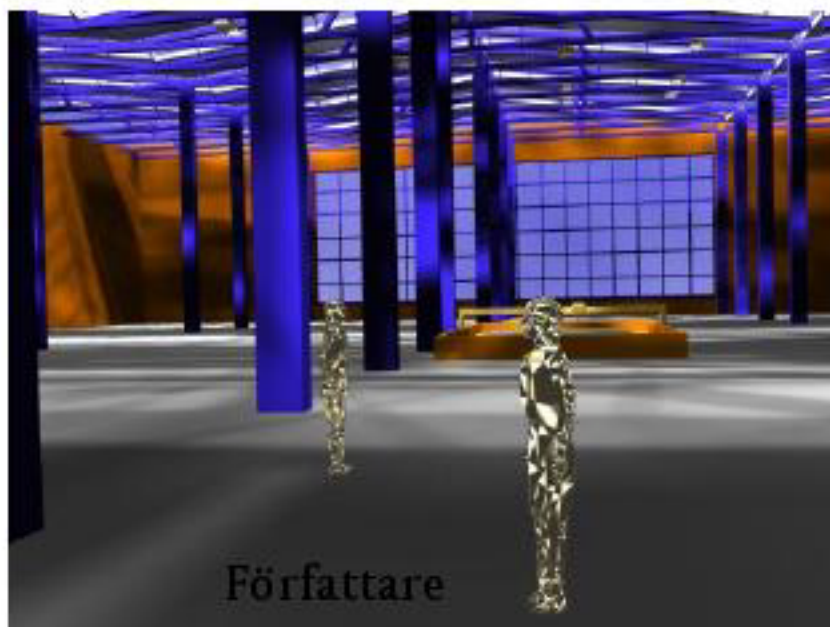

Rapport SGC 111

UTVÄRDERING AV RÖD IR-INSTALLATION VID KOCKUMS - MALMÖ

©Svenskt Gastekniskt Center - December 2000



Anders Lundin , ELICIT AB

Michael Johansson, MALMÖ HÖGSKOLA

Sammanfattning

På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center AB har en uppföljningsstudie av installation av s k "röda" värmestrålare på Kockums i Malmö utförts.

Studien har fokuserat på luftkvaliteten i lokalerna, dokumenterad energiprestanda samt hur klimatet upplevts av användare före och efter installation.

Installationen genomfördes under 1996 och omfattar en industrilokal på 8800 m². Tegelbyggnaden var en del av de gamla varvsbyggnaderna och karaktäriseras av hög takhöjd med ett tak som till stor del består av lanterniner. Byggnaden har ett klimatskal som kan karaktäriseras som klen. Detta medförde att man under flera år sökte vägar för att åstadkomma ett vettigt arbetsklimat utan lyckat resultat. Installationen har visat att det går att åstadkomma ett bra arbetsklimat med IR-värmare. Installationen har också visat att energieffektiviseringen blivit signifikant.

Röd IR-system innebär att rökgaserna släpps ut i lokalen med konsekvens att emissioner som CO, NO_x etc. kan påverka personer som vistas i lokalen. Mätningar som utförts av Malmö Högskola visar dock att uppmätta halter med marginal underskrider de uppsatta hygieniska gränsvärdena.

Summary

SGC took the initiative to this report in order to establish an understanding for systems where natural gas fired infrared radiators are used for direct heating in industrial buildings.

The report focuses on air quality as a consequence of flue gases being directly distributed into the building.

It also describes the efficiency improvement of the system installation both concerning energy consumption and economical consequences. Parameters such as investment and operating costs are analysed. Interviews with people working in this environment have also been conducted.

The installation was made in 1996 in a large industrial building that previously was part of the shipyard, characterised by high ceiling and basically poor insulation properties.

The installation has drastically improved the energy efficiency in the building. It also has proven to provide people working in the building with an improved working environment, i.e. pleasant temperature without major airflow.

The emission levels from the equipment have, after some adjustment, been proved to have a very small impact on the working environment and the pollution levels are lower than the required limits.

Innehållsförteckning

1. Bakgrund och målsättning	3
2. Uppvärmning med IR-strålare	4
2.1 IR-värmare	4
2.2 Tillämpningar	5
2.3 Energibäraren	6
2.4 Direktutsläpp av avgaser	6
2.5 Termisk klimatupplevelse	6
3. Beskrivning av byggnaden och systemlösning	9
3.1 Aktuell lokal	9
3.2 Beskrivning av installationens genomförande	11
3.3 Systembeskrivning av IR-värmesystem Kockums Industrier AB byggnad 301	12
3.4 Driftsättning	14
4. Uppföljningsprojektets genomförande	15
4.1 Syftet med utvärderingen	15
4.2 Luftkvalitetsmätningar	15
4.3 Analys av driftdata under säsongerna 96/97, 97/98 och 98/99	23
4.4 Uppskattad energieffektivisering	25
4.5 Hur det nya arbetsklimatet uppfattas	25
5 Resultat och slutsats	26
6. Referenser	27

Bilagor

- Σ Beslutsprocess i samband med installation av IR-värmare på Kockums.
- Σ Funktionsbeskrivning manöverskåp
- Σ Exempel på systemdokumentation

1. Bakgrund och målsättning

IR-strålare kan användas för att effektivt överföra värme för uppvärmnings- och torkningsändamål. Tekniken har sina rötter från slutet av 1930-talet där Henry Ford introducerade IR-strålare för torkning av billacker.

IR-teknik har under ett antal års praktisk tillämpning visat sig fördelaktigt jämfört med system där värme överförs med konvektions- och ledningssystem.

Trots sin närvaro på den svenska marknaden i ca 15 år har tekniken ej fått sitt riktiga genombrott. Marknaden för IR-strålare har kommit längre i länder där naturgasen har större betydelse som energibärare.

För tillämpningen lokaluppvärmning har till dags dato närmare 100 installationer genomförts med generellt sett goda erfarenheter vad det gäller förmåga att åstadkomma en bra vistelsemiljö samt minskade driftsnettokostnader, speciellt i lokaler med höga takhöjder samt begränsad isolering. Tidigare utvärderingsstudier har framförallt fokuserat på lokaler där svart IR-värmare installerats. Det fanns därför ett intresse redan vid installationen av det aktuella systemet vid Kockums att följa upp resultaten av denna installation av "röda" IR-strålare. Skillnaden mellan "svart" IR och "röd" IR är våglängden på värmestrålningen samt att "röda" IR-strålare släpper ut avgaserna från förbränningen direkt genom strålningsytan.

Huvudsyftet med denna utredning har varit att utvärdera luftkvaliteten/klimatet i aktuell lokal. Rapporten ger även en beskrivning av genomförandeprocessen vid installation samt utvärderar och analyserar funktioner och prestanda. Bl. a har följande frågor undersökts;

- Σ Konsekvenser av direktutsläpp av avgaser vid förbränning av naturgas
- Σ Upplevda arbetsklimatförbättringar genom intervjuer med personal
- Σ Uppnådd energieffektivisering med IR-värmare jämfört med tidigare luftburet system.
- Σ Genomgång och analys av genomförd installation
- Σ Beskrivning av funktionslösning och tillhörande övervakning samt uppföljningssystem

2. Uppvärmning med IR-strålare

2.1 IR-värmare

Principen för en IR-strålare är att ett material värms upp till en temperatur vid vilken värmande infraröd strålning avges.

Med en reflektor kan sedan strålningen riktas mot de områden som skall värmas.

Värmeöverföringen sker först när de elektromagnetiska vågorna träffar människor och föremål.

IR-strålare delas upp i 3 huvudgrupper beroende på deras yttemperatur och vid vilken våglängd strålaren har sitt strålningsmaximum.

- **Lågtemperaturstrålare**

Arbetar med yttemperaturer i området 30-500 °C, eller uttryckt i våglängder mellan 4-10 mm

Dessa kallas ofta svartstrålare p.g.a. att strålningen ej faller inom det synliga området.

- **Mellantemperaturstrålare**

Mellantemperaturstrålare har en yttemperatur mellan 500-1100°C med ett våglängdsspann mellan 2-4 mm.

Röd IR installationer innefattar de mellanvågiga värmarna som kallas röd- eller glödstrålare eftersom strålningsytan bestående av perforerade keramiska plattor blir glödande.

Förbränningen sker på strålningsytan efter att luft/gasblandningen passerat keramens perforeringar och keramen börjar glöda.

Beroende på typ av keramisk platta dimensioneras röd IR-strålarna för max temperaturer mellan 900-1000°C.

Röd-IR värmare är en av de tillämpningar där förbränningsprodukterna släpps direkt ut i lokalerna på samma sätt som vid CO₂-gödning i växthus och vid användning av gasspisar.

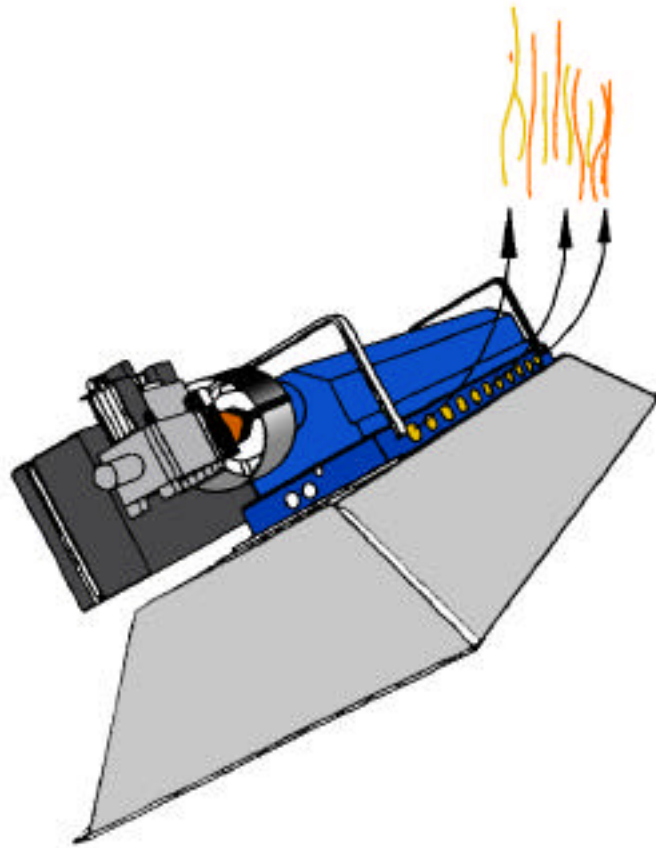


Bild 1 Mellantemperaturstrålare - "röd" IR-strålare

- **Högtemperaturstrålare**

Högtemperaturstrålare har en yttemperaturer mellan 1100-3200°C med ett våglängdsområde 0,75-2 mm. Elvärmda IR-strålare är vanligast i denna grupp men även gasvärmda strålare kan förekomma, då oftast i industriella tillämpningar.

2.2 Tillämpningar

Strålningen från en kropp är proportionell mot T^4 där T är kroppens temperatur i K. Detta medför en strålare med högre yttemperatur avger mer värme per ytenhet.

En kompakt värmare kan vara av intresse i industriella processer där utrymmet kan vara begränsat. Dock måste även hänsyn tagas till det material i vilket strålningen skall absorberas eftersom absorptionsförmågan är beroende av strålningens våglängdsområdet.

En god anpassning mellan strålarens emissionsspektra och materialets absorptionsspektra är fundamentalt för att åstadkomma optimala prestanda.

IR-strålare har bl.a. visat sig som en energieffektiv metod att skapa ett gott arbetsklimat i olika typer av lokaler.

En rad industriella tillämpningar för att värma material snabbt och effektivt är kommersiellt använda idag, t.ex. torkning av papper och billacker.

2.3 Energibäraren

Aktuell energibärare för installationen i Kockums lokaler i Malmö är naturgas.

Gasens stora fördel är att den kan användas direkt vid användarapplikationen vilket ger mycket hög verkningsgrad.

Då naturgasen förbränns bildas i huvudsak koldioxid och vatten. Beroende på förbränningsbetingelserna bildas även en varierande mängd kolmonoxid och kväveoxider. Andelen kolmonoxid ger en indikation på hur effektiv förbränningen är. Fel vid installationen eller förslitningar kan ge upphov till höga CO-halter.

NO_x - emissionerna kommer enbart från förbränningsluften eftersom naturgasen ej innehåller bundet kväve.

Övriga gasprodukter såsom gasol, biogas eller stadsgas torde ej innebära några större avvikelser utan kan också användas som bränsle i IR-strålare. Grundläggande är dock att installera och modifiera brännarutrustning för specifik gas.

2.4 Direktutsläpp av avgaser

Begränsad dokumenterad erfarenhet av hur direktutsläppen påverkar arbetsmiljön och viss skepsis har funnits för hur de påverkar arbetsmiljön och om de hygieniska gränsvärdena kan innehållas vid användning av "röda" IR-strålare.

Vid bedömningen av konsekvenserna av direktutsläpp från naturgasförbränningen bör alla med direktutsläpp förknippade konsekvenser beaktas, dvs. även de med positivt värde, t.ex. förbättrad processverkningsgrad, lägre totalutsläpp och bättre inomhusklimat. Detta gäller speciellt om de faktiska emissionsvärdena ligger med marginal under hygieniska gränsvärden.

2.5 Termisk klimatupplevelse

Som framgår av bilden på gubben i bild 2 är det en rad faktorer som påverkar hur vi uppfattar klimatet i en vistelsemiljö.

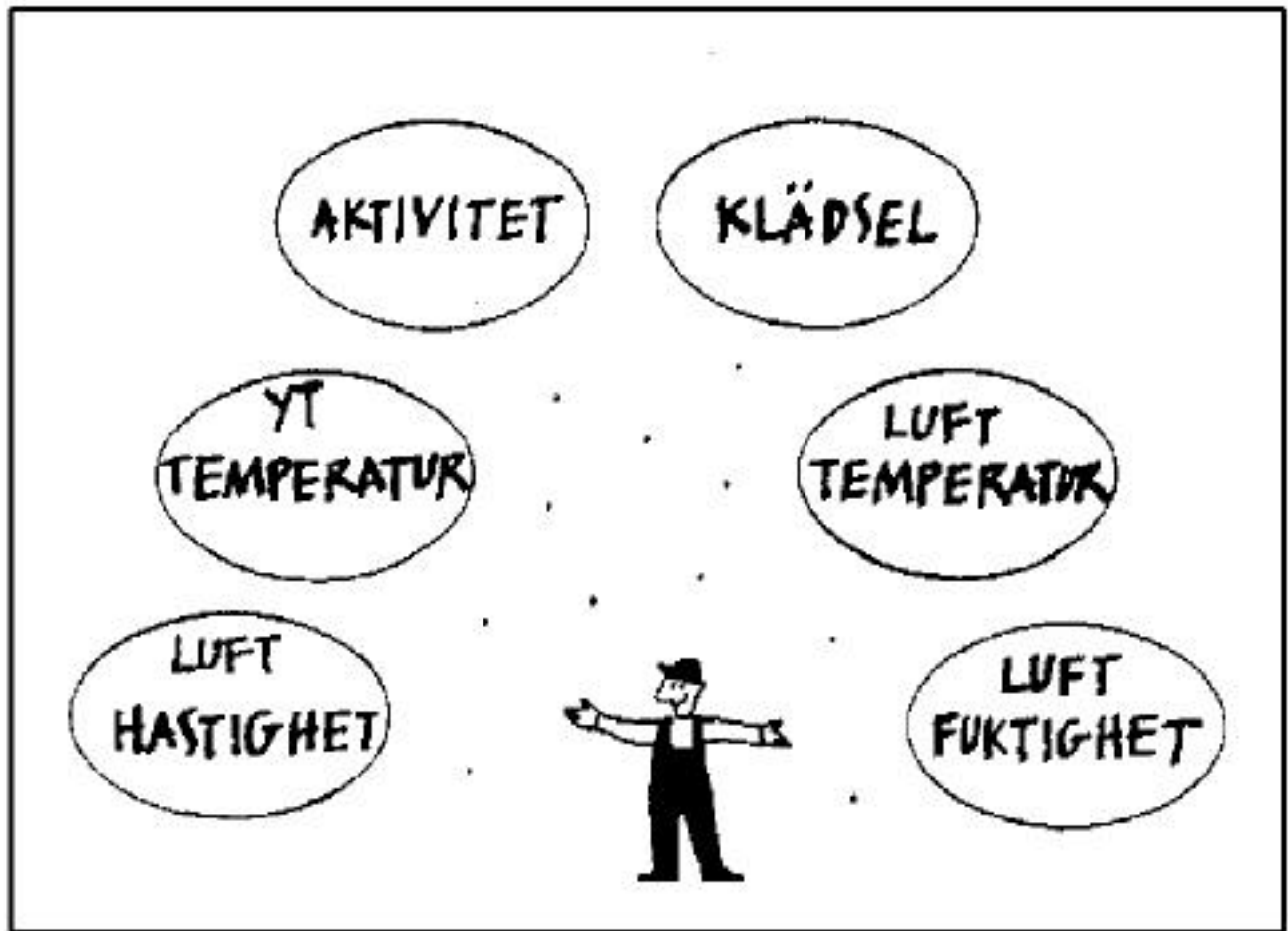


Bild 2 Faktorer som påverkar klimatupplevelsen

Det omgivande klimatet kan beskrivas som en balans av olika faktorer

- Luftens temperatur
- Luftens hastighet
- Luftens fuktighet
- Strålningsutbytet mellan omgivande ytor

Det som också påverkar hur människan uppfattar det omgivande klimatet är vilken typ av aktivitet som vederbörande utför samt vilken klädsel som används.

I en lokal med luftburet värmesystem sker vid normal aktivitet ca 50% av värmeavgivningen i form av värmestrålning och resterande 50% som värmeavgivning via konvektion och avdunstning från huden. Värmeavgivning via svettning är normalt endast ca 20% men kan vid högre temperaturer utgöra en större andel än den konvektiva värmeavgivningen.

Med strålningsbaserade uppvärmningssystem sker uppvärmningen med hjälp av strålningskällor med höga yttemperaturer vilket även medför att övriga ytor i lokalen kommer att få högre yttemperaturer.

En person i en sådan lokal kommer att kompensera den ökade värmeupptagningen genom strålning, med en ökad konvektiv värmeavgivning . Detta är bakgrunden till varför lufttemperaturen i lokalen kan sänkas med bibehållen upplevd temperatur.

3. Beskrivning av byggnaden och systemlösning

3.1 Aktuell lokal

Kockums Industrier AB ingår i Celsius-koncernen. Lokalerna i Malmö inrymde ursprungligen Kockums varvsverksamheter, vilka på senare år var inriktad på ubåtstillverkning. Denna verksamhet är idag helt förlagd till Karlskrona. Nu är verksamheten inriktad på den civila marknaden med utveckling och tillverkning av egna produkter samt legotillverkning.

Lokalerna i Malmö där verksamheten bedrivs, är äldre industribyggnader med hög takhöjd samt minimal isolering.

Innan IR-värmesystemet installerades i den aktuella lokalen användes ett luftburet system som bestod av ett antal varmluftpannor varifrån vilka, genom ett luftkanalsystem, varmluft fördelades till ett antal utblåsningspunkter i lokalen.

Luftburna uppvärmningssystem används fortfarande i övriga byggnader och lokaler på Kockums Industrier i Malmö.

Det tidigare systemet var gammalt och fungerade otillfredsställande med ojämn och undermålig temperaturdistribution i lokalen. P.g.a. byggnadens karaktär innebar denna lösning stora energiförluster och trots att en rad modifieringar visade det sig näst intill omöjligt att åstadkomma en vettig arbetsmiljö (klimat) med konvektiva uppvärmningslösningar.

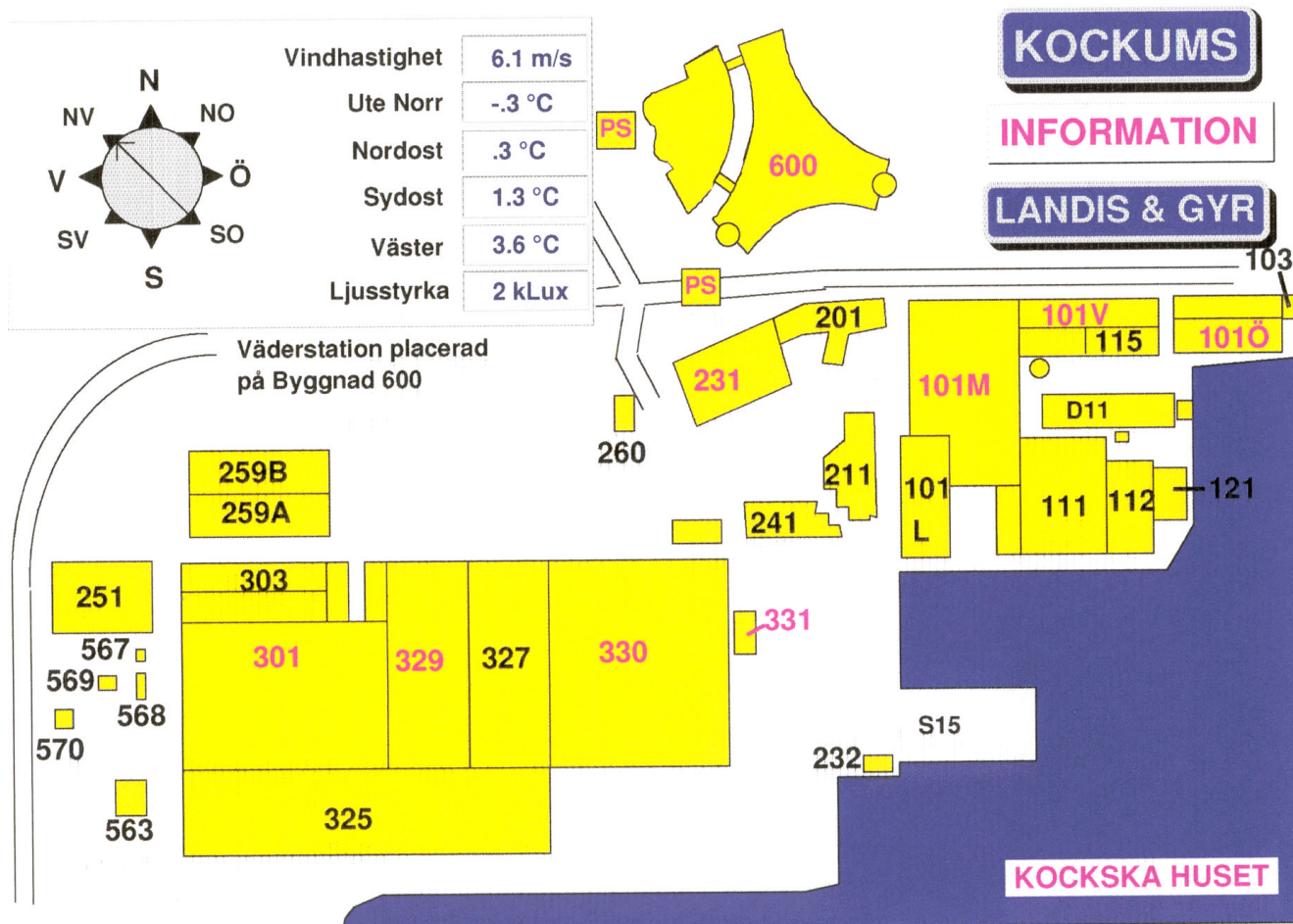


Bild 3 Översiktsbild över Kockumsområdets industrilokaler. Aktuell byggnad är byggnad 301

Lokalen karaktäriseras av hög takhöjd samt en stor ofrivillig ventilation.

Byggnaden har tegelväggar med ett antal portar och en totalyta på ca 8800 m². Takhöjden varierar något men är i genomsnitt ca 12 m och taket är utrustat med lanterniner som upptar nästan halva takytan.

Verksamheten i byggnaden omfattar svetsarbete och skärande bearbetning.

Klimatkraven i lokalen är att den skall hållas frosthärdig då ej personal vistas i lokalerna (ca 5-8°C) samt ha ett klimat som motsvarar en temperatur på ca 15-16°C när verksamhet pågår i hallen.

Angränsande lokaler med 30m takhöjd är direkt förbundna med aktuell hall och har idag fortfarande ett luftburet värmesystem av tidigare beskriven typ.



Bild 4 Interiör från Hall 301

3.2 Beskrivning av installationens genomförande

AMGAS IGS AB var ansvarig för installationen av det nya uppvärmningssystemet och hade således ansvaret för att erforderliga handlingar gällande gasinstallation överlämnades till berörd myndighet. I det aktuella fallet gjordes initialt en föransökan för gasinstallationen till SYDGAS, vilken är den lokala gasdistributören

Projektet inleddes med ett samordningsmöte där berörda parter förklarade hur deras arbete skulle utföras. En tidplan togs fram och fastställdes. Under första mötet informerades samtliga parter om gällande säkerhetsföreskrifter under montaget.

Under projektets gång fanns fortlöpande samordningsmöten där projektgruppen rapporterade enligt en mall som tagits fram. Denna mall innefattade i detalj ett flertal moment som skulle förenkla samordningen mellan parterna.

Dagböcker redovisades och överlämnades vid samordningsmötena.

Då anläggning hade färdigställt skickades färdiganmälan till SYDGAS och tidpunkt för driftsättning bestämdes. I samband med att anläggningen färdigställdes överlämnades även protokoll över egenkontroll från berörda parter.

Efter godkänd besiktning överlämnades dokumentation sammanställd av AMGAS IGS AB.

3.3 Systembeskrivning av IR-värmesystem Kockums Industrier AB byggnad 301

Installationen av IR-strålare gjordes 1996 av Amgas Industrigassystem AB. Underentreprenörer var bl.a. ORAB som stod för montage av IR-värmarna samt byggnation av gasledningssystemet.

IR-strålare

Lokalen är idag försedd med 49 IR-strålare av typ rödstrålande gasinfravärmare HOAF R35 EEL. Effekten uppges till 32kW (36kW nominellt) per enhet, vilket ger en total installerad effekt på ca 1570 kW eller 180 W/m². Denna IR-värme modell arbetar i 2 steg och styrs via ett PLC-system som levererats av Landis & Staefa. Ett helt nytt dataprogram för reglering togs fram för att styra anläggningen.

Strålarens dimensioner är 1,4*0,6m. Höjden är 0,4m, inklusive gasanslutningar och brännare. IR-värmarna är placerade 1 meter under takhöjd och påverkar därmed ej verksamheten i lokalen. Traverser och annan utrustning löper fritt i taket och är på vissa ställen försedda med värmeskydd mot värmestrålningen.

Gasinstallation

IR-strålarna drivs med naturgas , som levereras av Sydgas. Leveranserna av naturgasen sker på ett enkelt sätt utan någon egentlig utrymmeskrävande eller underhållskrävande utrustning.

De varma rökgaserna som erhålls vid förbränning av naturgasen släpps ut i lokalen och ger därmed ett bidrag till uppvärmningen.

Driftstyrning i aktuell hall

En effektiv reglering ger ytterligare energieffektiviseringsmöjligheter

Lokalen är uppdelad i 9 zoner enligt bild 5

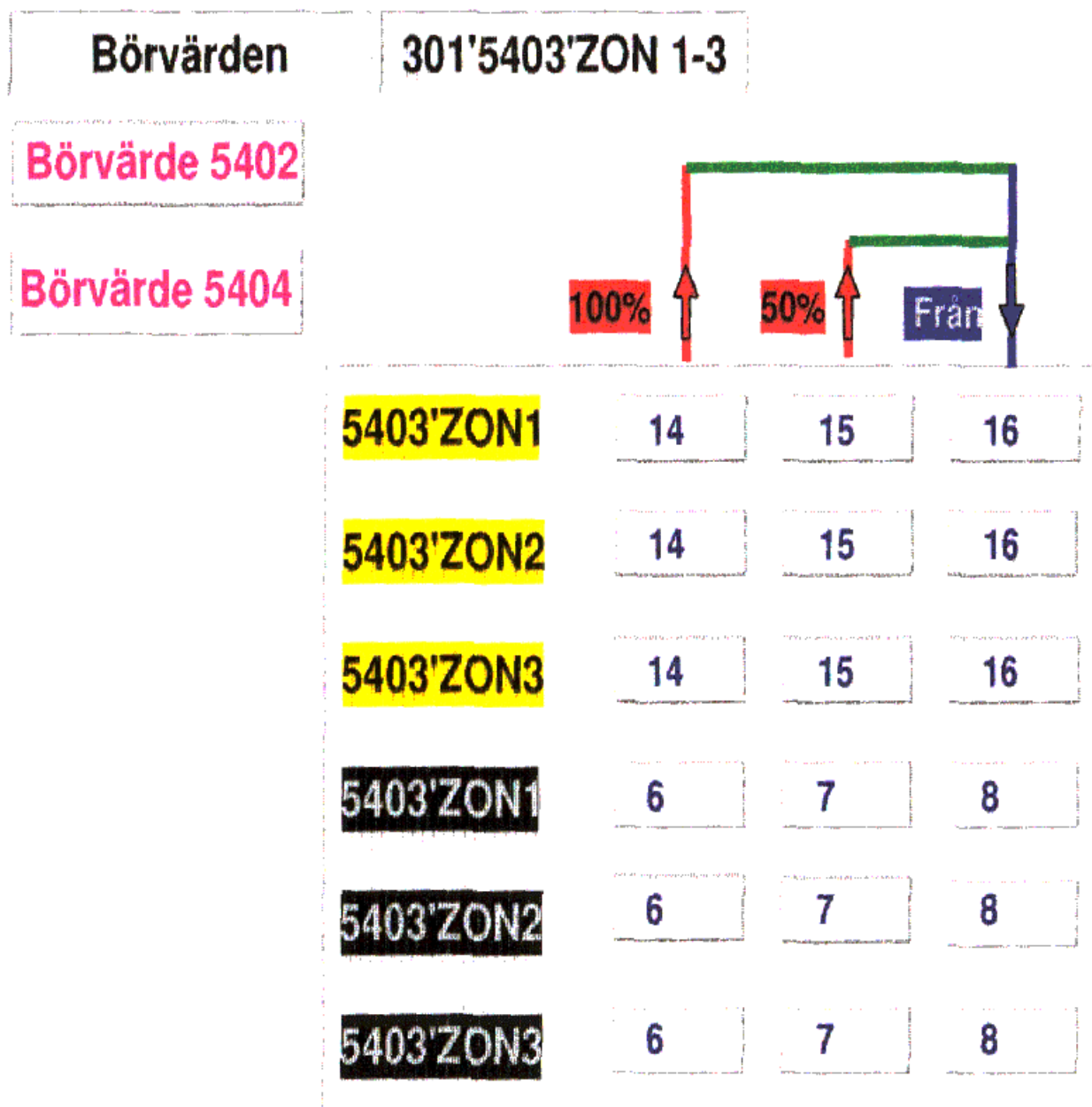


Bild 5 Schematisk bild av zonindelning av byggnaden

Temperaturgivare enligt bild 5 styr systemet från inlagda börvärden i respektive zon temperatur. Dessa givare känner av infallande strålning från IR-värmarna och en känslotemperatur kan räknas fram.

Då anläggningen regleras i 2 steg kan man få en mycket bra reglering av klimatet med hänsyn till de varierande temperaturförutsättningar som kan bli aktuella.

Anläggningen regleras så att brännarna går på max-effekt upp till börvärdet. Därefter går de på halva effekten ner till undre börvärde och klarar inte anläggningen då att hålla temperaturen startar även andra steget.

3.4 Driftsättning

Driftsättning utfördes tillsammans med gasdistributörens besiktningsman
Genomförandet kan beskrivas i följande steg:

1. Efter slutförd installation utfördes som första steg en täthetskontroll av rörsystemet för att säkerställa hela systemet.
2. Efter detta genomfördes en egenkontroll av systemlösningen utan gas för att kontrollera tändtider samt att brännarna går i driftfallet *störning* vid simulerat flambortfall.
3. Därefter driftsattes abonnentcentral vilket även innebar några mindre justeringar.
4. Efter dessa kontroller och justeringar kunde gasledningsnätet trycksättas och avluftas fram till brännarsträckorna.
5. Därefter genomfördes täthetskontrollen av brännarsträckorna efter kulventil fram till gasblocket på brännarna.
6. IR-värmarna startades en efter en och brännarna justerades till rätt effekt genom inställning av dystryck efter leverantörens diagram. Brännarnas säkerhetsfunktioner kontrollerades därefter.
7. Gasdistributörens besiktningsman utförde sedan erforderliga förbränningsanalyser enligt gängse standardförfarande.
8. Sedan genomfördes avslutningsvis kontroller av säkerhetsfunktioner samt specifika funktionsprov och i övrigt överenskomna kontroller.

Avvikelser och kommentarer:

Vid besiktningen som utfördes av Sydgas godkändes utrustning och installation utan anmärkning
Vid senare tillfälle uppmärksammades höga CO halter som kunde härledas till felaktig brännarkonfiguration. Det kan därmed tyckas anmärkningsvärt att CO halterna var acceptabla vid besiktningstillfället.

Vid kontroll av förbränning av AMGAS tillsammans med SYDGAS kunde det konstateras att värmarna fick återföring av avgaser till förbränningen p.g.a. otätheter i reflektorernas överkant samt att munstycket som användes i brännaren var avsedda för ett lägre gastryck.
För att undvika ansamlingen av avgaser under reflektorn, vinklades denna lite och munstycken i samtliga värmare byttes ut och gastrycket justerades.

4. Uppföljningsprojektets genomförande

4.1 Syftet med utvärderingen

Projektets syfte har varit att utvärdera den installerade värmelösningen med "röd-IR-strålare" avseende ett antal kriterier.

Tidigare uppföljningsprojekt avseende IR-installationer för uppvärmningsändamål har framförallt fokuserat på svart IR-värmare. Med röd IR strålare tillkommer bl.a. problematiken att rökgas tillförs byggnaden vilket skulle kunna innebära krav på komplicerade ventilationslösningar.

Malmö Högskola har utfört arbetsmiljömätningar för att utvärdera luftkvaliteten i lokalerna. Samtidigt har klimatprofilen i byggnaden studerats.

Genom intervjuer av personer som arbetar i lokalerna har även den upplevda klimatförändringen kunnat följas upp.

Syftet med arbetet har även varit att redovisa vilka energieffektiviseringseffekter installationen inneburit. Bristfällig statistik från tiden före installation har gjort detta svårt men utvärdering har genomförts enligt nedanstående redovisas teorier och data, som är baserade på befintliga system som används i liknande och närliggande lokaler.

Utvärderingen har resulterat i slutsatser om systemets konkurrenskraft avseende komfort, drift och ekonomi.

4.2 Luftkvalitetsmätningar

När infraröda gaseldade strålare används för direkt lokaluppvärmning emitteras avgaserna direkt ut i lokalen. Halterna av CO_2 , CO och NO_x i vistelsezonerna i lokalen är viktiga att bestämma för att tydliggöra att driftbetingelserna i typen av den aktuella typen av lokal ger en luftkvalité som möter aktuella krav.

Mätningar har utförts under dagtid med full verksamhet i lokalerna samt nattetid då verksamheten ligger nere samt uppvärmningssystemet varit avslaget.

Mätningarna har gjorts i vistelsezonen på ca 1.8 m höjd. Effektiv mättid vid varje tillfälle har varit ca 20h.

Tidigare försök har visat att 2 skikt bildas i liknande byggnad. De människor som vistas i lokalen inandas dock luften från det undre skiktet och därmed ses mätvärden från denna höjd mest intressant.

Gränsvärden för CO, CO₂, NO och NO₂

Ett *hygieniskt gränsvärde* är den högsta godtagbara genomsnittshalt av ett ämne, eller i vissa fall blandning av ämnen, i inandningsluften under en viss tid. Halten anges i olika enheter. För gaser, ångor och partikelformiga luftföroreningar anges halten i mg/m^3 luft. För gaser och ångor anges halten dessutom i ppm.

Nivågränsvärde är det gränsvärde som gäller för exposition under en hel arbetsdag (8h).

Takgränsvärde är det gränsvärde som gäller för exposition under kort period, 15minuter/h.

Enligt arbetarskyddsstyrelsen är *nivågränsvärdet* för koldioxid 5000 ppm.

Nivågränsvärdet för koloxid är 35 ppm

Nivågränsvärden för kväveoxiderna är för NO₂ 2 ppm samt för NO 25ppm.

En sammanställning av nivågränsvärden, takgränsvärden och korttidsvärden redovisas i tabell 1 nedan.

Ämne	Nivågränsvärde (ppm)	Korttidsvärde (ppm)
CO ₂	5000	10000
CO	35	100
NO ₂	2	5 ¹
NO	25	50

Tabell 1 Sammanställning av hygieniska gränsvärden för CO₂, CO, NO₂ och NO

För att utröna hur miljön i lokalen påverkas av IR-installationen har ett antal mätningar utförts enligt nedan. För att beskriva påverkan ifrån bakgrundskällor har även ett antal mätningar gjorts vid tillfällen då IR-installationen ej varit i drift.

Beskrivning av mätutrustning

Provgas sugas från vistelsezonen i lokalen respektive från strålarens förbränningszon till ett varmt filter för att undvika kondensation. Från filtret transporteras provgasen via en 5 meter lång uppvärmd slang till provgas pump och kylare. Alla komponenter i kontakt med provgasen, slangar, rör, ventiler mm, är tillverkade av rostfritt stål, PTFE eller glas för att undvika adsorption av kväveoxider.

Analysatorn för kväveoxider var av typ Ecophysics CLD 700 EL med mätområde 0-100ppm, 0-10000ppm och 0-100000ppm.

För att förse ozongeneratorn med torr luft användes en adsorptionstork, modell PAD 250.

Onoggrannheten är mindre än 1% av fullt skalutslag

Analysatorn för kolmonoxid och koldioxid var av typ non-dispersive infrared (NDIR), URAS 10P från Hartmann& Braun. Denna typ är försedd med tre mätkanaler, en för hög nivå CO, en för låg nivå CO och en kanal för CO₂

Onoggrannheten är mindre än 1% av fullt skalutslag

Syrehalten mättes med en paragnetisk analysator från M&C. Den har två mätområden, 0-20vol-% och 0-100 vol-%. Onoggrannheten är mindre än 1% av fullt skalutslag

Analysatorerna kalibrerades med certifierade kalibreringsgaser i omedelbar anslutning till mätningarna.

Förutom ovanstående parametrar har operativ temperatur, lufthastigheter samt relativ fukthalt uppmätts.

¹ Takgränsvärde

Följande parametrar har studerats

- Σ CO
- Σ CO₂
- Σ NO
- Σ NO₂
- Σ C_xH_y
- Σ Fukthalt
- Σ Lufthastighet
- Σ Lufttemperatur
- Σ Strålningstemperatur
- Σ Operativ temperatur (summa luft samt strålningstemp.)

Beskrivning av mätplats

Antal mätpunkter och mätpunkternas placering är valda för att få ett representerativt värde för hela lokalens vistelsezon. Med hjälp av NO-koncentrationens tillväxtkurva samt byggnadsbedömning har den totala ventilationen av byggnaden beräknats till ca 0,5-1 oms/timme

Referensmätning dagtid

Denna mätning genomfördes från tiden strax innan verksamhetsstart tills fortvarighetstillstånd inträdde. Denna mätning är till för att få bakgrundsemissioner från verksamheten utan att IR-installationen är i drift. Då personalen på Kockums inte ville köra utan värme under en hel dag reducerades denna mätning till avstängning av IR-strålare ca kl. 10:30 på förmiddagen. Då hade lokalen värmts upp så pass att verksamheten kunde fortsätta utan att temperaturen sjönk för mycket (se diagram 1). Ur detta diagram kan utläsas att bakgrundshalten av koldioxid ligger på strax under 1000 ppm. Kolmonoxid kan anses falla med samma hastighet som under natten utan verksamhet vilket kan indikera en bakgrundshalt på ca 5 ppm.

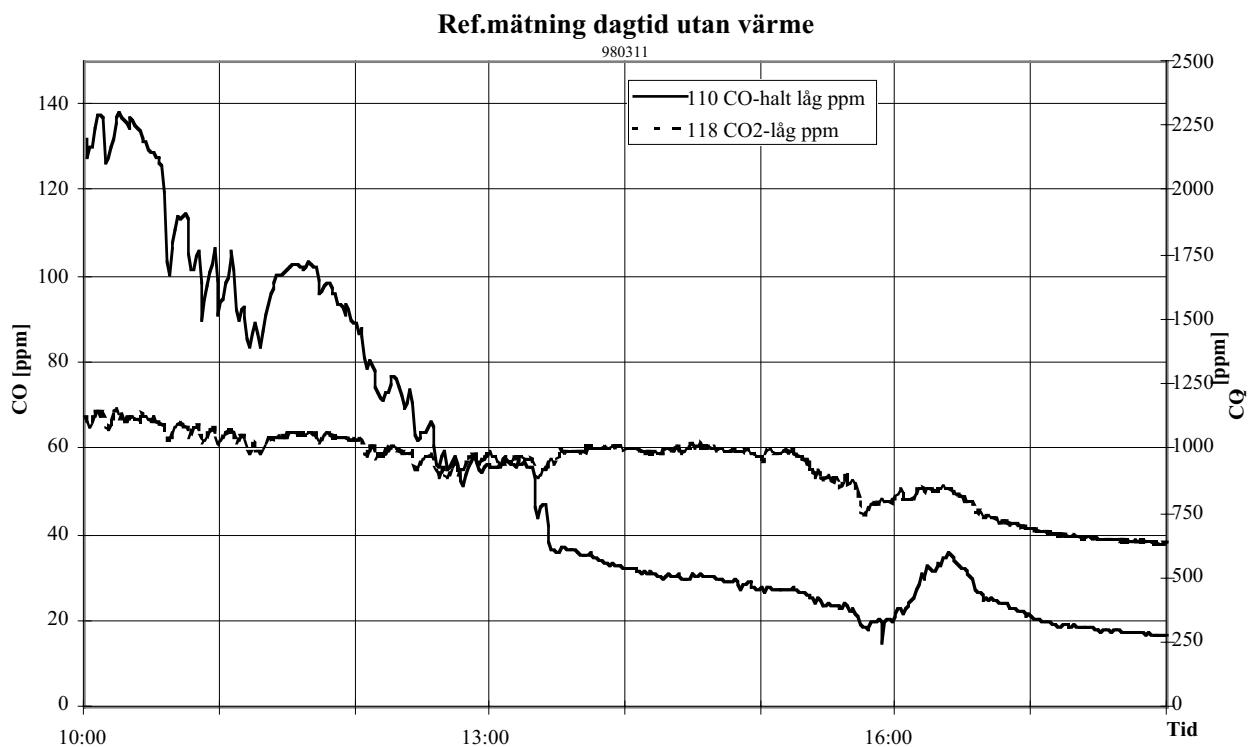


Diagram 1 - Referensmätning dagtid med full verksamhet. IR-strålarna avstängda kl 10:30

Referensmätning natt, utan IR-installation

Denna mätning genomfördes nattetid med ventilation och belysning utan verksamhet och IR-installationen ur drift, se diagram 2. Bakgrundshalter av koldioxid är ca 500 ppm och kolmonoxid ca 5 ppm.

Referensmätning natt, med IR-installation.

Samma som ovan men med IR-installationen i drift, se diagram 3. Koldioxidhalten ligger på drygt 1000 ppm. Kolmonoxidhalten ligger på drygt 150 ppm, något högre än dagtid med full verksamhet. Anledningen till detta är troligen att vid full verksamhet i lokalen så öppnas stora portar med jämna mellanrum vilket späder ut luften så att halten hålls nere.

Mätning dagtid.

Under dagtid med full verksamhet i lokalerna görs mätningar i vistelsezon på ca 1,8 m höjd över golv. Mätningarna görs på 4-5 platser i uppvärmningszonerna. Kontrollmätningar visar att halterna är mycket lika i olika punkter, avvikelser på mindre än 10%. För långtidsmätningarna fanns endast ett

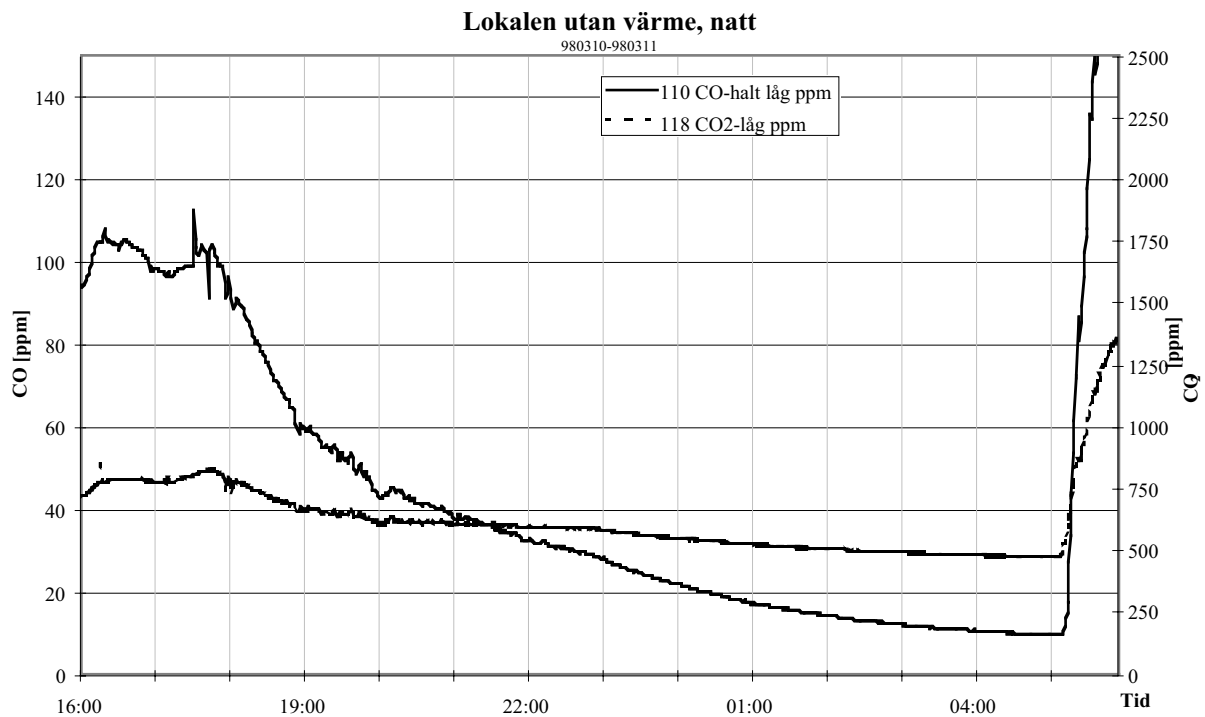


Diagram 2 - Emissioner nattetid utan verksamhet och värme.

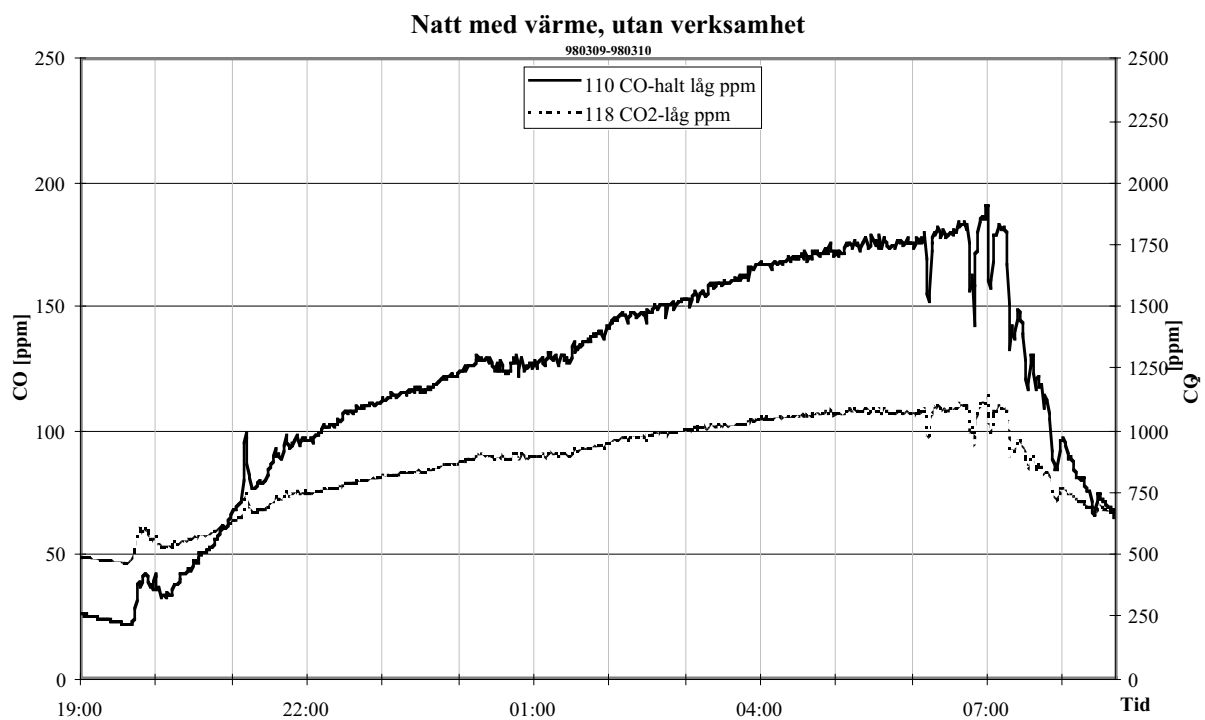


Diagram 3 - Natt utan verksamhet med IR-strålare i drift.

alternativ till placering av utrustningen för att inte störa verksamheten. Redovisad mätning mitt i lokalen mellan två rader av strålare, se diagram 4.

Koldioxidhalten är relativt stabil, 1250 ppm, aningens högre än i fallet utan verksamhet.

Kolmonoxidhalten ligger till en början på ca 150 ppm för att senare under dagen minska till ca 100 ppm.

Anledningen är att anläggningen framåt dagen börjar att reglera ner IR-strålarna då temperaturen i lokalen nått börvärde.

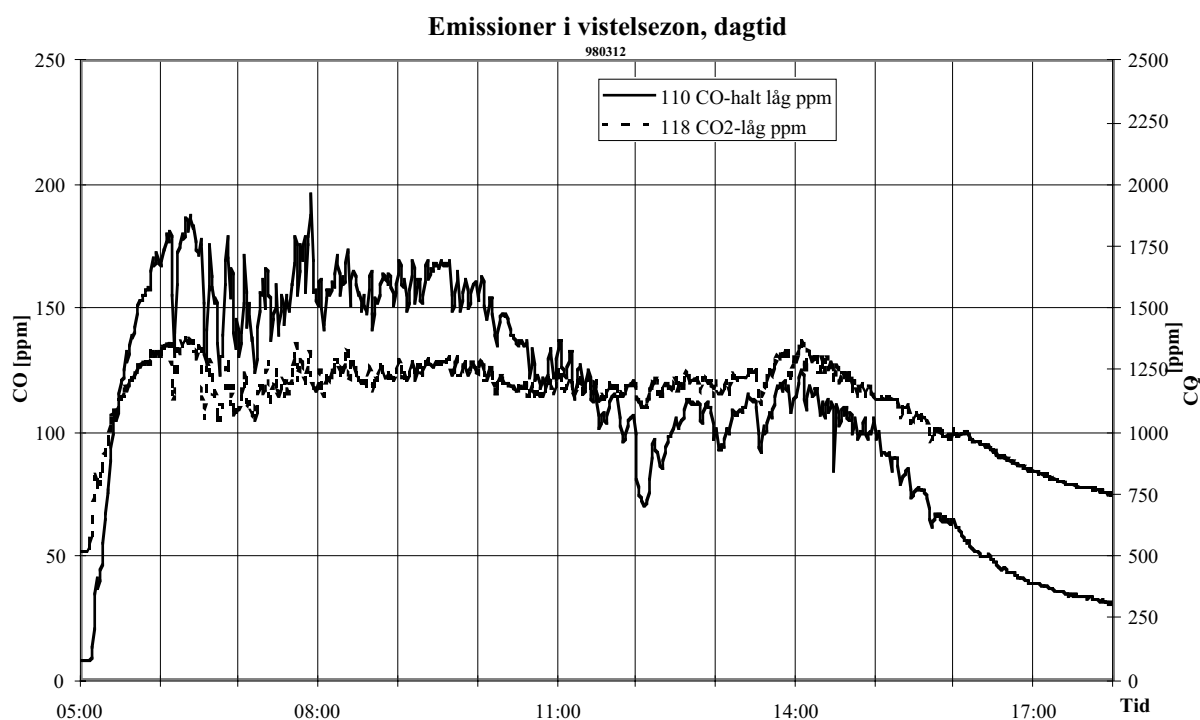


Diagram 4 - Dagtid med full verksamhet och värme.

Förutom de i tabellen nämnda mätdata har även O₂-halt och NO_x-halt mätts. För dessa har ingen påvisbar förändring upptäckts.

Under alla mätningar noterades även att halten kvävedioxider var mycket stabil, ett par enstaka ppm. Eftersom denna halt inte påverkats synbart av att IR-strålaren varit i drift eller inte redovisas dessa data inte i diagrammen.

Mätningarna utfördes i början av mars 1998. Ute var det snö till slask, temperaturen var mellan 0 och +3°C dagtid och ner till ca -5°C nattetid samt relativt vindstilla. Bakgrundsdata utomhus var 330-360 ppm koldioxid samt 4-5 ppm kolmonoxid.

Uppmätta värden jämförs med aktuella gränsvärden enligt nedanstående tabell 2

Ämne	Nivågränsvärde ppm	Korttidsvärde ppm
Koldioxid	5000	10000
Kolmonoxid	35	100

Tabell 2 - Gränsvärden enligt arbetarskyddsstyrelsen, AFS 1996:2.

Mätningarna visar på att man i lokalens vistelsezon överskrider arbetarskyddsstyrelsens korttidsvärde. Så hög halt av kolmonoxid är att betrakta som orimligt vid en gasinstallation. För en korrekt justerad IR-strålare skall de utspädda rökgasernas kolmonoxidhalt ligga på ca 100 ppm. En av IR-strålarna kontrollmättes avseende kolmonoxid. Dessa mätningar visade att det i de utspädda rökgaserna innehöll drygt 1 vol-% (10000 ppm) kolmonoxid. Slutsats var att gas/luftblandningen ej vara korrekt. En kontroll av tillverkaren gav bl. a. att strypbrickan för luftinblandning var felaktig. Strypbrickor och gasmunstycken byttes ut samtidigt som alla IR-strålare monterades något lutande för att förbättra rökgasföringen.

Vid liknande utomhusförhållande påföljande eldningssäsong erhöles följande resultat (se diagram 5) Koldioxidhalten ligger nattetid på drygt 400 ppm och dagtid på 1200-1500 ppm. Kolmonoxidhalten ligger nattetid på ca 3 ppm och dagtid på 5-6 ppm. Dessa värden är fullt acceptabla och visar att

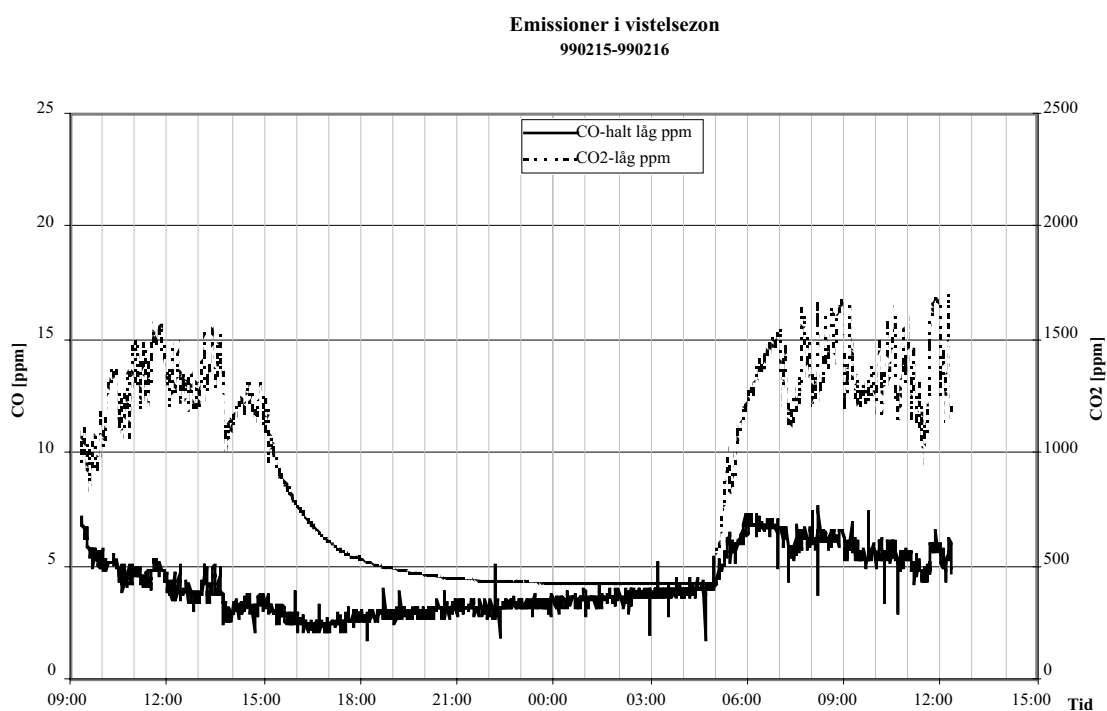


Diagram 5 - Emissioner dag- och nattetid efter injustering av IR-strålare.

påverkan från IR-strålarna är marginell.

De sistnämnda mätningarna gjordes i mitten av februari 1999. Temperaturen under mätningarna var dagtid mellan +1 och -2°C och nattetid ca -5°C. Marken var snöbelagd och vädret var lugnt med svag bris.

Kort sammanställning av mätdata.

	CO	CO₂	Drag	T upplevelse	Rel. fukthalt
	ppm	ppm	m/s	°C	%
Bakgrund utan värme	3-4	400-450	0,35-0,37	8	44
Med värme	5-6	1100-1500	0,37-0,4	14-16	49

Tabell 3 - Mätdata för Kockums, IR-installation.

Förutom de i tabell 3 redovisade mätdata har även O₂-halt och NO_x-halt mätts. För dessa har inga påvisbara förändringar upptäckts.

Slutsatser

CO-halten.

Installationen har inte märkbart påverkat klimatet. Skillnaden kan knappt påvisas.

CO₂-halten.

Halten stiger från bakgrundsvärdet ca 450 ppm till ca 1250 ppm under drift. Detta bör jämföras med CO₂-halten ca 900 ppm vid verksamhet dagtid utan IR-installationen i drift. Tillskottet på grund av IR-installationen är ca 350 ppm vilket varken kan betraktas som speciellt mycket eller förvånande.

NO_x halt

Ingen förändrad halt eller förhöjning kan påvisas.

Mätområdet 0-100ppm medger ej en full genomskådning av halten för arbetsmiljösynpunkt

Drag

Draget på ca 1 meters höjd förändras på grund av att under dagtid används portarna relativt mycket. Under nattid är portarna stängda.

Upplevelsetemperatur

Upplevelsetemperaturen stiger från ca 8°C till ca 15°C. Upplevelsetemperaturen 15°C kan betraktas som en lämplig temperatur för den verksamheten som bedrivs i lokalerna.

Relativ fukthalt.

Relativa fukthalten stiger från ca 44% till ca 49%. Den absoluta fukthalten stiger då från ca 3g/kg till ca 5 g/kg. Højningen är delvis beroende av rökgasernas innehåll av vattenånga. Højningen kan inte betraktas som negativ, upplevelsen kan snarare bli bättre.

Sammanfattningsvis är det framförallt koldioxidhalten i lokalen som förändras negativt, om inte speciellt mycket. Temperaturmässigt är förändringen klart positiv, helt enligt kraven på installationen.

Vid ett skede av mätningarnas genomförande uppmärksammades onormalt höga halter CO
Vid närmare undersökning kunde felet identifieras, som orsakade ofullständig förbränning. Med modifierade brännare har CO-nivåerna kommit ner på normala nivåer.

4.3 Analys av driftdata under säsongerna 96/97, 97/98 och 98/99

Bestämning av driftkostnader före och efter investering

Kockums har endast IR-strålare för uppvärmning av lokalen 301. Hallen har dock en direkt förbidelse med andra lokaler där luftburna system används idag.

Det är svårt att uppskatta hur mycket värme som läcker från närliggande lokaler men det är rimligt att anta att dessa bidrag är av ringa betydelse, bl.a. p.g.a. att byggnaderna generellt är mycket otäta (stor ofrivillig ventilation).

Enligt redovisad driftsstatistik, i form av gasförbrukning under 3 driftsäsongerna för byggnad 301, ser vi följande utfall:

96/97	97/98	98/99
104 000 nm³	102 000 nm³	48 000 nm³
1250MWh	1225MWh	576MWh

P.g.a. att utrustningen ej varit intrimmad tillfredställande under de 2 första driftsäsongerna är det vanskligt att uppskatta en energiförbrukning som kan förväntas. Baserat på tidigare erfarenheter kan dock uppskattas att den ligger i intervallet 550-1000 MWh/år dvs. att del av den förbrukning som registreras första åren beror på låg verkningsgrad.

Tidigare energianvändning

Tyvärr finns ej någon energistatistik för byggnad 301 för perioden före IR-installationen. Men för att få en jämförande referens har energiförbrukningen i en angränsande och liknande byggnad studerats. Denna lokalen har en liknande värmelösning som byggnad 301 hade före installationen.

Med utgångspunkt från 98/99 års förbrukning får vi en förbrukning som normalårskorrigerat skulle hamna på ca 2500 MWh omräknat på motsvarande yta i byggnad 301.

Kockums har beräknat en energikostnad på 21 öre/kWh.

Service- och underhållskostnader har antagit vara ca SEK 30 000 per år vilket resulterar i en total driftkostnad i intervallet SEK 200 000-240 000 per år eller ca 25 kr/m²,år

Energibehovsberäkning

En jämförande energibehovsberäkning för lokalen med tidigare beskrivna förutsättningar presenteras nedan:

Beräkningsförutsättningar:

Σ Drifttid:	Måndag till fredag 0500-1500
Σ Börvärde:	15-16°C
Σ Nattsänkning	7-8°C

Beräkningsförutsättningar för transmissionsförluster

Värme genomgångskoefficienter [W/m² °C] :

Σ Tak =	0.8
Σ Väggar =	0.8
Σ Golv =	0.3
Σ Portar =	2
Σ Fönster =	3

Den dimensionerande temperaturskillnaden för in- och utsida av taket har, i fallet med ett luftburet system beräknats till 53°C, och i fallet med IR-systemets har den beräknats till 35 °C.

För ventilationsberäkningar har den ofrivillig ventilationen beräknats till ca 40000m³/h.

I övrigt hänvisas till SGC rapport 079 där beräkningsprinciperna redovisas.

	Transmissions förluster	Ventilation förluster	Totalt
Luftburet system	900MWh/år	1800MWh/år	2700MWh/år
IR-värme	750MWh/år	425MWh/år	1175MWh/år

4.4 Uppskattad energieffektivisering

Jämför vi teoretiska och praktiska erfarenheter kan vi uppskatta en energieffektivisering i storlekordningen 55-65%

Investeringen som beskrivs i tidigare systemlösning uppgick till ca 1.5 miljoner SEK.

Den ekonomiska besparingen i form av lägre energiförbrukning motsvarar ca 350 kSEK/år vilket skulle ge en återbetalningstid för systemet på ca 4,3 år

4.5 Hur det nya arbetsklimatet uppfattas

Kortare intervjuer har genomförts med personalen. Intervjuad personal hade alla erfarenheter av arbetsmiljön före och efter installation av IR-värme.

Samtliga hade sin huvudsakliga arbetsplats i byggnad 301.

Följande frågor ställdes:

Vilket är ditt omdöme om arbetsmiljön i allmänhet?

- Σ Stoft och buller återkommer som primära problem
- Σ Kommentarer på några håll om förbättrad värme efter installationen av IR-värmare

Hur upplever du klimat i lokalerna sommar och vinter?

- Σ Somrarna kan bli mycket varma
- Σ Vissa ser inte klimatskiftningar som något problem
- Σ De flesta kommenterar att vinterklimatet är behagligt sedan IR-värmen installerades, innan var det dragigt och kallt och värmen var obefintlig.

Hur beskriver du skillnaden av klimatupplevelsen före och efter installation ?

- Σ Upplever att det nya systemet håller värmen
- Σ Man känner värmen
- Σ Någon tycker att det är skönt när det är "friskt"
- Σ Förut frös man alltid, nu är det OK!
- Σ "Största fördelen är att de material vi jobbar med inte längre är iskallt"

Sammanfattar man detta är klimatproblematiken inte den primära arbetsmiljöfrågan för de som vistas i lokalerna.

Funktionellt har IR-värme lösningen inneburit ett bättre och jämnare klimat än tidigare lösningar.

5 Resultat och slutsats

Sammanfattas resultaten från installerad systemlösning med röd IR-värmare i Kockums byggnad 301, kan följande slutsatser dras

- Σ Luftkvaliteten i vistelsezonen i lokalerna är, efter intrimning av anläggningen, med marginal under gällande gränsvärden.
- Σ Arbetsmiljön har förbättrats med mindre drag och jämnare temperatur i vistelsezonerna.
- Σ Personer som jobbar i hallen uppfattar en tydlig förbättring som bl.a. beskrivs: "Man känner värmen", "Håller värmen". "Förut var allt material iskallt", "Fryser inte"
- Σ Energiförbrukningen har minskat markant och det ekonomiska utfallet bedöms ha resulterat i en pay-off period på ca 5 år.

6. Referenser

1. Pär Dalin DITAB; Handledning för installation av gaseldade IR-värmare, Rådgivning, analys, och genomförande; SGC rapport 079.
2. Projektering och installationsmanualer, Amgas industrigassystem AB 1996
3. Pedersen J m.fl.; Besiktning av entreprenader i anslutning till AB92 och ABT 94;svensk Byggtjänst; ISBN 91-7332-729-8;1995
4. SCANVAC; Klassindelade inneklimatsystemsriktlinjer och specifikationer; Svenska inneklimatinstitutet

Bilaga 1

Beslutsprocess i samband med installation av IR-värmare på Kockums.

Behovet av en förändring var framförallt driven av behovet att förbättra den inre miljön i arbetslokalerna. Beslutsprocessen som ledde fram till beslut är ej dokumenterad men det kan vara på sin plats att påminna om nyttan att systematisera beslutsprocessen i form av en förstudie:

Exempel på struktur i en lämplig förstudie:

1. Inventering nuläge:

Kartläggning var och när energi används samt hur mycket som används

2. Analys och mätningar:

Verklig och teoretisk energiförbrukning - jämförelse. Om avvikelserna är stora kan eventuellt mätningar göras.

3. Genomgång av åtgärdsförslag/systemalternativ:

Utredning och förslag till åtgärder tas fram och rangordnas.

4. Grunder för beslut

Definiera grunderna för val av specifik lösning

Bilaga 2

Funktionsbeskrivning manöverskåp:

Beskrivning av Kockums fastighetssystem samt praktisk användning

Arbets tid Måndag till fredag 0500-1500
Börvärde 15-16°C
Nattsänkning 7-8°C

Respektive zons temperaturgivare levererar ett korrigerat temperaturvärde (infallande strålning och omgivningstemperatur) till en PLC. Dessa värden kan endast avläsas i det datoriserade fastighetssystemet via PC eller via direktinkopplad dator via seriell buss direkt i PLC. Ändring av börvärden kan göras av servicepersonal i fastighetssystemet. Ej direkt på PLC.

De enda funktioner som kan nås direkt från PLC-skåpet är de följande:

- ON ”Tvångskörning” av aktuell brännare. Brännaren frigörs från PLC och startar oavsett temperatur i zonen. Eventuella störningar registreras som vanligt.
- OFF Stänger av aktuell brännare. Eventuella störningar som registrerats släcks ner på PLC men kommer tillbaka vid omställning till ON eller AUT. Reset måste göras.
- AUT Lämnar över drift till PLC/Fastighetssystem. (Normal-läge)
- RESET Återställer eventuella störningar som uppkommit under drift eller start. Reset kan göras på två olika sätt. Alla störningar indikeras på PLC-skåpets utsida med signallampa samt i skåpet där det även visas i vilken zon störningen har uppkommit.

Reset i PLC-skåpet görs på liknande kontakter som de ovan nämnda brännarstyrningsfunktionerna. Dessa skall normalt vara inställda på AUT. *För manuell reset* - för brytaren till lägen ON (” I ”) och sedan tillbaks till Autoläge. Indikeringen skall nu försvinna och brännaren startar om (om zonen kallar på värme).

Bilaga 3

Exempel på systemdokumentation

Leverantören AMGAS Industrigasystem AB har dokumenterat installationen i en pärm där följande innehåll återfinns:

- Allmän beskrivning av systemlösning
- Ritningar och scheman
- Driftinstruktioner
- Komponentförteckning
- Mät och installationsprotokoll, med certifikat och systemgodkännande
- Underhåll och felsökning
- Reservdelslista
- Handhavande vid brand
- Underlag för systemgranskning

En komplett dokumentation skulle kunna ha följande profil:

- Allmän beskrivning av funktioner, tekniska data
- Relationsritningar, situationsplaner och översiktsritningar
- Apparatskåpritningar
- Kretsscheman, kopplingsscheman, flödesscheman
- Driftinstruktioner för IR anläggningen
- Apparatförteckning med hänvisning till tillverkares fakta information
- Gällande säkerhetsbestämmelser
- Åtgärdsplan vid brand, gasläckage och driftbrott
- Beskrivning över märkning och skyltning
- Ventilförteckning
- Protokoll från driftsättning
- Underhållsschema
- Felsökningslista
- Reservdelslista med beställningsförfarande.



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