

Kruising vloeistofleiding met waterkering

Onderzoek naar de gevolgen voor een waterkering bij het optreden van lekkage

1. Inleiding

Om ook in de toekomst te kunnen voldoen aan de toenemende vraag naar drinkwater is door het NV Duinwaterbedrijf Zuid Holland (DZH) besloten om de transportcapaciteit van (Maas) rivierwater naar haar zuiverings- en wingebied ten noorden van Scheveningen uit te breiden. Het besluit resulteerde mede in de aanleg van een tweede transportleiding met een inwendige diameter van 1600 mm vanaf Bergambacht naar de duinen.



R. P. BOEIJE
Grondmechanica Delft



H. J. A. M. HERGARDEN
Grondmechanica Delft



J. B. SELLMEIJER
Grondmechanica Delft

Momenteel wordt het water verpompt door de zogenoemde Bergambachtleiding. De naamgeving voor de nieuwe leiding laat zich raden: De Tweede Bergambachtleiding.

Voor zover dit mogelijk is, wordt de leiding op geringe diepte onder het maaiveld aangelegd. Het gekozen tracé kruist echter een aantal verkeerswegen, waterwegen en boezemwaters. Omdat de huidige sleufloze technieken voor de aanleg van leidingen inmiddels zover ontwikkeld zijn dat de uitvoering ervan voldoende gegarandeerd is, had deze uitvoeringswijze voor de kruisingen een grote aantrekkingskracht. Aan het op een dergelijke wijze kruisen van boezemkaden worden echter eisen gesteld.

Een kenmerk van boezemwaters is dat deze een waterpeil hebben dat continu boven dat van de omliggende polders ligt. De waterkerende functie van de kaden van een dergelijk water moet dan ook verzekerd zijn. De aanleg van een vloeistofleiding onder een boezemkade kan via een lekkage de stabiliteit van de kade nadelig beïnvloeden. De eisen die aan een kruising van een vloeistoftransportleiding met boezemkaden zijn gesteld worden genoemd in NEN-3651.

Samenvatting

Voor de in Zuid-Holland aan te leggen rivierwatertransportleiding, de zogenaamde Tweede Bergambachtleiding, is door Grondmechanica Delft onderzoek uitgevoerd naar de gevolgen van een eventueel lek in de leiding voor een te kruisen waterkering. Op die lokaties waar een waterkering wordt gekruist zal de leiding door een schildboring worden aangelegd. Om de invloed op de waterkering bij een eventuele lekkage van de leiding te beperken wordt de leiding in het pleistocene zand geboord.

De waterkeringen worden bedreigd door het bij een beschadiging weglekkende water. Deze bedreiging is terug te voeren op twee bezwijkmechanismen: het afschuiven van een kade door de toename van de waterspanningen of het ontstaan van welvorming met doorgaande erosie.

Hierna is beschreven op welke wijze dit grondmechanische probleem kan worden geschematiseerd en opgelost.

De basisopzet van deze berekeningswijze zal worden opgenomen in de Nederlandse Praktijk Richtlijn NPR 3659.

In principe komen deze eisen erop neer dat er of een vervangende waterkering moet worden gecreëerd of moet worden aangetoond dat de vergroting van de faalkans door de aanleg van de transportleiding acceptabel klein is.

De eerste mogelijkheid is te realiseren door een mantelbuis toe te passen. Om diverse redenen was deze optie niet aantrekkelijk.

Er waren echter sterke aanwijzingen dat door de aanleg van de leiding op voldoende grote diepte voldaan kon worden aan de tweede eis. Namelijk:

– Ter plaatse van de kaden wordt de leiding aangebracht in het pleistocene zand (met de huidige sleufloze technieken kan dat relatief eenvoudig). Deze zandlaag ligt op vrij grote diepte (circa NAP –15 m) waardoor de verticale afstand tussen de (lekkende) leiding en de kerende kade vrij groot is.

– Doordat de leiding wordt aangebracht in de pleistocene zandlaag kan eventueel lekwater snel afstromen (goed doorlatende laag).

– Het beheer van de leiding met de bijbehorende meet- en regelsystemen wordt steeds geavanceerder. Een eventueel lek in de leiding zal dan ook snel worden gesignaleerd waardoor het totale lekdebiet beperkt blijft.

Hierna wordt de bepaling van de diepteligging van een vloeistofleiding behandeld.

2. Typen lekkages

Het meetsysteem met het geïntegreerde bewakingssysteem kent een zekere onnauwkeurigheid. Enerzijds moet het detectiesysteem zodanig zijn ingesteld dat bij een lek snel wordt gereageerd, anderzijds moet voorkomen worden dat er veelvuldig sprake is van vals alarm. Op grond van deze overwegingen is een lekdebiet

vast te stellen dat zo groot is dat dit met zekerheid wordt gedetecteerd (fout van de eerste soort) en waarvan ook vrij zeker is dat de oorzaak een lekkage is (fout van de tweede soort).

Om een veilige aanname te doen moet dan ook worden verondersteld dat het genegenereerde lekdebiet gedurende een oneindig lange tijd aanwezig kan zijn. In het navolgende zal een dergelijk relatief klein lek dat gedurende een oneindig lange tijd aanwezig kan zijn worden aangeduid met de term *sluipend lek*.

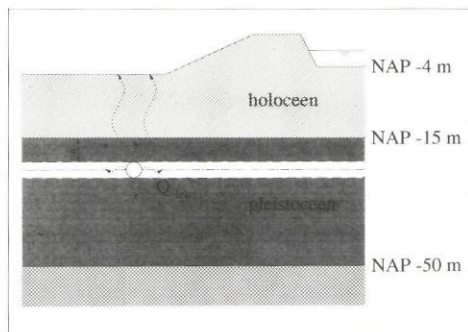
Anderzijds bestaat er ook de mogelijkheid dat er plotseling een groot lek in de leiding ontstaat. Hierbij valt te denken aan een breuk van de leiding. Een dergelijk plotseling groot lek in de leiding heeft tot gevolg dat de druk ter plaatse van het lek instantaan terugvalt. De onderdruk zal zich vervolgens in de vorm van een (onder)druk golf in de leiding voortplanten. De voortplantingssnelheid van de golf is vrij groot waardoor zo'n lek al na een aantal seconden in één der stations wordt gesignaleerd waarna automatisch de pompen worden uitgeschakeld. Dit type lek met een groot debiet dat slechts gedurende een beperkte tijd aanwezig kan zijn wordt in het navolgende aangeduid met de term *gapend lek*.

Voor elk van deze twee leksoorten – het gapende en het sluipende lek – is onderzocht wat de uitwerking op een boven het lek aanwezige waterkering is.

3. Sluipend lek

De definitie van het *sluipend lek* is dat het een relatief klein lek is dat gedurende een zeer lange tijd aanwezig kan zijn. Dit lek kan dan ook worden aangegeven in de vorm van een lekdebiet van een aantal m³/h. De leiding wordt aangelegd in het

pleistocene zand waardoor het lekdebiet in principe relatief eenvoudig kan afstromen. Een voorbeeld van de min of meer standaard grondopbouw van west Nederland is weergegeven in afbeelding 1.



Afb. 1 - Grondopbouw.

In wezen komt deze opbouw erop neer dat het lekdebiet zich snel kan verspreiden in de goed doorlatende pleistocene zandlaag. Vervolgens moet dit lekwater afstromen:

- door de relatief slecht doorlatende afsluitende laag aan de bovenzijde (van maaiveld circa NAP -4 m tot onderzijde op circa NAP -15 m)
- door de relatief slecht doorlatende laag aan de onderzijde (bovenzijde op circa NAP -50 m tot onderzijde op circa NAP -70 m)
- in horizontale richting naar oneindig.

Om met de laatste oplossing te beginnen, als er alleen een afstroming naar oneindig mogelijk is, ontstaat een min of meer twee dimensionale situatie van een schijf die aan de boven- en onderzijde is afgesloten. Een puntbron in een dergelijk systeem resulteert in oneindig grote water- spanningen.

Om een fysisch correcte oplossing te vinden is het dus noodzakelijk om ook de afstroming in verticale richting te modelleren. Van de afsluitende holocene deklaag is wel het één en ander bekend wat betreft de doorlatendheid, zodat het effect van afstroming door deze laag in principe kan worden meegenomen. Van de laag die het pleistocene zand aan de onderzijde afsluit zijn slechts zeer weinig gegevens beschikbaar. Noodgedwongen moet voor deze laag een, voor de grootte van de wateroverspanningen, conservatieve benadering worden gehanteerd: Volledig ondoorlatend gedrag.

Wat hierboven is beschreven, is een quasi twee dimensionale situatie van een puntbron in een schijf met aan de onderzijde een ondoorlatende rand en aan de bovenzijde een semi ondoorlatende rand. Voor een dergelijk systeem is een analytische oplossing bekend:

$$\Phi(r) = \frac{Q_{\text{lek}}}{2\pi \cdot k \cdot D} K_0\left(\frac{r}{\lambda}\right) \quad (1)$$

In deze formule is Φ de gezochte potentiaalhoogte van het poriënwater, $k \cdot D$ de transmissiviteit van het pleistocene zandpakket, r is de horizontale afstand van het beschouwde punt tot het lek en λ is de leklengte, waarin zowel de transmissiviteit van het pleistocene pakket als de hydraulische weerstand van de afsluitende holocene laag zijn verwerkt.

Op enige afstand van het lek geeft deze modellering een correcte beschrijving. In de directe omgeving van het lek (tot op een afstand van ongeveer de afstand van de leiding tot een slecht doorlatende rand) is de invloed van de gradiënt in verticale richting echter niet verwaarloosbaar. De gemaakte fout in formule (1) wordt direct zichtbaar door ter plaatse van het lek te kijken. De grootte van de potentiaal is daar oneindig. Helaas is bij het beschreven probleem van een kruising van een vloeistofleiding met een waterkering vooral het gebied in de nabije omgeving van het lek belangrijk. Het is dan ook noodzakelijk om een wiskundige beschrijving van het probleem te vinden waarin ook de waterstroming in verticale richting wordt beschreven.

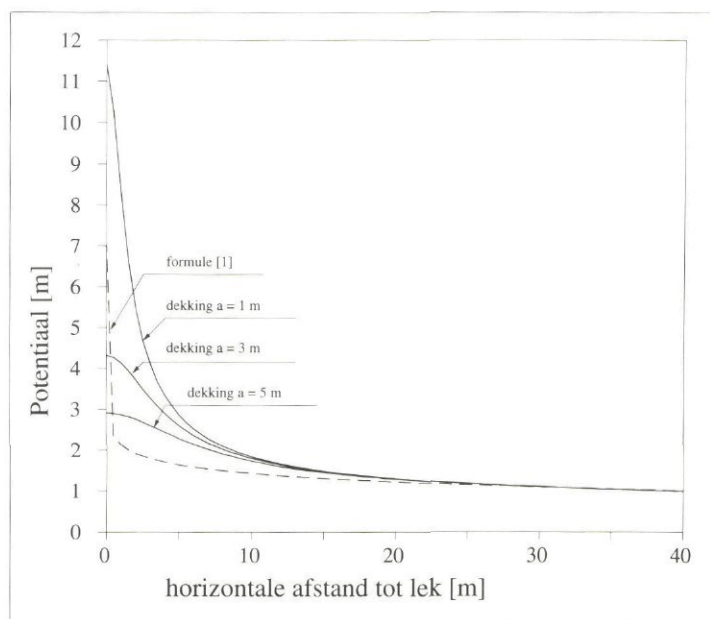
Door gebruik te maken van de wetenschap dat het probleem rotatiesymmetrisch is, is het mogelijk om een oplossing te vinden waarin ook de verticale gradiënt is gemodelleerd. Belangrijke vereenvoudigingen worden verkregen door de boven- en onderzijde als ondoorlatend te veronderstellen. De benodigde

afstroming wordt verkregen door het lekdebiet te laten wegstromen naar een ring die op een afstand van het lek gelijk aan de leklengte is verondersteld aanwezig te zijn (min of meer analoog aan de bekende logaritmische formule). In principe is op deze wijze de afstroming door de afsluitende lagen gesimuleerd. De invloed van de afsluitende lagen wordt verder in rekening gebracht met spiegelbronnen.

Voor het kruisingsprobleem zijn we geïnteresseerd in de grootte van de potentiaal ter plaatse van de overgang van de pleistocene zandlaag naar de afsluitende holocene laag. In afbeelding 2 is de grootte van deze potentiaal uitgezet voor een representatief geval. Er zijn meerdere lijnen uitgezet, één bepaald volgens formule (1) en enkele waarbij de hiervoor beschreven modellering is toegepast. Voor deze laatste lijnen speelt ook de afstand in verticale richting tussen het lek en de grens pleistoceen/holocene (aangegeven met de letter a in afb. 1 en 2) een belangrijke rol. Te zien is dat het verwerken van de gradiënt in verticale richting tot gevolg heeft dat de singulariteit ter plaatse van de bron vervalst.

Met deze oplossing is nu bekend hoe groot de wateroverspanning ter plaatse van de overgang van het pleistocene pakket met het holocene pakket is. Om deze oplossing te vinden is indirect ook verwerkt dat het water door het holocene pakket afstroomt (de afstroming door de afsluitende laag aan de onderzijde van het pleistocene pakket zal meestal verwaarloosd worden omdat er te weinig bekend is over deze laag). Terug redenerend kan dan ook de waterspanning in dit holocene

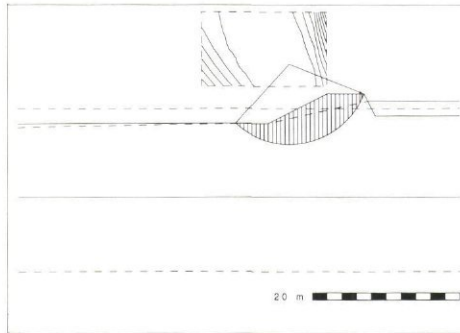
Afb. 2 - Potentiaalhoogte ter hoogte van overgang pleistoceen/holocene.



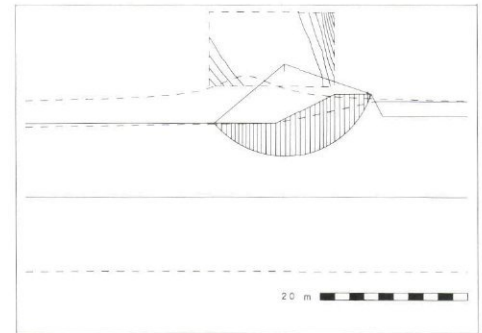
pakket zelf worden bepaald. Als dit pakket uit slechts één grondsoort bestaat zal de wateroverspanning in verticale richting lineair verlopen. Als er sprake is van een gelaagde opbouw ontstaat een verloop naar rato van de verticale hydraulische weerstand. Hierbij is dan wel de 'uitdempende' werking door de veelal relatief grote (veen!) horizontale doorlatendheid verwaarloosd.

De hierboven bepaalde wateroverspanningen in het holocene pakket vormen een potentiële bedreiging voor een waterkering. Waterkeringen met in Nederland gangbare afmetingen zullen normaliter bezwijken door het afschuiven langs een glijvlak dat volledig in het holocene pakket loopt. Doordat bij het optreden van een sluipend lek in de leiding in dit pakket extra waterspanningen ontstaan zullen gelijktijdig de effectieve (=korrel) spanningen afnemen. Bij een gebruikelijke beschrijving van de sterkte van de ondergrond met een Mohr-Coulomb materiaalmodel betekent dit een afname van het deel van de sterkte dat wordt beschreven met de hoek van inwendige wrijving (ϕ). In het algemeen zal dit een significante sterktereductie geven, vooral in de diepere grondlagen waarin, door het eigen gewicht van de grond, de bijdrage uit de hoek van inwendige wrijving groot is.

Een gangbare methode om de stabiliteit van een waterkering te bepalen is het uitvoeren van glijvlakberekeningen. Bij een dergelijke berekening wordt een groot aantal verschillende glijvlakken geëvalueerd. Het glijvlak waarbij het quotiënt van het weerstandbiedende en het aandrijvende moment minimaal is, is het maatgevende glijvlak. De grootte van het aldus berekende quotiënt is ook een maat voor de stabiliteit van een kade. Als deze berekeningen worden herhaald voor een ondergrond waarbij de hiervoor bepaalde wateroverspanningen worden ingevoerd kan worden bekeken of, en zo ja in welke mate, de stabiliteit reduceert door deze wateroverspanningen. En is dus bepaald wat de invloed van een sluipend lek is op de stabiliteit van een waterkering. In afbeelding 3a en 3b is voor een situatie zonder, respectievelijk met wateroverspanningen, het resultaat van glijvlakberekeningen toegevoegd. Als de afbeeldingen 3a en 3b worden vergeleken blijkt dat het glijvlak van afbeelding 3b veel dieper 'trekt'. Dit is volledig in overeenstemming met de eerder genoemde invloed van de wateroverspanningen op diepere grondlagen. Verder blijkt dat de veiligheid reduceert van 1,380 tot 1,124.



Afb. 3a - Glijvlak zonder wateroverspanningen.



Afb. 3b - Glijvlak met wateroverspanningen.

Natuurlijk is niet op voorhand bekend waar in de leiding een lek zal ontstaan. Het gevolg is dat een lek op verschillende plaatsen in de leiding moet worden geëvalueerd. De combinatie van de kans dat op die specifieke plaats een lek zal optreden en de gevolgen van zo'n lek geven de additionele faalkans door dat leidingdeel. De verschillende leidingdelen gesommeerd tot de volledige leidinglengte geven dan de totale additionele faalkans. Essentieel is dus wel dat een uitspraak kan worden gedaan over de *maximale* grootte van de kans dat op een bepaalde plaats een sluipend lek ontstaat. Een verdere verfijning is nog mogelijk als een complete kansdichtheidsverdeling bekend is van de verschillende lekdebieten.

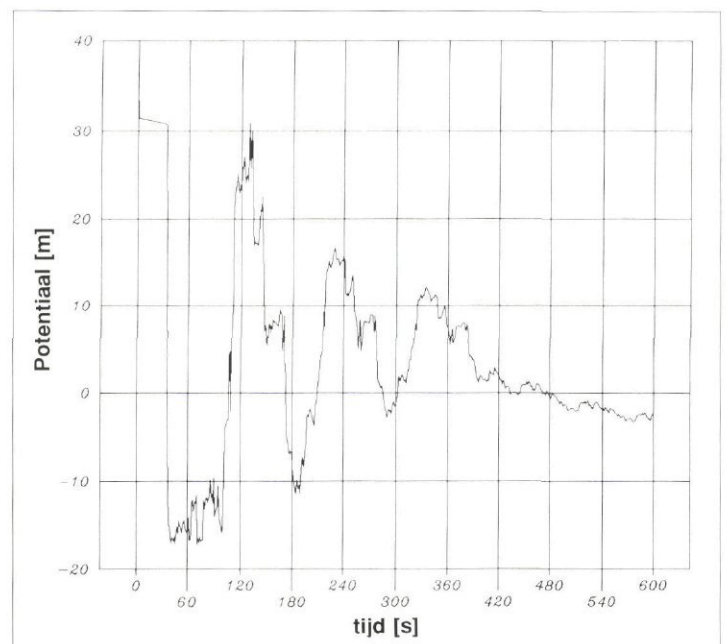
4. Gapend lek

Behalve een sluipend lek, kan ook een groot kortdurend lek, *gapend lek*, een belangrijke negatieve invloed op de stabiliteit van een waterkering hebben. Bij het *gapend lek* wordt verondersteld dat de grootst mogelijke breuk in de leiding ontstaat. Praktisch betekent dit dat de

volledige inwendige druk in de leiding tegen het grondpakket komt te staan over een gebied ter grootte van de (inwendige) leidingdoorsnede. Door de detectie van de beschadiging en het vervolgens uitzetten van de pompen zal deze druk echter na vrij korte tijd weer terugvallen. In afbeelding 4 is een voorbeeld te zien van het verloop van de druk in de leiding ter plaatse van een *gapend lek*. Bij de DZH is de kennis en programmatuur beschikbaar voor het uitvoeren van waterslagberekeningen waaruit dit drukverloop op basis van leiding- en componentgegevens is bepaald.

Door de snelle drukval bij een gapend lek zal het bij het sluipende lek beschreven bezwijkmechanisme niet relevant zijn, immers om de wateroverspanningen in het gehele holocene pakket te laten doordringen is een flinke tijdspanne nodig. Het bezwijkmechanisme dat hier van belang is, is het opbarsten van het holocene pakket. De meest kritieke lokatie voor dit bezwijkmechanisme is de teen van de kade, daar is de dikte van

Afb. 4 - Verloop inwendige leidingdruk ter plaatse van gapend lek.



de afsluitende holocene laag minimaal en daarmee ook de te mobiliseren tegendruk. Als op dit punt welvorming ontstaat is er nog niet direct sprake van het bezwijken van de waterkering, daarvoor is het noodzakelijk dat een dusdanige uitspoeling optreedt zodat een instabiele geometrie ontstaat. Het meest interessante probleem hier is de vraag of er gevaar is voor opbarsten. Om dat te kunnen nagaan moet eerst de grootte van de bij een gapend lek in het grondmassief optredende waterdrukken worden bepaald.

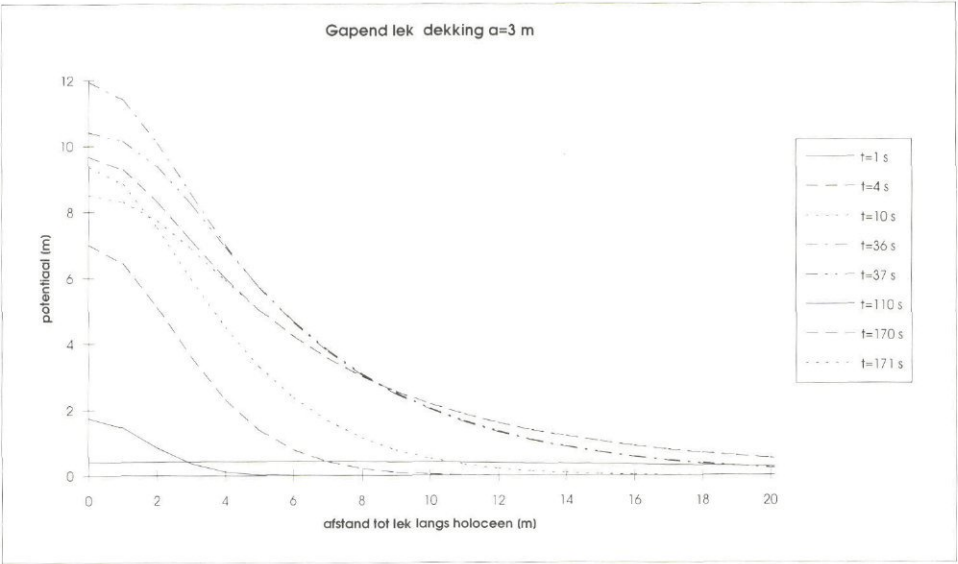
Bij het sluipende lek werd verondersteld dat het lekdebiet gedurende een oneindig lange tijd aanwezig kan zijn. Hierdoor komt de invloed van de tijd niet meer voor in de mathematische oplossing. Bij het gapende lek is er duidelijk sprake van een beperkte tijdsduur en is het ook absoluut vereist dat dit effect wordt verwerkt om tot een realistische oplossing te komen. Uit afbeelding 4 kan direct de grootte van de waterdruk ter plaatse van de beschadiging van de leiding worden afgelezen. Omdat is verondersteld dat de leiding volledig is bezweken kan dit worden gemodelleerd als een bol met een straal gelijk aan de leidingstraal waarop de waterdruk is voorgeschreven. De combinatie van de stijfheid van de ondergrond en de doorlatendheid van de ondergrond (= pleistocene zand) bepalen op welke wijze deze druk in het grondmassief zal doordringen. De parameter waarmee dit gedrag wordt beschreven is de consolidatiecoëfficiënt c [m^2/s]. Als dit systeem wordt geschematiseerd als bolsymmetrisch en de druk (=potentiaalhoogte) ter plaatse van het lek ϕ_{lek} constant is, is het mogelijk om de analytische oplossing te vinden:

$$\phi(r,t) = \frac{R \cdot \phi_{lek}}{r} \operatorname{erfc}\left(\frac{r - R}{2\sqrt{c \cdot t}}\right) \tag{2}$$

Waarin $\phi(r,t)$ de potentiaalhoogte in het grondmassief is, r de afstand tot de oorsprong, t de tijd, R de straal van de leiding en c de consolidatiecoëfficiënt.

Om de invloed van de drukvariatie volgens afbeelding 4 in te voeren kan, omdat het systeem lineair is, gebruik worden gemaakt van het superpositiebeginsel.

Het gedrag van het ondoorlatende holocene pakket en de afsluitende laag aan de onderzijde van het pleistoceen kunnen worden gemodelleerd door spiegelbronnen. Doordat slechts ge-



Afb. 5 - Druk tegen holocene pakket bij een gapend lek.

durende een beperkte tijd waterdruk ter plaatse van het lek staat, is het niet zinvol om het lekdebiet door de afsluitende lagen te modelleren.

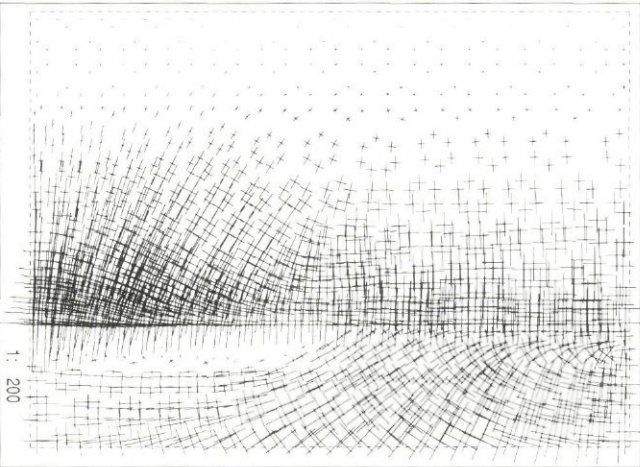
Met gebruikmaking van de hiervoor beschreven analytische oplossing is het mogelijk om de druk, zoals die ter plaatse van de overgang van het pleistocene pakket naar het holocene pakket ontstaat, te bepalen. Voor de druk zoals die is weergegeven in afbeelding 4 is dit gedaan. Het resultaat is te zien in afbeelding 5. Analooq aan het sluipende lek is ook hier de afstand tussen de leiding en de onderzijde van de holocene laag van belang. Deze afstand is hier aangegeven met de dekking a [m], waarvoor een realistische waarde van 3 m is aangehouden. Verder blijkt dat er een zekere tijd nodig is voordat de druk zich heeft opgebouwd. Op het moment dat de druk wegvalt ($t=36$ s) blijkt dat de waterdruk die tegen het holocene pakket staat kort daarna ook sterk afneemt ($t=37$ s). Op een flinke afstand van het lek (circa 15 m) neemt de druk dan nog steeds toe. Met de consolidatievergelijking blijkt dan ook het golfkarakter van wateroverspanningen te worden beschreven.

Voor afbeelding 5 zijn de volgende parameters van toepassing:
consolidatiecoëfficiënt $c = 1,7 \text{ m}^2/s$
dekking $a = 3 \text{ m}$
dikte pleistoceen $D = 35 \text{ m}$
(inwendige) straal leiding $R = 0,8 \text{ m}$

Door het berekenen van afbeelding 5 is het aandrijvende mechanisme voor het eventueel opbarsten van het holocene pakket bepaald. Om te controleren of de drukopbouw onder dit holocene pakket

kan worden weerstaan is de aangewezen methode het uitvoeren van Eindige Elementen Methode berekeningen. Met dit type berekeningen wordt ook de sterkte van de grond in rekening gebracht. Ten opzichte van een meer traditionele aanpak waarbij alleen naar het verticale evenwicht van een kolom grond wordt gekeken geeft dit een veel grotere bezwijkbelasting. Deze grotere waarde wordt vooral veroorzaakt door het lokaal optreden van de hoge belasting, terwijl op enige afstand uit het lek (enkele meters) deze belasting al veel geringer is. Hierdoor wordt niet een cilindervormige kolom grond opgedrukt maar een kegelvormige. Dit meer realistische bezwijkmechanisme geeft de eerder genoemde grotere bezwijkbelasting. In afbeelding 6 zijn de zogenoemde spanningskruisjes (=richting en grootte van de hoofdspanningen) bij een dergelijke belasting te zien, waarin inderdaad de kegelvorm is te onderscheiden. De berekening is uitgevoerd met het door Grondmechanica Delft ontwikkelde EEM computerprogramma PLUTO. De ondergrond is rotatiesymmetrisch geschematiseerd terwijl het grondgedrag is beschreven met het zogenaamde Double Shearing model.

Op basis van de resultaten van de PLUTO berekening voor de verticale stabiliteit kan nu een faalkans worden bepaald. Door deze faalkans aan een zekere leidinglengte toe te kennen kan vervolgens de additionele faalkans voor de waterkering worden bepaald zoals die ontstaat door het aanbrengen van de leiding in combinatie met de mogelijkheid van het optreden van een gapend lek. Analooq aan het sluipende lek is het natuurlijk belangrijk om te weten hoe



Afb. 6 - Resultaten PLUTO berekening.

groot de kans is dat een lek ontstaat. Vervolgens moet dit worden gespecificeerd in de kansen op een sluipend en een gapend lek. Door de opzet van de modellering van het gapende lek is de grootte van dit lek niet van belang.

5. Invloed van de kansverdeling van de lekken

Voor de hier beschreven Tweede Bergambachtleiding waren er weinig gegevens bekend over de faalkans van de leiding zelf. Daardoor was het nodig dat de grond (en dus de waterkering) ook bij het optreden van een lek nog een behoorlijke reststabiliteit heeft. Naarmate er meer gegevens beschikbaar zijn over de betrouwbaarheid van leidingen en het soort van lekken met de bijbehorende kans van optreden is het mogelijk om de faalkans veel scherper, en daarmee lager, af te schatten.

Voor de faalkans van de leiding zelf kon hier, door gebrek aan gegevens, slechts een hoge waarde worden geschat. Bovendien bleek het niet mogelijk om deze faalkans onder te verdelen in een deel dat moet worden toegekend aan de sluipende lekken en een deel dat moet worden toegekend aan de gapende lekken. Het gevolg is dat voor beide lektypen met de volledige faalkans moest worden gerekend.

6. Conclusies

Met de huidige grondmechanische kennis is het mogelijk om een voorspelling te maken van de gevolgen van het optreden van een lek in een in zand gelegen vloeistofleiding. Ondanks een werkdruk van enkele bars in een dergelijke leiding, kunnen de gevolgen van het optreden van een lek voor waterkeringen toelaatbaar zijn. Als er voor het beheer van de leiding een geavanceerd debiet- en drukmeetstelsel in gebruik is kan een lek snel worden gesignaleerd. Hierdoor zal het

lekdebiet klein zijn, of bij een grotere beschadiging het totale uitgestroomde vloeistofvolume beperkt zijn. Door op basis van gangbare grondmechanische modellen de waterdruk in de ondergrond te bepalen is het mogelijk om de gevolgen voor de waterkering van een dergelijk lek te voorspellen. Het blijkt dat een lek in een leiding zeker niet hoeft te resulteren in het bezwijken van de erboven gelegen waterkering. De combinatie met de relatief kleine kans dat er net op een ongunstige plaats een lek ontstaat met de ook in dat geval nog altijd beschikbare reststabiliteit, maakt het mogelijk om de kruising van een vloeistofleiding met een boezemkade te ontwerpen zonder een mantelbuis.

7. Verantwoording

Wij bedanken ir. R.A.J. de Kock voor het commentaar bij het uitwerken van de beschreven problematiek en het NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland voor het verlenen van de opdracht voor het hier beschreven onderzoek en het leveren van commentaar op deze tekst.

Literatuur

1. Aanvullende eisen voor stalen leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken, NEN 3651, 2e druk, augustus 1994.

• • •

Slibdroging Praag

• Slot van pagina 477.

verontreinigingen zal met circa 80% worden terruggebracht.

Literatuur

1. Ministry of Public Works of the Netherlands and Municipality of Prague, Czech Republic (1991). Central Wastewater Treatment Plant Prague. Alternatives for Intensification.
2. Ministry of Environment of Czech Republic (1994). Sludge Disposal of Prague Sewage Treatment Plant. Marketing Study for the Use of Dried Sludge. Incineration of sludge in a cement factory.
3. Ministry of Environment of Czech Republic

(1993). Sludge Disposal of Prague Sewage Treatment Plant. Stage I Report.
4. Ministry of Environment of Czech Republic (1995). Sludge Disposal of Prague Sewage Treatment Plant. Final Report.
5. Ministry of Environment of Czech Republic (1992). Provision of Federal Committee for Environment of 23 June 1992. Protection of Atmosphere against Polluting Substances.
6. Marb, C., Riedel H. und Schindler, M. (1993). Korrespondenz Abwasser (40); no. 4.
7. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (1992). Emissionsmeßergebnisse bei der Klärschlamm-trocknung.
8. Sulzer Escher Wyss Verfahrenstechnik Ravensburg (1993). Meßwerte aus einer SEWR Referenz-trocknungsanlage.
9. Bundesgesetzblatt (1990). Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnlich brennbare Stoffe 17. BImSchV vom 23.11.1990. Teil I, 64, S. 2545-2553.
10. Siefert, F. (1990). Korrespondenz Abwasser (37); no. 2.
11. Ministry of Environment of Czech Republic (1995). Sludge Disposal of Prague Sewage Treatment Plant. Immission Computations Sludge Drying Plant Prague Čisarký Ostrov.

• • •

Gezamenlijke poging om Noord-Brabant natter te maken

Het georganiseerde landbouwbedrijfsleven, de waterschappen en de provincie gaan de komende jaren proberen Noord-Brabant natter te maken. Begin juli hebben de drie partijen in Heesch een intentieverklaring getekend waarin staat dat ze de komende jaren maatregelen treffen om water langer in de bodem vast te houden en om het peil in sloten en oppervlaktewateren te verhogen.

De verwachting is dat zowel de landbouw als de natuur gebaat is bij een nattere provincie. In het verleden zijn tal van maatregelen getroffen om water zo snel mogelijk af te voeren. Inmiddels is duidelijk geworden dat dit beleid veel meer nadelen dan voordelen heeft. Mede door de droge periodes in 1995 en dit jaar doen zich in de provincie allerlei verdrogingsproblemen voor.

Dat heeft geleid tot een achteruitgang van natuur en landschap. Bovendien moeten boeren hun gronden langdurig besproeien waardoor het grondwater nog verder daalt. Het landbouwbedrijfsleven, de waterschappen en de provincie hebben nu afgesproken dat er voor 1999 in alle probleemgebieden moet zijn begonnen met het treffen van maatregelen.

Er zijn ook afspraken gemaakt over de gefaseerde invoering van een nieuwe manier van beregenen. Die komt erop neer dat een boer niet meer water verbruikt dan strikt genomen nodig is voor een zo optimaal mogelijke bedrijfsvoering. Dit 'beregemen op maat' moet binnen drie jaar in de hele provincie zijn ingevoerd. (ANP)