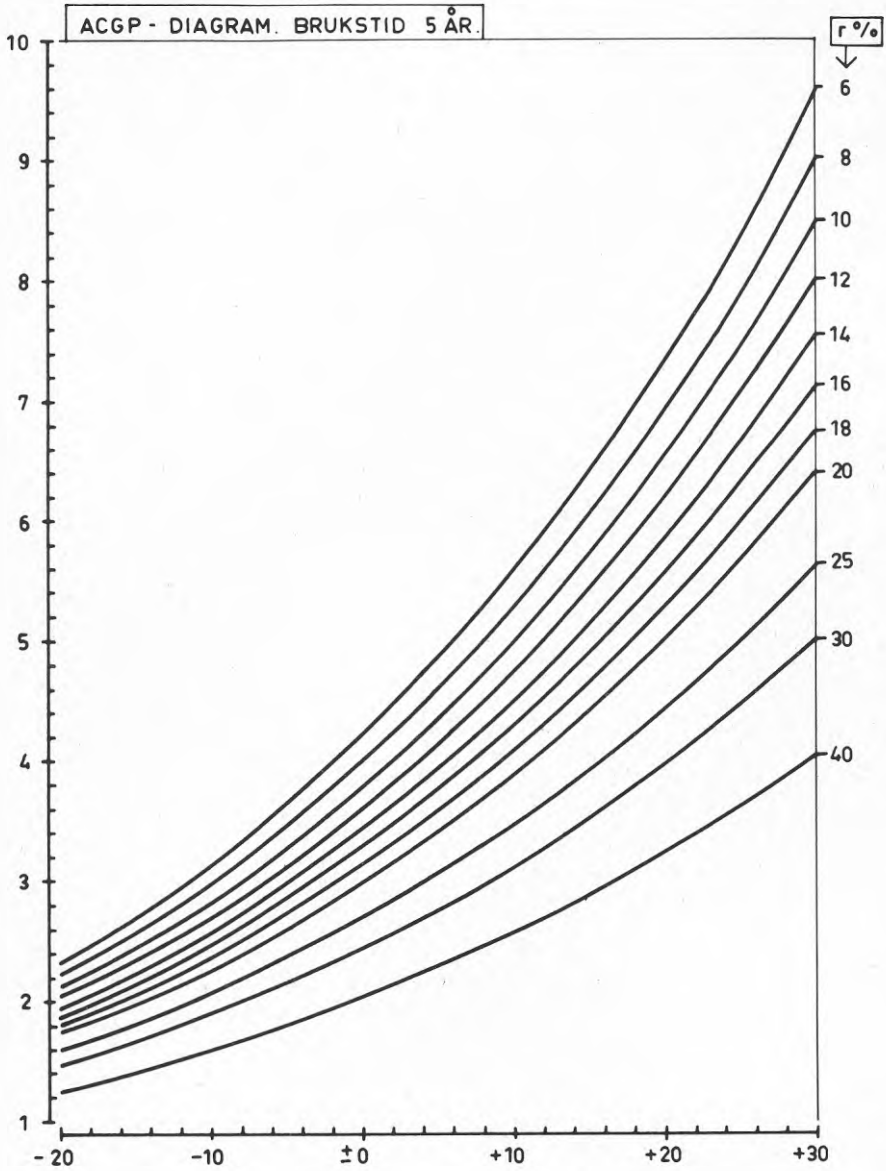
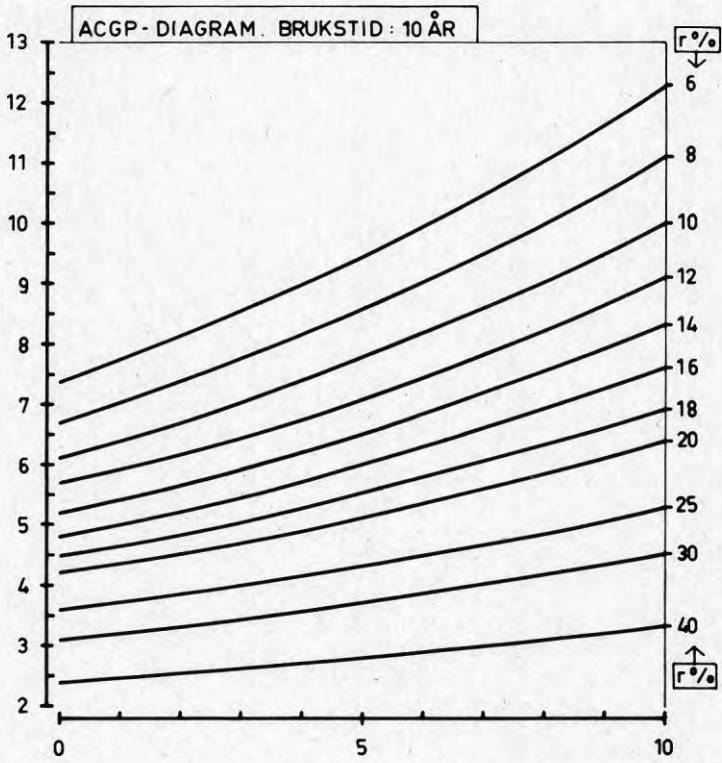


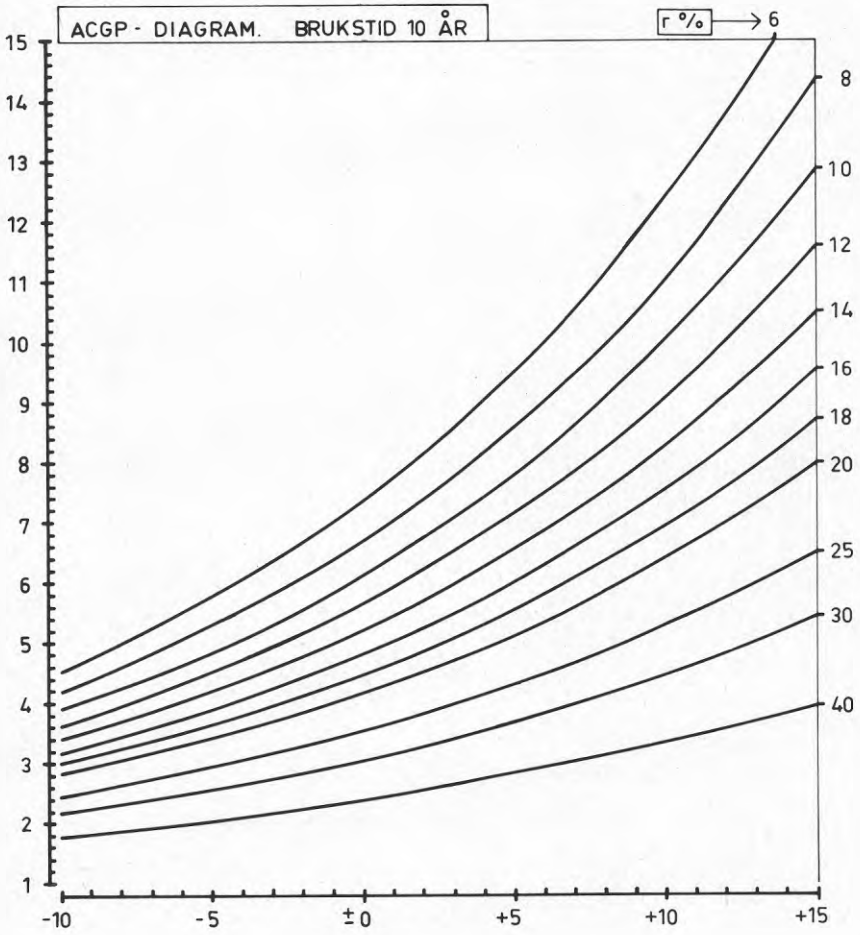
FIG 15. Storheter.  
 x-axeln:  $b$  %.  
 y-axeln:  $I/B$ .

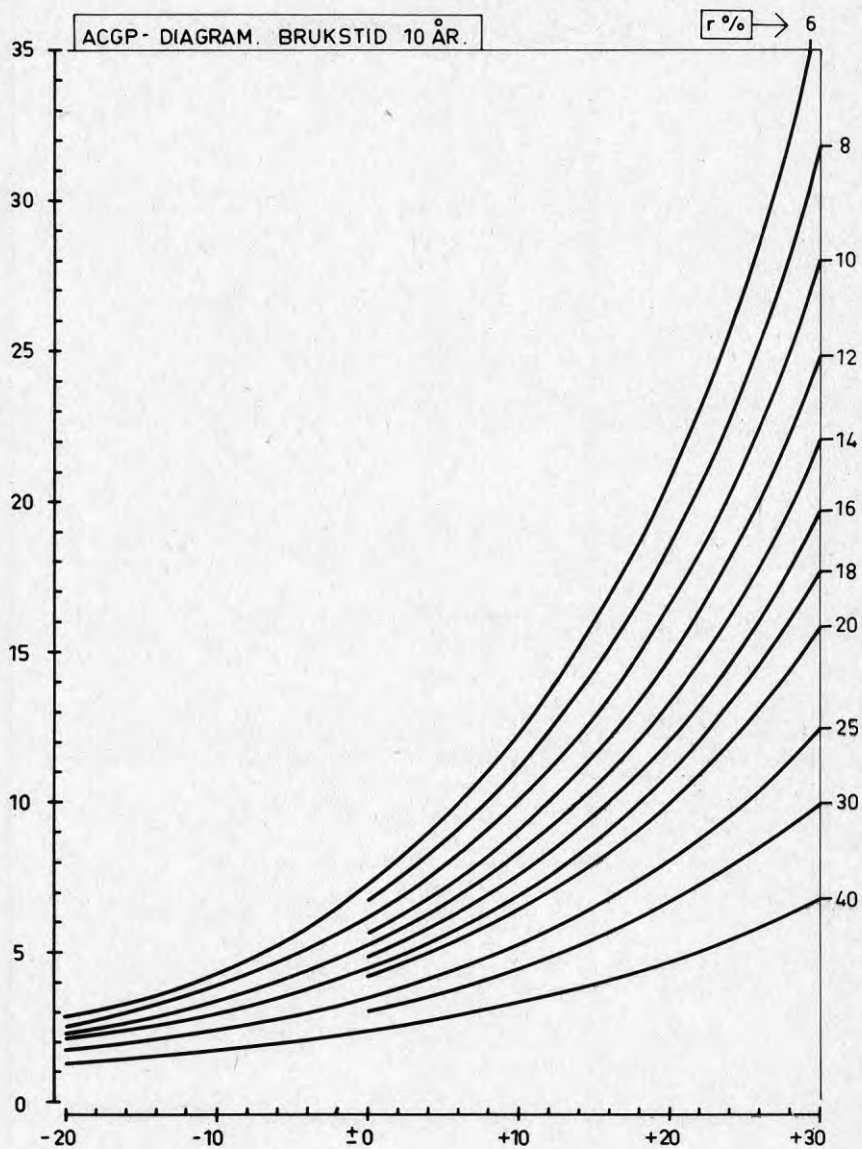


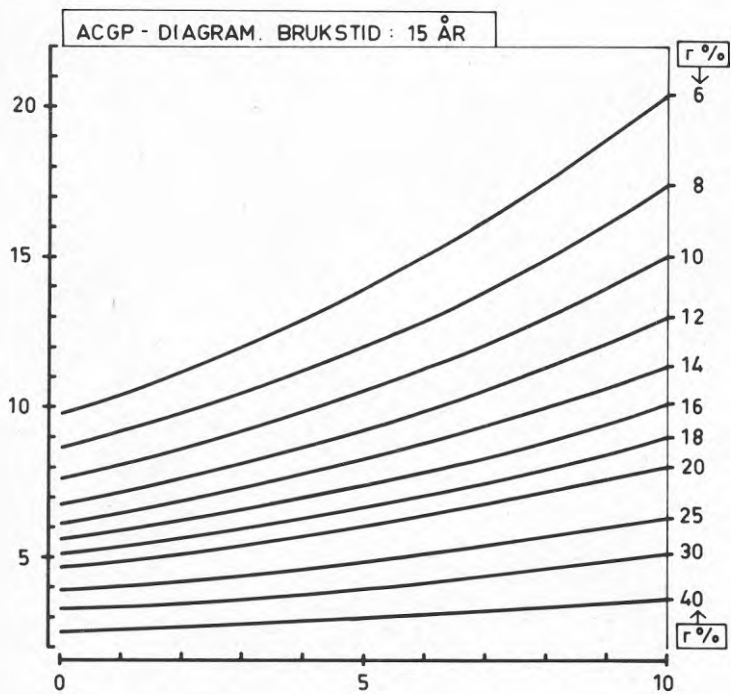




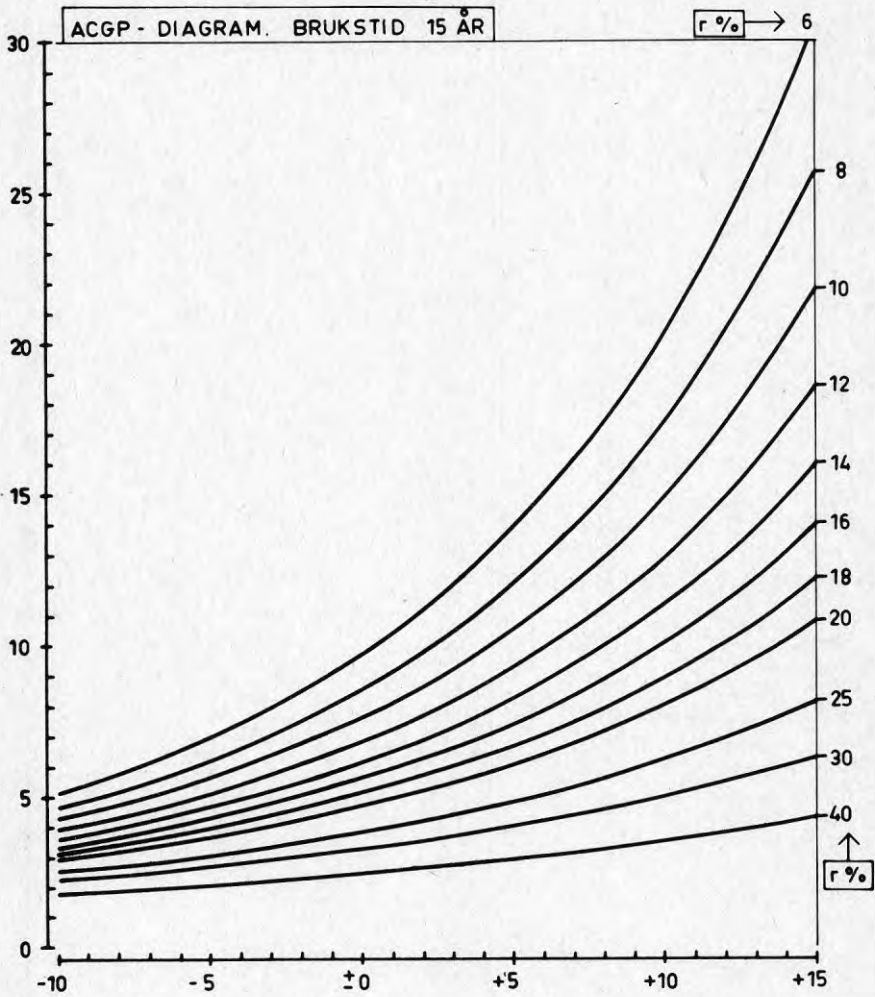


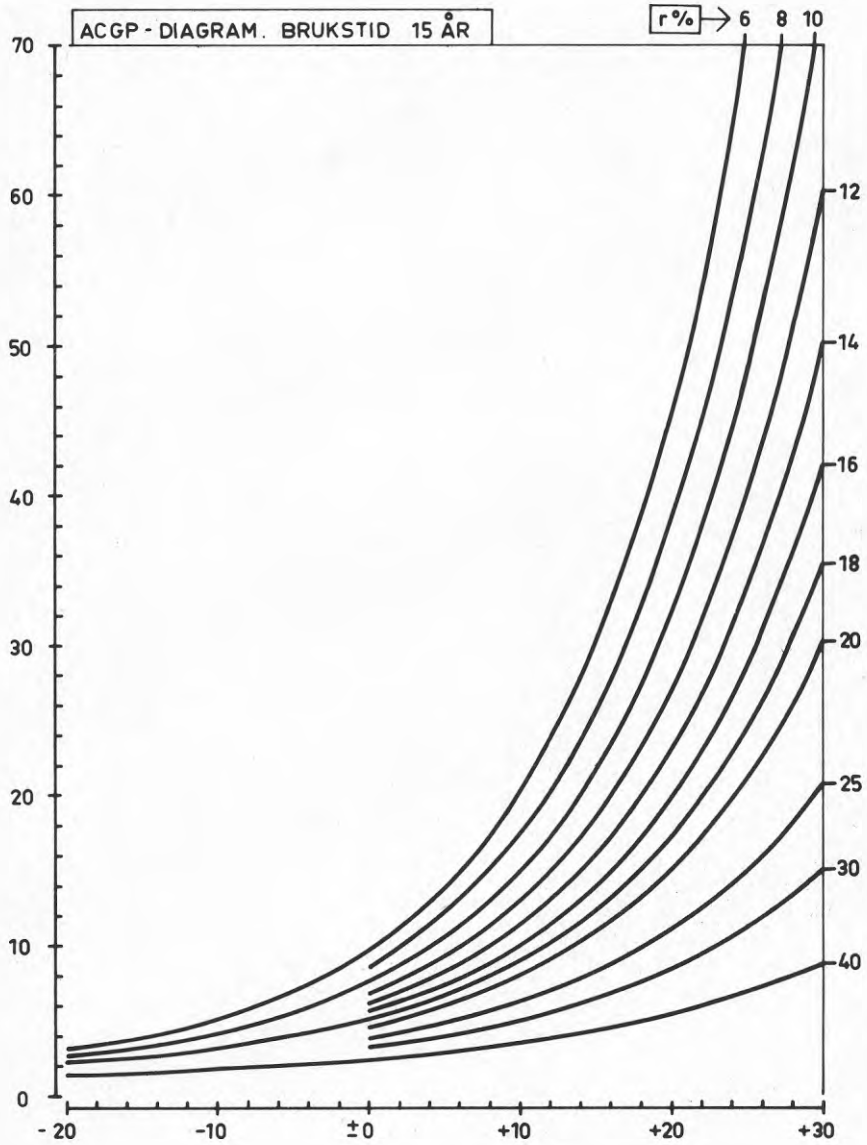


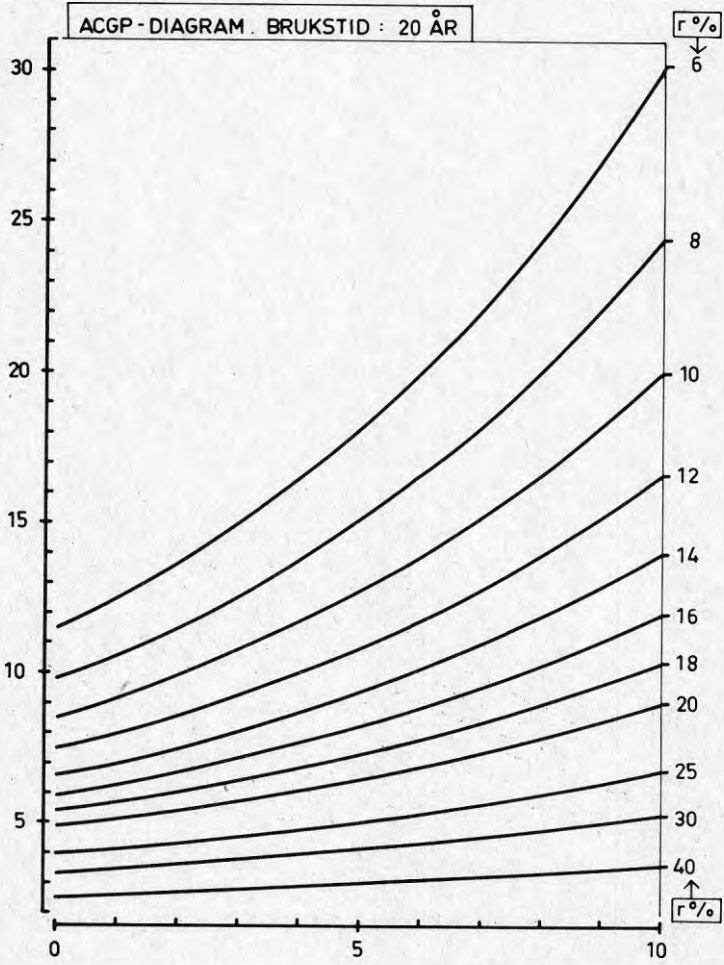


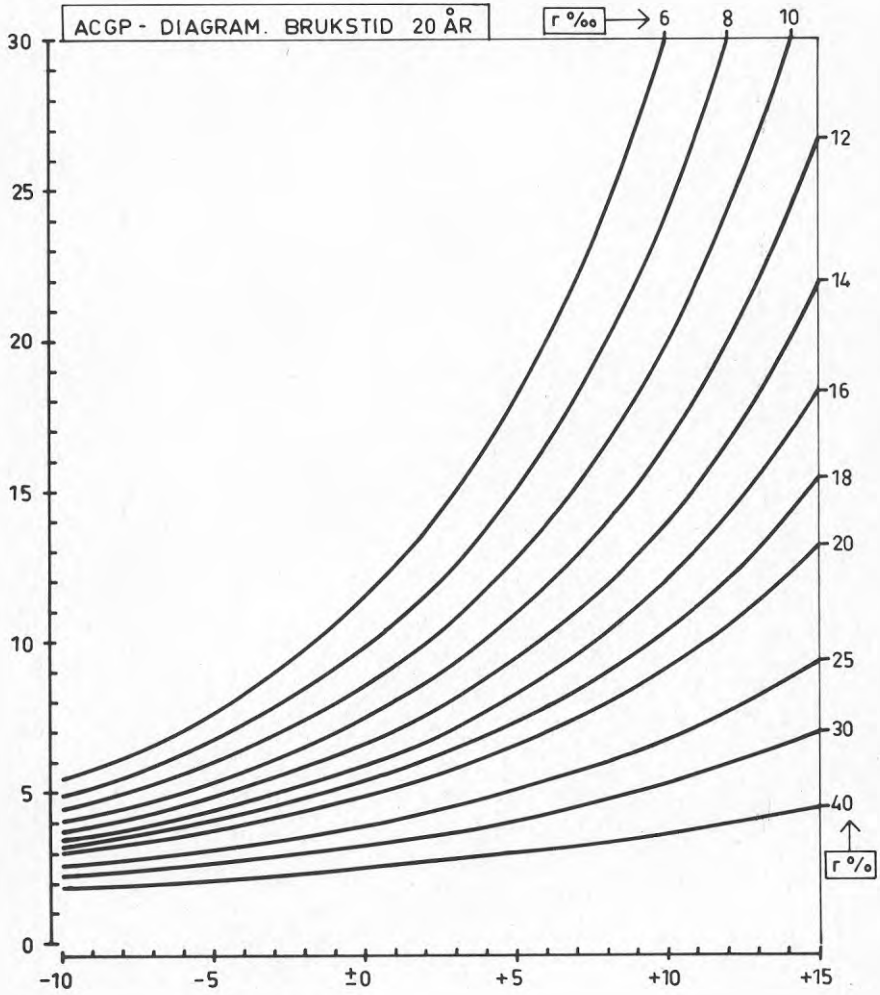


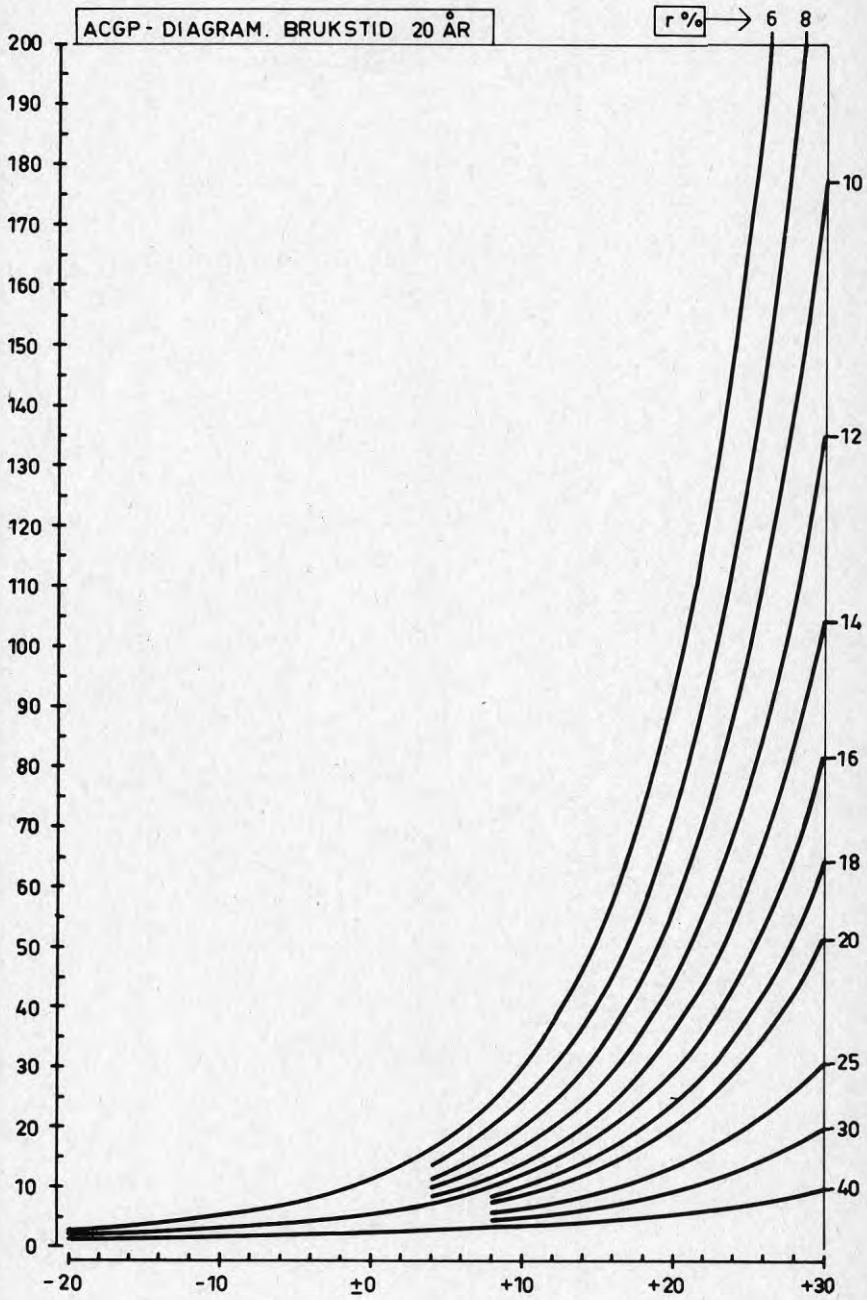


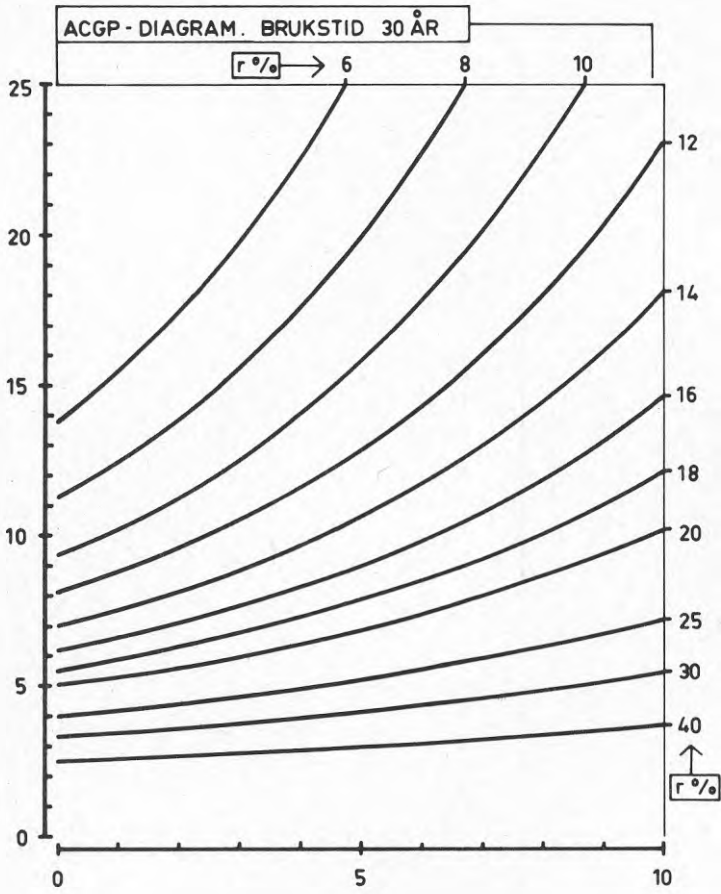


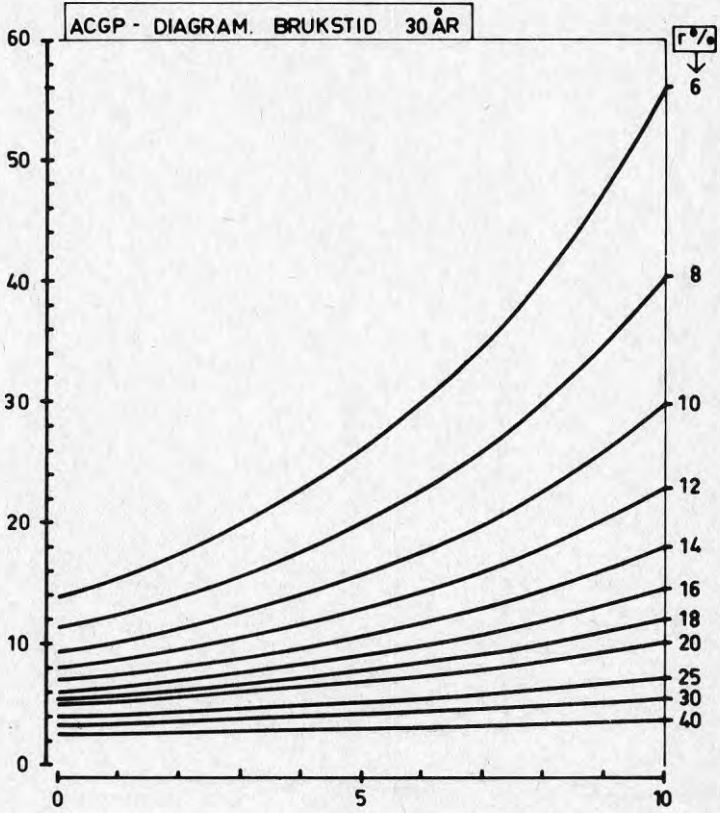


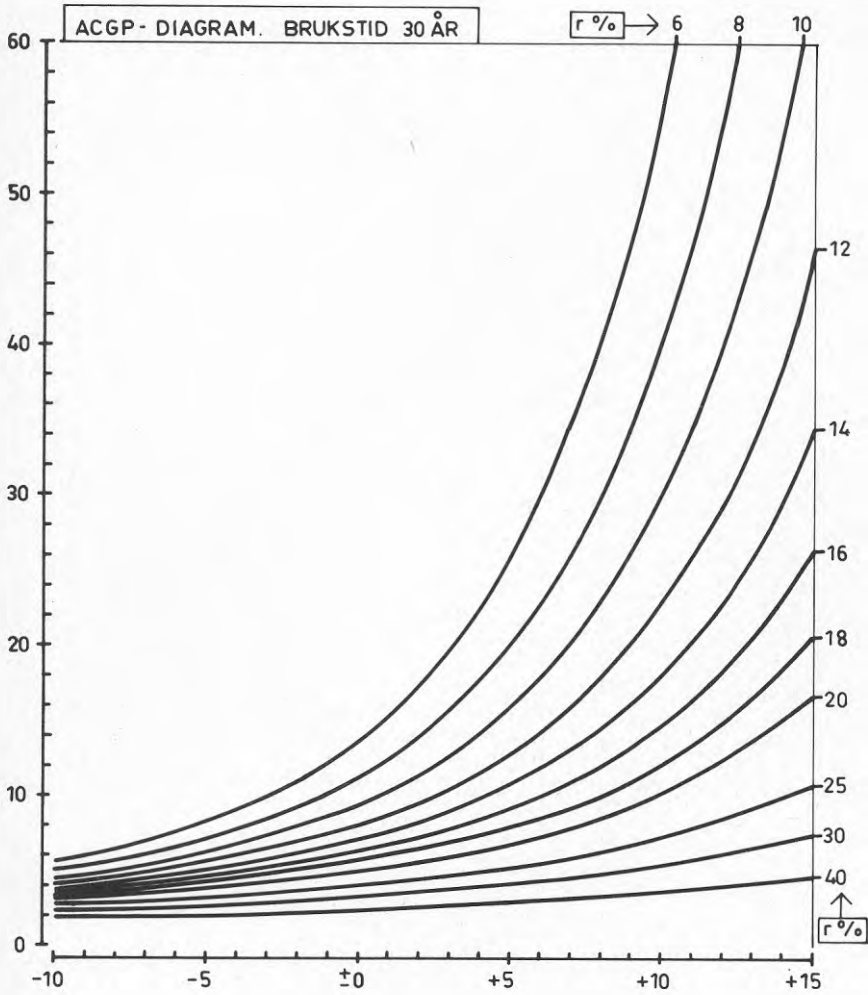




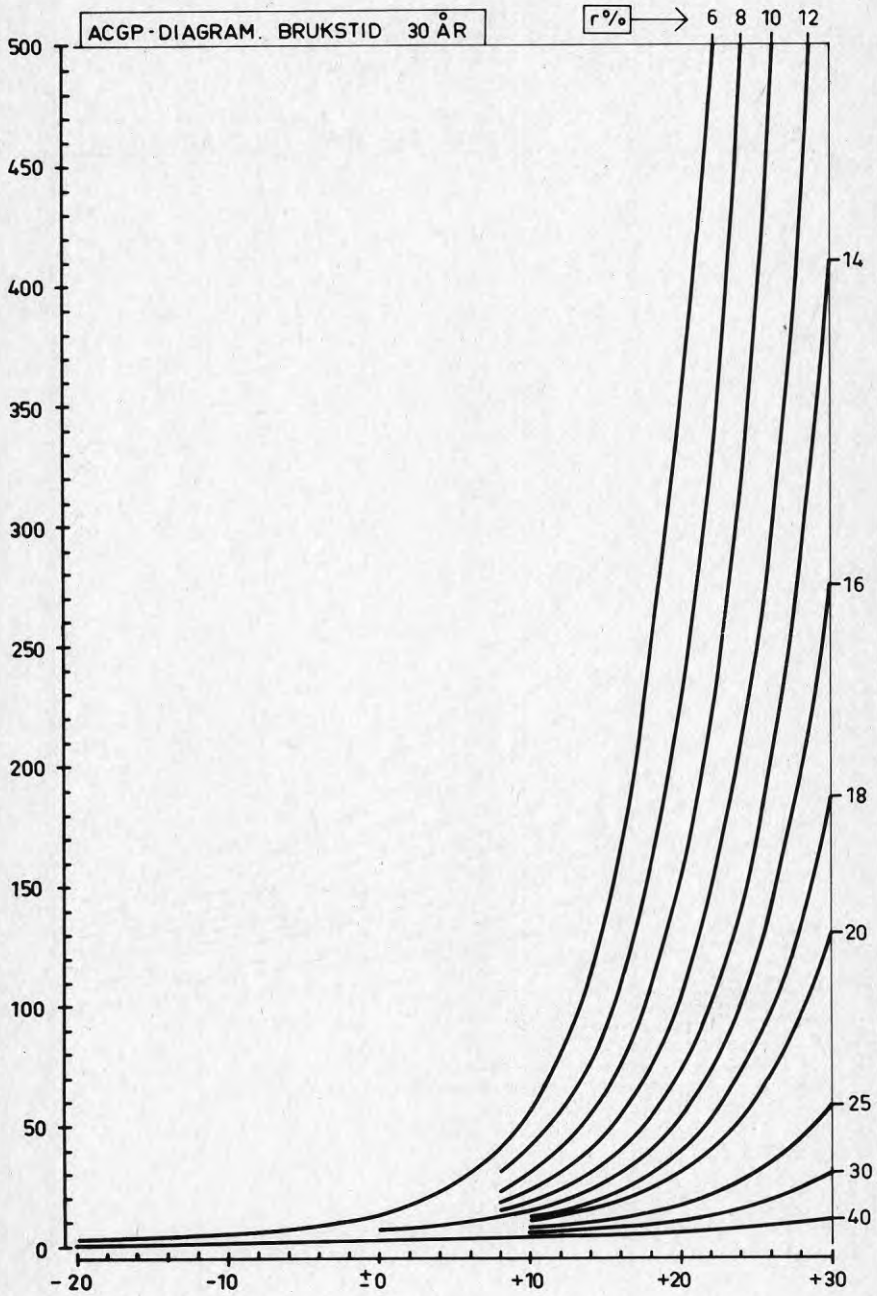












## ENERGIFÖRLUSTER GENOM FÖNSTER

1. Syfte

Syftet med denna bilaga är att ange en beräkningsmodell för fönsters årsvärmebehov som tar hänsyn till:

- antal fönsterglas (2 st eller flera).
- fastighetens belägenhet d v s orten.
- solvärmeinläckning.
- sänkning av rumstemp vid fler än 2 fönsterglas.

2. Förutsättning för tillämpning

Beräkningsmodellen kan endast tillämpas om följande villkor är uppfyllt:

Värmeanläggningen skall fungera så att temperaturen i alla aktuella rum under hela uppvärmningssäsongen kan hållas vid avsett värde oavsett värmeinläckningens storlek.

3. Antal fönsterglas

Värmeegenomgångskoefficienten, k-värdet, minskar med antalet glas. Nedan anges endast riktvärden.

2-glas: k = 2,6 W/(m <sup>2</sup> ·K)	(enl Höglund)
3-glas: k = 1,7 "	(" " )
4-glas: k = 1,3 "	(uppskattat)

4. Fastighetens belägenhet

Värmeförbrukningstal, Q, för de flesta större orter i Sverige finns i litteraturen. Observera att Q här uttrycks i tusental graddimmar.

5. Solvärmeinläckning

Som bas vid efterföljande beräkningar används 2-glas fönster d v s det fönster som hittills varit standard vid de flesta byggnadsprojekt i Sverige med undantag av växthus.

Med stöd av Höglund: Fönsterteknik, görs följande antagande:

Solvärmeinläckning per normalår minskar med 10 % för varje glas utöver 2-glas.

Solvärmeinläckningens storlek är en funktion av bl a:

- det vädersträck mot vilket fönstret är orienterat.
- ortens latitud och klimat.
- solskyddsanordningar o dyl.
- hinder mot strålning såsom byggnader, träd etc.



### 9. Beräkningsexempel för en fastighet i Stockholm

Hur stor blir minskningen i energiförlust per  $m^2$  fönsterarea och normalår om 2-glasfönster mot nordväst byts mot 3-glasfönster?

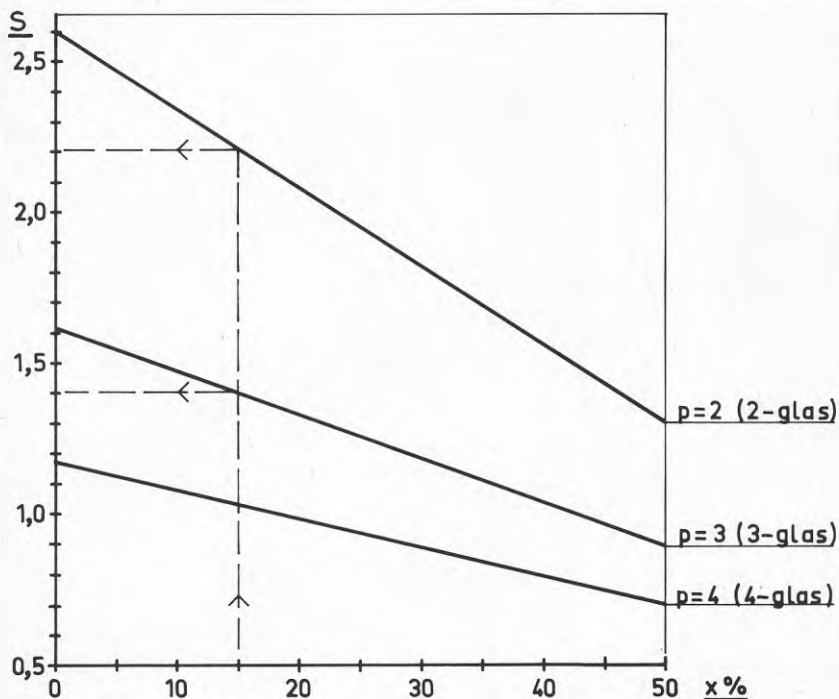
x-värden enl tabell nedan avser Stockholm.

Enl Pleijel = byggnad med fri horisont.

Riktvärden = praktiska medelvärden enl försök till uppskattning.

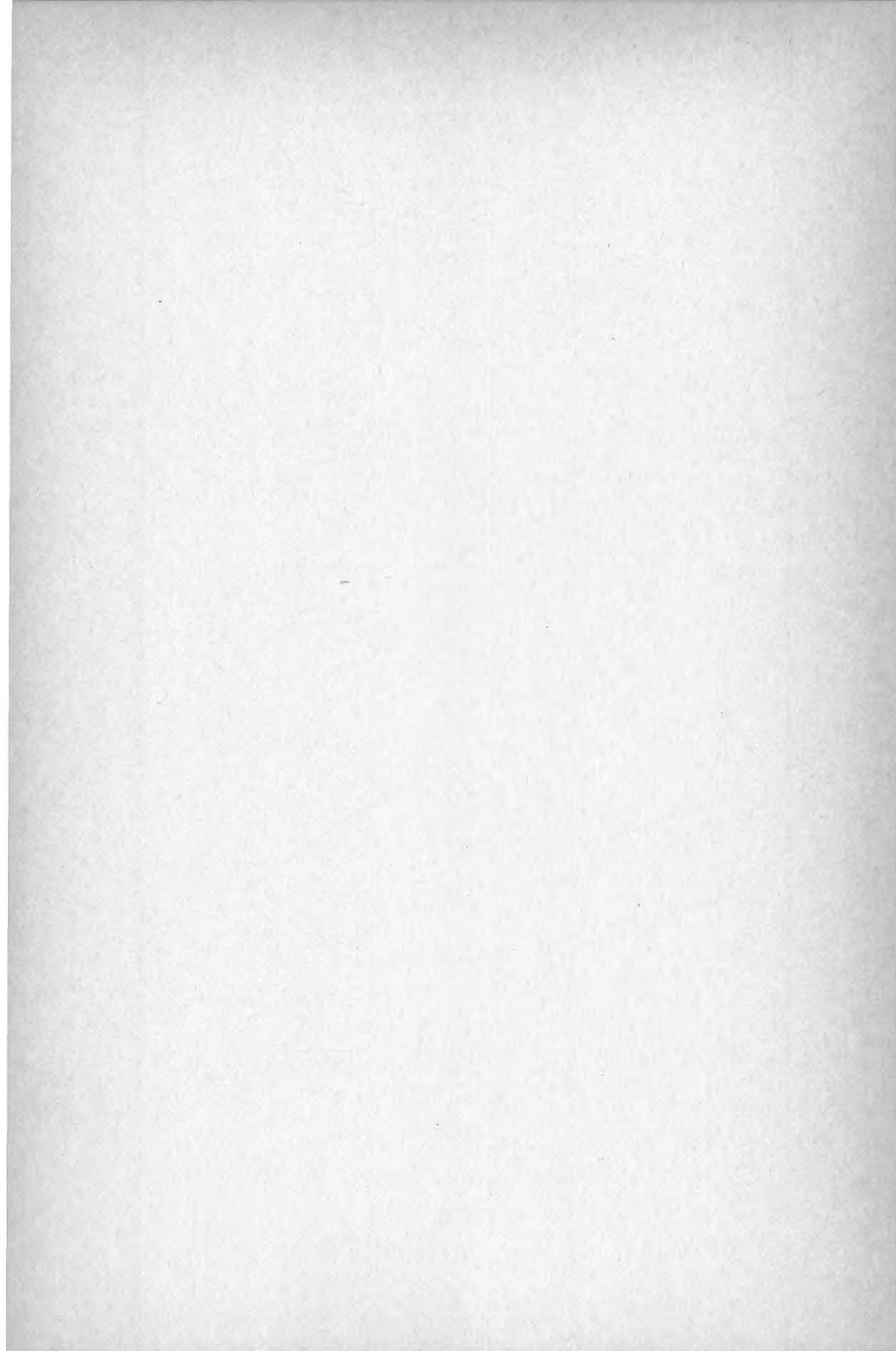
Fönster mot	Enl Pleijel	Riktvärden
norr	x = 19	x = 5 - 10
nordost, nordväst	x = 27	x = 10 - 15
öster, väster	x = 43	x = 15 - 20
sydost, sydväst	x = 68	x = 20 - 30
söder	x = 78	x = 30 - 40

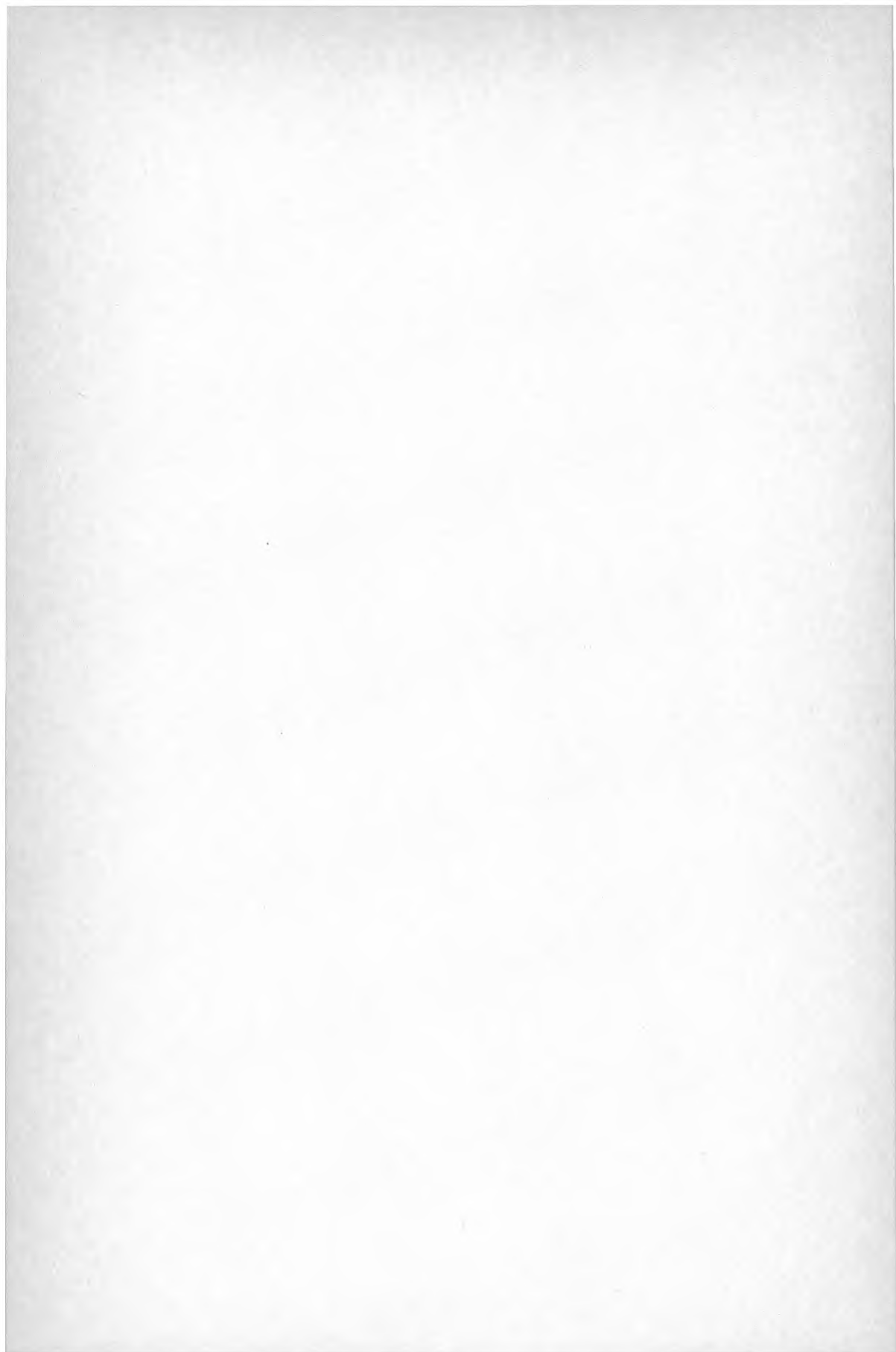
Om i Stockholm  $\Delta t$  sätts =  $20^\circ\text{C}$  och i pkt 3. angivna k-värden används kan ekv (2) uttryckas i form av nedanstående diagram.

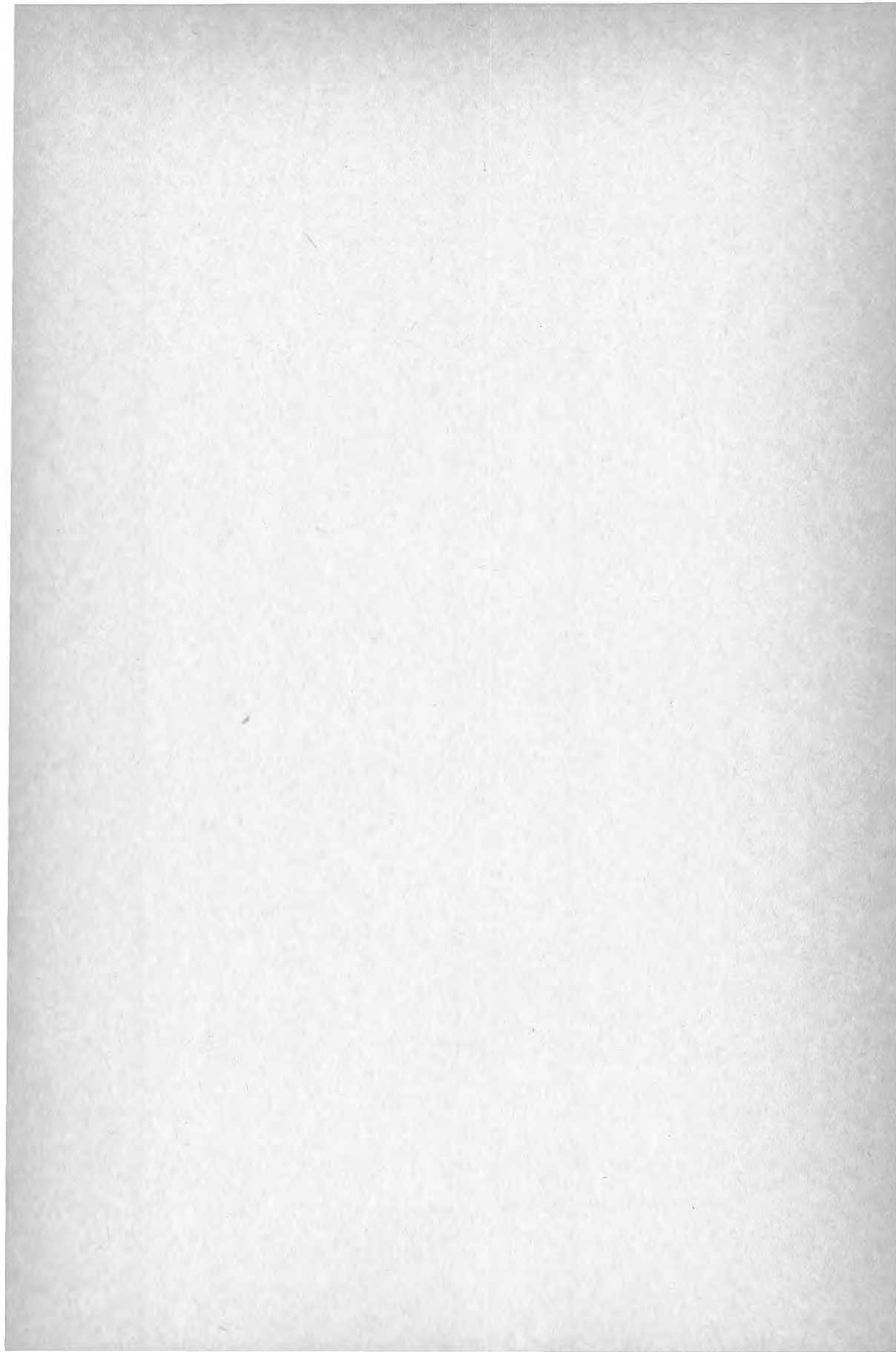


Sätts  $x = 15\%$  och  $Q = 100$  erhålls:

$$\text{Minskningen i energiförlust} = 100 \cdot (2,2 - 1,4) = 80 \text{ kWh/m}^2_{\text{normalår}}$$

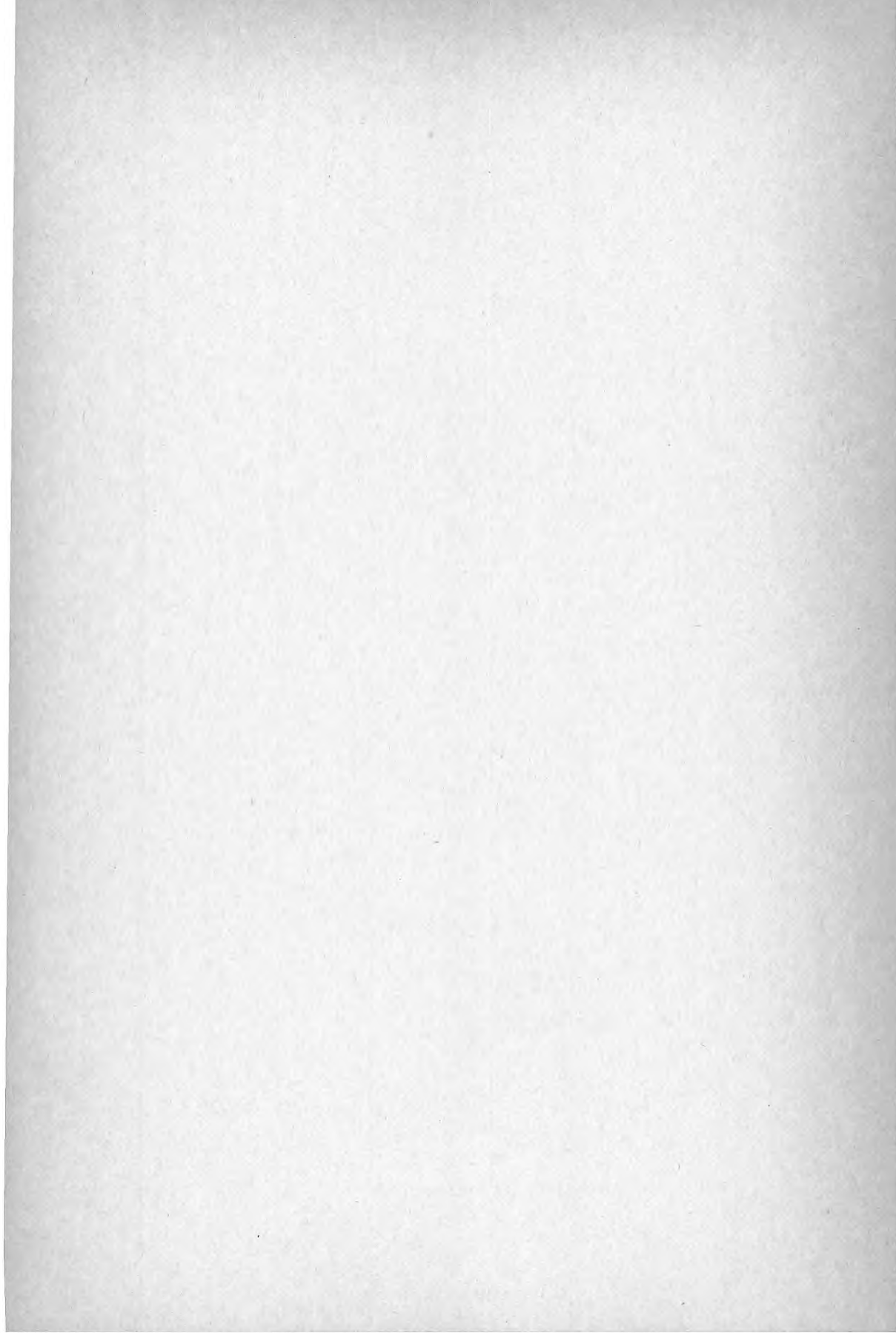














**Denna rapport hänför sig till forskningsprojekt 288 vid Statens institut för byggnadsforskning, Gävle. Projektet har finansierats med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.**

**R139: 1979**

**ISBN 91-540-3129-X**  
**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700039**

**Abonnemangsgrupp:**  
**T. Fastighetsförvaltning**

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

**Cirka pris: 20 kr exkl moms**