



Forskning och
Utveckling

FOU 2002:77

ISOCYANATEXPONERING VID SVETSNING AV FJÄRRVÄRMERÖR

Gunnar Bergström, SP
Lisa Lindqvist, SP
Stefan Nilsson, SP



ISOCYANATEXPONERING VID SVETSNING AV FJÄRRVÄRMERÖR

EXPOSURE TO ISOCYANATES AT WELDING OF
DISTRICT HEATING PIPES

Gunnar Bergström, SP

Lisa Lindqvist, SP

Stefan Nilsson, SP

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt. Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB tagit ställning till slutsatserna och resultaten.

Sammanfattning

I den europeiska produktstandarden för fjärrvärmerör specificeras att stålroret ska ha en isoleringsfri ände på minst 15 cm. I Sverige gäller dock 25 cm som minsta mått enligt rekommendationer i Arbetarskyddsstyrelsens Författningssamling AFS 1996:4. Detta motiveras av arbetsmiljöhänsyn för att minimera risken för att isocyanater skall frigörs från PUR-skummet när detta upphettas vid svetsningen. En kortare längd hos den isoleringsfria stålrorsänden skulle medföra kortare skarvmuffar och därmed mindre materialåtgång; framför allt innebär det att en mindre mängd PUR-isolering behöver tillverkas i fält. En harmonisering mellan svenska och europeiska krav underlättar även för tillverkare av rör och skarvar genom att dubbel lagerhållning blir obehövlig.

En serie svetsningar har genomförts i syfte att få en bild av hur isocyanatexponering och emission påverkas av svetsmetod, rördimension och längden hos fjärrvärmerörets isoleringsfria rörände. Halten isocyanater har mätts upp dels invid PUR-skummet (emission) och dels i svetsarens inandningsluft (exponering). Vid analysen har halten av åtta olika isocyanatföreningar uppmätts. Därav är några väl kända sedan tidigare, däribland diisocyanaterna MDI (Metylendiisocyanat) och TDI (Toluendiisocyanat) och monoisocyanaterna MIC (Metylisocyanat) och PhI (Fenylisocyanat). Analyserna har dock även omfattat en isocyanatförening, ICA (Isocyanatsyra), som först på senare tid kommit att uppmärksammas.

Analysresultaten visar, som väntat, på stora skillnader i isocyanathalt mellan emissions- och exponeringsmätningar. Halten sjunker med avståndet mellan svetsstället och PUR-skummet. Exponeringsmätningarna visar att halten MDI ligger under Arbetsmiljöverkets nivågränsvärden i samtliga provade fall. Detta gäller samtliga diisocyanater samt även sönderdelningsprodukterna PhI och MIC. ICA (Isocyanatsyra) förekommer däremot i flera fall i halter som klart överstiger nuvarande nivågränsvärden. Endast vid gassvetsning av DN 250 med 15 och 25 cm fri rörände har ICA-halten uppmätts vara lägre än nuvarande nivågränsvärde.

Resultaten tyder även på att exponeringen för ICA blir större vid svetsning av mindre rördimensioner. Skillnaden mellan exponerings- och emissionsvärden är mindre framträdande i dessa fall. En möjlig orsak till detta kan vara att svetsaren kommer närmare svetsstället då arbete utförs på mindre rör.

Svetsningar utförda med rena stålrör tyder på att ICA till viss mån bildas av svetsprocessen i sig utan närvaro av polyuretan. Detta resultat kräver dock ytterligare verifiering.

I brist på vetenskaplig dokumentation tillämpas för närvarande samma nivågränsvärde, 5 ppb, för ICA som för övriga isocyanater. Som resultat av pågående ICA-studier kommer troligtvis ett för ICA specifikt nivågränsvärde att anges i nästa utgåva av Arbetsmiljöverkets gränsvärdeslista.

Summary

In the European standard for district heating pipes it is stated that the steel-pipe is to have a foam-free pipe-end of at least 15 cm. In Sweden the corresponding length is 25 cm, which is recommended in The Statutebook of the Swedish Work Environment Authority AFS 1996:4. The foam-free length is determined with consideration to working environment since isocyanates are released when the polyurethane foam is heated during welding. The possibility to reduce the length of the foam-free pipe-end would result in shorter joint sleeves and thereby reduced cost of materials; an important advantage is that less PUR-insulation would have to be produced in the field. Agreement between Swedish and European guidelines would facilitate stock-keeping for manufacturers of joint sleeves and pipes.

A series of measurements were performed in order to investigate the effect of welding method, pipe dimension and length of the foam-free pipe-end on isocyanate exposure and emission at welding in district heating pipes. The concentration of airborne isocyanates was measured close to the polyurethane foam as well as in the welder's breathing zone.

The acquired results of the analyses show large differences in isocyanate concentration between exposure and emission measurements. The concentration decreases with the distance between the welding spot and the polyurethane foam. The exposure measurements show that the concentration of MDI (Methyldiisocyanate) is below present occupational exposure limits in all cases. The same applies for all diisocyanates as well as for the decomposition products MIC (Methylisocyanate) and Phi (Phenylisocyanate). For ICA (Isocyanic acid) however, the values are below the occupational exposure limits only at gas welding of DN 250 with 15 cm and 25 cm foam-free pipe-end.

The tests indicate that the ICA (Isocyanic acid) exposure is increased at welding of small pipes. The difference between exposure and emission values is less prominent in these cases. A possible cause for this is that the welder is closer to the welding point when performing work on smaller pipe dimensions.

Tests performed on clean steel pipe indicate that ICA to some extent is produced during the welding process without polyurethane being present. This result will need to be investigated more thoroughly.

The occupational exposure limit for ICA has due to lack of scientific documentation been set at the same level as for isocyanates in general, 5 ppb, but is currently under investigation and is likely to receive a specified limit value.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	7
1.1	Bakgrund.....	7
2	Polyuretan och isocyanater	9
2.1	Hälsorisker	9
3	Försöksbeskrivning	11
3.1	Temperaturmätning.....	11
3.2	Mätning av isocyanathalter	11
3.2.1	Provtagning.....	12
3.2.2	Detektionsgränser	13
3.2.3	Sammanfogningsmetoder	14
3.2.3.1	Gassvets	15
3.2.3.2	Manuell metallbågsvetsning – MMA	15
3.2.3.3	Kapillärlödning	16
3.3	Svetsningsprov.....	17
4	Resultat.....	18
4.1	Gassvetsning av DN 250	18
4.2	Gassvetsning av DN 25	22
4.3	Elsvetsning (MMA) av DN 250	25
4.4	Elsvetsning (MMA) av DN 500	27
4.5	Kapillärlödning, Ø42 mm kopparrör.....	27
4.6	isocyanatemitmission från svetsprocessen.....	30
5	Slutsatser	31
6	Referenser	32

1 Inledning

Föreliggande projekt har syftat till att undersöka hur emissionen av isocyanater vid svetsning av fjärrvärmerör påverkas av svetsteknik, rördimension samt längden hos den isoleringsfria röränden.

Projektet har finansierats av Svenska Fjärrvärmeföreningen. Mätningar och försök är utförda av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, enheten för Mekanik, Göteborg. Försöken har utförts hos Rör- och Svetskonstruktioner AB i Surte. De prover som uttagits har analyserats av Yrkes- och miljömedicinska kliniken på Universitetssjukhuset i Lund.

Projektet har genomförts i samråd med en referensgrupp med följande sammansättning:

- Göran Johansson, Powerpipe AB
- Karl-Erik Johansson, Göteborg Energi AB
- Jan Olof Norén, Arbetsmiljöverket
- Olle Ramnäs, Institutionen för kemisk miljövetenskap, Chalmers

1.1 BAKGRUND

En undersökning liknande denna utfördes av SP 1998 [9]. De isocyanathalter som då uppmättes låg mycket nära den använda metodens detektionsgräns och av denna anledning kunde inget samband säkerställas mellan längden hos den isoleringsfria röränden och isocyanathalten. På senare tid har nya analysmetoder utvecklats som är bättre lämpade vid termisk sönderdelning av MDI och emissionssituationen torde nu kunna utredas på ett bättre sätt. Karlsson [3] gjorde 2001 mätningar av isocyanatemission vid svetsning av fjärrvärmerör där betydande mängder isocyanat detekterades. De dominerande isocyanaterna var här ICA och MDI. Betydelsen av att använda ett filter för uppsamling av isocyanat i partikelfas demonstrerades.

Idag styrs stålrörets utstick utifrån arbetsmiljöhänsyn eftersom isocyanater frigörs från PUR-skummet då detta upphettas vid svetsningen. I den europeiska produktstandarden för fjärrvärmerör SS-EN 253 [6] anges att stålröret ska ha en isoleringsfri ände på minst 15 cm. I Sverige gäller dock 25 cm för motsvarande mått, vilket rekommenderas i Arbetskyddsstyrelsens Författningssamling AFS 1996:4 [8].

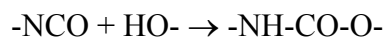
Möjligheten att reducera längden hos den isoleringsfria stålrörsänden skulle medföra kortare skarvmuffar och därmed mindre materialåtgång och mindre mängd PUR-isolering tillverkad i fält. En harmonisering mellan svenska och europeiska riktlinjer skulle dessutom underlätta för tillverkare av rör och skarvar då dubbel lagerhållning skulle undvikas.

Nedan följer en redovisning av de förkortningar som används i rapporten:

- ICA Isocyanatsyra
- MIC Metylisocyanat
- PhI Fenylisocyanat
- HDI Hexametylendiisocyanat
- TDI Toluendiisocyanat
- NDI Naftalendiisocyanat
- IPDI Isoforondiisocyanat
- MDI Metyldiisocyanat
- DBA Dibutylamin

2 Polyuretan och isocyanater

Polyuretaner är en samling polymerer med olika sammansättning och därmed även olika egenskaper. Det för dessa polymerer karakteristiska strukturelementet är uretangruppen som bildas under polyaddition av isocyanat och polyol:



Isocyanater med två eller flera NCO-grupper i molekylen krävs för bildning av polyuretaner. Aromatiska såväl som alifatiska och cykloalifatiska di- och polyisocyanater används vid produktion av polyuretaner.

Förutom isocyanater så är polyoler, föreningar med flera hydroxylgrupper i molekylen, nödvändiga för bildning av polyuretaner. Föreningar med lägre molekyylvikt, såsom etylenglykol, glycerin och butandiol, fungerar som tvärbindare [5].

Exponering för isocyanater bestäms av ett antal olika faktorer. Då isocyanater hanteras vid rumstemperatur kommer bara de flyktiga isocyanaterna att förångas och därmed vara närvarande i mätbara koncentrationer i luften. Isocyanater som lätt förångas är exempelvis TDI och HDI. PhI är även den flyktig och kan förekomma som förorening i MDI. Andra isocyanater, såsom MDI, IPDI och NDI kommer inte att ha tillräckligt högt ångtryck för att förekomma i luft vid rumstemperatur [10].

Vid upphettning av polyuretan till en temperatur någonstans i intervallet 150 – 200 °C börjar plasten sönderdelas. Det bildas då en mängd olika sönderfallsprodukter. Bland dessa finns inte bara de monomera diisocyanater som ingått i ursprungsmaterialet före polymeriseringen utan även ett antal olika monoisocyanater, bland dessa kan nämnas de lågmolekylära alifatiska monoisocyanaterna ICA och MIC. Vid upphettning till ännu högre temperaturer, 300 – 400 °C, så är monoisocyanaterna ofta dominerande. I motsats till diisocyanaterna så är den tekniska användningen av monoisocyanater obetydlig, de är bara en ovälkommen biprodukt. De isocyanater som är aktuella vid svetsning av fjärrvärmerör är MDI, MIC, TDI, NDI och ICA. Den kemiska formeln för ICA är HNCO och detta är den enklaste isocyanaten. ICA är en mycket instabil förening som inte är beständig i vätskeform och förekomsten av den som luftförorening var fram till 1998 okänd [2].

2.1 HÄLSORISKER

Isocyanater, som är ett samlingsnamn för både mono- och diisocyanater, medför hälsorisker främst vid inandning i form av ånga, damm eller aerosol. Även hudexponering har visats vara en förbisedd exponeringsväg. Det man idag vet om hälsorisker med iso-

cyanater rör till allra största delen diisocyanater. Till diisocyanaterna räknas TDI, MDI, NDI och HDI och det är också dessa föreningars hälsoeffekter som är bäst undersökta. Diisocyanaterna kan ge besvär från andningsvägarna, exempelvis nästäppa, rinnsnuva, rethosta eller näsblod. Diffusa symptom som ögonirritation och huvudvärk förekommer också. Även nedsatt lungfunktion och kontaktallergi kan förekomma, i svårare fall kan kontakt med isocyanater orsaka astma [13]. Isocyanaterna är mycket aggressiva, något som kan göra att en allergisk person får ordentliga besvär redan vid halter långt under det hygieniska gränsvärdet [14].

De isocyanater som bildas vid heta arbeten är huvudsakligen monoisocyanater, dit ICA och MIC räknas. Idag är kunskapen om hälsoriskerna med dessa mycket bristfällig. Den enda monoisocyanat som studerats mer ingående med avseende på hälsorisker är MIC. I djurförsök har man visat att de toxiska effekterna av MIC i många avseenden liknar de som diisocyanaterna ger upphov till. Hälsoriskerna vid exponering av ICA är än så länge till stora delar okända, detta trots att ICA dominerar kraftigt bland de luftförorenande isocyanaterna i vissa arbetsmiljöer. En orsak till detta är att man först nyligen upptäckt att ICA kan förekomma som luftförorening i arbetsmiljön. Det är också först på senare tid som metoder utvecklats för att mäta förekomsten av ICA. Härtill kommer att ICA är svår att hantera rent experimentellt. Dess giftighet gör också att den fordrar särskilda säkerhetslösningar, den går inte att hantera annat än i mycket små mängder på ett vanligt laboratorium.

På grund av de hälsorisker som kontakt med isocyanater kan medföra så är hanteringen av dessa ämnen reglerad genom särskilda föreskrifter från Arbetarskyddsstyrelsen (AFS 1996:4) vilka bland annat föreskriver särskild utbildning och regelbunden medicinsk kontroll av de som hanterar ämnena [7].

I avvaktan på bättre beslutsunderlag har Arbetsmiljöverket fastställt att samma hygieniska gränsvärde tills vidare ska gälla för monoisocyanater som för övriga isocyanater. Det gällande svenska nivågränsvärdet för isocyanater är 5 ppb och takgränsvärdet 10 ppb. Dessa gränsvärden är väsentligt lägre än motsvarande värden för de flesta andra i arbetsmiljön förekommande ämnen [2].

3 Försöksbeskrivning

För att få en bild av hur isocyanaterna i PUR-isoleringen sönderdelas och avges till omgivningen har ett antal svetsningsförsök genomförts. Halten isocyanater har mätts upp dels invid PUR-skummet och dels i svetsarens inandningsluft. Under svetsningen har temperaturen på stålröret invid PUR-skummet mätts kontinuerligt.

3.1 TEMPERATURMÄTNING

Temperaturen uppmättes med termoelement typ K i gränsytan mellan stålrör och polyuretan vid fyra mätpunkter längs rörets omkrets; hjässan, botten och sidorna. Detta utfördes på båda sidor av skarven vilket ger totalt åtta mätpunkter. Mätpunkternas placering åskådliggörs i Figur 3.1 nedan.



*Figur 3.1 Placering av termoelement vid temperaturmätning
Thermocouples for temperature measurements*

3.2 MÄTNING AV ISOCYANATHALTER

Den mätmetod som i detta projekt använts för mätning av isocyanatemitosion är imping-erprovtagning enligt DBA-metoden. I ”Principer och metoder för provtagning och analys av ämnen på listan över hygieniska gränsvärden” från 1997 rekommenderade Arbetslivsinstitutet denna metod för exponeringsmätningar [12]. Metoden är baserad på derivatisering av aromatiska och alifatiska isocyanater med hjälp av di-n-butylamin följt av derivatisering av aromatiska och alifatiska aminer genom användning av etylklorform. Reaktionshastigheten mellan isocyanat och DBA är hög och metoden påverkas inte

av andra ämnen. DBA-metoden har visat sig vara mycket användbar för isocyanatadukter, -monomerer och termiska nedbrytningsprodukter av PUR [15].

Figur 3.2 visar en impingerflaska med glasfiberfilter kopplad till en pump som med hjälp av ett kolfilter skyddas från eventuellt toluenläckage. Luften sugas med hjälp av pumpen genom ett reagens i impingerflaskan som är seriekopplad med ett glasfiberfilter. Reagenset, dibutylamin (DBA) i toluen, reagerar snabbt med isocyanaterna och bildar ett derivat. De bildade derivaten behandlas vidare på laboratoriet och analyseras sedan med LC/MS-teknik. I det första steget, vätskekromatografi (LC), separeras de olika föreningarna. I det andra steget, masspektrometri (MS), analyseras vilka typer av isocyanater som samlats in och hur mycket av vardera typen som finns i provet [11]. Användningen av ett glasfiberfilter gör det möjligt att fånga upp isocyanat i partikelfas, sålunda kan isocyanathalter i gasfas såväl som i partikelfas bestämmas.



Figur 3.2 *Utrustning vid provtagning med impinger*
Equipment for impinger flask sampling

Med DBA-metoden kan sönderdelningsprodukter bildade genom termisk sönderdelning av polyuretaner analyseras. Dessa sönderdelningsprodukter består i allmänhet i dominerande grad av lågmolekylära isocyanater och aminocyanater [4]. De isocyanater som är aktuella vid svetsning av fjärrvärmerör och som därför analyserats är ICA, MIC, PhI, HDI, TDI, NDI, IPDI och MDI.

För samtliga föreningar gäller att den genomsnittliga halten i andningszonen under en arbetsdag inte får överstiga 5 ppb. Takgränsvärdet för en 5-minutersperiod är 10 ppb.

3.2.1 **Provtagning**

Under varje svetsning uppmättes isocyanatemissionen i två stationära punkter, Figur 3.3, samt i andningszon, Figur 3.4. Detta gjordes för att säkerställa att mätmetoden gav säkra, reproducerbara resultat.



Figur 3.3 *De stationära mätpunkternas placering*
Locations for emission sampling



Figur 3.4 *Mätning i andningszon*
Exposure sampling

3.2.2 Detektionsgränser

Vid analys av de uttagna proverna med LC-MS vid avdelningen för Yrkes- och Miljömedicin i Lund varierar detektionsgränsen något. Försöken har utförts vid tre olika tillfällena och därmed har även analys skett i tre omgångar. För samtliga isocyanater utom ICA ligger detektionsgränsen fast på $<0,4$ ng/prov. Vid första analysomgången låg detektionsgränsen för ICA på <15 ng/prov, medan interferenserna vid de senare försöksomgångarna var större vilket gör att detektionsgränsen då sattes till <30 ng/prov.

Vi har vid provtagning varit intresserade av hela svetsprocessen. Då varierande dimensioner svetsats betyder detta att tiden under vilken mätning pågått varierar. Detta påverkar i viss mån resultatet eftersom det under en kort mättid eventuellt inte hinner samlas mer än 0,4 ng isocyanat i reagenslösningen, varför en existerande halt därför inte kan detekteras. Det innebär också att den faktiska detektionsgränsen i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kommer att variera för olika svetsförsök eftersom tiden då dessa pågått varierar.

Detektionsgränsen, c_d , i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kan beräknas enligt:

$$c_d = m_d / (q \cdot t)$$

där m_d är den detekterbara mängden isocyanat i provet uttryckt i mikrogram, q luftflödet i m^3/h och t mättiden uttryckt i timmar. Variationen kan exemplifieras genom att titta på detektionsgränsen för MDI vid gassvetsning och kapillärlödning:

Gassvets DN250

$$\begin{aligned} m_d &= 0,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} \\ q &= 0,06 \text{ m}^3/\text{h} \\ t &= 0,34 \text{ h} \end{aligned} \quad \Rightarrow c_d = 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Kapillärlödning Ø42

$$\begin{aligned} m_d &= 0,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} \\ q &= 0,06 \text{ m}^3/\text{h} \\ t &= 0,03 \text{ h} \end{aligned} \quad \Rightarrow c_d = 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Detektionsgränsen i detta exempel varierar således mellan $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Båda dessa värden är emellertid små jämfört med de halter som uppmätts.

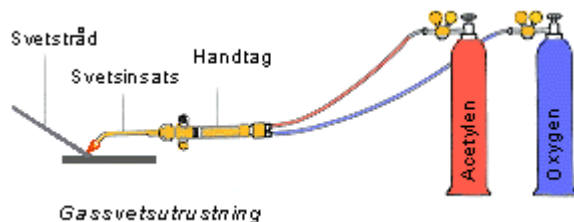
3.2.3 Sammanfogningsmetoder

I detta projekt har tre olika sammanfogningsmetoder använts, dessa är gassvets, manuell metallbågsvets och kapillärlödning. Den för detta projekt viktigaste skillnaden mellan metoderna är den temperatur som alstras under svetsprocessen. Kapillärlödning ger upphov till mycket höga temperaturer men används främst vid fogning av kopparrör.

Gassvetsning ger högre temperaturer än manuell metallbågsvets men är lättare att genomföra i fält.

3.2.3.1 *Gassvets*

Gassvetsning är en mångsidig metod med enkel och förhållandevis billig utrustning och passar bra vid reparations- och montagearbeten. Värmen alstras av en blandning av acetylen och syrgas vilket ger en flamtemperatur på 3200°C. Svetslågan, som har lägre temperatur och är mindre koncentrerad än ljusbågen vid elektrisk svetsning, riktas mot fogkanterna som smälts varefter man kan tillföra tillsatsmaterial efter behov. Smältbadet skyddas från luftens inverkan med hjälp av svetslågans reducerande zon och av ytterflamman. Efter avslutad svetsning ska man därför långsamt avlägsna lågan från smältan [16]. Figur 3.5 visar den utrustning som används vid gassvetsning.

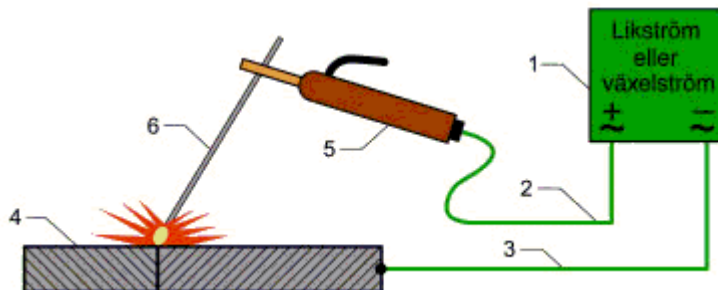


Figur 3.5 *Principen vid gassvetsning*
Gas welding

3.2.3.2 *Manuell metallbågsvetsning – MMA*

Manuell metallbågsvetsning kallas i dagligt tal ofta bågsvetsning eller handsvetsning. Elektroden består av en kärntråd med ett utvändigt hölje. Vid svetsning tänds en ljusbåge mellan elektroden och svetsfogen. Denna båge smälter elektroden varvid höljet bildar en skyddande slagg. Höljet har flera funktioner, bland dessa kan nämnas förbättring av bågstabiliteten och tillförsel av legeringsämnen till smältan [17]. Figur 3.6 visar en översiktsbild av principen vid manuell metallbågsvetsning. MMA-svetsning benämns i det följande ”elsvetsning”.

- 1 Strömkälla
- 2 Svetsledare
- 3 Återledare
- 4 Arbetsstycke
- 5 Elektrodhållare
- 6 Elektrod



Figur 3.6 *Principen vid manuell metallbågsvetsning*
Arc welding

3.2.3.3 *Kapillärlödning*

Med lödning avser man ett sätt att metalliskt förbinda metaller av samma eller olika slag med varandra. Detta genom att i fogen mellan dem smälta ned ett bindemedel, s.k. lod, som i allmänhet har betydligt lägre smälttemperatur än de delar som ska förbindas. Fogytorna värmes därvid inte till smälta som är fallet vid svetsning, utan bara till en temperatur vid vilken lodet väter och binder mot fogytorna. Den lödda förbindningen uppstår genom en legering i ytskiktet mellan lod och grundmaterial [18].

Kapillärlödning är en form av hårdlödning. Metoden har fått sitt namn efter spalten mellan skarvmuff och rör som lodlegeringen sugas in i med hjälp av kapillärkrafter. Lodets arbetstemperatur är vanligtvis 550-750°C. Lodtyper är främst olika silverlod men även fosforkopparlod och aluminiumlod. Spalten bör vara 0,05 – 0,3 mm med i huvudsak parallella väggar. Den spalt som ska lödass upphettas tillsammans med lodet till lodets smältpunkt [19].

3.3 SVETSNINGSPROV

Provsvetsningar har genomförts med rördimensioner, svetsmetoder och isoleringsfria längder enligt Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Genomförda provsvetsningar

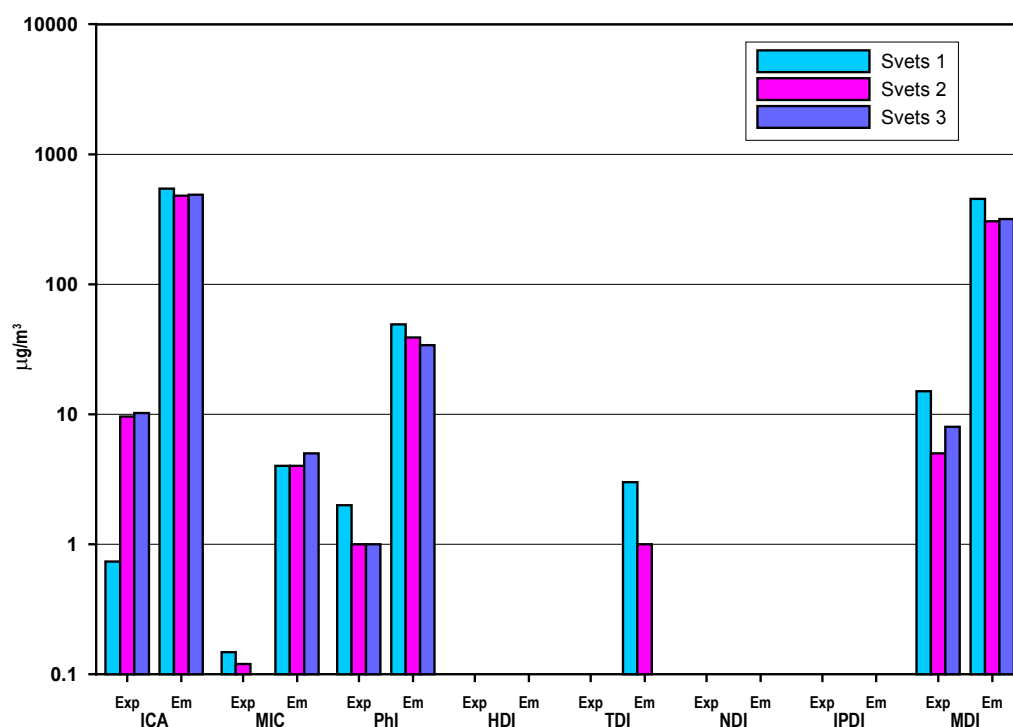
Svetsteknik	Längd hos isoleringsfri rörände [cm]	DN25	DN250	DN500	Kopparrör Ø42	Kopparrör Ø42 med coolpasta ¹
Gassvets	10		X			
Gassvets	15	X	X	X		
Gassvets	25		X			
MMA	10		X			
Kapillärlödning	10				X	X
Kapillärlödning	15				X	X
Kapillärlödning	25				X	

¹ X-ERGON X-403 Värmeskyddspasta innehållande dolomit, kalcit, montmorriolonit och vatten

4 Resultat

4.1 GASSVETSNING AV DN 250

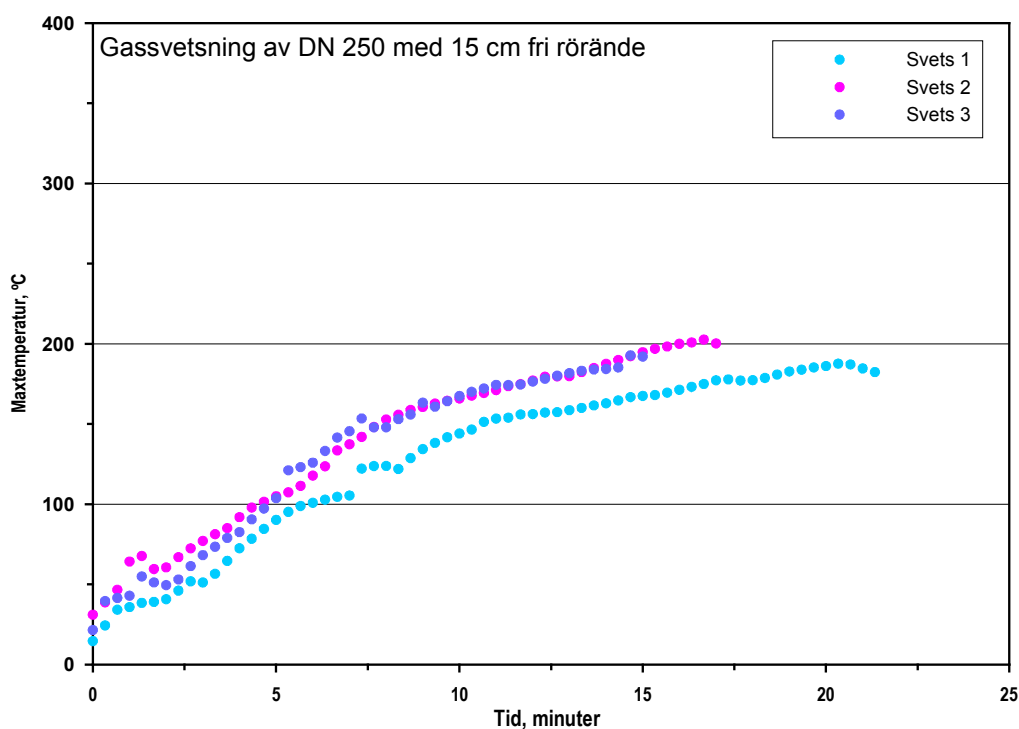
Ett trippelförsök genomfördes i projektets inledningsskede för att kontrollera mätmetodens repeterbarhet. Resultatet visas i Figur 4.1 och det framgår här att metoden är pålitlig med god repeterbarhet.



Figur 4.1 Uppmätta totalhalter isocyanater vid gassvetsning av DN 250 med 15 cm fri stålrörsände. Trippelförsök för kontroll av repeterbarhet. Exp och Em är förkortningar för Exponering och Emission.

Measured isocyanate concentrations during gas welding of DN 250 with 15 cm foam-free pipe-end. Triple test for evaluation of repeatability. Exp and Em are short for Exposure and Emission.

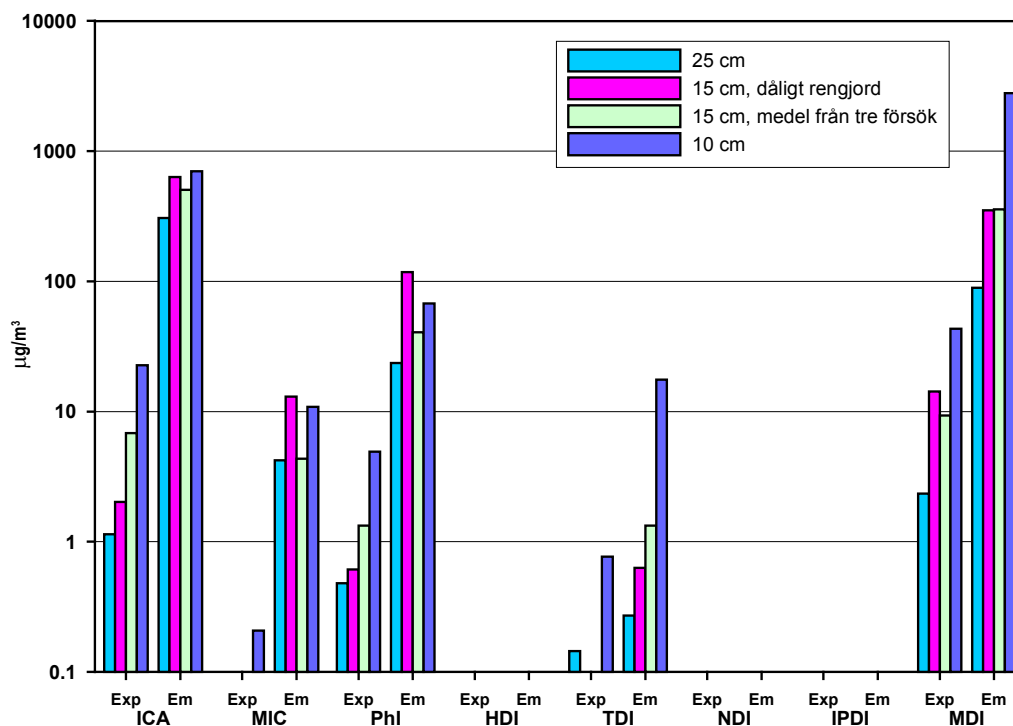
Figur 4.2 visar temperaturkurvorna för det inledande trippelförsöket. Även dessa följer varandra väl.



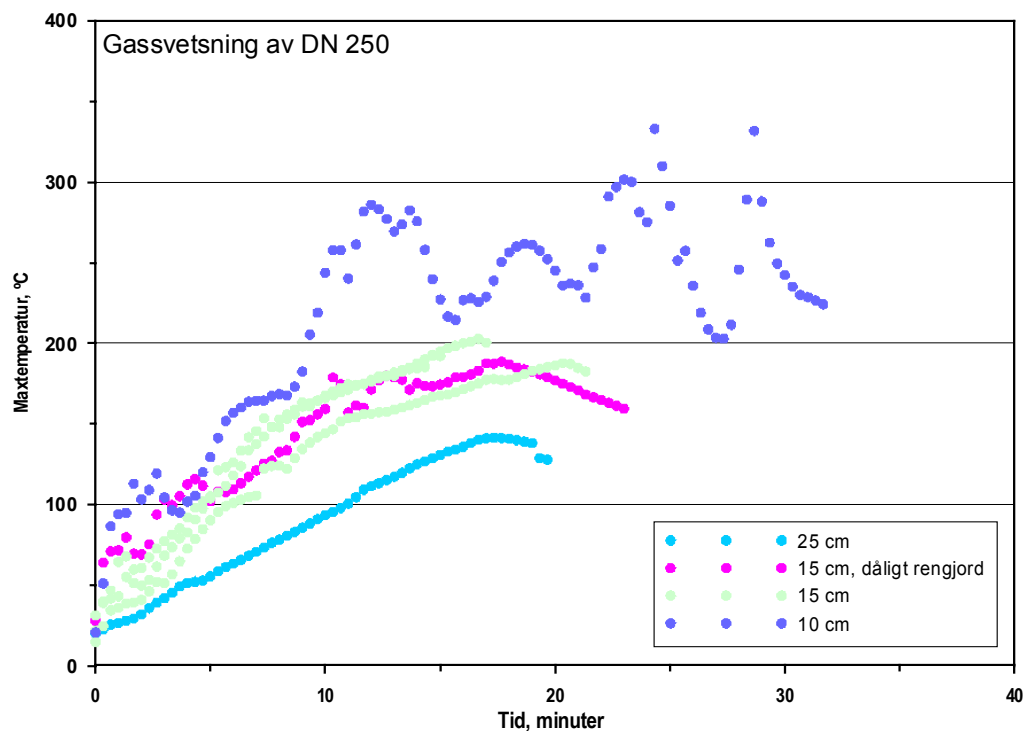
*Figur 4.2 Uppmätta maxtemperaturer vid gassvetsning av DN 250 med 15 cm fri stål-rörsände.
Measured maximum temperatures during gas welding of DN 250 with 15 cm foam-free pipe-end.*

Sammantaget visar resultaten från mätningarna vid gassvetsning av DN 250 tydligt hur mängden emitterad isocyanat avtar med ökande längd hos den fria röränden, Figur 4.3. Detta torde vara en direkt konsekvens av att den maximala temperaturen på stålroret invid skummet minskar med avståndet till svetsstället, Figur 4.4. Det ojämna utseendet hos temperaturkurvan för 10 cm fri stålrorsände beror på att det korta avståndet till svetsstället vid ett flertal tillfällen orsakade kortvarig brand i PUR-skummet.

Ett försök gjordes på ett "dåligt" rengjort rör, men resultatet för denna avviker inte mycket från motsvarande väl rengjorda skarv. Snarare är det så att skarven med dålig rengöring uppvisar lägre värden, men detta beror sannolikt på normal spridning inom försöksserien.



Figur 4.3 Uppmätta totalhalter isocyanater vid gassvetsning av DN 250 för olika längder hos den fria stålrohrsändan. Exp och Em är förkortningar för Exposure och Emission.
Measured isocyanate concentrations during gas welding of DN 250 with different lengths of the foam-free pipe-end. Exp and Em are short for Exposure and Emission.



Figur 4.4 Uppmätta maxtemperaturer vid gassvetsning av DN 250 för olika längder hos den fria stålrörsänden.
Measured maximum temperatures during gas welding of DN 250 with different lengths of the foam-free pipe-end.

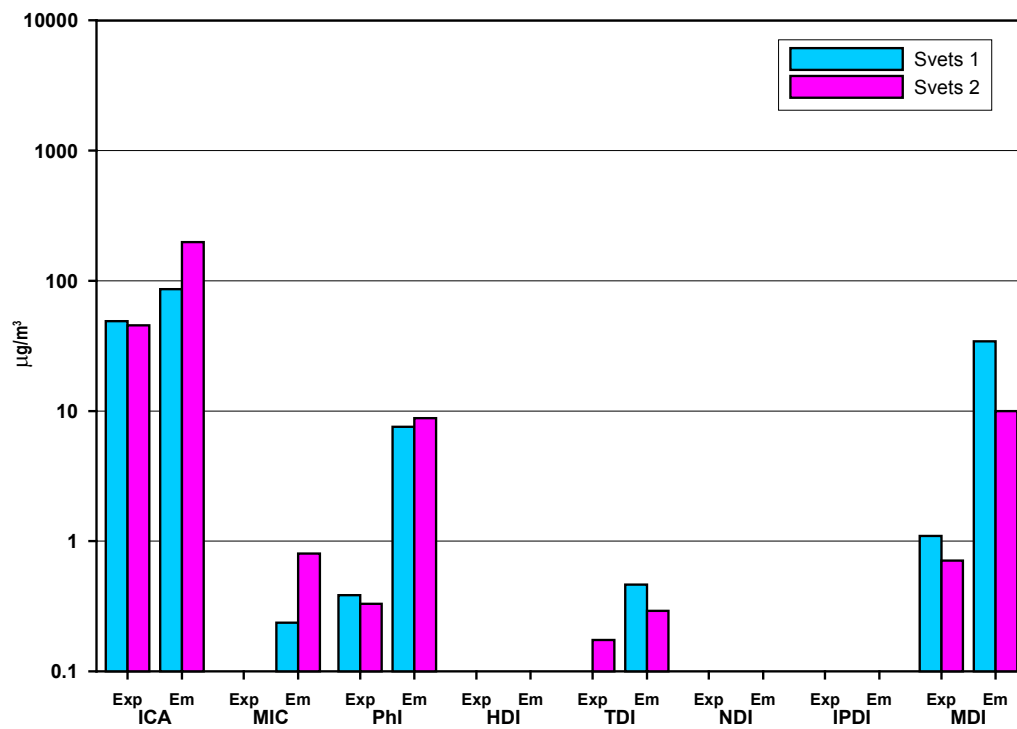
Tabell 4.1 Uppmätta koncentrationer i svetsarens andningszon vid gassvetsning av DN 250.

Iso- cyanat	Koncentration								Nivågränsvärde enl. AFS 2000:3	
	25 cm		15 cm dåligt rengjord		15 cm		10 cm			
	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb
ICA	1,1	0,62	2,0	1,1	6,8	3,8	22,7	13	8,9	5
MIC	0	0	0	0	0,1	0,042	0,2	0,084	11,8	5
PhI	0,5	0,10	0,6	0,12	1,4	0,28	4,9	0,99	24,7	5
HDI	0	0	0	0	0	0,010	0	0	34,9	5
TDI	0,1	0,014	0,1	0,014	0,07	0	0,7	0,097	36,1	5
NDI	0	0	0	0	0	0	0	0	43,6	5
IPDI	0	0	0	0	0	0	0	0	46,1	5
MDI	2,4	0,23	14,3	1,4	9,1	0,88	43,3	4,2	51,9	5
Totalt	1,7	1,0	2,7	2,6	8,4	5,0	71,8	18,4		5

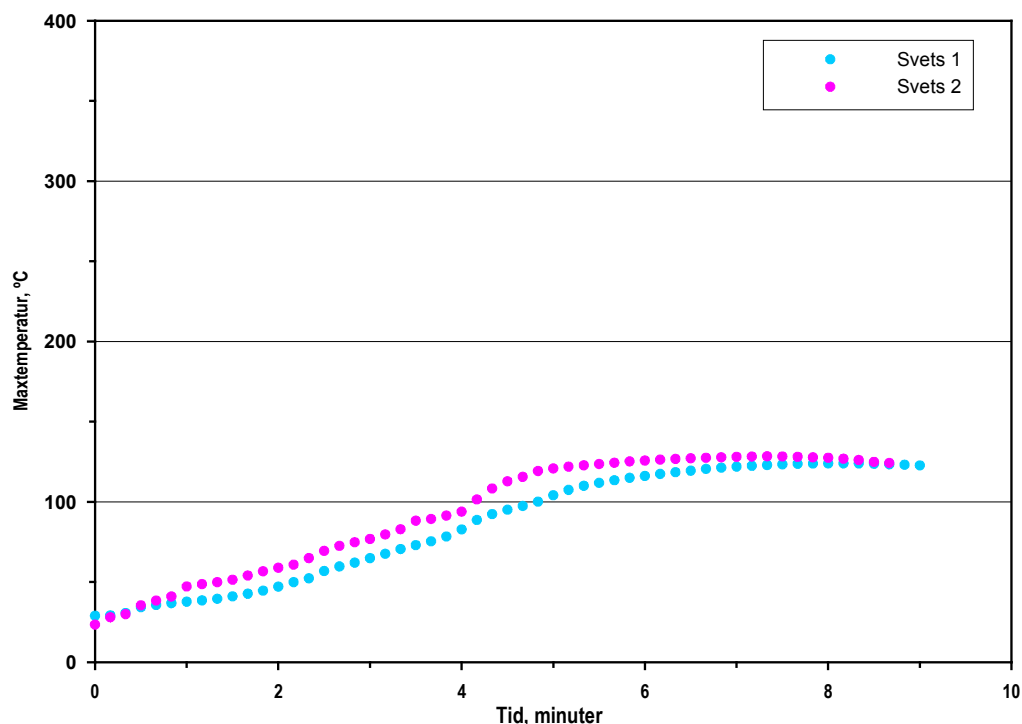
Som framgår av Tabell 4.1 så ligger koncentrationerna i andningszon under gällande nivågränsvärden för samtliga isocyanater då den isoleringsfria stålrörsänden är 25 respektive 15 cm. Vid 10 cm överstiger dock värdet för ICA nivågränsvärdet.

4.2 GASSVETSNING AV DN 25

På denna dimension gjordes ett dubbelprov med en isoleringsfri stålrörsände på 15 cm. Även här erhålls därmed en kontroll av repeterbarheten. De båda svetsarna, utförda av samma person, uppvisar mycket lika analysresultat, vilket tyder på god repeterbarhet.



Figur 4.5 Uppmätta totalhalter isocyanater vid gassvetsning av DN 25 för 15 cm fri stålrörsände. *Exp och Em är förkortningar för Exponering och Emission.*
Measured isocyanate concentrations during gas welding of DN 25 with 15 cm foam-free pipe-end. Exp and Em are short for Exposure and Emission.



*Figur 4.6 Uppmätta maxtemperaturer vid gassvetsning av DN 25 för 15 cm fri stål-rörsände.
Measured maximum temperatures during gas welding of DN 25 with 15 cm foam-free pipe-end.*

I Figur 4.5 framgår att isocyanathalterna vid svetsning av DN 25 inte kommer upp i samma nivåer som vid svetsning av DN 250. Detta förklaras av att temperaturen inte blir lika hög samt att svetsningen tar 9 minuter jämfört med 20 minuter för ett DN 250 rör med samma längd hos den fria stål-rörsänden, Figur 4.6. Exponeringsvärdet för ICA är dock anmärkningsvärt högt och avviker från övriga mätvärden.

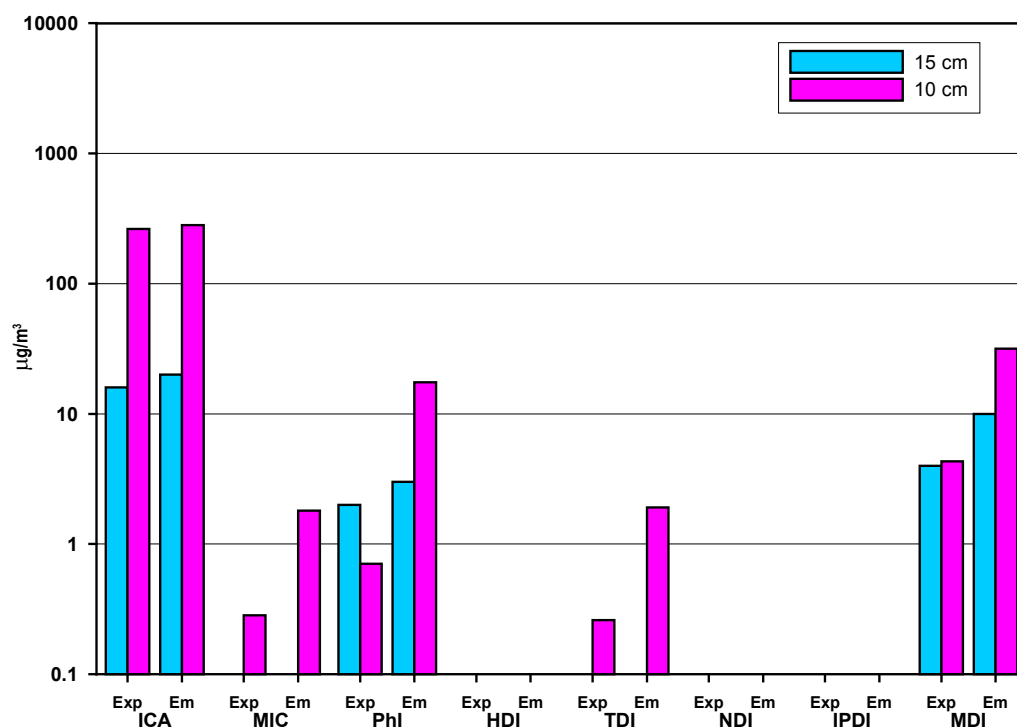
Tabell 4.2 Uppmätta koncentrationer i svetsarens andningszon vid gassvetsning av DN 25.

Iso- cyanat	Koncentration				Nivågränsvärde enl. AFS 2000:3	
	15 cm I		15 cm II			
	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb
ICA	48,9	27	45,6	26	8,9	5
MIC	0	0	0	0	11,8	5
PhI	0,4	0,081	0,3	0,061	24,7	5
HDI	0	0	0	0	34,9	5
TDI	0,1	0,014	0,2	0,028	36,1	5
NDI	0	0	0	0	43,6	5
IPDI	0	0	0	0	46,1	5
MDI	1,1	0,11	0,7	0,067	51,9	5
Totalt	50,5	27	46,8	26		5

Vid svetsning av DN 25 ligger de uppmätta koncentrationerna i andningszon väl under gällande nivågränsvärden för samtliga isocyanater utom ICA, *Tabell 4.2*.

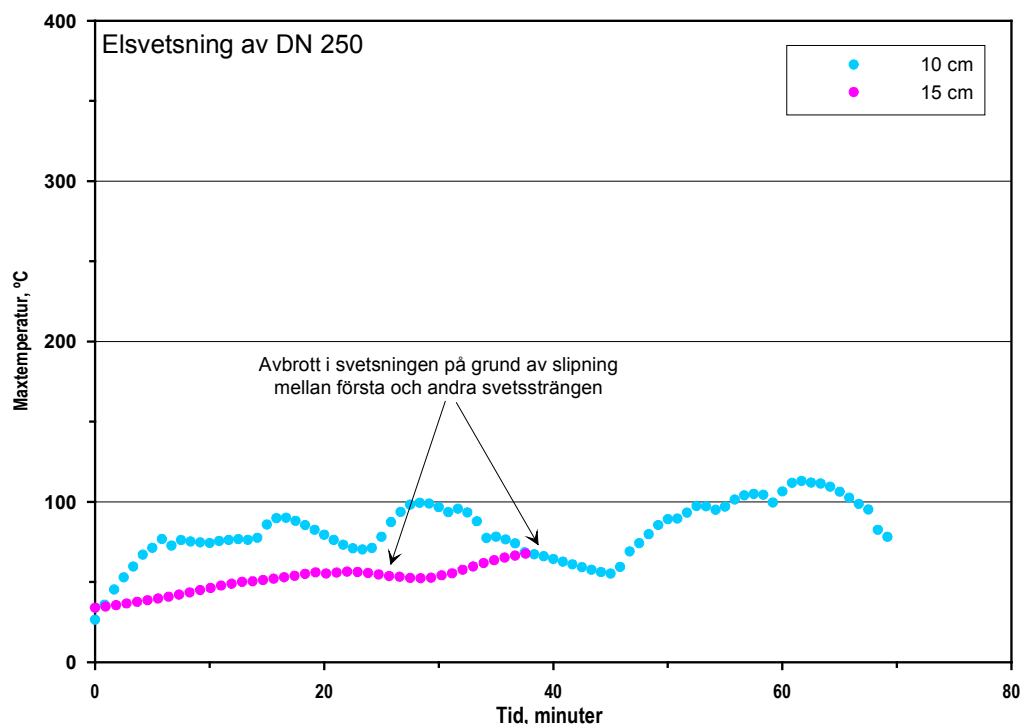
4.3 ELSVETSNING (MMA) AV DN 250

Elsvetsning av DN 250 utfördes med 10 respektive 15 cm fri stålrörsände. Elsvetsning alstrar inte lika höga temperaturer som gassvetsning men pågår under längre tid eftersom två svetssträngar måste läggas för att erhålla en fullgod svetsfog. Temperaturkurvorna visar att temperaturen blir aningen högre då stålrörsändan är kortare, Figur 4.8. Figur 4.7 visar att halten emitterad isocyanat även vid elsvetsning avtar med ökande längd hos den fria stålrörsändan. Anmärkningsvärt är dock att uppmätta halter ICA är lika för exponering och emission samt även att halten i andningszon för 10 cm fri stål-rörsände är mycket hög.



Figur 4.7 Uppmätta totalhalter isocyanater vid elsvetsning av DN 250 för olika längder hos den fria stålrörsändan. Exp och Em är förkortningar för Exponering och Emission.

Measured isocyanate concentrations during arc welding of DN 250 with different lengths of the foam-free pipe-end. Exp and Em are short for Exposure and Emission.



Figur 4.8 Uppmätta maxtemperaturer vid elsvetsning av DN 250 för olika längder hos den fria stålrörsänden.
Measured maximum temperatures during arc welding of DN 250 with different lengths of the foam-free pipe-end.

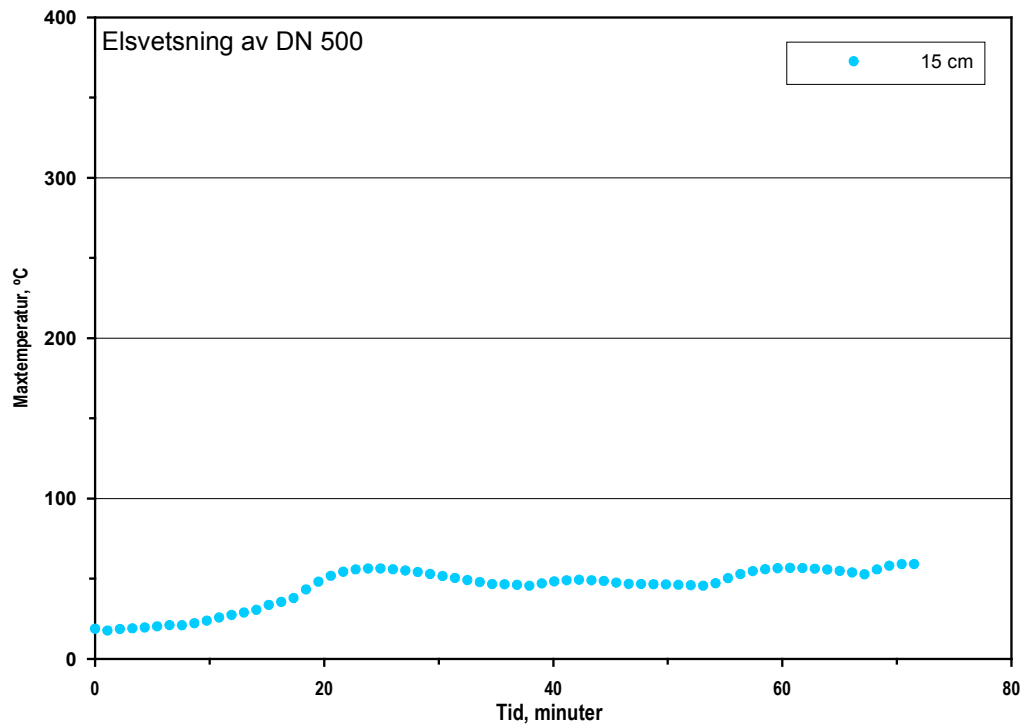
Tabell 4.3 Uppmätta koncentrationer i svetsarens andningszon vid elsvetsning av DN 250.

Iso- cyanat	Koncentration				Nivågränsvärde enl. AFS 2000:3	
	10 cm		15 cm			
	µg/m ³	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³	ppb
ICA	263,8	148	15,1	8,5	8,9	5
MIC	0,3	0,13	0,2	0,084	11,8	5
PhI	0,7	0,14	2,4	0,49	24,7	5
HDI	0	0	0	0	34,9	5
TDI	0,2	0,028	0	0	36,1	5
NDI	0	0	0	0	43,6	5
IPDI	0	0	0	0	46,1	5
MDI	4,3	0,41	3,7	0,36	51,9	5
Totalt	269,3	149	21,4	9,4		5

Som framgår av Tabell 4.3 ligger koncentrationerna i andningszon under gällande nivågränsvärden för samtliga isocyanater utom ICA, där gränsvärdet överskrids för båda längderna hos den fria stålrörsänden.

4.4 ELSVETSNING (MMA) AV DN 500

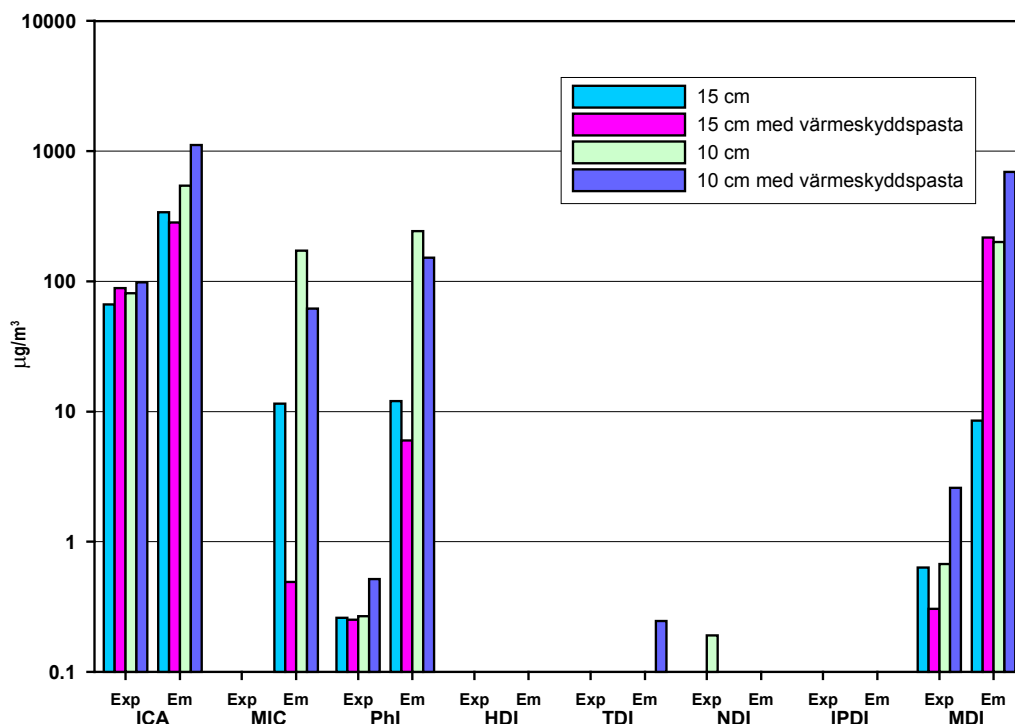
Elsvetsning av ett DN 500 rör tar mycket lång tid och provtagning tar därför ett stort antal impingerflaskor i anspråk. Av denna anledning har vi endast mätt temperaturen under svetsning av ett sådant rör för att undersöka om temperaturen blir så hög att det är sannolikt att isocyanater emitteras. Temperaturkurvan visas i Figur 4.9 där det framgår att temperaturen aldrig överstiger 70°C, varför mätningar av isocyanatemitmission inte gjordes för denna dimension.



Figur 4.9 Uppmätt maxtemperatur vid elsvetsning av DN 500 för 15 cm fri stål-rörsände.
Measured maximum temperatures during arc welding of DN 500 with 15 cm foam-free pipe-end.

4.5 KAPILLÄRLÖDNING, Ø42 MM KOPPARRÖR

Kapillärlödning utfördes på Ø42 mm kopparrör med 25, 15 och 10 cm fri rörände. Vid lödning av denna rörtyp i fält används ofta en värmeskyddspasta på ytan av PUR-skummet varför försök även utfördes med denna. Till skillnad från övriga försök som utförts på äldre, kasserade rör så var detta rör nyskummat.



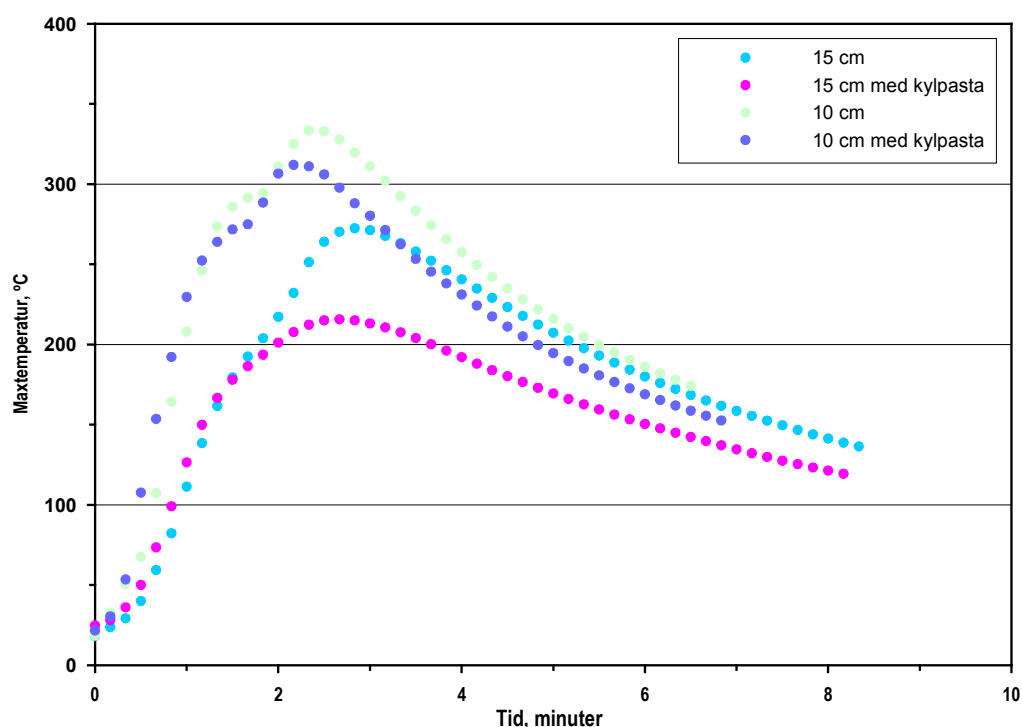
Figur 4.10 Uppmätta totalhalter isocyanater vid kapillärlödning av Ø42 mm kopparrör för olika längder hos den fria röränden. Exp och Em är förkortningar för Exponering och Emission.

Measured isocyanate concentrations during hard soldering of Ø42 mm copper pipe with different lengths of the foam-free pipe-end. Exp and Em are short for Exposure and Emission.

För ICA är värdena mycket höga för såväl exponering som emission. Halten ICA i andningszon tycks inte påverkas av längden hos den fria röränden eller närvaro av värmskyddspasta utan ligger på en relativt jämn nivå, Figur 4.10.

Temperaturen vid kapillärlödning blir mycket högre än vid gas- och elsvetsning, Figur 4.11. Det är med anledning av detta anmärkningsvärt att halten MDI inte är högre. Å andra sidan erhålls vid kapillärlödning höga halter av PHI och MIC, vilket kan tyda på att MDI sönderdelas till flyktigare ämnen.

Det bör också noteras att MDI-halterna vid mätning av emission är högre då värmskyddspasta använts, vilket naturligtvis inte är en önskad effekt. En möjlig förklaring till detta är att MDI adsorberas till vattenmolekyler från värmskyddspastan och därmed lättare avgår. Detta skulle i så fall innebära att halten MDI i partikelfas för prover tagna med värmskyddspasta blir märkbart större än hos prover där värmskyddspasta inte använts. Detta är också fallet, vilket stödjer denna teori.



Figur 4.11 Uppmätta maxtemperaturer vid kapillärlödning av Ø42 mm kopparrör för olika längder hos den fria rörändan.

Measured maximum temperatures during hard soldering of Ø42 mm copper pipe with different lengths of the foam-free pipe-end.

Tabell 4.4 Uppmätta koncentrationer i svetsarens andningszon vid kapillärlödning av Ø42 mm kopparrör

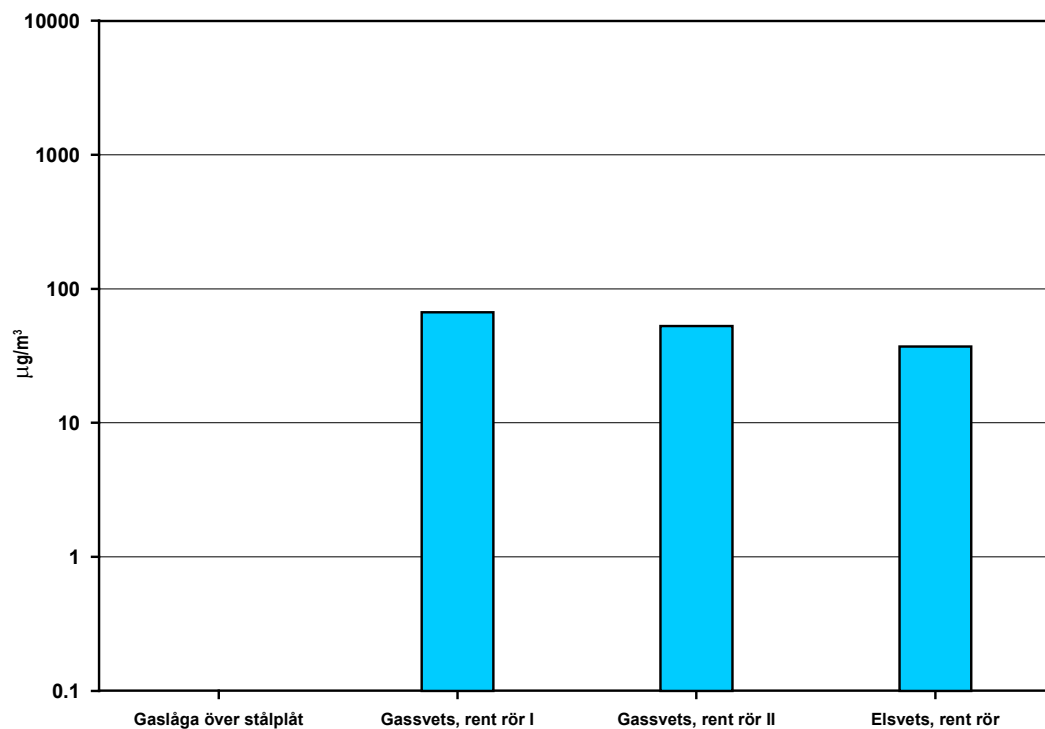
Iso-cyanat	Koncentration								Nivågränsvärde enl. AFS 2000:3	
	15 cm värme-skyddspasta		15 cm		10 cm värme-skyddspasta		10 cm			
	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb	µg/m³	ppb
ICA	88,5	50	66,7	37	98,4	55	81,0	45	8,9	5
MIC	0	0	0	0	0	0	0	0	11,8	5
PhI	0,3	0,061	0,3	0,061	0,5	0,10	0,3	0,061	24,7	5
HDI	0	0	0	0	0	0	0	0	34,9	5
TDI	0	0	0	0	0	0	0	0	36,1	5
NDI	0	0	0	0	0	0	0,2	0,023	43,6	5
IPDI	0	0	0	0	0	0	0	0	46,1	5
MDI	0,3	0,029	0,6	0,058	1,5	0,14	0,7	0,067	51,9	5
Totalt	89,1	50	67,6	37	100,4	55	82,2	45		5

Koncentrationerna i andningszon ligger för samtliga isocyanater utom ICA under gällande gränsvärden, Tabell 4.4. Detta gäller samtliga längder på den isoleringsfria rörändan och även de försök som utförts med värmeskyddspasta.

4.6 ISOCYANATEMISSION FRÅN SVETSPROCESSEN

För att undersöka om svetsprocessen i sig ger upphov till emission av isocyanater så gjordes mätningar i svetsröken under svetsning av ett rent stålrör. Försök utfördes med både gas- och elsvets. Dessutom gjordes en mätning där gaslågan sveptes över en ren stålplåt.

Vid både gas- och elsvetsning på rent stålrör uppmättes halter av ICA trots att ingen polyuretan fanns tillgänglig. Uppmätta halter ligger betydligt över gränsvärdet för ICA. Dock var halterna då gaslågan sveptes över ytan försumbara, Figur 4.12.



Figur 4.12 Uppmätta isocyanathalter i svetsrök

Measured isocyanate concentrations in weld smoke

5 Slutsatser

De erhållna analysresultaten visar på stora skillnader i isocyanathalt mellan emissions- och exponeringsmätningar. Halten sjunker med avståndet mellan svetsstället och PUR-skummet. Uppmätta emissionsvärden överensstämmer väl i storleksordning med mätningar redovisade av Karlsson [3].

Exponeringsmätningarna visar att halten MDI ligger under Arbetsmiljöverkets nivågränsvärden för samtliga provade fall. Detta gäller samtliga diisocyanater samt även PhI och MIC. ICA däremot, klarar bara ställda nivågränsvärden i ett fåtal fall, nämligen vid gassvetsning av DN 250 med 15 och 25 cm fri rörände.

Gränsvärdet för ICA har länge i brist på vetenskaplig dokumentation legat på samma nivå som övriga isocyanater, 5 ppb, men är under översyn och kommer troligtvis att få ett specifikt gränsvärde i nästa utgåva av Arbetsmiljöverkets gränsvärdeslista.

Utförda försök tyder på att exponeringen för ICA blir större vid svetsning av mindre rördimensioner. Skillnaden mellan exponerings- och emissionsvärden är mindre framträdande i dessa fall och temperaturen är inte utslagsgivande. En möjlig orsak till detta kan vara att svetsarens tillvägagångssätt är annorlunda då arbete utförs på mindre rör.

De försök som utförts på rent stålrör tyder på att ICA kan bildas av svetsprocessen i sig utan närvaro av polyuretan. Eftersom halten ICA är försumbar då gaslågan svets över stålplåtens yta verkar det som att ICA bildas då materialet i plåten smälts. Det finns inga källor till isocyanat i vare sig gas- eller elsvetspinnar. Halterna invid svetsen överstiger i dessa fall gränsvärdet för ICA. Detta resultat kräver ytterligare undersökning.

6 Referenser

- [1] Antonsson A m.fl., *Isocyanater från heta arbeten i skadereparationsverkstäder*, IVL-rapport B 1389,
- [2] Jönsson P-G m.fl., *Skyddar gasfilter mot isocyanater?* Teknisk rapport Totalförsvarets Forskningsinstitut.
- [3] Karlsson D m.fl., *Determination of Isocyanates, Aminoisocyanates and Amines in Air Formed During Thermal Degradation of Polyurethane*, Journal of Environmental Monitoring – Accepterad
- [4] Norén J-O, *Mätprojekt isocyanater*, Arbetarskyddsstyrelsen
- [5] Oertel G, *Polyurethane Handbook, 2nd Edition*
- [6] SS-EN 253, *Fjärrvärmesystem _ Förisolerade rörsystem med fast förband mellan värmeisolering och medierör respektive mantelrör för markförlagd distribution av hetvatten – Rörenhet bestående av raka medierör av stål, värmeisolering av hård uretanplast (PUR-skum) och mantelrör av etenplast (PE)*
- [7] Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, *Hygieniska gränsvärden* AFS 1996:2
- [8] Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, *Härdplaster* AFS 1996:4
- [9] Fjärrvärmeföreningens rapport FOU 1999:38
- [10] *International Consensus Report on: Isocyanates – Risk assessment and management*, The Norwegian Labour Inspection

- [11] *Provtagningsanvisningar för isocyanater I luft*, Universitetssjukhuset i Lund
- [12] *Bulletinen Nr3/1997*
- [13] [www.ivl.se/nytt/rapporter/isocyan_samf.pdf]
- [14] *Dålig kunskap om isocyanater kan dölja mycket stora problem*, 010330 JobbhälsaOnline, <http://www.previa.se/nyheter/nyheter/0103dalig.asp>
- [15] *Workshop Scientific Report – Isocyanates in Working Life*, <http://www.niwl.se/wl2000/>
- [16] *Gassvetsning*, <http://www.svets.a.se/tekn/gassvets.htm>
- [17] *MMA- Manuell metallbågsvetsning*, <http://www.svets.a.se/tekn/mma.htm>
- [18] *Lödning*, <http://www.prefbteknikvvs.se/lodtips.html>
- [19] *Lod, flussmedel och specialprodukter*, <http://www.terosystem.se/lod.html>

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Fjärrvärmeföreningens Förlagsservice.
Telefon: 026 – 24 90 24, Telefax: 026 - 24 90 10, www.fjarrvarme.org

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING - RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare - Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem - en litteraturstudie	Peeter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla - två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Walletun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten	Tuija Kaunisto Leena Carpén	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsflödesmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Walletun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-99
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blåstring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	feb-01
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylanät - Förstudie	Marcus Lager	nov-00
50	Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport ”Neuartige Wärmeverteilung”	Heimo Zinko	jan-01
51	Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
53	Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping	Anders Thorén	feb-01
54	Sammanlagring och värmeförluster i närvärmenät	Jochen Dahm Jan-Olof Dalenbäck	feb-01
55	Tryckväxlare för fjärrkyla	Lars Eliasson	mars-01
56	Beslutsunderlag i svenska energiföretag	Peter Svahn	sept-01
57	Skarvtätning baserad på svällande material	Henrik Bjurström Pal Kalbantner Lars-Åke Cronholm	okt-01
58	Täthet hos skarvar vid återfyllning med befintliga massor	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	okt-01
59	Analys av trerörssystem för kombinerad distribution av fjärrvärme och fjärrkyla	Guaxiao Yao	dec-01
60	Miljöbelastning från läggning av fjärrvärmerör	Morgan Fröling Magdalena Svanström	jan-02
61	Korrosionsskydd av en trycklös varmvattenackumulator med kvävgasteknik – fjärrvärmeverket i Falkenberg	Leif Nilsson	jan-02
62	Tappvarmvattenreglering i P-märkta fjärrvärmecentraler för villor – Utvärdering och förslag till förbättring	Tommy Persson	jan-02

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
63	Experimentell undersökning av böjar vid kallförläggning av fjärrvärmerör	Sture Andersson Nils Olsson	jan-02
64	Förändring av fjärrvärmenäts flödesbehov	Håkan Walletun Daniel Lundh	jan-02
65	Framtemperatur vid värmegles fjärrvärme	Tord Sivertsson Sven Werner	mars-02
66	Fjärravläsning med signaler genom rörnät – förstudie	Lars Ljung Rolf Sjöblom	mars-02
67	Fukttransport i skarvskum	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	april-02
68	Round Robin test II av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ture Nordenswan	april-02
69	EkoDim – beräkningsprogram	Ulf Jarfelt	juni-02
70	Felidentifiering i FC med ”flygfoton” – Förstudie	Patrik Selinder Håkan Walletun	juni-02
71	Digitala läckdetekteringssystem	Jan Andersson	aug-02
72	Utvändigt skydd hos fjärrvärmerörsskarvar	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	sept-02
73	Fuktdiffusion i plaströrsystem	Heimo Zinko Gunnar Bergström Stefan Nilsson Ulf Jarfelt	sept-02
74	Nuläge värmegles fjärrvärme	Lennart Larsson Sofie Andersson Sven Werner	sept-02
75	Tappvarmvattensystem – egenskaper, dimensionering och komfort	Janusz Wollerstrand	sept-02
76	Teknisk och ekonomisk jämförelse mellan 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler	Håkan Walletun	okt-02
77	Isocyanatexponering vid svetsning av fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Lisa Lindqvist Stefan Nilsson	okt-02

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver forskningsprogram inom området fjärrvärme
hetvattenteknik och fjärrkyla.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olof Palmes Gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 026 - 24 90 24, Telefax 026 - 24 90 10