

Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart

Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart

Werkwijze en resultaten

A.J. van Kekem
T. Hoogland
J.B.F. van der Horst

Alterra-rapport 1080

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

A.J. van Kekem, T. Hoogland & J.B.F. van der Horst, 2005. *Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart; werkwijze en resultaten*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1080. 90 blz.; 26 fig.; 26 tab.; 57 ref.

Voor de uitvoering van het mestbeleid in Nederland is het van belang om de uitspoelingsgevoeligheid voor nitraat van de bodems in Nederland zo goed mogelijk te kennen. Deze uitspoelingsgevoeligheid hangt o.a. af van de grondsoort en de grondwaterstand om hiervan een inschatting te maken dienen basisbestanden van de bodem en de grondwaterstanden voldoende nauwkeurig en actueel dienen te zijn.

Uit een quick scan bleek dat 47% van de oppervlakte veengronden in Oost-Nederland is gedeformeerd naar een ander bodemtype, met name zandgronden.

Voor de zand- en lössgronden van Nederland is met een geostatistische methode de grondwaterdynamiek geactualiseerd en er is een methodiek ontwikkeld om op basis hiervan de landbouwpercelen op zand- en lössgronden te classificeren naar uitspoelingsgevoeligheid. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende scenario's waarin is gevarieerd met de GHG grens, de areaal fractie per perceel en een kanscriterium.

In het gewijzigd beleid is ervoor gekozen om niet op perceelsniveau uitspoelingsgevoelige gronden aan te wijzen. Daarom is het areaal uitspoelingsgevoelige grond ook voor pixels van 25x25 meter berekend. Voor de zandgronden bedraagt het areaal uitspoelingsgevoelige gronden met een GHG ≥ 70 cm en een GLG ≥ 120 , ongeveer 335000 ha, 36% van het landbouw areaal op zandgronden.

Trefwoorden: grondwaterdynamiek, mestbeleid, mestwetgeving, nitraat, uitspoelingsgevoelig, veenkartering

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 35,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1080. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond en probleemstelling	13
1.2 Doelstelling	14
1.3 Tijdspad	14
1.4 Opbouw van het rapport	16
2 De methodiek voor de actualisatie van grondwaterstands informatie op hoofdlijnen	17
2.1 Schematische weergave	17
2.2 Indeling van het gebied in homogene deelgebieden	18
2.3 De GxG op peilbuislocaties	20
2.3.1 Selectie van grondwaterstandsreeksen	20
2.3.2 Overige grondwaterstandsreeksen	20
2.3.3 Berekening van de klimaatrepresentatieve GxG	21
2.4 De GxG op gerichte opnamelocaties	22
2.4.1 Berekening van de GxG voor gerichte-opnamelocaties	23
2.5 Gebiedsdekkende hulpinformatie over topografie en waterhuishouding	24
2.5.1 Afleiding van gebiedsdekkende hulpinformatie	24
2.6 Gebiedsdekkende predictie van de GxG	27
2.6.1 Regressieanalyse	28
2.6.2 Ruimtelijke structuur van de residuen	28
2.6.3 Universal kriging van GxG	29
2.7 Perceelsclassificatie naar uitspoelingsgevoeligheid	29
2.8 Aanpassingen in de werkwijze	30
3 De afname van het areaal veengronden	33
3.1 Definitie en verbreiding van veengronden in Nederland	33
3.2 Afname van het areaal veengronden	35
4 Actualisatie van de grondwatertrappenkaarten	39
4.1 Indeling in regio's	39
4.2 Noord Nederland	40
4.2.1 Fries-Drentse wouden	40
4.2.2 Noordoost	41
4.2.3 Reest en Wieden	43
4.3 Overijssel en Oost Gelderland	46
4.3.1 Salland	46
4.3.2 Velt en Vecht	48
4.3.3 Regge en Dinkel	50
4.3.4 Rijn en IJssel	53

4.4	Utrecht en Veluwe	56
4.5	Noord-Brabant en Noord Limburg	57
4.5.1	Maasterrassen	57
4.5.2	Peelhorst	60
4.5.3	Centrale Slenk	63
4.5.4	Dommel en Dongestroom	64
4.5.5	West Brabant	66
4.6	Zuid Limburg	68
4.7	Kustgebied	70
4.7.1	Zuidwestelijk estuariumgebied	70
4.7.2	Noordzeekust	72
4.7.3	Kop van Noord-Holland	74
4.7.4	Waddeneilanden	77
5	Arealen uitspoelingsgevoelige gronden	79
5.1	Arealen op perceelsniveau	79
5.2	Arealen op pixelniveau	80
	Literatuur	85

Woord vooraf

Voor u ligt het rapport 'Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart' dat door Alterra vervaardigd is in opdracht van het Ministerie van LNV. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van het project 'Vaststellen verspreiding uitspoelingsgevoelige gronden'. Dit project is gefinancierd uit Nitraatgelden en het DWK-programma 409 'Uitspoelingsgevoelige gronden'. In dit project werd als probleemstelling geformuleerd (projectplan 19-7-2000): 'Ten gevolge van het aanscherpen van de verliesnormen in het Nederlandse mestbeleid dient vanaf 1 januari het onderscheid klei/veen en zand/löss bekend te zijn, en vanaf 1 januari 2002 het onderscheid tussen uitspoelingsgevoelige zand/löss en niet-uitspoelingsgevoelige zand/löss. Er is reeds het nodige kaartmateriaal, maar dat dient aangepast op 2 punten:

1. Veengronden die tgv oxidatie etc. zijn veranderd in zandgronden volgens de BGDM-definitie dienen te worden uitgekarteerd en verwerkt in de bestaande kaarten 1 : 50 000
2. De actuele grondwatersituatie (grondwatertrap) dient in detail te worden vastgesteld en verwerkt in kaarten 1 : 50 000 van uitspoelingsgevoelige percelen.'

Bij uitspoelingsgevoeligheid gaat het met name om de uitspoeling van nitraat naar het grondwater. Deze uitspoelingsgevoeligheid wordt mede bepaald door de bodem (grondsoort) en de diepte van het grondwater. De bestaande grondwatertrappenkaarten waren niet meer actueel. Een herkartering van de Gt op de klassieke wijze zou vele tientallen mensjaren vergen. Met het oog op de noodzaak tot actualisering op korte termijn is daarom door Finke et al (2002b en 2004) een methodiek ontwikkeld waarbij, behalve van grondwaterstandsmetingen, gebruik wordt gemaakt van gebiedsdekkende hulpinformatie en een geostatistische interpolatietechniek. Deze statistische methodiek maakt het mogelijk de onzekerheid in de voorspelde GHG en GLG te kwantificeren. Hierop voortbouwend is door De Gruijter et al. een methodiek ontwikkeld voor perceelsclassificatie naar uitspoelingsgevoeligheid, waarbij rekening wordt gehouden met de onzekerheid in de GHG en GLG, en waarmee de kans op misclassificatie kan worden beperkt.

Het project werd begeleid door de Begeleidingscommissie Uitspoelingsgevoelige Gronden, bestaande uit de volgende personen:

Ir. E.E. Biewinga (vz., LNV-DL)

J.T.M. Huinink, MSc (secr., LNV-EC)

Ing. G.P. Beugelink (RIVM)

Ir. J. Bodegraven (LNV-DN)

Dr.ir. T. Breimer (LNV-DWK)

Ing. G.J. Grotentraast (LNV-DLG, tot 1-7-2004)

Dr.ir. G.B.M. Heuvelink (UvA, vanaf 1-6-2003 Alterra)

Drs. D.A. Jonkers (VROM, vanaf 31-12-2003)

Ing. N.J. Molenaar (VROM, tot 31-12-2003)

Dr. E.J. Pebesma (UU)

Ir. H. Prak (LNV-DLG, vanaf 1-7-2004)

Drs. P.J.J. Torfs (WUR, tot 1-7-2003)

Dr.ir. F.C. van Geer (NITG-TNO)

Projectleiders van het project 'Vaststellen verspreiding uitspoelingsgevoelige gronden': Dr. P.A. Finke (Alterra, tot 8-10-2001), Ir. A.J. van Kekem (Alterra, vanaf 8-10-2001).

Wij danken de leden van de begeleidingscommissie uitdrukkelijk voor hun inzet voor dit project en de goede samenwerking. Vanaf het begin is er een intensief inhoudelijk overleg met hen geweest, en dat heeft sterk bijgedragen aan de kwaliteit van het hier gepresenteerde resultaat. Zonder de initiatieven en hulp van dr. P.A. Finke en ir. A.J. van Kekem was dit project niet tot een goed eind gekomen.

Bij de uitvoering van het project is een belangrijke bijdrage geleverd door: F. Brouwer, N. Heidema, M. Pleijter, H. Vroon, R. Visschers, F. de Vries, M.M. van der Werff, waarvoor hartelijk dank.

Zonder de medewerking van de grondeigenaren en –gebruikers, provinciale landschappen, Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer had deze studie niet uitgevoerd kunnen worden. Onze dank hiervoor!

Mevr. Dr. H.E.H. Hamers-Hajduk (Hoofd Centrum Bodem)

Samenvatting

Voor de uitvoering van het mestbeleid in Nederland is het van belang om de uitspoelingsgevoeligheid voor nitraat van de bodems in Nederland zo goed mogelijk te kennen. Deze uitspoelingsgevoeligheid hangt o.a. af van de grondsoort en de grondwaterstand. Teneinde de voor nitraat uitspoelingsgevoelige gronden goed op de kaart te krijgen, dienen de basisbestanden van de bodem en de grondwaterstanden voldoende nauwkeurig en actueel te zijn. De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 bevat de benodigde informatie maar deze dient wel geactualiseerd te worden op het gebied van grondwaterstanden en het voorkomen van veengronden.

De doelstelling van het project is het met kaartmateriaal ondersteunen van de implementatie van het mestbeleid, met name de normstelling voor de zand- en lössgronden. Hiertoe dient:

- de dynamiek van de grondwaterstand, zoals de GxG, met gekwantificeerde nauwkeurigheid in kaart gebracht te worden;
- de bodemkaart van Nederland in de veengebieden grenzend aan de zandgebieden geactualiseerd te worden;
- percelen geclassificeerd te worden naar de gevoeligheid voor uitspoeling van nitraat naar het grondwater, rekening houdend met de nauwkeurigheid van de informatie over de GxG's.

In de jaren 2002 en 2003 liep er een onderzoeksproject voor perceelsclassificatie naar uitspoelingsgevoelige gronden, rekening houdend met de onzekerheid in de GxG waarden. De onderzoeksresultaten zijn in 2004 vastgelegd in een methodiek rapport (De Gruijter et al., 2004). De methodiek voor het in kaart brengen van de grondwaterdynamiek (Gd) is door Finke et al. (2002b en 2004) en De Gruijter et al. (2004) beschreven. Deze methodiek bestaat globaal gezien uit de volgende drie fasen:

1 *Verzamelen van benodigde gegevens*

In deze eerste fase worden binnen het te karteren gebied homogene deelgebieden (strata) onderscheiden. Daarna worden grondwaterstandsgegevens (GxG) verzameld op permanente meetlocaties en de tijdelijke locaties van een verdicht meetnet. Middels 'gerichte opname', tijdreeksanalyse en regressieanalyse wordt voor alle locaties een klimaatsrepresentatieve GxG bepaald. Ook wordt gebiedsdekkende hulpinformatie over topografie en waterhuishouding verzameld.

2 *Geostatistische verwerking van de gegevens*

Als het doel is de GxG in kaart te brengen, dan wordt in deze fase de GxG ruimtelijk geïnterpoleerd tussen de meetpunten, gebruik makend van de gebiedsdekkende hulp-informatie. Als het doel is percelen te classificeren naar uitspoelingsgevoeligheid, dan worden in deze fase een groot aantal (hier 300) gebiedsdekkende GxG-vlakken gesimuleerd. De variatie tussen deze vlakken representeert de onzekerheid over de werkelijke GxG in het gebied.

3 *Nabewerking van de geostatistische resultaten*

Als het doel is de GxG in kaart te brengen dan kan in deze laatste fase volstaan worden met het geïnterpoleerde GHG- en GLG-vlak om te zetten in een Gt-vlak

en dit cartografisch weer te geven. Als het doel is percelen te classificeren, dan worden per perceel een drietal classificatie-criteria toegepast op het betreffende gedeelte van de gesimuleerde GxG-vlakken.

Over de verbreiding van de veengronden in Nederland en de afname van het areaal veengronden is eerder gerapporteerd door Van Kekem (2004) in een studie naar het stikstofleverend vermogen van veengronden.

Door blootstelling aan de lucht vindt er voortdurend afbraak van organische stof plaats. De aëratie van bodemlagen wordt bevorderd door een diepere ontwatering en door grondbewerking. Door het afbraakproces worden veenlagen dunner, waardoor veengronden met een dun veenpakket uiteindelijk kunnen overgaan in een ander bodemtype. Deze verschuiving naar een ander bodemtype heeft in de afgelopen decennia met name plaatsgevonden bij veengronden in Oost-Nederland. Alterra heeft in de periode 2001 – 2003 ca. 103 000 ha veengrond gecheckt op de huidige status (veenkartering). Deze veengronden liggen binnen het zogenaamde BGDM (Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen) gebied, dat een grove begrenzing van de zandgronden is waarin ook randen en enclaves met veengronden voorkomen. Uit deze quick scan bleek dat 47% van de oppervlakte veengronden is gedeformeerd naar een ander bodemtype. Het is niet bekend wat het nieuwe bodemtype nu is. Bij veel gronden zal waarschijnlijk nog een dunne moerige laag aanwezig zijn. Het zijn dan moerige gronden, deze worden voor de Meststoffenwet vertaald naar zandgrond. Moerige gronden met een kleidek worden niet tot de zandgronden gerekend. In het kader van de veenkartering zijn er ook associaties van veen en zandgronden bezocht. Bij het grootste deel is het veen weg.

In de toekomst valt een verdere deformatie van de veengronden te verwachten. Dit zal vooral het geval zijn bij veengronden met een zandondergrond en zonder kleidek. Van de huidige veengronden heeft een areaal van 70 000 ha een zandondergrond binnen 120 cm–mv. Hiervan heeft 10 000 ha een kleidek. Ongeveer 37 000 ha ligt buiten het gebied van de uitgevoerde veenkartering. Van deze laatste gronden is dus niet bekend of het nog wel veengronden zijn.

Voor het in kaart brengen van de grondwaterdynamiek en het aanwijzen van uitspoelingsgevoelige gronden op basis hiervan is omwille van rekentijd en bestands grootte het in kaart te brengen gebied opgedeeld in regio's. Een aantal van deze regio's zijn feitelijk waterschappen omdat deze waterschappen, in het verleden of bij dit project, opdracht hebben gegeven voor een Gd-kartering. Daarnaast wordt per regio om inhoudelijke redenen nog een onderverdeling in deelgebieden (strata) gemaakt. Alle berekeningen zijn uitgevoerd per regio en zijn per regio kort beschreven voor wat betreft de gehanteerde stratumindeling, het aantal meetlocaties, de gebruikte statistische modellen en de uiteindelijke berekeningsresultaten.

Volgens de methodiek zoals ontwikkeld door De Gruijter et al. (2004) is voor de landbouwpercelen op zand- en lössgronden een classificatie naar uitspoelingsgevoeligheid uitgevoerd. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende scenario's waarin is gevarieerd met de GHG grens, de areaal fractie per perceel en het

kanscriterium. Er zijn 5 GHG niveaus gehanteerd van 40, 50, 60, 70 en 80 cm onder maaiveld, twee areaalfracties van 1/2 en 2/3, en vijf kanscriteria van 0.50, 0.80, 0.90, 0.95 en 0.98. De bandbreedte voor GHG, 40-80 cm, stamt uit de Evaluatie Meststoffenwet 2002, waar is geconstateerd dat de grens tussen wel en niet-uitspoelingsgevoelig ergens tussen 40 en 80 cm ligt (MINAS en Milieu, 2002). Bij eerdere aanwijzing van uitspoelingsgevoelige gronden (De Vries, 2003) is, om de kans op onterechte aanwijzing zo klein mogelijk te maken, gekozen voor een areaalfractie van 2/3 uitspoelingsgevoelige gronden per perceel. Bij de huidige aanwijzing wordt gebruik gemaakt van een kanscriterium in een met 5 stappen oplopende reeks om de zekerheid van een terechte aanwijzing te vergroten. Hierdoor kon voor voldoende zekerheid op een terechte aanwijzing worden volstaan met een areaalfractie uitspoelingsgevoelige gronden van 1/2 per perceel, aangevuld met het kanscriterium. De kanscriteria tussen 0.5 en 0.98 zijn een keuze van de begeleidingscommissie, die tevens heeft vastgesteld dat de oorspronkelijke reden om een oppervlaktefractie van 2/3 te hanteren vervalft door de mogelijkheid een scherper kanscriterium te hanteren. In oktober 2004 waren de arealen uitspoelingsgevoelige (landbouw)percelen voor het gehele zand- en lössgebied bekend.

Echter, in het gewijzigd beleid is ervoor gekozen om niet langer op perceelsniveau uitspoelingsgevoelige gronden aan te wijzen, maar in de normstelling op regionaal niveau te verdisconteren in welke mate uitspoelingsgevoelige gronden aanwezig zijn. Deze keuze kon pas worden gemaakt nadat de Europese Commissie ruimte had geboden om op dit globalere niveau te opereren. Voordeel voor het beleid is met name dat de onzekerheden die onvermijdelijk gepaard gaan met het bepalen van de grondwaterstand c.q. de uitspoelingsgevoeligheid, niet langer consequenties hebben voor de normstelling van individuele bedrijven. Voor een zuivere schatting van het totale areaal uitspoelingsgevoelige grond is berekening van het verwachte areaal uitspoelingsgevoelige grond, waarbij op basis van rastercellen van 25x25 meter (pixels) de kans op uitspoelingsgevoelig wordt vermenigvuldigd met het pixeloppervlak het meest geschikt. Naar aanleiding van de beleidsbrief van 19 mei 2004 aan de Tweede Kamer, is uiteindelijk alleen voor de zandgronden het areaal uitspoelingsgevoelige gronden vastgesteld. Eind december 2004 was het areaal uitspoelingsgevoelige gronden, berekend op pixelniveau, bekend. Voor het zandgebied bedraagt het areaal uitspoelingsgevoelige landbouw gronden met een $GHG \geq 70$ cm en een $GLG \geq 120$, 335000 ha, 36% van het totale areaal landbouw gronden in het zandgebied.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

Voor de uitvoering van het mestbeleid in Nederland is het van belang om de uitspoelingsgevoeligheid voor nitraat van de bodems in Nederland zo goed mogelijk te kennen. Deze uitspoelingsgevoeligheid hangt o.a. af van de grondsoort en de grondwaterstand. Teneinde de voor nitraat uitspoelingsgevoelige gronden goed op de kaart te krijgen, dienen de basisbestanden van de bodem en de grondwaterstanden voldoende nauwkeurig en actueel te zijn. Er is reeds het nodige kaartmateriaal (De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000) maar deze dient wel aangepast te worden op het gebied van grondwaterstanden en voor de veengronden.

De grondwatertrappenkaart (Gt-kaart), schaal 1 : 50 000, is de enige landsdekkende beschrijving van de seizoensfluctuatie van freatische grondwaterstanden in Nederland. De Gt's werden in de periode 1961–1992 simultaan met de bodem in kaart gebracht en opgeslagen in het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS). De Gt heeft betrekking op de diepte van het grondwater. Door de geringe diepte waarop zich in Nederland het grondwater bevindt, is de Gt-informatie van belang bij allerlei vraagstukken met betrekking tot de inrichting, het beheer en de kwaliteit van het landelijk gebied. Een voorbeeld hiervan is de aanwijzing van gronden die gevoelig zijn voor de uitspoeling van nitraat naar het grondwater.

In de loop van de tijd veranderden de niveaus en de fluctuaties van de grondwaterstand als gevolg van aanpassingen van de waterhuishouding aan landbouwkundige wensen, drainage, drinkwaterwinning e.d. (Braat et al., 1989). Hierdoor verouderde de informatie op de Gt-kaarten. De behoefte aan Gt-informatie die de heersende, actuele hydrologische omstandigheden representeert, bleef echter onverminderd groot. Daarom werd de actualisatie van de Gt-kaarten een speerpunt bij de verzameling van bodemdata. Inmiddels bleek ook dat de Gt-informatie de heersende klimatologische omstandigheden beter zou representeren wanneer niet alleen grondwaterstandswaarnemingen gedurende de ca. acht jaar voorafgaand aan de kartering zouden worden gebruikt, zoals tot dan toe gebruikelijk was bij de kartering van Gt's, maar ook gebruik zou worden gemaakt van meteorologische data en de samenhang tussen deze data en de grondwaterstand. Uit een onderzoek onder de gebruikers van de bodem- en Gt-kaart (Finke et al., 1999a) bleek bovendien dat een uitgebreidere beschrijving van de grondwaterstandsfluctuatie gewenst was. Er was onder andere behoefte aan ruimtelijke informatie over de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden (resp. GHG en GLG, samengevat GxG) die ten grondslag liggen aan de indeling in Gt-klassen. Daarnaast wensten de gebruikers een indicatie van de nauwkeurigheid van de GxG's.

Kwantitatieve informatie over de nauwkeurigheid van GxG's is nodig voor de ondersteuning van beleidsbeslissingen, zoals de aanwijzing van gronden die gevoelig zijn voor uitspoeling van meststoffen. Bij het nemen van deze beslissingen is het

belangrijk inzicht te hebben in het risico dat een perceel ten onrechte als uitspoelingsgevoelig wordt aangewezen. Dit risico moet zo laag mogelijk zijn. Bovendien is het bij de aanwijzing van uitspoelingsgevoelige gronden van belang dat deze is gebaseerd op GxG's die het heersende grondwaterregime representeren, en niet op verouderde informatie. In dit project is gebruik gemaakt van de door De Gruijter et al. (2004) ontwikkelde methodiek voor de actualisering van grondwaterstands-informatie en perceelsclassificatie naar uitspoelingsgevoeligheid voor nitraat.

Ten gevolge van oxidatie, klink en afgraving zijn de veengronden aan de randen van de zandgebieden dunner geworden en op veel plaatsen zelfs geheel verdwenen. Binnen deze gebieden, met een oppervlakte van ongeveer 100 000 ha, dient in kaart gebracht te worden waar veengronden veranderd zijn in zandgronden.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van het project is het met kaartmateriaal ondersteunen van de implementatie van het mestbeleid, met name de normstelling voor de zand- en lössgronden.

Hiertoe dient:

- de dynamiek van de grondwaterstand, zoals de GxG, met gekwantificeerde nauwkeurigheid in kaart gebracht te worden;
- de bodemkaart van Nederland in de veengebieden grenzend aan de zandgebieden geactualiseerd te worden;
- percelen geclassificeerd te worden naar de gevoeligheid voor uitspoeling van nitraat naar het grondwater, rekening houdend met de nauwkeurigheid van de informatie over de GxG's. Dit laatste onderdeel is als beleidsdoel vervallen, omdat in het beleid is gekozen om niet meer op perceelsniveau onderscheid te maken naar grondwaterstand, maar de methodiek is in dit project wel op perceelsniveau uitgewerkt.

1.3 Tijdspad

Het Ministerie van LNV heeft in mei 2001 aan Alterra de (officiële) opdracht verstrekt om het project 'Vaststellen verspreiding uitspoelingsgevoelige gronden' uit te voeren. Dit was bijna een jaar nadat Alterra de offerte ingediend had. Ondertussen was in het najaar van 2000 begonnen met de voorbereidingen voor het project. Hoewel het project per 1 januari 2003 afgerond zou moeten zijn, was ten tijde van de opdrachtverstrekking al duidelijk dat er vertraging op zou treden. Er was namelijk Mond- en Klauwzeer uitgebroken in Nederland. Hierdoor liep het veldwerk ernstig vertraging op. Omdat het veldwerk voor de gerichte opnames sterk seizoensgebonden is, de grondwaterstanden worden namelijk gemeten op het moment dat deze of rond GLG-niveau of rond GHG-niveau bevinden, betekende dit al snel een jaar vertraging.

In 2001 kon begonnen worden met het veldwerk. De veenkartering werd opgestart en gerichte opnames zijn uitgevoerd. Vanwege de MKZ crisis heeft het veldwerk in 2001 enkele maanden stil gelegen. Daarnaast was de zomer van 2001 dusdanig nat dat op veel plaatsen het GLG niveau niet benaderd werd en er dus ook geen gerichte opnames gedaan konden worden. Ook in de zomer van 2002 viel lokaal dusdanig veel neerslag dat het GLG niveau niet bereikt werd. Het veldwerk voor de gerichte opnames kon uiteindelijk in de nazomer van 2003 geheel worden afgerond. In de eerste helft van 2003 werd ook de veenkartering afgerond.

De beschikbaarstelling van het AHN, van groot belang voor het project, verliep ook niet vlekkeloos. Volgens de oorspronkelijke planning zou dit per september 2001 voor het gehele gebied beschikbaar zijn. Uiteindelijk werd het februari 2004 voordat alle bestanden beschikbaar waren. Toen bleek echter dat nogal wat bestanden die in 2003 geleverd waren, nog een nabewerking hadden ondergaan en dus afwijkend waren van de bestanden van 2004. Hierdoor moest in de loop van 2004 een gedeelte van het werk opnieuw uitgevoerd worden.

Vooruitlopend op en gedeeltelijk ook parallel aan het LNV project liepen er Gd projecten in de Provincie Noord-Brabant en bij de Waterschappen Peel en Maasvallei, Reest en Wieden, Rijn en IJssel, Velt en Vecht en Regge en Dinkel. De resultaten van deze projecten zijn samengevoegd met het LNV project om zodoende gebiedsdekkende actuele Gd bestanden te krijgen. Eind 2002 werd door LNV besloten om de waarnemingsdichtheid van de gerichte opnames in het gebied van het Waterschap Rijn en IJssel te verhogen van 1 per 170 ha naar 1 per 100 ha. Zodoende kwam deze op het niveau van de rest van de gebieden. Het veldwerk hiertoe werd in 2003 uitgevoerd.

In de jaren 2002 en 2003 liep er een onderzoeksproject voor perceelsclassificatie naar uitspoelingsgevoelige gronden, rekening houdend met de onzekerheid in de GxG waarden. De onderzoeksresultaten zijn in 2004 vastgelegd in een methodiek rapport (De Gruijter et al., 2004). De resultaten van dit onderzoek hebben geleid tot een aanpassing in de manier van perceelsclassificatie (zie volgende hoofdstuk).

In april 2004 zijn de eerste voorlopige resultaten bekend gemaakt van de arealen uitspoelingsgevoelige gronden waarin de actualisatie van de grondwatertrappen meegenomen zijn (Van Kekem, 2004). Het betrof hier de resultaten van 5 representatieve deelgebieden die gebruikt werden om voorspellingen te doen over het landsdekkende areaal uitspoelingsgevoelige gronden.

In oktober 2004 waren de arealen uitspoelingsgevoelige (landbouw)percelen voor het gehele zand- en lössgebied bekend. Vanwege een beleidswijziging bij LNV en VROM was het niet meer noodzakelijk om op perceelsniveau uitspoelingsgevoelige gronden aan te wijzen. Daarom zijn ook de arealen berekend op basis van pixels. Eind december 2004 was het areaal uitspoelingsgevoelige gronden, berekend op pixelniveau, bekend. Hierna volgde in januari 2005 een fine-tuning en hiermee waren de arealen uitspoelingsgevoelige gronden in de zand- en lössgebieden definitief bekend.

Vanaf oktober 2003, na het Hofarrest waarin Nederland werd opgedragen gebruiksnormen in te voeren, werd duidelijk dat de geactualiseerde grondwaterinformatie niet langer de basis zou vormen voor aangescherpte verliesnormen maar voor aangescherpte gebruiksnormen. Hoewel een majeure beleidswijziging, had dit voor het project als zodanig geen consequenties.

1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een beknopte beschrijving van de karteringsmethode voor de grondwaterdynamiek (Gd) gegeven. Het eerst is de stratificatie beschreven in § 2.2. Vervolgens komt in § 2.3 de selectie van peilbuizen aan de orde, en de berekening van de GxG uit de tijdreeksen die in deze peilbuizen zijn waargenomen. § 2.4 gaat in op de selectie van de locaties waar de zogenaamde gerichte opnames worden verricht, en geeft een beschrijving van de wijze waarop voor deze locaties GxG's worden berekend. In § 2.5 volgt een beschrijving van de gebiedsdekkende hulp-informatie over de topografie en de waterhuishouding. § 2.6 behandelt de manier waarop gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG tot stand komen. § 2.7 behandelt de manier waarop de aanwijzing op van uitspoelingsgevoelige gronden perceelsniveau plaatsvindt en § 2.8 behandelt de aanpassingen in werkwijze.

Hoofdstuk 3 gaat over het areaal veengronden in Nederland. In § 3.2 worden de verbreiding en typering van veengronden behandeld, § 3.2 gaat over het areaal veengronden dat niet meer als veengrond kan worden geclassificeerd.

Hoofdstuk 4 behandelt de verschillende regio's waarvoor een Gd-kartering is uitgevoerd en geeft van alle regio's in paragrafen een korte beschrijving van de specifieke werkwijze, gebruikte gegevens en resultaten per regio.

Hoofdstuk 5 behandelt de resultaten van de aanwijzing van uitspoelingsgevoelige gronden zowel op perceelsniveau als op pixelniveau.

2 De methodiek voor de actualisatie van grondwaterstands-informatie op hoofdlijnen

2.1 Schematische weergave

De methodiek is door Finke et al. (2002b en 2004) en De Gruijter et al. (2004) beschreven. In dit hoofdstuk wordt dan ook in hoge mate gebruik gemaakt van hun rapporten.

De ontwikkelde methodiek bestaat globaal gezien uit de volgende drie fasen:

1 *Verzamelen van benodigde gegevens*

In deze eerste fase worden binnen het te karteren gebied homogene deelgebieden (strata) onderscheiden. Daarna worden grondwaterstandsgegevens (GxG) verzameld op permanente meetlocaties en de tijdelijke locaties van een verdicht meetnet. Middels 'gerichte opname', tijdreeksanalyse en regressieanalyse wordt voor alle locaties een klimaatsrepresentatieve GxG bepaald. Ook wordt gebiedsdekkende hulpinformatie over topografie en waterhuishouding verzameld.

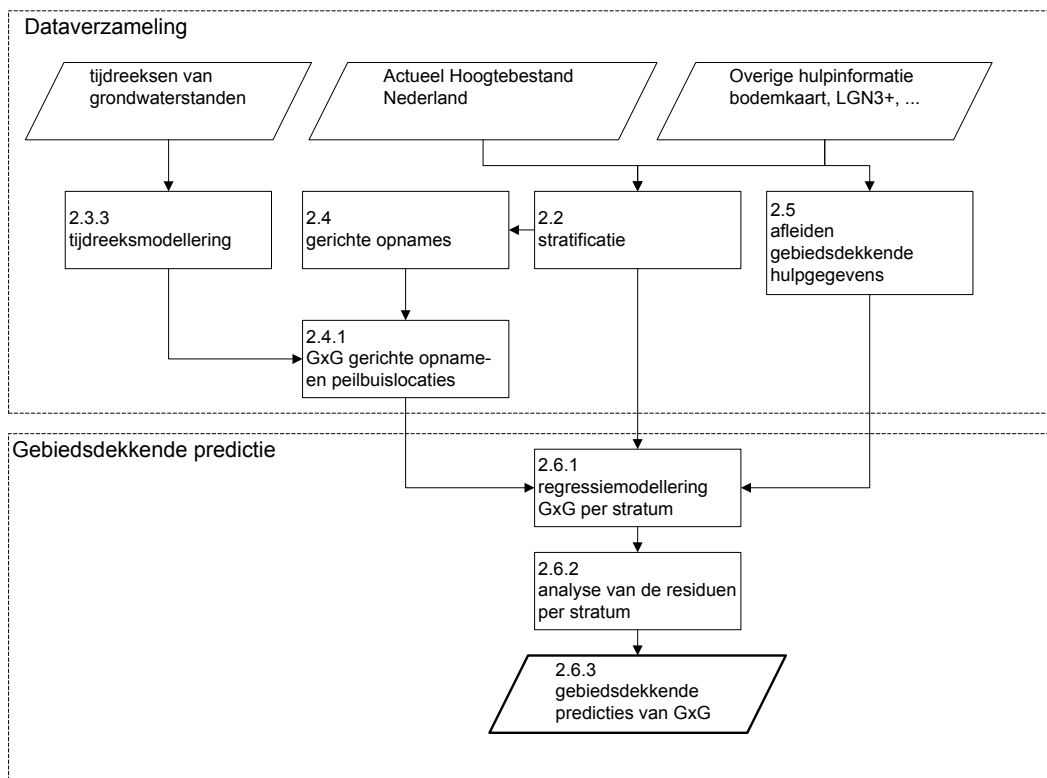
2 *Geostatistische verwerking van de gegevens*

Als het doel is de GxG in kaart te brengen, dan wordt in deze fase de GxG ruimtelijk geïnterpoleerd tussen de meetpunten, gebruik makend van de gebiedsdekkende hulp-informatie. Als het doel is percelen te classificeren naar uitspoelingsgevoeligheid, dan worden in deze fase een groot aantal (hier 300) gebiedsdekkende GxG-vlakken gesimuleerd. De variatie tussen deze vlakken representeert de onzekerheid over de werkelijke GxG in het gebied.

3 *Nabewerking van de geostatistische resultaten*

Als het doel is de GxG in kaart te brengen dan kan in deze laatste fase volstaan worden met het geïnterpoleerde GHG- en GLG-vlak om te zetten in een Gt-vlak en dit cartografisch weer te geven. Als het doel is percelen te classificeren, dan worden per perceel een drietal classificatie-criteria toegepast op het betreffende gedeelte van de gesimuleerde GxG-vlakken.

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop uit verschillende informatiebronnen gegevens worden afgeleid die als basis dienen voor de gebiedsdekkende voorspelling of simulatie van de GxG. De globale werkwijze bij de gebiedsdekkende voorspelling van GxG is weergegeven in figuur 1. De nummers in de figuur verwijzen naar de paragrafen in dit hoofdstuk, waarin een gedetailleerde beschrijving van de methoden wordt gegeven zoals die in een regionale Gd-kartering wordt toegepast. Voor elke Gd-kartering kunnen door de opdrachtgever extra gegevens worden aangeleverd of kan om een andere waarnemingsdichtheid worden gevraagd.



Figuur 1 Stroomschema van de gevolgde werkwijze bij een Gd-kartering

2.2 Indeling van het gebied in homogene deelgebieden

Het onderscheiden van homogene deelgebieden wordt stratificatie genoemd. Het doel van de stratificatie is om de onzekerheid over de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG te reduceren. Er mag namelijk worden verondersteld dat binnen homogene deelgebieden de samenhang tussen de GxG en allerlei hulpinformatie sterker is dan in het gebied als geheel. Er worden deelgebieden (strata) onderscheiden op basis van eigenschappen die gerelateerd zijn aan hydrologie en maaiveldhoogte. Voor elk van de strata wordt de samenhang tussen de GxG en gebiedsdekkende hulpinformatie beschreven met een regressiemodel. Dit regressiemodel wordt gebruikt bij de gebiedsdekkende predictie van de GxG. De regressiemodellen voor de verschillende strata kunnen onderling aanmerkelijk verschillen.

Voor de stratificatie wordt de volgende gebiedsdekkende informatie gebruikt:

- de geologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (TNO-NITG);
- de geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (Alterra);
- het Actueel Hoogtebestand Nederland, AHN 25 × 25 meter (Adviesdienst Geoinformatie en ICT);

- de ligging van waterlopen volgens de topografische kaart van Nederland, Top10-Vector (Topografische Dienst);
- de Landelijke Grondgebruikskaart Nederland, LGN3+, 25 × 25 meter (Alterra);
- de bodem- en Gt-kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (Alterra).

Verder worden er gegevens gebruikt die niet in alle gevallen gebiedsdekkend beschikbaar zijn:

- de indeling in stroomgebieden en peilgebieden volgens de waterschappen;
- gedetailleerde bodemkaarten, schaal 1 : 10 000 of schaal 1 : 25 000, die zijn vervaardigd voor bijvoorbeeld landinrichtingsprojecten (Alterra);
- de locaties van droogvallende waterlopen;
- de ligging van gebieden met vernattingsprojecten.

De bodem- en Gt-kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, vormt de basis voor de stratificatie. Indien nodig worden de kaartvlakken aan de hand van additionele informatie gesplitst. De stratificatie verloopt in drie stappen:

1. Er worden geohydrologische hoofdeenheden onderscheiden op basis van dagzomende geologische formaties en een aantal gedigitaliseerde breuklijnen die op de geologische kaart zijn weergegeven;
2. De geohydrologische hoofdeenheden worden onderverdeeld in bodemkundig-hydrologische eenheden, op basis van de bodem- en Gt-kaart, en gegevens over het afwateringspatroon en de maaiveldhoogte. Hierbij wordt gelet op:
 - een indeling in Gt;
 - de aanwezigheid van leemlagen in de ondergrond;
 - de textuur van de bodem;
 - de aanwezigheid van grof zand in de ondergrond;
 - de intensiteit van afwateringspatroon.
 Voorbeelden van deze bodemkundig-hydrologische eenheden zijn:
 - beekdalen;
 - droge zandgronden;
 - lemige gronden met stagnatie van grondwater door leemlagen.
3. In deze stap worden de uiteindelijke strata gevormd. Vlakken van bodemkundig-hydrologische eenheden worden samengevoegd tot strata, om tot meer aaneengesloten strata te komen en versnippering tegen te gaan. De strata zijn gemiddeld 3000 hectare groot (Finke et al., 2002b). In gebieden met grote bodemkundig-hydrologische verschillen kunnen strata echter kleiner zijn, terwijl in homogene gebieden de strata juist groter kunnen zijn.

2.3 De GxG op peilbuislocaties

2.3.1 Selectie van grondwaterstandsreeksen

De grondwaterstandsreeksen komen voor het overgrote deel uit de OLGA-databank van TNO-NITG (Van Bracht, 1988). Vanaf 1 januari 2001 heet deze databank DINO. Daarnaast worden korte meetreeksen van grondwaterstanden aangeleverd door de waterschappen en de provincies. Hierna wordt beschreven hoe grondwaterstandsreeksen worden geselecteerd die geschikt zijn voor de berekening van de GxG. De selectiecriteria zijn:

1. de reeksen moeten zijn waargenomen in peilbuizen met een filter dat maximaal vijf meter beneden maaiveld begint;
2. de grondwaterstand t.o.v. maaiveld moet bekend zijn;
3. de plaatscoördinaten van de buislocatie moeten bekend zijn;
4. er moeten minimaal negen waarnemingen per hydrologisch halfjaar zijn verricht;
5. de meetreeks moet minimaal drie jaar lang zijn;
6. de meetreeks moet doorlopen tot minimaal een half jaar voor het begin van de kartering;
7. de afstand van de peilbuis tot een rivier of kanaal moet tenminste 40 m zijn;
8. de afstand van de peilbuis tot waterlopen en beken moet tenminste 20 m zijn;
9. de afstand van de peilbuis tot een watervoerende perceelssloot moet tenminste acht m zijn;
10. het meetpunt mag niet worden beïnvloed door afstromend oppervlaktewater (bijvoorbeeld nabij verharding), zich bevinden in een kuil, op een dijk, een oprit, en dergelijke.

De criteria 7 tot en met 10 worden getoetst in het veld.

2.3.2 Overige grondwaterstandsreeksen

Waterschappen en provincies exploiteren een aantal grondwaterstandsmetnetten. Over het algemeen hebben deze meetnetten een tijdelijk karakter en zijn ingericht voor een specifiek doel. De gegevens die door waterschappen en provincies worden aangeleverd moeten tenminste voldoen aan criteria 1, 2 en 3 hierboven. Afhankelijk van de waarnemingsfrequentie (criterium 4), de reekslengte (criterium 5) en de waarnemingsperiode (criterium 6) wordt besloten op welke wijze uit de gegevens de GxG wordt berekend. Als de gegevens voldoen aan de criteria die hierboven zijn gesteld dan wordt de GxG berekend met behulp van tijdreeksmodellering (zie § 2.3.3). Als het aantal waarnemingen klein is, dan zullen de gegevens worden beschouwd als gerichte opnames van de grondwaterstand en zal de methode te bespreken in § 2.4 worden gevolgd. Als de reeksen te kort zijn voor tijdreeksmodellering, dan kan de methode van regressiemodellering worden gevolgd die is beschreven door Oude Voshaar en Stolp (1997). In tegenstelling tot de peilbuizen uit het OLGA/DINO-bestand worden de buizen uit de lokale meetnetten

niet in het veld bezocht. Dit is een gevolg van de korte doorlooptijd tussen het beschikbaar komen van de gegevens en de kartering.

2.3.3 Berekening van de klimaatrepresentatieve GxG

Voor de berekening van een klimaatrepresentatieve GxG op peilbuislocaties worden tijdreeksmodellen gebruikt die de samenhang tussen het neerslagoverschot en de grondwaterstand beschrijven. Dit is nodig omdat maar zelden gedurende dertig jaar grondwaterstanden worden gemeten op een locatie, zonder dat het hydrologische regime in die periode wijzigt door ingrepen in de waterhuishouding. Deze modellen worden gebruikt om op basis van reeksen van neerslagoverschotten die door het KNMI gedurende tenminste dertig jaar zijn verzameld grondwaterstandsreeksen te simuleren. Uit deze gesimuleerde grondwaterstandsreeksen van dertig jaar lang kunnen klimaatrepresentatieve parameters zoals de GxG en Gt worden berekend, en kunnen duurlijnen en regimecurves worden geconstrueerd (Knotters en Van Walsum, 1994).

Er is gebleken dat een schatting van de GxG op basis van korte meetreeksen, afhankelijk van de weersomstandigheden, een vertekend (systematisch te nat of te droog) beeld van de grondwatersituatie kan ontstaan ten opzichte van de klimaatperiode van dertig jaar. Daarom wordt voor elke meetreeks van grondwaterstanden middels tijdreeksanalyse eerst de afhankelijkheid tussen de grondwaterstand en het neerslagoverschot gemodelleerd. Uit een analyse van Knotters en Bierkens (1999) blijkt dat reeksen van vier tot acht jaar meestal lang genoeg zijn om de samenhang tussen het neerslagoverschot en de grondwaterstand te kunnen modelleren, en dat ook reeksen met lengte van drie jaar in veel situaties nog zullen voldoen. Met dit tijdreeksmodel kunnen vervolgens klimaatrepresentatieve, weersafhankelijke, schattingen van de GxG worden verkregen.

In het tijdreeksmodel dat de dynamische relatie tussen neerslagoverschot p en de grondwaterstand b beschrijft bestaat de grondwaterstand op tijdstip t uit een som van twee componenten: een deterministische of transfercomponent, b_t^* , en een ruiscomponent, n_t ; $b_t = b_t^* + n_t$. De relatie wordt transfer-ruismodel genoemd.

De deterministische component b_t^* is dat deel van de grondwaterstand dat kan worden verklaard uit een lineaire samenhang met het neerslagoverschot. De deterministische component b_t^* wordt geschat met: de vorige grondwaterstandmeting uit de tijdreeks en het neerslagoverschot tussen de huidige en de vorige meting. De ruiscomponent n_t bevat de resterende invloeden. Knotters (2001) toonde aan dat dit model eenvoudig fysisch is te verklaren en in veel situaties een goede beschrijving van de grondwaterstandsdynamiek geeft. Het transfer-ruismodel is ingebed in een Kalman-filter waardoor kalibratie op onregelmatig waargenomen grondwaterstandsreeksen mogelijk is (Bierkens et al., 1999).

Het gebruik van alleen de deterministische component bij de simulaties zou leiden tot een onderschatting van de temporele variatie. Omdat zowel de GHG als de GLG

extreme grondwaterstanden beschrijven, is het van belang dat de temporele variatie juist wordt gesimuleerd. Daarom wordt gebruik gemaakt van stochastische simulatie, (zie Knotters, 2001, hoofdstuk 2). Omdat de grondwaterstandsreeksen worden gesimuleerd door middel van stochastische simulatie, kan ook de nauwkeurigheid van de berekende GHG en GLG worden aangegeven. Dit betreft de nauwkeurigheid uitgaande van het gecalibreerde tijdreeksmodel, de onzekerheid van gecalibreerde tijdreeksparameters wordt hierin niet meegenomen, en is daarom altijd een onderschatting van de werkelijke nauwkeurigheid.

De coëfficiënten van het transfer-ruismodel worden gecalibreerd met het programma KALTFN. De neerslaggegevens zijn afkomstig van het KNMI-neerslagstation dat zich het dichtst bij de peilbuis bevindt. De gegevens betreffende de referentiegewasverdamming zijn eveneens afkomstig van het dichtstbijzijnde weerstation.

Het dagelijkse potentiële neerslagoverschot p_t wordt berekend uit het verschil tussen dagneerslagsom (p_N) en de etmaalverdamping voor een referentiegewas volgens Makkink (e_M), zoals deze door het KNMI is gegeven (De Bruin, 1987):

$$p_t = p_{N,t} - e_M \quad (2.1)$$

Met het gecalibreerde tijdreeksmodel en de neerslagoverschotreeks van de dertig jaar worden voor elke peilbuislocatie 100 grondwaterstandsreeksen gesimuleerd van dertig jaar lang. Uit deze 100 gesimuleerde reeksen wordt de GxG en zijn voorspelfout berekend. De berekening van de GxG uit de gesimuleerde reeksen van dertig jaar lang verloopt in twee stappen:

1. per hydrologisch jaar wordt het gemiddelde van de drie hoogste en laagste grondwaterstanden genomen (respectievelijk HG3 en LG3);
2. de dertig HG3's en LG3's worden gemiddeld tot een GHG en een GLG.

2.4 De GxG op gerichte opnamelocaties

Tijdens de kartering worden grondwaterstanden gemeten in een groot aantal boorgaten, op vooraf vastgestelde locaties en tijdstippen. Omdat zowel het tijdstip als de locatie van de opnames vooraf worden bepaald, wordt er gesproken van twee 'gerichte opnames'. Het doel van deze gerichte opnames is om het net van GxG's te verdichten, zodat er uiteindelijk voldoende GxG waarnemingen zijn om de statistische relatie met maaiveldhoogten en daarvan afgeleide eigenschappen te kunnen analyseren (§ 2.6). Hiertoe is het nodig dat in elk stratum voor tenminste twintig locaties GxG-waarden bekend zijn. Een aanvullende eis is dat deze locaties ruimtelijk gelijkmatig zijn verspreid over het stratum en over de droge en natte terreindelen die in het stratum voorkomen. De locaties worden als volgt gekozen:

1. voor elk stratum wordt bepaald hoeveel waarnemingen er worden gedaan (minimaal twintig);

2. met het Top10-Vectorbestand en het AHN wordt een kaart van de drooglegging gemaakt met voor elke 25×25 m-pixel een drooglegging (zie § 2.5.1);
3. de droogleggingen, of indien deze niet beschikbaar zijn de Gt-klassen, worden per stratum gesorteerd van nat (ondiep) naar droog (diep);
4. de gesorteerde droogleggingen of Gt's worden in een aantal klassen opgedeeld gelijk aan het aantal waarnemingen in het stratum. Deze klassen zijn kleiner in 'natte' dan in 'droge' terreindelen, waardoor relatief meer opnames in natte terreindelen plaatsvinden;
5. per klasse wordt één waarnemingslocatie geloot en twee reservelocaties op voldoende afstand daarvan verwijderd.

Er wordt tweemaal gemeten: eenmaal in de winter, als de grondwaterstand zich rond het GHG-niveau bevindt, en eenmaal in de zomer, als de grondwaterstand zich rond het GLG-niveau bevindt. Tijdens neerslagperiodes wordt niet gemeten, omdat de diepte van het freatisch vlak dan te veel varieert in de tijd. Tijdens het veldwerk worden boorgaten gemaakt tot tien cm onder het grondwatervniveau (maar nooit dieper dan 2,50 m). Na een instelperiode (1-2 dagen) wordt de grondwaterstand gemeten.

2.4.1 Berekening van de GxG voor gerichte-opnamelocaties

Op de tijdstippen van de gerichte opnames worden ook grondwaterstanden gemeten in de peilbuizen waar de GxG met een tijdreeksmodel is berekend (§ 2.3.3). Deze peilbuizen liggen idealiter in de directe omgeving van de meetpunten. In de praktijk worden er op één meetdag in uitgestrekte gebieden metingen verricht, en liggen de peilbuizen over een groot gebied verspreid. Het aantal peilbuizen waarin per meetdag wordt gemeten varieert tussen de vijftien en de vijfentwintig. Dit is voldoende om voor elke meetdag een regressiemodel op te stellen dat de relatie beschrijft tussen de waargenomen grondwaterstanden en de berekende GxG. Het lineaire regressiemodel dat de relatie beschrijft tussen de GxG en een gemeten grondwaterstand noemen we het stambuisregressiemodel. Dit model heeft de volgende vorm:

$$GxG = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \epsilon, \quad (2.2)$$

waarin x_1 de grondwaterstand, β_0 en β_1 regressiecoëfficiënten en ϵ de foutenterm;

Met het stambuisregressiemodel wordt de GxG voorspeld uit grondwaterstands-waarnemingen die tijdens de gerichte opname zijn verricht en worden de voorspelfouten van deze voorspellingen berekend. De voorspelfouten van de GxG-voorspellingen op puntniveau worden ook wel aangeduid als pseudomeetfouten en voor deze meetfouten kan in de verdere verwerking worden gecorrigeerd (zie § .6.1).

Soms wordt de grondwaterstand niet waargenomen binnen de maximale boordiepte van 2,50 meter. Dit noemen we 'een gecensureerde waarneming': de precieze waarde is onbekend, maar wel is bekend dat de waarneming 'dieper dan' een grenswaarde is. In deze situatie kiezen wij voor de volgende benadering (Cohen, 1991): eerst wordt

een *maximum likelihood*-schatting gemaakt van de grondwaterstand. Daarbij wordt de code '> 2,50' vervangen door de meest waarschijnlijke diepte groter dan 2,50 m. Dit getal wordt vervolgens ingevoerd in de regressievergelijking. De check op gecensureerde waarnemingen en de vervanging met het meest waarschijnlijke getal is standaard ingebouwd in het computerprogramma waarmee de GxG wordt voorspeld.

2.5 Gebiedsdekkende hulpinformatie over topografie en waterhuishouding

Het Actueel Hoogtebestand Nederland wordt eerst gecontroleerd op 'onnatuurlijke' hoogten zoals veroorzaakt door schuren, huizen, wegen en viaducten. Deze onnatuurlijke hoogten zijn verwijderd. Vervolgens zijn alle cellen die behoren tot de LGN4-klassen 'zoet water', 'zout water', 'stedelijk bebouwd gebied' en 'hoofdwegen en spoorwegen' verwijderd. De standaardafwijkingen van de hoogten is berekend voor een schuivend vensters van de drie × drie omliggende cellen. Cellen zijn verwijderd als deze standaardafwijking groter is dan 100 cm, en de cellen behoren tot één van de volgende klassen van het LGN4-bestand: 'bebouwing in agrarisch en buitengebied', 'loof- en naaldbos in bebouwd gebied', 'bos met dichte bebouwing', 'gras in bebouwd gebied', 'kale grond in bebouwd buitengebied'. Als de standaardafwijking groter is dan 100 cm en de cellen liggen minder dan 50 m verwijderd van 'hoofdwegen en spoorwegen' zijn deze ook verwijderd.

2.5.1 Afleiding van gebiedsdekkende hulpinformatie

Van het AHN-bestand, de 1 : 50 000 Gt-kaart en het Top10- Vectorbestand zijn vijf groepen hulpinformatie afgeleid. Elk van deze groepen hulpinformatie bevat één of meer kaarten met daarop parameters die hydrologisch relevant zijn. Parameters die min of meer uitwisselbaar zijn, zijn ondergebracht in dezelfde groep. De inhoud en de afleiding van de gebiedsdekkende hulpinformatie wordt hieronder voor elk van de vijf groepen beschreven. Het AHN-bestand tezamen met de hulpbestanden wordt in het vervolg het 'AHN+-bestand' genoemd.

Groep 1: relatieve maaiveldhoogten

Uit onderzoek van Te Riele en Brus (1992) en Te Riele et al. (1995) is gebleken dat grondwaterstanden kunnen samenhangen met de maaiveldhoogte ten opzichte van NAP en met de relatieve maaiveldhoogte. Met relatieve maaiveldhoogte wordt de hoogte van een punt ten opzichte van de gemiddelde hoogte in een gebied binnen een bepaalde straal rond dat punt bedoeld (figuur 2). Voor elk punt in het AHN is voor omgevingen met een straal van 100, 200, 300, 400 en 500 meter de relatieve maaiveldhoogte bepaald.

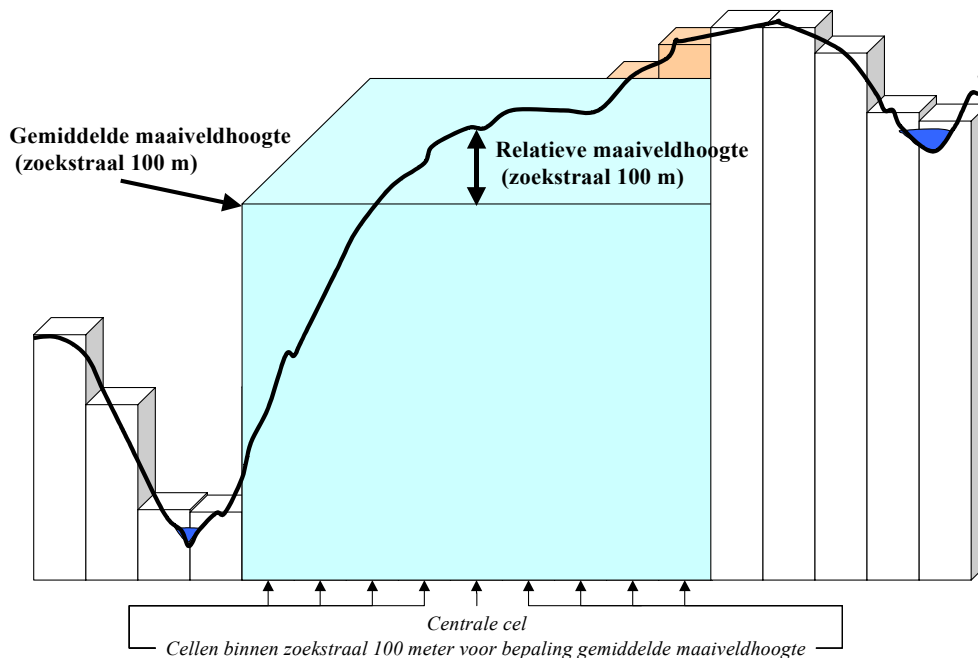
Groep 2: drainagedichtheid

De dichtheid waarmee een gebied is ontwaterd beïnvloedt de grondwaterstand (met name de GHG, maar indien er sprake is van waterinlaat ook de GLG). Daarom

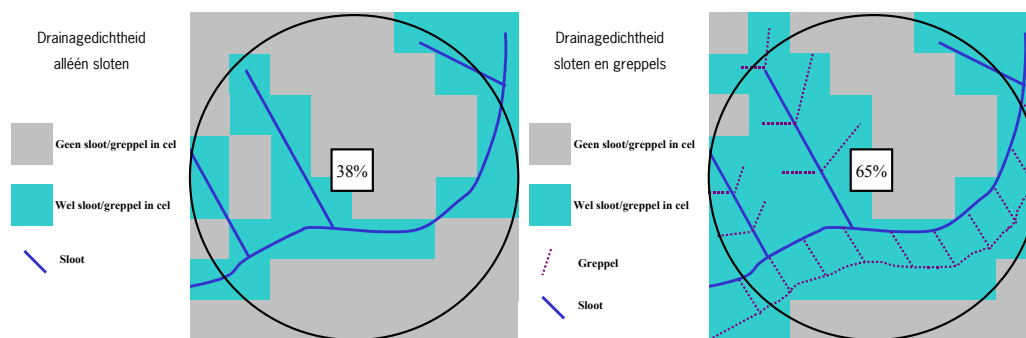
wordt de drainagedichtheid gebiedsdekkend geschat en gebruikt als hulpinformatie. Uit het Top10-Vectorbestand zijn alle watergangen geselecteerd. Hiervan zijn twee bestanden gemaakt: een bestand met alle watergangen ('sloot en greppel') en een bestand waar de detailontwatering uit is verwijderd ('alleen sloot'). Voor elke 25 × 25 meter cel is bepaald in hoeveel naburige cellen binnen een zoekstraal van 300 en 400 meter drainage voorkomt (figuur 3). Hieruit volgt een indicatie van de drainagedichtheid voor 'alleen sloot' en 'sloot en greppel'.

Groep 3: drooglegging ten opzichte van maaiveld

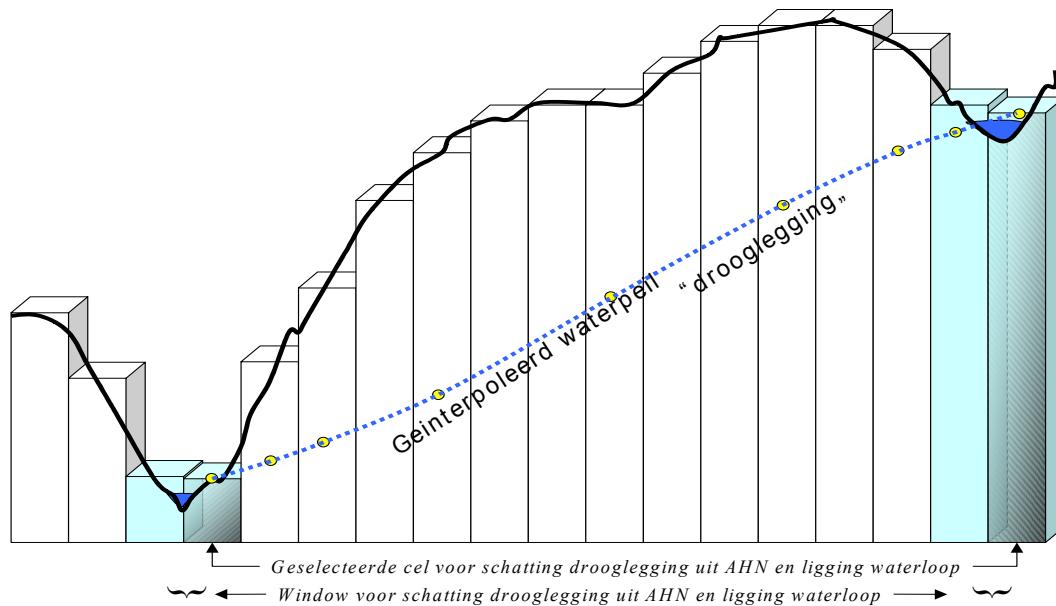
De drooglegging is het hoogteverschil tussen de waterspiegel in een waterloop en het grondoppervlak. Het kan worden geïnterpreteerd als het verwachte effect van het peilbeheer en de waterlopeninfrastructuur op de grondwaterstand. Een gebiedsdekkende schatting van de drooglegging zal daarom naar verwachting nuttige hulpinformatie opleveren bij een grondwaterstandskartering.



Figuur 2 Bepaling relatieve maaiveldhoogte uit het AHN



Figuur 3 Bepaling van de drainagedichtheid



Figuur 4 Schatting van de drooglegging

Uit een combinatie van de gedigitaliseerde waterlopen uit het Top10-Vectorbestand en het AHN is een bestand afgeleid waar per 25×25 meter pixel de drooglegging is bepaald (figuur 4). Dit is gebeurd in drie stappen:

1. in elk segment van een watergang is een peil ten opzichte van NAP geschat met de waarde van het laagst gelegen punt van het AHN in de directe omgeving;
2. dit peil ten opzichte van NAP is gebiedsdekkend geïnterpoleerd, gewogen naar de inverse afstand tot de waterloop;
3. door deze geïnterpoleerde peilen af te trekken van de maaiveldhoogte uit het AHN is de drooglegging ten opzichte van het maaiveld gebiedsdekkend berekend.

Waarschijnlijk geeft de drooglegging die op bovenstaande wijze is berekend een systematisch te nat beeld van de drooglegging, omdat het peil geschat in stap 1 deels op hoogtecijfers van de oevers zal zijn gebaseerd, en niet op het waterpeil zelf. Met behulp van metingen van het slootpeil ten opzichte van de lokale maaiveldhoogte kan hiervoor worden gecorrigeerd. Zowel de gecorrigeerde droogleggingkaart als de kaart met oorspronkelijke schattingen van de drooglegging zijn als hulpinformatie gebruikt in het vervolg van het onderzoek.

Tabel 1 Onder - en bovengrenzen van GHG en GLG per Gt-klasse

Gt op kaart	GHGboven	GHGonder	GLGboven	GLGonder
I	-17	40	26	50
II	-9	40	50	80
II*	25	50	50	80
III	0	40	80	120
III*	25	40	80	120
IV	40	120	80	120
V	0	40	120	150
V*	25	40	120	160
VI	40	80	120	190
VII	80	120	160	260
VII* / VIII	140	220	160	400

Groep 4: maaiveld ten opzichte van NAP

Dit is de absolute maaiveldhoogte volgens het 25 × 25 meter AHN-bestand.

Groep 5: de GHG en GLG volgens de Gt-kaart 1 : 50 000 en de geschatte berging

De Gt-kaart 1 : 50 000 is weliswaar verouderd wat betreft de absolute niveaus van de GHG en GLG, maar geeft de ruimtelijke variatie mogelijk nog wel goed weer. Om die reden is de 1 : 50 000 Gt-kaart omgezet in kaarten van de GHGoud en GLGoud, waarbij gebruik is gemaakt van de karakterisatie van Gt's door Van der Sluijs (1982, 1990), zie tabel 1. De Gt-klassen van de 1 : 50 000 Gt-kaart en het AHN-maaiveldshoogtebestand worden gebruikt om een neergeschaalde kaart van de GHG en GLG te maken. Voor elk Gt-vlak van de 1 : 50 000 kaart wordt het 5-de en 95-ste percentiel van de AHN-hoogten in dat vlak bepaald. Voor de hoogten tussen het 5 - de en 95-ste percentiel wordt verondersteld dat deze lineair samenhangen met de GHG's en GLG's tussen de onder- en bovengrens voor de betreffende Gt-klasse. Vervolgens worden de hoogten uit het AHN-bestand met deze lineaire relatie getransformeerd in GHG's en GLG's ook voor de locaties buiten het 5-de tot het 95-ste percentiel. De op deze wijze neergeschaalde oude GHG en GLG worden als gebiedsdekkende hulpinformatie aangeboden.

Met behulp van de bodemfysische vertaling van de bodemkaart (Wösten et al., 1988), het programma CAPSEV (Wesseling, 1991) en de grondwaterstanden in tabel 1 is de bergingscapaciteit bij de oude GHG en GLG berekend. Deze bergingscapaciteiten zijn als gebiedsdekkende hulpinformatie gebruikt.

2.6 Gebiedsdekkende predictie van de GxG

De gebiedsdekkende predictie van de GxG vindt plaats in een aantal stappen, die weergegeven zijn in figuur 1. Allereerst wordt met behulp van regressieanalyse de samenhang tussen de GxG op puntlocaties en de vijf groepen met gebiedsdekkende hulpinformatie onderzocht. De regressieanalyse wordt beschreven in § 2.6.1. en wordt per stratum uitgevoerd. Dit levert voor elk stratum een selectie van

predictoren op, een gekalibreerd regressiemodel en een aantal residuen (verschilwaarden tussen de GxG op puntlocaties en op basis van regressie voorspelde waarden). Vervolgens wordt de ruimtelijke structuur van de residuen geanalyseerd. Dit gebeurt niet per stratum, maar voor alle strata tegelijk, teneinde over voldoende metingen te beschikken om de ruimtelijke structuur te kunnen modelleren. De laatste stap betreft de predictie van GxG en wordt beschreven in § 2.6.3. Voor elke cel uit het 25×25 -metergrid wordt de GxG voorspeld op basis van de, met regressie, geselecteerde predictoren, de variogrammen en de waarden van de GxG op meetlocaties.

2.6.1 Regressieanalyse

Voor elk stratum is een model geselecteerd dat de samenhang beschrijft tussen de GxG op meetlocaties en de vijf groepen met gebiedsdekkende hulpinformatie beschreven in § 2.5.1. Omdat verklarende variabelen (gebiedsdekkende hulpinformatie) die tot dezelfde groep behoren naar verwachting uitwisselbaar zijn in de regressieanalyse, is uit elke groep slechts één variabele in het regressiemodel opgenomen. Aldus wordt een set kandidaatmodellen samengesteld, met elk een regressieconstante en met maximaal vijf predictorvariabelen. Voor elk stratum is het beste model geselecteerd op basis van het Mallows' Cp-criterium (Mallows, 1966). Om de nauwkeurigheid van de GxG-voorspellingen voor peilbuis- en gerichte opnamelocaties te kunnen verdisconteren is er een gewogen regressie uitgevoerd, waarbij de nauwkeurigheid als gewicht diende: hoe nauwkeuriger de GxG-predictie, hoe meer gewicht in de regressieanalyse. In formulevorm is het gewicht gelijk aan $f/(1 + s_i^2)$, waarin s_i^2 de variantie is van de fout in de berekende GxG op locatie i , $i = 1 \dots n$, en f een correctiefactor die ervoor zorgt dat de gewichten sommeren tot het aantal waarnemingen n gebruikt in de regressieanalyse.

2.6.2 Ruimtelijke structuur van de residuen

Het verschil tussen de GxG-waarde op een peilbuislocatie of de locatie van een gerichte opname (GxG_{obs}), en de waarde die is berekend met het geselecteerde regressiemodel (GxG_{mod}), noemen we residu en wordt als volgt berekend:

$$\varepsilon_k(x) = GxG_{\text{obs},k}(x) - GxG_{\text{mod},k}(x), \quad (2.3)$$

waarin k aangeeft in welk stratum het residu ligt. Het gemiddelde van de residuen per stratum is ongeveer nul en ze hebben een variantie s_k^2 . Waarschijnlijk vertonen de residuen een ruimtelijke correlatie of structuur. Het regressiemodel hoeft immers niet alle ruimtelijke structuur in de GxG verklaard te hebben uit de gebiedsdekkende hulpinformatie. Voor de predictie van de GxG en de berekening van de voorspelfout, is het van belang rekening te houden met de ruimtelijke structuur van de residuen. De ruimtelijke structuur wordt gemodelleerd met een (semi-)variogram (Davis, 2002, blz. 254-264). Het variogram geeft de afhankelijkheid weer tussen een waarneming op locatie x en een waarneming op locatie $x + h$, waarbij h een vector is die zowel afstand als richting aangeeft.

Het variogram wordt gemodelleerd voor GHG, GVG en GLG afzonderlijk. Eerst worden de residuen per stratum gestandaardiseerd door ze te delen door de variantie van de residuen per stratum s^2_k . Na standaardisatie worden de residuen uit alle strata gebruikt bij de modellering van één en hetzelfde, gestandaardiseerd variogram. De variogrammen worden vervolgens per stratum gestandaardiseerd op basis van s^2_k . Dit stratum-specifieke variogram wordt nog gecorrigeerd voor de pseudomeetfout (eigenlijk predictiefout) van de GxG-opnamen door vermindering van de *nugget*-parameter van het variogram met de gemiddelde variantie van de pseudomeetfout in de GxG-opnamen per stratum. Indien de *nugget*-parameter van het variogram kleiner is dan de gemiddelde variantie van de pseudomeetfout wordt ze gelijk gesteld aan nul.

2.6.3 Universal kriging van GxG

De gebiedsdekkende predictie van GxG vindt voor elk stratum afzonderlijk plaats. Binnen een stratum wordt bij een standaard kartering rekening gehouden met de correlatie tussen GHG, GVG en GLG door cross-variogrammen te gebruiken bij predictie met Gstat (Pebesma en Wesseling, 1998). Gebiedsdekkende predictie wordt met universal co-kriging uitgevoerd in het geval van simultane voorspelling van GHG, GVG en GLG. Als driftvariabelen bij kriging wordt gebruik gemaakt van de, met regressie, geselecteerde predictoren (gebiedsdekkende hulpinformatie).

Het resultaat is een gebiedsdekkende krigingpredictie van GxG en een gebiedsdekkende krigingvariantie van de GxG per stratum. De GxG-voorspellingen en voorspelfouten per stratum worden in een GIS samengevoegd tot kaarten voor het totale gebied. De resolutie en gebiedsbegrenzing is gelijk aan de gebiedsdekkende hulpinformatie waaraan de gebruikte predictoren zijn ontleend.

2.7 Perceelsclassificatie naar uitspoelingsgevoeligheid

Zodra een groot aantal gebiedsdekkende GxG's zijn gesimuleerd, kunnen deze worden nabewerkt om percelen te classificeren naar uitspoelingsgevoeligheid. Het uitgangspunt is daarbij dat een perceel als uitspoelingsgevoelig wordt geclassificeerd indien er voldoende zekerheid bestaat dat tenminste een zeker percentage van het oppervlakte van het perceel uitspoelingsgevoelig is. Daartoe worden de volgende criteria gehanteerd:

- Puntcriteria: een punt in het perceel is gedefinieerd als uitspoelingsgevoelig indien op dat punt:
 - de bodem bestaat uit zand, en
 - de GHG dieper is dan GHGcrit cm beneden maaiveld (GHGcrit is bijvoorbeeld 40, 50, 60, 70 of 80 cm t.o.v. maaiveld), en
 - de GLG dieper is dan 120 cm beneden maaiveld.
- Oppervlaktecriterium: het perceel als geheel is gedefinieerd als uitspoelingsgevoelig, indien meer dan Ocrit procent van zijn oppervlak voldoet aan het puntcriterium voor uitspoelingsgevoeligheid. (Ocrit is bijvoorbeeld 50% of 67%)

- Kanscriterium: het perceel wordt als uitspoelingsgevoelig geïnclassificeerd, indien de uit de simulaties te berekenen kans dat aan het oppervlakte-criterium is voldaan, groter dan P_{crit} is. (P_{crit} is bijvoorbeeld 0.90 of 0.95.) De perceelsclassificatie vindt plaats door per perceel voor elke gesimuleerde GxG het percentage van het oppervlak te berekenen waar voldaan is aan de punt-criteria voor uitspoelingsgevoeligheid, en vervolgens te bepalen of dit percentage O_{crit} overschrijdt. Tenslotte wordt de fractie GxG's berekend waarin O_{crit} wordt overschreden. Als deze fractie groter is dan P_{crit} , dan wordt het perceel als uitspoelingsgevoelig geïnclassificeerd, anders als niet-uitspoelingsgevoelig.

2.8 Aanpassingen in de werkwijze

Ten opzichte van de werkwijze zoals beschreven door Finke et al. (2002b en 2004) en De Gruijter et al. (2004) zijn de volgende zaken aangepast:

Op de langjarige meetreeksen van grondwaterstanden zoals uit de DINO-database van TNO zijn opgevraagd heeft een extra controle plaatsgevonden. Tijdreeksmodellering op de meetreeksen bleek bijzonder gevoelig voor meetfouten in grondwaterstand. Via een visuele beoordeling van het grondwaterstandsverloop en de neerslag gegevens van een nabij gelegen KNMI station zijn niet-plausibele waarden van de grondwaterstand uit de meetreeksen verwijderd. Op deze geschoonde reeksen van grondwaterstanden is vervolgens tijdreeksanalyse uitgevoerd. Uit de resultaten van deze tijdreeksanalyses worden ten behoeve van stambuisregressie klimaats-representatieve GxG schattingen berekend.

Met het stambuisregressiemodel wordt de GxG voorspeld uit grondwaterstands-waarnemingen die tijdens de gerichte opname zijn verricht en worden de voorspelfouten van deze voorspellingen berekend. Voor een voorspelling van de GHG en GVG wordt gebruik gemaakt van de wintermeting voor een voorspelling van de GLG van de zomermetingen. In de methode zoals beschreven door Finke et al. (2002b en 2004) en De Gruijter et al. (2004) werd via automatische modelselectie gekozen voor het voorspellen van de GxG op basis van zomer- of winterstand of beide standen samen.

De voorspelde GxG op locaties van de 'gerichte opnames' zijn beoordeeld op basis van een vergelijking met informatie uit de 1 : 50 000 bodemkaart voor de betreffende locatie. Er is daarbij gelet op zowel de bodemcode met voor- en achtervoegsels als de aanduiding van Gt-klasse. Er zijn per groep van bodemkenmerken, zoals de aanduiding van stagnerende profielen, de aanduiding van xerogronen of het fluctuatietraject van een Gt-klasse, criteria opgesteld voor controle van de met stambuisregressie geschatte GxG (Beoordelingscriteria staan op Cd-rom als bijlage). Schattingen van de GxG die niet voldoen aan de criteria die per groep van bodemkenmerken zijn opgesteld zijn bij de verdere verwerking niet gebruikt. Hierdoor is het aantal GxG schattingen voor 'gerichte opname' locaties ten opzichte van de werkwijze van De Gruijter et al. (2004), waar deze controle niet is uitgevoerd, verminderd met ongeveer 15%. Hierdoor moesten soms strata worden

samengevoegd omdat anders minder dan 20 GxG-opnames per stratum beschikbaar waren.

De gebruikte hulpinformatie aangeduid als de 'oude' Gt wordt nu anders berekend. Neerschaling van de GHG en GLG uit de 1:50 000 bodem en Gt-kaart met het AHN vindt plaats zoals beschreven in § 2.5.1. In de werkwijze van Finke et al. (2002b) werd neerschaling met het AHN uitgevoerd tussen het 15- en 85-percentiel van de maaiveldhoogten binnen een Gt-vlak met een lineaire neerschaling afhankelijk van de hoogte over het GHG- en GLG-bereik horend bij het betreffende Gt-vlak (zie tabel 1). Buiten dit hoogtebereik werd de GxG geïnterpoleerd tussen de GxG voorspellingen aan de randen (het 15- of 85-percentiel) van alle Gt-vlakken.

3 De afname van het areaal veengronden

3.1 Definitie en verbreiding van veengronden in Nederland

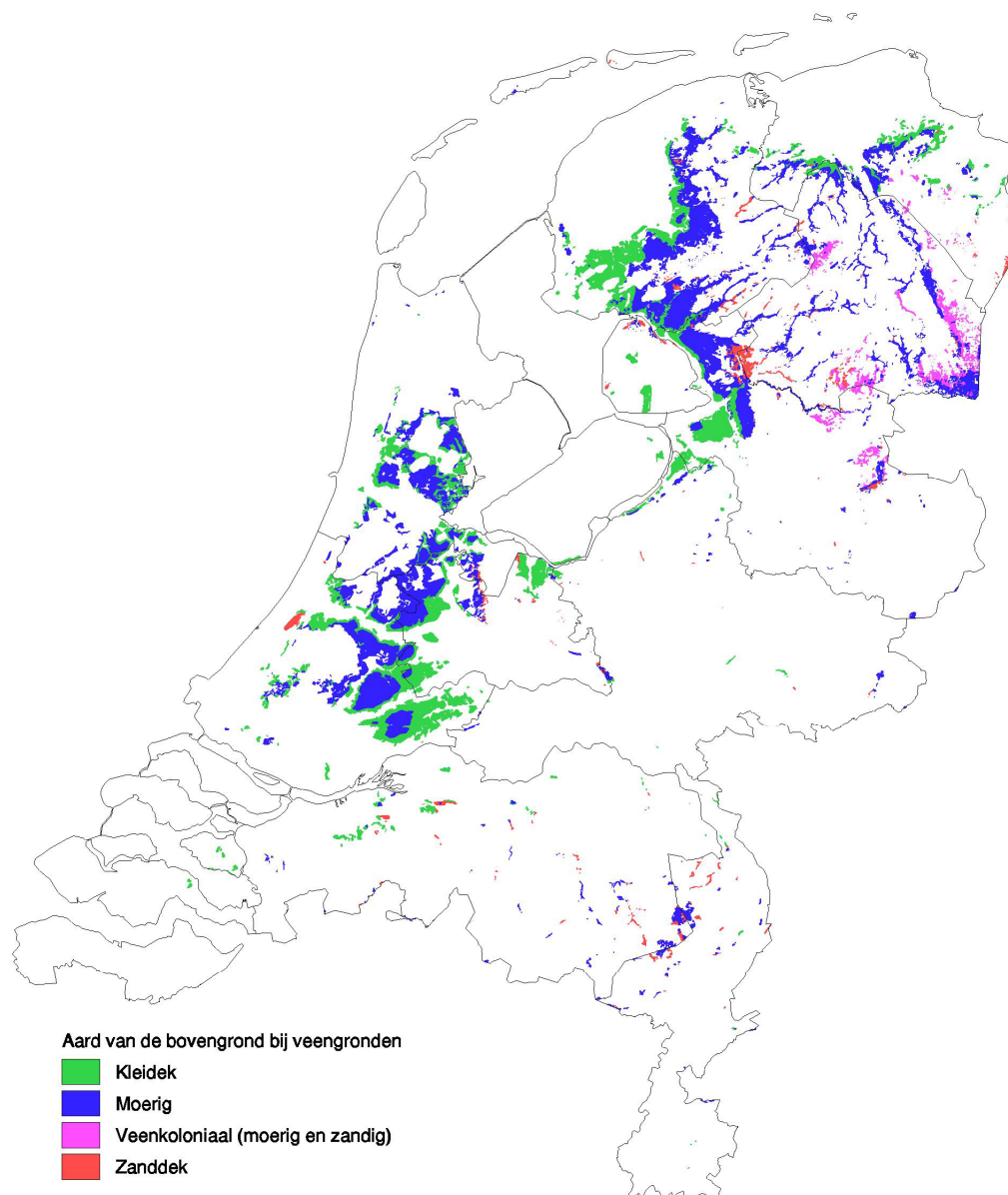
Over de verbreiding van de veengronden in Nederland en de afname van het areaal veegronden is ook gerapporteerd door Van Kekem (2004) in een studie naar het stikstofleverend vermogen van veengronden. In dit rapport is hierop voortgeborduurd.

Veeenvorming vindt plaats indien door gebrek aan zuurstof en remming van de biologische activiteit het door planten gevormde organische materiaal niet of onvolledig wordt omgezet. Het proces speelt zich af in een milieu, waar, bij overmaat aan water, reducerende omstandigheden heersen.

Veen bestaat uit geaccumuleerde, niet of onvolledig omgezette organische stof. In de bodem wordt de organische stof zowel onder anaërobe als aërobe omstandigheden voortdurend afgebroken. De afbraak onder anaërobe omstandigheden verloopt zeer langzaam. Onder aërobe omstandigheden, als de organische stof aan de lucht is blootgesteld, gaat de afbraak veel sneller. Tijdens het proces van veeenvorming was de aanvoer van organisch materiaal groter dan de afbraak (Hendriks, 1992). Het milieu waarin het veen ontstaat, bepaalt de veensoort. Hierbij is vooral de mate van mineralenrijkdom (rijkdom aan plantenvoedingsstoffen) van belang. Het milieu kan voedselrijk (eutroof), weinig voedselrijk (mesotroof) of voedselarm (oligotroof) zijn; dit wordt grotendeels bepaald door geografische en hydrologische omstandigheden. Bij elk milieu hoort een karakteristieke plantengroei en bijgevolg veensoort:

- het oligotrofe milieu wordt uitsluitend gevoed met zeer voedselarm regenwater. Dit resulteert in veenmosveen en bolster (jong veenmosveen);
- in het mesotrofe milieu wordt door beken en riviertjes of door kwel voedselrijker water aangevoerd. In dit soort situaties ontstaat vooral zeggeveen;
- het eutrofe milieu wordt gevoed door voedselrijk en slibhoudend rivier- of zeewater. Hier ontstaat rietveen en bosveen met wisselende hoeveelheden klei.

In Nederland komt volgens de 1 :50 000 bodemkaart ca. 290 000 ha veengrond voor (zie figuur 5). Volgens de definities voor de bodemkaart (De Bakker en Schelling, 1966) hebben veengronden meer dan 40 cm moerig materiaal binnen 80 cm. Moerig materiaal is bodemmateriaal dat voor minstens 15 (bij een lutumgehalte van 0%) tot 23 massaprocenten (bij een lutumgehalte van 50%) uit organische stof bestaat. Bij de veengronden wordt onderscheid gemaakt in samenstelling en aard van de bovengrond en in veensoorten en het daaraan gerelateerde voedingsmilieu waarin het veen gevormd is.



Figuur 5. Veengronden in Nederland volgens de 1 : 50 000 bodemkaart, met een indeling naar de aard van de bovengrond.

De bovengrond of toplaag kan bestaan uit moerig materiaal, een kleidek (15 á 40 cm dik), een zanddek (15 á 40 cm dik) of een veenkoloniaal dek (tabel 2). Gronden met een veenkoloniaal dek vormen een aparte groep, ze hebben in principe een bezandingsdek, maar dit is op de ene plaats moerig, elders – vaak binnen één perceel – humusrijk of humeus. Ook de dikte van het veenkoloniale dek varieert vaak binnen één perceel (Steur en Heijink, 1991).

Tabel 2. *Overzicht van de verschillende veengronden in Nederland (arealen in ha)*

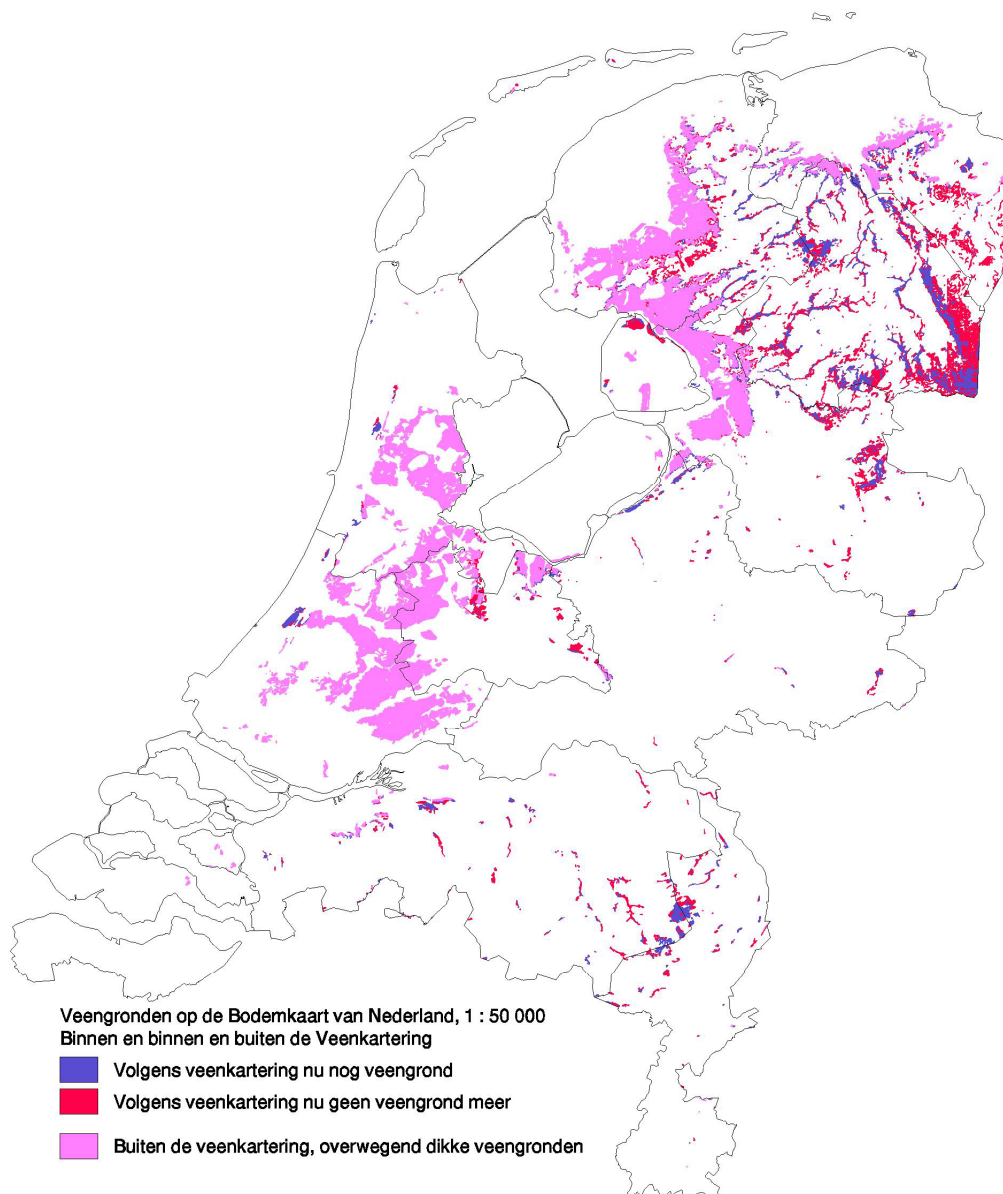
Bovengrond	Trofiegraad			Eindtotaal
	Eutroof	Mesotroof	Oligotroof	
Kleidek	38439	44239	24685	107364
Moerig	40897	83581	33312	157790
Veenkoloniaal		9054	3589	12642
Zanddek		7533	3542	11075
Eindtotaal	79336	144407	65128	288870

Een groot gedeelte van de veengronden is in gebruik voor de landbouw. Het totale landbouw-areaal op veengronden bedraagt ‘bruto’ ca. 223 000 ha. Met bruto-oppervlakte wordt de oppervlakte bedoeld inclusief de sloten die in het gebied voorkomen. In sommige veengebieden, met name in het westen van het land, beslaan de sloten een aanzienlijke oppervlakte.

3.2 Afname van het areaal veengronden

Door blootstelling aan de lucht vindt er voortdurend afbraak van organische stof plaats. De aëratie van bodemlagen wordt bevorderd door een diepere ontwatering en door grondbewerking. Door het afbraakproces worden veenlagen dunner, waardoor veengronden met een dun veenpakket uiteindelijk kunnen overgaan in een ander bodemtype. Deze verschuiving naar een ander bodemtype heeft in de afgelopen decennia met name plaatsgevonden bij veengronden in Oost-Nederland.

Alterra heeft in de periode 2001 – 2003 ca. 103 000 ha veengrond gecheckt op de huidige status (veenkartering). Deze veengronden liggen binnen het zogenaamde BGDM (Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen) gebied, dat een grove begrenzing van de zandgronden is waarin ook randen en enclaves met veengronden voorkomen. Uit deze quick scan bleek dat 47% van de oppervlakte veengronden is gedeformeerd naar een ander bodemtype. figuur 6 geeft een overzicht van de ligging van veengronden die bezocht zijn voor de veenkartering en van de veengronden die inmiddels zijn verdwenen.



Figuur 6. Actualiteit van de bodemkaart m.b.t. het voorkomen van veengronden.

Tot nu toe werden de zand- en lössgronden aangewezen in de kaarten behorend bij het Besluit gebruik meststoffen (BGM). Vanaf 1-1-2006 gebeurt dat met kaarten die behoren bij het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, een besluit dat hangt onder de dan gewijzigde Meststoffenwet die het gebruiksnormenstelsel regelt. Daarin wordt onderscheid gemaakt in 3 grondsoorten: 1) zand- en lössgronden, 2) veengronden en 3) kleigronden. In tabel 3 zijn de resultaten van de 'veenkartering' samengevat en is aangegeven tot welke grondsoort de gedeformeerde veengronden worden gerekend. De gegevens van de detailkartering van Schoonebeek (Kiestra, 2003) zijn hierin verwerkt. Hierdoor komt het totale areaal op ongeveer 106 000 ha.

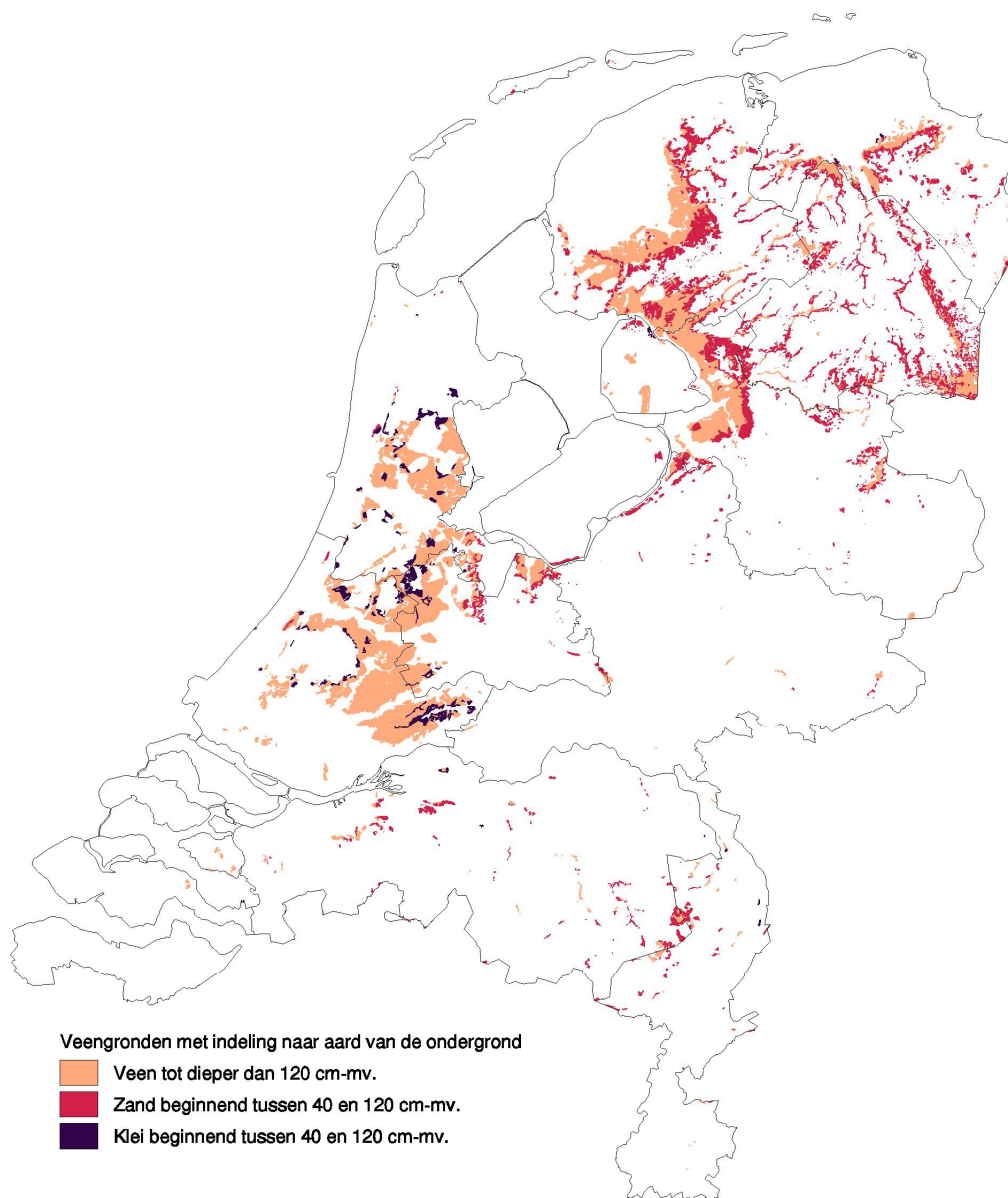
Tabel 3. Resultaten van het onderzoek naar de afname van het areaal veengronden

Bodemtype Toen	Bodemtype Nu	Grondsoort Meststoffenwet	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte % van totaal	Opmerking
Veen	Geen veen	Zand	44000	41	
Veen	Geen veen	Klei	890	1	kleibovengrond
Veen	Geen veen	Overig	230	0	
Veen+zand	Geen veen	Zand	5480	5	Bij BZL 2002 tot de zandgronden gerekend
				0	
Veen	Veen	Veen	54140	51	
Veen+zand	Veen	Veen	1920	2	Bij BZL 2002 tot de zandgronden gerekend
Totaal			106660	100	

Het is niet bekend wat het nieuwe bodemtype nu is. Bij veel gronden zal waarschijnlijk nog een dunne moerige laag aanwezig zijn. Het zijn dan moerige gronden (vWp, zWp, kWp). vWp en zWp worden voor de Meststoffenwet vertaald naar zandgrond. Moerige gronden met een kleidek worden niet tot de zandgronden gerekend.

In het kader van de veenkartering zijn er ook associaties van veen en zandgronden bezocht. Bij het grootste deel is het veen weg. Deze veen/zand-associaties zijn voor de BZL-kaart 2002 tot de zandgronden gerekend, er vanuit gaande dat binnen de associatie de oppervlakte zand zou domineren. Voor een areaal van 1920 ha is dit te voorbarig geweest. Bij het maken van grondsoortenkaarten voor het mestbeleid is dit gecorrigeerd.

In de toekomst valt een verdere deformatie van de veengronden te verwachten. Dit zal vooral het geval zijn bij veengronden met een zandondergrond en zonder kleidek. Bij de huidige veengronden (na actualisatie) heeft een areaal van 70 000 ha een zandondergrond binnen 120 cm–mv. Hiervan heeft 10 000 ha een kleidek. Ongeveer 37 000 ha ligt buiten het gebied van de hiervoor genoemde veenkartering. Van deze laatste gronden is dus niet bekend of het nog wel veengronden zijn. figuur 7 geeft een overzicht van de veengronden met een minerale ondergrond binnen 120 cm.

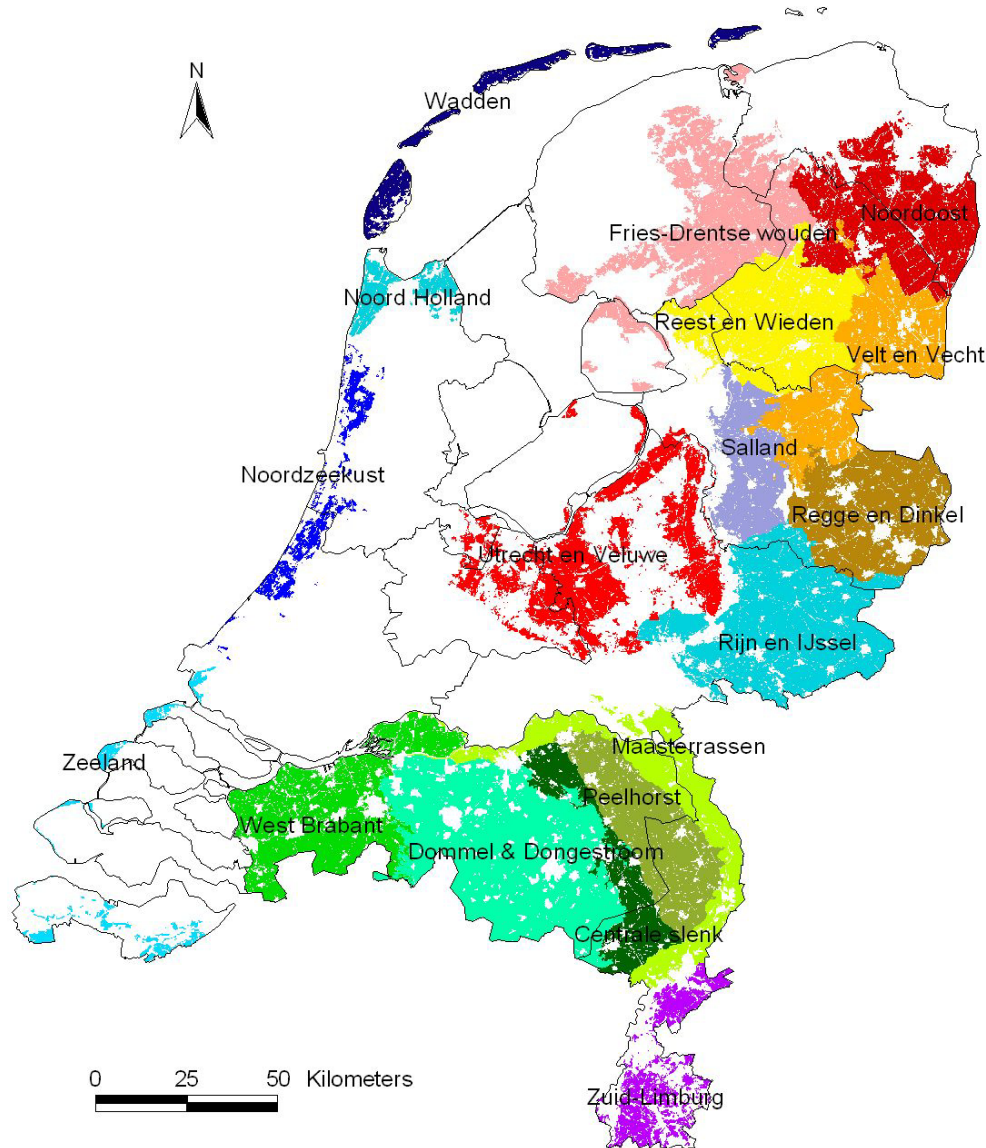


Figuur 7. Diepte van de minerale ondergrond voor veengronden volgens de 1 : 50 000 bodemkaart.

4 Actualisatie van de grondwatertrappenkaarten

4.1 Indeling in regio's

Voor het in kaart brengen van de grondwaterdynamiek en het aanwijzen van uitspoelingsgevoelige gronden is omwille van rekentijd en bestands grootte het in kaart te brengen gebied opgedeeld in regio's (zie figuur 8).



Figuur 8. Overzichtskarte van de gebanteerde regio indeling bij de Gd-kartering

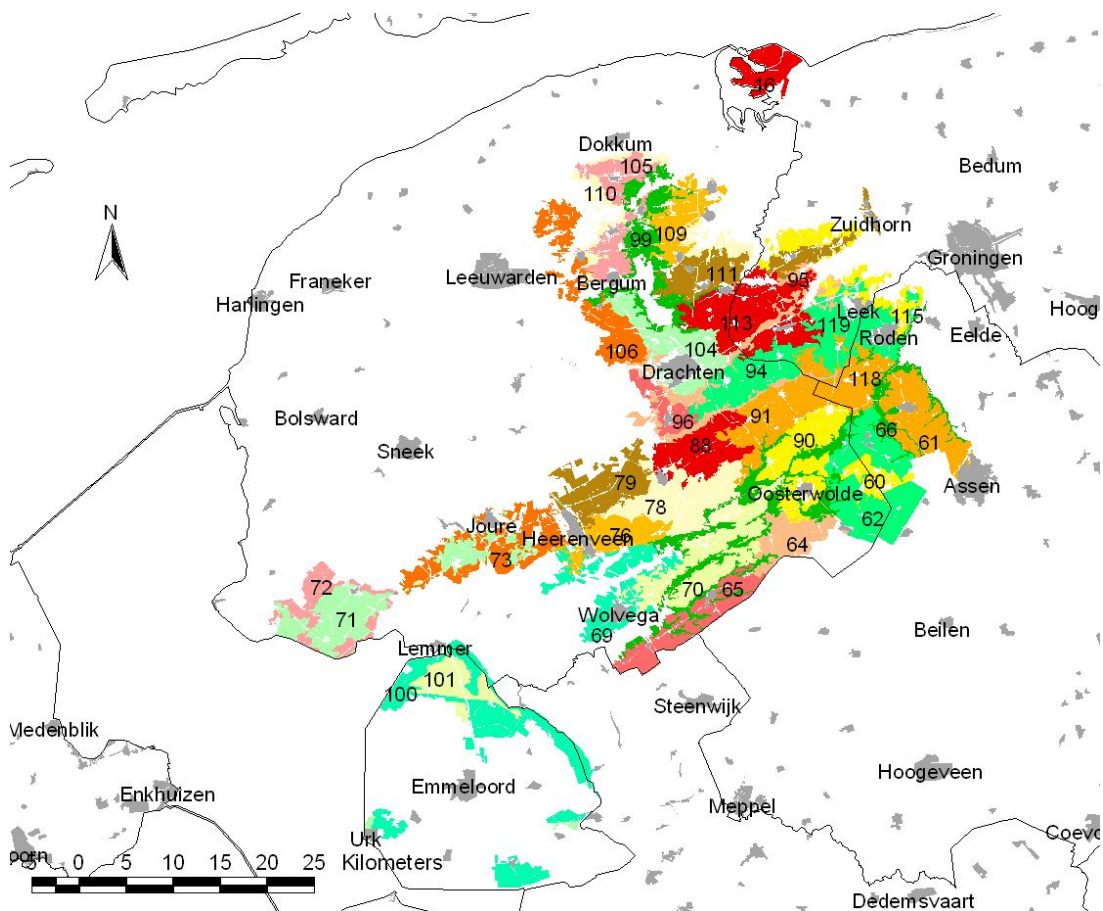
Een aantal van deze regio's zijn feitelijk waterschappen omdat deze waterschappen, in het verleden of bij dit project, opdracht hebben gegeven voor een Gd-kartering. Daarnaast wordt per regio om inhoudelijke redenen (zie § 2.2) nog een

onderverdeling in deelgebieden (strata) gemaakt. Alle berekeningen zijn uitgevoerd per regio en worden in de navolgende paragrafen per regio besproken. De tabellen met arealen uitspoelingsgevoelige gronden worden ook per regio of landelijk gepresenteerd in hoofdstuk 5 en de bijlagen op Cd-rom.

4.2 Noord Nederland

4.2.1 Fries-Drentse wouden

Regio Fries-Drentse wouden omvat 34 deelgebieden (strata) met een gezamenlijke oppervlakte van 146121 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd. Ten opzichte van de oorspronkelijke indeling zijn 22 strata samengevoegd, vanwege een tekort aan puntschattingen van de GxG. Het tekort aan puntschattingen van de GxG is een gevolg van een screening die met behulp van de bodemkaart schaal 1 : 50 000 heeft plaatsgevonden (zie § 2.8). Hierdoor moesten een aantal strata worden samengevoegd om het minimaal benodigde aantal GxG puntschattingen per stratum te realiseren. De strata zijn samengevoegd op basis van regionale en bodemkundige overeenkomsten. De strata 60, 61, 62, 66, 70, 71, 78, 88, 90, 95, 100, 104, 105, 106, 110, 111, 113, 115, 118, en 119 zijn samengevoegde strata uit twee of drie strata (zie figuur 9).



Figuur 9. Strata van de regio Fries-Drentse wouden waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 35 stambuizen, waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r1w.xls). Met behulp van stambuisregressie is de ‘gerichte opname’ van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. In totaal zijn voor deze regio 1513 gerichte opnamen beschikbaar. Na beoordeling van de voorspelling voor de GxG met behulp van de bodemkaart schaal 1 : 50 000 resteren 1079 GHG en GVG schattingen en 1026 GLG schattingen. Van deze locaties zijn de x en y coördinaten, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichteopnames\R1west-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende GxG voorspellingen zijn voor ieder stratum, met behulp van een modelselectieprogramma, regressiemodellen geselecteerd. Deze modellen bevatten predictoren die gebruik maken van gebiedsdekkende hulpinformatie. Vervolgens is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de puntvoorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in onderstaande tabel 4. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R1w-modelsamen.txt)

Tabel 4. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.15	0.85	350
GVG	Exponentieel	0.18	0.77	350
GLG	Exponentieel	0.18	0.75	350

Met behulp van de geselecteerde regressiemodellen, het variogram en de GxG's op meetlocaties is per stratum het ruimtelijk beeld van de GxG voorspeld.

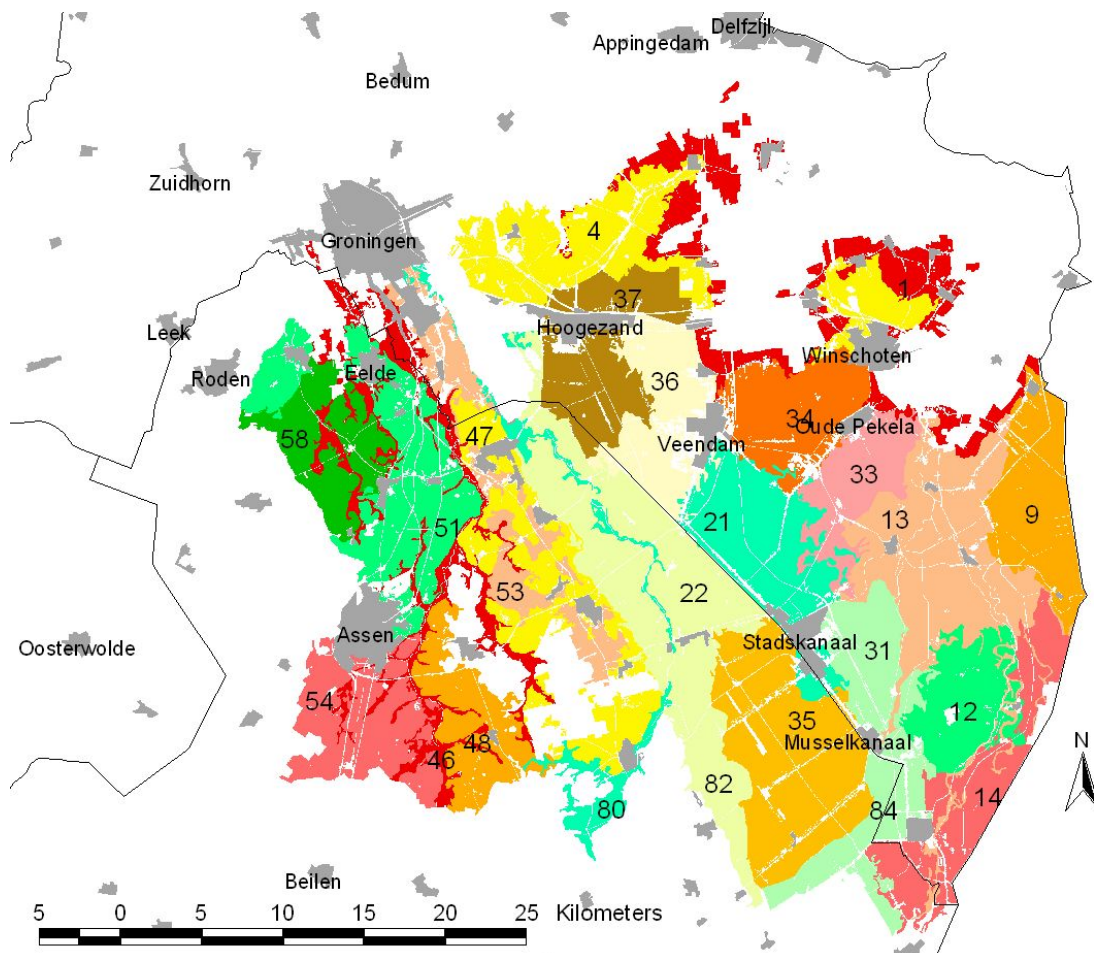
De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet, bedragen gemiddeld 45 en 143 cm. De voorspelfouten van de GHG en GLG bedragen gemiddeld 22 en 26 cm.

In de regio Fries-Drentse wouden komen weinig gebieden voor. Alleen in het stroomgebied van de Linde, in het Noorden Veld (ten noorden van Assen) en in het Gaasterland komen vrij grote aaneengesloten oppervlaktes met hoge dekzandruggen, welvingen en stuwwallen voor. De schattingen van de GHG en GLG in deze gebieden hebben veelal een GHG dieper dan 80 cm en een GLG dieper dan 180 cm. De voorspelfouten van de GHG en GLG in deze gebieden zijn in het algemeen groter (veelal 20 tot 80 cm) dan in het overige deel van regio 1 west. Het overige deel van deze regio heeft in het algemeen een GHG tot 80 cm en een GLG tot 180 cm onder maaiveld.

4.2.2 Noordoost

Regio Noordoost omvat 24 strata (strata) met een gezamenlijke oppervlakte van 128720 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd. Ten opzichte van de oorspronkelijke indeling zijn 17 strata samengevoegd, vanwege een tekort aan puntschattingen

van de GxG. De strata 1, 4, 9, 13, 14, 21, 37, 46, 51, 53, 54, 80 en 82 zijn samengevoegde strata uit twee of drie strata (zie figuur 10). Een aantal GxG schattingen voor ‘gerichte opname’ locaties is komen te vervallen vanwege de screening die met behulp van de bodemkaart 1 : 50 000 heeft plaatsgevonden (zie § 2.8).



Figuur 10. Strata van de regio Noordoost waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 35 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en de gemeten grondwaterstanden, zijn opgenomen als bijlage (Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r1o.xls). Met behulp van stambuisregressie is de ‘gerichte opname’ van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. In totaal zijn voor de gehele regio Noordoost, 979 gerichte opnamen gebruikt waarvan, na screening met behulp van de bodemkaart, 977 GHG en GVG schattingen en 906 GLG schattingen resteren. Van deze locaties is de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\R1oost-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressiemodellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulpinform-

matie. Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 5.

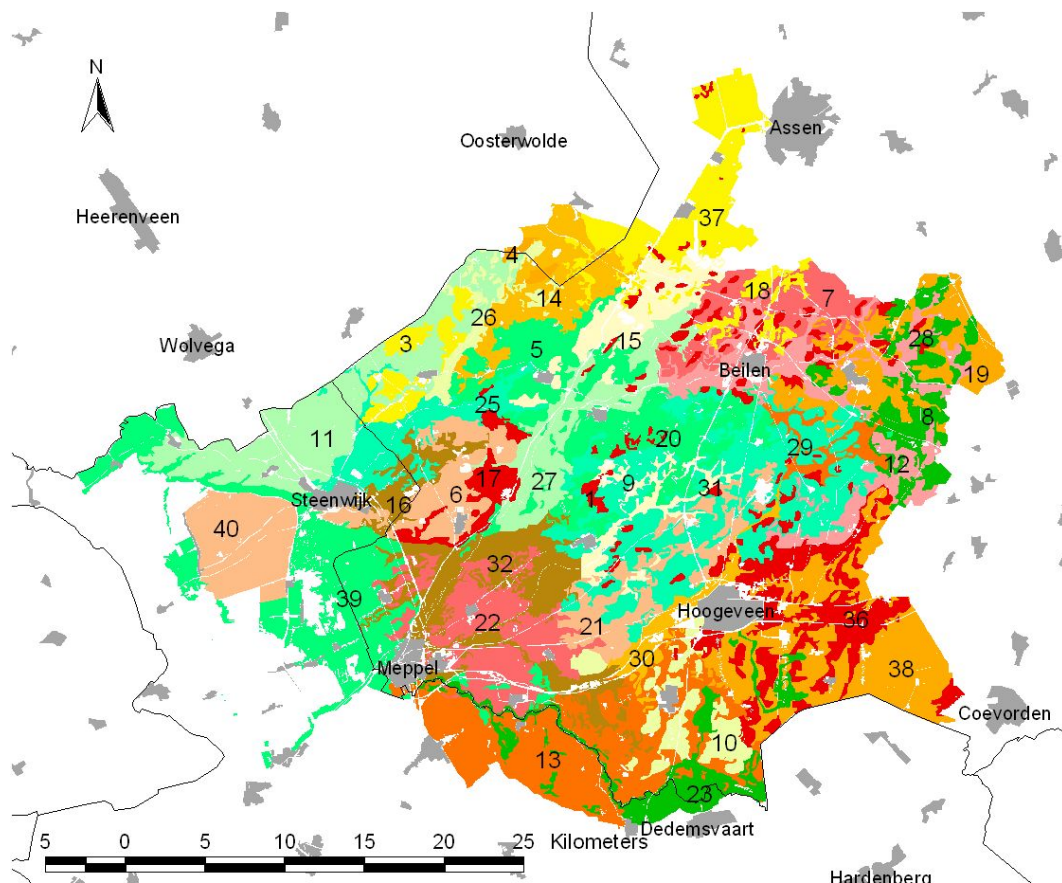
Tabel 5. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.20	0.75	400
GVG	Exponentieel	0.10	0.83	400
GLG	Exponentieel	0.15	0.85	400

De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R1o-modelsamen.txt). De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet, bedragen gemiddeld 67 en 158 cm; de voorspelfouten van GHG en GLG bedragen voor beide gemiddeld 26 cm. Regio Noordoost is grofweg op te delen in de westelijk gelegen Hondsrug en de oostelijke gelegen veenkoloniën. Voor de GLG valt op dat de plateaus van de Hondsrug duidelijk droger zijn (> 180 cm) dan de rest van het gebied. De voorspelfout op de Hondsrug is zowel voor de GHG en de GLG gemiddelde ook duidelijk hoger (soms > 50 cm).

4.2.3 Reest en Wieden

De regio Reest en Wieden omvat 40 deelgebieden (strata) die geheel of gedeeltelijk binnen het beheersgebied van het waterschappen Reest en Wieden liggen en zijn overgenomen uit de Gd-kartering van Finke et al. (1999b). Deze 40 strata hebben samen een oppervlakte van 132859 ha. Na filtering van het AHN resteert 122245 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd (zie figuur 11). Ten opzichte van de Gd-kartering van Finke et al. (1999b) zijn geen strata samengevoegd, wel zijn twee strata buiten beschouwing gebleven vanwege een andere karteringswijze waardoor GxG schattingen ontbreken.



Figuur 11. Strata van de regio Reest en Wieden waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 37 stambuizen onderverdeeld naar infiltratiegebied of overig gebied waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-rxrw.xls).

Met behulp van stambuisregressie zijn de 'gerichte opname' van de grondwaterstand voor infiltratie gebied en overig gebied apart omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. Voor de 'gerichte opname' locaties is de GxG berekend met de regressie op basis van beide gemeten standen maar met een aparte regressievergelijking voor respectievelijk infiltratiegebied en overig gebied. Naast gerichte opnames zijn in deze regio veldschattingen van GHG en GLG, korte meetreeksen van grondwaterstanden en incidentele metingen van de grondwaterstand overgenomen uit Finke (1999b) gebruikt. De GxG op 'gerichte opname' locaties is opnieuw met stambuisregressie berekend gebruik makend van de geactualiseerde stambuizen set. Ook de veldschattingen van GxG zoals verzameld door Finke (1996), zijn opnieuw omgerekend naar klimaatsrepresentatieve schattingen van GxG. Hierbij is gebruik gemaakt van regressievergelijkingen (zie tabel 6) die zijn afgeleid uit de eerder genoemde GxG schattingen uit 'gerichte opnamen'.

Tabel 6. Regressiecoëfficiënten voor de omzetting van veldschattingen van GxG in klimaatsrepresentatieve schattingen van de GxG.

Gebied	GHG			GVG			GLG		
	β_0	β_1	S	B_0	β_1	S	β_0	β_1	S
Infiltratie (n=386)	15.59	1.274	55.18	62.10	1.168	54.47	61.20	0.759	72.75
Veen (n=60)	-5.47	1.387	21.16	35.37	1.369	19.74	59.59	0.514	28.71
Overig (n=270)	14.64	0.771	27.91	50.83	0.716	26.91	67.63	0.446	33.81

Hierdoor waren in totaal 3573 locaties met een GxG schatting beschikbaar. Een aantal locaties met ‘gerichte opname’, ‘gecorrigeerde veldschattingen van GxG’ en GxG schattingen uit korte meetreeksen en opnamen van het waterschap is vervallen vanwege de screening die met behulp van de bodemkaart 1:50 000 heeft plaatsgevonden (zie § 2.8). Er resteren hierdoor 3115 schattingen van GHG en GVG en 3430 schattingen van GLG die zijn gebruikt bij de gebiedsdekkende simulaties en voorspelling van GxG. Van deze locaties zijn de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Reestenwieden-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressie-modellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulpinformatie. Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 7.

Tabel 7. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.60	0.30	450
GVG	Exponentieel	0.60	0.30	450
GLG	Exponentieel	0.44	0.42	450

De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\r-rw-modelsamen.txt). Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

De voorspellingen liggen voor GHG gemiddeld op 71 cm, met een gemiddelde voorspelfout van 44 cm. De GVG wordt gemiddeld op 106 cm voorspeld, met een voorspelfout van 45 cm. En de GLG tenslotte ligt gemiddeld op 169 cm met een gemiddelde voorspelfout van 59 cm.

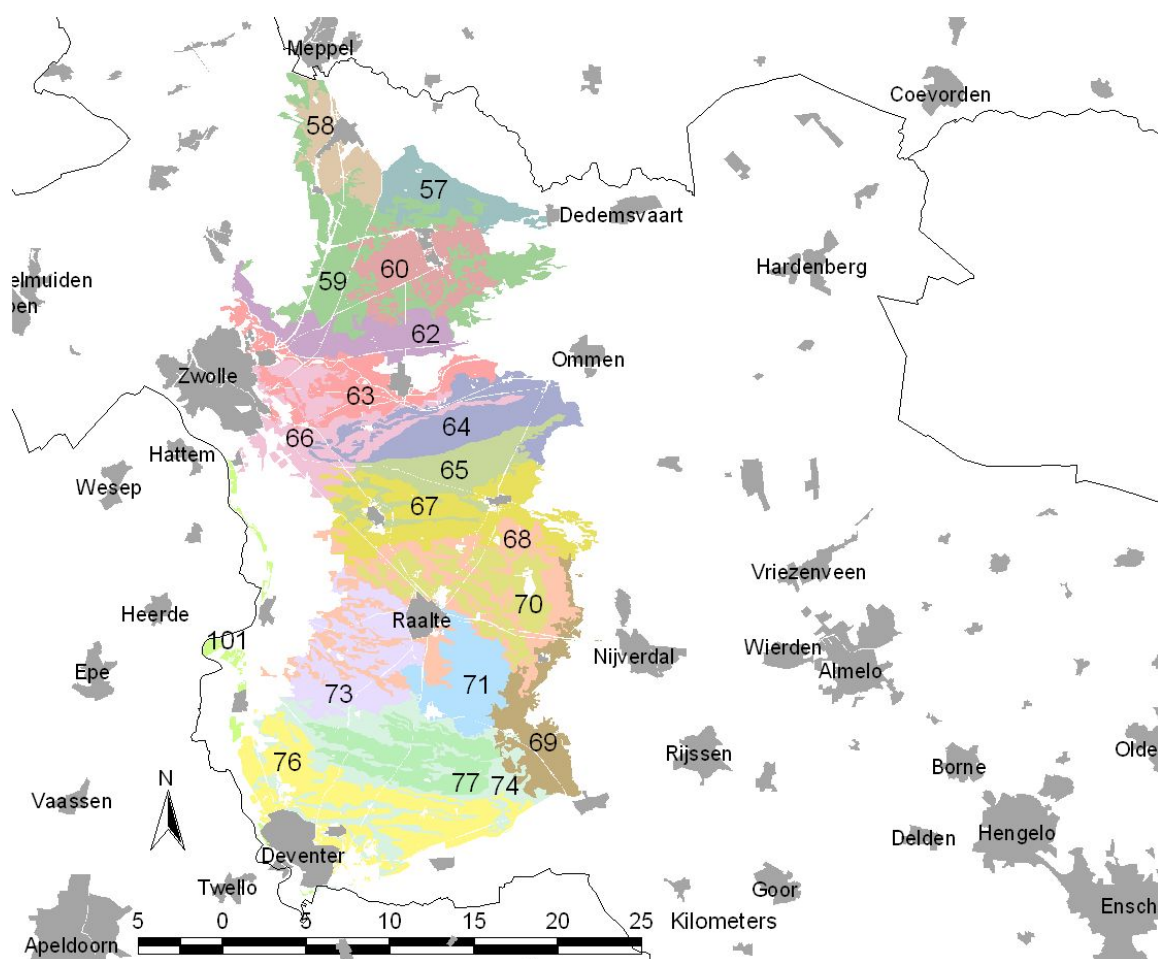
De algemene terreinhelling is noordoost-zuidwest, waardoor ook de hoofd-ontwatering een zuidwestelijke richting kent. In het uiterste zuidwesten is de grens van de zeer natte Wieden en Weerribben zichtbaar. Bij Steenwijk is te zien dat Steenwijker Aa een doorgang heeft geforceerd door de hoge, droge (keileem)rug, met aan de oostkant de Havelterberg en aan de noordwest kant de Woldberg. Verder zijn de drogere boswachterijen van Appelscha (noorden), Smilde en Dwingeloo (midden) zichtbaar, doorsneden door natte beekdalen van o.a. Vledder Aa, Dwingeler Stroom en Ruiner Aa. In het uiterste zuiden is het dal van de Reest goed zichtbaar. De droge

bossen hebben overwegend een GHG van dieper dan 120 cm en een GLG van dieper dan 180 cm (Gt VII, VIII), de natte beekdalen hebben een GHG van overwegend tussen 20 en 80 cm en een GLG tussen 80 en 120 cm (Gt III, IV).

4.3 Overijssel en Oost Gelderland

4.3.1 Salland

Regio Salland omvat 19 deelgebieden (strata) met een gezamenlijke oppervlakte van 58847 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd. Ten opzichte van de oorspronkelijke indeling zijn 7 strata samengevoegd, vanwege een tekort aan puntschattingen van de GxG. De strata 4, 6, 32, 59, 68 en 74 zijn samengevoegde strata uit twee of drie strata (zie figuur 12). Het tekort aan puntschattingen van de GxG is een gevolg van een screening die met behulp van de bodemkaart schaal 1 : 50 000 heeft plaatsgevonden (zie § 2.8). Hierdoor moest een aantal strata worden samengevoegd om het minimaal benodigde aantal GxG puntschattingen per stratum te realiseren. De strata zijn samengevoegd op basis van geomorfologische en bodemkundige overeenkomsten.



Figuur 12. Strata van de regio Salland waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 148 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r2w.xls). Met behulp van stambuisregressie is de ‘gerichte opname’ van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. In totaal zijn voor deze regio 583 gerichte opnamen beschikbaar. Na beoordeling van de voorspelling voor de GxG met behulp van de bodemkaart schaal 1 : 50 000 resteren 549 GHG en GVG schattingen en 540 GLG schattingen. Van deze locaties zijn de x en y coördinaten, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichteopnames\R2west-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende GxG voorspellingen zijn voor ieder stratum, met behulp van een modelselectieprogramma, regressiemodellen geselecteerd. Deze modellen bevatten predictoren die gebruik maken van gebiedsdekkende hulpinformatie. Vervolgens is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de zijn regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in onderstaande tabel 8. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R2w-modelsamen.txt).

Tabel 8. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.21	0.81	310
GVG	Exponentieel	0.21	0.81	310
GLG	Exponentieel	0.27	0.77	310

Met behulp van de geselecteerde regressiemodellen, het variogram en de GxG's op meetlocaties is per stratum het ruimtelijk beeld van de GxG voorspeld.

De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet, bedragen gemiddeld 64 en 166 cm. De voorspelfouten van de GHG en GLG bedragen gemiddeld 20 en 27 cm.

Regio Salland is grofweg op te delen in een relatief laag gelegen vlak gebied met verspoelde dekzanden in het noorden (Nieuwleusen e.o.) en het oosten (Hellendoorn e.o.) en een relatief hoger gelegen gebied met dekzandruggen, die worden doorsneden door beekdalen in het overig deel van de regio. De schattingen van de GHG en GLG in de verspoelde dekzanden hebben in het algemeen een GHG tussen 0 en 80 cm en een GLG tot 180 cm met een lage voorspelfout (meestal < 20 cm). De gebieden met dekzandruggen (b.v. Raalte en Nijverdal) hebben veelal een GHG dieper dan 40 cm en een GLG dieper dan 120 cm. De nattere beekdalen daarentegen hebben respectievelijk een GHG en GLG van maximaal 80 en 180 cm. De voorspelfouten van de GHG en GLG in de dekzandruggen zijn in het algemeen iets groter (veelal tot 40 cm) dan de voorspelfouten van de GHG en GLG in de beekdalen (meestal tot 20 cm).

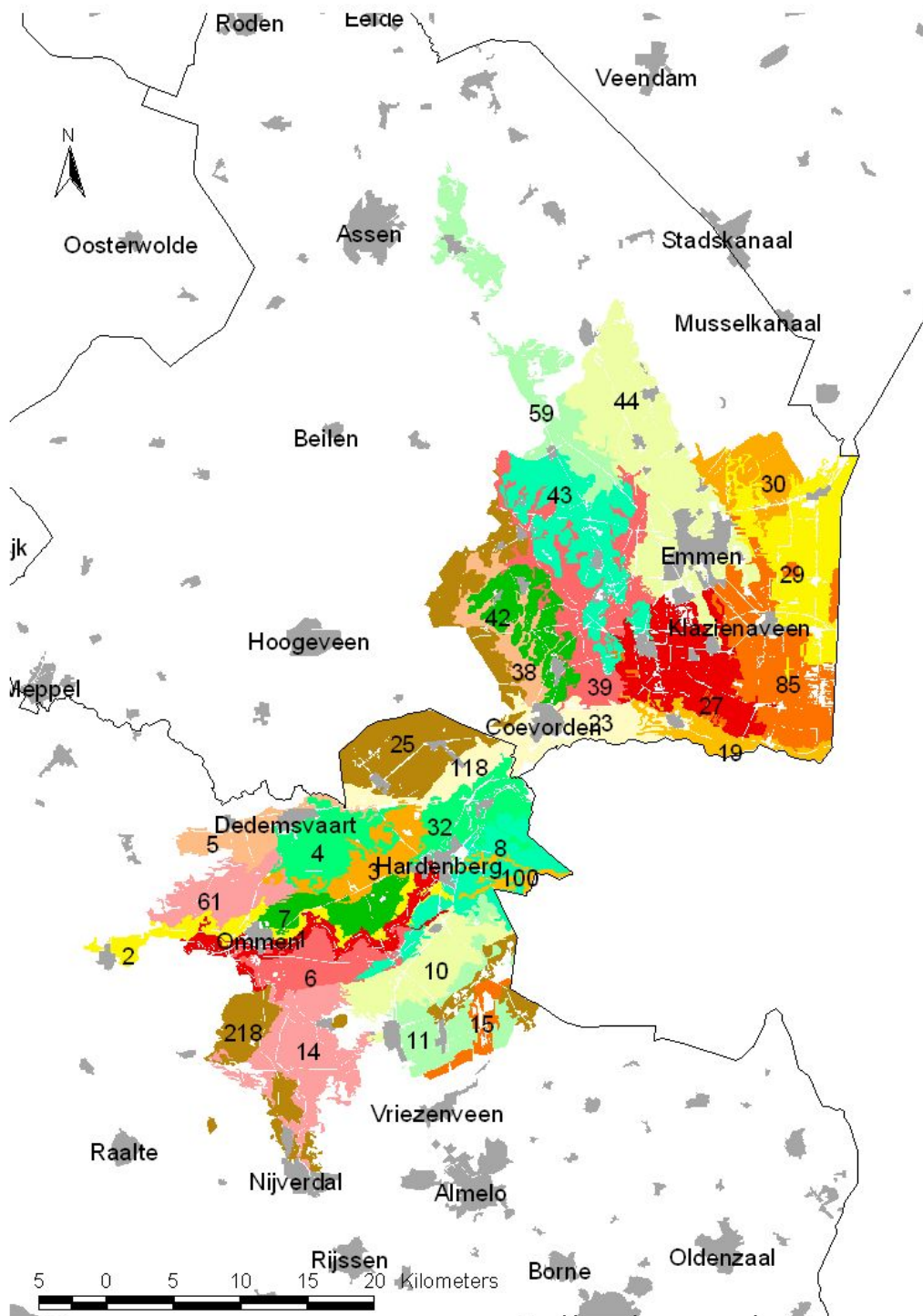
4.3.2 Velt en Vecht

Regio Velt en Vecht omvat 30 deelgebieden (strata) met een gezamenlijke oppervlakte van 111254 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd. Van de 30 strata liggen er 11 (3, 4, 19, 23, 27, 38, 39, 42, 43, 100, 118) geheel binnen de begrenzing van waterschap Velt & Vecht. De overige 19 (1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 25, 29, 30, 32, 44, 59, 61, 85, 218) raken aan het waterschap, maar liggen er ook voor een deel buiten. Omdat de regio Velt en Vecht deels bij regio 1 en deels bij regio 2 is doorgerekend kwam tweemaal het stratumnummer 18 voor. Deze gebieden zijn hernummerd, waarbij gebied 18 uit regio 1 het nieuwe nummer 118 heeft gekregen en het gebied uit regio 2 het nummer 218 (zie figuur 13). De gebieden binnen het waterschap hebben een oppervlakte van 35257 ha, de gebieden die aan het waterschap raken hebben een oppervlakte van 75997 ha.

In totaal zijn 1011 datapunten gebruikt bij de Gd-kartering. Hiervan liggen er 441 in de gebieden die geheel binnen het waterschap liggen en 570 liggen er in de gebieden die deels binnen het waterschap liggen.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 148 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r2w.xls). Met behulp van stambuisregressie is de 'gerichte opname' van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. In totaal zijn voor deze regio 907 gerichte opnamen beschikbaar. Na beoordeling van de voorspelling voor de GxG met behulp van de bodemkaart schaal 1 : 50 000 resteren 907 GHG en GVG schattingen en 866 GLG schattingen. Van deze locaties zijn de x en y coördinaten, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Veltenvecht-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd). Tevens zijn berekende GxG's beschikbaar van extra grondwaterstandsbuizen die door het waterschap geleverd zijn. Het betreft hier 92 extra datapunten. De gegevens van deze punten zijn eveneens opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Veltenvecht-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende GxG voorspellingen zijn voor ieder stratum, met behulp van een modelselectieprogramma, regressiemodellen geselecteerd. Deze modellen bevatten predictoren die gebruik maken van gebiedsdekkende hulpinformatie. Voor de gebieden die geheel binnen het waterschap liggen was extra hulpinformatie beschikbaar die door het waterschap aangeleverd is. Het betreft hier de zomer- en winterpeilen ten opzichte van maaiveld voor de verschillende peilvakken en gebieden met/zonder wateraanvoer. Voor gebieden die deels in het waterschap liggen is de standaard LNV-set van hulpinformatie gebruikt.



Figuur 13. Strata van de regio Velt en Vecht waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Vervolgens is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 9. Na het fitten van het

variogrammodel is dit ge-destandaardiseerd met een gebiedsspecifieke waarde. Tenslotte is het gebiedsspecifieke variogrammodel gecorrigeerd voor de gemiddelde meetvariantie op de datapunten. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\r1vv-modelsamen.txt).

Tabel 9. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.3	0.7	1000
GVG	Exponentieel	0.35	0.64	1000
GLG	Exponentieel	0.5	0.45	1000

Voor deze regio ligt de GHG gemiddeld op 73 cm en heeft een gemiddelde voorspelfout van 45 cm. De GVG ligt gemiddeld op 105 cm en heeft een voorspelfout van 44 cm. De GLG ligt op 173 cm en heeft een voorspelfout van 56 cm.

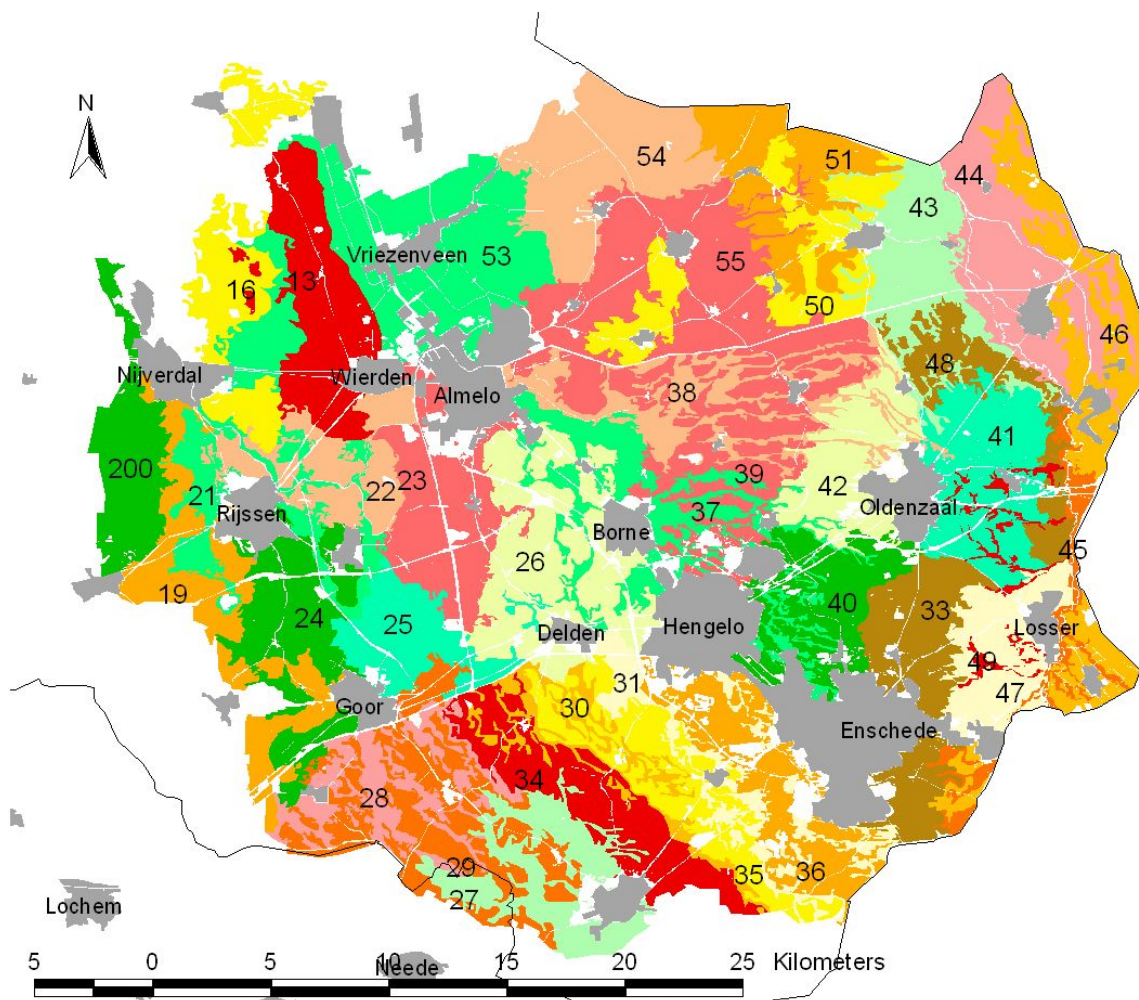
De regio is grofweg te verdelen in een deel ten noordoosten van Coevorden en een deel ten zuidwesten van Coevorden. Het zuidwestelijke deel wordt gekenmerkt door het dal van de Vecht, een natter deel rond Dedemsvaart en een natter deel tegen de Duitse grens.

Het noordoostelijke deel wordt gekenmerkt door de droge delen van de 1e en 2e Hondsrug en de daartussen gelegen nattere delen. Daarnaast is het natte gebied rond het Amsterdamse Veld en het Bargerveen duidelijk herkenbaar.

4.3.3 Regge en Dinkel

De regio Regge en Dinkel bestaat uit een gedeelte van het beheersgebied van het Waterschap Regge en Dinkel en is onderdeel van regio 2. Het gebied bestaat globaal uit dekzanden, gestuwde rivierafzettingen, gestuwd keileem en (gestuwde) tertiaire mariene afzettingen.

Het Waterschap Regge en Dinkel beslaat een oppervlakte van 134 667 ha. Voor deze regio heeft het waterschap aanvullende hulpinformatie geleverd. Omdat bij de stratificatie geen rekening is gehouden met de grenzen van Waterschappen, omvat deze regio alleen de strata die geheel binnen de grenzen van het Waterschap liggen (zie figuur 14). Op deze manier is er voor gezorgd dat de aangeleverde hulpinformatie voor alle strata dekkend is. De regio bestaat uit 37 strata, die een oppervlakte beslaan van 100 605 ha. Ten opzichte van de oorspronkelijke stratificering zijn drie strata (12, 17 en 52) met andere strata samengevoegd, omdat in deze strata te weinige voorspellingen voor de GxG waren van de gerichte opname punten.



Figuur 14. Strata van de regio Regge en Dinkel waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor de stambuisregressie is gebruik gemaakt van 74 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\stambuisgegevens\Stambuis-r2rd.xls). Met behulp van stambuisregressie zijn de gerichte opname van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatrepresentatieve GxG. Voor de gerichte opnamelocaties waarvoor in de zomer een hogere grondwaterstand is gemeten dan in de winter, is de GxG berekend met de regressie op basis van beide gemeten standen. In het waterschap zijn op 1009 locaties gerichte opname gedaan en voorspellingen voor de GxG uitgevoerd. Na beoordeling van de voorspellingen, waarbij gebruik is gemaakt van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, zijn volgens vastgestelde criteria 207 punten uit het bestand verwijderd. Het Waterschap heeft extra puntgegevens aan Alterra geleverd in de vorm van meetgegevens uit grondwaterstandbuizen. Het betreft 71 buizen die aan het bestand zijn toegevoegd. Voor een deel van het waterschap zijn gedetailleerde grondwatertrappenkaarten beschikbaar, die recent (vanaf 1989) zijn gekarteerd. In deze karteringen is per 1 ha een grondboring gedaan en een schatting gemaakt van de GHG en de GLG. Voor locaties die na beoordeling met de 1 : 50 000 bodemkaart zijn verwijderd, zijn

schattingen uit de detailkaarten in het bestand gevoegd. Deze schattingen zijn alleen toegevoegd, wanneer de detailpunten binnen 50 meter van een gerichte opname punt liggen. Er zijn op deze manier 115 punten uit de detailkarteringen Enter van Dodewaard (1990), Diepenheim van Van der Werff et al (1997), Losser Noord van Kleijer (1995), Losser Zuid van Stoffelsen et al (1998), Enschede Noord van Rutten et al (1994), Enschede Zuid van Rutten (1991), Markelo – Goor van Stoffelsen (1999), Rijssen van Dodewaard (1990) en Saasveld – Gammelke van Groot Obbink (1989) toegevoegd. Verder zijn de 74 stambuizen aan het puntenbestand toegevoegd, zodat in totaal op 1062 locaties een voorspelling van de GxG is gedaan. Van deze locaties is de x en y coördinaat in de bijlage opgenomen (Cd-rom\Gerichte-opnames\Reggeendinkel-puntmetingen.xls). Hier staan ook de gemeten grondwaterstanden, en staat de geschatte GxG en de voorspelfout van de GxG weergegeven. In tabel 10 staat een overzicht van de herkomst van de meetdata die gebruikt is bij de maaiveldregressie.

Tabel 10. Herkomst van de gebruikte schattingen voor de maaiveldregressie.

Soort meetpunt	Aantal
Gerichte opname	802
Grondwaterstandbuizen Waterschap	71
Stambuizen	74
Detailpunten	115
Totaal	1062

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG zijn voor ieder stratum regressiemodellen geselecteerd, die als predictor gebruik maken van de gebiedsdekkende hulpinformatie. Bij de maaiveldregressie is naast de gebruikelijke hulpinformatie ook informatie gebruikt die het Waterschap beschikbaar heeft gesteld. Het gaat hierbij om de GHG en de GLG van een modelkaart van TNO (2004), de c-waarde, de kD-waarde, de lambda, kwelintensiteit voor zomer en winter en de drooglegging op basis van het hydrologisch AHN. Voor het voorspellen van de GHG en de GVG is de GLG van het TNO-model en de kwelintensiteit in de zomer uitgesloten, evenals voor de GLG de GHG van het TNO-model en de kwelintensiteit in de winter is uitgesloten. Deze extra geleverde informatie is een aantal keren gebruikt als predictor in een geselecteerd model. Er is vervolgens een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de voorspelling op de gerichte opname punten (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 11. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R2rd-modelsamen.txt).

Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

Tabel 11. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

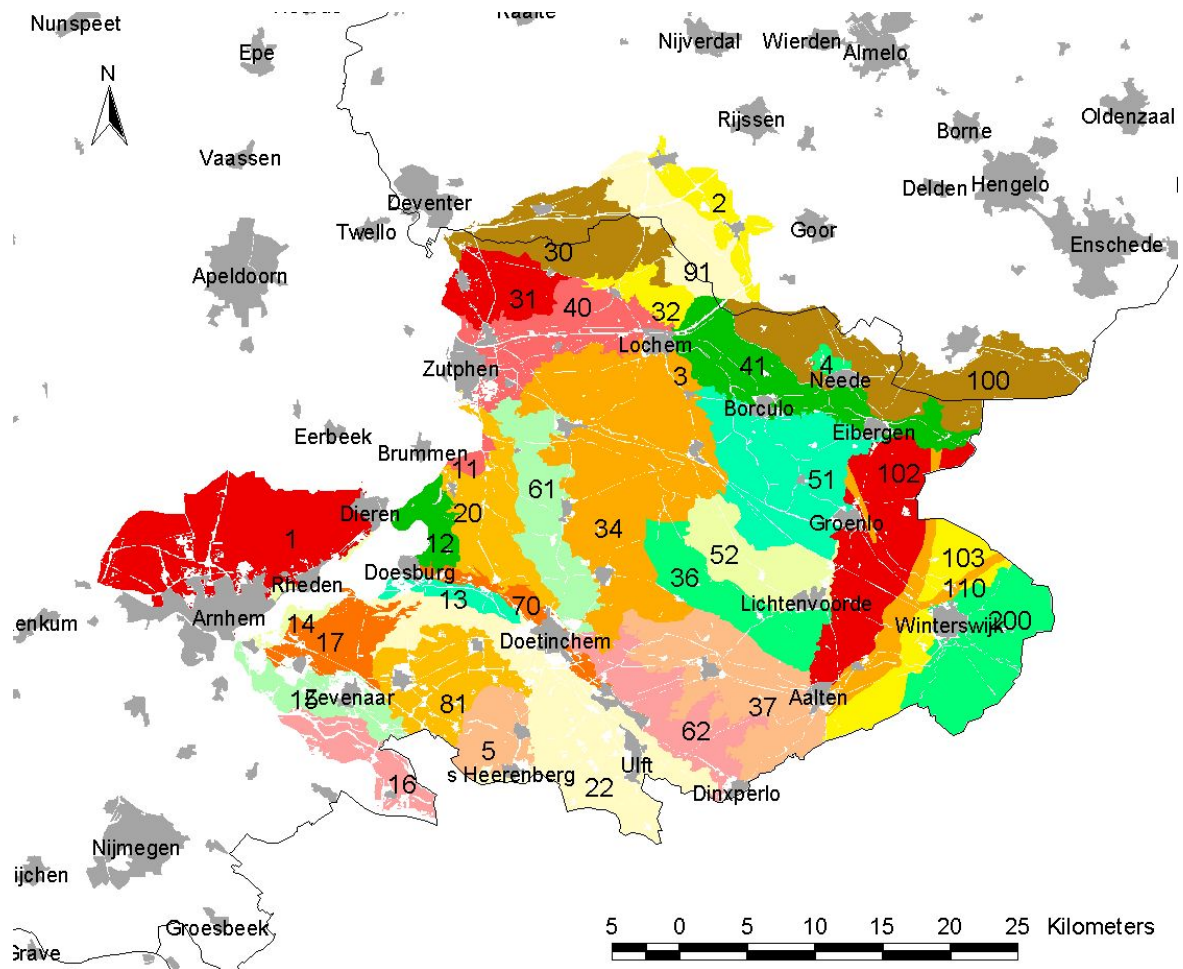
GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.18	0.78	550
GVG	Exponentieel	0.38	0.55	550
GLG	Exponentieel	0.18	0.78	550

De ruimtelijke variatie bij de GHG is sterk afhankelijk van het stratum. Stratumgrenzen zijn daardoor over het hele gebied goed te herkennen. Grote delen van het gebied laten een heel vlak beeld zien in het ruimtelijk beeld van de voorspelde GHG. In de omgeving van Vriezeveen kan men dat verwachten, omdat hier het grondwaterstandverloop sterk beïnvloed wordt door het oppervlakte-waterbeheer. Het vlakke beeld is echter ook zichtbaar in gebieden waar veel keileem en tertiaire klei voorkomt. Met name op de stuwwal Oldenzaal– Enschede is weinige ruimtelijke variatie aanwezig, terwijl dat op de stuwwal van Ootmarsum wel het geval is. De stuwwallen in het westen van het gebied komen er duidelijk als droge gebieden uit. Langs de randen van deze stuwwallen ligt vaak een zone waar de GHG boven het maaiveld wordt voorspeld. Dit komt doordat het regressiemodel goed past op de stuwwal zelf, maar niet op de overgangszone met een abrupte overgang naar lagere gronden. Er komen strata naast elkaar voor waar in het ene stratum veel variatie voorkomt en in het naastliggend stratum heel weinig, terwijl men op basis van het hydrologisch karakter een vergelijkbaar patroon zou verwachten. Op een aantal plekken, verspreid door het waterschap, komt kwel voor. Deze plekken zijn op de Gd-kaarten nauwelijks te herkennen. Door het voorkomen van hogere gronden met keileem of tertiaire klei en hogere gronden zonder keileem of tertiaire klei is het vaak moeilijk een goed model te fitten. Op deze manier ontstaat een afvlakking in het kaartbeeld, die bij de gebieden met gestuwde afzettingen het sterkst is. De GLG ligt op veruit het grootste deel van het waterschap dieper dan 1,20 m; natte gronden (GLG < 80 cm) komen maar heel weinig voor. Grootschalige patronen zijn in het GLG beeld te herkennen, maar ook hier valt het verschil in ruimtelijke variatie tussen de verschillende strata op. De patronen van de GHG en de GLG zijn ook niet altijd gelijk en dat kan lokaal leiden tot ‘omgekeerde’ voorspelde GxG’s. De voorspelfouten van de GHG liggen in een groot deel van het gebied tussen 20 en 30 cm. Op de stuwwallen in het westen van het waterschap zijn de voorspelfouten aanmerkelijk groter en bedragen soms meer dan 1 meter. De voorspelfout neemt in relatie tot de afstand met een gerichte opname locatie af. De voorspelfout van de GLG heeft een grotere spreiding dan bij de GHG (10 – 40 cm). Ook bij de GLG zijn de voorspelfouten op de stuwwallen fors groter (tot meer dan 1 meter).

4.3.4 Rijn en IJssel

De regio Rijn & IJssel bestaat uit het beheersgebied van het Waterschap Rijn & IJssel. De regio bestaat uit 41 deelgebieden (strata) die zijn overgenomen uit de Gd-kartering van Hoogland et al. (2003). Aan deze strata is het landinrichtingsgebied Winterswijk toegevoegd als apart stratum en zijn acht strata samengevoegd. Uiteindelijk zijn er 34 strata gebruikt, die gezamenlijk een oppervlakte hebben van 165515 ha. De strata zijn samengevoegd, omdat na screening van de gerichte opname punten met de Bodemkaart 1:50 000 te weinig punten binnen het stratum overbleven om een goede maaiveldregressie te kunnen uitvoeren. De strata zijn samengevoegd op basis van fysiografische overeenkomsten. Naast het samenvoegen van strata zijn op een aantal plaatsen ook de stratumgrenzen aangepast. Dit geldt voor stratum 14, waar de lage gronden langs de IJssel in stratum 1 aan zijn toegevoegd aan stratum 14, en voor stratum 22 waar lage gronden in stratum 5 aan

zijn toegevoegd (zie figuur 15). In deze regio is niet alleen voor de zandgronden een GxG berekend, maar zijn ook de oude rivierkleigronden langs de Oude IJssel en de rivierkleigronden van de Liemers en langs de IJssel meegenomen in de berekeningen.



Figuur 15. Strata van de regio Rijn en IJssel waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 74 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-rxry.xls). Van de 74 buizen zijn 26 buizen gebruikt voor het gebied rondom Winterswijk en zijn 48 stambuizen voor de rest van het gebied gebruikt. Met behulp van stambuisregressie zijn de gerichte opname van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. Voor de gerichte opname locaties waarvoor in de zomer een hogere grondwaterstand is gemeten dan in de winter, is de GxG berekend met de regressie op basis van beide gemeten standen. In totaal zijn voor deze regio 985 gerichte opnamen beschikbaar uit eerdere Gd-karteringen van Hoogland et al. (2003). Deze gerichte opnamen hebben in 1997 en 1998 plaatsgevonden. Om tot een dichtheid van opname punten te komen van ca. 1 punt per 110 ha zijn in 2003 op 542 locaties aanvullende metingen gedaan. Verder zijn 159 gerichte opname punten van een Gt- kartering in

het herinrichtingsgebied Winterswijk – Oost van Kleijer (1997) gebruikt. Na beoordeling van de voorspelling voor de GxG op deze punten met behulp van de bodemkaart 1 : 50 000 resteren 1349 GHG en GVG schattingen en 1346 GLG schattingen. Daarnaast zijn 33 schattingen van de detailkarteringen Markelo – Goor van Stoffelsen (1999), Beltrum – Eibergen van Dekkers (1997), Duiven – Westervoort van Groot Obbink et al (1987), Halle – Wolfersveen van Scholten (1994) en Hupsel – Zwolle van Brouwer (1994) gebruikt als GxG schattingen. Er zijn alleen detailpunten toegevoegd wanneer er binnen een straat van 50 m een gerichte opname uit het bestand is verwijderd na screening met de bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. In tabel 12 staat een overzicht van de herkomst van de meetdata die gebruikt is bij de maaiveldregressie.

Tabel 12. Herkomst van de gebruikte schattingen voor de maaiveldregressie.

Soort meetpunt	Aantal
Gerichte opname 1997 - 1998	662
Gerichte opname 2003	498
Gerichte opname 1996 – 1997 (Kleijer)	159
Stambuizen	74
Detailpunten	33
Totaal	1426

Bij de maaiveldregressie zijn naast de voorspelde GxG op de gerichte opname locaties ook de GxG van de stambuizen gebruikt als gerichte opname locatie.

Van de gebruikte locaties zijn de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstranden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Rijnenijssel-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG zijn voor ieder stratum regressiemodellen geselecteerd, die als predictor gebruik maken van de gebiedsdekkende hulpinformatie. Er is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de voorspelling op de gerichte opname punten (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 13. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R-ry-modelsamen.txt). Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

Tabel 13. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

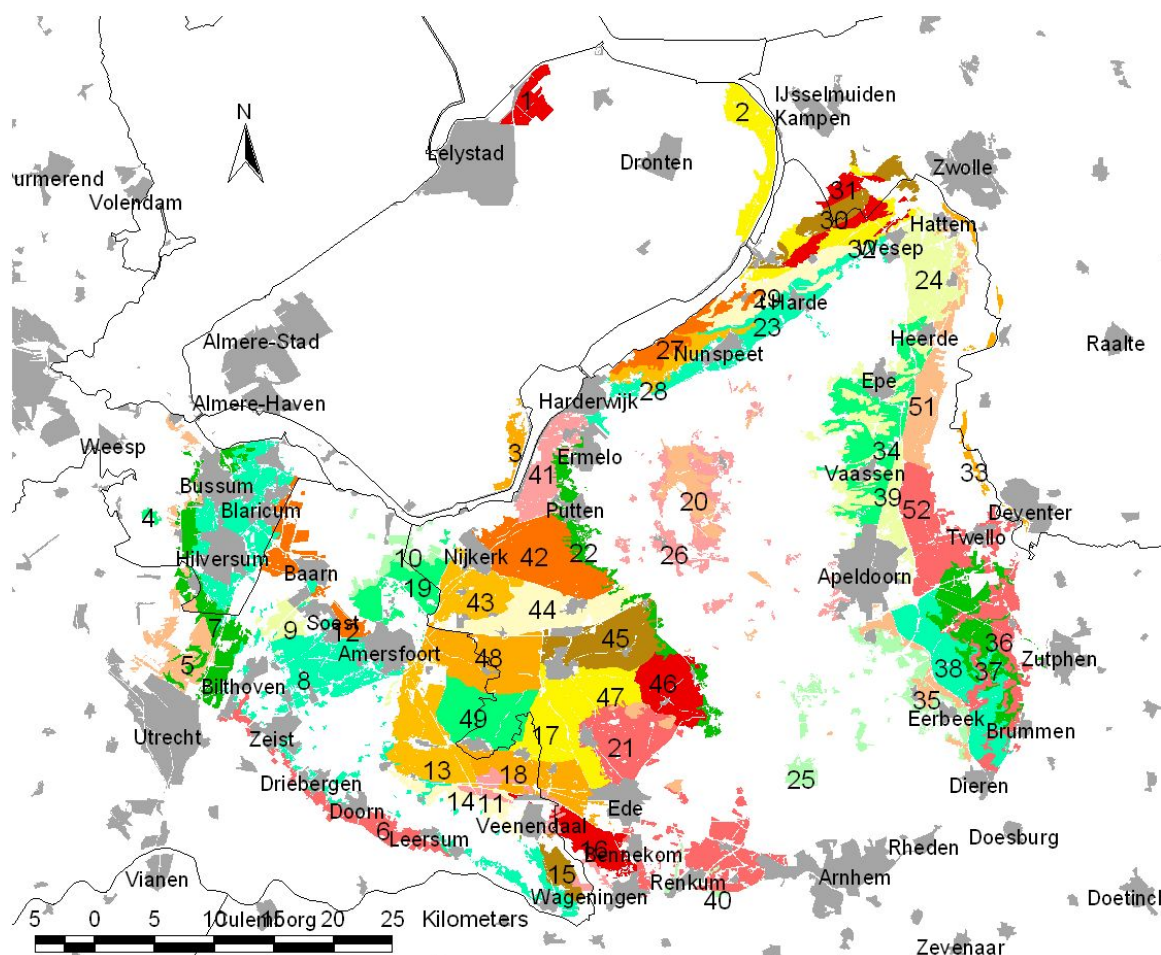
GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.18	0.75	400
GVG	Exponentieel	0.18	0.76	400
GLG	Exponentieel	0.15	0.80	400

De ruimtelijke variatie van GHG en de GLG is per stratum sterk verschillend, maar over het algemeen is het beeld vlak. Alleen de zeer prominent aanwezige elementen, zoals de rug van Halle, stroomgordels langs de Oude IJssel, stuwwallen, e.d. zijn in het kaartbeeld duidelijk aanwezig. Op stratumniveau komt in een aantal gevallen het patroon van de predictoren van het gebruikte model naar voren. In stratum 91 is een

waterlopenpatroon zichtbaar, terwijl dit patroon in de naastgelegen strata niet aanwezig is. In de strata 17 (Liemers), 36 en 51 is heel weinig ruimtelijke variatie aanwezig. Langs de stuwwallen komen gebieden voor waar de GHG (en GLG) boven het maaiveld worden voorspeld. Dit komt doordat het regressiemodel goed past op de stuwwal zelf, maar niet op de overgangszone met een abrupte overgang naar lagere gronden. Opvallend is ook dat het hoogveengebied Korenburgerveen duidelijk als nat gebied uit de kaart komt, terwijl dit bij het Wooldse veen niet het geval is. Dit zijn beide relatief hooggelegen veengebieden. In het Wooldse veen liggen geen gerichte opnamen, in het Korenburgerveen liggen wel gerichte opnamen. De fluctuatie ligt in vrijwel het hele gebied tussen 80 en 120 cm. De voorspelfout is voor de GLG in het algemeen is groter dan voor de GHG (20 – 50 cm tegen 20 – 30 cm.) Voor de droge Gt's op de stuwwallen geldt dat de voorspelfout groter is. Met name rondom Markelo zijn de voorspellingen minder nauwkeurig.

4.4 Utrecht en Veluwe

Regio Utrecht en Veluwe omvat 51 deelgebieden (strata) met een gezamenlijke oppervlakte van 125027 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd (zie figuur 16).



Figuur 16. Strata van de regio Utrecht en Veluwe waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 33 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r3.xls). Met behulp van stambuisregressie zijn de ‘gerichte opname’ van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. In totaal zijn voor deze regio 1242 gerichte opnamen beschikbaar. Door screening met behulp van de bodemkaart resteren daarvan 1163 GHG en GVG schattingen en 1196 GLG schattingen. Daarnaast zijn voor stratum vier 12 korte meetreeksen van grondwaterstanden uit de Vechtstreek (Brouwer et al., 2003) gebruikt als GxG schattingen. Van deze locaties is de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Regio3-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressie-modellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulpinformatie. Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 14. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R3-modelsamen.txt).

Tabel 14. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.30	0.70	300
GVG	Exponentieel	0.40	0.55	300
GLG	Exponentieel	0.30	0.70	300

De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet, bedragen gemiddeld 92 en 191 cm de voorspelfouten van GHG en GLG bedragen gemiddeld 43 en 45 cm. De regio is grofweg onder te verdelen in de stuwwalcomplexen en de lager gelegen gebieden. De stuwwalcomplexen hebben over het algemeen een GHG en GLG dieper dan 180 cm met een hoge voorspelfout (> 40 cm). De lager gelegen gebieden hebben veelal een GHG tussen 0 en 40 cm en een GLG tussen 100 en 140 cm met een lage voorspelfout (meestal < 20 cm).

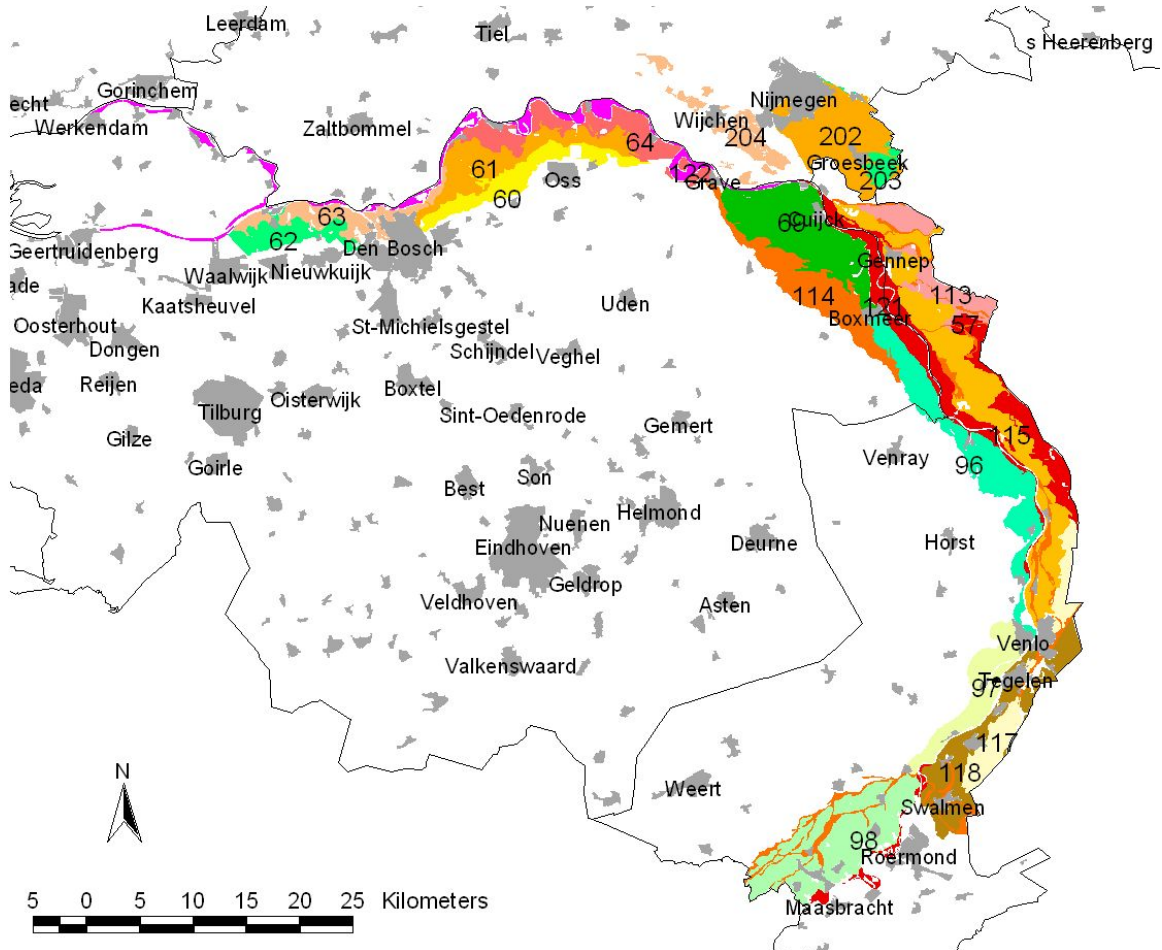
4.5 Noord-Brabant en Noord Limburg

4.5.1 Maasterrassen

De regio Maasterrassen maakt deel uit van de Gd-kartering voor heel Brabant van Finke et al. (2002b en 2004). De regio omvat 20 strata (strata) met een gezamenlijk oppervlak van 88794 ha en ligt gedeeltelijk binnen de beheersgebieden van de waterschappen Aa & Maas, Peel & Maasvallei en Rivierenland.

Aan de oorspronkelijke 24 strata van de regio Maasterrassen zijn 3 strata toegevoegd (202, 203 en 204). Deze strata behoorden oorspronkelijk tot de regio Limburg. In de

loop van het project zijn de strata vanwege de geografische ligging bij de regio Maasterrassen gevoegd (zie figuur 17). Daarnaast zijn acht strata vanwege een tekort aan puntschattingen van de GxG samengevoegd of bij andere strata gevoegd. Het te kort aan puntschatting van de GxG komt doordat een aantal GxG schattingen voor ‘gerichte opname’ locaties is komen te vervallen vanwege de screening die met behulp van de bodemkaart 1 : 50 000 heeft plaatsgevonden (zie § 2.8). Hierdoor moesten een aantal strata worden samengevoegd om het minimaal benodigde aantal GxG puntschattingen per stratum te realiseren.



Figuur 17. Strata van de regio Maasterrassen waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor de stambuisregressie is gebruik gemaakt van 26 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en de gemeten grondwaterstanden, zijn opgenomen als bijlage (Cd-rom\stambuisgegevens\Stambuis-r4mt.xls). Met behulp van stambuisregressie zijn de ‘gerichte opname’ van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG.

In totaal zijn voor deze regio 733 gerichte opnamen beschikbaar. Door screening met behulp van de bodemkaart resteren daarvan 617 GHG en GVG schattingen en 631 GLG schattingen. Van deze locaties zijn de x en y coördinaten, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als

bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Regio4mt-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd). Van alle locaties liggen er 67 in de uiterwaarden langs de Maas. Voor deze locaties is de GxG berekend met regressie op basis van alleen de zomermetingen.

Voor de gebiedsdekkende GxG voorspellingen zijn voor ieder stratum, met behulp van een modelselectieprogramma, regressiemodellen geselecteerd. Vervolgens is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de puntvoorspelling van de GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in onderstaande tabel 15. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (Cd\rom\modelsammenvattingen\r4mt-modelsamen.txt). Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

Tabel 15. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.06	0.94	425
GVG	Exponentieel	0.06	0.94	425
GLG	Exponentieel	0.06	0.94	425

Op de GHG kaart komen twee zeer droge gebieden voor. De bosgebieden rond Roermond, in het zuiden van regio Maasterrassen (met GHG diepere dan 180 cm) en het Rijk van Nijmegen staan als zeer droge (GHG diepere dan 250 cm) gebieden op de kaart. Het betreft hier zeer droge zandgronden die ten opzichte van de omgeving landschappelijk hoog liggen. In het Rijk van Nijmegen is tijdens de gerichte opnamen binnen 2,50 m geen grondwater is aangetroffen. Ten zuidoosten van het droge Rijk van Nijmegen ligt Natuurreservaat De Bruuk. Op de GHG kaart komt dit gebied juist als een heel nat gebied (GHG 0 cm tot 40 cm) naar voren. De hoge grondwaterstanden in dit gebied worden veroorzaakt door storende lagen in de ondergrond.

In de regio Maasterrassen zijn de uiterwaarden rond de Maas verdeeld over twee strata. De GxG voor deze strata is berekend met regressie op basis van alleen de zomermetingen. Daardoor komen op de GHG kaart alleen de uiterwaarden rond de Bergse Maas als extreem natte gebieden (water boven maaiveld) tevoorschijn. In de overige delen van de uiterwaard-strata varieert de GHG sterk. Ten noorden van Venlo, met name aan de westkant van de Maas, zijn aan de vorm en ligging van de natte gronden (GHG boven maaiveld tot 40 cm), oude stroomgeulen van de Maas te herkennen. Deze stroomgeulen hebben veelal scherpe overgangen naar hoge en droge (GHG > 80 cm) tot zeer droge (GHG > 180 cm) gebieden.

Op de GLG kaart komen voornamelijk droge (>80 cm) tot extreem droge gronden (>250 cm) voor. Alleen gebieden rond Natuurreservaat De Bruuk, Natuurreservaat Zooislagen (ten Noorden van Vlijmen) en het Hooibroeken bos met eendenkooi, komen er duidelijk natter (GLG 25 – 80 cm) uit.

De grondwaterfluctuatie laat binnen regio Maasterrassen duidelijk een onderverdeling zien. Ten Westen van Grave bestaat de regio Maasterrassen voornamelijk uit

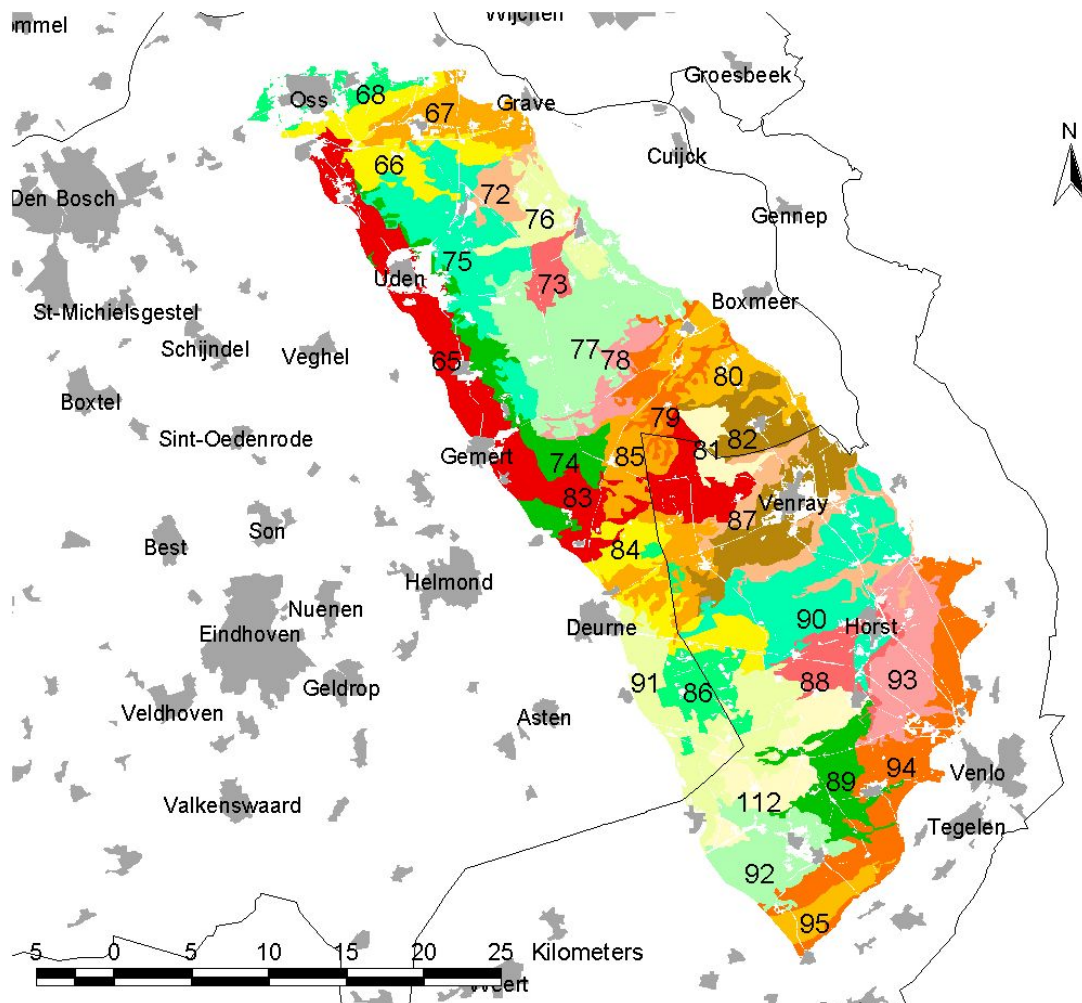
rivierklei en –zavel en ligt de fluctuatie voornamelijk tussen de 40 en 80 cm. Op de hogere delen langs de rivier ligt de fluctuatie tussen de 80 en 100 cm. Tussen Grave en Boxmeer is de fluctuatie overwegend tussen de 60 en 100 cm met lokaal nog grotere fluctuaties. Tussen Boxmeer en Venlo komen fluctuaties tussen 80 en 100 cm voor langs de rivier en wat verder van de rivier ligt de fluctuatie voornamelijk tussen 100 en 140 cm, met lokaal nog grotere fluctuaties. Ten zuiden van Venlo is de variatie in fluctuaties het grootst, mede door het reliëf.

Ook de voorspelfouten van (GHG en GLG) binnen de regio Maasterrassen verschillen. Ten oosten van Grave liggen de voorspelfouten voor de GHG tussen 0 en 25 cm, behalve voor de uiterwaarden en de stroomruggen. Daar liggen de voorspelfouten tussen de 40 en 80 cm. Ook ten westen van Cuijk en Boxmeer (aan de oostkant van de Maas) zijn de voorspelfouten klein, tussen 0 en 25 cm. Tussen Grave en Roermond zijn voor het grootste gebied de voorspelfouten klein (0 – 40 cm), behalve voor de oostelijke maasterrassen tussen Cuijk en Venlo daar zijn de voorspelfouten groter (40 – 80 cm) met lokaal afwijkingen tot 120 en zeer lokaal tot 180 cm. Vanaf Roermond liggen de voorspelfouten tussen 40 en 60 cm. Voor de nattere oude stroomgeulen is de voorspelde GHG goed. De voorspelfout ligt daar tussen de 25 en 40 cm. In het droge Rijk van Nijmegen zit het grondwater dieper dan 250 cm en is tijdens de gerichte opnamen geen water aangetroffen in de boorgaten. Daardoor is de onzekerheid over voorspelde GHG, GVG en GLG daar groot (>180 cm).

De voorspelfouten voor de GLG zijn in een groot deel van Maasterrassen klein; minder dan 40 cm. Voor de uiterwaarden en de oostelijke maasterrassen tussen Cuijk en Venlo zijn de voorspelfouten wat groter (40 tot 80 cm). De grotere onzekerheid over de voorspelde GxG waarden voor de uiterwaarden komt doordat deze berekend zijn met behulp van alleen de zomermetingen.

4.5.2 Peelhorst

De regio Peelhorst maakt deel uit van de Gd-kartering voor heel Brabant van Finke et al. (2002b). De regio bestaat uit 29 deelgebieden (strata) die zijn overgenomen uit de Gd-kartering van Brabant (zie figuur 18). De oppervlakte van dit deelgebied bedraagt 91 226 ha. Door het gebied heen loopt de Peelrandbreuk, die grote invloed heeft op de grondwaterstanden aan weerszijde van de breuk.



Figuur 18. Strata van de regio Peelborst waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 31 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r4ph.xls). Met behulp van stambuisregressie zijn de gerichte opname van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. Voor de gerichte opnamelocaties waarvoor in de zomer een hogere grondwaterstand is gemeten dan in de winter, is GxG berekend met de regressie op basis van beide gemeten standen. Voor deze regio zijn 961 gerichte opnamen beschikbaar uit de eerdere Gd-karteringen van Finke et al. (2002b). Deze gerichte opnamen hebben in 2000 plaatsgevonden. Met behulp van de Bodemkaart 1 : 50 000 zijn de voorspellingen van de GxG op de punten van gerichte opnames getoetst. Er zijn 81 voorspellingen van gerichte opname punten niet gebruikt, van 33 punten zijn alleen de voorspellingen van de GHG en GVG gebruikt en van 14 punten is alleen de voorspelling van de GLG gebruikt. Aan de gerichte opnameset zijn vervolgens punten toegevoegd uit de bodemkartering de Graspeel van Dekkers (1997) en LSK van Finke et al. (2002a). Het gaat hierbij in totaal om 24 punten, waarvan de opnamen in 1996 - 1998 hebben plaatsgevonden. In totaal zijn in deze regio 904

locaties gebruikt voor de maaiveldregressie. Van deze locaties zijn de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstranden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\ Regio4ph-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd). Bij de maaiveldregressie zijn naast de voorspelde GxG op de gerichte opname locaties ook de GxG van de stambuizen gebruikt als gerichte opname locatie.

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG zijn voor ieder stratum regressiemodellen geselecteerd, die als predictor gebruik maken van de gebiedsdekkende hulpinformatie. Er is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de voorspelling op de gerichte opname punten (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 16. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R4ph-modelsamen.txt). Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

Tabel 16. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

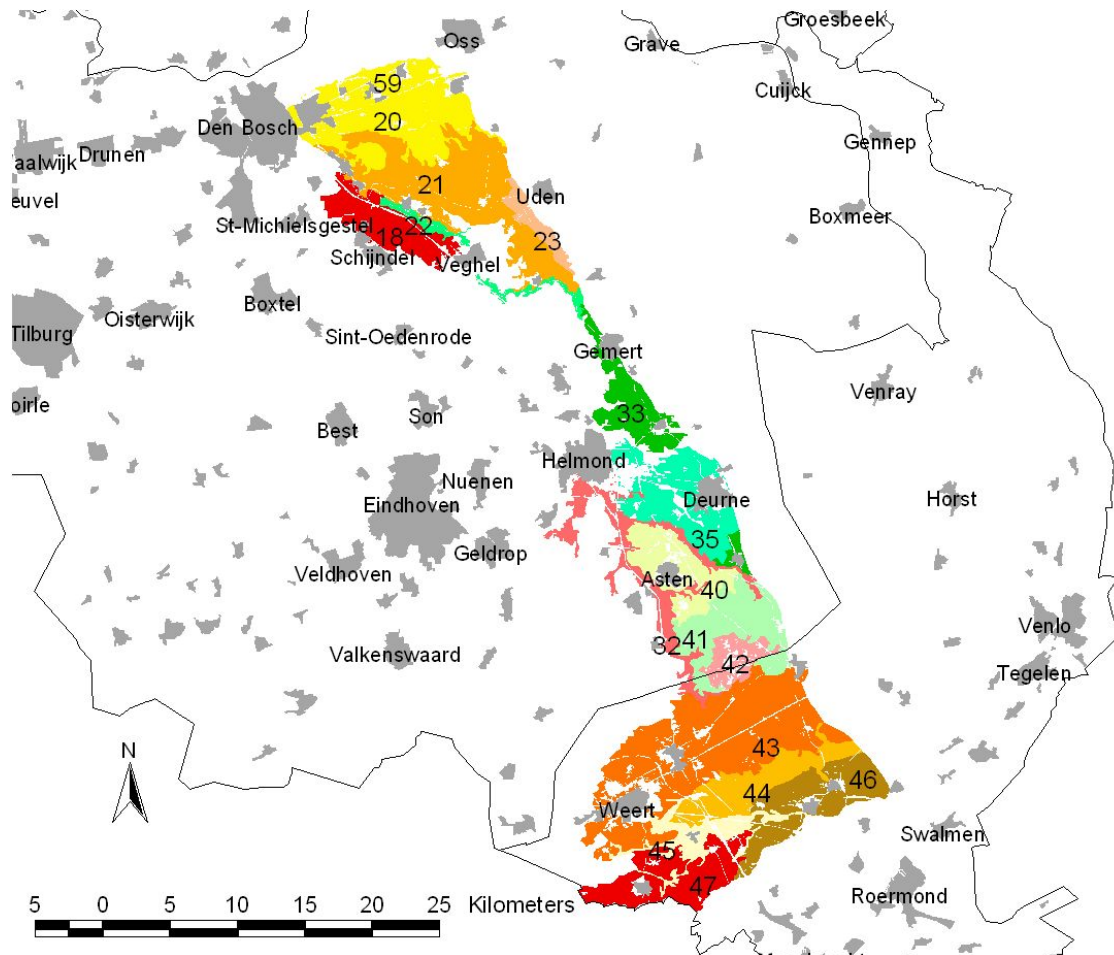
GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.58	0.60	350
GVG	Exponentieel	0.30	0.82	350
GLG	Exponentieel	0.30	0.68	350

Op de GHG kaart springen de wystgronden in het noordwestelijke deel van de regio naar voren als natte gronden. Ook het Nationale Park de Peel is duidelijk als nat gebied terug te vinden. Op de flanken van de horst komen lokaal zeer droge gronden voor. De ruimtelijke variatie is echter per stratum niet groot. Met name de strata in het oosten en zuiden (strata 73, 77, 85, 93 en 94) van de regio kennen nauwelijks variatie in de ruimte. Op de GLG kaart komen nauwelijks natte gronden voor. Alleen de wystgronden in het noordwesten, de Peel en in stratum 73, 77 en 87 (beekdal) zijn lage GLG voorspellingen te vinden. In fluctuatie (verschil GHG en GLG) komen in het gebied verschillen voor. Op de nattere gronden zijn de fluctuaties klein. In de strata 65, 77, 79 en 86 (Peel) is het verschil tussen de GHG en de GLG ca. 40 – 80 cm. Lokaal komen in deze strata fluctuaties voor van minder dan 40 cm, en die kleine fluctuatie komt op grote schaal voor in stratum 73. In het zuiden en oosten zijn de fluctuaties in het algemeen groter. Meestal is het verschil tussen GHG en GLG daar meer dan 80 cm. Verspreid over het gebied komen er plaatsen voor waar de GLG ondieper is dan de GHG. Het betreft hier zeer droge gronden, waar binnen 2,50 m – mv. geen grondwater is aangetroffen.

De voorspelfout van GHG en de GLG is sterk verschillend. Bij de GHG komen verspreid in het gebied voorspelfouten voor van meer dan 60 cm. Het is opvallend dat de gebieden met een hoge voorspelfout geen gerichte opname punten in de directe omgeving aanwezig zijn, maar er zijn ook gebieden met een lage voorspelfout, waar geen gerichte opname punten in de buurt liggen. Voor de GLG geldt dat de voorspelfout met name in het noordwestelijke gedeelte (wystgronden) van de regio groot is. Verder is te zien dat de voorspelfout sterk afhankelijk is van de ligging ten opzichte van de meetpunten.

4.5.3 Centrale Slenk

Regio Centrale Slenk omvat 17 deelgebieden (strata) met een gezamenlijke oppervlakte van 52641 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd (zie figuur 19).



Figuur 19. Strata van de regio Centrale Slenk waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 28 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r4cs.xls). Met behulp van stambuisregressie zijn de 'gerichte opname' van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. In totaal zijn voor deze regio 539 gerichte opnamen beschikbaar. Door screening met behulp van de bodemkaart resteren daarvan 457 GHG en GVG schattingen en 451 GLG schattingen. Van deze locaties zijn de x en y coördinaten, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Regio4cs-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende GxG voorspellingen zijn voor ieder stratum, met behulp van een modelselectieprogramma, regressiemodellen geselecteerd. Deze modellen bevatten predictoren die gebruik maken van gebiedsdekkende hulpinformatie. Vervolgens is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de puntvoorspelling van de GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 17. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R4cs-modelsamen.txt).

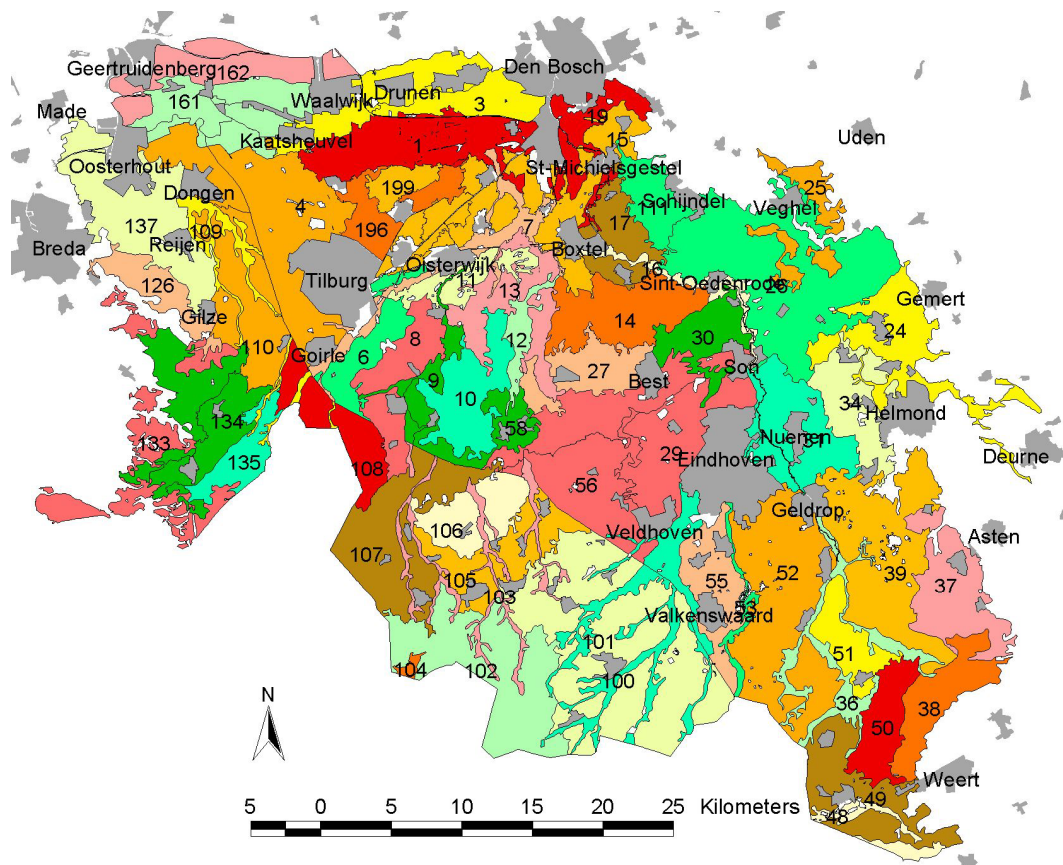
Tabel 17. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.20	0.80	550
GVG	Exponentieel	0.20	0.80	550
GLG	Exponentieel	0.20	0.83	550

De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet, bedragen gemiddeld 68 en 177 cm; de voorspelfouten van GHG en GLG bedragen gemiddeld 20 en 26 cm. De GHG is rondom Deurne en ten zuidoosten van Weert duidelijk dieper (> 100 cm) dan in de rest van de regio; voor de GLG valt op dat deze voor bijna het gehele zuidelijke deel dieper (> 180 cm) is dan het noordelijke deel. De voorspelfout is over de gehele regio vrij laag, alleen het gebied rondom en ten noordoosten van Weert (stratum 43) heeft voor de GLG een iets grotere voorspelfout (30 – 40 cm).

4.5.4 Dommel en Dongestroom

De regio Dommel en Dongestroom omvat 58 deelgebieden (strata) die geheel of gedeeltelijk binnen het beheersgebied van de waterschappen de Dommel of Dongestroom liggen en zijn overgenomen uit de Gd-kartering van Finke et al. (2002b) voor heel Brabant. Deze 58 stratagebieden hebben samen een oppervlakte van 203778 ha; door filtering van het AHN resteert 186360 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd. Ten opzichte van de Gd-kartering van Finke et al. (2002b) zijn 7 strata samengevoegd, vanwege een tekort aan puntschattingen van de GxG. De strata, 3, 56, 100, 110, 133, 134 en 199 zijn samengevoegde strata (zie figuur 20) uit twee strata van de kartering door Finke et al. (2002b). Een aantal GxG schattingen voor 'gerichte opname' locaties is komen te vervallen vanwege de screening die met behulp van de bodemkaart 1 : 50 000 heeft plaatsgevonden (zie § 2.8) Hierdoor moesten een aantal strata worden samengevoegd om het minimaal benodigde aantal GxG puntschattingen per stratum te realiseren.



Figuur 20. Strata van de regio Dommel en Dongestroom waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 39 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r4dd.xls). Met behulp van stambuisregressie zijn de ‘gerichte opname’ van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. Voor de ‘gerichte opname’ locaties waarvoor in de zomer een hogere grondwaterstand is gemeten dan in de winter zijn GxG berekend met de regressie op basis van beide gemeten standen. In totaal zijn voor deze regio 3123 gerichte opnamen beschikbaar uit eerdere Gd-karteringen van Finke et al. (2002b) en Hoogland et al. (2003). Door screening met behulp van de bodemkaart resteren daarvan 2009 GHG en GVG schattingen en 2495 GLG schattingen. Daarnaast zijn 55 korte meetreeksen van grondwaterstanden uit de Leijen (Finke et al., 2001) gebruikt als GxG schattingen. Van deze locaties is de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Regio4dd-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressiemodellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulpinformatie. Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de

verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 18.

Tabel 18. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.50	0.50	350
GVG	Exponentieel	0.50	0.50	350
GLG	Exponentieel	0.45	0.52	350

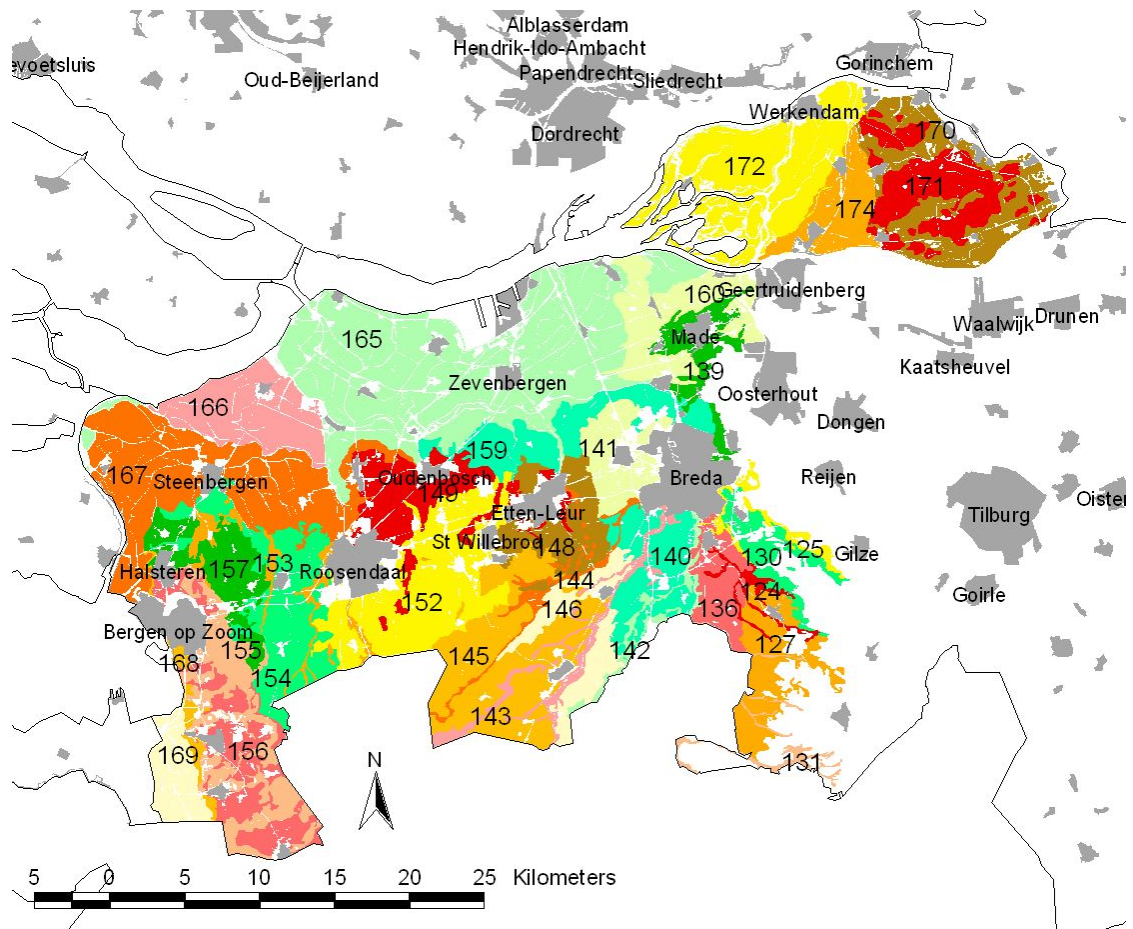
De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R4dd-modelsamen.txt).

Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen, zijn simulaties en predicties uitgevoerd.

De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet bedragen gemiddeld 73 en 184 cm, de voorspelfouten van GHG en GLG bedragen gemiddeld 28 en 23 cm. Ten opzichte van de kaart van Finke et al. (2002b) geeft de huidige kaart een natter beeld met name in de beekdalen. Waarschijnlijk wordt dit voor een belangrijk deel veroorzaakt door het gebruik van extra waarnemingen (Hoogland et al., 2004) en in beperkte mate door het gebruik van een andere stamhuizen set en de methodische veranderingen.

4.5.5 West Brabant

De regio Brabant west omvat 33 deelgebieden (strata) die geheel of gedeeltelijk binnen het beheersgebieden van de waterschappen Brabantse delta en Alm liggen en zijn overgenomen uit de Gd-kartering van Finke et al. (2002b). De oppervlakte (na filtering van het AHN) van de strata bedraagt 114428 ha. De stratumindeling (42 strata), die is overgenomen uit Finke et al (2002b), kon vanwege een tekort aan puntschattingen van de GxG in een aantal strata niet blijven bestaan. Als gevolg hiervan zijn de strata 147, 150, 151, 158, 163, 164, 173, 175 en 176 samengevoegd of bij andere strata gevoegd (zie figuur 21). Het tekort aan puntschattingen van GxG is het gevolg van een screening die met behulp van de bodemkaart schaal 1 : 50 000 heeft plaatsgevonden (zie § 2.8). Hierdoor moesten een aantal strata worden samengevoegd om het minimaal benodigde aantal GxG puntschattingen per stratum te realiseren. De strata zijn samengevoegd op basis van geomorfologische en bodemkundige overeenkomsten.



Figuur 21. Strata van de regio west Brabant waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor de stambuisregressie is gebruik gemaakt van 34 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en de gemeten grondwaterstanden, zijn opgenomen als bijlage (Cd-rom\stambuisgegevens\Stambuis-r4w.xls). Met behulp van stambuisregressie is de 'gerichte opname' van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG.

In totaal zijn voor deze regio 1307 gerichte opnamen beschikbaar uit eerdere Gd-karteringen van Finke et al. (2002). Na beoordeling van de voorspelling voor de GxG met behulp van de bodemkaart schaal 1 : 50 000 en na toevoeging van 88 GxG schattingen uit de detailkarteringen van De Agger (Stoffelsen 1995) en Ulvenhout Galder (Bles en Nijf 1989) resteren 1187 GHG en GVG schattingen en 1067 GLG schattingen. De GxG schattingen zijn alleen toegevoegd in de nabijheid van opname locaties die uit het bestand zijn verwijderd na screening met de bodemkaart 1 : 50 000. Van de bovengenoemde resterende locaties zijn de x en y coördinaten, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Regio4w-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende GxG voorspellingen zijn voor ieder stratum, met behulp van een modelselectieprogramma, regressiemodellen geselecteerd. Deze modellen bevatten predictoren die gebruik maken van gebiedsdekkende hulpinformatie. Vervolgens is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de puntvoorspelling van de GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in onderstaande tabel 19. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R4w-modelsamen.txt). Met behulp van de geselecteerde regressiemodellen, het variogram en de GxG's op meetlocaties is per stratum het ruimtelijk beeld van de GxG voorspeld.

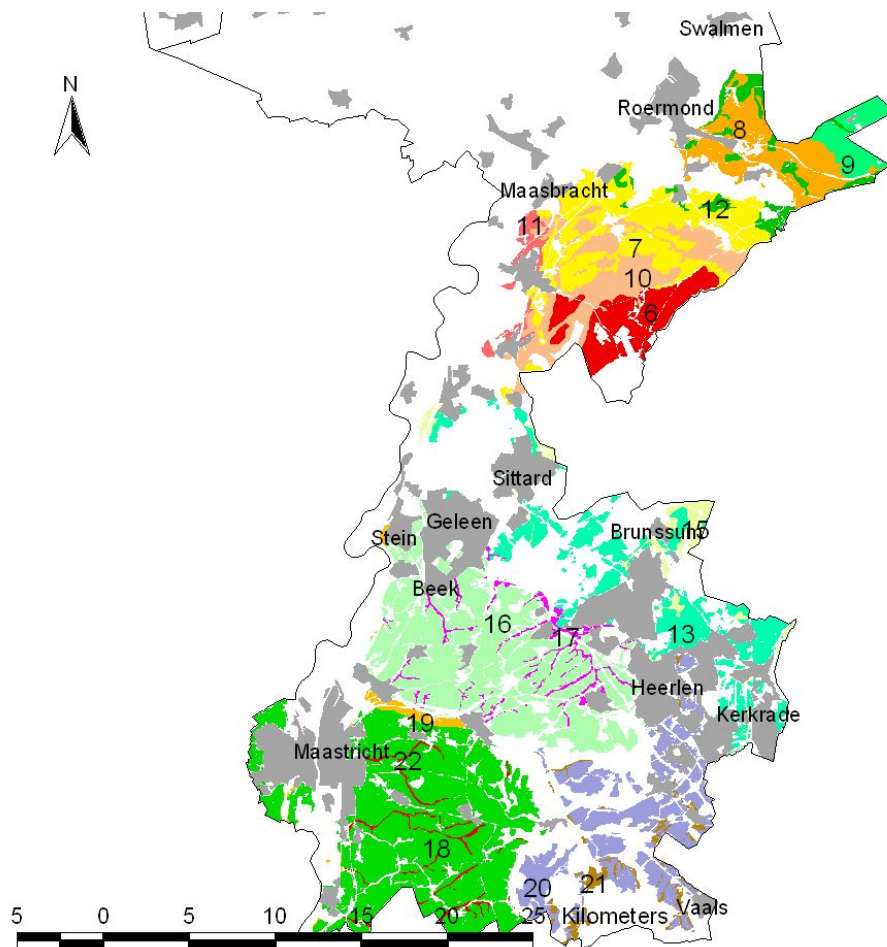
Tabel 19. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.19	0.70	350
GVG	Exponentieel	0.19	0.70	350
GLG	Exponentieel	0.15	0.77	350

De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet bedragen gemiddeld 64 en 166 cm – mv. De voorspelfouten van GHG en GLG bedragen gemiddeld 20 en 27 cm. De regio is grofweg onder te verdelen de hoger gelegen gebieden die vooral bestaan uit landduinen en dekzandruggen (o.a. de Brabantse wal bij Bergen op Zoom en het gebied rondom Nispen en Zundert) die worden doorsneden door beekdalen in het zuiden en zuidwestelijk deel van West Brabant en de relatief gezien lager gelegen vlakke gebieden met voornamelijk getijafzettingen in het noordelijk (Zevenbergen e.o.) en westelijk deel van West Brabant (Markiezaat). De landduinen en dekzandruggen hebben in het algemeen een GHG en GLG die respectievelijk dieper ligt dan 80 en 180 cm met een grotere voorspelfout (ligt meestal tussen 20 en 40 cm) dan het noordelijk en westelijk deel van deze regio. De gebieden met getijafzettingen en de gronden in de diepste delen van de beekdalen hebben veelal een GHG tussen 0 en 60 cm en een GLG tussen 80 en 180 cm –mv. met een lage voorspelfout (veelal < 20 cm).

4.6 Zuid Limburg

Regio Zuid-Limburg omvat 16 deelgebieden (strata) met een gezamenlijke oppervlakte van 41736 ha waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd (zie figuur 22). Ten opzichte van de oorspronkelijke indeling zijn de noordelijke strata 2, 3 en 4 opgenomen en uitgerekend bij regio 4, Maasterrassen. Er zijn geen strata samengevoegd, vanwege een tekort aan puntschattingen van de GxG.



Figuur 22. Strata van de regio Zuid-Limburg waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Voor stambuisregressie is gebruik gemaakt van 5 stambuizen waarvan de x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van GxG, de tijdreeksparameters en gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis-r5.xls). Met behulp van stambuisregressie zijn de ‘gerichte opname’ van de grondwaterstand omgerekend naar een klimaatsrepresentatieve GxG. In totaal zijn voor deze regio 271 gerichte opnamen beschikbaar. Door screening met behulp van de bodemkaart resteren daarvan 267 GHG en GVG schattingen en 271 GLG schattingen. Vanwege het sterk geaccidenteerd karakter van deze regio is bovengenoemde screening hier niet streng toegepast (zoals valt op te maken uit het kleine aantal vervallen opnames). Voor stratum 13, 16, 18 en 20 zijn geen gerichte opnames verricht, vanwege de droge condities (diepe tot zeer diepe grondwaterstanden van löss-plateaus). Van de locaties van de ‘gerichte opname’ zijn de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstanden, de geschatte GxG en de voorspelfout van GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\Regio5-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressie-modellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulpinformatie.

Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 20. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R5-modelsamen.txt).

Tabel 20. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.23	0.82	1300
GVG	Exponentieel	0.23	0.82	1300
GLG	Exponentieel	0.15	1.00	1300

De GHG en GLG zoals op deze wijze op kaart gezet bedragen gemiddeld 221 en 307 cm. De voorspelfouten van GHG en GLG bedragen gemiddeld 62 en 61 cm. De grondwatertrappen in deze regio zijn erg diep vergeleken met de andere regio's omdat het voornamelijk löss-plateaus betreft. Alleen in de dalen komen GHG's en GLG's voor die natter zijn dan 180 cm. Het valt op dat de dalen in het (zuid)oosten van de regio natter zijn dan de dalen in het westen. Dit komt omdat in het (zuid)oosten tertiaire kleien in de ondergrond voorkomen. In het (zuid)oosten komen ook de meeste plekken met drangwater voor. Dit zijn plaatsen waar geologische afzettingen van verschillende afkomst dagzomen (aan de oppervlakte komen), waarbij de onderste laag meestal slecht doorlatend is. Deze plekken zijn aangegeven met een signatuur.

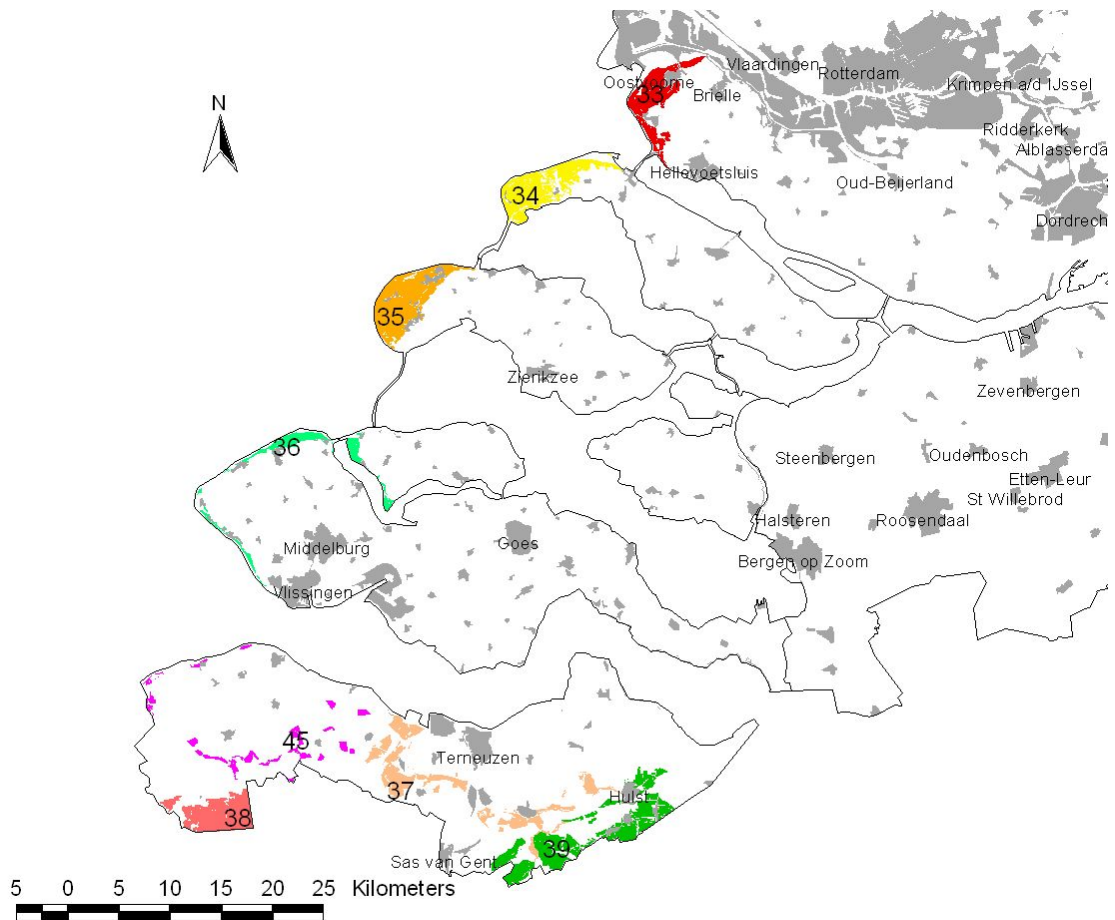
4.7 Kustgebied

Het kustgebied (regio 6) is een langgerekte regio die de zandgebieden in het westen van Nederland omvat, globaal van Zeeuwsch – Vlaanderen tot aan Schiermonnikoog. Vanwege de langgerektheid van het gebied is de regio verdeeld in vier subregio's:

- Zuidwestelijk estuariumgebied; Zeeuws Vlaanderen, Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden;
- Noordzeekust; de oude en jonge duinen in Noord en Zuid-Holland;
- Kop van Noord-Holland: duinen en bollenvelden ten noorden van de Hondsbossche zeekering, Wieringen en de Wieringermeerpolder;
- Waddeneilanden; Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog.
- De subregio's worden hieronder besproken.

4.7.1 Zuidwestelijk estuariumgebied

Het zuidwestelijke estuariumgebied wordt gevormd door de pleistocene zandgronden in Zeeuws Vlaanderen, de mariene zandgronden in de polders en duinzandgronden direct langs de kust. Het gebied beslaat een oppervlakte van ca. 17523 ha en wordt verdeeld in acht strata (zie figuur 23). Een stratum bestaat of uit mariene zandgronden, danwel pleistocene zandgronden of duinzandgronden.



Figuur 23. Strata van de regio Zuidwestelijk estuariumgebied waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd.

Er zijn in deze regio 177 gerichte opname gebruikt, die zijn opgenomen in de periode 2001 – 2002. In de Kop van Schouwen (stratum 35) zijn 24 extra punten toegevoegd uit de detailkartering Schouwen West (red. Van Kekem, 2003). Dit is gedaan om de overgang van de duingebieden naar de zeeleipolders beter in kaart te kunnen brengen. De screening van de gerichte opnamepunten met behulp van de Bodemkaart 1 : 50 000 leverde een aantal punten op die niet voldeden aan de gestelde criteria (§ 2.8). Door de grote gradiënten van het maaiveld in de duinen is besloten deze punten te behouden. In veel gevallen kan namelijk niet worden uitgesloten dat de Bodemkaart 1 : 50 000 op deze specifieke plaatsen onzuiver is. Er zijn in totaal 201 punten gebruikt om de GxG te voorspellen. Van deze locaties is de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstand, de geschatte GxG en de voorspelfout van de GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\regio6zl-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de stambuisregressie is gebruik gemaakt van 29 stambuizen, waarvan 15 buizen in Zeeuwsch-Vlaanderen liggen. De x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van de GxG, de tijdreeksparameters en de gemeten grondwaterstanden opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis_r6zl.xls).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG zijn voor ieder stratum regressiemodellen geselecteerd, die als predictor gebruik maken van de gebiedsdekkende hulpinformatie. Er is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de voorspelling op de gerichte opname punten (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 21. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R6zl-modelsamen.txt). Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld

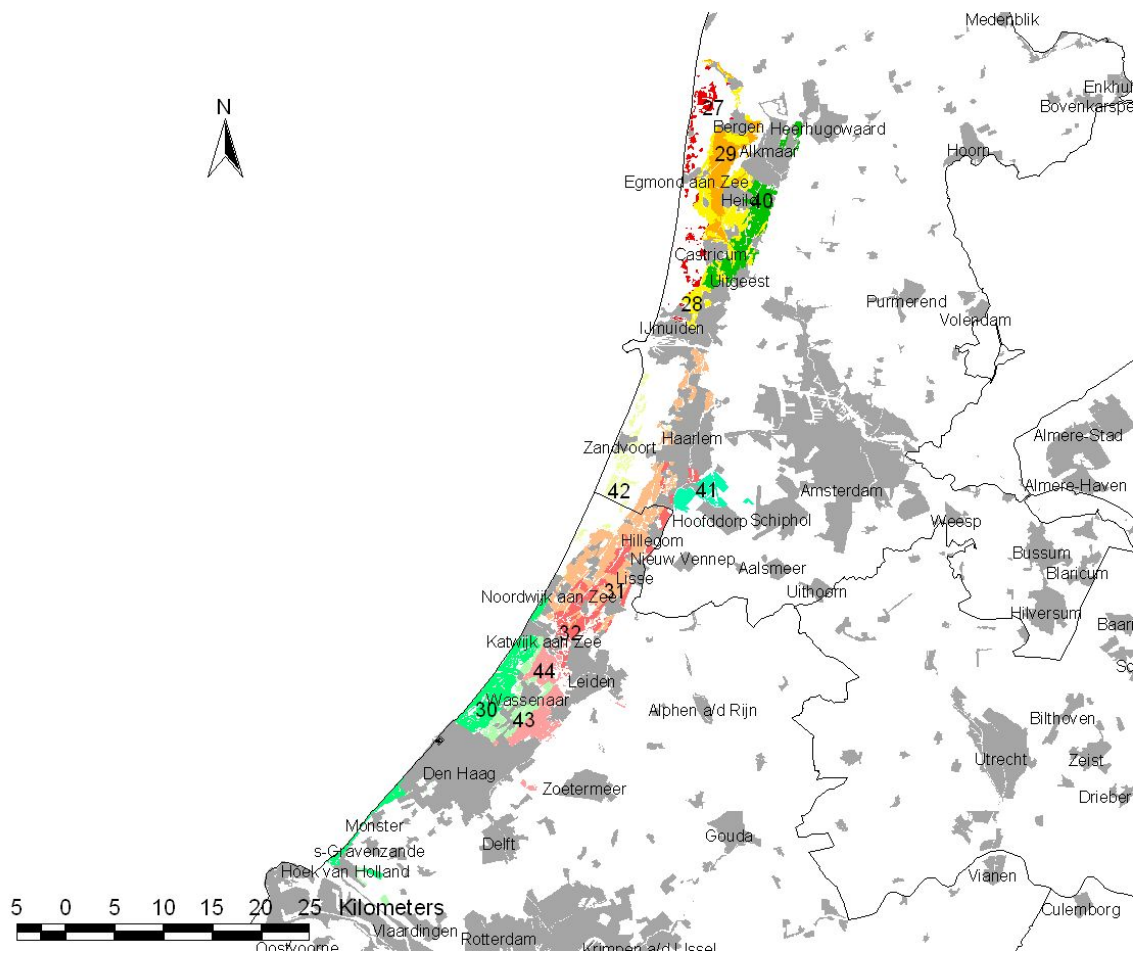
Tabel 21. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.00	0.85	700
GVG	Exponentieel	0.00	0.93	700
GLG	Exponentieel	0.00	0.80	700

In het pleistocene deel van de regio is weinig ruimtelijke variatie in de GHG te zien. Deze vervlakkings komt het nadrukkelijkst tot uiting in de omgeving van Aardenburg. In de binnenduinrand langs de kust komen gebieden voor waar de waterstanden (ruim) boven het maaiveld worden voorspeld. Dit is het gevolg van de grote gradiënt in het maaiveld, waarbij het regressiemodel alleen toepasbaar is op het duinengebied, maar niet meer voor de zoom erlangs. Om dit probleem enigszins te tackelen zijn in de Kop van Schouwen extra punten uit de detailkartering Schouwen West gebruikt. Bij de GLG zijn de natuurlijke patronen in het pleistocene gedeelte wel duidelijk te zien. Dit komt goed tot uiting bij de markante krekpatronen nabij Aardenburg. Aan de binnenrand van de duinen komen ook bij de GLG gebieden voor waarvan de waterstand boven het maaiveld voorspeld wordt. De voorspelfouten van de GHG en de GLG bedragen in het pleistocene gedeelte ca. 25 cm en in het duinengebied 60 cm. In het duinengebied neemt de voorspelfout in de buurt van een gericht opnamepunt snel af. De mariene zandpolders in deze regio zijn te versnipperd om een duidelijk beeld van de ruimtelijke variatie te krijgen.

4.7.2 Noordzeekust

De Noordzeekust bestaat uit enkele mariene zandgronden in het Westland en de Haarlemmermeerpolder, de duinen van Hoek van Holland tot de Hondsbosche zeevering en de oude duinen tussen Den Haag en Alkmaar. De regio beslaat een oppervlakte van ca. 25 498 ha en neemt daarmee ruim 60% van de totale regio 6 in beslag. De Noordzeekust is in 11 afzonderlijke strata verdeeld waarvan in 9 strata gerichte opnames zijn uitgevoerd (zie figuur 24). In de overige strata is niet gemeten omdat hier het grondwater zich dieper dan 2,50 m bevindt, of omdat het uitgestrekte natuurgebieden betreft (strata 27, 30, 42).



Figuur 24. Strata van de regio Noordzeekust waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd

Er zijn langs de Noordzeekust 226 gerichte opnames uitgevoerd in de periode 2001 – 2002. Aan de hand van de screening met behulp van de Bodemkaart 1 : 50 000 zijn tien punten uit het bestand verwijderd, omdat deze een niet plausibele voorspelling hadden opgeleverd. Van de 216 overgebleven locaties zijn de x en y coördinaat, de gemeten grondwaterstand, de geschatte GxG en de voorspelfout van de GxG opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\regio6h-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de stambuisregressie is gebruikgemaakt van 19 stambuizen, waarvan drie buizen in de Haarlemmermeerpolder liggen. De overige buizen liggen op de oude strandwallen en in het binnenduinegebied. Ruim de helft van deze buizen ligt in een natuurgebied. De x en y coördinaat, de geschatte GxG, de voorspelfout van de GxG, de tijdreeksparameters en de gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\Stambuisgegevens\Stambuis_r6h.xls).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressie-modellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulpinformatie. Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al.,

2004). De parameters van het variogram staan in tabel 22. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R6h-modelsamen.txt).

Tabel 22. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

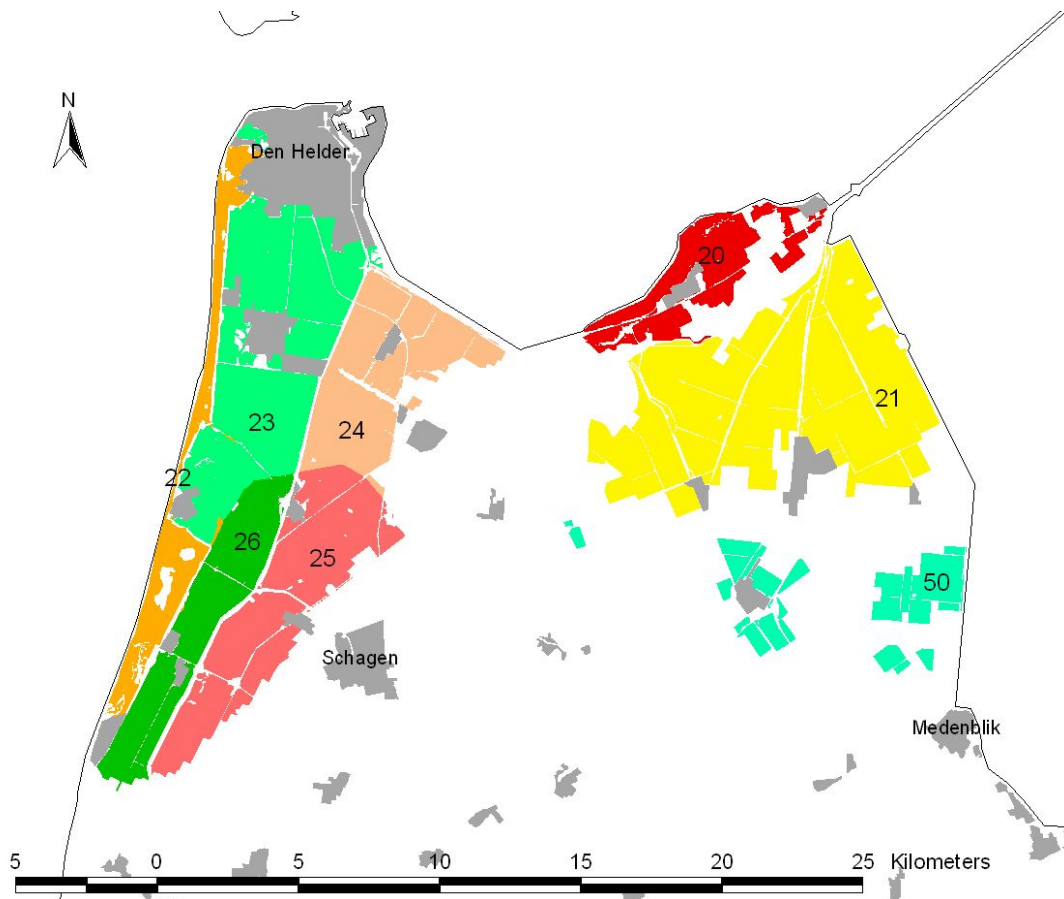
GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.00	1.00	500
GVG	Exponentieel	0.00	1.00	500
GLG	Exponentieel	0.00	0.80	500

Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

De GHG ligt in een groot deel van het gebied tussen 40 en 60 cm, er is weinig ruimtelijke variatie te zien. Wel komen de hoge strandwallen duidelijk naar voren als drogere gronden. Bij Driehuis komen in het duinengebied enkele stukken voor waar de GHG (ruim) boven het maaiveld wordt voorspeld. Bij de GLG komen de oude strandwalcomplexen duidelijk naar voren als zeer droge gronden. In de Haarlemmermeerpolder is bij de GLG duidelijk meer ruimtelijke variatie aanwezig dan bij de GHG. De fluctuaties tussen GHG en GLG zijn in de bloembollenvelden gering (30 – 70 cm). Op de droge strandwallen (oude duinen) zijn de fluctuaties met 50 – 100 cm niet zo groot als men op basis van het hydrologische karakter zou verwachten. De voorspelfouten van de GHG en de GLG bedragen in deze regio 15 – 25 cm en zijn heel gelijkmatig over het gebied verdeeld.

4.7.3 Kop van Noord-Holland

De Kop van Noord-Holland bestaat uit een beperkt aantal strata (8) met vrijwel ieder een geheel eigen karakter ten aanzien van het grondwaterstandverloop. Ten eerste is er een smalle kustlijn met hoge duinen en natte valleien. Direct achter deze duinenrij liggen bloembollenvelden (4 strata) met een zeer beheerst grondwatersysteem. Het voormalig eiland Wieringen is een geheel eigen systeem en bestaat uit een stuwwal met keileemgronden en enkele zeeafzettingen. De Wieringermeerpolder (2 strata) ten slotte bestaat grotendeels uit mariene zandgronden, waarbij in het noordelijke gedeelte het Pleistoceen aan of nabij het oppervlakte voorkomt (zie figuur 25). De totale oppervlakte van de Kop van Noord-Holland bedraagt 19 866 ha.



Figuur 25. Strata van de regio Kop van Noord-Holland waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd

Er zijn in de Kop van Noord-Holland 211 gerichte opnamen uitgevoerd. Deze zijn allemaal gebruikt voor het voorspelling van de GxG op de locaties. De opname van vooral de GHG heeft in deze regio niet op het meest geschikte tijdstip plaatsgevonden. Vanwege de beperkte toegankelijkheid van het duingebied (geen toegang in het broedseizoen) hebben hier de metingen voor de GHG in mei plaatsgevonden.

De bollenstreek kenmerkt zich door een uitermate beheerst grondwatersysteem. Fluctuaties in het grondwaterniveau worden hoofdzakelijk veroorzaakt door menselijk handelen. Aangenomen is dat de grondwaterstanden in de bollenstreek tijdens de bloeiperiode van de bolgewassen (mei) het hoogst was en daarom zijn ook hier de standen voor de GHG in mei opgenomen. Bij een aantal locaties verspreid over het gebied, is één stand gebruikt om zowel de GHG als de GLG te voorspellen. Op het voormalig eiland Wieringen zijn de gerichte opnamen volgens het bekende stramien (GHG in de winter en GLG in de zomer) gemeten. Van de locaties zijn in de bijlage de x en y coördinaat opgenomen, evenals de gemeten grondwaterstand, de geschatte GxG en de voorspelfout van de GxG (zie Cd-rom\Gerichte-opnames\regio6nh-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de stambuisregressie is gebruik gemaakt van dezelfde stambuizen als die voor regio Holland is gebruikt. Hiervan liggen slechts vijf buizen in het gebied zelf, en dan allemaal in het duinengebied tussen Petten en Callantsoog. In DINO werden geen geschikte buizen gevonden in de bollenstreek, het voormalige eiland Wieringen en de Wieringermeerpolder.

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressiemodellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulp-informatie. Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 23. De gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R6nh-modelsamen.txt). Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

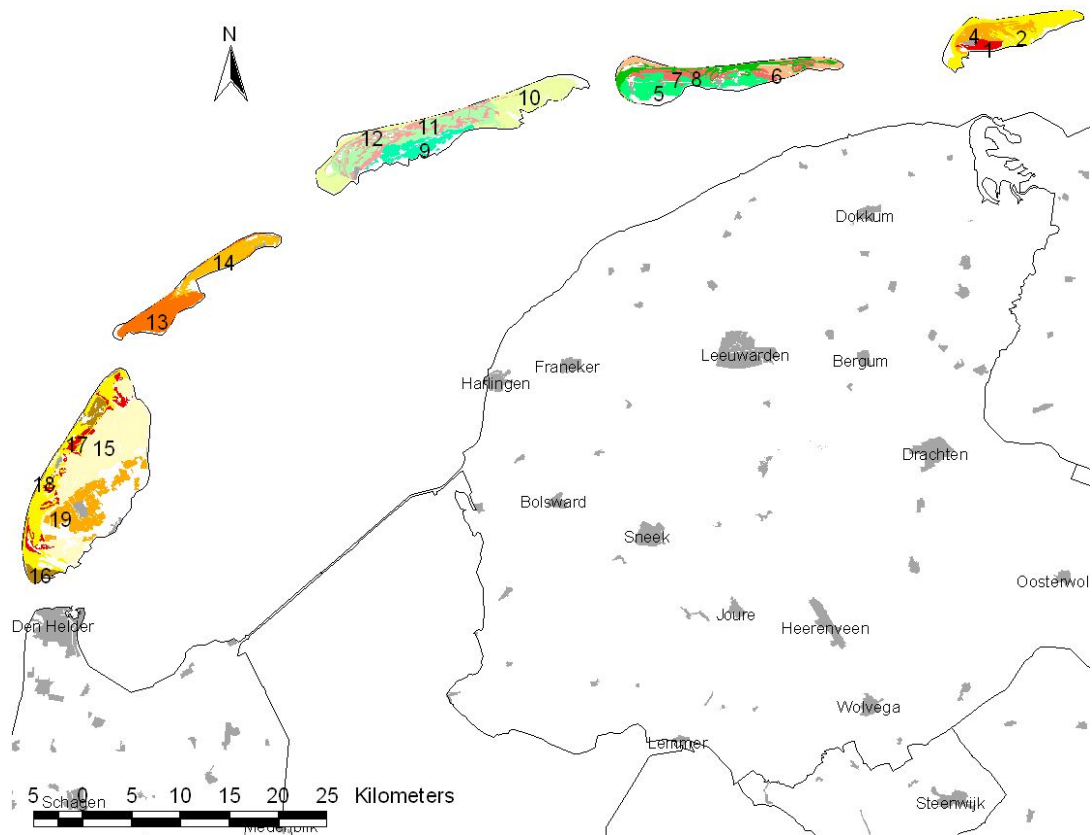
Tabel 23. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.00	1.00	450
GVG	Exponentieel	0.00	1.00	450
GLG	Exponentieel	0.00	0.97	450

In het duinengebied komen rondom het Zwanenwater voorspelde standen van de GHG voor die (ruim) boven het maaiveld uitkomen. Standen tot boven het maaiveld zijn hier reëel, aangezien het gebied in de winter ontoegankelijk is vanwege de hoge waterstanden. Bij de GLG is het gebied met standen boven maaiveld flink geslonken en komen ze alleen direct langs het Zwanenmeer voor. Op een aantal plaatsen, verspreid over het duinengebied, komen gebieden voor met een ‘omgekeerde’ grondwatertrap. Hierbij wordt de GHG dieper voorspeld dan de GLG. Dit is het gevolg van locaties waar binnen 250 cm – mv. geen grondwater is gemeten. Op deze plekken is de voorspelling zeer onzeker en wordt de GHG vaak dieper voorspeld dan de GLG. In de bollenstreek is ruimtelijke variatie in de GHG en GLG te zien, hetgeen ook te verwachten is. Wel is een duidelijke stratumgrens zichtbaar tussen de twee noordelijke en zuidelijke strata in het gebied. In het zuidelijke gedeelte varieert de GHG tussen 30 en 40 cm., in het noordelijke gedeelte ligt de voorspelde GHG tussen 40 en 60 cm. De GLG ligt gemiddeld 40 cm lager. In de Wieringermeerpolder zijn de waterlopen duidelijk in het kaartbeeld te ontdekken. Kennelijk is er een zeer sterke relatie tussen de waargenomen waterstanden en de afstand tot de ontwateringsmiddelen. Langs de waterlopen is de GHG dieper dan tussen de waterlopen in. Ook bij de GLG is dit beeld duidelijk in de Wieringermeerpolder te zien. In de Wieringermeerpolder worden fluctuaties voorspeld tussen 50 en 80 cm. Op het voormalige eiland Wieringen wordt er weinig ruimtelijke variatie voorspeld in de GLG. Bovendien zijn de voorspelde standen tamelijk hoog, tussen 60 en 90 cm. Waarschijnlijk is het meettijdstip in september 2001 niet gunstig geweest om een GLG goed te kunnen voorspellen en kan er als gevolg hiervan geen goed model worden gefit.

4.7.4 Waddeneilanden

Deze regio bestaat uit de eilanden Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog. In totaal gaat het om 18 strata met een oppervlakte van 30 924 ha, waarvan in 10 strata gerichte opnamen zijn uitgevoerd (zie figuur 26). De zes strata waar geen gerichte opnamen zijn uitgevoerd liggen in buitendijksgebied (strata 2, 6, 10, 13 en 16), of omvatten de droge duinen waar binnen 2,50 m geen grondwater wordt aangetroffen (strata 8, 12 en 18). Naast duingebieden bestaan de strata uit bedijkte kwelders of zandplaten. Stratum 19 op Texel is een uitzondering; in dit stratum ligt de Hooge Berg, dat een restant is van een stuwwal en hoofdzakelijk uit keileem bestaat.



Figuur 26. Strata van de regio Waddeneilanden waarvoor een Gd-kaart is vervaardigd

Er zijn op de Wadden 226 gerichte opnamen gebruikt, die zijn gemeten in september en december 2001. De voorspellingen van de GxG voor deze punten zijn met behulp van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 beoordeeld. Naar aanleiding hiervan zijn 14 locaties uit het bestand verwijderd, omdat deze niet aan de in paragraaf 2.8 gestelde criteria voldoen. In totaal is met 218 gerichte opname punten de maaieldregressie uitgevoerd. Van de locaties waar voorspellingen van de GxG zijn gedaan zijn in de bijlage de x en y coördinaat opgenomen, en verder de gemeten grondwaterstand, de geschatte GxG en de voorspelfout van de GxG (zie Cd-

rom\Gerichte-opnames\Regio6tv-puntmetingen.xls. Deze gegevens zijn alleen aan de opdrachtgevers geleverd).

Voor de stambuisregressie zijn 31 stambuizen gebruikt, die verspreid over de Waddeneilanden liggen. Alleen op Schiermonnikoog is geen geschikte buis gevonden waarmee met behulp van een tijdreeksanalyse een GxG voorspeld kon worden. Op de Cd-rom is als bijlage van iedere stambuis de x en y coördinaat opgenomen, evenals de geschatte GxG uit de tijdreeksanalyse, de voorspelfout van de GxG, de tijdreeksparameters en de gemeten grondwaterstanden (Cd-rom\stambuis-gegevens\Stambuis_r6tv.xls).

Voor de gebiedsdekkende voorspellingen van de GxG per stratum zijn regressie-modellen geselecteerd met als predictoren de gebiedsdekkende hulpinformatie. Daarna is een gestandaardiseerd foutenmodel (variogram) gefit op de verschillen tussen de regressievoorspelling en de punt voorspelling van GxG (De Gruijter et al., 2004). De parameters van het variogram staan in tabel 24, de gebruikte regressiemodellen voor de vlakdekkende voorspelling zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\modelsamenvattingen\R6tv-modelsamen.txt). Op basis van de GxG op meetlocaties, het per stratum ge-de-standaardiseerde variogram en de geselecteerde regressiemodellen per stratum is de GxG voorspeld.

Tabel 24. Kenmerken en parameters van het gebruikte gestandaardiseerde variogram.

GxG	Type	Nugget[-]	Sill[-]	Range[m]
GHG	Exponentieel	0.30	0.65	500
GVG	Exponentieel	0.30	0.70	500
GLG	Exponentieel	0.50	0.50	500

De GHG en GLG hebben op Terschelling weinig variatie in de ruimte, en wordt de GHG zeer dicht onder het maaiveld voorspeld. Ook de polders op de andere eilanden laat dit beeld, in mindere mate, zien. Ook op Texel is de variatie van de GHG en GLG in de ruimte in de polders zeer klein. Op de Hooge Berg op Texel komt het patroon van de GHG geheel overeen met de patronen zoals de Bodemkaart van Nederland 1:50 000 deze weergeeft. Op Ameland en Schiermonnikoog komen gebieden voor waar de GHG (ruim) boven het maaiveld wordt voorspeld. Dit zijn meestal diepe duinvalleien. In de kweldergebieden van Schiermonnikoog en in enkele duinvalleien op Ameland komen 'omgekeerde' grondwatertrappen voor. De voorspelfout voor de GHG en GLG varieert sterk van ca. 25 cm tot ruim 100 cm. De gebieden waar een 'omgekeerde' grondwatertrap voorkomt hebben de grootste voorspelfout.

5 Arealen uitspoelingsgevoelige gronden

5.1 Arealen op perceelsniveau

Volgens de methode zoals beschreven in § 2.7 is voor de landbouwpercelen op zand- en lössgronden een classificatie naar uitspoelingsgevoeligheid uitgevoerd. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende scenario's waarin is gevarieerd met de GHG grens, de areaalfractie per perceel en het kanscriterium. Er zijn 5 GHG niveaus gehanteerd van 40, 50, 60, 70 en 80 cm onder maaiveld, twee areaalfracties van 1/2 en 2/3, en vijf kanscriteria van 0.50, 0.80, 0.90, 0.95 en 0.98. De bandbreedte voor GHG, 40-80 cm, stamt uit de Evaluatie Meststoffenwet 2002, waar is geconstateerd dat de grens tussen wel en niet-uitspoelingsgevoelig ergens tussen 40 en 80 cm ligt (Milieu- en natuurplanbureau, 2002). De doorgerekende GHG niveaus zijn in dit traject gekozen. Bij eerdere aanwijzing van uitspoelingsgevoelige gronden (De Vries, 2003) is, om de kans op onterechte aanwijzing zo klein mogelijk te maken, gekozen voor een areaalfractie van 2/3 uitspoelingsgevoelige gronden per perceel. Bij de huidige aanwijzing wordt gebruik gemaakt van een kanscriterium in een met 5 stappen oplopende reeks om de zekerheid van een terechte aanwijzing te vergroten. Hierdoor kon voor voldoende zekerheid op een terechte aanwijzing worden volstaan met een areaalfractie uitspoelingsgevoelige gronden per perceel van 1/2, aangevuld met het kanscriterium. De kanscriteria van 0.5 tot 0.98 zijn een keuze van de begeleidingscommissie, die tevens heeft vastgesteld dat de oorspronkelijke reden om een oppervlaktefractie van 2/3 te hanteren vervalft door de mogelijkheid een scherper kanscriterium te hanteren. Ter vergelijking met de eerdere (BZL-2002) aanwijzing is echter ook de areaalfractie van 2/3 doorgerekend. Niet alle mogelijke combinaties van de bovengenoemde criteria zijn hiervoor doorgerekend. LNV heeft ervoor gekozen om alleen de scenario's door te laten rekenen die in tabel 25 zijn weergegeven (en dus niet alle 50). De arealen uitspoelingsgevoelige gronden op perceelsniveau in het zand- en lössgebied van Nederland bepaald volgens verschillende scenario's staan in tabel 25. De arealen uitspoelingsgevoelige gronden op perceelsniveau opgedeeld naar de regio's zoals beschreven in hoofdstuk 4 zijn opgenomen als bijlage (zie Cd-rom\oppervlaktetabellen\)

Tabel 25. Arealen (kba) uitspoelingsgevoelige gronden per scenario op perceelsniveau.

GHG	Fractie 1/2					Fractie 2/3				
	P=0.50	0.80	0.90	0.95	0.98	P=0.50	0.80	0.90	0.95	0.98
40				335					225	
50				250					165	
60	445	280	220	180	145	315	190	150	120	100
70				135					90	
80				100		165			70	

5.2 Arealen op pixelniveau

De aanwijzing op perceelsniveau is de aangewezen techniek om percelen als al dan niet uitspoelingsgevoelig aan te wijzen. Echter, in het gewijzigd beleid (zie § 1.3) is ervoor gekozen om niet langer op perceelsniveau uitspoelingsgevoelige gronden aan te wijzen, maar in de normstelling op regionaal niveau te verdisconteren in welke mate uitspoelingsgevoelige gronden aanwezig zijn. Deze keuze kon pas worden gemaakt nadat de Europese Commissie ruimte had geboden om op dit globalere niveau te opereren. Voordeel voor het beleid is met name dat de onzekerheden die onvermijdelijk gepaard gaan met het bepalen van de grondwaterstand c.q. de uitspoelingsgevoeligheid, niet langer consequenties hebben voor de normstelling van individuele bedrijven.

Voor een zuivere schatting van het totale areaal uitspoelingsgevoelige grond is directe berekening van het verwachte areaal uitspoelingsgevoelige grond, waarbij per pixel de kans op uitspoelingsgevoelig wordt vermenigvuldigd met het pixeloppervlak en de uitkomsten hiervan voor alle pixels bij elkaar worden opgeteld, een veel betere aanpak. Hiervoor zijn op basis van de 300 gegenereerde kaarten van de grondwaterstand (simulaties), gemiddelde arealen uitspoelingsgevoelige gronden berekend voor vijf GHG niveaus. De 300 simulaties zijn ook aangewend om de nauwkeurigheid van de aldus verkregen schatting van het areaal uitspoelingsgevoelige gronden te kwantificeren door de standaardfout van het gemiddelde areaal te berekenen. In tabel 26 zijn de arealen per regio weergegeven.

Vergelijking van het areaal uitspoelingsgevoelige gronden op perceelsniveau (de laatste kolom in tabel 26) met de arealen op pixelniveau laat soms behoorlijke verschillen zien, die ook per regio kunnen wisselen. Als de arealfractie in veel percelen afwijkt van 1/2 zal eerder een verschil optreden tussen de arealen uitspoelingsgevoelig zoals bepaald op perceelsniveau t.o.v. pixelniveau. Een perceel kan immers alleen in zijn geheel als wel of niet uitspoelingsgevoelig worden geclassificeerd terwijl bij areaalbepaling op pixelniveau rekening wordt gehouden met een bepaalde fractie binnen een perceel die al dan niet droog is. Als binnen een regio veel percelen een arealfractie droog kleiner dan 1/2 kennen worden deze percelen niet aangewezen, terwijl bij de aanwijzing op pixelniveau wel een percentage van de pixels wordt aangewezen, waardoor bij aanwijzing op perceelsniveau een onderschatting van het areaal optreedt. Dit zal vooral in natte gebieden het geval zijn. In droge gebieden waar de arealfractie droog per perceel vaak boven 1/2 ligt zal het areaal droge gronden op perceelsniveau hoger zijn dan op pixelniveau. Wat onder droog of nat wordt verstaan is direct gerelateerd aan de gehanteerde GHG grens, in het voorbeeld zoals in tabel 26 weergegeven is een GHG van 60 cm gehanteerd. Bij de keuze van een toekomstige regio indeling is het daarom aan te raden de regiogrenzen te laten aansluiten bij de pixelkaarten waarin de droge gronden zijn weergegeven.

Naar aanleiding van de beleidsbrief van 19 mei 2004 aan de Tweede Kamer met de volgende passage: *“Onder een stelsel van gebruiksnormen leidt de hoge gewasproductie op lössgronden automatisch tot een relatief laag overschot en in combinatie met een wat hoger denitrificerend vermogen dan van uitspoelingsgevoelige zandgronden naar verwachting tot een aanvaardbaar nitraatgehalte. Daarom worden de lössgronden vanaf 2006 niet langer als uitspoelingsgevoelig aangemerkt.”*, is uiteindelijk ook voor alleen de zandgronden het areaal uitspoelingsgevoelige gronden vastgesteld. De berekende arealen van de aanwijzing op pixelniveau per regio staan in tabel 26 arealen zijn weergegeven met inbegrip van Zuid-Limburg (waar het overgrote deel uit lössgronden bestaat) en met uitsluiting van Zuid-Limburg.

Bij de huidige keuze voor een GHG dieper dan 70 cm en GLG dieper dan 120 cm bedraagt het areaal uitspoelingsgevoelige zandgronden 335000 ha, 36% van het totaal areaal landbouwgronden op zand. Voor de zand- en lossgronden is dit 359000 ha, 37% van het totaal areaal landbouwgronden. De ligging van deze gronden is per kaartblad weergegeven en deze kaarten zijn aan het ministerie van LNV geleverd.

Een keuze voor een GHG niveau van respectievelijk 40 of 80 cm levert voor de zandgronden in Nederland een droog areaal tussen 592000 en 260000 ha op, respectievelijk 63% en 28% van het totale areaal zandgronden. Per regio bestaan grote verschillen in het areaal droge gronden, bij een GHG \geq 70 cm, tussen 17% voor regio Fries-Drentse wouden en 62% voor regio Maasterrassen. Zowel de regioindeling als de keuze voor het kritische GHG niveau spelen een grote rol bij de uiteindelijke arealen droge gronden. Bij de toekomstige keuze van een nieuwe gebiedsindeling wordt daarom aangevolen de gebiedsgrenzen zoveel mogelijk te laten aansluiten bij de grenzen tussen nat en droog op pixelniveau, zodat gebieden worden onderscheiden die voornamelijk natte gronden of droge gronden bevatten.

Tabel 26. Arealen uitspoelingsgevoelige gronden (ha), totaal areaal (ha), areaal percentage (%) en standaardfout (SE) van het areaal percentage (10^{-2} %) per regio en per GHG op pixelniveau. Ter vergelijking areaal uitspoelingsgevoelige gronden op perceelsniveau voor scenario $Fr=1/2$, $P=0.5$ en $GHG=60$.

REGIO	GHG [cm]	Opp. Droog [ha]	Opp. Totaal [ha]	Opp. Droog [%]	SE Opp. Droog [10^{-2} %]	Opp. Droog perceel [ha]
1-west	40	48380	104830	46	16	
Fries-Drentse wouden	50	37447	104830	36	21	
	60	26605	104830	25	27	15226
	70	17420	104830	17	33	
	80	10614	104830	10	41	
1-oost	40	68078	95980	71	8	
Noordoost	50	61186	95980	64	10	
	60	52423	95980	55	12	57157
	70	42692	95980	44	15	
	80	33039	95980	34	19	
xvv	40	47245	66664	71	9	
Ws Velt en Vecht	50	41881	66664	63	11	
	60	35546	66664	53	13	52321
	70	29062	66664	44	15	
	80	23212	66664	35	18	
2-west	40	22881	45836	50	15	
Salland	50	19441	45836	42	15	
	60	15592	45836	34	17	13169
	70	11961	45836	26	19	
	80	8951	45836	20	21	
2-RD	40	43112	70867	61	10	
Ws Regge en Dinkel	50	36375	70867	51	12	
	60	29473	70867	42	14	27516
	70	23178	70867	33	16	
	80	17940	70867	25	17	
xrw	40	53051	76381	69	7	
Ws Reest en Wieden	50	46182	76381	60	10	
	60	37129	76381	49	13	38977
	70	28435	76381	37	15	
	80	21270	76381	28	17	
xry	40	72810	93180	78	7	
Ws Rijn en IJssel	50	64641	93180	69	9	
	60	55048	93180	59	11	57292
	70	45387	93180	49	13	
	80	36703	93180	39	14	
3	40	32877	78849	42	11	
Veluwe en Utrecht	50	28251	78849	36	12	
	60	24153	78849	31	12	22553
	70	20895	78849	26	12	
	80	18348	78849	23	13	
6	40	13028	38350	34	37	
Kust	50	10928	38350	28	38	
	60	8542	38350	22	39	3906
	70	6337	38350	17	41	
	80	4505	38350	12	45	

Tabel 26 vervolg. Arealen uitspoelingsgevoelige gronden (ha), totaal areaal (ha), areaal percentage (%) en standaardfout (SE) van het areaal percentage (10^{-2} %) per regio en per GHG op pixelniveau. Ter vergelijking areaal uitspoelingsgevoelige gronden op perceelsniveau voor scenario $Fr=1/2$, $P=0.5$ en $GHG=60$.

REGIO	GHG [ha]	Opp. Droog [ha]	Opp. Totaal [ha]	Opp. Droog SE [%]	Opp. Droog [10^{-2} %]	Opp. Droog perceel [ha]
R4CS	40	22901	36600	63	17	
Centrale slenk	50	19660	36600	54	23	
	60	15817	36600	43	32	16444
	70	11912	36600	33	41	
	80	8610	36600	24	50	
	R4DD	40	69872	108174	65	6
Dommel en Dongestroom	50	59079	108174	55	8	
	60	47193	108174	44	10	46592
	70	36189	108174	33	11	
	80	27172	108174	25	13	
R4MT Maasterrassen	40	20171	26486	76	12	
	50	19065	26486	72	13	
	60	17763	26486	67	14	18897
	70	16330	26486	62	14	
	80	14897	26486	56	14	
R4PH Peelhorst	40	47129	59612	79	9	
	50	43785	59612	73	12	
	60	38633	59612	65	16	42398
	70	32098	59612	54	21	
	80	25577	59612	43	25	
R4W Brabant-West	40	30343	41044	74	15	
	50	24911	41044	61	24	
	60	18743	41044	46	32	19595
	70	13160	41044	32	40	
	80	8898	41044	22	47	
5 Zuid-Limburg	40	24313	29631	82	2	
	50	24219	29631	82	2	
	60	24104	29631	81	2	27885
	70	23968	29631	81	3	
	80	23812	29631	80	3	
Totalen (incl. Z.-Limburg)	40	616191	972483	63	3	
	50	537051	972483	55	3	
	60	446764	972483	46	4	459928
	70	359024	972483	37	5	
	80	283548	972483	29	5	
Totalen (excl. Z.-Limburg)	40	591878	942852	63	3	
	50	512832	942852	54	4	
	60	422660	942852	45	4	432043
	70	335056	942852	36	5	
	80	259736	942852	28	6	

Literatuur

- Bakker, H. de en J. Schelling. 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Pudoc, Wageningen.
- Bierkens, M., M. Knotters en F. van Geer. 1999. Tijdreeksanalyse nu ook toepasbaar bij onregelmatige meetfrequenties. *Stromingen* 5(2):43–54.
- Bles, B.J., A. van Nijf. 1989. De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Ulvenhout - Galder. STIBOKA. Rapport 1981.
- Braat, L., A. van Amstel, A. Gerritsen, C. van Gool, N. Gremmen, C. Groen, H. Rolf, J. Runhaar en J. Wiertz. 1989. Verdroging van natuur en landschap in Nederland. Beschrijving en analyse. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage.
- Bracht, M. van 1988. *OLGA: On Line Grondwater Archief*. Rapport PN88-11,DGV-TNO.
- Brouwer, F. 1994. Bodemgesteldheid van de ruilverkaveling Hupsel – Zwolle. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 328.
- Brouwer, F., 2003. Bodemgeografisch onderzoek in het strategisch groengebied Utrecht-West. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 567.
- Bruin de, H. 1987. Van Penman naar Makkink. In Hooghart, J., redactie, Neerslag en Verdamping, CHO-TNO Mededeling 39. CHO-TNO, Den Haag.
- Cohen, A. 1991. Truncated and censored samples: theory and applications. Dekker Inc., New York.
- Davis, J. 2002. Statistics and data analysis in geology. Wiley, New York, third edition.
- Dekkers, J.M.J. 1997. De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Graspeel : resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 157
- Dekkers, J.M.J. 1997. Bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Beltrum – Eibergen. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 462.
- Doodewaard van E. en E. Kiestra. 1990. Bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Enter. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 813.

Dodewaard van E., E. Kiestra. 1990. Bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Rijssen. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 88.

Finke, P.A., D.J. Groot Obbink, H. Rosing en F. de Vries. 1996. Actualisatie Gt-kaarten 1 :50 000 Drents deel kaartbladen 16 Oost (Steenwijk) en 17 West (Emmen). Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 439.

Finke, P.A., T. Hoogland, M.F.P. Bierkens, D.J. Brus en F. de Vries. 1999a. Pilot naar grondwaterkaarten in het Weerijdsgebied. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Intern rapport.

Finke, P.A., D.J. Brus, T. Hoogland, J. Oude Voshaar, F. de Vries en D. Walvoort 1999b. Actuele grondwaterinformatie schaal 1 : 10 000 in de waterschappen Wold en Wieden en Meppelderiep. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 633.

Finke, P.A., W.P.C. Zeeman, G. Schouten, J. Runhaar, P. van der Molen, W. van der Meer, J.J. de Gruijter, M.F.P. Bierkens en P.J.T. van Bakel. 2001. Beter werken met 'Waterlood'; Een proeftoepassing in het herinrichtingsgebied 'De Leijen'. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 267.

Finke, P.A., J.J. de Gruijter en R. Visschers. 2002a. Status 2001 Landelijke Steekproef Kaartenheden en toepassingen; Gestructureerde bemonstering en karakterisering Nederlandse bodems. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 389.

Finke, P., M. Bierkens, D. Brus, J. van der Gaast, T. Hoogland, M. Knotters en F. de Vries. 2002b. Klimaatsrepresentatieve grondwaterdynamiek in Waterschap Mark en Weerijds. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 387.

Finke, P.A., D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, T. Hoogland, M. Knotters en F. de Vries. 2004. Mapping groundwater dynamics using multiple sources of exhaustive high resolution data. Geoderma 123, p 23 - 39.

Groot Obbink, D., A. van Nijf. E. Kiestra. 1989. Bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Saasveld – Gammelke. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 20/113

Groot Obbink. D., G. Maas., G. Rutten. 1987. Bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Duiven – Westervoort . Wageningen. STIBOKA. Rapport 1913.

Gruijter de, J.J., J.B.F. van der Horst, G.B.M. Heuvelink, M. Knotters en T. Hoogland 2004. Grondwater opnieuw op de kaart. Methodiek voor de actualisering van grondwaterstands-informatie en perceelclassificatie naar uitspoelingsgevoeligheid

voor nitraat. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 915.

Hack-ten Broeke, M.J.D., S.L.G.E. Burgers, A. Smit, H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving, M. Knotters, S. Radersma en G.L. Velthof. 2004. Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat; Gegevens en regressieanalyse op basis van drie meetseizoenen (2000-2001, 2001-2002 en 2002-2003) Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 1053.

Hendriks, R.F.A., 1992. Afbraak en mineralisatie van veen. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 199.

Hoogland, T., P.A. Finke en F. de Vries. 2003. Actualisatie grondwatertrappenkaart waterschap Rijn en IJssel. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 126.

Hoogland, T., M.R. Hoogerwerf en A.J. van Kekem. 2004. Actualisatie grondwatertrappenkaart Waterschap de Dommel. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 1008.

Kekem, A.J. van (eindredactie), 2004. Veengronden en stikstofleverend vermogen. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 965.

Kekem, A.J. van. 2004. Scenario's uitspoelingsgevoelige zandgronden. Voorlopige resultaten van 5 representatieve gebieden. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport (zonder nummer).

Kekem, A. van. 2003. Het ABC van het Landinrichtingsgebied Schouwen-West; Een integraal bodemkundig-hydrologisch en cultuurhistorisch onderzoek. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 317.

Kiestra, E., 2003. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek voor de waardebeoordeling van de gronden in het herinrichtingsgebied Schoonebeek. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 686.

Kleijer, H., 2000. De bodemgesteldheid van de gebieden Berkeldal, Graafschap, Wildenborch, Warnsveld-Vierakker en Hummelo-Keppel. Resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 090.

Kleijer, H. en J.A.M. ten Cate. 1997. De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Winterswijk-oost. Resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 603.

- Kleijer, H. 1995. Bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Losser Noord. Resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 400.
- Knotters, M. 2001. Regionalised time series models for water table depths. PhD thesis, Wageningen Universiteit.
- Knotters, M. en M. Bierkens 1999. Hoe lang moet je de grondwaterstand meten om iets over de dynamiek te weten? *Stromingen* **5**(4):5–12.
- Knotters, M. en P. van Walsum (1994). Uitschakeling van weersinvloeden bij de karakterisering van het grondwaterstandsverloop. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 350.
- Mallows, C.L. 1966. Choosing a Subset Regression. Joint Statistical Meetings, Los Angeles, CA 1966.
- Milieu- en natuurplanbureau. 2002. Minas en milieu: balans en verkenning. Bilthoven. RIVM-rapport 718201005
- Oude Voshaar, J. en J. Stolp, 1997. Schatting van GHG en GLG van tijdelijke peilbuizen met korte meetreeksen. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Technisch Document 30.
- Pebesma E. en C. Wesseling 1998. Gstat, a program for geostatistical modelling, prediction and simulation. *Computers and Geosciences* **24**(1): 17-31; <http://www.gstat.org>
- Riele, W. te en D. Brus 1992. Het gebruik van fysisch-geografische voorinformatie bij de ruimtelijke voorspelling van grondwaterstanden en grondwaterkarakteristieken (GHG en GLG). Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 209.
- Riele, W. te, E. Querner, M. Knotters en A. Pomper 1995. Geostatistische interpolatie van grondwaterstandsdiepten met behulp van fysisch-geografische informatie en de resultaten van een regionaal stromingsmodel. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 414.
- Rutten, G., H., Kleijer, J.A.M. ten Cate. 1994. Bodemgesteldheid herinrichtingsgebied Enschede Noord. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 329.
- Rutten, G..1991. Bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Enschede Zuid. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 148.
- Scholten, A. 1994. Bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Halle – Wolfersveen. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 331.

Sluijs, P. van der 1982. De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. *H₂O* **15**: 42-46.

Sluijs, P. van der 1990. Hoofdstuk 11: Grondwatertrappen. In: Locher, W.P. en H. de Bakker (red.) Bodemkunde van Nederland deel 1: Algemene bodemkunde. Malmberg Den Bosch.

Steur, G.G.L. en W. Heijink, 1991. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Algemene begrippen en indelingen. Wageningen. DLO-Staring Centrum.

Stoffelsen, G. 1999. De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Agger : resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen. DLO-Staring Centrum.

Stoffelsen, G. en H.R.J. Vroon. 1998. Bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Losser Noord. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 551.

Stoffelsen, G. 1999. Bodemgesteldheid van het waterwingebied Markelo – Goor. Wageningen. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 628.

Vries, F. de, 2003. Aanpassing in de aanwijzing van zand- en lossgronden en uitspoelingsgevoelige gronden naar aanleiding van de beoordeling vermeende onjuistheden. Wageningen. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Vertrouwelijk Rapport 010-12222.

Werff van der, M.M. en F. Brouwer. 1997. Bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Diepenheim. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 463.

Wesseling, J.G. 1991. CAPSEV: steady state moisture flow theory; program description and user manual. Wageningen. Winand Staring Centre. Report 37.

Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst 1988. Generalisatie en bodemkundige vertaling van de bodemkaart 1 : 250 000, ten behoeve van de PAWN-studie. Rapport 2055, Stiboka. Wageningen.

