



Esther van Baaren, Deltares

Perry de Louw, Deltares

Marta Faneca Sanchez, Deltares

Bram de Vries, Nelen & Schuurmans

Hydrogeologische studie Schouwen-Duiveland: zout- én zoetwatervoorziening

Het Kustlaboratorium van Het Zeeuwse Landschap op Schouwen-Duiveland moet voedselvoorziening (duurzame aquacultuur) en landschaps- en natuurontwikkeling samen gaan brengen in één plan. Voor de ondersteuning van de inrichting van de zoute polder (Het Kustlaboratorium) voerde Deltares een hydrologische studie uit. Een combinatie van meettechnieken, gebiedskennis en een fjnschalig tijdsafhankelijk zoet-zout-grondwatermodel leidde tot een model dat gebruikt kan gaan worden om beslissingen voor de gebiedsinrichting te nemen en om optimale maatregelen te bepalen voor het bewaken van de zoetwatervoorziening van de naastgelegen landbouwpolder.

Het Kustlaboratorium wordt ontwikkeld door Het Zeeuwse Landschap, daartoe in staat gesteld door een bijdrage uit het Droomfonds van de Nationale Postcode-loterij. De beoogde locatie is op Schouwen-Duiveland (zie afbeelding 1a). Het Kustlaboratorium moet voedselvoorziening (duurzame aquacultuur) en landschaps- en natuurontwikkeling gaan combineren (zie afbeelding 1b). Het project speelt vooral in op de toenemende verzilting van het grondwater in zoute kwelgebieden met binnendijkse landbouwgrond. In het Kustlaboratorium wordt de verzilting niet langer als bedreiging gezien. In een binnendijks gebied komen ingegraven (zoute) aquaculturbassins te liggen voor de kweek van vissen, schaal- en schelpdieren en zeegroenten. De combinatie van natuur, productie en recreatie in het Kustlaboratorium is bijzonder, evenals het creëren van economische activiteiten (aquacultuur) in een zoute omgeving. Voor andere delen in de wereld (Vietnam, Gujarat in India, de kust van Egypte en delen van Mesopotamië in Irak) kan dit van groot belang zijn.

De basis voor het Kustlaboratorium is een zoute polder. Het inrichten en optimaal benutten van deze zoute polder in een relatief zoete omgeving werpt een aantal belangrijke vragen op:

- Leidt de zoute polder tot een toename van de zoutbelasting op omliggende polders via het grond- of oppervlaktewater?
- Leidt de zoute polder tot wateroverlast of droogte in de omliggende polders?
- Zo ja, is dit erg en hoe wordt dit voorkomen of verminderd?
- Welke waterbeheertechnieken (zoals inlaat, peilen, dimensies vijvers en andere waterpartijen) zijn toepasbaar en hoe beïnvloeden deze het watersysteem van de polder?

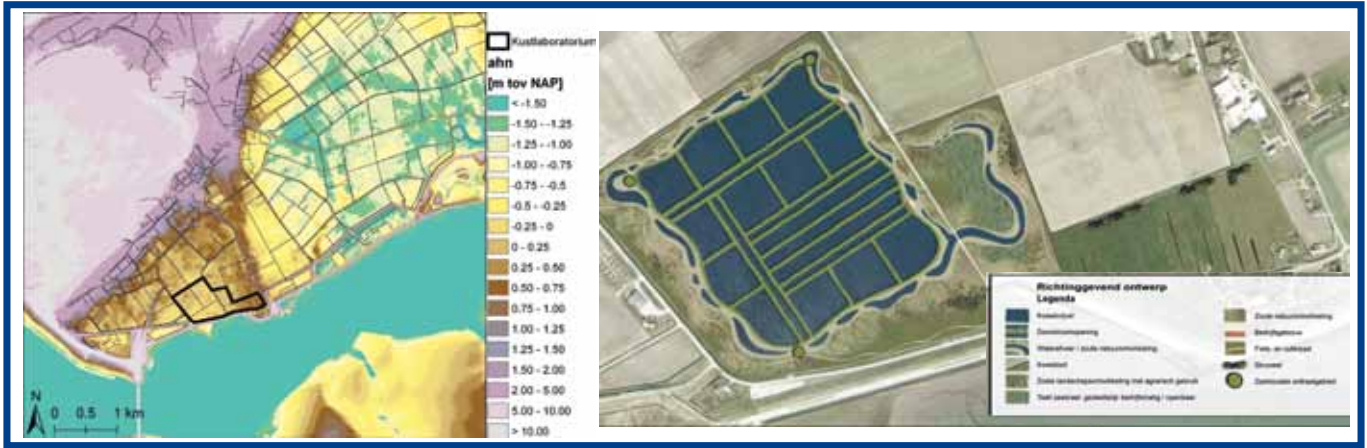
In de hydrologische studie van Deltares is met behulp van veldwerk, gebiedskennis en het gebruik van meettechnieken in combinatie met een grondwatermodel een goed inzicht verkregen in de werking van

een complex zoet-zoutgrondwatersysteem. Voor waterbeheerders en gebiedsontwikkelaars is dit van belang, omdat alleen dan de juiste beslissingen genomen en maatregelen gekozen kunnen worden voor de inrichting van het Kustlaboratorium én voor de omliggende (relatief zoete) landbouwpolder. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met onderzoekers en studenten van de Delta Academy van HZ University of Applied Sciences uit Zeeland, waardoor kennis uit de regio gebruikt is in het project en kennis over hydrologie en geologie naar de regio gebracht is.

Studiegebied

Het huidige landschap van Schouwen-Duiveland telt duinen, kreekruggen en

Voor de opzet van het monitoringsprogramma is veel gebruik gemaakt van de kennis uit het onderzoek naar ondiepe regenwaterlenzen in zoute kwelgebieden dat Deltares op Schouwen-Duiveland uitvoerde¹⁾. Met verschillende meettechnieken zijn karakteristieken van regenwaterlenzen op zout grondwater in beeld gebracht. De metingen variëerden van 1D-puntmetingen met de prikstok, elektrische sonderingen en minifilter grondwatersampling, en 2D-perceelsmetingen met CVES en EM31 tot quasi 3D-Helicopter Electromagnetische Metingen, waarmee voor een groot deel van het eiland de dikte van de regenwaterlens kon worden gekarteerd. De studie laat zien dat op drie schaalniveau's regenwaterlenzen voorkomen: 20 tot 100 meter dikke zoetwaterlenzen onder duinen, vijf tot 30 meter dikke zoetwaterlenzen onder kreekruggen en dunne regenwaterlenzen (minder dan vijf meter dik) in de zoute kwelgebieden. In de meeste dunne regenwaterlenzen in kwelgebieden werd geen zoet maar slechts brak grondwater aangetroffen. Het midden van de gemengde zone tussen regenwater en zout kwelwater manifesteerde zich binnen 2,5 meter onder maaiveld.

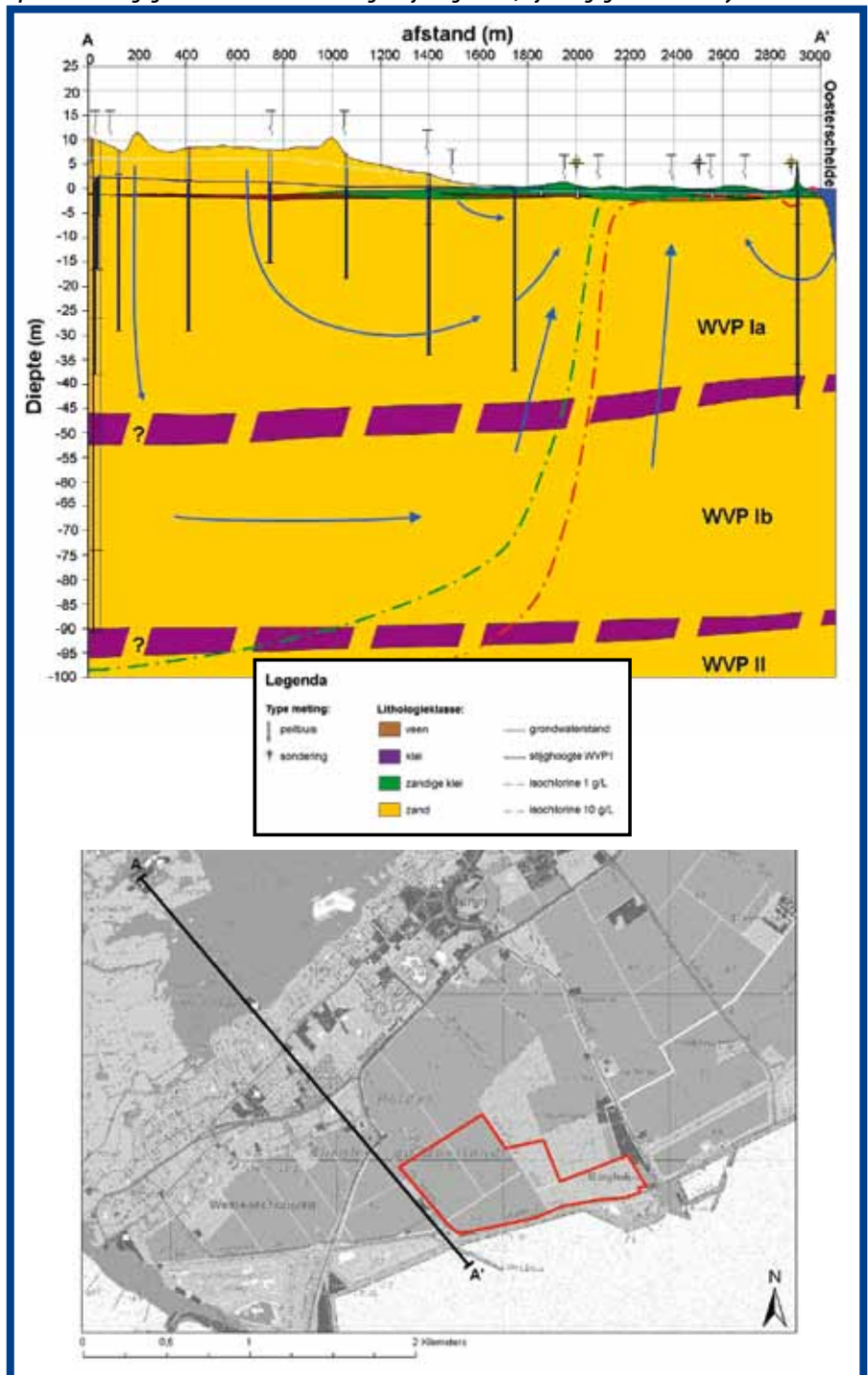


Afb. 1: Links de locatie (a) en rechts de luchtfoto van het Kustlaboratorium (b).

poelen. De duinen zijn ontstaan in de 9e eeuw toen de toenmalige bewoners bomen en struiken gingen kappen op de oude strandwallen voor brandstof en op de gekapte gebieden vee lieten grazen. Het zand werd hierdoor niet meer vastgehouden en verstoof, waardoor de duinen zijn gevormd. De duinen van Burgh-Haamstede zijn de breedste duinenrij van Nederland. Kreeken vormden oorspronkelijk de lage delen in het landschap. Doordat men gebieden ging draineren, daalde de bodem als gevolg van inklinking en rijping. Omdat de kreeken vooral uit zandige sedimenten bestaan, daalde de bodem daar minder snel dan de naastgelegen poelgronden en zijn de kreeken tegenwoordig de hoogste natuurlijk landschapselementen in het poldergebied. Dit landschap met hoge kreekruigen en lage poelgronden, noemt men een inversielandschap^{2),3)}.

Het grondwater ter plekke wordt verdeeld in het duin-, polderkwel- en Oosterschelde-systeem. Een regionale grondwaterstroming loopt vanuit het duingebied richting de polder. Het zoete duinwater stroomt gestaag richting de lage polders (zie afbeelding 2). Ook het peil van de Oosterschelde heeft invloed op de stroming van het grondwater vanuit de Oosterschelde in de richting van de lager gelegen polder. Vanuit de duinen richting de polder vindt een overgang plaats van infiltratie naar kwel. Iets verder in het kwelgebied richting de Oosterschelde is de overgang van zoete naar zoute kwel. In het geplande Kustlaboratorium is de kwel zout, langs de duinrand nog zoet. In het Kustlaboratorium wordt op twee tot drie meter diepte al zeer zout grondwater aangetroffen (>50% zeewater). De kwelsituatie in het poldergebied voorkomt dat regenwater tot grote diepte kan infiltreren. Er vormen zich dunne regenwaterlenzen bovenop het zoute kwelwater. Daardoor is toch landbouw mogelijk. Door bodemdaling en zeespiegelstijging zal de kweldruk echter toenemen en kunnen deze regenwaterlenzen verder onder druk komen te staan. Onder de duinen bevindt zich een zoetwaterbel; de kreekrug aan de oostkant van het Kustlaboratorium bevat ook zoet water (minimaal tien meter diep). Het oppervlaktewater stroomt vanaf de duinrand richting het zuiden het poldergebied in. In het poldergebied stroomt het water veelal naar het oosten. Ter hoogte van

Afb. 2: Overzicht van de regionale grondwaterstroming vanaf de duinen richting polder. De schets is gebaseerd op actuele meetgegevens. Locaties waar metingen zijn uitgevoerd, zijn aangegeven met een symbool.





De monitoringscampagne.

de noordelijke grens van het Kustlaboratorium wordt het oppervlaktewater zouter door de zoute kwel.

Aanpak

Binnen de hydrogeologische studie is een 3D-dichtheidsafhankelijk grondwatermodel opgesteld van de locatie van het toekomstige Kustlaboratorium en de relevante omgeving (zie afbeelding 1a). Dit model wordt gebruikt voor onderzoek naar effecten van aanpassingen in de gebiedsinrichting op de hydrogeologie: zoetwaterstijghoogte eerste watervoerend pakket, freatische grondwaterstand, kwel/infiltratie, zoet-brak-zoutverdeling van het grondwater en zoutvrachten van het grondwater naar het oppervlaktewater. Ter vergroting van de betrouwbaarheid is een monitoringscampagne uitgevoerd. Andere doelen van deze metingen zijn een verder begrip van het hydro(geo)logische systeem en het vaststellen van de nulsituatie, zodat mogelijke effecten na de aanleg van het Kustlaboratorium gemeten kunnen worden. In onder andere de databank

van het Dinoloket zijn veel metingen beschikbaar voor het modelgebied over de bodemopbouw, zoetwaterstijghoogtes en zoutgehaltes (grond- en oppervlaktewater). Deze studie heeft echter een lokale schaal: het beoogde Kustlaboratorium is ongeveer 45 hectare groot en het modelgebied zes bij zeven km² (zie afbeelding 1a). De bestaande metingen geven te weinig details voor het interessegebied en gegevens over de zoet-zoutverdeling in dit gebied ontbreken. Daarom zijn vanaf juli 2011 in samenwerking met de Delta Academy van HZ University of Applied Sciences en BMNED aanvullend peilbuizen geplaatst en is het zoutgehalte van gronden en oppervlaktewater gemeten. De metingen geven informatie over het grondwatersysteem die met elkaar gecombineerd voor een goed beeld van de werking van het systeem zorgen. Een voorbeeld hiervan zijn de stijghoogtemetingen op verschillende dieptes die aangeven of op een locatie kwel of infiltratie optreedt en de TEC-probe en elektrische sonderingen die bijbehorende zoutprofielen tonen.

Ondersteuning gebiedsinrichting

Het modelinstrumentarium voor grondwaterstroming en zouttransport kan voor verschillende tijdschalen en ruimteschalen ingezet worden. Om meer details in het freatisch pakket te kunnen modelleren, is gekozen voor kleine modellagen (0,5 meter dik) in het topsysteem. De horizontale resolutie is 25 x 25 m² met de mogelijkheid voor detailstudies op 5 x 5 m². Voor het geologisch model is gebruik gemaakt van GEOTOP 3D⁴⁾, waarbij rekening is gehouden met verschillende geologische scenario's en de nieuwe metingen. Verder is de nieuwste informatie verwerkt voor het oppervlaktewatersysteem, buisdrainage en de grondwateronttrekkingen. Voor de grondwateraanvulling zijn de neerslaggegevens van Kerkwerpe op decadebasis gebruikt en de verdampingsgegevens van Wilhelminadorp. Het model is gekalibreerd voor een niet-stationaire modelberekening op decadebasis voor de periode 2004 t/m 2011. Alle geschikte stijghoogtemetingen zijn gebruikt voor de zomer- en winterhalfjaren. Vervolgens is het model

gekalibreerd met behulp van de zoetzout metingen voor diepte van grensvlakken. De modelresultaten sluiten goed aan zowel de stijghoogte- als de chloridemetingen (ECPT's en chloridemonsters). Het resultaat is een gedetailleerd en nauwkeurig model voor een complex zoetzout gebied (zie afbeeldingen 3 en 4).

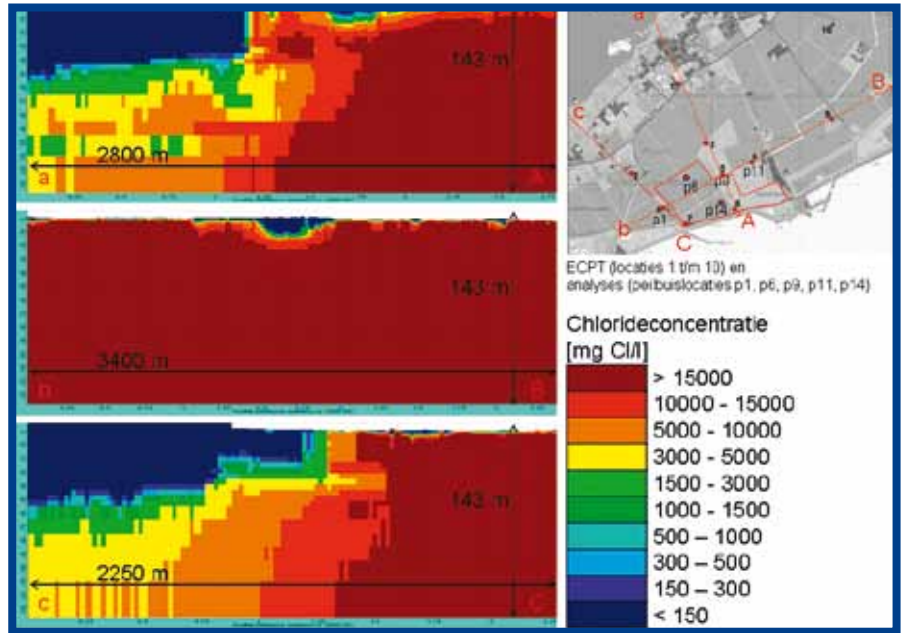
Effecten gebiedsinrichting

Een peil- of maaiveldverandering of de aanleg van aquacultuurvijvers in het Kustlaboratorium kunnen invloed hebben op de omgeving (verzilting, vernatting, verdroging). Een peilverhoging zonder maatregelen om de naastgelegen zoete landbouwpolder te beschermen, heeft tot vele honderden meters buiten de grenzen van het Kustlaboratorium invloed op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket, op de kwel- en infiltratiefluxen en op de zoutvrachten naar het oppervlaktewatersysteem. De grondwaterstand zal niet veel hoger worden, omdat het huidige drainagesysteem het extra water zal afvoeren.

Dit model zal gebruikt worden voor de ondersteuning van de inrichting van het Kustlaboratorium: zodanig dat de omgeving geen veranderingen in verzilting, vernatting of verdroging ervaart. Mogelijkheden om overlast te voorkomen, zijn het aanleggen van een kwelsloot, extra drainagebuizen of een natuurlijk kwelgebied in de vorm van een krekensysteem of natuurbufferzone. Voor de zoetwaterlandbouw in de omgeving brengt deze studie ook andere mogelijkheden in beeld: het loskoppelen van de zoute polder zou ervoor kunnen zorgen dat de omgeving zoeter blijft én nieuwe inzichten in zoet-zout-grensvlakken laten mogelijkheden zien voor zoetwaterwinning uit zoete kwel en kreekruigen.

Conclusie

De combinatie van meettechnieken, gebiedskennis en een gedetailleerd zoet-zout-grondwatermodel heeft geleid tot een instrumentarium dat gebruikt zal gaan worden om beslissingen voor de gebiedsinrichting te nemen en om optimale maatregelen voor het



Afb. 3: Profielen uit het 3D-model van de chlorideconcentratie van het grondwater rond de locaties van de chloridemetingen (ECPT's en analyses). Het verschil tussen de berekende en gemeten chlorideconcentratie is klein.

bewaken van de zoetwatervoorziening van de naastgelegen landbouwpolder te bepalen. Het Kustlaboratorium past goed in de visie zoute functies versterken waar vooral zout (grond) water aanwezig is en zoete functies versterken op die locaties waar nog voldoende zoet (grond)water voorradig is. Deze studie laat zien dat ook op lokale schaal mogelijkheden bestaan voor het versterken van zowel de zoet- als de zoutwatervoorziening⁵⁾.

- 4) Stafleu J., D. Maljers, J. Gunnink, A. Menkovic en F. Busschers (2010). 3D modelling of the shallow subsurface of Zeeland, the Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences* 90, pag. 293-310.
- 5) Van Baaren E., P. de Louw, M. Faneca Sanchez, B. de Vries, J. van der Vleuten, H. Massink en J. Heringa (2012). *Hydrologische studie Kustlaboratorium*. Deltares. Rapport 1204870-000-BGS-0006.

LITERATUUR

- 1) De Louw P., S. Eeman, B. Siemon, B. Voortman, J. van Gunnink, E. van Baaren en G. Oude Essink (2011). Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage. *Hydrology and Earth System Sciences* 15, pag. 3659-3678.
- 2) Ovaal I., P. van der Sluijs en M. Wilderom (1968). Dijkdoorbraken en bodemgesteldheid in Zeeland (I). *Zeeuws Tijdschrift* 4, pag. 113-123.
- 3) Beekman F. (2007). De Kop van Schouwen onder het zand - Duizend jaar duinvorming en duingebied gebruik op een Zeeuws eiland.

Afb. 4: Links de berekende GHG voor de periode 2004-2011 met het dichtheidsafhankelijke grondwatermodel met gekoppeld zouttransport en rechts de berekende kwel/infiltratie winter 2005-2006.

