

Tracing

N. G. J. Mallee

1.	Introductie	Y9100- 3
2.	Functie van tracing	Y9100- 3
2.1.	Vorstbescherming	Y9100- 3
2.2.	Proces algemeen	Y9100- 4
2.3.	Tracing-groepen	Y9100- 4
3.	Uitvoering vormen van tracing	Y9100- 6
3.1.	Uitvoering vormen	Y9100- 6
3.2.	Inwendige verwarming	Y9100- 6
3.3.	Uitwendige verwarming	Y9100- 6
3.4.	Stoom-mantelpijpen (Jacketting)	Y9100- 6
3.5.	Uitwendige tracing	Y9100- 6
3.6.	Tracer met warmte-overdrachtsce- ment (bijv. Thermon)	Y9100- 7
4.	Tracing-media	Y9100- 8
4.1.	Stoom	Y9100- 8
4.2.	Heet water	Y9100- 8
4.3.	Olie/Dowtherm	Y9100- 8
4.4.	Elektrisch	Y9100- 8
5.	Tracing-elementen	Y9100- 8
5.1.	Stoomtoevoerleidingen	Y9100- 8
5.2.	Stoomdistributiestationen (supply stations)	Y9100- 8
5.3.	Runouts (stoom)	Y9100-10
5.4.	Tracer	Y9100-10
5.5.	Runouts (condensaat)	Y9100-10
5.6.	Condensaat distributiestationen (condensate stations)	Y9100-10
5.7.	Condensaat afvoerleidingen	Y9100-10
6.	Materiaalselecties	Y9100-10
6.1.	Koper	Y9100-10
6.2.	Koolstof staal	Y9100-11
6.3.	Roestvrij staal	Y9100-11
7.	Leiding-opvoerhoogte	Y9100-11

Y9100-2 Tracing

8.	Basis voor de hoeveelheidsberekening van tracing	Y9100-11
8.1.	Bepaling van de tracer-lengte	Y9100-13
8.2.	Bepaling van het aantal tracers	Y9100-13
8.3.	Bepaling van de distributiestationsafmetingen	Y9100-14
9.	Kostenberekening van tracing	Y9100-16
10.	Technische informatie en spelregels	Y9100-20
11.	Elektrische tracing	Y9100-22

1. Introductie

In een aantal processen is het vaak noodzakelijk om gedurende het transport van produkten via leidingsystemen deze produkten op een bepaalde temperatuur te houden; dit wordt meestal gedaan met behulp van isolatie, waar dit niet toereikend is of wanneer grote temperatuurvariaties niet wenselijk zijn dient men warmte aan het produkt toe te voeren. Het toevoeren van warmte met behulp van een externe warmtebron langs leidingsystemen noemt men tracing.

Afhankelijk van het toegepaste proces en de lokale omstandigheden kunnen de totale kosten voor tracing 1-2% van de totale investeringskosten van een fabriek bedragen.

In aanmerking genomen dat het uiteindelijk tracing-ontwerp meestal na de gedetailleerde ontwerpfase plaatsvindt, is het niet verwonderlijk dat budget-overschrijdingen van 50-150% als normaal worden ervaren.

Met behulp van de in paragraaf 5 voorgestelde elementenmethode kan deze overschrijding gereduceerd en of tijdig worden gesignaleerd.

Dit artikel concentreert zich voornamelijk op het verwarmen van leidingen en apparatuur met behulp van leidingsystemen omdat dit momenteel het meest gangbare is. Een aparte paragraaf is gewijd aan het verwarmen met behulp van elektrische systemen, maar het zal blijken dat deze twee methodes veel overeenkomsten vertonen.

2. Functie van tracing

De hoofdfunctie van tracing is het op een vooraf gewenste temperatuur houden van proces- en/of utilityssystemen. Men kan deze functie in de volgende groepen onderverdelen.

2.1. *Vorstbescherming*

Dit is het tijdelijk verwarmen van systemen om bevriezing te voorkomen, bijvoorbeeld leidingsystemen gevuld met water; deze verwarming hoeft alleen maar in functie te treden tijdens koude periodes. Tracing is hier niet altijd noodzakelijk want men kan door het medium met kleine hoeveelheden te laten re-circuleren of (indien mogelijk) de leiding ondergronds beneden de vorstgrens te leggen, dit voorkomen.

Y9100-4 Tracing

2.2. Proces algemeen

Het verwarmen van leidingen, apparaten en instrumentatie om het proces op een bepaalde temperatuur te houden, waardoor geen stolling of kristallisatie kan optreden.

2.2.1. Gassen

Ter voorkoming van condensatie van de componenten en/of de veranderingen in fysieke of chemische eigenschappen.

2.2.2. Vloeistoffen

Ter voorkoming van grote warmteverliezen, viscositeitveranderingen waardoor er teveel energie noodzakelijk is om de vloeistof te verplaatsen of om veranderingen in de fysieke of chemische eigenschappen te voorkomen.

2.2.3. Vaste stof-vorming

Ter voorkoming van het vast worden van het medium waardoor het niet meer te transporteren is of de leiding verstopt raakt, bijvoorbeeld bij zwavel.

2.3. Tracing-groepen

Men kan een onderverdeling maken in de volgende hoofdgroepen; men dient echter te beseffen dat deze groepsindeling van klant tot klant kan verschillen.

Groep 1

Proces-tracing ter voorkoming van vaste vorming van stof bij temperaturen tot 25 graden Celsius.

Groep 1S

Afstands-tracing voor media waar lokale oververhitting voorkomen moet worden.

Groep 2

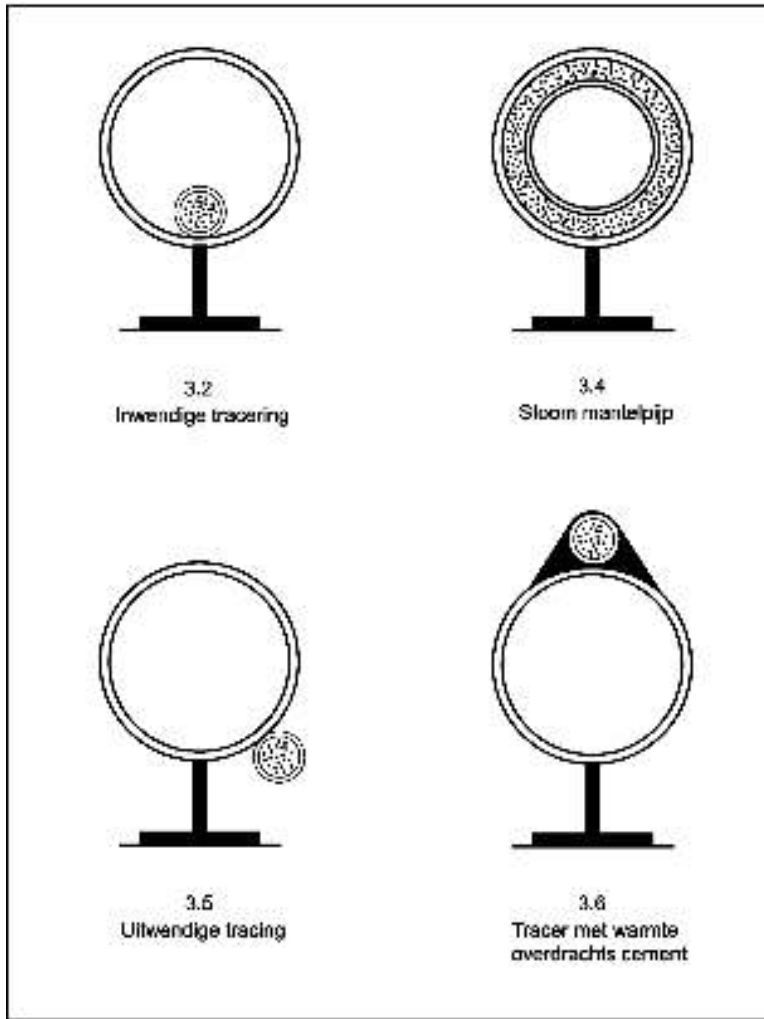
Als voor groep 1, maar dan voor temperaturen van 25 tot 65 graden Celsius.

Groep 3

Als voor groep 1, maar dan voor temperaturen van 65 tot 150 graden Celsius.

Groep 4

Voor lange rechte leidingsystemen.



Figuur 1. Tracing-uitvoeringsvormen.

3. Uitvoeringsvormen van tracing

3.1. *Uitvoeringsvormen*

Voor voorbeelden zie figuur 1.

3.2. *Inwendige verwarming*

Dit is de meest ideale oplossing ten opzichte van het efficiënt op temperatuur houden van systemen maar stuit op een groot aantal praktische bezwaren, zoals:

- grotere proces-pijpdiameter noodzakelijk;
- er kunnen geen kleppen in het systeem worden toegepast;
- het schoonhouden van het leidingsysteem geeft problemen;
- lekkages kunnen niet snel worden herkend en gerepareerd worden;
- lekkages kunnen het produkt verontreinigen;
- interne ondersteuningenvormen een probleem bij lange leidingen.

3.3. *Uitwendige verwarming*

Het uitwendig verwarmen van processystemen is de meest toegepaste vorm van tracing, men kan hier de volgende hoofdgroepen onderscheiden:

3.4. *Stoom-mantelpijpen (Jacketting)*

Het plaatsen van een mantelpijp om het te verwarmen object, het zogenaamde „jacketting”. De stoom omhult het te verwarmen medium, deze manier van verwarmen valt buiten het kader van het gangbaar begrip van tracing en kan in een later artikel worden behandeld.

3.5. *Uitwendige tracing*

Het plaatsen van leidingen met een warmtebron langs het te verwarmen object. Dit is de meest voorkomende vorm doordat deze makkelijk te installeren is. Men kan hierin weer een verdere onderverdeling maken, zie paragraaf 3.5.1 tot en met 3.5.4.

3.5.1. *Tracer aan pijp vastgelast*

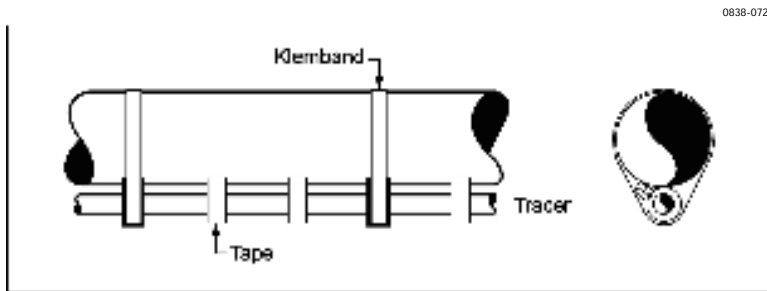
Door het vast lassen van de tracer aan de te verwarmen leiding, wordt het warmtecontactoppervlak vergroot. Dit wordt voornamelijk gedaan wanneer het temperatuurverschil tussen het te verwarmen object en de tracer klein is. Er kunnen echter wel problemen ontstaan door het verschil in expansie.

3.5.2. Tracer aan de pijp geklemd

De meest voorkomende uitvoeringsvorm van tracing is de bevestiging met behulp van stalen klembanden of draden aan de te verwarmen leiding. De klembanden dienen zich om de 50-90 cm te bevinden.

3.5.3. Afstands-tracing

Wanneer de tracer geen direct contact mag maken met de leiding ter voorkoming van lokale oververhitting of door de elektrolytische eigenschappen van de procesmedia, dienen de tracers op afstand van de leiding gehouden te worden met behulp van bijvoorbeeld keramische tapes (zie figuur 2).



Figuur 2. Afstands-tracing.

3.5.4. Spiraal-/wikkel-tracing

Hierbij wordt de tracing in een spiraal om de pijp gewikkeld. Dit doet men om een beter gespreide warmte-overdracht te verkrijgen of om ongelijke uitzetting van de leidingsystemen te voorkomen, zoals bij niet-metalen en/of gelijnde leidingsystemen.

Een nadeel is dat de toegestane leidingopvoerhoogte vrij snel bereikt wordt. Daardoor wordt deze vorm van tracing meestal in verticale leidingen gebruikt (zie fig. 5).

3.6. Tracer met warmte-overdrachtscement (bijv. Thermon)

Hierbij wordt de tracer op de pijp ingebed in een warmte-overdrachtsverbeteringscement, waardoor het warmtecontact vergroot wordt. Deze vorm van tracing wordt vooral gebruikt als men een optimale warmte-overdracht nodig heeft, bijvoorbeeld bij heet water-tracing. De overdrachtsverbetering kan een factor 8-10 ten opzichte van een normale tracer-uitvoering bedragen.

4. Tracing-media

Men kan ook een onderscheid maken tussen de media die als warmte-overdrachtbronnen worden gebruikt. Dit zijn:

4.1. Stoom

Lagedruk- of middendrukstoom zijn de meest gebruikte media omdat ze meestal aanwezig zijn, constant condenseren en geen geforceerde circulatie nodig hebben.

4.2. Heet water

Voor warmtegevoelige procesmedia dient echter geforceerd gecirculeerd te worden.

4.3. Olie/Dowtherm

Op plaatsen waar men geen hoge temperaturen mag toestaan om het systeem te verwarmen. De toepasbaarheid wordt gelimiteerd doordat men hiervoor speciale verwarmings- en geforceerde circulatie- installaties nodig heeft.

4.4. Elektrisch

Voor lange afstanden, plaatsen waar geen stoom aanwezig is en in speciale gevallen waar men een constante en regelbare warmtetoevoer nodig heeft.

5. Tracing-elementen

Men kan tracing in een aantal afzonderlijke elementen onderverdelen die elk hun eigen invloed op de totale kosten van tracing hebben. Voor de duidelijkheid is hier uitgegaan van stoom als verwarmingsmedium.

Voor een verklarende schets zie figuur 3.

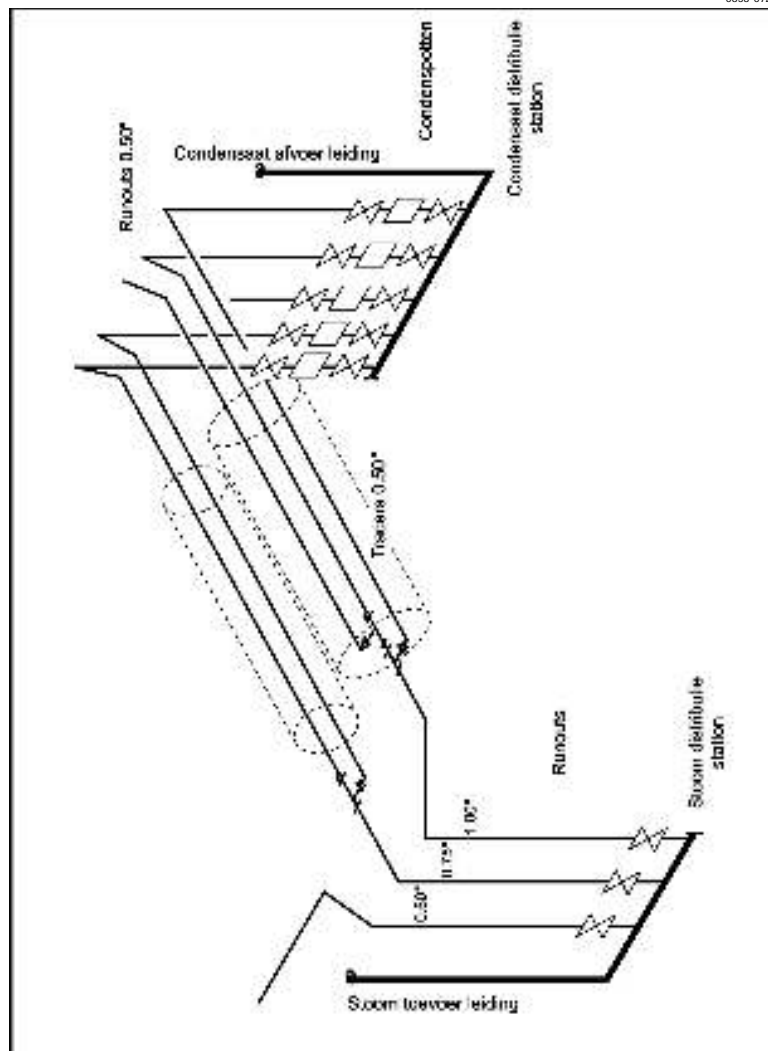
5.1. Stoomtoevoerleidingen

Dit zijn leidingen die van het hoofd-stoomnet worden afgetakt, bij grote installaties zal men een apart tracing-stoomnet vormen.

5.2. Stoomdistributiestationen (supply stations)

Dit zijn de stoomdistributiestationen vanwaar de tracing verder onderverdeeld wordt naar de eigenlijk te tracen objecten, zoals leiding-systemen, apparatuur en instrumenten. Wanneer meer dan 3 tracers in een gebied aanwezig zijn kan men een station plaatsen op

een dusdanige wijze dat de lengte van de toevoerleiding naar het te verwarmen object niet meer dan 15 meter bedraagt.



Figuur 3. Tracing-elementen.

5.3. Runouts (stoom)

Dit zijn de leidingen die van het stoomdistributiestation naar het te traceren object lopen. Deze volgen de normale pijproutes. Men mag een leiding die met bijvoorbeeld 3 tracers wordt verwarmd een gecombineerde runout geven, maar deze moet bij de leiding vertakken in drie afzonderlijke tracers, zie ook figuur 3.

5.4. Tracer

Dit is de leiding die het object verwarmt, en dient met uitzondering van spiraaltracing parallel met het te verwarmen oppervlak te lopen. Waar noodzakelijk dient men de tracer van een expansiebocht in het horizontale vlak te voorzien.

5.5. Runouts (condensaat)

Dit zijn de leidingen die van het te traceren object naar het condensaat distributiestation lopen, indien een leiding meerdere tracers heeft, mogen deze *niet* worden gecombineerd maar dienen ieder hun eigen condenspot te hebben, zie ook figuur 3.

5.6. Condensaat distributiestations (condensate stations)

Dit zijn de condensaat distributiestations vanwaar het condensaat via de runouts verzameld wordt.

5.7. Condensaat afvoerleidingen

Dit zijn de leidingen die het condensaat terug voeren naar het condensaat distributienet.

6. Materiaalselecties

De materiaalselectie is sterk afhankelijk van de klantenspecificaties, temperatuurbereik, toegepaste verwarmingsmedia, corrosieve omgeving en onderhoudsmethodieken.

6.1. Koper

In niet-corrosieve installaties, en afhankelijk van de specificaties op plaatsen waar veel buigwerk noodzakelijk is, bijvoorbeeld bij kleppen, instrumentatie en wikkeltracing.

Voordelen: Goede warmte-overdracht en gemakkelijk te installeren.

Nadelen: Gemakkelijk te beschadigen bij onderhoudswerkzaamheden en niet geschikt voor temperaturen boven de 200 graden Celsius.

6.2. *Koolstof staal*

Voordelen: Robuuste constructie, makkelijk te lassen of te schroeven en te gebruiken bij temperaturen boven de 200 graden Celsius.

Nadelen: Moeilijker te installeren dan koper en niet toepasbaar in corrosieve installaties.

6.3. *Roestvrij staal*

Voordelen: Voor hogere stoomdrukken en -temperaturen, en geschikt voor corrosieve installaties.

Nadelen: Duurder dan koolstofstaal.

Voor een indicatie van verschillen in installatiekosten van de tracer voor de verschillende materialen (zie fig. 11). Deze opgegeven percentages zijn alleen geldig voor de tracer omdat bijvoorbeeld koperen tracers koolstofstalen toe-/afvoerstations zullen hebben, en koolstofstalen runouts kunnen hebben.

7. **Leiding-opvoerhoogte**

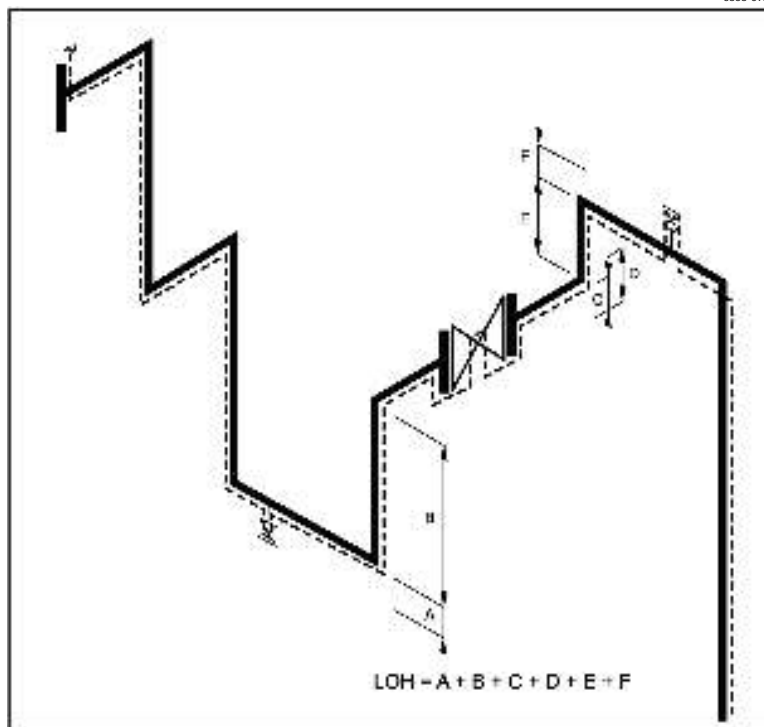
De leiding-opvoerhoogte is bepalend voor de maximale toegestane tracer-lengte. Omdat de condensaat vloeistofkolom in de leidingen stoom tegen kan houden, waardoor er een ongelijke temperatuurverdeling over de tracer kan plaatsvinden. Indien er voldoende druk is opgebouwd zullen hoeveelheden condensaat naar de condenspoten worden verplaatst, waardoor de tracer en het condensaatstelsel verre van optimaal kunnen functioneren. Daar dienen expansiebochten zich ook in het horizontale vlak te bevinden. Tevens kan bij fabrieksstilstand het condensaat in de leidingen bevroren. Voor voorbeelden van leiding-opvoerhoogte zie figuur 4 en 5.

Indien niet gegeven, kan men de toegestane leiding-opvoerhoogte als volgt aannemen.

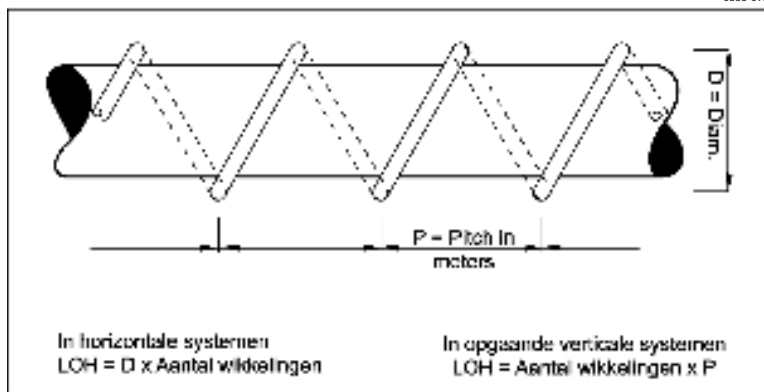
Lagedruk stoom	2 m ¹ .
Middendruk stoom	6 m ¹ .

8. **Basis voor de hoeveelheidsberekening van tracing**

Om tot een kwantificatie van het tracing-systeem te kunnen overgaan dienen de volgende gegevens bekend te zijn of worden aangenomen:



Figuur 4. Leiding-opvoerhoogte.



Figuur 5. Leiding-opvoerhoogte voor spiraal-/wikkeltacing.

Tracing-specificatie

In deze specificatie dienen de volgende elementen vastgelegd te zijn:

- tracing-types en -uitvoeringsvormen;
- materiaalselecties, voor tracers, runouts en distributiestationen;
- diameter van de tracer en het aantal benodigde tracers per te verwarmen leiding-diameter;
- wijze van tracen (parallele, afstand- of wikkel-tracing);
- toegestane maximale lengte per tracer inclusief runouts en leiding-opvoerhoogte.

Stromingsdiagrammen

Op deze diagrammen dient het volgende aangegeven te worden:

- per te tracen object het type van de tracing;
- de extensie van de tracing, inclusief instrumentatie en apparatuur.

Overzichtstekeningen

Deze kunnen gebruikt worden om de complexiteit van de tracing aan te geven en om een voorlopig distributiestation-plan te maken.

Voor wat meer praktisch inzicht in deze materie zie paragraaf 10.

8.1. Bepaling van de tracer-lengte

Verzamel van de leidingsystemen die getraced dienen te worden de volgende gegevens en maak een matrix voor iedere tracing-klasse per diameter en materiaal.

Deze gegevens dienen op de stroomschema's, leidinglijsten en instrumentatie-indexen aangegeven te zijn.

a. Tracing-type.

Voor de bepaling van de maximale tracer-lengte, diameter, aantal tracers, de wijze van tracen en de materiaalspecificaties.

b. De leiding-diameter.

Voor de bepaling van het aantal tracers.

c. De extensie van te tracen instrumentatie.

d. De extensie van te tracen apparatuur.

8.2. Bepaling van het aantal tracers

Het aantal tracers is afhankelijk van de maximaal toegestane lengte, en het aantal leidingsystemen. Onder maximale lengte van de tracer wordt verstaan de lengte van de tracer *inclusief* runouts! Als de maximaal toegestane lengte overschreden wordt, dient men dus een tracer toe te voegen.

Y9100-14 Tracing

Als er geen maximale lengtes zijn opgegeven kan men de volgende aannames gebruiken:

Tracer diameter 0.50!M'	30 m ¹
Tracer diameter 0.75!M'	45 m ¹
Tracer diameter 1.00!M'	75 m ¹

0838-0724

AREA	APPARAAT No	LEIDING No	TRACING TYPE	PIJP DIAM	TE		AANTAL INSTRUMENTEN		
					TRACER LENGTE	AANTAL KLEPPEN	TRANG- NITERS	PEL- GLAZEN	
2300	-	E-2000'	T1	3.00	25	4	1		
2300	-	E-2000'	T1E	4.00	100	1			
2300	-	F-2000'	T1	12.00	100	2			
2300	-	N-2000'	T1	2.00	50	11	1		
2300	F-2000'		T1		15				
2300	F-2000'		T1				2	2	

Figuur 6. Voorbeeld voor een tracing-uitreksstaat.

Verzamel volgens onderstaande lijst de volgende onderdelen, als voorbeeld voor een verzamelstaat (zie fig. 6):

- De te traceren lengtes per leidingdiameter.
- Het aantal getraceerde kleppen per leidingdiameter. Het effect van de kleppen en flensverbindingen op de maximale tracerlengte wordt vaak onderschat, zie hiervoor grafiek 1 en 2.
- Het aantal en het type van de te traceren instrumenten.
- Aantal stuks apparatuur voorzien van tracing.
- Bepaal aan de hand van de complexiteit de gemiddelde lengte van de runouts, neem deze lengte niet te optimistisch want het merendeel van de kostenoverschrijdingen wordt veroorzaakt door onderschatting van runout lengtes.

8.3. Bepaling van de distributiestationsafmetingen

De grootte van de stations wordt bepaald door het aantal tracers in de nabijheid van de distributiestations, en de hoeveelheid te traceren instrumentatie en benodigde reserve-aansluitingen.

Houd er rekening mee dat een pijp met twee tracers een aanvoer kan hebben en dus twee condenspotten zal hebben. Reserveer ongeveer 20% reserve-aansluitingen per station in de begrotingsfase.

A									
Berekening TRACER lengtes									
Ruimte	Tracer lengte	m	1	2	3	4	5	6	7
-	Moer Kingje	1	1	1	1	1	1	1	1
-	Expansie stations (1" Expansie) Tracer 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totale gereserveerde lengte		10	1	1	1	1	1	1	1
Aanvullende tracer Lengte		10	1	1	1	1	1	1	1
Over voor Pijp en Klappen		10	1	1	1	1	1	1	1

B									
Station Capaciteit									
Station	Maximaal	Reserve	Overstak						
Tracer	12	1	10						
Expansie	12	1	10						

C											
Leiding	Tracing	Pijp	Tracer	Aantal	Aantal	Pijp	Klap	m /	m /	Totaal	Average
Diensel	Klas	Diam.	Diam.	Tracers	Leidingen	F	Dy	Klap	Tracers	Tracer	Tracer
Gruppen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Netto	Leiding
A	T4	2,00	0,90	1	18	400	30	0,8	400	24	21,58
B	T4	3,00	0,90	1	1	5	1	0,8	5	8	5,80
C	T4	6,00	0,90	1	5	180	35	0,1	180	35	31,30
D	T4	6,00	0,90	1	6	100	2	1,1	100	2	17,38
E	T4	12,00	0,90	2	1	40	2	1,6	80	8	41,50
F	T4	24,00	0,90	3	1	16	1	5,5	46	6	18,88
				52	35	880	71		750	71	21,44
										100%	

D									
Hoek A.: Extra Tracers noodzakelijk									
Tracer stations									
Aantal	Aantal	Tracers	Ruimtes	Expansie					
388	35	315	25	48					
11	1	9	2	10,90					
21	2	18	3	10,90					
599	4	542	57	10,90					
49%									

E									
Condensaat stations									
Aantal	Aantal	Ruimtes							
288	35	288							
8	1	8							
16	2	16							
304	4	304							
37%									
Totale lengte Tracers + ruimtes									
									1,218
									40,02
166%									

Figuur 7. Rekenvoorbeeld.

9. Kostenberekening van tracing

De kosten van de tracing worden voornamelijk bepaald door de hoeveelheid, type en materiaalselectie.

Als voorbeeld is in figuur 7 een gesimplificeerde berekeningmethode opgezet voor een bepaalde soort tracing welke per materiaal uitgebouwd kan worden, hierna vindt men de verklaring voor de gebruikte kolommen.

Blok a. Aannames van de tracer-lengtes

Hierin wordt bepaald wat voor een project de toegestane tracerlengte zonder runouts mag zijn, door de maximale toegestane lengte volgens de tracing-klas te verminderen met de aangenomen lengtes van runouts en expansie-loops.

Blok B. Aannames van de stationcapaciteit

Hierin worden de aangenomen stationcapaciteiten vastgelegd zodat wanneer de aannames veranderen men op een simpele wijze de aanpassingen kan doorberekenen.

Blok C. Tracer-berekening

Hier wordt de berekening gemaakt voor de benodigde tracerlengtes. De leidingen zijn hier al per diameter, tracing-klas en tracer-materiaal gegroepeerd.

Verklaring van de kolommen

Kolom A De getraceerde leidingdiameter.

Kolom B De tracer-diameter volgens de desbetreffende tracer-klas.

Kolom C Het aantal benodigde tracers volgens de tracer-klas.

Kolom D Het aantal te traceren leidingen.

Kolom E Het aantal benodigde tracers, dit is het produkt van het aantal te traceren leidingen maal het aantal benodigde tracers per leidingdiameter.

Kolom F De bepaalde lengte van de te traceren pijp.

Kolom G Het aantal te traceren kleppen.

Kolom H De gemiddelde tracer-lengte per klep zie grafiek 1.

Kolom I De totale lengte van de pijp-tracers, dit is het produkt van kolom C en kolom E.

Kolom J De totale lengte van de klep-tracers, dit is het produkt van kolom G en kolom H.

Kolom K De totale tracer-lengte zonder runouts.

Kolom L Geeft de gemiddelde lengte van de tracers, waar deze de toegestane maximale lengte overschrijdt dient het aantal tracers aangepast te worden, zie noot A. Omdat de tracer-lengtes al verwerkt zijn dienen alleen de runouts in blok „D” en „C” aangepast te worden.

Blok D en E. Bepaling van het aantal stations.

Het aantal stations wordt bepaald door het aantal gebruikers te delen door de aangenomen toegestane gemiddelde stationcapaciteit. In dit geval komt men op 3,8 station, naar boven afgerond worden dit 4 stations. Omdat nu het aantal gebruikers bekend is kan men ook de benodigde lengte van de runouts en expansiebochten berekenen. Zoals men uit dit berekeningvoorbeeld kan zien dient men de invloed van de runouts op de totale lengte niet te onderschatten.

0838-0726

Component	Diam. Kasting	Lengte	Qty. Station	Dyn. Inzet (kg)	Qty. Total (per-ks)	SW Qty	WT Qty	Total gewicht (kg)	Totaal NLG (kg)															
<table border="1"> <tr> <td>Tray Station</td> <td>Station Type</td> <td>: Universal Station</td> <td>Station diam.</td> <td>: 1.91"</td> </tr> <tr> <td>Maximal stations</td> <td>Gebruikers</td> <td>: 4</td> <td>Tracer diam.</td> <td>: 0.90"</td> </tr> <tr> <td>Reverse</td> <td></td> <td>: 0</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										Tray Station	Station Type	: Universal Station	Station diam.	: 1.91"	Maximal stations	Gebruikers	: 4	Tracer diam.	: 0.90"	Reverse		: 0		
Tray Station	Station Type	: Universal Station	Station diam.	: 1.91"																				
Maximal stations	Gebruikers	: 4	Tracer diam.	: 0.90"																				
Reverse		: 0																						
Stationkabel	1.25	3-92	ml	10	0.3	10.3	4.91	17.00	44.5	102.2														
Station aansluiting	0.51	8-20	ml	7		7	1.62	6.34	1.9	19.72														
TOTAAL PUP			ml	17	0.3	17.3	6.53	23.34	46.4	121.92														
Scandiumkabel	0.51	3000	kg			0	22.00	22.00	60	100														
Intrinsische	0.51	3000	kg	1		1	22.00	22.00	240	220.00														
Kapitaal	0.51	3000	kg	7	56	77	2.71	57.00	77.7	1,190.00														
Condensator	0.51	3000	kg	1	4	5	0.22	170.00	41	1,512.00														
TOTAAL KLEMPEN			kg	9	60	69	2.93	319.00	105.8	1,922.00														
STATION																								
Flan	0.51	3000	kg	5		5	2.50	25.00	5.4	44.00														
Wacht R	0.51	3000	kg	3		3	1.78	8.71	1.9	26.15														
Clp	0.51	3000	kg	1		1	1.25	12.50	0.2	15.25														
TRACERS																								
Flan	0.51	3000	kg			0	0.22	14.50	4.0	2.00														
Flan	0.51	3000	kg			0	0.22	12.24	0.6	7.00														
Clp	0.51	3000	kg		10	10	0.16	2.26	0.7	33.91														
Tot	0.51	3000	kg		8	8	1.28	4.75	2.7	42.00														
Clan	0.51	3000	kg	2	4	10	0.22	7.16	3.8	101.00														
Nippels	0.51	3000	kg	1	15	11	0.11	16.59	1.2	159.01														
Nippels	0.51	3000	kg	1	34	35	0.19	2.55	1.0	66.47														
Nippels	0.51	3000	kg	2	16	18	0.15	3.24	1.5	60.55														
TOTAAL FLETINGEN			kg	12	79	88	0.21	9.10	12.9	276.95														
Station verbruik																								
Station			kg			15	7.5	15.0	0.0	0.00														
Totaal			kg			15	7.5	15.0	0.0	0.00														
TOTAAL MATERIAAL-KOSTEN per STATION																								
								125.1	1,829.77															
Gemiddelde - Gebruiker								25.0	429.55															

Figuur 8. Voorbeeld voor berekening van materiaalkosten per station.

Y9100-18 Tracing

Nu het overzicht van de benodigde elementen per materiaal gemaakt is kan men met de eigenlijke kostenschatting beginnen.

a. Materiaalkosten

Tracer en runouts

Dit is de benodigde lengte maal de prijs per meter.

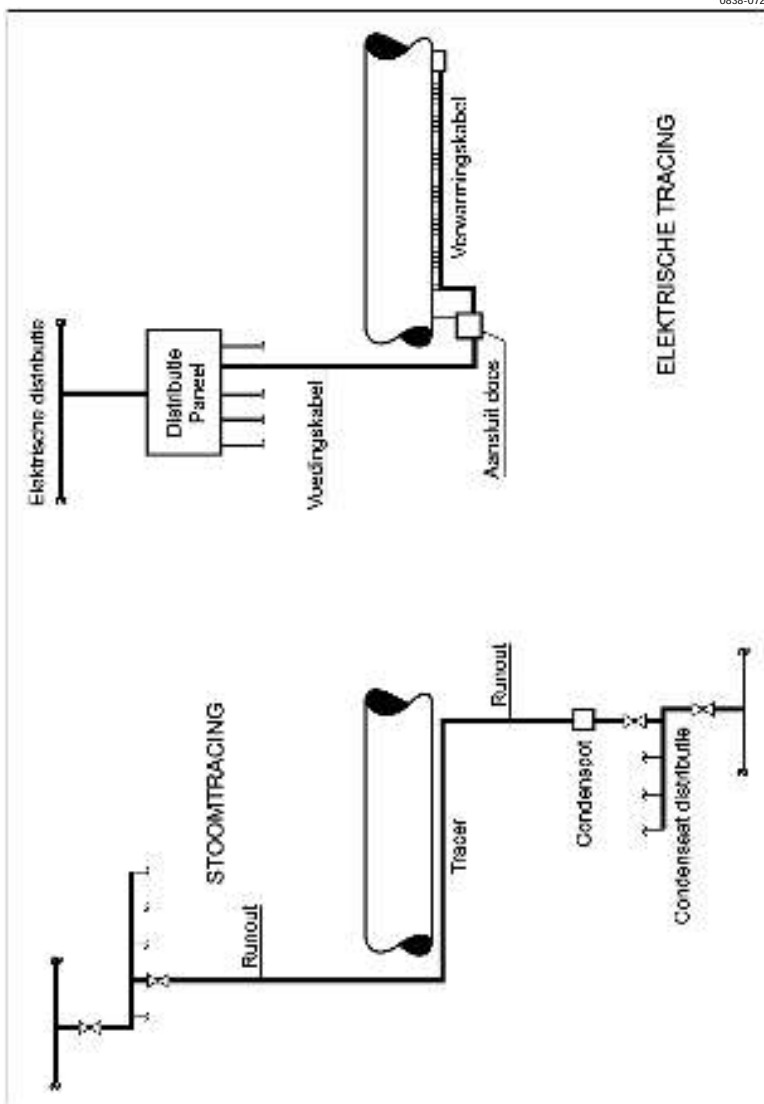
Stations

De kosten van de stations zijn sterk afhankelijk van de uitvoeringsvorm, voor een voorbeeldberekening van een condensaatstation zie figuur 8, voor een indicatie van de materiaalkosten zie grafiek 4.

0838-0727

Materiaal	Systeem	Tracer Diam.	Output Aantal/100m	Lengte m	NLC m	Werk m	Material NLC	Material Werk	Cost NLC	Cost Werk			
Tracer en runouts													
<i>Leiding systemen</i>													
STAAL	Tracer	20"	300	21.0	17.250	0.00	1.00	116.000	17.800	1.160.000	1.294.500		
	Runouts	20"	300	15.0	13.500	0.00	1.00	58.400	13.600	584.000	645.000		
KOPER	Tracers	5/10	10	21.0	210	12.00	0.00	2.600	125	8.300	3.536		
	Runouts staal	20"	10	15.0	150	0.00	1.00	1.040	160	10.400	11.500		
R.V.S.	Tracers	10/12	10	21.0	210	15.00	1.10	3.100	231	15.015	5.586		
	Runouts	10/12	10	15.0	150	15.00	1.10	2.600	170	1.440	4.716		
TOTAAL	Leiding systemen		620	37.0	37.750	6.60	1.00	143.600	32.457	2.268.845	2.335.760		
<i>Instrumentatie</i>													
STAAL	Tracer	20"	6	5.0	26	0.00	1.00	163	25	1.625	1.518		
	Runouts	20"	6	15.0	76	0.00	1.00	435	75	4.875	5.488		
KOPER	Tracers	5/10	120	7.4	890	12.00	0.00	10.680	634	34.710	45.204		
	Runouts staal	20"	10	15.0	1.800	0.00	1.00	11.700	1.800	117.000	132.500		
R.V.S.	Tracers	10/12	6	7.0	36	15.00	1.10	625	39	3.670	3.506		
	Runouts	10/12	6	15.0	76	15.00	1.10	1.125	83	6.370	5.576		
TOTAAL	Instrumentatie		150	32.4	1.870	0.60	0.00	24.670	2.627	166.070	187.740		
<i>Apparaat</i>													
STAAL	Tracer	20"	6	12.0	60	8.50	1.00	380	60	3.800	4.250		
	Runouts	20"	6	15.0	50	8.50	1.00	270	50	2.700	3.500		
KOPER	Tracers	5/10	16	15.7	250	12.00	0.00	3.360	165	16.800	14,448		
	Runouts staal	20"	10	15.0	240	8.50	1.00	1.960	240	15,600	17,400		
R.V.S.	Tracers	10/12	4	24.0	24	15.00	1.10	360	28	1,716	3,102		
	Runouts	10/12	4	15.0	16	15.00	1.10	240	18	1,440	1,662		
TOTAAL	Apparaat		28	35.3	700	9.70	0.80	6.430	562	39,450	45,800		
Berechtigings materialen													
				m ²	35,200	2.00	0.00	71.800	0	0	71,800		
Totaal tracer en runouts					1,020	35,4	37,350	0.04	0.88	146,310	35,080	2,284,520	2,406,110
Stations Staal													
Stroom		20"	1,020	1,000	1,040	25.00	1.00	156,000	8,000	408,120	617,500		
Condensaat		20"	1,020	1,000	1,000	6.00	25.00	528,000	12,000	1,980,000	1,327,300		
Totaal stations			2,040	2,000	2,040			1,084,000	18,000	1,328,120	1,944,800		
TOTAAL TRACING					1,020	37,350	38.90	1.51	1,056,010	54,460	3,520,070	4,044,760	

Figuur 9. Voorbeeld kostenoverzicht tracing.



Figuur 10. Stoom versus elektrische tracing.

Y9100-20 Tracing

b. Installatiekosten.

Tracer en runouts.

Zie figuur 11 voor een indicatie van de onderlinge relaties, deze waarden kunnen sterk afhankelijk zijn van lokale omstandigheden en complexiteit.

0838-0729

MATERIAAL	Nom. Diam.		t=mm	Rating	%
	mm	Inches			
KOOlstOF STAAL	15	0.50	2.77	S - 40	88 %
	15	0.50	3.73	S - 80	100 %
	20	0.75	2.87	S - 40	106 %
	20	0.75	3.91	S - 80	116 %
	25	1.00	3.38	S - 40	129 %
	25	1.00	4.55	S - 80	141 %
KOOlstOF STAAL met warmte overdrachts CEMENT					
	15	0.50	3.73	S - 80	115 %
KOPER	8		1.00		53 %
	10		1.00		59 %
ROESTVAST STAAL	8		1.00		94 %
	10		1.00		106 %

Figuur 11. Installatiekostenverhoudingen voor tracer-materialen ten opzichte van koolstofstaal 0.50/M' S-80.

Stations

Voor de fabricage-manuren zie grafiek 5.

10. Technische informatie en spelregels

Hier een opsomming van praktische wenken die van belang kunnen zijn in de aannames van begrotingen.

Algemeen

- Het beste is om in verband met de toegestane leidingopvoerhoogte waar mogelijk van een hoog naar een laag punt te traceren, zodanig dat het condensaat door de zwaartekracht het condensaat-distributiestation bereikt.

- Bij tracing van kunststof of gelijnde leidingsystemen dient men er rekening mee te houden dat de volgende temperaturen niet overschreden worden. Hogere toelaatbare temperaturen dient men te controleren aan de hand van de toegepaste systeemdruk en het procesmedium.

PVC en HDPE	60 graden Celsius
Polypropylene en ABS	70 graden Celsius
FRP	95 graden Celsius

Leidingen

- Als een leiding meerdere tracers heeft, mogen ze een gezamenlijk vertrekpunt hebben maar geen gezamenlijke condenspot als eindpunt, zie figuur 3.
- Bij horizontale leiding dienen de tracers aan de onderkant te zitten maar zodanig dat ze geen obstructie vormen voor de leidingsondersteuning.
- Bij verticale leidingen dienen meerdere tracers gelijk om de omtrek van de pijp verdeeld te worden.
- Bij leidingen, kleppen of verbindingen die in verband met onderhoud regelmatig moeten worden losgenomen, dient er voldoende ruimte of een dusdanige verbinding gemaakt te worden dat bijvoorbeeld kleppen uitgenomen kunnen worden. Deze verbindingen kunnen tevens gebruikt worden ter vervanging van een expansiebocht.
- In verband met het optredende drukverlies in de tracer-leidingen dient men zo weinig mogelijk fittingen te gebruiken en bij voorkeur alle bochten te buigen.

Runouts

- Men dient de runouts dusdanig te groeperen dat deze slechts hoeven af te buigen om bij het te verwarmen object te komen, hierdoor wordt het isoleren van deze bundels vereenvoudigd.

Stations

- Deze dienen op een dusdanige economische en ergonomische wijze te worden opgesteld dat onderhoud en bedieningswerkzaamheden kunnen worden uitgevoerd.
- Men dient er rekening mee te houden dat de runouts niet altijd de meest economische pijproutes kunnen volgen.
- De afsluiters voor de distributiestations dienen gemakkelijk bereikbaar te zijn.

Y9100-22 Tracing

Expansie

- Bij lange rechte stukken van meer dan 15 m¹ dient de tracer van een expansiebocht te worden voorzien, deze bocht dient zich bij voorkeur in het horizontale vlak te bevinden.
- Men kan deze expansiebochten waar mogelijk combineren met flensverbindingen of bochtstukken.

Instrumentatie

- Instrumenten met uitzondering van manometers en kleppen, dienen een eigen tracer te hebben, dus ook een eigen condenspot.
- Veiligheidskleppen dienen minstens tot de zitting getraceed te worden, dit in verband met het bevroren van de eventuele condensatie.

Apparatuur

- Bij apparatuur die een reservefunctie heeft, bijvoorbeeld pompen, is een blokklep toegestaan, maar iedere pomp dient een aparte condenspot te hebben.
- De tracing om apparatuur dient dusdanig te worden aangebracht dat ze geen obstructie vormt voor de normale onderhoudswerkzaamheden en op een simpele manier kan worden verwijderd.

11. Elektrische tracing

Elektrische tracing wordt momenteel voornamelijk toegepast wanneer geen stoom beschikbaar is of waar bijzondere eisen aan het temperatuurbereik gesteld worden. In principe zijn er geen grote verschillen in uitvoering met normale tracing, zie hiervoor figuur 10. De warmtebron is hier echter vervangen door een verwarmingskabel, deze kabels zijn in verschillende temperatuursbereiken leverbaar.

Voor elektrische tracing dienen de leidingsystemen afzonderlijk berekend te worden en dienen de exacte lengtes, componenten en procesgegevens bekend te zijn.

Voor berekening van de benodigde materialen en toe te passen tracingtypes zijn er computerprogramma's die meestal gratis door de leverancier ter beschikking gesteld worden. Na invoer en verwerking van alle gegevens (inclusief isolatiedikten) zal er een materiaalstaat gegenereerd worden.

De verwarmingskabel wordt met behulp van een glasvezeltape op de

leiding vastgeplakt. Op plaatsen waar men een betere warmte-overdracht wenst kan men deze tape vervangen door een aluminium tape.

Op plaatsen waar men temperatuurlimitaties heeft ten opzichte van het procesmedium, omgevingstemperatuur of het pijpmateriaal kan men een thermostaat toepassen.

Met de selectie van de toe te passen elektrische tracer dient men er rekening mee te houden of de te traceren leidingen in verband met onderhoudswerkzaamheden met stoom gereinigd worden. Dit in verband met de maximale toelaatbare temperatuur van het kabeltype.

Voor een kostenoverzicht van de elektrische tracingmateriaalcomponenten zie figuur 12, men dient er rekening mee te houden dat de volgende kosten niet inbegrepen zijn:

- Voedingskabel naar het distributiepaneel.
- Distributiepaneel.
- Kabels van het distributiepaneel naar de aansluitkast.
- Kabelgoten of pijpen voor de kabels genoemd onder „b”.

0838-0730

Max. temperatuur in de kabel Maximale kabel lengte	grootte C n 1	85	135	215	415
		100 - 200	100 - 120	120 - 140	50 - 80
Kosten verwarmingskabel	NLG/m	25 - 30	30 - 70	175 - 300	100 - 130
Beveiligingskabel	NLG/m	0,80	0,50	0,80	0,50
Komponenten met beveiliging en aansluitkabel	NLG/stuk	250	250	250	250
Isolatie dooskast	NLG/stuk	20	20	20	20
Kabel aansluiting	NLG/stuk	25	25	25	25
Totaal materiaal + montage materiaal	NLG/stuk	300	300	300	300

*reductie met een 1-2 uur per meter trace

Figuur 12. Kostenoverzicht elektrische tracing-materialen.

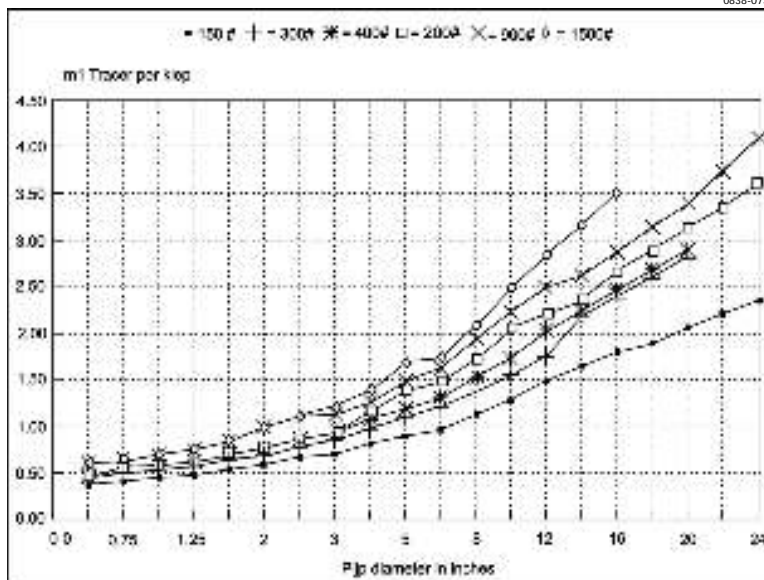
Deze kosten zijn sterk afhankelijk van de lokatie van de verschillende componenten, en de toe te passen gevarenclassificatie.

Daar de begrotingen voor elektrische tracing zo specifiek fabrikant-/klant-afhankelijk zijn is een eerlijke economische vergelijking tussen elektrische- en stoom-tracing niet te maken.

Over het algemeen zijn momenteel de eenmalige investeringskosten voor elektrische tracing hoger, maar de onderhoudskosten lager dan stoom-tracing.

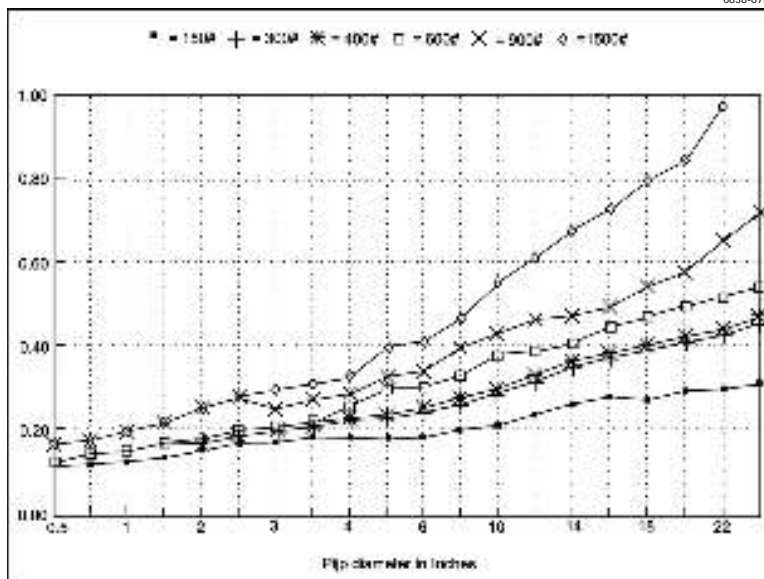
Y9100-24 Tracing

0838-0731



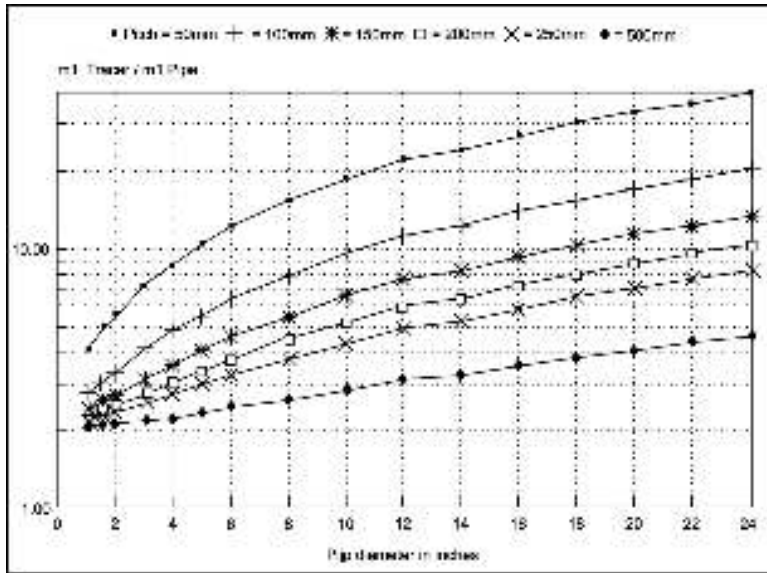
Grafiek 1. Tracing – Gellensde schuifafsluiters met tracer.

0838-0732



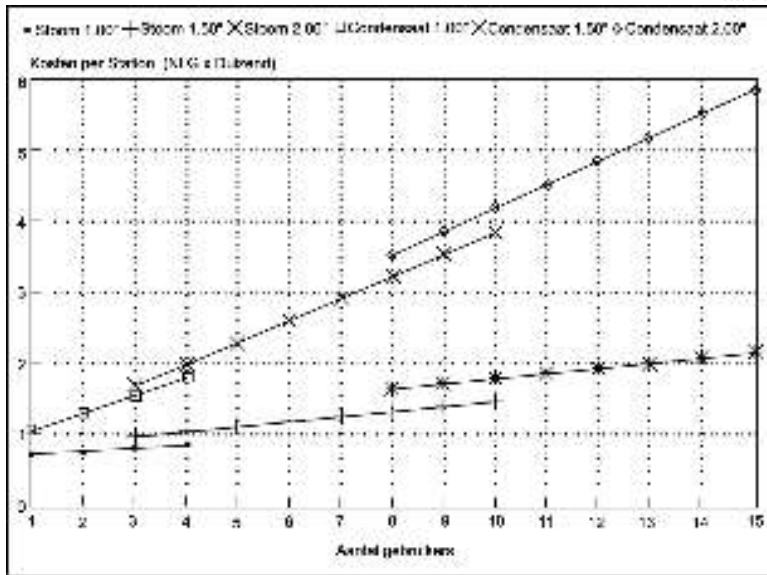
Grafiek2. Tracing – Flensverbindingen met 1 tracer.

0838-0733



Grafiek 3. Spiraal-tracing. 0.50M' Tracer-lengte/m³ pipe.

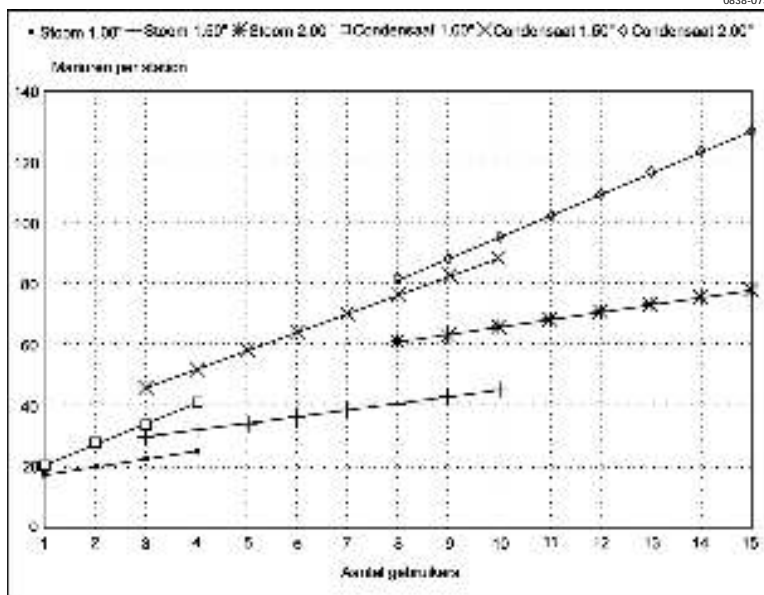
0838-0734



Grafiek 4. Tracing-stations. 0.50M' Tracer-materiaalkosten per station.

Y9100-26 Tracing

0838-0735



Grafiek 5. Tracing-station. 0.50!M' Tracing fabricage-manuren per station.