
Zoutwaterintrusie in het grondwatersysteem van de Kop van Noord-Holland

Een toepassing van de driedimensionale computer- code MOCDENS3D

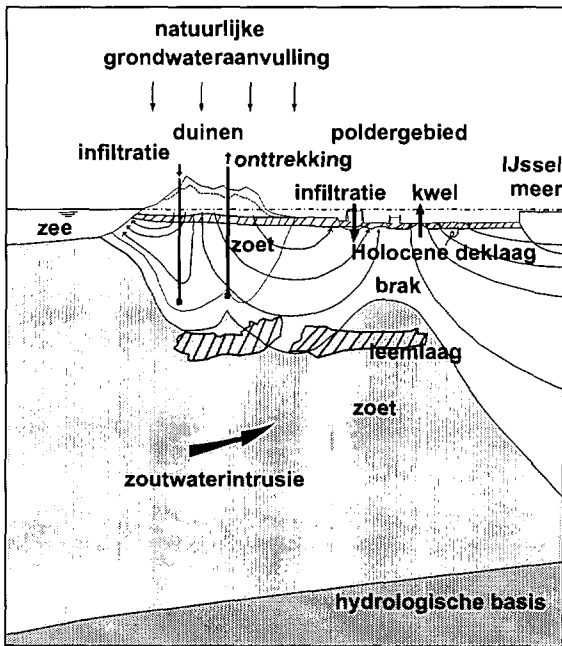
Gualbert Oude Essink

In dit artikel wordt de verzilting in het noorden van de provincie Noord-Holland, in de zogenaamde Kop van Noord-Holland, geanalyseerd. Momenteel treedt hier reeds een sterke verzilting van de ondergrond op. Dit proces wordt met name veroorzaakt door het aanleggen van diepe polders hetgeen vanaf de Gouden Eeuw heeft plaatsgevonden. Met behulp van de drie-dimensionale numerieke code MOCDENS3D (Oude Essink, 1998a) wordt de toekomstige verplaatsing van zoet, zout en brak grondwater in dit grondwatersysteem voorspeld, waarbij ook gekeken wordt naar de effecten van een relatieve zeespiegelstijging. De zoutconcentratie en de daaraan gekoppelde zoutbelasting zal in een flink aantal polders sterk toenemen gedurende de komende eeuwen, met alle waterhuishoudkundige gevolgen van dien.

Inleiding

Nederland is een dichtbevolkt land waarvan ongeveer 8 miljoen mensen in het kustgebied wonen. Tengevolge van natuurlijke en antropogene oorzaken wordt het Nederlandse grondwatersysteem in het kustgebied bedreigd door intrusie van zout water (figuur 1). De verzilting van het grondwatersysteem beïnvloedt verschillende waterhuishoudkundige facetten zoals de drink- en industriewatervoorziening, het doorspoelen van waterlopen in poldergebieden en de landbouw in termen van zoutschade. Daar komt bij dat een te verwachten relatieve zeespiegelstijging het systeem extra zal belasten.

dr.ir. **Gualbert H.P. Oude Essink** is werkzaam bij de Universiteit Utrecht, Interfacultair Centrum voor Hydrologie Utrecht (ICHU), Faculteit der Aardwetenschappen, Geofysica, Postbus 80021, 3508 TA Utrecht, tel: (030) 253 51 42, fax: (030) 253 50 30, e-mail: g.oude.essink@geo.uu.nl, <http://www.geo.uu.nl/~goe/>



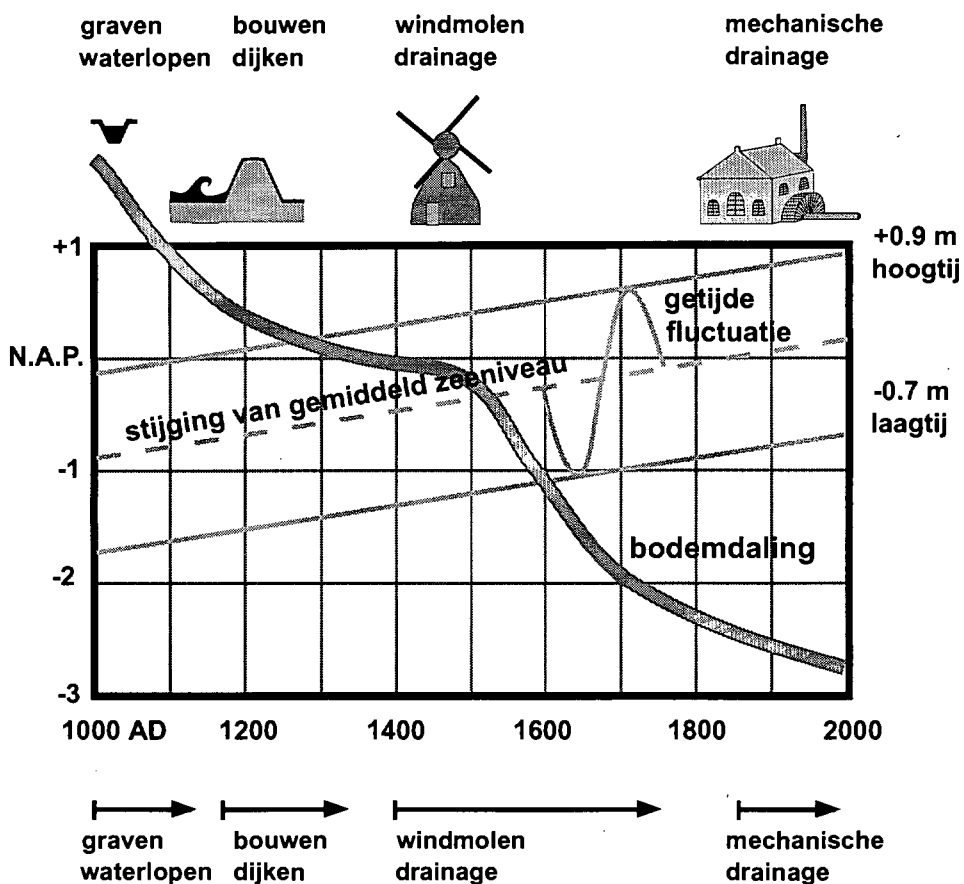
Figuur 1: Schematisering van de hydrogeologische situatie in het westelijke deel van Nederland.

In dit artikel worden de resultaten van een onderzoek naar de zoutwaterintrusie in de Kop van Noord-Holland gepresenteerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de drie-dimensionale computer code MOC3D¹ (Oude Essink, 1998a, 1998b), die is gebaseerd op MOC3D (Konikow e.a., 1996), maar aangepast voor dichtheidsverschillen in het grondwater. Doel van het onderzoek is tweeledig: ten eerste, hoe presteert de code in het geval van een regionaal model met een groot aantal elementen en ten tweede, hoe verloopt de zoutwaterintrusie in de toekomst en wat zijn daarvan de effecten. Allereerst wordt in het kort het ontstaan van Nederland behandeld. Daarna worden het grondwatersysteem, de toegepaste parameterwaarden en de opbouw van het numerieke model beschreven. Vervolgens worden de resultaten van de modelberekeningen besproken en het artikel wordt afgerond met conclusies en aanbevelingen.

Het ontstaan van Nederland

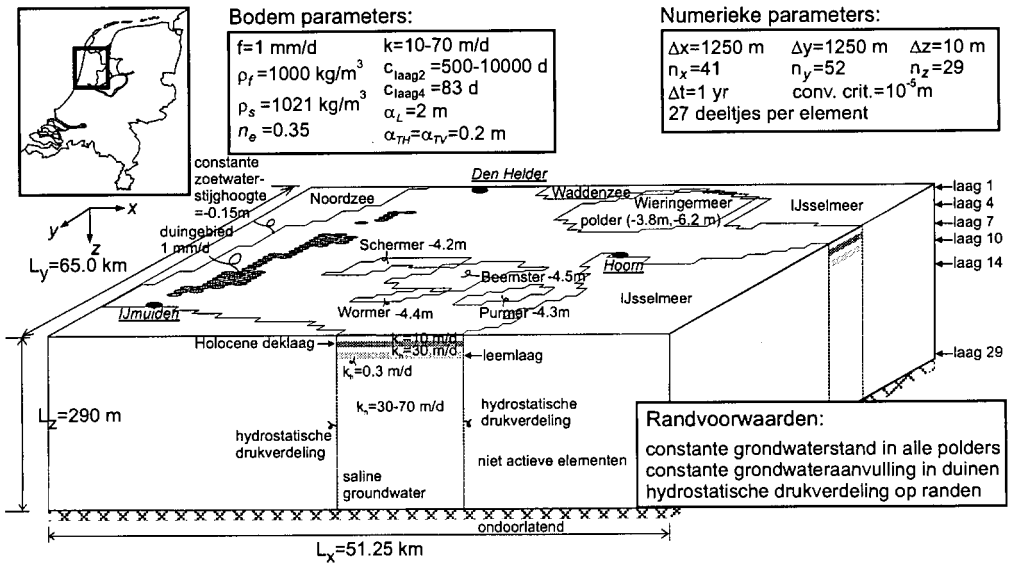
Het grootste deel van Nederland bestaat uit lagune- en deltagebieden van de rivieren Rijn, Schelde en Maas, die ontstaan zijn als gevolg van natuurlijke processen zoals regressies en transgressies van de zee. Voordat de mens zijn intrede deed werd dit moerassige gebied achter de duinen ontwaterd door brede, langzaam stromende waterlopen. Overstromingen

¹ Er zijn gevorderde plannen om MOC3D op te nemen in PMWIN, versie 6.0.

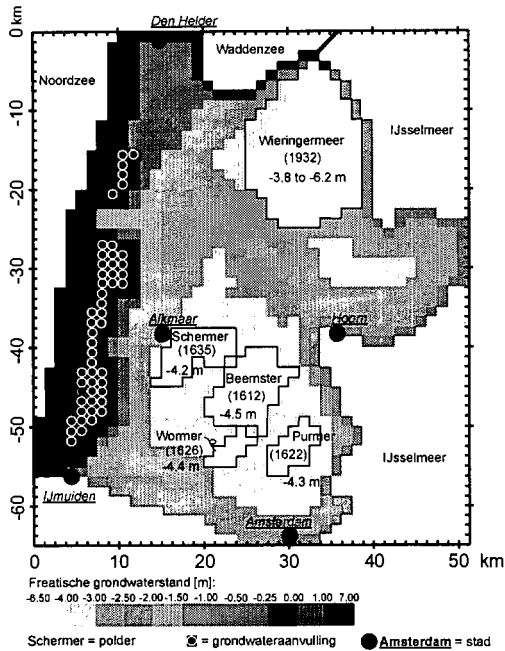


Figuur 2: Daling van het maaiveld in Nederland (schematisch) (Atlas van Nederland, 1986).

vanuit de zee of de rivieren vonden regelmatig plaats. Vanaf de derde eeuw voor Christus werden terpen gebouwd en laagvlakten ontwaterd. Vanaf ongeveer 1100 AD werden bedijkingen langs de hoofdrijvers opgeworpen en sluizen in waterlopen gebouwd. Dit resulteerde in een patroon van kleine ingesloten gebiedjes omgeven door dijken, de zogenaamde polders. Door een efficiëntere drainage van het land daalde de bodem (figuur 2). Dit gebeurde met name in veengebieden in het westen en noorden van het land. Veengronden werden ontgonnen om te dienen als brandstof, zodat zoetwatermeren ontstonden. Overtollig water kon uit de polder worden verwijderd door windmolens en het scheprad in de zestiende eeuw. Het werd mogelijk om diepere en grotere zoetwatermeren droog te leggen. Met name in de zeventiende eeuw (de Gouden Eeuw) werden in Noord-Holland verscheidene meren drooggelegd, de zogenaamde droogmakerijen. Later leidde het gebruik van stoomgemalen en vervolgens gemalen met elektrische en dieselmotoren tot het droogleggen van de diepste meren. In dit gebied met een wirwar van kleine en grote polders, elk met een eigen gecontroleerd polderpeil lager dan het gemiddeld zeeniveau, begon het grondwater sneller te stromen. Verschillen tussen polderpeilen en stijghoogten in de diepere ondergrond veroorzaken kwel (opwaartse grondwaterstroming door een



Figuur 3: De geometrie van het grondwatersysteem in de Kop van Noord-Holland.



Figuur 4: Huidige (1990 AD) freatische grondwaterstanden in het bovenste watervoerende pakket. Tussen haakjes het moment van drooglegging.

weerstandslaag) in met name de diepe polders en infiltratie van oppervlaktewater in de ondiepe, nog bestaande, zoetwatermeren. De kwel wordt tevens vergezeld door een zoutbelasting aangezien zich brak grondwater in de bovenste delen van het grondwatersysteem bevindt.

Modellering van het grondwatersysteem

Het grondwatersysteem in de Kop van Noord-Holland bestaat uit goed doorlatende Kwartaire watervoerende pakketten, doorsneden met lemige slechtdoorlatende lagen. Het systeem is bedekt met een holocene slechtdoorlatende laag van klei en veen. De hydraulische doorlatendheid, die gebruikt wordt in de numerieke berekeningen, varieert van 10 tot 70 m/dag voor de goed doorlatende watervoerende pakketten en de hydraulische weerstand van de holocene deklaag van 500 tot 10000 dagen (figuur 3). Hieronder bevindt zich de slechtdoorlatende mariene Formatie van Maassluis (waarvan de hydraulische conductiviteit gelijk is gesteld aan 5 m/dag). De hydrologische basis ligt op -290 m N.A.P. De ratio tussen verticale en horizontale doorlatendheid is 0,4 en de effectieve porositeit 35%. De menging van het zoet, brak en zout grondwater wordt meegenomen door middel van hydrodynamische dispersie. De longitudinale dispersiviteit wordt gelijk gesteld aan 2 m, de transversale dispersiviteit gelijk aan 0,2 m. Langs de Nederlandse kust wordt het zeewater gemengd met rivier water uit met name de Rijn, zodat het aanwezige zoute water een dichtheid van ongeveer 1021 kg/m³. Zoet water heeft een dichtheid van 1000 kg/m³. De onderkant van het systeem is ondoorlatend, terwijl er hydrostatische condities aan de vier randen heersen. Het zeeniveau wordt in eerste instantie constant gehouden in de tijd: -0,15 m N.A.P. In het gebied liggen een aantal diepe polders met freatische grondwaterstanden die variëren tussen -0,1 m en -6,2 m N.A.P., zie figuur 4. Op het moment van simulatie (het jaar 1990 AD wordt als referentie tijdstip genomen) bevat het hydrogeologische systeem reeds zoet, brak en zout grondwater. Grof gezegd: het zoutgehalte neemt toe met de diepte, met hier en daar een inversie, hetgeen vanuit numeriek oogpunt lastig te modelleren is. In het duingebied bevinden zich enkele zoetwaterlenzen tot zo'n -85 m N.A.P. Onder Hoorn is een groot zoetwaterbekken aanwezig tot -95 m onder N.A.P. Verder is er veel licht brak water aanwezig in de bovenste lagen. De chloride concentraties op -5 m N.A.P. zijn het hoogst in de polders Schermer (tot 4000 mg Cl⁻/l) en Wieringermeer (tot 6000 mg Cl⁻/l). De natuurlijke grondwateraanvulling in het duingebied bedraagt 1 mm per dag, terwijl 5,2 miljoen m³ grondwater per jaar wordt onttrokken uit het tweede watervoerende pakket op -25 m N.A.P. Tevens wordt in het oostelijke en zuidelijke deel van de Kop van Noord-Holland op -35 m N.A.P. in totaal 5,4 miljoen m³ grondwater per jaar onttrokken. Er vindt een zeer grote industriële grondwateronttrekking plaats in het zuidwesten van het model met een debiet van 22,5 miljoen m³ per jaar tussen -115 en -135 m N.A.P.

Het gehele grondwatersysteem, met een oppervlakte van 65.0 bij 51,25 km² en een dikte van 290 m, wordt opgedeeld in ruim 60.000 elementen (zie figuur 4). Elk element heeft dezelfde grootte: 1250 m bij 1250 m en 10 m dik. Zulke grote elementen veroorzaken bij de gebruikte oplossingstechniek geen numerieke problemen². Door de vorm van het grondwa-

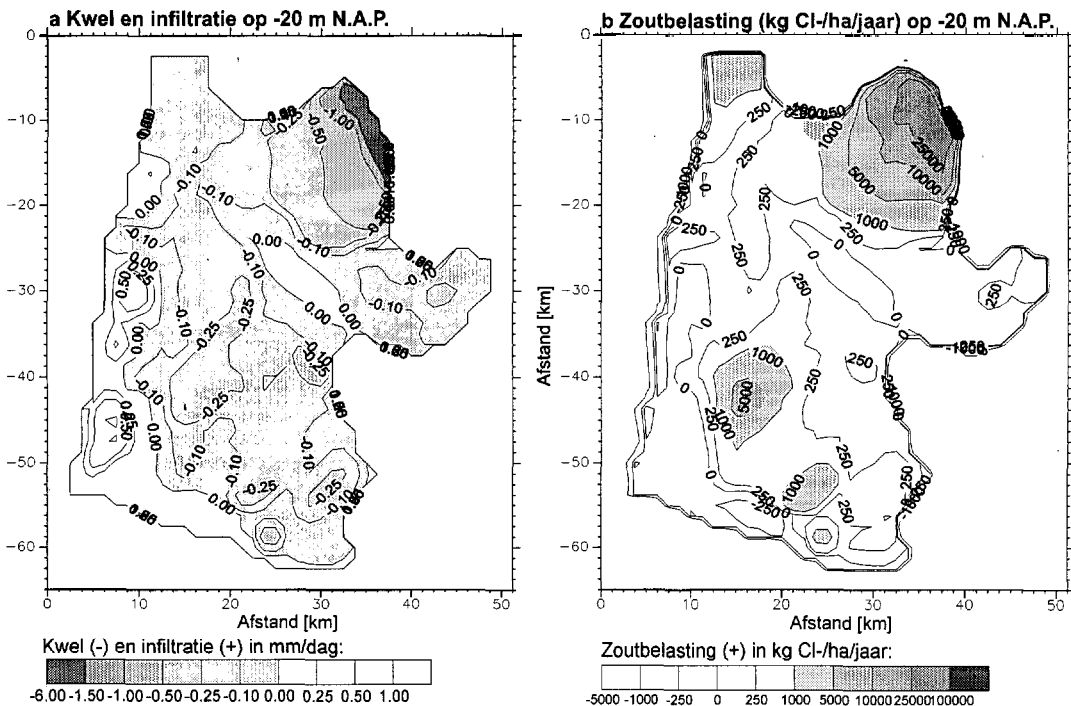
² De numerieke Pecletconditie is hier niet van toepassing (Oude Essink en Boekelman, 1996). Het numerieke Pecletgetal, dat de grootte van een element koppelt aan de dispersiviteit α_L , is niet beperkend bij de gebruikte numerieke techniek.

tersysteem, dat een oppervlakte heeft van ongeveer 2000 km², is zo'n 65% van de elementen actief in de numerieke berekening: de rest doet niet mee. Het (advectieve) transport van zout wordt gemodelleerd met behulp van deeltjes, waarvan er initieel 27 in elk element worden geplaatst. Dit model neemt 43 Mbyte EM RAM in beslag. De tijdstap om de vergelijking van de stroming van grondwater opnieuw op te lossen is gelijk aan 1 jaar. De totale simulatietijd is gelijk aan 1000 jaar (berekening duurt ongeveer 17 uur op een Pentium Pro 200 MHz).

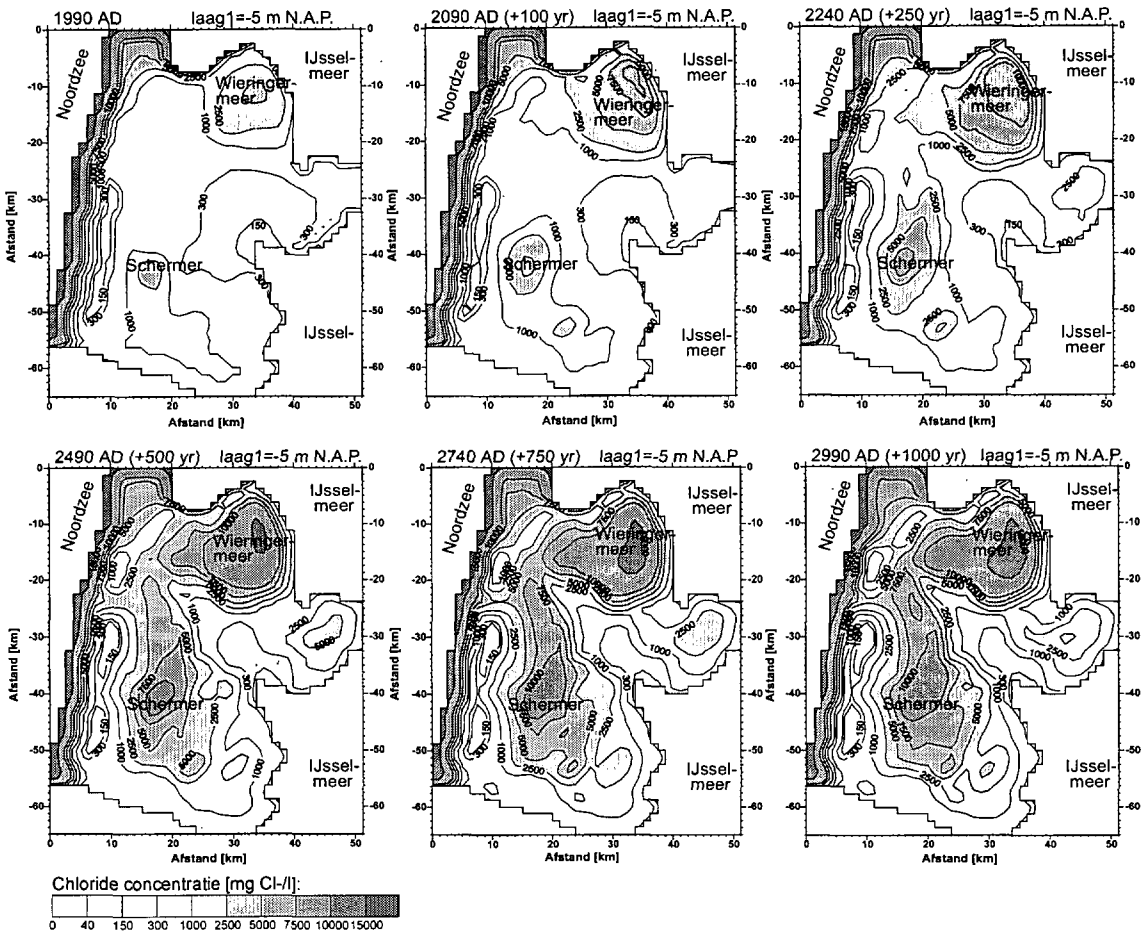
Modelberekeningen

Simulatie zoutwaterintrusie voor 1990

Kalibratie, dat wil zeggen het minimaliseren van het verschil tussen meetgegevens en modeluitkomsten, is niet gemakkelijk. Er is gebruik gemaakt van onder andere stijghoogten op verschillende diepten, kwel en zoutbelastingen in polders, en infiltratie debieten in de duinen. Verschillende bronnen zijn geraadpleegd (onder meer DGV-TNO, 1979; ICW, 1982; Beekman, 1991; TNO-GG/RIZA, 1994), waarbij met name het 'oude' ICW rapport de meeste gegevens heeft aangeleverd. De initiële chloride concentratie en de hydraulische weerstand van de holocene deklaag hebben vanzelfsprekend een behoorlijke invloed op het



Figuur 5: Kwel in mm/dag (a) en zoutbelasting in kg Cl⁻/ha/jaar (b) in 1990 in het hydrogeologische systeem door de bodem van de holocene deklaag op -20 m N.A.P.

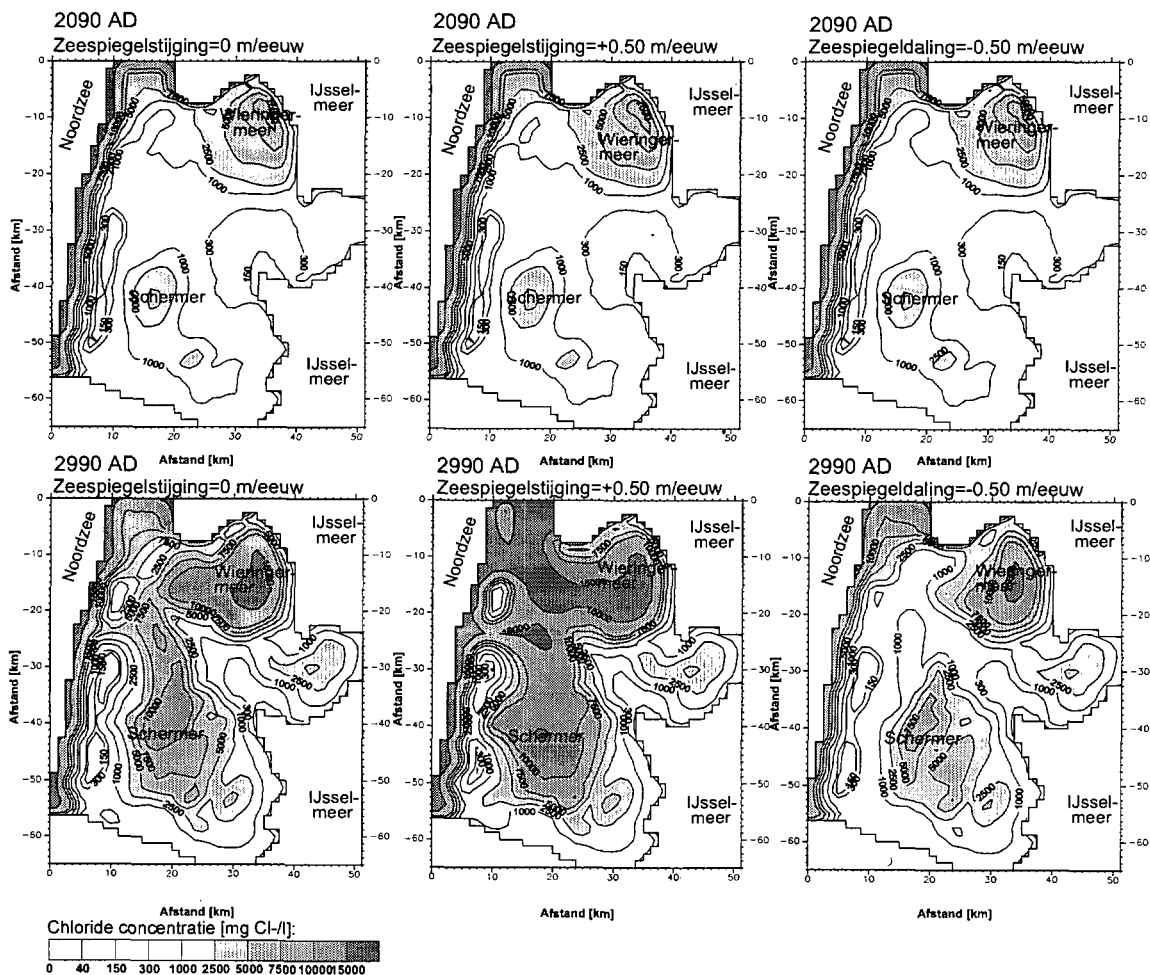


Figuur 6: Chlorideconcentratie in de deklaag op -5 m N.A.P. in 1990, 2090, 2240, 2490, 2740 en 2990 AD.

numerieke resultaat. De diepe polders creëren een verlaging van de stijghoogte in het centrale deel van het systeem, waardoor instroming van grondwater vanuit de zee en het IJsselmeer wordt veroorzaakt. Kwel treedt met name op in diepe polders (figuur 5a). Zo is de huidige kwel in het noordoosten van de Wieringermeer gelijk aan 5,6 mm per dag (dit is veel!). Dit heeft twee oorzaken: de korte afstand tot het IJsselmeer met een relatief hoog waterpeil, maar vooral door de lage hydraulische weerstand van de holocene deklaag. Figuur 5b toont de huidige (1990 AD) zoutbelasting op het oppervlakte water. Zo'n 80 % van de totale zoutbelasting in de Kop van Noord-Holland komt uit de Wieringermeer.

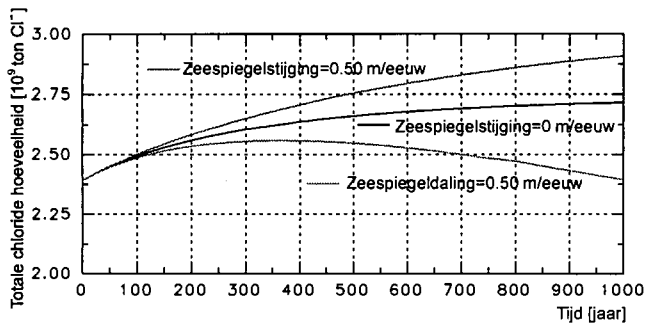
Simulatie zoutwaterintrusie over de periode 1990–2990

Het systeem wordt in dit geval 1000 jaar doorgerekend om veranderingen in de zoutverdeling te volgen. Gedurende deze tijdsspanne worden de randvoorwaarden (stijghoogten en grondwater fluxen) niet veranderd. Dit is in werkelijkheid een discutabele aanname. De



Figuur 7: Chlorideconcentratie in de deklaag op -5 m N.A.P. voor de drie scenario's in zeespiegelniveau op twee momenten in de tijd: 100 jaar en 1000 jaar na de initiële situatie in 1990.

numerieke resultaten hebben dus vooral academische waarde. Dit zogenaamde referentiegeval dient om gebeurtenissen (bijv. menselijke activiteiten zoals peilverlagingen) uit het verleden te kwantificeren. De komende eeuwen is de verandering in zoutgehalte groot. Figuur 6 toont de verandering in chlorideconcentratie in de bovenste laag op -5 m N.A.P. op zes momenten in de tijd: 1990 AD, 2090 AD, 2240 AD, 2490 AD, 2740 AD en 2990 AD. Zoals te zien is, blijkt de chlorideconcentratie in het totale systeem sterk toe te nemen, met name in de laaggelegen polders Wieringermeer en Schermer. Hieruit is op te maken dat het huidige systeem zich nog niet in een stationaire evenwichtstoestand bevindt. Zoutwaterintrusie vindt plaats doordat de poldergebieden met lage grondwaterstanden het zoute water aantrekken. Grondwater in het systeem ging versneld stromen op het moment dat de diepe polders Schermer, Beemster, Wormer en Purmer werden aangelegd tijdens het begin van de zeventiende eeuw, nu meer dan drie en een half eeuw geleden. Met een effectieve snelheid van in de orde van 10 m per jaar komt zout water het systeem binnen.



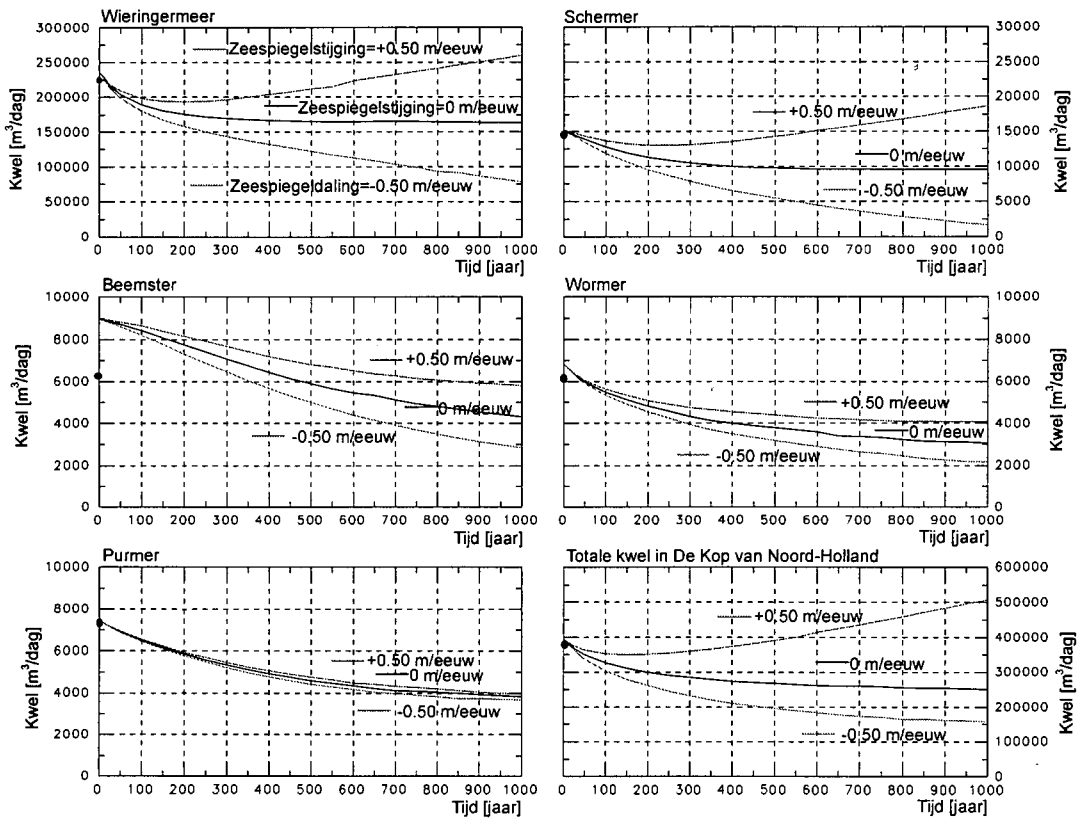
Figuur 8: Totale hoeveelheid chloride in ton Cl⁻ in het gehele hydrogeologische systeem als een functie van de tijd voor de drie scenario's in zeespiegelniveau.

Simulatie zoutwaterintrusie over de periode 1990–2990 onder invloed van zeespiegelvariaties

Volgens het Intergovernmental Panel of Climate Change (Warrick e.a., 1996) wordt een mondiale zeespiegelstijging van 0,49 m verwacht voor het jaar 2100, met een onzekerheidsinterval van 0,20 tot 0,86 m. Dit is twee tot vijf keer de stijging gedurende de afgelopen eeuw. Hierna worden drie scenario's in zeespiegelniveau beschouwd voor de komende 1000 jaar: (1) een zeespiegelstijging van 0,50 m per eeuw, (2) geen zeespiegelstijging (referentiegeval: reeds besproken), en (3) een zeespiegeldaling van 0,50 m per eeuw. Bodemdaling in dit gebied, veroorzaakt door grondwateronttrekkingen, compactie en krimp van klei en oxidatie van veen, draagt ook bij tot een relatieve zeespiegelstijging. Het is trouwens zeer waarschijnlijk dat ook de andere randvoorwaarden in werkelijkheid zullen variëren gedurende de 1000 jaar. Zo zal de positie van de kustlijn ongetwijfeld verplaatsen, terwijl het waterpeil in het IJsselmeer zich zal aanpassen. Deze veranderingen zijn hier echter niet meegenomen. Figuur 7 laat de verandering in chloride concentratie zien in de bovenste laag op –5 m N.A.P. voor de drie scenario's in zeespiegelniveau op twee momenten in de tijd: 100 jaar en 1000 jaar na de initiële situatie in 1990. Tijdens de komende eeuwen neemt de verzilting voor alledrie de scenario's toe ten opzichte van de huidige initiële situatie. Figuur 8 toont dat vanzelfsprekend de grootste toename in zoutgehalte wordt verwacht bij een zeespiegelstijging van 0,50 m per eeuw. Zelfs bij een zeespiegeldaling van –0,5 m per eeuw zal in de laaggelegen polders het ondiepe grondwater zout zijn.

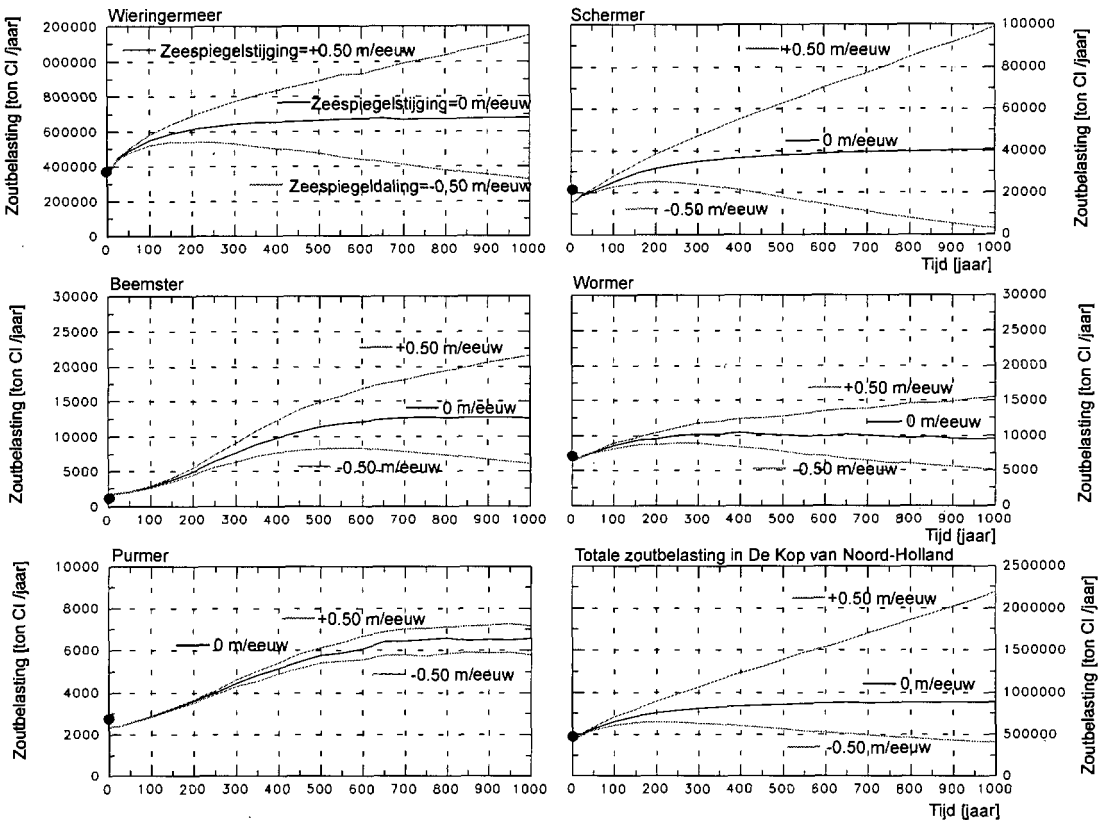
Kwel en zoutbelasting in vijf diepe polders

De verandering in kwel en zoutbelasting is onderzocht in vijf diepe polders: Wieringermeer (oppervlakte: 20.000 ha, drooglegging: 1930), Schermer (4770 ha, 1635), Beemster (7100 ha, 1612), Wormer (1620 ha, 1626) en Purmer (2756 ha, 1622). Figuur 9 toont de verandering in kwel door de slechtdoorlatende holocene deklaag als een functie van de tijd. Het is opvallend dat de kwel hoeveelheid substantieel afneemt in alle polders. Dit verschijnsel wordt



Figuur 9: Kwel in m^3/dag door de bodem van de holocene deklaag op -20 m N.A.P. als een functie van de tijd voor de drie scenario's in zeespiegelniveau in de polders Wieringermeer, Schermer, Beemster, Wormer en Purmer. Het symbool \bullet geeft gemeten waarden in de polders aan (ICW, 1982).

veroorzaakt door de toename in zoutgehalte in het grondwatersysteem. De equivalente (zoetwater)stijghoogte, die dichtheidsverschillen verdisconteert, neemt namelijk af als het zoutgehalte toeneemt. Omdat de freatische grondwaterstand in de polders gelijk blijft, zal de kwel dientengevolge afnemen. Zelfs in geval van een zeespiegelstijging zal de kwel voorlopig blijven afnemen. Pas na enkele eeuwen neemt de kwel dan in de meeste gebieden weer toe. De zoutbelasting (in ton chloride per jaar) is daarentegen de resultante van kwel vermenigvuldigd met het zoutgehalte. Het zoutgehalte neemt aanzienlijk toe, zodat ook de zoutbelasting zal toenemen. Figuur 10 geeft de zoutbelasting door de holocene deklaag in alle vijf polders. De zoutbelasting neemt de komende eeuwen behoorlijk toe in alle vijf polders, ook in geval van een zeespiegeldaling. De eerste eeuwen heeft zich dus nog geen stationaire evenwichtstoestand ingesteld. Er dient vermeld te worden dat de sterke toename in het begin van de simulatie zou kunnen duiden op een zogenaamd inspeleffect: het effect van een verkeerde initiële zoutverdeling in het systeem. Zo zou een te hoge ingevoerde chloride concentratie in het watervoerend pakket onder -20 m N.A.P. in het nume-



Figuur 10: Zoutbelasting in ton Cl/ha/jaar door de bodem van de holocene deklaag op -20 m N.A.P. als een functie van de tijd voor de drie scenario's in zeespiegelniveau in de polders Wieringermeer, Schermer, Beemster, Wormer en Purmer. Het symbool ● geeft gemeten waarden in de polders aan (ICW, 1982).

riek model een te grote toename van de zoutbelasting kunnen veroorzaken. Echter, er is ook een fysische oorzaak waarom met name de eerste eeuwen de zoutbelasting zal toenemen. Zout grondwater, wat zich namelijk al gedurende eeuwen in het systeem bevond, is sinds grote menselijke ingrepen, te weten het creëren van diepe poldergebieden, versneld gaan stromen en zal zo langzamerhand de bovenste lagen van het systeem bereiken. In de geselecteerde polders is het effect van een verandering in zeespiegelniveau pas na ongeveer één eeuw waarneembaar. De afstand van de polder tot de zee bepaalt hoe snel een variatie merkbaar is. Zo ligt de polder Purmer ver van de zee en is een verschil in zoutbelasting tussen met en zonder een zeespiegelstijging klein. Daarentegen is de toename van de zoutbelasting in de Schermer enorm omdat deze polder in de invloedssfeer van een zeespiegelverandering ligt. Het waterpeil in het IJsselmeer wordt constant gehouden. Zelfs bij een zeespiegeldaling neemt de verzilting twee eeuwen toe voordat het systeem langzaam zoeter wordt. Dit komt doordat zout grondwater reeds aanwezig is in het grondwatersysteem

onder de Schermer. Na een aantal eeuwen daalt het zeespiegel niveau onder de vaste polderpeilen in sommige polders, en begint oppervlaktewater te infiltreren. Merk op dat het waterpeil in het IJsselmeer de grondwaterstroming in de nabij gelegen polders domineert.

Conclusies

Het is goed mogelijk om met behulp van MOCDENS3D zoutwaterintrusie in dit drie-dimensionale grondwatersysteem in de Kop van Noord-Holland te modelleren met een beperkt aantal elementen (minder dan 40000 actieve elementen zijn hiervoor gebruikt). De veranderingen in zoutgehalte gedurende 1000 jaar zijn gesimuleerd zonder numerieke problemen. Intrusie van zout water vindt plaats in de watervoerende pakketten van dit grondwatersysteem omdat de freatische grondwaterstanden in de poldergebieden laag zijn. De kwel in de vijf beschouwde polders neemt af door een verlaging van de zoetwaterstijghoogte omdat de zoutconcentratie in het systeem toeneemt. Daarentegen neemt zowel de zoutconcentratie als de zoutbelasting in alle polders substantieel toe gedurende met name de komende eeuwen. In het geval van een zeespiegelstijging zal de verzilting van het grondwatersysteem alleen maar toenemen. In het algemeen kan gesteld worden dat in de toekomst deze regio in de provincie Noord-Holland rekening moet houden met veel meer zout grondwater en een hogere zoutbelasting dan op dit moment het geval is.

Aanbevelingen

Voor dit grove model, waarbij gekeken wordt naar regionale processen in de ondergrond, zijn elementen van 1250 m bij 1250 m met een dikte van 10 m acceptabel. Voor gedetailleerde studies is echter een fijner grid gewenst. Zo worden momenteel bij de studie 'Groot Geohydrologisch Onderzoek Texel' (samenwerking met Witteveen & Bos) 125.000 actieve elementen gebruikt van 250 m bij 250 m met dikten die variëren van 1.5 tot 20 m. Een juiste initiële dichtheidsverdeling is van groot belang, ook al omdat het de grondwaterstroming kan beïnvloeden. Helaas waren er nauwelijks voldoende lange tijdreeksen (van tientallen jaren) van chlorideconcentraties aanwezig om het model beter kunnen ijken wat betreft de dichtheidsverdeling. Om de juiste initiële dichtheidsverdeling in 1990 te verkrijgen, zouden eigenlijk alle relevante gebeurtenissen uit het verleden (zoals regressies, transgressies, inclusief de abrupte polderpeilveranderingen gedurende de laatste eeuwen) gemodelleerd moeten worden. Tevens verdient het aanbeveling om de chloride concentratie randvoorwaarden aan het IJsselmeer en aan de zuidkant van het model nauwkeuriger in te schatten, en eventueel met de tijd te laten veranderen.

Dankbetuiging

De auteur wil Reinder Boekelman van de Technische Universiteit Delft bedanken voor zijn commentaar en nuttige suggesties voor dit artikel.

Literatuur

- Atlas van Nederland (1986)** Deel 15 Water, G. P. van de Ven e.a. (red), Staatsuitgeverij, Den Haag, 1986.
- Beekman, H. E. (1991)** Ion Chromatography of Fresh- and Seawater Intrusion: Multicomponent dispersive and diffusive transport in groundwater; Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.
- DGV-TNO Dienst Grondwaterverkenning TNO (1979)** Grondwaterkaart van Nederland: Alkmaar en Medemblik, R. Lageman en M. Homan, 70 pag.
- ICW, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (1982)** Kwantiteit en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in Noord-Holland benoorden het IJ; Werkgroep Noord-Holland, ICW Regionale Studies 16, Wageningen, 166 pag.
- Konikow, L.F., D.J. Goode en G.Z. Hornberger (1996)** A three-dimensional method-of-characteristics solute-transport model (MOC3D); U.S.G.S. Water-Resources Investigations Report 96-4267, 87 pag.
- Oude Essink, G.H.P. (1998a)** Simuleren van 3D dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming: MOC3D; in: *STROMINGEN*, jrg 4, nr 1, pag 5-23.
- Oude Essink, G.H.P. (1998b)** MOC3D adapted to simulate 3D density-dependent groundwater flow; in: *Proc. MODFLOW'98 Conf., Golden, Colorado, USA*, pag. 291-303.
- Oude Essink, G.H.P. en R.H. Boekelman (1996)** Problems with large-scale modelling of salt water intrusion in 3D; in: *Proc. of the 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, Zweden, Juni 1996*, pag. 16-31.
- TNO-GG/RIZA, NAGROM (1994)** Rapport 8, supraregio Holland-Noord, OS 94-44.
- Warrick, R.A., J. Oerlemans, P.L. Woodworth, M.F. Meier, en C. le Provost (1996)** Changes in sea level; in: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho en B.A. Callander (red) *Climate Change 1995: The Science of Climate*; Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, pag 359-405.
- Wesseling, J. (1980)** Saline seepage in the Netherlands, occurrence and magnitude, in: Research on possible changes in the distribution of saline seepage in the Netherlands, Committee for Hydrological Research (CHO-TNO), Proceedings and Informations 26, pag 17-33.

Internationale

Agrarische Hogeschool



Larenstein

Larenstein Transfer biedt u onder andere de volgende cursussen en opleidingen:

Korte cursussen

- Oriëntatiecursus hydrologie

HBO-cursussen

- Waterbeheer en Natuurontwikkeling
- Grondwaterstroming en Geologie

Post-HBO opleidingen

- Projectmanagement Land en Water

Larenstein Transfer is een business unit van de Internationale Agrarische Hogeschool Larenstein. Larenstein levert u expertise op het gebied van Ruimtelijke Inrichting en Ketenkennis in binnen- en buitenland. Ontwerpen, inrichten en beheren van het landelijk en stedelijk gebied staan centraal bij de Ruimtelijke Inrichting. In de ketenkennis gaat het om de productie, verwerking, handel en consumptie van plantaardige en dierlijke producten. Larenstein Transfer bundelt deze expertise voor individuele professionals, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties in binnen- en buitenland.

Larenstein Transfer biedt u: • Opleidingen • Cursussen
• Workshops • Praktijkgericht onderzoek • Advisering
• In-company maatwerk



• INFORMATIE EN AANMELDINGEN
• INFODESK LARENSTEIN TRANSFER

Postbus 9001 • 6880 GB Velp • T 026-3695640

F 026-3695727 • E transfer@iahvlp.agro.nl • www.larenstein.nl