

Handledning för installation av gaseldade IR-värmare

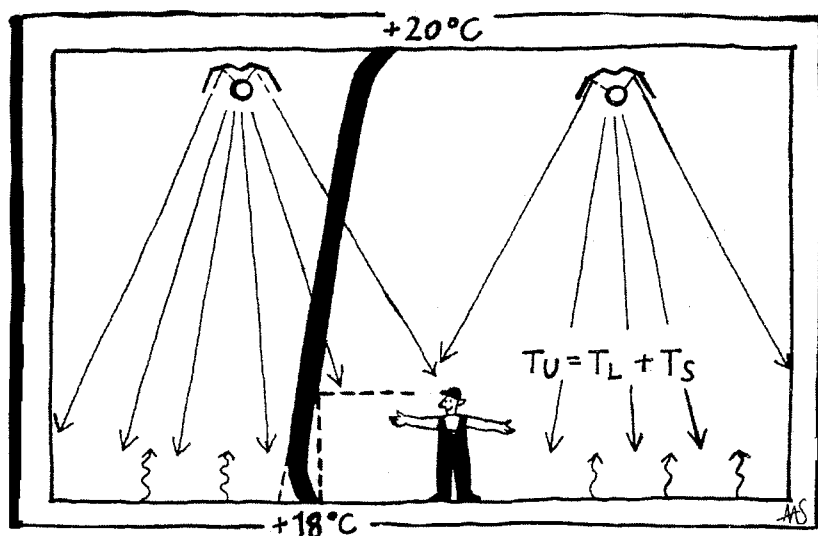
Rådgivning, analys och genomförande

©Svenskt Gastekniskt Center – April 1997

Pär Dalin
Drift- och Installationsteknik AB

HANDLEDNING FÖR INSTALLATION AV GASELDADE IR-VÄRMARE

RÅDGIVNING, ANALYS OCH GENOMFÖRANDE



$$T_U = T_L + T_S \quad \text{GRADIENT} = 0.5^\circ\text{C}/\text{m}$$
$$20^\circ\text{C} = 18^\circ\text{C} + 2^\circ\text{C}$$

Pär Dalin

Drift och Installationsteknik AB

0705-183805

 ditab

April 1997

Illustrationer: Ann Ahlbom-Sundqvist, AAS Form & Illustration

SGC:s FÖRORD

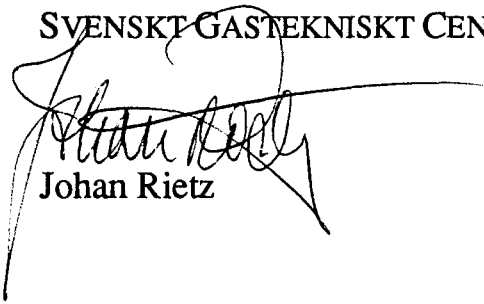
FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Malmö Energi AB, Lunds Energi AB och Helsingborg Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

1 INLEDNING	1
2 IR-VÄRME	2
2.1 TERMISK KLIMATUPPLEVELSE	2
2.2 VÄRMEÖVERFÖRING GENOM STRÅLNING	4
2.3 IR-SYSTEM	6
2.3.1 RÖD IR	6
2.3.2 SVART IR - ENBRÄNNARSYSTEM	8
2.3.3 SVART IR - SERIEBRÄNNARSYSTEM	9
2.4 VARFÖR IR-VÄRME?	20
2.4.1 ENERGIBESPARING	20
2.4.2 ÖVRIGT	23
2.5 ATT LÄSA VIDARE	25
3 FÖRSTUDIE	26
3.1 INLEDNING	26
3.2 INVENTERING OCH BESIKTNING	28
3.3 ANALYS AV ENERGIANVÄNDNINGEN	36
3.3.1 ENERGISTATISTIK	36
3.3.2 EFFEKT- OCH VÄRMEBEHOVSBERÄKNINGAR	37
3.3.3 JÄMFÖRANDE ANALYS	39
3.4 ANALYS AV IR-VÄRME INSTALLATION	40
3.4.1 INLEDNING	40
3.4.2 ENERGIEFFEKTIVISERING MED IR-VÄRME	40
3.4.3 EFFEKTBESTÄMNING OCH BUGETKALKYL IR-INSTALLATIONEN	45
3.4.4 LÖNSAMHETSBEDÖMNING	46
3.4.5 ÅTGÄRDSFÖRSLAG	48
3.5 BERÄKNINGSEXEMPEL	49
3.6 ATT LÄSA VIDARE	56
4 GENOMFÖRANDE	57
4.1 INLEDNING	57
4.2 LAGAR, FÖRORDNINGAR, FÖRESKRIFTER OCH NORMER	58
4.3 GENOMFÖRANDE	60
4.4 ATT LÄSA VIDARE	65
5 REFERENSANLÄGGNINGAR	66
5.1 PRIPPS	66
5.2 BRÄNNKYRKA BRANDSTATION	68
BILAGOR	70
B1 CHECKLISTOR, INVENTERINGSMALLAR & SAMMANSTÄLLNING	
B2 KALKYLMETODER	
B3 EXEMPEL PÅ DRIFTKORT	
B4 REFERENSLISTA	

SAMMANFATTNING

På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center AB har denna rapport sammanställts med syfte att redovisa IR-systemens möjligheter och arbetsgången vid inventering, teknisk- och ekonomisk analys, upphandling, genomförande och uppföljning av IR-installationer.

Rapporten är indelad i följande avsnitt:

- 1 Teoriavsnitt som beskriver:
 - Människans termiska klimatupplevelse
 - Hur värme överförs genom strålning
 - Olika typer av IR-system med tonvikten på Svart IR i seriebrännarutförande
 - Möjliga energibesparingar i jämförelse med konventionella system
 - Övriga fördelar såsom förbättrat inre och yttre klimat
- 2Handledning för förstudiefasen av ett IR-projekt som beskriver inventering och besiktning, teknisk och ekonomisk analys samt sammanställning av åtgärdsförslag. Till denna del bifogas checklistor, inventeringsmallar och sammanställningsmallar.
- 3Handledning för upphandling, utförande och uppföljning av ett IR-projekt från det att investeringsbeslut tagits t.o.m. uppföljning av utförd IR-installation med hänvisningar till normer, myndigheter, övriga regelverk och juridiska handlingar.
- 4Redovisning av två referensprojekt med väldokumenterad utvärdering som verifierar att energibesparingsnivåer på mellan 25 och 50% kan erhållas samtidigt som det inre klimatet förbättras.

Målgruppen för denna rapport är gasbolagens marknadsavdelningar, potentiella gaskunder samt energitekniker.

Rapporten skall ses som ett komplement till de projekterings- och installationsanvisningar som leverantörerna av EG- typgodkänd IR-utrustning, enligt villkoren för EG- typgodkännande, skall tillhandahålla.

ABSTRACT

This report was funded by the Swedish Gas Center's R&D program.

The objective of the report is:

- to show the possibilities of radiant heating systems, and
- to compile basic guidelines for the execution of a turn-key radiant heating project, from the prestudy phase to the installation and optimization phases.

The report is divided into the following parts :

- 1 Overview of different radiant heating systems, the theories behind radiant heating, and other advantages such as improved indoor climate.
- 2 Guidelines for the prestudy and feasibility studie phase. Describing how to survey the site, the technical and cost analysis, and the guideline for closing the sale.
- 3 Guidelines for the installation and the optimization phase with reference to relevant standards, permits and request for quotes.
- 4 Case studies of two projects. These projects show improved indoor climate and energysavings between 25 and 50 %.

The target group for this report are the gas companies sales department, potential buyers, energy consultants, and energy engineers.

1 INLEDNING

Det normala användningsområdet för gaseldade IR-strålare är uppvärmning av lokaler för stationär och intermittent drift typ industribyggnader, lagerlokaler, utställningslokaler, köpcentra, kyrkor, sportanläggningar, försvarsanläggningar m.fl. I dag finns ett mindre antal installationer i drift men förväntas öka successivt.

Det har tidigare saknats handledning för rådgivning, analys och genomförande av IR-installationer. På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center AB har denna rapport sammanställts med syfte att redovisa IR-systemens möjligheter och arbetsgången vid inventering, teknisk- och ekonomisk analys, genomförande och uppföljning av IR-installationer.

Målgruppen för denna rapport är gasbolagens marknadsavdelningar, potentiella gaskunder samt energitekniker.

Rapporten skall ses som ett komplement till de projekterings- och installationsanvisningar som leverantörerna av EG- typgodkänd IR-utrustning, enligt villkoren för EG-typgodkännande, skall tillhandahålla.

Den tekniska tonvikten har i denna rapport begränsats till svart IR i seriebrännarutförande, för naturgas och stadsgas.

För information om installation av gas- och elledningar hänvisas till energigasnormen EGN 94 och Starkströmsföreskrifterna ELSÄK-FS:1994:7.

Förutom litteraturreferenslista har rapporten kompletterats med hänvisningar till rekommenderad litteratur som kompletterar den information som redovisas i respektive kapitel.

I vår kropp pågår en ständig förbränning och beroende på den fysiska aktiviteten avger en person mellan 100 W vid lättare arbete till 600 W eller mer vid tungt arbete. Denna fysiska aktivitet, vår klädseln och det omgivande klimatet i lokalen styr upplevelsen av det termiska inomhusklimatet. Det omgivande klimatet kan beskrivas med hjälp av luftens temperatur, hastighet och fuktighet samt strålningsutbytet mellan de omgivande ytorna.

För en person påverkas värmebalansen och komfortkänslan främst av:

- P_s = värmestrålning från huden till omgivande ytor,
- P_k = överföring av kroppsvärme direkt till omgivande luft genom konvektion,
- P_f = fäsomvandling genom att fukt avdunstar från kroppen.

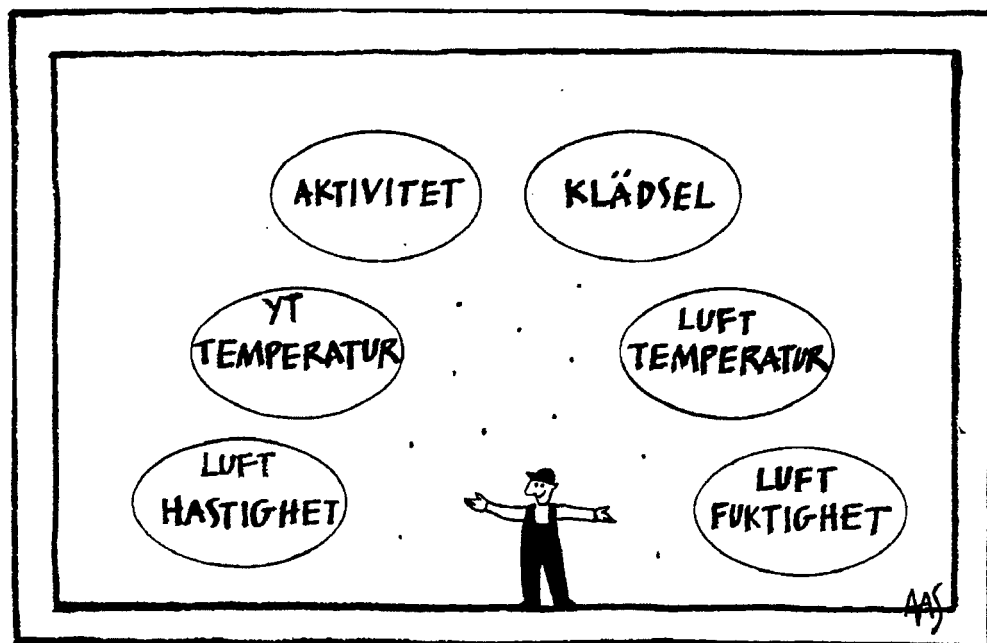


Bild: Faktorer som påverkar det termiska klimat

(B2.1)

Inom ett område för omgivningstemperaturen upplever en person termisk jämvikt och reglerar sin värmeavgivning utan att behöva vidta extra åtgärder såsom ökad aktivitet och förändrad klädsel. Förutsatt att det inte förekommer oönskad värmning eller kylning av en enskild kroppsdel är detta detsamma som termisk komfort.

Vid termisk komfort i en lokal med luftburen värme är P_s ca 50% och $(P_k + P_f)$ ca 50% vid lufthastigheterna $< 0,1$ m/s.

P_f är mindre än 20% av total värmeavgivning, upp till en nivå då kroppen börjar svettas vilket motsvarar ca 20°C i omgivande rumstemperatur vid lättare arbete. Därefter blir avdunstningen betydande och vid ca 30°C har värmeavgivning genom konvektion ersatts av avdunstningen och P_f och P_s är ungefär lika stora.

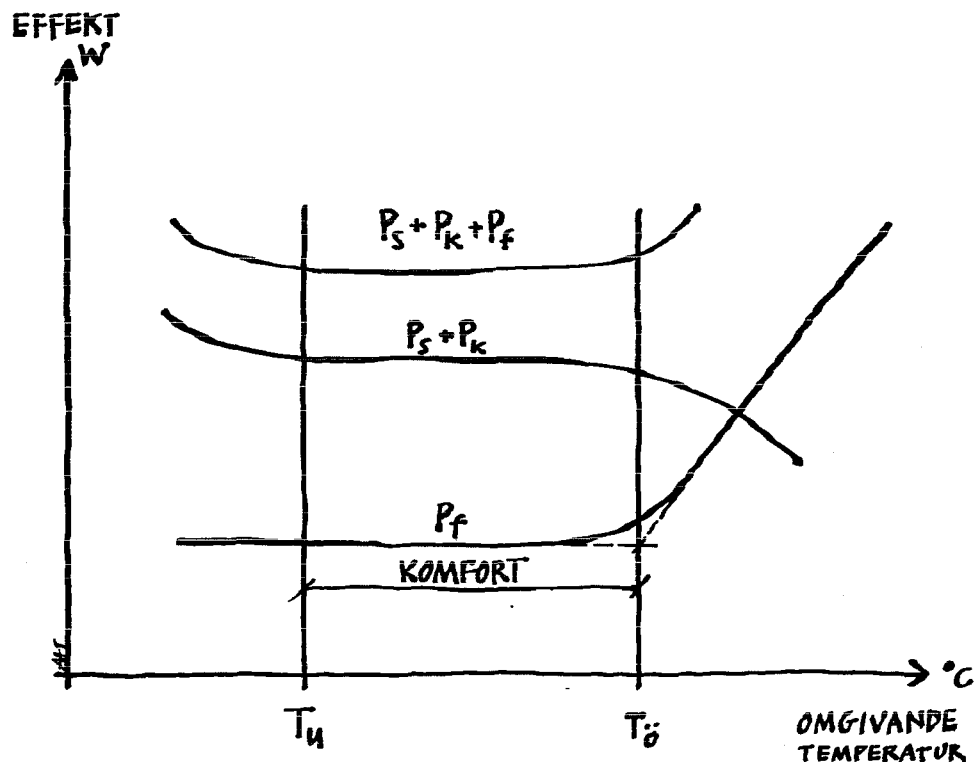


Bild: Temperaturområde för termisk komfort

(B2.2)

Om lufthastigheten ökar kommer även den påtvingade konvektionen att öka och dragkänsla kan uppstå från $0,15$ m/s vintertid och $0,2$ m/s sommartid.

För att beskriva inverkan av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturens påverkan på människans värmebalans brukar begreppet operativ temperatur användas. Denna anges vanligen anges som medelvärdet av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen.

I skriften "Klassindelade inneklimatsystem-riktlinjer och specifikationer, (R1)" [1] har svenska inneklimatinstitutet utgivet ett dokument för frivillig tillämpning. Det ger i klassindeldad form underlag för att värdera och specificera inneklimat och inneklimatsystem. Det kan användas som underlag för bedömning av inneklimatkvalitet, som referenshandling vid projektering och upphandling samt som hjälpmedel att beräkna lämplig inneklimatkvalitet.

2.2

VÄRMEÖVERFÖRING GENOM STRÅLNING

Värmeöverföring genom strålning är i likhet med synligt ljus och radiovågor en form av elektromagnetisk strålning. Den infraröda värmestrålningen sträcker sig från den våglängd där ögat ej längre uppfattar synligt ljus, strax under 0.8 μm till 1 mm där radiovågorna tar vid.

Beroende på våglängd klassindelas IR-strålningen i tre kategorier:

	Temperaturområde ($^{\circ}\text{C}$)	Våglängd (μm)
Kortvågig IR	3300 - 1100	0.8 - 2
Mellanvågig IR	1100 - 500	2 - 4
Långvågig IR	500 - 30	4 - 15

(T2.1)

Värmeöverföringen vid strålning beror på temperaturskillnaden mellan två ytor samt deras beskaffenhet. Värmeflödet mellan två ytor i ett utrymme som innehåller luft, genomsläppligt för elektromagnetisk strålning, kan formuleras med följande formel:

$$P_s = A_1 * F_{12} * \sigma * (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{F2.1})$$

där

$$F_{12} = \frac{1}{\frac{1}{f_{12}} + \left(\frac{1}{\epsilon_1} - 1\right) + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1\right)} \quad (\text{F2.2})$$

P_s = Elektromagnetiska strålningen (värmeffluet) från kropp 1 till kropp 2

A_1 = Den strålade ytans area

f_{12} = En funktion av det geometriska arrangemanget och emissionstalen för dessa två ytor

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$. Strålningstalet för en absolut svart kropp, Stefan-Boltzmanns konstant

T_1 = Den strålade ytans temperatur (K)

T_2 = Den mottagande ytans temperatur (K)

ϵ_1 = Den värmestrålade ytans emissionstal

ϵ_2 = Den mottagande ytans emissionstal

(F_{12} kan antas = ϵ_1 vid överslag för IR-värme)

Emissionstalet, ϵ , anger hur stor andel som strålas ut från en yta i förhållande till en ideal strålningsyta eller en s.k. svart kropp. Ju högre emissionstal desto bättre fungerar ytan som värmestrålare. Det är eftersträvänsvärt att nå ett så högt emissionstal på en IR-strålare som möjligt genom lämpligt vald temperatur och material.

Enligt Kirchhoffs lag gäller att emissionstalet och absorptionsstalet för en kropp är lika vid temperaturjämvikt varför en yta som skall värmas bör ha hög absorptionsförmåga i det aktuella våglängdsområdet och övriga ytor bör ha hög reflektionsförmåga.

Nedan redovisas emissionstalet för några ytor vid rumstemperatur:

Koppar, polerad	0,04
Aluminium, polerad	0,04*
Trä	0,86-0,92
Glas	0,91
Gips	0,92
Vit lack	0,95
Mattsvart lack	0,97**

(T2.2)

* Detta emissionstal gäller för reflektorer, svart IR

** Emissionstalet vid aktuella yttemperaturer, svart IR är >0,95

När strålningsflödet träffar en yta kommer en del att absorberas, en del att reflekteras och en del att transmittas om den är genomskinlig. För våglängderna inom det infraröda området kan alla kroppar och ytor anses ogenomskinliga inklusive glas som är genomskinligt vid kortvågig strålning (synligt ljus). Transmissionsdelen i formeln nedan kommer därför i princip alltid att vara lika med noll för kroppar och ytor.

$$\text{Absorption \%} + \text{Reflektion \%} + \text{Transmission \%} = 100\%$$

(F2.3)

Den andel av strålningsenergin som luften absorberar är försumbar vilket innebär att inga förluster uppstår mellan strålningskällan och den yta som skall värmas. Däremot avtar strålningsintensiteten, effekt/ytenhet, med avståndet och vinkel enligt formlerna (F2.1) och (F2.2) ovan.

Enligt ovanstående emissionstal och Kirchhoffs lag framgår att, 85-90%, av strålningsenergin absorberas av normalt inrednings- och byggmaterial. Med strålningsbaserade uppvärmningssystem kommer yttemperaturen på omgivande ytor därmed att öka över det som är normalt vid luftburna uppvärmningssystem.

Av kapitel 2.1 framgår att ca 50% av värmeavgivningen från en människa sker genom strålning. Detta gäller i lokaler med luftburna uppvärmningssystem. Med strålningsbaserade uppvärmningssystem tillkommer strålningskällor med höga yttemperaturer samtidigt som omgivande ytors temperaturer ökar. En person kommer då att kompensera värmeavgivningen genom strålning med ökad konvektiv värmeavgivning. Lufttemperaturen kan därigenom sänkas med bibehållen operativ temperatur.

2.3

IR-SYSTEM

För en IR-strålare sker den huvudsakliga värmeöverföringen till omgivningen genom strålning. Utrustning för uppvärmning av lokaler förekommer i områdena lång- och mellanvåglängd, enligt tabell T1.

Begreppet röd IR innefattar de mellanvågiga värmarna som kallas röd- eller glödstrålare eftersom strålningsytan blir glödande med temperaturer mellan 500 - 1100 °C. Svart IR motsvarar de långvågiga värmarna som kallas svartstrålare eftersom den relativt låga yttemperaturen, 30-500°C, ger en svart strålningsyta.

Största delen av den internationella IR-marknaden utgörs idag av röda keramisk plattvärmare och svarta tubvärmare.

2.3.1

Röd IR

Perforerade keramiska plattor är den vanligaste typen av röd IR där plattorna kan sättas samman i lämpligt antal i en metallram för att erhålla lämplig effekt. Värmarna förekommer i effektstorlekar från ca 6 kW till 35 kW. Reglerbarheten för varje enskild platta har hittills varit mycket begränsad. Ett möjligt sätt att reglera hela värmaren är att sektionera plattorna med individuell gasförsörjning. Under 1997 kommer dock helmodulerande värmare att finnas kommersiellt tillgängliga.

Förbränningen sker på strålningsytan efter att luft/gasblandningen passerat keramens perforeringar och keramen börjar glöda. Beroende på typ av keramisk platta dimensioneras värmarna idag för maximal yttemperatur mellan 800°C och 1000°C.

De röda, oventilerade, strålarna har inga rökgasförluster varför all tillförd energi kommer lokalen till godo vid fullständig förbränning.

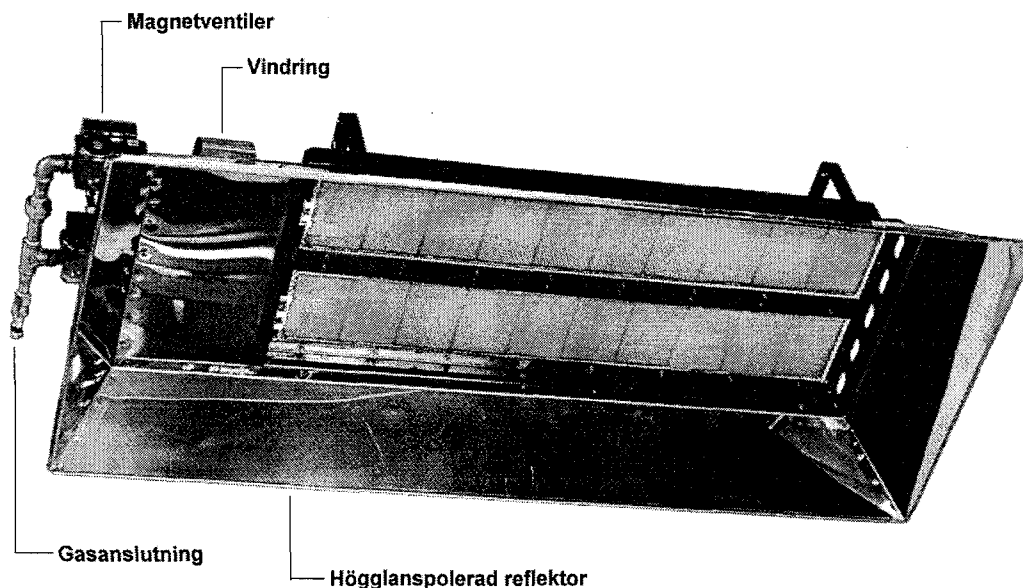


Bild: Röd IR

Källa: AMGAS

(B2.3)

Emissionerna från röda IR-strålare exponeras i byggnaden. Ventilationen av IR-strålarna måste ske via tillåten integrering med befintligt mekaniskt ventilationssystem eller separat mekaniskt ventilationssystem och skall vara förreglad över IR-värmarnas apparatskåp. Aktuella EG-normer anger minimiventilationen till 30 m³/installerad kW när avgaserna släpps direkt i lokalen. Särskilda studier över ventilationsmängder och ventilationsprinciper och kontakter med berörda myndigheter skall alltid ingå i förstudier där röd IR kan vara aktuell.

I referenserna [3] behandlas emissionernas sammansättningar, ventilationsdimensionering och tekniska ventilationslösningar.

För och nackdelar med röd IR är:

- + Lägre installationskostnader än svart IR där enkla ventilationslösningar är möjliga. (Budgetförfrågan har visat att investeringsnivån ligger ca 20% lägre än för svart IR typ seriebrännarsystem vid större installationer >5000 m². Detta gäller under förutsättning att ventilationen ej behöver kompletteras)
- + Den höga yttemperaturen ger högre effekt/ytenhet och därmed möjligheter att placera IR-strålarna på större avstånd.
- Rökgaser och fukt tillförs byggnaden vilket kan innebära kostsamma och komplicerade ventilationslösningar.
- Öppen låga kan i vissa fall innebära brandrisk, som vid hantering av större mängder lättantändliga och brandfarliga ämnen samt om höga halter av föroreningar såsom damm och stoft förekommer i en lokal.
- Den höga yttemperaturen och kraven på friavstånd till omgivande material kan innebära begränsningar vid placering av värmarna. Detta kan i sin tur medföra klimatproblem i vistelsezonen i form av ojämn värme.

Beställaren av ett röd IR system bör ställa krav på leverantören att installations- och projekteringsanvisningarna skall innehålla ventilationsmetoder för att innehålla aktuell normer. Eftersom det vid röd IR förekommer öppen låga i lokalen bör även anvisningarna innehålla installationshöjder, friavstånd till omgivande material samt gränsdragning för vilka ämnen och verksamheter som ej får förekomma i lokalen. Dessutom bör placeringar och ventilationsprinciper för att undvika fuktrelaterade skador på byggnad och inredning redovisas.

Nedan redovisar exempel på effektstorlekar och installationsavstånd för röd IR.

Min. upphängningshöjd [m]	7 kW	14-17 kW	35 kW
Horisontell	5,5	6,5	8,5
15°	5,0-5,5	5,3-6,5	7,5-8,5
30°	4,5-5,0	4,5-5,5	6,5-7,5
45°	4,0-4,5	4,0-4,5	5,0-6,5
Min. avstånd till vägg [mm]			
	200	200	200
Min. avstånd till tak [mm]			
	800	800	800

Tabell: Upphängningshöjder och friavstånd Källa: manual AMGAS (T2.3)

Se även gällande normer såsom EGN 94, Boverkets byggregler BBR 94, Starkströmsföreskrifterna ELSÄK-FS 1994:7 och Arbetskyddsstyrelsens författningssamling AFS eller kompletterande, alternativt ersättande, regelverk.

2.3.2 Svart IR - Enbrännarsystem

Svart IR förekommer i en- och flerbrännarsystem. Enbrännarsystemen är vanligast vid mindre effekter där en eller ett fåtal arbetsplatser eller där områden vid portar skall värmas. Enbrännarsystemen förekommer i två utföranden rak-tub respektive U-tub där den senare är vanligast. U-tuben ger genom sin utformning en jämnare temperatur än den raka eftersom medeltemperaturen är den samma över hela värmaren. Notera dock att det finns rak-tub system med inre värmefördelningsplåtar under utveckling för att erhålla jämnare temperaturfördelning över tuben. Värmarna förekommer i effekter från 10 till 40 kW.

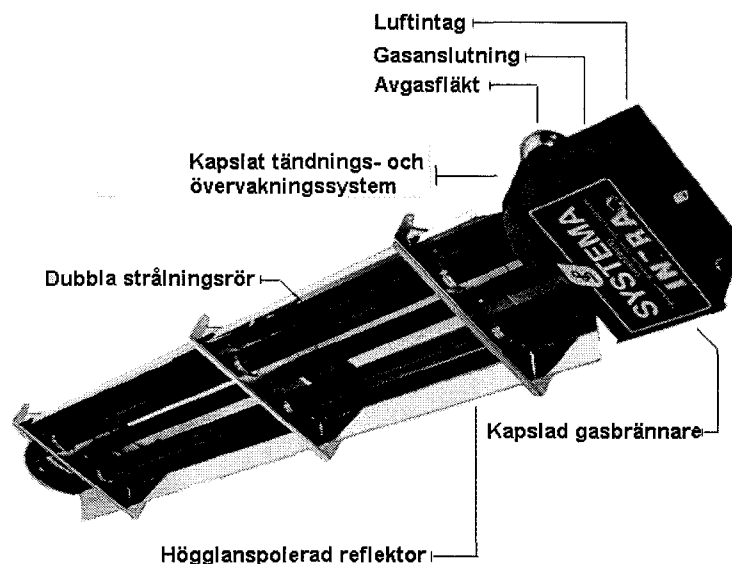


Bild: U-tub

Källa: AMGAS

(B2.4)

Den vanligaste typen av enbrännarsystem består av en atmosfärisk brännare, en 100-150 mm strålningstub och en avgasfläkt. Den första delen av tuben är av speciallegerat stål eller med inre förbränningskammare för att klara de höga temperaturerna direkt efter brännaren. Resten av tublängden är kolstål som korrosionsbehandlats och målats för att ge hög emissionsfaktor. Även emaljerade tuber med hög korrosionsbeständighet förekommer.

För att rikta strålningen från tuberna placeras en reflektor, vanligtvis av aluminium som har en hög reflektionsfaktor >90%. Strålningsverkningsgraden varierar med yttemperaturen från ca 40% vid 100°C till ca 80% vid 550°C. Yttemperaturen för enbrännarsystemen begränsas till 450 °C. Totalverkningsgrader på över 80% kan nås för dessa system.

Enbrännarsystemen utrustas vanligen med separata termostater och drifttidsinställningar för respektive enhet.

Installationshöjder ligger vanligtvis mellan 3,5 och 8 meter. Se vidare i leverantörernas installationsmanualer.

2.3.3 Svart IR - Seriebrännarsystem

Det vanligaste flerbrännarsystemet är det s.k. seriebrännarsystemet som består av ett antal brännare monterade utefter en strålningsstub som ansluts till en avgasfläkt. På ovansidan av strålningstuberna monteras reflektorer för att rikta strålningen mot avsedda golvytor.

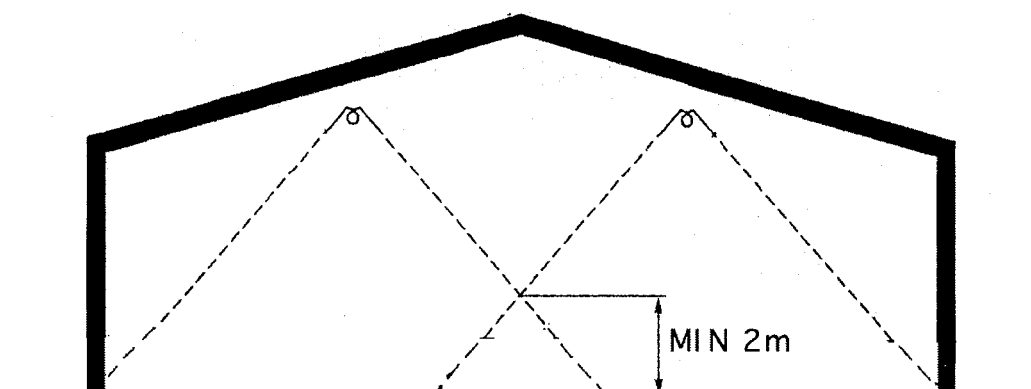
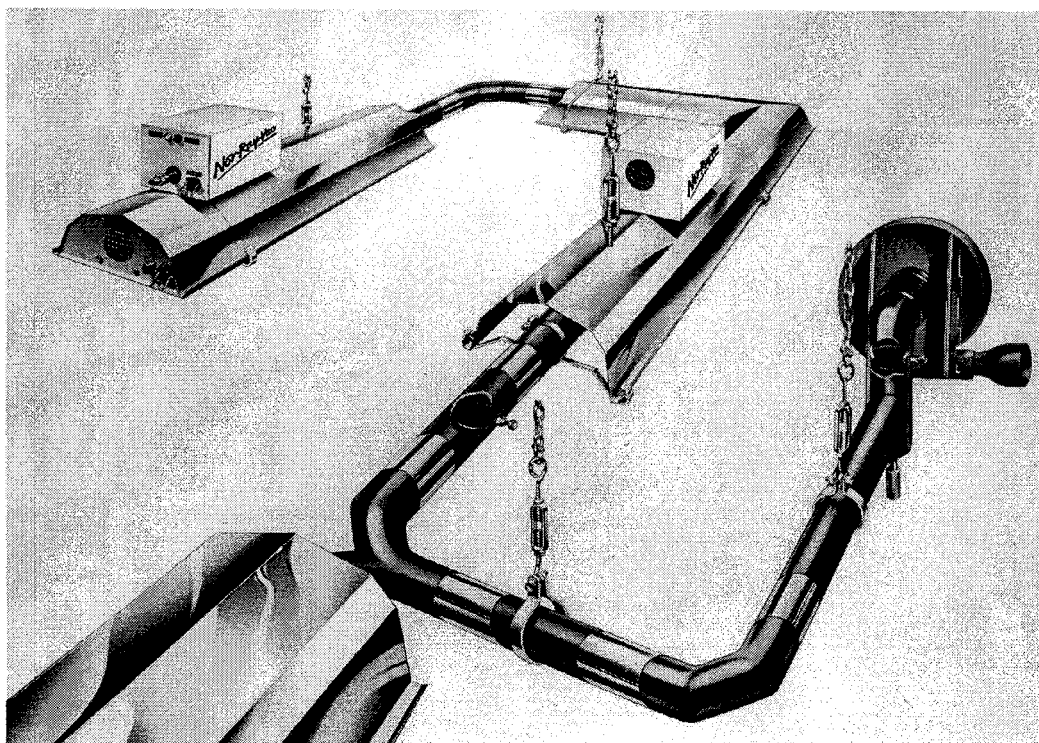


Bild: Svart IR-Seriebrännarsystem, strålningsbild

Källa: GOTEK (B2.5)

Flera parallella strålningstuber kan kombineras till samma avgasfläkt och systemkombinationer förekommer med 2 till 8 brännare och effekter mellan 20 och 200 kW per system. Systemet skräddarsys för lokalen och brännarna kan placeras så att högre strålningseffekter kan erhålls för prioriterade ytor som t.ex. stationära arbetsplatser och portar.

Vid högre effektbehov än 200 kW och/eller flera uppvärmningszoner kan parallella system installeras med styrning från gemensamt inomhusplacerat styrschåp. I styrschåpet hanteras tempernivåer och drifttider för respektive zon samt driftindikeringar och larmhantering.

Om separata installationer för hantering av avgaserna ej krävs för röd IR ligger investeringsnivån för seriebrännarsystemen vanligen 10-20% högre än för röd IR. Hantering av avgaserna för röd IR kan dock bli både kostsamma och komplicerade. Röd IR:s övriga nackdelar, se kap 2.3.1, och seriebrännarsystemens fördelar, se nedan och kap 2.4.2, har varit största anledningen till att seriebrännarsystemen är mer vanligt förekommande i Sverige.

Fördelarna, och förklaringar, vid uppvärmning med denna typ av IR-system:

- Strålningsverkningsgrad.

Hög strålningsverkningsgrad eftersom en hög jämn temperatur kan hållas utefter hela tublängden. Strålningsverkningsgraden varierar med ytemperaturen från ca 40% vid 100°C till ca 80% vid 550°C. Ytemperaturen för seriebrännarsystemen begränsas till 450 °C. Som ett överslag för ett väl dimensionerat seriebrännarsystem kan nyckeltalen 60-65% strålning, 25-30% konvektion och 10% avgasförluster användas d.v.s. totalverkningsgrader på $\geq 90\%$ kan erhållas.

Det bör noteras att ovanstående fördelning innebär stora fördelar i jämförelse med uppvärmningssystem som enbart överför värmen via konvektion. Konvektionsdelen, 25-30% ovan, kan överslagsmässigt sägas motsvara den del av en byggnads energiförluster som sker via taket och de övre väggpartierna. Övrig värme, 60-65% strålning, kan med denna typ av uppvärmningssystem riktas direkt mot övriga byggnadsdelar och de som arbetar i lokalen.

- Vägg- och takgenomföringar.

Endast en avgasfläkt används för respektive uppvärmningszon vilket minskar antalet vägg/tak genomföringar i jämförelse med enbrännarsystemen.

- Gemensamt styrschåp.

Det gemensamma styrschåpet ger god totalbild över systemets status såsom driftstatistik, drifttider och drift- och larmindikeringar samt möjligheter till individuell styrning av lokalens delsystem.

- Installationsbegränsningar?

Det förekommer sällan begränsningar vid installation av denna typ av system, se begränsningar nedan. Då de friavstånd som anges i leverantörernas installationsmanualer ej kan innehållas kan strålningstuber isoleras eller begränsas med hjälp av diffusorer samt maskindelar och el- och styrutrustning avskärmas/isoleras. Om detta sker i begränsade delar av lokalen kommer inga större variationer av den upplevda temperaturen att uppträda, se nästa punkt.

- Temperaturskuggning?

Det är en vanlig missuppfattning att det blir kallt under horisontella ytor såsom bord och dylikt eller om begränsade ytor ej träffas av direkt strålning. Detta kan jämföras med att det ej blir mörkt under ett bord när en ljusarmatur är tänd i taket. Orsaken till detta är att värmeenergin absorberas och reflekteras av omgivande ytor vilka i sin tur avger värmestrålning[2], se kapitel 2.2.

- Ojämn temperaturupplevelse?

De i installationsmanualerna angivna upphängningshöjderna anger de minimihöjder som krävs för att personalen ej skall uppleva för höga temperaturer i huvudhöjd. Dessa avstånd baseras på den s.k. strålningsasymetrien (STA) som är ett begrepp som anger hur stor skillnad i temperatur som en människa kan acceptera utan att uppleva besvär. Som tidigare nämnts kommer omgivande ytor att värmas upp varför strålningsasymetrien minskar med tiden som IR-värmarna är i drift. För denna typ av system erhålls full strålningseffekt efter 10-15 minuter efter det att brännarna fått starttillstånd. För att undvika problem enligt denna och föregående punkt, när stora temperaturskillnader förekommer mellan dag- och nattemperaturer, kan tiden mellan att systemet övergår i dagdrift och att personalen påbörjar sitt arbete ökas så att uppvärmning av omgivande ytor påbörjats (30-60 minuter). För ytterligare information hänvisas till Svenska Inneklimatinstitutets riktlinjer (R1)[1] och den internationella inneklimatstandarden ISO 7730.

- Kallras?

När uppvärmning sker med ett radiationsystem placeras dessa under fönsterytor för att erhålla en uppåtgående varm luftström som förhindra kallras från dessa ytor som har låga yttemperaturer. Med ett IR-system däremot hindrar kallras vid dess källa genom att värma upp dessa ytor så att en nedåtgående kall luftström förhindras.

- Påverkar IR-värmesystemet ventilationen?

Eftersom IR-värmesystemet till skillnad från luftbaserade värmesystem ej ger upphov till några luft rörelser som kan påverka ventilationen, kan IR-värme anses idealisk där höga krav på luftflöden förekommer. Ett IR-värmesystem kan dessutom skapa förutsättningar för lägre, och balanserade, ventilationsflöden i lokaler där övertryck måste skapas för att förhindra avkylning i randzoner. Se vidare referensanläggning PRIPPS, kapitel 5.

Begränsningar:

- Om direktstrålning inte kan erhållas över stora golvytor p.g.a. att erforderliga friavstånd ej kan innehållas måste särskild utredning vidtas, som exempelvis vid stora ytor med höglagerhyllor med livsmedel. Det kan då vara aktuellt att komplettera denna del med annan uppvärmningsform såsom t.ex. aerotemperar.
- Utrustningen får ej installeras i EX-klassade utrymmen (utrymmen med explosionsfarlig miljö).
- Det är viktigt att kontakta företagets ansvarige för brand, säkerhets- och försäkringsfrågor så att dessa i tid får ta del av en planerad IR-installation och får utreda om särskilda krav föreligger för den aktuella anläggningen. Det rekommenderas att före en IR-installation ta del av [8] som redovisar genomgång av 15 st tilltänkta IR-anläggningar. Resultatet av denna rapport visar att brand och försäkringsbolag inspekterat installationerna, att vissa skyddsåtgärder vidtagits vad gäller larm och avskärningsåtgärder och att inga premiehöjningar varit aktuella för naturgasbaserade IR-anläggningar.

I systemen ingår följande utrustning och funktioner[7,8]:

- **BRÄNNARE**

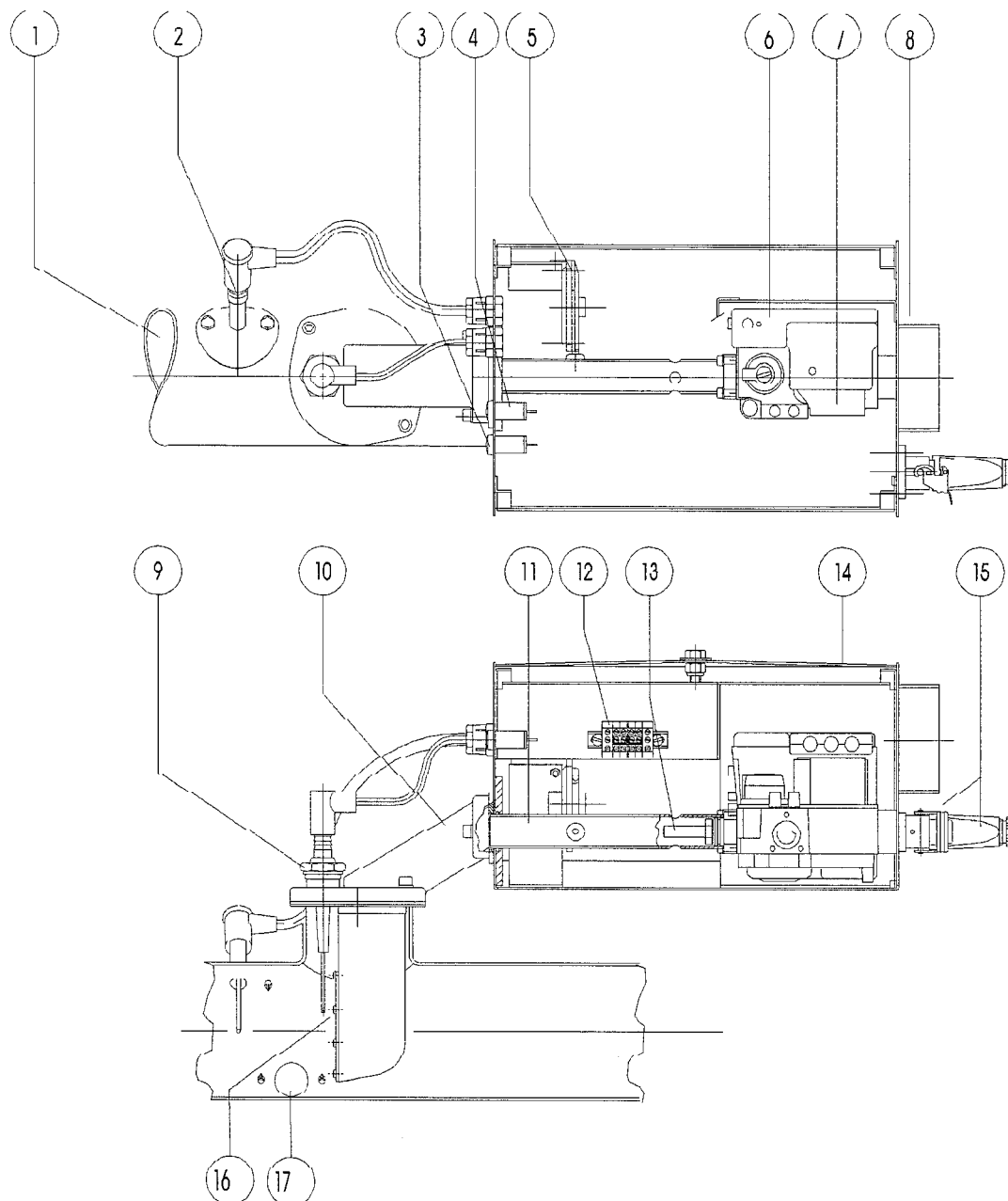


Bild: Brännare

Källa: manual Amgas

(B2.6)

- 1.Förbränningskammare
- 2.Joniseringselektrod
- 3.Signallampa drift
- 4.Signallampa larm
- 5.Lufttrycksvakt
- 6.Eldningsautomat(kontrollbox)
- 7.Magnetventil gas
- 8.Luftintag
- 9.Tändelektrod

- 10.Brännarhuvud
- 11.Blandningskammare gas/luft
- 12.Kopplingsplint el
- 13.Gasmunstycke
- 14.Chassi
- 15.Elanslutning
- 16.Brännarnät
- 17.Synglas

Brännarna förekommer i effekter från 11 kW till 30 kW. I brännaren blandas gas och luft stökiometriskt före förbränningen, som sker utan luftöverskott och oberoende av variationer i gastryck, lufttryck och övriga klimatvariationer. Dessutom finns ett transportluftintag i början av varje strålningsben som förser brännarna med sekundärluft. För brännare med effekten 30 kW förbrukas ca 1,5% av luftens ca 21% O₂ vid varje brännare. Detta innebär att maximalt 3st, 30 kW:s, brännare kan placeras efter varandra då ofullständig förbränning inträffar om luftens syrehalt understiger ca 16% O₂. Notera även de luftmängder som krävs för att förbränningen skall rymas inom lokalens ventilationsvolym. Volymerna framgår av leverantörernas installationsmanualer. Som exempel behöver ett strålningsben med 3 st 20 kW:s brännare, 3*20 m³/h primärluft och 1*60 m³/h sekundärluft vilket = 120 m³/h. Denna del motsvarar vanligtvis <10% av lokalen totala ventilationsflödet.

Brännarna består av brännkammare, brännarhuvud, kontrollbox och eventuellt luftfilter. Brännarhuvudet är försett med en rostfri nätmatta alternativt en perforerad keramisk platta. Utformningen av brännarhuvudets förbränningsyta anpassas till valt bränsle, naturgas, propan eller stadsgas vilken med relativt små ingrepp kan bytas vid konvertering mellan dessa bränslen. Brännarna startas via tändelektrod på signal från det centrala styrsåpet. För att säkerställa att låga etablerats ingår en joniseringselektrod som via eldningsautomaten i kontrollboxen stänger gastillförseln och larmar om startförsöket misslyckats.

I kontrollboxen finns gasblock som håller gastrycket till noll, blandningskammare med gasdysa, luftstrykning och en eldningsautomat med gnistgenerator. Eldningsautomaten övervakar styrning och larmhantering av brännaren. På utsidan av brännaren finns signallampor som visar om den är i drift samt om den larmat.

Gas- och elanslutningar redovisas i leverantörernas installationsmanualerna vilka anpassats till EGN 94 och starkströmssföreskrifterna ELSÅK-FS 1994:7, se även under avgasfläkt nedan.

Luftfilter kan monteras i luftintaget om damm och föroreningar förekommer i lokalen. Det kan dock rekommenderas att luftfilter monteras för att förbättra driftförutsättningarna för brännarna.

Om installationen görs i kraftigt förorenade lokaler, eller i lokaler där brännbara gaser förekommer, tas förbränningsluften direkt utomhus till brännarna via ett separat kanalsystem.

- STRÅLNINGSTUB OCH AVGASTUB

Strålningstuben är Ø 100 mm och monteras med lutning mot avgasfläkten för att undvika att kondens samlas i tuben.

Den första delen av tuben är av speciallegerat stål för att klara de höga temperaturer direkt efter brännaren. Resten av tublängden är kolstål som korrosionsbehandlats och målats för att ge hög emissionsfaktor >95%. Godstjockleken bör vara min 2mm för anläggningar med kontinuerlig drift och 3 mm för anläggningar med intermittent drift. Även emaljerade tuber med hög korrosionsbeständighet förekommer. Ytemperaturen ligger mellan 200-450°C.

Sista delen före avgasfläkten, den s.k. avgastuben, där det finns risk för kondensering består vanligen av galvaniserade rör och förses normalt inte med reflektorer. Dimensionen för denna del är Ø 100 mm alt. 150 mm.

Det är viktigt att iaktta anvisningarna för upphängning i installationsanvisningen för att säkerställa erforderliga lutningar mot avgasfläkten, säker upphängning och termisk expansion. Det är även viktigt att iaktta anvisningarna för kopplingar och svetsförband så att läckage ej uppstår i tuberna.

De höga ytemperaturerna medför att strålningstuberna måste monteras på ett godkänt avstånd från omgivande ytor och material. Denna information skall framgå av leverantörens installationsmanual. I tabellen, T2.4, nedan redovisas ett exempel för ett av seriebrännarfabrikaten, baserat på normkraven att ytemperaturen för brännbart material ej överstiger 80°C.

Det är dock viktigt att även ta hänsyn till normer och anvisningar för elutrustning, elektronik samt annan utrustning och inventarier som är känsliga för övertemperaturer. Förutsättningarna för friavstånd skall inventeras och specificeras för varje enskilt projekt.

Om friavstånden ej kan innehållas kan en s.k. diffusor installeras. Denna består av en vinkelplåt som hängs under strålningstuben för att undvika direkt lodrät strålning. Friavstånden kan då minskas som framgår av T2.4.

I de fall friavstånden enligt T2.4, eller om strängare temperaturkrav krävs, kan den aktuella delen av strålningstuben isoleras eller känslig utrustning avskärmas.

Internationellt förekommer även installationer där IR-utrustningen fällts in i undertak. Denna typ av installation har ej prövats i Sverige och bör ej genomföras utan särskild utredning.

- REFLEKTORER

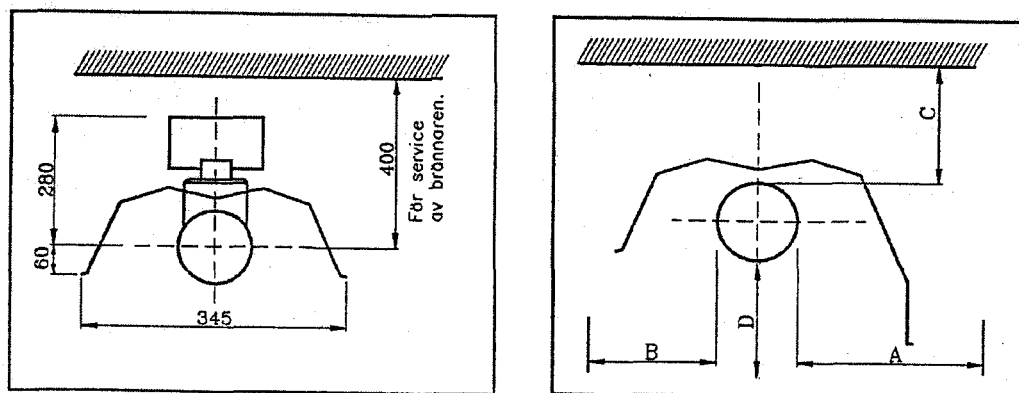


Bild: Reflektorer standard och perimeter Källa: manual GOTEK (B2.7)

Nedan redovisar exempel på effektstorlekar och installationsavstånd.

	12kW	18kW	24kW	30kW
Mn. upphängningshöjd [m]	3	3,6	4	4,6
Mn. avstånd till vägg [mm], (A-perimeter), eller max 80°C *	300	300	300	300
Mn. avstånd till vägg [mm], (B-standard), eller max 80°C *	400	400	500	500
Mn. avstånd till tak [mm], (C), eller max 80°C *	100	100	100	100
Mn. avstånd till brännbart material [mm], utan diffusor, eller max 80°C **	915	915	1420	1420
Mn. avstånd till brännbart material [mm], med diffusor, eller max 80°C **	500	500	600	600
* Avstånd till brännbart material utanför strålningsbilden				
** Avstånd till brännbart material i strålningsbilden				

Tabell: Upphängningshöjder och friavstånd Källa: manual GOTEK (T2.4)

För att rikta strålningen från tuberna monteras en reflektor av aluminiserad stålplåt, alternativt rostfritt stål, ovanför strålningstuben som har en hög reflektionsfaktor >90%. Dessa hängs upp i en bygel som är gemensam för strålningstuben och reflektorn. Reflektorn finns i standardutförande för montage i lokalen då strålningsvinkeln inte behöver begränsas och i väggutförande för montage nära vägg.

Spridningsvinkeln är ca 110°-120° för standardreflektorn. För att erhålla jämn temperatur för personer som vistas i markplanet bör strålningstuberna monteras så att strålningen från två parallella strålningstuber överlappar på 2-3 m höjd.

- AVGASFLÄKT

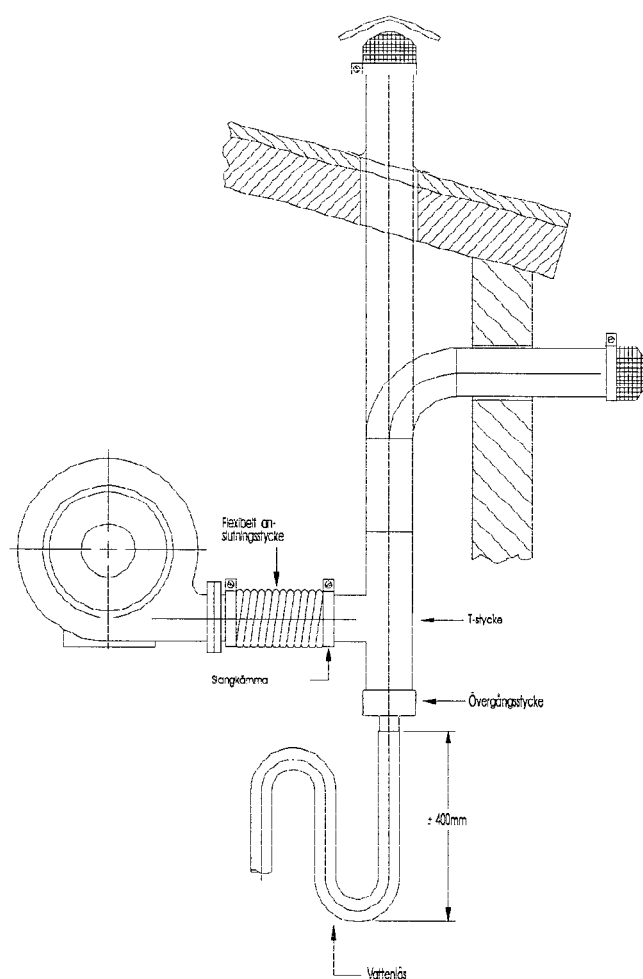


Bild: Avgasfläkt

Källa: manual AMGAS (B2.8)

Avgasfläkten kan placeras inomhus eller utomhus. Inomhusplacering är att föredra ur underhållssynpunkt. Avgasfläkten skapar ett undertryck på mellan 6 och 8 mbar som transporterar bort avgaserna via avgaskanal genom tak eller vägg. För att reglera in detta flöde placeras en fast ändbricka i början av varje strålningsben för grundinjusterings och ett vridspjäll i slutet av varje ben för finjustering.

Det är viktigt att iaktta installationsanvisningarna för avgasfläktarna för att undvika ljud och vibrationer, att skorstenen utförs enligt gällande normer samt att brand- och vattentätningar utförs på ett normenligt sätt. Det är även viktigt att placera avgasfläktarna så att de är lätt åtkomliga för service och underhåll.

Vid avgasfläkten bildas kondens som leds till dagvattenssystemet i byggnaden alternativt leds ut ur byggnaden om så är möjligt. Observera att kondens som leds ut ur byggnaden måste avledas så att isbildningsrisk undviks. Ur underhållssynpunkt rekommenderas att kondesavlopp monteras både före och efter fläkten.

För att säkerställa att undertryck etablerats i strålningstuben monteras en flödesvakt i början av varje strålningsben och ger starttillstånd till brännarna. Som alternativ kan varje brännare förses med tryckvakt.

- STYR-, REGLER- OCH LARMUTRUSTNING

Till systemet följer ett styrskåp för styrning, reglering och larmhantering där följande basfunktioner ingår:

- ◇ Indelning av brännarna i zoner.

Zonerna styrs helt individuellt med inställbara temperaturbörvärden. Varje zon har en eller två temperaturgivare. Två givare kan vara aktuellt i stora zoner och i zoner med varierande klimatförutsättningar som t.ex. portar med varierande öppningsfrekvens.

- ◇ Natt- och helgsänkning.

Börvärdena i lokalen kan varieras med avseende på arbetstider och styrs via kopplingsur.

- ◇ Manuell drift.

Denna funktion styr upp temperaturerna till börvärdet för dagdrift när kopplingsuret är inställt på natt- eller helgsänkning. Tiden för när börvärdshöjningen är aktiv kan ställas via timer i styrskåpet, vanligen 1-4 timmar, och återgår sedan till inställningen enligt kopplingsuret.

- ◇ Återstart.

Om en brännare larmat kan nytt startförsök göras via återstartsknapp. OBS! följ respektive leverantörs anvisningar för hantering av denna funktion.

- ◇ Fläktlarm.

Lampindikering på styrskåpet om avgasfläkten larmat. Utförs för respektive zon alternativt som summalarm för anläggningen.

- ◇ Brännarlarm.

Lampindikering på styrskåpet om brännare larmat. Utförs för respektive zon alternativt som summalarm för anläggningen.

- ◇ Lampptest.

Tryckknapp för kontroll att samtliga indikeringslampor är i funktion.

- ◇ Vanligen förekommer även driftindikering för respektive zon samt dag- respektive nattindikering.

Ytterligare funktioner som kan vara lämpliga att integrera i styrskåpet är:

- ◇ Energistatistik till styrskåp.

Uppkoppling av gasabonmentcentralens gasmätare till styrskåpet för att erhålla energistatistik.

- ◇ Energistatistik till fastighetsdator

Förbereda eller installera utgående signal för energistatistik till externt fastighetsövervakningssystem.

- ◇ Summalarm till fastighetsdator.

Förbereda eller installera summalarm till externt fastighetsövervakningssystem.

- SKYDDSNÄT

Vid risk för yttre åverkan på strålningsstuberna som t.ex. i sporthallar kan förstärkt utrustning väljas. Upphängning och reflektor levereras då i ett robustare utförande och skyddsnät monteras i underkant av reflektorn.

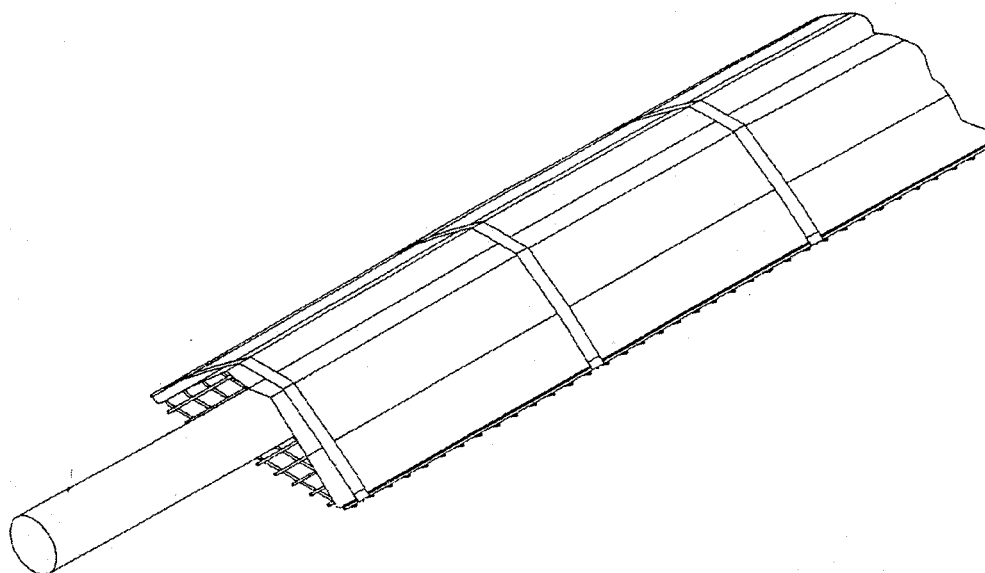


Bild: Skyddsnät

Källa: manual Amgas

(B2.9)

- ÖVRIGT

Även individuella styrningar av brännarna inom zonerna och modulerande drift av brännarna har förekommit. Denna typ av individuell styrning och modulering av brännarna placerade utmed samma strålningtub rekommenderas ej utan särskild utredning. Detta kan strida mot systemets typgodkännande och att kondensproblem kan uppstå p.g.a. att rökgaserna blir för kalla och kondenserar i strålningstuben. Mot bakgrund av att strålningsverkningsgraden minskar med sjunkande ytttemperatur, se sid 10, är det viktigt att inte överdimensionera systemet. Systemet kan då komma att vara i on/off drift även vid dimensionerande utetemperatur vilket medför varierande strålningsverkningsgrad. För att erhålla ett system där strålningsverkningsgraden optimeras rekommenderas följande två alternativ:

- ◇ Installera extrabrännare i början av varje ben som regleras via egen temperaturgivare. Givarens inställning är då lägre ställd än för övriga brännare utmed samma ben. Denna brännare kommer då endast att vara i drift vid snabba uppvärmningsförlopp samt vid låga utetemperaturer. Övriga brännare kommer då att arbeta med maximal strålningsverkningsgrad vid högre utetemperaturer än vad som annars är möjligt. Denna lösning kräver noggrann utredning för att erhålla hög tillgänglighet. Att styra någon annan brännare än den första i varje ben är inte möjligt då detta innebär att kondens bildas i strålningstuben.
- ◇ Det andra alternativet som rekommenderas före det ovan beskrivna innebär att två parallella system installeras med dubblerad strålningstäckning och separata temperaturgivare. Maximal strålningsverkningsgrad erhålls då både vid dimensionerande utetemperatur och vid halva effektbehovet.

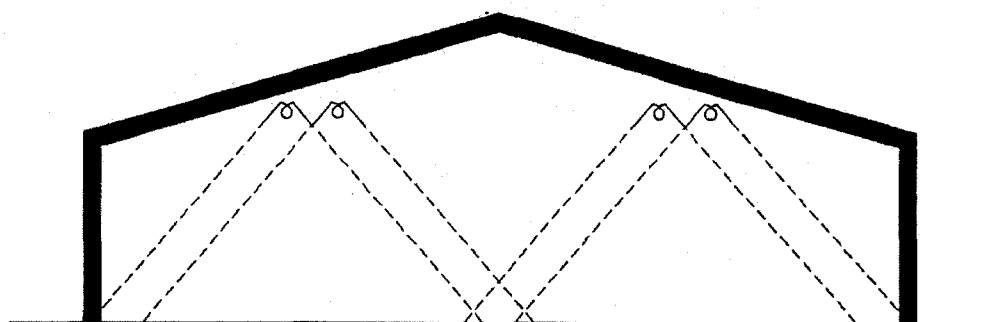


Bild: Exempel parallella system

(B2.10)

Det åligger systemleverantören att installera ett system som överensstämmer med den utrustning och de funktioner som systemet är EG-typgodkänt för. I leverantörens svenska översättning av manualer för projektering och installation som legat till grund för typgodkännandet framgår vilka specifika anvisningar och krav som gäller för respektive leverantörs system.

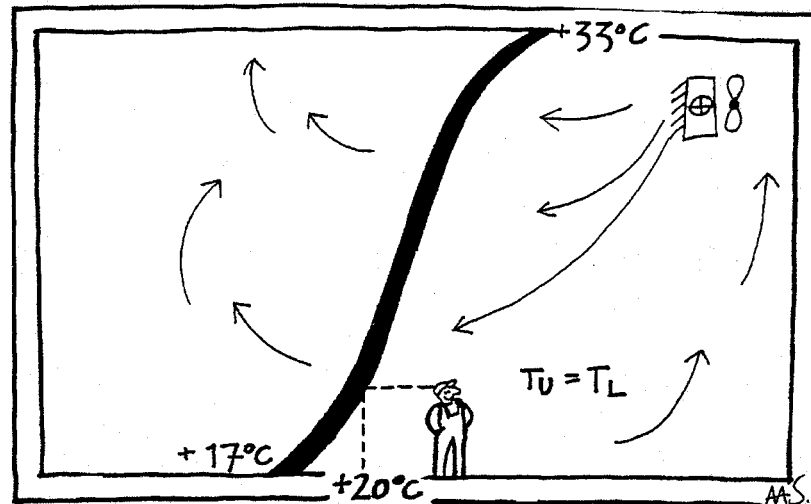
Ovanstående redovisning av systemen är en generell introduktion till seriebrännarsystemen, variationer i utförande och extrautrustning förekommer. För vidare information om systemen hänvisas till leverantörernas manualer.

Aktuell lista på leverantörer med utrustning som EG-typgodkänts kan erhållas från Svenska Gasföreningen.

2.4 VARFÖR IR-VÄRME?

2.4.1 Energibesparing

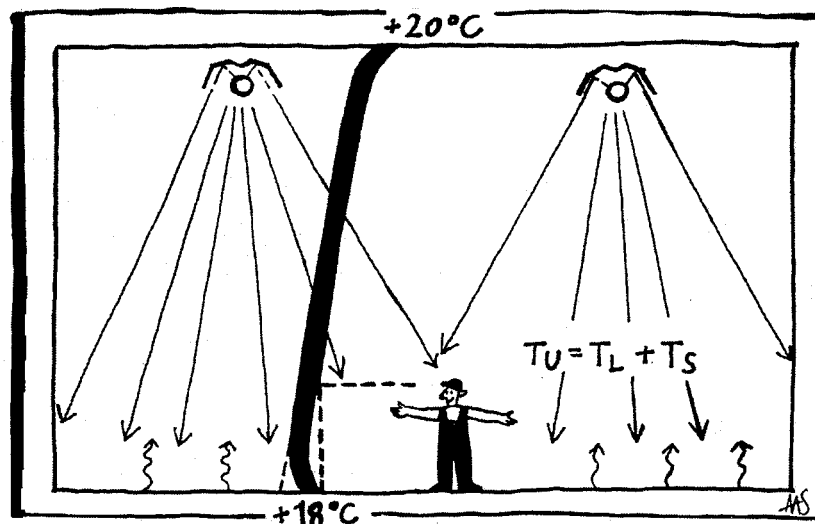
Om IR-strålare installeras i en lokal innebär det att den genomsnittliga lufttemperaturen kan sänkas vilket ger sänkta transmissions- och ventilationsförluster. Även temperaturgradienten minskar på grund av att mindre mängd varm luft stiger mot taket[2]. I bilderna nedan visas principen ett luftburet aerotempersystem samt principen för IR-värme.



$$T_U = T_L = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\text{GRADIENT} = 2^{\circ}\text{C}/\text{m}$$

Bild: Temperaturgradient för aerotempersystem vid utetemperaturen -15°C , takhöjd 8m (B2.11)



$$T_U = T_L + T_S$$

$$20^{\circ}\text{C} = 18^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{GRADIENT} = 0.5^{\circ}\text{C}/\text{m}$$

Bild: Temperaturgradient IR vid utetemperatur -15°C , takhöjd 8m (B2.12)

I kapitel 3.4 redovisas vilka energieffektiviseringar som är möjliga samt nyckeltal och kan sammanfattas:

- Bruttoenergieffektivisering

Med ett väl dimensionerat seriebrännarsystem kan årsmedelverkningsgrader på över 90% nås genom att rökgaserna släpps vid låga temperaturer och att inga ledningsförluster förekommer. Bruttoenergieffektiviseringen kan då ligga mellan 5 och 30 % jämfört med pannanläggningar, varmluftspannor och varmvattenaeroterprar.

- Nettoenergieffektivisering

I arbetslokaler kan lufttemperaturen sänkas med bibehållen komfort. Nyckeltal för överslagsberäkningar är 1-3.5°C över uppvärmningssäsongen.

Med IR-värme kan temperaturgradienten sänkas. Vid dimensionerande utetemperatur kan följande nyckeltal för överslagsberäkningar användas:

◇ 0.5°C/m för IR

◇ 2 °C/m för luftburna system om utrustning för att sänka temperaturgradienten ej installerats, typ takfläktar.

För en högre byggnad, 8m, kan detta innebära ytterligare ca 3°C medeltemperatursänkning under uppvärmningssäsongen.

Som nyckeltal kan 5% effektivisering av nettoenergiebehovet antas för varje °C som medeltemperaturen sänks i lokalen under uppvärmningssäsongen.

- Övriga effektiviseringar:

Med IR-värmesystem erbjuds goda möjligheter till mer exakt temperaturreglering än för luftburna system och följande övriga temperatursänkningar kan erhållas:

- * Zonindelning

Olika lufttemperatur- och upplevda temperaturnivåer kan erhållas i olika delar av en byggnaden genom att IR-systemets delsystem kan styras individuellt och inställningsvärdena kan enkelt ändras från styrsåpet.

- * Snabb reglering

Uppvärmningsförloppet är mycket snabbare än för luftburna system. Full strålningseffekt kan nås inom 10-15 minuter och operativ temperatur kan erhållas inom 15-30 minuter. Den goda reglerbarheten medför att längre temperatursänkingsperioder till lägre temperaturnivåer kan erhållas.

- * Punktvärmning

I lokaldelar där endast en liten yta skall värmas t.ex. en arbetsplats i en verkstads- eller lagerlokal. Detta innebär att omgivande ytor endast måste förses med basvärme. Notera dock att vid för stora undertemperaturer på luften kan personalen uppleva drag, se även kap. 2.3.3.

* Portstyrning

Genom att styra IR-systemet på portöppningsautomatiken finns möjligheter till besparingar genom att IR-systemet stängs av om portarna varit öppnade längre än en inställd max.tid, vilket gör att personalen "tvingas" att minimera öppningstiderna. Innan denna åtgärd vidtas bör noggrann utredning av konsekvenserna genomföras så att inte lokalen kyls ner för kraftigt och att inte de tekniska installationer kan skadas.

* Ventilation

En indirekt inverkan av en IR-installation kan i vissa byggnader innebära att ventilationsflödena kan sänkas. Detta kan vara aktuellt för luftburna uppvärmningssystem och för ventilationssystem där uteluftflödena varit högre än vad normerna kräver. Ett exempel är lagerbyggnader där övertryck krävs för att kompensera kallras vid in- och utlastningsportar, se kapitel 5.1.

* Lokaler med varierande värme/kyla belastning

För lokaler där varierande värme/kyla belastningar förekommer kan energibesparingar erhållas som t.ex. i byggnader där värmebehov föreligger på morgonen under uppstart av verksamheten för att det senare under dagen uppstår kylbehov p.g.a. höga internlast. Genom IR-systemets snabba reglermöjligheter och att mindre energi laddas in i byggnaden kommer kylbehovet att minska.

* Förbättrade U-värden

Genom att lufterörelserna i byggnaden minskar i byggnaden kommer det s.k. α -värdet att förbättras vilket medför att U-värdena i byggnadens väggar och tak kommer att förbättras något.

Hos tillverkarna har mer eller mindre vetenskapliga mätningar genomförts som tillsammans med forskningsrapporter kan sammanfattas med att besparingarna ligger mellan 20-50% [5]. I kapitel 5 redovisas energibesparingar hos referensanläggningar i Sverige, vilka visar på samma besparingsnivåer.

Den högre nivån gäller främst dåligt isolerade industri- och lagerlokaler med högt till tak och med relativt dålig ursprunglig värmeproduktionsanläggning, vanligen varmluftsystem. Ju bättre isolering, lägre takhöjder och bättre status hos den ursprungliga anläggningen desto lägre besparingar. Även lokaler med icke stationär verksamhet där IR-värmarna enbart är i drift under en begränsad del av dygnet kan nå besparingar på 50%, typ idrottsanläggningar. För lokaler med dålig energistatus och där det inte kontinuerligt krävs basvärme kan besparingar på över 50% nås, som exempelvis fältanläggningar inom försvaret.

2.4.2 Övrigt

Förutom rena energibesparingar erbjuder dessa system även fördelar som:

- Inre miljö
 - ◇ Med IR-värme uppvärms omgivande ytor och då framför allt golvet som leder till ökad komfort. Som framgår av bild 2.12 värms golvytan upp och temperaturen i ankelhöjd är 2-3 °C högre än lufttemperaturen [2].
 - ◇ Luft rörelserna minskar i jämförelse med aerotemperar och varmluftpannor vilket leder till minskat drag och mindre omrörning av damm och andra föroreningar.
 - ◇ Då gradienten är lägre än för luftburna system är de termiska stigkrafterna ej lika påtagliga. Detta kan vara en fördel vid t.ex. svetsning där punktutsugen lättare kan samla svetsgaserna och transportera bort dessa.
 - ◇ IR-värme kan till skillnad mot luftburna system skapa ett visst klimat genom sitt strålningsbidrag vid öppna portar där annars temperaturen upplevs lika som utetemperaturen.
 - ◇ Systemets snabbhet innebär att termisk komfort kan erhållas betydligt snabbare än för luftburna system.
 - ◇ I lokaler där spoling av golven förekommer, kommer IR-värmen att torka upp golvytorna betydligt snabbare än vid luftburna system. Den upptorkande effekten innebär även att luktproblem kan elimineras.
 - ◇ I lokaler där kraftigt nerkylda fordon förekommer eller där nerkyld material hanteras kan uppvärmning och av-isning ske betydligt snabbare än vid luftburna system samt korrosion undviks. De högre ytemperaturerna på materialet som hanteras i lokalen innebär även att eventuell kondensutfällning på kalla ytor undviks vilket eliminerar fuktskador och korrosion.
 - ◇ Ljudnivåerna är lägre än för luftburna system, typ aerotemperar. Om högre ljudkrav än de som anges i installationsmanualen krävs kan avgasfläkten ljudisolerats eller placeras utomhus och ljuddämpning av systemet installeras vid avgasfläkten.
- Yttre miljö
 - ◇ De höga systemverkningsgraderna samt energieffektiviseringen i byggnaden innebär miljöbesparingar motsvarande den totala effektiviseringen. Till detta kommer gasbränslets fördelar jämfört med olja.
- Byggnaden
 - ◇ IR-värmen erbjuder flexibilitet vid om- och tillbyggnader. Om gasdistributionssystemet dimensioneras och utrustas med avstick med tanke på framtida förändringar kan systemen relativt enkelt kompletteras och förändras.
 - ◇ Utrymmesbesparingar i markplan.

- Service- och underhåll
 - ◊ Trots ett stort antal brännare har systemen ett fåtal rörliga delar. Systemen är relativt enkla att utföra service på och har relativt låga underhållskostnader. Dessutom krävs mindre el för driften av systemet än t.ex. för aerotemperar och varmluftpannor.
Se även beräkningsexemplet kap. 3.5.
- Tillgänglighet
 - ◊ För seriebrännarsystem där stora ytor täcks av ett stort antal brännare kan en brännare ställas av vid driftstörningar utan nämnvärd påverkan på klimatet. Det är dock viktigt att åtgärda brännare som återkommande larmar, så att korrosionsangrepp undviks.

- Peterson F; Klimatberäkningar, Kompendium I:2; KTH Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik
- Teknoterm Energi AB; Takvärmehandledning; 1995
- SCANVAC; Klassindelade inneklimatsystem-riktlinjer och specifikationer; Svenska inneklimatinstitutet; Riktlinjeserien R1
- SCANVAC; Klassindelade inneklimatsystem-projektering och upphandling; Svenska inneklimatinstitutet; Riktlinjeserien A1
- Johansson M, Jansson Å; IR-strålare för industriellt bruk; Värmeforsk; 1988.
- Pierre B; Mekanisk Värmeteori; FK del II; KTH
- Projekterings- och installationsmanualer: 1996-09-02 fanns Amgas industrigassystem AB och Ingenjörsfirma GOTEK AB registrerade hos Svenska Gasföreningen.

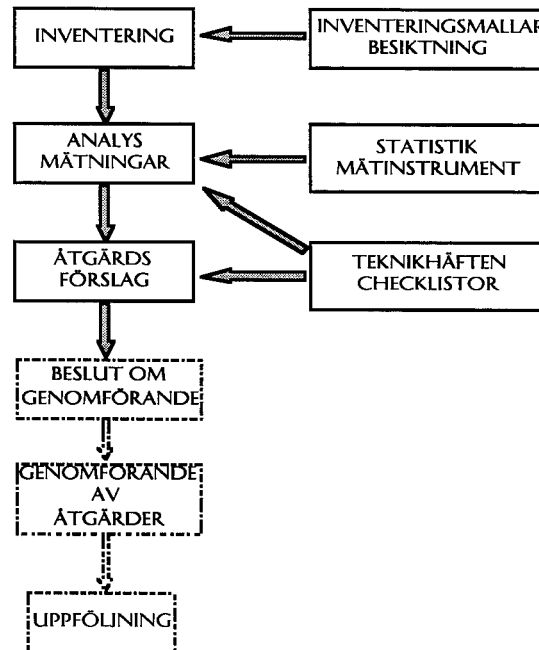
3 FÖRSTUDIE

3.1 INLEDNING

Behovet av en förändring av energiinstallationerna i en byggnad kan vara aktuellt i samband med:

- **Energieffektiviseringsåtgärder i byggnaden:**
En IR-installation motiveras utifrån en jämförelse med andra energieffektiviseringsåtgärder i fastigheten. Analysen bör även innehålla en jämförande lönsamhetsbedömning av alternativa uppvärmningssystem och det restvärde som det befintliga uppvärmningssystemet har.
- **Utbyte av uttjänt uppvärmningssystem:**
Som ovan men det befintliga uppvärmningssystemet saknar här restvärde.
- **Förbättring av den inre- och yttre miljön:**
Som tidigare angivits i kapitel 2.4.2 förbättras den inre miljön samtidigt som de yttre miljöbelastningarna minskar vid en IR-installation. Det kan vara aktuellt att vidta åtgärder då t.ex. företaget ålagts att förbättra arbetsmiljön, för att förbättra företagets yttre och inre miljöprofil och att uppfylla kommunens kockessionskrav, för att eliminera korrosionsproblem eller för att erhålla produktionseffektiviseringar genom att ställtider vid uppvärmning av inkommande material minskas. Förutom att dessa problem åtgärdas kan IR-installationen motiveras ekonomisk med de energieffektivisering som erhålls.

En förstudie av ett IR-projekt innehåller nedanstående moment.



- Inventering och besiktning

Arbetet inleds med att inventera energiproduktionsanläggningen, värme-, ventilation- VA- och elinstallationer samt byggnaden. Inventeringen syftar till att kartlägga var och när energi används samt hur mycket energi som används för uppvärmningsändamål och hur mycket som är att hänföra till varmvatten och processvärme. Med hjälp av befintlig energistatistik och inventeringsmallar kan relevant information rörande utnyttjad effekt, drifttider, flöde, temperatur mm samlas in.

- Analys

Därefter analyseras den insamlade informationen och en sammanställning tas fram över energiproduktionen och energianvändningen. Med hjälp av energibehovsberäkningar och nyckeltal jämförs sedan den verkliga energiförbrukningen med den "teoretiska" för fastigheten. Om den erhållna jämförelsen visar på större avvikelser genomförs kompletterande mätningar för att erhålla tillräcklig säkerhet i analysen.

- Åtgärdsförslag

Därefter utreds och föreslås åtgärder för att erhålla en effektivare energiproduktion och energianvändning. Åtgärder rangordnas så att lönsamhetskalkylerna som tas fram baseras på rätt besparingspotentialer. Det är alltså viktigt att en generell åtgärdsplan tas fram så att en IR-installation baseras på den besparingsnivå som föreligger när eventuella åtgärder med bättre lönsamhet genomförs. Exempel på det senare kan t.ex. vara injusteringar och drifttidsstyrningar av ventilationssystemet.

Syftet med inventeringen och besiktningen är att sammanställa erforderlig information om byggnaden, energiproduktionsanläggningen samt dess värme-, ventilation-, VA- och elinstallationer och övriga installationer. Inventeringen och besiktningen kan indelas i följande moment:

- Sammanställa tillgängligt energistatistikunderlag och utföra mätningar för att kartlägga var och när energi används samt hur mycket energi som används för uppvärmningsändamål och hur mycket som är att hänföra till varmvatten och processvärme.
- Sammanställa underlag för effekt- och värmebehovsberäkningar.
- Inventera statusen för byggnaden, energiproduktionsanläggningen och installationerna för att bestämma effektiviseringsåtgärder samt befintlig energiproduktionsanläggnings restvärde.
- Sammanställa erforderliga relationshandlingar såsom ritningar, driftkort och driftinstruktioner.
- Kartlägga övriga specifika förutsättningar och krav för byggnaden, energiproduktionsanläggningen och installationerna vilket tillsammans med ovanstående punkter och analysfasen utgör underlag för sammanställning av ett förfrågningsunderlag.

Som hjälp vid detta arbete är det lämpligt att använda checklistor, inventerings- och sammanställningsmallar. I bilaga 1 återfinns förslag på mallar där nedanstående information sammanställs. Vid respektive punkt nedan hänvisas till checklistornas, inventerings- och sammanställningsmallarnas beteckningar.

- Värmeproduktion B1.1.1-B1.1.3, B 2.3.1
 - ◊ För att erhålla byggnadens nettoenergibehov besiktas värmeproduktionsanläggningen och dess kringutrustning, eventuella ledningsförluster utanför byggnadsvolymen bedöms samt prestandamätningar utförs för att erhålla anläggningens status och därmed dess årsmedelverkningsgrad.
Årsmedelverkningsgraden kan variera mellan 60-85% där 60% representerar en äldre panna med dåliga driftförutsättningar och 85% en modern, rätt dimensionerad och väl underhållen anläggning.

Vanliga fel och brister:

PANNOR

- * Felaktig styrning, pannväljarcentral saknas, panna körs på för låga delaster.
- * Pannorna är överdimensionerade.
- * Otätheter i luckor och spjäll.
- * Dålig pannisolering.
- * Dåligt underhåll, för långt mellan sotningsintervallen.

BRÄNNARNA

- * Felaktig dimensionerade brännare.
- * Förslitna eller felaktiga munstycken.
- * Felaktigt inställda reglercentraler.

KRINGUTRUSTNING

- * Vattenläckage genom stängda ventiler.
- * Fel dimensionerade och otäta pumpar.
- * För höga utgående temperaturer.
- * Felaktigt inställda reglercentraler.

- ◇ Driftstatistik, i form av uppmätta förbrukningar eller energileveranser sammanställs. Denna information ger underlag till analyskedet där förbrukningarna normalårskorrigeras, efter det att värme till icke temperaturberoende förbrukare såsom processvärme och varmvatten, och uppvärmningsbehovet erhålls för anläggningen. Brutto- och nettoenergiebehovet sammanställs i bilaga, B 2.3.1.

För djupare information se publikationer redovisade under kapitel 3.6 för råd om hur energistatistik kan behandlas, mätningar kan utföras och energieffektiviseringar kan erhållas. Detta utgör underlag för eventuell korrigering av energibesparingspotentialen vid en IR-installation.

- Värmedistribution

B 1.1.4

Värmedistributionssystemets status bestäms och förslag på förbättringsåtgärder noteras såsom inreglering, byte och renovering av utrustning och komplettering av ledningarnas isolering.

- Byggnad

B1.1.5, B1.2.2, B1.2.6

För att kunna bestämma byggnadens teoretiska transmissionsförluster måste följande bestämmas:

◇ Byggnadsytorna

Ytorna för respektive byggnadsdel mäts upp på ritningar.

◇ Byggnadsmaterialens isoleringsförmåga

Isoleringsförmågan för respektive byggnadsmaterial anges i form av värmeigenomgångskoefficienten, U-värdet. Detta beskriver materialets förmåga att förhindra värmeläckage, med enheten ($W/m^2, ^\circ C$). I tabellen nedan anges nyckeltal för U- värden för olika byggnadsdelar.

BYGGNADSDEL	MATERIAL	U-VÄRDE ($W/m^2, ^\circ C$)
Platsbyggd plåtvägg		1,00
Utvändig tilläggsisolering	2*30mm mineralull	0,35
Invändig tilläggsisolering	12mm mineralull	0,50-0,55
Prefabricerad plåtvägg		0,80-0,90
Utvändig tilläggsisolering	50mm mineralull	0,30-0,50
Invändig tilläggsisolering	50mm mineralull	0,35
Moderna plåtväggar		0,40-0,45
Lättbetongvägg	200 mm lättbetong	0,55
Utvändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,25
Invändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,25-0,35
Glaspartier	1-glas	5,00
	2-glas	3,00
	3-glas	2,00
	isolerruta	2,50-3,00
Yttertak av plåt		0,50-0,80
Utvändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,25-0,30
Invändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,25-0,30
Modernt yttertak av plåt		0,25-0,30
Yttertak av träullselement	200 mm träull	0,40
Utvändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,20
Invändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,20
Yttertak av lättbetongelement	250 mm lättbetong	0,45
Utvändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,20-0,25
Invändig tilläggsisolering	100 mm mineralull	0,20-0,25
Ny port		1,00
Äldre port		2,0-3,0

Tabell

U-värden

Källa: Energiledarhandboken [9]

(T3.1)

För att få en uppfattning om tilläggsisolering för väggar och tak kan vara intressant bör dessa undersökas, både vad gäller isoleringens tjocklek och eventuella köldbryggor med sämre isoleringsförmåga. Tilläggsisolering på insidan av byggnaden kan utrymmesmässigt påverka verksamheten, något som bör tas i beaktande.

◇ Temperaturnivåer

Mät upp och uppskatta temperaturnivåerna i byggnadens olika delar under arbetstid samt natt och helger. Ange om dessa avviker från de krav som ställs med avseende på arbetsmiljön och det material eller varor som förvaras i byggnaden. Mätningarna kan med fördel genomföras med s.k. temperaturloggrar och mätningarna bör påbörjas så tidigt som möjligt i inventeringsfasen så att representativa värden erhålls. Även utetemperaturen bör mätas under samma period. Detta utgör underlag för eventuell korrigering av energibesparingspotentialen vid en IR-installation om nedreglering av temperaturerna är möjliga med befintligt uppvärmningssystem.

◇ Temperaturgradienter

Förbättrad temperaturgradient ger ett väsentligt bidrag till energieffektiviseringen vid en IR-installation, se kapitel 2.4.1. Gradientmätningar bör genomföras vid olika utomhustemperaturer, i representativa delar av byggnaden och på olika höjd. Ju noggrannare mätningar som kan genomföras desto bättre underlag finns tillgängligt vid värmebehovsberäkningarna, använd därför temperaturloggrar om så är möjligt.

Som nyckeltal kan användas:

- * 0,5°C/m för IR
- * 2°C/m för luftburna system.

◇ Ofrivillig ventilation

En stor del av värmeförlusterna i en byggnad beror på otätheter i byggnadskonstruktionen, runt fönster och dörrar samt portöppningar. Denna del är ofta svår att kartlägga och medför att den teoretiska bedömningen av värmebehovet ofta måste justeras efter att den jämförts med det verkliga värmebehovet som framkommer ur analysen av energistatistiken.

Det är dock viktigt att kartlägga frekvensen och tiderna vid portöppningar samt otätheter för att kunna ansätta en rimlig nivå på den ofrivilliga ventilationen.

Nyckeltal för den ofrivilliga ventilationen:

- * 0.3-0.6 luftomsättningar/timme för äldre lokaler och industribyggnader.
- * 0.1-0.3 luftomsättningar/timme för nyare lokaler och industribyggnader.

◇ Ortens årliga gradtimmar.

Den energianvändning som är direkt klimatberoende d.v.s. den energi som åtgår för uppvärmning måste normeras för att kunna jämföras. Normeringen sker ofta med s.k. gradtimmar. Gradtimmar är skillnaden mellan inomhustemperaturen, minus bidraget från internlasterna "gratisvärme", och utetemperaturen per timme. Summeras dessa gradtimmarna för en tidsperiod får man ett mått som anger klimatet för perioden, och betecknas (S=gradtimmar). Den utetemperatur som avgränsar uppvärmningssäsongen skiljer sig något mellan olika byggnader. Tidigare erfarenhet var att gränsen sammanföll med utetemperaturen 11°C . I nya fastigheter kan gränsen ligga något lägre.

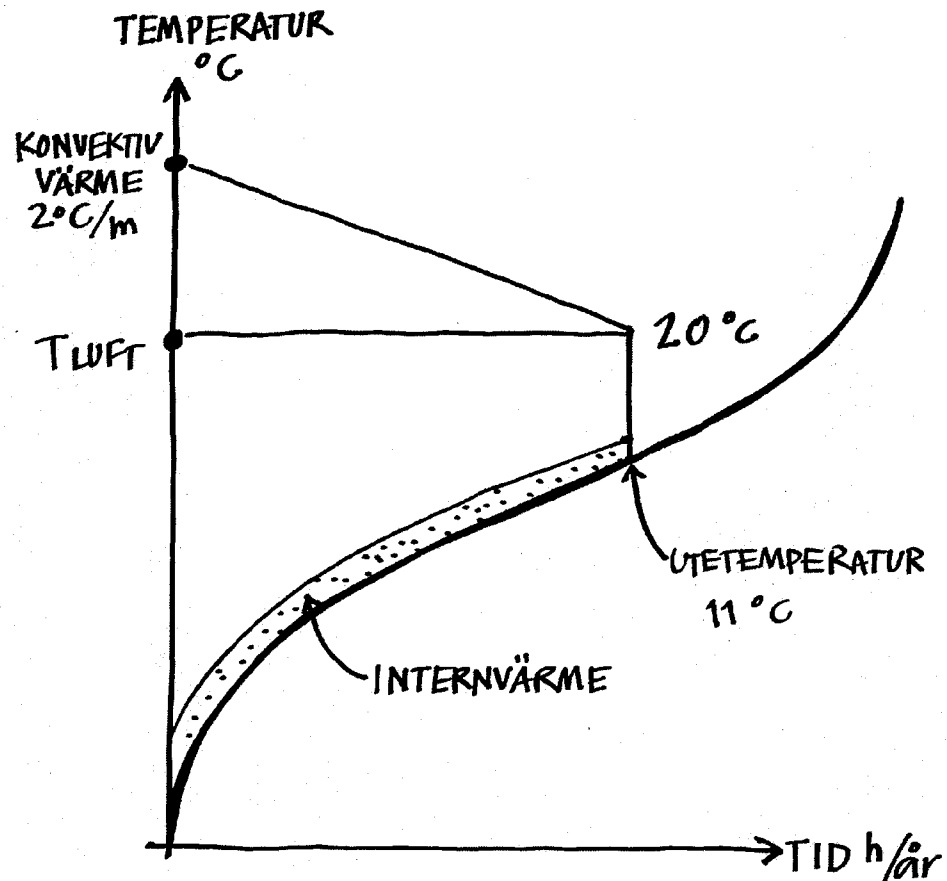
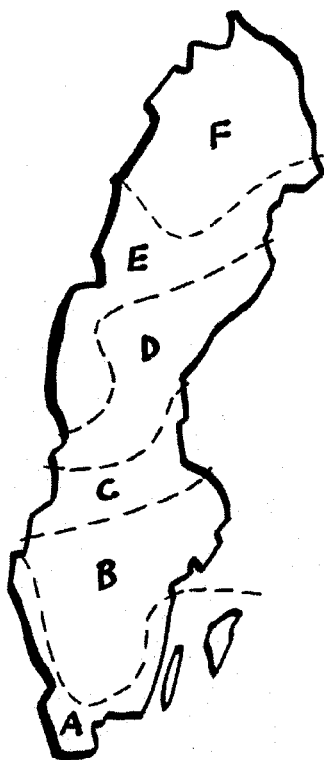


Bild: En byggnads utomhustemperaturberoende uppvärmningsbehov (B3.1)

I tabellen nedan anges överslagsvärden på gradtimmar, S, som funktion av normaltemperaturen för olika områden i Sverige. För att ha något att utgå ifrån har ett s.k. normalår tagits fram utifrån statistik från en 30-årsperiod.

GRADTIMMAR

SPECIFIKA VÄRMEBEHOVET Q I TUSENTALS GRADTIMMAR / ÅR



Zon	INOMHUSTEMPÉRATUR °C						
	18	19	20	21	22	23	24
A	89.5	95.5	100.5	106.0	112.0	117.0	122.5
B	99.0	105.0	110.5	116.5	122.0	128.0	133.5
C	113.0	119.0	125.0	131.0	137.5	143.5	150.0
D	122.5	128.5	134.5	142.0	147.5	154.5	160.5
E	141.5	148.0	155.0	162.0	168.5	174.5	184.5
F	162.5	169.5	177.0	184.0	191.5	199.0	206.0

Tabell Gradtimmar *1000 (°Ch/år)

Källa: Gullfiber, Isolerteori, B4-01

(T3.2)

Tänkbara effektiviseringsåtgärder:

- ◇ Förändra lastningsrutiner så att portarna öppnas mer sällan och är öppna under kortare tider.
- ◇ Tätning av väggar och mellan väggpartier och dörrar/portar/fönster. Om stora otätheter förekommer är detta ofta en enkel och lönsam investering.
- ◇ Tilläggsisolera fönsterpartier och lanterniner.
- ◇ Tilläggsisolera väggar och tak.
- ◇ Byte av portar, montera vädertätningar, luftslussar eller dylikt. Detta kan dock innebära stora investeringar.

- Mekanisk ventilation

B1.1.6 och B1.2.3

Ventilationen kan antingen vara mekanisk eller självdrag. Den mekaniska ventilationens uppgift är att förse byggnader med filtrerad och tempererad luft och att föra bort överskottsvärme och förorenad luft. Industrier har oftast mekanisk ventilation och består av allmänventilation som behövs för att skapa bra komfort för de som arbetar i lokalen och processventilation som transporterar bort föroreningar från förorenade processer. I industrilokaler kan effektiva punktutslug och inkapsling, som tar hand om luftföroreningar och värmen från processer vid källan, minska flödena för allmänventilation.

Ventilationen förbrukar värme för uppvärmning av luften. Genom att fastlägga behovet av ventilation och se till att ventileras där det behövs, med genomtänkta systemlösningar och bra styrning, kan energianvändningen minskas samtidigt som miljön förbättras.

Vid inventeringen mäts flöden och temperaturer och eventuell verkningsgrad för värmeåtervinning för att bestämma energiförbrukningen för uppvärmning och statusen för ventilationsanläggningen bestäms för att fastställa eventuella effektiviseringsåtgärder.

Vanliga fel och brister:

- ◇ Kortslutning mellan till- och frånluft.
- ◇ Drag på grund av för få don, vilket innebär höga lufthastigheter för att förse lokalen med tillräckliga ventilationsmängder.
- ◇ Felriktad eller blockerad inblåsning så att luften har svårt att nå arbetszonen.
- ◇ Felaktiga luftmängder.
- ◇ För höga inblåsningstemperaturer.
- ◇ Bristfällig tidsstyrning.
- ◇ Bristfälligt underhåll ger smutsiga kanaler och filter vilket ökar tryckfallen och minskar flödena.

Tänkbara effektiviseringsåtgärder:

- ◇ Värmeåtervinning mellan från- och tilluft kan reducera allmänventilationens uppvärmningsbehov med mellan 50-85%. den senare nivån kan erhållas med roterande värmeväxlare. Det är dock viktigt att utreda om detta är möjligt då denna lösning innebär att föroreningar kan överföras till tilluften. Som nyckeltal kan 60% användas för indirekta växlare.
- ◇ Inreglering av luftmängder och luftflöden.
- ◇ Justering eller byte av inblåsningdonen.
- ◇ Justera eller installera tidsstyrning.

- Varmvatten
B1.1.7 och B1.2.4

Att fastställa varmvattnets andel av den totala energiförbrukningen är viktigt för att kunna räkna av denna del från energiproduktionens nettoenergi, eftersom denna del ej utgör grund för energibesparingspotentialen vid en IR-installation.

Dess andel kan bestämmas genom mätning av flöden och temperaturdifferansen mellan inkommande kallvatten och utgående varmvatten eller tas direkt från energistatistiken om separat energimätare finns installerad.

Det är även viktigt att analysera hur varmvattenproduktionen skall ske efter en IR-installation då denna tar bort hela eller stora delar av underlaget för den befintliga energiproduktionen. Kartlägg om varmvattnet kan beredas med bra verkningsgrad efter IR-installationen eller om alternativ beredning är möjlig med exempelvis el eller lokalt vid brukarna.
- Process
B1.2.5

För centralt producerad processvärme gäller samma punkter som för varmvattnet.
- Internvärme
B1.2.5

I en byggnad finns en rad installationer och processer som bidrar till uppvärmningen av lokalen. Denna del brukar vanligtvis ej räknas med när effektbehovet bestäms eftersom dessa laster ej med säkerhet är i drift vid dimensioneringspunkten. Internvärmerna, belysning, elmotorer, människor, processer mm ger dock ett bidrag till energiförbrukningen. Detta tillskott är ofta ett olönsamt sätt att värma lokalen varför det är viktigt att fastställa om dessa laster kan minskas genom att isolera processdelar och använda energieffektiv utrustning.
- Dokumentation
B1.2.6

Inventera och sammanställ befintlig dokumentation för byggnaden såsom relationshandlingar, drift- och underhållsinstruktioner, driftkort etc. Det är viktigt att notera de eventuella kompletteringar som krävs inför sammanställningen av förfrågningsunderlaget.
- Specifika förutsättningar och krav
B1.1.8

Sammanställ de övriga, för byggnaden och verksamheten, specifika förutsättningarna och kraven. I bilaga B1.1.8 redovisas förslag på frågeställningar som bör behandlas.

3.3 ANALYS AV ENERGIANVÄNDNINGEN

3.3.1 Energistatistik

Med underlag av den energistatistik som kartlagts i inventeringen normalårskorrigeras energiförbrukningen. Den energianvändning som skall korrigeras för normalår är den som används för uppvärmning av byggnaden. Det är den del av energin som varierar med temperaturen utomhus. Den energi som används i industriprocesser och för att producera varmvatten skall inte korrigeras då dessa ej är utomhustemperaturberoende.

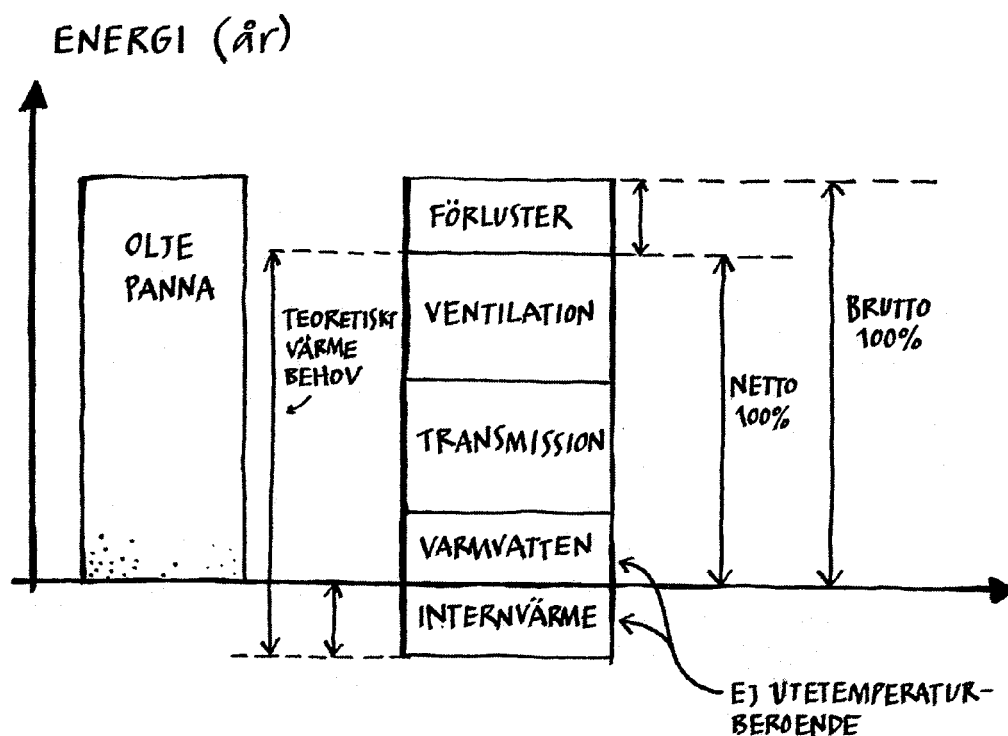


Bild: En byggnads energibehov

(B3.2)

Normalårskorrigeringen baseras på SMHI:s uppgifter om ortens gradtimmar för det aktuella året i jämförelse med ett genomsnittligt "normalår". I bilaga B1.3.1 och B1.3.2 finns sammanställningsmallar redovisade.

ORT	NORMALÅRSKORRIGERING				
	GRADTIMMAR		1994	1993	1992
	NORMALÅR	1994	%	%	%
STOCKHOLM	90336	85224	94,3	92	90
GÖTEBORG	79368	68784	86,7	90	88
MALMÖ	74520	61680	82,8	93	87
HALMSTAD	79800	71496	89,6	97	93

Tabell Normalårskorrigerig

Källa: SMHI

(T3.3)

3.3.2 Effekt- och värmebehovsberäkningar

Beräkning av den dimensionerande effekten för en byggnad sker normalt enligt gällande byggnadsregler BBR 94, Värmeisolering (Boverket) och Svensk Standard (SS 02 42 02 och SS 02 42 30).

Att upprätta en energibalans för en byggnad med varierande utformning och verksamhet är komplicerat och bör utföras av en energitekniker. Det finns idag datoriserade hjälpmedel för denna typ av analys. Ett exempel på program är ENORM där energibalansen erhålls tillsammans med energibalansen för en referensbyggnad. Referensbyggnaden beskriver den aktuella byggnadens energibalans om den uppförts enligt dagens normkrav på isolering och energieffektivitet. För vidare upplysning om de på marknaden aktuella beräkningsprogrammen hänvisas till Boverket, Svensk Byggtjänst och de tekniska högskolorna.

Här nedan redovisas grunderna för effekt- och värmebehovsberäkningar och kan användas vid enklare byggnader och vid överslagsberäkningar i analyskedet av ett projekt. Resultaten förs in i bilaga B1.3.3 och jämförs med den normalårskorrigerade statistiken.

• EFFEKT

$$P_{\text{dim}} = P_t + P_v + P_{\text{ov}} \quad (\text{F3.1})$$

◇ Effektbehov för transmission

$$P_t = U * A * \Delta t \quad (\text{F3.2})$$

P_t	= effektbehov, (W)
U	= värmegenomgångskoefficienten ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
A	= den yta genom vilken värmetransport sker, (m^2)
Δt	= dimensionerande ute- och innetemperaturskillnad ($^\circ\text{C}$)

◇ Effektbehov för mekanisk ventilation

$$P_v = V/h * p * c_p * \Delta t * 1/\eta \quad (\text{F3.3})$$

P_v	= effektbehov, (W)
V/h	= ventilationsflödet (m^3/s)
p	= densiteten hos luft, ca 1,2 (kg/m^3)
c_p	= luftens värmekapacitet, ca 1.0 ($\text{kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C}$)
Δt	= dim. temperaturskillnad mellan ute- och inblåsningstemperaturen ($^\circ\text{C}$)
η	= verkningsgraden för värmeåtervinning (%)

◇ Effektbehov för ofrivillig ventilation

$$P_{ov} = q * V * p * c_p * \Delta t \quad (F3.4)$$

P_{ov} = effektbehov, (W)
 q = luftomsättning p.g.a. ofrivillig ventilation per sekund (1/s)
 V = rummets eller byggnadens volym (m^3)
 p = densiteten hos luft, ca 1,2 (kg/m^3)
 c_p = luftens värmekapacitet, ca 1.0 ($kJ/kg * ^\circ C$)
 Δt = dimensionerande temperaturskillnad mellan ute och inne ($^\circ C$)

• VÄRMEBEHOV

$$E = E_t + E_v + E_{ov} - E_{\text{"INTERNVÄRME"}} \quad (F3.5)$$

◇ Energibehov för transmission

$$E_t = U * A * S \quad (F3.6)$$

E_t = energibehov, (kWh)
 U och A = enligt (F3.2) ovan
 S = gradtimmar för orter, ($^\circ C h/\text{år}$), se sid 33

◇ Energibehov för mekanisk ventilation

$$E_v = (P_v / \Delta t) * S \quad (F3.7)$$

P_v och Δt = enligt (F3.3) ovan
 S = gradtimmar för orten ($^\circ C h/\text{år}$), se sid 33

◇ Energibehov för ofrivillig ventilation

$$E_{ov} = (P_{ov} / \Delta t) * S \quad (F3.8)$$

P_v och Δt = enligt (F3.4) ovan
 S = gradtimmar för orten ($^\circ C h/\text{år}$), se sid 33

◇ Energitillskott från internvärme

Beräknas med hjälp av underlag av sammanställningen i samband med inventeringen.

3.3.3 Jämförande analys

I bilaga B1.3.3 görs slutligen de korrigeringar av det effekt- och värmebehov som skall ligga till grund för installationseffekterna för IR- installationen samt det värmebehov som energibesparingen med IR skall jämföras med.

Korrigeringsarna av de beräknade värdena kan t.ex. bero på fel antagen internvärme eller att den ofrivilliga ventilationen ej är korrekt antagen vid de teoretiska beräkningarna. Detta kan ha framkommit vid jämförelsen med verkliga förbrukningar eller att kompletterande mätningar och besiktningar visat att indata skall korrigeras. Korrigering kan även föranledas av att andra effektiviseringar kommer att genomföras i byggnaden.

Som nyckeltal för uppvärmningens andel av energianvändningen kan följande tabell användas som baseras på REPAB Program AB:s statistik för svenska industrifastigheter i området B enligt tabell 3.2. För områden A korrigeras värdena med en faktor 0.95 och norr om B med mellan 1.05 och 1.10.

ENERGIFÖRBRUKNING kWh/m ²	
BTA (Bruttoyta)	
Låg (10%)	30
Undre kvartil (25%)	87
Median (50%)	139
Övre kvartil (75%)	157
hög (90%)	165

Tabell Energiförbrukning kWh/m² Källa: REPAB PROGRAM AB (T3.4)

Nedan visas exempel på nyckeltal för nivåer för interneffekter. Det är dock viktigt att dessa fastställs för den aktuella anläggningen då dessa kan variera kraftigt.

Verksamhet	W/m ² golvyta
Butik	15
Sporthall	10
Stålverk	50-70
Bilverkstad	15
Mekanisk industri	20
Tung mekanisk industri	50
Plåtslageri med svetsning	25

Tabell Internvärmeeffekter Källa: manual Gaseres (T3.5)

3.4 ANALYS AV IR-VÄRME INSTALLATION

3.4.1 Inledning

När effektbehovet och värmebehovet fastställts efter eventuella korrigeringar genomförs analys av den effektiviseringspotential som en IR-installation kan erbjuda. Analysen innehåller följande:

- Energieffektiviseringen med IR-värme, se bilaga B1.3.3.
- Bestämma installerad effekt för IR-systemet där hänsyn tas till den lägre lufttemperaturen och den förbättrade temperaturgradienten, se bilaga B1.3.3.
- Budgetkalkyl för IR installationen.
- Lönsamhetsbedömning där investeringar och rörliga kostnader jämförs. Även restvärden för befintligt uppvärmningssystem och kostnader för alternativa uppvärmningsformer beaktas.
- Åtgärdsförslag där lönsamheten för IR-installationen samt övriga aktuella effektiviseringsåtgärder redovisas.

3.4.2 Energieffektivisering med IR-värme

De effektiviseringar som kan erhållas vid en IR-installation består av bruttoenergi- och nettoenergieffektiviseringar.

- Bruttoenergieffektivisering

◊ Systemverkningsgraden.

Bruttoenergieffektiviseringen erhålls genom att analysera de jämförda uppvärmningssystemens årsmedelverkningsgrader. Den del av bruttoenergin som avgår som förluster, se kap 3.3.1., minskar normalt med en IR-installation då ett väl dimensionerat seriebrännarsystem kan nå årsmedelverkningsgrader på över 90%. Eftersom förbränningen sker i lokalen förekommer inga ledningsförluster som kan vara fallet om energiproduktionen sker i separat utrymme eller i separat byggnad. Jämförande årsmedelverkningsgrader för pannanläggningar, varmluftspannor och varmvattenaeroterprar ligger mellan 60-85% minus ledningsförluster, se även kap. 3.2.

- Nettoenergieffektivisering

Nettoenergieffektiviseringar som kan erhållas kan indelas i lägre lufttemperaturer, förbättrad temperaturgradient, övriga temperatursänkningar samt indirekta effektiviseringar. De två första delarna kan beskrivas med följande bild.

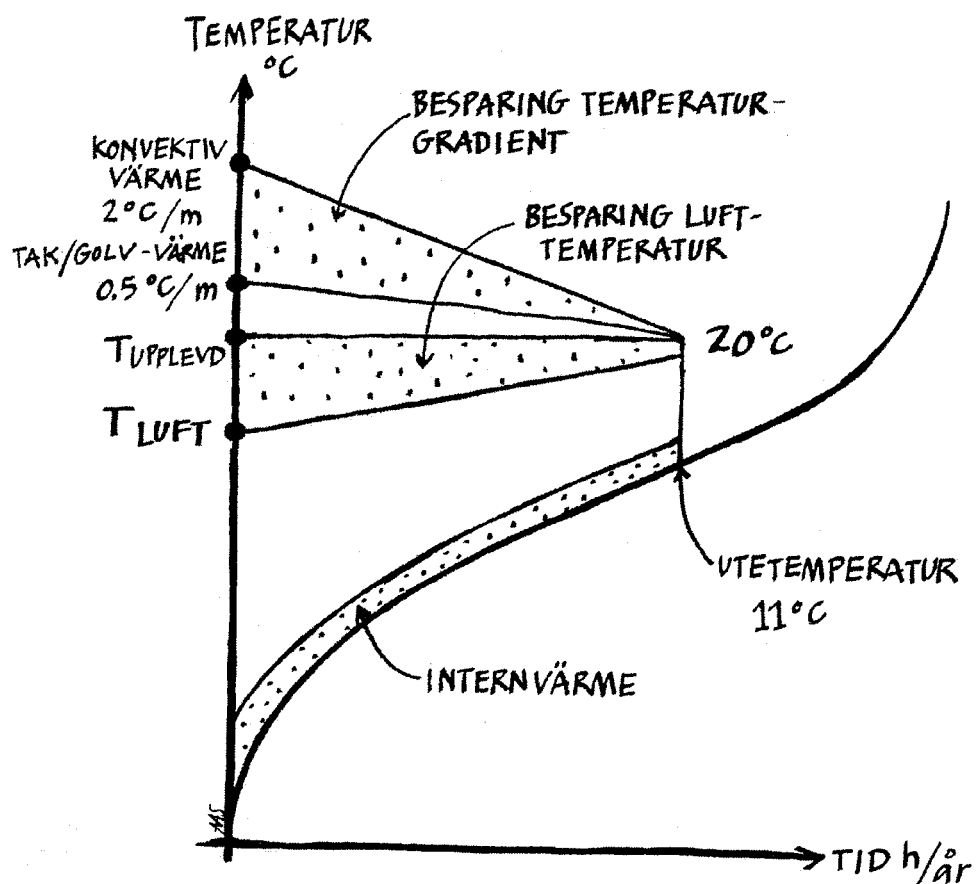


Bild: Energibesparing med IR

(B3.3)

◇ Lufttemperaturnivån

I arbetslokaler kan lufttemperaturen sänkas med bibehållen komfort. Som framgår av tidigare kapitel varierar strålningsverkningsgraden med ytemperaturen på IR-värmarna. Vid rätt dimensionerat system kommer då optimal verkningsgrad att erhållas vid dimensionerande utetemperatur. När lokalens övriga ytor blir uppvärmda samt utetemperaturen stiger kommer IR-värmarna att gå i on/off drift vilket innebär att strålningsbidraget måste ersättas med högre lufttemperatur. Effektiviseringsbidraget kommer då att sjunka. Detta innebär att den optimala undertemperaturen på luften ej kan erhållas under hela uppvärmningssäsongen. För att förbättra detta förhållande kan parallella system alternativt extrabrännare installeras, se under övrigt i kap. 2.3.3. Det är alltså primärt viktigt att ej överdimensionera systemet eftersom det då kommer att gå i on/off drift även vid dimensionerande utetemperatur.

Som nyckeltal vid överslagsberäkningar kan följande antas:

- * Maximalt 5°C undertemperatur vid dimensionerande utetemperatur för lokaler med lättare arbete för att personalen ej skall uppleva ojämn temperatur.
- * 1-3,5°C sänkning av lufttemperaturen över uppvärmningssäsongen, där den lägre nivån erhålls vid överdimensionerade system och den övre nivån vid väldimensionerade parallella eller extrabrännarsystem.

Den antagna sänkningen av medeltemperaturen ger effektiviseringen genom att jämföra förhållandet mellan gradtimmarna vid nuvarande lufttemperaturen i lokalens vistelsezon och den med IR-systemet antagna.

◇ Temperaturgradienten

Med ett luftburet uppvärmningssystem är temperaturgradienten normalt betydligt högre än för IR-värme. Detta beror på att den uppvärmda luften stiger mot taket. För IR-systemen riktas värmen och värmer människor och omgivande ytor. I ref.[2] framgår att följande nyckeltal för temperaturgradienten vid dimensionerande utetemperatur kan användas:

- * 0,5°C/m för IR (tak- och golvvärmesystem)
- * 2°C/m för luftburna system om utrustning typ takfläktar ej installerats för att minska temperaturgradienten.

Temperaturgradienten sjunker med utetemperaturen eftersom stigkrafterna minskar när förhållandet mellan inne- och utetemperaturen minskar. Detta förhållande kan antas vara linjärt mellan dimensionerande utetemperatur och den tidpunkt då uppvärmningssäsongen påbörjas eller avslutas.

Exempel:

Antag en lokal med luftburet system, det är 8 meter i takhöjd, orten är beläget i zon A och det är ett normalår. Antag vidare att lufttemperaturnivån för ett luftburet system är 20°C i vistelsezonen i snitt under uppvärmnings-säsongen och 36°C i taknivå (28°C vid 4m) vid dimensionerande utetemperatur. Med en IR-installation kan temperaturnivån i vistelsezonen sänkas till 17.5°C i vistelsezonen i snitt under uppvärmningssäsongen och 21.5°C taknivå (19.5°C vid 4m) vid dimensionerande utetemperatur.

Medeltemperaturen i lokalen över uppvärmningssäsongen kommer då att vara $(20+(28-20)/2) = 24^{\circ}\text{C}$ för det luftburna systemet och $(17.5+(19.5-17.5)/2) = 18.5^{\circ}\text{C}$ för IR-systemet. Från detta skall 3°C dras i bägge fallen som är att hänföra till internvärme för att erhålla uppvärmningsbehovet. Ur tabell T3.2. erhålls att för det luftburna systemet kommer detta att innebära 106.000 gradtimmar och för IR-systemet 75.000 gradtimmar (extrapolerat).

Effektiviseringsgraden kan då beräknas till $(106.000-75.000)/106.000 = 29\%$.

◇ Övriga temperatursänkningar

Med IR-värmesystem erbjuds goda möjligheter till mer exakt temperaturreglering än för luftburna system och följande övriga temperatursänkningar kan erhållas:

- * Zonindelning

Olika lufttemperatur- och upplevda temperaturnivåer kan erhållas i olika delar av en byggnaden genom att IR-systemets delsystem kan styras individuellt och inställningsvärdena kan enkelt ändras från styrsåpet.

- * Snabb reglering

Uppvärmningsförloppet är mycket snabbare än för luftburna system. Full strålningseffekt kan nås inom 10-15 minuter och operativ temperatur kan erhållas inom 15-30 minuter. Den goda reglerbarheten medför att längre temperatursänkingsperioder till lägre temperaturnivåer kan erhållas.

- * Punktvärmning

I lokaldelar där endast en liten yta skall värmas t.ex. en arbetsplats i en verkstads- eller lagerlokal. Detta innebär att omgivande ytor endast måste förses med basvärme. Notera dock att vid för stora undertemperaturer på luften kan personalen uppleva drag, se även kap. 2.3.3.

- * Portstyrning

Genom att styra IR-systemet på portöppningsautomatiken finns möjligheter till besparingar genom att IR-systemet stängs av om portarna varit öppnade längre än en inställd max.tid, vilket gör att personalen "tvingas" att minimera öppningstiderna. Innan denna åtgärd vidtas bör noggrann utredning av konsekvenserna genomföras så att inte lokalen kyls ner för kraftigt och att inte de tekniska installationer kan skadas.

De energibesparingen som ovanstående åtgärder medför kan som i exemplet ovan beräknas genom korrigering av medeltemperaturen i byggnaden över uppvärmningssäsongen.

- Indirekta och övriga effektiviseringar
 - ◇ En indirekt inverkan av en IR-installation kan i vissa byggnader innebära att ventilationsflödena kan sänkas. Detta kan vara aktuellt för luftburna uppvärmningssystem och för ventilationssystem där uteluftflödena varit högre än vad normerna kräver. Ett exempel är lagerbyggnader där övertryck krävs för att kompensera kallras vid in- och utlastningsportar, se kapitel 5.1.
 - ◇ För lokaler där varierande värme/kyla belastningar förekommer kan energibesparingar erhållas som t.ex. i byggnader där värmebehov föreligger på morgonen under uppstart av verksamheten för att det senare under dagen uppstår kylbehov p.g.a. höga internlast. Genom IR-systemets snabba reglermöjligheter och att mindre energi laddas in i byggnaden kommer kylbehovet att minska.
 - ◇ Genom att luftrörelserna i byggnaden minskar i byggnaden kommer det s.k. α_i -värdet att förbättras vilket medför att U-värdena i byggnadens väggar och tak kommer att förbättras något.

3.4.3 Effektbestämning och bugetkalkyl IR-installationen

Efter att effektiviseringen beräknats skall investeringsnivån för IR-systemet bestämmas. Investeringsnivån bestäms av den installerade effekten och de specifika krav på utformning och de installationsbegränsningar som föreligger. Det kan i detta läge vara aktuellt att med inventeringsunderlaget och effektbestämningen begära in budgetpris från leverantör som underlag för lönsamhetsbedömningen.

Med hjälp av de temperaturnivåer som bestämts under kap. 3.4.2. bestäms de effektnivåer som är aktuella vid dimensionerande utetemperatur. Se även kap. 3.3.2 och sammanställningsmallen i bilaga B1.3.3.

Som nyckeltal för investeringsnivåer per installerad effekt kan följande antas, prisnivå 1996, för enklare installationer för lokaler 1000-5000 m² med leverantörens standardutrustning inklusive el- och gasförsörjning från abonnentcentral:

- 100 W/m² : 160-200 kr/m²
- 150 W/m² : 180-220 kr/m²
- 200 W/m² : 210-240 kr/m²

Som nyckeltal för ett serviceföretags service och underhåll, prisnivå 1996, där utrustningen är relativt lättåtkomliga kan nivån $\approx$ 500 kr/brännare för service och enklare förslitningsdelar antas.

I bilden nedan redovisas upplevd temperatur som funktion av strålningstemperaturen/strålningseffekten och lufttemperaturen enligt BEDFORD för svart IR.

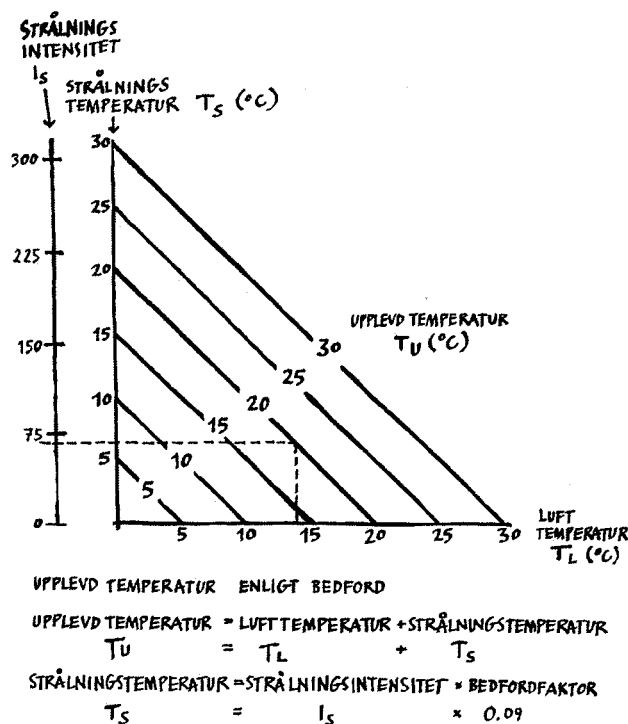


Bild: Upplevd temperatur [6]

(B3.4)

3.4.4 Lönsamhetsbedömning

Investeringskalkylens syfte är att bedöma lönsamheten vid en tilltänkta nyanskaffning av anläggningstillgångar. Detta görs med utgångspunkt från de betalningsströmmar som uppstår på grund av investeringen.

Vid investeringskalkylering jämförs olika investeringsalternativ, vilket är fallet vid val av uppvärmningssystem vid nybyggnation eller när befintligt uppvärmningssystem måste bytas ut och flera alternativ är aktuella. Separata investeringskalkyler gör för respektive system.

Investeringskalkylen kan även visa att ett utbyte av uppvärmningssystem till ett IR-system kan ekonomiskt motiveras genom den energieffektivisering som erhålls. Detta kan vara aktuellt även om den tekniska livslängden ej uppnåts för det befintliga uppvärmningssystemet. I detta fall när endast två system jämförs, det befintliga systemet och IR-systemet, kan en s.k. jämförande kalkyl utföras.

Bilden nedan visar en generell illustration av de in- och utbetalningar som uppstår till följd av en investering vars ekonomiska livslängd är satt till 10 år.

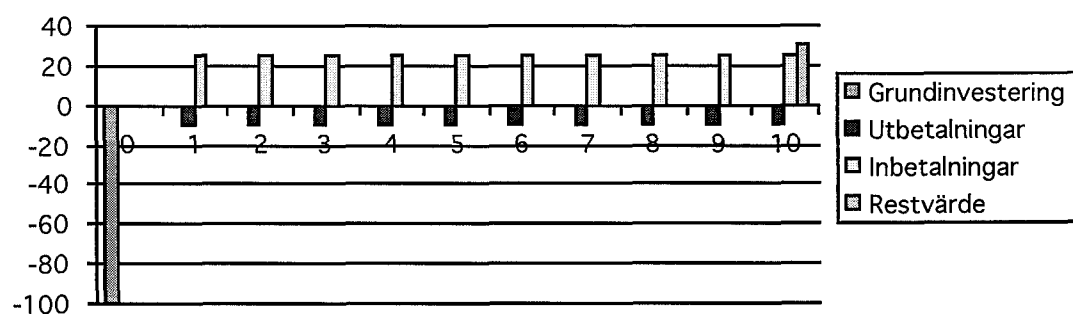


Bild: Exempel in- och utbetalningar

(B3.5)

Vid en IR-installation kan det vara lämpligt att räkna på en teknisk- och ekonomisk livslängd på 15 år.

För att bedöma om en IR-installation är lönsam måste de totala ekonomiska konsekvenserna analyseras. Här nedan beskrivs vilka indata och kalkylmetoder som kan vara aktuella.

Betalningsströmmarna består av:

- Grundinvesteringen

Grundinvesteringen är en engångskostnad som enligt bilden ovan drabbar projektet år 0. Här kalkyleras investeringskostnaden för IR-systemet och eventuella alternativa system. Dessa utgör indata till respektive systems kalkyl. Vid jämförande kalkyl mellan ett befintligt uppvärmningssystem och en IR-installation är det viktigt att även bedöma det befintliga systemets reinvesteringsbehov. Grundinvesteringen blir i detta fall mer kostnaden för IR-systemet.

- Energikostnaderna

Energikostnaderna är årligen återkommande kostnader under hela den ekonomiska livslängden. Utbetalningarna utgörs av kostnaderna för gas till IR-systemet. Energikostnaderna till de alternativa systemen inkluderat alla fasta och rörliga kostnader. Vid en jämförande kalkyl behandlas gas till IR-systemet som en utgift och energikostnaderna till det befintliga systemet som en inbetalning.

- Service- och underhållskostnaderna

Denna post är liksom energikostnaderna årligen återkommande.

- Övriga kostnader och intäkter

Det är viktigt att i analyskedet se över om investeringen kommer att få andra kalkylerbara effekter och infoga dessa som en engångs eller återkommande kostnad alternativt intäkt. Ett exempel kan vara att ytor friläggs i markplanet eller att ytor i befintlig panncentral friläggs för annan verksamhet. Ett annat exempel kan vara att befintligt uppvärmningssystem varit helt eller delvis elbaserat vilket medför att kapacitet i befintliga ställverk friläggs där annars en utbyggnad varit aktuell. Ett tredje exempel är de möjligheter som skapas för energieffektivisering av ventilationssystemet, se kap.5.1.

- Restvärde

Om kalkylens längd ej överensstämmer med den tekniska livslängden för investeringen skall en bedömning av restvärdet föras in som en intäkt vid kalkylens slutpunkt.

Det finns olika kalkylmetoder för att bestämma en investerings lönsamhet. De vanligaste kalkylmetoderna kan sammanfattas:

Metod	Beräkning	Beslut
Nuvärde (kkkr, år 0)	Betalningar och intäkter räknas om till början av år 1	Lönsamt om nuvärdet är positivt. Ju högre nuvärde desto bättre.
Annuitet (kkkr/år)	Betalningar och intäkter räknas om till årligen återkommande lika stora belopp	Lönsamt om annuiteten är positivt. Ju högre annuitet desto bättre.
Pay-off-tid (år)	Tiden det tar att få tillbaka satsade pengar	Lönsamt om återbetalningstiden är kortare än ett visst antal år. Ju kortare återbetalningstid desto bättre.

I bilaga B1.3.4 redovisas sammanställningsmall för en nuvärdeskalkyl. Denna metod tar med hjälp av kalkylräntan hänsyn till företagets förräntningskrav på investerat kapital och eventuellt förväntade framtida förändringar av de rörliga kostnaderna.

För mer ingående beskrivning av kalkylmetoderna ,se bilaga B2 samt ref.[12].

3.4.5 Åtgärdsförslag

Som underlag för beslut sammanställs de åtgärder som är aktuella och föreslås för att erhålla en effektivare energiproduktion och energianvändning. Åtgärderna rangordnas efter lönsamhet. Det är alltså viktigt att en generell åtgärdsplan tas fram så att en IR-installation baseras på den besparingsnivå som föreligger när eventuella åtgärder med bättre lönsamhet genomförts. Exempel på det senare kan t.ex. vara injusteringar och drifttidsstyrningar av ventilationssystemet. I bedömningen är det även viktigt att de ekonomiskt icke kalkylerbara bedömningarna som beskrivs i kapitel 2.4.2 vägs in.

3.5 BERÄKNINGSEXEMPEL

- Allmänna förutsättningar

Som exempel för att belysa vilka moment som kan ingå i en förstudie redovisas en förenklad analys. Nedanstående underlag är den information som framkommit för en tänkt byggnad vid inventering, besiktning och kompletterande mätningar.

Byggnaden är en lagerbyggnad som byggts 1970 och är belägen i Stockholm. Byggnaden (se nedan) är en plåtbeklädd betongkonstruktion med enklare isoleringsstandard på totalt ca 11.000 m² lagerytor fördelade på tre avgränsade sektioner. Takhöjden är 8,0 m. För in- och uttransporter finns 18 portar.

Lagret hanterar både kort och långtidslagring och är bemannad enbart under dagtid. Temperaturkraven idag är 20°C i hela byggnaden under hela dygnet, inga nattsänkningar ingår i beräkningarna.

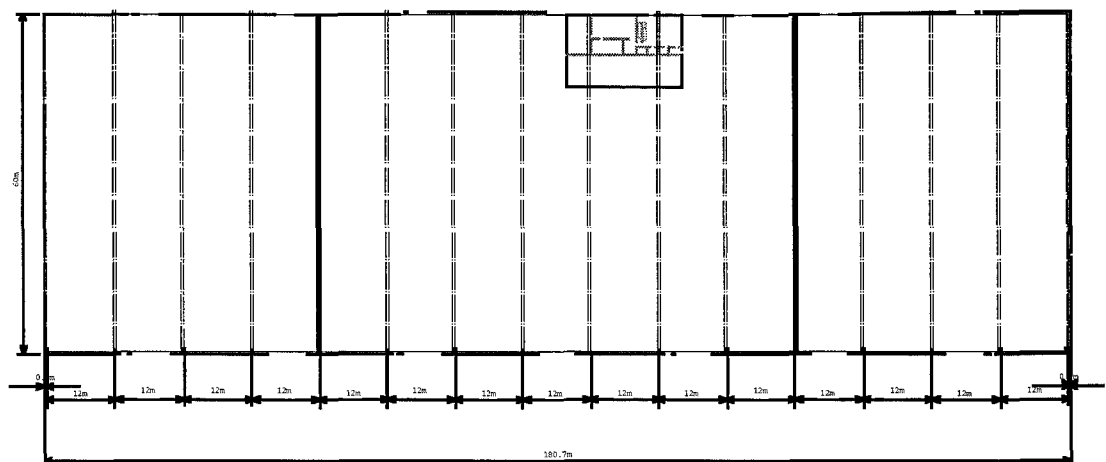


Bild: Lagerbyggnad

(B3.6)

Dagens uppvärmningssystem består av varmluftpannor som installerades vid byggnadens uppförande och bedöms idag ha uppnått sin tekniska och ekonomiska livslängs varför nytt uppvärmningssystem måste installeras. Som alternativ analyseras följande systemval:

- ◇ Aerotemperar
- ◇ Aerotemperar samt takfläktar för att förbättra temperaturgradienten
- ◇ Varmluftpannor
- ◇ IR-system av typ seriebrännarsystem

- Beräkningar

Beräkningarna genomförs som enklare manuell analys.

◇ Beräkningsförutsättningar

Area	tak:	11.000	m ²
	väggar:	3570	m ²
	golv:	11.000	m ²
	portar:	360	m ²
U-värde	tak:	0.3	W/m ² , °C
	väggar:	0.82	W/m ² , °C
	golv(medel):	0.25	W/m ² , °C
	portar:	2.0	W/m ² , °C
Takhöjd:		8.0	m
Volym: :		88.000	m ³
Ofrivillig ventilation (antag):		0.4	oms/h
Temperaturkrav	Ingen nattsänkning förekommer i befintlig byggnad, i beräkningen har ej tagits hänsyn till att nattsänkning efter åtgärd.		
	Befintlig byggnad:	20.0	°C, lufttemperatur
	Efter IR-installation:	20.0	°C, operativ temperatur
Temperaturgradient, befintlig byggnad:		2.0	°C/m
Dimensionerande utetemperatur:		-18.0	°C
Internvärme (belysning):		10.0	W/m ² (8h/dygn ej helg)
Årsmedelverkningsgrader (befintligt system):		70	%
Normalårskorrigerings:		0.0	%
Gradtimmar:		B	zon (se tab 3.2)

- Effekt- och värmebehov idag och korrigeringar

◇ Beräkningar enligt B1.3.3. ger följande effekter och energier med dagens uppvärmningssystem före korrigeringar, netto:

Effekt:	930	kW
Energibehovet inkl. internvärmens, netto:	2530	Mwh/år

◇ Korrigering av värmebehovet

1. Jämförelse mellan beräknad energiförbrukning och driftstatistik

Normalårskorrigerade uppgifter på bruttoenergiförbrukning visar att förbrukningen varit 3600 MWh/år. Genom ett flertal verkningsgradsmätningar på befintliga aerotemperar har årsmedelverkningsgraden bedömts ligga mellan 68 och 73 %. I osäkerhet ligger bedömningen om drift vid dellast p.g.a. brister i befintlig styrutrustning. Detta ger en nettoenergiförbrukning på mellan 2450 och 2630 kWh/år

Vid jämförelse av ovanstående och beräknad nettoenergiförbrukning innebär det att verklig förbrukning är högre än den beräknade. Genom vidare analys har nettoenergiförbrukningen 2600 kWh/år valts. Motivet till denna marginella korrigering har varit större portöppningsfrekvensen och att öppningstiderna har varit något större än vad som initialt antagits.

2. Korrigeringar p.g.a. övriga energieffektiviseringar

I analyskedet har bedömningen gjorts att befintligt uppvärmningssystem har uppnått sin tekniska livslängd varför endast nytt uppvärmningssystem är aktuellt. Dessutom har energieffektiviserande åtgärder såsom tätning av byggnaden och runt portar, tilläggsisolering och förbättrade portöppningsrutiner identifierats som möjliga. Dessa åtgärders lönsamhet har beräknats och senare jämförts med lönsamheten för de nya uppvärmningssystemen. Det har då framkommit att tätningsåtgärder och förbättrade portöppningsrutiner är lönsamma oavsett valet av nytt uppvärmningssystem.

Efter genomförande av dessa åtgärder antas den ofrivilliga ventilationen kunna förbättras till 0.35 oms/h och nettoenergiförbrukningen kan korrigerats till 2340 MWh/år vilket med befintlig anläggnings verkningsgrad, 70%, ger bruttoenergiebehovet 3350 kWh/år.

- Systemalternativ

- ◊ Aerotemperar utan takfläktar

Komplett vattenburet aerotempersystem. I detta alternativ antas att aerotemperaturarna vara anslutna till fjärrvärmeundercentral i anslutning till byggnaden. Här antas inga investeringkostnader för fjärrvärmeundercentralen. Totalt krävs ca 7 kW el till aerotemperaturarnas fläktar.

- ◊ Aerotemperar med takfläktar

Som ovan samt takfläktar. Här tillkommer el till takfläktarna, totalt ca 13 kW.

- ◊ Varmluftpannor

Komplett varmluftssystem med likartad utformning som befintligt varmluftssystem, här antas att befintlig oljeledningar till varmluftpannorna kan användas och att dessa har en teknisk livslängd som motsvarar kalkyltiden. Däremot krävs nytt luftkanalsystem. Här tillkommer el till fläktarna, eleffekt ca 18 kW.

- ◊ IR-system

Komplett IR-system inkl. gasledningar från gasabonmentcentral i anslutning till byggnaden. IR-systemet föreslås vara indelat i 4st zoner, 1st i varje yttersektion och 2st i mittsektionen. Det antas inga investeringar eller anslutningsavgifter för abonentcentralen. här tillkommer el till avgasfläktarna, eleffekt ca 3 kW.

- Effekt och energibehov alternativa system

- ◊ Aerotemprar utan takfläktar

Effektiviseringen för detta alternativ består enbart av förbättrad årsmedelverkningsgrad som med hjälp av leverantörsdata har antagits till 80% vilket innebär:

Bruttoenergiförbrukning, exkl. el, 2340 MWh / 0.8: 2920MWh/år

Bruttoeffektbehov, 865 kW / 0.8: 1080kW

- ◊ Aerotemprar med takfläktar

I detta fall kommer gradienten att förbättras och har antagits till 0.5°C/m enligt leverantörsdata vilket innebär att medeltemperaturen sänks med ca 3°C i snitt under uppvärmningssäsongen, vilket innebär en effektivisering med ca 16%. Observera att till detta kommer driftkostnaderna för takfläktarna som ingår i lönsamhetsbedömningen nedan. Dessutom kommer verkningsgraden att förbättras som i punkten ovan vilket innebär:

Bruttoenergiförbrukning, exkl. el, 2010 MWh / 0.8: 2510MWh/år

Eftersom gradienten förbättras kommer effektbehovet att sjunka

Effektbehov, 740 kW / 0.8: 930 kW

- ◊ Varmluftpannor

Årsmedelverkningsgraden är antagen till 80% och temperaturgradienten 2.0°C/m:

Bruttoenergiförbrukning, exkl. el, 2340 Mwh / 0.8: 2920MWh/år

Effektbehov, 865 kW / 0.8: 1080kW

- ◊ IR-system

Effektiviseringen för detta alternativ består av förbättrad årsmedelverkningsgrad 90% vilket kan erhållas som garanti från IR-leverantören vid totalentreprenad när denne projekterar IR-systemet. I detta fall kommer gradienten att förbättras och har antagits till 0.5°C/m enligt leverantörsdata vilket innebär att medeltemperaturen sänks med ca 3°C i snitt under uppvärmningssäsongen. Dessutom kan lufttemperaturen i vistelsezonen sänkas med antagna 2,5°C under uppvärmningssäsongen. Vid effektbestämningen har 4°C undertemperatur d.v.s. lufttemperaturen 16°C har antagits.

Bruttoenergiförbrukning, exkl. el, 1700 MWh / 0.9: 1900MWh/år

Förbättrad gradient och lägre lufttemperatur ger effektbehovet

Effektbehov, 660 kW / 0.9: 740 kW

- Lönsamhetsbedömning

- ◇ Kalkylmetod

Nuvärdesmetoden d.v.s. alla betalningar och intäkter räknas om till början av år 1.

- ◇ Kalkylräntan

Kalkylräntan antas till 10% reall. d.v.s. nominella räntan minus inflationen.

- ◇ Investeringar

Följande budgetpriser har inhämtats från installatörer inkl. projektkostnader, för egen och extern personal, som antagits till 100 kkr.

Investeringar	Aerotemperar utan takfläktar:	1.400	kk
	Aerotemperar med takfläktar:	1.800	kk
	Varmluftpannor:	1.700	kk
	IR-system:	1.600	kk

- ◇ Restvärde för befintligt uppvärmningssystem: 0 | kk |

- ◇ Energipriser

Inga reala prisförändringar under kalkylperioden och följande energipriser har antagits

Olja:	350	kr/MWh
Fjärrvärme:	400	kr/MWh
Gas:	350	kr/MWh
El:	500	kr/MWh

- ◇ Service- och underhållskostnader inkl. elkostnader

Inga reala prisförändringar under kalkylperioden och följande service- och underhållskostnader har antagits

Befintligt system:	80+70	kk/år
Aerotemperar utan takfläktar:	55+15	kk/år
Aerotemperar med takfläktar:	77+31	kk/år
Varmluftpannor:	60+65	kk/år
IR-system:	50+5	kk

För respektive system genomförs nuvärdesberäkningar enligt B1.3.4. för respektive system. Som exempel redovisas beräkningen för IR-systemet.

NUVÄRDESBERÄKNING IR-SYSTEM SAMMANSTÄLLNING						
År	Anläggning, rekonditionering och restvärde kkkr	Drift-, service & underhålls- kostnader kkkr	D&S&U Nuvarande system kkkr	Totalt kkkr	Nuvärdes- faktorn kalkylränta= 0,10	Nuvärde kkkr
0	-1600			-1600	1,00	-1600
1		-720	1314	594	0,91	540
2		-720	1314	594	0,83	491
3		-720	1314	594	0,75	446
4		-720	1314	594	0,68	406
5		-720	1314	594	0,62	369
6		-720	1314	594	0,56	335
7		-720	1314	594	0,51	305
8		-720	1314	594	0,47	277
9		-720	1314	594	0,42	252
10		-720	1314	594	0,39	229
11		-720	1314	594	0,35	208
12		-720	1314	594	0,32	189
13		-720	1314	594	0,29	172
14		-720	1314	594	0,26	156
15	0	-720	1314	594	0,24	142
Summa nuvärde						kkkr
år 0-15						2918

(T3.6)

- Resultat

Resultaten av ovanstående nuvärdesberäkningar sammanfattas enligt nedanstående tabell.

Värmesystem	Investering (kkkr)	Service & Underhåll inkl. driftel (kkkr/år)	Driftkostnader värme (kkkr/år)	Nuvärde (kkkr)
IR-värme	1600	55	665	2920
Aerotemperar+takfläktar	1800	100	1000	-210
Varmluftpannor	1700	120	1020	-390
Aerotemperar	1400	65	1170	-780
Befintligt Varmluftsystem		145	1170	

(T3.7)

- Kommentarer

Som framgår av ovanstående exempel ger IR-systemet ett klart bättre nuvärde än alternativen. Det bör poängteras att detta är en jämförande kalkyl mellan systemen där investeringarna finns med. Eftersom det befintliga systemet är uttjänt måste under alla omständigheter investeringen göras och det visar sig att samtliga system förbättrar driftnettot trots att energipriserna är högre för aerotemperalternativen.

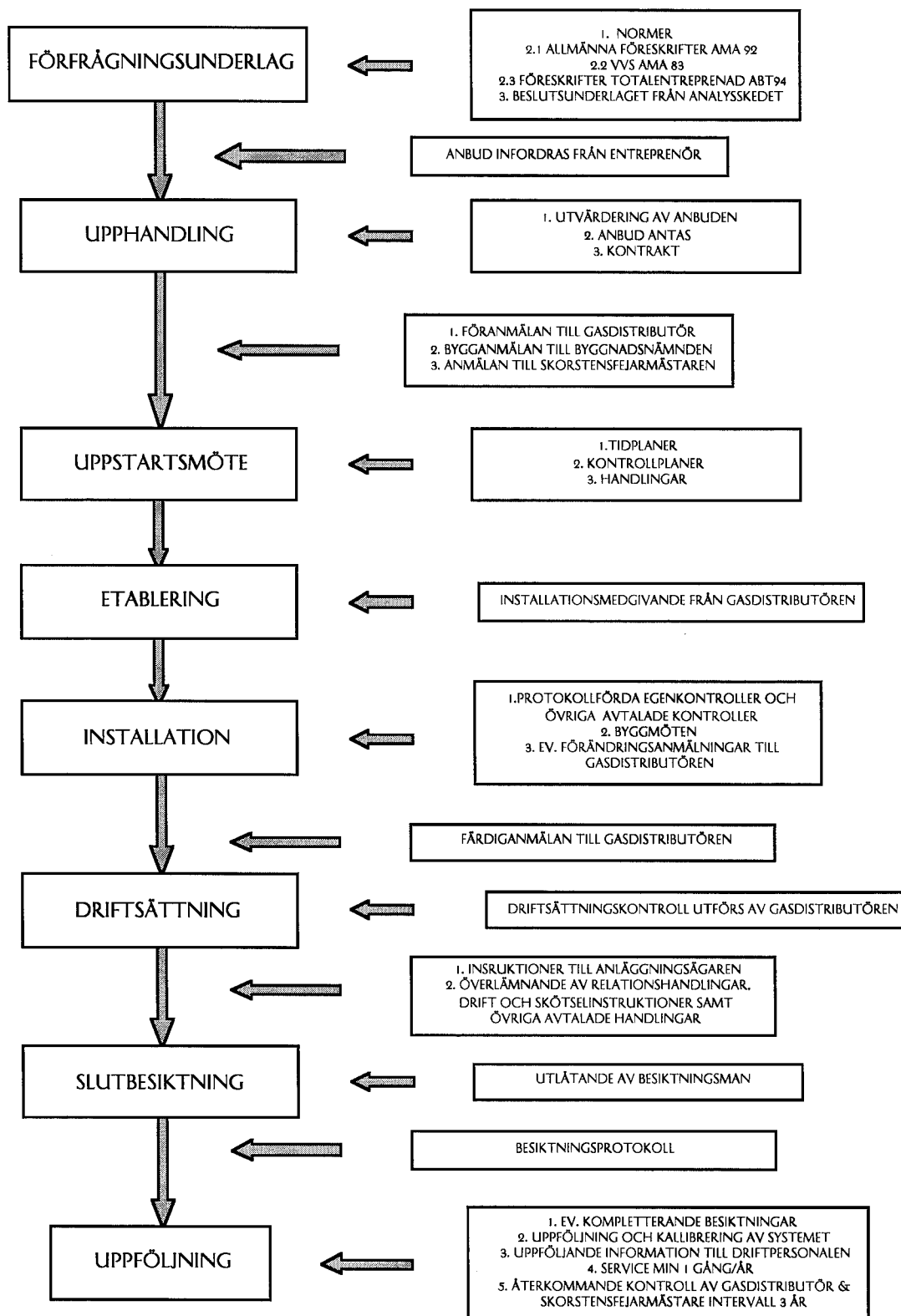
För IR-systemet framgår att med givna förutsättningar skulle detta system innebära förbättrat driftnetto även om ett restvärde på befintligt system motsvarande IR-systemets investeringsnivå. IR-systemet kan alltså motiveras som enbart ett effektiviseringsprojekt!

Energipriserna kan variera kraftigt och påverkas av rådande världsmarknadspriser, företagets förhandlingmöjligheter och var byggnaden är belägen. Ovanstående priser är antagna med vid en känslighetsanalys framgår att IR-systemet ej påverkas negativt vid ett jämförelse av energipriserna eftersom olje- och gaspriset antagits till samma nivå. För aerotemperalternativen skulle nuvärdet förbättras om energipriserna sätts till 350 kr/MWh vilket motsvarar nuvärdena +740 kkr för aerotemper+takfläktar respektive +300 kkr för enbart aerotemper. Varmluftpannorna påverkas ej.

- NUTEK, serien "Energiråd till småindustrin", 1993
 1. Trimmning av oljepannor
 2. Energistatistik
 5. Industriportar
 6. Tätning och tilläggsisolering
- Teknoterm Energi AB; Takvärmehandledning; 1995
- Stockholm Energi; Energieffektiviseringshandbok del 1&2
- REPAB Program AB; Årskostnader, nyckeltal för kostnader och förbrukningar
- Ljung B, Högberg O; Investeringsbedömning-En introduktion; Liber-Hermods; ISBN 91-23-01424-5; 1988
- ENEU 94-Anvisningar för energieffektiv upphandling av utrustning och maskiner inom industrin; Sveriges Verkstadsindustrier/Förlags AB Industrilitteratur; 1994

4.1 INLEDNING

Följande huvudmoment ingår i genomförandet av en IR-installation:



För närvarande, augusti-96, pågår ett intensivt arbete med att anpassa svenska normer till de övergripande normer som gäller i EU. Vissa normer är anpassade, i övrigt gäller generellt de svenska normerna. De kan dock komma ske förändringar de närmaste åren vilket innebär att det är mycket viktigt att uppdatera nedanstående normer vid en IR-installation.

- Byggnaden

Vid uppförande av byggnader har oftast de då aktuella normerna och rekommendationerna följts. Energipriserna har med tiden ökat liksom kraven på inomhusklimatet vilket har medfört att normkraven och rekommendationerna kontinuerligt har skärpts.

Dagens krav vid ny- och ombyggnad finns i form av föreskrifter och allmänna råd i **BBR 94**, Boverkets Byggnadsregler 94 (BFS 1993:57 med ändringar BFS 1995:17), som ges ut i anslutning till Plan - och bygglagen (1987:10, PBL).

Under 1996 kommer en ny serie byggvägledning, BVL, att utkomma med kompletterande information om tolkningar och råd i anslutning till BBR 94.

Dessutom gäller arbetarskyddsstyrelsens författningssamlingar **AFS 1993:5**, Ventilation och luftkvalitet samt **AFS 1995:3**, Arbetslokaler.

- Gasinstallationer

Sprängämnesinspektionen är den centrala myndigheten för efterlevnaden av lagen och förordningen om brandfarliga och explosiva varor samt de föreskrifter och villkor som meddelats med stöd av lagen och förordningen. Gällande författningssamling från Sprängämnesinspektionen är **SÄIFS 1994:3**.

Regeringens förordning om brandfarliga och explosiva varor och Sprängämnesinspektionens föreskrifter ger möjlighet att för naturgas ersätta kravet på tillstånd med andra krav. En av förutsättningarna är att regelverket som utarbetats i samråd med Sprängämnesinspektionen efterföljs. Det regelverk som utarbetats för naturgas, NGDN 90, har utgjort grunden för den nu gällande normen, **EGN 94**, som även inkluderar gasol i gasfas och biogas samt ligger till grund för stadsgasinstallationer.

Gasapparater som tas i bruk skall uppfylla och Sprängämnesinspektionens föreskrifter. Föreskrifterna är en överföring av gasapparatdirektivet, 90/396/EEG, till svensk lagstiftning. Gasapparater som omfattas av SÄIFS 1994:3 skall vara EG-typgodkända och därmed CE-märkta. Apparater, som är särskilt konstruerade för industriella processer, omfattas ej av föreskrifterna.

Av EG-typgodkännandet, utfärdat av ett s.k. anmält organ, framgår att typgodkännandet även gäller för Sverige. Det innebär att apparaten är provad för svenska gaskvaliteter och gstryck samt att anvisningar och instruktioner finns på svenska. Svenska Gasföreningen för register över de gasapparater som har ett EG-typgodkännande för Sverige, se vidare EGN 94.

För att ett IR-system skall vara godkänt för installation utan särskild systemgranskning av systemgranskare, utsedd av Svenska Gasföreningen, kan EG-typgodkännande vara tillräckligt.

Det rekommenderas dock att följande kriterier specificeras i förfrågningsunderlaget:

1. Entreprenören skall kunna uppvisa att utrustningen är EG-typgodkända (EC Type Examination Certificate). På typgodkännandeintyget skall även framgå att godkännandet omfattar Sverige och den gaskategori som installationen avser.
2. Entreprenören skall uppvisa svensk installationsmanual med en försäkran om överensstämmelse med den originalmanual som legat till grund för EG-typgodkännandet.
3. Entreprenören skall uppvisa försäkran om att installationsmanualen överensstämmer med nedanstående normer eller normer som vid installationstillfället ersatt dessa:
 - ◇ Europeanorm, prEN-777-4, "multi-burner gas-fired overhead radiant tube heater systems for non-domestic use" för seriebrännarsystem,
 - ◇ Europeanorm, prEN-416-1, "single burner gas-fired overhead radiant tube heaters for non-domestic use" för enbrännarsystem,
 - ◇ Europeanorm, prEN-419-1, "Non-domestic gas-fired overhead luminous radiant heaters" för rödinfrastystem.

NOT: Inför ett projekt är det lämpligt att kontakta Svenska Gasföreningen för att erhålla aktuell lista över utrustning som uppfyller punkt 1 samt rådande praxis för godkännande och gällande normer enligt punkt 3.

I kapitel 3 i EGN 94 finns en förteckning över gällande lagar, förordningar, föreskrifter, normer och standarder för gasinstallationer. I samband med att förfrågningsunderlag tas fram är det lämpligt att kontakta Svenska Gasföreningen och kontrollera att denna förteckning är aktuell och komplett.

- Elinstallationer

Gällande starkströmsföreskrifter för utförande och skötsel av elektriska starkströmsanläggningar utfärdade av elsäkerhetsverket.

Från den 1/5-96 gäller, ELSÄK-FS 1994:7, Föreskrifter och råd.

För elektriskt material gäller ELSÄK-FS 1994:9 och 1995:6 och för kabelberäkningar för lågspänning hänvisas till SEK handboken 421.

4.3 GENOMFÖRANDE

Nedan redovisas kommentarer till viktiga delar i genomförandet av en IR-installation.

- Förfrågningsunderlag

När beslut om genomförande tagits inleder beställaren arbetet med framtagning av förfrågningsunderlag. De juridiska handlingar som ingår i det förfrågningsunderlag som skickas ut på anbudsräkning till de tilltänkta entreprenörerna utförs i enlighet med någon av nedanstående bestämmelser:

- ◇ Entreprenad baserad på **ABT 94**, Allmänna Bestämmelser för totalentreprenader avsedda för byggnads-, anläggnings- och installationsarbeten upprättat av Föreningen Bygghandels Kontaktkommitté. Beställaren anger de ramkrav som skall gälla för entreprenadens genomförande. Med denna entreprenadform åläggs entreprenören att genomföra erforderlig utredning och projektering samt att ansvara för installationens funktion.
- ◇ Entreprenad baserad på **AB 92**, Allmänna Bestämmelser för byggnads- anläggnings- och installationsarbeten upprättat av Föreningen Bygghandels Kontaktkommitté. Entreprenaden baseras på färdigprojekterade handlingar.

Beskrivningstexten upprättas av beställaren eller av honom anlitad teknisk konsult. Som underlag för beskrivningen används **AF AMA 92**, Administrativa föreskrifter allmän material- och arbetsbeskrivning och **VVS AMA 83 & EL AMA 83**, Allmän material- och arbetsbeskrivning för VVS-tekniska respektive el arbeten, utgivna av Svensk Byggtjänst.

Eftersom IR-systemet är EG-typgodkänt som system med krav på dess ingående komponenter och funktion är det lämpligt att utföra förfrågningsunderlaget som en ABT handling (totalentreprenad) innehållande följande punkter:

- ◇ Administrativa Föreskrifter, AF AMA 92

AF-delen, innehåller uppgifter om entreprenadform, allmän orientering, upphandlingsföreskrifter, entreprenadföreskrifter, allmänna hjälpmedel och allmänna arbeten. AF-delen sammanställs vanligen av beställarens egen personal eftersom den innehåller företagsspecifika administrativa förutsättningar och krav. Om teknisk konsult anlitas för sammanställning av den tekniska beskrivningen är det dock viktigt att denna del samordnas med den tekniska beskrivningen.

- ◇ Teknisk beskrivning, VVS & EL AMA 83

Här specificeras tekniska förutsättningar och krav vilka sammanställs med hjälp av det underlag som tagits fram i förstudien samt eventuella kompletterande uppgifter där antaganden gjorts i förstudien. Här anges även vilken teknisk information som skall redovisas i anbudet. Det är viktigt att de lagar, förordningar, föreskrifter, normer och standarder som gäller för entreprenadens genomförande tydligt framgår såsom EGN 94 och ELSÄK-FS 1994:7.

- ◇ Övriga handlingar

I förfrågningsunderlaget skall även framgå vilka övriga dokument och ritningar som skall ligga till grund för entreprenadens genomförande.

I samband med framtagningen av förfrågningsunderlaget är det viktigt att ånyo kontakta gasdistributören för att inleda förhandlingar om gaskontrakt med leveransomfattning, effekter och tryck, och leveransgräns. Kontraktets slutgiltiga undertecknande bör avvaktas till efter det att IR-entreprenaden handlats upp.

- Upphandling

När anbudet, som beställaren infordrar, kommit in vidtar arbetet med utvärdering av anbudet varefter det, enligt de i AF-delen uppställda värderingsgrunderna, mest förmånliga anbudet antas och avtal sluts. Det är viktigt att genomföra en jämförande analys av anbudet och att kontrollera att anbudet överensstämmer med förfrågan. I kontraktet som skrivs mellan parterna skall den slutgiltiga uppgörelsen dokumenteras. Det är viktigt att i kontraktet ange kontraktshandlingarnas inbördes prioritetsordning.

Beställaren bör i anslutning till upphandlingen utse en projektledare/kontrollant som följer upp det ingångna avtalet under entreprenadens genomförande.

- Anmälan till myndigheter, gasdistributör mm

Efter att upphandling genomförts skall erforderliga anmälningar till myndigheter, gasdistributören mm. ske såsom:

- ◊ Bygglov och bygganmälan

Bygglov prövas av kommunens byggnadsnämnd enligt Plan- och bygglagen, PBL (SFS 1987:10) som reglerar byggande och markutnyttjande. I PBL 8 kap, 1§ punkt 5 framgår att byggnadslov krävs för att ”installera eller väsentligt ändra eldstad, rökkanal eller anordningar för ventilation”.

Fr.o.m. 1/7 1995 har PBL ändrats så att istället för bygglov skall en s.k. bygganmälan lämnas in av byggherren (beställaren). Denna skall vara inlämnad minst tre veckor innan installationsarbetena påbörjas. Denna anmälan kan ej föras över på entreprenören. Byggnadsnämnden skall kalla byggherren till samråd. Om det är uppenbart att byggsamråd inte behövs, behöver inte nämnden kalla till sådant, men skall då meddela byggherren om detta snarast. Se även kap. 4.4.

Notera att vid genomgång med IR-leverantörer, augusti-96, hade nämnden, i samtliga genomförda entreprenader sedan bygganmälan infördes, meddelat att byggsamråd ej krävdes.

Denna anmälan skall ombesörjas av beställaren.

- ◊ Föranmälan till gasdistributören

Föranmälan till gasdistributören med erforderlig dokumentation skall efter upphandlingen inlämnas av entreprenören. För att installationen skall få påbörjas krävs att entreprenören erhållit installationsmedgivande från gasdistributören. Det är därför viktigt att denna anmälan skickas in snarast efter upphandling och att den innehåller fullständig och korrekt information så att upprättad tidplan ej äventyras. Blankett för föranmälan kan erhållas från gasdistributören.

◇ Besiktningsanmälan till skorstensfejarmästaren

I Plan och bygglagen, PBL, finns krav som styr avgaskanalen utförande och enligt Räddningstjänstlagen skall avgaskanaler besiktas av Skorstensfejarmästaren vart tredje år. Dessutom kräver gasdistributören intyg från Skorstensfejarmästaren att avgaskanalen är riktigt utförd föreligger före systemet tas i drift. Denna anmälan lämnas in av beställaren med underlag från entreprenören.

• Uppstartsmöte

Det kan vara lämpligt att före entreprenörens etablering genomföra ett uppstartsmöte där tid-, kvalitet- och kontrollplaner, svar från myndigheter, gasdistributören mm, handlingar som entreprenören skall tillhandahålla under entreprenadtiden, etableringsföresättningar etc. gås igenom. Här sker även planering av tider för byggmöten under entreprenadtiden.

• Installation

Entreprenören får ej påbörja installationerna före det att installationsmedgivande har lämnats av gasdistributören och övriga avtalade förutsättningar för entreprenadens påbörjande uppfyllts.

Under installationstiden genomförs erforderliga kontroller och byggmöten.

Entreprenören skall gentemot gasdistributören utföra installationen med utgångspunkt från installationsmedgivandet. Detta kan ha lämnats med förbehåll vilka skall beaktas under installationen.

Om entreprenören under installationstiden genomför förändringar mot det som angivits i föransökan till gasdistributören skall entreprenören anmäla detta till gasdistributören. Förändringarna får ej genomföras före det att gasdistributören givit sitt medgivande.

När installationen är färdig skall färdiganmälan skickas till gasdistributören och tid beställas med gasdistributörens besiktningsman för kontroll av anläggningen.

• Driftsättning

Driftsättning måste ske tillsammans med gasdistributörens besiktningsman och omfattar:

◇ Driftsättningskontroll genomförs så långt som möjligt utan gaspåsläpp. Därefter driftsätts och injusteras gasabonnentcentralen av gasdistributörens personal.

◇ Gasledningsnätet trycksätts och avluftas.

◇ IR-systemet startas och brännarna injusteras till rätt effekt och förbränningsanalyser utförs.

◇ Slutgiltig kontroll av säkerhetsfunktioner

Därefter genomförs de injusteringar, funktionsprovningar och övriga avtalade kontroller.

- Dokumentation

Entreprenören skall på avtalad tid före slutbesiktning överlämna den avtalade dokumentationen av anläggningen så att entreprenadbesiktningsmannen kan genomföra slutbesiktningen.

Dokumentationen bör förutom relationsritningar och drift- och underhållsinstruktioner även omfatta driftkort som placeras i anslutning till IR-systemets styrskåp. Exempel på driftkortsutformning redovisas i bilaga B4.

Nedan redovisas förslag på innehåll i drift- och underhållsinstruktionen:

- ◇ Allmän beskrivning av installationernas tekniska utförande, placeringar och funktionsprinciper.
- ◇ Ritningar och scheman (relationsritningar, situationsplaner, översiktsritningar, apparatskåpsritningar, kretsscheman, yttre förbindningsschema, kopplingsscheman, flödesscheman).
- ◇ Driftinstruktioner för IR-anläggningen.
- ◇ Apparatförteckning med hänvisning till tillverkarens broschyrer, datablad o dyl.
- ◇ Gällande säkerhetsbestämmelser.
- ◇ Åtgärder vid brand, gasläckage och driftavbrott.
- ◇ Förteckning över märkning och skyltning.
- ◇ Ventilförteckning.
- ◇ Protokoll över mät- och installationsvärden, som tagits fram i samband med installation, injustering och idrifttagande av installationerna.
- ◇ Underhållsrutiner.
- ◇ Felsökningsschema
- ◇ Reservdelslista samt beställningsförfarande med adressförteckning.

När dokumentationen överlämnats genomför entreprenören avtalad information till beställarens drift- och underhållspersonal. Nedan redovisas förslag på omfattning av informationen:

- ◇ Teoretisk genomgång i samband med överlämnandet av dokumentationen. Beräknad tidsåtgång 1/2 dag.
- ◇ Genomgång på plats. Denna sker vid två tillfällen, dels vid entreprenadens färdigställande och dels vid driftsättning av anläggningen inför nästa driftssäsong. Beräknad tidsåtgång 1/2 dag per tillfälle.

- Slutbesiktning av entreprenaden

Beställaren utser besiktningsman och besiktning genomförs snarast efter entreprenaden är färdigställd. För vidare information om angående besiktning av entreprenader i anslutning till ABT 94 och AB 92, se även kap. 4.4.

- Uppföljning

Entreprenören skall efter godkänd slutbesiktning, under garantitiden, utföra den tillsyn och det underhåll som har avtalats.

Nedan redovisas förslag på omfattning av tillsyn och underhåll:

- ◇ Entreprenören skall under garantitiden (..år) göra minst ett (1) servicebesök per säsong inför uppvärmningssäsong (1-15/9).

Tidpunkt för besök skall meddelas beställarens representant som också skall beredas tillfälle att närvara.

Service skall omfatta kontroll och tillsyn av alla i entreprenaden ingående delar och komponenter, inklusive driftkontroll av funktioner och vakter samt kalibrering av givare.

Rensning av strålningstuber.

Reservdelar under garantitiden ingår i entreprenaden.

Skriftlig rapport över vidtagna åtgärder vid servicebesök skall upprättas och tillställas beställaren.

Det kan vara lämpligt att i förfrågan begära in kostnadsuppgifter på service efter garantitiden för att säkerställa systemets funktion även efter garantitidens utgång.

I personalen bör ansvarig för systemet utses så att de underhållsrutiner som ingår i drift- och underhållsinstruktionerna efterlevs. Det är även viktigt att den ansvarige för bok över eventuella störningar i systemet och att driftstatistik dokumenteras.

Efter garantitidens utgång, 2 år enligt ABT 94 om ej annat avtalats, genomförs garantibesiktning. Det är då viktigt att beställaren har god dokumentation över eventuella brister och störningar som inträffat under garantitiden som underlag för eventuella krav på åtgärder och förlängningar av garantitiden.

Enligt EGN 94, kapitel 15.8.3 genomför gasdistributören återkommande besiktning av systemet fram t.o.m. brännaren vart 3:e år och enligt Räddningstjänstlagen skall Skorstensfejarmästaren besikta resterande del av systemet vart 3:e år.

- Svenska Kommunförbundet, Handläggning av bygglov och bygganmälan, Handbok, 1995
- Pedersen J m.fl.; Besiktning av entreprenader i anslutning till AB 92 och ABT 94; Svensk Byggtjänst; ISBN 91-7332-729-8; 1995

5 REFERENSANLÄGGNINGAR

Här nedan redovisas två av de anläggningar som följts upp med avseende på energieffektivisering och förbättring av den inre miljön. I övrigt finns i bilaga B3 aktuella referenslistor, augusti-96, redovisade för de två leverantörer som förnärvarande finns registrerade i Svenska Gasföreningens lista över typgodkända utrustningar.

5.1 PRIPPS

- Företsättningar

Utredning av företsättningar för installation av IR-värme hos Pripps i Bromma ingick som en del i en större energieffektiviseringsstudie som genomfördes våren 1991. Främsta anledningen till detta var att de befintliga pannorna belastades så hårt att tillfredsställande driftsäkerhet ej kunde erhållas.

Vid denna studie framkom att det största effektiviseringspotentialen förelåg i bryggeriets fullgodslager, ca 18.000 m² och 8m takhöjd. Lokalens uppvärmningssystem bestod av övertempererad tilluft för att täcka ventilationsförlusterna och del av transmissionsförlusterna samt aerotemperar för att täcka resterande transmissionsförluster och klimatisering vid portar.

Temperaturgradienter på 1.9°C/m uppmättes i dessa lokaler. Dessutom krävdes betydligt högre luftomsättningar än de normmässigt hygieniska luftmängderna för att skapa övertryck i fullgodslaget. Övertrycket pressar den tempererade luften ut till randzonerna där utlastning sker för att tillsammans med aerotemperar skapa tillfredsställande inre klimat. Det framkom även att befintlig omblandande ventilation hade bristfällig utförande, risk förelåg för kortslutningar mellan till- och frånluft samt att tilluften hade svårt att nå arbetszonen.

Förutom höga energiförbrukningar förekom klimatproblem i form av, höga ljudnivåer från aerotemperarna, luktproblem från transportskadade förpackningar, dammproblem p.g.a. kraftiga luftrörelserna i lokalerna samt dragkänsla p.g.a. att aerotemperarna inte kunnat ge jämn temperatur i hela lokalen, höga temperaturer rakt under aerotemperarna och mycket låga temperaturer i ytterområden vid ytterväggar och portar.

- Åtgärder

I utredningen som låg som underlag för beslut föreslogs en IR-installation på 1MW, att befintliga aerotemperar skulle stängas av och att nya inblåsningsdon med längre kastlängd skulle installeras på befintlig ventilation. Som en följd av IR-installationen kunde den tempererade uteluftmängderna minskas och inblåsningstemperaturerna sänkas. Minskningen av de tempererade uteluftmängderna motiverades med att tidigare övertryck för att skapa komfort i utlastningen inte längre var nödvändiga eftersom IR-värmarna skapar klimat i randzonerna. Den lägre inblåsningstemperaturen motiverades med de lägre lufttemperaturkraven som krävs med ett IR-system samtidigt som IR-systemet dimensioneras för hela transmissionsförlusterna.

IR-installationen beräknades medföra att > 1.5 MW skulle friläggas från pannorna, att energiförbrukningen skulle reduceras med > 30% samt att redovisade problem med den inre miljön skulle minskas.

Under vintern 91/92 installerades landets, vid denna tidpunkt, största infravärmeanläggning, ca 1 MW stadsgaseldade anläggningen av seriebrännartyp (Nor-Ray-Vac), i fullgodslagrets utlastningsdel och ventilationsåtgärderna genomfördes.

- Resultat

Följande resultat erhöles:

- ◇ Tempererade utluftmängderna kunde sänkas till 25%.
- ◇ Temperaturgradienten sjönk till < 0.5°C/m
- ◇ Mer än 2MW frigjordes från pannanläggningen.
- ◇ Verkningsgraderna för respektive zon ligger mellan 91-95%.
- ◇ Mer än 50% sänkning av energiförbrukningen vilket motsvarar ett kraftigt förbättrat driftnetto och en återbetalningstid för projektet på < 2 år.
- ◇ Betydligt mindre dammpåslag på utgående gods.
- ◇ Personalen upplever mindre problem med lukt och dragproblemen har upphört.

Till följd av de positiva resultaten har ytterligare två etapper motsvarande ca 500kW installerats i bl.a. tomgodsmottagningen.

- Förutsättningar

Brandstationer tillhör den kategori av lokaler som internationellt varit populära att konvertera till IR. Detta eftersom ventilationsförlusterna kan bli mycket höga samtidigt som klimatet i lokalen under stora delar av dygnet varit oacceptabelt p.g.a. att det befintliga uppvärmningssystemet ej hunnit värma upp lokalen mellan utryckningarna. IR har här varit ett sätt att tillfredsställa klimatet samtidigt som energibesparingar erhållits. Dessutom har IR-värmarna under kalla perioder fungerat som av-isningsutrustning för bilarna vilket minskat ställtiden för bilarna samt förbättrat klimatet p.g.a. att bilarnas kallstrålningseffekt snabbare upphört.

Utredningen av Stockholms Brandförsvars Brännkyrkastation genomfördes våren 1992 och initierades av Stockholms Fastighetskontor som ett led i identifieringen av nya energieffektiva uppvärmningssystem.

I överenskommelsen mellan parterna ingick att efter IR-installation åtog sig Stockholms Fastighetskontor att följa upp anläggningen med ett mätprojekt under två år för att verifiera graden av energieffektivisering samt systemets övriga eventuella fördelar.

- Åtgärder

I utredningen som låg som underlag för beslut föreslogs att IR installeras i brandstationens vagnhall och angränsande motionshall som före åtgärder uppvärmts med luftburen övertempererad värme via tilluften och med kompletterande vägghängda radiatorer och aerotemperar vid portarna. Vagnhallen är 500 m² med takhöjden 5-5.7 meter, 8st utryckningsportar och temperaturkravet 18°C operativ temperatur samt motionshallen, 170 m², med takhöjden 6.2-6.5 meter och temperaturkravet 18°C operativ temperatur vid aktiviteter och 15°C övrig tid.

Besparingpotentialen med IR-installationen beräknades till 20-30% genom att sänka inblåsningstemperaturerna, förbättra temperaturgradienterna och stänga av aerotemperarna. Dessutom styrdes motionshallens temperatur ned vid övrig tid till de 10°C som tidigare ej varit möjligt p.g.a. de långa uppstartstiderna med det luftburna systemet.

Under hösten 92 installerades IR-systemet är stadsgaseldat av seriebrännartyp (Nor-Ray-Vac), 6*22kW i vagnhallen och 2*22kW i motionshallen, samt övriga åtgärder vidtogs.

- Resultat

Följande resultat erhöles:

- ◇ Temperaturgradienten sjönk 1.4°C/m till 0.65°C/m i vagnhallen.
- ◇ Medelufttemperaturen sjönk med ca 4°C.
- ◇ Uppvärmningsförloppet uppmättes till 0.2°C/minut vilket motsvarar att det tar 14 minuter att nå den erforderliga operativa temperaturen efter en genomsnittlig portöppning att jämföra med drygt det dubbla med det befintliga systemet .
- ◇ 25% nettoenergibesparing i vagnhallen.
- ◇ 30% nettoenergibesparing i motionshallen.
- ◇ Personalen upplever att uppvärmnings- och av-isningsförloppet av inkommande fordon minskat kraftigt samt att golven torkat upp betydligt snabbare är vid det tidigare uppvärmningssystemet.

BILAGOR

CHECKLISTOR

B1.1.1	VÄRMEPRODUKTION
B1.1.2	VÄRMEPRODUKTION-PANNUTRUSTNING
B1.1.3	VÄRMEPRODUKTION-PRESTANDA
B1.1.4	VÄRMEDISTRIBUTION
B1.1.5	BYGGNAD
B1.1.6	VENTILATION
B1.1.7	VARMVATTEN
B1.1.8	DOKUMENTATION

INVENTERINGSMALLAR

B1.2.1	VÄRMEPRODUKTION
B1.2.2	BYGGNAD
B1.2.3	VENTILATION
B1.2.4	VARMVATTEN
B1.2.5	PROCESS & INTERNVÄRME
B1.2.6	ÖVRIGA SPECIFIKA FÖRUTSÄTTNINGAR & KRAV

SAMMANSTÄLLNING

B1.3.1	VÄRMEPRODUKTION
B1.3.2	VÄRMEANVÄNDNING
B1.3.3	EFFEKT & VÄRMEBEHOVSBERÄKNINGAR
B1.3.4	NUVÄRDESBERÄKNING

VÄRMEPRODUKTION CHECKLISTA

[illegible]

VÄRMEPRODUKTION-PANNUTRUSTNING

CHECKLISTA

	PANNA 1	PANNA2	PANNA 3	PANNA ...
	OK	ÅTGÄRDAS	OK	ÅTGÄRDAS
PANNA				
PANNTYP				
KAPACITET				
INSTALLATIONSÅR				
STATUS				
BRÄNNARE				
BRÄNSLE				
BRÄNNARTYP				
KAPACITET				
INSTALLATIONSÅR				
STATUS				
STYRNING				
ÖVERORDNAD AUTOMATIK				
RÖKGASSPJÄLL				
DRAGREGLERING				
SEKTIONERANDE VENTILER				
PANNVÄLJARAUTOMATIK				
ÖVRIG KRINGUTRUSTNING				
SÄKERHETSUTRUSTNING				
EXPANSIONSKÄRL				
ÖVRIGT				
ÖVRIGT-NOTERINGAR:				

VÄRMEPRODUKTION-PRESTANDA
CHECKLISTA

	PANNA 1	PANNA 2	PANNA 3	PANNA
	OK	ÅTGÄRDAS	OK	ÅTGÄRDAS
DRIFTTIDER				
RÖKGASTEMPERATUR				
CO2-HALT				
SOTTAL				
TÄTHET-RÖKGASSPJÄLL				

ÖVRIGT-NOTERINGAR:

VÄRMEDISTRIBUTION CHECKLISTA

	OK	ÅTGÄRDAS
PUMPAR		
1		
2		
3		
...		
SHUNTGRUPPER-PRIMÄR		
1		
2		
...		
SHUNTGRUPPER-SEKUNDÄR		
1		
2		
...		
REGLERUTRUSTNING-PRIMÄR		
REGLERUTRUSTNING-SEKUNDÄR (Ev. vattenburna aerotemperar)		
VP-LEDNINGAR		
VS-LEDNINGAR		
ISOLERING-LEDNINGAR		
ISOLERING-CISTERNER		
ÖVRIGT-NOTERINGAR:		

BYGGNAD CHECKLISTA

	OK	ÅTGÄRDAS
BYGGNADSKONSTRUKTION		
TAK		
VÄGGAR		
GOLV		
ÖVRIGT		
FÖNSTER		
LANTERNINER		
PORTAR status samt frekvens och tider för portöppningar		
ÖVRIGT-NOTERINGAR:		
Skiss över byggnaden med placering av pannrum, elcentral, undercentraler, ev. aerotemprar och varmluftpannor, dagvattenledningar etc. se även checklista dokumentation		

VENTILATION CHECKLISTA

OK ÅTGÄRDAS

Kan ventilationsflödena minskas?

Kan ventilationens drifttider minskas?

Är flödena anpassade till verksamheten?

Finns kopplingsur för intermittent utnyttjande av lokalen?

Finns kopplingsur för nerreglerat flöde?

Processventilation?

Används punktutsug där så är möjligt?

Kan den ofrivilliga ventilationen minskas?

Överensstämmer ventilationsflödena med de projekterade?

Underhåll, byte av filter, rengöring av aggregaten?

Finns det möjlighet till värmeåtervinning mellan till- & frånluft?

ÖVRIGT-NOTERINGAR:

ditab

DOKUMENTATION CHECKLISTA

TYP	BETECKNING	OMFATTNING	OK	NOT.
RITNINGAR, SCHEMAN, SKISSER & FUNKTIONSBESKRIVNINGAR				
BYGGNAD				
-FASADER				
-PLANER				
-SEKTIONER				
INSTALLATIONSUTRYMMEN				
-ENERGIPRODUKTION				
-ELCENTRAL				
-UNDERCENTRALER				
-FLÄKTRUM				
VÄRME-PRIMÄR				
VÄRME-SEKUNDÄR				
TAPPVARMVATTEN				
VENTILATION				
ELINSTALLATIONER				
STYR- & ÖVERVAKNING				
BRANDLARM				
BELYSNING				
VA-INSTALLATIONER				
DRIFTKORT				
DRIFT- OCH UNDERHÅLLSINSTRUKTIONER				
PRODUKTIONS- & MATERIALFLÖDEN				
ÖVRIGT*				
NOTERINGAR:				
* ex. klassningsplaner, brandcellsindelning, utrymningsplaner, utrymmen med begränsad framkomlighet och ev. övriga installationsbegränsningar m.a.p. friavstånd o. dyl.				

VÄRMEPRODUKTION INVENTERINGSMALL

TYP AV UPPVÄRMNING	TILLFÖRD ENERGI			ENHET	TILLGÄNGLIG EFFEKT, KW	ÅLDER* (NOT)
	ÅR.....	ÅR.....	ÅR.....			
	MWh	MWh	MWh			
FJÄRRVÄRME						
OLJEPANNOR				1		
				2		
				3		
						
ELPANNOR				1		
				2		
				3		
						
GASPANNOR				1		
				2		
				3		
						
VARMLUFTPANNOR				1		
				2		
				3		
				4		
				5		
				6		
						
DIREKTEL						
ANNAN PRODUKTION						
TOTALT*					*underlag för sammanställning energianvändning	
ÖVRIGT-NOTERINGAR:						
Förekommer ledningsförluster som ej kommer byggnaden tillgodo?						
Värmedistribution med vatten eller luft?						
Bifoga skiss på värmeproduktion och värmedistribution.						
Finns gas framdraget/möjliga framtida gasleveranser till fastigheten, tryck/effekt?						
*utgör underlag för bedömning av reinvesteringsbehov/restvärde						

BYGGNAD INVENTERINGSMALL

BYGGNADSÅR OMBYGGT

YTA PÅ MARKEN (m²) ANTAL VÅNINGAR

TOTALT UPPVÄRMD GOLVYTA (m²)

TOTALT KALL GOLVYTA (m²)

INVÄNDIG BYGGNADSVOLYM (m³)

ZON nr.

BYGGNADSDEL	YTA	U-	TEMPERATUR/TID				GRADTIMMAR	ENERGI	NOT.
	m ²	VÄRDE W/m ² , °C	DAG		NATT&HELG		(snitt) °C,h/år	MWh/år	läckage, köld- bryggor etc.
			°C	%	°C	%			
FÖNSTER TYP A									
FÖNSTER TYP B									
VÄGGPARTI 1									
VÄGGPARTI 2									
VÄGGPARTI 3									
VÄGGPARTI 4									
VÄGGPARTI									
TAKLANTERNINER									
GOLV MOT VÄRMD YTA									
GOLV MOT EJ VÄRMD YTA									
DÖRRAR									
PORTAR									
TOTALT									

ÖVRIGT:

Total volym (m³)

Bedömning av ofrivilliga ventilationen (omsättningar per timme)

Bifoga temperaturgradientmätningar (datum, utetemperatur, höjd & var i byggnaden)

NOTERINGAR:

ÖVRIGT:

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

VARMVATTEN INVENTERINGSMALL

VÄRME

ENERGI- ANVÄNDARE	FLÖDE m ³	TEMPERATUR- DIFFERANS °C	ENERGI MWh/år
TOTALT			

EL

ENERGI- ANVÄNDARE	MÄRK- EFFEKT kW	UPPMÄTT EFFEKT kW	DRIFTTID h	ENERGI MWh/år
TOTALT				

ÖVRIGT-NOTERINGAR:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PROCESS & (-)INTERNVÄRME INVENTERINGSMALL

VÄRME

ENERGI- ANVÄNDARE	FLÖDE m ³	TEMPERATUR- DIFFERANS °C	ENERGI MWh/år	STATUS OK/ÅTGÄRDAS
TOTALT				

EL

ENERGI- ANVÄNDARE	MÄRK- EFFEKT kW	UPPMÄTT EFFEKT kW	DRIFTTID h	ENERGI MWh/år	STATUS OK/ÅTGÄRDAS
TOTALT					

ÖVRIGT-NOTERINGAR:

.....

.....

.....

.....

ÖVRIGA SPECIFIKA FÖRUTSÄTTNINGAR & KRAV INVENTERINGSMALL

	OK	NOTERINGAR
Beskriv verksamheten och bifoga flödesscema över produktions- & materialflöden.		
Beskriv ev. variationer i arbetstider samt normala arbetstider, krav på temperaturnivåer under arbetstid och övrig tid.		
Beskriv öppningsfrekvens för portar		
Hantering av brandfarligt material, brandfarliga gaser petroleumprodukter, färg alkohol etc. krav & begränsningar.		
Hantering av livsmedel i lokalen, krav & begränsningar.		
Förekommer höga koncentrationer av damm och stoft?		
Finns risk för yttre åverkan på en IR-installation?		
Finns tillgång till lyftanordningar vid installation och service?		
Beskriv krav & begränsningar vid installation & service?		
Tak- och väggkonstruktioner m.a.p. upphängningar & genomföringar samt brandklasser.		
Finns fastighetsdator?		
Krav på utgående signaler, larm & statistik, från apparatskåp IR.		
Förslag på zonindelning IR.		
Redovisa dagens priser & taxor för el & bränsle samt framtida gastaxor.		
Finns önskemål på separata energimätningar för zonerna?		
Beskrivning av anslutningspunkter el & gas, tillgängliga effekter & tryck.		
Företagsspecifika krav enligt AF AMA		
Kontakta brand-, säkerhets- & försäkringsfrågor, krav & begränsningar		

B1.3.1

VÄRMEPRODUKTION SAMMANSTÄLLNING

ÅR....

	BRUTTOENERGI MWh/år	VERKNINGSGRAD %	NETTOENERGI MWh/år	NOTERINGAR
FJÄRRVÄRME				
PANNA 1				
PANNA 2				
PANNA 3				
PANNA 4				
PANNA 5				
PANNA 6				
TOTALT				

ÖVRIGT-NOTERINGAR:

VÄRMEANVÄNDNING SAMMANSTÄLLNING

ÅR....

NETTOENERGI
MWh/år

NOTERINGAR

TOTALT

Se B 1.3.1

VARMVATTEN

Se B 1.2.4

PROCESS

Se B 2.2.5

INTERNVÄRME

Se B 2.2.5

=

NORMALÅRS-
KORRIGERING
%

KORRIGERAD
NETTOENERGI
MWh/år

NYCKELTAL

kWh/m² kWh/m³

UPPVÄRMNING

ÖVRIGT-NOTERINGAR:

EFFEKT & VÄRMEBEHOVSBERÄKNINGAR

SAMMANSTÄLLNING

EFFEKTBEHOV IR

	kW	FORMEL	NOTERING
TRANSMISSION		$P_t = U \cdot A \cdot \Delta t$	se B1.2.2 & Kap 3.3.1
VENTILATION	+	$P_v = V/h \cdot p \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot 1/h$	se B1.2.3 & Kap 3.3.1
OFRIVILLIG VENTILATION	+	$P_{ov} = q \cdot V \cdot p \cdot c_p \cdot \Delta t$ + uppskattning av q (oms/h)	se B1.2.3 & Kap 3.3.1
TOTALT	=		Ev. korrigering p.g.a. internlaster

VÄRMEBEHOV (beräknat)

	MWh/år	FORMEL	NOTERING
TRANSMISSION		$Q_t = U \cdot A \cdot S$	se B1.2.2 & Kap 3.3.1
VENTILATION	+	$Q_v = U \cdot A \cdot S = (P_v / \Delta t) \cdot S$	se B1.2.3 & Kap 3.3.1
OFRIVILLIG VENTILATION	+	$Q_{ov} = U \cdot A \cdot S = (P_{ov} / \Delta t) \cdot S$ + uppskattning av oms/h	se B1.2.3 & Kap 3.3.1
INTERNVÄRME	-	Mätningar & uppskattningar	se B1.2.3 & Kap 3.3.1
TOTALT	=		
	NETTO	NOTERINGAR	
JÄMFÖR B 2.3.2*		Netto/verkningsgrad.....%	BRUTTO
KORRIGERING 1**		Netto/verkningsgrad.....%	
KORRIGERING 2***		Netto/verkningsgrad.....%	
BERÄKNAD BESPARING MED IR		Netto/verkningsgrad.....%	

*Energiförbrukningen för uppvärmning beräknad från energistatistik

**Eventuella korrigeringar ofrivillig ventilation, portöppningsfrekvens, internlaster etc.

***Eventuella korrigeringar för energieffektiviseringar som genomförs före eller i samband med IR-inst.

B1.3.4

NUVÄRDESBERÄKNING SAMMANSTÄLLNING

År	Anläggning, rekonditionering och restvärde kkkr	Driftkostnad R kkkr	Driftkostnad Nuvarande system kkkr	Totalt kkkr	Nuvärdesfaktorn (....% kalkylränta)	Nuvärde kkkr
0	-			=	* 1.00	=
1		-	+	=	*	=
2		-	+	=	*	=
3		-	+	=	*	=
4		-	+	=	*	=
5		-	+	=	*	=
6		-	+	=	*	=
7		-	+	=	*	=
8		-	+	=	*	=
9		-	+	=	*	=
10		-	+	=	*	=
11		-	+	=	*	=
12		-	+	=	*	=
13		-	+	=	*	=
14		-	+	=	*	=
15	+	-	+	=	*	=
Summa nuvärde år 0-15						kkkr

Här nedan beskrivs kalkylmetoderna vid jämförande kalkyl mellan ett befintligt system och en IR-investering då syftet är att avgöra investeringens lönsamhet. Samma kalkylmetoder används när jämförande investeringskalkyler mellan olika uppvärmningssystem genomförs vid nybyggnation. Skillnaden är då att man då söker den investering som har den minsta totalkostnaden.

Det finns flera metoder för bedömning av en investeringens lönsamhet. Gemensamt för dem alla är att de avser att visa om, när och hur det kapital som har satsats genom investeringen förväntas bli lönsamt.

Nedan ges en kortfattad beskrivning av de vanligaste metoderna för beräkning av lönsamhet.

Pay-off-metoden

Detta är den enklaste metoden och analyserar investeringen med hjälp av återbetalningstiden. Denna tid kallas även för pay-off-tid, pay-back-tid och hemtagningstid. Den framräknade tiden jämförs sedan med den maximala återbetalningstiden som företaget kan acceptera. För att åtgärden över huvud taget skall vara lönsam, måste återbetalningstiden vara kortare än åtgärdens förväntade livslängd.

$$\text{Pay-off-tid [år]} = \frac{\text{Investeringskostnad[kkr]}}{\text{Årlig besparing[kkr]} - \text{Ökade årliga kostnader[kkr]}}$$

Årlig besparing = Besparade drift-, service-, och underhållskostnader

Ökade årliga kostnader = Efter investeringen tillkommande drift-, service-, och underhållskostnader.

Metodens innebörd är lätt att förstå och beräkningarna relativt enkla att utföra. Metoden tar dock ej hänsyn till intäkter och utgifter som inträffar efter återbetalningstidens slut och tar ingen hänsyn till räntan, inflation, skatt och energiprisförändringar. Denna kalkylmetod är grov, men kan användas som ett komplement till de övriga metoderna vid överslagsberäkningar.

Nuvärdesmetoden

För att få en tydligare analys som tar hänsyn till ränta och alla förväntade in- och utbetalningar kan nuvärdesmetoden väljas. Denna metod tar med hjälp av kalkylräntan hänsyn till företagets förräntningskrav på investerat kapital och förväntad energiprisutveckling. Vid nuvärdesmetoden räknas alla framtida inbetalningsöverskott för den aktuella investeringen om till samma tidpunkt, vanligtvis tidpunkten för investeringen, och summeras. Denna summan kallas investeringens nuvärdessumma.

En investering är lönsam om nuvärdet är större än noll. Differensen kallas kapitalvärde.

De huvudsakliga parametrarna för nuvärdesmetoden är:

- Investeringskostnad
- Inbetalningsöverskott =
Nettobesparing, d.v.s. inbetalningar minus utbetalningar under aktuellt år.
- Restvärde =
Investeringsens värde vid slutet av den ekonomiska livslängden.
- Ekonomisk livslängd =
Investeringsens livslängd ur ekonomisk synvinkel. Är ofta kortare än den tid som investeringen används.
- Kalkylränta = företagets förräntningskrav på investerat kapital.
- Real/nominell kalkyl = inflationen dras av från kalkylräntan respektive ingår i kalkylräntan. Den reala kalkylen är lämplig när energiprisutvecklingen antas följa inflationen.

I bilaga B1.3.4 redovisas sammanställningsmall för en nuvärdeskalkyl. Som framgår räknas alla kostnader och intäkter om till år 0 och värdet idag av framtida kostnader och intäkter reduceras med en nuvärdesfaktor för respektive år. Vid jämförelse mellan investeringar med stora skillnader i investeringskostnad kan den dock vara missvisande och gynnar då den största investeringen. Man kan då istället använda kapitalvärdeskvoten för rangordning av alternativen:

$$\text{Kapitalvärdeskvoten} = \frac{\text{Kapitalvärdet}}{\text{Investeringskostnaden}}$$

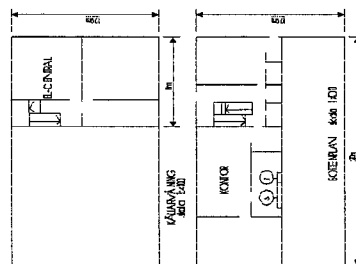
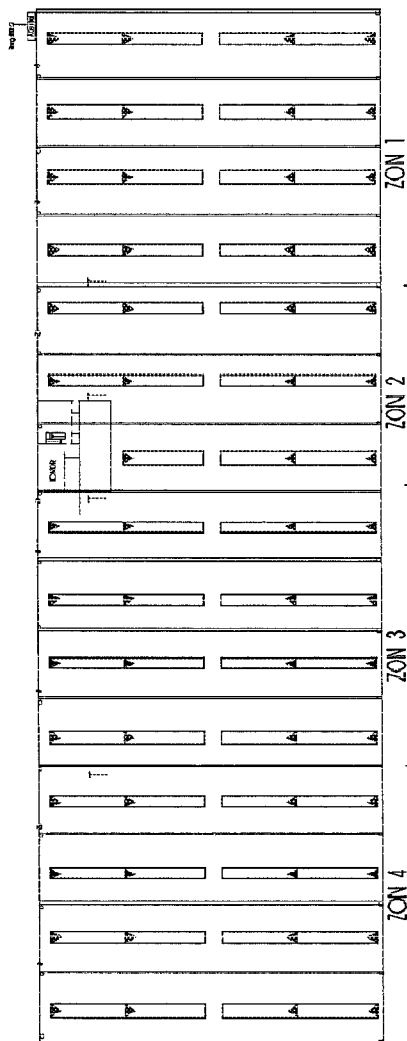
Annuitetsmetoden

Metoden är en utveckling av nuvärdesmetoden. I stället för att räkna om alla kostnader och intäkter till år 0, omräknas samtliga kostnader och intäkter till årligen lika stora belopp över kalkyltiden s.k. annuiteter. Beräkningen av ett projekts annuitet sker vanligen genom att nuvärdet först beräknas och att denna sedan omräknas till en annuitet.

Samman beslutsregler som för nuvärdesmetoden gäller. Om de jämförda alternativen har samma livslängd ger annuitetsmetoden alltid samma svar som nuvärdesmetoden. Valet av metod blir då främst en fråga om svaret vill uttryckas som, kkr år 0, eller kkr/år.

Kalkylmetoderna kan sammanfattas:

Metod	Beräkning	Beslut
Nuvärde (kkr, år 0)	Betalningar och intäkter räknas om till början av år 1	Lönsamt om nuvärdet är positivt. Ju högre nuvärde desto bättre.
Annuitet (kkr/år)	Betalningar och intäkter räknas om till årligen återkommande lika stora belopp	Lönsamt om annuiteten är positivt. Ju högre annuitet desto bättre.
Pay-off-tid (år)	Tiden det tar att få tillbaka satsade pengar	Lönsamt om återbetalningstiden är kortare än ett visst antal år. Ju kortare återbetalningstid desto bättre.

[illegible]

DRIFTSANVÄNINGAR FÖR RÖVARNEKSTALLATION
START AV ANLÄGGNING
- Kontrollera att -tjuvpasseriet (Pos 14) är öppet.42 - Kontrollera att -tjuvpasseriet på RÖVARNEKSTALLON är i läge 1 (gående 10). - Starta respektive RÖVARNEKSTALLON på skapets front med bytare till höger i linna 4 s - en för varje Zon). - Om tjuvpasseriet Pos 14 rullar till riktigt gästtryck samt tjuvpasseriet kallas på rövarne, starta nu Agostol och grön lampor länds linna 4 Agostol dölj. Efter ca 10 sekunder startar RÖVARNEKSTALLON respektive Zon automatiskt. - Om någon eller flera vidkomne g vill starta tjuvpasseriet sätta på grön lampor och röd lampor länds - Stängning - Stängning kallas genom att trycka in knapp - Årsättning - Genom att tjuvpasseriet på linna 4 starta automatiskt startas av RÖVARNEKSTALLON - Om Stängning ständigt dröjer kommer tjuvpasseriet att starta på sig.
ARBETSDRIFVÄRNING
RÖVARNEKSTALLON är färdig med arbetssättning vilket innebär att drifets temperatur är färdig eller att tjuvpasseriet är färdig och att tjuvpasseriet är färdig. - Jämför funktionen mellan tjuvpasseriet och tjuvpasseriet i linna 4 - Årsättning. - Öppna RÖVARNEKSTALLON på skapets front för den Zon som ska startas och indikatorerna till RÖVARNEKSTALLON är färdig (linna 4). - Efter att tjuvpasseriet är färdig och tjuvpasseriet är färdig - sätta Öppna RÖVARNEKSTALLON till normalt.
STOPP AV ANLÄGGNING
- Stoppa respektive RÖVARNEKSTALLON medelst bytare till höger 10. - Stoppa tjuvpasseriet Pos 14

[illegible]

- [1] SCANVAC; Klassindelade inneklimatsystem-riktlinjer och specifikationer; Svenska inneklimatinstitutet; Riktlinjeserien R1
- [2] Teknoterm Energi AB; Takvärmehandledning; 1995
- [3] Jantze U, Palmgren M-J; Luftkvaliteter i lokaler vid direktutsläpp från naturgasförbränning; Värmeforsk; nr407; 1990
- [4] Adamsson/Löfstedt; Takvärme, Temperaturfördelning och behaglighet; Statens institut för byggnadsforskning; Rapport R12:1972
- [5] Dalin P; Naturgas IR för lokaluppvärmning i Nordamerika; Sveriges Tekniska Attachéer; USA-8914;1989
- [6] Johansson M, Jansson Å; IR-strålare för industriellt bruk; Värmeforsk; 1988.
- [7] Projekterings- och installationsmanualer: 1996-09-02 fanns Amgas industrigassystem AB och Ingenjörsfirma GOTEK AB registrerade hos Svenska Gasföreningen.
- [8] Andersson T; Försäkringsförändringar beroende på installation av gas-IR; SwedeGas AB; 5411.41.2886; 1989
- [9] Stockholm Energi; Energieffektiviseringshandbok del 1&2
- [10] Pierre B; Mekanisk Värmeteori; FK del II; KTH
- [11] Peterson F; Klimatberäkningar, Kompendium I:2; KTH Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik
- [12] Ljung B,Högberg O; Investeringsbedömning-En introduktion; Liber-Hermuds; ISBN 91-23-01424-5; 1988
- [13] ENEU 94-Anvisningar för energieffektiv upphandling av utrustning och maskiner inom industrin; Sveriges Verkstadsindustrier/Förlags AB Industrilitteratur;1994
- [14] Handbok-Handläggning av Bygglov och Bygganmälan; Svenska Kommunförbundet;ISBN 91-7099-500-1;1995
- [15] Pedersen J m.fl.; Besiktning av entreprenader i anslutning till AB 92 och ABT 94;Svensk Byggtjänst; ISBN 91-7332-729-8;1995



SE-205 09 MALMÖ • TEL 040-24 43 10 • FAX 040-24 43 14
www.sgc.se • info@sgc.se
