
Rapport SGC 044

**PA11 SOM MATERIAL I LED-
NINGAR FÖR GASDISTRIBUTION**

Thomas Ehrstedt
Sydkraft Konsult AB

December 1993



Rapport SGC 044
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--44--SE

SGC:s FÖRORD

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

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

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

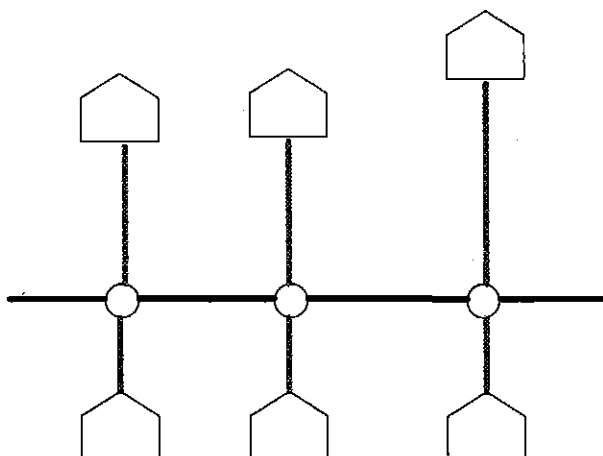
Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas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

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Thunell

PA 11 som material i ledningar för gasdistribution



Malmö 1993-10-22
INDUSTRI- OCH GASTEKNIK
Thomas Ehrstedt

SYDKRAFT KONSULT

HUVUDKONTOR: MALMÖ

BESÖKSADRESS:
CARL GUSTAFS VÄG 4

POSTADRESS:
S-205 09 MALMÖ, SWEDEN

TELEFON:
+46 (0)40-25 60 00

TELEFAX:
+46 (0)40-97 47 74

TELEX:
32810 skdmim s

Sammanfattning

Polyamid 11 (PA 11) eller Nylon 11 som det också kallas är ett plastmaterial som används till naturgasledningar i bl a Australien. De erfarenheter som erhållits i Australien visar att materialet ger lägre totalkostnader vid relining och nyförläggning i tätbebyggt område än vad polyeten ger. För att verifiera detta har en ekonomisk jämförelse mellan PA 11 och PE gjorts för fem typfall; vardera två relinings- respektive nyförläggningsfall i tätbebyggt område samt ett nyförläggningsfall på landsbygd. Det fall där PA 11 resulterade i den största ekonomiska fördelen var relining av ett 4-bars gasnät i tätbebyggt område. Kostnadsbesparingen med PA 11 i detta fall var nära 20 % jämfört med PE. Större delen av denna besparing hänför sig till den stora prisskillnaden mellan PA 11-systemets kopplingar (vilka limmas ihop) och PE-systemets elektromuffar.

Slutsatsen av den ekonomiska kalkylen är att PA 11 bör provas i Sverige t.ex i samband med något reliningsprojekt. I rapporten föreslås även att andra användningsområden än naturgasdistribution identifieras.

Innehållsförteckning**Sida**

1	Inledning	4
2	Jämförelse mellan PA 11 och Polyeten	5
2.1	Teknisk jämförelse	5
2.2	Ekonomisk jämförelse	7
3	Diskussion och fortsatt arbete	10
4	Referenser	11
 Bilaga 1	 AGL-rapport: Gas Distribution System Design Cost Comparison of Nylon and Polyethylene.	
 Bilaga 2	 Sprängämnesinspektionen: Polyamid pipes for natural gas PA 11	

1 Inledning

Polyamid 11 (PA 11) eller Nylon 11 som det också kallas är ett plastmaterial som på senare tid har börjat användas utomlands, framförallt i Australien, för distribution av naturgas. Materialet har bl a större hållfasthet och bättre kemisk beständighet mot t ex aromater och gaskondensat än vad polyeten har, vilket t.ex vid hög föroreningshalt i gasen gör att PA 11 är att föredra framför PE. Anledningen till att PA 11 började användas i Australien var att man på 1960-talet där använde gas som tillverkats ur nafta. Gasen innehöll höga halter av aromater varför polyeten inte kunde användas som rörmaterial. Däremot visade sig PA 11 ha tillräckligt god resistens mot de aggressiva komponenterna i gasen och gasnät började byggas i detta material. När naturgas introducerades 1972 ersattes i många fall nylonrören med polyeten, dock ej för relining och nyförläggning i tätbebyggda områden, där PA 11 visade sig vara ekonomiskt konkurrenskraftigt med polyeten. Ett exempel på detta är att man i dag renoverar 7000 km ställedning i Sydney genom relining med PA 11-rör (det s k Goldline projektet).

PA 11-rör saluförs i Australien under namnet Rilsan. Rilsansystemet, som innefattar alla komponenter som krävs till ett distributionsnät, har utvecklats av Australian Gas Light Company (AGL) och I.P.S Industrial Pipe System Ltd. De sistnämnda är en rörtillverkare som tillverkar Rilsanrören i Australien. AGL är ett australiensiskt gasbolag vars enda intresse i Rilsansystemet är för eget bruk. På grund av sina erfarenheter av systemet anlitas de dock som konsult vid behov.

Råmaterialet, polyamid 11, tillverkas av det franska företaget Elf Atochem. Dessa har också deltagit i utvecklingsarbetet av Rilsansystemet, speciellt vad det gäller materialprovning, och ansvarar nu för marknadsföringen i Europa. Föreliggande arbete har således inneburit många kontakter med Elf Atochem, de flesta skriftliga men även ett par möten.

Efter 10 års framgångsrik användning av PA 11 i Australien och Nya Zeeland marknadsförs nu materialet även i andra delar av världen. Av denna anledning inbjöd Elf Atochems svenska representant, Gren & Bennich, via Svenska Gasföreningen ett antal gasintressenter till ett informationsmöte i juni 1992. Resultatet av detta möte blev bl a att Svenskt Gastekniskt Center, SGC, beslöt att utföra en studie där framför allt de ekonomiska förutsättningarna för PA 11-ledningar i Sverige undersöks.

Detta arbete har utförts av Thomas Ehrstedt, Sydkraft Konsult AB, på uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center.

2 Jämförelse mellan PA 11 och polyeten

PA 11 kan konkurrera med PE på två sätt. Dels gör skillnaderna i de två materialens fysikaliska egenskaper att PA 11 i vissa applikationer kan vara bättre lämpat än PE, dels kan PA 11 i vissa fall vara ekonomiskt fördelaktigt. I detta avsnitt görs dels en teknisk jämförelse, där de mest framträdande skillnaderna i materialegenskaper belyses, dels en ekonomisk jämförelse där ekonomin för några utvalda typfall undersöks. Den ekonomiska utvärderingen har utförts av Australian Gas Light Company, AGL och deras rapport redovisas i Bilaga 1 (exklusive utskrifter av datalistor från gasnätverksberäkningarna).

2.1 Teknisk jämförelse

För en fullständig redogörelse av PA 11-materialets egenskaper hänvisas till ref (1). I Tabell 1, som hämtats från ref (2) redovisas några plastmaterials fysikaliska egenskaper. Från tabellen framgår det att PA 11 (Nylon 11 i tabellen) har något högre densitet än PE men att vikten per meter rör endast är 40% av motsvarande för PE. Detta beror på att PA 11 har högre hållfasthet än PE, varför rören kan göras betydligt tunnare. Detta är av stor betydelse vid relining av gamla ledningar, där stora rullar av ledning måste hanteras manuellt. Den goda flexibiliteten hos de tunna ledningarna medför även att schaktingshålen ner till befintlig ledning vid relining inte behöver göras så stora, vilket håller arbetskostnaden nere. Den tunnare rörväggen innebär också att ett större gasflöde kan erhållas i PA 11-rör jämfört med PE-rör med samma ytterdiameter. Enligt AGL ligger denna ökning i gasflöde mellan 20 och 56 %, beroende på diametern.

En av de viktigaste egenskaperna hos PA 11 är att rören kan sammanfogas genom molekyllär bindning med ett speciellt lim. Detta görs genom att rörändarna, efter att limmet applicerats, trycks in i en plastmuff. Samma teknik används till förgreningar vilket betyder att man slipper använda dyra elektromuffar. Som det kommer att framgå av nästa avsnitt ligger den stora ekonomiska fördelen med PA 11 just i de billiga kopplingsdelarna.

Den goda kemiska resistensen hos PA 11 gör att materialet lämpar sig mycket väl för även andra gaser än naturgas såsom gasol, biogas, vätgas mm. Problemet med vätgas i polyetenrör är att gasens diffusion genom plasten är oacceptabelt stor. Diffusionen av vätgas genom PA 11 är däremot inte större än diffusionen av naturgas genom polyeten.

Sammanfattningsvis kan det sägas att PA 11 har tekniska fördelar jämfört med PE i följande fall:

- Relining av gamla ledningar, speciellt då tillgänglig innerdiameter är en kritisk faktor
- Vid förläggning av gasnät med många kopplingar och förgreningar.
- För gaser innehållande komponenter som kemiskt påverkar plastmaterial, typ aromater, eller då risk för gaskondensat i ledningarna föreligger.

Tabell 1. Typiska egenskaper för några plastmaterial till gasledningar

PROPERTY	METHOD	NYLON 11	HDPE	MDPE	PVC
Density (kg/m ³)		1030	950	940	1420-1480
Melting Point		183-187°C	128-132°C	124-128°C	
Vicat softening point at 10 N	ISO 306	180°C	124°C	120°C	80-84°C
Tensile stress at yield (MPa)	ISO R527	36	24	18	
Elongation at yield	ISO R527	22%	16%	13%	
Tensile Stress at break (MPa)	ISO R527	60	35	27	52
Elongation at break	ISO R527	300%	>800%	>800%	50-80%
Modulus of elasticity in flexure (MPa)	ISO 178	1000	950	700	2800
Impact strength, Charpy (kJ/m ²)	ISO 179	no break	no break	no break	20
Hardness, Rockwell P Shore D	ISO 2039/2	108	82	42	114
Linear thermal expansion	ISO 868 0°C-100°C (10-6/k)	72 90	63 190	58 240	80 70
Water absorption, 24 h immersion		0.3%	<0.1%	<0.1%	0.12%
Equilibrium water absorption, 50% RH	0.9%	.			
100%RH	1.9%	<0.1%	<0.1%		
Pipe Properties:					
One hour hoop strength (MPa)		33	15	13	44
Fifty year hoop strength (MPa minimum)		15	6.5	8	28
Relative weight per unit length		0.4	1.0	1.0	0.9
Perform squeeze-off operation		yes	yes	yes	yes*
Joining techniques - mechanical		yes	yes	yes	yes
fusion		no	yes	yes	no
solvent					
adhesive		yes	no	no	yes
*Specific types only					

2.2 Ekonomisk jämförelse

Råmaterialet PA 11 är 5 - 10 gånger dyrare än polyeten och rör eller slang av PA 11 är cirka två gånger dyrare än PE. Detta innebär att PA11 aldrig kan vara ekonomisk konkurrenskraftigt för långa naturgasledningar med få förgreningar. Enligt australiensiska erfarenheter anses dock materialet vara konkurrenskraftigt vid relining och nyförläggning i tätbebyggt område för ledningar som är mindre än eller lika med 110 mm. För större dimensioner blir den höga materialkostnaden för PA 11 alltför betydande.

För att få en detaljerad jämförelse av kostnaderna för gasnät av PA 11 respektive PE fick Australian Gas Light Company (AGL) i uppdrag att kostnadsberäkna två typfall; dels en 2500 m lång 4-bars ledning från en befintlig distributionsledning till ett mejeri i Vallberga, dels ett gasnät i ett villaområde i Bunkeflostrand utanför Malmö (motsvarande ca 4800 m ledning). Kostnadsberäkningarna gjordes dels för PA 11, dels för PE. För villaområdet beräknades kostnaderna dels för nyförläggning, dels för relining samt vid två trycknivåer; 0,1 bar resp 4 bar.

En detaljerad redogörelse för beräkningarna återfinns i AGL's rapport i Bilaga 1. Där redovisas även förutsättningarna för beräkningarna samt ritningar över de olika fallen i villaområdet. Här följer en kort sammanfattning av, samt en diskussion kring resultaten.

I kapitel 2 i AGL-rapporten redogörs för förutsättningarna för de olika typfallen. Case 1 utgörs av **ledningen till mejeriet** i Vallberga. Mejeriet har ett effektbehov på 1,5 MW och avståndet till befintlig 4 bars distributionsledning är 2500 m. Observera att AGL har gjort ett misstag här och räknat med avståndet 250 m. Detta innebär att kostnaden för denna ledning i verkligheten blir 10 gånger högre än vad som anges i AGL-rapporten. Ledningen är rak, sånär som på en 90°-bøj, och saknar avstick. **Villaområdet** har delats upp i 4 typfall, Case 2 - 5. Case 2 och 3 är relining vid 4 bar respektive 0,1 bar, emedan Case 4 och 5 utgör nyförläggning vid samma trycknivåer. Förutom de 169 hushåll (10 kW per hushåll) som villaområdet består av har två fabriker om vardera 500 kW tillförts typfallen för att få en högre gasförbrukning. I Appendix D i AGL-rapporten redovisas ett brev till Elf Atochem vilket ligger till grund för beskrivningen av de olika typfallen. I Appendix D finns också AGL's ritningar över villaområdet.

I Appendix A, sidan 7 i AGL-rapporten redovisas de rördimensioner som kan vara aktuella för de olika typfallen (australiensisk standard). Intressant i detta sammanhang är skillnaden i godstjocklek mellan PE-rör och PA 11-rör. PA 11-rören har endast ca hälften så tjocka rörväggar som PE-rören har.

I kapitel 3, sidan 4 i AGL-rapporten sammanfattas kostnadsberäkningarna, vilka detaljredovisas i Appendix B. I beräkningarna ingår dels materialkostnader (rör, kopplingar och klister), dels arbetskostnader (schaktning, förläggning, skarvning och återfyllning). Skarvtekniken för PE-rör är stumsvetsning samt elektromuffsvets till förgreningar.

För Case 1, dvs den 2500 m långa ledningen till mejeriet fördelar kostnaderna sig enligt Tabell 2.

Tabell 2. Kostnader för Case 1.

Item	4 bar (400 kPa)	
	P.E	Nylon
Material	\$ 7040	\$ 8,420
Labour	\$ 36,000	\$ 35,750
Restoration	\$ 45,800	\$ 45,800
Total	\$ 88,840	\$ 89,970

Observera att kostnaderna i Tabell 2 är 10 gånger större än i AGL-rapporten. Tabell 2 gäller alltså för en 2500 m lång ledning. Kostnaderna är angivna i australiensiska dollar. 1 \$ motsvarade ca 4,40 SEK före den senaste svenska devalveringen. Av Tabell 2 framgår det att en ledning enligt Case 1 kostar ungefär lika mycket oavsett om PE eller PA 11 används. I Tabell 3 redovisas kostnaderna för Case 1 mer i detalj (Appendix B i AGL-rapporten). Det intressanta med den tabellen är att de värden som använts för material och arbetskostnader i beräkningarna kan jämföras med vad som gäller i Sverige.

Tabell 3. Kostnader för Case 1 (gäller en sträcka på 250 m).

Cost for Nylon/ Polyethylene 400 kPa (Case 1)									
Item for Nylon	\$	Unit	Number of units	Cost	Item for Polyethylene	\$	Unit	Number of units	Cost
Material				(i)	Material				(i)
* Mains (32 mm)	3	m	250	788	* Mains (40 mm)	2.5	m	250	656
* Service (32 mm)	3	m	10	32	* Service (40 mm)	2.5	m	10	26
* Fittings (ii):				22	* Fittings (ii):				22
				842					704
Labour					Labour				
* Mains	13.3	m	250	3325	* Mains	13.3	m	250	3325
* Service	250		1	250	* Service	275		1	275
				3575					3600
Restoration					Restoration				
* Mains	18	m	250	4500	* Mains	18	m	250	4500
* Service	80		1	80	* Service	80		1	80
				4580					4580
Grand Total:				8997	Grand Total:				8884

Comments:

(i) Includes 5 % wastage of Mains and Services

(ii) For Details see Appendix C

Kostnaden för en 40 mm (32 mm innerdiameter) polyetenledning uppges till \$2,5/m, vilket motsvarar 11 SEK/m. Detta skall jämföras med de svenska priserna, vilka 1992 var 6 SEK/m för 32 mm ledning och 20 SEK/m för 63 mm. Kostnaderna för PE-rör som använts i AGL-rapporten överensstämmer således med motsvarande kostnader i Sverige. Arbetskostnaderna i beräkningarna baseras på \$13,3/m, vilket motsvarar

138 SEK/m. I Sverige räknade man 1992 med 160 SEK/m för ledningar mellan 32 och 63 mm. De arbetskostnader som beräknats för PE-ledningar i AGL-rapporten kan således anses gälla även i Sverige.

På sidan 6 i AGL-rapporten sammanfattas kostnadsberäkningarna för Case 2 - 5, dvs de olika fallen i villaområdet. Resultaten redovisas även i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Kostnader för Case 2 - 5.

Item	0.10 bar (10 kPa)				4 bar (400 kPa)			
	Insertion (case 3)		Lay (case 5)		Insertion (case 2)		Lay (case 4)	
	P.E.	Nylon	P.E.	Nylon	P.E.	Nylon	P.E.	Nylon
Material	\$43,976	\$38,914	\$43,976	\$38,914	\$29,260	\$14,664	\$29,260	\$14,664
Labour	\$49,851	\$44,965	\$99,953	\$90,726	\$38,092	\$36,390	\$83,760	\$79,693
Restoration	\$21,600	\$21,600	\$79,391	\$82,433	\$21,600	\$21,600	\$64,996	\$64,996
Total	\$115,427	\$105,479	\$223,320	\$212,073	\$88,952	\$72,654	\$178,016	\$159,353

I Tabell 4 redogörs för kostnaderna för de gasnät som åskådliggörs i Appendix D. Insertion är det samma som relining och Lay betyder nyförläggning. Det framgår att i samtliga fall är PA 11 billigare än PE. Största fördelen för PA 11 erhålls vid relining av 4-bars nätet (Case 2). I det fallet är totalkostnaderna för PA 11 endast 82 % av motsvarande kostnader för PE. Den största skillnaden ligger i materialkostnaderna (\$14.664 för PA 11 mot \$29.260 för PE) och i Appendix D, sidan 9 och 10 i AGL-rapporten kan man se att det framför allt är kostnaderna för kopplingar ("fittings") som skiljer. I Case 2 och 4 kostar PA 11-kopplingarna \$2.817 emedan PE-kopplingarna kostar \$20.449. Anledningen till den stora skillnaden är de dyra elektromuffarna som används till PE-ledningar. PA 11-ledningarna limmas ihop vilket ger avsevärt mycket billigare kopplingar. I Appendix C, sidan 13 ff i AGL-rapporten redogörs bl a för kostnaderna för samtliga använda rördelar. Jämförs de priser som anges för PE-kopplingar (sidan 16) med motsvarande svenska priser (ej redovisade här) finner man att de överensstämmer ganska bra. Även i detta fall är det således rimligt att anta att beräkningarna i AGL-rapporten äger giltighet också i Sverige, så länge kostnaderna för PA 11-ledningarna blir desamma i Sverige som i Australien. Enligt I.P.S. Industrial Pipe System, som tillverkar PA 11-ledningarna i Australien är strävan att priserna skall vara ungefär lika oavsett var de tillverkas.

I Tabell 5 redovisas kostnadsbesparingen då PA 11 används i stället för PE i Case 2-5

Tabell 5. Kostnadsbesparing för Case 2 - 5 då PA 11 används i stället för PE

0,1 bar Relining (Case 3)	0,1 bar Nyförläggning (Case 5)	4 bar Relining (Case 2)	4 bar Nyförläggning (Case 4)
9%	5%	18%	10%

Stösta fördelen med PA 11 erhålls således för relining vid den högre trycknivån.

3 Diskussion och fortsatt arbete

Den dokumentation som föreligger om PA 11 som material till naturgasledningar hävdar att trots att materialpriset är högre än för PE så kan totalkostnaden bli lägre. Detta är också slutsatsen i den ekonomiska kalkyl som redovisats i denna rapport. När det gäller relining eller nyförläggning i tätbebyggt område pekar beräkningarna på att besparingar på upp till närmare 20 % kan göras med PA 11 jämfört med PE, framför allt beroende på en billigare skarvteknik. För ledningar med ett mindre antal förgreningar får materialet svårare att konkurrera med polyeten.

I.P.S Industrial Pipe System som tillverkar gasrör av PA 11 i Australien försöker tillsammans med råmaterialtillverkaren Elf Atochem marknadsföra gasrören i Europa. Som första projekt i Europa har man under sommaren 1993 utfört ett relingsuppdrag i Polen där 6 km PA 11-ledning fått ersätta gamla gjutjärnsrör i ett bostadsområde. AGL ansvarade för arbetet, inkluderande utbildning av personal.

Vad som framkommit i denna rapport bör föranleda att materialet provas och utvärderas i Sverige, t ex i samband med något reliningarbete. Materialet är godkänd för naturgas av Sprängämnesinspektionen så länge den australiensiska standarden följs (se Bilaga 3), så några myndighetsproblem borde inte uppstå. Det finns även svenska rörtillverkare som är beredda att börja tillverka PA 11-rör när så behövs.

Det fortsatta arbetet med gasledningar av PA 11 blir således att finna en lämplig lokalisering för relining eller nyförläggning där materialet kan testas och utvärderas samt att med hjälp av australiensisk know-how utföra detta arbete.

Av intresse är också i vilken utsträckning PA 11-materialets goda fysikaliska egenskaper kan utnyttjas i andra sammanhang än till naturgas. Det kan röra sig om tillämpningar inom gasolhanteringen där risk för kondensering i ledningarna föreligger eller för distribution av flytande gasol. I det senare fallet förekommer diskussioner med Elf Atochem, som visat stort intresse för idén. Även för andra energigas som såsom blandgaser,

biogaser och vätgas kan PA 11 visa sig vara ett lämpligt material. På dessa områden finns det mycket liten erfarenhet globalt sett. I samband med den ökade svenska erfarenheten av PA 11 i naturgassammanhang bör även identifiering av nya användningsområden göras.

4 Referenser

- (1) Rilsan Gas Pipe System, All you need to know about it; Atochem, 4, cours Michelet - La Défense 10, Cedex 42 - 92091 Paris - La Défense (France). 1990.
- (2) The AGL Goldline Project, The Rilsan System; T.M. Leonardi, AGL Sydney. 1991.

Bilaga 1

AGL-rapport: Gas Distribution System Design Cost Comparison of Nylon and Polyethylene.

Malmö, Sweden
Gas Distribution System Design
Cost Comparison of Nylon and Polyethylene

Australian Gas Light Company
The Natural Gas Company
AGL Sydney Limited
ACN#003 004 322
Distribution Design
10th May 1993
Revision 1

Table of Contents

1	Scope of the Project	1
2	Design of Gas Systems	2
3	Cost Analysis	4
	Appendix A: Pipe Specifications	7
	Appendix B: Detailed Cost Comparisons	8
	Appendix C: Material Requirements	13
	Appendix D: Design Results, Maps, Network Printout	18

1 Scope of the Project

Elf Atochem, France, acting on behalf of the Swedish gas company Sydkraft Konsult, has requested AGL Sydney Ltd to provide designs for five gas network configurations in order to evaluate the economics of Nylon and Polyethylene.

The presented report provides comparative costings for various design options. Costing is based on the pricing structure used by AGL in Sydney. Swedish costs may be substituted as necessary.

Please feel free to have your staff contact any of the AGL personnel listed below if you need to ask questions or clarify issues as many assumptions have been made in performing the design.

Teodor Szoloch	(Manager Distribution Design)	02 9228443
Hans Rudling	(Gas System Analyst, Swedish speaker)	02 9228347
Grant Bates	(Gas System Analyst)	02 9228221

(The facsimile number for all contacts is: 02 9540181)

Elf Atochem, Frankrike har, via förfrågan från Sydkraft, Sverige, gett AGL i uppdrag att utföra en ekonomisk utvärdering mellan Nylon och Polyethylen som materialval till ett gasdistributionsnät. Utvärderingen skall baseras på fem fall med varierande trycknivåer och arbetsutföranden.

De kostnader som presenteras i Rapporten är baserade på AGL's prissättning i Sydney. Kostnaderna för de fem fallen är jämförbara för australiska förhållanden. För svenska förhållanden är det sannolikt att vissa priser måste justeringar.

Är det något som är oklart i Rapporten eller någon frågeställning som önskas besvars, ser vi det som en självklarhet att assistera Er. I sådant fall, var vänlig och kontakta någon av följande personer:

Teodor Szoloch	(Chef för Distribution Design)	02 9228443
Hans Rudling	(Gas System Analyst, svensktalande)	02 9228347
Grant Bates	(Gas System Analyst)	02 9228221

(Vårt faxnummer är: 02 9540181)

2 Design of Gas Systems

The proposed designs for the various cases were based on the following information provided by Elf Atochem:

Case 1

- Supply point pressure - 4 bar (400 kPa)
- Load: peak demand at endpoint - 1.5 MW (5400 MJ/hr)
- Minimum endpoint pressure - 1 bar (100 kPa)
- Maximum gas velocity - 20 m/s
- Length of main - 250 m

Case 2 - 5

Cases 2 - 5 involve rehabilitation of an existing reticulation system. The cases describe different methods of renewing the system at different operating pressures as follows:

Case	Inlet Pressure	Minimum Outlet Pressure	Construction Method
2	4 bar (400 kPa)	1 bar (100 kPa)	Relining (insertion)
3	0.10 bar (10 kPa)	0.09 bar (9 kPa)	Relining (insertion)
4	4 bar (400 kPa)	1 bar (100 kPa)	Re-lay
5	0.10 bar (10 kPa)	0.09 bar (9 kPa)	Re-lay

Design criteria common to all cases 2 - 5 include:

- Maximum gas velocity of 20 m/s.
- A domestic load consisting of 169 houses, each with a peak demand of 10 kW (36 MJ/hr).
- A commercial load consisting of 2 factories, each with a peak demand of 500 kW (1800 MJ/hr)

General Assumptions

The following general assumptions were used for all cases:

- Natural Gas Heating Value of 37.5 MJ/m³, Relative Density of .590, viscosity of 0.000011 Pa s
- Pipe roughness of 2 micrometres.
- Services for the factories are $\geq \phi 80$ mm.
- Pipe specifications as outlined in Appendix A.

Design Results

The proposed designs are based on detailed network analysis of the reticulation system specified in the maps provided. Network analysis was carried out via the use of an in-house computer package; GNATS (Gas Network Analysis Three Sixty). GNATS is specifically designed to analyse steady state flows and pressures in gas distribution systems.

The GNATS package has been used and tested extensively by AGL and found to correlate to within 3% of actual pressure and flow measurements. GNATS has been used as the major design tool for the Goldline Project involving the rehabilitation of approximately 300,000 customers in the Sydney gas distribution system. GNATS has also been used for similar projects both in Australia and overseas.

The results obtained by GNATS to produce the proposed designs are provided in the form of the drawings and computer output of Appendix D.

3 Cost Analysis

The detailed costings for the project cases were based on the assumptions below (administrative overhead costs and meter set upgrade costs have been omitted as these will be the same for all options).

Materials:

Materials costs include the cost of the pipe, fittings and glue.

- Nylon mains and services are joined using standard gluing and tapping techniques. Fittings costs include all joiners, service saddles etc.
- Polyethylene mains are joined using a butt fusion process (rather than electrofusion joiners) with service saddles, bends tees etc being added using electrofusion.

Labour:

Labour costs include excavation, spoil removal, laying, gluing or electrofusion, backfilling and temporary restoration. The labour cost of Polyethylene is 10% higher than that for Nylon. Also note that:

- In the case of relaying of mains, costed is done on a per metre basis dependent on the diameter of the main. This dependency is mostly due to the different widths of excavation and difficulty in handling larger pipe sizes.
- In the case of relaying of services, there is a fixed cost per service laid for the standard length of service (25m).
- In the case of insertion of mains, there is a set cost per metre of main inserted dependent on the size of the main.
- In the case of insertion of services, there is a fixed cost per service inserted.
- Any increase in the level of difficulty of excavation (due to rock etc) will make insertion a more favourable option.

Restoration:

The cost of restoration depends on the type of surface that has been excavated. In this report, an average cost of \$120/m² was used in the calculations. Based on AGL Sydney's experience with the Goldline rehabilitation project, the restoration area required can be calculated as follows:

- **Direct Lay:** Restoration area is obtained by multiplying the number of metres cut by the opening width¹ with a further cost being added for larger openings for services and changes in direction.
- **Insertion:** Restoration area is obtained by multiplying the number of service openings by an average area per opening of 0.8 m² and adding 20 % for openings required because of changes in direction.

Note that in appendix B, restoration costs were converted to a cost per linear metre.

These costing assumptions were then applied to the designs outlined in Appendix D to give the detailed cost analysis outlined in Appendix B. These costs are summarised in the following tables.

Case 1

Item	4 bar (400 kPa)	
	P.E.	Nylon
Material	\$704	\$842
Labour	\$3,600	\$3,575
Restoration	\$4,580	\$4,580
Total	\$8,884	\$8,997

¹ For pipes $\leq \phi 63$ mm, average opening width is 0.150m
For pipes $> \phi 63$ mm, average opening width is 0.300m

Cases 2 - 5

Item	0.10 bar (10 kPa)				4 bar (400 kPa)			
	Insertion (case 3)		Lay (case 5)		Insertion (case 2)		Lay (case 4)	
	P.E.	Nylon	P.E.	Nylon	P.E.	Nylon	P.E.	Nylon
Material	\$43,976	\$38,914	\$43,976	\$38,914	\$29,260	\$14,664	\$29,260	\$14,664
Labour	\$49,851	\$44,965	\$99,953	\$90,726	\$38,092	\$36,390	\$83,760	\$79,693
Restoration	\$21,600	\$21,600	\$79,391	\$82,433	\$21,600	\$21,600	\$64,996	\$64,996
Total	\$115,427	\$105,479	\$223,320	\$212,073	\$88,952	\$72,654	\$178,016	\$159,353

The above gas system construction cost comparison in general terms reflects AGL Sydney's experience.

A rehabilitation of old gas systems by means of plastic insertion is approximately 50% of the relaying cost when standard excavation and restoration conditions apply. For conditions where rock and expensive restoration or restricted working conditions are a significant factor, the insertion solution may be only 30% of the cost of relaying.

Selection of Nylon for insertion is more economical than insertion with Polyethylene, as the less expensive Nylon fittings and lower labour costs more than offset the higher cost of the Nylon pipe itself.

Appendix A: Pipe Specifications

Nylon pipes (AS2944.1-2)

- For the 400 kPa systems, Class 400 is to be used.
- For the 10 kPa systems, Class 300 is to be used.

Nominal Outside Diameter (mm)	Internal Diameter (mm)	
	Class 300	Class 400
18	16	16
23	21	21
32	29	29
50	47	45
75	70	68
110	103	100

Polyethylene pipes (AS2718.1)

- For the 400 kPa systems, Class 500 is to be used.
- For the 10 kPa systems, Class 250 is to be used.

Nominal Outside Diameter (mm)	Internal Diameter (mm)	
	Class 250	Class 500
20	15	15
40	35	32
63	56	50
90	80	72
110	97	88
160	139	128

Appendix B: Detailed Cost Comparisons

Cost for Nylon/ Polyethylene 400 kPa (Case 1)									
Item for Nylon	\$	Unit	Number of units	Cost	Item for Polyethylene	\$	Unit	Number of units	Cost
Material				(i)	Material				(i)
* Mains (32 mm)	3	m	250	788	* Mains (40 mm)	2.5	m	250	656
* Service (32 mm)	3	m	10	32	* Service (40 mm)	2.5	m	10	26
* Fittings (ii):				22	* Fittings (ii):				22
				842					704
Labour					Labour				
* Mains	13.3	m	250	3325	* Mains	13.3	m	250	3325
* Service	250		1	250	* Service	275		1	275
				3575					3600
Restoration					Restoration				
* Mains	18	m	250	4500	* Mains	18	m	250	4500
* Service	80		1	80	* Service	80		1	80
				4580					4580
Grand Total:				8997	Grand Total:				8884

Comments:

(i) Includes 5 % wastage of Mains and Services

(ii) For Details see Appendix C

Cost Comparison for Nylon 400 kPa (Case 2 & 4)

Item	\$	Unit	Number of units	Insertion	Lay
				Case 2 (\$)	Case 4 (\$)
Material				(i)	(i)
* Mains:					
– 50 mm	7.9	m	58	481	481
– 32 mm	3	m	2704	8518	8518
				8999	8999
* Services:					
– 32 mm (Factory)	3	m	30	95	95
– 18 mm (Domestic)	1.3	m	2017	2753	2753
				2848	2848
* Fittings (ii):				2817	2817
				14664	14664
Labour					
* Mains/ Services to Lay:					
– 50 mm	16.9		58		980
– 32 mm	13.3	m	2704		35963
– Services	250		171		42750
* Mains/ Services Insertion:					
– 50 mm	9.4	m	58	545	
– 32 mm	6.3	m	2704	17035	
– Services	110		171	18810	
				36390	79693
Restoration					
* Mains/ Services to Lay:					
– 50 mm	18	m	58		1044
– 32 mm	18	m	2704		48672
– Openings	80		191		15280
* Mains/ Services Insertion:					
– Openings	96		225	21600	
				21600	64996
Grand Total:				72654	159353

Comments:

(i) Includes 5 % wastage of Mains and Services

(ii) For Details See Appendix C

Cost Comparison for Polyethylene 400 kPa (Case 2 & 4)

Item	\$	Unit	Number of units	Insertion	Lay
				Case 2 (\$)	Case 4 (\$)
Material				(i)	(i)
* Mains:					
– 40 mm	2.5	m	2762	7250	7250
* Services:					
– 40 mm (Factory)	2.5	m	30	79	79
– 20 mm (Domestic)	0.7	m	2017	1482	1482
				1561	1561
* Fittings (ii):				20449	20449
				29260	29260
Labour					
* Mains/ Services to Lay:					
– 40 mm	13.3	m	2762		36735
– Services	275		171		47025
* Mains/ Services Insertion:					
– 40 mm	6.3	m	2762	17401	
– Services	121		171	20691	
				38092	83760
Restoration					
* Mains/ Services to Lay:					
– 40 mm	18	m	2762		49716
– Openings	80		191		15280
* Mains/ Services Insertion:					
– Openings	96		225	21600	
				21600	64996
Grand Total:				88952	178016

Comments:

(i) Includes 5 % wastage of Mains and Services

(ii) For Details see Appendix C

Cost Comparison for Nylon 10 kPa (Case 3 & 5)

Item	\$	Unit	Number of units	Insertion Case 3 (\$)	Lay Case 5 (\$)
Material				(i)	(i)
* Mains:					
– 160 mm, PE (ii)	23.6	m	58	1437	1437
– 110 mm	23.4	m	381	9361	9361
– 75 mm	11.1	m	604	7040	7040
– 50 mm	5.6	m	1719	10108	10108
				27946	27946
* Services:					
– 50 mm (Factory)	5.6	m	30	176	176
– 23 mm (Domestic)	1.4	m	48	71	71
– 18 mm (Domestic)	1.3	m	1969	2688	2688
				2935	2935
* Fittings (iii):				8033	8033
				38914	38914
Labour					
* Mains/ Services to Lay:					
– 160 mm	22.3	m	58		1293
– 110/75 mm	17.9	m	985		17632
– 50 mm	16.9	m	1719		29051
– Services	250		171		42750
* Mains/ Services Insertion:					
– 160 mm	12.7	m	58	737	
– 110/75/50 mm	9.4	m	2704	25418	
– Services	110		171	18810	
				44965	90726
Restoration					
* Mains/ Services to Lay:					
– 160/110/75 mm	36	m	1043		37548
– 50 mm	18	m	1719		30942
– Openings	73		191		13943
* Mains/ Services Insertion:					
– Openings	96		225	21600	
				21600	82433
Grand Total:				105479	212073

Comments:

- (i) Includes 5 % wastage of Mains and Services
- (ii) 160 mm Ny is not manufactured
- (iii) For Details see Appendix C

Cost Comparison for Polyethylene 10 kPa (Case 3 & 5)

Item	\$	Unit	Number of units	Insertion Case 3 (\$)	Lay Case 5 (\$)
Material				(i)	(i)
* Mains:					
– 160 mm	23.6	m	121	2998	2998
– 110 mm	11.5	m	242	2922	2922
– 90 mm	7.1	m	511	3810	3810
– 63 mm	5.3	m	1888	10507	10507
				20237	20237
* Services:					
– 63 mm (Factory)	5.3	m	30	167	167
– 40 mm (Domestic)	2.4	m	50	126	126
– 20 mm (Domestic)	0.7	m	1967	1446	1446
				1739	1739
* Fittings (ii):				22000	22000
				43976	43976
Labour					
* Mains/ Services to Lay:					
– 160 mm	24.6	m	121		2977
– 110/90 mm	19.7	m	753		14834
– 63 mm	18.6	m	1888		35117
– Services	275		171		47025
* Mains/ Services Insertion:					
– 160 mm	14	m	121	1694	
– 110/90/63 mm	10.4	m	2641	27466	
– Services	121		171	20691	
				49851	99953
Restoration					
* Mains/ Services to Lay:					
– 160/110/90 mm	36	m	874		31464
– 63 mm	18	m	1888		33984
– Openings	73		191		13943
* Mains/ Services Insertion:					
– Openings	96		225	21600	
				21600	79391
Grand Total:				115427	223320

Comments:

(i) Includes 5 % wastage of Mains and Services

(ii) For Details see Appendix C

Appendix C: Material Requirements

Materials Requirements for Case 1 – Nylon

Materials	COST/ UNIT	UNITS REQ'D	TOTAL COST
PIPE			(i)
32mm NYLON PIPE (m)	\$3.00	260	\$819
			\$819
FITTINGS			
32mm 90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON	\$2.04	1	\$2
1" COPPER TO 32mm NYLON TRANSITION FITTING	\$8.25	1	\$8
NYLINK NYLON GLUE	\$12.14	1	\$12
			\$22
Grand Total			\$841

Materials Requirements for Case 1 – Polyethylene

Materials	COST/ UNIT	UNITS REQ'D	TOTAL COST
PIPE			(i)
40mm POLYETHYLENE PIPE (m)	\$2.50	260	\$683
			\$683
FITTINGS			
40mm 90 DEG. ELBOW POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$2.04	1	\$2
1" COPPER TO 40mm POLYETHYLENE TRANS. FITTING	\$20.00	1	\$20
			\$22
Grand Total			\$705

Comments:

(i) Includes 5% wastage of Mains and Services

Materials Requirements for Cases 2,3,4,5 – Nylon

MATERIAL	10 kPa			400 kPa		
	COST/ UNIT	UNITS REQU'D	TOTAL COST	COST/ UNIT	UNITS REQU'D	TOTAL COST
PIPE			(i)			(i)
18mm NYLON PIPE (m)	\$1.30	1969	\$2,688	\$1.30	2017	\$2,753
23mm NYLON PIPE (m)	\$1.40	48	\$71			
32mm NYLON PIPE (m)				\$3.00	2734	\$8,612
50mm NYLON PIPE (m)	\$5.60	1749	\$10,284	\$7.90	58	\$481
75mm NYLON PIPE (m)	\$11.10	604	\$7,040			
110mm NYLON PIPE (m)	\$23.40	381	\$9,361			
160mm PE PIPE(m)	\$23.60	58	\$1,437			
			\$30,881			\$11,846
FITTINGS						
SOCKETS EXTERNAL NYLON GLUE ON						
18mm SOCKET EXTERNAL NYLON GLUE ON						
32mm SOCKET EXTERNAL NYLON GLUE ON	\$1.52	3	\$5	\$1.52	92	\$140
50mm SOCKET EXTERNAL NYLON GLUE ON	\$6.82	173	\$1,180	\$6.82	1	\$7
75mm SOCKET EXTERNAL NYLON GLUE ON	\$10.45	65	\$679			
110mm SOCKET EXTERNAL NYLON GLUE ON	\$14.52	41	\$595			
EQUAL TEES NYLON GLUE ON						
18mm EQUAL TEES NYLON GLUE ON				\$4.00	3	\$12
32mm EQUAL TEES NYLON GLUE ON				\$2.72	184	\$500
50mm EQUAL TEES NYLON GLUE ON	\$8.14	8	\$65	\$8.14	1	\$8
75mm EQUAL TEES NYLON GLUE ON	\$15.10	4	\$60			
110mm EQUAL TEES NYLON GLUE ON	\$41.00	4	\$164			
SERVICE SADDLES NYLON SELF TAPPING						
50mm SERVICE SADDLES NYLON SELF TAPPING – 32mmO/F	\$15.43	105	\$1,620			
75mm SERVICE SADDLES NYLON SELF TAPPING – 32mmO/F	\$16.32	44	\$718			
110mm SERVICE SADDLES NYLON SELF TAPPING – 32mmO/F	\$24.37	19	\$463			
REDUCERS NYLON GLUE ON						
32mmF TO 18mmF REDUCERS NYLON GLUE ON	\$1.22	163	\$199	\$1.22	171	\$209
32mmF TO 23mmF REDUCERS NYLON GLUE ON	\$1.44	1	\$1			
50mmM TO 32mmM REDUCERS NYLON GLUE ON				\$2.00	2	\$4
75mmM TO 50mmM REDUCERS NYLON GLUE ON	\$5.30	8	\$42	\$5.30	1	\$5
110mmM TO 75mmM REDUCERS NYLON GLUE ON	\$9.96	4	\$40			

Materials Requirements for Cases 2,3,4,5 – Nylon

MATERIAL	10 kPa			400 kPa		
	COST/ UNIT	UNITS REQU'D	TOTAL COST	COST/ UNIT	UNITS REQU'D	TOTAL COST
90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON						
18mm 90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON	\$1.21	19	\$23	\$1.21	171	\$207
23mm 90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON	\$3.02	3	\$9			
32mm 90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON				\$2.04	8	\$16
50mm 90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON	\$8.40	5	\$42	\$8.40	1	\$8
75mm 90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON						
110mm 90 DEG. ELBOWS NYLON GLUE ON	\$29.80	1	\$30			
CAPS NYLON GLUE ON						
18mm CAPS NYLON GLUE ON	\$0.68	171	\$116	\$0.68	171	\$116
32mm CAPS NYLON GLUE ON	\$1.00	4	\$4	\$1.00	40	\$40
50mm CAPS NYLON GLUE ON	\$1.95	22	\$43			
75mm CAPS NYLON GLUE ON	\$4.64	7	\$32			
110mm CAPS NYLON GLUE ON	\$14.60	5	\$73			
HOOK IN TO EXISTING SYSTEM (10 kPa)						
160mm PE FLANGE	\$41.00	2	\$82			
160mm FLANGE RING	\$33.00	1	\$33			
160mm GASKET	\$4.00	1	\$4			
BOLTS						
160mm ELBOW ELECTROFUSION	\$160.00	1	\$160			
160mm SOCKET ELECTROFUSION	\$28.00	3	\$84			
110mm TO 6" FLANGE ADAPTORS	\$64.00	1	\$64			
6" NYLON BACKING RING	\$29.40	1	\$29			
6" PE BACKING RING	\$33.00	1	\$33			
HOOK IN TO EXISTING SYSTEM (400 kPa)						
3" FLANGE				\$33.00	1	\$33
3" FLANGE RING				\$13.00	1	\$13
5/8" BOLTS						
GASKET				\$3.00	1	\$3
TRANSITION FITTINGS						
18mm NYLON TO 20mm COPPER TRANSITION FITTING	\$8.25	145	\$1,196	\$8.25	171	\$1,411
32mm NYLON TO 25mm COPPER TRANSITION FITTING	\$10.00	2	\$20			
50mm NYLON TO 50mm COPPER TRANSITION FITTING	\$20.00	2	\$40			
NYLINK NYLON GLUE	\$12.14	7	\$85	\$12.14	7	\$85
			\$8,033			\$2,817
Grand Total			\$38,914			\$14,663

Comments:

(1) Includes 5% wastage of Mains and Services

Materials Requirements for Cases 2,3,4,5 – Polyethylene

MATERIAL	10 kPa			400 kPa		
	COST/ UNIT	UNITS REQU'D	TOTAL COST	COST/ UNIT	UNITS REQU'D	TOTAL COST
PIPE			(1)			(1)
20mm POLYETHYLENE PIPE (m)	\$0.70	1967	\$1,446	\$0.70	2017	\$1,482
40mm POLYETHYLENE PIPE (m)	\$2.40	50	\$126	\$2.50	2792	\$7,329
63mm POLYETHYLENE PIPE (m)	\$5.30	1918	\$10,674			\$0
90mm POLYETHYLENE PIPE (m)	\$7.10	511	\$3,810			\$0
110mm POLYETHYLENE PIPE (m)	\$11.50	242	\$2,922			\$0
160mm POLYETHYLENE PIPE (m)	\$23.60	121	\$2,998			\$0
			\$21,976			\$8,811
FITTINGS						
SOCKETS POLYETHYLENE ELECTROFUSION						
20mm SOCKET POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$5.90	487	\$2,873	\$5.90	684	\$4,036
40mm SOCKET POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$7.30	1	\$7	\$7.30	68	\$496
63mm SOCKET POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$11.57	30	\$347			
90mm SOCKET POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$22.38	8	\$179			
110mm SOCKET POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$27.25	4	\$109			
160mm SOCKET POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$50.00	4	\$200			
EQUAL TEES POLYETHYLENE ELECTROFUSION						
20mm EQUAL TEES POLYETHYLENE ELECTROFUSION				\$17.33	3	\$52
40mm EQUAL TEES POLYETHYLENE ELECTROFUSION				\$34.07	15	\$511
63mm EQUAL TEES POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$50.85	13	\$661			
90mm EQUAL TEES POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$88.63	4	\$355			
110mm EQUAL TEES POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$131.00	1	\$131			
160mm EQUAL TEES POLYETHYLENE ELECTROFUSION	\$176.68	1	\$177			
SERVICE SADDLES POLYETHYLENE ELECTROFUSION						
40mm SERVICE SADDLES				\$65.30	171	\$11,166
63mm SERVICE SADDLES	\$65.30	111	\$7,248			
90mm SERVICE SADDLES	\$78.82	34	\$2,680			
110mm SERVICE SADDLES	\$84.82	17	\$1,442			
160mm SERVICE SADDLES	\$121.00	1	\$121			
REDUCERS POLYETHYLENE ELECTROFUSION						
63mm TO 40mm REDUCERS	\$14.00	2	\$28			
90mm TO 63mm REDUCERS	\$20.00	7	\$140			
110mm TO 90mm REDUCERS	\$34.75	1	\$35			
160mm TO 90mm REDUCERS	\$123.49	1	\$123			
160mm TO 110mm REDUCERS	\$123.50	1	\$124			

Materials Requirements for Cases 2,3,4,5 – Polyethylene

MATERIAL	10 kPa			400 kPa		
	COST/ UNIT	UNITS REQ'D	TOTAL COST	COST/ UNIT	UNITS REQ'D	TOTAL COST
90 DEG. POLYETHYLENE ELECTROFUSION						
20mm 90 DEG. ELBOWS	\$7.00	162	\$1,134	\$7.00	171	\$1,197
40mm 90 DEG. ELBOWS	\$24.45	3	\$73	\$24.45	1	\$24
63mm 90 DEG. ELBOWS	\$36.97	6	\$222			
160mm 90 DEG. ELBOWS	\$124.53	2	\$249			
CAPS POLYETHYLENE ELECTROFUSION						
20mm CAPS	\$4.65	167	\$777	\$4.65	171	\$795
40mm CAPS	\$12.56	2	\$25	\$12.56	34	\$427
63mm CAPS	\$14.88	32	\$476			
90mm CAPS	\$22.00	8	\$176			
110mm CAPS	\$24.25	4	\$97			
160mm CAPS	\$48.00	2	\$96			
HOOK IN TO EXISTING SYSTEM (10 kPa)						
6" FLANGE	\$75.43	1	\$75			
HOOK IN TO EXISTING SYSTEM (400 kPa)						
6" FLANGE POLYETHYLENE				\$12.10	1	\$12
FLANGE RING				\$20.00	1	\$20
GASKET				\$3.00	1	\$3
BOLTS					1	\$0
TRANSITION FITTINGS						
20mm POLYETHYLENE TO 3/4" COPPER FITTING	\$10.00	162	\$1,620	\$10.00	171	\$1,710
			\$22,000			\$20,449
Grand Total			\$43,976			\$29,260

Comments:

(1) Includes 5% wastage of mains and services

Appendix D: Design Results, Maps, Network Printout

DPA/SDM/PH.M/C.C/CP/25.93

THE NATURAL GAS COMPANY

AGL Sydney Ltd,

111 Pacific Highway

North Sydney, NSW 2060

AUSTRALIA

F.A.O. M. Paul BEEREN

General Manager

H/4/93

La Défense, 14th april, 1993

Subject : Swedish development

Dear Paul,

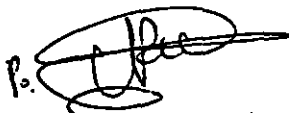
As suggested by Chris Watson, you will find enclosed the drawings (3) sent by Thomas Ehrstedt (Sydkraft Konsult) and the letter explaining the 3 cases which have to be calculated in Polyamide 11. He is also asking a calculation in Polyethylene (PE), in order to compare the economics.

If this work will represent a cost for AGL, don't hesitate to charge ATOCHEM and send us the invoice (directly to Ph. MARCHAL).

Thanks in advance for collaboration.

Best regards.

Ph. Marchal



C. Casciarri

Enc. : 3 drawings

VIA REF/OUR REFERENCE

EG - Thomas Ehrstedt/Idw

DATE/DATE OF ISSUE

1993-04-02

ER REF/OUR REFERENCE

ÄRENDEBETEGNING/REFERENCE CODE

EEGU.42

EG-9304m004

ATOCHEM

Att: Philippe Marchal
Engineering Plastics Division
4, cours Michelet, La Défense 10
Cedex 42, 92091 Paris La Défense
Frankrike

Dear Philippe Marchal

As agreed I am sending you the cases to be calculated for PA11. There are 3 drawings: no 1, no 2:1 and no 2:2. Drawing no 1 describes a gas pipe in the countryside and drawing no 2:1 and 2:2 together describes a residential district in the town of Malmö. In the following I will explain the drawings and also specify five cases to be calculated.

Case no 1

Case no 1 is based on drawing no 1. The pipe to be built is marked orange and it begins in a distribution pipe (green) where the pressure is 4 bar (overpressure). The demand at the dairy is 1.5 MW, the pressure at the end of the pipe must not be below 1.0 bar and the gas rate must not cross 20 m/s in the pipe. The ground is good arable land.

Drawing 2:1 and 2:2

Before I specify case 2-5 I will explain the drawings. (The drawings shall be placed so that the Gas inlet is in the lower left corner and Factory 1 in the upper left corner). The gasnet shall supply several houses and two factories with natural gas. Each house demands 10 kW and uses 30.000 kWh/year. Factory 1 and 2 have a demand of 500 kW (1000 MWh/year) each. The explanation to the different colours is:

Yellow = Gas pipe
Orange = Telephone cable
Green = Cable TV
Blue = Water pipe
Red = Electricity
Brown = Sewer

BESÖKSADRESS:
POSTADRESS:

MALMÖ
Carl Gustafs väg 4
S-205 09 MALMÖ
SWEDEN

+46 (0)40-25 80 00
+46 (0)40-97 47 74
32810 skdm m

SEGE
Garra Segenvägen, Artör
205 09 MALMÖ

040-53 80 00
040-43 82 75

HALMSTAD
Kristian IV väg 3
Box 802
301 18 HALMSTAD
035-13 50 00
035-11 45 85

ÄLMHULT
Storgatan 18
Box 807
343 24 ÄLMHULT
0476-562 25
0476-113 43

KALMAR
Esplanaden 27
Box 735
391 27 KALMAR
0480-588 70
0480-162 38

TELEFON:
TELEFAX:
TELEX:

The labels on the gas pipes e.g. G DN 200 S means:

G = Gas pipe
 DN 200 = Dimension designation
 S = Steel

The diameter corresponding to the different DN numbers is given below:

DN	Exterior diameter (mm)	Wall thickness (mm)
25	33,7	2,6
32	42,4	2,6
40	48,3	2,6
50	60,3	2,9
65	76,1	2,9
80	88,9	3,2
100	114,3	3,6
125	139,7	3,6
150	168,3	4,0
200	219,1	4,5
250	273,0	5,0
300	323,9	5,6
350	355,6	5,6
400	406,4	6,3

All service pipes are G DN 50 S, which is not marked out in the drawings.

Case 2

Relining of the gas net in drawing 2:1 and 2:2.
 The gas rate must not cross 20 m/s in the pipes.
 Pressure of the inlet gas = 4 bar.

Case 3

As case 2 but pressure of the inlet gas = 0,1 bar.
 Maximum pressure drop = 10 mbar.

Case 4

In case 4 we pretend that there is no gas net in drawing 2:1 and 2:2 so we are going to build one.
 The demand etc is the same as above.
 The gas rate must not cross 20 m/s in the pipes.
 Pressure of the inlet gas = 4 bar.

Case 5

As case 4 but pressure of the inlet gas = 0,1 bar.
 Maximum pressure drop = 10 mbar.

For all five cases shall an economical calculation be made. In contrary to what we said at our meeting I would like to have calculations for both PA11 and polyethylene. I also expect to receive the basic data of the calculations together with the results as we agreed.

If there is any questions don't hesitate to contact me. My faxnumber is + 46 40 30 59 16.

I look forward to take part of the results of the calculations. If they turn out well we have to discuss the building of a test pipe in Sweden.

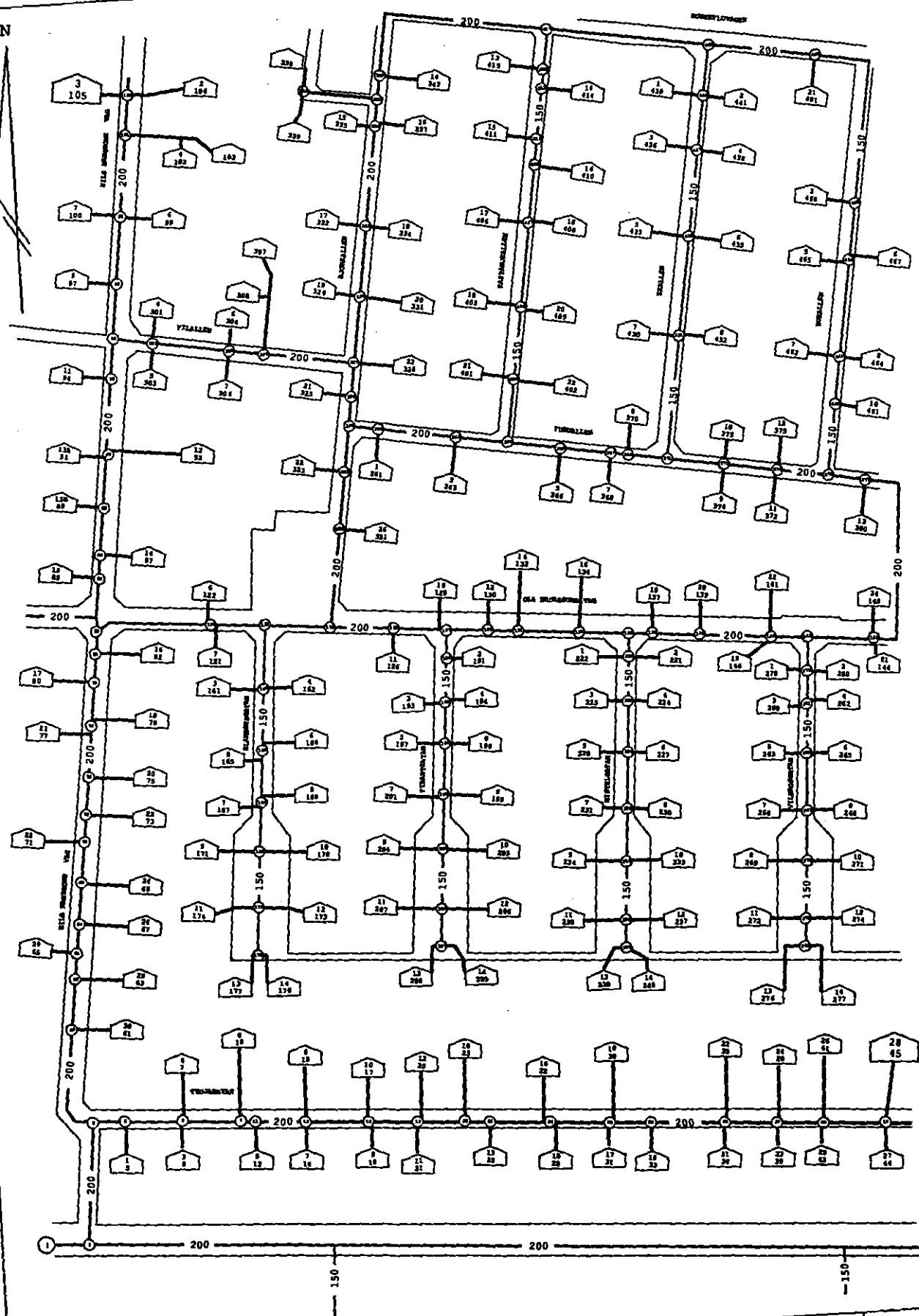
Yours sincerely,

SYDKRAFT KONSULT AB
Gas Engineering
Research and Development



Thomas Ehrstedt

N



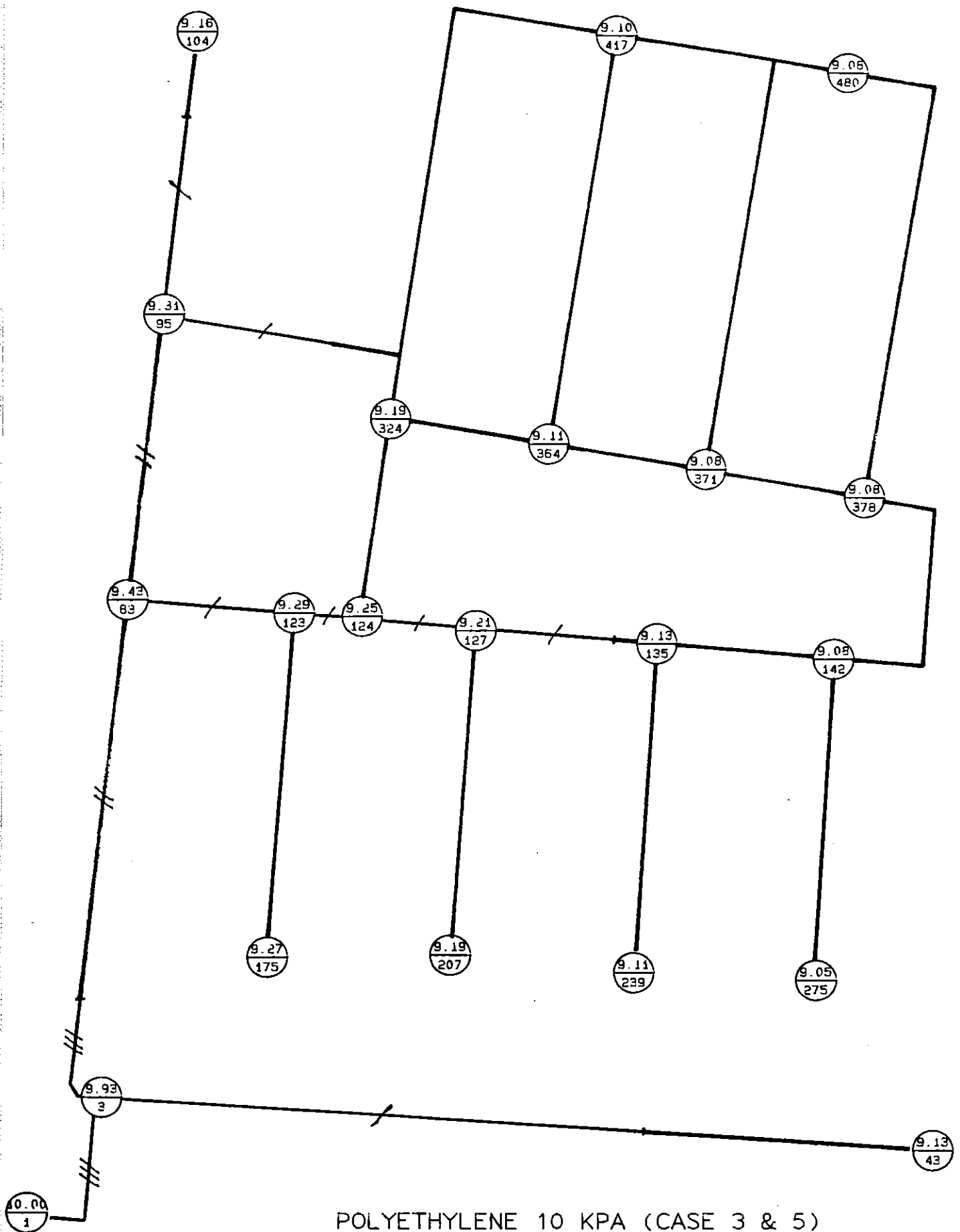
LEGEND

- ① SUPPLY POINT (NODE No.)
- ② NODE No.
- ③ HOUSE No. / NODE No.
- ④ FACTORY ADDRESS No. / NODE No.
- 200MM MAIN
- 150MM MAIN
- SERVICE MAIN

**MALMO
NODE MAP**

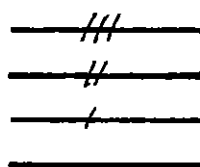
PROJECT NO.	APPROVED	DESIGNED	CHECKED	DRAWN	DATE	SCALE	DATE	SCALE	DATE	SCALE
					10/05/93	1:600				

THE NATURAL GAS COMPANY
DRAWING NO. **A1**

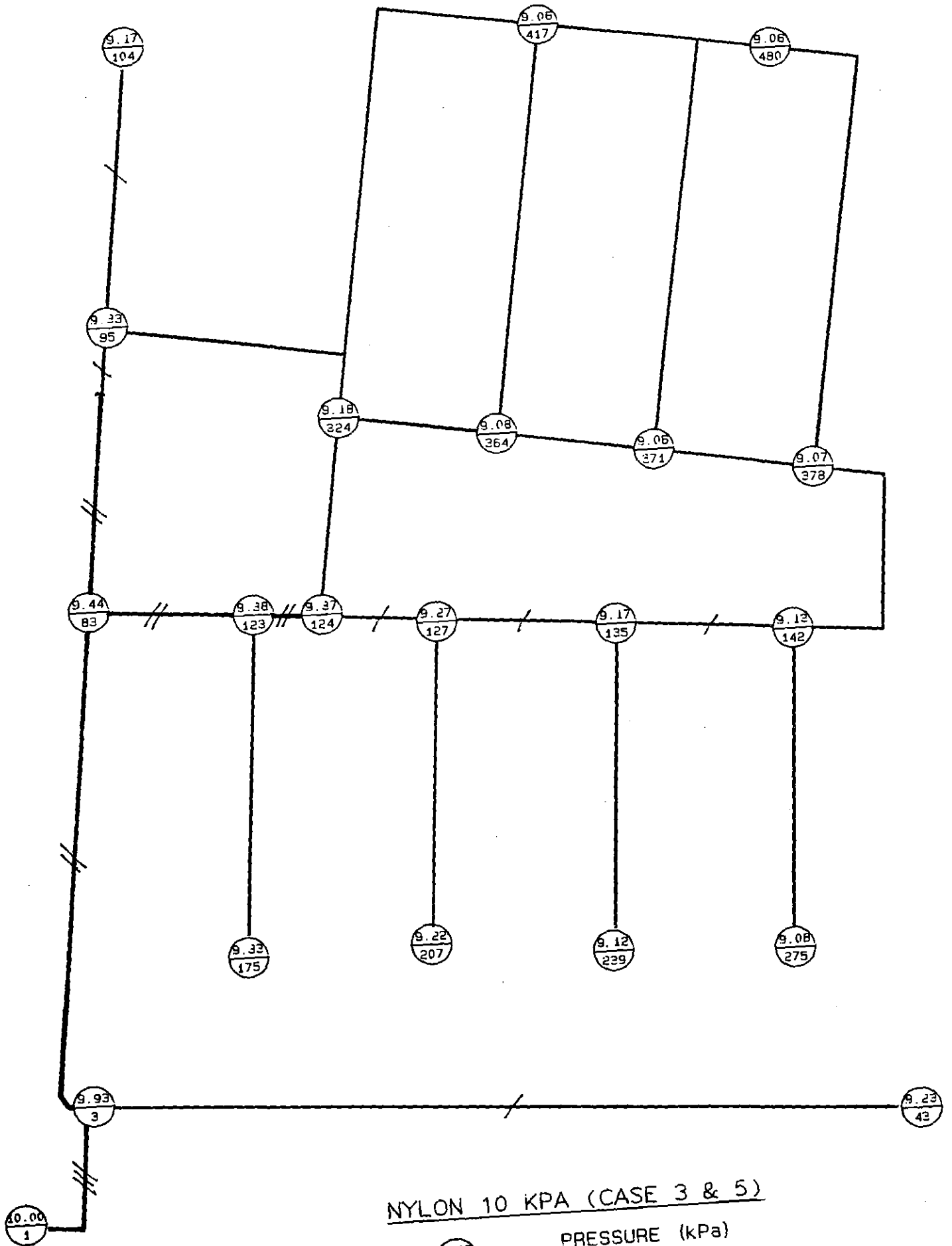


9.19
207

PRESSURE (kPa)
NODE NO.



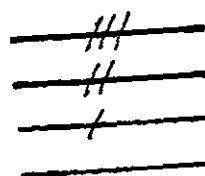
160MM MAIN
110MM MAIN
90MM MAIN
63MM MAIN



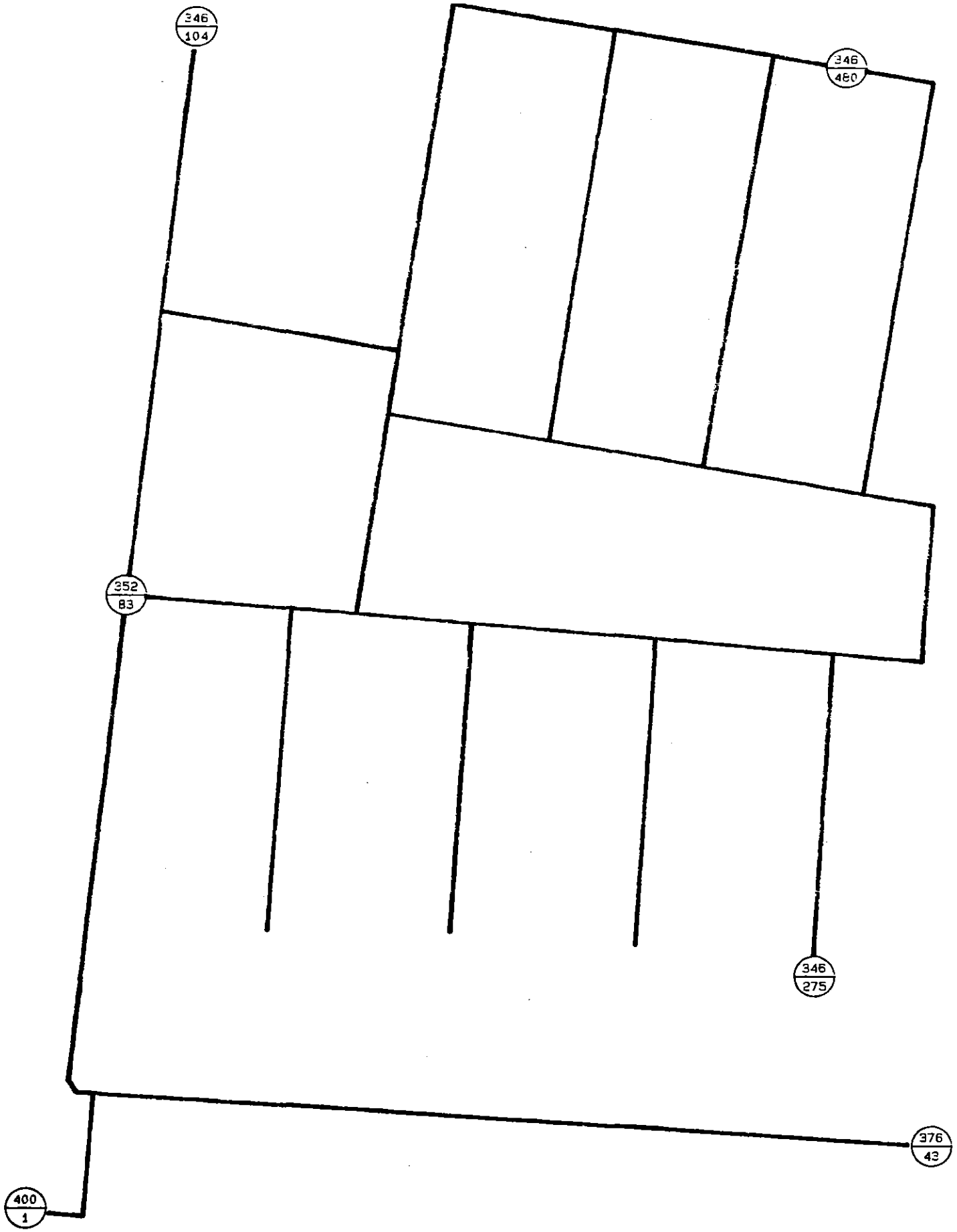
NYLON 10 KPA (CASE 3 & 5)

9.19 / 207

PRESSURE (kPa)
NODE NO.



160MM MAIN (PE)
110MM MAIN
75MM MAIN
50MM MAIN



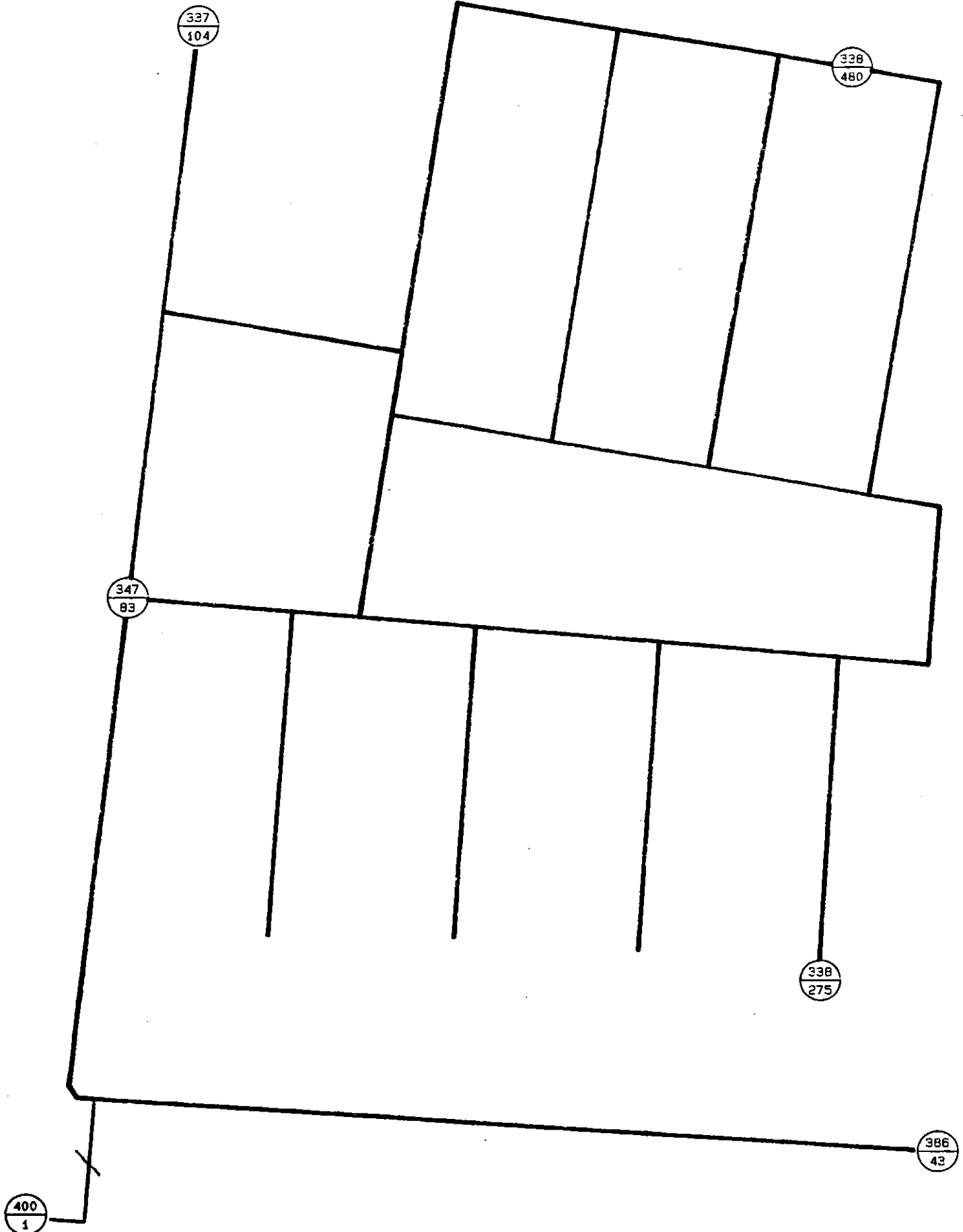
POLYETHYLENE 400 KPA (CASE 2 & 4)

9.19
207

PRESSURE (kPa)
NODE NO.



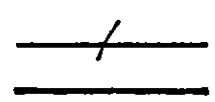
40MM MAIN



NYLON 400 KPA (CASE 2 & 4)

$\frac{9.19}{207}$

PRESSURE (kPa)
NODE NO.



50MM MAIN
32MM MAIN

Bilaga 2

Sprängämnesinspektionen: Polyamid pipes for natural gas PA 11



ANKOMMEN 1992-04-04

tumab
Box 710
S-261 27 LANDSKRONA

Polyamid pipes for natural gas PA 11

With reference to your letter 1992-02-24 in this matter the National Inspectorate of Explosives and Flammables (SÄI) states as follows.

The use of pipes for distribution of flammable gases are subject to application from local authorities. The local authority will at appliance submit it to SÄI.

As long as the appliance shows that the pipe system follows the Australian standards in every part and is intended for natural gas we will have no reason to deny the use of it.

You may not market these pipes as "approved by SÄI", "approved by the Swedish authorities" or similar expressions.


Erik Nilsson


Lars Syrnerholm

Brev bör adresseras till myndigheten inte till tjänsteman

Vid svar v g ange vår beteckning

Postadress:
Box 1413
S-171 27 SOLNA

Besöksadress
Sundbybergsvägen 9
SOLNA

Telefon
08-730 69 00

Telefax
08-83 59 43

Postgö
95 06 46-0

93-11-25

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
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 3	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center 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
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden (På engelska)	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	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 Instit. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Asa 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

93-11-25

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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
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 Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	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 tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult AB	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 Triumf Triumf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150

93-11-25

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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
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. Full- skaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Företag och organisationer med koppling till gasteknisk FUD-verksamhet	Okt 93	Jörgen Thunell Sv Gastekn Center AB	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med lägningsbox	Nov 93	Göran Lustig ElektroSandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastvaruindustrin. Handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material i ledningar för gasdistribution	Dec 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 19011, 200 73 MALMÖ
Telefon: 040- 37 55 90
Telefax: 040- 37 55 96

KF-Sigma, Lund