

Wettelijke voorschriften en normering bij de meting van bodembewegingen als gevolg van delfstoffenwinning

Dr.ir. A.J.H.M. Duquesnoy
Staatstoezicht op de Mijnen, sector Geo-Engineering

Inleiding

Door bodembewegingen aan het maaiveld als gevolg van delfstoffenwinning uit de ondergrond (gas, olie, zout en mergel) kan er schade en hinder optreden voor derden in het betreffende gebied van de winning. Hoewel deze bodembewegingen ook op het Nederlandse continentaal plat kunnen optreden, vormen in de praktijk alleen de bodembewegingen op het Nederlands territorium, inclusief de kustwateren en de Waddenzee, een probleem. De bodembewegingen kunnen bestaan uit bodemdaling, bodemstijging, horizontale vervormingen aan het maaiveld en uit aardbevingen. De schade en hinder omvat zaken als verstoring van de waterhuishouding, schade aan onroerend goed, problemen bij de zeezuivering, lokale instortingen aan het maaiveld ('sinkholes') en gevoelens van onrust bij de bevolking als gevolg daarvan.

1. Toezicht op bodembewegingen

Staatstoezicht op de Mijnen houdt toezicht op de bodembewegingen aan het maaiveld als gevolg van delfstoffenwinning. Dit toezicht wordt grotendeels bepaald door specifieke wettelijke voorschriften op het gebied van bodembewegingen. De wetgever legt de eindverantwoordelijkheid voor de beheersing van het bodemdalingsprobleem bij de mijnonderneming. Zodra echter de openbare veiligheid in het geding komt (zoals bijvoorbeeld bij het 'gat van Hengelo', een instortingstrechter boven een instabiele zoutcaverne) ligt er een expliciete taak voor de overheid voor het treffen van maatregelen ter beheersing en beperking van het probleem.

Het toezicht op bodembewegingen bestaat uit het door middel van inspecties en onderzoek verzamelen van informatie aan de hand waarvan beoordeeld wordt of de wettelijke regels en concessievoorwaarden met betrekking tot bodembewegingen door de mijnondernemingen voldoende worden nageleefd. Tevens wordt nagegaan op welke wijze de mijnondernemingen de regels naleven. De gegevens die de mijnondernemingen verstrekken, bestaan uit optische en hydrostatische waterpassingsresultaten, GPS-metingen, lengtemetingen, bodemdalingsprognoses, productieprofielen, holruimetmetingen in zoutcavernes en seismische registraties. Soms wordt er bij klachten van burgers aanvullend onderzoek door of in opdracht van Staatstoezicht op de Mijnen naar de oorzaken van gebouwschade uitgevoerd. Aan een strafrechtelijk opsporings-

onderzoek is op het gebied van bodembewegingen nog nooit behoefte geweest. In een enkel geval is een proces-verbaal van bevindingen opgesteld.

Een bijzondere vorm van toezicht op bodembewegingen wordt uitgeoefend in het kader van *nazorg*. De door Staatstoezicht op de Mijnen zelf uitgevoerde stabiliteitsinspecties in de mergelgroeven van Zuid-Limburg, die vaak niet meer voor delfstoffenwinning in gebruik zijn, vallen hieronder, evenals het toezicht op mogelijke verticale (en horizontale) bodembewegingen boven de verlaten steenkoolmijnen in Zuid-Limburg en de verlaten zoutcavernes bij Hengelo en Buurse.

2. Wettelijke voorschriften

De volgende wettelijke voorschriften en concessievoorwaarden hebben specifiek betrekking op bodembewegingen en op de uitoefening van het toezicht op de ter zake gestelde voorschriften en voorwaarden.

2.1 *Mijnreglement 1964*

- Artikel 132, lid 2. Regelmatig moet een voldoende aantal waterpassingen en lengtemetingen worden uitgevoerd.
- Artikel 133, lid 1. Alle metingen moeten met voldoende nauwkeurigheid worden uitgevoerd en voor zover mogelijk worden aangepast aan het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting.
- Artikel 134, lid 2. De Inspecteur-Generaal der Mijnen is bevoegd meetregisters te waarmerken.
- Artikel 3. Indien een voorschrift in dit reglement een der termen 'veilig', 'doelmatig' en 'voldoende' inhoudt, kan Onze Minister ter zake nadere regelen stellen.
- Artikel 325, lid 1. Staatstoezicht op de Mijnen heeft tot taak het toezicht op de naleving van dit reglement en medewerking aan de uitvoering daarvan.

2.2 *Concessievoorwaarden*

(in aktes, als bedoeld in artikel 5 van de wet van 21 april 1810)

In de voorwaarden van *aardgas- en aardolieconcessies* is een standaardartikel (vaak artikel 16) opgenomen, dat als volgt luidt.

Lid 1. Door de concessionaris moeten zowel vóór de aanvang van de ontginning, gedurende de ontginning en tot een jaar na beëindiging daarvan zo vaak als Onze Minister van Economische Zaken nodig oordeelt op de terreinen, waaruit de in artikel 1 bedoelde delfstoffen worden ontgonnen, zomede in de naaste omgeving daarvan ten minste een waterpassing en lengtemeting als bedoeld in artikel 132, tweede lid, van het Mijnreglement 1964 (Staatsblad 538) worden verricht. Onze voornoemde Minister kan

vaste punten aanwijzen, waaraan de waterpassingen en, indien nodig, de lengtemetingen moeten worden gerelateerd.

Lid 2. Van iedere waterpassing en lengtemeting moet schriftelijk rapport worden uitgebracht aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen. Een afschrift van dit rapport moet worden toegezonden aan Gedeputeerde Staten van de betrokken provincie. Indien uit de resultaten van de waterpassingen en lengtemetingen zou blijken, dat een met de ontginning verband houdende bodemdaling optreedt, in zodanige mate dat met betrekking tot de oppervlakte een ongewenste situatie dreigt te ontstaan, kan Onze Minister van Economische Zaken maatregelen voorschrijven tot het zoveel mogelijk beperken van de bodemdaling of het zoveel mogelijk voorkomen van de nadelige gevolgen daarvan voor de oppervlakte.

N.B. In 1996 is ter uitvoering van richtlijn nr. 94/22/EG van de Europese Unie de Regeling vergunningen en concessies delfstoffen Nederlands territorium van kracht geworden, die specifiek betrekking heeft op koolwaterstoffen. In artikel 5.5 is een standaardregeling aangaande waterpassingen en lengtemetingen opgenomen, die vrijwel identiek is aan het hierboven geciteerde standaardartikel.

In de voorwaarden van *steenzout- en magnesiumzoutconcessies* zijn twee standaardartikelen (vaak artikel 11 en artikel 18) opgenomen, waarin verplichtingen ten aanzien van bodembewegingsaspecten zijn opgenomen.

De tekst van artikel 11 luidt als volgt.

Lid 1. Door de concessiehouder wordt vóór de aanvang van de ontginning van de in artikel 1 bedoelde delfstoffen en vervolgens tijdig voordat de ontginning op een andere plaats wordt voortgezet, aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen een op de voorgenomen ontginningswerken betrekking hebbend schriftelijk ontginningsplan overlegd.

Lid 2. Zodanig plan bevat tenminste de nodige gegevens betreffende: (a. t/m f.) g. De mogelijke bodemdaling als gevolg van de ontginning van de in artikel 1 bedoelde delfstoffen en de daaruit voortvloeiende te verwachte schade aan de eigendommen van derden blijkens een rapport van een onafhankelijke deskundige op het gebied van bodemdaling.

Lid 5. De ruimten welke als gevolg van de ontginning ontstaan, moeten zowel voor wat betreft hun vorm als ligging in kaart worden gebracht. De Minister van Economische Zaken kan, de concessiehouder gehoord, bepalen op welke wijze en tijdstippen de vorm en ligging van die ruimten met het oog op het in kaart brengen worden vastgesteld.

N.B. Voorschriften voor het opstellen van bodemdalingsprognoses (artikel 11, lid 2, g) zijn tot nu toe alleen opgenomen in de steenzout- en magnesiumzoutconcessies die na 1982 zijn verleend. In de aardolie- en aardgasconcessies zijn in het geheel geen bepalingen over bodemdalingsprog-

noses opgenomen. In het wetsvoorstel voor een nieuwe Mijnbouwwet, dat op 25 september 1998 aan het Parlement is aangeboden, is wel een algemene regeling voor bodembeweging opgenomen in de vorm van een verplichting om voorafgaande aan de winning van een veld een ontginningsplan in te dienen, waarin ook aandacht besteed wordt aan bodembeweging.

De tekst van artikel 18 luidt als volgt.

Lid 1. Door de concessiehouder wordt vóór de aanvang van de ontginning, gedurende de ontginning en tot 5 jaar na beëindiging daarvan zo vaak als de Minister van Economische Zaken nodig oordeelt op de terreinen, waaruit de in artikel 1, eerste lid bedoelde delfstoffen worden ontgonnen, zomede in de naaste omgeving daarvan tenminste een waterpassing en lengtemeting als bedoeld in artikel 132, tweede lid, van het Mijnreglement 1964 (Staatsblad 538) verricht. De in de vorige volzin genoemde termijn kan door voornoemde Minister worden verlengd, indien dit naar zijn oordeel op grond van de beschikbare gegevens met betrekking tot bodemdaling noodzakelijk is. De voornoemde Minister kan vaste punten aanwijzen, waaraan de waterpassingen en, indien nodig, de lengtemetingen worden gerelateerd.

Lid 2. De tekst identiek aan artikel 16, lid 2 van de aardgas- en aardolieconcessies.

2.3 Instructieregeling Staatstoezicht op de Mijnen (Staatscourant 202, 18 oktober 2001)

§ 2. Inspecteur-Generaal der Mijnen (IGM)

Artikel 7. Indien uit de resultaten van waterpassingen of lengtemetingen blijkt dat een met de ontginning van desbetreffende delfstoffen verband houdende aanmerkelijke bodemdaling optreedt, brengt de IGM hierover rapport uit aan de Minister. Is de bodemdaling zodanig, dat met betrekking tot de oppervlakte een ongewenste situatie ontstaat of dreigt te ontstaan, dan neemt de IGM in het rapport tevens een advies op over de door de betrokken concessionaris of vergunninghouder te treffen maatregelen tot het zover mogelijk beperken van de bodemdaling of het zoveel mogelijk voorkomen van de nadelige gevolgen daarvan voor de oppervlakte.

Artikel 9. De IGM draagt zorg voor het onderzoeken en afhandelen van klachten die derdebelanghebbenden bij hem indienen over de winning van delfstoffen.

Artikel 10. De IGM doet, gevraagd of ongevraagd, de Minister voorstellen voor het treffen of wijzigen van nadere regelen op grond van het Mijnreglement 1964 of het Mijnreglement continentaal plat.

2.4 Richtlijn waterpassingen

De Minister van Economische Zaken heeft geen nadere regelen gesteld ten aanzien van de term 'voldoende nauwkeurig' in artikel 133, lid 1, Mijnreglement 1964. Wel heeft de Inspecteur-Generaal der Mijnen in een brief aan NOGEPa (Nederlandse Olie en Gas Exploratie en Produktie Associatie) van 28 februari 2001 de op het land opererende NOGEPa-leden verzocht zich te houden aan de richtlijnen van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat voor doorgaande waterpassingen. Deze richtlijnen, bekend als 'Hoogtemetingen 1-Doorgaande waterpassingen' RWS-MD-NAP, bevatten instructies over de *uitvoering* van optisch doorgaande waterpassingen met secundaire-net-precisie. Over de meetfrequentie en de interpretatie van de meetresultaten laten de richtlijnen zich niet uit.

N.B. Het begrip GPS-meting komt in geen enkel wettelijk voorschrift met betrekking tot bodembewegingen voor. Met behulp van GPS-metingen kan men de hoogte van een punt ten opzichte van een referentievlak (WGS 84) bepalen. In zoverre men in staat is om dergelijke gemeten hoogten op betrouwbare wijze te koppelen aan het NAP-vlak kan men GPS-metingen beschouwen als een alternatief voor optische en hydrostatische waterpassingen.

2.5 Seismisch observatienetwerk Noord-Nederland

Op aanbeveling van de Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen (BOA) is in december 1994 door de Nederlandse Aardolie Maatschappij b.v. (NAM) het seismisch observatienetwerk Noord-Nederland in gebruik genomen. Dit netwerk omvat acht locaties met boorgatseismometers, gelegen in de provincies Groningen, Drenthe, Friesland en Overijssel. Het KNMI draagt zorg voor het netwerk en de aardbevingsregistraties. Volgens een verzoek van de Minister van Economische Zaken van 24 juni 1994 dient de Inspecteur-Generaal der Mijnen regelmatig in kennis te worden gesteld van de aardbevingsregistraties van het netwerk.

In juli 1997 zijn met de vereiste goedkeuring van de Inspecteur-Generaal der Mijnen (hindervergunningsvoorwaarde Norg A-19) boven de ondergrondse gasopslag Norg drie oppervlakteversnellingsmeters geplaatst in aanvulling op het seismisch observatienetwerk Noord-Nederland. Eventuele trillingsregistraties worden jaarlijks gerapporteerd aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen.

3. Normstelling bij de uitvoering van voorschriften

3.1 Feiten en prognoses

Alle overheidsvoorschriften en regels hebben tot doel de feitelijke bodemdaling als gevolg van de activiteiten van de mijnondernemingen met voldoende nauwkeurigheid vast te leggen, zodat men tijdig maatregelen kan treffen indien de bodemdaling

een ongewenste omvang dreigt aan te nemen. Dit vraagt om een kennisinhoudelijke beoordeling van de geschiktheid van de methoden, waarmee de mijnondernemingen invulling geven aan de gestelde voorschriften en regels, en om een interpretatie van de verkregen meetresultaten.

Bodemdalingsprognoses zijn een geval apart, omdat zij geen betrekking hebben op een feitelijk geconstateerde situatie, maar proberen aan te geven in hoeverre er in de toekomst sprake zou kunnen zijn van een ongewenste situatie.

3.2 Feitelijke bodemdaling door delfstoffenwinning

De oorzaak van bodemdaling door delfstoffenwinning in Nederland is bij de aardolie- en aardgaswinning gelegen in de compactie van de producerende aardlagen in de diepe ondergrond en bij de zoutwinning in de convergentie van met pekel gevulde holruimten (cavernes) eveneens gelegen in de diepe ondergrond. Gelet op de diepte, waarop de bron van de bodemdaling zich bevindt, zal de aan het maaiveld resulterende bodemdaling vrijwel altijd gelijkmatig en ongeveer schotelvormig zijn.

De aan een mijnonderneming opgelegde verplichting tot het vaststellen van bodemdaling beperkt zich in principe tot de door de betreffende onderneming zelf veroorzaakte bodemdaling. Alle additioneel optredende en gemeten bodemdaling (grootschalig of lokaal) zal de mijnonderneming niet worden aangerekend, zoals bodemdaling als gevolg van:

- natuurlijke regionale verticale bewegingen,
- activiteiten van andere mijnondernemingen (gas, olie, zout),
- waterwinning of bronbemaling,
- polderpeilverlaging door waterschappen,
- langdurige droogteperiode in combinatie met veel grondwater verdampende loofbomen, waardoor het waterpeil lager wordt dan normaal in dergelijke periodes.

Naast bodemdaling kan er sprake zijn van horizontale vervormingen aan het maaiveld (met name *bodemrek*). Bij olie- en gaswinning is bodemrek praktisch verwaarloosbaar. Bij zoutwinning kan in uitzonderlijke gevallen, zoals de instorting van een ondiepe caveerne of langdurige squeezepekelpductie met aanzienlijke caveerneconvergentie, een mate van bodemrek optreden, die mogelijk schadeveroorzakend is voor gebouwen of infrastructuur. De horizontale vervormingen worden in kaart gebracht met behulp van lengtemetingen. Deze dient de mijnonderneming te verrichten, indien aannemelijk is dat een kritische reknorm van $2,0 \cdot 10^{-4}$ (NEN6740) overschreden gaat worden.

Meetopzet en 'nulmeting'

In Nederland wordt de bodemdaling gemeten door het vaststellen van hoogten ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP). Over het land verspreid bevindt zich

een honderdtal diepgefundeerde ondergrondse peilmerken (OM's) op geselecteerde plaatsen met een over een langere periode verwachte natuurlijke stabiliteit. Tussen deze punten in zijn vele duizenden andere peilmerken geïnstalleerd, meestal speciale bouten in goedgefundeerde gebouwen of kunstwerken. Van beide typen peilmerken is de NAP-hoogte nauwkeurig bekend.

Voorafgaande aan de delfstoffenwinning in een bepaald gebied dient de mijnonderneming een meetnet van vaste peilmerken in te richten, zoveel mogelijk met gebruikmaking van de reeds aanwezige peilmerken met bekende hoogten. Vrijwel altijd is een *peilmerkverdichting* noodzakelijk, wat betekent dat naast de bestaande peilmerken nieuwe peilmerken moeten worden geïnstalleerd in objecten met een onbekende zakkingsgeschiedenis. Voor een betrouwbare referentie wordt het meetnet vastgekoppeld aan een aantal diepgefundeerde OM's, waarvan men zeker weet dat ze buiten de invloedssfeer van de delfstoffenwinning en van diepe grondwaterwinning liggen. De eerste meting van de hoogte van de peilmerken in het nieuwe meetnet vindt plaats juist voordat met de delfstoffenwinning wordt begonnen. Deze eerste meting wordt de 'nulmeting' genoemd, omdat ze de nulsituatie vastlegt.

In het algemeen zijn er geen problemen met de nulmetingen. In gebieden met elkaar overlappende bodemdalingsschotels, die het gevolg zijn van op verschillende tijdstippen begonnen delfstoffenwinningen, is het soms moeilijk om een geschikt referentiejaar voor de nulmeting aan te wijzen. Tot voor kort was een uniform referentiejaar nodig om de gezamenlijke cumulatieve bodemdaling in een dergelijk gebied in kaart te kunnen brengen (bijvoorbeeld de bodemdaling in Midden-Friesland, die ondermeer het gevolg is van de delfstoffenwinning van drie verschillende mijnondernemingen). Recentelijk is door de TU Delft een wiskundig model ontwikkeld, het zogenaamde continue tijd-plaatsmodel, dat hoogteverschillen aan het maaiveld analyseert zonder de noodzaak tot een uniform referentiejaar en aaneengesloten, continue meetreeksen. Staatstoezicht op de Mijnen heeft eind 2000 ingestemd met de toepassing van dit model voor de interpretatie van meetresultaten uit waterpassingen.

Scheiding van bodemdalingscomponenten

Wanneer men door middel van herhaalde waterpassingen de hoogteveranderingen van de peilmerken in de tijd, en dus de eventuele bodemdaling, gaat vaststellen, meet men in feite de totale bodemdaling door alle mogelijke oorzaken tezamen. Hoe kan men uit de totaal gemeten bodemdaling de mijnbouwcomponent, de eigenlijke bijdrage als gevolg van de mijnbouwactiviteit achterhalen?

Indien in hetzelfde gebied meer dan één mijnonderneming actief is, zal men de bodemdaling veelal van elkaar kunnen onderscheiden door extrapolatie van de bodemdaling van de ene onderneming, voor zover gelegen buiten de invloedssfeer van de andere mijnonderneming, naar het gebied binnen de invloedssfeer van die andere onderneming. In gevallen waar extrapolatie niet mogelijk is, kan men toch een onder-

scheid maken als de geometrie van de betrokken dalingsschotels afwijkend is. Dit doet zich bijvoorbeeld voor als er lokaal zoutwinning plaatsvindt in een gebied, waarin zich tevens een omvangrijke dalingsschotel door gaswinning bevindt. Bij gelijksoortige delfstoffenwinning met minimale ruimtelijke scheiding zal kwantitatieve scheiding naar veroorzaker alleen mogelijk zijn als de betreffende reservoirmodellen bekend zijn. Een belangrijk vereiste voor een scheiding van bijdragen is de uitwisselbaarheid van meetgegevens. De mijnondernemingen moeten dus zoveel mogelijk van dezelfde peilmerken gebruik maken, metingen van vergelijkbare nauwkeurigheid uitvoeren en op gelijke tijdstippen meten.

Een volgende storende factor kan bodemdaling als gevolg van waterwinning zijn. Men zal die gebieden in kaart moeten brengen, waar veel grondwater gewonnen wordt en vervolgens door nauwgezette analyse van peilmerkbewegingen inzicht zien te krijgen in collectief afwijkend peilmerkgedrag ter plaatse. Een goed voorbeeld hiervan is het waterwingebied Kibbelgaarn in de gemeente Scheemda.

Polderpeilverlagingen en langdurige droogteperiodes leiden tot bodemdaling in de bovenste aardlagen als gevolg van compactie (inklink) en door oxidatie van organisch materiaal in deze lagen. De eerder genoemde OM's en andere peilmerken die zijn aangebracht in diepgefundeerde objecten, worden hierdoor niet of nauwelijks beïnvloed. Door gebrek aan goede alternatieven heeft men voorheen in veel gebieden, waar meetnetversteviging nodig was, peilmerken aangebracht in slechts oppervlakkig gefundeerde bouwwerken (op staal gefundeerde boerderijen, etc.). Om de ongewenste bijdragen van dergelijke autonome bodemdalingsoorzaken te reduceren, zou men alsnog slecht gefundeerde, instabiele peilmerken zoveel mogelijk uit het meetnet moeten verwijderen. Mochten er door deze eliminatie onvoldoende peilmerken overblijven in een bepaald gebied of langs een bepaald traject, dan zullen er nieuwe, beter gefundeerde merken moeten worden bijgeplaatst. Vooral in veen- en kleigebieden zal deze aanpak van eliminatie en herplaatsing kunnen leiden tot een nauwkeuriger vaststelling van de feitelijke bijdrage van de delfstoffenwinning aan de gemeten bodemdaling.

Indien ter compensatie van bodemdaling door delfstoffenwinning polderpeilaanpassingen moeten worden doorgevoerd om de oorspronkelijke drooglegging zoveel mogelijk te handhaven, kan men een plaatselijke, extra inklinking van de bovenste aardlagen niet altijd uitsluiten. Vanwege de schotelvorm van de bodemdaling treden er namelijk vergeleken met de oude situatie afwijkingen op in de aangepaste drooglegging. Als de grondwaterstand daardoor verder onder het maaiveld kan dalen dan ooit voorheen (bijvoorbeeld na een lange droogteperiode), kan dat tot een extra zetting van de bovenste aardlaag leiden. Vooral de zettingsgevoeligheid van veen met een kleidek erop is groot. Bij op staal gefundeerde bebouwing uitgevoerd in metselwerk mag de grondwaterstand bij klei op veen maximaal 7 cm en bij klei maximaal 10 cm extra dalen om de vergroting van de kans op scheurvorming in het metselwerk tot 5% te beperken. Een toename van minder dan 5% wordt als niet significant beschouwd (Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning, Groningen, maart 1987).

3.3 Normering ten behoeve van het meten met voldoende nauwkeurigheid

Meestal is de bodemdaling aan het maaiveld door delfstoffenwinning gelijkmatig, ongeveer schotelvormig en grootschalig van karakter. Een uitzondering op de regel vormt het 'gat van Hengelo' (een instortingskrater). Hier heeft een nogal ondiep gelegen caveerne zich in de loop der tijd vanwege een onstabiel dak zover richting het maaiveld kunnen verplaatsen, dat uiteindelijk een resterend deel van de caveerne zich scherp omlijnd aan het maaiveld kon manifesteren. Uit wetenschappelijke studies naar dit voorval blijkt dat de fase, waarin het proces van een omhoog kruipende caveerne zich bevindt, door middel van frequente hoogtemetingen aan het maaiveld vastgesteld kan worden.

Om met voldoende nauwkeurigheid bodemdaling als gevolg van delfstoffenwinning te kunnen meten, dient men kort samengevat aan de volgende drie *uitgangspunten* te voldoen.

1. De geografische dichtheid van de peilmerken is zodanig dat men de omvang en de vorm van de bodemdalingsschotel uit de metingen kan afleiden.
2. De precisie van de meetmethode en de nauwkeurigheid van de gemeten hoogten zijn in overeenstemming met de richtlijnen van de Meetkundige Dienst van Rijks-waterstaat.
3. De meetfrequentie wordt zoveel mogelijk afgestemd op de meethistorie. Dit betekent dat een herhalingsmeting technisch pas nodig is wanneer de nauwkeurigheid van een nieuwe meting die van een voorspelling (extrapolatie) uit de bestaande metingen overtreft.

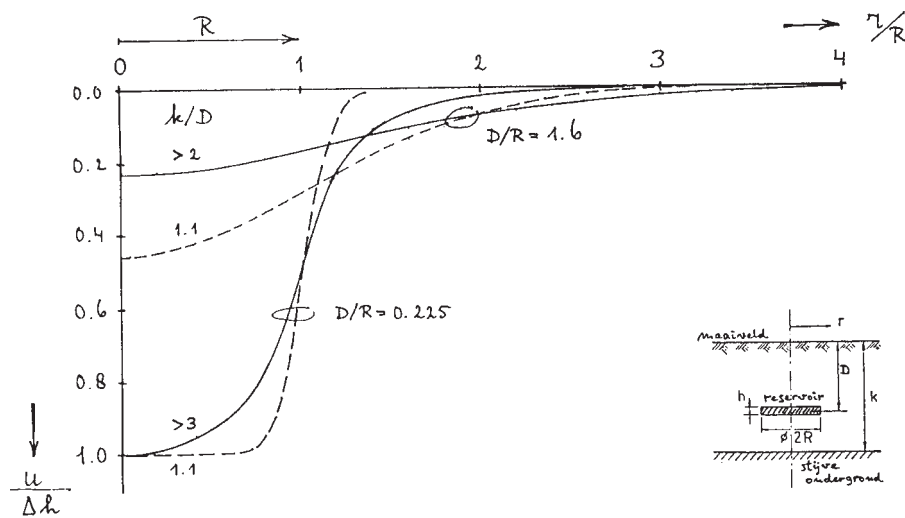
Ad 1. Geografische dichtheid van de peilmerken

Om voorafgaande aan de olie-, gas- en zoutwinning zoveel mogelijk inzicht te krijgen in de vorm van de bodemdalingsschotel hanteert Staatstoezicht op de Mijnen een robuuste en eenvoudige methode van bodemdalingsinschatting, die voldoende informatie oplevert voor praktische doeleinden, zoals de bepaling van de optimale geografische peilmerkendichtheid.

Bodemdalingscriteria

Als vuistregel voor de minimaal te verwachte uitgestrektheid van de dalingschotel kan men een zogenaamde grenshoek van 45° hanteren. Hieronder wordt verstaan de hoek, die de verbindingslijn tussen de rand van de ondergrondse ontginning (olie- of gasreservoir, pekelcaverne) en de nulcentimetercontour van de bodemdalingsschotel aan het maaiveld maakt met een horizontaal vlak, dat in Nederland identiek is aan het maaiveld.

Voor de eenvoud van de begripsvorming wordt verder uitgegaan van schijfvormige olie- en gasvelden (reservoirs) in de ondergrond. Een dergelijk reservoir heeft een gemiddelde straal R , ligt op een gemiddelde diepte D beneden het maaiveld en onder dit reservoir bevindt zich een praktisch niet compacteerbare aardlaag op een diepte K , de zogenaamde stijve ondergrond. Volgens het bekende poro-elastische 'nucleus of strain' model van Geertsma en Van Opstal (J. Geertsma, Journal of Petroleum Technology, juni 1973, pp. 734-744 en G.H.C. van Opstal, Proc. 3rd Congr. ISRM, Denver, 1974, pp. 1102-1111) zal het compacterende reservoir met compactie Δh een bodemdaling $u/\Delta h$ aan het maaiveld als functie van de verhoudingen D/R en K/D op een afstand r/R van het middelpunt van de dalingsschotel veroorzaken als weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Spreiding van de bodemdaling over het maaiveld (schijfvormig reservoir met stijve ondergrond).

In de praktijk van de bodemdalingsprognoses tot nu toe is de bepaling van de compactie Δh de meest kritische en onzekere factor gebleken bij de bepaling van de absolute waarde van de bodemdaling in, bijvoorbeeld, het diepste punt van de schotel. De vorm van de schotel wordt echter voornamelijk door de andere grootheden in figuur 1 bepaald. Opmerkelijk hierbij is, dat naarmate een reservoir kleiner is ten opzichte van zijn diepteligging de bodemdalingsschotel breder maar minder diep wordt bij dezelfde waarde van de ondergrondse compactie. Ook een ondiepere ligging van het reservoir ten opzichte van de stijve ondergrond heeft een afvlakkende werking.

Bij zoutwinning heeft men te maken met pekelsavernes. Ook hierop is het model van figuur 1 van toepassing. Bij zoutwinning uit een zoutdome heeft de caverne of het samenstel van cavernes meestal een kleine straal R ten opzichte van de diepte D (grote D/R waarde), zodat men met zeer vlakke en uitgestrekte bodemdalingsschotels te doen heeft in relatie tot de omvang van de caverne. Tevens kan men bij dergelijke cavernes

niet over een stijve ondergrond spreken, omdat het zout alzijdig naar de caverne toe kruipt. In termen van het model uit figuur 1 betekent dit een schijnbaar grote verhouding tussen K en D , hetgeen een nog verdere afvlakking van de schotel bewerkstelligt. Omdat het dak van dergelijke cavernes vaak aanzienlijk zakt, kan er ondanks een zeer kleine verhouding tussen U en Δh in figuur 1 toch sprake zijn van een aanmerkelijke bodemdaling aan het maaiveld. De aldus te verwachte schotel zal vrijwel conusvormig zijn met een uitgestrektheid van iets meer dan de eerdergenoemde grenshoek van 45° .

Er vindt in Nederland ook zoutwinning plaats uit dunne, tamelijk vlak en ondiep gelegen zoutlagen. Ook op deze situatie is het model uit figuur 1 van toepassing, maar hier zijn de bodemdalingsschotels iets meer geprofileerd (omgekeerd klokvormig), omdat de verhouding tussen D en R kleiner is dan bij de cavernes aangelegd in een zoutdome.

Met behulp van criteria ontleend aan het bovenstaande model kan men nu een procedure opstellen voor de bepaling van de gewenste dichtheid van peilmerken om de zich ontwikkelende bodemdalingsschotel voldoende in kaart te kunnen brengen.

Procedure

- Bepaal de grenshoekstraal $R_g = R + D$. Indien het reservoir of de caverne sterk afwijkt van een cirkelvorm kan men beter een grenshoekcontour bepalen aan de hand van de feitelijke vorm van de ondergrondse begrenzing van het reservoir of de caverne.
- Hanteer in een ringvormig gebied ter breedte van 1 à 1,5 kilometer direct gelegen buiten de grenshoekcontour een peilmerkendichtheid van ongeveer 1,5 peilmerk per vierkante kilometer indien $R_g < 5$ km en van ongeveer 1 peilmerk per vierkante kilometer indien $R_g > 5$ km is.
- Zet in het buitengebied trajecten op naar de meest nabij gelegen stabiele ondergrondse merken (minimaal 2 OM's).
- Bepaal de verhouding D/R .
- Voor $D/R > 1$ verloopt de schotel tamelijk vlak en hanteert men in het cirkelvormige gebied gelegen binnen de straal R_g een uniforme peilmerkendichtheid die identiek is aan die van het buitengebied met onderscheiding van $R_g < 5$ km en $R_g > 5$ km.
- Voor $D/R < 1$ heeft de schotel een klokvorm en verdeelt men het binnengebied onder in een cirkelvormig gebied met straal $0,5 R_g$ en een ringvormig tussengebied met binnenstraal $0,5 R_g$ en buitenstraal R_g . Indien $R_g < 5$ km is, hanteert men in de binnencirkel met straal $0,5 R_g$ een dichtheid van ongeveer 1,5 peilmerk per vierkante kilometer en in de tussenring een dichtheid van 2 peilmerken per vierkante kilometer. Indien $R_g > 5$ km is, wordt de dichtheid 1 peilmerk, respectievelijk 1,5 peilmerk per vierkante kilometer.

Zo kan men in theorie een meetnet opzetten met vanuit het centrum uitwaaiende trajecten langs peilmerken, die tevens via cirkelvormige trajecten rond het centrum van de schotel aan elkaar gemeten kunnen worden. Men beschikt dan over een netwerk van vele gesloten kringen. Uiteraard wordt hier een ideaalbeeld geschetst. In de praktijk zal regelmatig van het patroon afgeweken moeten worden vanwege beperkingen opgelegd door de aanwezige topografie en infrastructuur. Ook ontbreken er soms geschikte en stabiele objecten om een betrouwbaar peilmerk in te kunnen aanbrengen.

Het Groningen gasveld vormt een uitzonderlijk geval. Dit reservoir met een effectieve straal van ongeveer 15 kilometer en gelegen op een diepte van 3 kilometer heeft een bijzonder kleine D/R verhouding. Het totale bodemdalingsooppervlak bedraagt ongeveer 900 vierkante kilometer. Met het opvolgen van de bovenstaande procedure voor de bepaling van de peilmerkendichtheid per vierkante kilometer zou men kunnen argumenteren, dat er wel erg veel peilmerken moeten worden aangebracht. In de praktijk valt de redundantie tot nu toe mee, omdat het Groningse gasveld niet van begin af aan uniform gedepleteerd werd, zodat er zich in de loop der jaren een zich noordwaarts verplaatsende bodemdalingsschotel vormde. Voor het in kaart brengen van die ontwikkeling heeft men een relatief hoge peilmerkendichtheid nodig.

Ad 2. Richtlijnen doorgaande waterpassingen

De waterpassingen worden uitgevoerd volgens de richtlijnen van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat (zie paragraaf 2.4). De volgende criteria voor de kwaliteitsbeheersing worden gehanteerd:

- De gewenste overall-precisie van de meetmethode is een standaardafwijking van 1 mm per $\sqrt{\text{km}}$.
- Elk traject wordt heen en terug gemeten, waarbij voor de afwijking in het gemeten hoogteverschil (heen en terug) een tolerantie van $3\sqrt{L}$ mm ($L = \text{trajectlengte}$) wordt aangehouden. Bij overschrijding wordt opnieuw gemeten.
- Voor de sluitterm van gesloten kringen wordt een tolerantie van 1 mm per $\sqrt{\text{km}}$ aangehouden. Bij overschrijding wordt de kring over gemeten.
- De hoogten die men uiteindelijk wenst te berekenen moeten niet afhankelijk zijn van de keuze van de bij de berekening gebruikte trajecten, ook al vallen alle meetuitkomsten binnen de gestelde toleranties. Er wordt daarom een vrije vereffening uitgevoerd, dat wil zeggen dat er aan het gemeten hoogteverschil van elk traject een kleine correctie wordt toegekend, zodanig dat de gecorrigeerde meetuitkomsten aan de eis voldoen dat hun som in elke gesloten kring nul is. De zo verkregen hoogten zijn nog niet gerelateerd aan het NAP.
- Als het netwerk één peilmerk bevat waarvan de NAP-hoogte bekend is, kan men na de vrije vereffening de NAP-hoogten van alle peilmerken bepalen. In de praktijk gebruikt men ter verbetering van de betrouwbaarheid liever meer dan één aansluitpunt, namelijk de eerder genoemde OM's gelegen buiten de bodemdalingsschotel.

Er dient dan weer een vereffening, de zogenaamde gedwongen vereffening, te worden uitgevoerd.

N.B. Bij de gedwongen vereffening moet men bedacht zijn op eventuele fricties tussen de OM's, waardoor de betrouwbaarheid omlaag gaat ten opzichte van de vrije vereffening. De oorzaak hiervan is vaak gelegen in een niet-synchrone hoogtebepaling van de OM's, terwijl zij onderling wel een verschillend zakkingsgedrag kunnen vertonen, bijvoorbeeld door hun ligging al dan niet in een ander bodemdalingsgebied.

Ad 3. Meetfrequentie

De meetfrequentie voor het vaststellen van bodemdaling werd in het verleden voornamelijk afhankelijk gesteld van de precisie van de waterpassingen. De NAP-hoogten van de peilmerken kunnen bij toepassing van de richtlijnen van de Meetkundige Dienst bepaald worden met een standaardafwijking van 3 à 4 mm. De standaardafwijking van het verschil tussen twee opeenvolgende bepalingen van hetzelfde punt is $\sqrt{2}$ maal zo groot, dus 4,2 à 5,6 mm. Een zakking van driemaal dit bedrag, dus 12,6 à 16,8 mm, kan met een kans van meer dan 90% (eenzijdige toetsing, 5% onbetrouwbaarheid) betrouwbaar worden vastgesteld. Hieruit is de vuistregel ontstaan dat na een verwachte zakking van 1 à 2 centimeter in het diepste punt van de dalingschotel een volgende waterpassing noodzakelijk wordt geacht. Als maximum tijdsinterval tussen twee waterpassingen wordt een periode van 5 jaar acceptabel gevonden. Bij het vaststellen van de meetfrequentie spelen bodemdalingsprognoses als functie van de tijd een belangrijke rol.

De resultaten van de herhalingsmetingen bleken in vele gevallen nauwkeurig voorspelbaar uit de meethistorie. Uit de zakkingshistorie voor het centrum van de bodemdalingsschotel kan de dalingsnelheid met bijbehorende standaarddeviatie worden geschat. Hiermee kan men de toekomstige bodemdaling voorspellen. De nauwkeurigheid van die voorspelling zal afnemen naarmate het tijdstip, waarvoor de daling wordt voorspeld, verder afligt van dat van de laatste waterpassing. Bij ongewijzigd productiebeleid heeft de volgende waterpassing meettechnisch gezien pas zin wanneer de nauwkeurigheid van een dergelijke meting die van de voorspelling overtreft. Naarmate de meethistorie langer is zal de bodemdaling nauwkeuriger geschat kunnen worden en kan de meetfrequentie dus zonder nadelige gevolgen verlaagd worden. Om praktische redenen (toestand peilmerken, ingrepen door derden aan het maaiveld, etc.) wordt als maximum acceptabel tijdsinterval tussen twee waterpassingen een periode van 5 jaar gehandhaafd. Bij iedere significante verandering in de productiesnelheid zal de meetfrequentie weer verhoogd moeten worden.

Als voorbeeld wordt aan de hand van de waterpassingen boven het Amelandse gasveld het bepalen van de meetfrequentie uit de meethistorie toegelicht. Tussen 1986 en 1997 is op Ameland jaarlijks een waterpassing uitgevoerd. Met behulp van het door de TU Delft ontwikkelde continue tijd-plaatsmodel zijn de meetresultaten (in termen van

plaatselijke hoogteverschillen) van alle peilmerken en van alle waterpassingen gemiddeld. Uit dit wiskundige model voor Ameland resulteert een lineair dalingsgedrag in de tijd vanaf 1987 met gemiddeld 1,9 cm per jaar. In 1997 bedraagt de standaarddeviatie van de bodemdaling in het centrum van de schotel 3,7 mm. De standaarddeviatie van de dalingsnelheid in dit centrum bedraagt 0,3 mm per jaar. Vanwege foutvoortplanting in het model neemt de standaarddeviatie van een geëxtrapoleerde daling in het diepste punt in de tijd toe, maar blijft tot het begin van 2001 beter dan 5 mm. Bij waterpassingen ligt de standaarddeviatie van het verschil tussen twee opeenvolgende bepalingen van hetzelfde punt tussen 4,2 en 5,6 mm. Het heeft dus in modeltermen pas zin om in de loop van 2001 de volgende waterpassing te verrichten. Op dat moment kan men ook de voorspellingsnauwkeurigheid van het model opnieuw toetsen. Het model voorspelt tussen 1997 en 2001 een bodemdaling in het diepste punt van ongeveer 7,5 cm. Begin 2001 is er inderdaad weer een waterpassing op Ameland verricht. Het lineaire model blijkt deze meting echter te verwerpen vanwege een significante afzwakking in de dalingsnelheid. Dit kan op een structureel veranderde (productie)situatie duiden. De meetfrequentie zal weer verhoogd moeten worden. Staatstoezicht op de Mijnen zal hierbij de gebruikelijke vuistregel hanteren (meten bij een verwachte significante daling van 1 à 2 centimeter). Gelet op de afvlakkende dalingsnelheid betekent dit voor Ameland een volgende waterpassing in 2003.

Zoutwinning

Ook bij zoutwinning kan men het aantal waterpassingen op basis van een historische beschouwing en met inachtneming van de feitelijk gerealiseerde zoutproductie reduceren. De procedure gaat als volgt. In de beginfase van de zoutwinning verricht men regelmatig waterpassingen (bijvoorbeeld jaarlijks). Hierdoor krijgt men inzicht in de omvang en vorm van de bodemdalingsschotel. Eveneens voert men regelmatig een ondergrondse holruimtekening uit, waardoor men inzicht krijgt in het groeigedrag en het openstaande pekelgevulde volume van de holruimte (caverne). Door dit volume te relateren aan het feitelijk aan de ondergrond onttrokken zoutvolume kan men de gemiddelde convergentiesnelheid op jaarbasis van de caverne bepalen. Met convergentie wordt bedoeld het dichtgedrukt worden van de caverne door opdringend zout vanuit de cavernewand. Door deze convergentie blijft het cavernevolumen kleiner dan men op basis van de gerealiseerde zoutproductie zou verwachten. Dit ondergrondse volumetekort vertaalt zich in bodemdaling aan het maaiveld, maar vaak niet voor de volle 100% en met enige vertraging. Vanwege deze onzekerheidsfactoren en als gevolg van tijdelijke schommelingen in productie-omstandigheden, die invloed hebben op de grootte van de caverneconvergentie, zal de dalingsnelheid een bepaalde onzekerheid (standaarddeviatie) vertonen. Zoals eerder gesteld bedraagt bij waterpassingen de standaarddeviatie van het verschil tussen twee hoogtebepalingen ongeveer 5 mm. Zodra de bepaling van de bodemdaling op basis van het historische convergentiemodel nauwkeuriger wordt dan een waterpasmeting, kan men de volgende waterpassing uitstellen tot het tijdstip waarop de modelbepaling weer onnauwkeuriger wordt dan een

waterpassing. Uiteraard zal er bij een significante verandering in de productie-omstandigheden weer vaker gewaterpast moeten worden.

Naijlende bodemdaling

Volgens de wettelijke voorschriften moet de concessionaris tot één jaar na de beëindiging van de gas- en oliewinning en tot 5 jaar na de beëindiging van de zoutwinning waterpassingen verrichten. Er is hier sprake van een eindmeting. Wellicht kan zich na beëindiging van de productie in een enkel geval de situatie voordoen, dat de (verwachte) naijlingseffecten van de bodemdaling langduriger zijn dan de gestelde meettermijnen en dat ze bovendien significant zijn in de zin van: groter dan de autonome maaiveld-daling in het gebied. De huidige regelgeving voorziet niet in deze omstandigheid. De overheid wil in het kader van een nieuw Mijnbouwbesluit (conform artikel 36, lid 1, van het wetsvoorstel voor een nieuwe Mijnbouwwet) het fenomeen naijlende bodemdaling beter kunnen controleren via een mogelijke verlenging van de meettermijn.

Overigens vormt het inschatten van de mate en de duur van de naijlingseffecten van de bodemdaling een (wetenschappelijk) probleem zonder een spoedig zicht op een alomtvattend antwoord. Het betreft hier problemen als kruip in het gesteente, de effecten van opdringend bodemwater uit aquifers, permeatie van pekels door het dak van een afgesloten zoutcaverne, etc. Met dit probleem moet pragmatisch omgegaan worden. Enerzijds kan eventueel naijlende bodemdaling nog nadelige effecten voor derden met zich meebrengen, anderzijds leeft bij een operator de wens om op een bepaald moment in de tijd ontslagen te worden van verdere meetverplichtingen.

3.4 Rapportage van de metingen

De wettelijke voorschriften, vermeld in paragraaf 2, geven aan dat van iedere waterpassing en lengtemeting schriftelijk rapport moet worden uitgebracht aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen met een afschrift aan Gedeputeerde Staten van de betrokken provincie (dit laatste is niet van toepassing op de oude steenzoutconcessies van Akzo Nobel in Overijssel en Groningen). Tevens is de Inspecteur-Generaal der Mijnen bevoegd meetregisters te waarmerken.

Uit de wetgeving rond deformatiemetingen (waterpassingen en lengtemetingen) kan men afleiden dat de resultaten van deze metingen in principe openbare informatie is. Hierin schuilt voor de mijnondernemingen een potentieel risico, dat in enkele gevallen reeds tot problemen heeft geleid met lagere overheden en burgers over (vermeende) schade als gevolg van bodemdaling door delfstoffenwinning.

Het *probleem* is dat de deformatiemetingen feitelijk de totale bodemdaling door alle mogelijke oorzaken tezamen opleveren. Vanuit het oogpunt van behoorlijk bestuur mag men de mijnonderneming alleen haar eigen bijdrage aan de bodemdaling aanre-

kenen. De scheiding van bodemdalingscomponenten is echter een complex geotechnisch vraagstuk, dat reeds in paragraaf 3.2 de revue passeerde.

N.B. Ook na een technisch correcte toedeling van de (deel)bijdrage van de mijnonderneming aan de bodemdaling blijft het aantonen van een direct causaal verband tussen deze bodemdalingscomponent en de eventueel door een particulier geclaimde gebouwschade een complexe zaak. Ditzelfde probleem doet zich ook voor bij de schadeclaims als gevolg van aardbevingen, die worden toegeschreven aan delfstoffenwinning.

Sinds vele jaren en meestal als antwoord op verzoeken van externe derde-partijen voegen verschillende mijnondernemingen hun eigen interpretaties van de meetresultaten toe (bijvoorbeeld in de vorm van contourkaarten) aan de schriftelijke rapportages aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen. Door voortschrijdende ontwikkelingen op geodetisch gebied, zoals het continue tijd-plaatsmodel, kan men steeds beter de eigen bijdrage afsplitsen van de totaal gemeten bodemdaling. Dit is niet zonder gevolgen. Door aanpassingen van het interpretatiemodel kan er een trendbreuk ontstaan in de getallenreeks van de 'eigen bijdrage'. Bovendien kunnen er misverstanden ontstaan, doordat in de loop van de tijd de daadwerkelijk gemeten bodemdaling nauwelijks meer gerelateerd is aan de bodemdaling door delfstoffenwinning. Bij de niet-deskundige buitenwacht kan hierdoor wellicht de indruk ontstaan dat er met de getallen gemanipuleerd wordt ten gunste van de mijnonderneming. Staatstoezicht op de Mijnen vindt het echter ongewenst dat de door haar te waarmerken meetregisters oneigenlijk belast worden met interpretatiekwesties met betrekking tot de feitelijke meetresultaten.

Als resultaat van overleg tussen Staatstoezicht op de Mijnen en de mijnondernemingen en andere betrokken partijen wordt met ingang van het jaar 2001 op een iets andere wijze invulling gegeven aan de wettelijke voorschriften met betrekking tot de rapportage van deformatiemetingen. De gang van zaken is als volgt.

- De mijnonderneming, c.q. in opdracht van de mijnonderneming een deskundig ingenieursbureau, verricht de voorgeschreven deformatiemetingen.
- Bij secundaire waterpassingen worden de meest recente richtlijnen hieromtrent van de Meetkundige Dienst opgevolgd.
- De meetgegevens van de secundaire waterpassingen worden ter kwaliteitsborging overhandigd aan de Meetkundige Dienst, Afdeling NAP, te Delft. Deze dienst voert vereffeningen uit en stelt nieuwe NAP-hoogten voor de aangemeten peilmerken vast.
- Na een positieve terugmelding van de Meetkundige Dienst stelt de mijnonderneming over de verrichte waterpassing een definitief rapport op. Dit voor openbaarmaking bedoelde rapport wordt zoveel mogelijk volgens een standaardopzet vervaardigd ten genoegen van de Inspecteur-Generaal der Mijnen (IGM). Het rapport bevat geen enkele interpretatie van de meetgegevens. Naast dit standaardrapport ontvangt de IGM een aparte differentiestaat in NAP-hoogten voor eigen gebruik.
- Na instemming van de IGM met het rapport geeft hij dit rapport officieel vrij en stelt de Meetkundige Dienst de nieuw vastgestelde NAP-hoogten voor eenieder ter

beschikking in haar openbare NAP-bestand. Het vrijgegeven rapport doet dienst als 'gewaarmerkt meetregister' conform artikel 134, lid 2, Mijnreglement 1964.

- Het staat de mijnondernemingen vrij om in aanvulling op de gewaarmerkte meetregisters, in eigen beheer vervaardigde interpretatiestudies uit te brengen (bijvoorbeeld in het kader van privaatrechtelijke overeenkomsten). Uiteraard zal de IGM ook kennis nemen van deze studies en ze beoordelen.
- Daarnaast voert Staatstoezicht op de Mijnen eigen onderzoek uit naar de mogelijke consequenties van de waterpassingsresultaten voor eerder uitgebrachte prognoses en om dreigende ongewenste situaties aan de oppervlakte tijdig te traceren. Als de inzichten van Staatstoezicht op de Mijnen en de resultaten van door de mijnonderneming uitgebrachte interpretatiestudie te zeer uiteen lopen, dan vindt er overleg plaats.

3.5 Bodemdalingsprognoses

Uit paragraaf 3.3 bleek reeds dat bodemdalingsprognoses een rol spelen bij de opzet van het waterpasnetwerk en bij het vaststellen van de meetfrequentie van waterpassingen. Daarnaast vormen prognoses een ondersteuning bij de bepaling van het tijdstip, waarop men maatregelen moet treffen om ongewenste effecten van bodemdaling te voorkomen of te compenseren.

Het opstellen van prognoses gaat met tamelijk veel onzekerheden gepaard, vooral in de beginfase van een veldontwikkeling wanneer men met nogal beperkte invoergegevens en diverse aannames ten aanzien van het reservoirmodel en het productieverloop moet werken. Ook de keuze van het soort gesteentemechanische modellering is van invloed op het eindresultaat. Het is dus belangrijk, dat bij elke afgegeven prognose duidelijk wordt aangegeven wat de betrouwbaarheidsgrenzen zijn en hoe groot de gevoeligheid van het eindresultaat voor mogelijke variaties in essentiële invoergegevens is. Om de robuustheid van dergelijke prognoses te toetsen kan men na verloop van tijd de resultaten van waterpassingen gebruiken. Door vergelijking van 'achterwaartse' voorspellingen met waterpasresultaten (inversie) kan men de mogelijke oorzaken van modelafwijkingen op het spoor komen.

Door nieuwe ontwikkelingen in de Mijnbouwwetgeving zullen bodemdalingsprognoses over enige tijd een verplicht onderdeel vormen voor alle in te dienen ontginningsplannen voor de winning van gas, olie en zout. Hierbij krijgt Staatstoezicht op de Mijnen de taak de Minister van Economische Zaken te adviseren over de bruikbaarheid en betrouwbaarheid van de verstrekte prognoses. De eerder in paragraaf 3.3 onder ad 1. gepresenteerde *bodemdalingscriteria* kan men hierbij als een eerste toetsingskader gebruiken.

4. Interne procedure van toezicht op bodembewegingen

Zoals reeds gesteld in paragraaf 1, houdt Staatstoezicht op de Mijnen op systematische wijze toezicht op bodembewegingen aan het maaiveld als gevolg van delfstoffenwinning. In de *bijlage* is een processchema opgenomen, dat in grote lijnen de onderlinge relaties tussen de processen en beslismomenten van dit toezicht op bodembewegingen presenteert. Om het processchema overzichtelijk te houden is de wettelijke basis, die in paragraaf 2 uitvoerig is behandeld, niet in het schema opgenomen. In lijn met de wettelijke voorschriften is een onderverdeling in drie tijdfasen gemaakt: vóór aanvang, gedurende en na beëindiging van de delfstofwinning. Alle elementen van de normstelling, behandeld in paragraaf 3, zijn in het schema vertegenwoordigd.

5. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

1. Staatstoezicht op de Mijnen neemt actief deel aan de geotechnische en geodetische kennisopbouw op het gebied van bodembewegingen om op een doelmatige manier toezicht te kunnen houden op bodemdaling door delfstoffenwinning.
2. De normering van meettechnieken met betrekking tot bodembewegingen laat Staatstoezicht op de Mijnen zoveel mogelijk over aan de primair verantwoordelijke instanties en organisaties.
3. Vanuit de praktijkervaring bij delfstoffenwinning beschouwt Staatstoezicht op de Mijnen bodemdalingsprognoses op geofysische dan wel geodetische grondslag voornamelijk als nuttige hulpmiddelen voor het richting geven aan de verwachtingen op de korte termijn (i.e. 2 à 5 jaar). Door de gebleken onmogelijkheid van voldoende kennis vóóraf over een aantal van de voor de betrouwbaarheid van de modelleringen cruciale grootheden is de praktische waarde van deze modelleringen voor de middellange (10 à 15 jaar) en lange termijn (meer dan 20 jaar) derhalve tamelijk gering.

Aanbevelingen

Vanwege het vaak tamelijk geringe praktische nut van (middel)langetermijnvoorspellingen bij delfstoffenwinning, zowel op geofysisch als geodetisch gebied, pleit Staatstoezicht op de Mijnen ervoor dat de betrokken partijen bij het voorkomen van schade en hinder door bodemdaling als gevolg van delfstoffenwinning het volgende in acht nemen:

1. Pleeg geen kostbare investeringen voor herstelmaatregelen (bijvoorbeeld op waterhuishoudkundig gebied) op basis van de schijnzekerheid van langetermijn-bodemdalingsprognoses. Soms vallen de prognoses mee, soms vallen ze tegen. De enige

zekerheid tot nu toe is, dat ze na verloop van tijd aan herziening toe zijn vanwege het voortschrijdend inzicht in de diverse aspecten, die van essentieel belang zijn bij de zich ontwikkelende bodemdaling tijdens de delfstoffenwinning.

2. Verricht metingen (geofysische en geodetische) zodra men kan verwachten, dat deze significante informatie opleveren voor het inzicht in het verloop van de bodemdaling. Gebruik deze nieuwe informatie meteen om inversiestudies te verrichten en de prognoses voor de korte en middellange termijn aan te scherpen.

3. Tracht grote en dure infrastructurele herstelmaatregelen zo lang mogelijk uit te stellen, dat wil zeggen tot het moment dat voldoende inzicht is ontstaan in de meest waarschijnlijke eindsituatie van de bodemdaling door delfstoffenwinning. Financiële en maatschappelijke onzekerheid bij (toekomstig) schadelijgende partijen kan men in de tussenliggende tijd wegnemen door het oprichten van garantiefondsen, die meegroeien met de voortschrijdende bodemdaling.

