

PROVINCIALE WATERSTAAT
IN
ZUID-HOLLAND
=====

PIJPLEIDING-CODE

(revisie 2, 1 januari 1972)

Eisen te stellen aan pijpleidingen voor
het transport van gasen en vloeistoffen.

Deze studiegroep heeft in de loop der jaren onder de benaming "gasclub" bekendheid verkregen. Hierin zijn in de huidige samenstelling opgenomen vertegenwoordigers van de technische diensten van de hoogheemraadschappen van Rijnland, Delfland en Schieland, de provinciale waterstaatsdiensten van Noord- en Zuid-Holland, een vertegenwoordiger van de rijks-waterstaat en de gemeente Amsterdam en het Centrum voor onderzoek waterkeringen.

Enige tijd later is (per 17 september 1965) naast deze studiegroep de zogeheten "dijkengasclub" ingesteld. Hierin zijn vertegenwoordigd de technische diensten van de hoogheemraadschappen zonder boezembeheer, dijkbeherende waterschappen en dijkringen en de provinciale waterstaat in Zuid-Holland. In deze studiegroep wordt naar oplossingen gezocht voor de specifiek dijktechnische problemen, verbonden aan kruisingen van leidingen met hoofd- en binnenwaterkeringen.

In beide studiegroepen is overeengekomen, dat de technische vertegenwoordigers van de boezem-, dijk- of wegbeherende instanties bij hun adviezen aan de betrokken besturen over leidingen de opgestelde richtlijnen voor in vergunningen te stellen voorwaarden ten aanzien van veiligheid en waterstaatkundige voorzieningen zoveel mogelijk zullen volgen, en daar slechts incidenteel en in overleg met de studiegroepen van af zullen wijken, wanneer de plaatselijke omstandigheden dit noodzakelijk maken.

Op deze wijze wordt bewerkstelligd, dat in de verschillende beheersgebieden zoveel mogelijk uniformiteit aanwezig is in de ten aanzien van leidingen te stellen eisen, hetgeen de veiligheid ten goede komt en de rechtszekerheid alsmede de efficiëntie in de hand werkt.

De richtlijnen die in de loop der jaren werden opgesteld op grond van door beide studiegroepen uitgevoerde studies en toegepast werden in de Pijpleidingcode (revisie 1, mei 1968).

Diverse intussen tot stand gekomen en voor geheel Nederland geldende voorschriften c.q. leidraden maakten een algehele herziening van deze Pijpleidingcode noodzakelijk.

De hiernavolgende Pijpleidingcode (revisie 2, 1 januari 1972) is mede gebaseerd op de navolgende (ontwerp)voorschriften.

- a) Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen, opgesteld door de Technische Adviescommissie voor de waterkeringen.
- b) Leidraad voor constructie en beheer van gasleidingen in en nabij waterkeringen, opgesteld door de Technische Adviescommissie voor de waterkeringen.
- c) (Ontwerp) leidraad voor oliepijpleidingen opgesteld door de Commissie Opslag Gevaarlijke Stoffen.
- d) (Ontwerp) veiligheidsvoorschriften voor gastransportleidingen opgesteld door de Normcommissie 340.20.000 (wordt NEN 1091).
- e) American Standard Code for Pressure Piping, Gas Transmission and Distribution Piping Systems, ASA-B 31.8-1963/USAS-B 31.8-1967/ANSI-B 31.8-1971.

§ 2. Bezwaren tegen leidingen in waterkeringen

In het algemeen zijn leidingen in of nabij een waterkering ongewenst omdat:

- zowel bij het leggen als bij het onderhoud en de eventuele vervanging van een leiding graafwerk in de waterkering moet worden uitgevoerd;
- extra krachten op de waterkering kunnen worden uitgeoefend wanneer een deel van de constructie buiten de waterkering valt;
- de waterdichtheid en de stabiliteit van de waterkering worden bedreigd door mogelijke lekkage van de leiding en/of ongelijke zakking van leiding en grondlichaam waardoor ruimte onder en/of naast de leiding kan ontstaan.

Daar de zorg voor de waterkering toeneemt met het aantal daarin aangebrachte leidingen, dient dit aantal zoveel mogelijk te worden beperkt.

Steeds moet worden nagegaan of er een alternatief tracé gevonden kan worden, waarbij de waterkering niet wordt beïnvloed.

Wanneer het leggen van een leiding in de waterkering redelijkerwijze niet te vermijden is, zullen zodanige voorzieningen moeten worden getroffen dat het waterkerend vermogen van de kering niet wordt aangetast.

Op de beheerder van de waterkering rust de taak zich ervan te overtuigen, dat het complex van alle te nemen maatregelen hiertoe voldoende waarborgen schept. Eerst dan kan een vergunning tot het leggen van de leiding worden afgegeven.

De Technische Adviescommissie voor de waterkeringen gaf aan het onder haar ressorterend Centrum voor onderzoek waterkeringen, Bankastraat 137, 's-Gravenhage (tel. 070-659148), opdracht de beheerders van waterkeringen op hun verzoek te adviseren over alle technische problemen die zich bij ontwerp, uitvoering, beheer en aanpassing van leidingen in of nabij waterkeringen kunnen voordoen.

§ 3. Gebruik van de Pijpleidingcode

De Pijpleidingcode kan worden gebruikt voor de beoor-
deling van alle leidingen.

De Pijpleidingcode kan ook worden gebruikt om na te gaan
of reeds aanwezige leidingen aan door de beheerders van
waterkeringen en wegen te stellen eisen voldoen.

Indien dit niet het geval is, kan het nodig zijn om de
constructie bij deze eisen aan te passen door vernieuwing of
door aan het toekomstig gebruik van de leiding beperkende
bepalingen te verbinden. Dat kan bijvoorbeeld betekenen dat
de druk in de leiding moet worden verlaagd.

In verband met de zeer bijzondere maatregelen die ge-
nomen moeten worden bij kruisingen van zogenaamde leiding-
straten met waterkeringen, boezemwateren, wegen en water-
gangen is de Pijpleidingcode daarop niet zonder meer van
toepassing.

De Pijpleidingcode is opgesteld ten behoeve van de be-
heerders van waterstaatswerken als leidraad voor de in door-
hen te verlenen vergunningen te stellen voorwaarden en de be-
oordeling van ontwerp, uitvoering, beheer en aanpassing van
leidingen.

In de vergunningen kan door die beheerders desgewenst
naar de Pijpleidingcode worden verwezen.

Aan ondernemers van leidingwerken en hun adviseurs wordt
de Pijpleidingcode slechts ter informatie verstrekt.

In voorkomende gevallen, wanneer een vergunning afwijkt
van de Pijpleidingcode, prevaleert het gestelde in de vergun-
ning.

Mij.	medium	diameter cm	druk ato	terreinstrekkingen		kruisingen	
				staal- kwaliteit vl/br	wanddikte mm	staal- kwaliteit vl/br	wanddikte mm
Ned. Gasunie	aardgas	∅ 15(6")	40	API-5L- grade B 2460/4220	4,7	idem	idem
"	"	∅ 20(8")	40	"	5,56	"	"
"	"	∅ 30(12")	40	"	7,14/8,74	"	7,14/9,52
"	"	∅ 40(16")	40	"	8,74	"	8,74/9,52
"	"	∅ 75(30")	67,5	API-5L- X56 4000/5600	9,32	3800/5500	10,71/12,86/16,07/23,5
"	"	∅ 90(36")	67,5	"	11,18	API-5L- X 56 4000/5600	15,43/19,29/23,5
DOW	ethyleen(gas)	∅ 15(6")	100	API-5L- grade B 2460/4220	4,7	idem	1,097
DSM	naptha	∅ 20(8")	85	API-5L- X 46 3300/4500	5,05	API-5L- grade B 2460/4220	9,52
NPM	ruwe olie	∅ 65(26")	50,7	API-5L- X 56 4000/5400	7,14	idem	12,7/16,2
RRP (2e)	" "	∅ 90(36")	47	API-5L- X 60 4220/5620	8,74	idem	9,52/15,87/17,46
RAPL	" "	∅ 85(34")	53	API-5L- X 60 4220/5480	9,52	API-5L- X 60 4220/5270 5620	12,7/15,87/17,46

§ 4. Overzicht van hogedrukleidingen (≥ 10 ato) voor gas en olie, gelegd van 1 januari 1965 tot 1 januari 1972 (deze leidingen voldoen aan de pijpleidingcode (revisie 1, mei 1968))

§ 5. Vergunningen en dergelijke

Voor de in waterstaatswerken uit te voeren werken is vergunning nodig van de beheerder van het betreffende waterstaatswerk.

Ter verkrijging van die vergunning dient door de ondernemer van het werk een aanvraag te worden ingediend bij die beheerder, vergezeld van tekeningen, waterloopkundige rapporten, grondmechanische rapporten en sterkteberekeningen, alsmede eventuele garantieverklaringen van het Stoomwezen inzake drukbegrenzingsapparatuur en pompgrafieken in het door die beheerder gewenste veelvoud.

Tevens is ingevolge artikel 33 van de Waterstaatswet 1900 voor werken in direct zee- of rivierwaterkerende dijken c.q. hoofdwaterkeringen goedkeuring van gedeputeerde staten der provincie vereist op het desbetreffende plan met toelichting.

Deze goedkeuring dient in Zuid-Holland te worden gevraagd aan gedeputeerde staten van Zuid-Holland, Koningskade 1 te 's-Gravenhage.

Bij deze aanvraag dienen alle op het desbetreffende plan betrekking hebbende stukken, zoals tekeningen, waterloopkundige rapporten, grondmechanische rapporten, sterkteberekeningen en eventuele garantieverklaringen van het Stoomwezen inzake drukbegrenzingsapparatuur en pompgrafieken, alsmede een toelichting op het plan (bij voorkeur de door de beheerder van de waterkering verleende vergunning) in vijfvoud te worden overgelegd.

HOOFDSTUK II : Eisen te stellen aan het ontwerp van leidingstrekkingen in het terrein

§ 1. Veiligheidsafstanden tot waterstaatswerken

a. gasleidingen

Deze leidingen mogen niet getraceerd worden binnen de voor gasleidingen toepasselijke veiligheidszône van waterkeringen en provinciale wegen, welke zône bepaald kan worden volgens Hoofdstuk III- § 5 - sub a en b.

b. vloeistofleidingen

De voor deze leidingen geldende veiligheidszône wordt behandeld in dezelfde § sub a en c.

§ 2. Diepteligging

(de genoemde maten geven de afstand aan tot de bovenkant van de leiding).

a. te velde

1. gras- en tuinland

Minimaal 0,40 m beneden het gewenste of bestaande winterpeil. Dit komt overeen met 1,10 m - 1,40 m beneden maaiveld.

2. bouwland

Minimaal 1,50 m beneden maaiveld.

N.B. Wanneer de kans bestaat op diepploegen, kan het noodzakelijk zijn dat een grotere diepte wordt aangehouden.

b. bij kruisingen van polderwatergangen

1. hoofdwatertgangen

Minimaal 1,30 m beneden de bodemdiepte, welke is vereist voor een goede waterbeheersing.

2. overige watergangen en sloten

Minimaal 0,80 m beneden de bodemdiepte.

Voor de bodemdiepte wordt de keurmaat aangehouden. Bij weide- en tuinderpolders, met een keurmaat die minder dan 0,60 m onder het schouwpeil ligt, wordt een bodemdiepte aangehouden van 0,60 m beneden het schouwpeil.

N.B. Wanneer een polderpeilverlaging of een profielsverruiming van de watergang is te verwachten, kan het noodzakelijk zijn dat een grotere diepte wordt aangehouden.

§ 3. Grondmechanisch onderzoek

Het verdient aanbeveling in het tracé van leidingstrekkingen in het terrein op regelmatige afstanden middelzware sonderingen en steek- c.q. continuboringen uit te voeren. Op grond van de uitslag van dit veldwerk kunnen dan zo nodig pulsboringen worden verricht met ongeroerd gestoken monsters, welke in het laboratorium aan diverse proeven kunnen worden onderworpen. Indien men de terreinstrekkingen of gedeelten daarvan met op stuit geheide palen wil ondersteunen, zijn diepsonderingen onontbeerlijk; ingeval van kleefpalen niet.

Het vorenomschreven onderzoek heeft bij fundering op staal vooral waarde voor de uitvoering, waarbij de wijze van sleufontgraving (toepassing van sleufmachine, grijper of dragline), de methode van instandhouding van de sleuf (waterdruk door uitvoering in den natte, tijdelijke damwanden of bronbemaling), draagkracht van het terrein in verband met toe te passen materieel en maatregelen ter verbetering zoals dragline-schotten, knuppelwegen of rijplaten en dergelijke van belang zijn. Met uitzondering van het geval van onderheide vloeistofleidingen zoals bedoeld in § 4 is het beschreven grondmechanisch onderzoek niet verplicht.

Het obligate rapport moet opgave doen van:

- 1) de passieve grondbelastingen op de leiding (maximum waarden),
- 2) de horizontale actieve steundrukken tegen de leiding (minimum waarden voorzover van toepassing),
- 3) de toelaatbare paalbelastingen voor druk- en trekpalen.

Een facultatief rapport zou kunnen opgeven:

- 1) de neutrale grondbelastingen op de leiding (gemiddelde waarden),
- 2) de horizontale actieve steundrukken tegen de leiding (minimum waarden en voorzover van toepassing),
- 3) bij uitvoering in den natte: het volumegegewicht van de grondwater suspensie in de aangevulde sleuf, waarop het e.g. van het afgezonken leidinggedeelte door middel van betonnen ruiters (moerasgewichten) moet worden afgeregeld.

N.B.

- a) De in § 4 sub a opgegeven onzekerheidsfactoren ten opzichte van de "gemiddelde waarden" worden geacht zowel de onzekerheden ten gevolge van de variatie in bodemgesteldheid als die in berekeningsmethodiek te compenseren. De factoren ten opzichte van de "maximale waarden" zijn uitsluitend ter compensatie van de laatste categorie onzekerheden.
- b) Incidenteel zal een grondmechanisch onderzoek nodig zijn ten behoeve van de bepaling van de veiligheidszône (zie § 1).

§ 4. Sterkteberekening (uitsluitend voor vloeistofleidingen, welke bij breuk of lekkage het milieu kunnen verontreinigen) ^{*}

a. belastingen en partiële onzekerheidsfactoren

De inwendige belastingen op de leiding die in rekening moeten worden gebracht, bestaan uit krachten ten gevolge van de inwendige vloeistofdruk en van eventuele sterke temperatuurverandering van de leiding (bij verpompen van verwarmde vloeistoffen).

De uitwendige belastingen bestaan uit krachten die het gevolg zijn van het gewicht van de bovenliggende grond, eigen gewicht van de leiding, eigen gewicht van de vulling, opwaartse druk, verkeersbelasting en van eventuele ongelijke ondersteuning (paalfundering).

1. Inwendige belastingen

A. Inwendige overdruk

Een berekening moet aantonen, dat de ontwerpdruk die voor de sterkteberekening van een leidinggedeelte wordt aangehouden niet kan worden overschreden. Hierbij dient ook op drukstoten te worden gelet. Het verdient aanbeveling de gehele leiding op drukstoten te berekenen. Bij deze berekening dient niet alleen rekening te worden gehouden met verkeerde manipulaties met afsluiters en het plotseling uitvallen van één of meer pompen, maar ook met drukgolven die ontstaan na een breuk elders in de leiding.

In de vergunningsvoorwaarden dient de bepaling te worden opgenomen, dat bij iedere wijziging van de uitgangspunten van deze berekening opnieuw een vergunning moet worden aangevraagd.

* Voor de in het betreffende leidingtracé voorkomende kruisingen met polderwatergangen en quartaire wegen (voorzover niet verheeld met-of in de veiligheidszone van provinciale wegen of waterkeringen) behoeft geen separate sterkteberekening te worden ingediend, indien in het terrein de vereenvoudigde rekenwijze sub d wordt gevolgd en bovendien bij quartaire wegen de verticale afstand tussen onderkant verharding en bovenkant buis ligt tussen 1 en 3 m.

Door het aanbrengen van betrouwbare drukbegrenzings-apparatuur kan worden bereikt, dat in de gehele leiding de druk het berekende maximum niet overschrijdt.

Het is wel gewenst, dat een daartoe aangewezen overheidsinstantie de goede werking en de juiste afstelling van deze apparatuur garandeert en dat overigens ten genoegen van de vergunningverlenende instantie wordt aangetoond, dat de toelaatbare druk in de leiding niet kan worden overschreden.

Dit houdt in dat deze instantie controle blijft uitoefenen zolang de leiding in bedrijf is. Een continue registratie van de druk in de leiding kan hierbij een belangrijk hulpmiddel zijn.

B. Inwendige onderdruk

De leiding moet met een tweevoudige veiligheid bestand zijn tegen vacuüm. Bij kunststoffen moet bij vacuüm een viervoudige veiligheid worden aangehouden, omdat de E-waarde van het materiaal met de tijd afneemt.

2. Uitwendige belastingen

Verscheidene in de sterkteberekeningen in te voeren grootheden, en wel die volgen uit de grondgesteldheid, zijn nooit exact bekend. Daarom dienen de uit het grondmechanisch onderzoek afgeleide grootheden in de sterkteberekening met factoren te worden vermenigvuldigd, of erdoor gedeeld, waarin de mate van onzekerheid tot uitdrukking komt.

De grootte van deze factoren kan pas goed worden vastgesteld als ruime ervaring over het gedrag van leidingen in de grond is verkregen. Nu deze ervaring er nog niet is, kunnen onderstaande factoren als richtsnoer dienen. De vergunningverlenende instantie is evenwel vrij, in bijzondere gevallen hiervan af te wijken, bijvoorbeeld wanneer de eigenschappen van de grond zeer goed bekend zijn, of wanneer deze eigenschappen bijzonder moeilijk zijn te bepalen.

Onzekerheidsfactoren voor grondmechanische grootheden

neutrale grondbelasting ten opzichte van de gemiddelde waarde	1,1
passieve grondbelasting ten opzichte van de maximale waarde	1,3

Bij de bepaling van de toelaatbare paalbelastingen zal de grondmechanisch adviseur gewoonlijk in zijn advies reeds met onzekerheden rekening hebben gehouden.

N.B.

De leidingen, zoals in deze § bedoeld, zijn meestal (stalen) hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato) voor het transport van ruwe aardolie en (onder atmosferische druk vloeibare) derivaten, welke leidingen in het terrein doorgaans op staal zijn gefundeerd. Voor deze categorie zijn het grondmechanisch onderzoek (zie § 3) en de drukstootberekening facultatief. Men mag namelijk de volgende uitgangspunten voor de spanningsberekening aanhouden:

- ontwerpdruk voor de gehele leiding = maximale bedrijfsdruk bij het pompstation + 10% (deze 10% is de regeltolerantie van de drukbegrenzingsapparatuur);
- gemiddelde neutrale grondbelasting $\times 1,1$ = gewicht van de grondkolom boven de buis uitgaande van een hoog aangenomen volumegewicht van 1,9 t/m³.

b. spanningsberekening

- 1) inwendige gas- of vloeistofdruk (ontwerpdruk): de maximale ringspanning wordt als gemiddelde aangehouden en bepaald volgens Barlow (zie hoofdstuk III- § 7 sub a-2-A-2), met toeslagen in binnenbochten volgens Wilbur. Als langsspanning wordt de halve ringspanning in rekening gebracht, met toeslagen in binnenbochten volgens Bish & Partners.

- 2) neutrale grondbelasting: de tangentiële buigspanningen tengevolge van de direct aan de ondergrond overgedragen bovenbelasting worden bepaald volgens Spangler, evenals de reducerende invloed hierop van de inwendige druk, het zogenaamde "rerounding effect". Volgens deze auteur is de belastingshoek $\alpha = 180^\circ$, terwijl de ondersteuningshoek $\beta = 30^\circ$ voor in een sleuf gelegde leiding.
- 3) passieve grondbelasting: indien de leiding wordt onderheid, treedt passieve grondbelasting op, welke tussen de opleggingen geheel indirect wordt overgedragen op de ondergrond (vrije overspanning) met axiale en tangentiële buigspanningen, welke laatste kunnen worden bepaald volgens Bish & Partners (zadeloplegging). De "rerounding"-factor volgens Spangler is gemakshalve ook voor de indirecte tangentiële buigspanningen toegestaan.
- 4) verkeersbelasting: bij leidingstrekkings in het terrein moet gerekend worden op een toevallige aslast van 10 t. De spreiding van de wiellasten in de ondergrond geschiedt volgens Newmark. De toe te passen stoot-coëfficiënt is vastgesteld op 2. De spanningberekening is conform die voor grondbelastingen.
- 5) eigen gewicht: het eigen gewicht van de transportleiding en de vulling minus opwaartse waterdruk moet in de berekening worden betrokken. De spanningsberekening geschiedt als voor grondbelastingen.
- 6) uitwendige waterdruk: gezien het radiaal gerichte, compressieve (gunstig), nagenoeg alzijdige en in grootte beperkte karakter, is deze belasting voor de sterkteberekening van weinig betekenis. De mogelijkheid van implosie (plooiën) bij wegvallen van de inwendige overdruk of bij ontstaan van onderdruk door drukstoten, dient te worden onderzocht.

c. toelaatbare materiaalspanningen en reductie (schade) factoren

Hierbij kan het gestelde in hoofdstuk III- § 7 sub d - 1, 2 en 3 (behoudens de opmerking toegespitst op waterkeringen en wegen) worden toegepast. De schadefactor voor de in deze § bedoelde leidingen ("smeerpijpen") in polderland = 1. In hydrologisch kwetsbare gebieden zoals boezemland en drinkwaterwingebieden mogen geen potentieel bodemverontreinigende vloeistofleidingen worden aangelegd. Bij eventuele ontheffing in boezemland zal door de vergunningverlenende instantie een schadefactor worden vastgesteld.

d. vereenvoudigde rekenwijze voor op staal gefundeerde (stalen) hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≤ 10 ato) met een gronddekking tussen 1 en 3 m

Uitgangspunten: zie noot sub a.

De methode impliceert berekening op uitsluitend invendige druk (maximale bedrijfsdruk bij het pompstation) met een wanddiktetoeslag ter compensatie van de (neutrale) grondbelasting en toevallige verkeersbelasting c.q. drukstoten. De berekening geschiedt volgens Barlow (zie hoofdstuk IV - § 7 sub a-2-A-2).

De wanddiktetoeslag bedraagt 15%.

Voorbeeld:

$$D_u = 34'' = 86,4 \text{ cm}$$

$$p = 53 \text{ ato (maximale bedrijfsdruk bij het pompstation)}$$

staalkwaliteit: API-5L-X60

$$\sigma_{vl} = 4220 \text{ kg/cm}^2 = 0,75 \cdot \sigma_{br}$$

$$(\sigma_{br} = 5620 \text{ kg/cm}^2)$$

$$t_{nom} = 9,52 \text{ mm (standaard)}$$

Het eigen gewicht van buis + vulling minus opwaartse waterdruk is verwaarloosd.

— Controle volgens het gestelde sub a, b en c:

$$\text{bij 1 m dekking: } q_n = \gamma \cdot H \cdot D = 1,9 \cdot 1,0,864 = 1,64 \text{ t/m'}$$

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 180^\circ \\ \beta = 30^\circ \end{array} \right\} K_B = 0,235. \quad M_g = K \cdot Q \cdot r = 0,235 \cdot 16,4 \cdot 43,2 = \underline{166 \text{ kgcm/cm'}}$$

$$\left. \begin{array}{l} 10 \text{ t aslast} \\ 5 \text{ t wiellast} \end{array} \right\} \text{Newmark} \quad \frac{D}{2H} = \frac{86,4}{200} = 0,432 \\ \frac{A}{2H} = \frac{92}{200} = 0,46 \quad \left. \vphantom{\frac{D}{2H}} \right\} C_t = 0,28.$$

$$W_t = \frac{2 \cdot 0,28 \cdot 5000}{92} = 30,4 \text{ kg/cm'}. \quad M_w = 0,235 \cdot 30,4 \cdot 43,2 = \underline{308 \text{ kgcm/cm'}}$$

$$\sigma'_{optr} = \sigma_r + f_{rr} (\sigma'_g + \sigma'_w) = \frac{p \cdot D_u}{2 t_{nom}} + \frac{1}{1 + \frac{2p \cdot r^3 \cdot k_y}{EI}} \left(\frac{166 + 308}{\frac{1}{6} \cdot 0,952^2} \right) =$$

$$\frac{53 \cdot 86,4}{2 \cdot 0,952} + \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 53 \cdot 43,2^3 \cdot 0,113}{2,1 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,952^3}} \left(\frac{474}{0,152} \right) = 2400 + 0,137 \cdot \frac{474}{0,152} =$$

$$2400 + 427 = 2827 \text{ kg/cm}^2 \quad (\sigma'_w = 0,137 \cdot \frac{308}{0,152} = 277 \text{ kg/cm}^2 > 0,1 \cdot \sigma'_r = 240 \text{ kg/cm'})^*$$

$$\bar{\sigma} = 2/3 \cdot \sigma'_{v1} = 2/3 \cdot 4220 = 2820 \text{ kg/cm}^2, \text{ voldoet.}$$

bij 2 m dekking en grondwaterspiegel (polderpeil) 1 m ÷ m.v. :

$$q_n = (1,9 + 0,9) 0,864 = 2,8 \cdot 0,864 = 2,42 \text{ t/m'}. \quad \left. \vphantom{q_n} \right\} C_t = 0,1.$$

$$M_g = 0,235 \cdot 24,2 \cdot 43,2 = 246 \text{ kgcm/cm'}. \quad \frac{D}{2H} = \frac{36,4}{400} = 0,216$$

$$\frac{A}{2H} = \frac{92}{400} = 0,23$$

- * Er wordt niet gerekend met de som van de spanningen tengevolge van toevallige verkeersbelasting respectievelijk 10% overschrijding van de maximale bedrijfsdruk, bijvoorbeeld tengevolge van drukstoten, omdat de kans op coincidentie van beide invloeden zeer gering is. De grootste van beide spanningen wordt aangehouden.

$$W_t = \frac{2.0 \cdot 1.5000}{92} = 10,85 \text{ kg/cm}^1. \quad M_w = 0,235 \cdot 10,85 \cdot 43,2 = 110 \text{ kgcm/cm}^1.$$

$$\sigma_{\text{optr}} = 1,1 \cdot \sigma_r + f_{rr} \cdot \sigma_g = \frac{53 \cdot 1,1 \cdot 86,4}{2 \cdot 0,952} + 0,125 \cdot \frac{246}{0,152} = 2650 + 202 = 2852 \text{ kg/cm}^2$$

voldoet (overschrijding = 1%).

$$(0,1 \cdot \sigma_r = 240 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_w = 0,125 \cdot \frac{110}{0,152} = 91 \text{ kg/cm}^2)$$

bij 3 m dekking en grondwaterspiegel 1,5 m ÷ m.v. :

$$q_n = 1,5 \cdot 2,42 = 3,63 \text{ t/m}^1$$

$$M_g = 0,235 \cdot 36,3 \cdot 43,2 = 368 \text{ kgcm/cm}^1.$$

$$\sigma_{\text{optr}} = 2650 + 0,125 \cdot \frac{368}{0,152} = 2650 + 303 = 2953 \text{ kg/cm}^2 \text{ (overschrijding } \approx 5\%)$$

— Contrôle volgens het gestelde sub d:

$$t_{\text{nom}} = \frac{p \cdot D_u}{2 \cdot \sigma} = \frac{53 \cdot 86,4}{2 \cdot 2820} = 0,812 \text{ cm.}$$

met toeslag van 15% : $t = 0,812 \cdot 1,15 = 0,935 \text{ cm} \approx 0,952 \text{ cm}$
(afwijking $\approx 2\%$).

Conclusie:

Aangezien door het gebruik van $\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$ te ongunstige uitkomsten zijn verkregen (normaliter zal $\gamma \approx 1,6 \text{ t/m}^3$ zijn, doch dient dan nog met de partiële onzekerheidsfactor 1,1 te worden vermenigvuldigd), kan worden gesteld dat de gekozen standaardwanddikte van 9,52 mm voldoet bij gronddekkingen tussen 1 en 3 m, indien nagerekend volgens het gestelde sub a, b en c (volledige berekening).

Indien wordt volstaan met de vereenvoudigde berekeningsmethode conform het gestelde sub d, komt men tot dezelfde conclusie, hoewel iets gunstiger uitkomsten worden verkregen.

Bij gronddekkingen $< 1 \text{ m}$ en $> 3 \text{ m}$ is een volledige berekening - in verband met de dan zeer belangrijke spanningsbijdrage van respectievelijk de toevallige verkeerslast en de neutrale grondbelasting - vereist.

HOOFDSTUK III. Eisen te stellen aan het ontwerp van leidingstrekkingen, welke waterstaatswerken annex veiligheidszônes kruisen.

§ 1. Veiligheidsafstanden tot andere pijpleidingen

a. veiligheidsafstanden in verband met de uitvoering

De onderlinge afstand van gelijktijdig te leggen, parallel lopende pijpleidingen bij kruising van boezemwateren, waterkeringen en wegen dient te bedragen:

- bij diameters van 0,30 m (12") en groter minimaal 5 m h.o.h.
- bij diameters kleiner dan 0,30 m (12") minimaal 1 m tussenruimte.

Wanneer leidingen met een diameter van 0,30 m en groter gelijktijdig en pallel worden gelegd met leidingen met een diameter kleiner dan 0,30 m: onderlinge afstand minimaal 5 m h.o.h.

De onderlinge afstand van niet gelijktijdig te leggen parallel lopende pijpleidingen bij kruisingen van boezemwateren, waterkeringen en wegen dient minimaal 15 m h.o.h. te bedragen. Incidenteel mag met goedkeuring van de vergunningverlenende instantie hiervan worden afgeweken onder de volgende voorwaarden:

- rijden over een reeds in bedrijf zijnde leiding met materiaal ten behoeve van de aanleg van een nieuwe leiding is niet toegestaan, tenzij boven de bestaande leiding dragline-schotten zijn aangebracht;
- boven de bestaande leiding mag niet worden ontgraven of een gronddepôt worden geformeerd;
- eventueel transport van damwand over de bestaande leiding is uitsluitend toegestaan met de damplanken in horizontale positie, terwijl boven deze leiding dragline-schotten aanwezig moeten zijn;
- door een veiligheidsinspecteur van de beheersmaatschappij van de bestaande leiding moet mede toezicht worden gehouden op de werkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de nieuwe leiding.

Bij het leggen van pijpleidingen dient bijzondere aandacht te worden besteed aan mogelijke gevaren door de aanwezigheid van ondergrondse elektrische kabels.

b. veiligheidsafstanden in verband met explosiegevaar1) explosieproeven

Om het destructieve effect van een barstende hogedrukgasleiding in een leidingstraat te bepalen zijn in 1970 drie explosieproeven uitgevoerd. Aan de hand van de resultaten van deze proeven is het mogelijk normen te bepalen voor minimale veilige afstanden tussen de pijpleidingen.

- Eerste proef: hierbij werd uitgegaan van een leiding van 36" diameter met een lengte van 60 m, die door middel van stikstof op een gasdruk van 70 ato was gebracht. De leiding was op de gebruikelijke wijze gelegd met een gronddekking van 1 m. Aan weerszijden werden, met een tussenruimte van 1,50 m, pijpen gelegd met eveneens een gronddekking van 1 m; aan de ene kant een stalen leiding (36 m, ϕ 36", 2 ato) en aan de andere kant een asbestcement leiding (20 m, ϕ 0,60 m, drukloos). De middelste (hogedruk) leiding werd door middel van een initiërende springlading tot barsten gebracht.
 Resultaat: de hogedrukleiding scheurde over een buislengte (12 m) open, de naastliggende stalen leiding werd geheel plat gedrukt, terwijl de asbestcement pijp ter hoogte van het barstpunt volledig was verbrijzeld.
- Tweede proef: deze werd uitgevoerd op basis van de meetresultaten van de vorige proef. Wederom werd een stalen leiding (60 m, ϕ 36", 70 ato) gelegd, met links ernaast - weer met 1,50 m tussenruimte - een stalen leiding (60 m, ϕ 36", 60 ato) en op 6 m een asbestcement pijp (20 m, ϕ 0,60 m, drukloos) en aan de rechterkant met 1 m tussenruimte een stalen pijp (36 m, ϕ 6", drukloos) en op 3 m een met water gevulde asbestcement pijp (20 m, ϕ 0,60 m, 5 ato).

Resultaat: de tot barsten gebrachte leiding scheurde over de volle lengte van 60 m open, alle naast gelegen (druk)leidingen bleken niet te lekken of te zijn beschadigd. Wel werden enkele lichte vervormingen en verplaatsingen geconstateerd.

- Derde proef: deze werd uitgevoerd met drie stalen leidingen ($\emptyset$ 6") met tussenafstanden van 0,5 m en één nodulair gietijzeren pijp. De tot barsten te brengen leiding stond onder een druk van circa 100 ato, de ene naastliggende onder circa 40 ato, de andere was drukloos. De gietijzeren buis lag 30 cm verticaal onder de drukloze pijp.

Resultaat: de drie naastliggende pijpen werden niet noemenswaardig beschadigd, en bij de drukleiding trad geen lekkage op.

2) conclusie

De veiligheidsafstanden, welke genoemd worden in verband met de uitvoering kunnen aangehouden worden.

§ 2. Functioneel waterstaatkundig ontwerp

a. boezemwateren annex kaden

1. verticaal alignement

De minimale gronddekking boven de leiding ter plaatse van de kaden en de veiligheidszônes is 0,80 m; in het water bedraagt deze:

ingeval van geen scheepvaart	1,30 m
" " kleine scheepvaart	2 m
" " grote scheepvaart	2,50 m.

Vrije of luchtkruisingen (jumpers) kunnen in het algemeen alleen worden toegestaan als tijdelijke constructie voor het kruisen van boezemwaterkeringen.

2. damwandconstructie

A. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)

Op basis van het grondmechanisch rapport (zie hoofdstuk III-§ 3) moet een vervangende waterkering van stalen damwand tot kruinshoogte worden gecreëerd ter lengte van minimaal 20 m gemeten evenwijdig aan de kaden.

B. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)

1. gasleidingen

Bij de kruising van lagedrukgasleidingen moet op basis van het grondmechanisch rapport (zie hoofdstuk III-§ 3) een vervangende waterkering van stalen damwand tot kruinshoogte worden gecreëerd.

Indien het betreffende boezemwater tijdens de uitvoering niet mag worden afgedamd in verband met scheepvaart- en andere belangen, is altijd een damwandconstructie als voor kruisingen van hogedrukleidingen noodzakelijk, ter verzekering van de stabiliteit van de kade bij gebaggerde zinkersleuf.

2. vloeistofleidingen

Voor kruisingen van lagedrukvlloeistofleidingen geldt hetzelfde als onder 1 gesteld.

3. overige voorzieningen en wijzigingen

Toepassing van mantelbuizen is in boezemwateren annex kaden niet toegestaan (zie ook sub c-2).

b. hoofdwaterkeringen

1. verticaal alignement

Daar waar het maar enigszins mogelijk is, moet de kruisende leidingstrekking zodanig in het dwarsprofiel worden gealigneerd, dat deze ook na zetting buiten het aanwezige of nog te maken profiel ligt.

Alleen indien dwingende omstandigheden daartoe aanleiding geven, kan de leiding met de onderkant lager worden gelegd dan de aanwezige of nog te maken kruinshoogte, doch niet lager dan het ontwerppeil vermeerderd met de te verwachten zakking van de leiding en 0,10 m reserve.

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld wanneer de dijk verheeld ligt met terrein van voldoende hoogte en breedte, kan - indien nodig - van vorengenoemde minimale hoogteligging van de buis worden afgeweken.

De leiding kan door de waterkering worden gevoerd volgens een alignement, waarbij de as van de leiding niet in een verticaal plat vlak ligt, maar zodanig dat belastingen door zettingsverschillen van grondlagen onder de leiding mede door torsie kunnen worden opgenomen (fundering op staal).

Vrije of luchtkruisingen (jumpers) kunnen in het algemeen alleen worden toegestaan als tijdelijke constructie voor het kruisen van waterkeringen.

De minimale gronddekking boven de leiding op de kruin en aan de buitenzijde van de dijk bedraagt 1 m, aan de binnenzijde 0,80 m.

2. damwandconstructie

A. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)

Bij iedere kruising moet in de lengterichting van de dijk een stalen damwandscherm worden aangebracht op een zodanige wijze en plaats, dat elk van de beide hierdoor geformeerde dijkgedeelten in ieder geval aan nader te stellen minimum eisen voldoet (zie hoofdstuk VI-§ 2).

B. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)

Bij de kruising van leidingen waarvoor de vereenvoudigde sterkteberekening volgens hoofdstuk V niet mag worden toegepast, moet in de lengterichting van de dijk een stalen damwandscherm worden aangebracht op een zodanige wijze en plaats, dat elk van de beide hierdoor geformeerde dijkgedeelten in ieder geval aan nader te stellen minimum eisen voldoet.

3. overige voorzieningen en werkwijzen

Als de onderkant van de leiding nergens in de waterkering reikt tot boven het ontwerppeil, moet zij worden voorzien van één of meer kwelschermen, die waterdicht met de leiding dienen te worden verbonden.

Ter bescherming van het aanwezige dijklichaam tijdens de werkzaamheden kan voor het leggen van de leiding op het dijklichaam een werkvloer van koperslakkeien of ongewapende betonblokken met asfaltvoegvulling worden aangebracht.

Het spuiten, boren of persen van leidingen door hoofdwaterkeringen is niet toegestaan.

Toepassing van mantelbuizen is in hoofdwaterkeringen niet toegestaan (zie ook sub e-2).

c. tweede waterkeringen

1. verticaal alignement

De leidingdoorvoer moet plaatsvinden met minimale roering van dijklichaam en grondslag, door een zo hoog mogelijke ligging in open ingraving.

De minimale gronddekking boven de leiding ter plaatse van de dijk en de veiligheidszones moet 0,80 m bedragen.

Alleen indien dwingende omstandigheden, zoals provinciale wegenbelangen daartoe nopen en voorzover het dwarsprofiel van de dijk hiertoe aanleiding geeft, is uitsluitend voor vloeistofleidingen als alternatief doorpersen op een lager niveau toegestaan, indien het door middel van het grondmechanisch rapport (zie hoofdstuk III-§ 3) verkregen inzicht

in de opbouw van het bodemprofiel ter plaatse de veronderstelling wettigt, dat de doorpersing zonder abnormaal risico van oppersingen en/of verzakkingen tot uitvoering kan worden gebracht, een en ander ter beoordeling van de vergunningverlenende instantie.

De leiding kan door de waterkering worden gevoerd, volgens een alignement waarbij de as van de leiding niet in een verticaal plat vlak ligt, maar zodanig dat belastingen door zettingsverschillen van grondlagen onder de leiding mede door torsie kunnen worden opgenomen (fundering op staal).

Vrije of luchtkruisingen (jumpers) kunnen in het algemeen alleen worden toegestaan als tijdelijke constructie voor het kruisen van tweede waterkeringen.

2. damwandconstructie

A. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)

Bij een hoge doorvoer moet een vervangende waterkering blijvend tot kruinshoogte worden gecreëerd.

Bij een doorgeperste doorvoer moeten de kopgedeelten van de tijdelijke pers- en ontvangkuipen als permanent constructie-onderdeel in het werk achterblijven.

B. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)

Bij de kruising van leidingen waarvoor de vereenvoudigde sterkteberekening volgens hoofdstuk V niet mag worden toegepast, moet bij een hoge doorvoer een vervangende waterkering blijvend tot kruinshoogte worden gecreëerd.

Bij een doorgeperste doorvoer moeten de kopgedeelten van de tijdelijke pers- en ontvangkuipen als permanent constructie-onderdeel in het werk achterblijven.

3. overige voorzieningen en werkwijzen

Toepassing van mantelbuizen in tweede waterkeringen is alleen toegestaan, wanneer dwingende omstandigheden daartoe aanleiding geven (zie ook sub c-2).

De leiding moet worden voorzien van één of meer kwel-schermen, die waterdicht met de leiding dienen te worden verbonden.

d. provinciale (secundaire- en tertiaire) wegen

1. verticaal alignement

De verticale afstand tussen onderkant verharding en bovenkant transportbuis c.q. mantelbuis moet minimaal 1 m bedragen.

De lengte van een eventuele mantelbuis moet minstens een spreidingszône onder 45° vanuit zijkant verharding bestrijken.

De leiding kan door het weglichaam worden gevoerd volgens een alignement, waarbij de as van de leiding niet in een verticaal plat vlak ligt, maar zodanig dat belastingen door zettingsverschillen van grondlagen onder de leiding mede door torsie kunnen worden opgenomen (fundering op staal).

Vrije of luchtkruisingen (jumpers) kunnen in het algemeen alleen worden toegestaan als tijdelijke constructie voor het kruisen van wegen.

2. overige voorzieningen en werkwijzen

De leidingdoorvoer moet plaatsvinden met minimale roering van weglichaam en grondslag, door open ingraving of doorpersen, mits het door middel van het grondmechanisch rapport (zie hoofdstuk III-§ 3) verkregen inzicht in de opbouw van het bodemprofiel ter plaatse de veronderstelling wettigt, dat de doorpersing zonder abnormaal risico van opersingen en/of verzakkingen tot uitvoering kan worden gebracht, een en ander ter beoordeling van de vergunning-verlenende instantie.

Alleen indien dwingende omstandigheden daartoe aanleiding geven, is toepassing van mantelbuizen toegestaan (zie ook sub c-2).

e. algemeen

1. afsluiters, ventielen en dergelijke

Bij kruisingen van doorgaande transportleidingen met waterkeringen en wegen moet de mogelijkheid bestaan de leiding op een zodanige wijze af te sluiten, dat het leiding-gedeelte in de waterkering of weg (inclusief het deel in de veiligheidszône) binnen de kortst mogelijke tijd drukloos wordt.

Hulpstukken en appendages zoals afsluiters, spruitstukken, ventielen, speciale flexibele koppelingen en dergelijke kunnen een zwakke plaats in de leiding vormen en mogen dan ook niet worden aangebracht in het deel van de leiding dat tot de kruising behoort (inclusief het deel in de veiligheidszône). Het kan echter bij vloeistofleidingen in bepaalde gevallen (tot bijvoorbeeld 5 ato) zijn nut hebben op het hoogste punt van een kruising beluchtingsventielen of ontluchters aan te brengen.

Bij kruisingen onder het ontwerppeil van persleidingen van gemalen, hevels en dergelijke verdient het aanbeveling de afsluitmiddelen aan beide zijden van de waterkering aan te brengen.

Wanneer een leiding in open verbinding staat met het buitenwater en slechts van een terugslagklep op het eind van de leiding is voorzien, verdient het aanbeveling een extra afsluitconstructie aan de kerende zijde van de waterkering aan te brengen. (De afsluitmiddelen moeten ook bij hoge buitenwaterstanden bediend kunnen worden).

2. mantelbuizen

Het toepassen van mantelbuizen bij een kruising van een leiding en een waterkering of weg is in het algemeen niet toegestaan, aangezien de nadelen de voordelen overtreffen (zie ook sub a, b, c en d van deze §).

A. nadelen

Nadelen bij het gebruik van mantelbuizen kunnen zijn:

de onzekerheid die bestaat over het op de juiste plaats komen van de afstandhouders tussen leiding en mantelbuis, waardoor de wijze waarop de belasting van de mantelbuis op de leiding wordt overgedragen ongunstiger kan zijn dan in de berekeningen is aangenomen, terwijl het bij stalen leidingen niet is uitgesloten dat de mantelbuis toch nog een metallisch contact maakt met de leiding, hetgeen corrosie tot gevolg heeft;

de moeilijkheden die het blijvend kathodisch beschermen van de binnenbuis met zich meebrengt;

de onzekerheid wat betreft blijvende waterdichtheid van de afdichting van de mantelbuis onder andere door onderlinge beweging van mantel- en transportbuis en veroudering van het afdichtingsmateriaal.

B. voordelen

De belangrijkste voordelen, die het gebruik van een mantelbuis in een kruising met zich meebrengt, zijn:

de mogelijkheid tot het vaststellen van kleine lekken in de leiding;

de geringe kans op beschadiging van de waterkering of weg als in het kruisende deel van de leiding lek optreedt.

C. functies

Een mantelbuis kan bij een kruising van een leiding en een waterstaatswerk verschillende functies hebben:

1) het afvoeren van lekkende gassen en vloeistoffen.

Hierbij moet de mantelbuis zover worden doorgevoerd dat het uitstromende medium geen gevaar voor de waterkering of weg kan opleveren;

2) het opvangen van verkeers- en zettingsbelastingen.

Hierbij kan de mantelbuis ruim buiten de zone waarin de belastingen invloed hebben worden beëindigd.

N.B. Een mantelbuis moet in ieder geval aan de kerende kant van de waterkering waterdicht op de leiding worden aangesloten, en zelf dicht zijn; aan de andere kant moet een inrichting, die het constateren van lekken in deze afdichting of in de binnenbuis mogelijk maakt, worden aangebracht. Deze kan bestaan uit een zichtbare uitstroomopening.

Opmerking. In het verleden werd meestal eerst een onbeklede mantelbuis doorgeperst, omdat de bekleding bij doorpersen toch zou worden beschadigd. De transportbuis moet wel worden bekleed vanwege het gevaar van corrosie. Er bestaat thans een bekleding van polyethyleen die bestand is tegen doorpersen. Gezien de nadelen van mantelbuizen, dient de aldus beklede transportbuis zelf te worden doorgeperst.

3. spuiten, boren en persen van leidingen

A. definities

Bij spuiten wordt de grond door een waterstraal losgemaakt en met het water afgevoerd.

Bij boren wordt een gat gemaakt door een mechanisch werktuig. De buis wordt daarna in het gat aangebracht.

Bij persen wordt een buis door het grondlichaam gedrukt, waarbij de grond die in de buis geraakt wordt verwijderd.

Kwaliteit van de uitvoering

Spuiten

De hoeveelheid grond die wordt verwijderd, kan moeilijk tot een minimum worden beperkt en onmogelijk worden gecontroleerd. Bij deze methode zullen de grondwaterspanningen in de dijk of weg plaatselijk worden vergroot, hetgeen gevaarlijk kan zijn voor de stabiliteit van de dijk.

Boren

De hoeveelheid grond die wordt verwijderd, kan worden beperkt, mits:

- de cohesie van de grond voldoende is,
- de boring boven het freatisch vlak plaats vindt.

Aan de laatste voorwaarde wordt vooral bij boezemkaden niet voldaan. Contrôle op de afmetingen van het geboorde gat is ook bij deze methode vrijwel mogelijk.

Persen

Bij een goede uitvoering wordt bij deze methode niet meer grond verwijderd dan noodzakelijk is. De grond om de buis wordt mogelijk nog enigermate verdicht, zodat een goede waterdichte aansluiting ontstaat, indien de buis volledig glad is. Aan de methode zijn, ook bij goede uitvoering de volgende gevaren verbonden:

- a) doorbraak van water naar de buis,
- b) de grote krachten, die bij het persen moeten worden uitgeoefend, kunnen scheurvorming of stabiliteitsverlies veroorzaken.

B. algemene voordelen van deze methoden

Er vindt zo weinig mogelijk grondroering plaats, zodat de waterkering of weg zijn oorspronkelijke samenstelling en eigenschappen slechts zeer plaatselijk verliest. Dit betekent ook dat de buis geen grote zakkingen behoeft te doorstaan en dat wellicht minder bochten behoeven te worden aangebracht.

C. algemene nadelen

Men kan slechts contrôle uitoefenen op de voortgang van de werktuigen in de grond, de weerstand die ze ontmoeten en de grondverwijdering.

Inhomogeniteiten van de grond en het voorkomen van voorwerpen als boomstronken, stukken puin, oude beschoeiingen etc. kunnen ernstige moeilijkheden geven.

Rondom het pijpgedeelte dat op zodanige wijze wordt aangebracht, kunnen geen kwelschermen en dergelijke worden aangebracht.

Toepassing

Sputten en boren is in waterstaatswerken ontoelaatbaar. Bij persen doen zich in de praktijk bij de uitvoering nog veel onzekerheden en gebreken voor. Als omvangrijke voorzorgsmaatregelen worden genomen, kunnen met persen wel goede resultaten worden verkregen.

Voor provinciale wegen, tweede waterkeringen en boezemwateren annex kaden, waar geen risico van doorbraak tijdens de uitvoering aanwezig is, kan wanneer de grondslag zich ertoe leent, persen worden overwogen.

4. corrosiebescherming

A. bekleding

In de kruising annex veiligheidszônes moeten stalen leidingen van roest en walshuid worden ontdaan door middel van stralen of beitsen en vervolgens worden voorzien van een qua mechanische-, thermische- en elektrische isolerende eigenschappen uitmuntende uitwendige bekleding.

Wanneer in de kruising annex veiligheidszônes leidingen worden gelegd van een ander materiaal dan staal, dient de leiding te worden voorzien van een voor het toegepaste buismateriaal geëigende uitwendige bekleding.

Indien de te transporteren media naar het oordeel van een deskundig instituut chemisch en mechanisch agressieve bestanddelen bevatten, moet de transportleiding ook inwendig op adequate wijze worden bekleed.

B. kathodische bescherming

Stalen leidingen en stalen mantelbuizen met (opofferingsanoden) moeten, indien het geleidend vermogen van de grond daartoe aanleiding geeft, kathodisch worden beschermd. Vreemde geleiders, zoals damwanden zullen van de werking van een kathodische bescherming schade kunnen ondervinden. Als vuistregel kan worden gehanteerd, dat bij de kleine installaties (2 Amp.) de afstand tussen anodebedden en vreemde geleiders minstens 30 m moet zijn, terwijl bij grotere stroomsterkten, bijvoorbeeld 50 A. aan minstens 100 m moet worden gedacht.

Derhalve mogen, indien permanente damwandconstructies worden toegepast, in de kruising annex zônes van 100 m gemeten uit de damwand(en) geen anode(grond)bedden - behorende tot de gelijkrichterinstallatie van de pijpleiding - worden aangebracht.

5. ontlastplaten

Evenals mantelbuizen worden incidenteel betonplaten gebruikt om bovenbelastingen op te nemen.

In het algemeen moet toepassing van deze maatregel worden ontraden.

De werking van deze platen berust op zijdelingse overdracht van de bovenbelasting.

Naast de buis ontstaan hierdoor spanningsverhogingen in de ondergrond ter plaatse van de oplegvlakken van de plaat.

In samendrukbare gronden geeft dit aanleiding tot zettingen die er de oorzaak van kunnen zijn dat het eigen gewicht van de plaat en de afgevangen bovenbelasting op de buis komt te steunen. Het middel is in dat geval erger "dan de kwaal".

Toepassing van deze platen kan derhalve uitsluitend worden overwogen indien:

- de ondergrond tot op grote diepte uit zand bestaat,
- de sleuf met zand wordt aangevuld onder uitmuntende verdichting.

Indien toepassing van deze platen wordt toegestaan, dienen deze aan de onderzijde te worden voorzien van een uitsparing ter breedte van tenminste de buisdiameter en een diepte van 5 - 10 cm, welke ruimte bijvoorbeeld door middel van kunststofschuim tijdens de aanleg vrij moet worden gehouden van grond.

De afmetingen van de oplegvlakken moeten zodanig ruim worden gekozen, dat voldoende veiligheid tegen overschrijding van het evenwichtsdraagvermogen van de funderingsgrondslag wordt bereikt.

De verticale afstand tussen onderkant oplegvlak en bovenkant buis mag maximaal de halve buisdiameter bedragen.

De plaat moet voldoende zwaar worden gewapend.

6. bochten

A. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)

Hiervoor komen uitsluitend fabrieksbochten in aanmerking, die verkregen zijn door rechte pijp warm te buigen (zogenaamde "hot bends"), dan wel gesmede bochten (zogenaamde "forged bends") bestaande uit twee overlans aaneengelaste schalen. Te velde kunnen koud gebogen bochten (zogenaamde "veldbochten") worden toegepast, die ter plaatse in een buigbank uit rechte pijp worden gevormd waarbij de minimaal haalbare kromtestraal 40D bedraagt.

B. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)

Hiervoor komen ook zogenaamde "mijterbochten" in aanmerking, die worden geformeerd uit taps afgesneden stukken rechte pijp, welke zodanig aaneengelast worden dat de knik-hoek per las maximaal 15° bedraagt, terwijl de onderlinge afstand van de lasnaden aan de binnenzijde van de bocht gemeten minimaal gelijk is aan de buisdiameter.

7. gegevens op het werk

Van alle op de betreffende kruising betrekking hebbende goedgekeurde documenten zoals tekeningen, rapporten, berekeningen en uitvoeringsinstructies alsmede van de verleende vergunning met voorwaarden, moet minstens een exemplaar voortdurend op het werk aanwezig zijn.

§ 3. Grondmechanisch onderzoek

Het voor iedere kruising over te leggen grondmechanisch rapport moet opgave doen van:

1. de neutrale grondbelastingen op de leiding (gemiddelde waarden);
2. de passieve grondbelastingen op de leiding (maximum waarden);
3. de horizontale passieve gronddrukken tegen de leiding (maximum waarden);
4. de horizontale actieve-c.q. neutrale steundrukken tegen de leiding (minimum waarden) (voorzover van toepassing);
5. de te verwachten zettingen onder de leiding, zowel die tengevolge van de te maken grondaanvullingen als die tengevolge van het seculair effect van vroegere ophogingen; het zettingsverloop in het kruisingsprofiel dient grafisch op eenduidige wijze te worden weergegeven (gemiddelde-en maximum waarden);
6. de verticale en horizontale beddingsconstanten van de de leiding omgevende grond (gemiddelde waarden);
7. de evenwichtsdraagvermogens van de grond onder de leiding bij volle diameter (gemiddelde waarden);
8. de grondwrijvingen langs de leiding, zowel langs- als torsiewrijving, alsmede de verplaatsingen benodigd voor de volledige ontwikkeling hiervan (gemiddelde waarden);
9. de toelaatbare paalbelastingen voor druk- en trekpalen;
10. het volumegewicht van de grondwater-suspensie in de aangevulde sleuf, waarop het e.g. van een zinker door middel van een betonbekleding moet worden afgeregeld.

N.B.

- a) De in § 7 sub a opgegeven onzekerheidsfactoren ten opzichte van de "gemiddelde waarden" worden geacht zowel de onzekerheden tengevolge van de variatie in bodemgesteldheid als die in berekeningsmethodiek te compenseren. De factoren ten opzichte van de "maximale waarden" zijn uitsluitend ter compensatie van de laatste categorie onzekerheden.
- b) Normaliter zullen "gemiddelde zetting" $\times 1,5$ en "maximale zetting" $\times 1,3$ weinig in waarde verschillen. Indien echter de onzekerheden van de eerstgenoemde categorie exceptioneel groot zijn - bijvoorbeeld bij sterk wisselvallige grondgesteldheid -, zal "maximum waarde" $\times 1,3$ maatgevend worden.
- c) Incidenteel zal een grondmechanisch onderzoek nodig zijn ten behoeve van waterstaatkundige voorzieningen (zie hoofdstuk VI, § 1 en 2) en de bepaling van de veiligheidszone (zie § 5 sub a).

§ 4. Waterloopkundig onderzoek

- Ontwerpdruk. a) hydraulische berekening van alle vloeistofleidingen
inclusief drukstoten (waterslagverschijnselen)
(zie § 7 sub a-2-A-1).
- Veiligheidszône. b) bepaling van het uittredend debiet bij lekkage of breuk
van vloeistofleidingen (facultatief).
(zie § 5 sub c).

§ 5. Veiligheidszônes

a. algemeen

1. Leiding in de lengterichting in een waterkering

Het leggen van een leiding in de lengterichting in het profiel van een waterkering moet niet worden toegestaan, wegens de daaraan verbonden onaanvaardbare risico's.[⌘]

2. Leiding langs en evenwijdig aan een waterkering of provinciale weg; veiligheidszône

Een leiding evenwijdig aan een waterkering of weg dient in principe te worden gelegd buiten de terreinstrook die zich langs de waterkering of weg uitstrekt en die "veiligheidszône" wordt genoemd. De breedte van de veiligheidszône moet gelijk zijn aan de afstand tot de leiding waarbinnen ontgrondingen en verstoringen tengevolge van lekkage, breuk of explosie kunnen optreden (R_B) vermeerderd met de breedte van de langs de waterkering of weg gelegen terreinstrook die in verband met de stabiliteit van de waterkering of weg ongestoord moet blijven.

De breedte van de langs de waterkering of weg gelegen terreinstrook die ongestoord moet blijven hangt af van de eigenschappen van de ondergrond en de afmetingen van de waterkering of weg. Deze breedte kan door middel van een grondmechanisch onderzoek worden bepaald. Indien echter blijkt dat er geen bijzondere omstandigheden zijn die gemakkelijk kunnen leiden tot evenwichtsverlies van de grondslag, kan de breedte van deze terreinstrook zonder nader onderzoek worden bepaald op viermaal de hoogte h van de waterkering of weg boven het maaiveld.

Wanneer:

- a) zeer slappe lagen in de ondergrond voorkomen,
- b) de spanningstoestand nog niet aan de bestaande belastingstoestand is aangepast,

⌘ Ook op het profiel van de waterkering aanwezige leidingen kunnen onaanvaardbare risico's met zich brengen. (bijvoorbeeld tijdelijke persleidingen ten behoeve van opspuitingen).

- c) voortgaande deformaties van de waterkering optreden,
- d) een sterke omhooggerichte grondwaterstroming (bijvoorbeeld tengevolge van kwel) optreedt,

is voor het bepalen van de breedte van de ongestoord te laten zône wel een grondmechanisch onderzoek noodzakelijk (tenzij bij voorgaande onderzoeken in dezelfde omgeving voldoende gegevens zijn verkregen).

Een grondmechanisch onderzoek kan ook in normale gevallen dienstig zijn, namelijk om vast te stellen of de aangegeven waarde van viermaal de hoogte van de waterkering of weg als onderdeel van de veiligheidszône wellicht kan worden verminderd.

Bij het vaststellen van de afstand moet er dan van worden uitgegaan dat de veiligheidscoëfficiënt tegen afschuiving van het ongunstigste glijvlak niet lager wordt dan de coëfficiënt die voor de aanleg van de leidingkruising aanwezig was.

Bij normale omstandigheden kan dus voor de breedte van de veiligheidszône $4h + R_B$ worden aangehouden.

Als men naar het oordeel van de beheerder van de waterkering of weg niet kan vermijden dat een deel van de leiding binnen de veiligheidszônes in de lengterichting van een dijk of weg wordt gelegd, kan dit worden toegestaan op voorwaarde dat het betrokken deel voldoet aan de eisen die bij een kruising van de leiding met de waterkering of weg zouden worden gesteld.

b. gasleidingen

De afstand R_B tot de leiding waarbinnen door lekkage, breuk of explosie van de leiding ontgronding, verstoring of belangrijke extra spanningen in de grond kunnen optreden:

In het samengeperste gas van een gastransportleiding is een hoeveelheid energie opgezet. Deze energie zal bij breuk van de leiding vrij kunnen komen. Daarbij zal een hoeveelheid grond kunnen worden weggeslingerd. Een gedeelte van de grondmassa valt in de krater terug, terwijl een ander gedeelte een wal om de krater vormt (niet-pyrogene explosie).

Door de breuk van de leiding zal in het gas een negatieve drukgolf ontstaan.

De verhouding tussen de scheursnelheid en de snelheid van de negatieve drukgolf bepaalt de scheurlengte en moet zo klein mogelijk zijn. Deze scheursnelheid is afhankelijk van de materiaaleigenschappen van de buis (zie hoofdstuk III, § 7 sub d-3).

Bij constante snelheidsverhouding zal de scheurlengte bij stalen leidingen afhankelijk zijn van de spanning tengevolge van de inwendige druk, welke derhalve zo laag mogelijk moet worden gesteld (in ieder geval kleiner dan $\frac{2}{3} \sigma'_{v1}$).

Door het uitstromende gas kan bovendien erosie optreden. Deze erosie is afhankelijk van de grondsoort waarin de leiding wordt gelegd, druk en diameter van de leiding en richting van de gasstraal.

Als maximum R_B voor alle richtingen van de gasstraal werd door het Waterloophkundig Laboratorium, voorlopig aangegeven: 30 m (maatgevend).

N.B.

Deze waarde geldt derhalve ook voor kruisingen van gasleidingen met waterkeringen en wegen.

Gronddeformaties tengevolge van horizontaal gerichte schokgolven bij explosie van een gasleiding kunnen aanleiding geven tot korrelverschikkingen en pakkingsdichtheidsveranderingen. Hiervan is een overspanning in het poriënwater het gevolg en derhalve verlies aan draagkracht (grondverveking).

De bestaande theorieën, die de breedte aangeven van de tussen de leiding en de waterkering gelegen terreinstrook waarbij bij explosie vrijwel geen verlies aan draagkracht van de ondergrond van de waterkering zal optreden, zijn nog onvoldoende door proefnemingen getoetst.

Algemene richtlijnen zijn derhalve niet te geven. Van geval tot geval moet worden onderzocht of de grondslag van de waterkering gevoelig is voor genoemde verschijnselen.

N.B.

In afwachting van nadere onderzoeken inzake erosie en schokgolven wordt de veiligheidszône van 60 m gehandhaafd als minimum (voor alle grondsoorten). Dit geldt voor hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato) en lagedrukleidingen met een barstdruk ≤ 20 ato. Bij ontsteking (bijvoorbeeld door lassen) van een explosief gas-luchtmengsel in een drukloos gemaakte gasleiding (reparatie) kunnen namelijk drukken optreden in de orde van 20 ato (pyrogene explosie). Hogedrukleidingen zijn hiertegen bestand. Bij lagedrukleidingen dient de barstdruk aan deze detonatiedruk te worden getoetst.

c. vloeistofleidingen

De afstand R_B tot de leiding waarbinnen ontgrondingen door een lek in de leiding kunnen optreden:

Bij een lek of een breuk van een transportleiding kan door de uitstromende vloeistof een kuil worden geërodeerd. De grootte van deze ontgroning is door het Waterloopkundig Laboratorium onderzocht. In model en op praktijkschaal werd daartoe het lekken van een leiding in grond bestudeerd. Daarbij werden de vloeistofsnelheid, de buisdiameter, de gronddekking, de grootte van het lek en de plaats van het lek gevarieerd.

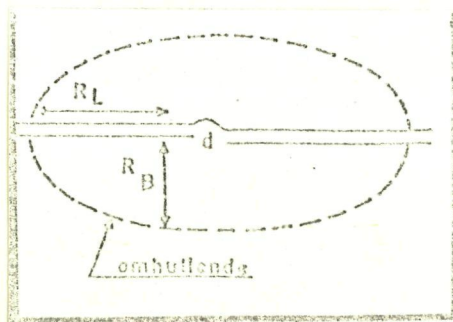
De grondeigenschappen variëren in de natuur zeer sterk. Veiligheidshalve is daarom in het model uitgegaan van een weinig erosiebestendig materiaal: fijn zand.

De afmetingen van de ontstane ontgroning werden gemeten wanneer ze na enige tijd pompen met een constant debiet niet meer zichtbaar toenamen.

De horizontale afmetingen werden weinig beïnvloed door de grootte van de gronddekking (deze werd gevarieerd tot vijftmaal de buisdiameter). In de figuur is de omhullende van de opgetreden ontgrondingsafmetingen aangegeven.

Het bleek dat de afmetingen van het gat hoofdzakelijk werden bepaald door snelheid en debiet van de vloeistofstraal.

Als maximum voor de breedte R_B van de ontgronding ten opzichte van de leidingas voor alle richtingen van de vloeistofstraal werd door het W.L. aangegeven:



$$R_B = 7 \sqrt[3]{\frac{Q_u V_u}{g}} \quad (1)$$

waarin:

Q_u = uitstromend debiet in $m^3/sec.$

V_u = uitstroomsnelheid in $m/sec.$

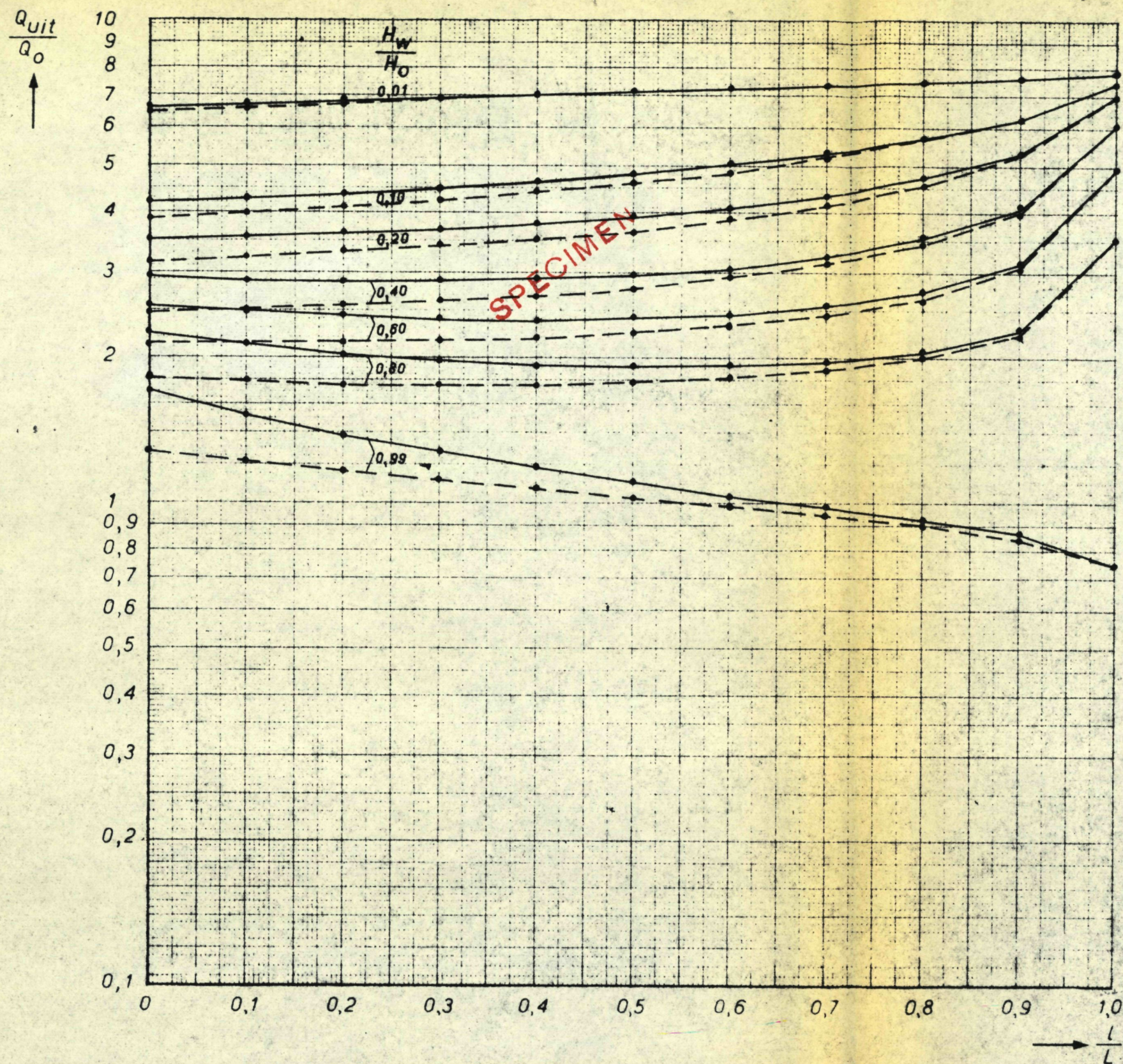
g = versnelling van de zwaartekracht in $m/sec^2.$

(R_B in m).

De grootste lengte R_L is ongeveer $7/4$ maal zo groot^{*}. Het hangt van zeer veel factoren af, welke Q_u en V_u men in formule (1) zal moeten invullen. Men zal dus bij verschillende afmetingen van het lek met de gegevens van de leiding, de pomp, etc. een Q_u en V_u moeten bepalen. Het uittredend debiet zal na ontstaan van het lek aanvankelijk fluctueren. Men kan uitgaan van het permanente debiet dat zich daarna instelt, indien de fluctuaties slechts in een tijd van enkele minuten na ontstaan van het lek voorkomen. Dit bleek bij de meeste leidingen waarvoor een berekening is uitgevoerd ook inderdaad het geval te zijn. De ontgrondingen hebben echter maximale afmetingen bereikt voordat eventuele automatische uitschakelinrichtingen en afsluiters effect sorteren.

* N.B. Kruisingen van vloeistofleidingen met waterkeringen en provinciale wegen

De berekende afstand R_B moet hierbij met $7/4$ worden vermenigvuldigd, omdat een ontgronding in de lengterichting bij totale afschuiving van de leiding even zoveel maal groter kan zijn. Als totale afschuiving uitgesloten is (bijvoorbeeld bij stalen leidingen), kan worden volstaan met R_B .



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
 VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0.6$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0.001$

POMPTYPE

— $n_s = 10$
 - - - $n_s = 250$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1007

FIG. 8

0.6

0.001

16

Uit de proeven volgde eveneens dat bij volledige afschuiving van de leiding slechts rekening behoeft te worden gehouden met het grootste debiet dat uit één van de twee pijpeinden stroomt. Voor lange leidingen kan een kleiner lek echter weleens een grotere ontgronding teweeg brengen. Het verdient dus aanbeveling enkele waarden voor de grootte van het lek aan te nemen om de grootst mogelijke ontgronding te vinden.

Bovengenoemde berekening vereist, evenals de bepaling van de ontwerpdruk conform § 7 sub a-2-A1, een voldoende zekerheid dat de uitgangspunten ten aanzien van de leiding en de leidingexploitatie niet worden gewijzigd. Indien de beschreven berekeningsmogelijkheid niet wordt benut, moet men uitgaan van de ongunstigste aanname die men voor Q_u en V_u kan doen, namelijk dat bij volledige afschuiving de druk in de leiding bij het lek gelijk is en blijft aan de ontwerpdruk H (in m vloeistofkolom) van de leiding in het terrein (bijvoorbeeld onder invloed van een hooggelegen reservoir).

Dan is:

$$V_u = \sqrt{2gH} \quad \text{en}$$

$$Q_u = \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2gH}, \quad \text{waarin } D = \text{diameter van de leiding in m,}$$

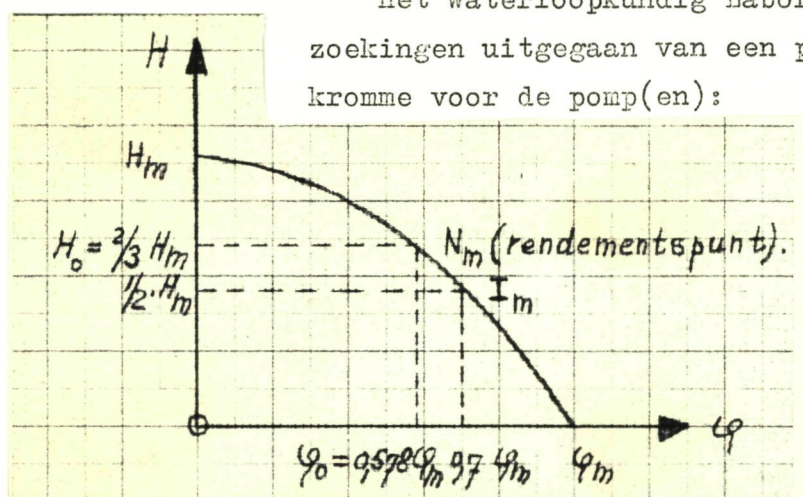
zodat volgt:

$$R_B = 7 \sqrt[3]{\frac{\pi}{4} \frac{D^2 \cdot 2gH}{g}} = 8 \sqrt[3]{HD^2} \quad (2)$$

Deze formule kan een viervoudig hogere uitkomst geven dan (1).

Indien er van reservoir-invloed geen sprake is (bijvoorbeeld bij een hogedrukleiding (bedrijfsdruk ≥ 10 ato) of een lagedrukleiding, waarbij het lek voldoende ver van een buffertoren verwijderd is), kan men uitgaan van de pompkarakteristiek.

Het Waterloopkundig Laboratorium is bij zijn onderzoeken uitgegaan van een parabolisch verlopende Q - H kromme voor de pomp(en):



$$H = a \cdot Q^2 + b.$$

$$\begin{matrix} Q = 0 \\ H = H_m \end{matrix} \rightarrow b = H_m.$$

$$\begin{matrix} Q = Q_m \\ H = 0 \end{matrix} \rightarrow 0 = a \cdot Q_m^2 + H_m.$$

$$a = - \frac{H_m}{Q_m^2}$$

$$H = - \frac{H_m}{Q_m^2} \cdot Q^2 + H_m$$

Arbeidsvermogen $N = \frac{1}{2} \rho \cdot Q_u \cdot v_u^2 = \frac{1}{2} \rho Q 2gH = \rho gQH =$

$$\rho gQ \left(- \frac{H_m}{Q_m^2} \cdot Q^2 + H_m \right) = \rho g \left(- \frac{H_m}{Q_m^2} \cdot Q^3 + H_m \cdot Q \right)$$

extreem als: $-\frac{H_m}{Q_m^2} \cdot 3Q^2 + H_m = 0 \rightarrow \frac{3}{Q_m^2} \cdot Q^2 = 1 \rightarrow Q^2 = \frac{Q_m^2}{3}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max. bedrijfscapaciteit: } Q = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot Q_m = 0,578 \cdot Q_m = Q_o \\ \text{Max. bedrijfsdruk: } H = - \frac{H_m}{Q_m^2} \cdot \frac{1}{3} \cdot Q_m^2 + H_m = \frac{2}{3} \cdot H_m = H_o \end{array} \right\} \text{rendementspunt}$$

$$N_m = \rho g \left(- \frac{H_m}{Q_m^2} \cdot \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot Q_m^3 + H_m \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot Q_m \right) =$$

$$\rho g \left(- \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot H_m \cdot Q_m + \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot H_m \cdot Q_m \right) = \rho g \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} \sqrt{3} \cdot H_m \cdot Q_m =$$

$$\underline{0,385 \rho g Q_m \cdot H_m}$$

De maximale ontgronding wordt gevonden bij de maximale impuls.

$$\begin{aligned} \text{Impuls } I &= \rho \cdot Q_u \cdot V_u = \rho \cdot Q \sqrt{2gH} = \rho \sqrt{2g} \cdot Q \cdot \sqrt{H} = \rho \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{Q^2 \cdot H} = \\ &= \rho \sqrt{2g} \sqrt{-\frac{H_m}{Q_m^2} \cdot Q^4 + H_m \cdot Q^2} = \rho \sqrt{2g} \sqrt{-\frac{H_m}{Q_m^2} \left(Q^4 - Q_m^2 \cdot Q^2 \right)} = \\ &= \rho \sqrt{2g} \sqrt{-\frac{H_m}{Q_m^2} \left(\left(Q^2 - \frac{1}{2} Q_m^2 \right)^2 - \left(\frac{1}{2} Q_m^2 \right)^2 \right)} = \rho \sqrt{2g} \sqrt{-\frac{H_m}{Q_m^2} \left(Q^2 - \frac{1}{2} Q_m^2 \right)^2} \\ &+ \frac{H_m}{Q_m^2} \left(\frac{1}{2} Q_m^2 \right)^2} = \rho \sqrt{2g} \sqrt{-\frac{H_m}{Q_m^2} \left(Q^2 - \frac{1}{2} Q_m^2 \right)^2 + \frac{1}{4} H_m \cdot Q_m^2} \end{aligned}$$

$$\text{Maximale impuls } I_m = \rho \sqrt{2g} \sqrt{\frac{1}{4} H_m \cdot Q_m^2} = \frac{1}{2} \rho \cdot Q_m \sqrt{2g H_m} ,$$

wordt bereikt bij:

$$\left. \begin{aligned} Q^2 - \frac{1}{2} Q_m^2 &= 0 \rightarrow Q = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot Q_m \approx 0,7 \cdot Q_m \\ \text{dan is: } H &= -\frac{H_m}{Q_m^2} \cdot \frac{1}{2} Q_m^2 + H_m = 0,5 \cdot H_m \end{aligned} \right\}$$

$$R_B = 7 \sqrt[3]{\frac{I}{\rho g}} = 7 \sqrt[3]{\frac{Q_m \sqrt{2g H_m}}{2g}}$$

$$\begin{aligned} Q_o \cdot \sqrt{2g H_o} &= \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot Q_m \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{2}{3} H_m} = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \rho Q_m \cdot \sqrt{2g H_m} = \\ \frac{1}{3} \sqrt{2} \cdot \rho Q_m \cdot \sqrt{2g H_m} &= 0,47 \cdot \rho Q_m \sqrt{2g H_m} \approx \frac{1}{2} \cdot \rho Q_m \sqrt{2g H_m} . \end{aligned}$$

$$(\text{af rondingsfout: } \sqrt[3]{\frac{0,47}{0,5}} = \sqrt[3]{0,94} = 0,98 \rightarrow 2\% \text{ afwijking } \hat{\approx} 0,5 \text{ m}).$$

$$R_B = 7 \sqrt[3]{\frac{Q_o \cdot \sqrt{2g H_o}}{g}} \quad (3)$$

waarin: Q_o = maximale bedrijfscapaciteit in m^3/sec .

H_o = maximale bedrijfsdruk in m vloeistofkolom.

De pompgrafieken moeten worden overgelegd.

Indien men geen gebruik wil maken van formule (1), (2) of (3) moet de berekening voor het bepalen van de ontgrondingen bij lek of breuk van een vloeistofleiding gebaseerd zijn op een verantwoord onderzoek.

§ 6. Constructief ontwerp[⌘] (waterkeringen)

a. Plaats van kruisen

Als een kruising van een leiding met een waterkering noodzakelijk is, dient de leiding de waterkering zoveel mogelijk loodrecht te kruisen op de voor de waterkering minst ongunstige plaats. Tevens moet de leiding voldoende ver verwijderd liggen van reeds aanwezige leidingen die eveneens de waterkering kruisen, opdat de uitvoering van de kruising (bijvoorbeeld ontgraving, rijden met werktuigen en bergen van grond) geen gevaar van beschadigingen aan deze leidingen kan opleveren.

b. Wijzen van kruisen

Er bestaan voor de wijze van kruisen in principe de volgende mogelijkheden:

A. De leiding wordt over de waterkering heengevoerd.

Daarbij kan men nader onderscheiden:

A1: vrije of luchtkruising,

A2: de leiding ligt in een grondaanvulling.

B. De leiding wordt door de waterkering gevoerd, waarbij de as van de leiding in een verticaal plat vlak ligt.

Daarbij kan men nader onderscheiden:

B1: de onderkant van de leiding ligt over enige lengte boven het ontwerppeil^{⌘⌘},

B2: de onderkant van de leiding ligt nergens boven het ontwerppeil.

C. De leiding wordt door de waterkering gevoerd, waarbij de as van de leiding niet in een verticaal plat vlak ligt, maar zodanig dat belastingen door zettingsverschillen van grondlagen onder de leiding mede door torsie kunnen worden opgenomen (fundering op staal).

⌘ Voor wegen is het gestelde sub 1, 3 (behoudens rugvorming), 4 en N.B. mede van belang.

⌘⌘ Het ontwerppeil is de waterstand waarop de waterkerende constructies moeten worden ontworpen; dit peil is voor veel wateren officieel vastgesteld.

De onder A genoemde methoden van kruising hebben het voordeel dat de waterkering nauwelijks wordt aangetast. Bij methode A1 bestaat de kans op beschadiging van de leiding door aanrijding, aanvaring, ijsgang, moedwillige beschadiging en dergelijke, waardoor indirect een beschadiging van de waterkering mogelijk is. Indien om deze of andere redenen een meer beschermde ligging van de leiding noodzakelijk is, komt één van de onder A2, B of C genoemde methoden voor uitvoering in aanmerking.

Doorvoeren boven het ontwerppeil is gunstig omdat de gevolgen van slechte uitvoering of onvoorspelbaar gedrag van de leiding minder ernstig zullen zijn. De onder B2 genoemde methode kan slechts de voorkeur verdienen boven die onder B1 en C, wanneer de diameter van de leiding relatief groot is ten opzichte van de afmetingen van de waterkering (bijvoorbeeld bij boezemkaden) of wanneer de druk zo hoog is dat scherpe bochten in de leiding moeten worden vermeden.

c. Fundering van de leiding

Ter plaatse van de kruising met een waterkering kan een leiding door palen worden ondersteund of op staal worden gefundeerd. Een voordeel bij fundering op palen is dat het gedrag van de constructie goed voorspelbaar is, omdat de zakkings zeer gering zijn. Het verdient daarom aanbeveling een paalfundering toe te passen in alle gevallen, waarin zakkingsverschillen een belangrijke spanningsbijdrage in de leiding kunnen leveren en er grote onzekerheid bestaat over de grootte van de zakkingsverschillen. Het laatste kan onder meer het gevolg zijn van de wijze van uitvoering omdat zakkings ten gevolge van grondroering moeilijk te voorspellen zijn (in het bijzonder bij uitvoering in den natte).

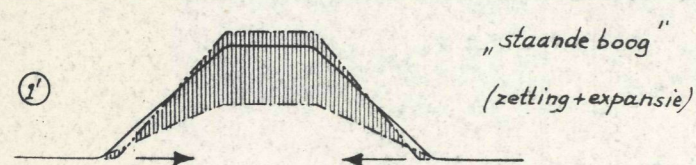
Fundering op staal komt in aanmerking als de te verwachten zakkingsverschillen klein zijn of als de diameter van de leiding klein is.

Wanneer gasleidingen worden gelegd in een omgeving waar opdrijven van de leiding mogelijk is, moeten extra voorzieningen worden getroffen (bijvoorbeeld schroefankers).

FUNDERING VAN ENIGE KARAKTERISTIEKE KRUISINGSTYPEN

A Fundering op staal (gelaste stalen leiding).

- (niet op schaal)
- uitgangsw. prof. waterkering (voor zetting) } verschil
 - eindtoestand waterkering (na zetting) } zettingen.
 - initiële positie leiding (volledig ondersteund.)
 - abs. verpl. funderingsgrondslag t.g.v. zetting
 - " " leiding " "
 - rel. verpl. leiding t.o.v. omringende grond ± ruimte
 - onderloopsheid } (zonder voorzieningen, zoals
 - achterloopsheid } damwanden, kwelwanden)

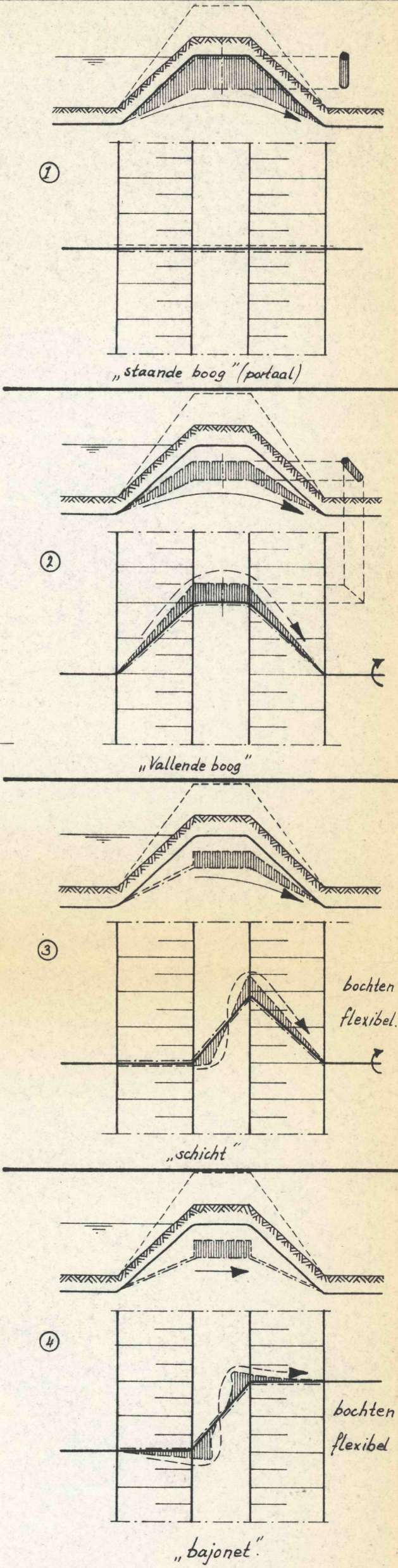


- abs. verpl. leiding t.g.v. expansie (hogedruk)
- bochtkrachten.

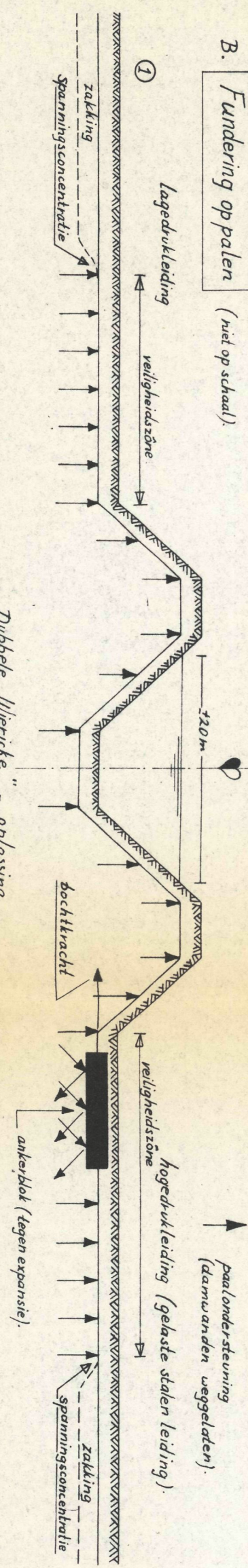
kruisings- type	constructieve		waterstaatkundige	
	voordelen	nadelen	voordelen	nadelen
A1	eenvoudig en goedkoop	zettingsgevoelig	doorvoer boven maatgevende w.s.t. min. grondroering	neiging tot onderloopsheid.
A2	c.f. A1	zettingsgevoeliger dan A1.	c.f. A1	neiging tot onder- en achterloopsheid.
A3	c.f. A1	zettingsgevoelig minder dan A1. scherpe bocht.	c.f. A1. geen holle ruimte aan kerende zijde	neiging tot onder- en achterloopsheid, minder dan A2.
A4	c.f. A1	zettingsgevoelig minder dan A1.	c.f. A1	neiging tot onder- en achterloopsheid.
B1	zettingsvrij	gecompliceerd en kostbaar. ankerblokken nodig. spanningsconcentr. bij fund. overgang	c.f. A1	c.f. A1
B2	c.f. B1. geen ankerblokken nodig	gecompliceerd en kostbaar. sp. conc. bij fund. overgang.	—	neiging tot onderloopsheid. doorvoer onder maatg. watersl. max. grondroering. tijdelijke afdamming noodzakelijk
B3	c.f. B1. geen steunpunten onder water.	gecompliceerd en kostbaar. ankerblokken nodig. zwaarder dan B1. sp. conc. bij fund. overgang	c.f. A1	c.f. A1

→ heeft uitsluitend betrekking op hogedrukleidingen.

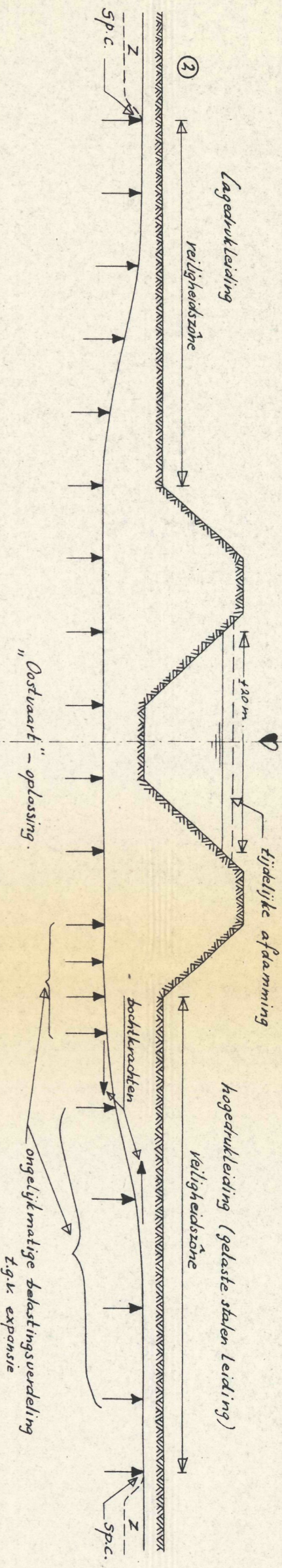
B. Fundering op palen (niet op schaal).



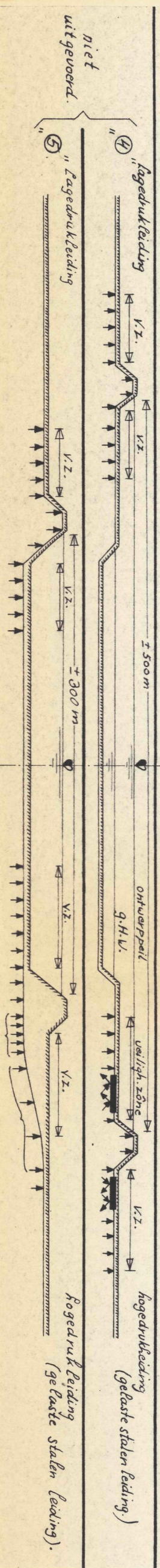
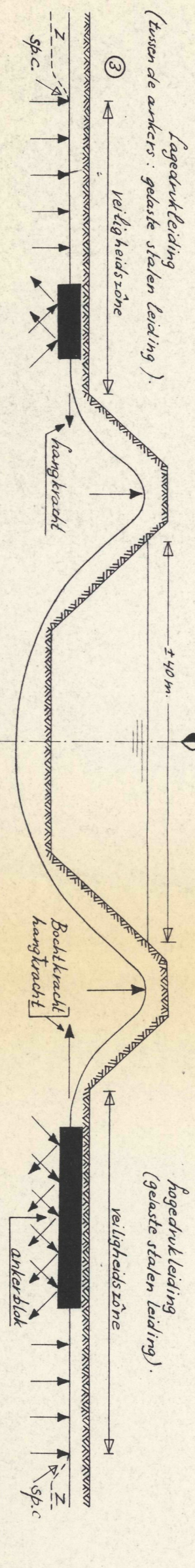
"Dubbele Wiericke" - oplossing.



"Costaart" - oplossing.



"Gouwe" - oplossing (hang brug).



d. Sterkte-eisen voor koppelingen

De vergunningverlenende instantie zal grote aandacht moeten schenken aan gas- resp. vloeistofdichtheid en treksterkte van de verbindingen van buiselementen.[¶] Voor relatief stijve elementen (van beton, asbestcement, gietijzer) is het belangrijk dat enige hoekverdraaiing in de verbinding mogelijk is in verband met mogelijke geringe zettingsverschillen. De hoekverdraaiing moet binnen de door de fabrikant genoemde, en door een bevoegde instantie gecontroleerde toelaatbare hoekverdraaiing blijven. Bij aansluiting van op staal gefundeerde buizen in het veld op een onderheide constructie in de dijk dienen speciale flexibele koppelingen^{xx} te worden toegepast (deze overgang in ieder geval buiten de veiligheidszone).

N.B.

Op de tekeningen moeten alle leidinggegevens, zoals staalkwaliteit, nominale wanddikte, uitwendige diameter, maximale bedrijfsdruk bij M & R-, compressor- of pompstation, afpersdruk, maximum bedrijfstemperatuur, corrosiebescherming en dergelijke worden vermeld (geldt ook voor wegkruisingen en terreinstrekkingen).

¶ De voorkeur dient hierbij te worden gegeven aan gegolfde stalen balgcompensatoren met trekankersysteem. Een combinatie van twee van dergelijke scharnierstukken is in staat zettingsverschillen op te nemen afhankelijk van de toelaatbare hoekverdraaiing ("veerweg" is een functie van het aantal golven) en de onderlinge afstand. Te groot gekozen pendellengte kan leiden tot overbelasting van de compensatoren. Uitvoering is mogelijk in:

- hoogwaardig chroom-molybdeen-staal (16CrMo4) met een trekvastheid van 80-95 kg/mm² en een rekgrens van 60-75 kg/mm²,
- austenitisch (roestvrij) staal.

De compensatoren worden door lassen of flenzen met de leiding verbonden.

* Flensverbindingen zijn voor tijdelijke stalen leidingen voordelig in verband met veelvuldige verlegging. Voor permanente constructies in waterstaatswerken is toepassing af te raden in verband met lekkage-gevaar tengevolge van rek van op trek belaste bouten. In bijzondere gevallen is een flensverbinding toelaatbaar onder toepassing van voorspanbouten.

§ 7. Sterkteberekening

a. belastingen en partiële onzekerheidsfactoren

1. Algemeen

De invloed van een leiding op het waterkerend vermogen van een waterkering of het draagvermogen van een provinciale weg en de vervorming die onder andere door zakkingen van de waterkering of de weg in de leiding wordt teweeggebracht, hangen van zeer veel factoren af. Voor een kruising met inbegrip van de veiligheidszônes moet daarom een sterkteberekening worden verlangd, waarin wordt uitgegaan van gegevens die uit een grondmechanisch onderzoek zijn verkregen.

De inwendige belastingen op de leiding die in rekening moeten worden gebracht, bestaan uit krachten ten gevolge van de inwendige gas- of vloeistofdruk en van temperatuurverandering van de leiding.

De uitwendige belastingen bestaan uit krachten die het gevolg zijn van het gewicht van de bovenliggende grond, eigen gewicht van de leiding, eigen gewicht van de vulling (vloeistof), verkeersbelasting en van ongelijkmatige zettingen van de ondergrond[⌘].

2. Inwendige belastingen

A. Inwendige overdruk

1. Berekening op drukstoten: een berekening moet aantonen dat de druk die voor de sterkteberekening van het leidinggedeelte in de kruising wordt aangehouden, niet kan worden overschreden. Hierbij dient in het bijzonder op drukstoten te worden gelet. Drukstoten in vloeistofleidingen kunnen in een kruising groter zijn dan in de terreinstrekkingen.

⌘ Bij leidingen van kleine diameter en geringe inwendige druk zal het vaak mogelijk zijn een grondmechanisch onderzoek te vermijden en de berekening te baseren op de ongunstigst denkbare belastingen, zodat men er toch zeker van kan zijn, dat de toelaatbare spanning in de buiswand niet wordt overschreden.

Het verdient aanbeveling alle leidingen op drukstoten te berekenen. Bij deze berekening dient niet alleen rekening te worden gehouden met verkeerde manipulaties met afsluiters en het plotseling uitvallen van één of meer compressoren of pompen, maar ook met drukgolven die ontstaan na een breuk elders in de leiding[⌘].

In de vergunningsvoorwaarden dient de bepaling te worden opgenomen, dat bij iedere wijziging van de uitgangspunten van deze berekening opnieuw een vergunning moet worden aangevraagd.

2. Relatieve sterkte: de kruisende leidingstrekking dient ten aanzien van de inwendige druk sterker te zijn dan de terreinstrekkingen. Dit kan worden bereikt door bij de gegeven wanddikte de maximaal toelaatbare inwendige druk te bepalen voor de leidingstrekkingen in het terrein en vervolgens de ontwerpdruk voor de kruisingen 20% hoger te stellen. Bij stalen leidingen kan men voor berekening van de sterkte in de terreinstrekkingen uitgaan van de "vloedruk" als bezwijk criterium^{⌘⌘}.

Onder vloedruk wordt verstaan: de inwendige gas- of vloeistofdruk p_{vl} , waarbij de tangentiële spanning in de buiswand de gegarandeerde minimum rekgrens σ_{vl} zou bereiken. (Voor definitie van de gegarandeerde minimum rekgrens, zie d).

Men kan deze druk berekenen met de formule:

$$p_{vl} = \frac{2\sigma_{vl}'}{D_u} \quad (\text{volgens Barlow}) \quad (1)$$

p_{vl} en σ_{vl} in kg/cm^2

- ⌘ Bij hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato) kan in bijzondere gevallen deze berekening vervallen en de ontwerpdruk gelijk worden gesteld aan de maximale bedrijfsdruk bij M & R-, compressor- of pompstation vermeerderd met een toeslag van 10% voor mogelijke drukoverschrijding tengevolge van drukstoten of andere afwijkingen van het normale bedrijf.
- ⌘⌘ Bij lagedrukleidingen kan een belangrijk deel van de spanning worden veroorzaakt door grondbelasting, vulling en eigen gewicht van de leiding. Dit kan tot gevolg hebben dat de leiding in het terrein altijd bij een lagere druk zal bezwijken dan de druk berekend volgens formule (1); deze lagere druk mag dan in de berekening worden ingevoerd.

waarin: t = de nominale wanddikte in cm.

D_u = de uitwendige diameter in cm.

De ontwerpdruk voor de kruising (behoudens de onder A gevonden uitkomst) bedraagt dan:

$$1,2 \times 2/3 \times p_{vl} = 0,8 p_{vl} \quad (2)$$

waarin: $2/3$ = de gebruikelijke veiligheidsfactor voor staal ten opzichte van vloeistof

p_{vl} = de volgens (1) berekende vloedruk in de terreinstrekking

3. Ontsnappingsclausule: als het (bijvoorbeeld bij bestaande leidingen) redelijkerwijze niet mogelijk is dat de kruising voldoet aan het gestelde onder 2, zou men door het aanbrengen van betrouwbare drukbegrenzingsapparatuur kunnen bereiken dat de druk bij de kruising het berekende maximum niet overschrijdt.

Het is dan wel gewenst dat een daartoe aangewezen overheidsinstantie de goede werking en de juiste afstelling van deze apparatuur garandeert en dat overigens ten genoegen van de beheerder van de waterkering wordt aangetoond dat de toelaatbare druk in de kruising niet kan worden overschreden[⌘].

Dit houdt in dat deze instantie controle blijft uitoefenen zolang de leiding in bedrijf is. Een continue registratie van de druk in de leiding kan hierbij een belangrijk hulpmiddel zijn.

B. Temperatuurspanningen

Spanningen tengevolge van temperatuurveranderingen zijn doorgaans zeer goed te voorspellen. Hierop zijn twee uitzonderingen:

⌘ Beheerders van waterkeringen kunnen hierover advies vragen aan het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen.

- a) bij verpompen van verwarmde gassen en vloeistoffen
- b) bij vrijliggende leidingen (zie § 6 sub 1).

C. Inwendige onderdruk

De leidingsectie moet met een tweevoudige veiligheid bestand zijn tegen vacuüm. Bij kunststoffen moet bij vacuüm een viervoudige veiligheid worden aangehouden, omdat de E-waarde van het materiaal met de tijd afneemt.

3. Uitwendige belastingen

Verscheidene in de sterkteberekeningen in te voeren grootheden, en wel die volgen uit de grondgesteldheid, zijn nooit exact bekend. Daarom dienen de uit het door een onafhankelijk deskundig instituut in te stellen grondmechanisch onderzoek afgeleide grootheden in de sterkteberekening met factoren te worden vermenigvuldigd of erdoor gedeeld, waarin de mate van onzekerheid tot uitdrukking komt.

De grootte van deze factoren kan pas goed worden vastgesteld als ruime ervaring over het gedrag van leidingen in kruisingen is verkregen. Nu deze ervaring er nog niet is, kunnen onderstaande factoren als richtsnoer dienen. De beheerder van de waterkering of weg is evenwel vrij, in bijzondere gevallen hiervan af te wijken, bijvoorbeeld wanneer de eigenschappen van de grond zeer goed bekend zijn, of wanneer deze eigenschappen bijzonder moeilijk zijn te bepalen.

A. Onzekerheidsfactoren voor grondmechanische grootheden

neutrale grondbelasting ten opzichte van de gemiddelde waarde 1,1

passieve grondbelasting ten opzichte van de maximale waarde 1,3

zettingen ten opzichte van de gemiddelde waarde 1,5

zettingen ten opzichte van de maximale waarde 1,3

beddingsconstante ten opzichte van de gemiddelde waarde 1,4

evenwichtsdraagvermogen voor zand ten opzichte van de gemiddelde waarde 1,2

evenwichtsdraagvermogen voor klei en veen ten opzichte van de gemiddelde waarde 1,5

grondwrijving ten opzichte van de gemiddelde waarde 1,4.

Bij de bepaling van de toelaatbare paalbelastingen zal de grondmechanisch adviseur gewoonlijk in zijn advies reeds met onzekerheden rekening hebben gehouden.

In bovenstaande tabel worden onder zettingen slechts de normale zettingen door verhoging van de belasting op de ondergrond verstaan. Er is weinig bekend over zakkingen tengevolge van grondroering bij de uitvoering en tengevolge van dynamisch gedrag van de leiding (zie verder onder B).

Daarom dienen desalniettemin (in ieder geval aan de uitvoeringswijze aangepaste) reserves in de constructie te worden ingebouwd[⌘].

Bij het controleren of een bestaande kruisingsconstructie aan de eisen voldoet, kunnen wanneer betrouwbare gegevens van de opgetreden zettingen beschikbaar zijn de onzekerheidsfactoren voor de zettingen lager worden gesteld.

Indien belastingen van verschillende aard elkaar tegenwerken, moet de grootste met de betreffende factor worden vermenigvuldigd en de kleinste erdoor gedeeld.

B. Zakkingen

Indien voor een kruising een fundering op staal wordt toegepast, vormen zakkingen een belangrijk randgegeven en zij kunnen als volgt worden onderscheiden:

1. zakkingen door consolidatie van waterkering of weg en ondergrond als gevolg van ophoging ter plaatse van de kruising en naaste omgeving.

2. zakkingen tengevolge van het seculair effect van in het verleden uitgevoerde dijkverzwaringen.

⌘ Bij fundering op staal zijn gevallen bekend waarbij tengevolge van zakkingen door grondroering bij de uitvoering en dynamisch gedrag van de leiding de berekende spanningen met 25% werden overschreden.

3. zakkingen tengevolge van de grondroering bij de uitvoering.

4. zakkingen tengevolge van de dynamische invloed van de leiding op de omringende grond onder invloed van fluctuaties in bedrijfsdruk en temperatuur.

ad 1. Deze zakkingen zijn theoretisch te benaderen en worden "zettingen" genoemd.

ad 2. Deze zakkingen zijn naast theoretische benadering mede af te leiden uit de onderhouds-ervaringen van de waterkering-(weg)beheerder en worden eveneens "zettingen" genoemd.

ad 3. Bij de bepaling van deze zakkingen spelen diepte en breedte van de ontgraven c.q. gebaggerde sleuf een rol.

- diepte.

In verband met de werktolerantie van de diverse graaf- en baggermachines wordt een overdiepte toegepast, terwijl een vlak afgewerkte sleufbodem illusoir is. Wordt de sleuf smal gehouden, dan kan een zakking van "klinkpercentage x overdiepte" worden aangenomen.

- breedte.

Als bij de uitvoering een bredere sleuf ontstaat dan ongeveer 2x de buisdiameter gemeten over de top van de buis, kan negatieve kleef optreden door een verschil in klink van de aanvulspecie boven en naast de buis. De zooldruk van de buis wordt hierdoor hoger dan de oorspronkelijk aanwezige korrel-druk met als gevolg "zetting" van de onderliggende lagen met als absoluut maximum "klinkpercentage x buisdiameter" (het klinkverschil zal dan namelijk zijn opgeheven en ten gevolge daarvan de negatieve kleef zijn verdwenen).

ad 4. In theorie is het denkbaar dat een kruisingsconstructie door intermitterende expansie gepaard gaande met grondbreuk (dat wil zeggen overschrijding van maximaal leverbare (passieve) grondbelasting c.q. evenwichtsdraagvermogen) in de grond blijvend van positie verandert, omdat bij grondbreuk irreversibele (plastische) gronddeformaties optreden. Over een eventueel effect van deze aard is momenteel niets bekend.

Verwerking van de beschreven verschijnselen in de sterkteberekening.

"Zettingen" dienen door de grondmechanisch adviseur te worden bepaald (1 en 2). De totale zettingen moeten worden vermenigvuldigd met de onzekerheidsfactoren sub A alvorens in de sterkteberekening te worden ingevoerd.

"Zakkingen" hangen meestal nauw samen met de wijze van uitvoering en zijn derhalve moeilijk bij het grondmechanisch onderzoek te betrekken (met uitzondering van 4).

De zakkingen (3 en 4) kunnen op grond van de huidige praktijkervaring worden getaxeerd op circa 20 cm (bij zorgvuldige uitvoering). Bij onzorgvuldige uitvoering (onnodig diepe ontgravingen) zijn zakkingen geconstateerd van meer dan $\frac{1}{2}$ m.

Voorshands adviseert de T.A.W. bij fundering op staal uit te gaan van een zaktingsverschil van 10 cm ter versterking van het (de) eventuele zettingsverschil(1en).

De voor iedere kruising (uitgezonderd sommige binnenwaterkeringen en behoudens het gestelde in hoofdstuk V) op te stellen sterkteberekening moet alle materiaalspanningen geven tengevolge van de volgende -voor zo ver van toepassing zijnde- belastingen en invloeden.

b. systeemberekening[‡] (stalen leidingen met gelaste verbindingen en op staal gefundeerd)

1. zettingen: de axiale buigingsflexibiliteit van een kruisende leidingstrekking kan ondanks (flexibele) bochten onvoldoende blijken te zijn voor het volledig volgen van te verwachten zettingsverschillen, zodat de kruising zich zal verspannen. Een trekverspanning (kettinglijn) is stabiel (recuperatie volgens Bish & Partners) en wordt soms moedwillig gecreëerd om grote overspanningen te kunnen realiseren (hangbrug). Bij het overbruggen van zettingsverschillen treden ook in rechte leidingen axiale trekkrachten op tengevolge van catenoidale effecten (zogenaamde "Seil"-werking). Een drukverspanning (portaalwerking) is labiel (progressie volgens Bish & Partners) en kan aanleiding geven tot knik, wanneer laterale reacties de neutrale grondbelasting (druk) overschrijden en de inwendige druk wegvalt.

Bij hooggelegen kruisingsconstructies in dijken, kaden en wegen, waarbij laterale groundbreuk optreedt, zal daarom een knikberekening (zonder inwendige druk) moeten worden uitgevoerd (vereiste knikveiligheid is 2). Door het aanbrengen van compensatielussen kan men de te gering gebleken verticale elastische buigingsflexibiliteit van de kruising vervangen door een adequate torsie-flexibiliteit (met de mogelijkheid van voorspanning). De torsie-grondwrijving als functie van de verplaatsing wordt dan belangrijk en heeft een ongunstig effect op de spanningen in de leiding.

Bij doorgaande zetting treedt na volledige ontwikkeling van de torsie-grondwrijving zogenaamde torsie-groundbreuk op. De problemen van drukverspanning en knik verleggen zich bij torderende kruisingsconstructies echter doorgaans van het verticale- naar een hellend systeemvlak, waarbij van een gunstiger spanningsbeeld nauwelijks sprake is.

‡ Voor onderheide stalen leidingen en dito betonnen leidingen met doorgelaste stalen kern is het gestelde sub 1 (hangbrug), 2 (expansie en verankering) en 5 (invloedszône) mede van belang.

Een waterbouwkundig voordeel van deze methode kan echter zijn, dat de pijp zich in plaats van verticaal, onder een hoek ten opzichte van de omringende grond beweegt, waardoor de ruimte meer naast dan onder de pijp ontstaat en mogelijk gemakkelijker door de bovenliggende grond door nastorten kan worden opgevuld.

2. lengteveranderingen door bochtkrachten, contractie en temperatuursinvloeden (expansie): een onverankerd recht leidinggedeelte begrensd door bochten c.q. een éénzijdig verankerd recht leidinggedeelte met een bocht aan het vrije einde ondergaat een verlenging onder invloed van de bochtkrachten (axiale trekspanning is de halve ringspanning), welke verlenging echter ten dele wordt gecompenseerd door de verkorting tengevolge van contractie (constante van Poisson: $\nu = 0,3$), zodat resteert een verlenging overeenkomend met een trekspanning van $0,5 - 0,3 = 0,2$ x de ringspanning. De langsspanning blijft echter in eerste instantie $0,5$ x de ringspanning, dit in tegenstelling tot een tweezijdig verankerd recht leidinggedeelte met $0,3$ x de ringspanning. Deze verlengingen, eventueel nog versterkt door het effect van een temperatuursverhoging van circa 10°C (ondergronds en onverwarmde media), worden tegengewerkt door de grondwrijving langs de buis als functie van de verplaatsing en de grondtegendruk bij laterale uitwijking van buis en bochten (k-waarde). Indien de relatieve axiale verplaatsingen van de leiding ten opzichte van de omringende grond de in het grondmechanisch rapport opgegeven verplaatsingen, benodigd voor de ontwikkeling van de volledige langsgroundwrijving, overschrijden, treedt zogenaamde axiale grondbreuk op. Gemakshalve is het uitsluitend voor de systeemberekening toegestaan de horizontale en verticale laterale reacties over de volle buisdiameter te laten werken (de k-waarden worden dienovereenkomstig bepaald). Voor de spanningsberekening gelden de β -waarden.

Bij de verwerking van zettings-, expansie- en torsie-effecten kan gebruik worden gemaakt van een computer[✱]. Systeem-analyse, programma, in- en output behoeven in dat geval de goedkeuring van de vergunningverlenende instantie. Bij de opzet van een computerberekening moet worden uitgegaan van de ongunstigste waarden voor laterale beddingsconstanten en grondwrijvingen met bijbehorende verplaatsingen. Correcties in verband met laterale-, axiale en torsie-grondbreuk moeten worden gebaseerd op de ongunstigste waarden voor passieve grondbelasting (druk), evenwichtsdraagvermogen en grondwrijvingen. De tweede en eventuele volgende computergangen, aangeduid als (re)iteratie, moeten een eindresultaat opleveren, waarbij in geen enkel punt van de in beschouwing genomen leidingtrekking de laterale- en wrijvingsreacties uitgezet tegen de bijbehorende relatieve verplaatsingen de in het grondmechanisch rapport opgegeven ongunstigste waarden voor passieve grondbelasting (druk), evenwichtsdraagvermogen, beddingsconstanten, langs- en torsiewrijving met meer dan 5% over- respectievelijk onderschrijden.

3. laterale beddingsconstante: deze bepaalt bij elastische gronddeformatie volgens Hetényi lengte van en drukverdeling over de oplegzones, waar indirecte zettingsbelastingen en expansiekrachten aan de grond worden afgegeven, alsmede de axiale momenten in de leiding. Bij mantelbuizen moet de lengte zodanig worden gekozen, dat de gemiddeld over de oplegzone optredende funderingsdruk ligt tussen 50% en 75% van het evenwichtsdraagvermogen.

4. bepaling van de ongunstigste waarde van laterale en frictionele beddingsconstanten (k_l en k_w): dit probleem is dermate gecompliceerd, dat doorgaans bij elke kruisingsconstructie een daartoe gericht onderzoek noodzakelijk zal zijn.

✱ Indien hierbij de "(staaf)elementen-methode" wordt toegepast, worden de recuperatie- en progressie-effecten automatisch verdisconteerd. Aangezien de zettingen bij deze methode als opgelegde verplaatsingen worden ingevoerd, is de methode Hetényi niet bruikbaar (deze methode verwerkt alleen belastingen, geen verplaatsingen). Deze taak wordt echter eveneens door de computer overgenomen.

De ingenieurbureaux Rutten en Kruisman (k_1 en k_w) en Bish & Partners (k_1) hebben oriënterende onderzoeken verricht, op grond waarvan onder meer de volgende algemene indicaties kunnen worden gegeven:

- a) rechte kruisende leidingstrekking annex invloedszônes (uitsluitend zettingsbelasting):
 - een hoge waarde van k_1 is ongunstig ten aanzien van de tangentiële spanningen in de buiswand door een steile dwarskrachtgradiënt (hoge Q_D);
 - een lage waarde van k_1 is ongunstig ten aanzien van de axiale spanningen door hoge langsmomenten;
 - k_w is hierbij niet van belang.
- b) gebogen kruisende leidingstrekking:
 - bij een tengevolge van druk, temperatuur of zetting expanderende leidingbocht in de grond is sprake van een kritiek k_1 -traject, waarbij zowel tangentieel als axiaal de spanningen maximaal zijn door hoge Q_D en langsmomenten. Het hangt van de geadviseerde gemiddelde k_1 -waarde af, of men ter verkrijging van de meest ongunstigste condities een hoge of een lage waarde moet invoeren (met andere woorden met 1,4 moet vermenigvuldigen of erdoor delen). De bepaling van het kritieke k_1 -traject is praktisch uitsluitend met behulp van een computer uitvoerbaar. Bij een "handberekening" blijft ook de mogelijk optredende tekenomslag van momenten en dwarskrachten buiten beschouwing, hetgeen tot te gunstige uitkomsten kan leiden. Hier staat tegenover dat bij handberekeningen schematisaties nodig zijn, welke altijd aan de veilige kant moeten worden gedaan, zodat enige reserve in de constructie aanwezig is;
 - de keuze van k_w kan eveneens slechts na onderzoek worden gedaan.

Het onderzoek van het ingenieurbureau Rutten en Kruisman naar k_w had betrekking op een concreet geval, namelijk een hoofdaardgasleiding $\varnothing$ 45 cm met een ontwerpdruk van 67,5 ato.

De resultaten kunnen dan ook niet zonder meer worden toegepast op andere diameters en drukken, doch kunnen wel dienen als zeer globale indicatie voor kruisingen van hogedrukleidingen met hoofdwaterkeringen en boezemwateren annex kaden.

Het onderzoek, dat voor elke kruising moet worden uitgevoerd, is en blijft bepalend.

De uitkomsten gelden voor het geval, dat er geen laterale grondbreuk optreedt; de opgave voor de toestand, waarbij deze grondbreuk wel optreedt, geeft de voorlopige inzichten van de provinciale waterstaat weer.

Hoofdwaterkeringen (staande boog)

- bij gelijke grondkwaliteit in kruising en veld,
zonder grondbreuk: lage waarde van k_w ongunstig.
met " : hoge " " " "
- bij hogere grondkwaliteit in de kruising dan in het veld,
zonder grondbreuk: lage waarde van k_w ongunstig
met " : hoge " " " "
- bij lagere grondkwaliteit in de kruising dan in het veld,
zonder grondbreuk: hoge waarde van k_w ongunstig
met " : " " " " "

Boezemwateren annex kaden (zinker)

- bij alle combinaties van grondkwaliteit in kruising en veld,
zonder grondbreuk: hoge waarde van k_w ongunstig
met " : lage " " " "

- c) het is gebleken dat men bij hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato) maximaal $2 \times 5 = 10\%$ aan veiligheid inboet, indien men uitgaat van de gemiddelde waarden van k_l en k_w in plaats van de ongunstigste extremen. Extra reductie van de toelaatbare spanning met 10% zou voor dit soort leidingen als alternatief voor een onderzoek naar de ongunstigste waarden zijn te overwegen. Voor lagedruk-leidingen zijn dezelfde problemen geldig en dient een onderzoek plaats te vinden (geen vervangingsreductie).

5. invloedszône: mechanische invloeden (verplaatsing, krachten) op een leidinggedeelte buiten de veiligheidszône kunnen nog uitwerking hebben op het gedeelte binnen deze zône. Derhalve moet er een invloedszône worden bepaald die zich eveneens langs de waterkering uitstrekt, maar die breder is dan de veiligheidszône. De invloedszône moet zo breed zijn dat mechanische invloeden buiten de invloedszône praktisch geen uitwerking kunnen hebben op het leidinggedeelte in de veiligheidszône. Deze breedte is te bepalen met een rekenmethode die onder andere uitgaat van de veronderstelling dat de buis kan worden voorgesteld als een elastisch ondersteunde ligger. Men kan dan voorschrijven dat de zogenaamde "tie-in" lassen[⌘] buiten de invloedszône moeten liggen. De tussen beide lassen besloten leidingstrekking moet bij ontwerp en uitvoering als één geheel worden beschouwd. Speciale aandacht dient hierbij te worden besteed aan spanningsvrije montage, een goede uitvoering van het grond- en baggerwerk en een juiste maatvoering voor wat betreft het horizontaal en verticaal verloop van de pijpleiding.

⌘ Dit zijn de lassen die als laatste worden gemaakt om het gereedgekomen kruisingsgedeelte aan de terreingedeelten te verbinden.

c. spanningsberekening[⌘] (leidingen op staal gefundeerd)

1. inwendige gas- of vloeistofdruk (ontwerpdruk): de maximale ringspanning wordt als gemiddelde aangehouden en bepaald volgens Lamé, met toeslagen in binnenbochten volgens Wilbur. Als langsspanning wordt de halve ringspanning in rekening gebracht, met toeslagen in binnenbochten volgens Bish & Partners.

2. grondbelasting: neutraal indien er geen zettingen zijn. De tangentiële buigspanningen tengevolge van de direct aan de ondergrond overgedragen bovenbelasting worden bepaald volgens Spangler, evenals de reducerende invloed hierop van de inwendige druk, het zogenaamde "rerounding effect". Volgens deze auteur is de belastingshoek $\alpha = 180^\circ$, terwijl de ondersteuningshoek $\beta = 30^\circ$ voor in een sleuf gelegde leiding behoudens het gestelde sub 7 ($\beta = 120^\circ$ voor een doorgeperste mantelbuis).

3. horizontale steundruk.

A. (tangenteel) flexibele buizen (staal, kunststoffen): in verband met voornoemd rerounding effect mag in cohesieve gronden geen horizontale steundruk in rekening worden gebracht; aan zandgrond onder het phreatisch vlak mag incidenteel ten hoogste actieve steundruk worden ontleend. Voor mantelbuizen kan in alle grondsoorten horizontale steundruk in aanmerking worden genomen. Indien wordt doorgeperst met verdikte rand mag ten hoogste actieve steundruk in de berekening worden betrokken. Bij doorpersing zonder verdikte rand in samendrukbare gronden mag ten hoogste neutrale steundruk worden gebruikt; uitsluitend in zandgrond is toepassing van de zogenaamde Iowa-formula toegestaan.

⌘ Voor onderheide leidingen is het gestelde sub 1, 2 (β afhankelijk van oplegging), 4 (vrije overspanning), 5, 6, 8 en 9 mede van belang.

B. (tangentieel) starre buizen (beton, gietijzer, asbest-cement):

aangezien het rerounding effect bij deze buizen te verwaarlozen is, mag in alle grondsoorten horizontale steundruk in rekening worden gebracht, doch ten hoogste actieve steundruk; bij doorpersing zonder verdikte rand hoogstens neutrale steundruk.

4. zettingen: indien de leiding voldoende flexibel is om de zettingsverschillen geheel te kunnen volgen, treedt eveneens neutrale grondbelasting op. Het bovenbelastingsgedeelte (zettingsbelasting), dat nodig is voor deze deformatie wordt (zijdelings) indirect aan de ondergrond overgedragen met axiale- en tangentiële buigspanningen, welke laatste kunnen worden bepaald volgens Bish & Partners (β conform sub 2).

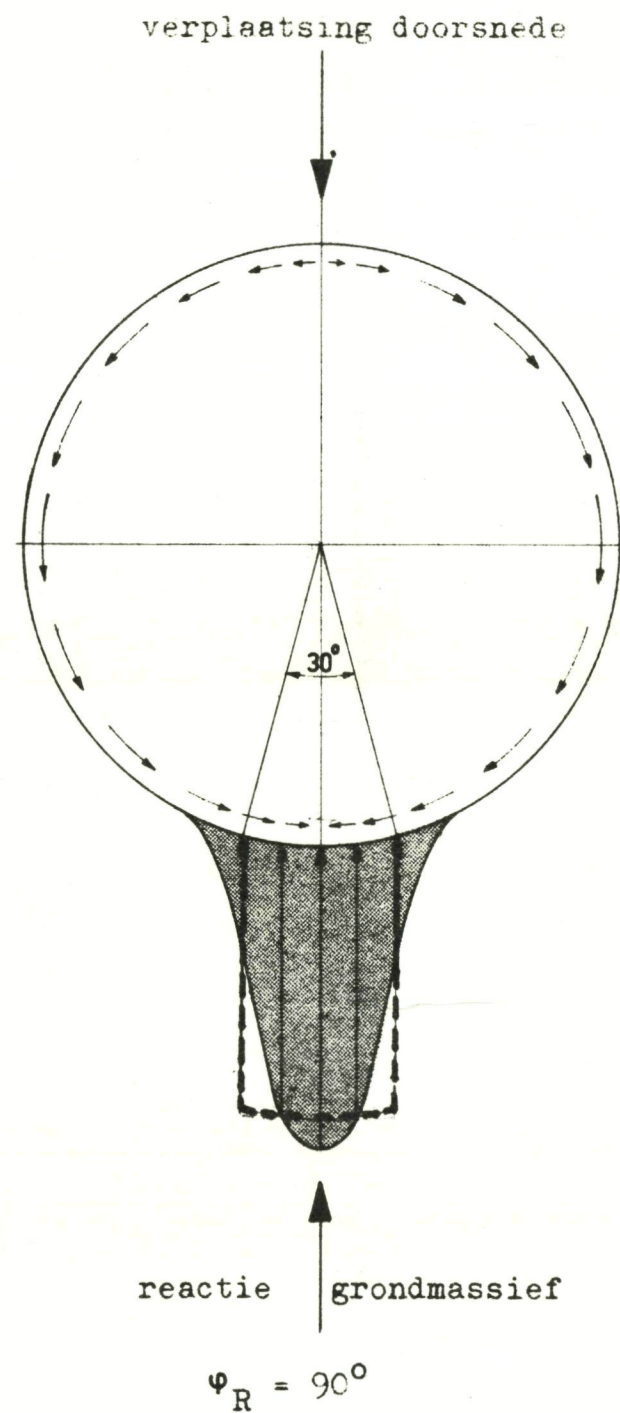
Indien wordt gerekend volgens Mang moeten de coëfficiënten worden gebruikt, welke behoren bij een gelijkmatig over de ondersteunings- respectievelijk belastingshoek verdeelde en verticaal georiënteerde zooldruk respectievelijk schedeldruk[#].

Het resterende bovenbelastingsgedeelte wordt verwerkt volgens Spangler (direct). De "rerounding"-factor volgens Spangler is gemakshalve ook voor de indirecte tangentiële buigspanningen toegestaan. Indien de leiding onvoldoende flexibel is om de zettingsverschillen volledig te kunnen volgen, treedt passieve grondbelasting op, welke geheel indirect wordt overgedragen op de ondergrond (vrije overspanning, zoals ook bij een onderheide leiding).

De volledige spanningsberekening is door Rutten en Kruisman voor behandeling met een computer geschikt gemaakt. Hierbij zou in tweeërlei opzicht worden afgeweken van de bij de methoden Spangler/Bish & Partners/Mang gestelde uitgangspunten, namelijk:

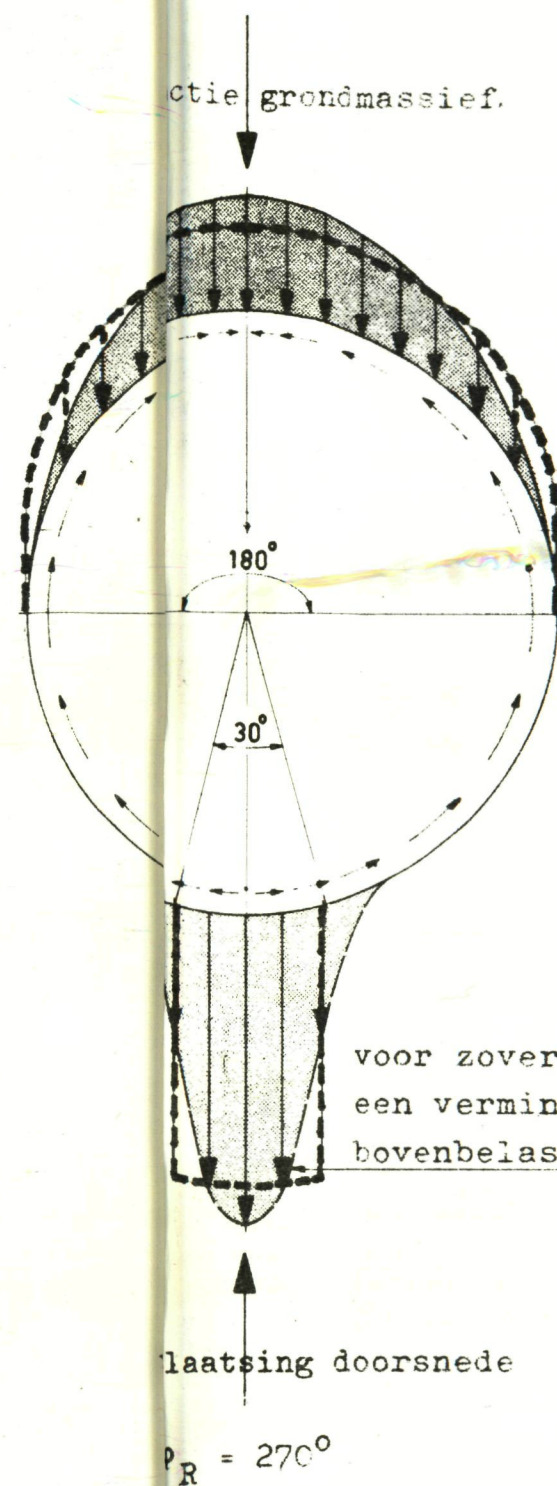
- a) sinusvormige (harmonische) verdeling van schedel- en zooldruk over belastings- respectievelijk ondersteuningshoek (in plaats van gelijkmatig);
- b) radiaal gerichte belasting en reactie (in plaats van verticaal).

De eerste wijziging werkt spanningsverhogend, de tweede verlagend (derhalve mutatie b niet aanvaard).

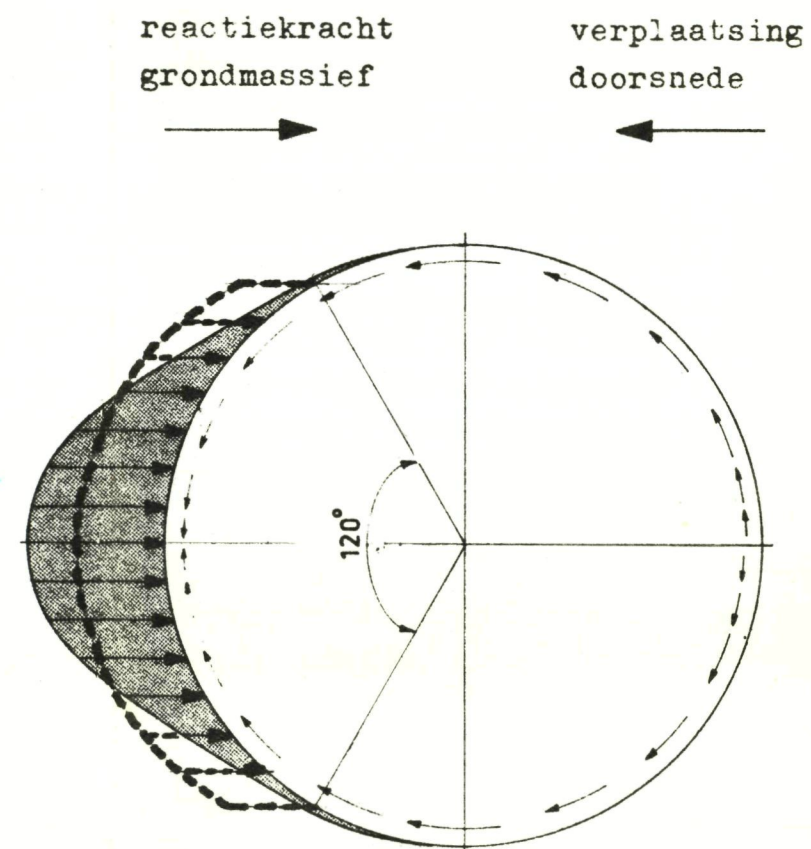


■ volgens Rutten & Kuisman.
 --- volgens Spangler, Bish & Partners, Mang.

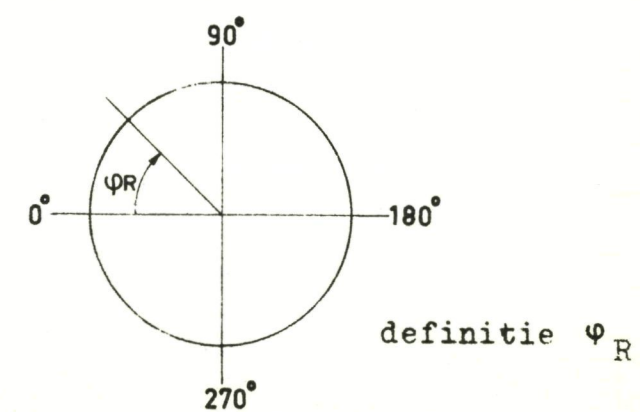
GRAFISCHE WEERGAVE VAN DE UITGANGSPUNTEN INZAKE HET LOOP VAN DE
 GRONDDRUK OVER DE OMTREK VAN DE DOORSNEDE IN GEVAL OPTREDENDE REACTIEKRACHTEN.

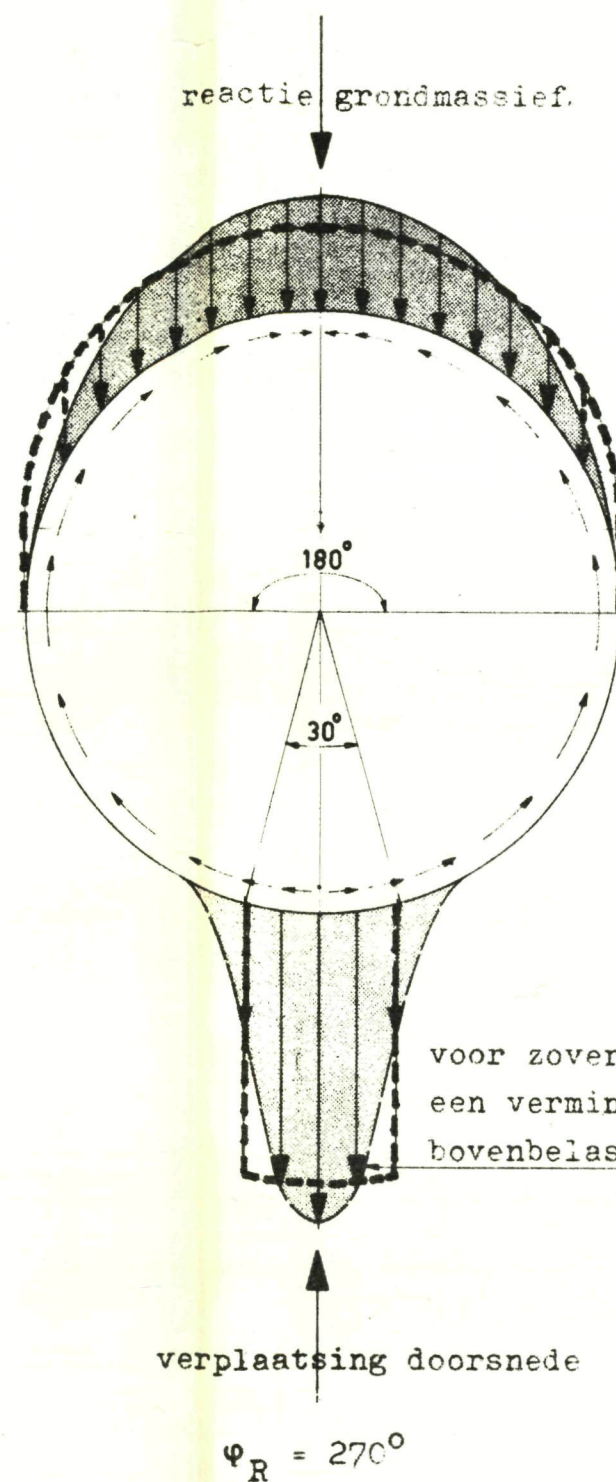
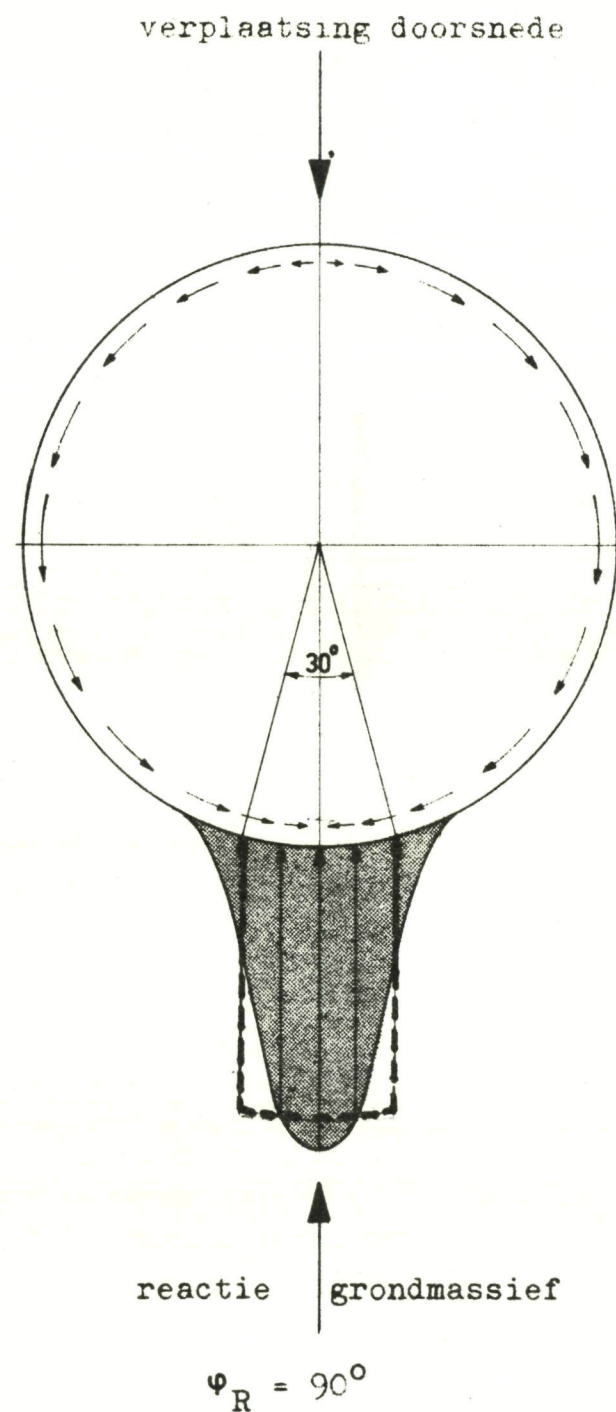


voor zover de reactiekracht
 een vermindering van de
 bovenbelasting betekent.

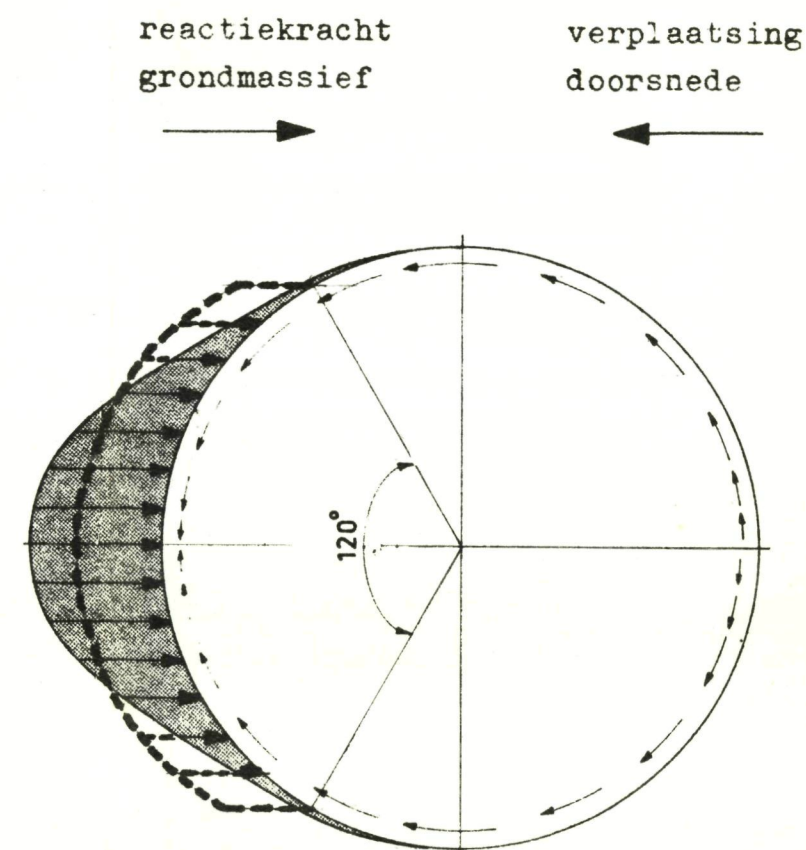


$\varphi_R = 0^\circ$ of 180°
 (getekend $\varphi_R = 180^\circ$)

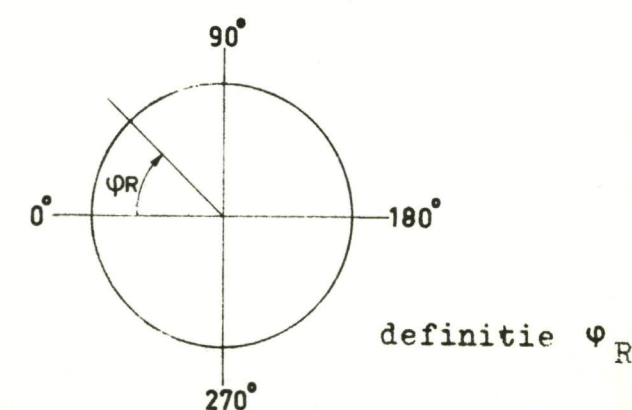




voor zover de reactiekracht
een vermindering van de
bovenbelasting betekent.



$\varphi_R = (^\circ \text{ of } 180^\circ)$
(getekend $\varphi_R = 180^\circ$)



volgens Rutten & Kruisman.
volgens Spangler, Bish & Partners, Mang.

GRAFISCHE WEERGAVE VAN DE UITGANGSPUNTEN INZAKE HET VERLOOP VAN DE
GRONDDRUK OVER DE OMTREK VAN DE DOORSNEDE IN GEVAL VAN OPTREDENDE REACTIEKRACHTEN.

Bij doorgaande zetting treedt na volledige ontwikkeling van de passieve grondbelasting zogenaamde laterale grondbreuk op. Hetzelfde geldt voor de horizontale passieve gronddruk bij torderende kruisingsconstructies.

5. verkeersbelasting: bij kruisingen van waterkeringen moet gerekend worden op een toevallige voertuigpassage met een aslast van 10 t; bij provinciale wegkruisingen al of niet gecombineerd met boezemwateren of dijken moet eveneens gerekend worden op een aslast van 10 t, doch hierbij wordt het aantal aspassages van deze grootte gedurende de economische levensduur van een pijpleiding voldoende geacht om een onderzoek naar vermoeiingsverschijnselen, bijvoorbeeld door middel van een Smith-diagram te rechtvaardigen. De spreiding van de wiellasten in de ondergrond geschiedt volgens Newmark. De toe te passen stoot-coëfficiënt is vastgesteld op 2. De spanningsberekening is conform die voor grondbelastingen. Indien bij een wegkruising gerekend wordt met een aslast van 20 t, kan het vermoeidheidsonderzoek vervallen.

6. eigen gewicht: het eigen gewicht van transportleiding en eventuele mantelbuis minus opwaartse waterdruk moet in de berekening worden betrokken; bij vloeistofleidingen tevens het gewicht van de vulling. In de berekening van de maximaal toelaatbare afpersdruk moet het gewicht van de watervulling worden verdisconteerd. De spanningsberekening geschiedt als voor grondbelastingen.

7. evenwichtsdraagvermogen: dit kan bij doorgaande transportleidingen worden overschreden (in dat geval is er eveneens sprake van laterale grondbreuk, waarbij $\beta = 180^\circ$). In verband met dit effect kunnen de volgende β -waarden worden aangehouden:

optredende funderingsdruk (over de volle leidingdiameter)	indrukking (over de volle leidingdiameter)		β
	zand	klei/veen	
$\sigma \leq 50\%$ van het evenwichts- draagvermogen	$\sigma \leq 1$ cm (elastisch)	$\sigma \leq 5-10$ cm (elastisch)	30°
Voor tussenliggende waarden kan rechtlijnig worden geïnterpoleerd			
$\sigma = 100\%$ van het evenwichts- draagvermogen	$\sigma = 2$ cm (quasi- elas- tisch)	$\sigma = \infty$ (plas- tisch)	180°

8. bochtflexibiliteit en "stress-intensification": bochten met sterke kromming hebben een aanzienlijk lagere axiale buigingsstijfheid dan equivalente rechte pijp. Deze flexibiliteit moet in de berekening worden verdisconteerd, en gaat gepaard met een toeslag op de tangentiële buigspanningen (extra ovalisatie van de buis). Tevens treedt een intensivering op van de axiale buigspanningen.

Het rerounding effect volgens Rodabaugh en George kan op deze verschijnselen worden toegepast. Het voorgaande betreft buiging in het vlak van de bocht (in plane-bending). Voor buiging uit het vlak van de bocht (out of plane-bending) treden dezelfde effecten op. Hierbij heeft gedeeltelijke omzetting plaats van torsie in buiging (bij een bocht van 90° is de omzetting volledig). De genoemde verschijnselen kunnen bij stalen leidingen worden berekend volgens de ASA/USAS/ANSI.B31.8-code[⌘], met dien verstande dat de stress-intensificationfactor i voor de tangentiële effecten ≥ 0 mag worden gekozen in tegenstelling tot de (zelfde) i -waarde voor de axiale invloed, die ≥ 1 moet worden genomen.

⌘ De stress-intensificationfactoren kunnen algemeen worden bepaald volgens Clark en Reissner, waarbij in tangentiële richting waarden worden gevonden die het dubbele kunnen bedragen van die volgens de B31.8. Het verschil in uitkomst wordt veroorzaakt door het al of niet in rekening brengen van een spanningsvereffenend effect door het plaatselijk bereiken van de vloeigrens bij stalen leidingen.

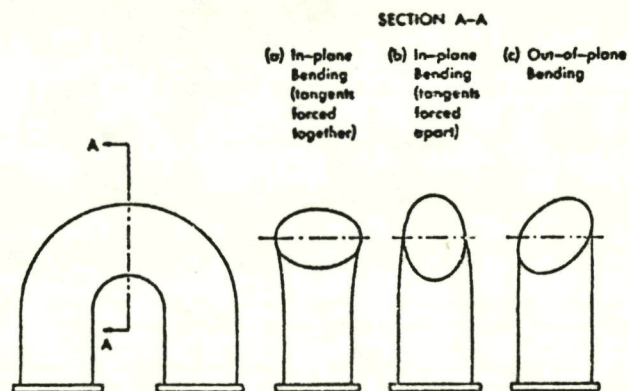


FIG. 3.1 Ovalization (flattening) of pipe bends under external bending moments. Exaggerated.

with 6-157. IV - 52-2-14.

9. uitwendige waterdruk: gezien het radiaal gerichte, compressieve (gunstig), nagenoeg alzijdige en in grote beperkte karakter, is deze belasting voor de sterkteberekening van weinig betekenis. De mogelijkheid van implosie (plooien) bij wegvallen van de inwendige overdruk of bij ontstaan van onderdruk door drukstoten, dient te worden onderzocht.
10. thinsulator-contactdrukken: indien de deformaties van een mantelbuis tengevolge van bovenbelasting en/of zetting onvoldoende door de vrije ruimte tussen mantelbuis en transportleiding (annulaire ruimte) worden toegelaten, treden contactdrukken op welke plaatselijk een geringere thinsulator-afstand dan de gebruikelijke 2-4 m noodzakelijk maken. De contacthoek voor de spanningsberekening van transportleiding en mantelbuis is afhankelijk van diameter en deflectie van beide buizen.
11. superpositie: alle axiale respectievelijk tangentiële spanningen moeten worden gesuperponeerd tot gecombineerde spanningen. De bepaling van de grootste hoofdspanning volgens Mohr c.q. de ideale spanning in stalen leidingen volgens Huber-Hencky is alleen noodzakelijk ingeval van belangrijke torsiespanningen. Doorgaans is een gecombineerde spanning maatgevend. Speciale aandacht is geboden bij hogedrukleidingen (≥ 10 ato) voor verwarmde olie en dergelijke (zie hoofdstuk IV, § 1 sub c-9). Andere rekenwijzen dan hier omschreven zullen, alvorens te worden toegestaan, worden onderworpen aan een nader onderzoek door de vergunningverlenende instantie.
- d. toelaatbare materiaalspanningen en reductie(schade) factoren
1. Algemeen
- De algebraïsche som van de berekende spanningen in respectievelijk axiale en tangentiële richting tengevolge van de meest ongunstige combinatie die kan optreden van de aldus

vastgestelde in- en uitwendige belastingen mag nu nergens de hieronder aangegeven toelaatbare spanning overtreffen. De toelaatbare spanning moet worden vastgesteld als produkt van de toelaatbare materiaalspanningen, die in onderstaand overzicht zijn vermeld en een reductie(schade)factor. De schadefactor dient om de toelaatbare spanning te bepalen afhankelijk van de gevolgen van een calamiteit. Als regel kan men voor deze schadefactor een waarde kiezen die kan variëren van 1 tot $3/4$.

2. Toelaatbare materiaalspanningen (ongereduceerd)

Staal

Voor stalen leidingen is de toelaatbare spanning in tangentiële richting gelijk aan $2/3$ van de gegarandeerde minimum rekgrens van het materiaal (berekend bij nominale wanddikte).

De gegarandeerde minimum rekgrens is de materiaalspanning, waarbij na ontlasting een blijvende rek overblijft, die gelijk is aan 0,2% van de oorspronkelijke meetlengte.

De rekgrens kan ook de spanning zijn, waarbij onder belasting een totale rek optreedt die gelijk is aan 0,5% van de oorspronkelijke meetlengte (meestal ruwweg "vloei-grens" genoemd).

Bovengenoemde waarden dienen bij 20°C te worden bepaald. Hiervoor mag niet meer dan 75% van de breukgrens worden ingevoerd. In axiale richting is de toelaatbare spanning $3/4 \times 2/3 = 1/2$ van de gegarandeerde minimum rekgrens[⌘].

Gietijzer

- a) Grijs gietijzer is bros bij trek of buigtrek. De toelaatbare spanning = $2/5$ van de breukgrens.
- b) Nodulair (ductile) gietijzer heeft wel een vloei-traject. De toelaatbare spanning = $1/2$ van de breukgrens.

⌘ Indien bepaalde eigenschappen van het materiaal zijn verkregen als gevolg van koud vervormen en de leiding tot boven 300°C wordt verhit (lassen uitgezonderd), is de toelaatbare spanning ook in tangentiële richting $3/4 \times 2/3 = 1/2$ van de gegarandeerde minimum rekgrens.

Beton (vloeistofleidingen)

In verband met de eis van vloeistofdichtheid van de leiding en corrosiebescherming van het wapeningsstaal is scheurvorming in betonbuizen ontoelaatbaar. Hieraan wordt tegemoet gekomen door de gewapende betonbuizen te berekenen met ongescheurde trekzône en door het toepassen van voorgespannen beton. Voor de berekening van gewapend beton en voorgespannen beton wordt verwezen naar de G.B.V. Gewapend Beton Voorschriften, en de R.V.B. Richtlijnen voor Voorgespannen Beton.

In de praktijk doen zich echter gevallen voor waarbij voorgespannen betonbuizen onverklaarbare scheurvorming vertonen. Bovendien mag de bij het ontwerp van voorgespannen betonbuizen normaliter als reserve voor onverwacht hoge drukstoten in beschouwing genomen ventielwerking niet in de berekening worden opgenomen.

Koper (vloeistofleidingen)

Voor het bepalen van de breukgrens in koperen buizen kan worden verwezen naar: Keuringseis no.57 van het K.I.W.A. Koper heeft een vloeitraject. De toelaatbare spanning = $1/2$ van de breukgrens.

Asbest-cement

Buizen van asbest-cement moeten met voorzichtigheid worden getransporteerd en gelegd vanwege het gevaar van brosse breuk. Voor asbest-cement moet worden aangehouden N.E.N. 3262, kwaliteitseisen voor asbest-cementbuizen bestemd voor transport onderdruk van drinkwater, rioolwater en gas.

Kunststoffen [≠]

Kunststofleidingen mogen niet op palen worden gefundeerd. Voor de toelaatbare spanning in enige thermoplastische kunststoffen kan worden verwezen naar N.E.N. 2670 "Algemene richtlijnen voor het toepassen van kunststofleidingen".

≠ Gewapende kunststofmortelbuizen (met glasvezel gewapend polyester en kwartszand) en polybetonbuizen (beton, waarin het cement is vervangen door polyester- of epoxyhars) kunnen mutatis mutandis worden behandeld als kunststofleidingen resp. betonleidingen.

Leidingen van deze materialen dienen in verband met koudbroosheid vorstvrij te worden gelegd. Bij hogere temperaturen dan 20°C (verwarmde gasen en vloeistoffen) moeten de toelaatbare spanningen drastisch worden verlaagd. De toelaatbare tangentiële spanningen in enige thermohardende kunststoffen zijn (volgens KIWA):

voor met glasvezel gewapend polyester: $38,5 \text{ N/mm}^2$
(385 kgf/cm^2)

voor met glasvezel gewapend epoxy: 50 N/mm^2
(500 kgf/cm^2).

Glasvezels kunnen gevaarlijk in sterkte achteruitgaan bij binnendringen van vocht. Voor de bovengenoemde waarden is daarom de helft van de dynamische elasticiteitsgrens van de kunststof gekozen.

3. Materiaal-keuze[✕]

Stalen leidingen met gelaste verbindingen zijn algemeen bruikbaar.^{✕✕} Bij niet al te grote zettingen, of als een paalfundering wordt toegepast, komen leidingelementen van gewapend of voorgespannen beton of van nodulair gietijzer eveneens in aanmerking. (Voor nadelen van voorgespannen beton zie 2).

De koppelingen tussen deze buiselementen moeten trekvast en buigzaam zijn. Ook voor leidingen van andere materialen worden in punt 2 toelaatbare spanningen genoemd. De technische ontwikkeling op dit gebied is snel. Momenteel hebben kunststoffen en grijs gietijzer echter nog eigenschappen, die voor toepassing in waterkeringen en wegen ongunstig kunnen zijn (zie 2). Bij ontwerp en uitvoering moet terdege met deze eigenschappen rekening worden gehouden. De toepassing van asbest-cement en lood moet in het algemeen worden ontraden.

✕ Bij het toepassen van de sub 2 genoemde materialen voor gasleidingen moeten deze zodanige eigenschappen bezitten, dat een eventuele breuk slechts over beperkte lengte kan optreden.

✕✕ Voor zuurstofleidingen is in verband met brandgevaar roestvrij staal voorgeschreven.

4. Reductie(schade)factoren

De "schadefactor" te variëren van 1 tot 0,75 op grond van de grootte van het risico van levensgevaar en materiële schade.

- 1) Waterkeringen, die continu of regelmatig moeten functioneren:

Personele risicofactoren

- A. geen reëel levensgevaar
- B. levensgevaar voor enkele mensen
- C. levensgevaar voor vele mensen

Materiële risicofactoren

	Schade door inundatie	Schade aan de waterkering	Hinder scheepvaart	Verstoring waterhuishouding
	betreft:	betreft:		
D	agrarisches gebied met weinig bebouwing	waterkeringen langs kleine wateren, b.v. binnenboezems	geen	gering
E	klein stedelijk gebied of gebied met dorpsbebouwing, weinig industrie	grote boezem- of kanaaldijken	geringe of matige hinder	enige stagnatie van wateraan- en afvoer
F	belangrijke bebouwing, veel industrie	b.v. hoofdwaterkering als schaar-dijk, kade aan grote boezem zonder boezemscheidingen	zeer belangrijke hinder	ernstige verstoring b.v. in verband met drinkwater-voorziening

Personele risicofactor

C	0,75	0,75	0,75
B	0,90	0,85	0,80
A	1	0,95	0,85

D E F materiële risicofactor

- 2) Voor waterkeringen, die uitsluitend bij doorbraak van een andere waterkering water moeten keren en voor provinciale (secundaire en tertiaire) wegen, geldt schadefactor = 1.

Voorbeelden bij het bepalen van schadefactoren[⌘].

	Personele risico- factor	Materiële risico- factor	Schadefactor	
Rechter IJsseldijk bij Windesheim	B	FFEE	B-F	0,80
Noordelijke dijk van de Overijsselse Vecht benedenstrooms van Dalfsen	B	DEDD	B-D	0,90
Kaden van het Water- schap Wollegaast bij Sloten (Friesland)	A	DDDD	A-D	1
Zeedijk Harlingen- Afsluitdijk	C		C	0,75
Afsluitdijk Lauwerszee	B	DFDF	B-E	0,85
Dijken rond Lauwerszee			2	1
Eemskanaaldijken	B	EEFE	B-E	0,85
Dijk O-Flevoland langs kleine IJsselmeer	C		C	0,75
Dijk O-Flevoland langs Veluwemeer	B	FFEE	B-F	0,80
Dijk langs kanaal door Walcheren	B	EEEE	B-E	0,85
Dijk Vliissingen-Sloe langs Westerschelde	C		C	0,75
Ringdijk Haarlemmermeer	B	FEFF	B-F	0,80
Kade Zweilanderpolder 1,50 m diepe polder langs de Kaag	B	DDDD	B-D	0,90
Lakerpolder in Kager- plassen, geen bebouwing	A	DDDD	A-D	1
Kade Lisser Poelpolder langs ringvaart Haar- lemmermeer	C		C	0,75
Kade van de Meer- of Buurtwatering bij Stompwijk (Z.H.)	B	FDEE	B-E	0,85
Kade Stom- en Hornmeer- polder (Aalsmeer) langs Braassemermeer	C		C	0,75
Kade Stom- en Hornmeer- polder langs Molen- boezem	B	FDDE	B-E	0,85

⌘ De beheerder van de waterkering is uiteraard vrij van genoemde schadefactoren af te wijken.

HOOFDSTUK IV: Formules, grafieken, tabellen en literatuur.

§ 1. Formules, grafieken en tabellen

- a. in verband met het waterloopkundig onderzoek
grootte van de drukstoot in vloeistofleidingen
volgens Joukovsky:

$$\Delta y = - \frac{c}{g} \cdot \Delta V$$

Δy = toename van de drukhoogte in m (bij wrijvingsloze stroming)

$-\Delta V$ = afname van de stroomsnelheid in m/sec.

$g = 10 \text{ m/sec}^2$.

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \left(\frac{D}{\delta E} + \frac{1}{K} \right)}} \quad , \text{ waarin:}$$

c = de voortplantingssnelheid van de drukstoot in m/sec. (Giorgi-eenheden)

ρ = dichtheid in kg(massa)/m³ "

D = inwendige diameter in m "

δ = wanddikte in m "

E = elasticiteitsmodulus van het buismateriaal in N/m² "

K = compressie-modulus van het medium in N/m² "

- b. in verband met het grondmechanisch onderzoek

- 1) neutrale grondbelasting:

$$q_n = \gamma_K \cdot H \cdot D$$

waarin:

q_n = neutrale grondbelasting in t/m¹.

γ_K = volumegewicht grond in t/m³.

H = gronddekking in m.

D = leidingdiameter in m.

2) passieve grondbelasting volgens Marston:

$$W_c = C_c \cdot w \cdot B_c^2$$

waarin:

W_c = passieve grondbelasting (q_p) in t/m'.

w = volumegewicht grond in t/m³.

B_c = leidingdiameter in m.

H = gronddekking in m.

C_c = coëfficiënt = $f\left(\frac{H}{B_c}\right)$, complete positive projection condition

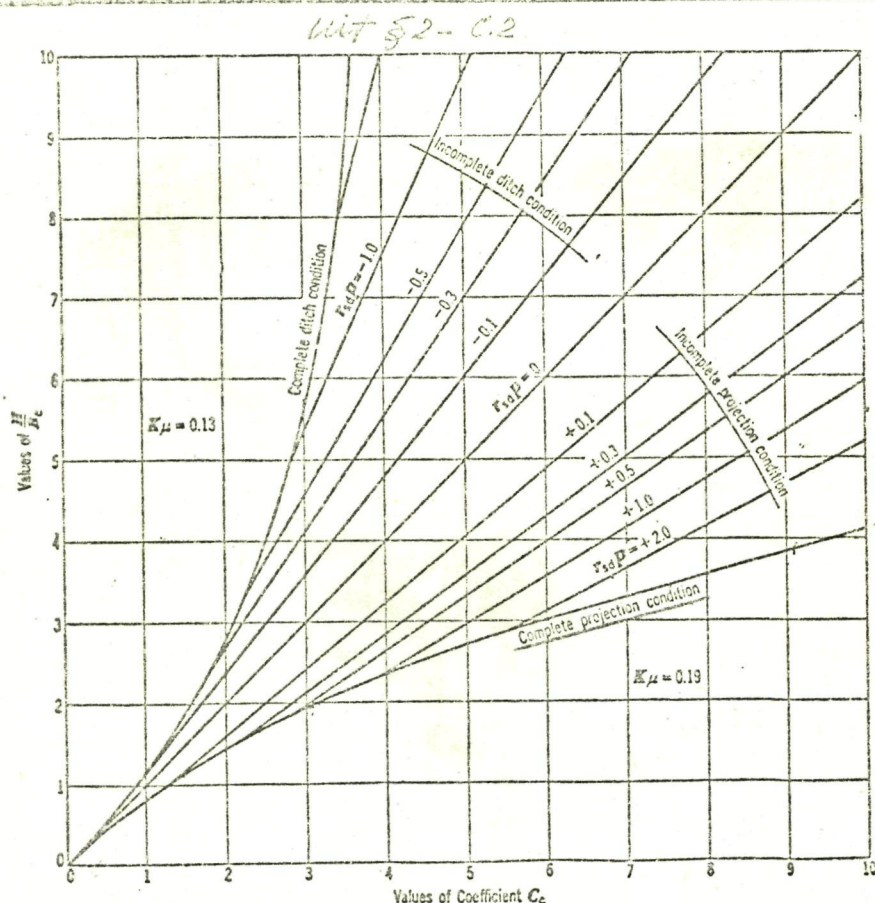


Fig. 24-3. Diagram for Coefficient C_c for Positive Projecting Conduits

p = projection ratio = 1.
TABLE 24-1

DESIGN VALUES OF SETTLEMENT RATIO r_{sd}

Conditions	Settlement Ratio
Rigid culvert on foundation of rock or unyielding soil	+1.0
Rigid culvert on foundation of ordinary soil	+0.5 to +0.8
Rigid culvert on foundation of material that yields with respect to adjacent natural ground	0 to +0.5
Flexible culvert with poorly compacted side fills	-0.4 to 0
Flexible culvert with well-compacted side fills*	-0.2 to +0.8

3) actieve-, neutrale- en passieve horizontale gronddrukken:

$$\begin{aligned}\sigma_{ha} &= \lambda_a \cdot \sigma_v - 2c \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi) \\ \sigma_{hn} &= \lambda_n \cdot \sigma_v \\ \sigma_{hp} &= \lambda_p \cdot \sigma_v + 2c \operatorname{tg}(45^\circ + \frac{1}{2}\varphi)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_a &= \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi) \\ \lambda_n &= 1 - \sin \varphi \\ \lambda_p &= \operatorname{tg}^2(45^\circ + \frac{1}{2}\varphi)\end{aligned}$$

waarin:

σ_h in t/m^2 .

σ_v = verticale korrelspanning in t/m^2 .

φ = inwendige wrijvingshoek in sexagesimale graden.

c = cohaesie in t/m^2 .

4) zettingen volgens Von Terzaghi-Buisman:

$$Z_t = h \left(\frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_s} \log t \right) \cdot \ln \frac{p + \Delta p}{p}$$

waarin:

Z_t = zetting na t -dagen in cm.

h = laagdikte in cm.

t = tijd in dagen.

p = oorspronkelijke korrelspanning in t/m^2 .

$p + \Delta p$ = korrelspanning na belastingsverhoging in t/m^2 .

$\frac{1}{C_p}$ en $\frac{1}{C_s}$ = samendrukkingsconstanten (experimenteel bepaald).

hydrodynamische periode volgens Von Terzaghi

$$T = \frac{1}{2} h^2 \cdot \frac{a}{k_v} \cdot \gamma_w$$

waarin:

T = hydrodynamische periode in sec. (1 jaar = $3,4 \cdot 10^7$ sec.)

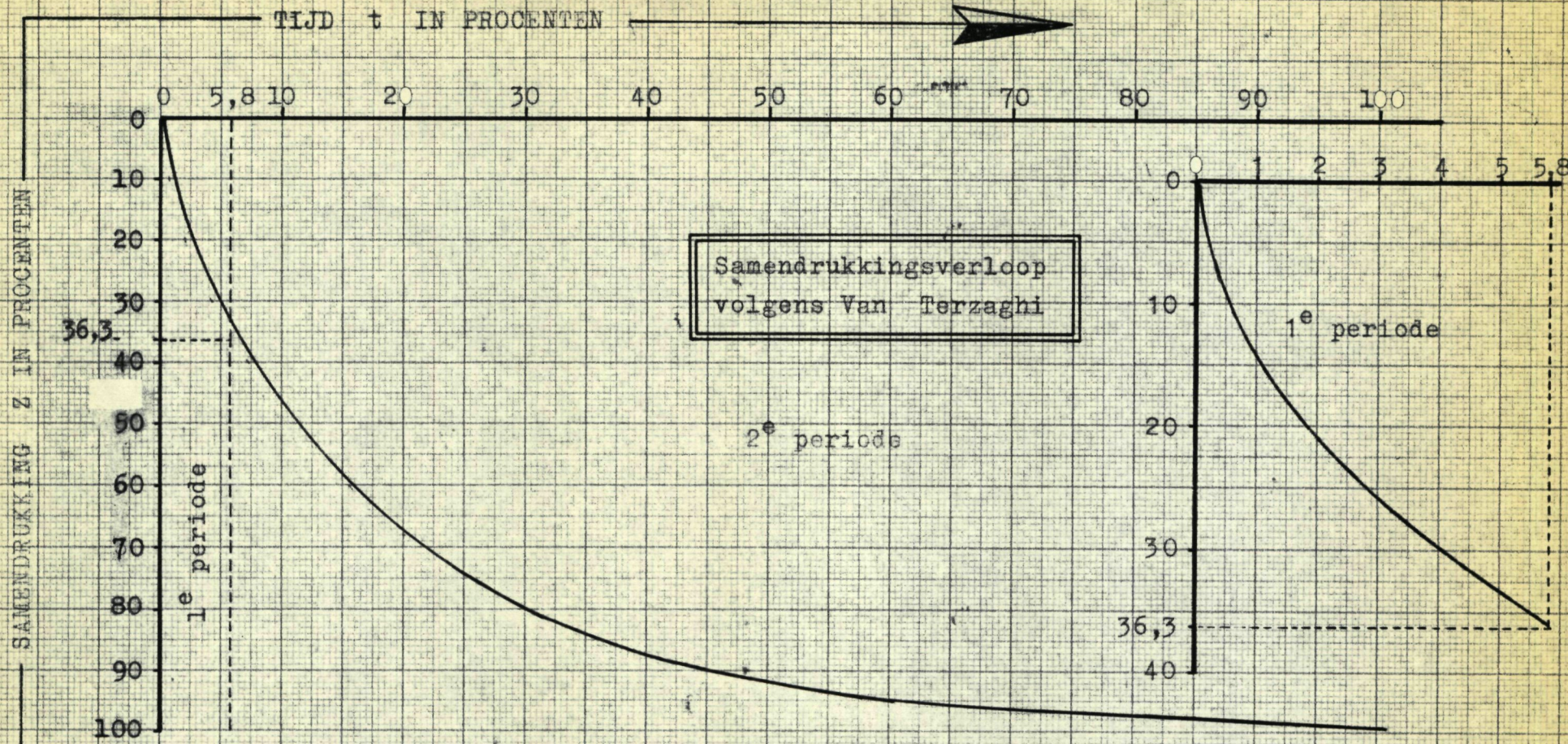
h = laagdikte in cm.

$$a = \frac{Z}{h \cdot p}$$

, waarin Z = zetting in cm
 p = belastingsverhoging in kg/cm^2 .

k_v = verticale doorlatendheidscoëfficiënt in cm/sec.
 (experimenteel bepaald)

$\gamma_w = 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$.



5) verticale beddingsconstante volgens Schleicher:

$$k = \frac{E}{m (1 - \gamma^2) \sqrt{A}}$$

waarin:

k = beddingsconstante in $\text{kg/cm}^2/\text{cm}$.

E = elasticiteitsmodulus grond in kg/cm^2 .

A = $l \times b$ = oppervlakte oplegvlak in cm^2 .

l/b	cirkel	vierkant	1,5	2	3	5	10	100
m	0,96	0,95	0,94	0,92	0,88	0,82	0,71	0,37

γ = contractiecoëfficiënt = 0,5.

b = oplegbreedte = D .

D = leidingdiameter in cm.

l = minimale opleglengte $\left[= \frac{\pi}{\lambda} \right]$ in cm.

λ = index volgens Hetényi in cm^{-1} (zie c-2).

gemakshalve $k_{\text{hor}} = k_{\text{vert}}$.

De verticale beddingsconstante kan ook worden afgeleid uit het evenwichtsdraagvermogen door te stellen, dat de elasticiteitsgrens van de grond wordt bereikt bij 50% van het evenwichtsdraagvermogen, terwijl de daarbij optredende (elastische) indrukking voor zand 1 cm en voor klei/veen 5-10 cm bedraagt.

Bij de systeemberekening wordt het $\tau - \gamma$ diagram geschematiseerd tot een bilineaire grafiek, zodat de (elastische) beddingsconstante door het plastische deformatiegebied tot het evenwichtsdraagvermogen wordt geëxtrapoleerd.

6) evenwichtsdraagvermogen volgens Prandtl:

$$p_{we} = p_b \cdot V_b + V_c \cdot c + V_g \cdot \gamma_K \cdot b$$

waarin:

p_{we} = evenwichtsdraagvermogen in t/m^2 .

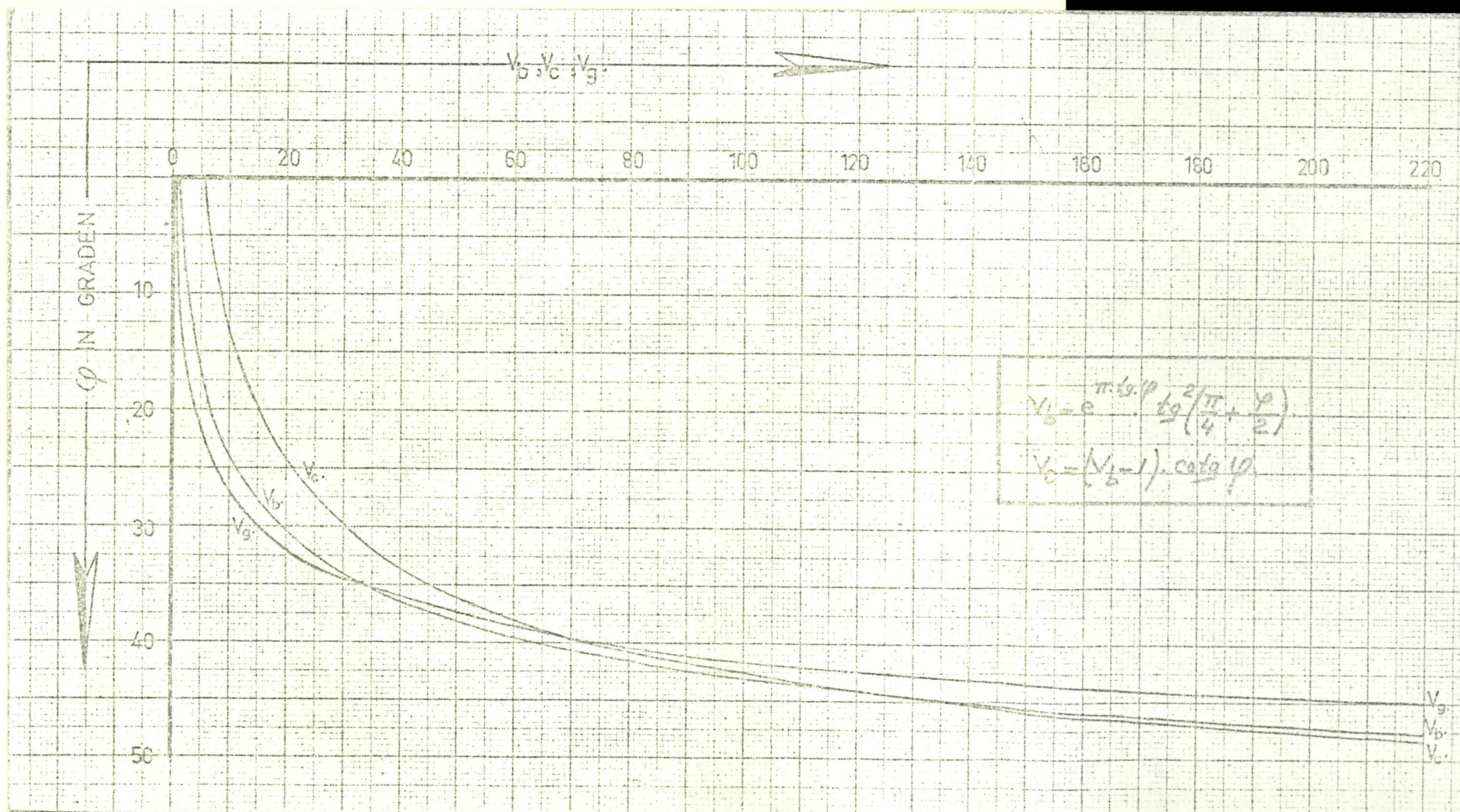
p_b = korrelspanning op buisasniveau (aanleg) naast de leiding in t/m^2 .

c = cohaesie in t/m^2 .

γ_K = volumegewicht grond in t/m^3 (incl. opwaartse waterdruk)

b = aanlegbreedte = leidingdiameter in m.

V_b , V_c en V_g = coëfficiënten = $f(\varphi)$.



1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914



7) vuistregel voor grondwrijving:

$$W = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{14} \times S \times 10$$

waarin:

W = grondwrijving in t/m^2 (langs- en torsiewrijving).

S = gemiddelde sondeerwaarde over de hoogte van de leiding + 20 cm boven en onder de leiding in kg/cm^2 .

factor wegens verstoring grondslag (aangevulde sleuf) = $\frac{1}{2}$.

$$\delta = \frac{1}{2} \varphi$$

$$c = \frac{1}{14} \times S \text{ bij } \varphi = 0^\circ.$$

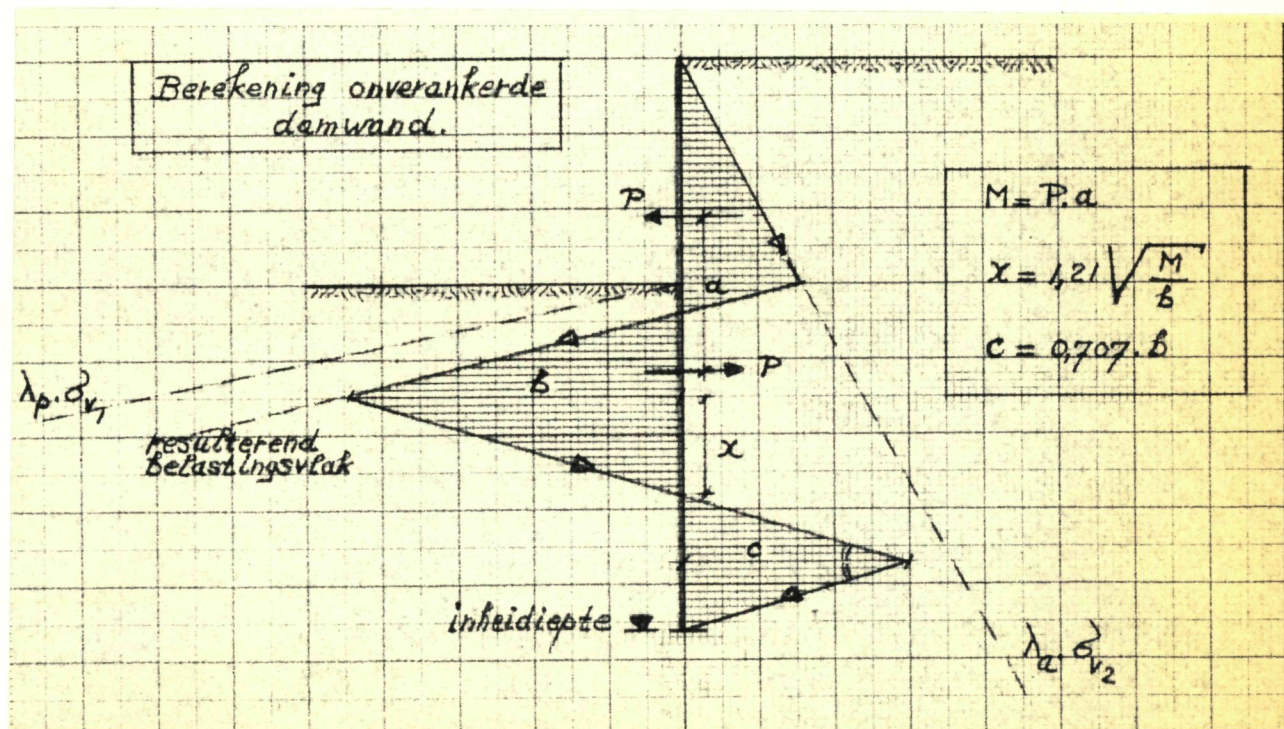
verplaatsingen bij maximale wrijving volgens LGM:

in zand: 1 - 5 mm.

in klei: 2 - 6 mm.

in veen: 4 - 18 mm.

8)



De berekening verloopt als volgt:

- In de eerste plaats worden de actieve (achterzijde) en de passieve (voorzijde) belastingsvlakken op de damwand geconstrueerd.
- Deze beide vlakken stelt men samen tot een resulterend belastingsvlak.
- Gaande vanaf bovenkant damwand naar beneden wordt het punt gevonden, waarboven de algebraïsche som van de belastingsvlakken nul is ($\Sigma H = 0$).
- Van beide elkaar horizontaal in evenwicht houdende belastingsvlakken achter respectievelijk vóór de damwand wordt de resultante (P) qua grootte en plaats bepaald. Hieruit resulteert een moment $M = P \cdot a$, waarin P één van de beide (gelijke) resultanten van het koppel en a de afstand tussen deze beide krachten is.
- Uitgaande van het punt dat op het gevonden evenwichtsniveau de resulterende specifieke belasting aangeeft, wordt een lijn getrokken naar de damwand toe onder een zodanige helling dat het lijnstuk (x) begrepen tussen het evenwichtsniveau en het snijpunt van deze hellende lijn met de damwand voldoet aan de betrekking $x = 1,21 \times \sqrt{\frac{M}{b}}$, waarin M het bovengenoemd moment en b de bovengenoemde specifieke belasting in het horizontaal evenwichtsniveau voorstelt.
- De hellende lijn wordt vervolgens verlengd tot voorbij het snijpunt met de damwand tot het punt is bereikt, dat op een afstand c van de damwand is gelegen. Deze afstand is $c = 0,707 b$.
- Vervolgens wordt vanuit dit verkregen eindpunt wederom een neerwaarts hellende lijn getrokken in de richting van de damwand onder eenzelfde hoek met de horizontaal als de eerdergenoemde doorgetrokken hellende lijn, doch met tegengesteld teken (gespiegeld).
- Het snijpunt van deze laatste hellende lijn met de damwand geeft de vereiste inheidiepte. Het moment waarop het damwandprofiel moet worden ontworpen is M.

9) beoordeling geschiktheid zand voor bronbemaling volgens Reynolds en Protopapadakis:

het korrelverdelingsdiagram moet voldoen aan:

zeefdiameter in mm.	cumulatieve zeefresten in gew. %.
N 480-d-0,175	meer dan: 4
0,150	7
0,125	12
0,105	18,5
0,090	27,5
0,075	44
0,060	70
0,050	80

c. in verband met de sterkteberekening

1) momentreductie bij trekverspanning volgens Bish & Partners:

recuperatiefactor:

$$\frac{M_e}{M_o} = \frac{1}{1 + \frac{5}{48} \cdot \frac{T \cdot L^2}{EI}}$$

waarin:

M_o = initieel moment, grafisch gevonden uit y_o .

Y_o = initiële statische excentriciteit van systeemlijn ten opzichte van treklijn (catenoïde).

M_e = eindmoment.

T = centrische trekkracht in kg (grafisch gevonden).

L = afstand tussen momentnulpunten in cm.

EI = stijfheidsfactor tegen buiging van de leiding in kgcm^2 .

momenttoeslag bij drukverspanning volgens Bish & Partners:

progressiefactor:

$$\frac{M_e}{M_o} = \frac{M_o}{M_o - P \cdot \zeta_o}$$

waarin:

M_o = initieel moment (analytisch gevonden) in kgcm .

M_e = eindmoment.

P = centrische drukkracht in kg (analytisch gevonden).

ζ_o = initiële elastische excentriciteit van systeemlijn ten opzichte van druklijn in cm.

c. in verband met de sterkteberekening.

1. voor buizen karakteristieke mechanische grootheden:

buisdoorsnede:

$$r_u = \frac{1}{2} \text{ uitwendige diameter} \quad (\text{cm})$$

$$r_i = \frac{1}{2} \text{ inwendige diameter} \quad (\text{cm})$$

$$\text{oppervlakte } F = \pi (r_u^2 - r_i^2) \quad (\text{cm}^2)$$

$$\text{traagheidsmoment } I = \frac{\pi}{4} (r_u^4 - r_i^4) \quad (\text{cm}^4)$$

$$\text{weerstandsmoment } W = \frac{I}{r_u} \quad (\text{cm}^3)$$

$$\text{schuifspanning } \tau_{\max.} = 2 \cdot \frac{D}{F} \text{ uit dwarskracht (D in kg)} (\text{kg/cm}^2)$$

$$\text{schuifspanning } \tau_w = \frac{M_w \cdot r_u}{I_p} \text{ uit torsie (M}_w = \text{wringmoment in kg cm)} (\text{kg/cm}^2)$$

$$M_w \text{ volgt uit } \psi = \frac{M_w \cdot l}{G I_p}, \text{ waarin:}$$

ψ = wringingshoek in rad.

l = wringingslengte in cm.

G = glijdingsmodulus (voor staal: $G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$)
 $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$$I_p = \text{polair traagheidsmoment} = 2 I. \quad (\text{cm}^4)$$

2. momentreductie bij trekverspanning volgens Bish & Partners:

recuperatiefactor:

voor een gebogen, scharnierend
opgehangen staaf.

$$\frac{M_e}{M_o} = \frac{1}{1 + \frac{5}{48} \cdot \frac{T \cdot l^2}{E I}}$$

waarin:

$$M_o = \text{initieel moment} = T \cdot l j_o$$

$l j_o$ = initiële statische excentriciteit van systeemlijn
(staafas) ten opzichte van treklijn (stangenveelhoek)

M_e = eindmoment.

T = centrische trekkracht in kg. (uit poolfiguur).

L = afstand tussen moment nulpunten in cm. (ophangpunten en snijpunten van systeemlijn en treklijn)

EI = stijfheidsfactor tegen buiging van de staaf in kg cm^2 .

moment toeslag bij drukverspanning volgens Bish & Partners:

progressiefactor:

voor een rechte staaf initieel
belast door een centrische drukkracht
 P en een buigend moment M_0 .

waarin:

$$\frac{M_e}{M_0} = \frac{M_0}{M_0 - P \cdot S_0}$$

M_0 = initieel moment (analytisch gevonden) in kg cm .

M_e = eindmoment.

P = centrische drukkracht in kg (analytisch gevonden).

S_0 = initiële elastische excentriciteit van systeemlijn
(staafas) ten opzichte van druklijn ten gevolge van
 M_0 in cm .

2) oplegzônes volgens Hetényi:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4EI}}$$

waarin:

λ = index voor stijfheidsverhouding buis/grond in cm^{-1} .

b = oplegbreedte = D .

D = leidingdiameter in cm.

k = beddingsconstante in kg/cm^3 .

EI = stijfheidsfactor tegen buiging van de leiding in kgcm^2 .

q = zettingsbelasting c.q.
passieve grondbelasting
in kg/cm^1 .

L = lengte zettingszône in cm.

$$\alpha = \frac{6 - \lambda^2 \cdot L^2}{6(2 + \lambda \cdot L)}$$

$$\begin{aligned} y_A &= y_B = \frac{q \cdot \lambda \cdot L}{k} (1 - \alpha) \\ \theta_A &= -\theta_B = \frac{q \cdot \lambda^2 \cdot L}{k} (1 - 2\alpha) \\ M_A &= M_B = \frac{q \cdot L}{2 \lambda} \cdot \alpha \\ Q_A &= -Q_B = \frac{q \cdot L}{2} \end{aligned}$$

y = verticale verplaatsing in cm.

θ = hoekverdraaiing in rad.

M = moment in kgcm .

Q = dwarskracht in kg.

A en B = overgangspunten tussen zettingszône en oplegzône.

geldigheidsvoorwaarde: $\lambda \cdot l > \pi$.

l = lengte oplegzône in cm.

3) maximale ringspanning volgens Lamé:

$$\sigma_r = \frac{r_u^2 + r_i^2}{r_u^2 - r_i^2} \cdot p$$

waarin:

σ_r = ringspanning in kg/cm^2 .

r_u = uitwendige leidingstraal in cm.

r_i = inwendige leidingstraal in cm.

p = inwendige gas- of vloeistofdruk in kg/cm^2 .

tangentiële toeslag en reductie voor binnen- resp. buitenbochten volgens Wilbur:

$$\sigma_{\text{bit}} = \frac{R - \frac{1}{3}r}{R - r} \cdot \sigma_r \quad \text{en} \quad \sigma_{\text{but}} = \frac{R + \frac{1}{3}r}{R + r} \cdot \sigma_r$$

waarin:

σ_{bit} = ringspanning in binnenbocht in kg/cm^2 .

σ_{but} = " " buitenbocht " "

R = gemiddelde bochtstraal.

r = inwendige leidingstraal.

axiale toeslag en reductie voor binnen- resp. buitenbochten volgens Bish & Partners:

$$\sigma_{\text{bia}} = 0,5 \sigma_r + 0,3 (\sigma_{\text{bit}} - \sigma_r) \quad \text{en} \quad \sigma_{\text{bua}} = 0,5 \sigma_r - 0,3 (\sigma_r - \sigma_{\text{but}})$$

waarin:

σ_{bia} = axiale trekspanning in binnenbocht in kg/cm^2 .

σ_{bua} = " " " buitenbocht " "

4) tangentiële momenten tengevolge van direct overgedragen bovenbelasting volgens Spangler:

$$M_Q = K \cdot Q \cdot r \quad \text{verticale deflectie:} \quad \delta_y = k_y \cdot \frac{Q \cdot r^3}{EI}$$

waarin:

M_Q = moment in kgcm per cm ' buis.

K = momentcoëfficiënt = $f(\alpha, \beta)$.

Q = direct aan de ondergrond overgedragen bovenbelasting in kg per cm ' buis.

r = gemiddelde leidingstraal in cm .

δ_y = verticale deflectie in cm .

k_y = verticale deflectiecoëfficiënt = $f(\alpha, \beta)$.

EI = stijfheidsfactor tegen buiging van de buiswand in kgcm^2 per cm ' buis.

α = belastingshoek.

β = ondersteuningshoek.

rerounding effect volgens Spangler:

$$f_{rr} = \frac{1}{1 + \frac{2pr^3 \cdot k_y}{EI}}$$

waarin:

f_{rr} = reductiefactor tengevolge van rerounding.

Uit § 2 - 3b

Coefficients for Bending Moments and Deflections of an Elastic Ring under Uniformly Distributed Vertical Load and Reaction											
α Deg.	β Deg.	K_b bodem	K_t top	K_s zijden	k_y vert.	α Deg.	β Deg.	K_b bodem	K_t top	K_s zijden	k_y vert.
0	0	0.318	0.318	0.182	0.149	90	0	0.306	0.182	0.168	0.129
	30	0.259	0.317	0.180	0.146		30	0.246	0.180	0.166	0.127
	60	0.213	0.312	0.175	0.138		60	0.201	0.175	0.161	0.118
	90	0.182	0.305	0.168	0.129		90	0.169	0.169	0.154	0.110
	120	0.162	0.299	0.161	0.122		120	0.150	0.163	0.147	0.103
	150	0.153	0.295	0.156	0.117		150	0.140	0.158	0.142	0.098
	180	0.150	0.294	0.153	0.116		180	0.137	0.157	0.140	0.096
30	0	0.317	0.259	0.180	0.146	120	0	0.299	0.162	0.161	0.122
	30	0.257	0.257	0.178	0.143		30	0.240	0.160	0.159	0.119
	60	0.211	0.252	0.173	0.135		60	0.194	0.156	0.154	0.111
	90	0.180	0.246	0.166	0.127		90	0.163	0.150	0.147	0.103
	120	0.160	0.240	0.159	0.119		120	0.143	0.143	0.140	0.096
	150	0.151	0.236	0.154	0.115		150	0.134	0.139	0.135	0.091
	180	0.148	0.235	0.152	0.113		180	0.131	0.138	0.133	0.089
60	0	0.312	0.213	0.175	0.138	150	0	0.295	0.153	0.156	0.117
	30	0.252	0.211	0.173	0.135		30	0.236	0.151	0.154	0.115
	60	0.207	0.207	0.168	0.122		60	0.190	0.146	0.149	0.107
	90	0.175	0.201	0.161	0.118		90	0.158	0.140	0.142	0.098
	120	0.156	0.194	0.154	0.111		120	0.139	0.134	0.135	0.091
	150	0.146	0.190	0.149	0.107		150	0.129	0.129	0.129	0.086
	180	0.143	0.189	0.147	0.105		180	0.126	0.128	0.128	0.085
						180	0	0.294	0.150	0.153	0.116
							30	+0.235	+0.148	-0.152	0.113
							60	0.189	0.143	0.147	0.105
							90	0.157	0.137	0.140	0.096
							120	+0.138	+0.131	-0.133	0.089
							150	0.128	0.126	0.127	0.085
							180	+0.125	+0.125	-0.125	0.083

- 5) tangentiële momenten tengevolge van indirect overgedragen bovenbelasting volgens Bish & Partners:

$$M_{Q_D} = K \cdot Q_D \cdot r$$

waarin:

M_{Q_D} = moment in kgcm per cm' buis.

K = momentcoëfficiënt = $f(\alpha)$ c.q. $f(\beta)$.

Q_D = indirect aan de ondergrond overgedragen bovenbelasting (zettingsbelasting) in kg per cm' buis.

r = gemiddelde leidingstraal in cm.

belas- tings- hoek	ondersteunings- hoek	momentcoëfficiënten					
		ondersteund leiding- gedeelte (oplegzone)			niet-ondersteund leiding- gedeelte (zettingszone)		
α	β	K_t	K_s	K_b	K_t	K_s	K_b
-	0°	+0,079	-0,091	+0,238	-	-	-
-	30°	+0,078	-0,089	+0,179	-	-	-
-	120°	+0,060	-0,070	+0,082	-	-	-
-	120° (zadelopl.)	+0,027	-0,027	0	-	-	-
-	180°	+0,055	-0,062	+0,070	-	-	-
-	180° (zadelopl.)	+0,026	-0,025	0	-	-	-
180°	-	-	-	-	+0,070	-0,062	+0,055

- 6) spreading van wiellasten in de ondergrond volgens Newmark:

$$W_T = \frac{I_c \cdot C_t \cdot P}{A}$$

waarin:

W_T = verkeersbelasting in kg/cm'.

I_c = stootcoëfficiënt.

P = wiellast in kg.

A = effectieve buislengte = $3^1 = 92$ cm.

C_t = coëfficiënt = $f\left(\frac{A}{2H}, \frac{D}{2H}\right)$.

D = leidingdiameter in cm.

H = gronddekking in cm.

Uit § 2 - 3b.

Influence Coefficients for Solution of Hol and Newmark's
Integration of the Boussinesq Equation for Vertical Stress (C_t)

$\frac{D}{2H}$	$\frac{A}{2H}$													
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0	5.0
0.1	0.019	0.037	0.053	0.067	0.079	0.089	0.097	0.103	0.108	0.112	0.117	0.121	0.124	0.128
0.2	0.037	0.072	0.103	0.131	0.155	0.174	0.189	0.202	0.211	0.219	0.229	0.238	0.244	0.248
0.3	0.053	0.103	0.149	0.190	0.224	0.252	0.274	0.292	0.306	0.318	0.333	0.345	0.355	0.360
0.4	0.067	0.131	0.190	0.241	0.284	0.320	0.349	0.373	0.391	0.405	0.425	0.440	0.454	0.460
0.5	0.079	0.155	0.224	0.284	0.336	0.379	0.414	0.441	0.463	0.481	0.505	0.525	0.540	0.548
0.6	0.089	0.174	0.252	0.320	0.379	0.428	0.467	0.499	0.524	0.544	0.572	0.596	0.613	0.624
0.7	0.097	0.189	0.274	0.349	0.414	0.467	0.511	0.546	0.574	0.597	0.628	0.650	0.674	0.688
0.8	0.103	0.202	0.292	0.373	0.441	0.499	0.546	0.584	0.615	0.639	0.674	0.703	0.725	0.740
0.9	0.108	0.211	0.306	0.391	0.463	0.524	0.574	0.615	0.647	0.673	0.711	0.742	0.766	0.784
1.0	0.112	0.219	0.318	0.405	0.481	0.544	0.597	0.639	0.673	0.701	0.740	0.774	0.800	0.816
1.2	0.117	0.229	0.333	0.425	0.505	0.572	0.628	0.674	0.711	0.740	0.783	0.820	0.849	0.868
1.5	0.121	0.238	0.345	0.440	0.525	0.596	0.650	0.703	0.742	0.774	0.820	0.861	0.894	0.916
2.0	0.124	0.244	0.355	0.454	0.540	0.613	0.674	0.725	0.766	0.800	0.849	0.894	0.930	0.956

7) bochtflexibiliteit volgens ASA.B31.8-1963
(USAS.B31-8-1967; ANSI.B31.8-1971):

$$k = \frac{1,65}{h}$$

waarin:

k = flexibiliteitsfactor ≥ 1 .

h = flexibiliteitskarakteristiek

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2}$$

t = nominale wanddikte in cm.

R = gemiddelde bochtstraal in cm.

r = gemiddelde leidingstraal in cm.

stress-intensification volgens hetzelfde voorschrift:

$$i = \frac{0,9}{h^{2/3}}$$

waarin:

i = stress-intensificationfactor ≥ 1 .

rerounding effect volgens Rodabaugh en George:

$$k_p = \frac{k}{1 + \frac{S}{E} \cdot X_k}, \geq 1$$

$$i_p = \frac{i}{1 + \frac{S}{E} \cdot X_i}, \geq 1$$

waarin:

k_p = flexibiliteitsfactor met inwendige gas- of vloeistofdruk.

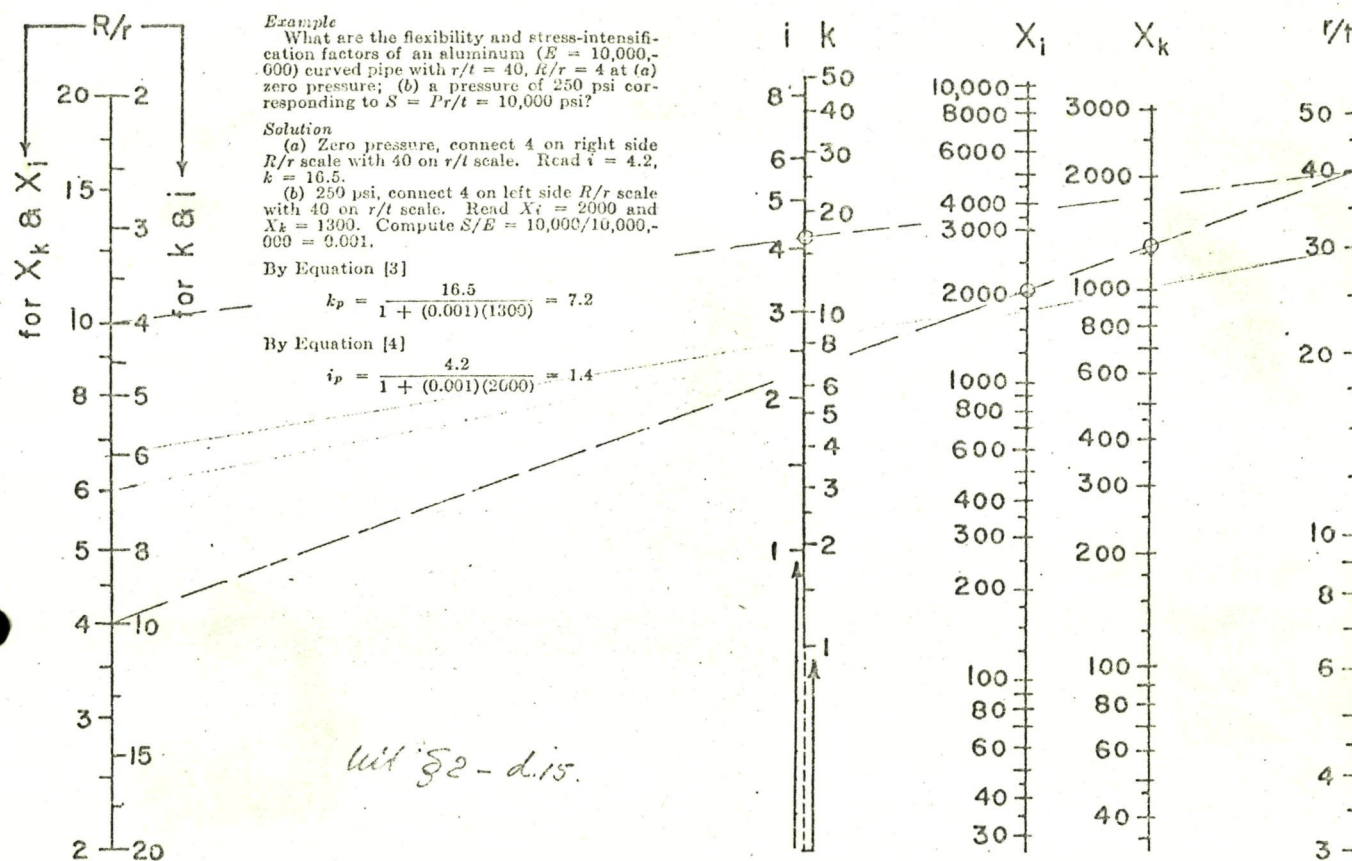
i_p = stress-intensificationfactor met inwendige gas- of vloeistofdruk.

S = ringspanning in rechte pijp (σ_r) in kg/cm².

E = elasticiteitsmodulus pijpstaal in kg/cm².

$$X_k = 6 \left(\frac{r}{t}\right)^{4/3} \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^{1/3}$$

$$X_i = 3,25 \left(\frac{r}{t}\right)^{3/2} \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^{2/3}$$

FIG. 3 NOMOGRAPH FOR OBTAINING k , i , k_p , and i_p 8) implosie-contrôle volgens Boussinesq:

$$q_{kr} = \frac{3EI}{r^3}$$

waarin:

 q_{kr} = kritieke alzijdige druk in kg per cm' buis-ontrek. EI = stijfheidsfactor tegen buiging van de buiswand in kgcm^2/cm' buis. r = gemiddelde leidingstraal in cm.

- 9) breukhypothese volgens Mohr (vlakke spannings-toestand):

$$\rho_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

waarin:

ρ_1 = grootste hoofdspanning in $\text{kg/cm}^2 \leq \bar{\sigma}$.

ρ_2 = kleinste hoofdspanning in kg/cm^2 .

σ_x = gecombineerde spanning in axiale richting in kg/cm^2 .

σ_y = gecombineerde spanning in tangentiële richting in kg/cm^2 .

τ = (torsie) schuifspanning in kg/cm^2 .

$$\tau_{\max} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{2} \leq \bar{\tau} = 0,58 \bar{\sigma}.$$

Wanneer in axiale richting een resulterende drukspanning optreedt bij resulterende trekspanning in tangentiële richting (bijvoorbeeld bij hogedrukleidingen (> 10 ato) voor verwarmede olie), wordt de schuifspanning maatgevend.

Het criterium is dan:

$$\tau_{\max} = \frac{\rho_1 - (-\rho_2)}{2} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \leq \bar{\tau} = 0,58 \bar{\sigma}.$$

$$\text{of } \boxed{\rho_1 + \rho_2 \leq 1,16 \bar{\sigma}}$$

Een en ander houdt (ongeveer) in, dat de axiale drukspanning in zijn geheel als trekspanning moet worden opgeteld bij de tangentiële trekspanning en dat deze som dan wel niet met $\bar{\sigma}$, maar met $1,16 \bar{\sigma}$ moet worden vergeleken!

- 10) breukhypothese volgens Huber-Hencky (vlakke spanningstoestand):

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 6\tau^2}$$

waarin:

σ_i = ideële staalspanning in kg/cm^2 (ook wel vergelijkingsspanning genoemd, zie VOSB-1963)

$$\sigma_i \leq 1,2 \cdot \frac{\bar{\sigma}_a + \bar{\sigma}_t}{2}$$

σ_x = gecombineerde spanning in axiale richting in $\text{kg/cm}^2 \leq \bar{\sigma}_a$.

σ_y = gecombineerde spanning in tangentiële richting in $\text{kg/cm}^2 \leq \bar{\sigma}_t$.

τ = (torsie) schuifspanning in $\text{kg/cm}^2 \leq \bar{\tau} =$

$$0,58 \cdot \frac{\bar{\sigma}_a + \bar{\sigma}_t}{2}.$$

- d. overzichten van gestandaardiseerde diameters, wanddikten en materiaalkwaliteiten voor stalen leidingen, alsmede een lijst van API en DIN-normen (t.b.v. de beoordeling van pijpspecificaties)

N a a d l o z e b u i z e n

Uitw. $\emptyset$ vlgs DIN 2448				Uitw. $\emptyset$ vlgs DIN 2448			
Wanddikte-bereik		Wanddikte-bereik		Wanddikte-bereik		Wanddikte-bereik	
mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch
76,1	3	2,9..17,5	0,116..11/16	219,1	8 5/8	5,9..63	0,232..2,480
82,5	3 1/4	3,2..22,2	0,128...7/8	244,5	9 5/8	6,3..71	1/4...2,795
88,9	3 1/2	3,2..25	0,128..1	267	10 1/2	6,3..71	1/4...2,795
101,6	4	3,6..28	0,144..1,102	273	10 3/4	6,3..71	1/4...2,795
108	4 1/4	3,6..28	0,144..1,102	298,5	11 1/4	7,1..71	9/32...2,795
114,3	4 1/2	3,6..28	0,144..1,102	323,9	12 1/4	7,1..80	9/32...3,150
127	5	4 ...32	0,160..1,260	355,6	14	8 ...80	5/16...3,150
133	5 1/4	4 ...32	0,160..1,260	368	14 1/2	8 ...80	5/16...3,150
139,7	5 1/2	4 ...32	0,160..1,260	406,4	16	8,8..80	11/32...3,150
152,4	6	4,5..36	0,176..1,417	419	16 1/2	10...80	0,394...3,150
159	6 1/4	4,5..40	0,176..1,575	457,2	18	10...80	0,394...3,150
165,1	6 1/2	4,5..36	0,176..1,417	508	20	11...80	7/16...3,150
168,3	6 5/8	4,5..36	0,176..1,417	558,8	22	12,5..80	1/2 ...3,150
177,8	7	5 ...40	0,192..1,575				
193,7	7 5/8	5,4..40	0,212..1,575				

G e l a s t e b u i z e n *

Uitwendige diameter		Wanddikte-bereik		Uitwendige diameter		Wanddikte-bereik	
mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch
114,3	4½	2,3..6,3	0,092..1/4	609,6	24	4,5..12,5	0,176..1/2
133	5¼	2,9..6,3	0,116..1/4	660,4	26	4,5..16	0,176..5/8
139,7	5½	3,2..6,3	0,128..1/4	711,2	28	4,5..17,5	0,176..11/16
159	6¼	3,2..8	0,128..5/16	762	30	4,5..20	0,176..0,787
165,1	6½	3,2..6,3	0,128..1/4	812,8	32	4,5..25	0,176..1
168,3	65/8	3,2..8	0,128..5/16	863,6	34	5 ...25	0,192..1
219,1	85/8	3,2..10	0,128..0,394	914,4	36	5 ...25	0,192..1
273	10¾	3,2..10	0,128..0,394	1016	40	5 ...25	0,192..1
323,9	12¾	3,6..10	0,144..0,394	1067	42	6,3..25	1/4..1
355,6	14	4 ...10	0,160..0,394	1120	44	6,3..25	1/4..1
406,4	16	4 ...10	0,160..0,394	1168	46	6,3..25	1/4..1
419	16½	4 ...10	0,160..0,394	1220	48	6,3..25	1/4..1
457,2	18	5 ...10	0,192..0,394	1320	51¾/32	6,3..25	1/4..1
508	20	4,5..10	0,176..0,394	1420	55¾/32	6,3..25	1/4..1
558,8	22	4,5..11	0,176..7/16	1520	59¾/32	6,3..25	1/4..1
				1620	63¾/32	7,1..25	9/32..1
				1720	67¾/32	7,1..25	9/32..1
				1820	71¾/32	8 ...25	5/16..1
				1920	75¾/32	8 ...25	5/16..1
				2020	79¾/32	8 ...25	5/16..1

* Het betreft hier:

- 1) (onder poederdek) langsnaad gelaste buizen (warm gekalibreerd of koud geëxpan-deerd).
- 2) (" ") spiraalnaad gelaste buizen.
- 3) hoogfrequent gelaste buizen.

Opmerking: - bij koud geëxpandeerde pijp is door de deformatie een verhoging van de vloeigrens (rekgrens) bereikt, welke bij verhitting boven 300°C weer verloren gaat. (Bij het aanbrengen van een poly-aethyleen bekleding wordt de buis tot 320°C verwarmd!).

- hoogfrequent gelaste pijp wordt door het Stoom-
wezen voor hogedrukleidingen (≥ 10 ato) niet aan-
vaard.

Chemische analyse van staalsoorten voor pijpleidingen (pan-analyse)

Staalkwaliteit	Koolstof max. %	Silicium max. %	Mangaan max. %	Phosphor max. %	zwavel max. %	Vanadium max. %	Titanium of Niobium max. %
API-5L-A	0,20	0,40	1,15	0,04	0,05	-	-
API-5L-B	0,20	0,40	1,15	0,04	0,05	-	-
API-5LX-42	0,22	0,40	1,20	0,04	0,05	-	-
API-5LX-46	0,23	0,45	1,30	0,04	0,05	-	-
API-5LX-52/56	0,24	0,50	1,50	0,04	0,05	-	-
API-5LX-60	0,24	0,45	1,50	0,04	0,05	0,12	0,05
API-5LX-65	0,24	0,50	1,50	0,04	0,05	0,12	0,05
DIN.Rst-34.7	0,20	0,35	1,10	0,04	0,05	-	-
DIN.Rst-38.7	0,20	0,35	1,10	0,04	0,05	-	-
DIN.St-43.7	0,22	0,40	1,20	0,04	0,05	-	-
DIN.St-47.7	0,23	0,45	1,30	0,04	0,05	-	-
DIN.St-53.7	0,24	0,50	1,50	0,04	0,05	-	-

Als maatstaf voor de goede lasbaarheid van het staal mag het koolstof-equivalent C.E. berekend met de formule:

$$C.E. = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

volgens de analyse van het gereede pijpmateriaal een waarde van 0,5 niet overschrijden.

Mechanische eigenschappen van staalsoorten voor pijpleidingen

Staalkwaliteit	Vloeigrens		Breukgrens		Bek bij breuk min.%	Kerfslag- waarde kgm/cm ² 0°C min.
	psi	kgf/mm ²	psi	kgf/mm ²		
API-5L-A	30.000	21,1	48.000	33,7	28	3,5
API-5L-B	35.000	24,6	60.000	42,2	26	3,5
API-5LX-42	42.000	29,5	60.000	42,2	24	3,5
API-5LX-46	46.000	32,3	63.000	44,3	22	3,5
API-5LX-52	52.000	36,6	72.000	50,6	20	3,5
API-5LX-56	56.000	39,2	75.000	52,7	19	3,5
API-5LX-60	60.000	42,2	78.000	54,8	18	3,5
API-5LX-65	65.000	45,8	80.000	56,5	18	3,5
DIN-Rst-34.7	30.000	21	47.000	33	26	4
DIN-Rst-38.7	35.000	25	49.000	38	24	4
DIN-St-43.7	47.000	30	61.000	43	23	4
DIN-St-53.7	52.000	37	73.000	52	20	4

* Charpy V-notch

** volgens DIN 50 115

N o r m e n

API: American Petroleum Institute, New York.

- API-5L : Specification for Line Pipe.
- API-5LX : Specification for high-test Line Pipe.
- API-5LS : Specification for spiral welded Line Pipe.
- API-1104 : Specification for Field welding of pipelines.
- API-1105 : Recommended Practice on construction of steel pipelines.

DIN: German Industrial Standardization Institute.

- DIN 2413 : Steel pipes; formulae for calculating wall thicknesses of pipes subjected to internal pressures. June 1966. Now in revision.
- DIN 2470 : Specification for gas pipelines.
- DIN 17172 : Specification for steel pipes for oil and gas lines.

Opmerking: voor hogedrukgasleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato) moeten kerfslagwaarde, overgangs- en stoptemperatuur van het toegepaste staal zodanig zijn, dat geïnitieerde scheuren (bijvoorbeeld tengevolge van een niet-pyrogene explosie) niet kunnen propageren tot grotere lengten dan 1 pijplengte (maximaal 12 m). Het staal dient hiertoe in ieder geval volledig gekalmeerd te zijn.

§ 2. Literatuur-opgave (≠ = aanbevolen)a) buitenlandse voorschriften voor hogedrukleidingen:

- | | |
|---|---|
| U.S.A. | ≠1. ASME: "American Standard Code for pressure piping":
(ASA B31.8-1963; USAS B31.8-1967; ANSI B 31-8-1971):
Gas transmission and distribution piping systems.
2. Idem: ASA B31.4-1959 en volgende edities: Oil trans-
portation piping.
3. ASCE, pipeline division: "Final draft, Design strength
criteria for pipeline crossings of railroads and high-
ways", january 10, 1959.
4. ASCE, pipeline division: "Interim specification for
pipeline crossings of railroads and highways",
january 1964.
5. API code no.1102 sec. edition, november 1955: "Recom-
mended practice on form of agreement and specifications
for pipeline crossings under railroad tracks."
6. Idem, fourth edition, april 19, 1968. |
| Gr.Britt. (voor-
schriften t.a.v.
afstand tot be-
bouwing) | ≠7. The Institute of Petroleum (I.P.) sec. ed.1963: "Code
of practice for petroleum pipelines". (Supplement
december 1968: "Emergency Procedures"). |
| Oostenrijk | 8. Fachverband der Erdölindustrie Österreichs, Ausgabe
1964: "Regeln für Bau und Betrieb von Fernleitungen
für Erdöl und flüssige Erdölprodukte." |
| België | 9. Belgisch Staatsblad no.169, pag. 9312 t/m 9323,
5 september 1967. |
| W.Duitsland | 10. Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung:
"Richtlinie für Fernleitungen zum Befördern gefähr-
dender Flüssigkeiten-RFF (6 December 1968)". |
| E.E.G. | 11. E.E.G., Werkgroep "Handelsbelemmeringen etc. oliepijp-
leidingen": "Ontwerp-regeling betreffende veilig-
heidsmaatregelen bij de aanleg en exploitatie van
oliepijpleidingen, 3 mei 1967". |
| Europa | 12. Economic commission for Europe: Inland transport
committee (twenty-fourth session) W/Trans/322:
"Safety regulations already in force or envisaged for
the construction or operation of oil pipelines (Turkey,
United Kingdom, Union of Soviet Socialist Republics,
Poland, Italy, <u>Hungary</u>)". |
- (Hongaarse voor-
 schriften t.a.v.
 afstand tot
 bebouwing) } ≠

b) in verband met milieu-verontreiniging door olie-leidingen:

- | | |
|---|--|
| <p>Omvang bodem-verontreiniging</p> | <p>#1. The Institution of Water engineers and the Institute of Petroleum: "Symposium on the joint problems of the oil and waterindustries", paper no.2: "Petroleum contamination of the subsoil - a hydrological problem", by F. Schwille.</p> <p>#2. Idem: paper no.3: "The migration of hydrocarbons in a waterbearing stratum", by J. van Dam.</p> <p>3. Erdöl und Kohle etc, Januar 1965, pag. 24 t/m 27: "Mineral Ölprodukte und Grundwasser", von prof. Becksmann.</p> <p>4. Publikatie nr 255 van het Instituut voor Gezondheidstechniek T.N.O.: "Verontreiniging van de bodem en het grondwater door minerale oliën", door ir J.A. Somers.</p> |
| <p>Technische maatregelen oliemaatschappijen</p> | <p>#5. De Ingenieur 21 juni 1968 M9: "Het opsporen en lokaliseren van lekken in vloeistofpijpleidingen langs akoestische weg", door ir A.J. van Riemsdijk en H. Bosselaar.</p> <p>6. Stichting Concawe: "Watervoorziening en oliepijpleidingen".</p> <p>7. Wasser und Boden, 6-7-1966, pag. 189,190: "Gewässerschutz und Ölfernleitungen".</p> |
| <p>Gevallen van bodemverontreiniging</p> | <p>8. Polytechnisch Tijdschrift, 6-2-1963, pag. 113b, 114b: "Olieleidingbreuk".</p> <p>9. Gas und Wasserf. 108 (1967) 56: "Olieleidingbreuk".</p> <p>#10. Wasser und Boden, april 1967, pag. 119, 120: "Wasserwirtschaftliche Abwehrmaßnahmen beim Bruch der N.W.O.-leitung im Dämmerwald, Kreis Rees", von A. Derpa en B. Mertens.</p> |
| <p>Technische maatregelen vergunningverlenende instanties</p> | <p>#11. Die Wasserwirtschaft 6/68, pag. 169 t/m 173: "Maßnahmen zum Schutze der Gewässer beim Bau der Transalpinen Ölleitung (TAL)", von A. Bazan.</p> <p>12. Wasser und Boden 4/1968, pag. 102 t/m 106 en 5/1968, pag. 132 t/m 136: "Wasseraufsichtsbehörde und Ölunfall", von H. Billib und R. Mull.</p> |

c) in verband met het grondmechanisch onderzoek:Partiële onzeker-
heidsfactoren

- (#1. J. Brinch Hansen/H. Lundgren: "Hauptprobleme der Bodenmechanik".

Grondbelas-
tingen

- (#2. M.G. Spangler: "Soil Engineering".

Beddings-
constante

3. S. Timoshenko: "Theory of Elasticity".
4. B.B. Broms: "Coefficient of lateral subgrade reaction".
(Journal of soil mechanics and foundations division,
september 1963 en maart 1964).

d) in verband met het waterloopkundig onderzoek voor
vloeistofleidingen:Hydraulische
gradiënt

- (#1. H₂O (1) 1968, nr 18, pag. 419 t/m 422: "IV. Enkele
veiligheidstechnische aspecten van oliepijpleidingen",
door ir E.A. Beijlevelt.

Drukstoten

- (#2. Division of Transportation vol.30(V)(1950): "Predic-
tion of surge pressures in long oil-transmission lines",
by M. Ludwig and S.P. Johnson.
3. De Ingenieur 26 juli 1968, pag. 093-0100: "Waterslag"
door irs Manuel, Vreugdenhil, Wijdieks.
4. Cursus gezondheidstechniek 1963-1964, riolering septem-
ber/oktober 1963, R6: "Waterslag in leidingen" door
ir L. Huisman.
5. Gas- und Wasserfach, Heft 37/38/85 Jahrg. 1942), pag.
425 t/m 433: "Nachrechnung der Drucksteigerung einer
langen Wasserversorgungsleitung mit groszem Rohrrei-
bungsverlust", von Dipl.-Ing. W. Gandenberger
6. Pipe Line News, june 1954 - oktober 1957: "Hydraulics
for Pipeliners", by C.B. Lester.

Bedrijfs-
beveiliging

- (7. Pipeline Industry, May 1968, pag. 71 t/m 74: "Tele-
metry Control on the Oman Pipeline", by J.E. Gleave
and R.J. Coupe.

e) in verband met het constructief ontwerp en de sterkte-
berekening:

- #1. S. Schwaigerer: "Rohrleitungen; Theorie und Praxis".
2. De Ingenieur, 5 mei 1950, nr 18, pag. 013 t/m 020:
"Vereffeningsfactoren voor symmetrisch gebogen of
geknikte staven", door ir W.C. Coepijn.

- #3. W.E. Wilbur: "Analyzing pipeline stresses".
(Pipeline industry, februari 1963, pag. 25 t/m 31).

Wegkruisingen

- #4. M.G. Spangler: "Pipeline crossings under railroads and highways". (Journal AWWA 56 (1964) 8 augustus, pag. 1029 t/m 1046).

- #5. F. Mang: "Berechnung und Konstruktion ringversteifter Druckrohrleitungen".

Wegkruisingen

6. Pipeline industry, january 1960, pag. 31 t/m 36: "Designing pipeline crossings of railroads and highways", by E.A. Slade.

7. Hoesch Berichte aus Forschung und Entwicklung unserer Werke, Heft 2/67: "Neues Dimensionierungsverfahren für eingeeerdete Rohre", von Ing. Wolfgang Schmidt und dr Rolf Wartmann.

8. The Petroleum Engineer, november 1954: "Secondary stresses in buried high pressure pipelines", by M.G. Spangler.

- #9. M. Hetényi: "Beams on elastic foundation".

10. V. Jürgenson: "Elastizität und Festigkeit im Rohrleitungsbau".

11. ASME - transactions 1959, pag. 386 t/m 392: "On finite bending of pressurized tubes", by Eric Reissner.

12. Proc. 9e intern. congress of applied mech. 1956, pag. 101 t/m 111: "The influence of pressure on the bending of curved tubes", by S.H. Crandall and N.C. Dahl.

13. Instituut T.N.O. voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies: Rapport no.B-66-286/13055: "Experimentele bepaling van de buigstijfheid van een cirkelvormig gekromde dunwandige buis".

Bochtflexibiliteit en stress-intensification

- #14. Kellogg Company: "Design of Piping systems".

- #15. E.C. Rodabaugh, H.H. George: "Effect of internal pressure on flexibility and stress-intensification factors of curved pipe or welding elbows". (ASME-transactions 1957, pag. 939 t/m 948).

- #16. ASME: "American Standard Code for pressure piping". Gas transmission and distribution piping systems. ASA.B.31.8-1963; USAS.B.31.8.-1967; ANSI.B.31.8-1971.

- | | | | |
|------------------------------|---|-----|--|
| Metallurgie | (| 17. | The Oil and Gas journal, september 23, 1963: "Line-pipe research". |
| | { | 18. | Pipe Line News, june 1955, pag. 35 e.v.: "Hydraulics for Pipeliners", part XI: "Working stresses", by C.B. Lester. |
| Toelaatbare staalspanningen | { | 19. | Mineralölfwirtschaftsverband E.V., Arbeitskreis "Pipeline-Technik": "Stellungnahme zur Frage der Sicherheit von Fernleitungen unter besonderer Berücksichtigung des Berechnungsbeiwertes". |
| | { | 20. | H ₂ O (1) 1968, nr 18, pag. 419 t/m 422: IV. "Enkele veiligheidstechnische aspecten van oliepijpleidingen", door ir E.A. Beylevelt. |
| Compensatoren | (| 21. | Brennstoff - Wärme - Kraft, Bd. 4 (1952) nr 12, pag. 415/17: "Elastische Stahlbälge als Dehnungselemente in Rohrleitungen", von Obering W. Wiethüchter. |
| Kopdrukken bij doorpersingen | { | 22. | De Ingenieur, Bouw- en Waterbouwkunde 9, 22 mei 1964: "Modellversuche über Tragfähigkeit der Grundverankerungen und der mit horizontaler Kraft belasteten Pfähle und Pfahlböcke", von prof. S.M. Hueckel, Techn. Universität Gdansk (Polen). |
| | | 23. | H. Thielsch: "Fehler und Schäden an Druckbehältern und Rohrleitungen". |
| Explosie gasleidingen | { | 24. | P.W. Scharroo: "Springstoffen (eigenschappen, vervaardigen, werking en toepassing voor militaire vernielingen, in de mijnbouw en in de landbouw)". |
| | { | 25. | Rohre. Rohrleitungsbau. Rohrleitungstransport, Heft 6-December 1965: "Luftdruckberstversuchen an Groszrohren", von Dr Ing. Heinz Lepand und Ing. Friedr. O. Koch, Dortmund. |
| Principe schadefactoren | { | 26. | De Ingenieur, jaargang 80 nr 24, 14 juni 1968, pag. W 125, 126: "Some thoughts on ship structural design", by prof. J.B. Caldwell. |
| | { | 27. | De Ingenieur, jaargang 81 nr 8, 21 febr. 1969, pag. Bt 4: "III.CEB Commissie VI: "Veiligheid", door ir F.K. Ligtenberg, T.N.O. |
| | { | 28. | Cement, jaargang XX, nr 10, oktober 1968, pag. 382, 383: inaugurele rede van prof. ir D. Dicke. |

f) in verband met pijpleidingen voor het transport van vaste stoffen:

Suspensies en capsules

1. Scientific American, january 1967, volume 216, nr 1, pag. 62 t/m 72: "Pipelines", by E.J. Jensen en H.S. Ellis.
2. ICHCA, Monthly Journal, october 1967, pag. 9 t/m 13: "The pipeline transportation of solids - Theoretical and practical considerations", by D. Anderson and P.R. Perkins.
3. MB/1968/no.6/7, pag. 234 t/m 241: "Transportmogelijkheden in de toekomst" door prof. ir H.C.A. van Eldik Thieme.

g) in verband met de uitvoering:

1. Verwarming en ventilatie, december 1964, nr 12, pag. 519 t/m 528: "Technische aspecten bij de aanleg van hogedruk aardgasleidingen van grote middellijn", door P.N. Vet.
2. Polytechnisch tijdschrift, 4-3-1965, pag. 183B t/m 191B: "Aanleg aardgasleiding in Nederland", door J.A. Visser, ing.
3. Strom und See, november 1966, nr 11, pag. 377 t/m 380: "Der Bau der Gas-Pipeline von Basel ins Mittelland", door dr O. Miecher.
4. ASCE: Journal of the Pipeline division, july 1965, pag. 39 t/m 71: "Performance of casing pipes under railroads and highways".
5. Dipl. Ing. Gustav Stüdemann: "Korrosionsschutzmassnahmen bei Stahlspundwänden im Wasserbau". (Die Bautechnik, Heft 10, 43 Jahrgang, oktober 1966).

Deflecties

h) diversen:

1. The Oil and Gas Journal, april 25, 1966: "Instrumented pig finds, measures pipeline pitting", by Harold L. Sparks, Phillips Pipe Line Co.
2. The Oil and Gas Journal: "In-service pipelines can be surveyed for corrosion", by R.C. Beaver, AMF Tuboscope, Inc. Houston, Texas.

Linalog

Spannings-
corrosie

- { 3. Gas-89-januari 1969: "Scheurvorming door waterstof-
brosheid" (Scheurvorming door waterstofbrosheid in
kathodisch beschermde hogedruk gastransportleidingen
en in gasopslagtanks)," door drs W. Takens en
ir O. van Uchelen (VEG-gasinstituut).

HOOFDSTUK V. Vereenvoudigde sterkteberekening voor kruisingen van lagedrukleidingen (bedrijfsdruk ≤ 10 ato) van kleine diameter met waterstaatswerken.

§ 1. Gasleidingen

Bij ontsteking (bijvoorbeeld door lassen) van een explosief gas-luchtmengsel in een drukloos gemaakte gasleiding (reparatie) kunnen drukken optreden in de orde van 20 ato (pyrogene explosie).

Hogedrukleidingen zijn hiertegen bestand, doch bij lagedrukleidingen dient de barstdruk aan deze detonatiedruk te worden getoetst.

In afwachting van nadere onderzoeken op dit gebied (onder andere inzake erosie en schokgolven) moeten lagedrukgasleidingen met een barstdruk ≤ 20 ato voorlopig worden berekend op de voor hogedrukleidingen geldende wijze.

Lagedrukgasleidingen met een barstdruk > 20 ato in boezemwateren annex kaden moeten voorlopig eveneens worden berekend op de voor hogedrukleidingen geldende wijze.

Lagedrukgasleidingen met een barstdruk > 20 ato in hoofdwaterringen, tweede waterringen en provinciale wegen kunnen voorlopig worden berekend volgens de vereenvoudigde sterkteberekening wanneer $pD^2 < 64$ (p = ontwerpdruk in ato en D = buisdiameter in cm), mits bovendien de diameter van de leiding niet groter is dan:

0,20 m in hoofdwaterringen
0,40 m in tweede waterringen
0,20 m in provinciale wegen.

Omtrent de toepasbaarheid van de vereenvoudigde sterkteberekening voor lagedrukgasleidingen in hoofdwaterringen en provinciale wegen met een diameter van 0,20 m - 0,40 m, die wel voldoen aan $pD^2 < 64$, dient nader overleg te worden gepleegd met de vergunningverlenende instantie.

§ 2. Vloeistofleidingen

Lagedruk-vloeistofleidingen in boezemwateren annex kaden moeten worden berekend op de voor hogedrukleidingen geldende wijze.

Lagedruk-vloeistofleidingen in hoofdwaterkeringen, tweede waterkeringen en wegen kunnen worden berekend met de vereenvoudigde sterkteberekening wanneer $HD^2 < 1$ (H = ontwerpdruk in m vloeistofkolom en D = buisdiameter in m), mits bovendien de diameter van de leiding niet groter is dan:

0,20 m in hoofdwaterkeringen
0,40 m in tweede waterkeringen
0,20 m in provinciale wegen.

Omtrent de toepasbaarheid van de vereenvoudigde sterkteberekening voor lagedruk-vloeistofleidingen in hoofdwaterkeringen en provinciale wegen met een diameter van 0,20 m - 0,40 m die wel voldoen aan $HD^2 < 1$, dient nader overleg te worden gepleegd met de vergunningverlenende instantie.

§ 3. Vereenvoudigde sterkteberekening

a. stalen leidingen

Benodigde gegevens

- 1) buisdiameter D ($r = \frac{1}{2} D$) in cm
- 2) wanddikte t in cm
- 3) breuksterkte van het staal σ_{br} in kg/cm²
- 4) ontwerpdruk p in kg/cm²
- 5) belasting buis uit gronddekking en verkeersbelasting Q in kg/cm¹ buislengte
- 6) zettingsverschil δ in cm en de afstand l waarover dit verschil plaats vindt in cm
- 7) straal van de bochten R in cm
- 8) toelaatbare spanning $\bar{\sigma}$ (gereduceerd)

Berekeningen

uit inwendige druk $\sigma_1 = \frac{p \cdot D}{2t}$

uit bovenbelasting $\sigma_2 = 0,235 \frac{Qr}{W_w}$

$W_w = \frac{1}{6} \times t^2$ (weerstandsmoment van de buiswand)

uit de zettingen $M = \frac{3 EI \delta}{l^2}$ (halve inklemming)

$E = 2,1 \times 10^6$ kg/cm²

$I_b = \frac{\pi}{64} \left\{ D^4 - (D-2t)^4 \right\}$ (traagheidsmoment van de buisdoorsnede)

$\sigma^1 = \frac{M}{W_b}$ in langsrichting van de buis

$W_b = \frac{I_b}{r}$ (weerstandsmoment van de buisdoorsnede)

Als het zettingsgebied in een bocht ligt:

is $\sigma_3 = i \times \sigma^1$

$i = \frac{0,9}{h^{2/3}}$ en $h = \frac{tR}{r^2}$ i = stress-intensificationfactor

totaal $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 < \bar{\sigma}$ in dwarsrichting

en $\frac{1}{2} \sigma_1 + \sigma^1 < \bar{\sigma}$ in langsrichting

$\bar{\sigma}$ uit hoofdstuk III-§ 7-d iets verlagen bijvoorbeeld met 20%.

b. plastic leidingen (thermoplasten)

Voor de berekening van de spanningen kunnen dezelfde formules worden gebruikt als voor stalen leidingen, met dit verschil dat $i = \frac{1,8}{h^{2/3}}$

Er is een groot aantal verschillende soorten plastic met verschillende σ en E.

De meest gebruikte zijn:

polyvinylchloride = p.v.c.

lagedichtheid polyetheen = zacht PE

hogedichtheid polyetheen = hard PE

NEN 2670 geeft toelaatbare materiaalspanningen (ongereduceerd) voor:

p.v.c. : 100 kg/cm²

zacht PE: 25 of 32 kg/cm² afhankelijk van de soort

hard PE: 50 kg/cm².

Bij andere plastic soorten zullen deze gegevens geleverd moeten worden door de fabrikant of vergunningvrager.

Uit literatuuronderzoek blijkt dat men voor de elasticiteitsmodulus kan aanhouden:

p.v.c.: E = 30.000 kg/cm²

PE (hard): E = 7.000 kg/cm²

PE (zacht): E = 1.200 kg/cm²

De buis voldoet wat betreft de spanningen als

$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 < \bar{\sigma}$ (spanningen in langsrichting niet maatgevend)

$\bar{\sigma}$ volgens hoofdstuk III-§ 7-d, verlaagd met bijv. 20%.

Er moet echter nog een 2e voorwaarde worden gesteld.

De vervorming mag niet te groot worden (maximaal 5%).

De deflectie volgt uit de formule:

$$\sigma_y = 0,113 \frac{Qr^3}{EI_w} \text{ en deze moet zijn } \leq 0,05 D.$$

hierin is weer:

$$r = \frac{1}{2} D$$

$$E = 30.000 \text{ voor p.v.c.}$$

$$E = 7.000 \text{ voor PE (hard)}$$

$$I_w = \frac{1}{12} \times t^3 \quad (\text{traagheidsmoment van de buiswand})$$

$$Q = \text{totale belasting per cm buislengte.}$$

Opmerking:

De buis moet altijd in de grond worden gelegd, dus niet op twee langsbalken of op betonplaten. Verder moeten in de nabijheid van de buis aangetroffen stenen of scherpe voorwerpen worden verwijderd.

c. andere materialen

Hierbij kunnen dezelfde formules worden gebruikt als bij staal.

$$\text{koper: } \sigma_{br} = 3.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 1.210.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{messing: } \sigma_{br} = 4.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 1.000.000 \text{ kg/cm}^2$$

Lagedrukgasleidingen met barstdruk ≤ 20 ato: voor alle waterstaatswerken behandelen conform hogedrukleidingen.

Lagedrukgasleidingen met barstdruk > 20 ato:

sterkteberekening voor: boezemkaden c.a.: volledig :

hoofdwaterringen: volledig als : $pD^2 \geq 64$ en $D > 0,20$ m

vereenvoudigd als : $pD^2 < 64$ en $D \leq 0,20$ m

overleg als : $0,20 \text{ m} < D < 0,40 \text{ m}$ en $pD^2 < 64$

tweede waterringen: volledig als : $pD^2 \geq 64$ en $D > 0,40$ m

vereenvoudigd als : $pD^2 < 64$ en $D \leq 0,40$ m

provinciale wegen: volledig als : $pD^2 \geq 64$ en $D > 0,20$ m

vereenvoudigd als : $pD^2 < 64$ en $D \leq 0,20$ m

overleg als : $0,20 \text{ m} < D < 0,40 \text{ m}$ en $pD^2 < 64$

damwandconstr. voor: boezemkaden c.a.: aanbrengen : altijd $L = \frac{1}{2} \sqrt[3]{pD^2}$

hoofdwaterringen: aanbrengen als : $pD^2 \geq 64$ en $D > 0,20$ m $L = \frac{1}{2} \sqrt[3]{pD^2}$

niet aanbrengen als : $pD^2 < 64$ en $D \leq 0,20$ m

overleg als : $0,20 \text{ m} < D < 0,40 \text{ m}$ en $pD^2 < 64$

tweede waterringen: aanbrengen als : $pD^2 \geq 64$ en $D > 0,40$ m $L = 4 \text{ m}$

niet aanbrengen als : $pD^2 < 64$ en $D \leq 0,40$ m

provinciale wegen: geen damwandconstructie

Lagedruk-vloeistofleidingen:

sterkteberekening voor: boezemkaden c.a.: volledig

hoofdwaterringen: volledig als : $HD^2 \geq 1$ en $D > 0,20$ m

vereenvoudigd als : $HD^2 < 1$ en $D \leq 0,20$ m

overleg als : $0,20 \text{ m} < D < 0,40 \text{ m}$ en $HD^2 < 1$

tweede waterringen: volledig als : $HD^2 \geq 1$ en $D > 0,40$ m

vereenvoudigd als : $HD^2 < 1$ en $D \leq 0,40$ m

provinciale wegen: volledig als : $HD^2 \geq 1$ en $D > 0,20$ m

vereenvoudigd als : $HD^2 < 1$ en $D \leq 0,20$ m

overleg als : $0,20 \text{ m} < D < 0,40 \text{ m}$ en $HD^2 < 1$

damwandconstr. voor: boezemkaden c.a.: aanbrengen : altijd $L = 4 \sqrt[3]{HD^2}$

hoofdwaterringen: aanbrengen als : $HD^2 \geq 1$ en $D > 0,20$ m $L = 4 \sqrt[3]{HD^2}$

niet aanbrengen als : $HD^2 < 1$ en $D \leq 0,20$ m

overleg als : $0,20 \text{ m} < D < 0,40 \text{ m}$ en $HD^2 < 1$

tweede waterringen: aanbrengen als : $HD^2 \geq 1$ en $D > 0,40$ m $L = 4 \text{ m}$

niet aanbrengen als : $HD^2 < 1$ en $D \leq 0,40$ m

provinciale wegen: geen damwandconstructie

N.B. In de formules pD^2 en $L = \frac{1}{2} \sqrt[3]{pD^2}$ is p = ontwerpdruk in ato; D = buisdiameter in cm en L = lengte damwand in m aan één zijde van de buis.

In de formules HD^2 en $L = 4 \sqrt[3]{HD^2}$ is H = ontwerpdruk in m vloeistofkolom; D = buisdiameter in m en L = lengte damwand in m aan één zijde van de buis.

$L_{\max} = 10 \text{ m}$ voor boezemkaden c.a. en hoofdwaterringen.

HOOFDSTUK VI. Eisen te stellen aan het ontwerp van waterstaatkundige en andere voorzieningen bij kruising van waterkeringen en provinciale wegen.

§ 1. Boezemwateren annex kaden

a. damwandconstructie

1. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)

De vervangende waterkering moet reiken tot de kruishoogte van de kade, zich uitstrekken over een lengte van 20 m gemeten evenwijdig aan de kaden en bestaan uit kistdammen opgebouwd uit onderling gekoppelde op stuit gefundeerde stalen damwanden met een minimaal profiel van Larssen 22.

Het vereiste profiel en de vereiste inheidiepte van de stalen damwanden van de kistdammen moeten worden bepaald op basis van het grondmechanisch rapport (zie hoofdstuk III-§ 3) en uitgaande van een ontgronding aan de landzijde van de kistdam tot maaiveld, indien althans tijdelijke ontgravingen achter de kade c.q. te baggeren sleuven niet maatgevend zijn.

2. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)

A. gasleidingen

1. leidingen met een barstdruk ≤ 20 ato

Deze te behandelen conform hogedrukleidingen.

2. leidingen met een barstdruk > 20 ato

De aan te brengen damwandconstructie moet zich ter weerszijden van de leiding, evenwijdig aan de kaden uitstrekken over een afstand (in m) $L = \frac{1}{2} \sqrt[3]{pD^2}$, met een maximum van 10 m. Hierbij is p de bedrijfsdruk in ato en D de diameter van de leiding in cm. Overigens moet de damwandconstructie voldoen aan de onder § 1-a-1 gestelde eisen.

B. vloeistofleidingen

De aan te brengen damwandconstructie moet zich ter weerszijden van de leiding, evenwijdig aan de kaden uitstrekken over een afstand (in m) $L = 4 \sqrt[3]{HD^2}$, met een maximum van 10 m. Hierbij is H de bedrijfsdruk in m vloeistofkolom en D de diameter van de leiding in m.

Overigens moet de damwandconstructie voldoen aan de onder § 1-a-1 gestelde eisen.

b. kwelschermen en dergelijke

Bij doorvoer van de leiding door de stalen damwanden mag bij onderheide kruisingen een gegoten rubber afdichting worden toegepast bijvoorbeeld door middel van "thiokol".

Bij op staalgefundeerde constructies moeten kwelschermen met een kleikist of een flexibele rubberen afdichting worden aangebracht. De onderkant van de doorvoeropening moet hierbij gelijk zijn aan de hoogte van de onderkant van de leiding verminderd met de te verwachten zakking van de leiding en 0,10 m reserve, met een minimum van 50 cm.

Kwelschermen moeten tenminste 0,50 m buiten de leiding steken en waterdicht met de leiding worden verbonden. Wanneer de kruisingsconstructie wordt onderheid, moet extra aandacht aan de aansluiting van het kwelscherm op de buis worden geschonken, omdat de leiding mogelijke zettingen van het kadelichaam niet zal volgen.

§ 2. Hoofdwaterkeringen

a. damwandconstructie

1. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)

Het stalen damwandscherm moet zich uitstrekken tot 10 m ter weerszijden van de uiterste begrenzingen van de kruisende leiding(en).

De hoogte van de bovenkant van het stalen damwandscherm moet (bij voorkeur) gelijk zijn aan de hoogte van de bestaande of te maken kruinshoogte verminderd met 0,10 m, doch moet met inachtnaam van te verwachten zettingen tenminste gelijk zijn aan de hoogte van het ter plaatse van de kruising geldende ontwerppeil + 0,50 m of aan de hoogte van de in 1953 ter plaatse van de kruising opgetreden stormvloedstand + 0,25 m. (Zolang de deltawerken niet zijn voltooid, kan laatstgenoemde hoogte maatgevend zijn).

Het damwandprofiel moet eveneens blijken uit een op het grondmechanisch rapport gebaseerde berekening, doch moet tenminste van het type Larssen 23 zijn.

Het vereiste profiel en de vereiste inheidiepte van het stalen damwandscherm moeten worden berekend, uitgaande van een onverankerde stormvloedkerende damwand bij een éénzijdige 3 m diepe ontgronding.

Wanneer de leiding lager wordt gelegd dan het ontwerppeil moet de doorvoeropening in het stalen damwandscherm worden afgedicht door stalen schermplaten ter weerszijden van de damwand en een kleikist of nader goed te keuren constructies. Voorts moet de onderkant van de doorvoeropening gelijk zijn aan de hoogte van de onderkant van de leiding verminderd met de te verwachten zakking van de leiding en 0,10 m reserve.

De lengte van het stalen damwandscherm moet tenminste 8 m zijn, doch moet nader blijken uit een op het grondmechanisch rapport (zie hoofdstuk III-§ 3) gebaseerde berekening. De damwand mag niet in het diepe zand worden geheid.

Op de minimale hoogte van de bovenkant van het damwandscherm (ontwerppeil + 0,50 m of stormvloedstand 1953 + 0,25 m) moet onder de leiding en ter weerszijden van het damwandscherm een kruinsbreedte van tenminste 3 m aanwezig zijn.

2. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk ≤ 10 ato)

A. gasleidingen

1. leidingen met een barstdruk ≤ 20 ato

Deze te behandelen conform hogedrukleidingen.

2. leidingen met een barstdruk ≥ 20 ato

Het eventueel aan te brengen damwandscherm moet zich ter weerszijden van de leiding, evenwijdig aan de dijk uitstrekken over een afstand (in m) $L = \frac{1}{2} \sqrt[3]{pD^2}$, met een maximum van 10 m. Hierbij is p de bedrijfsdruk in ato en D de diameter van de leiding in m. Overigens moet het damwandscherm voldoen aan de onder § 2-a-1 gestelde eisen.

B. vloeistofleidingen

Het eventueel aan te brengen damwandscherm moet zich ter weerszijden van de leiding, evenwijdig aan de dijk uitstrekken over een afstand (in m) $L = \sqrt[3]{HD^2}$, met een maximum van 10 m. Hierbij is H de bedrijfsdruk in m vloeistofkolom en D de diameter van de leiding in m. Overigens moet het damwandscherm voldoen aan de onder § 2-a-1 gestelde eisen.

b. kwelschermen

Kwelschermen moeten tenminste 0,50 m buiten de leiding steken en waterdicht met de leiding worden verbonden.

Wanneer de kruisingsconstructie wordt onderheid, moet extra aandacht aan de aansluiting van het kwelscherm op de buis worden geschonken, omdat de leiding mogelijke zettingen van het dijklichaam niet zal volgen.

c. werkvloer

De eventueel aan te brengen werkvloer moet zich in de lengterichting van de dijk uitstrekken tot 2,50 m ter weerszijden van de uiterste begrenzing van de kruisende leiding(en) en in het dwarsprofiel tot tenminste de binnen- en buiten-teenlijn.

Tussen de onderkant van de leiding en de bovenkant van de werkvloer moet tenminste 0,20 m goed verdichte klei aanwezig zijn.

§ 3. Tweede waterkeringen

a. damwandconstructie

De bij een hoge doorvoer van de leiding eventueel aan te brengen vervangende waterkering moet bestaan uit een onverankerd, op kleef gefundeerd stalen damwandscherm Larssen 23 van $8 \times 8 \text{ m}^2$, geflankeerd door eventueel in aanvulling verkregen grondlichamen met een minimale bovenbreedte ter hoogte van de dijk kruin van 3 m.

Bij doorvoer van een transport- c.q. mantelbuis door een stalen damwandscherm moeten schermplaten met een kleikist of een flexibele rubberen afdichting worden aangebracht; het slobgat moet voldoende ruimte laten voor zettingsverschillen tussen buis en damwand.

b. kwelschermen

Kwelschermen moeten tenminste 0,50 m buiten de leiding steken en waterdicht met de leiding of mantelbuis, indien deze wordt toegepast, worden verbonden.

Wanneer de kruisingsconstructie wordt onderheid, moet extra aandacht aan de aansluiting van het kwelscherm op de buis worden geschonken, omdat de leiding mogelijke zettingen van het dijklichaam niet zal volgen.

c. mantelbuizen

Mantelbuizen moeten aan beide uiteinden blijvend waterdicht worden afgesloten met een daartoe geschikt afdichtingsmateriaal.

Ter bescherming tegen corrosie van de staaloppervlakken van de ruimte tussen mantelbuis en transportleiding moet een mengsel worden aangebracht van water met neutraliserende stoffen (schelpkalk en kristalsoda).

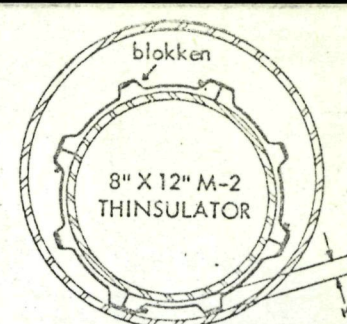
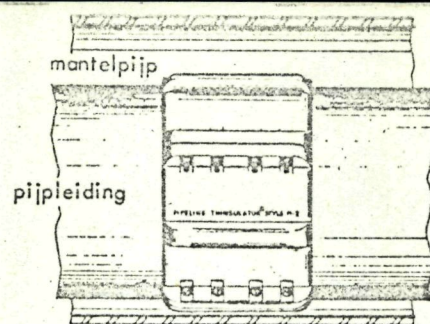
Inzake de samenstelling van dit neutraliserend mengsel moet een algemeen advies van een deskundig instituut worden overgelegd.

Slechts één der beide ontluchtingspijpen mag na beëindiging van het werk worden gehandhaafd en moet worden voorzien van een afsluitbaar standpijpje ten behoeve van monsternamen, de andere moet na toevoeging van water met neutraliserende stoffen worden afgesloten na onder het maaiveld te zijn afgebrand.

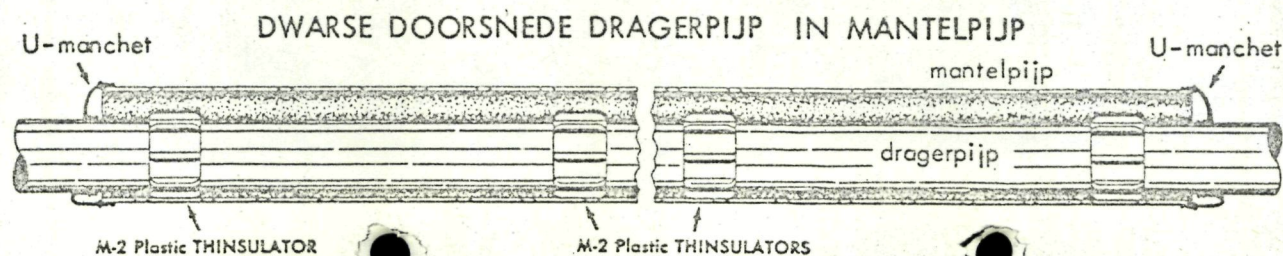
De mantelbuis moet in staat zijn de gronddruk, de belastingen door zettingsverschillen en de verkeersdruk op te nemen. Wanneer de mantelbuis daarbij steun ontleent aan de leiding, moeten deze krachten zowel voor de leiding als ook voor de mantelbuis in rekening worden gebracht.

De toe te passen thinsulators (electrisch isolerende afstandhouders) moeten van het type T.D. Williamson M2 zijn (plastic) volgens de navolgende specificaties, of een minstens gelijkwaardige kwaliteit en constructie hebben.

SPECIFICATIES WILLIAMSON M-2 THINSULATORS



nominale pijpmaat	uitwendige Ø dragerpijp (carrier)				minimum inwendige Ø mantelpijp (casing)		aantal blokken	breedte langs pijp		maximale dikte "H"		aantal segmenten
	minimum		maximum		inch	mm.		inch	mm.	inch	mm.	
	inch	mm.	inch	mm.								
2"	2,375	60,325	2,625	66,675	4,0	101,6	4	4,0	101,6	0,625	15,875	2,0
3"	3,5	88,9	3,75	95,25	5,25	133,35	4	4,0	101,6	0,625	15,875	2,0
4"	4,5	114,3	4,75	120,65	6,5	165,1	4	5,0	127,0	0,75	19,05	2,0
6"	6,625	168,275	7,0	177,8	8,75	222,25	6	5,0	127,0	0,75	19,05	3,0
8"	8,625	219,075	9,125	231,775	11,0	279,4	8	6,0	152,4	0,75	19,05	4,0
10"	10,75	273,05	11,25	285,75	13,0	330,2	8	6,0	152,4	0,75	19,05	4,0
12"	12,75	323,85	13,25	336,55	15,0	381,0	12	6,0	152,4	0,75	19,05	4,0
14"	14,0	355,60	14,5	368,3	16,75	425,45	15	6,0	152,4	0,75	19,05	5,0
16"	16,0	406,4	16,5	419,1	19,0	482,6	8	6,25	158,75	0,75	19,05	4,0
18"	18,0	457,2	18,5	469,9	21,0	533,4	9	6,25	158,75	0,75	19,05	4,5
20"	20,0	508,0	20,5	520,7	23,0	584,2	10	6,25	158,75	0,75	19,05	5,0
22"	22,0	558,8	22,5	571,5	25,0	635,0	11	6,25	158,75	0,75	19,05	5,5
24"	24,0	609,6	24,5	622,3	27,0	685,8	12	6,25	158,75	0,75	19,05	6,0
26"	26,0	660,4	26,5	673,1	29,0	736,6	13	6,25	158,75	0,75	19,05	6,5
28"	28,0	711,2	28,5	723,9	31,0	787,4	14	6,25	158,75	0,75	19,05	7,0
30"	30,0	762,0	30,5	774,7	33,0	838,2	15	6,25	158,75	0,75	19,05	7,5
32"	32,0	812,8	32,5	825,5	35,0	889,0	16	6,25	158,75	0,75	19,05	8,0
34"	34,0	863,6	34,5	876,3	37,0	939,8	17	6,25	158,75	0,75	19,05	8,5
36"	36,0	914,4	36,5	927,1	39,0	990,6	18	6,25	158,75	0,75	19,05	9,0
48"	48,0	1219,2	48,5	1231,9	51,0	1295,4	24	6,25	158,75	0,75	19,05	12,0
60"	60,0	1524,0	60,5	1536,7	63,0	1600,2	30	6,25	158,75	0,75	19,05	15,0



§ 4. Provinciale (secundaire en tertiaire) wegen

Voor mantelbuizen in kruisingen van provinciale wegen gelden dezelfde bepalingen als vermeld onder § 3-c.

HOOFDSTUK VII. Eisen te stellen aan de corrosiebescherming.

§ 1. Algemeen overzicht

Leidingen, gemaakt van staal, gietijzer, asbestcement, beton en eventueel kunststof dienen te worden beschermd tegen corrosie. Hierbij dient een onderscheid te worden gemaakt tussen uitwendige en inwendige bescherming.

a) uitwendige bescherming

De uitwendige bescherming kan op twee manieren worden gerealiseerd, namelijk door het aanbrengen van een doelmatige bekleding, eventueel aangevuld door een kathodische bescherming. Zij dient om de buis te beschermen tegen de aantasting van agressieve grond, verontreinigd grondwater en - bij metalen leidingen - door elektrische zwerfstromen.

b) inwendige bescherming

Hiervoor wordt inwendig een bekleding aangebracht, welke de buis moet beschermen tegen de invloeden van het te transporteren medium. De inwerking van aardgas, olie en hard drinkwater is niet erg gevaarlijk, anders staat het echter met industrieel afvalwater, met allerlei mechanische verontreinigingen, zuren, zouten of zelfs radio-actieve stoffen. Meestal kan worden volstaan met een bekleding van asfalt-bitumen. Wanneer een grotere weerstand wordt vereist tegen agressieve stoffen of tegen stroomsnelheden groter dan 2 m/sec wordt een bekleding toegepast van cement of epoxy-verbindingen.

Een leiding kan in- en/of uitwendig voorzien zijn van één van de volgende materialen:

- asfaltbitumen
- koolteerpek
- gesinterde polyethyleen
- epoxy-silica
- epoxy-koolteer
- cement
- zink.

c) stalen leidingen

Deze kunnen over het algemeen doelmatig worden beschermd met een bekleding van asfaltbitumen. Voor rivierkruisingen kan als aanvullende bescherming tegen aangroeiingen en beschadigingen tijdens en na het leggen een betonbekleding worden aangebracht.

Wanneer men een leiding zonder gebruik te maken van een mantelbuis door een weg- of dijklichaam wil persen, kan een bekleding worden toegepast van gesinterde polyethyleen (PE) of epoxy-silica, welke een zeer grote weerstand tegen afschuiven bezitten. Beide soorten bekleding kunnen ook worden overwogen bij hogere bedrijfstemperaturen dan normaal in leidingen voorkomen, respectievelijk tot 80°C en 100°C. Hierbij dient echter te worden opgemerkt, dat er nog weinig ervaring bestaat in het gebruik van bekledingen van epoxy-verbindingen en gesinterde PE bij hoge temperaturen.

Gevallen waarbij een uitwendige bekleding nodig is voor een bedrijfstemperatuur hoger dan 60°C komen voor ondergrondse transportleidingen zelden voor en dan is de leiding meestal voorzien van een warmte-isolatielaag, die aan de buitenzijde praktisch op omgevingstemperatuur is. Indien deze isolatie-omhulling van staal is, kan op normale wijze een asfaltbitumenbescherming worden aangebracht.

Tevens kan nog worden gezegd, dat een thermische isolatie veelal ook zodanig electrisch isoleert dat een effectieve kathodische bescherming van de vloeistof- of gasvoerende pijp niet kan worden bereikt.

Ondergrondse stalen leidingen worden doorgaans van een kathodische bescherming voorzien.

Overzicht bedrijfstemperatuur bekleding

Soort bekleding	Maximum bedrijfs-temperatuur
Asfaltbitumen (normale samenstelling)	60°C
Asfaltbitumen (speciale samenstelling)	80°C
Epoxy-koolteer	70°C
Gesinterde polyethyleen	80°C
Epoxy-silica	100°C

d) gietijzeren leidingen

Voor ondergrondse pijpleidingen heeft men altijd veel gebruik gemaakt van gietijzer, voornamelijk tengevolge van de eigenschap dat het bijzonder weinig corrosiegevoelig is. Dit wordt veroorzaakt door het hoge koolstofgehalte van het gietijzer, waardoor zich met de in de grond aanwezige zuurstof een beschermende laag op het pijpoppervlak vormt.

Electrische zwerfstromen zijn in het algemeen niet erg gevaarlijk voor gietijzer. De reden daarvoor is dat gietijzer een slechte geleider is, terwijl tevens de isolerende werking van de mofverbindingen ervoor zorgt, dat de elektrische weerstand van een gietijzeren leiding bijzonder hoog is.

Een normale bescherming van gietijzer bestaat uit een in- en uitwendige bekleding van koolteerpek. Wanneer sterk agressieve stoffen moeten worden vervoerd, komt een inwendige cementbekleding in aanmerking.

e) asbestcement-leidingen

Dit soort leidingen wordt reeds sedert vele jaren toegepast voor het transport van water en gas. De aantasting van de buiswand door de te vervoeren media heeft nooit veel problemen gegeven, omdat het gebruikelijk was alleen die vloeistoffen en gassen te transporteren die niet agressief zijn ten opzichte van het verharde cement, zoals drinkwater, aardgas en regenwater. Drinkwater dat niet ontzuurd was, mocht niet worden toegelaten omdat door de zure inwerking het cement, dat niet zo onaantastbaar is als de asbest, gedeeltelijk werd opgelost. Uitwendige aantasting van de buizen vond slechts plaats in zure grond. Electrochemische corrosie bij dit soort materiaal is uitgesloten.

De uitwendige bescherming tegen agressieve grond wordt verkregen door het aanbrengen van een laag koolteerpek, die een afdoende bescherming tegen de meest zure gronden geeft.

Een redelijk inwendige bescherming van asbestcement wordt verkregen door het aanbrengen van een laag asfaltbitumen of koolteerpek.

Een zeer goede inwendige bescherming verkrijgt men met een bekleding op basis van epoxyharsen, welke afhankelijk van de samenstelling, weerstand biedt tegen de meest uiteenlopende stoffen.

f) betonnen leidingen

Leidingen van beton zijn over het algemeen vrij goed corrosie-bestendig. Door geringe aantasting van de binnenwand door afvalwater vormt zich vaak een slijmhuide, welke een zeer goede bescherming geeft. Wanneer aantasting valt te verwachten door agressieve stoffen kan de leiding worden voorzien van een epoxy-bekleding. Aan de buitenkant kan worden volstaan met een laag asfaltbitumen of koolteerpek.

g) kunststofleidingen

Leidingen van kunststof zijn zeer corrosiebestendig en worden zelden van een bekleding voorzien. Alleen in enkele gevallen waar het gaat om het transport van zeer agressieve stoffen kan een polyester leiding zijn voorzien van een inwendige bekleding van p.v.c. (polyvinylchloride).

Overzicht toe te passen bekleding

Leiding, bekleding	Staal	Gietijzer	Asbest- cement	Beton
Asfaltbitumen	uitwendig inwendig	uitwendig	inwendig	uitwendig inwendig
Koolteerpek	-	uitwendig inwendig	uitwendig inwendig	uitwendig
Polyethyleen	uitwendig			
Epoxy-silica	uitwendig inwendig		inwendig	inwendig
Epoxy-koolteer	inwendig uitwendig		inwendig	inwendig
Epoxypoeder	inwendig			
Cement	inwendig	inwendig		
Zink	uitwendig ^{*)} inwendig			

* Alleen voor bovengrondse leidingen, daar een kathodische bescherming niet mogelijk is.

§ 2. Uitwendige bekleding

a. asfaltbitumen gewapend met glasvezel (voor stalen en gietijzeren leidingen)

Voor complete voorschriften, eisen en keuringsproeven van bekledingen bestaande uit gewapend asfaltbitumen wordt verwezen naar "Mededeling 13 van de afdeling corrosie van het Metaal Instituut T.N.O.".

1) voorbehandeling

Het doel van de voorbehandeling van de buizen is het verkrijgen van een volledig schoon en zuiver metaaloppervlak, voordat de bekleding wordt aangebracht. Hiertoe moet het oppervlak van de buizen worden ontdaan van alle er eventueel op voorkomende verontreinigingen als vuil, vet, olie, lasspatten, roest, gloeihuid of walshuid.

Vet en olie worden met ontvettingsmiddelen verwijderd, vuil, losse roest en lasspatten langs mechanische weg bijvoorbeeld staalborstelen. Bij stalen buizen is het daarna vereist de walshuid of de gloeihuid te verwijderen door beitsen met zwavelzuur, zoutzuur of fosforzuur. In die gevallen, waarbij het resultaat goed kan worden gecontroleerd, kan het beitsen worden vervangen door (staal) stralen. Het aanbrengen van de eerste asfaltbitumenlaag dient dan echter onmiddellijk op het stralen te volgen.

2) wijze van aanbrengen

Bij het doen van een keuze uit de hierna te omschrijven bekledingen dient het buismateriaal en de bodem-agressiviteit in aanmerking te worden genomen.

De mate van agressiviteit van de bodem is afhankelijk van een groot aantal factoren en kan worden onderscheiden in niet-, zwak-, matig- en sterk agressief.

Overzicht

Hoedanigheid van de grond	buizen en hulpstukken		Zinkers
	gietijzer	staal	
niet agressief	dompellaag	groep II	groep III
zwak agressief	groep I	groep II	groep III
matig/sterk agressief	groep II	groep II	groep III

Stalen buizen in matig en sterk agressieve grond en zinkers onder alle omstandigheden, moeten zijn voorzien van een kathodische bescherming.

Groep I.

De bekleding bestaat uit:

- een hechtlaag van asfaltbitumen A of C in oplossing gebracht bij een temperatuur van tenminste 10°C.
Met het aanbrengen van de volgende laag asfaltbitumen moet worden gewacht tot de voorgaande laag kleefvrij is.
- een laag van asfaltbitumen A, al of niet gewapend met gedrenkt glasvlies, zodanig dat de gemiddelde dikte van de totale bekleding tenminste 1,7 mm is.
- een kalklaag.

Groep II.

De bekleding bestaat uit:

- een hechtlaag van asfaltbitumen C met een dikte van ten hoogste 0,5 mm.
- een laag van asfaltbitumen B, gewapend met gedrenkt glasvlies, zodanig dat de gemiddelde dikte van de totale bekleding tenminste 4 mm is.
- een kalklaag.

Groep III.

De bekleding bestaat uit:

- de bekleding van groep II zonder kalklaag.
- een extra laag asfaltbitumen B, gewapend met gedrenkt glasdoek, zodanig dat de gemiddelde dikte van de totale bekleding tenminste 7 mm is.
- kalklaag.

Eisen voor asfaltbitumina

	A (zonder vulstof voor drenking en bekleding)		B (met vulstof voor bekleding)		C (voor hechtlaag onder B)	
	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum	maximum
Verwekingspunt (ring en kogel)	75°C	-	90°C	-	105°C	120°C
Indringingsgetal (25°C 100 g, 5s)	2 mm	4,5 mm	-	-	1 mm	3,5 mm
Wateropneming (40°C 5h)	-	1,5 g/m ²	-	1,5 g/m ²	-	1,5 g/m ²

De uitwendige bekleding moet naadloos zijn. Bij te lassen stalen buizen wordt aan de beide uiteinden een stuk ter lengte van 200 mm alleen voorzien van de hechtlaag en dus niet verder bekleed.

Voor de bekleding van de lassen gelden dezelfde eisen als voor de buizen.

3) weerstand tegen aantasting

De weerstand tegen mechanische aantasting is vrij gering en buizen met een asfaltbekleding dienen voorzichtig te worden behandeld. Wanneer veel kans bestaat op beschadigingen kan beter een ander bekledingsmateriaal worden toegepast. Een onbeschadigde bekleding heeft voldoende elektrische weerstand. Voor het gebruik bij hoge temperaturen is asfaltbitumen niet geschikt.

Een bekleding op basis van normale bitumen is bruikbaar tot een bedrijfstemperatuur van maximaal 60°C; speciale bitumensoorten kunnen eventueel gebruikt worden tot 80°C bedrijfstemperatuur.

Een bekleding van asfaltbitumen dient te worden gewapend met glasvlies of glasdoek, welke zodanig moeten zijn aangebracht, dat zij met de verdere bekleding één homogene en onsplitsbare laag vormen. Het aanbrengen dient spiraalsgewijs te geschieden met een overlap van 20 mm, zonder vouwen of plooien. De wapeningsmaterialen mogen nergens tot op het metaal worden doorgetrokken. Glasvlies en glasdoek moeten zijn vervaardigd uit in hoofdzaak anorganisch niet-rottend materiaal, dat bij voorkeur is opgebouwd uit stapelvezels (niet uit continu-vezels). Er mogen geen zichtbare gebreken aanwezig zijn zoals gaten, scheuren, gerafelde of onzuivere randen, stof, olie of vet. Verder moeten glasvlies en glasdoek voldoen aan de eisen in de volgende tabel.

Minimum eisen voor glasvlies en glasdoek

Eigenschap	Glasvlies	Glasdoek
Gewicht	nom. 50 g/m ²	nom. 200 g/m ²
Gewicht na gloeien	40 g/m ²	130 g/m ²
Treksterkte per 50 mm inspanbreedte:		
in lengterichting	5 kgf	40 kgf
in breedterichting	5 kgf	30 kgf
Rek bij breuk	-	4 %
Aantal mazen per 100 mm in beide richtingen	-	30

De minimum treksterkte voor glasdoek $T_{br} = 40 \text{ kgf/5 cm'}$ bekleding ($= 8 \text{ kgf/cm'}$) geeft een vrij geringe veiligheid bij hoge (passieve) grondbelasting. Door het vezelinstituut van T.N.O. zijn bovendien ten behoeve van de uitvoering van de Deltawerken glasvezels onderzocht op sterkte onder invloed van zonlicht en grondwater.

Het blijkt, dat glasvezels door uitloging sterk ver-
 weren en daardoor zeer sterk in treksterkte achteruit
 gaan. Bij een onderheide leiding bijvoorbeeld, waar grote
 krachten op de bekleding worden uitgeoefend, kan een
 verhoging van de zekerheid tegen breuk in die bekleding
 worden verkregen door de bovenste helft van een leiding
 met extra kunststofweefsels af te dekken, omwikkeld met
 door glasvezels versterkte asfaltbitumen. In de handel
 zijn gezwarte polyethyleen-soorten verkrijgbaar met een
 gegarandeerde treksterkte van $T_{br} = 235 \text{ kgf/5 cm'}$ (47 kgf/cm').

4) opslag en transport

Bij opslag van beklede buizen moet goed op de wijze
 van stapelen worden gelet; de onderste buizen mogen niet
 op de bodem rusten daar hierdoor steentjes, kiemen van
 zaden en dergelijke in de bekleding kunnen dringen.
 Bovendien moet de stapeling zodanig boven de bodem wor-
 den uitgevoerd dat iedere mogelijkheid tot wortel- of
 gras-ingroei wordt vermeden. Tevens moet erop gelet
 worden, dat de buizen zo weinig mogelijk tegen elkaar
 liggen.

Het aanbrengen van gegomde etiketten of papier op de
 buizen is niet toegestaan, aangezien dit tot doorscheuren
 van het asfaltbitumen tot op het metaal aanleiding kan
 geven.

Bij het transport moeten de beklede buizen met zorg
 worden behandeld, opdat beschadigingen worden voorkomen.
 Staanders of spijlen waartegen de buizen rusten, moeten
 goed zijn omwonden. De stapeling dient zodanig te zijn,
 dat eventuele flenzen of mofeinden niet in de bekleding
 van omliggende buizen kunnen doordringen. Het lossen
 dient plaats te vinden met behulp van goed omwonden
 stropen.

Transport van de buizen bij een temperatuur lager dan
 5°C moet worden voorkomen, daar bij deze temperaturen een
 grote kans bestaat op scheuren van de bekleding.

b. koolteerpek

Deze bekleding wordt voornamelijk toegepast bij buizen van gietijzer.

1) voorbehandeling

De buizen moeten van vuil, vet en olie worden ontdaan en met een staalborstel worden behandeld.

2) wijze van aanbrengen

De te behandelen buizen worden verhit tot circa 150°C en daarna gedompeld in een bad van koolteerpek dat op $120^{\circ} - 130^{\circ}\text{C}$ is gebracht. Daarna worden ze te droog gezet, waarbij een enigszins schuine opstelling het afdruipe van overtollig pek mogelijk maakt.

3) weerstand tegen aantasting

Een bekleding van koolteerpek geeft over het algemeen een goede bescherming van het gietijzer, dat dan echter niet meer geschikt is voor het transport van drinkwater, omdat de koolteerpek de smaak beïnvloedt.

c. gesinterde polyethyleen
(uitsluitend voor stalen leidingen)1) voorbehandeling

Het metaaloppervlak van de te behandelen buis moet door middel van stralen of met een staalborstel volledig blank wordt gemaakt.

2) wijze van aanbrengen

Direct na de voorbehandeling wordt de pijp in een oven op een temperatuur van 320°C gebracht en op een draaimechanisme boven een bak met polyethyleenpoeder gelegd. Het poeder wordt automatisch over de draaiende buis gestrooid, waarop het tot een naadloze homogene laag samensmelt. De dikte van de laag bedraagt, afhankelijk van de diameter van de buis, circa 2 tot 3,5 mm echter nooit meer dan 40% van de wanddikte.

Daar de uitzettingscoëfficiënt van PE 17x zo groot is als die van staal zal de aangebrachte laag tijdens het afkoelen sterk krimpen en muurvast rond de buis komen te zitten zonder breuk, daar de breukrek van PE 600% bedraagt. Tevens wordt door de vorming van polaire oxydegroepen in het PE aan de grenslaag PE/staal een goede hechting bereikt die behalve voor de corrosiebescherming ook belangrijk is voor de bouw van een buisleiding. Een verschuiving van de omhulling van de buis tengevolge van temperatuurschommelingen is niet mogelijk. De wijze van aanbrengen van de PE-bekleding maakt het mogelijk de meest uiteenlopende vormstukken, bochten en dergelijke op dezelfde wijze te bekleden.

Van de in het veld aangevoerde buizen reikt de bekleding tot op 20 cm van de rand, zodat na het lassen een strook van 40 cm moet worden bedekt, hetgeen bij regen of wind onder een afdak dient te geschieden.

Nadat de buis met een staalborstel grondig is schoongemaakt en de einden van de bekleding met een houtrasp zijn gereinigd, wordt het staal met een lasbrander of een propaan ringbrander over de gehele oppervlakte gelijkmatig tot iets boven 320°C verhit. Dit wordt nauwkeurig gecontroleerd met een thermometer (pyrometer) of, wanneer deze niet aanwezig is, door een kleine hoeveelheid PE-poeder op de buis te strooien, dat dan direct moet smelten. Bij het verhitten moet tegen roeten worden gewaakt.

Het staaloppervlak en 2 cm van de aangrenzende bekleding wordt nu met een dunne laag polyethyleenpoeder bestrooit, terwijl dit aan de onderzijde met een metalen plaatje tegen de buis wordt gedrukt. Met behulp van een canvasband, welke aan beide einden voorzien is van schuimrubberstrippen wordt het te bekleden oppervlak geheel met poeder omhuld. In drie tot vijf minuten is er op de buis een voldoende dikke laag polyethyleen gevormd, waarna de canvasband verwijderd kan worden en het overtollige niet versmolten poeder met een handveger weggeveegd.

Het overblijvende materiaal kan worden opgevangen en opnieuw gebruikt, mits niet verontreinigd of vochtig geworden. Het oppervlak van de nieuw aangebrachte bekleding wordt met een propaangasbrander dichtgesmolten en vervolgens gecontroleerd.

Kleine beschadigingen, die elders in de bekleding voorkomen, worden hersteld door met een propaangasbrander de betreffende plaats tot aan het begin van vloeien te verwarmen. Daarna strooit men er een dunne laag PE-poeder op, waarna de bekleding voorzichtig wordt nagewarmd tot het poeder glad met de aangrenzende bekleding is versmolten. Tenslotte wordt de herstellde plek met zijn omgeving met een verhitte spatel gladgestreken.

Een nadeel van het aanbrengen van de PE-bekleding is, dat hierbij een temperatuur van 320°C is vereist. Bij verhitting boven 300°C gaat namelijk een eventueel door koude deformatie (expanderen in de fabriek) verkregen verhoging van de vloeigrens verloren.

3) weerstand tegen aantasting

Tengevolge van zijn chemische samenstelling wordt het polyethyleen tussen temperaturen van -30°C en circa 60°C door de meeste stoffen niet aangetast. Voor temperaturen tot circa 80°C kan in plaats van rood PE zwart PE worden toegepast. Een bekleding van gesinterd polyethyleen is bestand tegen agressieve grondsoorten alsmede tegen zoet en zout water. Ook de weerstand tegen minerale oliën is goed. In de Noordzee uitgevoerde proeven hebben aangetoond dat PE niet door organismen als zeepokken en dergelijke wordt beschadigd of aangetast. Het poriëngehalte is zeer gering, de wateropname is 0,01 gewichtsprocent. Verder is de kerf- en indringingsweerstand bijzonder groot, evenals de elektrische weerstand, welke een zeer groot isolerend vermogen van de bekleding waarborgt.

De specifieke omhullingsweerstand bij 12 V anodische belasting bedraagt meer dan 10^7 ohm.m^2 . Hieruit blijkt, dat voor kathodische bescherming van met PE geïsoleerde leidingen een uiterst zwakke beschermingsstroom nodig is. Polyethyleen is gevoelig voor inwerking van ultraviolet licht, zodat het aanbeveling verdient het materiaal niet blijvend aan daglicht bloot te stellen. Zwart PE heeft hierbij een grotere weerstand dan rood PE.

Gesinterde polyethyleen bezit een zeer grote weerstand tegen afschuiving. Bij verschillende proeven, waarbij een met PE beklede pijp zonder bescherming van een mantelbuis door een - met puin verontreinigd - zandlichaam werd geperst, bleek dat de bekleding hierbij niet of nauwelijks werd beschadigd.

d. epoxy-verbindingen
(voor stalen leidingen)

1) overzicht

Er bestaat een groot aantal soorten bekleding met epoxyhars als grondstof. Het zijn zogenaamde componenten-verbindingen op basis van epoxyhars en van epoxyhars + koolteer. Deze laatste zijn goedkoper door de aanwezigheid van de koolteer. De verbindingen zonder koolteer zijn veel harder.

Voor de uitwendige bekleding van leidingen worden hoofdzakelijk gebruikt:

- epoxy-silica; een gepigmenteerde epoxyhars met een hoog gehalte aan silica (kwartsmeel), waaraan een verharder op basis van amine of amineaduct is toegevoegd;
- epoxy-koolteer; een mengsel van epoxyhars en koolteer, waaraan een verharder op basis van aminen of poly-amiden is toegevoegd.

2) voorbehandeling

Het staaloppervlak moet worden ontvet en door middel van stralen worden behandeld tot het blank is. Bij het aanbrengen van epoxy-koolteer kan bij goede contrôle met beitsen of fosfateren worden volstaan.

Het aanbrengen van de bekleding dient direct na de behandeling te geschieden. Wanneer dit niet mogelijk is, moet het gereinigde oppervlak tijdelijk worden beschermd met een epoxy-zink grondverf.

3) wijze van aanbrengen

Dit gebeurt door middel van kwasten of spuiten in twee of meer lagen, tot een totale dikte van 400 micron (droge laagdikte).

Bij epoxy-koolteer dient de temperatuur bij het aanbrengen bij voorkeur boven 15°C te zijn. Is de temperatuur lager, dan moet een langere tijd worden gegeven voor doorharden, speciaal wanneer de luchtvochtigheid groot is. Het verdient dan ook aanbeveling overleg te voeren met de verfleverancier.

4) weerstand tegen aantasting

Hoewel de weerstand afhankelijk is van de samenstelling van de coating kan deze over het algemeen goed genoemd worden. Epoxy-koolteer is sterker dan asfalt-bitumen en kan ook bij hogere temperaturen worden gebruikt. Het nadeel van het thermoplastische karakter van de teer is grotendeels opgeheven, terwijl de goede eigenschappen, als hechting aan de ondergrond, waterdichtheid enz. blijven bestaan. Sterker wordt een bekleding wanneer zuiver epoxy wordt gebruikt waaraan dan nog eventueel ter verhoging van de slijtvastheid hulpstoffen zijn toegevoegd. Bij toevoeging van kwartsmeel ontstaat dan het reeds eerdergenoemde epoxy-silica, dat zeer goede mechanische en thermische eigenschappen heeft. Proeven hebben aangetoond dat de epoxy-silica coating van een buis, die door een weglichaam van zand en stenen werd geperst, hierdoor niet werd beschadigd. De bedrijfstemperatuur is tot 100°C.

e. zink
(voor stalen leidingen)

In bepaalde gevallen kan het voorkomen dat een bekleding van zink kan worden toegestaan en misschien zelfs beter aan zijn doel beantwoordt dan een bekleding van asfaltbitumen.

Zink isoleert niet, zodat een leiding met deze bekleding niet kathodisch beschermd kan worden door middel van een elektrische installatie. Dit betekent dat een zinkbekleding niet voor ondergrondse leidingen gebruikt kan worden.

De zinklaag zelf echter oefent een - vrij geringe - kathodische bescherming uit, waardoor deze bekleding meer geschikt is voor bovengrondse leidingen dan een bekleding van asfaltbitumen. Alleen thermisch verzinkte buizen zijn toegestaan.

§ 3. Inspectie van de uitwendige bekleding

a. visueel

Het is gewenst, de bekleding voor het verwerken van de buizen grondig op beschadigingen te onderzoeken.

b. onderzoek naar de laagdikte
algemeen

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een laagdiktemeter, waarvan de werking berust op de aantrekkingskracht tussen het ijzer of staal en de in het apparaat aangebrachte magneet. Het bereik ligt tussen 1,5 en 10 mm. Deze methode kan dus niet voor epoxy-bekleding worden gebruikt.

Bij andere materialen dan staal of ijzer kan een meetklokje worden gebruikt, waarmee men een metalen stift door de bekleding tot op de buis laat doordringen en zodoende op enigszins destructieve wijze de laagdikte kan vaststellen.

asfaltbitumen

Per 10 laagdiktemetingen op willekeurige plaatsen, inclusief de las, mag er slechts één voorkomen met het navolgende minimum:

bij gietijzeren buizen en hulpstukken	groep I	1,5 mm
" " " " "	groep II	3,5 mm
" stalen " " "	groep II	3,5 mm
" " zinkers en dergelijke	groep III	6,2 mm

c. onderzoek naar de hechting

Voor asfaltbitumen kent men de schilproef (zie mededeling 13), welke ook voor polyethyleen gebruikt kan worden. Dit is een destructieve wijze van onderzoek; de bekleding zal naderhand weer geheel hersteld dienen te worden.

Bij laboratoriumproeven met de hechting van epoxy-coatings op asbestcement en beton is gebleken, dat de hechting sterker is dan het te bekleden materiaal.

d. onderzoek naar het electrisch isolerend vermogen

Het electrisch isolerend vermogen van de bekleding dient onmiddellijk vóór het aanaarden van de gerede leiding door middel van afvonken te worden gecontroleerd door een onafhankelijk deskundig instituut, dat een certificaat van goedkeuring moet afgeven aan de betreffende vergunningverlenende instantie.

§ 4. Kathodische bescherming (zie ook hoofdstuk III, § 2-sub e)a. noodzaak installatie

Bij stalen leidingen moet kathodische bescherming worden geïnstalleerd, tenzij aan de volgende 3 voorwaarden (gelijktijdig) wordt voldaan:

- de specifieke bodemweerstand moet hoger zijn dan 10.000 ohm.cm;
- de actuele zuurgraad van de bodem (pH) moet hoger zijn dan 5,0;
- er mag geen gevaar voor zwerfstroom-corrosie aanwezig zijn.

De contrôle op genoemde voorwaarden dient regelmatig (om de 3 à 5 jaar) te worden uitgevoerd en bij veranderde omstandigheden dient alsnog een kathodische bescherming te worden aangebracht.

In het algemeen moet bij waterstaatswerken kathodische bescherming worden aangebracht, tenzij wordt aangetoond dat dit niet nodig is.

b. stroomverbruik

Voor nieuwe leidingen kan de specifieke stroombehoefte worden gesteld op 1 mA/m^2 ; voor oudere leidingen kan dit wel $0,2 \text{ mA/m}^2$ (200x zoveel) bedragen. Het systeem wordt doorgaans ontworpen voor een stroombehoefte van $1-2 \text{ mA/m}^2$ (buisoppervlak).

c. systemen

Voor korte leidingen (tot 400 m) kan bescherming met behulp van opofferingsanoden worden toegepast (anode-stroomsterkte tot 2 A). Langere leidingen dienen te worden voorzien van een gelijkrichterinstallatie (anode-stroomsterkte 30-80 A). Eén anodebed kan afhankelijk van diverse omstandigheden 20-50 km leiding beschermen.

d. contrôle

De goede werking van de aangebrachte kathodische bescherming dient halfjaarlijks of zo nodig meer frequent te worden gecontroleerd. Men is van een goed werkende berekening verzekerd, indien de buis-bodempotentiaal (b.b.p.), gemeten ten opzichte van een Cu-CuSO₄ meetelektrode (half-cel), de maximumwaarde van -850 mV onderschrijdt (bijvoorbeeld -1000 mV). Bij aanwezigheid van (anaërobe) sulfaatreducerende bacteriën (vooral in veengebieden onder de grondwaterspiegel) is het criterium -950 mV. Bij overschrijding van een specifieke stroombehoefte van $0,1 \text{ mA/m}^2$ dient een onderzoek te worden ingesteld naar oorzaak en eventuele corrosie. De contrôle van de kathodische bescherming dient plaats te vinden door een onafhankelijk deskundig instituut.

§ 5. Inwendige bekleding

a. asfaltbitumen (voor staal, asbestcement en beton)

De bekleding kan naar keuze bestaan uit:

- een dompellaag van asfaltbitumen A, welke wordt aangebracht bij een temperatuur van 100°C tot ten hoogste 125°C boven het verwekingspunt van asfalt, of:
 - een centrifugaal aangebrachte laag van asfaltbitumen A zodanig dat de laagdikte tenminste 2 mm en ten hoogste 3 mm is, of:
 - een hechtlaag van asfaltbitumen A of C in oplossing aangebracht, hetgeen moet geschieden bij een temperatuur van tenminste 10°C. Met het aanbrengen van de volgende laag moet worden gewacht tot de voorgaande laag kleefvrij is;
- een zo glad mogelijk aangebrachte laag van asfaltbitumen A, zodanig dat de totale laagdikte tenminste 2 mm en ten hoogste 3 mm is.

Bij buizen, die zijn voorzien van flenzen, moet de bekleding zodanig worden aangebracht dat het gehele cilindrische binnenvlak van de flens is bedekt. Indien wordt gewenst, dat ook het kopvlak wordt bekleed, moet dit speciaal worden vermeld.

b. koolteerpek

Zie hiervoor bij uitwendige bekleding (§ 2).

c. cement (voor stalen en gietijzeren leidingen)

1) wijze van aanbrengen

Men maakt hierbij gebruik van het centrifugaal-systeem. In de langzaam roterende buis wordt op regelmatige wijze vloeibaar cement aangebracht. Daarna wordt de omtreksnelheid verhoogd, waardoor het overtollige aanmaakwater uit de mortel wordt verdreven. Dit heeft tot resultaat, dat een dichte cementmortel ontstaat met goede fysische en chemische eigenschappen. Aansluitend aan het centrifugaal proces vindt een stoombehandeling plaats.

2) weerstand tegen aantasting

In hoofdzaak wordt een zogenaamde passieve bescherming gegeven evenals door asfaltbitumen, daarnaast echter ontstaan door het water dat door de bekleding heen dringt, aan het metaaloppervlak geringe hoeveelheden corrosieprodukten van groot volume (ijzerhydroxyden en ijzeroxyde-hydraten), welke een toenemende dichting van de cementmortel aan het metaaloppervlak veroorzaken en de hechting tussen voering en buis verbeteren. Hierna blijft verdere corrosie achterwege.

Over het algemeen is een oudere cementbekleding, waar reeds veel vloeistof langs gestroomd is, beter dan een nieuwe.

Bescherming wordt geboden tegen vrijwel alle soorten industriewater, afvalwater, zeewater en drinkwater. Er zijn soorten agressief water, welke door inwerking op de cement een slijmachtige huid vormen, die een nog grotere bescherming geeft.

Moeilijkheden ontstaan bij zacht en zeer zacht water met een hoog CO₂-gehalte en evenzeer bij zeer zure soorten industriewater. Bij water met meer dan 40 mg/l kalkagressieve CO₂ en meer dan 3°dH moeten de gebruiksmogelijkheden van geval tot geval worden onderzocht. Bij kleine diameters is de vernauwing van de doorsnede goed merkbaar.

d. epoxy-verbindingen (voor staal, asbestcement en beton)

1) voorbehandeling

Deze is afhankelijk van de ondergrond:

- Staal moet worden ontvet en door middel van stralen behandeld tot het blank is. Bij goede contrôle kan bij het aanbrengen van epoxy-koolteer met beitsen of fosfateren worden volstaan.
- Beton moet door stralen of een chemische behandeling van de cementshuid worden ontdaan, waarna het moet worden gefluateerd.

- Asbestcement moet van vuil en vet worden ontdaan en kan daarna eventueel worden geﬂuateerd.

2) wijze van aanbrengen

Deze is sterk afhankelijk van de samenstelling van het te verwerken mengsel, welke weer wordt bepaald door de geëiste kwaliteit van de bekleding. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- mengsel met oplosmiddel,
- mengsel zonder oplosmiddel,
- zuiver epoxy-poeder.

De potlife (= verwerkbaarheid van de gemengde massa) loopt sterk uiteen. Als in een bepaald mengsel een oplosmiddel aanwezig is, bedraagt de potlife bij 20°C bijvoorbeeld 4 uur. Zonder oplosmiddel loopt de potlife terug tot 1 uur bij 20°C en zelfs tot 5 minuten bij 80°C. De kwaliteit van de bekleding wordt echter beter, de weerstand tegen aantasting wordt groter, terwijl bij een oplosmiddelvrije bekleding reeds een poriën-dichtheid bereikt wordt bij een laagdikte van 300 micron. Het aanbrengen geschiedt met speciale warmspuit-apparatuur, waarin de tot circa 80°C verwarmde componenten vlak voor het verspuiten bijeen worden gebracht.

Voor het coaten met epoxypoeder wordt gebruik gemaakt van een methode, waarbij stalen buizen door een hoogfrequent verhittingssysteem worden gevoerd, terwijl een inwendig aangebrachte spuitkop hen in een continu-proces electrostatisch voorziet van een coating.

3) weerstand tegen aantasting

De kwaliteit van een epoxy-bekleding hangt af van de samenstelling, maar kan zonder meer goed genoemd worden. Teerepoxy is bestand tegen: natrium en kaliumhydroxyde, natriumcarbonaat, zoutzuur, verdunde fosforzuren en zwavelzuren, zwavelwaterstof, boorzuur, zoutoplossingen, kalksuspensie, leidingwater, rioolwater, zeewater, benzine, dieselolie, stookolie, petroleum, glycerine, formaldehyde en glycol.

Het is niet bestand tegen: oxyderende zuren, salpeterzuur, chroomzuur, fluorzuur, chloorazijnzuur en azijnzuur, ethanol, aceton, aniline, creosol, benzol en toluol.

De hardheid is minder dan die van de normale epoxyhars, maar is - met andere eigenschappen - sterk afhankelijk van het percentage epoxy in het mengsel.

Bekleding van zuivere epoxy, of met toevoeging van een weerstandsverhogende toeslag (epoxy-silica), wordt vrijwel door niets aangetast en kan dus voor alle soorten verontreinigd afvalwater en voor transport van alle chemische produkten worden gebruikt. Dit geldt ook voor een bekleding van thermisch verhard epoxy-poeder.

e. p.v.c.

In bepaalde gevallen, waarbij het gaat om transport van sterke zuren, zouten en logen kan het wenselijk zijn een gewapend polyester buis te voorzien van een bekleding van p.v.c. (polyvinylchloride).

wijze van aanbrengen

De gewapende polyester wordt gewikkeld om de binnenbekleding van p.v.c. (buis) in plaats van om een stalen kern. De p.v.c.-bekleding geeft tevens een extra stevigheid aan de buis.

f. zink

(zie § 2 uitwendige bekleding).

N.B.

Verbindingen in stalen leidingen, welke in verband met corrosie inwendig met asfaltbitumen, cement of epoxy zijn bekleed, moeten tot stand worden gebracht zonder deze bekleding daarbij blijvend te beschadigen.

Flensverbindingen, hoewel om redenen uiteengezet in hoofdstuk III-§ 6 sub d minder gewenst, naken het mogelijk aan deze eis te voldoen.

Bij diameters ≥ 60 cm kan de leiding als toegankelijk worden beschouwd, zodat door veldlassen beschadigde inwendige bekleding met de hand kan worden hersteld.

Bij kleinere diameters zullen ingeval van gelaste verbindingen andere technieken moeten worden toegepast. In dat geval kan een zogenaamde combi-las worden overwogen, waarbij in de fabriek de buiseinden worden voorzien van korte nauwsluitende opgelaste stukken mantelbuis.

De transportbuizen, welke inwendig volledig tot de rand zijn bekleed, worden bij de montage te velde met tussenkomst van een rubberprofielstrip koud tegen elkaar gedrukt, waarna de dragende verbinding tot stand wordt gebracht door de beide stukken mantelbuis aaneen te lassen.

AFD.B. UITVOERINGHOOFDSTUK VIII. Uitvoeringsinstructies. (Eisen te stellen aan de uitvoering van kruisingsconstructies).§ 1. Algemeen

Er dient te worden gezorgd voor een goede uitvoering van het werk, waarbij het van het grootste belang is dat er nauwkeurig op wordt toegezien, dat de gehele constructie wordt uitgevoerd zoals staat aangegeven op de tekeningen.

Het bij kruisingen te verrichten graafwerk in weg of waterkering moet zoveel mogelijk worden beperkt.

Het tijdstip van uitvoering van werken in een waterkering moet buiten het jaargetijde met voor de waterkering ongunstige omstandigheden worden gehouden, teneinde het risico bij de uitvoering te beperken en de kwaliteit van het werk zo hoog mogelijk op te voeren.

§ 2. Contrôle van de leiding in kruising, veiligheids- en invloedszônes

De buizen, die worden gebruikt in kruising en veiligheidszône, behoren te zijn gekeurd door een onafhankelijk deskundig instituut, opdat zeker is dat de materiaal-eigenschappen overeenkomen met wat in de berekeningen is aangenomen.

Alle rondgaande lassen in stalen leidingen, welke liggen in kruisingen en veiligheidszônes, moeten radiografisch worden onderzocht.

Bij hogedrukleidingen (≥ 10 ato) moeten de röntgenfoto's onder contrôle van de Dienst voor het Stoomwezen door een onafhankelijk deskundig instituut worden geïnterpreteerd.

Voor lagedrukleidingen (< 10 ato) kunnen bij de interpretatie door het eerdergenoemde instituut, de keuringseisen volgens NEN 1019 worden aangehouden.

Bij hogedrukleidingen (≥ 10 ato) dient de aansluiting van de veldstrekking enerzijds en de strekking in kruising en invloedszônes anderzijds, recht te geschieden. Het is niet toegestaan de pijp schuin af te snijden.

Bij alle stalen leidingen mag bovengenoemde aansluiting (de tie-in las) niet binnen de invloedszône van de kruising komen te liggen.

In kruising en veiligheidszônes dient pijp te worden gelegd met een wanddikte die beantwoordt aan de voorgeschreven afmetingen, hetgeen met een schuifmaat kan worden gecontroleerd.

In verband met het voorgaande, verdient het aanbeveling in het terrein na te meten en aan te geven tot waar invloedszône en veiligheidszône zich uitstrekken (zie ook hoofdstuk III, § 5 en § 7 sub b-5). Bij stalen leidingen is meestal aan één van de uiteinden van iedere pijp aan de binnenzijde de staalkwaliteit aangegeven. Bovendien worden voor pijpen met verschillende wanddikten, verschillende kleuren gebruikt voor het beschilderen van de bekleding.

Het tot de kruising behorende deel van de leiding (inclusief het deel in de veiligheidszônes) dient na het aanaarden te worden proefbelast door afpersen met water tot minimaal 1,3x de ontwerpdruk. Bij stalen leidingen moet door deze hydrostatische beproevingsdruk het buismateriaal worden belast tot 90% van de gegarandeerde minimum rekgrens (bij nominale wanddikte). Spanningen tengevolge van andere belastingen dan de inwendige druk moeten hierbij in aanmerking worden genomen (zie ook hoofdstuk III § 7). Drukregistratiegrafieken moeten worden overgelegd.

§ 3. Contrôle van de bekleding van stalen leidingen in kruising en veiligheidszônes

Het electrisch isolerend vermogen van de bekleding dient onmiddellijk vóór het aanaarden van elk gereedgekomen leiding gedeelte door middel van afvonken te worden gecontroleerd door een onafhankelijk deskundig instituut, dat een certificaat van goedkeuring moet afgeven aan de betreffende vergunningverlenende instantie.

Er dient nauwkeurig op te worden toegezien dat de gehele lengte van de leiding (in kruising en veiligheidszône) wordt afgevonkt, hetgeen ook duidelijk uit de rapporten dient te blijken.

Er dient op te worden toegezien, dat fabrieksbochten ($R < 40D$) die op het werk worden aangevoerd, reeds in de fabriek zijn voorbehandeld volgens de geldende voorschriften (gestraald of gebeitst en voorzien van een hechtlaag (primer) of tijdelijk beschermende verflaag).

§ 4. Afzinken

Bij het afzinken is het van zeer groot belang dat voldoende hefwerktuigen worden gebruikt, met toereikend hefvermogen en vlucht. Het gewicht van de af te zinken constructie dient zo goed mogelijk te worden vastgesteld.

§ 5. Doorpersen

a. voorwaarden voor toepassing

Bij doorpersing door zandlichamen bestaan de volgende mogelijkheden:

I. De buis wordt door de zandbaan geperst op voldoende hoogte boven de ondoorlatende laag, waarbij dan:

- a) de doorlatendheid van het zand zodanig is dat wordt voldaan aan de eis van verlaging van het freatisch vlak tot 50 cm beneden onderkant buis. Eventueel mag worden doorgeperst met grote avegaar zonder trechter, hetgeen ter beoordeling staat van de vergunningverlenende instantie of
- b) de doorlatendheid te gering is (slibhoudend, zeer fijn zand) om aan de onder a) genoemde eis te voldoen. Dan mag niet worden geperst.

- II. De buis wordt door de zandbaan geperst op zeer geringe hoogte boven de ondoorlatende laag, wat tot gevolg heeft dat ook bij voldoende doorlatendheid van het zand niet overal kan worden voldaan aan de onder I-a) gestelde eis. In dit geval kan worden overwogen over die trajecten - mits zij kort zijn (badkuip) - waar de grondwaterstand hoger ligt, te vertrouwen op de grond- en waterkerende werking van trechter, binnenbuis en avegaar.
- III. De buis wordt diep onder de zandbaan door cohaesieve lagen geperst, waarbij een ondoorlatende scheidingslaag van voldoende dikte (tenminste 1 m) boven de buis aanwezig moet zijn. In dit geval kan worden volstaan met een zo goed mogelijke bronnering van de zandbaan. De voorkeur gaat hierbij uit naar een grote avegaar zonder trechter, ter beoordeling van de vergunning-verlenende instantie.

Opmerkingen:

De toepassing van een grote avegaar zonder trechter vindt plaats in enerzijds gronden met een natuurlijke cohaesie (klei, veen), anderzijds in gronden met een schijncohaesie (bemalen zand, bijeengehouden door capillaire spanningen). Daarom verdient het de voorkeur geen prop voorin de buis te handhaven, welke zich door silowerking daarin zou kunnen vastzetten, met als gevolg oppersingsgevaar. Dit wordt gerealiseerd door de avegaar geheel voorin de buis te plaatsen.

In geval I-b) en indien door de bemaling ongewenste zettingen veroorzaakt worden in omstandigheden welke zijn omschreven onder I-a), II en III, komt voor wegkruisingen een aanleg in open ingraving in aanmerking; voor tweede waterkeringen zal men in deze gevallen een zo hoog mogelijke kruising - eveneens in open ingraving - nastreven.

Bij doorpersingen door zandlichamen bestaat het gevaar dat zich loopzand vormt (vooral bij de aanwezigheid van fijn zand onder de grondwaterspiegel).

b. prognose

1. eisen te stellen aan de prognose

De firma die de doorpersing zal uitvoeren, dient van tevoren een prognose op te stellen, waarin de te verwachten maximaal benodigde persdrukken voor de gehele doorpersing worden vermeld.

Bij het maken van de prognose dient gebruik te worden gemaakt van het grondmechanisch rapport van de betreffende kruising.

Voor een beoordeling van de prognose kan de vergunningverlenende instantie gebruikmaken van de in deze paragraaf onder punt 3 opgenomen ervaringscijfers.

Bij het vaststellen van de lijn van de maximaal benodigde persdrukken gaat men er vanuit, dat de druk gedurende het persen gelijkmatig oploopt tengevolge van de constante gemiddelde specifieke grondwrijving. In werkelijkheid is dit echter niet het geval, omdat na iedere onderbreking voor het maken van een las in- en het (eventueel) bekleden van de persbuis de druk die nodig is om het geheel weer in beweging te zetten hoger ligt dan die welke vlak voor de onderbreking werd geregistreerd. De lijn van de werkelijk optredende drukken zal dus een grilliger verloop hebben dan de prognoselijn (zie voorbeeld doorpersingsdiagram).

2. doel van de prognose

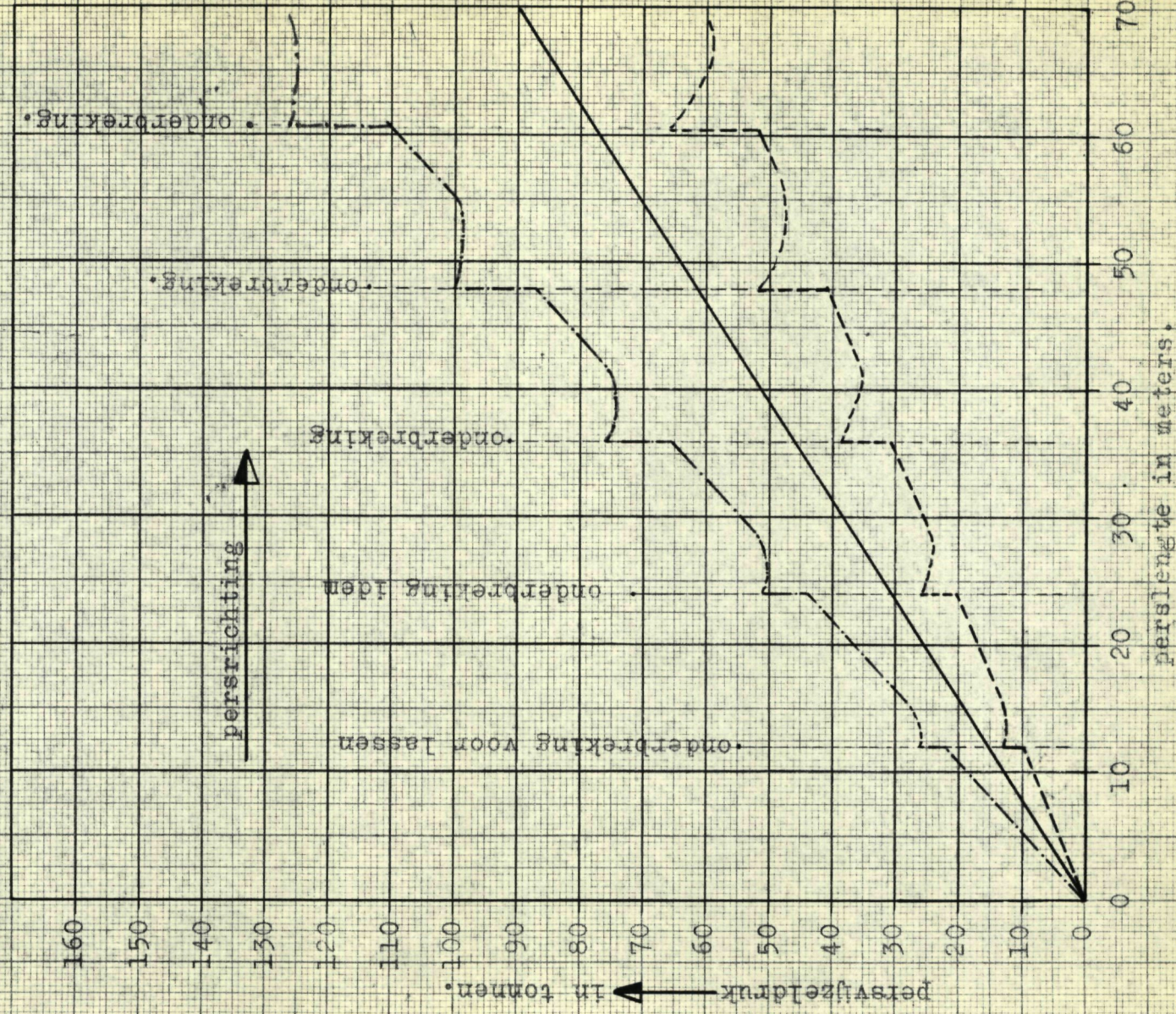
Het doel van de prognose is het vaststellen van maximumgrenzen voor de toe te passen persdruk in diverse fasen van het werk. Hierbij hebben voornamelijk de volgende overwegingen gegolden:

- de voortgangssnelheid van de door te persen buis is nagenoeg constant en recht evenredig met de capaciteit van de perspomp;
- de persdruk stelt zich automatisch in op de onder-vonden weerstand.

Wanneer het voortgangstempo van de te persen buis groter is dan de capaciteit van de avegaar, kan aan het begin van de persbuis een kopdruk optreden die maximaal zal zijn wanneer de avegaar niet werkt (propvorming).

VOORBEELD van een DOORPERSINGSDIAGRAM.

Persvrijzeldruk is de totale op de persbuis uitgeoefende druk. Deze wordt berekend door de op de manometer(s) afgelezen druk te vermenigvuldigen met het zuigeroppervlak. Wanneer het oppervlak van de zuiger(s) niet is te achterhalen moet in elk geval de diameter van de zuigerstang worden genoteerd.



- maximum toelaatbare persdruk.
- - - - - voorbeeld aanvaardbare persdruk.
- - voorbeeld niet aanvaardbare persdruk.

Onder de omstandigheden genoemd in het vorige punt, kan de optredende kopdruk niet groter zijn dan het verschil van de uitgeoefende persdruk en de uitsluitend voor het overwinnen van de wrijvingsweerstand benodigde persdruk.

In verband met oppersingsgevaar moet de kopdruk worden beperkt. Hiervoor is een prognose noodzakelijk van de persdruk, welke uitsluitend nodig is voor het overwinnen van de wrijvingsweerstand.

3. het opstellen van de prognose

Voor het opstellen van de prognose is men aangewezen op ervaringen, die reeds vroeger met doorpersingen zijn opgedaan.

Men heeft ervaren dat de totaal uitgeoefende perskrachten, gelijkmatig verdeeld over het totale manteloppervlak, onafhankelijk zijn van de diepteligging van de buis.

De perskrachten blijken weinig te variëren met de grondsoort.

Na een zekere geperste lengte werd geconstateerd, dat de totaal uit te oefenen perskracht bij smering niet meer toeneemt bij toenemende perslengte.

De specifieke mantelwrijving blijkt normaliter te zijn:

- 0,75 t/m² met verdikte rand + smering
- 1,00 t/m² met verdikte rand zonder smering
- 2-3 t/m² zonder verdikte rand en derhalve ook zonder smering, aangezien smering zonder verdikte rand niet mogelijk is.

c. uitvoering van de doorpersing

Tijdens de doorpersing moet de grondwaterstand, indien het bodemprofiel zulks noodzakelijk maakt, door middel van een bronbemaling tot minimaal 0,50 m beneden de onderkant van de persbuis worden verlaagd.

Ten behoeve van de doorpersing moet gebruik worden gemaakt van een hydraulische vizelininstallatie, voorzien van een goed afleesbare manometer.

Tijdens de doorpersing moet de oliedruk in de vijzel regelmatig worden afgelezen en genoteerd. Deze druk wordt meestal aangegeven in kg/cm^2 en wordt door vermenigvuldiging met het zuigeroppervlak herleid tot de uitgeoefende persdruk (kracht). Normaal wordt met twee vijzels geperst: de totaal op de buis uitgeoefende persdruk is dan de som van de persdrukken van de afzonderlijke vijzels.

De totale persdruk zal de toelaatbare persdruk, die normaliter gelijk is aan de prognosedruk, niet mogen overschrijden. Teneinde de contrôle te vermakkelijken moeten werkelijke druk en maximum toelaatbare druk in één grafiek worden uitgezet (zie voorbeeld doorpersingsdiagram).

Wanneer de toelaatbare druk ernstig wordt overschreden, moet het persen worden gestopt, om het optreden van calamiteiten te voorkomen.

Tijdens de doorpersing moet de grondverwijdering mechanisch geschieden door middel van een ruim passende standaardavegaar, welke tegen voor de buisuitboren is beveiligd.

De aandrijving van de avegaar moet voorzien zijn van een omkeerkoppeling.

De persbuis moet bij doorpersing van tweede waterkeringen aan de voorzijde worden voorzien van een snijrand, die niet buiten de buisontrek mag uitsteken; bij provinciale wegen mag deze rand maximaal $\frac{1}{2}$ " buiten de buisontrek uitsteken, terwijl een smerleiding moet worden meegevoerd waarvan de nippels niet buiten de snijrand mogen uitsteken.

Tijdens het persen dienen het vorderingstempo van de door te persen buis en de afvoercapaciteit van de avegaar op elkaar te worden afgestemd door een juiste regeling van het toerental van de avegaar. Bij een te hoog toerental bestaat de kans dat in dijk of weg verzakkingen ontstaan, terwijl een te laag toerental oppersingen kan veroorzaken.

Het doorpersen kan geschieden met of zonder mantelbuis.

Bij het persen zonder mantelbuis worden de transportbuizen rechtstreeks als persbuis gebruikt. Deze dienen dan te zijn voorzien van een bekleding, die bij het doorpersen niet beschadigt.

Men heeft hiervoor de keuze tussen een bekleding van gesinterde polyethyleen en een bekleding van epoxy-silica, welke beide bij proefnemingen hebben bewezen een zeer grote weerstand tegen afschuiving en mechanische beschadigingen te bezitten.

Tijdens de procedure van het doorpersen zal steeds een onderbreking ontstaan voor het lassen van de persbuis. Bij het persen van de transportbuis zal dit oponthoud langer zijn dan bij het gebruik van een mantelbuis; het lassen van de dikkere pijp, de röntgentechnische keuring en het aanbrengen van de bekleding nemen ongeveer 4 uur in beslag. Indien het persen geschiedt in zandgrond, waarover verkeer plaats heeft, kan de buis gedurende de onderbreking vast komen te zitten tengevolge van verdichting van het zand door verkeerstrillingen.

Er bestaat een vrij nieuw systeem voor het uitvoeren van doorpersingen, waarbij het risico van inkalven van de (zand) grond vóór de persbuis kan worden gereduceerd. De methode is afgeleid van tunnelboringen, waarbij grote caissons worden gebruikt waarin onder verhoogde druk wordt gewerkt. Bij de methode waar het hier om gaat, wordt een snijkop in een caisson gemonteerd, waarin overdruk kan worden toegepast ten opzichte van de druk in het grondlichaam vóór het persfront. Deze overdruk, die door middel van een op het caisson aangesloten watercircuit wordt onderhouden, moet dan het inkalven van de grond voor de persbuis voorkomen. De praktijk heeft reeds aangetoond, dat het als het ware verticaal af-raspen van de zandwand voorin de persbuis zonder afkalvingen of instortingen geschiedt. Met een luisterapparaat kan de regelmatige ononderbroken schurende werking van de snijkop door middel van een koptelefoon op het maaiveld worden gevolgd, waardoor tevens een indicatie kan worden verkregen van veranderingen in de homogeniteit van het zandlichaam.

De keuze van de voor de doorpersing in te schakelen aan-nemingsmaatschappij behoeft de instemming van de vergunning-verlenende instantie.

§ 6. Thinsulators (electrisch isolerende afstandhouders tussen transportleiding en mantelbuis)

Het aantal en de plaats van de thinsulators volgen uit de sterkteberekening en moet op tekening worden aangegeven. Er moet op worden toegezien, dat de thinsulators volgens tekening worden aangebracht, anders bestaat de mogelijkheid dat de normaal gangbare afstanden worden aangehouden (2-4 m). Deze afstanden zijn in kruisingen, welke aan zetting onderhevig zijn, veel te groot.

§ 7. Grondwerken, heiwerken en damwanden

Het is niet toegestaan gronddepôts in te richten boven ondergronds liggende leidingen.

Het is niet toegestaan graafwerkzaamheden uit te voeren boven ondergronds liggende leidingen.

Het is van belang dat niet dieper wordt ontgraven dan de maat die is aangegeven voor de onderkant van de leiding.

Bij het leggen van een leiding in diepe ontgravingen in de nabijheid van waterstaatswerken dienen zodanige maatregelen te worden genomen, dat deze waterstaatswerken niet in gevaar kunnen komen door een eventuele instorting van de sleufwanden. Dit betekent bijvoorbeeld dat de sleuf zal moeten worden afgeheide met een tijdelijke damwand.

Het baggeren van de zinkersleuf bij kruisingen van boezemwateren mag evenals het eventueel ontgraven van de kade ten behoeve van het maken van ontlastvloeren, eerst een aanvang nemen, nadat de damwanden van de kistdammen volledig door middel van gordingen en trekstangen zijn gekoppeld en gevuld met goed verdichte klei.

Er dient op te worden toegezien dat aanvulling van een gegraven of gebaggerde sleuf geschiedt met het voorgeschreven materiaal.

Wanneer kistdammen worden geslagen in boezemkaden, dient dit te allen tijde vanaf het water te gebeuren. Het is niet toegestaan met de hei-installatie op de kade te komen.

Overzicht van de meest gebruikte damwandprofielen.

Profil	Profil
M 1 : 25	M 1 : 25
Hoesch 116 	Hoesch 134
Larssen 22 	Larssen 43
Hoesch 122 	Hoesch 155
Larssen 32 	Larssen 23
Larssen 42 	Hoesch 175
Larssen 42-5 	Larssen 24

Larssen profielen fabrikaat "Rombas"

Ia neu 	II neu
31 	III
II 	III neu

Bij het slaan van palenvelden moet er op worden gelet, dat begonnen wordt met het heien van de binnenste palen, van waaruit dan naar buiten moet worden gewerkt. Bij een tegengestelde werkwijze bestaat het gevaar dat de grond wordt opgesloten en verdicht, zodat de palen te vroeg op stuit komen te staan. Vooral bij trekpalen kan dit een ongunstige invloed hebben op het draagvermogen van de paal.

§ 8. Wijziging van bodemeigenschappen

a. verzachten door middel van kunststoffen

Het kan voorkomen dat de k-waarde (beddingsconstante) van de bodem te groot is om een veilige ligging van ondergrondse pijpleidingen te waarborgen. Teneinde de vereiste (gedifferentieerde) veiligheidsfactor te bereiken, worden een enkele maal de bewegingsmogelijkheden van de pijp vergroot door het aanbrengen van zachte samendrukbare kunststoffen rond de leiding. Er bestaat over het algemeen bezwaar tegen een toepassing van deze kunststoffen, maar op volstrekt ongevaarlijke plaatsen kan het incidenteel worden toegestaan, onder de volgende voorwaarden.

- De kunststof dient speciaal gemaakt te zijn voor het soort constructie, waarvoor toepassing wordt overwogen.
- De elasticiteitsmodulus van de toe te passen kunststof dient lager dan $E = 5 \text{ kg/cm}^2$ te zijn.
- De benodigde eigenschappen als elasticiteit, druk- en trekvastheid mogen in de loop van de tijd niet noemenswaardig achteruit gaan.
- Wanneer kunststof wordt toegepast, dient het gedrag na aanbrengen nauwkeurig te worden nagegaan.

De hieronder volgende kunststoffen zijn onderzocht op hun bruikbaarheid voor bovenvermelde doeleinden.

- harde schuimplastics

polyvinylchloride (p.v.c.) schuim (thermoplast)
dit materiaal is niet bruikbaar; $E = 200 \text{ à } 300 \text{ kg/cm}^2$

polyurethaan-schuim (thermoharder)
dit materiaal is niet bruikbaar; $E = 30 \text{ à } 50 \text{ kg/cm}^2$

polystyreen-schuim (thermoplast)
dit materiaal is niet bruikbaar; $E = 2000 \text{ kg/cm}^2$

- zachte schuimplastics

polyaether-schuim (behoort tot de polyurethaan-schuimen)
dit materiaal is niet bruikbaar; de cellen zijn niet voor 100% gesloten en de bestendigheid bij langdurig verblijf ondergronds is zeer twijfelachtig

polyaetheen-schuim (thermoplast)
dit materiaal is niet bruikbaar; zie polyaether-schuim

flexibel p.v.c.-schuim
dit materiaal is niet bruikbaar; de bestendigheid is twijfelachtig

- massief rubber

neopreen
dit materiaal is niet bruikbaar; $E = 20 \text{ kg/cm}^2$

polyurethaan-rubber
dit materiaal is niet bruikbaar; $E = 20 \text{ kg/cm}^2$, wordt tevens aangetast door vocht

butyl-rubber
dit materiaal is niet bruikbaar; $E = 40 \text{ kg/cm}^2$ (minimaal)

- schuimrubber

mosrubber
dit materiaal is niet bruikbaar; het is niet bestendig

celrubber
dit materiaal is bruikbaar; het ontstaat door het blazen van butylrubber of Keltanrubber en is bestendig. Het heeft tevens 100% gesloten cellen, terwijl ook de lage E-waarde haalbaar is.

Conclusie:

Van de onderzochte materialen komt slechts celrubber in aanmerking voor toepassing voor doeleinden als hierboven zijn vermeld.

N.B. De onderzochte lijst is uiteraard niet uitputtend.

b. verharding door middel van chemisch injecteren

Teneinde er voor te zorgen dat de schedeldruk van een leiding zijdelings wordt afgeleid en/of de zooldruk wordt gespreid, wordt zeer incidenteel gebruik gemaakt van de methode van injecteren van de grond met een daarvoor geschikt chemisch produkt. Een nadelig neveneffect is de verhoging van de k-waarde van de grond.

1. voorwaarden voor toepassing

Zand en grindhoudend zand komen voor toepassing in aanmerking; klei- en veengronden zijn ongeschikt voor injectie.

Onder de te behandelen grond dienen voldoende vaste lagen aanwezig te zijn. Te slappe lagen (klei en veen) kunnen aanleiding geven tot het optreden van zettingen.

De uitvoering dient te geschieden door een gespecialiseerde firma.

2. wijze van uitvoeren

Voor men tot chemische injectie overgaat, zal een gedegen grondonderzoek door middel van boringen moeten worden uitgevoerd. Hieruit verkrijgt men inzicht in de korrelverdeling van de grond en de samenstelling van de te injecteren lagen.

Het te behandelen bodemgedeelte moet door middel van een scherm van cement worden begrensd; hiervoor wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde cement-grout (schrale beton), dat de chemisch te injecteren zone flankiert, eveneens door middel van injectie in de grond wordt gebracht en daarbij tevens de eventueel aanwezige holten opvult.

Er zal op moeten worden toegezien dat het "grouten" tot een minimum wordt beperkt, teneinde het volumegewicht van de grond niet te veel te verhogen.

Het soortelijk gewicht van de chemische injectievloeistof mag om dezelfde reden niet veel zwaarder dan water zijn, ongeveer 1,05 t/m³.

Voor het injecteren wordt een chemische oplossing gebruikt, meestal op basis van natriumsilicaat (waterglas) in combinatie met bijvoorbeeld aluminiumzouten, aethylacetaat, formamide of calciumchloride. De drukvastheid van met deze chemicaliën geïnjecteerde grond kan oplopen tot circa 80 kgf/cm² (kubus 20 x 20 x 20 cm). Het toepassen van polymeren, zoals deze ontstaan door reacties met bijvoorbeeld acrylamiden, fenoplasten, aminoplasten en dergelijke, kan de kubusdrukvastheid doen oplopen tot 1000 kgf/cm².

De injectievloeistof wordt via holle stalen pijpen ϕ 40 mm, welke aan de onderzijde van een losvaste afdichting of van een perforatie zijn voorzien in de grond geperst met een druk van 3 à 5 atmosfeer.

Daar het mogelijk is zowel een bestaande fundering te doorboren als de helling van de pijpen te variëren, kunnen de gewenste vorm en plaats zo gunstig mogelijk worden gekozen.

In verband met de drukontwikkeling en de regelmatige verdeling van de injectiemiddelen zal het beste resultaat worden verkregen in ongeroerde grond, waarbij het bovenste injectieniveau tenminste 75 cm beneden maaiveld dient te liggen. Indien minder dekking aanwezig is, kan het niet uitgesloten worden geacht dat door het vormen van lekwegen de chemicaliën niet op de gewenste plaats komen.

Het injecteren in een aanvulling kan door onregelmatige pakkingsdichtheid (lekwegen) en verontreinigingen tot minder goede resultaten leiden. Een gedegen grondonderzoek en kennis van de eventuele herkomst van het aanvullingsmateriaal is zeer belangrijk.

3. contrôle

Het effect van de injecties op de toestand van de grond zal door middel van sonderingen en grondboringen moeten worden gecontroleerd. Ook kan de versteende zandmassa plaatselijk worden opgegraven voor inspectie.

§ 8¹. Aanvulmaterialena. algemeen

In het algemeen zal de leiding- c.q. zinkersleuf worden aanvuld met de uitgekomen grond, voorzover van goede kwaliteit. Wanneer de voorgeschreven verdichting goed wordt uitgevoerd, zal dikwijls grond moeten worden aangevoerd, hetgeen eveneens noodzakelijk is indien ter plaatse van een kruising tot profielsverzwaring moet worden overgegaan. Indien hierbij sloten of watergangen moeten worden gedempt, kan hiervoor ter beperking van de zettingen gebruik worden gemaakt van licht materiaal; in de waterkering zelf is toepassing van andere materialen dan zand en klei in het algemeen niet toegestaan (zie ook § 8 sub a). Bij onderheide zinkerconstructies ter beperking van de belasting en bij op staal gefundeerde zinkers tevens ter beperking van de zettingen wordt incidenteel een sleufaanvulling van licht materiaal toegepast. De weerstand tegen indringing van scheepsankers is echter geringer dan wanneer met zand of klei wordt aangevuld; hierin kan enigermate worden voorzien door de toplaag van het lichte materiaal met asfalt-bitunen te penetreren. Het toepassen van lichte zinkstukken, azobé-matten en dergelijke moet worden afgeraden, omdat de mogelijkheid bestaat dat deze afdekking door een krabbend anker wordt weggetrokken, waardoor de zinker onbeschermd achterblijft (aangezien ankeren in verband met de aangebrachte zinkerbebakening altijd illegaal geschiedt, zal een eventuele verplaatsing van het zinkstuk niet door de schipper worden gemeld en derhalve onopgemerkt blijven).

b. eisen te stellen aan aanvulmaterialen1. zand

Het zand voor aanvullingen moet vrij zijn van verontreiniging door wortels, plantenresten, slibbonken en dergelijke, en mag ten hoogste 3% van het drooggewicht afslibbare bestanddelen ($< 16\mu$) bevatten. De hoeveelheid afslibbare bestanddelen kan worden bepaald door een in een maatglas met water opgeschud zandmonster te laten bezinken.

Het zand moet vrij zijn van vreemde bestanddelen, afvalstoffen, chemicaliën en dergelijke, en moet voldoende grof zijn; het U-cijfer mag niet hoger liggen dan 80. Het U-cijfer wordt uit het korrelverdelingsdiagram (zeefkromme) bepaald conform N 210 en N 213.

2. klei

De klei moet vast, samenhangend en taai zijn en vrijwel geheel vrij van wortels, plantenresten, grind, schelpen, vreemde bestanddelen, afvalstoffen, chemicaliën en dergelijke. De klei moet tenminste 20% van het drooggewicht bestanddelen $< 2\mu$ (lutum) bevatten en tenminste 40% van het drooggewicht aan bestanddelen $< 16\mu$ (slib).

3. lichte materialen

Bij toepassing van lichte materialen dient men onder andere op de volgende eigenschappen acht te slaan:

A. chemische agressiviteit

Porceuze hoogovenslakken in de vorm van schuinslakken of slakkenzand bevatten zwavelverbindingen, welke corrosief op stalen pijpleidingen, danwanden en dergelijke kunnen inwerken.

B. hydraulische binding

Slakkenzand heeft de eigenschap in vochtig milieu na verloop van tijd min of meer tot een monolith aan één te kitten. Bij toepassing als funderingsmateriaal in de wegenbouw is deze "plaatwerking" gunstig te beoordelen door een betere verdeling van de verkeerslasten over de ondergrond. Ingeval van sleufaanvulling kan de monolith de pijpleiding extra belasten ingeval van buis/bodemverplaatsingen tengevolge van zetting en expansie.

C. wateropname

Het droog volumegewicht van slakkenzand is weliswaar weinig hoger dan 1 t/m^3 , doch onder water neemt het volumegewicht door wateropname sterk toe tot ongeveer $1,4 \text{ t/m}^3$. Na aftrek van de opwaartse waterdruk resteert een belastend volumegewicht van $0,4 \text{ t/m}^3$, dat weinig minder is dan dat van huneuze klei onder water.

D. oxydatie

Turfmoln- en houtvezelbalen kunnen uitsluitend onder het phreatisch vlak worden toegepast, daar deze organische materialen anders snel verteren.

E. verdichting

Een zeer licht materiaal als "Flugsand" (dit is een vulcanisch materiaal afkomstig uit de Eifel, ook wel lavabins, lavalith of Eifelith genoemd) heeft de eigenschap onder dynamische belasting (verkeer) sterk te verdichten door vergruizing.

gegevens:

- monsters van de winplaats, genomen op 5 m ± n.v. (losgepakt):

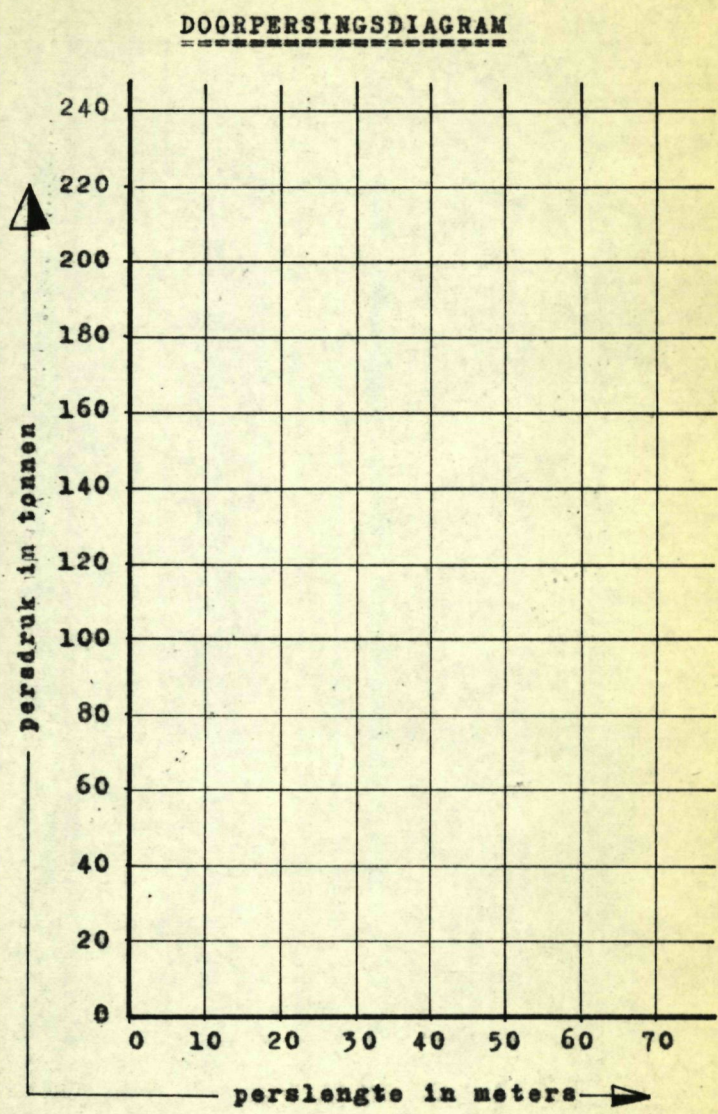
droog volumegewicht	0,61 t/m ³
nat	" 0,93 "
- bij "Florida-verdichting" (vastgepakt):

droog volumegewicht	0,92 t/m ³
nat	" 1,4 "

Samenvattend kan men stellen, dat

- voor demping van sloten en watergangen in aanmerking komen:
 - turfmoln- en houtvezelbalen (onder water)
 - slakkenzand (boven water)
 - schuinslakken
 - Flugsand (dichtheid: $\gamma_{\text{nat}} > 1 \text{ t/m}^3$)
- voor sleufaanvulling van zinkers (gepenetreerd):
 - Flugsand (dichtheid: $\gamma_{\text{nat}} > 1 \text{ t/m}^3$).

Naam inspecteur:		Functie:		Waterschap:	
Maatschappij:		Traject van:		tot:	
Stroomrichting:					
Datum controlebezoek	1e	2e	3e	4e	5e
Kruising met hoofdwaterkering of tweede waterkering:					
Kruising met Boezemwater en kaden:					
Kruising met provinciale weg:					
Naam van het gebied:		invloedszone		veiligheidszone	
Controleren en/of opmeten:		volgens tekening		in het werk	
Lengte van het gebied:					
Lengte damwandplanken:					
Breedte damwandscherm:					
Profiel damwandplanken:					
Staal kwaliteit	rechte pijp:				
	bochtstukken:				
Wanddikte pijp	rechte pijp:				
	bochtstukken:				
Voorbehandeling fabrieksbochten:	Ja/Neen	blank + primer		blank + primer	
Breedte van de ontgraving:					
Diepte van de ontgraving:					
Röntgenonderzoek goedkeuring R.T.D.	Ja/Neen				
Hoogte bovenkant pijp (t.o.v. NAP)					
Afvoeren: Goedkeuring door KIWA of	Ja/Neen				
Gronddekking:					
Hoogte bovenkant damwand (N.A.P.)					
Afstand tie-in las tot punt R: (pijp niet schuin afsnijden)					
Afpersdruk:					
Gewicht van de zinker:					
Totaal hefvermogen hefwerktuigen:					
Doorpersen:		1e controle		2e controle	
Datum bezoek:					
Manometerdruk:					
Vijzeldruk:					
Diameter zuiger d=		Opp. zuiger (1/4πd²) =			
Diameter zuigerstang:		Diameter cylinder (uitw.) =			
Vijzeldruk = Man. druk x Opp. zuiger; Persdruk = Σ vijzeldruk (meestal 2 vijzels)		Is Diam. zuiger niet bekend, dan neme men: (Diam. zuigerstang + Diam. cylinder) / 2			
Lengte per traject:		Hoogte doorpersing t.o.v. NAP:			
Diameter avegaar:		Verdikking snijrand: cm.			
Omkeerkoppeling: Ja/Neen		Smerring: Ja/Neen		Mantelbuis: Ja/Neen	
Controle peilbuizen t.o.v. bovenkant buis:		1		2	
Plaats thinsulators:		Type:			
Naam van de firma die de doorpersing uitvoert:					
A L A R M		A L A R M			
N.B. De inspecteur moet onmiddellijk telefonisch zijn directe chef waarschuwen wanneer één van de volgende zaken wordt geconstateerd:					
1. Wanneer acuut gevaar bestaat voor instorten van een diepe sleuf in de nabijheid van een waterstaatswerk;					
2. Wanneer een heistelling op een boezemkade wordt aangetroffen;					
3. Wanneer een zinker binnen korte tijd zal worden afgezonken en niet is voorzien van de voorgeschreven betonbekleding;					
4. Wanneer bij een niet onderheide zinkerconstructie in een boezemwater, de zinkersleuf met zand wordt opgevuld, of met een ander materiaal dat zwaarder is dan de oorspronkelijk aanwezige grond.					
5. Wanneer de doorpersdruk hoger is dan 110% van de toelaatbare druk.					



§ 9 Inspectieformulier.

145.

per kruising één formulier gebruiken; voor zo ver van toepassing geheel invullen.

Afd. C. BEHEERHOOFDSTUK IX. Eisen te stellen ten aanzien van de beveiliging van pijpleidingen.§ 1. Hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)a. revisietekening

Direct na het gereedkomen van een kruising met een waterstaatswerk moet een revisietekening van het gehele werk worden overgelegd, waarop tenminste zijn aangegeven:

- de gegevens van de leiding, zoals: diameter, wanddikte, materiaalgegevens, maximum bedrijfsdruk, maximum bedrijfstemperatuur in graden C en te transporteren stoffen;
- de juiste ligging van de leiding in situatie, dwarsprofiel en veiligheidszônes gelegen tussen de tie-in-lassen direct na het gereedkomen van de kruising, met vermelding van alle van belang zijnde afmetingen, hoogtematen en afstanden;
- de ten behoeve van de kruising aangebrachte verdere voorzieningen, zoals: damwanden, mantelbuizen, fundering, ontlast- en beschermingsvloeren, ankerblokken en dergelijke;
- het profiel van de ten behoeve van het leggen van de leiding gemaakte ontgraving;
- de juiste plaats en hoogteligging van de aangebrachte meetpunten.

b. meetpunten

Op daarvoor in aanmerking komende plaatsen in de kruising en het veld moeten meetpunten op de leiding worden aangebracht en, voorzover niet aanwezig, enkele standzekere referentiepunten in de omgeving van de kruising worden ingericht, die exacte waarneming van verticale en, zo nodig, horizontale verplaatsingen mogelijk maken.

De meetpunten moeten gedurende het eerste halfjaar na het gereedkomen van de kruising tenminste éénmaal per maand worden opgenomen en daarna met een door de technische dienst van de vergunningverlenende instantie te bepalen frequentie.

Na elke opname moet worden geverifieerd of de tussenruimte tussen de leiding en vaste constructies in de invloedsfeer van de leiding ontoelaatbaar klein is geworden, dan wel of door de waargenomen verplaatsingen ontoelaatbaar grote spanningen in de leiding worden veroorzaakt.

Van de opnamen van de meetpunten en de daaruit getrokken conclusies moet direct na de opname een rapport worden overgelegd.

c. bekleding

Vóór het aanaarden van de in een kruising met een waterstaatswerk annex veiligheidszônes gelegde leiding moet een verklaring van een onafhankelijk deskundig instituut worden overgelegd, waaruit blijkt dat de bekleding van dat leidinggedeelte voldoet aan in de betreffende vergunning gestelde voorwaarden en/of aan andere daarvoor vastgestelde normen.

Wanneer de leiding in de kruising niet van een inwendige bekleding is voorzien, moet uit de verklaring tevens blijken dat de door de leiding te transporteren stoffen geen aantasting van de leiding zullen veroorzaken.

d. afpersen

Vóór de ingebruikneming van de in een kruising met een waterstaatswerk annex veiligheidszônes gelegde leiding moeten de in deze Pijpleidingcode eerder genoemde drukgrafieken van hydrostatistische proeven worden overgelegd.

e. electrische testmetingen

Na het gereedkomen van een leidingtraject, waarin één of meer kruisingen met waterstaatswerken zijn gelegen moet de leiding ter plaatse van de kruising annex veiligheidszônes door middel van electrische testmetingen op metallische contacten worden onderzocht door een onafhankelijk deskundig instituut en een rapport van dat instituut worden overgelegd.

f. kathodische bescherming

Een halfjaar na het gereedkomen van de leiding moet de vereiste kathodische bescherming zijn aangebracht, goed functioneren en een verklaring van een onafhankelijk deskundig instituut zijn overgelegd waaruit blijkt dat zij voldoende effectief is en de nodige anodebedden op voldoende afstand van de leiding en andere objecten zijn aangebracht.

Elk halfjaar doch vóór 1 april en 1 oktober moet door een onafhankelijk deskundig instituut worden gecontroleerd of er metallische contacten tussen leiding en mantelbuizen c.q. damwanden zijn ontstaan en de buis-bodempotentiaal alsmede het stroomverbruik per gelijkrichter nog aan de normen voldoen en moet een rapport van dat instituut worden overgelegd.

g. drukbe grenzing

Bij de pomp, compressor-of meet- en regelstations moet in de leiding worden opgenomen een geijkte, goed afstelbare en te verzegelen inrichting, die voorkomt dat de maximaal toelaatbare druk wordt overschreden.

Vóór de ingebruikneming van de leiding moet een verklaring van een onafhankelijk deskundig instituut worden overgelegd, waaruit blijkt dat de betreffende apparatuur is geijkt, op de juiste wijze afgesteld en verzegeld.

Elk halfjaar doch vóór 1 april en 1 oktober moeten deze gegevens door dat instituut worden gecontroleerd en een rapport daarvan overgelegd.

h. beveiligingssysteem

Vóór de ingebruikneming van de leiding moet op de leiding een beveiligingssysteem zijn aangebracht, dat bij signalering van lekkage van enige omvang de pompen onmiddellijk doet afslaan en een verklaring van een onafhankelijk deskundig instituut worden overgelegd, waaruit de aanwezigheid van dit beveiligingssysteem blijkt.

Als lekkages worden geconstateerd, moet daarvan onmiddellijk mededeling worden gedaan aan de (technische dienst van de) vergunninggever, gevolgd door schriftelijke rapportering.

i. wanddikte-contrôle

Binnen een nader overeen te komen redelijke termijn na een daartoe strekkend verzoek van de beheerder van een waterstaatswerk moet met electromagnetische, nucleaire of akoestische methoden de leiding worden gecontroleerd op wanddiktevermindering en/of de aanwezigheid van kleine lekkages, gevolgd door schriftelijke rapportering.

k. inspectie

De gehele leiding moet regelmatig te land en vanuit de lucht worden geïnspecteerd. Van eventuele geconstateerde onvolkomenheden of werkzaamheden in de nabijheid van de leiding moet onmiddellijk na de inspectie mededeling worden gedaan aan de (technische dienst van de) vergunninggever, gevolgd door schriftelijke rapportering.

l. veiligheidsprogramma

Vóór de ingebruikneming van de leiding moet de leidingbeheerder een veiligheidsprogramma overleggen, waarin zijn opgenomen:

- a) de belangrijkste leidinggegevens;
- b) de belangrijkste kenmerken van de stoffen in de leiding;
- c) de wijze van beveiliging en inspectie;
- d) de wijze van alarmering;
- e) de gegevens die direct na constatering van een calamiteit moeten worden verstrekt aan de leidingbeheerder en de beheerders van waterstaatswerken;
- f) adres, telefoonnummers, inrichting en organisatie van een centraal alarmstation en eventuele nevenstations;
- g) adressen en telefoonnummers van de beheerders van waterstaatswerken, die door de leiding worden gekruist;
- h) adressen en telefoonnummers van andere instanties die zullen worden gealarmeerd;
- i) de wijze waarop de vereiste bereikbaarheid van kruisingen met waterstaatswerken is tot stand gebracht (toegangswegen ten behoeve van inspectie en onderhoud);

- j) de sterkte en dislocatie van personeel; materieel en verbindingssapparaatuur;
- k) de plaats van de depôts voor materiaal ter neutralisering van olieverontreiniging en de daarin aanwezige hoeveelheden. Dit materiaal mag geen schadelijke gevolgen hebben voor het oppervlaktewater en de per depôt aanwezige hoeveelheid moet voldoende zijn voor de neutralisering van de hoeveelheid olie, die maximaal bij breuk van de leiding kan uitstromen.
- l) algemene richtlijnen ten aanzien van direct in een noodsituatie te treffen maatregelen.

Veranderingen in het veiligheidsprogramma en mutaties in de contactadressen moeten onmiddellijk schriftelijk aan de beheerders van waterstaatswerken worden doorgegeven.

m. algemeen rapport

Eénmaal in de drie jaar (indien gewenst samenvallend met een halfjaarlijkse contrôle) moet een rapport - voorzover mogelijk gestaafd met verklaringen van onafhankelijke deskundige instituten - worden overgelegd over de algehele toestand van:

- 1) de leiding zelf, zoals: ligging in situatie en dwarsprofiel, desgewenst wanddikte, coating, desgewenst uitslag van nieuwe hydrostatische beproeving, kathodische bescherming, drukbegrenzings- en automatische uitschakelapparatuur;
- 2) het bedrijf van de leiding, zoals druk en te transporteren stoffen;
- 3) de waterbouwkundige constructies ter plaatse van kruisingen met waterstaatswerken, welke met het oog op het leggen van de leiding zijn aangebracht, vernieuwd of gewijzigd;
- 4) het veiligheidsprogramma.

n. diverse

Indien door de leiding verwarmde vloeistoffen of gassen worden getransporteerd, moet de in de leiding heersende bedrijfstemperatuur voortdurend met een zelfregistrerende apparatuur worden opgenomen. De temperatuur registraties moeten gedurende drie maanden worden bewaard en vertegenwoordigers van de vergunning verlenende instantie moeten te allen tijde tot die apparatuur worden toegelaten en inzage worden gegeven in de geregistreeerde gegevens.

§ 2. Lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)

Eisen ten aanzien van de beveiliging van lagedruk-
leidingen zullen te zijner tijd aan de Pijpleidingcode
worden toegevoegd.

Afd. D. AANPASSING

HOOFDSTUK X: Richtlijnen voor de beoordeling van de noodzaak tot aanpassing van bestaande leidingen door vernieuwing of drukverlaging (kruisingen en evenwijdige leidingen binnen de veiligheidszône).

§ 1. Hogedrukleidingen (bedrijfsdruk $\geq$ 10 ato) daterend van vóór 1 januari 1965

a. algemeen

1. Om beoordeling van de noodzaak tot aanpassing mogelijk te maken, dienen gegevens te worden verstrekt en/of verzameld over:
 - a) de ligging van de leiding in situatie en dwarsprofiel alsmede het jaar van aanleg,
 - b) de stoffen die door de leiding worden getransporteerd,
 - c) de leiding zelf, zoals: maximale bedrijfsdruk en maximale bedrijfstemperatuur bij M & R-, compressor- of pompstation, diameter, wanddikte, staalkwaliteit, coating, kathodische bescherming, toegepaste keuringseisen voor materiaal en lassen.
2. De leiding moet in ieder geval een adequate aanpassing ondergaan wanneer:
 - a) de onderhoudsveiligheid onvoldoende is, zoals: ontbreken van kathodische bescherming, onvoldoende coating en weinig of geen mogelijkheid tot inspectie,
 - b) de appendages niet voldoen qua constructie, materiaal en plaats ten opzichte van waterstaatswerken,
 - c) verwacht kan worden dat wanddiktevermindering als gevolg van corrosie is opgetreden bij leidingen waardoor min of meer corrosieve stoffen worden vervoerd en controle op tenminste de meest ongunstige plaatsen niet mogelijk is,
 - d) het verticaal of horizontaal alignement niet voldoet aan daarvoor te stellen eisen.

b. kruisingen

1. Voor wat betreft de sterkte van de leiding in een kruising dient in eerste instantie te worden nagegaan of de stalen leiding bij berekening op uitsluitend inwendige druk volgens $\delta = \frac{p \cdot D_u}{2t}$ (volgens Barlow: ketelformule met uitwendige diameter) voldoet aan de berekeningsfactor 1,5 ten opzichte van de vloeigrens (gegarandeerde minimum rekgrens) van het leidingmateriaal.

p = maximale bedrijfsdruk bij M & R-, compressor- of pompstation.

t = nominale wanddikte.

Bij niet voldoen aan deze berekeningsfactor moet de leiding in de kruising worden aangepast aan de normen van de hoofdstukken III, VI en VIII. Voldoet de leiding wel aan die berekeningsfactor, dan dient te worden nagegaan of de leiding ook voldoet aan de onder 2 genoemde berekeningsfactoren.

2. Aan de hand van hoofdstuk III- § 7 sub d-4 dient door de beheerder van het betreffende waterstaatswerk te worden nagegaan, welke schadefactor zou moeten worden toegepast wanneer op de plaats van kruising een nieuwe leiding zou worden gelegd.

De te onderzoeken leiding moet dan bij berekening op uitsluitend inwendige druk volgens $\delta = \frac{p \cdot D_u}{2t}$ (Barlow) voldoen aan de navolgende op die schadefactor gebaseerde berekeningsfactor ten opzichte van de vloeigrens.

p = ontwerpdruk conform hoofdstuk III, § 7 sub a-2-A-2.

<u>schadefactor nieuwe leiding</u>	<u>berekeningsfactor bestaande leiding</u>
1	2,25
0,95	2,35
0,90	2,5
0,85	2,65
0,80	2,8
0,75	3

Bij voldoen aan deze berekeningsfactoren behoeft de leiding niet te worden aangepast, maar dient bij waterkeringen nog te worden nagegaan welke waterstaatkundige voorzieningen kunnen c.q. moeten worden aangebracht.

3. Wanneer de bestaande leiding in de kruising niet voldoet aan de onder 2 genoemde berekeningsfactoren moet deze leiding geheel volgens hoofdstuk III, §§ 3, 4, 5 en 7 worden berekend[¶].

Het grondmechanisch rapport moet voor bestaande op staal gefundeerde leidingen mede de alsnog te verwachten zettingen aangeven.

In de sterkteberekening van deze leidingen moeten mede worden betrokken de deformaties (zettingen) die de leiding reeds heeft ondergaan. Deze deformaties moeten worden bepaald door vergelijking van een revisietekening met de door oppeiling vastgestelde huidige ligging van de leiding.

Indien een betrouwbare revisietekening ontbreekt, kan worden uitgegaan van de bij de betreffende vergunning behorende constructietekening.

Uitsluitend wanneer uit het grondmechanisch rapport blijkt, dat de alsnog te verwachten zettingen gering zijn en tevens de opgetreden deformaties op betrouwbare wijze worden aangetoond^{¶¶}, kunnen de in hoofdstuk III, § 7 sub a-3 vermelde onzekerheidsfactoren voor zettingen tot minimaal 1 worden verminderd.

Bij voldoen van de leiding aan de vereiste schadefactor c.a. dient bij waterkeringen nog te worden nagegaan welke waterstaatkundige voorzieningen kunnen c.q. moeten worden aangebracht.

¶ p = ontwerpdruk conform hoofdstuk III, § 7 sub a-2-A-1,3, indien aan de eis van garantie en contrôle wordt voldaan (ontsnappingsclausule), anders conform A-1,2.

¶¶ Indien aan deze voorwaarden niet kan worden voldaan, kan bijv. bij een zgn. "staande boog" (zie hoofdstuk III, § 6 sub 3) worden uitgegaan van laterale grondbreuk over de gehele constructie (vrijdragend portaal onder passieve grondbelasting). Ook bij een rechtdoorgaande wegkruising kan een vrije overspanning worden verondersteld.

Als uit deze berekening blijkt dat de leiding in de kruising niet voldoet, moet de leiding worden aangepast aan de normen van de hoofdstukken III, VI en VIII.

c. evenwijdige leidingen binnen de veiligheidszône

De betreffende leidingstrekking moet worden berekend conform hoofdstuk II, §§ 3 en 4. Ontwerpdruk (fictieve kruising) volgens hoofdstuk III, § 7 sub a-2-A-1,3 ingeval van garantie en contrôle, anders conform A-1,2; schade-factor volgens sub d-4 te bepalen door de beheerder van het parallel lopende waterstaatswerk.

Bij voldoen van de leidingstrekking aan de vereiste schadefactor etc., behoeft deze niet te worden aangepast. Wanneer het evenwijdige leidinggedeelte niet voldoet, moet dit worden aangepast c.q. verlegd tot buiten de veiligheidszône.

§ 2. Lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato) daterend van
vóór 1 januari 1972

Richtlijnen voor de beoordeling van de noodzaak tot aanpassing van bestaande lagedrukleidingen zullen te zijner tijd aan de Pijpleidingcode worden toegevoegd.

Appendix: Veiligheidsafstanden tot gebouwen.

§ 1. Overzicht van desbetreffende binnen- en buitenlandse voor-
schriften

a) binnenland

gasleidingen

1. (Ontwerp) veiligheidsvoorschriften voor gastransport-
leidingen, opgesteld door de Normcommissie 340.20.000
(wordt NEN 1091).

Het betreft hier transport- en distributieleidingen met een maximale bedrijfsdruk $> 1 \text{ bar} \approx 1 \text{ ato}$. In het algemeen moet de afstand tussen leiding en gebouw zo groot mogelijk worden gekozen, met een minimum van 40 m ten opzichte van gebouwen bestemd voor regelmatig verblijf van veel personen of bijzondere doeleinden (bijvoorbeeld ziekenhuis, bejaardencentrum, telefooncentrale, supermarkt). Afhankelijk onder andere van de bebouwingsdichtheid van het doorsneden gebied onderscheidt deze norm 4 constructietypen:

type A:	$\bar{\sigma} = 0,69 \sigma_{vl}$	bij	<u>nominale</u>	wanddikte
" B:	$\bar{\sigma} = 0,60 \sigma_{vl}$	"	"	"
" C:	$\bar{\sigma} = 0,50 \sigma_{vl}$	"	"	"
" D:	$\bar{\sigma} = 0,40 \sigma_{vl}$	"	"	"

Deze escalatie van veiligheden is overgenomen uit de ASA/USAS/ANSI B 31.8-code. Indien men om planologische redenen wordt gedwongen een leiding binnen de genoemde afstand van 40 m te leggen, moeten extra maatregelen worden getroffen, zoals toepassing van minimaal constructietype C bij afstanden van 20-40 m respectievelijk constructietype D bij afstanden van 5-20 m, en verscherpte controle bij aanleg, lassen en hydrostatische beproeving.

olieleidingen

2. (Ontwerp) leidraad voor oliepijpleidingen, opgesteld door de commissie opslag gevaarlijke stoffen.

Ook in deze leidraad wordt gesteld, dat gestreefd moet worden naar zo groot mogelijke afstanden, met de volgende minima:

- tot gebouwen, waarin zich veel mensen kunnen bevinden, zoals ziekenhuizen, bejaardentehuizen, woonflats, stations: 25 m
- tot woningen 15 m
- tot niet voor bewoning bestemde ruinten 6 m.

Men onderkent ook hier de mogelijkheid, dat uit planologische noodzaak van deze maten in negatieve zin moet worden afgeweken. Een dergelijk geval zal dan op de eigen merites moeten worden beoordeeld. Concrete compenserende maatregelen worden niet genoemd. Voorts worden minimale afstanden genoemd voor pompinstallaties en andere onderdelen van een pijpleiding, waar onder normale bedrijfsomstandigheden brandbare dampen kunnen ontwijken:

- tot ziekenhuizen, bejaardentehuizen en dergelijke 50 m
- tot woningen 25 m
- tot niet voor bewoning bestemde ruinten, waar open vuur aanwezig is of kan zijn, en tot opslagplaatsen van brandbaar materiaal 15 m.

Bij deze afstanden is eventuele geluidshinder buiten beschouwing gelaten. Er wordt op gewezen dat vermeden moet worden, dat olieleidingen in een bebouwde kom worden gelegd (in tegenstelling tot de gasdistributie heeft het olietransport geen relatie met woonkernen). Indien om planologische redenen dit toch moet gebeuren, wordt geadviseerd de leiding in de groenstroken te leggen en slechts in uiterste noodzaak onder de bestrating.

Tenslotte wordt gepleit voor grondreservering ten behoeve van leidingstroken in het kader van gemeentelijke bestemmingsplannen.

b) buitenland

Gr. Brittannië
gasleidingen

1. Code of practice for petroleum pipelines, opgesteld door The Institute of Petroleum (I.P.), in vrije vertaling luidt:

"§ 2.3.3. Gasleidingen in de nabijheid van bestaande bewoonde gebouwen

De minimale afstanden, welke in het algemeen in acht moeten worden genomen tussen een gasleiding en bestaande bewoonde gebouwen, zijn in onderstaande tabel weergegeven.

nominale pijpdiameter		minimale afstand tot het dichtstbij zijnde gebouw [≠]	
inch	cm	ft	m
4 - 6	10,2 - 15,25	30	9,14
8 - 10	20,32 - 25,4	40	12,2
12 - 16	30,5 - 40,6	50	15,25
18 - 24	45,7 - 61,0	60	18,3
> 24	> 61,0	100	30,5

[≠] Deze afstanden moeten nog worden vermeerderd met 3 m voor elke 7 ato, die de ontwerpdruk hoger is dan 35 ato.

Wanneer het nodig is, dat een gasleiding dichter bij een gebouw wordt gelegd dan hiervoor onschreven, en tevens is besloten een ontwerpfactor $< 0,72$ toe te passen, wordt een factor van 0,60 aanbevolen ($\beta = 0,60 \sigma_{vl}$ bij nominale wanddikte).

De voorgaande aanbevelingen zijn in overeenstemming met het door de code van de Russische Nationale Gasinspectie Autoriteit (1960) gevolgde principe, die een ontwerpfactor van 0,72 aanneemt en de minimum afstanden specificeert, welke bij het leggen van een gasleiding ten opzichte van gebouwen in acht moeten worden genomen. Een alternatieve benadering is weergegeven in de ASA B 31.8-1963, die gebieden classificeert naar hun bebouwingsdichtheid en de ontwerpfactor dienovereenkomstig modificeert".

Hongarije:
olie- en gas-
leidingen

2. Algemene veiligheidsvoorschriften voor de mijnbouw, hoofdstuk 17: Olie- en aardgaspijpleidingen (ontwerp) in vrije vertaling luidt:

"§ 230.

- (1). Bij het traceren van een pijpleiding moet tussen het tracé en diverse objecten - afhankelijk van de aard van object en transportmedium - de in de tabellen 1 en 2 aangegeven veiligheidsafstanden in acht worden genomen.

De objecten moeten naar hun aard worden geclassificeerd en ondergebracht in de volgende, door de mate van het verbonden risico bepaalde, categorieën:

risico-klasse A omvat:

- a) steden en bewoonde gebieden (concrete bestemmingsplannen moeten hierbij worden betrokken),
- b) openbare gebouwen (scholen, ziekenhuizen, vermaakscentra, etc.),
- c) fabriekscomplexen,
- d) bruggen in spoorwegen, autosnelwegen en secundaire wegen,
- e) spoorwegstations, havens en luchthavens,
- f) opslagplaatsen van brandbare materialen en vloeistoffen.

risico-klasse B omvat:

- a) evenwijdig lopende spoorwegen,
- b) " " autosnelwegen en secundaire wegen,
- c) bruggen in smalspoor-, tertiaire- en quartaire wegen,
- d) vrijstaande woningen (tussenruimte minimaal 50 m)

risico-klasse C omvat:

- a) evenwijdig lopende smalspoorwegen,
- b) " " tertiaire- en quartaire wegen,
- c) verspreide onbewoonde opstallen.

- (2). De veiligheidsafstanden overeenkomend met de risico-klassen sub (1) moeten worden bepaald aan de hand van tabel 1 bij pijpleidingen voor aardolie en -produkten, en tabel 2 voor gasleidingen.

Tabel 1

risico-klasse	veiligheidsafstand in m	
	vlaanpunt van de te verpompen vloeistof:	
	> 45°C	≤ 45°C
A	75	100
B	50	50
C	30	30

Tabel 2

risico- klasse	veiligheidsafstand in m					
	ontwerpdruk in ato:					
	6 - 12		12 - 25		25 - 64	
	pijpdiameter (cm)		pijpdiameter (cm)		pijpdiameter (cm)	
	≤ 30	> 30	≤ 30	> 30	≤ 30	> 30
A	40	60	75	125	100	150
B	40	60	60	100	75	125
C	25	40	30	50	30	50

- (3). De veiligheidsafstanden, zoals aangegeven in de tabellen 1 en 2 mogen worden gereduceerd tot 25% van de oorspronkelijke waarde, indien de wanddikte van het betreffende pijpleidinggedeelte wordt vermeerderd door middel van een vermenigvuldigingsfactor conform tabel 3 en alle veldlassen worden geröntgend.

Tabel 3

veiligheidsafstand in % van de waarde sub (2)	wanddikte-vermenigvuldigingsfactor		
	risico-klasse:		
	A	B	C
100	1	1	1
75	1,3	1,2	1,1
50	1,4	1,3	1,2
25	1,5	1,4	1,3

§ 2. Beschouwingen

De mininale veiligheidsafstanden, genoemd in beide binnenlandse voorschriften zijn voor hogedrukleidingen (≥ 10 ato) onvoldoende in geval van brand, explosie en dergelijke. Derhalve wordt in beide geschriften geadviseerd om binnen het kader van een concrete situatie een onder de gegeven onstandigheden maximaal mogelijke afstand te realiseren.

Deze maximaal haalbare afstand zal in Nederland naar verwachting doorgaans in de orde van grootte van de opgegeven minima liggen. De veiligheid van de onwonenden kan dan uitsluitend worden gewaarborgd door een goede constructie van de pijpleiding. Eerst bij overschrijding van deze minima worden aanvullende maatregelen, zoals wanddikte-vergroting en verscherpte controle voorgesteld. Men kan zich afvragen of dit niet reeds dient te geschieden bij overschrijding van afstanden, welke de naam veiligheidsafstanden waardig zijn en derhalve groter zijn dan de genoemde minima.

Uit opmerkingen van insiders en de uitwerking van proefexplosies op de Maasvlakte (zie hoofdstuk III-§ 1 sub b-1) valt af te leiden, dat werkelijk veilige afstanden in de orde van grootte van 100 - 200 m liggen voor hogedrukleidingen (≥ 10 ato) met grotere diameters.

Bij beschouwing van de buitenlandse voorschriften blijkt, dat de Brits-Russische voorschriften uitkomsten opleveren die weinig verschillen van de Nederlandse gasnorm (N.G.U.: 30 + 15 $\approx$ 40 m). De Hongaarse voorschriften echter geven afstanden (maximaal 150 m), welke als min of meer veilig kunnen worden beschouwd, terwijl bij overschrijding van deze waarden, reeds wordt overgegaan tot wanddikte-vergroting en verscherpte controle.

In het algemeen moet betwijfeld worden of overschrijding van een (reële) veiligheidsafstand, afdoende kan worden gecompenseerd door een zwaardere buiswand. Door verlaging van het spanningsniveau wordt het incasseringsvermogen van de leiding ten aanzien van overbelasting door in- en uitwendige krachten weliswaar vergroot, en zal dit ook gelden ten aanzien van mechanische beschadiging bij bouwactiviteiten in de nabijheid van de leiding, toch zal in het laatste geval bij toepassing van zware graafmachines en sloopmaterieel, enige mm's meer staal van weinig betekenis zijn. Ingeval van keuze dient derhalve de voorkeur uit te gaan naar een adequate distantie boven een verzwaarde buisconstructie.

§ 3. Bevoegdheden

Indien een hogedrukleiding (≥ 10 a"o) moet worden gelegd in de periferie van aanwezige of geplande bebouwing, draagt de gemeentelijke overheid (Bouw- en Woningtoezicht, hinderwet en dergelijke) gesteund door de Dienst voor het Stoomwezen de verantwoordelijkheid voor de personele en materiële veiligheid.

De provincie Zuid-Holland heeft zich er dan ook toe beperkt, de gemeentelijke autoriteiten te wijzen op de gevaren verbonden aan hogedrukleidingen en deze besturen in overweging te geven zich nader te beraden over te stellen eisen, zoals veiligheidsafstanden, veiligheidsfactoren, opname van leidingstroken in bestemmingsplannen en dergelijke. Op aanvraag is aan een groot aantal gemeentelijke diensten van openbare werken en -nutsbedrijven een studiepakket verzonden, bestaande uit fotokopieën van de literatuur, welke thans in vertaling in deze appendix is opgenomen.

I N H O U D S O P G A V E

AFD.A. ONTWERP

	Blz.
<u>HOOFDSTUK I. Inleiding</u>	1
§ 1. <u>Voorgeschiedenis met overzicht gebruikte voorschriften</u>	1
§ 2. <u>Bezwaar tegen leidingen in waterkeringen</u>	4
§ 3. <u>Gebruik van de Pijpleidingcode</u>	5
§ 4. <u>Overzicht van hogedrukleidingen (≥ 10 ato) voor gas en olie, gelegd van 1 januari 1965 tot 1 januari 1972, welke voldoen aan de Pijpleidingcode (revisie 1, mei 1968)</u>	6
§ 5. <u>Vergunningen en dergelijke</u>	7
<u>HOOFDSTUK II. Eisen te stellen aan het ontwerp van leidingstrekkingen in het terrein</u>	8
§ 1. <u>Veiligheidsafstanden tot waterstaatswerken</u>	8
a. gasleidingen	8
b. vloeistofleidingen	8
§ 2. <u>Diepteligging</u>	9
a. te velde	9
1. gras- en tuinland	9
2. bouwland	9
b. bij kruising van polderwatergangen	9
1. hoofdwatergangen	9
2. overige watergangen en sloten	9
§ 3. <u>Grondmechanisch onderzoek</u>	10
§ 4. <u>Sterkteberekening (uitsluitend voor vloeistofleidingen, welke bij breuk of lekkage het milieu kunnen verontreinigen)</u>	12
a. belastingen en partiële onzekerheidsfactoren	12
1. inwendige belastingen	12
A. inwendige overdruk	12
B. inwendige onderdruk	13
2. uitwendige belastingen	13
b. spanningsberekening	14
1. inwendige gas- of vloeistofdruk (ontwerpdruk)	14
2. neutrale grondbelasting	15
3. passieve grondbelasting	15
4. verkeersbelasting	15
5. eigen gewicht	15
6. uitwendige waterdruk	15

c.	toelaatbare materiaalspanningen en reductie- (schade)factoren	16
d.	vereenvoudigde rekenwijze voor op staal gefundeerde (stalen) hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato) met een grond- dekking tussen 1 en 3 m	16

<u>HOOFDSTUK III.</u>	Eisen te stellen aan het ontwerp van leidingstrekkingen, welke waterstaats- werken annex veiligheidszônes kruisen	19
§ 1.	<u>Veiligheidsafstanden tot andere pijpleidingen</u>	19
a.	in verband met de uitvoering	19
b.	in verband met explosiegevaar	19
1.	explosieproeven	20
2.	conclusie	21
§ 2.	<u>Functioneel waterstaatkundig ontwerp</u>	22
a.	boezenwateren annex kaden	22
1.	verticaal alignement	22
2.	damwandconstructie	22
A.	hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)	22
B.	lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)	22
1.	gasleidingen	22
2.	vloeistofleidingen	22
3.	overige voorzieningen en werkwijzen	23
b.	hoofdwaterkeringen	23
1.	verticaal alignement	23
2.	damwandconstructie	23
A.	hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)	23
B.	lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)	24
3.	overige voorzieningen en werkwijzen	24
c.	tweede waterkeringen	24
1.	verticaal alignement	24
2.	damwandconstructie	25
A.	hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)	25
B.	lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)	25
3.	overige voorzieningen en werkwijzen	25
d.	provinciale (secundaire en tertiaire) wegen	26
1.	verticaal alignement	26
2.	overige voorzieningen en werkwijzen	26

Blz.

e. algemeen	27
1. afsluiters, ventielen en dergelijke	27
2. mantelbuizen	27
A. nadelen	27
B. voordelen	28
C. functies	28
1. het afvoeren van lekkende gassen en vloeistoffen	28
2. het opvangen van verkeers- en zettings- belastingen	28
3. spuiten, boren en persen van leidingen	29
A. definities	29
B. algemene voordelen	30
C. algemene nadelen	30
D. toepassing	31
4. corrosiebescherming	31
A. bekleding	31
B. kathodische bescherming	31
5. ontlastplaten	32
6. bochten	33
A. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)	33
B. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)	33
7. gegevens op het werk	33
§ 3. <u>Grondmechanisch onderzoek</u>	34
§ 4. <u>Waterloopkundig onderzoek</u>	36
§ 5. <u>Veiligheidszônes</u>	37
a. algemeen	37
1. leiding in de lengterichting in een waterkering	37
2. leiding langs en evenwijdig aan een waterkering of provinciale weg; veiligheidszône	37
b. gasleidingen (met noot inzake kruisingen)	38
c. vloeistofleidingen (met noot inzake kruisingen)	40
§ 6. <u>Constructief ontwerp (waterkeringen)</u> (met noot inzake wegen)	45
a. plaats van kruisen	45
b. wijzen van kruisen	45
c. fundering van de leiding	46
d. sterkte-eisen voor koppelingen	47

§ 7. <u>Sterkteberekening</u>	48
a. belastingen en partiële onzekerheidsfactoren	48
1. algemeen	48
2. inwendige belastingen	48
A. inwendige overdruk	48
1. berekening op drukstoten	48
2. relatieve sterkte	49
3. ontsnappingsclausule	50
B. temperatuurspanningen	50
C. inwendige onderdruk	51
3. uitwendige belastingen	51
A. onzekerheidsfactoren voor grondmechanische grootheden	51
B. zakkingen	52
b. systeemberekening (stalen leidingen met gelaste verbindingen en op staal gefundeerd) (met noot inzake onderheide stalen leidingen en dito betonnen leidingen met doorgelaste stalen kern)	55
1. zettingen	55
2. lengteveranderingen door bochtkrachten, contractie en temperatuursinvloeden (expansie)	56
3. laterale beddingsconstante	57
4. bepaling van de ongunstigste waarde van laterale en frictionele beddingsconstanten (k_1 en k_w)	57
5. invloedszône	60
c. spanningsberekening (leidingen op staal gefundeerd) (met noot inzake onderheide leidingen)	61
1. inwendige gas- of vloeistofdruk (ontwerpdruk)	61
2. grondbelasting (neutraal)	61
3. horizontale steundruk	61
A. (tangentieel) flexibele buizen (staal, kunststoffen)	61
B. (tangentieel) starre buizen (beton, giet- ijzer, asbestcement)	62
4. zettingen	62
5. verkeersbelasting	63
6. eigen gewicht	63

	Blz.
7. evenwichtsdraagvermogen	63
8. bochtflexibiliteit en stress-intensification	64
9. uitwendige waterdruk	65
10. thinsulator-contactdrukken	65
11. superpositie	65
d. toelaatbare materiaalspanningen en reductie- (schade)factoren	65
1. algemeen	65
2. toelaatbare materiaalspanningen (ongereducceerd)	66
3. materiaalkeuze	68
4. reductie(schade)factoren	69
<u>HOOFDSTUK IV. Formules, grafieken, tabellen en literatuur</u>	71
§ 1. <u>Formules, grafieken en tabellen</u>	71
a. in verband met het waterloopkundig onderzoek grootte van de drukstoot in vloeistofleidingen volgens Joukovsky	71
b. in verband met het grondmechanisch onderzoek	71
1. neutrale grondbelasting	71
2. passieve grondbelasting volgens Marston	72
3. actieve, neutrale en passieve horizontale grondrukken	73
4. zettingen volgens Von Terzaghi - Buisman hydrodynamische periode volgens Von Terzaghi samendrukkingsverloop " " "	73
5. verticale beddingsconstante volgens Schleicher	74
6. evenwichtsdraagvermogen volgens Prandtl	75
7. vuistregel voor grondwrijving verplaatsingen volgens LGM	76
8. berekening onverankerde damwand	76
9. beoordeling geschiktheid zand voor bron- bemaling volgens Reynolds en Protopapadakis	78
c. in verband met de sterkteberekening	78
1. momentreductie bij trekverspanning volgens Bish & Partners (recuperatiefactor) momenttoeslag bij drukverspanning volgens Bish & Partners (progressieve factor)	78
2. oplegzones volgens Hetényi	79
3. maximale ringspanning volgens Lamé tangentiële toeslag en reductie voor binnen- resp. buitenbochten volgens Wilbur axiale toeslag en reductie voor binnen- resp. buitenbochten volgens Bish & Partners	79

Blz.

4.	tangentiële momenten en verticale deflectie tengevolge van direct overgedragen boven- belasting volgens Spangler rerounding effect volgens Spangler	80
5.	tangentiële momenten tengevolge van indirect overgedragen bovenbelasting volgens Bish & Partners	
6.	spreiding van wiellasten in de ondergrond volgens Newmark	82
7.	bochtflexibiliteit en stress-intensification volgens ASA B 31.8-1963/USAS B 31.8-1967/ ANSI B 31.8-1971 rerounding effect volgens Rodabaugh en George	84
8.	implosie-contrôle volgens Boussinesq	85
9.	breukhypothese volgens Mohr (vlakke spannings- toestand)	86
10.	breukhypothese volgens Huber-Hencky (vlakke spanningstoestand)	87
d.	overzichten van gestandaardiseerde diameters, wanddikten en materiaalkwaliteiten voor stalen leidingen, alsmede een lijst van API- en DIN- normen (ten behoeve van de beoordeling van pijpspecificaties)	87
§ 2.	<u>Literatuuropgave</u>	91
a.	buitenlandse voorschriften voor hogedruk- leidingen	91
b.	in verband met milieu-verontreiniging door olieleidingen	92
c.	in verband met het grondmechanisch onderzoek	93
d.	in verband met het waterloopkundig onderzoek voor vloeistofleidingen	93
e.	in verband met het constructief ontwerp en de sterkteberekening	93
f.	in verband met pijpleidingen voor het transport van vaste stoffen	96
g.	in verband met de uitvoering	96
h.	diversen	96

HOOFDSTUK V. Vereenvoudigde sterkteberekening voor lagedruk-leidingen (bedrijfsdruk < 10 ato) met kleine diameter in waterstaatswerken

	98
§ 1. <u>Gasleidingen</u>	98
§ 2. <u>Vloeistofleidingen</u>	99
§ 3. <u>Vereenvoudigde sterkteberekening</u>	100
a. stalen leidingen	100
b. plastic leidingen (thermoplasten)	101
c. andere materialen	102
§ 4. <u>Overzicht van de noodzaak van berekening en damwandconstructie</u>	103

HOOFDSTUK VI. Eisen te stellen aan het ontwerp van waterstaatkundige en andere voorzieningen bij kruising van waterkeringen en provinciale wegen

	104
§ 1. <u>Boezemwateren annex kaden</u>	104
a. damwandconstructie	104
1. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)	104
2. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)	104
A. gasleidingen	104
1. leidingen met een barstdruk ≤ 20 ato	104
2. leidingen met een barstdruk > 20 ato	104
B. vloeistofleidingen	104
b. kwelschermen en dergelijke	105
§ 2. <u>Hoofdwaterkeringen</u>	106
a. damwandconstructie	106
1. hogedrukleidingen (bedrijfsdruk ≥ 10 ato)	106
2. lagedrukleidingen (bedrijfsdruk < 10 ato)	107
A. gasleidingen	107
1. leidingen met een barstdruk ≤ 20 ato	107
2. leidingen met een barstdruk > 20 ato	107
B. vloeistofleidingen	107
b. kwelschermen	107
c. werkvloer	107
§ 3. <u>Tweede waterkeringen</u>	108
a. damwandconstructie	108
b. kwelschermen	108
c. mantelbuizen	108

	Blz.
§ 4. <u>Provinciale (secundaire en tertiaire) wegen</u>	110
<u>HOOFDSTUK VII. Eisen te stellen aan de corrosiebescherming</u>	111
§ 1. <u>Algemeen overzicht</u>	111
a. uitwendige bescherming	111
b. inwendige bescherming	111
c. stalen leidingen	112
d. gietijzeren leidingen	113
e. asbestcement leidingen	113
f. betonnen leidingen	114
g. kunststofleidingen	114
§ 2. <u>Uitwendige bekleding</u>	115
a. asfaltbitumen	115
1. voorbehandeling	115
2. wijze van aanbrengen	115
3. weerstand tegen aantasting	117
4. opslag en transport	119
b. koolteerpek	120
1. voorbehandeling	120
2. wijze van aanbrengen	120
3. weerstand tegen aantasting	120
c. gesinterde polyethyleen	120
1. voorbehandeling	120
2. wijze van aanbrengen	120
3. weerstand tegen aantasting	122
d. epoxy-verbindingen	123
1. overzicht	123
2. voorbehandeling	124
3. wijze van aanbrengen	124
4. weerstand tegen aantasting	124
e. zink	125
§ 3. <u>Inspectie van de bekleding</u>	125
1. visuele inspectie	125
2. onderzoek naar de laagdikte	125
3. onderzoek naar de hechting	126
4. onderzoek naar electrisch isolerend vermogen	126

Blz.

§ 4.	<u>Kathodische bescherming</u>	126
	1. noodzaak van de installatie	126
	2. stroomverbruik	127
	3. systemen	127
	4. contrôle	127
§ 5.	<u>Inwendige bekleding</u>	128
	a. asfaltbitumen	128
	b. koolteerpek	128
	c. cement	128
	1. wijze van aanbrengen	128
	2. weerstand tegen aantasting	129
	d. epoxy-verbindingen	129
	1. voorbehandeling	129
	2. wijze van aanbrengen	130
	3. weerstand tegen aantasting	130
	e. p.v.c.	131
	f. zink	131

A.F.D.B. UITVOERING

<u>HOOFDSTUK VIII.</u>	Uitvoeringsinstructies (eisen te stellen aan de uitvoering van kruisingsconstructies)	132
§ 1.	<u>Algemeen</u>	132
§ 2.	<u>Contrôle van de leiding in kruising, veiligheids- en invloedszônes</u>	132
§ 3.	<u>Contrôle van de bekleding van stalen leidingen in kruising en veiligheidszônes</u>	133
§ 4.	<u>Afzinken</u>	134
§ 5.	<u>Doorpersen</u>	134
	a. voorwaarden voor toepassing	134
	b. prognose	136
	1. eisen te stellen aan de prognose	136
	2. doel van de prognose	136
	3. het opstellen van de prognose	137
	c. uitvoering van de doorpersing	137
§ 6.	<u>Thinsulators</u> (electrisch isolerende afstandhouders tussen transportleiding en mantelbuis)	140
§ 7.	<u>Grondwerken, heiwerken en damwanden</u>	140

	Blz.
§ 8. <u>Wijziging van bodemeigenschappen</u>	141
a. verzachten door middel van kunststoffen	141
b. verharden door middel van chemisch injecteren	143
1. voorwaarden van toepassing	143
2. wijze van uitvoeren	143
3. contrôle	144
§ 9. <u>Inspectieformulier</u>	145
<u>HOOFDSTUK IX.</u> Eisen te stellen aan de bedrijfsbeveiliging van pijpleidingen	146
§ 1. <u>Hogedrukleidingen (bedrijfsdruk $\geq$ 10 ato)</u>	146
a. revisietekening	146
b. meetpunten	146
c. bekleding	147
d. afpersen	147
e. elektrische testmetingen	147
f. kathodische bescherming	148
g. drukbegrenzing	148
h. beveiligingssysteem	148
i. wanddiktecontrôle	149
k. inspectie	149
l. veiligheidsprogramma	149
m. algemeen rapport	150
n. diversen	151
§ 2. <u>Lagedrukleidingen (bedrijfsdruk $<$ 10 ato)</u>	152

AFD.D. AANPASSING

<u>HOOFDSTUK X.</u> Richtlijnen voor de beoordeling van de noodzaak tot aanpassing van bestaande leidingen door vernieuwing of drukverlaging (kruisingen en evenwijdige leidingen binnen de veiligheids- zône)	153
§ 1. <u>Hogedrukleidingen (bedrijfsdruk $\geq$ 10 ato)</u> <u>daterend van vóór 1 januari 1965</u>	153
a. algemeen	153
b. kruisingen	154
c. evenwijdige leidingen binnen de veiligheidszône	156
§ 2. <u>Lagedrukleidingen (bedrijfsdruk $<$ 10 ato)</u> <u>daterend van vóór 1 januari 1972</u>	157