

# Eisen met betrekking tot de kruisingsconstructies van vloeistoftransportleidingen met waterkeringen en wegen\*

Inhaerent aan de aanleg van drinkwaterleidingen, zowel ten behoeve van transport als distributie, is met name in ons land het probleem van de kruisingen van deze leidingen met waterkeringen en wegen. Sterker nog: dikwijls bestaat er een grote voorkeur de leidingen in de lengterichting van de waterkering in deze waterkering te leggen om aldus bij een loodrecht op de dijk gerichte verkaveling de problemen van de verwerving van een zakelijk recht bij talloze eigenaren en de kruising met talrijke kopsloten te ontgaan. Zo werden veel dijken



IR. H. DE GROOT

Ingenieur-direkteur van de technische dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland

en kaden van polders gebruikt om er leidingen in te leggen.

In de vijftiger en zestiger jaren werden de problemen wat groter van schaal: de grotere ruwwatertransportleidingen werden aangelegd; het aardgas moest over grote afstanden en onder hoge drukken worden getransporteerd, en hetzelfde ging gebeuren met ruwe olie, geraffineerde olieproducten, chemische producten, enz. Vooral in de veengebieden met slappe ondergrond in Noord- en Zuid-Holland en in Utrecht werd bij het ontwerpen en de aanleg van deze leidingen met een diameter, die relatief groot is ten opzichte van de te kruisen polderkaden en dijken, veel problemen onderhouden.

Vooral de toegepaste hoge drukken in de leidingen kunnen bij het bezwijken van de leiding ter plaatse van een waterkering aanleiding geven tot ernstige calamiteiten, zoals dijkdoorbraak en daaruit volgende inundatie van polders.

Ook een minder explosief drukvat als een lagedrukwaterleiding kan met zijn minder excessief vermogen bij een langdurige onopgemerkte lekkage de waterkering doen verweken: door de te hoog wordende waterspanningen zal de kade of dijk zijn evenwicht kunnen verliezen en doorbreken (de doorbraak-hypothese van de dijk bij Tuindorp Oostzaan).

Door de waterkeringbeheerders werd de noodzaak gevoeld te komen tot een meer systematische en gecoördineerde aanpak van deze problemen. In Zuid- en Noord-Holland verenigden zich daartoe in 1965 de

provinciale waterstaatsdiensten met de technische diensten van hoogheemraadschappen en dijkkringen tot een 'Studiegroep hogedrukleidingen voor gas en olie': de zgn. 'gasclub' en 'dijkengasclub'; hun werk leidde uiteindelijk tot het ontstaan van de 'Pijpleidingcode'.

In 1965 stelde de Minister van Verkeer en Waterstaat de 'Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen' in om hem te adviseren omtrent alle technisch-wetenschappelijke aspecten, die van belang kunnen zijn voor het doelmatig construeren en onderhouden van waterkeringen en voor de veiligheid van door waterkeringen beschermde gebieden. Ook deze TAW heeft de problematiek van leiding en waterkering in studie genomen: in 1971 verscheen de 'Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen' en in 1973 een overeenkomstige 'Leidraad voor gasleidingen'.

Code en Leidraden hebben primair tot doel de beheerders van waterkeringen (de code ook de wegbeheerders) behulpzaam te zijn en te informeren omtrent de voorwaarden waaraan bij de aanleg en de exploitatie van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen en bij de kruisingen met wegen moet worden gedacht.

Indirect zijn de leidraden er voor degenen die vloeistof- en gasleidingen aanleggen en beheren om hen een inzicht te verschaffen omtrent de criteria die kunnen gelden bij het ontwerp, de uitvoering en het beheer van gas- en vloeistofleidingen. Bij het opstellen van de richtlijnen is daarom ook overleg gepleegd met terzake deskundigen en met vertegenwoordigers van pijpleidingbeheerders.

De leidraad en code gaan uit van het standpunt, dat een transportleiding in een waterkering moet worden beschouwd als een wezensvreemd element.

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

\* Waar dit voor de duidelijkheid en ter voorkoming van interpretatieverschillen wenselijk is, wordt in dit overzicht gebruik gemaakt van de letterlijke tekst van de Leidraad voor vloeistofleidingen, de Leidraad voor gasleidingen en de Pijpleidingcode.

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

Wanneer het leggen van een leiding in de waterkering redelijkerwijze niet is te vermijden, 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 - 64 89 20), 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.

### Leidingen in de lengterichting in een waterkering

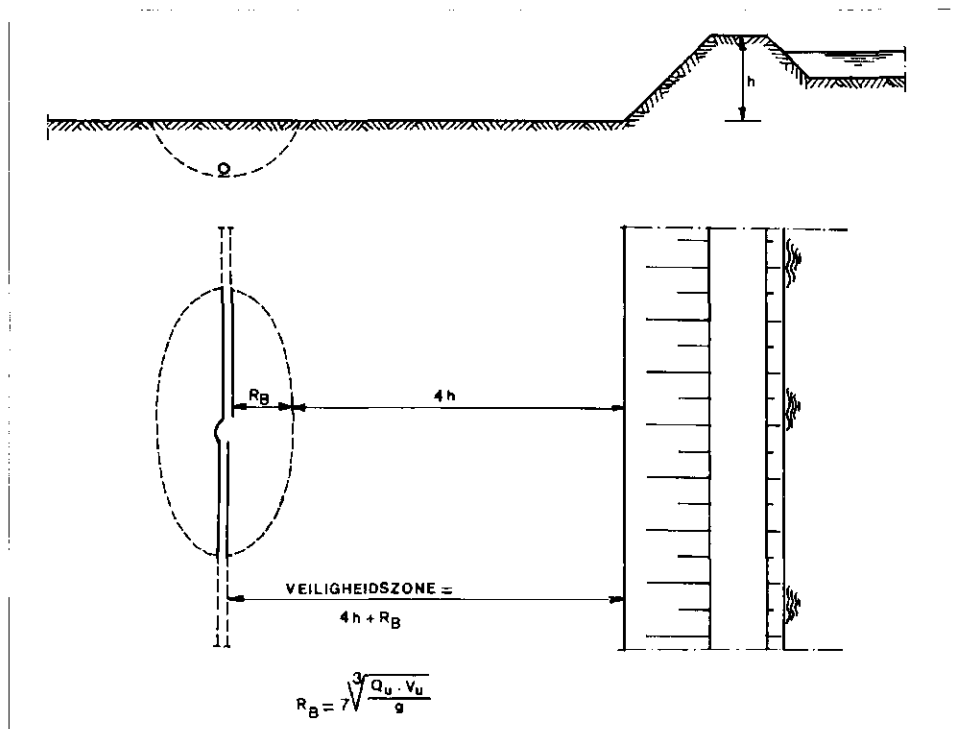
Het leggen van een leiding in de lengterichting in het profiel van een waterkering moet niet worden toegestaan, wegens de daaraan verbonden onaanvaardbare risico's.

### Leidingen langs en evenwijdig aan een waterkering of weg

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 'veiligheidszône' wordt genoemd. De breedte van de veiligheidszône, gemeten uit de teenlijn van de waterkering of aardebaan van de weg, moet gelijk zijn aan de afstand tot de leiding waarbinnen ontgrondingen en verstoringen ten gevolge 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 water-



Afb. 1.

kering of weg boven het maaiveld (afb. 1). Wanneer:

- zeer slappe lagen in de ondergrond voorkomen,
- de spanningstoestand nog niet aan de bestaande belastingstoestand is aangepast,
- voortgaande deformatie van de waterkering optreedt,
- een sterke omhooggerichte grondwaterstroming (bijvoorbeeld ten gevolge 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 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.

Met betrekking tot de afstand  $R_B$  tot de leiding waarbinnen ontgrondingen door een lek in de leiding kunnen optreden, wordt het volgende opgemerkt.

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.

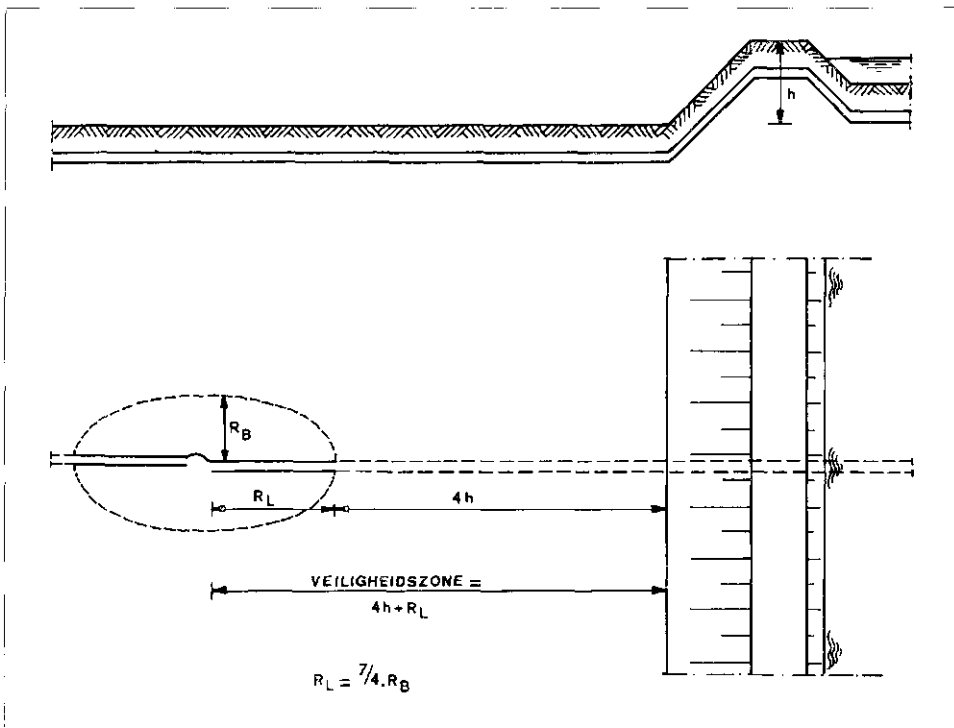
De grondeigenschappen variëren in de natuur zeer sterk. Veiligheidshalve is daarom in het model uitgegaan van een weinig erosiebestendig materiaal: fijn zand.

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 vijfmaal de buisdiameter). In de afbeelding 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 ontgroning ten opzichte van de leidingas



Afb. 2.

voor alle richtingen van de vloeistofstraal werd door het WL aangegeven:

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

waarin:

$Q_u$  = uitstromend debiet in m<sup>3</sup>/sec.

$V_u$  = uitstroomsnelheid in m/sec.

$g$  = versnelling van de zwaartekracht in m/sec.<sup>2</sup>

$$(R_B \text{ in m}) \quad R_L = \frac{7}{4} R_B$$

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 uittrekkend 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.

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:

$$V_u = \sqrt{2gH}$$

$$Q_u = \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2gH}$$

waarin  $D$  = diameter van de leiding in m, zodat volgt:

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

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

**Kruisingen van vloeistofleidingen met waterkeringen en wegen**

Hierbij moet met betrekking tot de veiligheidszone worden gerekend met de afstand  $4h + R_L$  = waarin  $R_L = 7/4 R_B$ , omdat een ontgroning in de lengterichting bij totale afschuiving van de leiding even zoveel maal groter kan zijn (afb. 2).

Als totale afschuiving uitgesloten is (bijvoorbeeld bij stalen leidingen), kan worden volstaan met  $R_B$ .

*Invloedszone*

Mechanische invloeden (verplaatsing, krachten) op een leidinggedeelte buiten de

veiligheidszone kunnen nog uitwerking hebben op het gedeelte binnen deze zone.

Derhalve moet er een invloedszone worden bepaald die zich eveneens langs het waterstaatswerk uitstrekt, maar die breder is dan de veiligheidszone.

De invloedszone moet zo breed zijn dat mechanische invloeden buiten de invloedszone praktisch geen uitwerking kunnen hebben op het leidinggedeelte in de veiligheidszone.

Men kan dan voorschrijven dat de zogenaamde 'tie-in'-lassen \* buiten de invloedszone 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.

**Het ontwerp van de leiding**

*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.

Het bovenstaande geldt ook voor de kruising met wegen.

*Wijze van kruisen*

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

1. De leiding wordt door de waterkering heengevoerd. Daarbij kan men nader onderscheiden:
  - 1.a. vrije of luchtkruising,
  - 1.b. de leiding ligt in een grondaanvulling.
2. De leiding wordt door de waterkering gevoerd, waarbij de as van de leiding in een verticaal plat vlak ligt. Daarbij kan men nader onderscheiden:
  - 2.a. de onderkant van de leiding ligt over enige lengte boven het ontwerppeil \*\*,

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

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

- 2.b. de onderkant van de leiding ligt nergens boven het ontwerppeil.
3. 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).

#### 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 ondermeer 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 spanningen ten gevolge van zakkingsverschillen klein zijn.

#### Belastingen en partiële onzekerheidsfactoren

De invloed van een leiding op het waterkerend vermogen van een waterkering of het draagvermogen van een weg en de vervorming die onder andere door zakkings van de waterkering of de weg in de leiding wordt teweeggebracht, hangen van zeer veel factoren af.

*Voor iedere kruising met inbegrip van de veiligheidszones moet daarom een sterkteberekening worden verlangd, waarin wordt uitgegaan van gegevens die uit een grondmechanisch onderzoek zijn verkregen en waarin alle materiaalspanningen worden gegeven ten gevolge van de volgende — voor zover van toepassing zijnde — belastingen en invloeden.*

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. 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.

#### Inwendige overdruk; 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.

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.

Om te bewerkstelligen, dat de leiding in de kering later bezwijkt dan de aangrenzende terreinstrekking wordt in de sterkteberekening van de kruising het begrip 'relatieve sterkte' ingevoerd. Daartoe dient de kruisingde leidingstrekking 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 'vloeidruk' als bezwijkcriterium.

Onder vloeidruk wordt verstaan: de inwendige vloeistofdruk  $P_{v1}$ , waarbij de tangentiële spanning in de buiswand de gegarandeerde minimum rekgrens  $\sigma_{v1}$  zou bereiken. Men kan deze druk berekenen met de formule:

$$P_{v1} = \frac{2t\sigma_{v1}}{D_u} \quad (3)$$

waarin:

$P_{v1}$  en  $\sigma_{v1}$  in  $\text{kg/cm}^2$

$t$  = de nominale wanddikte in cm

$D_u$  = de uitwendige diameter in cm

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 bij een lagere druk zal bezwijken dan de druk berekend volgens formule (3); deze lagere druk mag dan in de berekening worden ingevoerd.

De ontwerpdruk voor de kruising (behoudens de via de drukstootberekening gevonden uitkomst) bedraagt dan:

$$1,2 \times \frac{2}{3} \times P_{v1} = 0,8 P_{v1}$$

waarin:

$\frac{2}{3}$  = de gebruikelijke veiligheidsfactor voor staal ten opzichte van vloeien  
 $P_{v1}$  = de volgens (3) berekende vloeidruk in de terreinstrekking.

#### Ontsnappingsclausule

Als het (bijvoorbeeld bij bestaande leidingen) redelijkerwijze niet mogelijk is dat de kruising voldoet aan de verlangde relatieve sterkte zou men door het aanbrenge van betrouwbare drukbegrenzingsapparatuur kunnen bereiken, dat de druk bij de kruising het berekende maximum niet overschrijdt.

Het is dan noodzakelijk, dat de leidingbeheerder ten genoegen van de beheerder van de waterkering aantoont dat de ontwerpdruk in de kruising niet kan worden overschreden. \*

Dit houdt in, dat een door de waterkeringbeheerder aangewezen instantie (overheidsinstantie of onafhankelijk deskundig instituut) controle blijft uitoefenen, zolang de leiding in bedrijf is.

Een continue registratie van de druk in de leiding is hierbij een noodzakelijk hulpmiddel.

Bij het vaststellen van de inwendige belastingen dient ook rekening te worden gehouden met temperatuurspanningen. Eveneens dient rekening te worden gehouden met het optreden van inwendige overdruk: een tweevoudige veiligheid tegen vacuüm is nodig.

#### 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.

\* Beheerders van waterkeringen kunnen hierover advies vragen van het Centrum voor onderzoek waterkeringen.

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.

### 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
evenwichtsvermogen voor zand ten opzichte van de gemiddelde waarde	1,2
evenwichtsdragvermogen 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 zakkings ten gevolge van grondroering bij de uitvoering en ten gevolge van dynamisch gedrag van de leiding. 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.

### Toelaatbare materiaalspanningen en reductie (schade) factoren

De algebraïsche som van de berekende spanningen in respectievelijk axiale en tangen-

\* Bij fundering op staal zijn gevallen bekend waarbij ten gevolge van zakkings door grondroering bij de uitvoering en dynamisch gedrag van de leiding de berekende spanningen met 25 % werden overschreden.

TABEL I.

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

a. 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

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

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

b. Voor waterkeringen, die uitsluitend bij doorbraak van een andere waterkering water moeten keren en voor wegen, geldt schadefactor = 1.

tiële richting ten gevolge 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.

Voor zover het waterkeringen betreft moet de toelaatbare spanning worden vastgesteld als produkt van de toelaatbare materiaalspanningen 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  $\frac{3}{4}$ , afhankelijk van personele en materiële risicofactoren die in het geding zijn, indien de waterkering zou bezwijken. Voor wegen geldt de schadefactor 1 (zie tabel I).

### Toelaatbare materiaalspanningen

In de leidraad en de code worden voor een aantal materialen — staal, gietijzer, beton, koper, asbest-cement en kunststoffen — de toelaatbare materiaalspanningen omschreven, en worden ook toepassingscriteria gegeven en materiaalkeuze aspecten behandeld.

### Bijkomende constructies en voorzieningen

*Kwelschermen, damwanden etc.*

Als de leiding nergens in de waterkering reikt tot boven het ontwerppeil, moet zij worden voorzien van een of meer kwelschermen, die waterdicht met de leiding of met de mantelbuis, indien deze wordt toegepast, dienen te 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. De afmetingen van het kwelscherm moeten zodanig zijn dat het waterkerend vermogen van de waterkering door de aanleg van de leiding niet wordt verminderd. In veel gevallen zal het aanbeveling verdienen in de waterkering een damwandconstructie aan te brengen, of damwanden die voor de uitvoering nodig waren te laten zitten, en de leiding door een gat in de damwand te voeren. Deze damwandconstructie kan dan als een soort vervangende waterkering worden beschouwd. Als extra maatregel ten behoeve van de instandhouding van de waterkering kan namelijk worden geëist dat de damwand bestand is tegen een zekere ontgroning, direct voor of achter

de wand, ontstaan ten gevolge van een lek in de leiding.

Tussen leiding en damwand moet een waterdichte afsluiting worden aangebracht, die bij fundering op staal geen krachten opneemt.

*Afsluiters* worden noodzakelijk verklaard om de kruisingsstrekking zo snel mogelijk drukloos te kunnen maken: de plaats er van moet buiten de kruising annex veiligheidszone worden gezocht.

Indien het geleidend vermogen van de grond daartoe aanleiding geeft moeten stalen leidingen *kathodisch* worden beschermd.

Het toepassen van mantelbuizen vraagt kritische overweging. Bij een kruising met een waterkering of met een weg moet deze toepassing in het algemeen worden ont-raden, omdat de nadelen de voordelen over-treffen.

*De uitvoering:* moet zodanig zijn, dat aan de uitgangspunten die aan het ontwerp ten grondslag liggen wordt voldaan. Deskundig toezicht bij de uitvoering is noodzakelijk.

Het bij een kruising te verrichten graafwerk in de waterkering moet zoveel mogelijk worden beperkt. Uitvoering door middel van boren of spuiten moet echter niet worden toegestaan. Als de nodige voorzorgsmaatregelen worden genomen, kan met persen wel goede resultaten worden verkregen. Voor waterkeringen moet echter vooral het risico van de doorbraak van water naar de buis tijdens het persproces terdege worden overwogen.

*Proefbelasting:* het tot de kruising behorende deel van de leiding met inbegrip van de veiligheidszone moet na het aanaarden worden proefbelast door afpersen met water tot minimaal  $1,3 \times$  de ontwerpdruk.

*Controle en alarmering:* na het gereedkomen van de kruising moet het gehele werk nauwkeurig worden beschreven (de horizontale en verticale ligging moet worden gemeten).

De leiding in de kruising moet halfjaarlijks worden geïnspecteerd, waarbij ondermeer de eventueel aanwezige kathodische bescherming door een onafhankelijk instituut moet worden gecontroleerd en de ligging van de leiding wordt gemeten (o.a. door zakbakens of andere op de buis aangebrachte standzekere meetpunten) en de afsluitmiddelen worden beproefd of gecontroleerd. Indien daartoe aanleiding bestaat kan men de wanddikte of de aanwezigheid van lekken laten controleren met elektromagnetische, nucleaire of akoestische methoden.

Het verdient aanbeveling bij elke leiding te controleren in hoeverre het gedrag van de leiding overeenkomt met de gemaakte zettingsprognose. De resultaten van alle inspecties moeten worden overgelegd aan de beheerder van de waterkering.

De beheerder van de leiding dient in over-

leg met de waterkeringbeheerder een programma van te nemen maatregelen op te stellen dat wordt gevolgd bij eventueel lekken van het leidinggedeelte dat in de waterkering ligt.

In grote lijnen was het voorgaande een globale weergave van de inhoud van de leidraad c.q. code, die zoals gezegd, de beheerder van waterkering of weg richtlijnen wil geven met betrekking tot de vereisten, waaraan de kruisingsconstructie moet voldoen. De bedoeling is door een zorgvuldige wijze van ontwerpen, uitvoeren en beheren ongewenste gevolgen voor waterkering of weg te voorkomen.

Niet genoeg kan worden betoogd, dat met name zorgvuldigheid in de uitvoering van het grondwerk essentieel is, om de grondmechanische prognoses t.a.v. zettingen e.d. niet op losse schroeven te zetten.

Tenslotte moet erop worden gewezen, dat het karakter van de leidraad niet een wet (van Meden en Perzen) is: het zijn richtlijnen, die de ontwerper, de uitvoerder en de weg- en waterkeringbeheerder ruimte laten voor aan elke bijzondere situatie aan te passen oplossingen en voorzieningen. De richtlijnen mogen geen statisch karakter hebben, maar zij moeten meegroeien met en aangepast worden aan veranderende evoluerende inzichten op waterloopkundig, grondmechanisch en materiaaltechnologisch gebied.

Een initiatief van de grote exponenten op het terrein van massaal vloeistoftransport (olie- en pijpleidingmaatschappijen, de Gasunie, en in later stadium ook de Vewin) om door TNO (Instituut voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies) onder de coördinerende leiding van prof. Van Douwen voor stalen leidingen de toepassing van de plasticiteitstheorie te laten onderzoeken moet van ganser harte worden toegejuicht. Op deze wijze wordt meer inzicht verworven over het gedrag van in de grond ingegraven stalen leidingen, waardoor zowel de veiligheid van het transport als de veiligheid van weg- en waterkering in hoge mate worden gediend. Dit laatste is voor veler lijfsbehoud, en op z'n minst voor velerlei paren droge voeten in laagliggend Nederland van bijzonder belang.

