



Interpoleren op basis van verwantschap

JACO VAN DER GAAST, ALTERRA

HENK VROON, ALTERRA

IGOR STARITSKY, ALTERRA

In het kader van de actualisatie van de grondwatertrappen voor het beheergebied van Waterschap Regge en Dinkel is besloten om gebruik te maken van recent gekarteerde detailkarteringen. Om combinatie van Gd-informatie in de vorm van gridinformatie met een resolutie van 25 meter en informatie van grondwatertrappen uit detailkarteringen in de vorm van bodemGt-vlakken mogelijk te maken is een nieuwe interpolatietechniek ontwikkeld. Hiermee moet zo min mogelijk detailinformatie verloren gaan. De techniek maakt het mogelijk om verschillende variabelen die een verwantschap hebben, op een lokale wijze mee te nemen. Op deze manier is getracht de interpolatietechniek zo veel mogelijk aan te laten sluiten bij hetgeen een karteerder in het veld vastlegt.

De Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA), één van de voorlopers van Alterra, heeft in de tweede helft van de vorige eeuw een groot aantal bodemkarteringen uitgevoerd. Het doel hiervan was meestal het vervaardigen van een gebiedsdekkende bodem- en grondwatertrappenkaart (schaal 1:5.000 tot 1:50.000). Deze kaarten worden nog steeds voor veel doeleinden gebruikt, zoals voor het vervaardigen van bodemgeschiktheidskaarten, ruilwaardenkaarten voor landinrichtingsprojecten en vlak-

kenkaarten voor droogteschadeberekeningen van landbouwgewassen. Door deze karteringen heeft Alterra in de loop der jaren een groot archief opgebouwd met veel gebiedsdekkende vlak- en puntinformatie over de bodemgesteldheid in Nederland. Het gaat hierbij meestal om informatie uit bodemkarteringen die zijn uitgevoerd met een boorpunt dichtheid van gemiddeld één beschreven boorpunt per hectare (1:10.000) tot één beschreven boorpunt per drie tot vier hectare (1:25.000).

Dergelijke karteringen bevatten een schat aan informatie die bijvoorbeeld belangrijk kan zijn voor de invoer in modellen. Een nadeel is dat een groot deel van de bodemkundige informatie niet digitaal beschikbaar is. De introductie van veldcomputers bij karteringswerkzaamheden kwam pas vanaf het midden van de jaren 80 op gang, waardoor op dit moment slechts een relatief klein deel van de bodemkundige informatie digitaal beschikbaar is. Het laten digitaliseren van het analoge materiaal is een tijdrovende en kostbare zaak. Om toch op een snelle en goedkope wijze gebiedsdekkende informatie uit de analoge en digitale bodemkarteringen te kunnen halen en deze beter aan te laten sluiten op de modellen is een nieuwe ruimtelijke interpolatietechniek ontwikkeld. Bij deze techniek wordt gebruik gemaakt van verwantschap.

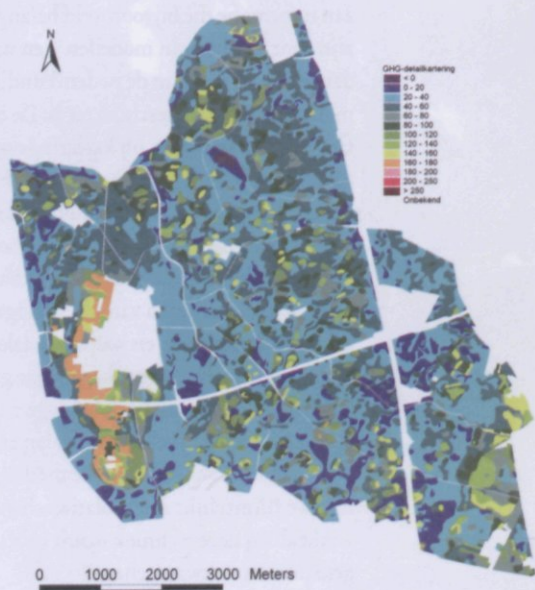
Ruimtelijke interpolatie

Bij interpolatietechnieken wordt meestal een onderlinge samenhang tussen punten verondersteld die groter is naarmate de afstand tussen de punten kleiner is¹. Zowel bij gewogen interpolatie ('inverse distance') als bij kriging wordt uitgegaan van dit principe. Het principe is gebaseerd op een verwantschap of samenhang tussen puntlocaties. De mate waarin deze verwantschap bestaat, wordt vastgesteld op basis van puntinformatie in relatie tot hun onderlinge afstand. Indien gebruik wordt gemaakt van trendanalyse door middel van (multiple) regressie, dan is het mogelijk om bij interpolatie hulpinformatie mee te nemen. Ook bij 'co-kriging' is het mogelijk een verwantschap met een andere variabele mee te nemen. Afgezien van gewogen interpolatie of 'moving window kriging' wordt bij dit soort interpolatietechnieken de samenhang voor het gehele gebied of voor van te voren gedefinieerde strata vastgesteld. Vooral bij puntgegevens die met een hoge resolutie beschikbaar zijn, is het wenselijk de verwantschap of samenhang tussen puntlocaties lokaal vast te stellen. Daarnaast is het gebruik van strata over het algemeen niet wenselijk, aangezien dit kan leiden tot scherpe overgangen.

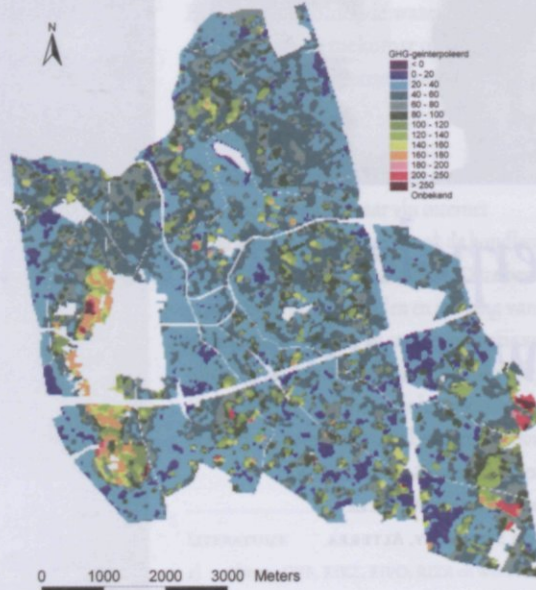
In dit artikel wordt een nieuwe techniek voorgesteld die gebruik maakt van de gewogen interpolatie-techniek, waarbij er van wordt uitgegaan dat de onderlinge samenhang tussen punten toeneemt naarmate de afstand tussen de punten kleiner is. De verwantschap, welke bij gewogen interpolatie normaal gesproken een functie is van uitsluitend de onderlinge afstand, wordt in dit geval verfijnd door andere factoren mee te nemen, bijvoorbeeld de hoogte van het maaiveld. Vooral bij het interpoleren van de freatische grondwaterstand mag men immers verwachten dat de verwantschap met een nabijgelegen andere locatie

Afb. 1: Schematische weergave van het landschap, waarbij de bodemtypen via intervallen zijn ingedeeld.

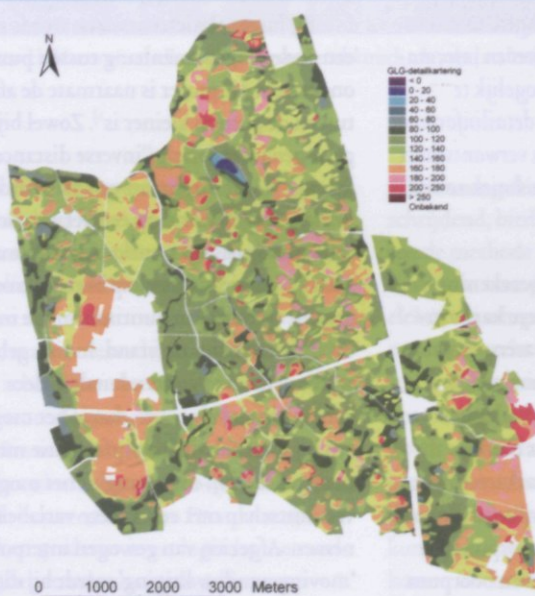




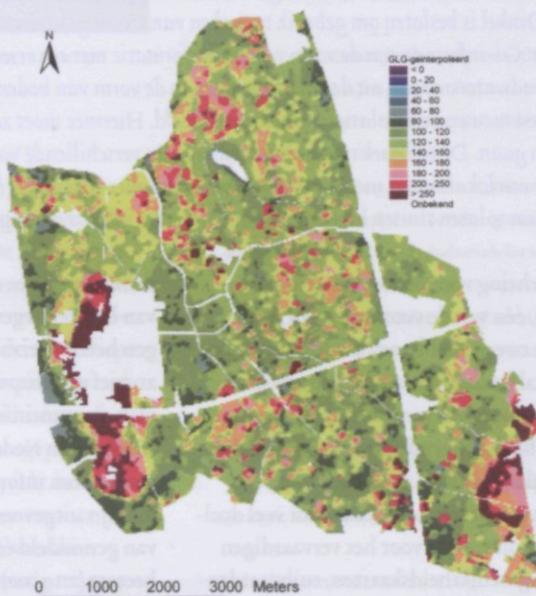
GHG bodemkaart



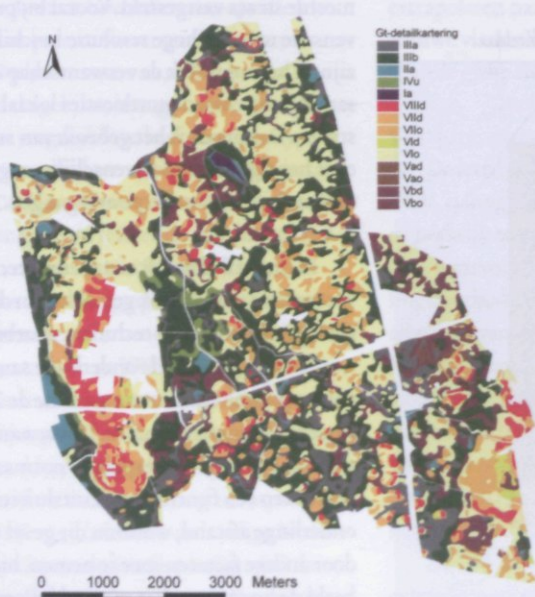
GHG geïnterpoleerd



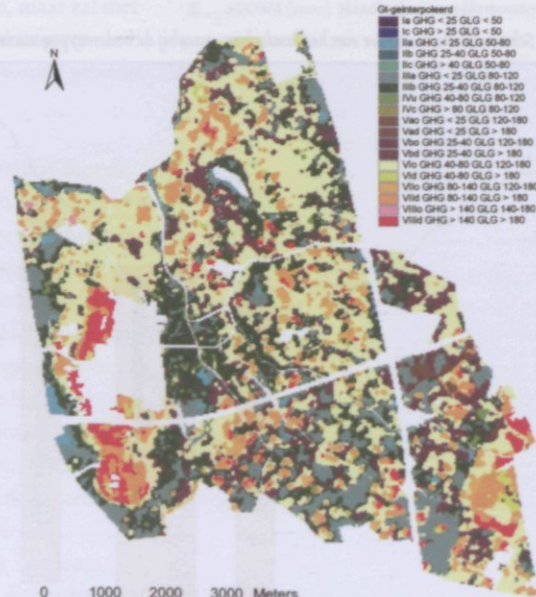
GLG bodemkaart



GLG geïnterpoleerd



Gt bodemkaart



Gt geïnterpoleerd

Afb. 2: GHG- en GLG-kaarten op basis van de nieuwe interpolatietechniek versus de GHG- en GLG-kaarten uit de detailkarteringen.



Afb. 3: Gebiedsdekkende bodemkaart (a) en organische stofklassenkaart (b) van het gebied Enter.

groter is naarmate de hoogteligging van het maaiveld meer overeenkomsten vertoont. Bij het interpoleren met gebruikmaking van de hoogte van het maaiveld wordt de afstand tussen twee punten gezien als het hoogteverschil tussen de punten. Nog een stap verder is het gebruik van bodemtypen. Indien wederom de grondwaterstand als voorbeeld wordt gebruikt dan kan men zich voorstellen dat, mits gekeken wordt binnen een voldoende kleine straal, de grondwaterstand binnen een bodemtype meestal meer overeenkomst vertoont dan die tussen bodemtypen. Omdat bodemtype een categorische variabele is, kunnen afstanden tussen bodemtypen niet direct worden bepaald. Het is echter wel mogelijk om bodemtypen op basis van hun landschappelijke ligging om te zetten naar een schaal (afbeelding 1). Van bodemtypen die zijn gevormd in dezelfde landschappelijke eenheid (bijvoorbeeld podzolgronden in een dekzandrug) mag men verwachten dat de onderlinge samenhang en verwantschap in de meeste situaties groter is dan bij bodemtypen die zijn gevormd in andere landschappelijke eenheden (bijvoorbeeld podzolgronden in dekzandruggen versus beekbedgronden in beekdalen). Het opdelen van bodemtypen op basis van hun landschappelijke ligging in de vorm van intervallen en het toekennen van afstanden tussen naast elkaar liggende bodemtypen maakt het mogelijk om afstanden tussen bodems te bepalen.

Door deze benadering en door gebruik te maken van verschillende afstanden is het mogelijk te interpoleren op basis van verschil-

lende verwantschappen. Naast de afstand geeft deze benadering nu ook de mogelijkheid om te interpoleren op basis van zowel de hoogte van het maaiveld als het bodemtype. Combinatie van dergelijke verwantschapsparameters is eenvoudig te realiseren door gebruik te maken van weging. Doordat de verschillende afstanden die worden gebruikt in het algemeen een verschillende schaal hebben (bijvoorbeeld centimeters en meters), waardoor onderling vergelijk lastig is, is er voor gekozen de afstand te normaliseren alvorens een weging toe te passen.

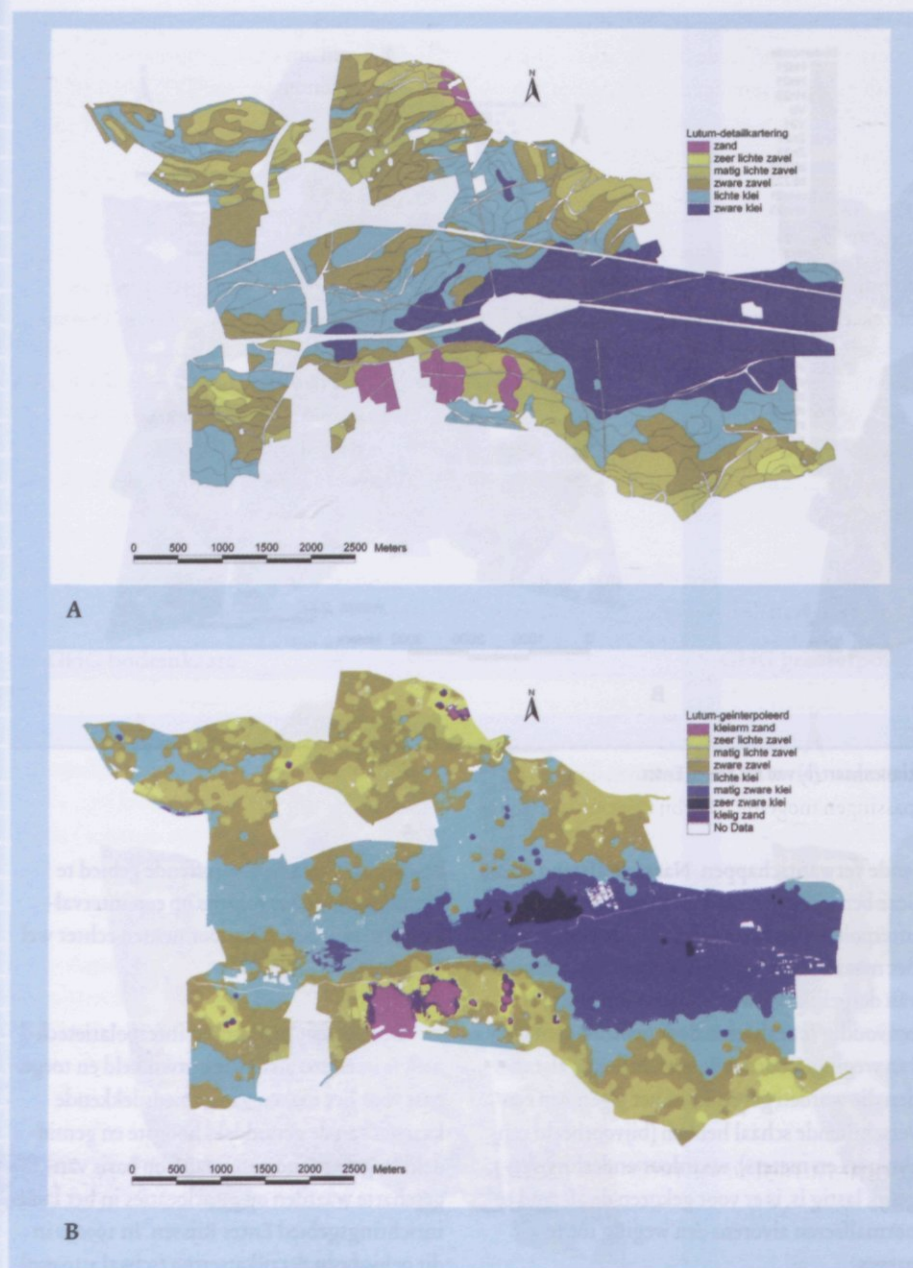
Toepassing

In eerste instantie is de techniek gebruikt om informatie over grondwatertrappen, die is geschat op puntlocaties, in detailkarteringen te interpoleren². Daarnaast is het door gebruik te maken van de nieuwe interpolatietechniek mogelijk analoge kaarten op een snellere en goedkopere wijze digitaal te maken. Door gebruik te maken van deze techniek hoeven immers alleen de brongegevens (de puntgegevens) te worden gedigitaliseerd. Vervolgens wordt de gebiedsdekkende kaart gemaakt op basis van een verwantschap met de afstand tussen punten en de hoogte van het maaiveld dat als 25 meter grid beschikbaar is. Indien de bodem niet als co-variabele (interval) wordt meegenomen, treedt enig kwaliteitsverlies op. Dit is te ondervangen door gebruik te maken van de bodemkaart schaal 1:50.000. Deze kaart dient echter wel op een intervallaal geordend te worden. Een andere mogelijkheid om het hierboven genoemde kwaliteitsverlies te ondervangen, is de bodemkaart (indien

beschikbaar) van het betreffende gebied te digitaliseren en vervolgens op een intervallaal te ordenen. Hierdoor nemen echter wel de kosten toe.

De hiervoor beschreven interpolatietechniek is in eerste instantie ontwikkeld en toegepast voor het maken van gebiedsdekkende kaarten van de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand op basis van geschatte waarden op puntlocaties in het landinrichtingsgebied Enter Rijssen. In 1990 is in dit gebied een detailkartering (schaal 1:10.000) uitgevoerd³.

Voor het toepassen van de nieuwe interpolatiemethode in het onderhavige gebied is gebruik gemaakt van de co-variabelen boorafstand, de hoogte van het maaiveld (AHN-gridbestand van 25 bij 25 meter) en het bodemtype (bodemkaart Enter Rijssen). Het bodemtype is op basis van haar landschappelijke ligging in de vorm van intervallen opgedeeld. Bij het opdelen wordt naast het bodemtype (landschap) ook rekening gehouden met de aanwezigheid van storende lagen in het bodemprofiel. Deze lagen hoeven niet herkenbaar in het landschap voor te komen. Het gevolg hiervan is dat de ordinale afstand tussen het wel of niet voorkomen van bijvoorbeeld losslemlagen in een zelfde groep van bodemtypen in dit geval niet groot is, maar wel onderscheidend. De interpolatietechniek houdt ook rekening met de gevoeligheid van co-variabelen op de uitkomsten van de interpolatieresultaten in een bepaald gebied. Deze gevoeligheid kan worden gestuurd middels het toekennen van een wegingsfactor aan elk van de gebruikte co-



Afb. 4: Gebiedsdekkende bodemkaart (a) en lutumklassenkaart (b) van het landinrichtingsgebied Opheusden.

variabelen. De gevoeligheid hiervan op de GxG-uitkomsten is voor Enter Rijssen uitgebreid getest. Voor de controle en bijsturing (middels weging) is de bodem- en Gt-kaart schaal 1:10.000 gebruikt. Uit de analyse bleek dat de gevoeligheid (verwantschap) van de bodem op de geïnterpoleerde GxG-resultaten voor dit gebied het grootst was. Uit analyse van de testresultaten bleek verder dat de uitkomsten goed overeen komen met de Gt-polygoon op de Gt-kaart van Enter Rijssen schaal 1:10.000 (zie afbeelding 2), wanneer bij de interpolatietechniek de volgende weging voor de co-variabelen werd gebruikt: de hoogte van het maai-veld (invers kwadratische machtfunctie), de ordinale bodemgegevens (lineaire functie) en de afstand tussen de boringen (invers kubische machtfunctie).

Naast het in kaart brengen van de grondwatersituatie kunnen met behulp van de

nieuwe techniek ook andere bodemkundige parameters in kaart worden gebracht. Op deze manier kunnen bodemkaarten, gekarteerd in de vorm van een correlatief complex, relatief eenvoudig omgezet worden in thematische kaarten, zoals bij digitale bodemkartering veelal gebeurd.

Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden van deze techniek zijn twee voorbeelden uitgewerkt. Het eerste voorbeeld betreft een gebiedsdekkende organische stofklassenkaart (afbeelding 3) van het landinrichtingsgebied Enter (schaal 1:10.000) met een resolutie van 25x25 meter. Deze kaart kan onder meer worden gebruikt voor het toekennen van bodemfysische bouwstenen aan de bovengrond, die noodzakelijk zijn voor het uitvoeren van modelberekeningen (onder andere voor het berekenen van vochttekorten). Verder kan deze kaart worden gebruikt voor

het onderzoek naar draagkracht van de toplaag bij diverse soorten van landgebruik.

De puntinformatie van het organische stofgehalte is afkomstig uit het digitale boorpuntenbestand van het onderhavige gebied³⁾. Voorts zijn de bodemtypen die voorkomen op de bodemkaart, op basis van hun landschappelijke ligging op basis van intervallen opgedeeld. Met behulp van de hoogte van het maai-veld (kwadratische machtfunctie), de ordinale bodemgegevens (lineaire machtfunctie) en de afstand tussen de boringen (kubische machtfunctie) is met behulp van de nieuwe interpolatietechniek een gebiedsdekkende organische stofkaart gemaakt.

Op de bestaande bodemkaart (afbeelding 3a) van het landinrichtingsgebied Enter³⁾ komt het onderscheid tussen matig humeus en humusrijk niet tot uiting. De matig en uiterst humusarme bovengronden die naar voren komen op de nieuwe kaart (afbeelding 3b), zijn ontstaan door diepe verwerking. Daarnaast komen de zeer humeuze gronden op deze kaart veelal voor op het grensvlak naar de veengronden. Dergelijke aspecten zijn bijvoorbeeld van belang voor bodemgeschiktheidsbeoordelingen onder andere met betrekking tot draagkracht.

Het tweede voorbeeld betreft een detailkartering in de buurt van de gemeente Opheusden (schaal 1:10.000). Van dit gebied is een gebiedsdekkende lutumklassenkaart (afbeelding 4) gemaakt met een resolutie van 5x5 meter. De puntinformatie van het lutumgehalte is afkomstig uit het digitale boorpuntenbestand van het onderhavige gebied⁴⁾. Voor het maken van een gebiedsdekkende lutumklassenkaart zijn dezelfde covariabelen gebruikt als in het eerste voorbeeld.

De continue weergave van het lutumgehalte maakt het mogelijk om voor iedere willekeurige klassegrens kaarten te genereren. Dit is bijvoorbeeld van belang bij kleiwinning voor de steenbakkerij of dijkverbetering. Het is ook mogelijk om de laagdiktes van een voor de steenbakkerij geschikte kleilaag te interpoleren. In dit geval is het mogelijk om in combinatie met de voorgaande kaart het aantal kubieke meters winbare klei voor de baksteenindustrie te berekenen.

Conclusies en aanbevelingen

Door gebruik te maken van de beschreven interpolatietechniek is het mogelijk om de bodemkundige- en/of hydrologische variatie, die in een kaartvlak is vastgesteld, ruimtelijk continu weer te geven. In de huidige bodem- en grondwatertrappenkaart is dit niet mogelijk, omdat men uitgaat van een gemiddelde bodemtype en GHG- en GLG-waarde, die geldt voor het gehele kaartvlak. Als gevolg hiervan

kunnen in de geïnterpoleerde kaarten ruimtelijke structuren tot uiting komen die niet zichtbaar zijn op de reeds bestaande bodem- en grondwatertrappenkaarten. Door de interpolatie op de beschreven manier is het dus mogelijk meer informatie uit detailkaarten te genereren.

Tot op heden is gebruik gemaakt van een beperkt aantal co-variabelen. Binnen de techniek is het mogelijk veel meer variabelen mee te nemen, bijvoorbeeld slootdichtheden. Ook de mogelijkheid om ordinale variabelen mee te nemen geeft uitgebreide mogelijkheden bij interpolatie. De manier waarop gegevens in de vorm van intervallen worden geordend in relatie tot de gebruikte techniek en het effect van de onderlinge weging van variabelen behoeft echter meer onderzoek.

Een vlakdekkende benadering op deze wijze maakt het ook mogelijk om relatief goedkoop analoog kaartmateriaal om te zetten naar digitale kaarten (gridbestanden). Het voordeel van de werkwijze is dat primair

gebruik wordt gemaakt van de brongegevens (boorpunten). Indien de interpolatietechniek wordt gebruikt voor het digitaal maken van analoge gegevens, is het wel van belang om te bekijken in hoeverre de analoge informatie verouderd is.

Met de gebruikte gewogen interpolatietechniek is het helaas niet mogelijk om de onzekerheid te kwantificeren. Een validatie door bijvoorbeeld de puntinformatie op te delen in een validatie en een interpolatieset zou meer inzicht in de nauwkeurigheid van de resultaten kunnen geven. Daarnaast is vergelijking met andere interpolatietechnieken wenselijk.

Voorslagnog zijn alleen kaarten op basis van de gegevens van de bovengrond gemaakt. Een mogelijke volgende stap is het vergelijken van de gegevens per horizont om bijvoorbeeld de ruimtelijke verbreiding van bodemkundige lagen of horizonten in kaart te brengen. In de toekomst zijn wellicht driedimensionale toepassing mogelijk. Hierbij zal voornamelijk

nog onderzoek gedaan moeten worden naar de mogelijkheid om verticale opeenvolging van bodemhorizonten ruimtelijk te kunnen koppelen. ■

LITERATUUR

- 1) Burrough P. en R. McDonnell (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- 2) Gaast J. van der, H. Vroon en M. Pleijter (2006). *De grondwaterdynamiek in het waterschap Regge en Dinkel*. Alterra-rapport 1335.
- 3) Dodewaard E. van en E. Kiestra (1990). *De bodemgesteldheid van de landinrichtingsgebieden Rijssen en Enter*. DLO-Staring Centrum. Rapport nr. 88.
- 4) Mulder J en F. Brouwer (1991). *De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Ochten Opheusden*. DLO-Staring Centrum. Rapport nr. 165.