

# GEVAAR VOOR ZETTINGEN BIJ EEN GRONDWATERBEMALING

ir. H. RAEDSCHELDERS, ere buitengewoon docent K.U. Leuven,  
directeur-generaal bij het Rijksinstituut voor Grondmechanica

## 1. INLEIDING

Het water van de hydrosfeer en de atmosfeer vindt zijn oorsprong in het stollingsgesteente van de aardkorst. Het aardmagma bevat een zekere hoeveelheid water en er kan worden aangenomen dat er nog steeds water uit de korstvorming ontstaat (het juveniel water). De hoeveelheid is evenwel zeer beperkt en praktisch zal men enkel te maken hebben met een constante hoeveelheid water die zich evenwel onder verscheidene facetten voordoet met een voortdurende wisseling in de kringloop van verdamping en neerslag.

Het grondwater is dat deel van de vloeistof dat de poriën van de grondformaties vult. Wanneer de grondlagen volledig doorlatend zouden zijn zou op elk punt het grondwater moeten worden gevonden op een diepte overeenstemmend met het zeewaterpeil. Dit is nochtans niet het geval en praktisch zal het freatisch oppervlak, d.i. het oppervlak waarop het water vrij en aan atmosferische druk wordt gevonden, min of meer de topografie van het land volgen op een diepte die ondermeer functie is van de relatieve doorlatendheid van de grondlaag en van de plaatselijke klimatologische omstandigheden. In onze lage landen zal meestal op geringe diepte, met een zekere seizoenschommeling, vrij grondwater worden aangetroffen.

De aanwezigheid van dit water stelt dikwijls problemen aan de ingenieur, die voor de ondergrondse werken of een fundering, onder het niveau van het vrije grondwater moet werken. Hij zal worden verplicht bij middel van een bemaling, het grondwaterpeil plaatselijk neer te slaan. Een verlaging van het grondwaterpeil kan anderzijds ook ontstaan wanneer voor een waterwinning in een bepaalde laag wordt gepompt. In beide gevallen kunnen er zich problemen voordoen door optredende zettingen en de hierdoor veroorzaakte schade. De wetgever heeft wel een regeling terzake getroffen, maar een bij een betwisting aangestelde deskundige heeft het soms moeilijk om een juist advies te geven.

## 2. OORZAAK VAN ZETTINGEN

Het verschil van de zettingen bij een bemaling is, voor wat betreft de voorspelbaarheid, de belangrijkheid en de invloedssfeer, vrij complex en vergt een grondige analyse. Zettingen kunnen verscheidene oorzaken hebben die soms gelijktijdig optreden en waarbij het uiterst moeilijk wordt om te beslissen welk deel van een zetting aan welke oorzaak moet worden geweten. Men kan onderscheid maken tussen:

- een gewone verticale verplaatsing van een grondlaag
- een volumevermindering door krimp

- een samendrukking door het optreden van een krachtveld  
Onderzoeken wij achtereenvolgens deze drie factoren.

### 2.1. Vertikale verplaatsing van de grondlaag.

Hierbij wordt verondersteld dat de laag zelf niet verandert van volume, doch enkel wegzinkt wanneer in onderliggende lagen een holte ontstond die instort. Het ontstaan van dergelijke holten kan een natuurlijke oorzaak hebben of veroorzaakt zijn door menselijke tussenkomst.

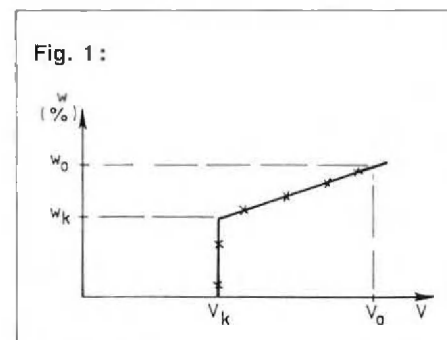
Natuurlijke holten kunnen ontstaan door uitloging in oplosbare gesteenten, een verschijnsel dat men in krijt en kalksteenformaties regelmatig aantreft, of door erosie wanneer gronddeeltjes door een grondwaterstroming kunnen worden verplaatst. Holten worden ook gemaakt door de mens wanneer hij bijvoorbeeld kooladers ontgint of ondergrondse werken uitvoert zoals tunnel- of metrobouw.

Zettingen die het gevolg zijn van het instorten van dergelijke holten hebben klaarblijkelijk niets met een eventueel ter plaatse uitgevoerde bemaling te maken.

### 2.2. Volumeverandering door krimp.

Bij het uitdrogen van samenhangende grondsoorten treedt het krimpverschijnsel op.

Krimp veroorzaakt een globale isotrope volumevermindering. Op dat ogenblik zal de grond dus niet enkel een verticale zetting vertonen, doch tevens horizontaal inkrimpen. Bij langdurige droogte geeft dit de kenmerkende krimpscheuren in velden en weiden met een patroon volgens min of meer regelmatige zeshoeken. Bij eerste benadering zou dus kunnen worden verondersteld dat de verticale zetting gelijk is aan de som van de horizontaal zichtbare krimpscheuren. Het krimpen gebeurt wanneer het watergehalte in de grond vermindert in de zone begrepen tussen het natuurlijk watergehalte  $W_0$  en de krimpgrens  $W_k$  (Fig. 1)



Deze laatste is een karakteristiek voor elke grond en kan in het laboratorium worden bepaald. Voor leem en klei is een krimpgrens van de orde van 20% normaal. Als 'krimpgetal' definieert men de procentuele krimp bij een vermindering van 1% watergehalte in de krimpzone.

Wanneer voor een leemgrond een krimpgrens van 10,3% werd bepaald en het watergehalte in een 1 m dikke laag vermindert van bvb 30% tot 22%, dan zal dit een zetting veroorzaken. Met een lineair krimpgetal van 0,33% (eveneens in het laboratorium te bepalen) bedraagt de zetting

$$\Delta h = 1000 \times 0,0033 \times (30 - 22) = 26,4 \text{ mm.}$$

Men ziet dat de krimp niet verwaarloosbare zettingen kan veroorzaken.

In perioden van zeer lange droogte (zomer 1976 bijvoorbeeld) is er belangrijke schade aangericht door zettingen en dit bijzonder in de leemstreek.

Het uitzuigen van het grondwater door een snelle begroeiing, o.a. bij de aanleg van populieren, kan een zelfde invloed uitoefenen, hetgeen trouwens nog gevaarlijker is wegens het meer lokale karakter van deze uitwerking.

In het geval van het bestaan van genoemde factoren (lange droogte of wortelzuiging) moet dit verschijnsel worden in acht genomen bij het onderzoek van de invloed van een gebeurlijke grondwaterverlaging door een bemaling.

### 2.3. Samendrukking door het optreden van een krachtveld.

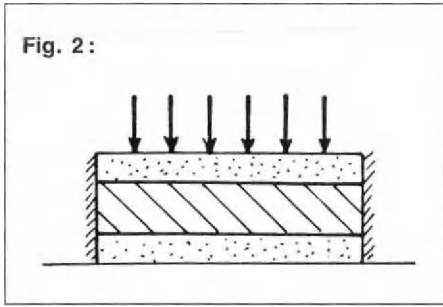
#### 2.3.1. FAKTOREN

Zoals bij alle materialen zal ook de grond bij een toename van de normaalspanningen volumeveranderingen (elastische en/of plastische) ondergaan. Het zijn deze volumeveranderingen die de zettingen van gebouwen of constructies van het terreinoppervlak tot gevolg hebben. Voor het bepalen van deze zettingen dient men de grondkarakteristieken en het, in dit geval door de bemaling opgewekte spanningsveld te kennen.

#### a. Samendrukkingsproef

Aard en grootte van de volumeveranderingen kunnen best in het laboratorium met een samendrukkings- of oedometerproef worden onderzocht. Hiertoe moet men over ongeroerde monsters beschikken uit de grondlaag of lagen waarin de spanningstoename zich zullen voordoen. Uit de ontnomen kernen neemt men gewoonlijk een schijf met een hoogte van 20 mm en een diameter van de orde van 60 mm, functie van het gebruikte toestel. Dit grondmonster

Fig. 2 :



wordt in een stijve ring, tussen poreuze stenen, geplaatst en aan een trapsgewijze toenemende belasting onderworpen (Fig. 2). Men meet de verticale zettingen in functie van de vertikaal aangebrachte normaal spanningen.

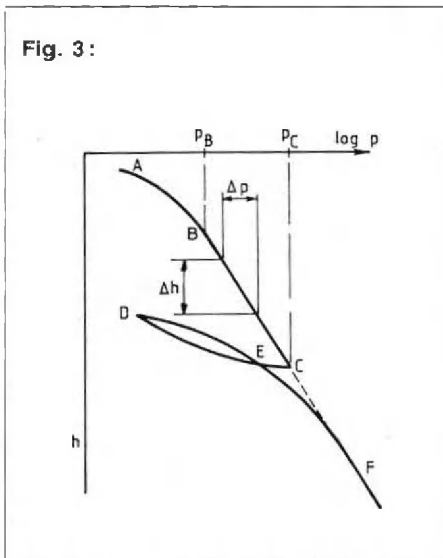
De resultaten worden in semi-logaritmisch diagram opgetekend (Fig. 3). Men stelt vast dat, na een eerste zone van aanpassing AB de spanning-zettinglijn een rechte wordt (BC). Het is dit resultaat dat in de formule van Prof. Terzaghi is vertaald onder de vorm

$$dz = \frac{dh}{C} 2,3 \log \frac{p + \Delta p}{p}$$

Bij een spanningsafname (CD) doet zich het omgekeerde verschijnsel voor, hetgeen aanleiding geeft tot de zwellingsformule

$$-dz = \frac{dh}{A} 2,3 \log \frac{p}{p - \Delta p}$$

Fig. 3 :



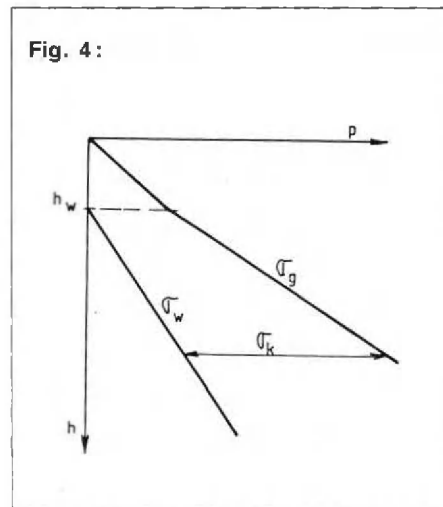
Belangrijk is het feit dat een herbelasting (DF) tot aan de vroeger reeds bereikte spanning Pa een zetting geeft die eveneens met de A-constante wordt bepaald. Het is slechts voorbij het punt E (= Pc) dat maagdelijke zettingen met de cc-waarde worden genoteerd. Deze afleiding verklaart ook waarom het initiële zettingsdiagram met een aanpassingszone AB begint. In eerste benadering zal Pa de spanning zijn waarbij de grond vroeger reeds werd belast. Deze belasting is het gewicht van de tegenwoordig

ge bovenlagen of dat van vroegere geologische bovenbelastingen. In dit bepaald geval noemt men de grond gepreconsolideerd.

b. Grondspanningen en korrelspanningen.

Onderzoeken wij nu de in een grondlaag voorkomende spanningen. Vooreerst moet worden opgemerkt dat de grond een driefasig materiaal is met een vast skelet van minerale korrels, een vloeibare fase die geheel of gedeeltelijk de poriën tussen de korrels vult en, en bij niet verzadiging, een gasvormige fase in de niet met water gevulde poriën. De grondspanning is derhalve te verdelen in een korrelspanning samen met een waterspanning en een gasspanning. Laatstgenoemde is evenwel meestal gelijk aan de atmosferische druk en derhalve niet te beschouwen.

Fig. 4 :



De totale verticale grondspanning op een bepaald niveau is gelijk aan het gewicht van het bovenliggend materiaal. In een diagram kan de spanning in functie van de diepte worden uitgezet. (Fig. 4) Boven het freatisch oppervlak is de verticale grondspanning  $\Delta g = h \times \gamma d$  waarbij de beschouwde diepte  $\gamma d$  het drooggewicht van de grond (van de orde van 16 kN/m<sup>3</sup>)

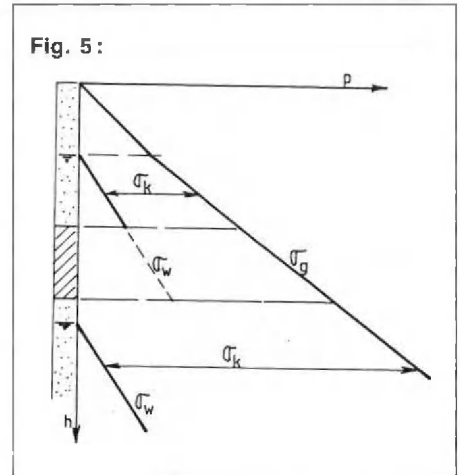
Onder het freatisch oppervlak heeft men  $\Delta g = h w \times \gamma d + (h - h w) \gamma m$  met hw diepte van het freatisch oppervlak en  $\gamma m$  het volumegewicht van de grond (van de orde van 20 kN/M<sup>3</sup>)

Zettingen worden echt bepaald door korrelspanningen die men verkrijgt wanneer van de grondspanning de waterspanning wordt afgetrokken. Nu is deze waterspanning  $\Delta w = (h - h w) 10 \text{ kN/M}^3$  zodat de korrelspanning wordt berekend met

$$\Delta w = h w \times \gamma d + (h - h w) (\gamma m - 10 \text{ kN/m}^3)$$

Bij opeenvolgende lagen zand en klei kunnen er zich afzonderlijke grondwatertafels instellen. Het spanningsdiagram wordt complexer doch is volgens dezelfde principes op te bouwen. Fig. 5 geeft een voorbeeld van een geval met twee zandlagen en een tussenliggende kleilaag. In beide zandlagen kan een vrij freatisch oppervlak voorkomen. Op de figuur worden de spanningen in de opeenvolgende lagen voorgesteld.

Fig. 5 :



c. Invloed van een bemaling.

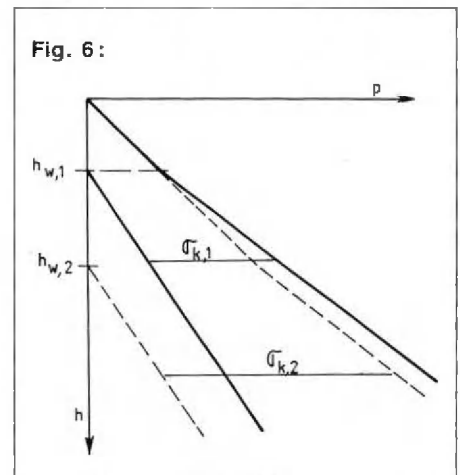
Hernemen wij de Fig. 4 en onderzoeken wij wat er gebeurt wanneer het grondwater van een diepte hw,1 naar een diepte hw,2 wordt verlaagd (Fig. 6)

Uit het spanningsverloop is het duidelijk dat de korrelspanningen tussen hw,1 en hw,2 geleidelijk toenemen, terwijl dieper dan hw,2 deze toename verder constant blijft. In de lagen boven het oorspronkelijke freatisch oppervlak is er geen verandering in de korrelspanningen opgetreden.

Een toename van korrelspanningen in sommige lagen betekent automatisch een samendrukking die derhalve zettingen zal veroorzaken.

De waarde van hw,1 moet door waarnemingen in standpijpen worden bepaald. Rekening moet hier worden gehouden met de natuurlijke seizoenschommelingen. De waarde van hw,2 kan worden voorspeld, liefst aan de hand van de gegevens van een pompproef.

Fig. 6 :

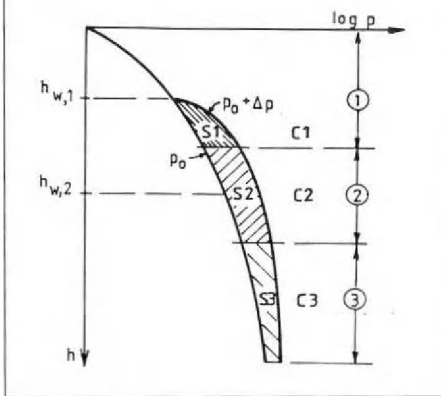


2.3.2. BEREKENEN VAN DE ZETTINGEN

Wanneer de grondkarakteristieken en de spanningstoename gekend zijn kan, voor elk elementair laagje dh de uiteindelijke zetting worden berekend met behulp van de formule van Terzaghi;

$$dz = \frac{dh}{C} 2,3 \log \frac{p + \Delta p}{p}$$

Fig. 7:



Sommeren van de resultaten geeft de totale te verwachten zetting. Er dient te worden opgemerkt dat theoretisch de berekening tot op oneindige diepte zou dienen te worden voortgezet. Praktisch beperkt men zich tot de duidelijk meer zettingsgevoelige lagen (kleine waarden van de samendrukkingsconstante C) en/of tot de diepte waar de spanningstoename  $\Delta p$  beperkt blijft tot 10% van de oorspronkelijke spanning  $p$ . De berekening van de zettingen kan ook grafisch gebeuren. Deze methode geeft reeds een visueel beeld van de te verwachten zettingen. Men tekent in een  $\log p/h$  diagram de oorspronkelijke korrelspanning  $P_0$  en de verhoogde spanning  $p + \Delta p$  (Fig. 7). Per laag met een bepaalde samendrukkingsconstante kan nu het oppervlak tussen beide krommen worden geplanimetreerd. De totale zetting wordt dan gegeven door de formule

$$z = \frac{2,3}{U_n \cdot U_{\log}} \sum \frac{S}{C}$$

waarin

S de oppervlakte van elk van het diagram ( $\text{cm}^2$ )

C de met dat deel overeenstemmende samendrukkingsconstante

$\bar{U}_n$  de diepteschaal (bvb.  $\frac{1}{100}$ )

$\bar{U}_{\log}$  de schaal van de logarithmen

(bvb.  $\frac{10}{1}$ )

De op deze wijze verkregen waarden hebben betrekking op de uiteindelijke zettingen die, in functie van de relatieve doorlatendheid van de grondlagen, zich over een min of meer lange periode zullen spreiden.

### 3. SCHADE INGEVOLGE BEMALINGSZETTINGEN

Schade aan gebouwen of constructies vindt niet zozeer haar oorzaak in een zetting als dusdanig, doch veel meer door het optreden van zettingsverschillen. Deze zijn evenwel des de waarschijnlijker naarmate de totale zettingen groter worden. Prof. Leussink (Oostenrijk) heeft in dit verband statistische gegevens verzameld. Hij kwam tot de globale vaststelling dat:

- bij een zetting < 2 cm bleven de zettingsverschillen zodanig beperkt dat er geen schade werd vastgesteld.

- bij een globale zetting — 5 cm werd meestal wel schade vastgesteld.
  - bij een zetting begrepen tussen 2 en 5 cm was de stijfheid van de constructie bepalend voor de mogelijkheid van schade.
- Deze regel is natuurlijk maar als een algemene vaststelling te beschouwen. Ieder geval is afzonderlijk te onderzoeken.

Wat de invloed van een bemalingszetting betreft zijn daarbij enkele punten van bijzonder belang:

#### 3.1. Schade in bemalingsdiepte.

Bij de bemaling om een bouwput droog te houden wordt het grondwater volgens een trechtervorm neergeslagen. Volgens een straal van de bemalingszone zal derhalve de bemalingsdiepte geleidelijk afnemen, dit in functie van de doorlatendheid van de betrokken grondlaag. In de formule van Terzaghi betekent dit dat de term  $\Delta p$  langzaam wijzigt van een punt van de constructie tot een ander en dus ook de zettingen verschillen, alle andere factoren gelijk blijvend. Over het algemeen is het verschil tussen twee punten van een zelfde gebouw echter vrij gering zodat er uit hoofde van de trechtervorm van de bemaling weinig kans bestaat dat er zich problemen zullen stellen.

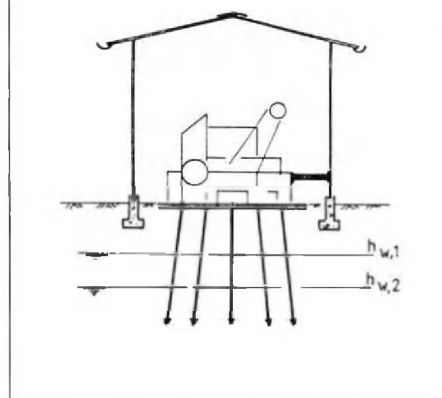
#### 3.2. Heterogeniteit van de grondformaties.

Heel dikwijls is de samenstelling van de grondlagen zeer heterogeen en bruske verschillen zijn dan ook geen uitzondering. In dat geval zal bij de berekening van de zettingen het verschil niet zozeer in functie van de waarde van  $\Delta p$  worden genoteerd, doch eerder in functie van de C-waarde.

Een typisch voorbeeld is de toestand in polderstreken of rivierbeddingen waar plaatselijke veenlagen (bvb  $C=5$ ) afwisselen met wandafzettingen (bvb  $C=100$ ). De te verwachten zettingen in de bovenlagen zullen zich derhalve kunnen verhouden van 1 : 20, hetgeen reeds vlug tot niet aanvaardbare differentiële zettingen kan leiden.

Bij het voorzien van een bemaling is het dan ook van het grootste belang om na te gaan of er zich geen dergelijke toestanden in het invloedsgebied van de bemaling voordoen.

Fig. 8:



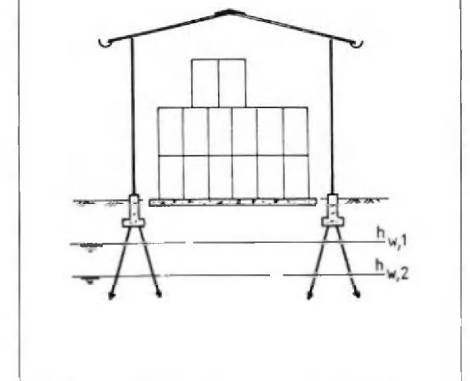
Wanneer dit wel het geval is is de bemaling uitgesloten of moet men, bijvoorbeeld door een aangepaste afscherming of een hervoeiding, ter plaatse van de omliggende gebouwen de neerslagdiepte uitschakelen of ten minste zeer beperken.

#### 3.3. Heterogeniteit van de fundering.

Wellicht de meeste gevallen van schade doen zich voor bij heterogene funderingen. Enkele voorbeelden kunnen dit verduidelijken.

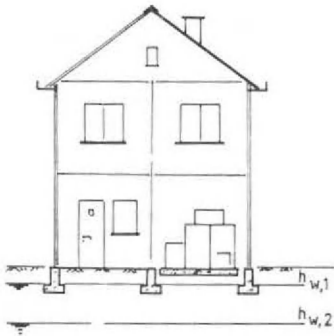
Bij een fabriek werd het vrij lichte gebouw op doorlopende zolen gefundeerd. (Fig. 8) De zware machines echter werden op paalfunderingen voorzien. Gedurende de uitvoering van belangrijke werken in de omgeving was een verlaging van het waterpeil noodzakelijk. Dit had tot gevolg dat het gebouw een zetting onderging waarbij de machines niet volgden. Aanvoeringen die aan de muren waren bevestigd kwamen onder spanning en dreigden te breken, hetgeen een catastrofe ware geweest. De differentiële zettingen tussen vloer en sokkel veroorzaakten schade van mindere betekenis.

Fig. 9:



Bij stockeerloodsen op slechte ondergrond, hetgeen in havens dikwijls voorkomt, wordt vaak de constructie zelf op palen ontworpen. De hierbij over te brengen lasten zijn dan meestal vrij gering zodat de oplossing financieel verantwoord is. De werkvloer in de hangar moet dan wel zeer zware lasten dragen. Het opnemen van deze belasting op de muurfundering of een eigen paalfundering is een zeer dure oplossing. Men verkiest de stockeervloer los te houden van de bouw zelf, waarbij men dan wel rekening moet houden met differentiële zettingen bij het eerst belasten van de vloer. De aanpassing of eerste herstelling moet dan worden ingekalkuleerd in de totale kostprijs. Wanneer achteraf een grondwaterverlaging wordt toegepast waarvan het invloedsgebied tot onder de constructie komt zullen er zich bijkomende zettingen voordoen. De daarbij optredende schade is te voorzien maar valt dan wel ten laste van diegene die de verlaging van het grondwater veroorzaakte. Praktisch dezelfde gevallen kunnen zich zelfs voordoen bij gewone woningbouw wanneer een bepaalde vloer van een magazijn om financiële overwegingen los wordt gehouden van de funderingen van het ge-

Fig. 10:



bouw zelf. Deze concepties zijn eerder uitzonderlijk doch daardoor minder verwacht en derhalve meestal niet in acht genomen bij het uitvoeren van een bemaling. Het oorzakelijk verband tussen zetting en bemaling is in deze gevallen dikwijls uit het chronologisch verloop af te leiden.

De aanvaardbare differentiële zetting is geen absoluut gegeven, doch in grote mate functie van het object zelf. Weefgetouwen en papierwalsen bijvoorbeeld zullen zeer weinig zettingsverschillen verdragen, terwijl een isostatisch samengestelde overbrugging grote zettingsverschillen zonder schade kunnen verdragen. Dit alles wijst ongetwijfeld op het belang van een grondige studie en verklaart het grote aantal betwistingen die op dit gebied ontstaan.

#### 4. HERKENNEN VAN BEMALINGSZETTINGEN

Het herkennen van bemalingszettingen is niet altijd eenvoudig. Dikwijls heeft men te

maken met een combinatie van verscheidene oorzaken.

Voor rekening van een grondwaterverlaging kunnen worden vermeld:

- de zettingen ingevolge korrelspanningstoename zoals hierboven aangetoond. Waarnemingen moeten er op wijzen dat deze spanningstoename dan wel degelijk van een bepaalde uitgevoerde bemaling voortkomen.
- gebeurlijke krimpzettingen wanneer de kapillaire zone boven een freatisch oppervlak wordt naar onder getrokken en het watergehalte onder de fundering hierdoor afneemt in het gebied tussen de verzadiging en de krimprens.

Geen rekening moet worden gehouden met:

- gebeurlijke instortingen van dieper gelegen holten.
- spanningstoename voortspruitend uit bijkomende uitwendige belastingen.
- krimpverschijnselen ingevolge extreme klimatologische invloeden, het aanzuigen van water door plantengroei (populieren zijn hiervoor zeer gevaarlijk) e.d.

De verdeling van de verantwoordelijkheid is daarbij niet eenvoudig en kan enkel na de studie van al de factoren worden vastgesteld.

#### 5. CONCLUSIES

Wanneer bij het uitvoeren van een werk beneden het freatisch oppervlak voor een grondwaterbemaling wordt geopteerd moeten in elk geval voorafgaandelijk de gevolgen er van worden onderzocht. Dit betekent dat men vooreerst de vermoedelijke invloedzone moet afbakenen, eventueel vertrekkend van de gegevens verkregen uit een tot dit doel voorafgaandelijk uitgevoerde pompproef. Men moet de grondgesteldheid onderzoeken en de gebeurlijke aanwe-

zigheid van meer samendrukbare lenzen of zones bepalen. Tenslotte moet worden nagegaan in hoeverre bestaande gebouwen of constructies, binnen de invloedzone, gevaar lopen niet aanvaardbare zettingsverschillen te ondergaan.

Dergelijk onderzoek is vrij omvangrijk en wordt heel dikwijls verwaarloosd. Bijzonder bij bemalingen van kleine omvang, zoals bijvoorbeeld bij de aanleg van een riolering, waar de bemalingsdiepte meestal vrij beperkt is, doch zich uitstrekt over een grote lengte, hetgeen het onderzoek fel bemoeilijkt.

Ook is het van belang het chronologisch verband tussen de zettingen en de uitvoering van de bemaling zo goed mogelijk vast te stellen.

Een plaatsbeschrijving vermijdt dat schade, vreemd aan de uitgevoerde werken en dikwijls reeds bestaand voor de aanvang er van, aan de bemaling kan worden gewijd. Een voortdurend gevolgde topografische controle van de zettingen van referentiepunten op het terrein of op de constructies zelf zal natuurlijk de invloed van de bemaling aantonen, hoewel dan nog moet worden onderzocht of geen andere factoren gelijktijdig kunnen inwerken.

Wanneer het risico te groot wordt is het in elk geval aan te raden andere oplossingen te kiezen en de werken bijvoorbeeld binnen een afdichtingsscherm uit te voeren. Wegens de niet gegarandeerde dichtheid van zulk scherm kan dan nog een hervoeding worden ingesteld.

De vele geschillen en verband met schade, die wel dan niet het gevolg van een bemaling zou zijn, bewijst het grote belang van dit probleem. Te weinig aandacht wordt besteed aan de talrijke factoren die een invloed kunnen hebben, hetgeen tenslotte een eerlijke rechtspraak sterk bemoeilijkt.

## BOEKBESPREKING

### 'Behandeling van afvalwater van bewerkers van afgewerkte oliën.'

Rapport opgemaakt in opdracht van de Rijkswaterstaat (Nederland) en de Vereniging Bewerkers afgewerkte oliën door het ingenieursbureau Oranjewoud.

Het probleem van de afvalwaterbehandeling stelt zich op een zeer speciale wijze voor, wanneer afvalolielozingen worden uitgevoerd. De studie maakt een inventarisatie voor de problematiek omtrent de zuivering, waarbij zowel de technische als de financiële aspecten worden doorgelicht. De studie komt tot het besluit dat een sanering aan de bron met behulp en een geadapteerd biologisch systeem verantwoord is.

Een algemene beschrijving van de problematiek, waarbij naast de situatie bij de bedrijven, de herkomst van de verontreinigingen en hun aard worden geanalyseerd ook de mogelijkheden voor de behandeling van het afvalwater moeten onderzocht worden, zijn gevolgd door een reeks bijlagen waarin het werk materiaal moet verzameld. Ook het literatuuroverzicht en de vermelding van de geconsulteerde bronnen is belangrijk.

(Nadere inlichtingen bij RIZA, Lelystad, Maerlant 4-6, postbus 17, NL - 8200 AA Lelystad, Nederland)

### Biologische zuivering van industrieel afvalwater met poederkooldosering.

door L.V.M. Teurlinckx en R. Anthonijsz.  
(Uitgave Rijkswaterstaat Nederland)

In een participatieproject tussen het bedrijfsleven en de overheid werd het effect van de toevoeging van actieve poederkool op het rendement van het oxidatief-biologisch zuiveringsproces en de verwijdering van organisch microverontreinigingen bij de zuivering van industrieel afvalwater onderzocht.

Het voorliggend rapport omvat een inleidende verklaring van het doel en het opzet van het onderzoek. Aandacht wordt besteed aan het actiefslibproces (AS-proces), het 'powdered activated carbon treatment' (PACT-proces) en het 'waste water reclamation system' (WRS-proces). De achtereenvolgende verkregen onderzoeksresultaten worden medegedeeld en besproken in hun biologische en fysische aspecten. Een verder proevenprogramma wordt in het vooruitzicht gesteld.

De financiële implicaties van de behandeling worden eveneens onderzocht.

Een bibliografie sluit de tekst af.

De dienst binnenwateren (Riza, uitgever van het rapport is gevestigd Maerlant 4, Lelystad, Nederland.) H.R.