

# Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk

Redactie commissie

1.	Inleiding	Y3005- 3
2.	Enkele basisbegrippen	Y3005- 3
2.1.	Leidingklassen	Y3005- 3
2.2.	ISBL-leidingen en OSBL-leidingen	Y3005- 4
2.3.	Leidingwerkkosten	Y3005- 4
3.	Methoden voor het berekenen van de leidingwerkkosten	Y3005- 5
4.	De percentuele methode	Y3005- 5
5.	De kwantitatieve methode	Y3005- 7
5.1.	Kostenberekening compleet gemonteerd leidingwerk	Y3005- 8
5.1.1.	Bepaling hoeveelheden leidingwerk	Y3005- 8
5.1.2.	Bepaling eenheidsprijzen van compleet gemonteerde leidingen	Y3005-14
5.2.	Berekening additionele kosten	Y3005-25
5.2.1.	Kosten voor röntgenen	Y3005-25
5.2.2.	Kosten voor conservering	Y3005-26
5.2.3.	Kosten voor ondersteuning/ophangingen	Y3005-26
5.2.4.	Kosten voor kranen	Y3005-26
5.2.5.	Kosten voor steigerwerk	Y3005-27
5.2.6.	Kosten voor graafwerk	Y3005-27
5.3.	Discussie kwantitatieve methode	Y3005-27
6.	Berekening van de leidingwerkkosten met behulp van een spreadsheet-programma	Y3005-28
7.	Nabeschouwing	Y3005-28
8.	Literatuur	Y3005-29
	Bijlagen	
1.	Overzicht in het spreadsheet „Prijsberekeningsmethode voor leidingwerk” gebruikte formules	Y3005-30
2.	Voorbeeld output „Prijsberekeningsmethode voor leidingwerk”	Y3005-34
	Diskette prijsberekeningsmethode voor leidingwerk	



## **1. Inleiding**

Het leidingwerk vormt samen met de apparatuur, instrumentatie en engineering de grootste kostenpost van de investeringskosten van een chemische/petrochemische fabriek. De kosten voor het leidingwerk kunnen wel 20% bedragen van de totale investeringskosten. Daarom is het van belang deze kosten zo nauwkeurig mogelijk te berekenen in de verschillende stadia van een project (studie, voorproject, uitvoering).

In dit artikel zal ingegaan worden op de verschillende berekeningsmethoden van de leidingwerkkosten, die bij het maken van een kostenraming/-begroting gebruikt kunnen worden.

Allereerst worden in de volgende paragraaf enkele basisbegrippen behandeld die betrekking hebben op pijpleidingsystemen in het algemeen.

## **2. Enkele basisbegrippen**

### *2.1. Leidingklassen*

In de leidingklassen is vastgelegd, welke componenten (pijpen/fittings/flenzen/appendages) van welk materiaal en met welke afmetingen worden toegepast in een leiding, behorend tot deze leidingklasse.

Tevens is hierin vastgelegd op welke manier de componenten met elkaar verbonden dienen te worden (las-, flens-, schroef- of lijmverbinding) en de code van de componenten.

Het medium met de gegeven ontwerpdruk en ontwerptemperatuur bepalen de leidingklasse, waarin een bepaalde leiding met zijn appendages wordt ingedeeld.

De leidingklassen kunnen worden ingedeeld in drukklassen van 150 lbs tot 2500 lbs (ANSI) en van 10 bar tot 160 bar (DIN). De materialen van de leidingonderdelen en hun afmetingen zijn gerelateerd aan de ANSI- of DIN-standaards (ANSI = American National Standard Institute, DIN = Deutsche Industrie Norm). De verschillende materialen, die in de leidingklassen zijn vastgelegd, kunnen worden verdeeld in de volgende groepen:

- koolstofstaal;
- laaggelegeerd staal;
- roestvaststaal;
- non-ferro materialen;
- kunststoffen;
- staal met in- of uitwendige bekleding.

### *2.2. ISBL-leidingen en OSBL-leidingen*

In een chemische fabriek onderscheidt men meestal produktie-units enerzijds en hulpinstallaties, zoals tankenpark voor opslag grondstoffen en gereed produkt, utilities (stoom, koelwater, etc.) en diensten (brandbestrijdings-/communicatiemiddelen, etc.) anderzijds. De produktie-units duidt men aan met ISBL, de hulpinstallaties met OSBL.

ISBL staat voor de Engelse term „Inside Battery Limits” en OSBL voor „Outside Battery Limits”.

Onder Battery Limits verstaat men de (denkbeeldige) grenzen van de produktie-units. ISBL-leidingwerk bevindt zich binnen de produktie-unit, onder OSBL-leidingwerk verstaat men de leidingen buiten de produktie-unit, dat wil zeggen de leidingen binnen de utility-units en tankenpark, alsmede de verbindingsleidingen tussen de produktie-units, tankenpark en utilities.

De omvang van het OSBL-leidingwerk is sterk afhankelijk van de locatie van de te bouwen fabriek. Bij gebruik van utilities en tankenpark op een bestaande locatie zal de omvang van het OSBL-leidingwerk aanzienlijk geringer zijn dan bij nieuwbouw op een zgn. groene weide locatie.

### *2.3. Leidingwerkkosten*

Onder de leidingwerkkosten wordt in dit artikel verstaan:

- a. De kosten voor het compleet monteren van de leidingen inclusief:
  - materiaalkosten van pijpen, fittingen, flenzen en appendages;
  - montagekosten van deze onderdelen.
- b. De additionele kosten voor:
  - leidingondersteuning en -ophangingen;
  - röntgenen van de leidingen;
  - graafwerk ten behoeve van de ondergrondse leidingen.

Buiten beschouwing gelaten zijn onder andere kosten voor:

- slopen van leidingen;
- oppervlaktebehandelingen (zoals schilderwerk) en warmtebehandeling van de leidingen;
- isolatie van de leidingen;
- tijdelijke bouwplaatsvoorzieningen ten behoeve van het leidingwerk, zoals steigerwerk, kranen.

### **3. Methoden voor het berekenen van de leidingwerkkosten**

In dit artikel is niet getracht een compleet overzicht te geven van alle methoden, die bij de verschillende engineeringbureaus worden toegepast, maar worden de twee meest gebruikte methoden beschreven:

- de percentuele methode;
- de kwantitatieve methode.

Welke methode toegepast wordt is afhankelijk van de hoeveelheid beschikbare informatie, die op het moment van de kostenraming/begroting bekend is, de beschikbare tijd en de vereiste nauwkeurigheid van de kosten.

### **4. De percentuele methode**

De percentuele methode voor de kostenberekening van leidingen is alleen te gebruiken bij globale kostenramingen (met een nauwkeurigheid van  $-25/+25\%$  tot  $-40/+40\%$ ) van processtudies en vergelijking van procesalternatieven dat wil zeggen in het stadium van het project, waarin alleen een globale equipment list, globale PFD (process flow diagram) en een globale lay-out ter beschikking staan, maar een leidingen-uittrek nog niet gemaakt is.

Tevens is de methode te gebruiken als een snelle controle bij de meer nauwkeurige kostenberekeningsmethoden.

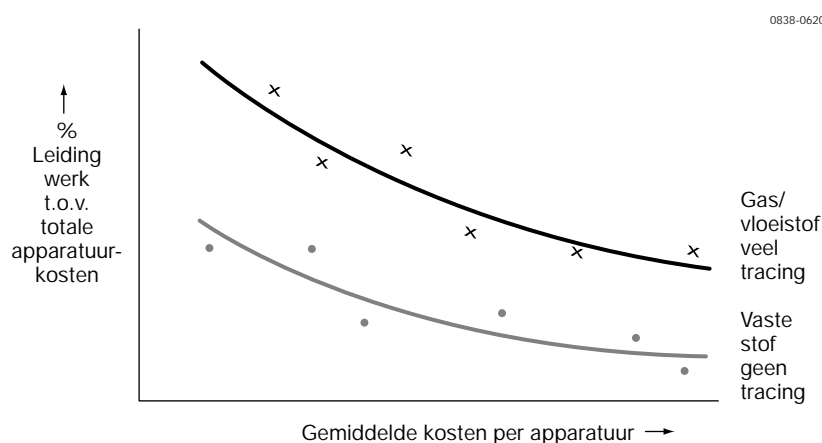
Bij de percentuele methode (ook bekend als de Miller-methode) worden eerst met behulp van de equipment-list de kosten van de apparatuur van de produktie-unit(s) bepaald. Vervolgens worden de kosten van het ISBL-leidingwerk (inclusief ondersteuning, ophangingen, röntgenen en graafwerk) uitgedrukt als een percentage van de totale apparatuurkosten van de produktie-unit.

Deze percentages kunnen als volgt worden verkregen:

Bij het uitvoeren van nacalculaties van recent gebouwde fabrieken kan men de leidingwerkkosten van de produktie-unit(s) uitdrukken als een percentage van de totale apparatuurkosten van die unit(s). Voorwaarde hierbij is dat de kostenregistratie bij deze fabrieken op een consistente wijze heeft plaats gevonden met andere woorden dat geen „vertroebelingen” in de percentages zijn opgetreden door boeking van kosten op de verkeerde plaatsen. De gevonden percentages vertonen vaak nog een grote spreiding onderling. Deze spreiding is te verminderen door de fabrieken te classificeren naar bepaalde kenmerken.

Kenmerken zijn bijvoorbeeld aard van het project (gas-vloeistof-

vaste stof fabriek), materiaal apparatuur, hoogte procesdrukken/temperaturen, hoeveelheid tracing, binnen- of buitenopstelling. Geeft men nu per klasse de gevonden percentages grafisch weer met op de X-as de totale apparatuurkosten (of gemiddelde apparaatkosten) en op de Y-as het percentage leidingwerk, dan krijgt men bij elke klasse de bijbehorende percentage-lijn. Het blijkt dat bij fabrieken ingedeeld in dezelfde klasse, een toename van de apparatuurkosten een daling van het percentage leidingwerk te zien geeft (zie fig. 1).



*Figuur 1. Miller-grafiek ter bepaling van het % leidingwerk ten opzichte van de totale apparatuurkosten.*

De percentuele methode is minder geschikt voor het bepalen van de OSBL-leidingwerkkosten, omdat er in de meeste gevallen weinig verband is tussen de apparatuurkosten en de leidingwerkkosten van de hulpinstallaties.

Dit heeft de volgende oorzaken:

- vaak betreft het uitbreidingen van bestaande utilities en tankenpark, waarbij de apparatuurkosten volledig afhankelijk zijn van de (al dan niet bestaande) infrastructuur;
- de lengte van de verbindingsleidingen tussen produktie-units, tankenpark en utility-units is sterk afhankelijk van de locatie en de lay-out;
- utilities worden vaak als packaged unit geleverd inclusief leidingwerk.

In geval van nieuwbouw is het evenwel soms mogelijk percentage-lijnen op te stellen voor enkele OSBL-units (bijv. tankenpark en stoomvoorziening).

Men dient dan wel te beschikken over voldoende vergelijkbare projecten en betrouwbare nacalculaties.

Hieronder volgen enkele voor-/nadelen van de percentuele methode:

*Voordelen:*

- snelle kostenberekening;
- weinig informatie benodigd (equipment list, PFD, globale layout);
- geen inschakeling nodig van piping engineer.

*Nadelen:*

- nauwkeurigheid matig;
- apparatuurkosten moeten eerst berekend worden;
- alleen te gebruiken bij compleet nieuwe produktie-units, dus niet bij uitbreiding van bestaande produktie-units;
- doorgaans niet geschikt om kosten van OSBL-leidingen te bepalen;
- kostenberekening niet op basis van hoeveelheden, maar op basis van apparatuurkosten;
- geraamde kosten sterk afhankelijk van de kwaliteit van de percentagelijnen en van de inschatting van de cost engineer (ervaring en inzicht met betrekking tot de onderhanden fabriek verkregen door interviews spelen een grote rol);
- opstellen percentagelijnen tijdrovend;
- percentagelijnen kunnen in de loop van de tijd door nieuwe ontwikkelingen verschuiven.

## **5. De kwantitatieve methode**

De kwantitatieve methode is een meer nauwkeurige vorm van kostenbepaling van het leidingwerk.

Bij deze methode wordt uitgegaan van hoeveelheden.

Door deze hoeveelheden te vermenigvuldigen met de bijbehorende eenheidsprijzen verkrijgt men de kosten.

De bepaling van de hoeveelheden leidingwerk en de bijbehorende eenheidsprijzen kan via verschillende, in nauwkeurigheid afwijkende, methoden gebeuren en welke methode toegepast wordt, is afhankelijk van het stadium waarin het project zich bevindt (studie, voorproject, uitvoering), met andere woorden afhankelijk van de hoeveelheid en de mate van detail van de beschikbare informatie.

De kostenberekening is opgesplitst in:

## **Y3005-8** Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk

- de kostenberekening voor het compleet monteren en leveren van de leidingen;
- de berekening van de additionele kosten (kosten voor ondersteuning/ophangingen, röntgenen en graafwerk).

### *5.1. Kostenberekening compleet gemonteerd leidingwerk*

#### *5.1.1. Bepaling hoeveelheden leidingwerk*

##### *A. Bepaling hoeveelheden leidingwerk bij kostenramingen van processtudies en vergelijking van procesalternatieven (vereiste nauwkeurigheid raming -25/+25%)*

De hoeveelheid informatie die de cost engineer in dit stadium ter beschikking heeft is:

- equipment list;
- PFD (process flow diagram, zie fig. 2);
- globale lay-out (opgesteld door de proces engineer).

Een leidingen-uittrek door de piping engineer wordt in deze fase meestal niet gemaakt, aangezien op de PFD slechts de belangrijkste processtromen en utility-leidingen staan aangegeven.

Aan de hand van deze summier beschikbare gegevens zal de cost engineer zelf een grove benadering maken van:

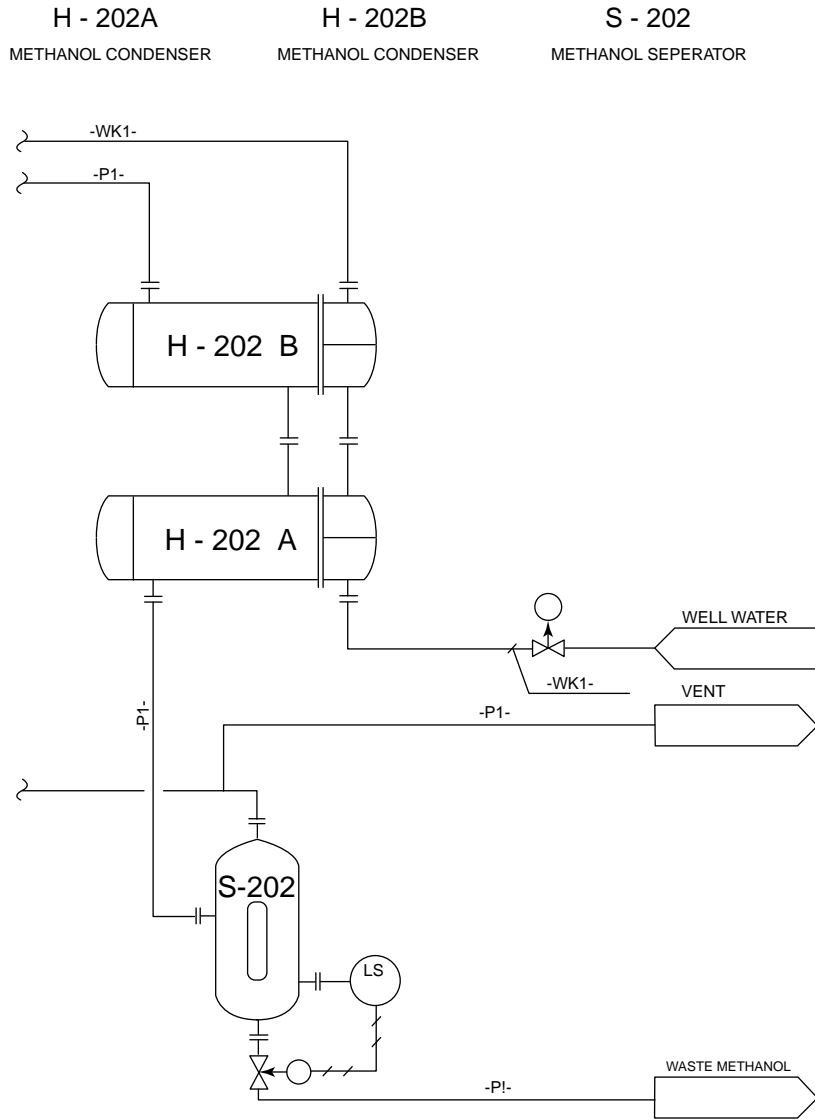
- het aantal leidingstukken;
- het materiaal van de leidingstukken;
- de gemiddelde leidingstuklengte;
- de gemiddelde diameter;
- de complexiteit van de leidingstukken.

#### *A.1. ISBL-leidingen*

##### *Het aantal leidingstukken*

De totale ISBL-leidinglengte is afhankelijk van het aantal leidingstukken en de onderlinge afstand tussen de procesapparaten. Het aantal leidingstukken (proces- en utilityleidingen binnen de productie-unit) is afhankelijk van het aantal aansluitnozzles aan de verschillende apparaten. Deze zijn in dit stadium niet precies bekend (apparatenspecificatie is nog niet beschikbaar) maar kunnen met behulp van PFD en vuistregels, die uit de praktijk kunnen worden afgeleid, worden benaderd, bijvoorbeeld:





*Figuur 2. Voorbeeld PFD (Process Flow Diagram).*

## Y3005-10 Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk

per pomp	4 aansluitingen
per tank	6 aansluitingen
per reactor	10 aansluitingen
per kolom	1 aansluiting per meter tangentlengte
per warmtewisselaar	6 aansluitingen
per roerwerk	0 aansluitingen
per transporteur	0 aansluitingen

Door het aantal apparaten met hun bijbehorende aansluitingen te vermenigvuldigen en deze uitkomst te verhogen met een aantal „denkbeeldige” aansluitnozzles voor de utility-leidingen op de „battery limit” verkrijgt men het totaal aantal aansluitingen. Het aantal leidingstukken is nu gelijk aan de helft van het totaal aantal aansluitingen (elk leidingstuk heeft 2 aansluitnozzles, op elk apparaat 1).

### *Het materiaal van de leidingstukken*

De leidingstukken zullen niet alle van hetzelfde materiaal zijn. Met behulp van de materiaalaanduidingen op de equipment list en PFD kan een onderverdeling worden gemaakt van het aantal aansluitnozzles in de verschillende materialen en met behulp hiervan kan naar rato het aantal leidingstukken per materiaalsoort worden benaderd.

### *De gemiddelde leidingstuklengte*

De gemiddelde leidingstuklengte is afhankelijk van de afstand tussen de apparaten onderling. Met behulp van de beschikbare globale lay-out (proces engineer) kan een redelijke schatting worden gemaakt van de gemiddelde leidingstuklengte (varieert globaal tussen 10 en 20 meter).

### *De gemiddelde diameter*

De gemiddelde diameter van de leidingstukken kan worden gerelateerd aan de grootte van de apparaten. Er is een verband tussen de totale inhoud van de procesapparatuur en de gemiddelde diameter van de leidingen. Deze varieert in de praktijk tussen de 2!M' en 5!M', gemiddeld 3!M'.

### *De complexiteit van de leidingstukken*

De complexiteit van de leidingstukken kunnen we uitdrukken in het aantal fittingen/fenzen en appendages, dat zich in een leidingstuk van een bepaalde lengte bevindt. Deze aantallen zijn echter in dit stadium nog niet bekend.

Om toch de complexiteit uit te kunnen drukken zijn vier configuraties leidingwerk ontwikkeld met elk een (verschillend) standaard aantal fittingen/fenzen en appendages per 10 meter lengte. We onderscheiden de leidingtypes I, II, III en IV, met in deze volgorde afnemende complexiteit.

Het standaard aantal fittingen/fenzen en appendages is hierbij onafhankelijk van de diameter.

In figuur 3 is een voorbeeld gegeven van de vier leidingtypes voor leidingwerk met gelaste verbindingen.

Type I: Zeer gecompliceerd, bijvoorbeeld bij een reactor.

Type II: Matig gecompliceerd, bijvoorbeeld binnen een proces-unit.

Type III: Eenvoudig, bijvoorbeeld tussen proces-unit en leidingbrug.

Type IV: Rechte leiding zonder verdere appendages, bijvoorbeeld op leidingbrug.

We kunnen nu de complexiteit met behulp van PFD/lay-out inschatten, bijvoorbeeld

x meter leidinglengte van type I

y meter leidinglengte van type II/III

z meter leidinglengte van type III

#### *A.2. OSBL-leidingen*

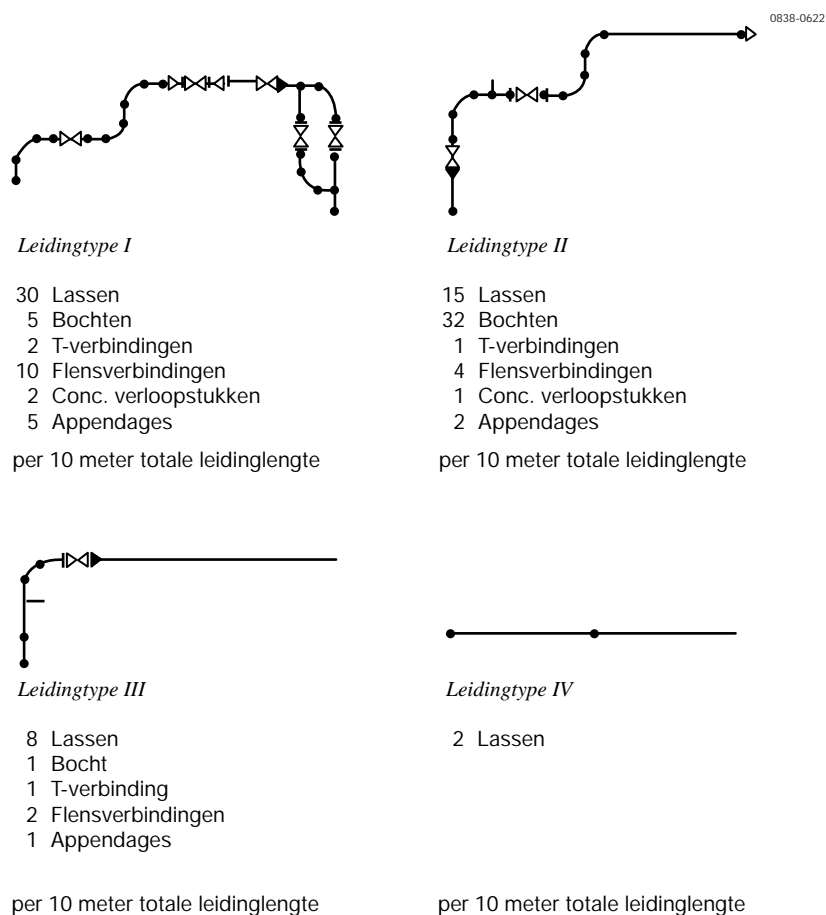
Bij ramingen van processtudies en vergelijking van proces-alternatieven wordt OSBL vaak uitgesloten, vanwege de onbekendheid van de locatie. Mocht het OSBL-leidingwerk echter toch geraamd moeten worden, dan dienen de lengtes, materialen, diameters, complexiteit van de leidingen binnen de OSBL-unit en de verbindingleidingen tussen de ISBL-units en OSBL-units en de OSBL-units onderling door de cost engineer te worden geschat met behulp van equipment list, lay-out, PFD en interviews met de proces engineer.

#### *B. Bepaling hoeveelheden leidingwerk bij kostenbegrotingen in de voorprojectfase (vereiste nauwkeurigheid begroting -10/+10%)*

Beschikbare informatie:

- equipment list;
- PFD;
- voorlopig PID (piping and instrument diagram) (zie fig. 4);
- voorlopige lay-out (opgesteld door de piping engineer).

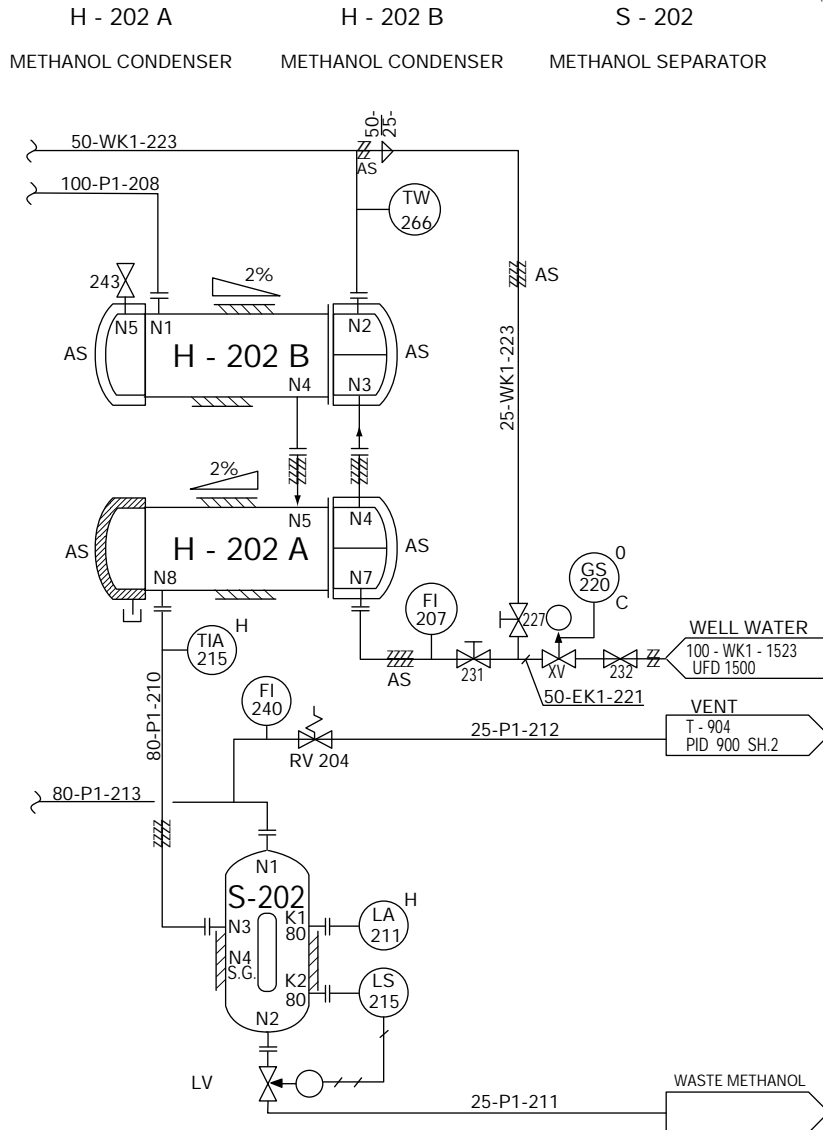
**Y3005-12** Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk



*Figuur 3. Leidingtypes I t/m IV (gelaste verbindingen).*

Het voorlopige PID wordt in de basic engineeringfase opgesteld en bestaat uit:

- de apparatuur (met codering en benaming);
- nozzlecoderingen van de apparatuur;
- de verbindende procesleidingen;
- detaillering van vent, drain en utility-leidingen;
- medium-codering en volgnummer van de leidingen;
- de leidingmaterialen/diameters;
- de voornaamste afsluiters en regelkleppen;
- coderingen van instrumentatie en elektro.



Figuur 4. Voorbeeld voorlopig PID (Piping and Instrument Diagram), gereed voor detail engineering.

Wanneer er een voorlopig PID en lay-out zijn gemaakt zal de uittrek van de leidingen (van zowel ISBL als OSBL) meestal niet meer gebeuren door de cost engineer, maar door de piping engineer. Echter ook in dat stadium zal nog niet precies bekend zijn uit hoeveel meters pijp, hoeveel bochten, T-stukken, reducers, flenzen en appendages van welke materialen het totale leidingwerk bestaat. De piping engineer zal echter de verschillende leidingstukken in de verschillende materialen (per leidingklasse) qua lengte, diameter en complexiteit beter kunnen inschatten dan in de situatie wanneer er slechts een PFD beschikbaar is. Eveneens is in dit stadium een betere schatting te maken van het aantal en type appendages. Aangezien het een voorlopig PID betreft zal de uittrek niet volledig zijn. Daarom zal de piping engineer op de uitgetrokken hoeveelheden vaak nog een onvolledigheidstoeslag geven.

*C. Bepaling hoeveelheden leidingwerk bij kostencalculaties van projecten in de uitvoeringsfase (vereise nauwkeurigheid calculatie -5/+5%).*

Beschikbare informatie:

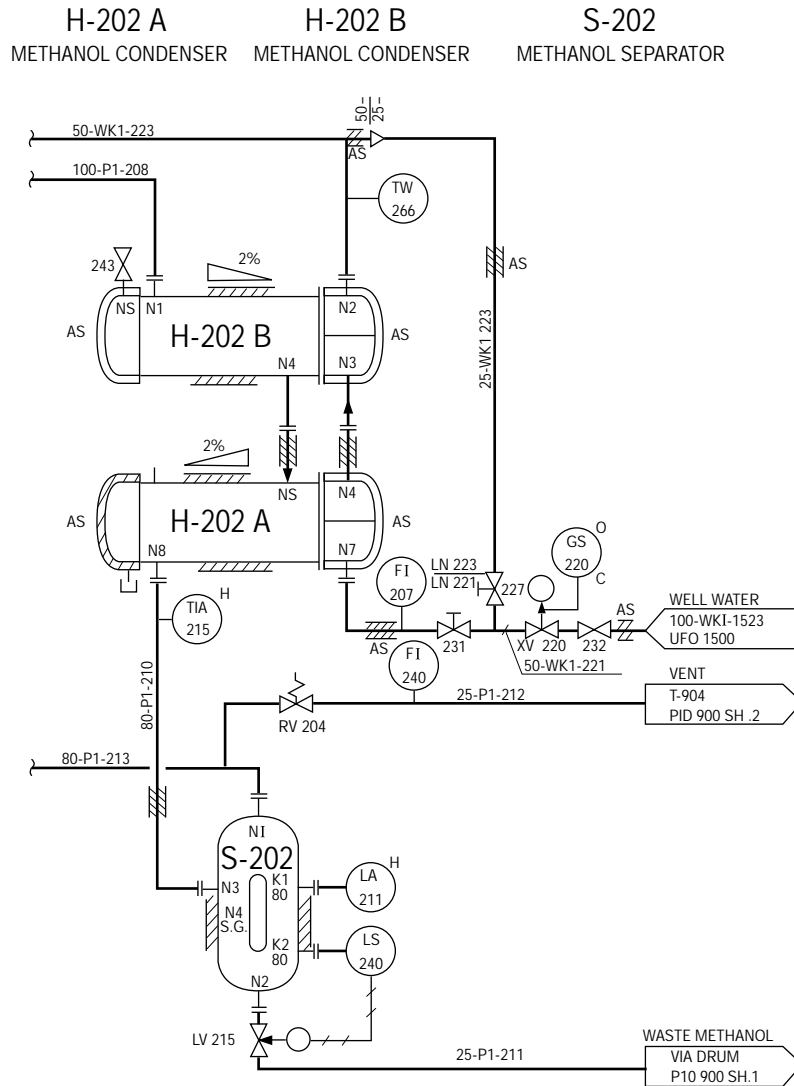
- equipment list/data sheets;
- PFD;
- definitieve PID (gereed voor constructie) (zie fig. 5);
- definitieve lay-out;
- leidinglijsten/appendagelijsten;
- leidingtekeningen.

Wanneer de definitieve PID en lay-out beschikbaar zijn, die een verdere detaillering zijn van de in de voorprojectfase opgestelde voorlopige versies, kan de piping engineer met behulp van de hiervan afgeleide leiding-/appendagelijsten en leidingtekeningen een nauwkeurige opgave doen van de losse componenten van het leidingwerk. Aantal meters pijp, aantal bochten, T-stukken, reducers, flenzen, type en aantal appendages, aantal verbindingen (las-, flens-, schroef-, lijmverbinding) kunnen nu per materiaal en per diameter worden bepaald (materiaal-uittrek). Dit is verreweg de nauwkeurigste vorm van hoeveelhedenbepaling.

*5.1.2. Bepaling eenheidsprijzen van compleet gemonteerde leidingen*

In het voorgaande hebben we gezien dat de hoeveelheden leidingwerk uitgedrukt worden in aantal meters leiding van het type I t/m IV (bij par. 5.1.1, lid A en B) of in het werkelijk aantal meters pijp, aantal fittingen/flenzen en appendages (bij par. 5.1.1, lid C).

0838-0347



Figuur 5. Voorbeeld definitief PID (Piping and Instrument Diagram), gereed voor constructie.

Hieronder zullen we uiteenzetten hoe we in deze beide gevallen de bijbehorende eenheidsprijzen van compleet gemonteerde leidingen van een bepaalde leidingklasse verkrijgen.

*A. Bepaling meterprijzen standaard-leidingtypes I t/m IV*

Voor een beschrijving van de leidingtypes zie tabel 1 en 2.

De meterprijs bestaat uit een materiaal- en loonaandeel, dat wil zeggen het is de som van de materiaalkosten van de verschillende onderdelen per 10 meter leiding en de montagekosten van de onderdelen, gedeeld door 10.

*Materiaalkosten*

Om de materiaalkosten te kunnen berekenen dienen we te beschikken over de prijzen van de onderdelen van de leidingklasse. Deze prijzen kunnen worden verkregen uit:

- prijscatalogi van leveranciers;
- recente offertes en bestellingen;
- prijsaanvraag bij leveranciers;
- DACE-prijzenboekje.

Tevens zullen we bij elk leidingtype en elke diameter (NW 15 tot en met NW 300) het aantal meters pijp per 10 meter leiding moeten berekenen. Deze pijplengte is namelijk afhankelijk van de inbouw lengtes van de overige onderdelen.

Door de aantallen te vermenigvuldigen met hun bijbehorende prijs en vervolgens te sommeren vinden we de materiaalkosten per 10 meter leiding.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de appendages niet in de materiaalprijs zijn meegenomen, aangezien voor een bepaalde leidingklasse geen eenduidige standaard(appendage) te definiëren valt. Appendages dienen in de kostenberekening apart te worden toegevoegd.

*Montagekosten*

De montagekosten voor 10 meter leiding worden verkregen door het aantal benodigde manuren voor handling/montage, maken van verbindingen (lassen, flenzen, schroeven of lijmen), monteren van de appendages en testen te vermenigvuldigen met een gemiddeld manuurtarief.

De manuren worden bepaald op basis van een methodiek gepubliceerd in „Unit rates omschrijvingen voor leidingen”, een initiatief van de REWIN, Regionale ontwikkelingsmaatschappij West-Brabant en wordt uitgegeven door de stichting NAP/DACE.



Per diameter, wanddikte en nominale druk worden *standaardpunten* opgegeven voor:

1. pijpen monteren in plant, in trace/brug;
2. fittingen met 1, 2 of 3 uiteinden monteren;
3. lassen (materiaalfactoren om te corrigeren voor NIET C-staal);
4. flensverbindingen, buigen van pijpen, draadverbindingen;
5. inbouwen van appendages;
6. druk- en dichtheidsproeven;
7. pijpbeugels en ondersteuning monteren;
8. demontage.

Het aantal standaardpunten wordt verkregen door voor elke diameter en type het aantal montagehandelingen te vermenigvuldigen met het aantal bijbehorende standaardpunten en de uitkomsten hiervan te sommeren.

Verder kan middels een algemene toeslag worden gecorrigeerd voor het werkniveau (onder- of bovengronds) en de werkomstandigheden.

Ook zijn materiaalfactoren beschikbaar waarmee het lassen van materialen anders dan C-st berekend kan worden.

Door het onderhavige project te vergelijken met een „referentie project” kan een referentiefactor worden vastgesteld.

Het product van het aantal standaardpunten en de referentiefactor vormt het aantal montage-uren.

Het gemiddeld manuurtarief kan worden bepaald door uit te gaan van een „standaard” montageploeg, bestaande uit bijvoorbeeld 1 uitvoerder, 2 voorlieden, 10 lassers en 10 monteurs. Door het aantal personen van de ploeg te vermenigvuldigen met hun bijbehorend uurtarief (per functie), te sommeren en vervolgens te delen door het aantal productieve uren, vinden we het gemiddeld manuurtarief van de ploeg.

Hierna is een voorbeeld gegeven van de materiaal- en montagekostenberekening van de 4 leidingtypes voor een bepaalde leidingklasse.

#### *Voorbeeld*

Berekening materiaal- en montagekosten van compleet gemonteerd leidingwerk (prijspeil medio 2000)

**Y3005-18** Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk

Materiaal: staal 35.8-I  
 Druktrap: PN 10  
 Uitvoering: gelaste verbindingen

Leidingonderdeel	Diameter	Materiaal	Afmetingen volgens
Pijp, naadloos	NW 15-250	Staal 35.8-I	DIN
Pijp, gelast	NW 300	H II	DIN
Welding neck flens	NW 15-300	C 22.3	DIN
Bocht	NW 40-250	Staal 35.8-I	DIN
NW 300		H II	DIN
T-stuk	NW 15	Geen T-stuk maar haakse pijpverbinding	
	NW 20-300	Staal 35.8-I	
Concentrisch verloopstuk	NW 20-250	Staal 35.8-I	DIN
	NW 300	H II	DIN
Bouten/moeren/ringen		Staal 4.6-2/5	DIN

Tabel 1. *Uitgangspunten.*

Onderdeel	Type I	Type II	Type III	Type IV
Bocht	5	3	1	0
T-stuk	2	1	1	0
Concentrisch verloopstuk	2	1	0	0
WN-flens	10	4	2	0
Appendage	5	2	1	0

Tabel 2. *Aantal leidingonderdelen per type, per 10 meter leiding.*

**Materiaalkostenberekening**

Nom. diameter	Bocht	T-stuk	Verloopstuk	Flens	Appendage
15	40			35	130
20	50	60	40	40	150
25	60	75	50	40	160
32	80	90	50	40	180
40	100	115	65	40	200
50	120	130	75	45	230
65	160	140	90	45	290
80	190	170	90	50	310
100	240	210	100	50	350
125	300	255	125	55	400
150	360	285	140	55	480
200	480	355	150	60	600
250	590	430	180	70	730
300	710	510	205	70	850

Tabel 3. *Inbouwlengtes van leidingonderdelen in mm.*

Nom. diameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
15	8.800	9.480	9.760	10.000
20	8.400	9.290	9.660	10.000
25	8.250	9.215	9.625	10.000
32	8.020	9.100	9.570	10.000
40	7.740	8.960	9.505	10.000
50	7.390	8.795	9.430	10.000
65	6.840	8.530	9.320	10.000
80	6.480	8.350	9.230	10.000
100	5.930	8.070	9.100	10.000
125	5.190	7.700	8.935	10.000
150	4.400	7.315	8.765	10.000
200	2.990	6.615	8.445	10.000
250		5.880	8.110	10.000
300		5.175	7.790	10.000

Tabel 4. Aantal meters rechte pijp per 10 meter leiding.

Het aantal meters rechte pijp uit tabel 4 wordt verkregen door bij de verschillende diameters en types de totale inbouw lengte van de fittingen/fenzen/appendages (in meters) af te trekken van de leiding lengte (10 meter). De totale inbouw lengte van deze leidingonderdelen is het totaal van het aantal verschillende onderdelen (zie tabel 2), vermenigvuldigd met de bijbehorende inbouw lengte.

Voorbeeld: NW 50, leidingtype II

3 × Bocht	=	3	×	120	=	360 mm
1 × T-verbinding	=	1	×	130	=	130 mm
1 × Concentrisch verloopstuk	=	1	×	75	=	75 mm
4 × Welding neck flens	=	4	×	45	=	180 mm
2 × Appendage	=	2	×	230	=	460 mm
Totale inbouw lengte onderdelen					=	<u>1.205 mm</u>
Aantal meters rechte pijp	=	10	–	1.205	=	8.795 m

Nom. diameter	Pijp	Bochten	T-stukken	Verloopstukken	Flenzen
	Prijs /m	Prijs/stuk	Prijs/stuk	Prijs/stuk	Prijs/stuk
15	1.0	1.0			4.0
20	1.3	1.0	4.0	1.0	4.0
25	1.9	1.0	5.0	1.0	4.0
32	2.1	1.0	5.0	2.0	5.0
40	2.3	1.0	6.0	2.0	6.0
50	3.1	1.0	9.0	2.0	8.0
65	4.1	2.0	10.0	3.0	9.0
80	4.9	3.0	14.0	4.0	11.0
100	7.2	5.0	19.0	4.0	13.0
125	10.3	8.0	35.0	7.0	14.0
150	15.6	12.0	40.0	11.0	15.0
200	28.3	31.0	74.0	24.0	20.0
250	36.2	52.0	149.0	28.0	32.0
300	51.6	89.0	188.0	43.0	47.0

Tabel 5. Bruto materiaaldealprijzen in € stuk.

De materiaaldealprijzen zijn overgenomen uit het DACE-prijzenboekje (22<sup>e</sup> editie, mei 2002). Het betreft hier bruto prijzen exclusief basis- en kwantumkortingen. In tabel 6 is 40% korting en 2% toeslag voor snijverliezen verdisconteerd.

Nom. diameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
15	38	19	12	6
20	45	24	17	8
25	49	28	21	12
32	59	33	23	13
40	68	37	26	14
50	89	49	36	19
65	105	59	44	25
80	131	74	54	30
100	165	97	74	44
125	211	130	103	63
150	251	167	138	95
200	413	290	240	173
250		428	350	222
300		606	485	316

Tabel 6. Totale materiaalkosten in € per 10 meter leiding.

De totale materiaalkosten (per 10 meter leiding) uit tabel 6 worden verkregen door bij elke diameter en type het aantal leidingonderdelen, uitgezonderd appendages (zie tabel 2) en het aantal meters

rechte pijp (zie tabel 4) te vermenigvuldigen met de bijbehorende eenheidsprijs (zie tabel 5) en een toeslag (2%) voor snijverliezen en de uitkomsten hiervan te sommeren.

Voor de prijs van B/M/R wordt 20% van de prijs van flenzen geteld.

Voorbeeld: NW 50, leidingtype II

3 × Bocht	=	3	×	1	=	€	3.00
1 × T-verbinding	=	1	×	9	=	€	9.00
1 × Concentrisch verloopstuk	=	1	×	2	=	€	2.00
4 × Welding neck flens	=	4	×	8	=	€	32.00
4 × B/M/R	=	20%	×	32.00	=	€	6.40
8.795 m rechte pijp	=	8.795	×	3.100	=	€	27.26
						€	79.66
Korting	=	40%	×	79.66	=	€	38.87-
						€	47.80
Versnit		2%	×	47.80	=	€	0.96
Totale materiaalkosten						€	48.75
Totale materiaalkosten (afgerond)						€	49.00

### Montagekostenberekening

Nom. dia-meter	Wand-dikte	Nom. druk	Monte-ren pijp	Hulpstukken met			Rond-las	Flens verbin-ding	Appen-dage	Testen
				1	2	3				
15	2.0	10	0.23	0.16	0.23	0.29	0.44	0.46	0.19	0.04
20	2.3	10	0.24	0.19	0.27	0.35	0.49	0.48	0.25	0.04
25	2.6	10	0.26	0.22	0.31	0.40	0.55	0.50	0.31	0.04
32	2.6	10	0.27	0.26	0.37	0.48	0.63	0.53	0.40	0.05
40	2.6	10	0.28	0.30	0.43	0.56	0.69	0.56	0.50	0.05
50	2.9	10	0.31	0.36	0.52	0.67	0.80	0.61	0.63	0.06
65	2.9	10	0.34	0.45	0.64	0.83	0.93	0.68	0.81	0.07
80	3.2	10	0.37	0.54	0.77	1.00	1.09	0.76	1.00	0.08
100	3.6	10	0.44	0.65	0.93	1.21	1.28	0.88	1.25	0.10
125	4.0	10	0.52	0.80	1.14	1.48	1.54	1.03	1.56	0.11
150	4.5	10	0.62	0.95	1.35	1.76	1.77	1.19	1.88	0.13
200	6.3	10	0.92	1.24	1.77	2.30	2.30	1.54	2.50	0.17
250	6.3	10	1.09	1.53	2.18	2.84	2.82	1.92	4.25	0.20
300	7.1	10	1.35	1.82	2.60	3.38	4.14	2.31	5.10	0.24

Tabel 7. Standaardpunten.

**Y3005-22** Methoden voor het berekenen van leidingwerk

Het aantal montagehandelingen kan als volgt worden berekend:

Te monteren leiding	= leidinglengte
Te monteren fittingen met 1 uiteinde	= aantal flenzen + aantal boordringen + aantal kappen e.d.
Te monteren fittingen met 2 uiteinden	= aantal bochten + aantal verloopstukken + aantal segment bochtstukken
Te monteren fittingen met 3 uiteinden	= aantal T-stukken
Te maken rondlassen	= aantal fittingen met 1 uiteinde + 2 × aantal fittingen met 2 uiteinden + 3 × aantal fittingen met 3 uiteinden + leidinglengte × aantal extra lassen/meter leiding
Te monteren flensverbindingen	= (aantal flenzen + 2 × aantal afsluiters)/2 + extra flensverbindingen
Te monteren appendages	= aantal appendages
Te testen leiding	= leidinglengte

Montagehandeling	Type I	Type II	Type III	Type IV
Montage in fabriek	10	10	10	
Montage op kolommenbaan				10
Handling fitting met 1 uiteinde	10	4	2	0
Handling fitting met 2 uiteindes	7	4	1	
Handling fitting met 3 uiteindes	2	1	1	0
Rondlas	30	15	8	2
Flensverbinding	10	4	2	0
Appendage	5	2	1	0
Testen	10	10	10	10

Tabel 8. Aantal montagehandelingen per 10 meter leiding.

Nom. diameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
15	20	11	6	4
20	28	15	8	4
25	31	16	9	4
32	36	19	10	4
40	39	20	11	5
50	46	24	13	5
65	53	28	15	6
80	63	32	18	7
100	74	38	21	8
125	90	46	25	9
150	104	54	29	11
200	137	71	39	16
250		89	49	19
300		119	64	24

Tabel 9. Het totaal aantal standaardpunten per 10 meter leiding.

Het totaal aantal standaardpunten per 10 meter leiding uit tabel 9 wordt verkregen door bij elke diameter en type het aantal montagehandelingen (zie tabel 8) te vermenigvuldigen met het aantal bijbehorende standaardpunten (zie tabel 7) en de uitkomsten hiervan te sommeren.

Voorbeeld: NW 50, type II

10 × Monteren leiding	=	10	×	0.31	=	3.10
4 × Hulpstukken met 1 uiteinde	=	4	×	0.36	=	1.44
4 × Hulpstukken met 2 uiteindes	=	4	×	0.52	=	2.08
1 × Hulpstukken met 3 uiteindes	=	1	×	0.67	=	0.67
15 × Lasverbindingen	=	15	×	0.80	=	12.00
4 w Flensverbindingen	=	4	×	0.61	=	2.44
2 × Montage appendage	=	2	×	0.63	=	1.26
10 × Testen	=	10	×	0.06	=	0.60
Totaal aantal punten						<u>23.59</u> punten
Algemene factor	=	1.00				
Referentie factor	=	1.00				
Totaal aantal punten × Algemene factor × Referentie factor = Aantal montage-uren $23.59 \times 1.00 \times 1.00 = 23.59$						

Nom. diameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
15	752	405	233	136
20	1066	561	321	144
25	1186	623	354	156
32	1351	706	397	169
40	1491	774	431	178
50	1780	896	496	201
65	2033	1048	576	226
80	2378	1221	665	254
100	2823	1450	791	302
125	3403	1743	947	356
150	3966	2034	1108	420
200	5213	2694	1487	589
250		3384	1855	705
300		4503	2440	919

Tabel 10. Totale montagekosten in € per 10 meter leiding.

De montagekosten (per 10 m) uit tabel 10 worden verkregen door het aantal standaardpunten (zie tabel 9) te vermenigvuldigen met de referentie factor en met het gemiddeld uurtarief (€ 38).

**Y3005-24** Methoden voor het berekenen van leidingwerk

Nom. dia-meter	Type I		Type II		Type III		Type IV	
	€ /m	% mat.	€ /m	% mat.	€ /m	% mat.	€ /m	% mat.
15	79	5%	42	4%	24	5%	14	4%
20	111	4%	58	4%	34	5%	15	5%
25	124	4%	65	4%	37	6%	17	7%
32	141	4%	74	4%	42	5%	18	7%
40	156	4%	81	5%	46	6%	19	7%
50	182	5%	95	5%	53	7%	22	9%
65	214	5%	111	5%	62	7%	25	10%
80	251	5%	129	6%	72	8%	28	11%
100	299	6%	155	6%	86	9%	35	13%
125	361	6%	187	7%	105	10%	42	15%
150	422	6%	220	8%	125	11%	51	18%
200	563	7%	298	10%	173	14%	76	23%
250			381	11%	220	16%	93	24%
300			511	12%	293	17%	123	26%

Tabel 11. Totale materiaal en montagekosten in € /meter.

De totale materiaal- en montagekosten per meter uit tabel 11 zijn gelijk aan de som van de materiaalkosten per 10 meter (tabel 6) en de montagekosten per 10 meter (zie tabel 10), gedeeld door 10.

Voorbeeld: NW 50, type II

Materiaalkosten per 10 meter	€	49
Montagekosten per 10 meter	€	896
Totaal per 10 meter	€	945
Totale materiaal- en montagekosten per m	=	€ 95
Materiaalaandeel	= (49/945)	= 5%

Deze meterprijsberekening van de verschillende leidingtypes kan met aanpassingen van de componenttypes, materiaalprijzen, standaardpunten/montage-deeltijden, manuurtarieven en type verbinding uitgevoerd worden voor alle leidingklassen.

Door de aldus berekende meterprijzen te vermenigvuldigen met het aantal meters leiding per leidingklasse, verkrijgt men na toevoeging van de prijzen van appendages de totale materiaal- en montagekosten van deze leidingen.

*N.B.* In plaats van meterprijzen van de verschillende leidingtypes wordt ook wel gewerkt met kg-prijzen. Hoeveelheden, materiaal- en montagekosten worden hierbij bepaald op basis van gewichten.



*B. Bepaling (eenheids)prijzen bij en gedetailleerde materiaaluittrek*  
 Wanneer de materiaaluittrek zodanig gedetailleerd is, dat de meters pijp, het aantal bochten, T-stukken, flenzen en appendages per leidingklasse bekend zijn, hoeven we voor de materiaal- en montagekostenberekening geen gebruik te maken van de meterprijzen van de standaard leidingtypes.

We hoeven nu bij de prijsberekening niet meer uit te gaan van standaard aantallen componenten per 10 meter leiding, maar we beschikken nu over de werkelijke aantallen per leidingklasse.

Per leidingklasse kunnen nu direct de materiaalkosten worden bepaald door de aantallen componenten (ook de appendages) te vermenigvuldigen met hun respectievelijke stuksprizen en de uitkomsten hiervan te sommeren.

Het aantal montage-uren kan worden bepaald door het werkelijk aantal montagehandelingen (inclusief de te monteren appendages) te vermenigvuldigen met het aantal standaardpunten, algemene factor en referentie factor.

Door de gevonden montage-uren te sommeren en de uitkomst hiervan te vermenigvuldigen met het gemiddeld uurtarief vindt men de totale montagekosten per leidingklasse.

Door dit voor elke leidingklasse te herhalen verkrijgt men de materiaal- en montagekosten van het totale leidingwerk.

## 5.2. Berekening additionele kosten

### 5.2.1. Kosten voor röntgenen

Het aantal röntgenfilms is afhankelijk van het percentage van (las)verbindingen dat geröntgend moet worden (vaak 10 of 100%) en van de diameter van de leiding.

Het aantal lasverbindingen voor de 4 leidingtypes:

Type I: 30 lasverbindingen per 10 meter	= 3 per meter
Type II: 15 lasverbindingen per 10 meter	= 1,5 per meter
Type III: 8 lasverbindingen per 10 meter	= 0,8 per meter
Type IV: 2 lasverbindingen per 10 meter	= 0,2 per meter

Het aantal röntgenfilms per las is afhankelijk van de diameter:

NW 15 – 65	2 röntgenfilms
NW 80	3 röntgenfilms
NW 100 – 400	4 röntgenfilms
NW 450 – 500	5 röntgenfilms

*Totaal aantal röntgenfilms*

Leidinglengte (in meter) × aantal lussen per meter × aantal films per diameter × (percentage röntgenen/100)

*Röntgenkosten*

Aantal films × € 37,50/film + reis- en verblijfkosten Röntgen technische Dienst (prijspeil medio 2002)

*5.2.2. Kosten voor conservering*

De kosten voor conservering worden bepaald op basis van de oppervlakte van de te conserveren leiding. De oppervlakte wordt berekend door de oppervlakte van de rechte pijp en de oppervlakte van de leidingonderdelen bij elkaar op te tellen.

Als vuistregel voor de oppervlakte van de leidingonderdelen geldt: 3 × de oppervlakte van een stuk pijp met een lengte gelijk aan de gezamenlijke lengte van de leidingonderdelen.

De kosten voor het conserveren zijn sterk afhankelijk van de complexiteit (kleine of grote diameters, veel of weinig flenzen/afsluiters) en de gevraagde specificatie bedragen gemiddeld circa € 30/m<sup>2</sup>.

*5.2.3. Kosten voor ondersteuning/ophangingen*

Constructies voor ondersteuning/ophanging van leidingen zijn veelal gestandaardiseerd. Er zijn standaard specificaties voor metalen leidingen en kunststof leidingen. De hoeveelheid ondersteuning/ophangingen kan op verschillende manieren worden verkregen:

- Door schatting met behulp van vuistregels.  
Een globale vuistregel is:  
Het aantal kg beugelwerk per meter (metalen) leidinglengte is gelijk aan de diameter van de leiding in inches.  
Gewicht ondersteuning van 20 meter 3" stalen leiding = 20 × 3 = 60 kg.
- Door telling van het aantal ondersteuningsconstructies en deze te vermenigvuldigen met hun respectievelijke gewicht.

*Kosten beugelwerk*

Massa beugelwerk in kg × € 10/kg (prijspeil: medio 2002)

of

Aantal ondersteuningsconstructies × prijs in € /stuk

*5.2.4. Kosten voor kranen*

Afhankelijk van de grootte (zwaarte) en de montagehoogte van het leidingwerk zullen en of meerdere kranen ingezet worden.

De kosten hiervan bedragen afhankelijk van de capaciteit (in ton)

tussen de € 75 en € 300/uur voor een 20 ton respectievelijk 140 tons kraan (prijspeil medio 2002).

#### 5.2.5. *Kosten voor steigerwerk*

In veel gevallen moeten in verband met de bereikbaarheid steigers geplaatst worden. De kosten voor het steigerwerk worden berekend per m<sup>3</sup> inhoud van de steiger en bestaan uit een bedrag voor montage/demontage en een bedrag voor huur voor een bepaalde periode. Voor montage/demontage en een maand huur wordt € 10/m<sup>3</sup> gerekend.

#### 5.2.6. *Kosten voor graafwerk*

De hoeveelheid graafwerk ten behoeve van de ondergrondse leidingen, uitgedrukt in m<sup>3</sup>, kan worden berekend door de sleuflengte (in meters) te vermenigvuldigen met de sleufdiepte en sleufbreedte (beide in meters). Sleufdiepte en sleufbreedte zijn afhankelijk van het aantal leidingen per sleuf en de diameter van de leiding(en). We onderscheiden graven met de hand en machinaal graafwerk.

#### *Kosten graafwerk*

Aantal m<sup>3</sup> graafwerk × € 4 tot € 6/m<sup>3</sup> voor machinaal graven (prijspeil medio 2002).

Aantal m<sup>3</sup> graafwerk × € 30 tot € 45/m<sup>3</sup> voor handmatig graven (prijspeil medio 2002).

Bovenstaande kosten zijn afhankelijk van grondsoort en diepte van de ontgraving.

#### 5.3. *Discussie kwantitatieve methode*

Tot slot van dit hoofdstuk volgen nog enkele voor- en nadelen van de kwantitatieve methode.

Voordelen:

- Door gebruik te maken van de Rewin unit rates eenduidig.
- Nauwkeurigheid wordt in de verschillende projectstadia steeds groter, door meer detail informatie wordt de hoeveelheidsbepaling steeds nauwkeuriger.
- Berekening op basis van hoeveelheden geeft goede mogelijkheden tot kostenregistratie/bewaking.
- Door gebruik van standaardleidingtypes is het mogelijk prijsverhoudingsgetallen te ontwikkelen voor leidingen van verschillende leidingklassen.
- Standaardleidingtypes zijn eveneens te gebruiken voor het berekenen van meterprijzen van schilderwerk en isolatie.

- Kwantitatieve methode ook geschikt voor het berekenen van OSBL-leidingwerk.

Nadelen:

- Materiaal uittrekstaten opstellen is veel werk.
- Het onderhouden van de bestanden met materiaalprijzen is een kostbare zaak.
- Opzetten/onderhouden van de prijsberekeningsmodellen is eveneens tijdrovend.

## **6. Berekening van de leidingwerkkosten met behulp van een spreadsheet-programma**

Het op diskette bijgeleverde rekenmodel voor de berekening van de leidingwerkkosten bestaat uit 4 delen:

1. Invoer van materiaaldeel Prijzen, inbouw lengtes en hoeveelheden.
2. Loonkosten. Invoer van standaardpunten, hoeveelheden, algemene toeslag, materiaalfactor lassen, referentie factor en tarief.
3. Subcontracten. Invoer prijzen/las voor het röntgenen, prijs/kg voor ondersteuning, kraan tarief, prijs/m<sup>3</sup> voor steigerwerk, prijs/m<sup>3</sup> voor het graafwerk en de hoeveelheden voor de verschillende subcontracten.
4. Samenvatting. Naast een totaal telling per leiding in EURO, worden ook prijzen/meter, het materiaal aandeel en de gemiddelde diameter berekend.

Door voor andere materialen, wanddiktes en drukken de materiaaldeel Prijzen en standaardpunten in te voeren kunnen ook ander leidingklassen berekend worden.

## **7. Nabeschuiving**

In dit artikel hebben we gezien, dat naarmate de hoeveelheid beschikbare gegevens voor de kostenberekening van het leidingwerk toeneemt, de berekening nauwkeuriger wordt, maar meer tijd in beslag neemt.

Belangrijkste informatiebronnen zijn de P&ID en lay-out; hoe gedetailleerder en definitiever deze documenten in de verschillende fasen van het project zijn, des te nauwkeuriger is de begroting, en des te minder is de berekening afhankelijk van het inschattingvermogen van de cost engineer.

Het is duidelijk dat, indien alle gegevens vlekkeloos worden aangeleverd, het begroten van de leidingwerkkosten een „eenvoudige” zaak is, namelijk een kwestie van vermenigvuldigen van de hoeveelheden met de eenheidsprijzen.

De praktijk ziet er helaas anders uit:

- gegevens komen niet op tijd;
- eenheidsprijzen zijn aan fluctuaties onderhevig;
- het maken van een uittrek kost veel tijd, deze tijd is vaak niet beschikbaar;
- het is vaak nodig dat de begroter van de P&ID's en lay-out eigen materiaal uittrekken maakt;
- gewenste nauwkeurigheid niet in overeenstemming met beschikbare informatie en tijd;
- veel „last minute” wijzigingen;
- de precieze specificaties van onderdelen liggen vaak te laat vast, bijvoorbeeld leidingklasse, afsluitertype.

## **8. Literatuur**

*Unit rate omschrijvingen voor leidingen*, uitgegeven door de Stichting DACE/NAP.

**Bijlage 1. Overzicht in het spreadsheet „Prijsberekeningsmethode voor leidingwerk” gebruikte formules**

Omschrijving	Cel	Celinhoud
<b>A. Materiaalkosten</b>		
<i>A1. Pijp en hulpstukken</i>		
Leidinglengte	E8	Invoer gebruiker
Pijplengte		=
	G8 t/m G21	$E8 - I8 * E48 + K8 * G48 + M8 * I48 + O8 * K48 + O29 * M48) / 1000$
Bochten	I8 t/m I21	Invoer gebruiker
T-stukken	K8 t/m K21	Invoer gebruiker
Verloopstukken	M8 t/m M21	Invoer gebruiker
Flenzen	O8 t/m O21	Invoer gebruiker
Totaal pijp en hulpstukken per diameter		$= (1 + \$K\$23) * (1 + \$Q\$23) * (1 - \$Y\$23) * (I8 * U8 + K8 * W8 + M8 * Y8 + 1.2 * O8 * AA8 + (G8 * S8)) / 1000$
Totaal pijp en hulpstukken	Q8 t/m Q21	1000
Toeslagpercentage (uit-trekstaat)	Q22	=SOM(Q8:Q21)
Snijverliezen	K23	Invoer gebruiker
<i>Materiaaldeelprijzen</i>	Q23	Invoer gebruiker
Pijp	S8 t/m S21	Invoer gebruiker
Bochten	U8 t/m U21	Invoer gebruiker
T-stukken	W8 t/m W21	Invoer gebruiker
Verloopstukken	Y8 t/m Y21	Invoer gebruiker
Flenzen	AA8 t/m AA21	Invoer gebruiker
Kortingspercentage (pijp en hulpstukken)	Y23	Invoer gebruiker
<i>A2. Appendages, prijs/stuk</i>		
Type A	E29 t/m E42	Invoer gebruiker
Type B	G29 t/m G42	Invoer gebruiker
Type C	I29 t/m I42	Invoer gebruiker
Type D	T29 t/m T42	Invoer gebruiker
Type E	M29 t/m M42	Invoer gebruiker
Totaal appendages per diameter (aantal)	O29 t/m O42	=E29+G29+I29+K29+M29
Totaal appendages		
Totaal kosten appendages per diameter		$= Y43 * (E29 * S29 + G29 * U29 + I29 * W29 + K29 * Y29 + M29 * AA29) / 1000$
Totaal kosten appendages	Q29 t/m Q42	=SOM(Q29:Q42)
Kortingspercentage (appendages)	Q43	
	Y43	Invoer gebruiker
Omschrijving van Type A	S48	Invoer gebruiker
Omschrijving van Type B	S49	Invoer gebruiker
Omschrijving van Type C	S50	Invoer gebruiker
Omschrijving van Type D	S51	Invoer gebruiker

Omschrijving	Cel	Celinhoud
Omschrijving van Type E	S52	Invoer gebruiker
<i>Inbouw lengten van leidingonderdelen in mm</i>		
Bocht	E48 t/m E61	Invoer gebruiker
T-stuk	G48 t/m G61	Invoer gebruiker
Verloopstuk	I48 t/m I61	Invoer gebruiker
Flens	K48 t/m K61	Invoer gebruiker
Appendage	M48 t/m M61	Invoer gebruiker
<b>B. Loonkosten</b>		
Pijplengte	E68 t/m E81	=G8*(1+K23)
Extra lassen/m leiding	G68 t/m G81	Invoer gebruiker
Flenzen	I68 t/m I81	=O8*(1+K23)
Bochten/Verloopstukken	K68 t/m K81	=(I8+M8)*(1+K23)
T-stukken	M69 t/m M81	=K9*(1+K23)
Lassen	O68 t/m O81	=(I68+K68*2+M68*3+E68*G68)
Flensverbindingen	Q68 t/m Q81	=(I68+U68*2)/2
Extra flensverbindingen	S68 t/m S81	Invoer gebruiker
Appendages	U68 t/m U81	=O29
Testen	W68 t/m W81	=E8*(1+K23)
Algemene toeslag	Y68 t/m Y81	Invoer gebruiker
Totaal aantal punten		
Totaal aantal punten per diameter		=(E89*E68+I68*G89+K68*I89+M68*K89+SMS83*(O68+E8*G68)*M89+(Q68+S68)*O89+U68*Q89+E8*S89)*Y68
	AA68 t/m A81	=SOM(AA68:AA81)
	AA82	
<b>C. Subcontracten</b>		
<i>C1. Rontgenen</i>		
Aantal lassen	E109 t/m E122	=O6
% rontgenen	G109 t/m G122	Invoer gebruiker
Prijs/las	I109 t/m I122	Invoer gebruiker
Totaal rontgenen per diameter	K109 t/m K122	=E109*I109/1000
Totaal rontgenen	K123	=SOM(K109:K122)
<i>C2. Conservering</i>		
Oppervlakte		=(E8+3*(E8-G8))*A109*PI()/1000
	M109 t/m M122	
Prijs/m <sup>2</sup>	O109 t/m O122	Invoer gebruiker
Conservering per diameter	Q109 t/m Q122	=M109*O109/1000
Totale oppervlakte	M123	=SOM(M109:M122)
Totaal conservering	Q123	=SOM(Q109:Q122)
<i>C3. Ondersteuning</i>		
Aantal	S109 t/m S122	Invoer gebruiker
Massa/stuk	U109 t/m U122	Invoer gebruiker
Totaal ondersteuning per diameter	W109 t/m W122	=S109*U109*SOS124/1000
Totaal ondersteuning	W123	=SOM(W109:W122)
Ondersteuning:prijs/kg	O124	Invoer gebruiker
<i>C4. Kraan</i>		
Antal kraan-uren	Y109 t/m Y122	Invoer gebruiker

**Y3005-32** Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk

Omschrijving	Cel	Celinhoud
Kraankosten per diameter	AA109 t/m A122	=Y109*YS124/1000
Totaal kraankosten	AA123	=SOM(AA109:AA122)
<i>C5. Steigerwerk</i>		
Lengte steiger	E130 t/m E143	Invoer gebruiker
Breedte steiger	G130 t/m G143	Invoer gebruiker
Hoogte steiger	I130 t/m I143	Invoer gebruiker
Inhoud „steigergebouw”	K130 t/m K143	=E130*G130*I130
Steigerwerkkosten per diameter	M130 t/m M143	=K130*QS145/1000
Totale inhoud „steigergebouw”	K144	=SOM(K130:K143)
Totale steigerwerkkosten	M144	=SOM(M130:M143)
Steigerwerk prijs/m <sup>3</sup>	Q145	Invoer gebruiker
<i>C6. Graafwerk</i>		
Lengte sleuf	O130 t/m O143	Invoer gebruiker
Breedte sleuf	Q130 t/m Q143	Invoer gebruiker
Diepte sleuf	S130 t/m S143	Invoer gebruiker
Inhoud sleuf	U130 t/m U143	=O130*Q130*S130
Graafwerkkosten per diameter	W130 t/m W143	=U130*YS145/1000
Totaal te ontgraven	U144	=SOM(U130:U143)
Totaal graafwerk	W144	=SOM(W130:W143)
Graafwerk prijs/m <sup>3</sup>	Y145	Invoer gebruiker
<i>Totaal subcontracten</i>		
Subcontracten per diameter	AA130 t/m A143	=I109+Q109+W109+AA109+M130+W130
Totaal subcontracten	AA144	=SOM(AA130:AA143)
<b>D. Samenvatting</b>		
<i>A. Materiaalkosten</i>		
Pijp en hulpstukken per diameter	E153 t/m E166	=Q8
Appendages per diameter	G153 t/m G166	=Q29
Pijp, hulpstukken en appendages per diameter	I153 t/m I166	=E153+G153
Totaal pijp en hulpstukken	E167	=SOM(E153:E166)
Totaal appendages	G167	=SOM(G153:G166)
Totaal pijp, hulpstukken en appendages	I167	=SOM(I153:I166)
<i>B. Loonkosten</i>		
Standaardpunten per diameter	K153 t/m K166	=AA68
Referentiefactor	M153 t/m M166	=U68
Tarief	O153 t/m O166	=Y83
Loonkosten per diameter	Q153 t/m Q166	=K153*M153*O153/1000
Totaal standaardpunten	K167	=SOM(K153:K166)
Totaal loonkosten	Q167	=SOM(Q153:Q166)
<i>C. Subcontracten</i>		
Subcontracten per diameter	S153 t/m S166	=AA130
Totaal subcontracten	S167	=SOM(S153:S166)



Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk **Y3005-33**

Omschrijving	Cel	Celinhoud
<i>D1. Overig</i>		
Overig 1	U153 t/m U166	Invoer gebruiker
Totaal D1. Overig	U167	=SOM(U153:U166)
<i>D2. Overig</i>		
Overig 2	W153	Invoer gebruiker
Totaal D2 Overig	W167 t/m W166	=SOM(W153:W166)
Totale kosten per diameter in € × 1000	Y153 t/m Y166	=I153+Q153+S153+U153+W153
Totale kosten in € × 1000	Y167	=SOM(Y153:Y166)
Prijs per meter leiding in €	G173 t/m G186	=Y153*1000/E8
Materiaal aandeel in %	M173 t/m M186	=I153/Y153
Gemiddelde prijs per meter leiding in €	W180	=Y167*1000/SUM(E8:E21)

**Y3005-34** Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk

## **Bijlage 2. Voorbeeld output „Prijsberekingsmethode voor leidingwerk”**

### **Toelichting**

Algemeen: Voor theorie en achtergronden zie artikel  
**Y3005 Methode voor het berekenen van de kosten van leidingwerk**

Invoercellen: – Specifieke projectinformatie (bijv. hoeveelheden)

Achtergrond: grijs

Letters: zwart (vet)

**6**

– Meer algemene informatie (bijv. materiaaldealprijzen)

Achtergrond: donkergrijs

Letters: wit (vet)

**200,0**

Prijspeil: Medio 2002

Werkblad „Opm”: Dit rekenmodel is gebaseerd op algemene kentallen uit de literatuur.

Om de betrouwbaarheid van dit model te vergroten is het nuttig om de uitkomsten hiervan te vergelijken met die van ontvangen offertes en/of bestellingen.

Voor dit doel is het werkblad „Opm”(erkingen) toegevoegd.

Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk **Y3005-35**

0838-0859

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA																					
1	<b>Prijsberekeningsmethode voor leidingwerk</b>																Leiding:		<b>Type II</b>		
2	<b>A. Materiaalkosten</b>																Leidingklasse:				
3	<b>A1. Pijp en hulpstukken</b>																				
4	ND	Wand-	Nom-	Hoeveelheden											Totaal	Materiaaldeelprijzen in €					
5		dikte	druk	Leiding-	Pijp	Bocht	T-	Verloop-	Flens	€	Pijp	Bocht	T-	Verloop-	Flens	€	Pijp	Bocht	T-	Verloop-	Flens
6				lengte	lengte		stuk	stuk		x 100	Prijs/m	Prijs/stuk	Prijs/stuk	Prijs/stuk	Prijs/stuk	x 1000	Prijs/m	Prijs/stuk	Prijs/stuk	Prijs/stuk	Prijs/stuk
7				m	m																
8	15	2.0	10	10	9.5	3			4	0.0	1.0	1.0				0.0	1.0	1.0			4.0
9	20	2.3	10	10	9.3	3	1	1	4	0.0	1.3	1.0	4.0	1.0		0.0	1.3	1.0	4.0	1.0	4.0
10	25	2.6	10	10	9.2	3	1	1	4	0.0	1.9	1.0	5.0	1.0		0.0	1.9	1.0	5.0	1.0	4.0
11	32	2.6	10	10	9.1	3	1	1	4	0.0	2.1	1.0	5.0	2.0		0.0	2.1	1.0	5.0	2.0	5.0
12	40	2.6	10	10	9.0	3	1	1	4	0.0	2.3	1.0	6.0	2.0		0.0	2.3	1.0	6.0	2.0	6.0
13	50	2.9	10	10	8.8	3	1	1	4	0.0	3.1	1.0	9.0	2.0		0.0	3.1	1.0	9.0	2.0	8.0
14	65	2.9	10	10	8.5	3	1	1	4	0.1	4.1	2.0	10.0	3.0		0.1	4.1	2.0	10.0	3.0	9.0
15	80	3.2	10	10	8.4	3	1	1	4	0.1	4.9	3.0	14.0	4.0		0.1	4.9	3.0	14.0	4.0	11.0
16	100	3.6	10	10	8.1	3	1	1	4	0.1	7.2	5.0	19.0	4.0		0.1	7.2	5.0	19.0	4.0	13.0
17	125	4.0	10	10	7.7	3	1	1	4	0.1	10.3	8.0	35.0	7.0		0.1	10.3	8.0	35.0	7.0	14.0
18	150	4.5	10	10	7.3	3	1	1	4	0.2	15.6	12.0	40.0	11.0		0.2	15.6	12.0	40.0	11.0	15.0
19	200	6.3	10	10	6.6	3	1	1	4	0.3	28.3	31.0	74.0	24.0		0.3	28.3	31.0	74.0	24.0	20.0
20	250	6.3	10	10	5.9	3	1	1	4	0.4	36.2	52.0	149.0	28.0		0.4	36.2	52.0	149.0	28.0	32.0
21	300	7.1	10	10	5.2	3	1	1	4	0.6	51.6	89.0	188.0	43.0		0.6	51.6	89.0	188.0	43.0	47.0
22	<b>Totaal pijp en hulpstukken</b>										2.0										
23	<b>Toeslagpercentage (uittrekslaaf):</b>										2%										
23	<b>Snijverliezen:</b>										2%										
23	<b>Kortingspercentage:</b>										40%										
24																					
25	<b>A2. Appendages</b>																				
26	ND	Wand-	Nom-	Aantal					Totaal	Totaal	Prijzen (€)										
27		dikte	druk	Type	Type	Type	Type	Type	€	Type	Type	Type	Type	Type	€	Type	Type	Type	Type	Type	
28				A	B	C	D	E	x 1000	A	B	C	D	E	x 1000	A	B	C	D	E	
29	15	2.0	10	2					2												
30	20	2.3	10	2					2												
31	25	2.6	10	2					2												
32	32	2.6	10	2					2												
33	40	2.6	10	2					2												
34	50	2.9	10	2					2												
35	65	2.9	10	2					2												
36	80	3.2	10	2					2												
37	100	3.6	10	2					2												
38	125	4.0	10	2					2												
39	150	4.5	10	2					2												
40	200	6.3	10	2					2												
41	250	6.3	10	2					2												
42	300	7.1	10	2					2												
43	<b>Totaal appendages</b>										Kortingspercentage:										
44																					
45	<b>Inbouw lengten van leidingonderdelen in mm</b>																				
46	ND	Wand-	Nom-	Bocht	T-stuk	Verloop	Flens	Appen-													
47		dikte	druk					dag													
48	15	2.0	10	40			35	130													
49	20	2.3	10	50	60	40	40	150													
50	25	2.6	10	60	75	50	40	160													
51	32	2.6	10	80	90	50	40	180													
52	40	2.6	10	100	115	65	40	200													
53	50	2.9	10	120	130	75	45	230													
54	65	2.9	10	160	140	90	45	290													
55	80	3.2	10	190	170	90	50	310													
56	100	3.6	10	240	210	100	50	350													
57	125	4.0	10	300	255	125	55	400													
58	150	4.5	10	360	285	140	55	480													
59	200	6.3	10	480	355	150	60	600													
60	250	6.3	10	590	430	180	70	730													
61	300	7.1	10	710	510	205	70	850													
45	<b>Appendages</b>																				
46	Type	omschrijving																			
47	A																				
48	B																				
49	C																				
50	D																				
51	E																				

## Y3005-36 Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk

0838-0860

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA		
62	<b>B. Loonkosten</b>																												
63	ND	Wand-	Nom.	<b>Hoeveelheden (inclusief toeslagpercentage uittrekstaat)</b>																									
64		dikte	druk	Pijp-	Aantal	Flens	Bochten	T-	Las	Flens-	Extra	Appen-	Testen	Alge-	Totaal														
65				lengte	lassen/	Verloop-	Verloop-	stuk	Verbind.	Flens-	flens-	dage		me-	punten														
66					m leiding	stuk	stuk			verbind.	erbind.			ne-															
67														ne-															
68	15	2.0	10	9		4	3		10	4		2	10	1.00	11														
69	20	2.3	10	9		4	4	1	15	4		2	10	1.00	15														
70	25	2.6	10	9		4	4	1	15	4		2	10	1.00	16														
71	32	2.6	10	9		4	4	1	15	4		2	10	1.00	19														
72	40	2.6	10	9		4	4	1	15	4		2	10	1.00	20														
73	50	2.9	10	9		4	4	1	15	4		2	10	1.00	24														
74	65	2.9	10	9		4	4	1	15	4		2	10	1.00	28														
75	80	3.2	10	8		4	4	1	15	4		2	10	1.00	32														
76	100	3.6	10	8		4	4	1	15	4		2	10	1.00	38														
77	125	4.0	10	8		4	4	1	15	4		2	10	1.00	46														
78	150	4.5	10	7		4	4	1	15	4		2	10	1.00	54														
79	200	6.3	10	7		4	4	1	15	4		2	10	1.00	71														
80	250	6.3	10	6		4	4	1	15	4		2	10	1.00	89														
81	300	7.1	10	5		4	4	1	15	4		2	10	1.00	119														
82	<b>Totaal standaardpunten</b>																									580			
83	<b>Materiaal factor lassen</b>															1.00	<b>Referentie factor</b>					1.00	<b>Tarief:</b>					38	€/uur
84																													
85	<b>Standaardpunten</b>																												
86	ND	Wand-	Nom.	Mont.	Hulpstuk met			Rondlas	Flens-	Appen-	Testen																		
87		dikte	druk	pijp	1	2	3		verbind.	dage																			
88					uiteindes monteren																								
89	15	2.0	10	0.23	0.16	0.23	0.29	0.44	0.46	0.19	0.04																		
90	20	2.3	10	0.24	0.19	0.27	0.35	0.49	0.48	0.25	0.04																		
91	25	2.6	10	0.26	0.22	0.31	0.40	0.55	0.50	0.31	0.04																		
92	32	2.6	10	0.27	0.26	0.37	0.48	0.63	0.53	0.40	0.05																		
93	40	2.6	10	0.28	0.30	0.43	0.56	0.69	0.56	0.50	0.05																		
94	50	2.9	10	0.31	0.36	0.52	0.67	0.80	0.61	0.63	0.06																		
95	65	2.9	10	0.34	0.45	0.64	0.83	0.93	0.68	0.81	0.07																		
96	80	3.2	10	0.37	0.54	0.77	1.00	1.09	0.76	1.00	0.08																		
97	100	3.6	10	0.44	0.65	0.93	1.21	1.28	0.88	1.25	0.10																		
98	125	4.0	10	0.52	0.80	1.14	1.48	1.54	1.03	1.56	0.11																		
99	150	4.5	10	0.62	0.95	1.35	1.76	1.77	1.19	1.88	0.13																		
100	200	6.3	10	0.92	1.24	1.77	2.30	2.30	1.54	2.50	0.17																		
101	250	6.3	10	1.09	1.53	2.18	2.84	2.82	1.92	4.25	0.20																		
102	300	7.1	10	1.35	1.82	2.60	3.38	4.14	2.31	5.10	0.24																		
103																													
104	<b>C. Subcontracten</b>																												
105	ND	Wand-	Nom.	<b>C1. Rontgenen</b>				<b>C2. Conservering</b>				<b>C3. Ondersteuning</b>				<b>C4. Kraan</b>													
106		dikte	druk	Aantal	%	Prijs/las	Totaal	Oppervl.	Prijs/m2	Totaal	Aantal	Massa/	Totaal	Aantal	Totaal														
107				lassen	Rontge-	€	x1000	m²	€	€	stuk	€	€	Uren	€														
108					nen				x	1000	kg	1000			1000														
109	15	2.0	10	10	#			1																					
110	20	2.3	10	15	#			1																					
111	25	2.6	10	15	#			1																					
112	32	2.6	10	15	#			1																					
113	40	2.6	10	15	#			2																					
114	50	2.9	10	15	#			2																					
115	65	2.9	10	15	#			3																					
116	80	3.2	10	15	#			4																					
117	100	3.6	10	15	#			5																					
118	125	4.0	10	15	#			7																					
119	150	4.5	10	15	#			9																					
120	200	6.3	10	15	#			13																					
121	250	6.3	10	15	#			18																					
122	300	7.1	10	15	#			23																					
123	<b>Totaal</b>								87																				
124	<b>C3. Ondersteuning</b>										€/kg	<b>C4. Kraan</b>				Tarief	€/uur												

Methoden voor het berekenen van de kosten van leidingwerk **Y3005-37**

0838-0661

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	
125	<b>C. Subcontracten (vervolg)</b>																											
126	ND	Wand- dikte	Nom. druk	<b>C5. Steigerwerk</b>										<b>C6. Graafwerk</b>										Totaal				
127				Lengte	Breedte	Hoogte	Inhoud	Totaal	Lengte	Breedte	Diepte	Inhoud	Totaal															
128				m	m	m	m³	€	m	m	m	m³	€															
129								x 1000		x			x 1000															
130	15	2.0	10																									
131	20	2.3	10																									
132	25	2.6	10																									
133	32	2.6	10																									
134	40	2.6	10																									
135	50	2.9	10																									
136	65	2.9	10																									
137	80	3.2	10																									
138	100	3.6	10																									
139	125	4.0	10																									
140	150	4.5	10																									
141	200	6.3	10																									
142	250	6.3	10																									
143	300	7.1	10																									
144	<b>Totaal</b>																											
145	<b>C5. Steigerwerk</b>										€/m²	<b>C6. Graafwerk</b>										€/m²						
146																												
147	<b>D. Samenvatting</b>																											
148	ND	Wand- dikte	Nom. druk	<b>A</b>				<b>B</b>				<b>C</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>Totaal</b>													
149				Materiaalkosten		Loonkosten		S			ub-	Overig	Overig															
150				Pijp- en	Appen- dages	Totaal	Stand- punten	Referentie factor	Tarief	Totaal	contracten	1	2															
151				hulpst.		=	=	=	€	€	€	€	€	€														
152						x 1000		/uur	x 1000	x 1000	x 1000	x 1000	x 1000	x 1000														
153	15	2.0	10	0.0		0.0	10.65	1.00	38	0.4				0.4														
154	20	2.3	10	0.0		0.0	14.76	1.00	38	0.6				0.6														
155	25	2.6	10	0.0		0.0	16.39	1.00	38	0.6				0.7														
156	32	2.6	10	0.0		0.0	18.57	1.00	38	0.7				0.7														
157	40	2.6	10	0.0		0.0	20.37	1.00	38	0.8				0.8														
158	50	2.9	10	0.0		0.0	23.59	1.00	38	0.9				0.9														
159	65	2.9	10	0.1		0.1	27.58	1.00	38	1.0				1.1														
160	80	3.2	10	0.1		0.1	32.13	1.00	38	1.2				1.3														
161	100	3.6	10	0.1		0.1	38.15	1.00	38	1.4				1.5														
162	125	4.0	10	0.1		0.1	45.88	1.00	38	1.7				1.9														
163	150	4.5	10	0.2		0.2	53.53	1.00	38	2.0				2.2														
164	200	6.3	10	0.3		0.3	70.90	1.00	38	2.7				3.0														
165	250	6.3	10	0.4		0.4	89.06	1.00	38	3.4				3.8														
166	300	7.1	10	0.6		0.6	118.50	1.00	38	4.5				5.1														
167				2.0		2.0	580			22.0				24.1														
168																												
169	ND	Wand- dikte	Nom. druk	Prijs/ meter leiding	M	ateriaal aandeel																						
170				=	%																							
171																												
172																												
173	15	2.0	10	4 2	5	%																						
174	20	2.3	10	5 8	4	%																						
175	25	2.6	10	6 5	4	%																						
176	32	2.6	10	7 4	4	%																						
177	40	2.6	10	8 1	5	%																						
178	50	2.9	10	9 5	5	%																						
179	65	2.9	10	111		5%																						
180	80	3.2	10	129		6%																						
181	100	3.6	10	155		6%																						
182	125	4.0	10	187		7%																						
183	150	4.5	10	220		8%																						
184	200	6.3	10	298		10%																						
185	250	6.3	10	381		11%																						
186	300	7.1	10	511		12%																						

Gemiddelde diameter (mm)	104	mm
Gemiddelde prijs/meter leiding	172	€

