

Arbetsrapport SGC A13

**KLASSNINGSPÄNER FÖR
GASINSTALLATIONER**

Carl-Axel Stenberg
Greger Arnesson
Sydkraft Konsult AB

Juni 1997

Från <i>Eger Arnesson</i>		Telefonnummer <i>55759</i>	Datum <i>970526</i>	Bilagor
<input type="checkbox"/>	För kännedom	<input type="checkbox"/>	Enl överenskommelse	Till
<input type="checkbox"/>	åtgärd	<input type="checkbox"/>	På begäran	<i>Sv. Gastekniskt Center</i>
<input type="checkbox"/>	yttrande	<input type="checkbox"/>	Ref brev/telefon	<i>OWE Jönsson</i>
<input type="checkbox"/>	granskning/justering	<input type="checkbox"/>	Rekvireras/beställes	
<input type="checkbox"/>	kontroll/godkännande	<input type="checkbox"/>	Behålles/arkiveras	
<input type="checkbox"/>	komplettering/kopiering	<input type="checkbox"/>	Vidaresänds	
<input type="checkbox"/>	attest/underskrift	<input type="checkbox"/>	Motses åter	
<input type="checkbox"/>	V g kontakta mig	<input type="checkbox"/>	Svar senast	
<input type="checkbox"/>	Tack för lånet	<input type="checkbox"/>	Brådskanie	
<p><i>Bifogar rapport koncept för SGC-projekt 9604. i två omgångar.</i></p> <p><i>Hälsningar</i> <i>Eger</i></p>				

Arbetsrapport SGC A13

**KLASSNINGSPLANER FÖR
GASINSTALLATIONER**

Carl-Axel Stenberg
Greger Arnesson
Sydkraft Konsult AB

Juni 1997



Arbetsrapport SGC A13

**KLASSNINGSPLANER FÖR
GASINSTALLATIONER**

Carl-Axel Stenberg
Greger Arnesson
Sydkraft Konsult AB

Juni 1997



Arbetsrapport SGC A13

**KLASSNINGSPLANER FÖR
GASINSTALLATIONER**

Carl-Axel Stenberg
Greger Arnesson
Sydkraft Konsult AB

Juni 1997



Arbetsrapport SGC A13

**KLASSNINGSPLANER FÖR
GASINSTALLATIONER**

Carl-Axel Stenberg
Greger Arnesson
Sydkraft Konsult AB

Juni 1997



OMGÅNG 1

RAPPORT FÖR SGC-PROJEKT 96.04:

"KLASSNINGSPLANER FÖR GASINSTALLATIONER"

INNEHÅLL

- 1 Sammanfattning
- 2 Allmänt
- 3 Förutsättningar
- 4 Riskbedömning
- 5 Slutsats

BILAGOR:

1. Exempel på klassningsplan
2. SGI:01 Rev nr: 1
3. SGI:02 Rev nr: 1
4. SGI:04 Rev nr: 1
5. SGI:06 Rev nr: 1
6. Provningsprotokoll - läckflöde
7. Beräkning av riskradie vid postulerat utsläpp STR96022

Handlingen är upprättad av:

Carl-Axel Stenberg Sydkraft Konsult AB

Greger Arnesson Sydkraft Konsult AB

1**Sammanfattning**

Klassningsplaner skall framställas i god tid före detaljutformning av en gasinstallation.

En väl genomtänkt förprojektering tar hänsyn till både installationens säkerhet, driftsäkerhet och servicevänlighet såväl som kostnaden att genomföra en installation.

Klassningsplanen innehåller viktig säkerhetsinformation till:

- konstruktörer
- installatörer
- servicepersonal
- anläggningsägare
- gasdistributör

Det är eftersträvansvärt att standardisera gasinstallationer i så stor utsträckning som möjligt p.g.a. krav på låga konstruktions- och installationskostnader.

Eftersom gasinstallationernas utformning kan standardiseras kan även klassningsplanerna framställas på ett enhetligt sätt.

För att en klassningsplan skall vara giltig för flera gasinstallationer av samma typ måste det ges möjlighet att införa anläggningspecifik information på den klassningsplan som gäller för den enskilda anläggningen/installationen. Sådan information kan vara:

- måttangivelser
- fastighetsbeteckning
- typritningar
- checklista för ventilationsförhållande
- checklista för installation
- checklista för zoner och områden
- datum för besiktning/driftsättning

Ett fåtal typritningar och arbetsinstruktioner bör finnas med i det urval som gäller för de standardiserade gasinstallationerna för att upprättandet av klassningsplan skall hållas på en praktisk nivå.

Senast vid besiktningstillfället kontrollerar ansvarig besiktningsman att all anläggningspecifik information finns med på klassningsplanen.

Arbetsgången för utformning av klassningsplaner för gasinstallationer, som beskrivs i denna rapport, förutsätter att de typritningar som klassningsplanen hänvisar till beskriver utrustning som garanterat inte ger upphov till större utsträckning av explosionszonen än vad "standardklassningsplanen" anger.

2 Allmänt

2.1 Bakgrund

Där brännbar gas kan förekomma måste en riskbedömning göras för att definiera de områden där explosionrisk kan föreligga. Klassning av riskområden dokumenteras på en klassningsplan där riskzonernas utsträckning beskrivs. Riskbedömning och framtagning av klassningsplan sker enligt svensk standard SS 421 08 20 eller EN 60079-10, då den träder i kraft.

2.2 Syfte

Syftet med denna studie är att standardisera de klassningsplaner som behövs för mindre abonnentcentraler.

2.3 Studiens värde

Om gasdistributörens rutiner justeras i enlighet med resultatet från denna studie kommer antalet säkerhetsdokument att bli få till antalet, enklare och överskådligare att läsa. I och med det kommer anläggningsägare, installatörer och andra som arbetar med och kring gasinstallationen att i större utsträckning respektera de säkerhetsanvisningar som gäller.

Genom att inte i onödan göra en utsträckning av zoner för explosionsfarligt område kommer gasinstallationerna att bli enklare att driva och underhålla.

Målsättningen är att:

- utforma klassningsplanen så att den kan vara ett sammanhållande dokument för all viktig säkerhetsinformation.
- hålla utsträckningen av zoner för explosionsfarligt område till ett minimum utan att göra avkall på säkerheten

2.2 Arbetshypotes

Fyra varianter av abonnentcentraler behandlas i denna studie.

Eftersom det är önskvärt att minimera antalet klassningsplaner kommer det värsta fallet ur explosionssynpunkt att vara vägledande för klassning.

Följande arbetsgång har tillämpats:

1. Teoretisk uppskattning av läckflöden
2. Verifiering av läckflöde genom praktiska prov
3. Uppskattning av gaskoncentration
4. Klassningsplaner upprättas

3 Förutsättningar

3.1 Typritningar

Utgångspunkten för denna studie är de förutsättningar som gäller för de abonnentcentraler och mätare som beskrivs på typritningarna:

- SGI:01 Rev nr: 1
- SGI:02 Rev nr: 1
- SGI:04 Rev nr: 1
- SGI:06 Rev nr: 1

3.2 Komponentdata - teoretisk uppskattning av läckflöden

Komponentleverantörers uppgifter har använts som indata för uppskattning och beräkning av gaskoncentration.

Det viktigaste i detta sammanhanget är uppgiften om regulatorernas läckflöden. Enligt leverantören är läckflödena enligt följande:

UTRUSTNING	FABRIKAT	TYP	TEORETISKT LÄCKFLÖDE
REGULATOR	ROMBACH	243	10m ³ /h
REGULATOR	BM	710-010	200 l/h

3.3 Verifiering - uppmätning av läckflöde

I samband med praktiskt prov konstaterades att läckflöde var cirka hälften av det teoretiska värdet.

UTRUSTNING	FABRIKAT	TYP	LÄCKFLÖDE TEORETISK	LÄCKFLÖDE ENLIGT PROV
REGULATOR	ROMBACH	243	10m ³ /h	Ej testat
REGULATOR	BM	710-010	200 l/h	99 l/h

Prov utfördes under extremt provocerande förhållanden enligt följande:

- maximalt tillåtet tryck byggdes upp (110 mbar) efter regulatorn med för ändamålet justerad snabbavstängningsventil
- lågt justerad säkerhetsventil (40 mbar)

Provet protokollfördes (se bilaga 6).

Då praktiskt prov med regulator BM 710-010 visade att leverantörens uppgift var väl tilltagen antas att uppgiften om läckflödet för Rombach 243 går att lita på.

3.4 Uppskattning av gaskoncentration

Beräkningen av maximal gaskoncentration är baserad på läckflödet från Rombach 243, då regulatorn är monterad i ett skåp utomhus.

Se bilaga 7 för presentation av beräkning.

3.4 **Arbetsinstruktioner**

Arbetsinstruktioner skall reglera avställningsförfarandet inför större ingrepp i systemet.

4 **Riskbedömning**

4.1 **Utomhusinstallationer**

Abonmentcentral som placeras utomhus i lämplig kapsling klassas som zon 2 med en 0,5 meters radie relativt kapslingen.

Motiveringen är att explosiv gasblandning inte förväntas förekomma under normal drift.

Det är endast under mycket extrema förhållanden som läckavblåsaren dränerar gas.

Och när det sker är det under en kort tid (sekundskalan) med mycket små mängder under betingelser där explosiv gas inte lagras upp utan ventileras bort naturligt.

Före ingrepp i systemet, som t.ex. filterbyte, tryckavlastas systemet före service enligt en väl utarbetad och beprövad arbetsinstruktion. Den volym gas som kan frigöras i samband med service på det trycklösa systemet är mycket liten och ventileras bort naturligt.

4.2 **Inomhusinstallationer**

Gasmätare enligt tidigare angivna typritningar som placeras inomhus klassas inte alls. Motiveringen är att explosiv gasblandning inte förväntas förekomma varken under normal eller onormal drift.

Gasmätarna är inte utrustade med filter i egentlig mening. Det nät som sitter på gasmätarens tillopp i anslutning till regulatorn byts inte ut eller rengörs regelmässigt.

Det krav som finns i EGN 94 12.2 angående klassning kring öppningsbart filter är inte relevant med avseende på de gasmätarens "smutsfångare" som behandlas i denna studie.

Normtexten i EGN 94 12.2 stycke 5 bör innefatta en distinktion för att skilja på komponent med filterfunktion som under service kan ge upphov till explosionsfarlig atmosfär och de komponenter som inte gör det.

En justerad normtext föreslås lyda:

"Område kring öppningsbart gasfilter skall vara klassat om den gasmängd som frigörs vid filterbyte kan ge upphov till explosiv atmosfär. Utsträckningen av området bestäms av den gasvolym som frigörs då filtret öppnas."

Före driftsättning skall det utredas och om möjligt säkerställas att den gasmängd som frigörs vid ingrepp i gasinstallationen inte kan ge upphov till explosiv atmosfär. I annat fall skall klassningsplanen justeras för det.

Eftersom den föreslagna klassningsplanen innehåller information om att särskild arbetinstruktion gäller för ingrepp i gasinstallationen behöver inte gasmätaren eller annan utrustning i och kring gasinstallationen inomhus klassas.

Före ingrepp i systemet, som t.ex. gasmätarebyte, tryckavlastas systemet före service enligt en väl utarbetad och beprövad arbetsinstruktion. Den volym gas som kan frigöras i samband med service på det trycklösta systemet är mycket liten och facklas av eller ventileras bort under kontrollerade former.

För att underlätta ett gasmätarebyte rekommenderas att inga elutrustningar installeras inom ett definierat serviceområde. Dessa serviceområden är inte liktydiga med de zonindelade riskområdena.

5

Slutsats

En alltför schablonmässig riskbedömning kan äventyra säkerheten på anläggningen. Därför är besiktningen det tillfälle då den erfarna gasteknikern gör den slutliga bedömningen av anläggningens drift- och säkerhetsmässiga status. Genom att besiktningsmannen dokumenterar sina iakttagelser på klassningsplanen får både gasdistributören och brukaren ett värdefullt dokument som bevisar anläggningens säkerhetsmässiga status vid besiktningstillfället.

Den gastekniker som besiktigar anläggningen före driftsättning fyller i de uppgifter som saknas på klassningsplanen nämligen:

- måttangivelser
- fastighetsbeteckning
- typritningar
- checklista för ventilationsförhållande
- checklista för installation
- checklista för zoner och områden
- datum för besiktning/driftsättning

Klassningsplanen i originalutförande arkiveras hos gasdistributören. En kopia bifogas besiktningsprotokollet.

Det föreslås att man i klassningsplanen definierar ett rekommenderat serviceområde där elinstallationer skall undvikas. Dessa serviceområden är dock inte liktydiga med de zonindelade riskområdena.

En översyn av framtagna arbetsinstruktioner, typritningar och arbetsmetoder har inte ingått i denna studie. En koordinering av framtaget material samt upprättande av nödvändiga arbetsinstruktioner, typritningar och arbetsmetoder rekommenderas.

GASDATA:

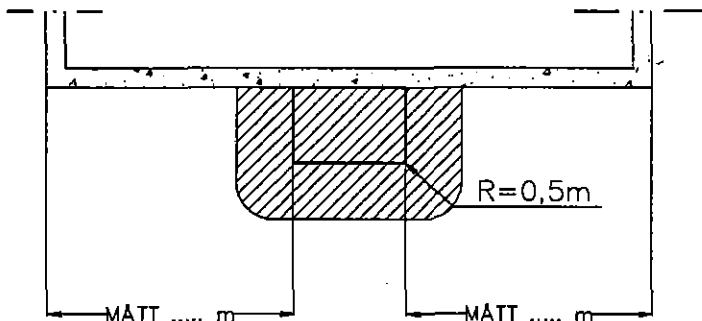
MEDIA: NATURGAS (91% METAN)
 TEMPERATURKLASS: T1
 EXPLOSIONSGRUPP: II A
 DENSITET: 0,6 - 0,7

FÖRKLARING:



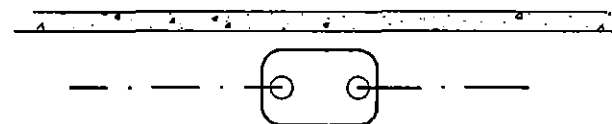
ZON 2

ABONNENTCENTRAL



TOPPVY

GASMÄTARE



TOPPVY

EJ KLASSAT OMRÅDE

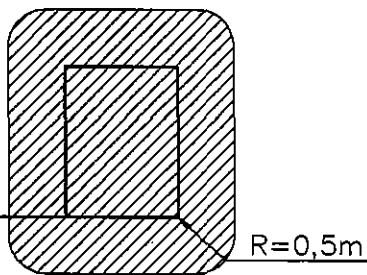
REFERENSRITNINGAR:

SGI: 01 Rev. nr. 1

SGI: 02 Rev. nr. 1

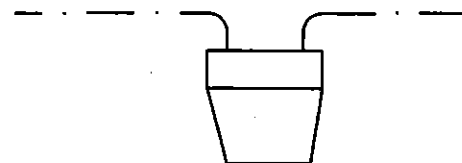
SGI: 04 Rev. nr. 1

SGI: 06 Rev. nr. 1



HÖJD m

FRONTVY

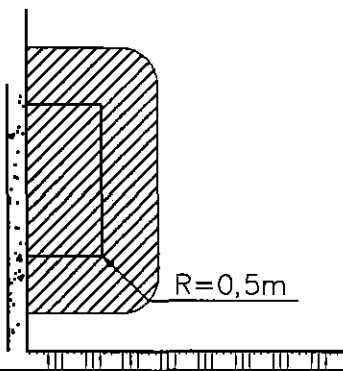


FRONTVY

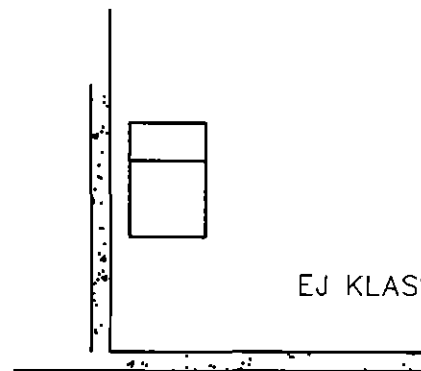
EJ KLASSAT OMRÅDE

ARBETSINSTRUKTIONER:

OBS! Anläggningen skall vara trycklös
 innan några ingrepp görs.



SIDOVY



SIDOVY

EJ KLASSAT OMRÅDE

97-05-26 11:26

ABONNENTCENTRAL
 GÄLLER FÖR FASTIGHETEN:

KLASSNINGSPÅN

BILAGA 1

NOT	ÄNDRING	DATUM	GODK.

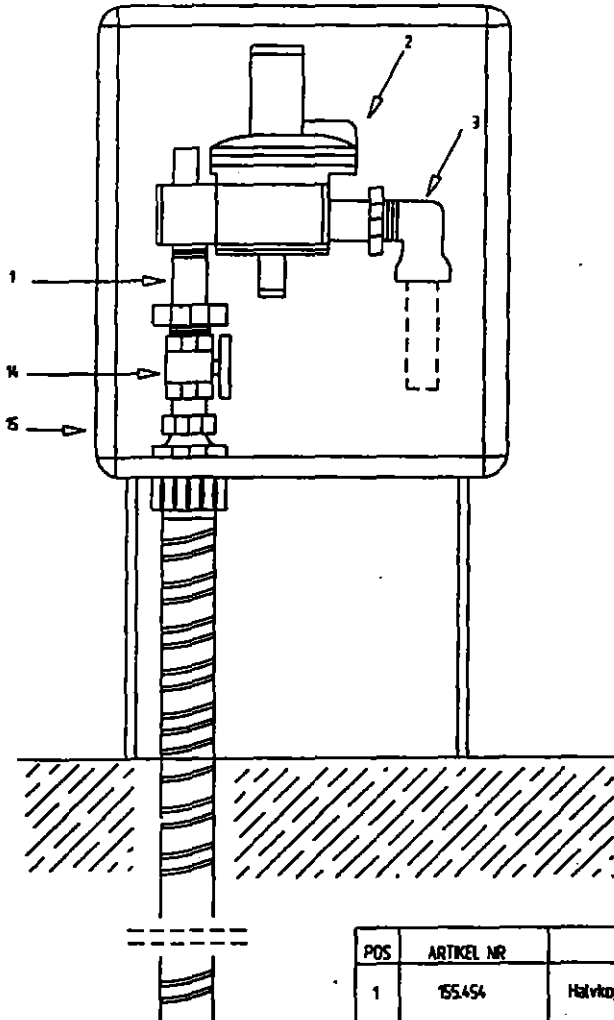
AVD	DATUM

KONSTRUERAD AV	RITAD

REG
SKALA

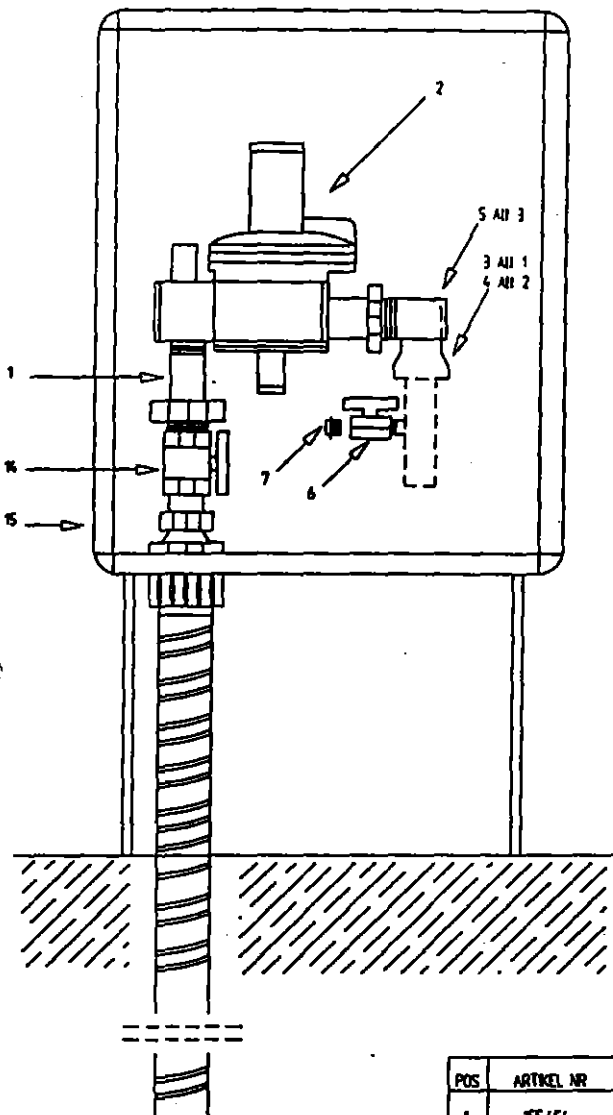
BLAD	FÖLJ.BL
1	-

TRIAX 300x350x160



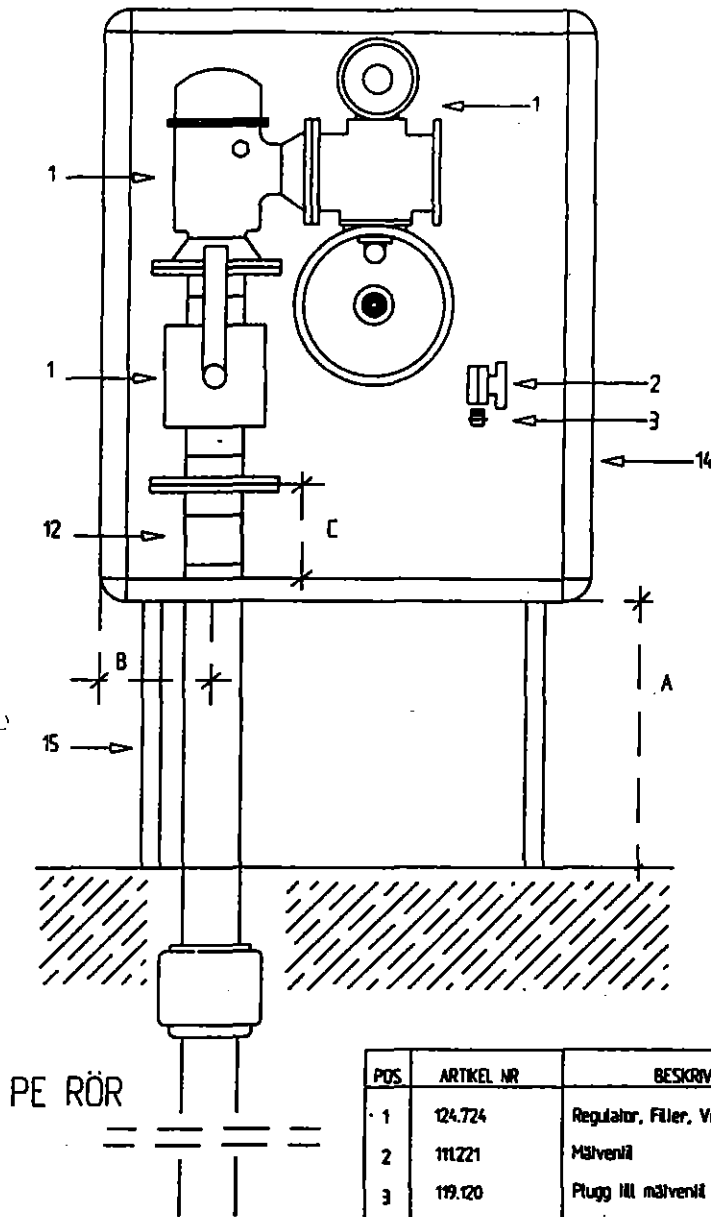
EJ SKALA

POS	ARTIKEL NR	BESKRIVNING	DM	MATERIAL / TYP	ANTAL
1	155454	Hälvkoppel rak	20x15	Inofer	1
2	122115	Regulator	15x20	BM 710 - 010	1
3	153511	Koppel vinkel inkl. hylsa	20	Kulerlife	1
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14	253100	Slangeals inkl ventil	20		1
15	191021	Skåp inkl väggskydd		TRIAx 300x350x160	1

TRIAX 430x470x230


EJ SKALA

POS	ARTIKEL NR	BESKRIVNING	DM	MATERIAL / TYP	ANTAL
1	155454	Halvkoppel rak	20x15	Inder	1
2	122.15	Regulator	15x20	BM 710 - 010	1
3	153511	A11, koppel vinkel inkl. hylsa	20	Kulerite	1
4	152552	A12, koppel vinkel	20	Inder utv/ inv	1
5	151522	A13, koppel rak	20	Inder utv/ inv	1
6	111221	Målventil	8	Cm inv/ inv	1
7	119.120	Plugg till målventil	8		1
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14	253.100	Stångsats inkl ventil	20		1
15	191025	Skåp inkl väggstyck		TRIAX 430x470x230	1


MÅTTUPPGIFTER (mm)

A = 700, underkant skåp till markplan

B = 110, c-c rör till ytterkant skåp

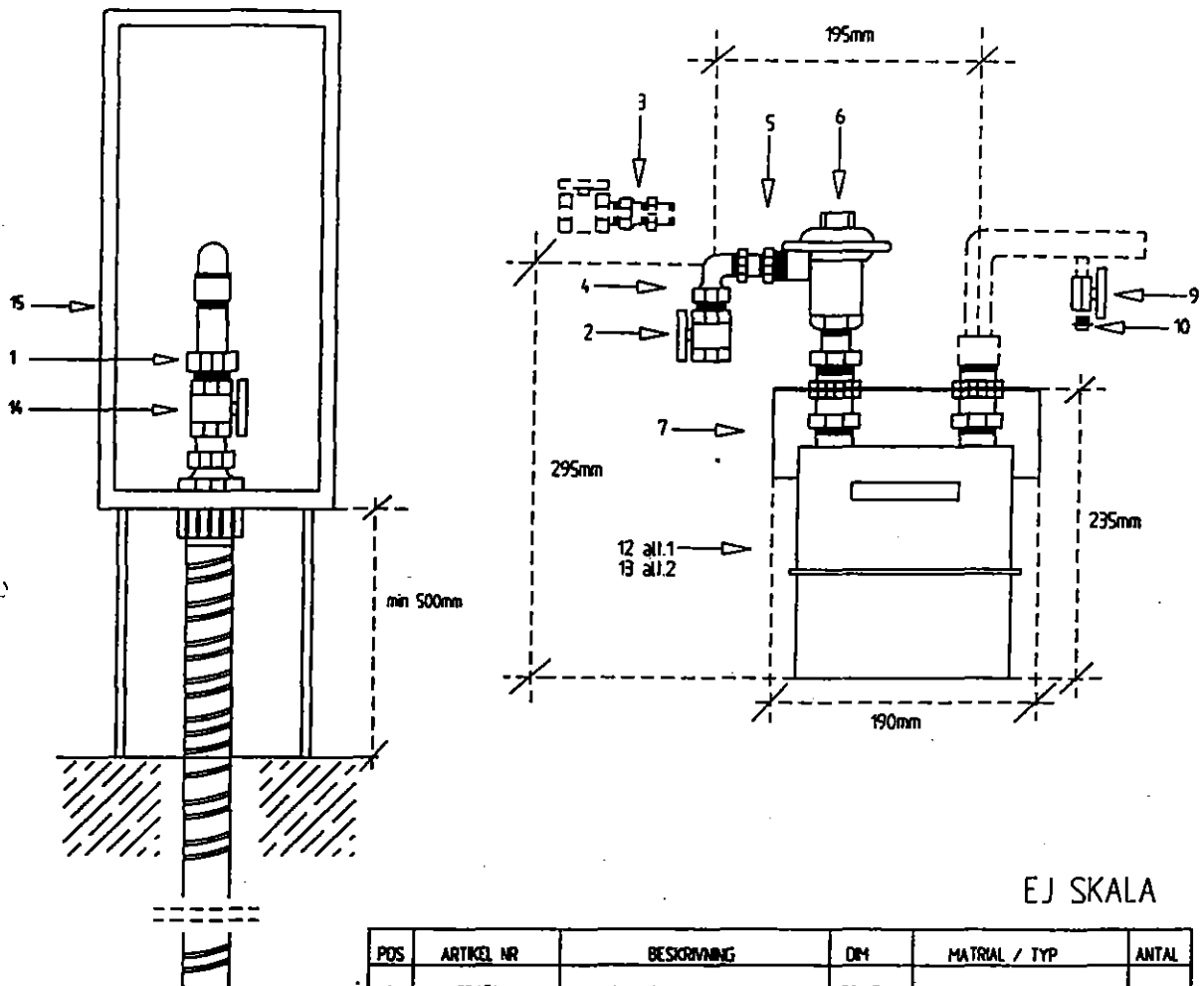
C = 110, Nedre kant skåp till fläns

Anm. 150, c-c rör till fasaden

EJ SKALA

POS	ARTIKEL NR	BESKRIVNING	DM	MATERIAL / TYP	ANTAL
1	124.724	Regulator, Filter, Ventil	DN 50/50	Rombach 243, Rombach ZEPG	1
2	111221	Målväntil	8	Cm inv/inv	1
3	119.120	Plugg till målväntil	8		1
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11		<u>PLAST - SLÄLÖVERGÅNG</u>			
12	xxxxxxx	Holk påsvetsad samt lösläns	DN 50	Rostfritt rör	1
13					
14	191051	Skåp, h=700mm b=755mm d=400mm		TRAX	1
15		Väggskydd, h= 800 mm			1

Placeras i fastigheten



EJ SKALA

POS	ARTIKEL NR	BESKRIVNING	DM	MATERIAL / TYP	ANTAL
1	155454	Halvkoppel rak	20x15	Inoler	1
2		Ventil inv/inv	15	Cm	1
3		All 1, koppel rak	15	Inoler	1
4		All 2, koppel vinkel	15	Inoler	1
5		Bussning	15x20		1
6	12115	Regulator	20	Schnurberger	1
7	137.111	Konsol	20		1
8		Passbil till mätare			1
9	111221	Mälventil	8	Cm inv/inv	1
10	119.120	Plugg till mälventil	8		1
11					1
12	13111	All.1 mätare G 16		Gallus 2000	1
13	13112	All.2 mätare G4		Gallus 2000	1
14	253.100	Stängsats inkl. ventil	20		1
15	191012	Skåp inkl. väggstyck		GÄRD 125x450x140	1

1996-04-26

BILAGA 6

Provningsprotokoll - läckflöde

Datum: 1996-04-26

Plats: Sydgas Åstorp

Testad utrustning:

- Regulator fabrikat BM typ 710-010

Mätutrustning:

- Gasmätare G4 nr 700156

Provningsresultat:

TID [minuter]	AVLÄST VOLYM [liter]
0	102,0
1	103,8
2	105,4
3	107,0
4	108,6

Genomsnittligt läckflöde: 1,65 liter/minut eller 99 liter /timma

Bilaga 7, beräkning av riskradie vid postulerat utsläpp.

Sammanfattning

För att undersöka om det räcker att klassa 0,5 meter kring utomhusplacerad abonnentcentral har beräkningar av gaskoncentrationer i horisontellt och vertikalt led.

Inget av de "förväntade" utsläppen uppvisar riskradier som överstiger denna halvmeter. För att koncentrationen av naturgas skall vara antändbar till 0,5 meter från utsläppskällan, krävs ett utsläpp av 54 m³ per timme. Detta motsvarar ett kontinuerligt utsläpp via ett hål med 1 cm diameter.

Det största uppmätta läckflödet har vid försök uppmätts till 99 liter naturgas per timme. Vid så små källflöden är det mycket liten risk att naturgas finns i sådan mängd att de är antändbara i omedelbar närhet till abonnentcentralens ventilationsgaller.

1 Bakgrund

Dimensioneringsprinciperna enligt Sprängämnesinspektionens Allmänna råd anger klassningszon 2 med radien 0,5 meter runt installation, vilken explosiv blandning ej förväntas förekomma under normal drift.

2 Inledning

För att bekräfta eller förkasta dessa riskradier har beräkningar av ett postulerat utsläpp genomförts. Beräkningarna syftar till att beskriva de koncentrationer som kan förväntas runt ett utsläpp av naturgas med en källstyrka av högst 10 m³ per timme. Utsläppet förväntas vid ett övertryck av 0,11 bar.

2 Förutsättningar

Naturgas är sammansatt av metan (91,1 vol %), etan (4,7 vol %), Propan (1,70 vol %), N-butan (1,40 vol %), kväve (0,60 %) och koldioxid (0,50 %). Vid beräkningarna har fysikaliska egenskaper för metan använts. Undre brännbarhetsgräns för metan har ansatts till 3 % vol (20 °C).

3 Källflöde

Leverantören har angivit maximalt läckgasflöde om 10 m^3 per timme, vilket motsvarar ett källflöde om ca. $0,002 \text{ kg/s}$. Med ett övertryck av $0,11 \text{ bar}$ ger det en dimensionerande läckdiameter, D , om ca. 5 mm vid en flödeskoefficient C_d om $0,8$ enligt uttrycket 3.1 i bilaga 1.

Ett fritt utsläpp från regulatort, då gasen kan flöda från rörets största diameter, är högst osannolikt men har beräknats. Med en diameter av 50 mm erhålls ett källflöde av ca. 970 m^3 per timme vilket motsvarar ca. $0,2 \text{ kg/s}$ enligt bilaga 2.

Det källflöde, som medför en riskradie av ca. $0,5 \text{ meter}$, är $0,01 \text{ kg/s}$ detta motsvarar ett fritt flöde från ett hål med diametern 1 cm enligt bilaga 3.

Följande uttryck har använts för att bestämma källflöden och motsvarande läckareor:

$$Q_g = C_d A \{ 2 \rho_g P_s [\gamma / (\gamma - 1)] [(P_a / P_s)^{2/\gamma} - (P_a / P_s)^{(\gamma+1)/\gamma}] \}^{0,5} \quad 3.1$$

$P_s = 1,124E5 = \text{Lagringstryck (N/m}^2)$	$C_d = 0,8 = \text{Flödeskoefficient}$
$P_a = 1,013E5 = \text{Omgivningstryck (N/m}^2)$	$A = \text{Öppningens area (m}^2)$
$C_p = \text{Specifik värme [konstant tryck] (J/kg K)}$	$Q_g = \text{Utfödeshastighet (kg/s)}$
$C_v = \text{Specifik värme [konstant volym] (J/kg K)}$	$\rho_g = \text{Gasens densitet (kg/m}^3)$

4 Riskradie

Med det dimensionerande läckgasflödet 200 liter , 10 m^3 och 54 m^3 per timme kan de resulterande koncentrationerna runt utsläppet beräknas. Vid beräkningarna har Pasquill-Giffords metod använts, vilket förutsätter Gaussisk spridning i vertikalt och horisontellt led enligt:

$$C(x,y,z) = Q_g / (2 \pi \sigma_y \sigma_z u) \{ \exp [-y^2 / 2 \sigma_y^2] \} \{ \exp [-(z - H)^2 / 2 \sigma_z^2] + \exp [-(z + H)^2 / 2 \sigma_z^2] \} \quad 4.1$$

$C(x,y,z) =$	Koncentration vid punkten x , y och z (kg/m^3)
$\sigma_y, \sigma_z =$	Dispersionskoefficienter (m)
$u =$	Vindhastighet (m/s)
$Q_g =$	Källflöde (kg/s)
$H =$	Utsläppskällans höjd över marken (m)

För att bestämma det dimensionerande scenariot har olika väderförhållanden använts. "Värsta" fall erhålls vid vindstilla förhållanden. Enligt bilaga 4 är radien $0,5 \text{ meter}$ mer än den riskradie vilken antändbara gaser kan finnas i de fall med dimensionerande källstyrka mindre än 10 m^3 gas per timme.

Bilaga 1.

Om $[P_s / P_a]_{crit} < r_{crit}$ gäller:

$$Q_g = C_d A \{ 2 \rho_g P_s [\gamma / (\gamma - 1)] [(P_a / P_s)^{2/\gamma} - (P_a / P_s)^{(\gamma+1)/\gamma}] \}^{0,5} \quad 3.1$$

$$r_{crit} = P_s / P_a = [(\gamma + 1) / 2]^{\gamma / (\gamma - 1)} \quad 3.2$$

$$\gamma = C_p / C_v = 1,31 \quad 3.3$$

$P_s = 1,124E5 = \text{Lagringstryck (N/m}^2\text{)}$	$C_d = 0,8 = \text{Flödeskoefficient}$
$P_a = 1,013E5 = \text{Omgivningstryck (N/m}^2\text{)}$	$A = \text{Öppningens area (m}^2\text{)}$
$C_p = \text{Specifik värme [konstant tryck] (J/kg K)}$	$Q_g = \text{Utflödes hastighet (kg/s)}$
$C_v = \text{Specifik värme [konstant volym] (J/kg K)}$	$\rho_g = \text{Gasens densitet (kg/m}^3\text{)}$

$$Q_g = 10 \text{ m}^3/\text{h} = 1,853E-3 \text{ kg/s}$$

$$P V = n R T \quad 3.4$$

$$M = 16,043 \text{ g / mol} = m / n$$

$$R = 8,314 \text{ J / K mol}$$

$$\rho_g = m / V = P M / R T = 1,013E5 * 16,043 / 8,314 * 293 = 667,1 \text{ g/m}^3 \quad 3.5$$

Kombinera 3.4 och 3.5 ger $\rho_g = 0,667 \text{ kg / m}^3$ vid 20 °C.

Kombinera $Q_g = 10 \text{ m}^3/\text{h} = 1,853E-3 \text{ kg/s}$ och 3.1 ger:

$$1,853E-3 = 0,8 A \{ 2 * 0,667 * 1,124E5 [1,31 / (1,31 - 1)] [(1,013E5 / 1,124E5)^{2/1,31} - (1,013E5 / 1,124E5)^{(1,31+1)/1,31}] \}^{0,5}$$

$$A = 1,853E-3 / 0,8 * \{ 2 * 0,667 * 1,124E5 [1,31 / (1,31 - 1)] [(1,013E5 / 1,124E5)^{2/1,31} - (1,013E5 / 1,124E5)^{(1,31+1)/1,31}] \}^{0,5}$$

$$A = 2,02E-5 \text{ m}^2$$

Utsläppet motsvarar ett hål med diametern ca. $5,07E-3$ meter

Bilaga 2.

Om $[P_s / P_a]_{crit} < r_{crit}$ gäller:

$$Q_g = C_d A \{ 2 \rho_g P_s [\gamma / (\gamma - 1)] [(P_a / P_s)^{2/\gamma} - (P_a / P_s)^{(\gamma+1)/\gamma}] \}^{0,5} \quad 3.1$$

$$r_{crit} = P_s / P_a = [(\gamma + 1) / 2]^{\gamma / (\gamma - 1)} \quad 3.2$$

$$\gamma = C_p / C_v = 1,31 \quad 3.3$$

$P_s = 1,124E5 = \text{Lagringstryck (N/m}^2\text{)}$	$C_d = 0,8 = \text{Flödeskoefficient}$
$P_a = 1,013E5 = \text{Omgivningstryck (N/m}^2\text{)}$	$A = \text{Öppningens area (m}^2\text{)}$
$C_p = \text{Specifik värme [konstant tryck] (J/kg K)}$	$Q_g = \text{Utflödes hastighet (kg/s)}$
$C_v = \text{Specifik värme [konstant volym] (J/kg K)}$	$\rho_g = \text{Gasens densitet (kg/m}^3\text{)}$

$$P V = n R T \quad 3.4$$

$$M = 16,043 \text{ g / mol} = m / n$$

$$R = 8,314 \text{ J / K mol}$$

$$\rho_g = m / V = P M / R T = 1,013E5 * 16,043 / 8,314 * 293 = 667,1 \text{ g/m}^3 \quad 3.5$$

Kombinera 3.4 och 3.5 ger $\rho_g = 0,667 \text{ kg / m}^3$ vid 20 °C.

$$A_{max} = \{ D_{max} / 2 \}^{0,5} \pi = 0,05 * 0,05 / 4 * \pi = 1,96E-3 \text{ m}^2$$

$$Q_g = 0,8 * 1,96E-3 \{ 2 * 0,667 * 1,124E5 [1,31 / (1,31 - 1)] [(1,013E5 / 1,124E5)^{2/1,31} - (1,013E5 / 1,124E5)^{(1,31+1)/1,31}] \}^{0,5}$$

$$Q_g = 0,180 \text{ kg/s} = 0,270 \text{ m}^3/\text{s} = 971 \text{ m}^3/\text{h}$$

Maximalt teoretiskt utflöde är ca. 971 m³/h eller ca. 0,2 kg/s med en utsläppsdiameter om 2"

Bilaga 3.

Om $[P_s / P_a]_{crit} < r_{crit}$ gäller:

$$Q_g = C_d A \{ 2 \rho_g P_s [\gamma / (\gamma - 1)] [(P_a / P_s)^{2/\gamma} - (P_a / P_s)^{(\gamma+1)/\gamma}] \}^{0,5} \quad 3.1$$

$$r_{crit} = P_s / P_a = [(\gamma + 1) / 2]^{\gamma / (\gamma - 1)} \quad 3.2$$

$$\gamma = C_p / C_v = 1,31 \quad 3.3$$

$P_s = 1,124E5 =$ Lagringstryck (N/m ²)	$C_d = 0,8 =$ Flödeskoefficient
$P_a = 1,013E5 =$ Omgivningstryck (N/m ²)	$A =$ Öppningens area (m ²)
$C_p =$ Specifik värme [konstant tryck] (J/kg K)	$Q_g =$ Utflödes hastighet (kg/s)
$C_v =$ Specifik värme [konstant volym] (J/kg K)	$\rho_g =$ Gasens densitet (kg/m ³)

$$Q_g = 0,01 \text{ kg/s} = 54 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P V = n R T \quad 3.4$$

$$M = 16,043 \text{ g/mol} = m / n$$

$$R = 8,314 \text{ J/K mol}$$

$$\rho_g = m / V = P M / R T = 1,013E5 * 16,043 / 8,314 * 293 = 667,1 \text{ g/m}^3 \quad 3.5$$

Kombinera 3.4 och 3.5 ger $\rho_g = 0,667 \text{ kg/m}^3$ vid 20 °C.

Kombinera $Q_g = 0,01 \text{ kg/s}$ och 3.1 ger:

$$0,01 = 0,8 A \{ 2 * 0,667 * 1,124E5 [1,31 / (1,31 - 1)] [(1,013E5 / 1,124E5)^{2/1,31} - (1,013E5 / 1,124E5)^{(1,31+1)/1,31}] \}^{0,5}$$

$$A = 0,01 / 0,8 * \{ 2 * 0,667 * 1,124E5 [1,31 / (1,31 - 1)] [(1,013E5 / 1,124E5)^{2/1,31} - (1,013E5 / 1,124E5)^{(1,31+1)/1,31}] \}^{0,5}$$

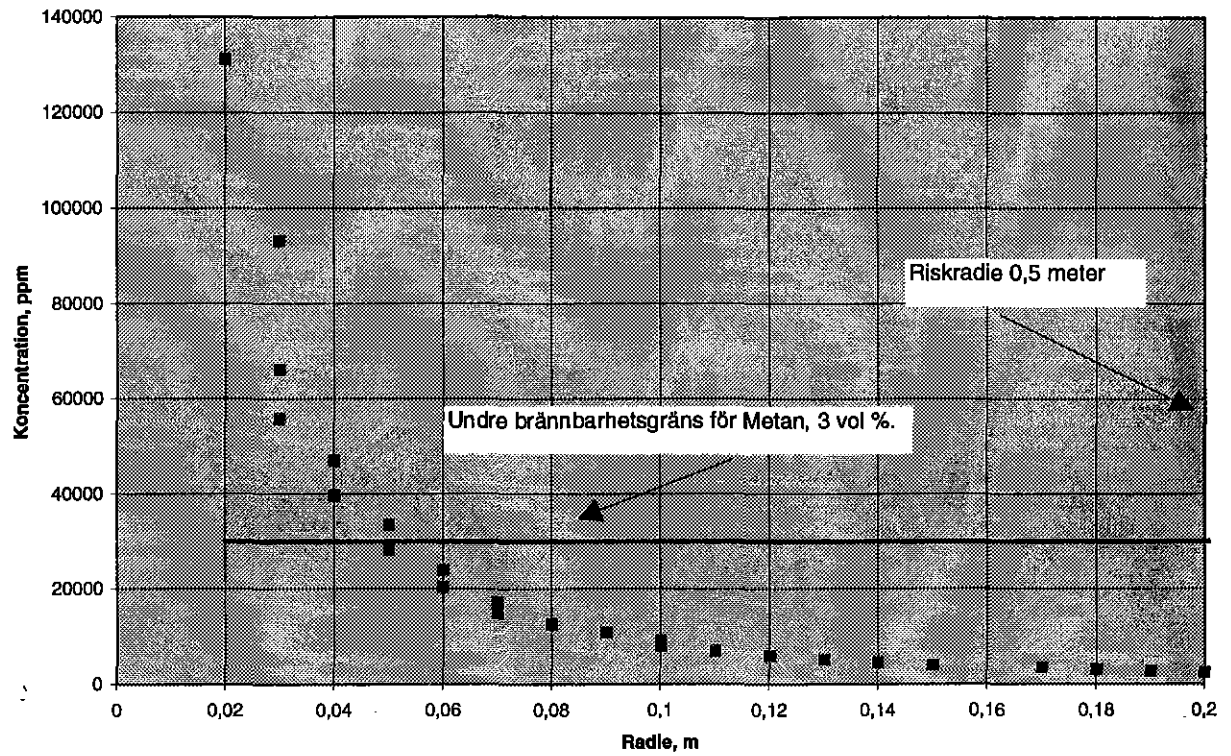
$$A = 1,09E-4 \text{ m}^2$$

Utsläppet motsvarar ett hål med diametern ca. 1,18E-2 meter

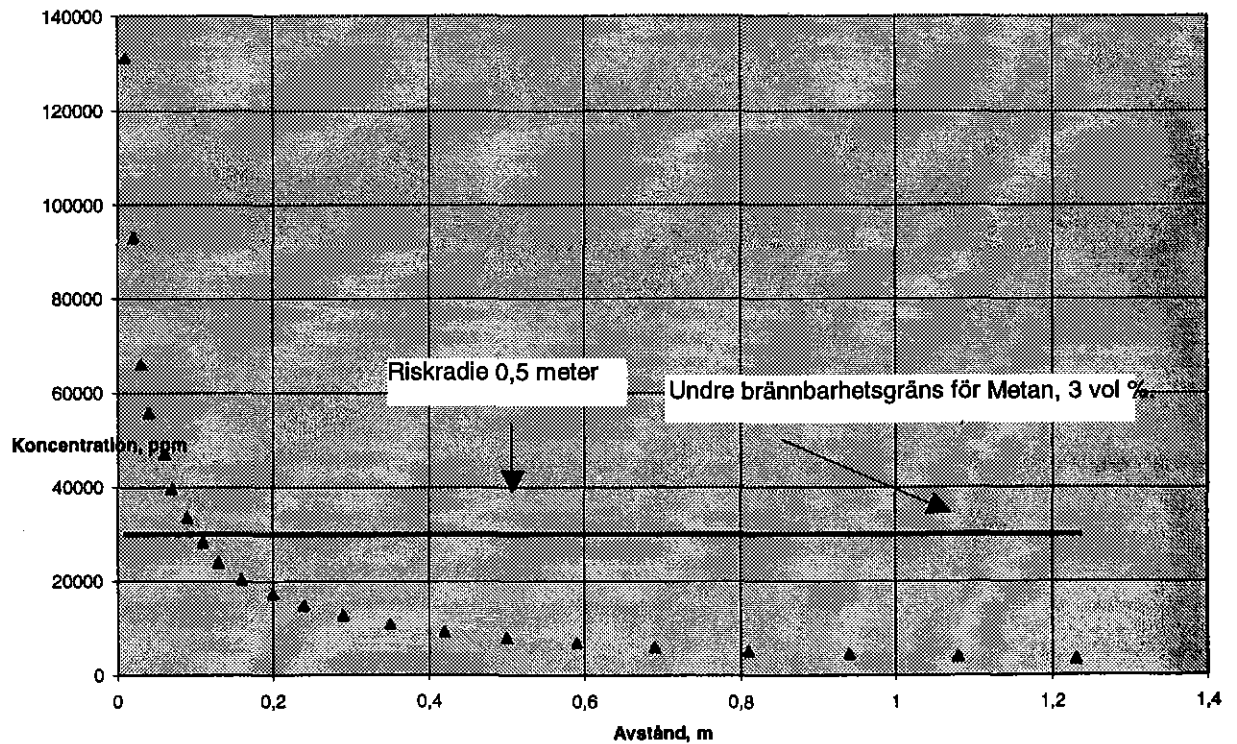
Bilaga 4.1

ATMOSPHERIC CONDITIONS		
Ambient pressure	101350	Pa
Reference Hight	10	m
Wind Speed at ref, hi,	0,5	m/s
Air Temperature	290	K
Surface Temperature	290	K
Surface Roughness	0,05	m
Monin-Obukhov Length	18	m
Relative Humidity	60	%
Absolute Humidity	8,66	gH ₂ O/m ³
SUBSTANCE CONSTANTS		
Name	Methane	
Molecular weight	16	kg/kmole
Boiling point	111	K
Heat of vaporization	510	kJ/kg
Specific heat (liquid)	3,77	kJ/kgK
Specific heat (vapor)	2	kJ/kgK
Density of liquid	415	kg/m ³
JET MODEL INPUT		
Release rate	3,7E-5	kg/s
Angle to horizontal	90	deg
Nozzle Diameter	0,15	m
Exit Temperature	270	K
Initial Elevation	0	m
Integration Accuracy	0,5	%
Maximum Distance	10	m
Heat transfer coefficient	20	W/m ² /K
Passive entrainment coeff,	0,07	
Jet entrainment coefficient	0,3	
Two-phase vers		

Koncentration som funktion av radiellt avstånd
200 liter gas per timme



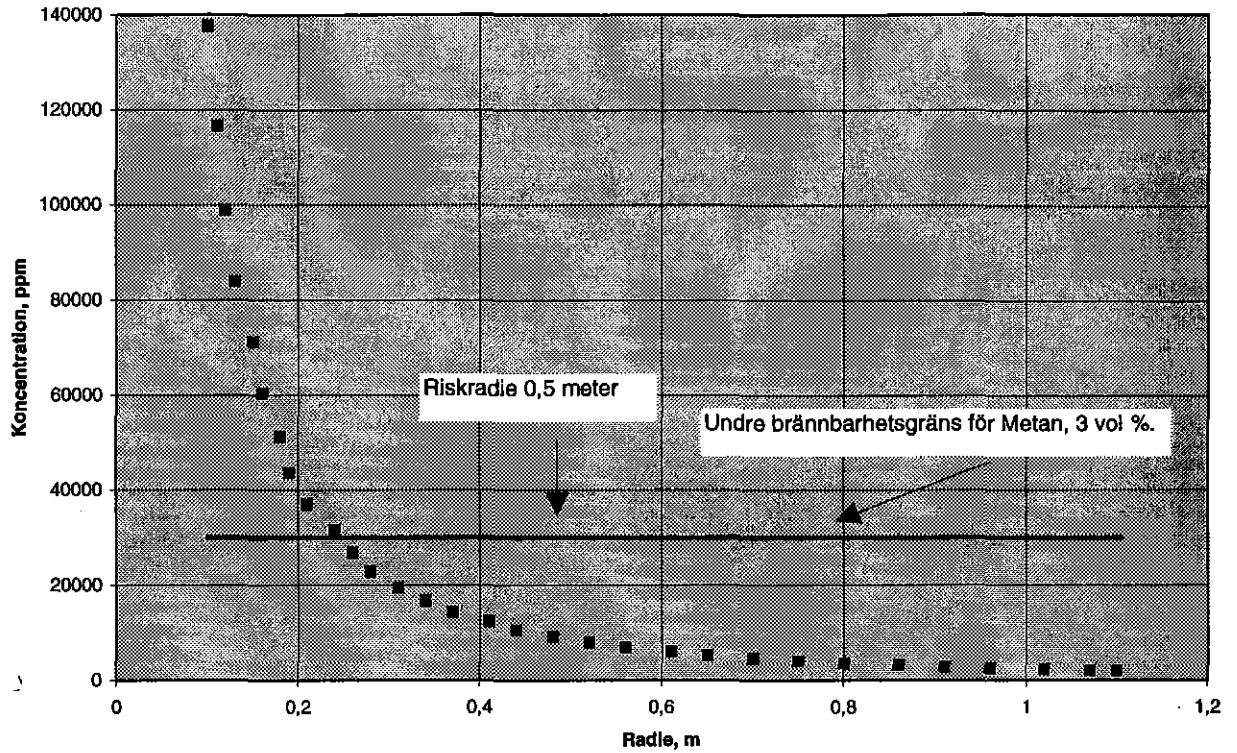
Koncentration som funktion av axiellt avstånd från
200 liter gas per timme



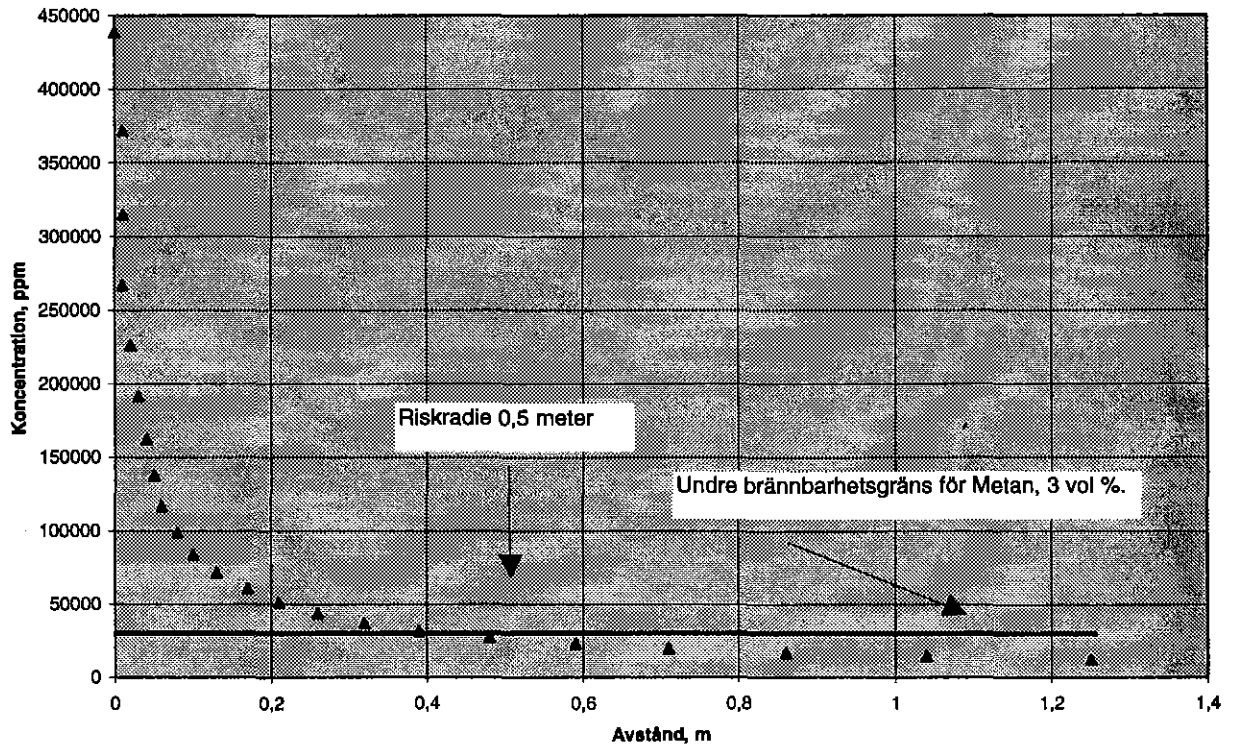
Bilaga 4.2

ATMOSPHERIC CONDITIONS		
Ambient pressure	101350	Pa
Reference Hight	10	m
Wind Speed at ref, hi,	0,5	m/s
Air Temperature	290	K
Surface Temperature	290	K
Surface Roughness	0,05	m
Monin-Obukhov Length	18	m
Relative Humidity	60	%
Absolute Humidity	8,66	gH ₂ O/m ³
SUBSTANCE CONSTANTS		
Name	Methane	
Molecular weight	16	kg/kmole
Boiling point	111	K
Heat of vaporization	510	kJ/kg
Specific heat (liquid)	3,77	kJ/kgK
Specific heat (vapor)	2	kJ/kgK
Density of liquid	415	kg/m ³
JET MODEL INPUT		
Release rate	0,002	kg/s
Angle to horizontal	90	deg
Nozzle Diameter	0,05	m
Exit Temperature	270	K
Initial Elevatoin	0	m
Integration Accuracy	0,5	%
Maximum Distance	10	m
Heat transfer coefficient	20	W/m ² /K
Passive entrainment coeff,	0,07	
Jet entrainment coefficient	0,3	
Two-phase vers		

Riskradie som funktion av radiellt avstånd
10 kubikmeter gas per timme



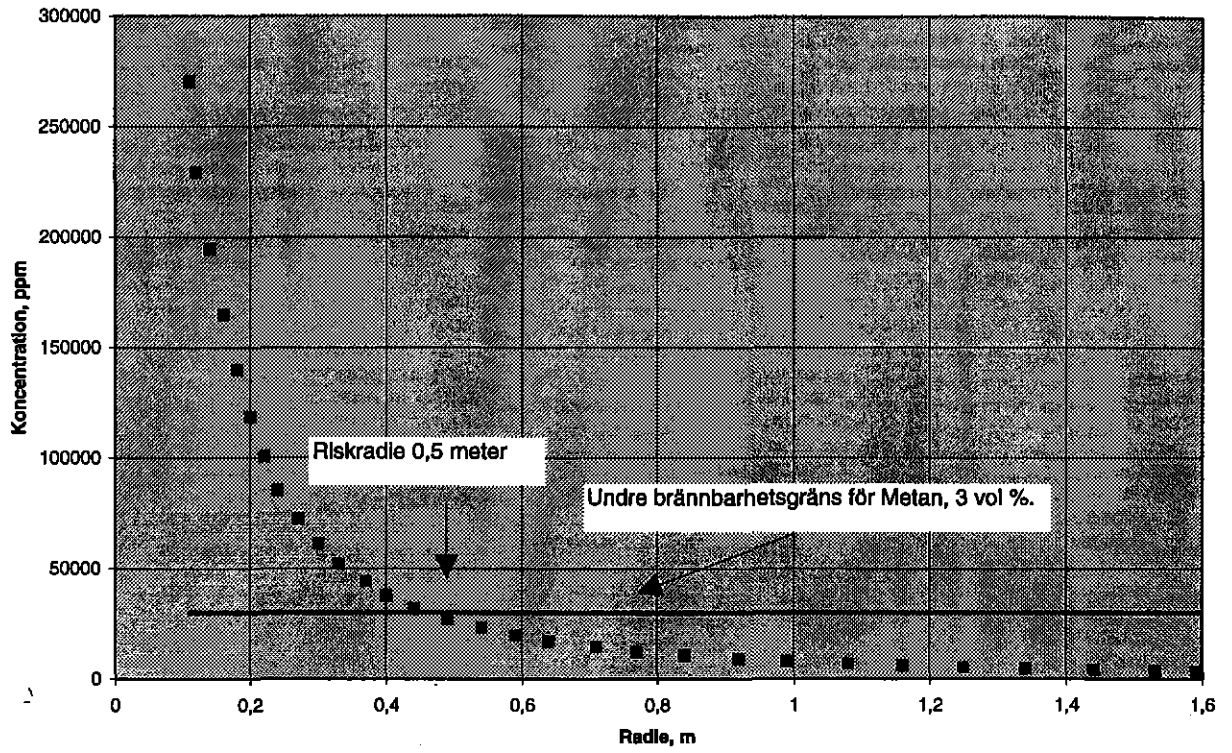
Koncentration som funktion av axiellt avstånd
10 kubikmeter gas per timme



Bilaga 4.3

ATMOSPHERIC CONDITIONS		
Ambient pressure	101350	Pa
Reference Hight	10	m
Wind Speed at ref, hi,	0,5	m/s
Air Temperature	290	K
Surface Temperature	290	K
Surface Roughness	0,05	m
Monin-Obukhov Length	18	m
Relative Humidity	60	%
Absolute Humidity	8,66	gH ₂ O/m ³
SUBSTANCE CONSTANTS		
Name	Methane	
Molecular weight	16	kg/kmole
Boiling point	111	K
Heat of vaporization	510	kJ/kg
Specific heat (liquid)	3,77	kJ/kgK
Specific heat (vapor)	2	kJ/kgK
Density of liquid	415	kg/m ³
JET MODEL INPUT		
Release rate	0,01	kg/s
Angle to horizontal	90	deg
Nozzle Diameter	0,15	m
Exit Temperature	270	K
Initial Elevation	0	m
Integration Accuracy	0,5	%
Maximum Distance	10	m
Heat transfer coefficient	20	W/m ² /K
Passive entrainment coeff,	0,07	
Jet entrainment coefficient	0,3	
Two-phase vers		

Riskradie som funktion av radiellt avstånd
54 kubikmeter gas per timme



97-06-27

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Drifttekniska Institut. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100

97-06-27

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projekt. AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tilläpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen AF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumpf Triumpf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150

97-06-27

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150
037	Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.	Jun 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
038	NOx-reduktion genom reburning med naturgas. Fullskaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonserterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Organisationer med koppling till gasteknisk utvecklingsverksamhet	Feb 94	Jörgen Thunell SGC	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med lägningsbox.	Nov 93	Göran Lustig Elektro Sandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör.	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastindustrin, handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material ledningar för gasdistribution.	Dec 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
045	Metoder att höja verkningsgraden vid avgaskondensering	Dec 93	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	150
046	Gasanvändning i målerier	Dec 93	Charlotte Rehn et al Sydkraft Konsult AB	150
047	Rekuperativ aluminiumsmältugn. Utvärdering av degelugn på Värnamo Pressgjuteri.	Okt 93	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
048	Konvertering av dieseldrivna reservkraftverk till gasdrift och kraftvärmeprod	Jan 94	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult AB	150
049	Utvecklad teknik för gasinstallationer i småhus	Feb 94	P Kastensson, S Ivarsson Sydgas AB	150
050	Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)	Dec 93	Ulf Nilsson m fl LTH	150

97-06-27

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
051	Nordiska Degelugnsprojektet. Pilot- och fältförsök med gasanvändning.	Nov 93	Eva-Maria Svensson Glafo	150
052	Nordic Gas Technology R&D Workshop. April 20, 1994. Proceedings.(På engelska)	Jun 94	Jörgen Thunell, Editor Swedish Gas Center	150
053	Tryckhöjande utrustning för gas vid metallbearbetning -- En förstudie av GT-PAK	Apr 94	Mårten Wärnö MGT Teknik AB	150
054	NOx-reduktion genom injicering av naturgas i kombination med ureainsprutning	Sep 94	Bent Karll, DGC P Å Gustafsson, Miljökons.	100
055	Trevägs-katalysatorer för stationära gasmotorer.	Okt 94	Torbjörn Karlelid m fl Sydkraft Konsult AB	150
056	Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålare	Nov 94	Johansson, M m fl Lunds Tekniska Högskola	150
057	Läckagedetekteringssystem i storskaliga gasinstallationer	Dec 94	Fredrik A Silversand	150
058	Demonstration av låg-NOx-brännare i växthus	Feb 95	B Karll, B T Nielsen Dansk Gasteknisk Center	150
059	Marknadspotential naturgaseldade industriella IR-strålare	Apr 95	Rolf Christensen Enerkon RC	150
060	Rekommendationer vid val av flexibla insatsrör av rostfritt i villaskorstenar	Maj 95	L Hedeem, G Björklund Sydgas AB	50
061	Polyamidrör för distribution av gasol i gasfas. Kunskapssammanställning	Jul 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
062	PE-rörs tålighet mot yttre påverkan. Sammanställning av utförda praktiska försök	Aug 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
063	Naturgas på hjul. Förutsättningar för en storskalig satsning på NGV i Sverige	Aug 95	Naturgasbolagens NGV- grupp	150
064	Energieffektivisering av större gaseldade pannanläggningar. Handbok	Aug 95	Lars Frederiksen Dansk Gasteknisk Center	200
065	Förbättra miljön med gasdrivna fordon	Aug 95	Göteborg Energi m fl	150
066	Konvertering av oljeeldade panncentraler till naturgas. Handbok.	Nov 95	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	150

97-06-27

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
067	Naturgasmodellen. Manual för SMHI:s program för beräkn av skorstenshöjder	Dec 95	Tingnert B, SKKB Thunell J, SGC	150
068	Energigas och oxyfuelteknik	Dec 95	Ingemar Gunnarsson Energi-Analys AB	150
069	CO2-gödsling med avgaser från gasmotor med katalysator	Dec 95	Bent Karll Dansk Gasteknisk Center	150
070	Utvärdering av naturgasförbränning i porösa bäddar	Mar 96	Henric Larsson Lunds Tekniska Högskola	150
071	Utvärdering av naturgasdrivna IR-boostrar i ugn för pulverlackering	Nov 95	Ole H Madsen Asger N Myken	150
072	Sammanställning av emissionsdata från naturgas-, biogas- o motorgasdrivna fordon	Jun 96	Hans-Åke Maltesson Svenskt Gastekniskt Center AB	150
073	Livslängdsbestämning för PE-rör för gasdistribution (EVOPE-projektet)	Jul 96	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	100
074	Gasblandningar för fordonsdrift. Idéstudie.	Aug 96	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
075	Gasbranschens miljöhandbok	Sep 96	Jörgen Thunell Svenskt Gastekniskt Center	500
076	Låg-NOx-teknik för gasdrivna processer - dagsläge	Okt 96	Mikael Näslund, LTH	150
077	Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB 50-projektet	Dec 96	K-E Egebäck Roger Westerholm	150
078	Uppvärmning med gas i svenska småhus - erfarenheter och framtida teknikval	Nov 96	Mikael Näslund, LTH	150
079	Handledn. för inst av gaseldade IR-värmare. Rådgivning, analys och genomförande	Apr 97	Pär Dalin, DITAB	150
080	Mikrokraftvärmeverk med Stirlingmotor	Jan 97	Tomas Nilsson Lunds Tekniska Högskola	150
081	Naturgasbaserad småskalig kraftvärme inom uppvärmningssektorn	Feb 97	Mats Nilsson LTH/MALMÖ	150
082	Kylning och klimatisering av byggnader och lokaler med hjälp av naturgas	Apr 97	Anders Lindkvist Vattenfall Energisystem	150

97-06-27

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
083	Naturgassystemet i Sverige - en teknisk beskrivning	Jun 97	Ronny Nilsson, KM	150
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi	50
A02	Uppföljning av gaseldade luftvärmare vid Arlövs Sockerraffinaderi	Jul 95	Rolf Christensen Enercon RC	50
A03	Gasanvändning för färjedrift. Förstudie (Endast för internt bruk)	Jul 95	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult	0
A04	Bussbuller. Förslag till mätprogram	Jun 95	Ingemar Carlsson Ecotrans Teknik AB	50
A05	Värmning av vätskor med naturgas - Bakgrund till faktablad	Okt 95	Rolf Christensen Enerkon RC	50
A06	Isbildning i naturgasbussar och CNG-system (Endast för internt bruk)	Nov 95	Volvo Aero Turbines Sydgas, SGC	0
A07	Större keramisk fiberbrännare. Förstudie	Jan 96	Per Carlsson Sydkraft Konsult	50
A08	Reduktion av dioxin, furan- och klorfenoler vid avfallsförbränning	Maj 96	H Palmén, M Lampinen et al Helsingfors Tekniska Högskola	50
A09	Naturgas/mikrovågsteknik för sintring av keramer	Maj 96	Anders Röstin, KTH	50
A10	NOx-reduktion genom naturgasinjektion o reburning. Demoprojekt på Knudmoseverket	Apr 96	Jan Flensted Poulsen Völund R & D Center	50
A11	Direktorkning av socker med naturgas (Endast för internt bruk)	Jul 96	Rolf Christensen Enerkon RC	0
A12	Uppföljning, installation av gaspanna med avgaskondensor, kv Hornblåsaren 6, Råå	Sep 96	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	50
A13	Klassningsplaner för gasinstallationer	Jun 97	Carl-Axel Stenberg Greger Arnesson	50