JAAP BREUNESE
TNO Bouw en Ondergrond, Postbus 80015, 3508 TA, Utrecht, 030 2564507
jaap.breunese@tno.nl

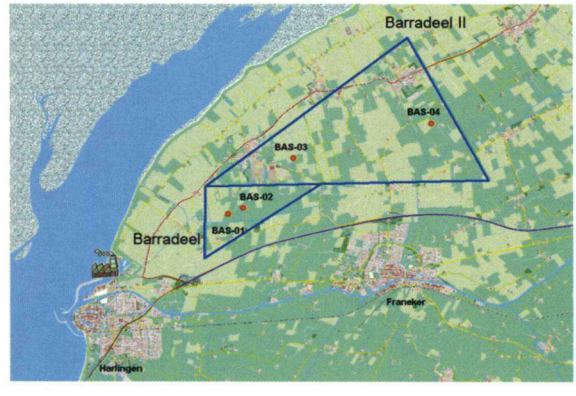
ZOUTWINNING EN BODEMDALING BIJ HARLINGEN (BARRADEEL)

Bodemdaling ten gevolge van mijnbouw haalt met enige regelmaat de pers in Nederland. De uitdaging is om de winning van delfstoffen op een verantwoorde en beheersbare wijze in te passen in de natuur- en leefomgeving. Hoe dit kan worden gerealiseerd, wordt in dit artikel geïllustreerd aan de hand van een praktijkgeval; namelijk de winning van steenzout in het gebied Barradeel nabij Harlingen in Friesland. De winning bij Barradeel heeft nieuwe kennis opgeleverd voor de mijnbouwtechniek (diepste zoutmijn ter wereld) en voor het geomechanisch gedrag van steenzout bij hoge temperatuur in de ondergrond. Die kennis is essentieel gebleken voor het begrijpen van de relatie tussen zoutwinning en bodemdaling en daarmee voor het beheersen van de bodemdaling binnen de met belanghebbenden afgesproken grenzen.

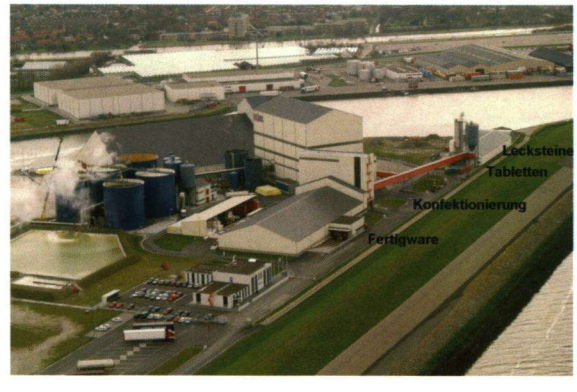
Eind 1995 is in het gebied Barradeel nabij Harlingen in Friesland de winning van steenzout begonnen. Nederland produceert ca. 5 Mt steenzout per jaar en is een van de grootste exporteurs van zout ter wereld. De zoutwinning in Friesland levert met ca. 1 Mt per jaar een flinke bijdrage aan de nationale productie. Daarnaast is dit ook een interessante 'casus' voor wat betreft de relatie tussen zoutwinning en bodemdaling. In de beginperiode van die winning lag het tempo van de bodemdaling in de orde van 4 centimeter per jaar, gemeten in het diepste punt van de dalingskom. Dat tempo is hoger dan dat van de daling boven de grote gasvelden Groningen en Ameland (in de orde van 1 centimeter per jaar) en is ca 100-maal sneller dan de natuurlijke bodemdaling in het gebied. Het is dan ook begrijpelijk dat de lokale bevolking en bestuurders zich zorgen maakten over de mogelijke gevolgen op korte en op lange termijn voor de waterhuishouding in het gebied.

Zoutwinning bij Barradeel

In Harlingen was de groothandel Frima Zout B.V. gevestigd. Dit bedrijf kocht zout in van Nederlandse producenten en verkocht dit door aan klanten in binnen- en buitenland. De ligging van dit bedrijf in

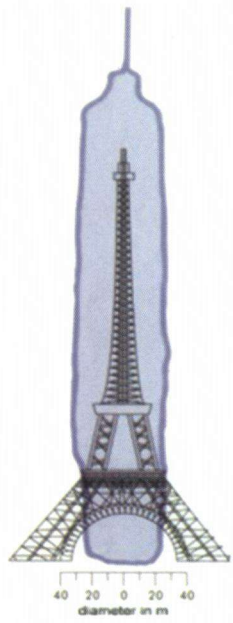


Afbeelding 1. Vergunninggebieden Barradeel (cavernes BAS-1 en -2) en Barradeel II (cavernes BAS-3 en -4).

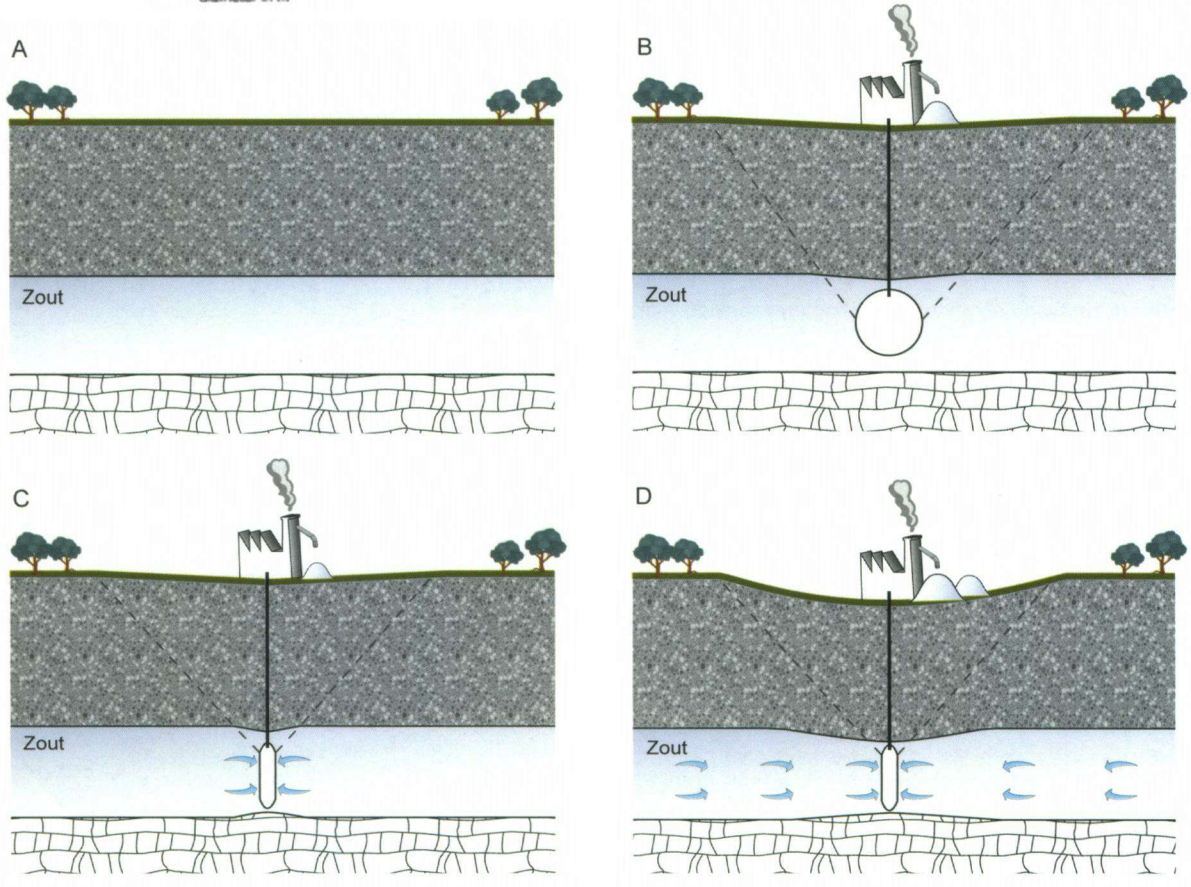


Afbeelding 2. Fabriek Frisia Zout B.V.

een havengebied was geen toeval: transport per schip van grote hoeveelheden zout (ca. 1 miljoen ton per jaar) maakt een belangrijk deel uit van de totale vervoerscapaciteit naar afnemers. In de jaren 90 van de vorige eeuw kwam Frima tot de conclusie dat de doorverkoop van zout onvoldoende garanties bood voor de continuïteit van het bedrijf. Het bedrijf besloot daarom om haar 'eigen zout' te gaan winnen. En wat lag er meer voor de hand dan om dat zout zo dicht mogelijk bij de fabriek te gaan winnen? Deze strategie leidde tot de aanvraag van de concessie Barradeel, die werd verleend in 1991 (Afb. 1).
De 'groothandel' werd omgetoverd in een fabriek (Afb. 2), die de te winnen pekel kon indampen tot commercieel verhandelbare hoeveelheden zout met een capaciteit van ca 1,2 miljoen ton per jaar.



Afbeelding 3. Doorsnede zoutcaverne. Ter vergelijking de verhouding tot afmetingen van de Eiffeltoren.



Afbeelding 4. Cartoon van toestroming van steenzout naar de caverne.

De productie van het 'eigen zout' begon in november 1995 vanuit de caverne BAS-1. Enkele maanden later startte de productie uit een tweede caverne BAS-2, ondergronds gelegen op een afstand van ca. 400 meter van BAS-1. Het bedrijf Frima Zout werd in 2000 overgenomen door Frisia Zout B.V., een dochteronderneming van de European Salt Company (Esco). De bedrijfsmatige continuïteit van de Frisiafabriek vereist een omzet in de orde van 1,2 miljoen ton zout per jaar. De afgelopen winter kende een lange periode van afwisseling tussen vorst en dooi. De vraag naar strooizout voor ons wegennet was daarom bijzonder groot. De Frisiafabriek heeft aan een belangrijk deel van die zoutvraag kunnen voldoen: op hoogtij-dagen werden 250 vrachtwagens gevuld.

Geologische setting

Zoals uit het voorafgaande mag blijken, werd de keuze voor het winnen van zout door Frima niet geologisch bepaald, maar door logistiek. Het is dan ook toeval dat dit een van de diepste oplosmijnen ter wereld werd.
De huidige provincie Friesland ligt op een stabiel geologisch platform (het Frieslandplatform), waar geen zouttektoniek van betekenis heeft plaatsgevonden en waar dan ook geen grote zoutstructuren bestaan (zie het artikel van Geluk in dit nummer). Het zout wordt bij Barradeel gewonnen uit een tektonisch ongestoorde zoutformatie. Een gunstig aspect hiervan is dat de zuiverheid van het zout relatief groot en goed voorspelbaar is: in gebieden met sterke zouttektoniek zijn de diverse lagen sterk geplooid en verbroken geraakt.

Ontwikkeling Barradeel zoutcavernes

Het maken van holtes in een zoutformatie met behulp van oplossen heeft veel weg van glasblazen. Hierbij fungeert de put als blaasroer met een lengte van 3 km.

Door de circulatiesnelheid van het water te variëren kan de oplossnelheid worden gestuurd, en door het injectiepunt van zoet water te verleggen kan een caverne van de gewenste vorm worden gemaakt, bijvoorbeeld bolvormig, conisch of cilindrisch (zie ook het artikel van Paar in dit nummer; Afb. 3). De gewenste vorm wordt mede bepaald door de eis dat het 'dak' van de caverne mechanisch stabiel moet zijn en dus beperkt is in zijn 'overspanning'.

Voorafgaande aan de start van de zoutwinning bij Barradeel werd een ontginningsplan opgesteld. De verwachting was dat het onttrekken van steenzout grote cavernes zou doen ontstaan met een volume vrijwel gelijk aan dat van de gewonnen hoeveelheid zout. Dit is ook de praktijkervaring bij zoutmijnbouw op geringere diepte (ca. 1 km) elders: door het drukverschil tussen zoutformatie (lithostatische druk) en de druk in de caverne (vrijwel hydrostatisch) of mijngang (vrijwel atmosferisch) worden de ruimten in het zout wel iets dichtgedrukt, maar niet meer dan enkele (volume) procenten per jaar.

Het ontginningsplan voorzag in een meetprogramma: naast het continu monitoren van pekelproductie en druk aan de putmond zou ook jaarlijks de interne geometrie van de beide cavernes worden bepaald met echometrische techniek ('sonar'). Frima plande een cumulatieve zoutproductie van ca. 1 miljoen ton op die eerste locatie en verwachtte dan ook een caverne te zullen maken, die jaarlijks zou groeien met 0,5 miljoen m^3 (1 m^3 steenzout weegt ca. 2 ton). Echter, tot verrassing van alle betrokkenen bleken de beide Barradeelcavernes na ca 1 jaar productie niet verder meer te groeien en te blijven steken op een totaalvolume van 0,5 mln. m^3 (0,3 voor BAS-1 en 0,2 voor BAS-2), overigens met een hoogte van ca. 300 meter en een doorsnee van ruim 50 meter altijd nog genoeg om een Eiffeltoren in te herbergen (Afb. 3).

De conclusie was dat de holtes zichzelf aanzienlijk sneller dichtdrukken (in vaktermen: 'convergeren') dan verwacht. In feite was er in korte tijd een dynamisch evenwicht ontstaan tussen het via oplossen onttrokken volume zout en het volume, dat in reactie daarop toevloeit (Afb. 4). Gedurende hun actieve productieleven hebben de beide Barradeelcavernes ca. 10 maal hun eigen interne volume aan steenzout geleverd.

Bodemdaling

Hoewel voorafgaande aan de start van de zoutwinning vrijwel geen bodemdaling werd verwacht (in totaal 1 tot maximaal 8 cm in het diepste punt over vele tientallen jaren), werd toch een jaarlijkse meting van de opgetreden hoogteverschillen op zogenaamde peilmerken gepland. Dit is een voorschrift uit de Mijnbouwwetgeving.

Echter, binnen 2 jaar na productiestart bleek uit de metingen, dat de bodemdaling ca. 20-maal sneller verliep dan aanvankelijk was verondersteld. Dit kon niet anders worden verklaard dan door een navenant snellere convergentie van de cavernes (macroscopisch) veroorzaakt door een veel hogere kruipsnelheid van het steenzout (Afb. 4). Met de kennis en gegevens van dat moment (1998) werd geconcludeerd, dat de hoge temperatuur in de diepe Barradeelcavernes (bijna 100°C) daar debet aan was: dergelijke hoge temperaturen komen niet voor in de ondiepere zoutmijnbouw, waar de eerste prognose voor Barradeel op was gebaseerd.

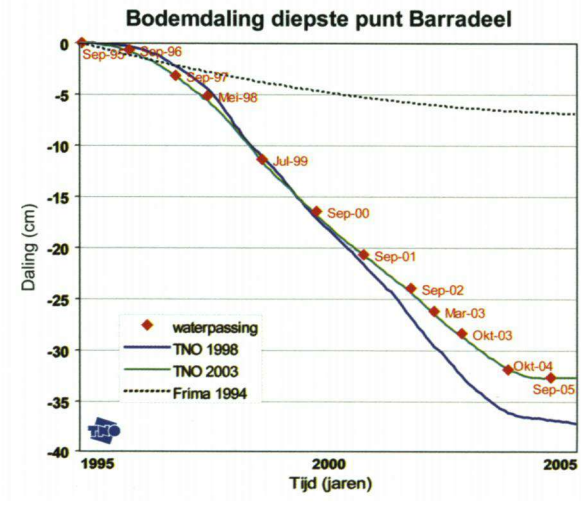
In overleg met de instanties, die verantwoordelijk zijn voor de dijkbewaking en de waterhuishouding, werd een limiet van 35 cm gesteld aan de bodemdaling in het diepste punt binnen het Barradeel gebied. Deze limiet bepaalde op zijn beurt de hoeveelheid steenzout die uit de beide cavernes gewonnen zou kunnen worden.Vanaf dat moment werd het zaak om de ontwikkeling van de bodemdaling op de voet te volgen en het prognosemodel bij te stellen op basis van jaarlijkse nieuwe gegevens (Afb. 5). In 2002 bleek, dat het in 1998 opgestelde prognosemodel een wat sterkere bodemdaling (ca. 20%) voorspeld had dan door de metingen werd bevestigd. Dit was aanleiding om het prognosemodel bij te stellen, nu in neerwaartse richting. De grondslag voor die bijstelling kwam uit de waargenomen verhouding tussen het convergentievolume (zoals bepaald uit productiegegevens en de echometrie) en het diepste punt van de dalingskom (bepaald uit geodetische metingen): die verhouding verschoof in de tijd.

Monitoring en beheersing

Sinds de start van de zoutwinning wordt de bodemdaling in het Barradeelgebied jaarlijks bepaald via een netwerk van peilmerken (Afb. 6). Bovendien wordt de daling op de mijnbouwlokatie Barradeel (in de buurt van het diepste punt) continu gemonitored met behulp van een GPS-antenne als 'vinger aan de pols' (Afb. 7). Het prognosemodel wordt periodiek geijkt met de nieuw beschikbaar gekomen gegevens. Zoals de grafiek laat zien, is de bodemdaling in het diepste punt van de dalingskom vrijwel tot stilstand gekomen. Bedacht moet worden dat de meetinstrumenten geen onderscheid kunnen maken naar de bron van de bodemdaling. Zo is het op de Barradeellocatie gemeten signaal een optelsom van de 'naijl' van BAS-1 en BAS-2 en een 'overspraak' van de BAS-3-caverne.
Naast deze aan zoutwinning te relateren daling zou er mogelijk een kleine bijdrage kunnen zijn van de naburige gaswinning of overige, niet aan mijnbouw gerelateerde, bodembeweging. In het prognosemodel wordt alleen de bodemdaling ten gevolge van de zoutwinning gerepresenteerd, de andere mogelijke bijdragen nog niet.

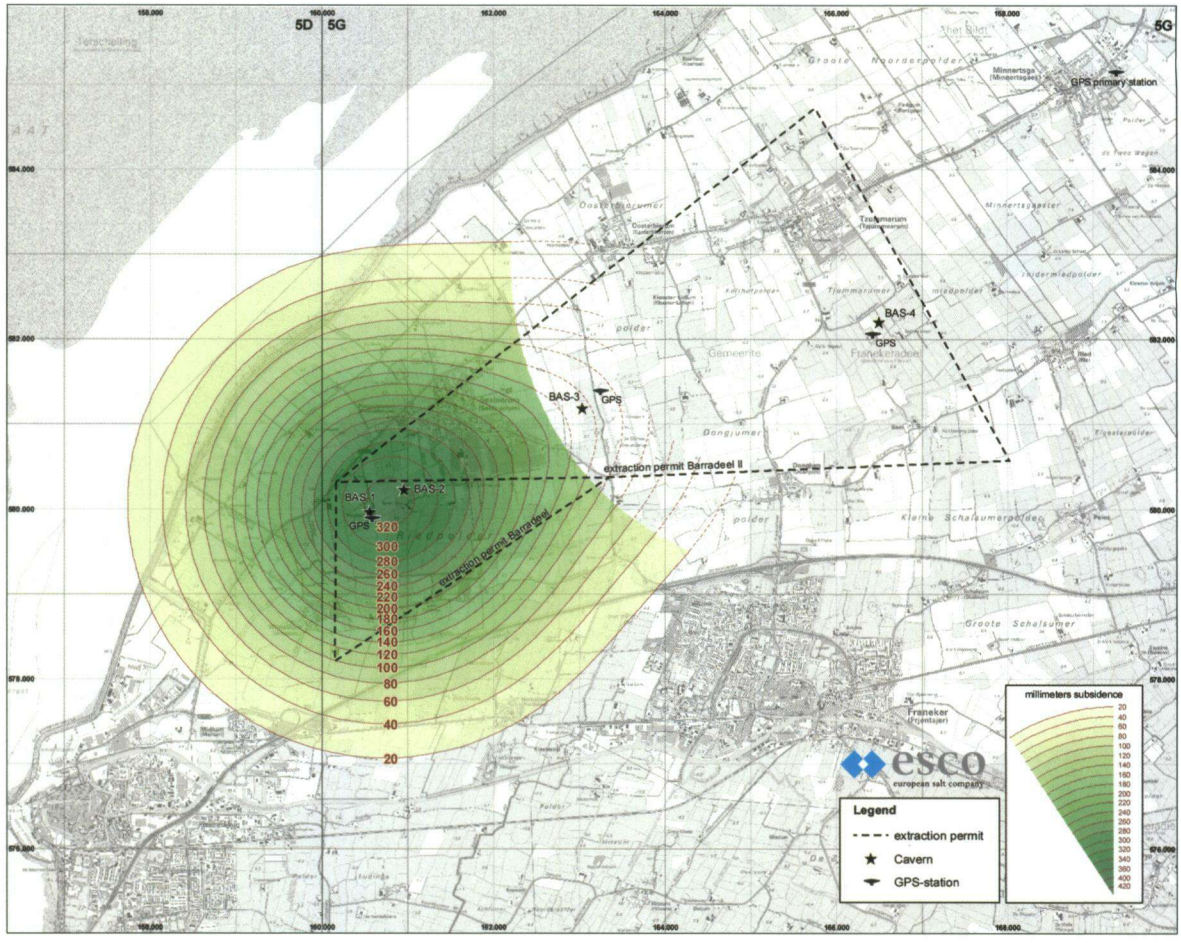
Toekomst

De historie van de Barradeelconcessie heeft geleerd, dat hoge eisen worden gesteld aan de voorspelbaarheid

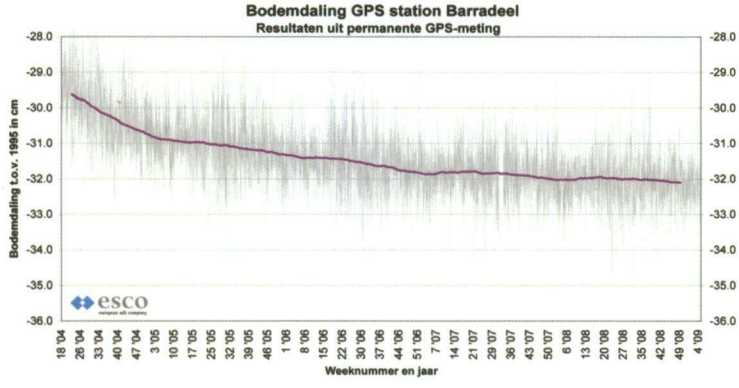


Afbeelding 5.
Prognoses in de tijd.

Afbeelding 6. Bodemdalingskom bij Barradeel en de locaties van de peilmerken.



Afbeelding 7. Grafiek bodemdaling tegen tijd; leveling en GPS.



en beheersbaarheid van de bodemdaling. Geotechnisch gezien is aangetoond, dat het mechanisme achter de bodemdaling tijdig is onderkend, vooral dankzij adequate monitoring van de daling en tijdige aanpassing van modellen daarop. Dit is een cruciale voorwaarde voor de beheersbaarheid van de bodemdaling. In zekere zin kan het Barradeelproject worden gezien als een voorbeeld avant la lettre van het 'hand aan de kraan'-principe. Dit principe wordt sinds 2006 toegepast op de gaswinning van onder de Waddenzee, waar de beheersing van het tempo van de bodemdaling binnen veilige natuurgrenzen centraal staat.

De productie uit de eerste cavernes BAS-1 en -2 is inmiddels gestaakt, omdat de limiet van de bodemdaling in het diepste punt (35 cm) vrijwel is bereikt. Op dit moment draait de fabriek op de productie uit de cavernes BAS-3 en BAS-4 in het vergunninggebied Barradeel II.
De bodemdaling ten gevolge van de winning uit die cavernes gedraagt zich in lijn met wat het prognosemodel daarvoor aangeeft. Maar ook de productie uit die cavernes is aan een dalingslimiet - en dus aan tijd - gebonden. Frisia Zout heeft daarom kort geleden het voornemen bekend gemaakt om nieuwe cavernes aan te leggen onder de Waddenzee voor de kust bij Harlingen. Op grond van de in dit artikel beschreven ervaringen mag worden verwacht, dat ook de bodemdaling ten gevolge van die eventuele nieuwe winning goed voorspelbaar zal zijn.

LITERATUUR

Breunese, J.N., Eijs, R.M.H.E. van, Meer, S. de & Kroon, I.C., 2003.
Observation and prediction of the relation between salt creep and land subsidence in solution mining. The Barradeel case. Solution Mining Research Institute (SMRI) Richmond, Texas, USA: SMRI.

Frisia Zout B.V., 2009. Bodemdaling door zoutwinning in de Barradeel en Barradeel II winning-vergunninggebieden. Gebaseerd op de nauwkeurigheidswaterpassing van september 2008 en de GPS-resultaten tot eind januari 2009. Frisia Zout B.V. (gepubliceerd via www.nlog.nl).