



ALTERRA

WAGENINGEN UR

De bodem van Drenthe in beeld

F. de Vries
F. Brouwer



Alterra-rapport 1381, ISSN 1566-7197



De bodem van Drenthe in beeld

In opdracht van de provincie Drenthe.

De bodem van Drenthe in beeld

F. de Vries & F. Brouwer

Alterra-Rapport 1381

Alterra, Wageningen, 2006

REFERAAT

F. de Vries en F. Brouwer, 2006. *De bodem van Drenthe in beeld*. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 1381. 76 blz.; 24 fig.; 16 tab.; 43 ref.

Inhakend op het nationale en Europese bodembeleid wil de provincie Drenthe meer aandacht en sturing geven aan een duurzaam bodembeheer. Om op een duurzaam bodemgebruik in te kunnen zetten is het van belang een overzicht te hebben van de actuele bodemkenmerken en de mate waarin de bodem bestand is tegen veranderingen en verontreinigingen. Uit dit onderzoek blijkt dat op de bodemkaart de informatie over de veengronden en moerige gronden verouderd is, doordat in de afgelopen decennia door oxidatie veel veen is verdwenen. Ook in de toekomst zal de deformatie van de veengronden en moerige gronden doorgaan. Binnen de provincie komen aanzienlijke gebieden voor met een risico voor verstuiving en een kwetsbaarheid voor uitspoeling van nutriënten.

Trefwoorden: bodemkaart, bodemgegevens, actualiteit, veengronden, nitraatuitspoeling, organische stof, stuifgevoeligheid, watererosie

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2006 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 Probleemstelling	13
1.2 Achtergrond	13
1.3 Projectdoelstelling	14
1.4 Rapportage	14
2 Resultaten.....	15
2.1 Algemeen	15
2.2 Bodemkaart	15
2.2.1 Beschikbare gegevens	15
2.2.2 Actualiteit van de bodemgegevens	18
2.3 Grondwatertrappen	24
2.3.1 Gt-kaart	24
2.3.2 Gd-gegevens	25
2.4 Organische-stofkaart	26
2.5 Veendiktekaart	31
2.6 Veenbegindieptekaart	33
2.7 Winderosie	34
2.7.1 Problematiek	34
2.7.2 Factoren	35
2.7.3 Kwetsbaarheidskaart	38
2.8 Watererosie	39
2.8.1 Problematiek	39
2.8.2 Factoren	40
2.8.3 Kwetsbaarheidskaart	41
2.9 Nitraatuitspoeling	45
2.9.1 Problematiek	45
2.9.2 Factoren	46
2.9.3 Kwetsbaarheidskaart	49
2.10 Fosfaataccumulatie	50
2.10.1 Problematiek	50

2.10.2	Fosfaatconcentraties	51
3	Conclusies en aanbevelingen.....	57
3.1	Bodemgegevens	57
3.2	Erosieproblematiek	59
3.2.1	Stuifgevoeligheid	59
3.2.2	Watererosie	61
3.3	Nitraat en fosfaatproblematiek	62
3.4	Invloed van klimaatverandering	63
3.5	Eindconclusies en aanbevelingen	64
	Literatuur	65
	Bijlage 1 Lijst met begrippen en afkortingen	69
	Bijlage 2 Overzicht analoge gedetailleerde bodemkaarten binnen de provincie Drenthe	71
	Bijlage 3 Overzicht beschikbare GIS-bestanden.....	73

Woord vooraf

Ter onderbouwing van het bodembeleid maakt de provincie Drenthe veelvuldig gebruik van de informatie op bodemkaarten. In dit onderzoek is door Alterra uit de beschikbare gegevens een nieuwe bodemkaart gecompileerd en daarbij is nagegaan hoe actueel de informatie nog is. Tevens zijn er diverse kwetsbaarheidskaarten samengesteld.

Bij Alterra is het project uitgevoerd door Folkert de Vries en Fokke Brouwer. Vanuit de provincie hadden Alex Scheper, Anton Dries en Enno Bregman een nauwe betrokkenheid bij het project.

Samenvatting

Aanhakend bij het Nationale en Europese beleid wil de provincie Drenthe met haar bodembeleid meer aandacht en sturing geven aan een duurzaam bodembeheer. Een duurzaam bodembeheer richt zich op het behoud en mogelijk een verbetering van de bodemkwaliteit. De bodemkwaliteit kan onder andere verslechteren door versnelde afbraak van organische stof, door wind- en watererosie, door verdichting, door verdroging, verzuring en verontreiniging. Om op een duurzaam grondgebruik in te kunnen zetten is het van belang een overzicht te hebben van de actuele bodemkenmerken binnen de provincie en de mate waarin de kenmerken in de loop van de tijd veranderen. Tevens is bij de invulling van het beleid inzicht nodig in de kwetsbaarheid van de bodem.

Het hoofddoel van dit project is om inzicht te verschaffen in de beschikbaarheid en actualiteit van de bodemgegevens binnen de provincie Drenthe. Concreet is er een opsplitsing te maken in de volgende subdoelen:

1. inventarisatie van de beschikbare bodemkundige gegevens binnen de provincie en hieruit een zo actueel mogelijke bodemkaart compileren;
2. analyse van de actualiteit van deze informatie;
3. het samenstellen van een veendiktekaart;
4. het samenstellen van een organische-stofkaart;
5. analyseren van de kwetsbaarheid van de bodem voor erosie;
6. analyseren van de kwetsbaarheid van de bodem voor nitraatuitspoeling;
7. analyseren van de kwetsbaarheid van de bodem voor fosfaataccumulatie.

Bij het compileren van een zo *actueel mogelijke bodemkaart* is uitgegaan van de beschikbare informatie. Naast de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, zijn er binnen de provincie Drenthe van verschillende gebieden gedetailleerde bodemkaarten beschikbaar. Veel van deze bodemkaarten zijn al in GIS beschikbaar, de kaarten van voor 1980 zijn alleen analoog voorhanden. De analoge kaarten van gebieden bij Grollo, Hooghalen en Dwingeloo zijn in het kader van dit project gedigitaliseerd. Uit de verschillende bestanden is één bodemkaart gecompileerd, waarbij in gebieden met gedetailleerde gegevens de informatie van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, is vervangen door de gedetailleerdere informatie. Het totale areaal met gedetailleerde gegevens bedraagt 40 000 ha. De opname datum voor de gegevens verschilt van kaartblad tot kaartblad en van gebied tot gebied, deze varieert van 1965 – 2005. Na de opname zijn er vooral bij de veengronden en moerige gronden veranderingen opgetreden ten gevolge van oxidatie van organische stof, waardoor er veen verdwijnt. De afname van de veendikte kan oplopen tot meer dan 1 cm per jaar. Deze veranderingen zijn niet opnieuw in kaart gebracht. Binnen de provincie bedraagt de oppervlakte veengronden en moerige gronden ca. 110 000 ha. Bij ca. 86 800 ha is de informatie over de veengronden en moerige gronden op de bodemkaart verouderd, of zijn we onzeker over de juistheid van de gegevens. Met de bestaande informatie is het dus niet gelukt om voor de gehele provincie Drenthe een actuele bodemkaart samen te stellen.

Organische stof in de bouwvoor heeft een positieve invloed op de bodemeigenschappen, zoals bodemvruchtbaarheid, structuurstabiliteit, het vochthoudend vermogen, de bewortelbaarheid, de kationenuitwisselingscapaciteit en de erosiegevoeligheid. Het is een belangrijke voedingsbron voor bodemorganismen. Organische stof in de bodem is een belangrijke factor voor een goede bodemkwaliteit. De *organische-stofkaart* geeft in klassen het percentage organische stof in de bouwvoor weer. Bij het vervaardigen van de kaart is uit geschatte gegevens op puntlocaties, geanalyseerde gegevens van het NMI en uit gegevens gerelateerd aan de bodemkaart een puntenbestand met organische-stofgehalten samengesteld. Met interpolatietechnieken is er vervolgens een gebiedsdekkende kaart vervaardigd.

De *veendiktekaart* geeft in klassen de dikte van veenlagen weer. Bij het vervaardigen van de veendiktekaart is uit de gegevens van boorlocaties en gegevens gerelateerd aan de bodemkaart een puntenbestand met veendiktes samengesteld. Vervolgens is net als bij de organische-stofkaart met interpolatietechnieken een gebiedsdekkende veendiktekaart vervaardigd. Als aanvulling op deze kaart is eveneens een veenbegin-dieptekaart samengesteld. Bij het samenstellen van de veendiktekaart is rekening gehouden met de deformatie van de veenlagen, maar doordat plaatselijk de gebruikte gegevens gedateerd zijn, is de onzekerheid over de nauwkeurigheid het grootst voor die delen van de kaart.

Bij *winderosie* worden bodemdeeltjes door de wind verplaatst. Verstuiven treedt vooral op in een droog voor- en najaar wanneer de grond (gedeeltelijk) kaal is. Verstuiven leidt tot afname van het organische-stofgehalte, de vochthoudendheid, de chemische bodemvruchtbaarheid en de biologische activiteit in de bodem. Verder kunnen ziekten en onkruiden zich verplaatsen en kan er schade optreden bij jonge (kiem-)plantjes. Belangrijke factoren voor het vaststellen van de stuifgevoeligheid zijn de korrelgrootte van het zand, het vochtgehalte van de bovengrond (Gt), het lutumgehalte, leemgehalte en organische-stofgehalte en de begroeiing. Voor de interpretatie zijn beslisregels opgesteld die rekening houden met bovengenoemde factoren. Uit de interpretatie blijkt dat nagenoeg alle gronden in het veenkoloniale gebied gevoelig zijn voor verstuiven en dat elders in Drenthe ook een aanzienlijk deel gevoelig is voor winderosie. Winderosie is met relatief eenvoudige teeltmaatregelen te bestrijden.

Bodemerosie door water treedt op bij hevige regenval in hellende gebieden, doordat het water oppervlakkig afstroomt. Hierbij worden delen van de vruchtbare toplaag, inclusief meststoffen en bestrijdingsmiddelen verplaatst naar lagere terreindelen. Door watererosie neemt lokaal de bodemvruchtbaarheid af, terwijl elders nutriëntrijk sediment wordt afgezet, of het oppervlaktewater instroomt, waardoor dit wordt verontreinigd. In extreme situaties ontstaan er erosiegeulen en modderstromen. Belangrijke factoren voor het optreden van bodemerosie zijn: de terreinhelling, de infiltratiecapaciteit van de bodem, het vochtgehalte in de bovengrond en de bodemweerstand. Voor de interpretatie zijn beslisregels opgesteld die rekening houden met bovengenoemde factoren. Gevaar voor watererosie komt vooral voor bij terreindelen op de Hondsrug en de Havelterberg.

Door een overschot van mobiele stikstof in het milieu kan er stikstof uitspoelen naar het grondwater. Bij hoge grondwaterstanden treedt denitrificatie op, waarbij nitraat wordt omgezet in onschadelijk stikstofgas. Bij diepe grondwaterstanden is de nitraat-afbraak beperkt. De uitspoelingsgevoeligheid is daarom vooral afhankelijk van het grondwaterregime. Uit de gemeten nitraatgehalten in het freatisch water blijkt dat bij de zandgronden met Gt VI en droger bij meer dan 80% van de locaties de drinkwaternorm van 50 mg NO₃/l wordt overschreden. Voor de kwetsbaarheidskaart met de uitspoelingsgevoelige gronden zijn de zandgronden nader onderverdeeld naar Gt. Uit de kaart blijkt dat ca 66% van de gronden in Drenthe kwetsbaar is voor nitraat-uitspoeling. Dit geldt vooral voor de zandgronden buiten de beekdalen.

Binnen de landbouw is meer fosfaat via bemesting beschikbaar dan door het gewas kan worden opgenomen (Schoumans, 2004). Met name door de ruime bemesting in de jaren zeventig en tachtig is sprake van een aanzienlijke fosfaataccumulatie in de bodem en een toename van de fosfaatemissies vanuit landbouwgronden naar het grond- en oppervlaktewater, met als gevolg een directe bijdrage aan de eutrofiëring van het oppervlaktewater. De mate waarin landbouwgronden bijdragen aan de fosfaatbelasting van het milieu hangt sterk af van de fosfaatophoping in de bodem, de capaciteit van de bodem om fosfaat te binden en de hydrologische situatie. Uit gegevens van het bodemkwaliteitsmeetnet van de provincie Drenthe blijkt dat met name bij de zandgronden de kritische grens van de hoeveelheid gebonden fosfaat is bereikt of overschreden, waardoor de kans op fosfaatlekken naar het grondwater toenemen. Uit gegevens van het stroomgebied van de Drentse Aa blijkt dat bij veengronden grote hoeveelheden fosfaat in organische verbindingen is vastgelegd, terwijl de hoeveelheid vrij beschikbaar fosfaat relatief klein is. Zolang de veengronden niet mineraliseren zal het fosfaat niet beschikbaar komen. Het is dus van belang dat de veengronden nat zijn, om de P-beschikbaarheid laag te houden.

Uit de analyse van de beschikbare bodeminformatie blijkt dat binnen het zoekgebied van de EHS bij een kwart van de oppervlakte onzekerheid bestaat over de juistheid van de bodemgegevens, omdat hier veengronden en moerige gronden voorkomen waarvan de informatie is verouderd. Het gebruik van deze verouderde informatie voor het ontwikkelen van nieuwe natuur kan leiden tot suboptimale inrichtingsmaatregelen en beheer dat niet is afgestemd op de potenties van het te realiseren natuurgebied. Van het belangrijke landbouwgebied De Veenkoloniën is de bodeminformatie eveneens grotendeels verouderd. Uit de gegevens blijkt verder dat het grondwaterregime mede bepalend is voor de 'conservering' van veen, de gevoeligheid voor wind en watererosie, de nitraatuitspoeling en de beschikbaarheid van fosfaat bij veengronden.

Om voor het provinciale beleid met de juiste basisinformatie te kunnen werken, wordt geadviseerd de bodemkaart van de gebieden met verouderde informatie te actualiseren en om te streven naar actuele informatie over het grondwaterstandsverloop door een goed ingericht Provinciaal grondwaterkwantiteitsmeetnet en een actuele grondwatertrappenkaart. Voor specifieke projectgebieden binnen de EHS wordt extra onderzoek aanbevolen naar de nutriëntentoestand in de bodem en het grondwater.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Aanhakend op het nationale en Europese bodembeleid wil de provincie Drenthe met haar bodembeleid meer sturing geven aan een duurzaam bodembeheer. Een duurzaam bodembeheer richt zich op het behoud en mogelijk een verbetering van de bodemkwaliteit. De bodemkwaliteit kan o.a. verminderen door versnelde afbraak van organische stof, door wind- en watererosie, door verdichting, door verdroging, verzuring en verontreiniging. Om op een duurzaam grondgebruik in te kunnen zetten is het van belang een overzicht te hebben van de actuele bodemkenmerken binnen de provincie en de mate waarin de kenmerken in de loop van de tijd veranderen. Tevens is bij de invulling van het beleid inzicht nodig in de kwetsbaarheid van de bodem. De beschikbare gegevens over de bodemopbouw binnen de provincie zijn vooral verzameld in de periode 1970 – 1988. Een compleet overzicht met de meest actuele gegevens ontbreekt echter.

1.2 Achtergrond

De provincie sluit met haar beleid aan op het beleid dat nationaal en internationaal wordt gepropageerd. Na het uitbrengen van het derde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP3) is er meer aandacht gekomen voor het duurzaam beheren van de bodem. In de beleidsbrief Bodem (TK, 24 december 2003) en de beleidsbrief Ruimtelijke Ordening & Ondergrond (TK, september 2004) is aangegeven dat het bodembeleid wordt verbreed en dat het Kabinet de mogelijkheden zal verkennen om duurzaam grondgebruik te bevorderen. Dit heeft recentelijk geresulteerd in de start van het project BIELLS (Bodem Informatie: Essentieel voor Landelijke en Locale Sturing). Het project richt zich op de match tussen de behoefte en beschikbaarheid aan GEO-informatie en het kanaliseren van beschikbare GEO-informatie voor de ruimtelijke planvorming. Op Europees niveau wordt in de Europese Bodemstrategie en de Kaderrichtlijn Water (KRW) de aandacht gevestigd op het duurzaam beheer van de bodem en het grond- en oppervlaktewater. In 1997 werd het Verdrag van Kyoto afgesloten, 55 landen maakten afspraken over de vermindering van broeikasgassen, o.a. koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). Afbraak van organische stof, zoals in de afgelopen decennia in de Veenkoloniën is opgetreden, gaat gepaard met de emissie van bovengenoemde broeikasgassen. Een duurzaam bodemgebruik richt zich daarom ook op de conservering van veen en organische stof.

Tot nu toe richtte het bodembeleid bij de provincies zich vooral op het onderkennen en saneren van bodemverontreiniging. Daarnaast wordt er bij de invulling van ruimtelijke plannen, zoals Streekplannen, Omgevingsplannen, Gebiedsvisies, Waterhuishoudingsplannen en Milieubeleidsplannen nu al rekening gehouden met bodemkenmerken en -eigenschappen.

Onder invloed van het nationale bodembeleid, waarbij de aandacht verschuift naar duurzaam bodembeheer, zal de betekenis van bodeminformatie voor het provinciale beleid op het gebied van ruimtelijke planvorming, milieu, natuur en landbouw toenemen. Hierbij is het belangrijk dat de beschikbare bodemgegevens geschikt zijn voor de onderbouwing en uitvoering van het beleid.

1.3 Projectdoelstelling

Het hoofddoel van dit project is om inzicht te verschaffen in de beschikbaarheid en actualiteit van de bodemgegevens binnen de provincie Drenthe. Concreet is er een opsplitsing te maken in de volgende subdoelen:

1. inventarisatie van de beschikbare bodemkundige gegevens binnen de provincie en hieruit een zo actueel mogelijke bodemkaart compileren;
2. analyse van de actualiteit van deze informatie;
3. het samenstellen van een actuele veendiktekaart;
4. het samenstellen van een actuele organische-stofkaart;
5. analyseren van de kwetsbaarheid van de bodem voor nitraatuitspoeling;
6. analyseren van de kwetsbaarheid van de bodem voor fosfaataccumulatie;
7. analyseren van de kwetsbaarheid van de bodem voor erosie.

Het project past binnen het streven van de provincie om uiteindelijk te komen tot een doelmatig en actueel bestand met bodemgegevens. Mogelijke vervolgfases van dit project zijn:

1. het opstellen van een bodemdataverzamelingsplan en
2. het verzamelen van aanvullende, actuele bodemgegevens.

1.4 Rapportage

De activiteiten binnen dit project bestaan uit het inventariseren en analyseren van de beschikbare bodemkundige informatie en het afleiden van thematische kaarten. In hoofdstuk 2 wordt per thema de werkwijze en het resultaat beschreven. In hoofdstuk 3 staan conclusies en aanbevelingen. Bijlage 1 bevat een lijst met afkortingen en begrippen.

2 Resultaten

2.1 Algemeen

Belangrijke resultaten van dit project zijn de gecompileerde bodemkaart van Drenthe en een aantal afgeleide kaarten. In dit hoofdstuk wordt per kaart de werkwijze en het resultaat besproken. Bijlage 3 geeft een overzicht van de GIS-bestanden die zijn aangemaakt. Bij elk GIS-bestand is een file met meta-informatie beschikbaar. De file in het gebruikelijke xml-formaat maakt onderdeel uit van het GIS-bestand.

2.2 Bodemkaart

2.2.1 Beschikbare gegevens

Eén van de doelstellingen van dit project is om uit de beschikbare gegevens een zo actueel mogelijke bodemkaart te compileren. Een bodemkaart geeft informatie over de opbouw en gelaagdheid van de bodem tot 1 à 2 m-mv. Er wordt o.a. onderscheid gemaakt tussen veen-, zand-, klei- en leemgronden. Binnen deze hoofdgroepen worden de gronden verder onderverdeeld naar bodemvorming, veensoort, lutum- of leemgehalte, zandgrofheid van het zand, kalkgehalte, dikte van de humushoudende bovengrond en afwijkende lagen in de ondergrond. Ook geven de kaarten door middel van grondwatertrappen (Gt) informatie over de hoogte en de fluctuatie van het grondwater.

Om bij toepassingen van de bodemkaart ook langs de provinciegrens over voldoende informatie te kunnen beschikken is het gebied van de provincie vergroot met een randstrook van 500 meter. Voor de randstrook in Duitsland beschikken we niet over bodemkundige gegevens.

Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000

Voor geheel Drenthe is de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, beschikbaar. De informatie op deze kaarten is verzameld in de periode voor 1988. In de periode 2001 – 2003 is bij ca. 43 900 ha veengronden (dit is 80% van het totale areaal (54 500 ha) veengronden binnen de provincie) nagegaan of dit nog veengronden waren. Bij deze ‘veenkartering’ is van de gebieden met gedeformeerde veengronden niet een nieuwe bodemkaart gemaakt.

Gedetailleerde kaarten

Binnen de provincie Drenthe zijn veel lokale bodemkarteringen uitgevoerd. Van de recente detailkarteringen zijn GIS-bestanden beschikbaar. Het gaat hierbij om karteringen van landinrichtingsgebieden rond de volgende plaatsen:

- Roden-Norg (1983);
- Peize (2005);
- Zuidwolde (1997);

- Odoorn (2003);
- Schoonebeek (2003).

Van een aantal bosreservaten en van enkele landbouwbedrijven zijn gedetailleerde bodemkaartjes, schaal 1 : 5 000, in digitale vorm beschikbaar.

Van deelgebieden met een totale oppervlakte van ca 66 000 ha zijn analoge detailkaarten aanwezig. Deze kaarten dateren van voor 1985. In Bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de kaarten en het jaar van opname. De oudste kaart is van 1949. In die tijd werden de gronden volgens een afwijkende legenda ingedeeld. De huidige legenda-indeling voor bodemeenheden dateert van ca. 1968. De kaarten van voor 1970 zijn daarom niet bruikbaar voor hergebruik vanwege de afwijkende legenda's. Verder hangt de bruikbaarheid van de kaarten af van het areaal veen- en moerige gronden. Deze gronden zijn aan verandering onderhevig en kunnen deformeren naar een ander bodemtype. Kaarten van gebieden met een afwisseling van veen- en moerig gronden met minerale gronden zijn daarom ook niet bruikbaar voor het 'updaten' van de bodemkaart 1 : 50 000. Kort samengevat kunnen we voor de analoge kaarten de volgende selectiecriteria hanteren:

- De kaart is van na 1970;
- Binnen het gebied beslaat het areaal veen- en moerige gronden minder dan 20% van de oppervlakte.

Volgens deze criteria zijn de kaarten van 10 verschillende gebieden met een gezamenlijk areaal van 13 200 ha bruikbaar voor het 'updaten' en detailleren van de bodemkaart. In overleg met de provincie is uiteindelijk gekozen voor het gebruik van 3 karteringen, nl.:

- Hooghalen, schaal 1 : 10 000 uit 1971;
- Grollo, schaal 1 : 10 000 uit 1971 en
- Dwingeloo, schaal 1 : 10 000 uit 1976.

De hoofdreden voor de keuze is dat er binnen deze gebieden naast natuur ook landbouwgrond voorkomt. De gekozen gebieden liggen tevens binnen het EHS-zoekgebied. De analoge kaarten zijn gedigitaliseerd. De legenda's van de gedetailleerde kaarten zijn uitgebreider, maar hebben wel steeds dezelfde structuur als die van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000. Om de bestanden van de detailkaarten in te kunnen voegen in het bestand van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, zijn de legenda's van de detailkaarten omgezet naar die van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000. Vervolgens is er uit de bestanden één bodemkaart gecompileerd. Voor de gebieden met gedetailleerde kaarten is de informatie van de bodemkaart 1 : 50 000 vervangen door de gedetailleerde informatie. Hierbij is gelet op de inhoudelijke bodemkundige informatie. Voor fragmenten die op de gedetailleerde kaart als algemene onderscheiding staan aangegeven (bijvoorbeeld camping, park, sportveld, geen toestemming) is de informatie van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, aangehouden.

De gecompileerde bodemkaart beslaat een gebied van 279 000 ha (inclusief een randstrook van 500 m buiten de provinciegrens. Figuur 1 geeft een overzicht van de

gehanteerde bronnen. Bij 40 000 ha is de informatie afkomstig uit gedetailleerde kaarten. Figuur 2 geeft een sterk verkleind beeld van de bodemkaart.

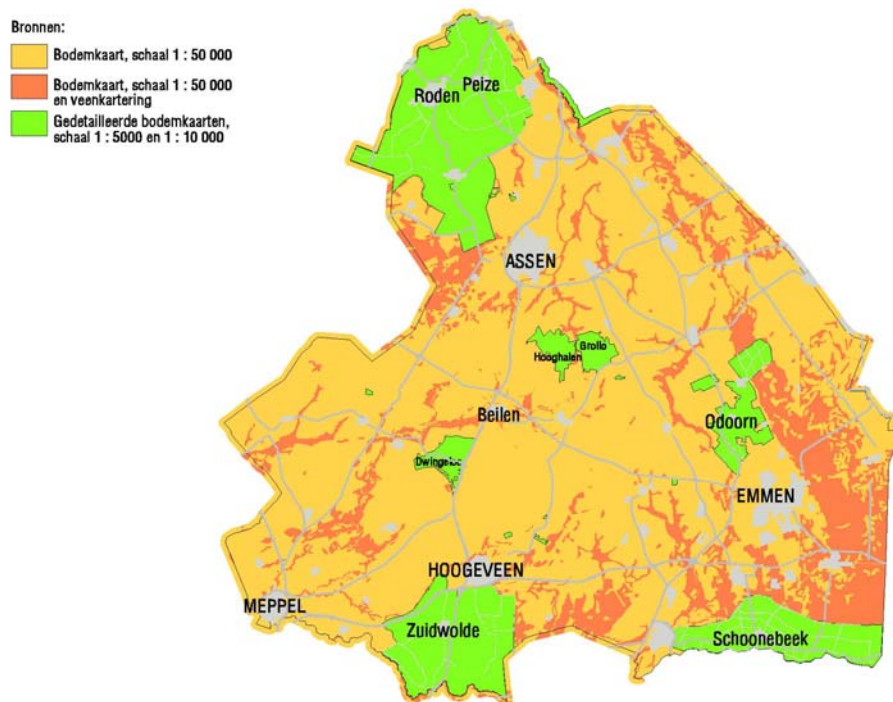


fig1_bronnen

Figuur 1. Herkomst van de gegevens in de gecompileerde bodemkaart van Drenthe.

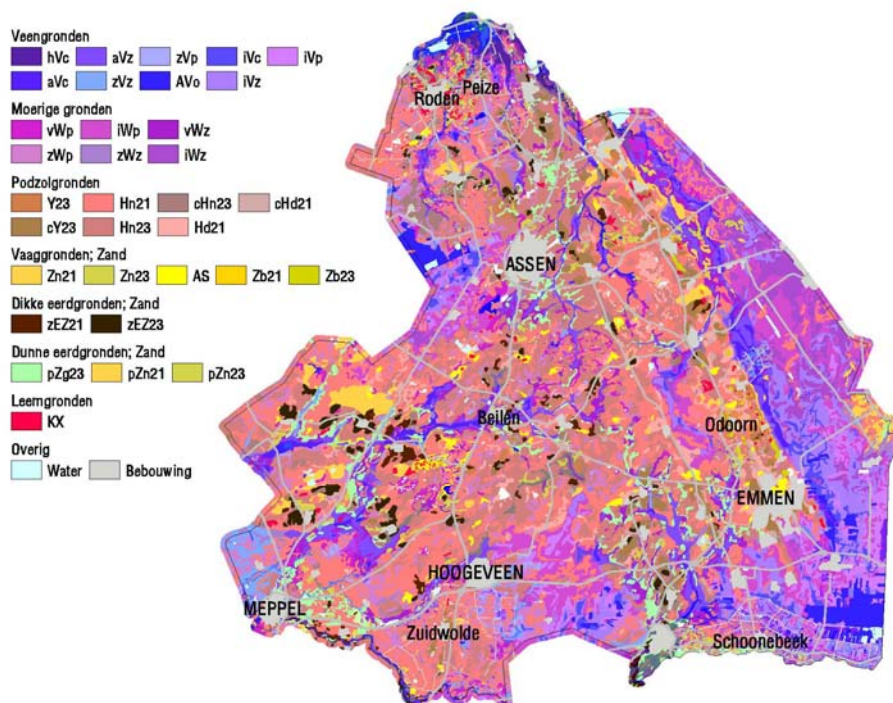


fig2_bodemk

Figuur 2. Sterk verkleinde bodemkaart van Drenthe.

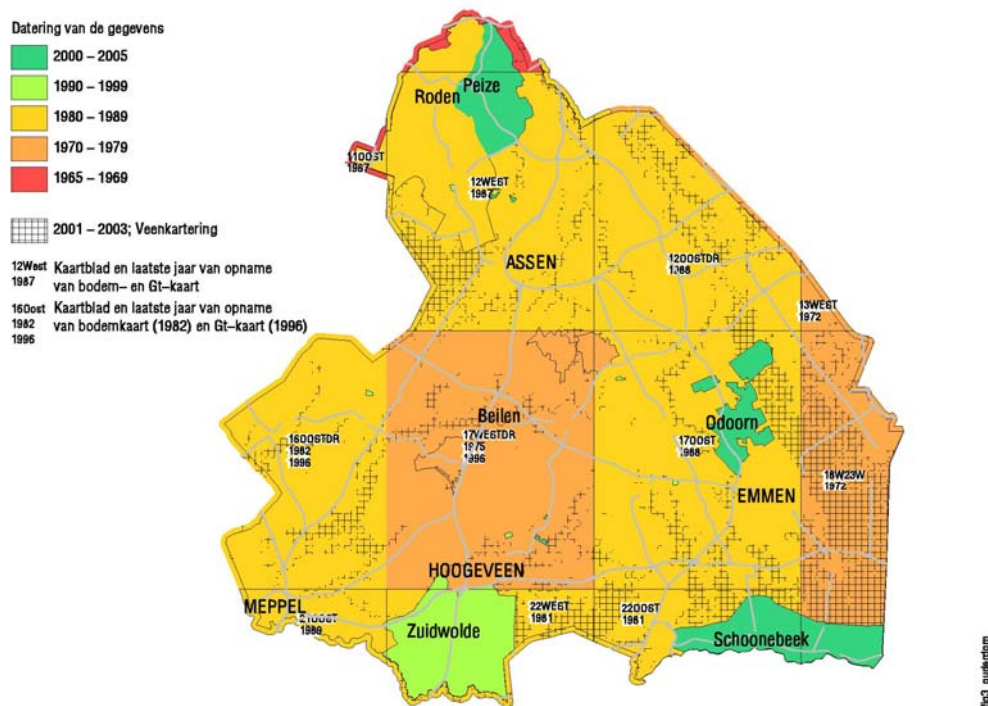
GIS-bestanden:

Er zijn GIS-bestanden van de bodemkaart, inclusief informatie over de grondwatertrappen. De gehanteerde bronnen zijn in een apart bestand met meta-informatie opgenomen. Verder is er een GIS-bestand met een overzicht van detailkaarten die alleen in analoge vorm beschikbaar zijn. Het gaat hierbij om bodemkaarten die voor 1985 zijn vervaardigd. Deze kaarten zijn eventueel in GIS te raadplegen door ze te scannen en daarna te voorzien van georeferentie (zgn. Geotiffs).

2.2.2 Actualiteit van de bodemgegevens

Ouderdom van de gegevens

De kartering van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, is in Drenthe gestart in de jaren zeventig. In 1987 was de kaart voor geheel Drenthe compleet (zie Figuur 3). In 1987 - 1988 zijn op de bladen 12 Oost en 17 Oost zowel de grondwatertrappen als de bodempatronen geactualiseerd (Makken, H. & F. de Vries, 1989). In 1995 - 1996 is van de bladen 16 Oost en 17 West de grondwatertrappenkaart geactualiseerd en is een veendiktekaart gemaakt van de gebieden met veengronden en moerige gronden (Finke *et al.*, 1996).



Figuur 3. Ouderdom van de informatie op de bodemkaart.

Veengronden en moerige gronden

Gronden met moerige lagen (dit zijn lagen met meer dan 15 à 23 % organische stof) ondiep in het profiel worden op de bodemkaart ingedeeld bij de moerige gronden en

bij de veengronden. Moerige gronden zijn gronden met een moerige bovengrond van 20 à 40 cm dikte of een moerige tussenlaag die binnen 40 cm-mv. begint en 5 à 40 cm dik is. Bij veengronden is de moerige laag dikker, het bodemprofiel bestaat binnen 80 cm-mv. voor meer dan de helft uit moerig materiaal. Organisch materiaal is onderhevig aan afbraak door oxidatie. Dit is een biochemisch proces onder invloed van microflora en –fauna bij een gunstige lucht- en vochthuishouding.

Een conclusie tijdens de actualisatie van de kaartbladen 12 Oost en 17 Oost in 1988 was: *‘Uit de kartering blijkt dat op veel plaatsen de dikte van veenlagen is afgenomen. Een deel van de moerige gronden is hierdoor veranderd in zandgronden en de veengronden zijn voor een deel veranderd in moerige gronden’* (Makken en De Vries, 1989). De constructie van de veendiktekaart van de kaartbladen 16 Oost en 17 West had als uitkomst dat 80% van de veengronden was veranderd in moerige gronden en 60% van de moerige gronden in minerale gronden (Finke, Groot Obbink, Rosing en De Vries, 1996). Uit de veenkartering die in de periode 2001 – 2003 in Oost-Nederland bij 100 000 ha is uitgevoerd bleek dat 47% van de oppervlakte veengronden is gedeformeerd naar een ander bodemtype (Van Kekem, Hoogland en Van der Horst, 2005). Pleijter (2004) heeft een vergelijking gemaakt van de veranderingen in het landinrichtingsgebied Schoonebeek. Van dit gebied zijn drie bodemkaarten beschikbaar:

- Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, met opname in 1972 – 1980 (Stiboka, 1980);
- Bodemkaart, schaal 1 : 50 000, met opname in 1991 (Makken, 1991) en
- Bodemkaart, schaal 1 : 10 000, met opname in 2002 (Kiestra, 2003).

De resultaten van deze kaartvergelijking zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1. Areal veengronden en moerige gronden in de jaren 1980, 1992 en 2003 in het gebied Schoonebeek (naar Pleijter, 2004).

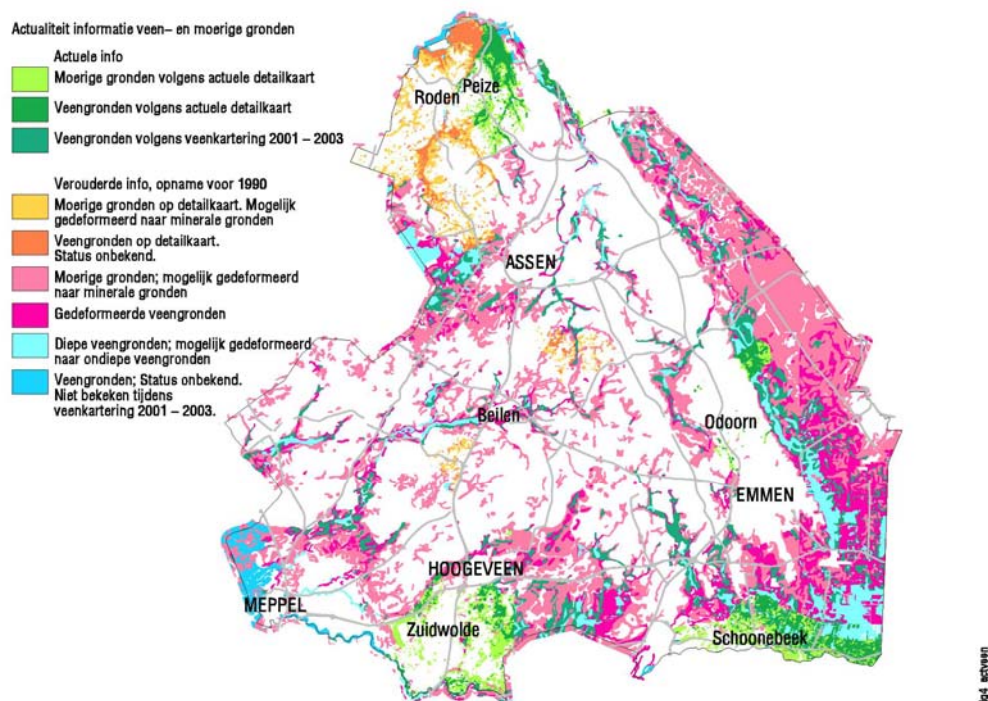
Grondsoort	Oppervlakte (ha) 1980	Oppervlakte (ha) 1992	Afname 1980-1992	Oppervlakte (ha) 2003	Afname 1992-2003	Afname 1980-2003
Veengronden	3341	2061	38%	1779	14%	47%
Moerige gronden	1290	766	41%	353	54%	72%

De afname van het areaal veengronden over de periode 1980 – 2003 komt overeen met de afname die is vastgesteld bij de veenkartering. Door het verdwijnen van veen veranderen veengronden in moerige gronden en moerige gronden in minerale gronden. Uit hoogtemetingen in de veenweidegebieden in Nederland blijkt dat er bij veengronden bij een drooglegging van 60 cm, een gemiddelde maaiveldddaling optreedt van ca. 1 cm per jaar (pers. med. J.J.H. van den Akker, Alterra) door oxidatie van veen en organische stof. Bij een diepere ontwatering neemt de maaiveldddaling toe.

Uit boven omschreven onderzoek kunnen we concluderen dat bodemkaarten van gebieden met veengronden en moerige gronden een beperkte houdbaarheid hebben. Bij kaarten van 15 à 20 jaar oud dienen we sterk te twifelen aan de juistheid van de

informatie. Bij de analyse van de actualiteit van de informatie op de gecompileerde bodemkaart voor Drenthe betrekken we de gegevens van de veenkartering en de ouderdom van de gegevens. Uit de veenkartering blijkt welke kaartvlakken niet meer tot de veengronden gerekend dienen te worden. Binnen de provincie Drenthe is 43 900 ha in het kader van de veenkartering geïnventariseerd. Hiervan voldeed 19 650 ha niet meer aan de definitie van veengrond. De informatie over deze gebieden is dus verouderd. Voor de gebieden met veengronden buiten de veenkartering gaan we er vanuit dat de gegevens die voor 1990 zijn verzameld onzeker zijn over de actuele situatie. Bij de moerige gronden gaan we er eveneens vanuit dat de gegevens van voor 1990 verouderd zijn. Tabel 2 en Figuur 4 geven een overzicht van de actualiteit. Het areaal veen- en moerige gronden bedraagt binnen de provincie Drenthe ca. 111 000 ha, dit is ca. 42% van de totale oppervlakte van de provincie.

Bij de veengronden die volgens de veenkartering nog niet gedeformeerd zijn, kunnen wel veranderingen zijn opgetreden. Veengronden worden ingedeeld naar dikte van de veenlaag. Bij ondiepe veengronden begint de minerale ondergrond binnen 1,20 m-mv. (op de bodemkaartcode ..Vp, ..Vz en ..Vk). Bij diepe veengronden begint de minerale ondergrond dieper dan 1,20 m-mv. (code ..Vc, ..Vs, enz.). Diepe veengronden kunnen gedeformeerd zijn naar ondiepe veengronden. Deformatie van veengronden en moerige gronden heeft maaivelddaling als gevolg. In gebieden met een golvende zandondergrond zal het maaiveldreliëf toenemen, tengevolge van ongelijke maaivelddaling.



Figuur 4. Actualiteit van de informatie op de bodemkaart over de veengronden en de moerige gronden.

Tabel 2. Oppervlaktetabel met de actualiteit van de informatie over veengronden en moerige gronden (oppervlakte in ha en %).

Omschrijving	Areaal met actuele informatie				Areaal met verouderde informatie				Totaal	
	Moerige gronden		Veengronden		Moerige gronden		Veengronden		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Detailkaart voor 1990					2 440	2,2	2 270	2,0	4 710	4,3
Detailkaart na 1990	4 790	4,3	5 530	5,0					10 320	9,3
Bodemkaart 1 : 50 000 buiten veenkartering					49 370	44,5	2 650	2,4	52 020	46,9
Bodemkaart 1 : 50 000 gedeformeerde veengronden binnen veenkartering							19 650	17,7	19 650	17,7
Bodemkaart 1 : 50 000 resterende veengronden binnen veenkartering			13 840	12,5			10 380	9,4	24 220	21,9
Totaal	4 790	4,3	19 370	15,5	51 810	46,1	34 950	31,5	110 920	100
Totaal	Actuele info: 24 160 ha (21,8%)				Verouderde info: 86 780 ha (78,3%)				110 920	100

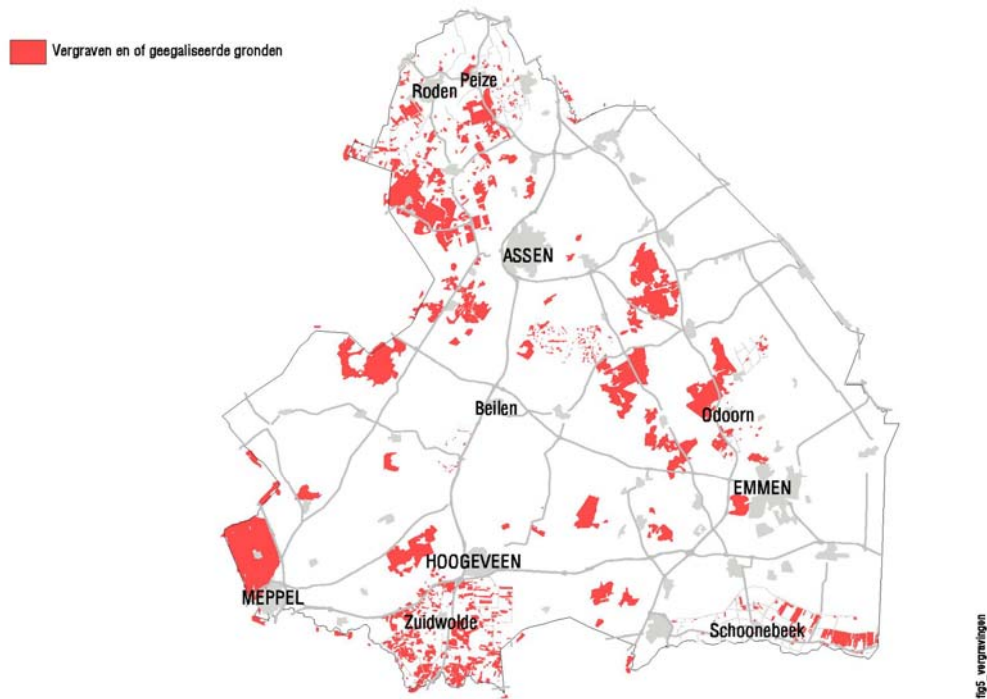
Overige aspecten

Bij de minerale gronden zoals zandgronden en kleigronden spelen veranderingen ten gevolge van natuurlijke processen als oxidatie veel minder. De veranderingen bij deze gronden worden veroorzaakt door ingrepen:

- Bouwland wordt steeds dieper geploegd, waardoor de bouwvoor dikker wordt. De legenda van de bodemkaart heeft een indeling in gronden met een bouwvoor dunner en dikker dan 30 cm. Dit verschil is o.a. van belang bij de podzolgronden (Hn.. (<30 cm) en cHn.. (>30 cm)). Dieper ploegen is een trend, de inschatting is dat in de afgelopen 10 jaar bij de meeste bouwlandpercelen de dikte van de bouwvoor is toegenomen.
- Eenmalige diepe grondbewerking (tot 80 à 150 cm diepte), met als doel storende of stagnerende lagen weg te werken en om de bewortelbaarheid te verbeteren (profielverbetering). De bewerking wordt vaak gecombineerd met egalisatie. Onder de min of meer homogene bouwvoor resteert een heterogene verwerkte ondergrond. Diep verwerkte gronden worden op de bodemkaart met een extra signatuur aangegeven (F voor vergraven, E voor vergraven en geëgaliseerd). De vermenging van verschillende horizonten kan ook leiden tot een andere classificatie van het bodemtype. Het diep verwerken van een moerige grond (vWz, een dunne venige laag op zand) kan resulteren in een profielopbouw waarbij de veenlaag door de menging niet meer als zodanig is te herkennen, het wordt dan een minerale grond (pZg of pZn). Diepe grondbewerkingen worden per perceel uitgevoerd, binnen een gebied resulteert dit in een lappendeken van wel en niet verwerkte percelen. Apart liggende, verwerkte percelen worden op de Bodemkaart 1 : 50 000 veelal niet apart onderscheiden, omdat de oppervlakte te gering is. Wanneer in een gebied de verwerkte percelen overheersen, wordt dit wel op de bodemkaart aangegeven. Op detailkaarten is het wel mogelijk om verwerkingen per perceel aan te geven.

- Herverkaveling, vaak gepaard gaand met perceelsvergroting, grondverbetering en egalisatie. Dit heeft ook gevolgen voor de profielopbouw en dus het bodemtype. Binnen de gebieden met gedetailleerde bodemkaarten in Drenthe is ca. 17% van de oppervlakte geëgaliseerd en of vergraven (Figuur 5).

Bovengenoemde ingrepen hebben effect op de bodemopbouw. In het schema in Tabel 3 wordt per hoofdeenheid van de bodemkaart het effect van de ingrepen aangegeven.



Figuur 5. Overzicht van de vergraven en geëgaliseerde gronden.

Tabel 3. Effecten van verschillende soorten grondbewerking op het bodemprofiel.

Hoofdeenheid bodemkaart	Oppervlakte		Effecten onder invloed van		
	ha	%	Dieper ploegen	Diepe grondbewerking	Egalisatie
Veengronden	54 500	21	extra oxidatie veen	heterogeen profiel	heterogeen profiel
Moerige gronden	55 300	21	extra oxidatie veen	idem, deformatie naar minerale bodem	idem, verschuiving naar minerale bodem
Leemgronden	1 370	0,5	dikkere bouwvoor	nihil	nihil
<i>Kleigronden</i>					
Homogeen profiel	50	0,1	nihil	nihil	nihil
Kleilagen op zand	65	0,1	nihil	heterogeen profiel	heterogeen profiel
<i>Zandgronden met bovengrond < 15 cm</i>					
Vaaggronden	6 800	3	verschraling	verschraling	Verschraling
<i>Zandgronden met bovengrond 15 –30 cm</i>					
Podzolgronden	108 400	41	dikkere bouwvoor	heterogeen profiel	heterogeen profiel
Eerdgronden	16 400	6	dikkere bouwvoor	heterogeen profiel	heterogeen profiel
<i>Zandgronden met bovengrond > 30 cm</i>					
Podzolgronden	14 300	5	nihil	heterogeen profiel	heterogeen profiel
Eerdgronden			nihil	heterogeen profiel	heterogeen profiel
Dikke eerdgronden	5 000	2	nihil	heterogeen profiel	heterogeen profiel
Totaal	262 185				

Uit een vergelijking van de recente detailkaart van Odoorn en Zuid-Wolde met de oudere bodemkaart, schaal 1 : 50 000, valt op te maken dat dieper ploegen bij de minerale gronden nog niet heeft geleid tot een belangrijke toename van bovengronden dikker dan 30 cm. Het dieper ploegen heeft dus vooralsnog geen effect op de classificatie van de gronden.

Bodemeenheden worden in de vorm van kaartvlakken op kaarten weergegeven. De lijnen rond de kaartvlakken suggereren een scherpe overgang. In werkelijkheid verlopen de meeste overgangen tussen bodemeenheden geleidelijk. Een dergelijk overgang kan in breedte variëren van enkele meters tot meer dan 50 meter bij bijvoorbeeld de overgang van veengronden met een kleidek naar kleigronden op veen. De grens tussen land en water is in werkelijkheid meestal wel haarscherp. Een vergelijking van de eenheid water op de bodemkaart met de ligging van water op de topografische kaart toont aan dat er afwijkingen in de begrenzing voorkomen. Op de topografische kaart zijn de grenzen nauwkeuriger. Recent ontstane waterpartijen komen op de bodemkaart niet voor.

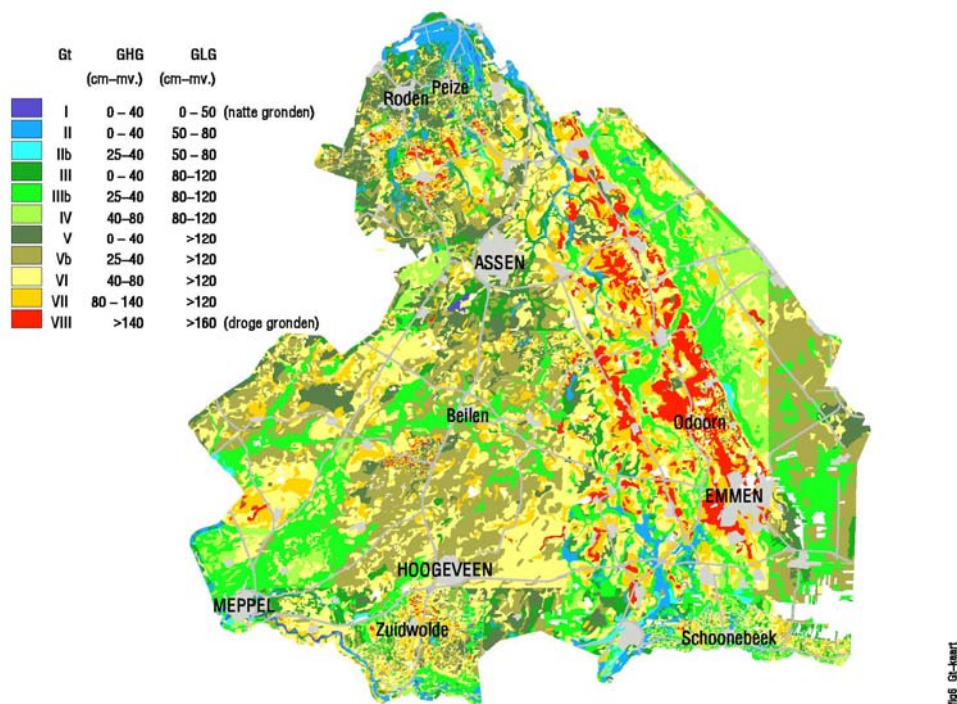
Eindconclusie actualiteit bodemkaart

- Volgens de gecompileerde bodemkaart komt er in Drenthe ca. 111 000 ha veen- en moerige gronden voor. Bij 86 780 ha (78%) is de informatie verouderd of zijn we onzeker over de juistheid van de informatie.
- De trend om landbouwgronden dieper te ploegen, hebben bij de minerale gronden niet geleid tot andere bodemtypes.
- In de bodemkaart komen onnauwkeurigheden voor bij de begrenzing van algemene onderscheidingen, zoals water en bebouwing.

2.3 Grondwatertrappen

2.3.1 Gt-kaart

Op bodemkaarten worden standaard ook zgn. grondwatertrappen weergegeven. Een grondwatertrap (Gt) geeft informatie over de fluctuatie van het grondwater door middel van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG in cm-mv.) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG in cm-mv.). Het in kaart brengen van grondwatertrappen vindt gelijktijdig plaats met de kartering van de bodemopbouw. Bij elke grondboring die ten behoeve van het bodemkundig onderzoek plaatsvindt, maakt de veldbodemkundige aan de hand van de actuele grondwaterstand, profielkenmerken en veldkenmerken (vegetatie, slootdichtheid, enz.) tevens een schatting van de GHG en GLG. De schattingen worden onderbouwd met gegevens uit meetreeksen in grondwaterstandsbuizen en gerichte grondwaterstandsmetingen in perioden met hoge grondwaterstanden (GHG) en diepe grondwaterstanden (GLG). De begrenzing van de kaartvlakken wordt door de veldbodemkundige tijdens het veldwerk op kaarten ingetekend. Figuur 6 toont de Gt-kaart. De Gt-informatie komt uit dezelfde bronnen als de informatie over de bodem. De informatie heeft dus de zelfde ouderdom (Figuur 3). Bij de kaartbladen 12 Oost, 16 Oost en 17 West en Oost is de informatie over de grondwatertrappen al een keer geactualiseerd.



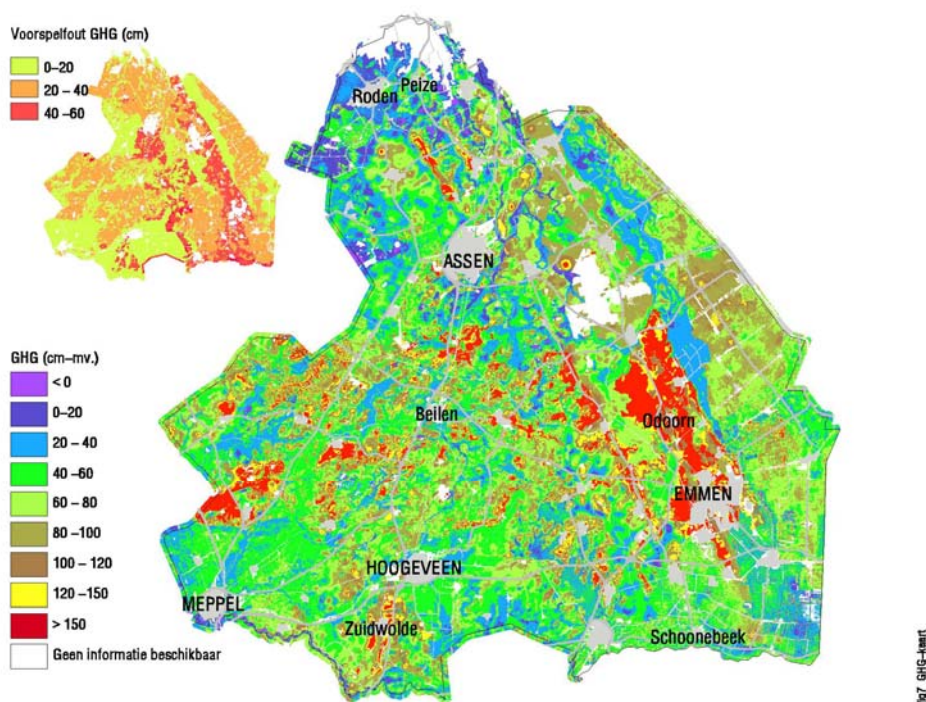
Figuur 6. De Gt-kaart als onderdeel van de bodemkaart.

Informatie van de Gt-kaart kan verouderen, door ingrepen in de ontwatering bijvoorbeeld wordt het grondwaterstandsverloop beïnvloed. Ook grondwateronttrekkingen en grote infrastructurele werken hebben invloed op het grondwaterstandsverloop.

2.3.2 Gd-gegevens

Doordat Gt-gegevens verouderen is er behoefte aan actualisatie. Het op traditionele wijze karteren van grondwatertrappen vereist veel veldwerk en is daardoor kostbaar. Bij Alterra is rond 2000 een efficiënte methodiek ontwikkeld om met behulp van een intensieve meetcampagne, tijdreeksanalyse en geostatistiek het grondwaterstandsverloop gebiedsdekkend in kaart te brengen. Deze methode levert naast de informatie over GHG en GLG ook informatie over de nauwkeurigheid van de voorspelde waarden, door middel van de voorspelfout. Het resultaat van deze methode wordt aangeduid met Gd-gegevens (Grondwaterdynamiek). Een belangrijk verschil met de Gt-kaart is dat de GHG en GLG niet met klassen per kaartvlak worden voorspeld, maar als continu variabele per gridcel van 25 x 25 m, inclusief voorspelfout. Kort samengevat ziet de werkwijze voor het samenstellen van de Gd-kaart er als volgt uit (Van Kekem *et al.*, 2005):

1. Verzamelen basisgegevens. Per homogeen deelgebied worden grondwaterstandsgegevens (GHG en GLG) verzameld op permanente meetlocaties en op tijdelijke locaties van een verdicht meetnet. Middels tijdreeksanalyse en regressieanalyse wordt voor alle locaties een klimaatsrepresentatieve GHG en GLG bepaald. Met klimaatsrepresentatief wordt bedoeld dat de GHG en GLG zijn berekend uit een tijdreeks van 30 jaar. Ook wordt gebiedsdekkend hulpinformatie verzameld over topografie, hoogteligging en waterhuishouding zoals slootafstand.
2. Geostatistische verwerking. De GHG en GLG worden ruimtelijk geïnterpoleerd tussen de meetpunten, gebruik makend van de gebiedsdekkende hulpinformatie.
3. Nabewerking. De GHG- en GLG-vlakken worden gecombineerd en omgezet naar Gt-vlakken.



Figuur 7. De GHG-kaart volgens de Gd-informatie, inclusief informatie over de voorspelfout.

In de periode 2002 – 2003 is in opdracht van het ministerie van LNV de Gd-kaart vervaardigd van de aaneengesloten landbouwgebieden op zandgronden in Oost Nederland. Het grootste deel van de provincie Drenthe lag binnen het projectgebied van dit onderzoek. Daardoor is de Gd-kaart beschikbaar voor meer dan 90% van de oppervlakte van de provincie Drenthe. Er ontbreken gedeelten van het veengebied in het noorden van de provincie en van het aaneengesloten bosgebied bij Drouwen en Gasselte. Figuur 7 toont de GHG-kaart, met in het kleine kaartje de voorspelfout.

2.4 Organische-stofkaart

De aanwezigheid van organische stof in de bouwvoor heeft een positieve invloed op de bodemeigenschappen, zoals bodemvruchtbaarheid, structuurstabiliteit, het vocht-houdend vermogen, de bewortelbaarheid, de kationenuitwisselingscapaciteit en de erosiegevoeligheid. Het is een belangrijke voedingsbron voor bodemorganismen. Organische stof in de bodem is een belangrijke factor voor een goede bodemkwaliteit (Smit, 2005).

In de provincie Drenthe, inclusief de 500 m randstrook, liggen 28 211 boorpunten met een beschrijving van de opbouw van het bodemprofiel. De meeste boringen (27 123) liggen in gebieden waar ook gedetailleerde bodemkaarten beschikbaar zijn. De overige 1088 verspreid liggende locaties zijn bemonsterd in het kader van de kartering van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, en in het kader van onderzoeksprojecten. De boringen zijn opgeslagen in het Bodemkundig Informatie-

Systeem (BIS) van Alterra. Van al deze punten zijn de organische-stofgehalten geselecteerd van de eerste horizont met begindiepte van 0 cm – mv. Door de selectie toe te spitsen op de horizont met begindiepte van 0 cm worden eventueel bovenliggende strooisellagen uitgezonderd. De dikte van de eerste horizont kan variëren van ca. 5 cm (met name in natuurterreinen) tot ca. 50-100 cm (bij esgronden). In de praktijk is de dikte van de eerste horizont van de gronden in agrarisch gebruik overwegend gelijk aan de ploegdiepte (Tabel 4). In gebieden met detail bodemkaarten is de punt dichtheid ca. 1 boring per 1-3 ha. In de overige gebieden is de punt dichtheid ca. 1 boring per 250 ha!

Tabel 4. Verdeling van de dikte van de bovengrond van de 28 211 boorpunten (Bron: Bodemkundig Informatiesysteem van Alterra).

Dikte eerste horizont (cm)	Frequentie (%)
<15	11
15-30	66
30-50	15
>50	8

Om een gebiedsdekkende kaart te krijgen met informatie over het organische-stofgehalte van de bovengrond moeten we een methode vaststellen om puntinformatie te vertalen naar vlakken. Een eenvoudige methode is om per afgegrensd bodemvlak het puntgemiddelde van de organische stof te berekenen. Indien een bodemvlak geen punt bevat kan aan dit vlak het vlakgemiddelde van de organische stof worden toegekend van alle vlakken met dezelfde bodemcode. Het voordeel van deze methode is dat de gebiedsdekkende kaart relatief snel kan worden vervaardigd en dat rekening wordt gehouden met verwantschap tussen de punten. Een sterk nadeel is echter dat juist geen rekening wordt gehouden met aanwezige variatie binnen het kaartvlak. Dit nadeel kan grotendeels worden opgelost door tussen de punten met bekende organische-stofgehalten te gaan interpoleren. Bij eenvoudige ruimtelijke interpolatieprogramma's wordt tussen twee (of meer) punten met bekende organische stof een lineair verband verondersteld (lineair inversed distance). Hiermee krijgt het niet-onderzochte gebied een waarde voor de organische stof die afhankelijk is van de bekende waarde op de nabij gelegen punten en de afstand tot die punten. Een nadeel van deze methode is dat het verband tussen de punten met bekende waarden lineair wordt verondersteld en dat dus geen rekening wordt gehouden met bekende verwantschappen, zoals bodem en Gt.

Bij het vervaardigen van de gebiedsdekkende kaart van het verloop van de organische stof van de bovengrond voor de provincie Drenthe is een methode gebruikt (V.d. Gaast, 2006) die de voordelen van beide beschreven methoden combineert (gebruik maken van verwantschap en daarbinnen rekening houden met variatie). De verwantschap wordt binnen het ruimtelijke interpolatie programma geïntroduceerd doormiddel van co-variabelen. De hulpinformatie die bij dit onderzoek is gebruikt is de bodemkaart, de grondwatertrappenkaart en de hoogtekaart. Het ruimtelijke interpolatieprogramma is een zuiver rekenprogramma waardoor de bodem- en grondwatertrappenkaart eerst ordinaal moeten worden gemaakt. Dit wil zeggen dat

de eenheden op deze twee kaarten moeten bestaan uit getallen in plaats van codes. Hiertoe worden de verschillende codes omgezet in getallen (geordend), waarbij eenheden die meer op elkaar lijken getallen krijgen die dicht bij elkaar liggen dan eenheden die minder op elkaar lijken (Tabel 5 en 6). De getallen geven tevens een rangorde aan. In Tabel 5 zijn de gronden geordend naar oplopend organische-stofgehalte en in Tabel 6 van nat naar droog. Binnen het ruimtelijke interpolatieprogramma is het verder mogelijk om per co-variabele een wegingsfactor mee te geven. De gebruikte wegingsfactoren in ons model (Tabel 7) zijn visueel bepaald aan de hand van een reeks rekensessies, waarbij:

- de boorpunten met bekende meetwaarden passen bij de berekende kaartvlakken (gridcellen);
- de resultaten van de berekeningen volgen de patronen uit de bestanden van de hulpinformatie (met name bodem- en Gt-kaarten).

Omdat de puntdichtheden binnen de gebieden met detailkaarten en de overige gebieden sterk verschillen, zou het kaartbeeld tussen de gebieden onderling nogal gaan afwijken. Binnen de statistiek is voor dit probleem een oplossing bedacht. In de gebieden van de provincie Drenthe waarbinnen een straal van 150 m geen bekend punt voorkomt, zijn matrixpunten toegevoegd met een dichtheid van 1 punt per 4 ha. Deze toegevoegde matrixpunten krijgen een waarde voor organische stof toebedeeld volgens een 'most likelyhood' methode. Het Nutriënten Management Instituut (NMI) verzorgt fysische en chemische bemonsteringen van bovengronden, vooral om boeren bemestingsadviezen te kunnen geven. Via het NMI heeft Alterra gemiddelde organische-stofgehalten van de bovengrond verkregen. Deze waarden zijn gegeven per postcode en verder opgesplitst naar grondgebruik (grasland en bouwland) en grondsoort (dalgronden, veengronden en zandgronden). Om de 'privacy' van de deelnemende boeren te garanderen, geeft het NMI alleen gemiddelde cijfers van deelgebieden met minimaal 20 bemonsteringen. Als een postcode opgesplitst naar grondgebruik en grondsoort te weinig bemonsteringen heeft dan zijn de gemiddelde cijfers per gemeente gegeven. Elk toegevoegd matrixpunt krijgt de waarde van het bijbehorende NMI-deelgebied (postcode+grondgebruik+grondsoort of gemeente+grondgebruik+grondsoort). In totaal hebben we van het NMI de gemiddelde organische-stofgehalten ontvangen van ca. 240 NMI-deelgebieden. Hieraan lagen 13 500 verschillende monsters ten grondslag. Indien het NMI-deelgebied ook voor een gemeente nog te weinig bemonsteringen heeft, krijgen de toegevoegde matrixpunten de waarde voor organische stof die geldt voor de legenda-eenheid van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 waartoe het behoort (Tabel 5). In totaal zijn er 54 900 extra matrixpunten toegevoegd. Van deze toegevoegde punten hebben 19.243 (35%) punten de waarde voor organische stof via de 'opgesplitste' postcode gekregen, 9.642 (18%) punten via de 'opgesplitste' gemeente en 26.025 (47%) punten via de legenda-eenheid van de Bodemkaart van Nederland.

Tabel 5. De eenbeden op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 ordinaal gemaakt naar gemiddeld organische-stofgehalte van de bovengrond.

Org_stofordinaal	Eenheid												
1.5	Zb23												
2.5	Y23												
3.0	AS	EK19	Hd21	Hn21	Hn23	pZn23	tZd21	Y21	Y23	Zb21	Zd21	Zn21	Zn30
3.1	bEZ23												
3.4	bEZ23												
3.5	bEZ21	Hn23	pZn21	Zn21	Zn23								
4.0	ABz	KX	pZg23	Y21									
4.4	cHn21												
4.5	Hn23												
4.6	Hd21	Hd23											
4.8	zEZ21												
5.0	AAP	ABv	AQ	cHd21	cHd23	cHn23	cY21	cY23	Hn21	pZg23	zEZ23	zWz	
5.2	Hn30												
5.4	Hn21												
5.5	Hn23	pZg21	pZg23	pZn21	pZn23								
5.6	cHn23												
5.9	Hn23												
6.0	AFz	EZg23	gMn83C	pZg21	pZg23	Rn62C	zEZ23	Zn21					
6.2	cHn21												
6.5	pZg23	pZn23											
6.8	Hd30												
7.0	AFz	Mn82C											
8.0	Hn21	Hn23	kMn68C	Mn85C	pZg23	zVc	zVp	zVs	zVz				
9.0	iWp	kMn48C	Mo80C	zWp									
10.0	iWp	zWp											
12.0	kWp	kWz	Mv41C	Rv01C									
13.0	iWp												
15.0	iVc	iVp	iVs	iVz	iWz								
17.0	kVk	pVk											
20.0	kVc	kVz	pVz										
22.0	pVc												
25.0	iWp	iWz	vWp	vWz									
30.0	Wg	Wo											
33.0	hVs												
35.0	ABv	aVz	hVc	hVk	hVz								
40.0	aVp	Vz											
45.0	aVc	aVs											
55.0	Vc	Vp											
65.0	AP	AVo	Vo	Vs									

Tabel 6. De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 ordinaal gemaakt naar Gt.

Gtordinaal	Gt						
3	I						
4	wII						
5	II						
6	II*	IIb	wIII				
7	III	IIIa					
8	III*	IIIb					
9	IV	IVu	V	Va	sV	sVa	
10	V*	Vb	sVb				
11	VI	sVI	sVII				
12	sVIII	VII	VII*	VIII			

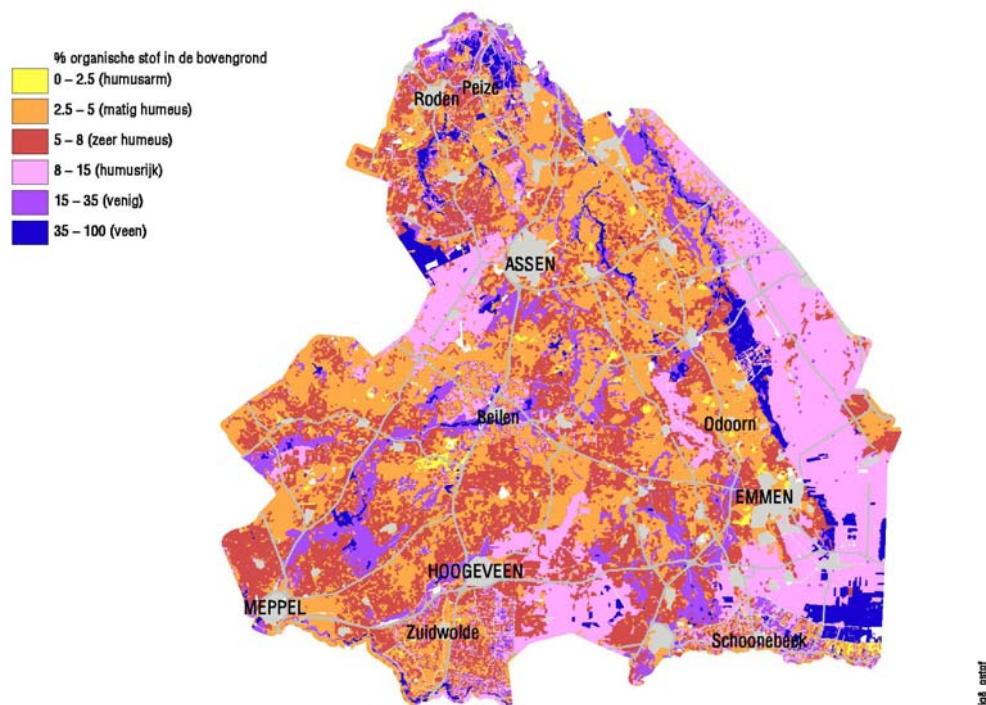
Tabel 7. Modelgegevens van de ruimtelijke interpolatie.

normaliseren data	ja
zoekstraal (in m)	200
weging afstand (d)	$1/d^3$
weging hoogte (x1)	$1/x1^3$
weging bodem-ordinaal (x2)	$1/x2$
weging Gt-ordinaal (x3)	$1/x3$

Bronnen

1. Het boorpuntenbestand uit Bodemkundig Informatiesysteem.
2. NMI-organische-stofgegevens.
3. Het Bodembestand BodDrenthe-0606.
4. AHN (versie maart 2004).

Figuur 8 toont de organische-stofkaart. Deze kaart geeft informatie over het organische-stofgehalte in de bovengrond. De patronen komen sterk overeen met de patronen van de bodemkaart. Op de kaart worden de organische-stofgehalten in klassen weergegeven. In het GIS-bestand heeft elke gridcel van 25 x 25 m een continue waarde. Uit de gegevens van het NMI blijkt dat bij de minerale gronden er ten gevolge van het grondgebruik verschillen in het organische-stofgehalte voorkomen. Zo bedraagt bij de pleistocene zandgronden het mediane organische-stofgehalte bij de akkerbouwpercelen 5,5% en bij de graslandpercelen 6,9%. Verder blijkt uit een publicatie van het NMI dat bij ca. 25 % van de graslandgronden het organische-stofgehalte dalende is en bij ca. 55% stijgende (Hanegraaf *et al.*, 2006).



Figuur 8. Organische stof in de bovengrond.

2.5 Veendiktekaart

Volgens de bodemkaart bedraagt het areaal moerige gronden en veengronden in Drenthe ca. 111 000 ha. Bij deze gronden komen moerige lagen voor. Een moerige laag bevat afhankelijk van het lutumgehalte meer dan 15 à 30% organische stof (materiaal met weinig lutum (of klei) wordt bij een gehalte van 15% organische stof al moerig genoemd en bij een hoog lutumgehalte (bijvoorbeeld 70%) wordt het materiaal pas moerig genoemd bij een organische-stofgehalte van tenminste 30%). Moerige lagen dicht aan het maaiveld gaan onder invloed van toetreding van zuurstof gemakkelijk oxideren. Hierdoor wordt de laag dunner. Lagen die bedekt zijn met een mineraal dek kunnen onder invloed van klink en zetting in dikte afnemen. Om inzicht te krijgen in de veendiktes binnen de provincie Drenthe is de veendiktekaart samengesteld.

De interpolatiemethode die is gevolgd voor het vervaardigen van de kaart met organische stof geldt ook voor de veendikte. De veendikte is bij hetzelfde boorpuntenbestand (par. 2.3) eenvoudig vastgesteld uit het verschil van de begin- en einddiepte van resp. de eerste en laatste moerige horizont. Aan dit puntenbestand zijn nog eens 2967 punten toegevoegd uit de actualisatie van kaartblad 16 Oost en 17 West (Finke 1996). De bodemkaart is volgens onderstaande Tabel 8 ordinaal gemaakt. De gronden zijn hierbij gerangschikt naar veendikte. Er is rekening gehouden met de zgn. veenkartering. Indien de onderzochte veengebieden bij deze kartering gedeformeerd zijn, is aangenomen dat het moerige gronden zijn geworden. De ordinale Gt-kaart en de modelgegevens zijn verder gelijk aan de methode voor het vaststellen van de organische stof.

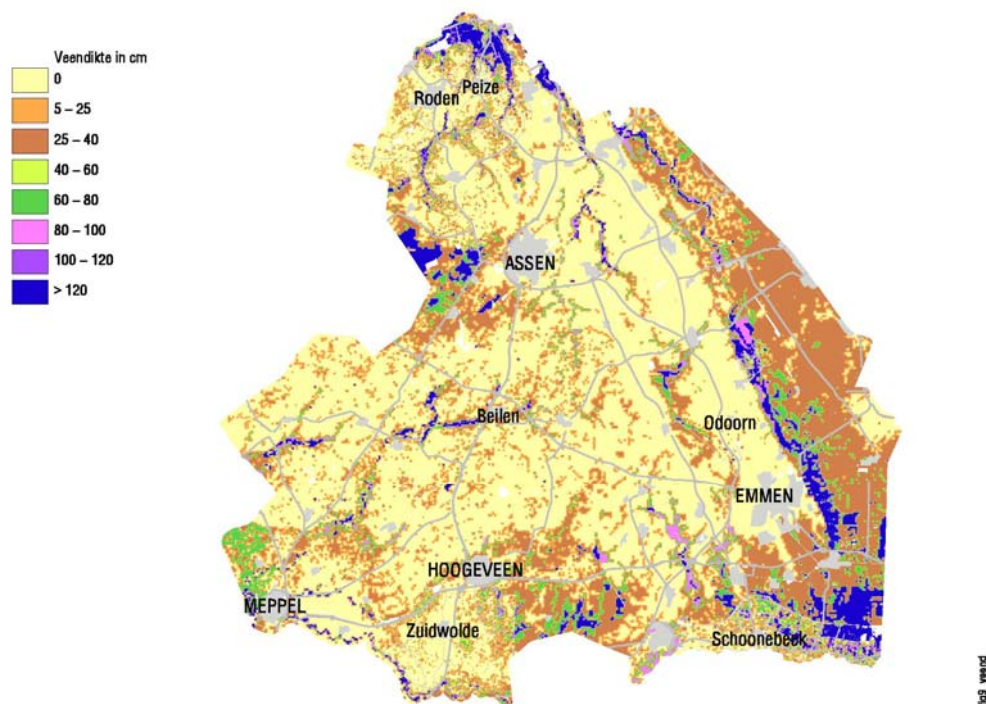
Tabel 8. De eenheden op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 ordinaal gemaakt naar veendikte.

Veendikte _{ordinaal}	Nu nog Veen	Code										
0		Terp	ABz	AFz	AQ	AS	bEZ21	bEZ23	cHd21	cHd23	cHn21	cHn23
0		cY21	cY23	EK19	EZg23	gMn83C	Hd21	Hd23	Hd30	Hn21	Hn23	Hn30
0		kMn48C	kMn68C	KX	Mn82C	Mn85C	Mo80C	pZg21	pZg23	pZn21	pZn23	Rn62C
0		tZd21	Y21	Y23	Zb21	Zb23	Zd21	zEZ21	zEZ23	Zn21	Zn23	Zn30
25	Nee	AP	aVc	AVo	aVp	aVs	aVz	hVc	hVz	iVc	iVp	iVs
25	Nee	iVz	kVc	Vc	Vp	Vs	Vz	zVc	zVp	zVs	zVz	
25		iWp	iWz	kWp	kWz	vWp	vWz	Wg	Wo	zWp	zWz	
30		cHn21/w	cHn23/w	Hn21/w	Hn23/w	pZn23/w	Zn21/w					
40		EK19/v	Hn21/v	pZg23/v	pZn23/v	Zn21/v						
60		Hn21/m	pZn21/m	Zn23/m								
70		AVo	AAP	iVp	iVz	kVk	kVz	pVk	pVz	zVp	zVz	
80		ABv	AP	aVp	aVz	hVk	hVz	Vp	Vz			
90		Mv41C	Rv01C									
110		zVs										
130		iVc	iVs	kVc	pVc	zVc	zVs					
150		aVc	aVs	hVc	hVs	Vc	Vo	Vs				

Bronnen

1. Het boorpuntenbestand uit Bodemkundig InformatieSysteem van Alterra.
2. Het boorpuntenbestand van de actualisatie van kaartblad 16 Oost en 17 West.
3. Het Bodembestand BodDrenthe-0606.
4. AHN (versie maart 2004).

Figuur 9 toont de veendiktekaart. Op deze kaart wordt de aanwezigheid van veenlagen aangegeven, met een indeling naar de dikte in klassen.



Figuur 9. Veendiktekaart.

Discussie

De veendiktekaart (Figuur 9) geeft de verbreiding en dikte van veenlagen weer. Deze veenlaag kan aan maaiveld beginnen, maar kan ook bedekt zijn met een minerale laag, zoals een kleilaag of zandlaag. De veenbegindieptekaart (Figuur 10) geeft hierover informatie. Uit de analyse over de actualiteit van de gegevens van de bodemkaart (hoofdstuk 2.2.2) blijkt dat de informatie over een groot areaal veengronden en moerige gronden verouderd is. Voor deze gronden hebben we toch een aanname moeten doen voor de veendikte. Zo is voor de moerige gronden een dikte aangehouden van 25 cm, evenals voor de gedeformeerde veengronden. Mogelijk is bij deze gronden de veenlaag inmiddels veel dunner of zelfs afwezig. Verder zijn een aantal factoren van belang, waardoor een onverwacht kaartbeeld van de veendikte kan ontstaan:

- De vaststelling van de veendikte per boorpunt kan door groundbewerking soms sterk worden beïnvloed. Bij vergraven bodemprofielen kunnen de horizonten namelijk door elkaar zitten, waardoor de vastgestelde veendikte 'toeneemt'.
- In enkele andere gevallen kan per punt de veendikte ook iets overschat zijn, namelijk wanneer tussen het veenpakket nog een minerale horizont (meestal klei) is gelegen.
- De boordiepte is niet bij elk punt gelijk. Meestal is de boordiepte 1,20 tot 1,50 m – mv. maar in de geraadpleegde bestanden zitten ook punten met boordiepte tot 3,50 m – mv.

2.6 Veengebiedkaart

De in de vorige paragraaf beschreven veendiktekaart geeft de verbreiding en dikte van veenlagen weer. Deze veenlaag kan aan maaiveld beginnen, maar kan ook bedekt zijn met een minerale laag, zoals een kleilaag of zandlaag. De veengebiedkaart geeft hierover informatie.

De interpolatiemethode die is gevolgd voor het vervaardigen van de kaart met organische stof en veendikte geldt ook voor de veengebiedkaart. De veengebiedkaart is bij hetzelfde boorpuntenbestand (par. 2.3) eenvoudig vastgesteld uit de begindiepte van de eerste moerige horizont. De bodemkaart is volgens onderstaande Tabel 9 ordinaal gemaakt naar de veengebiedkaart, afgeleid uit de code van de eenheid. Hierbij is geen rekening gehouden met de zgn. veenkartering. Indien de onderzochte veengebieden bij deze kartering gedeformeerd zijn, is aangenomen dat het moerige gronden zijn geworden. Wij zijn er van uit gegaan dat bij dit proces de veengebiedkaart niet is veranderd. De ordinale Gt-kaart en de modelgegevens zijn verder gelijk aan de methode voor het vaststellen van de organische stof en veendikte.

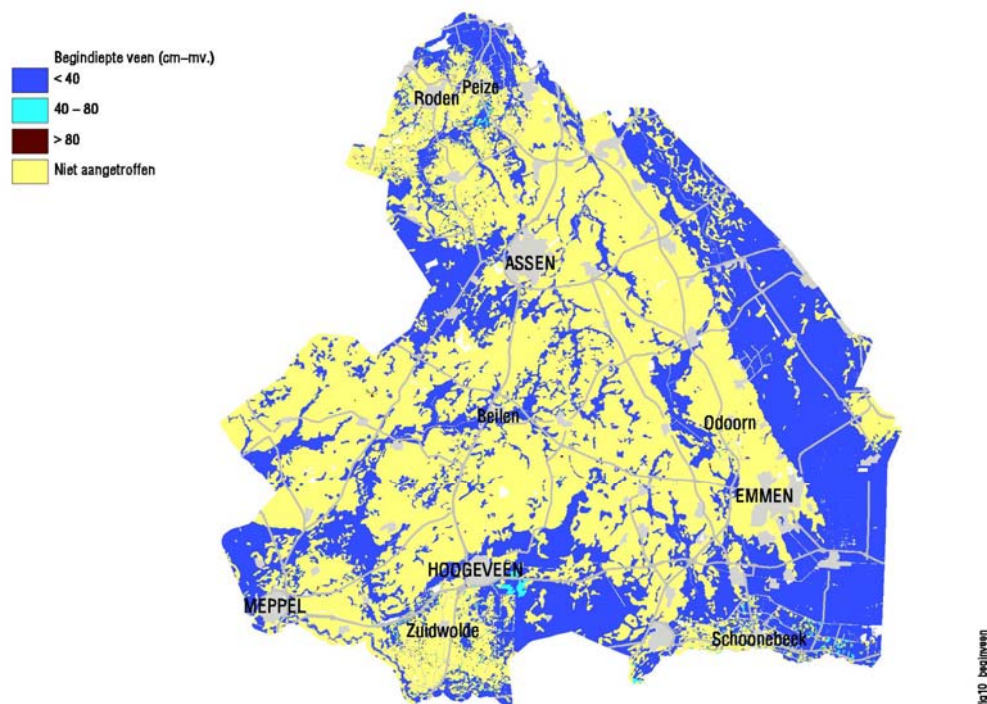
Tabel 9. De eenheden op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 ordinaal gemaakt naar veengebiedkaart.

Veenbegindiepte _{ordinaal}	Code									
0	AP	AVo	aV.	hV.	V.	vW.				
10	s/aV.	s/V.	s/vW.							
15	AAP	iV.	iW.							
25	kV.	pV.	zV.	kW.	zW.	Wg	Wo			
35	ABv									
60	./w	./m	Mv.	Rv.						
100	./v									
999	ABz	AFz	AQ	AS	.EZ.	EK.	.Hd.	.Hn.	.Y.	
999	.Zg.	.Zn.	.Zd.	.Zb.	KX	.Mn.	Mo.	Rn.		

Bronnen

1. Het boorpuntenbestand uit Bodemkundig InformatieSysteem van Alterra.
2. Het Bodembestand BodDrenthe-0606.
3. AHN (versie maart 2004).

Figuur 10 toont de kaart met de veengebiedkaart. Indien er veenlagen aanwezig zijn beginnen deze lagen bijna altijd binnen 40 cm-mv. Door de ondiepe ligging van de veenlagen kan er gemakkelijk lucht toetreden, waardoor de laag gaat oxideren.



Figuur 10. Veenbegindiepte.

Discussie

De vaststelling van de veendiepte per boorpunt kan, net als bij veendikte, door grondbewerking soms sterk worden beïnvloed. Bij vergraven bodemprofielen kunnen de horizonten namelijk vermengd zijn, waardoor de vastgestelde veendiepte ‘afneemt’.

2.7 Winderosie

2.7.1 Problematiek

Bij winderosie worden bodemdeeltjes door de wind verplaatst. Verstuiven treedt vooral op in een droog voor- en najaar wanneer het oppervlak (gedeeltelijk) kaal is; de onderlinge binding van de gronddeeltjes van de bouwvoor is dan te gering om de eroderende kracht van de wind te weerstaan, terwijl ook de bescherming door het gewas ontbreekt. Verstuiven leidt tot afname van het organische-stofgehalte, de vochthoudendheid, de chemische bodemvruchtbaarheid en de biologische activiteit. Verder kunnen ziekten en onkruiden zich verbreiden, kiemende zaden en poot-aardappels blootstuiven, jonge plantjes kunnen onderstuiven of beschadigd raken en sloten kunnen plaatselijk zelfs dichtstuiven. Bij schade aan de jonge kiemplantjes kan herinzaai nodig zijn. De Stuurgroep Bodem concludeert bij de beoordeling van het agrarische bodemgebruik op duurzaamheid dat winderosie vooral in de Veenkoloniën optreedt. En dat de gemiddelde jaarlijkse schade tengevolge van winderosie 9 miljoen euro bedraagt (Stuurgroep Bodem, 2006). Daarnaast zijn er ook

kosten voor het openmaken van dichtgestoven sloten, het reinigen van machines en gebouwen, extra reparaties aan machines die door het opgewaaide stof extra slijtage vertonen (Wagelmans, 2002). De stofstormen in de Veenkoloniën halen regelmatig de regionale pers. Naast de agrarische bedrijfstak ondervinden ook de overige bewoners van de regio hinder van de stofstormen. Het is niet prettig om in een stofstorm te vertoeven, te werken of te recreëren en het stof dringt via openstaande deuren en ramen de huizen binnen.

In opdracht van de provincie Drenthe heeft Bioclear BV in 2002 een verkenning uitgevoerd naar het optreden van verstuivingen en het beleid rondom deze problematiek (Wagelmans, 2002). Voor deze verkenning is er ook overleg gevoerd met akkerbouwers uit de regio, aangesloten bij NLTO. Uit deze verkenning blijkt dat het optreden van winderosie van jaar tot jaar sterk kan verschillen. En dat bij extreme stormen de schade aanzienlijk kan zijn. Maatregelen ter bestrijding van winderosie hebben vaak ook een schaduwkant. Het afdekken van gevoelige oppervlakten met stro brengt hoge kosten met zich mee. Bodembedekking met een groenbemester bevordert na een aardappelteelt de opslag van achtergebleven aardappelen en de ontwikkeling van wortelaaltjes. Het Hoofdproductschap Akkerbouw heeft in een verordening maatregelen ter bestrijding van winderosie van ontsmette landbouwpercelen voorgeschreven. Na het ontsmetten van landbouwpercelen dient de ondernemer maatregelen te treffen ter bestrijding van winderosie.

Onderstaande paragraaf is een bewerking van paragraaf 2.2.6 uit Alterra-rapport 692 (Brouwer *et al.*, 2003).

2.7.2 Factoren

Er bestaat geen methode om de gevoeligheid voor verstuiven van de grond te meten. We hebben dan ook getracht richtlijnen te geven voor de vaststelling van de gradaties voor verstuiven van de grond, welke berusten op ervaringskennis. Belangrijk zijn: korrelgrootte van het zand (gronden met grindbijmenging in de bovengrond stuiven beduidend minder) en vochtgehalte van de bovengrond (Gt). Verder zijn bodemfactoren als lutum-, leem- en organische-stofgehalte van belang. Organische stof omvat soms ingedroogde (amorfe) bestanddelen (o.a. aangeploegd veen in de veenkoloniën), alsook de echte humus. De echte humus komt zowel voor in de moderals in de mullvorm. Mullhumus draagt in grote mate bij aan de binding van bodemdeeltjes, de moderhumus niet of nauwelijks, amorfe organische stof in droge vorm in het geheel niet. De vorm van de humus is helaas niet eenduidig uit de bodemcode te destilleren. Er zijn echter aanwijzingen dat de kwaliteit van de organische stof gerelateerd is aan het lutumgehalte en, in iets mindere mate, aan het leemgehalte. Op basis van de samenstelling van de bouwvoor en de grondwatertrap onderscheiden we drie gradaties in stuifgevoeligheid (Tabel 10).

Tabel 10. Gradatie in stuifgevoeligheid als afhankelijke van lutum- en leemgehalte van de bouwvoor en de Gt.

Gradatie		Samenstelling bouwvoor		Gt
code	benaming	lutum (%)	leem (%)	
1	gering	>=5	-	-
		3-5	>17,5	-
		3-5	<17,5	I, II(*), III(*) of V
		<=3	>32,5	-
		<=3	10-32,5	I, II(*), III(*) of V
2	matig	3-5	<17,5	IV, V*, VI of VII(*)
		<=3	10-32,5	IV, V*, VI of VII(*)
		<=3	<=10	I, II(*), III(*) of V
		<=3	<=10	IV, V*, VI of VII(*)
3	groot	<=3	<=10	IV, V*, VI of VII(*)

Bepaalde gronden zijn erg stuifgevoelig, vooral droge, schrale zandgronden met lage organische-stofgehalten en gronden met zeer hoge organische-stofgehalten, maar van een slechte kwaliteit (hoog C/N-quotiënt, zoals bij veenkoloniale gronden). Veelal verstuift de losse bovenlaag die is opgedroogd of drooggevroren (Ten Cate *et al.*, 1995). De gradaties voor stuifgevoeligheid in Tabel 10 gelden bij vlakke en open ligging. Naast deze bodemfactoren zijn de graad van bodembedekking en beschutting voor de wind belangrijk.

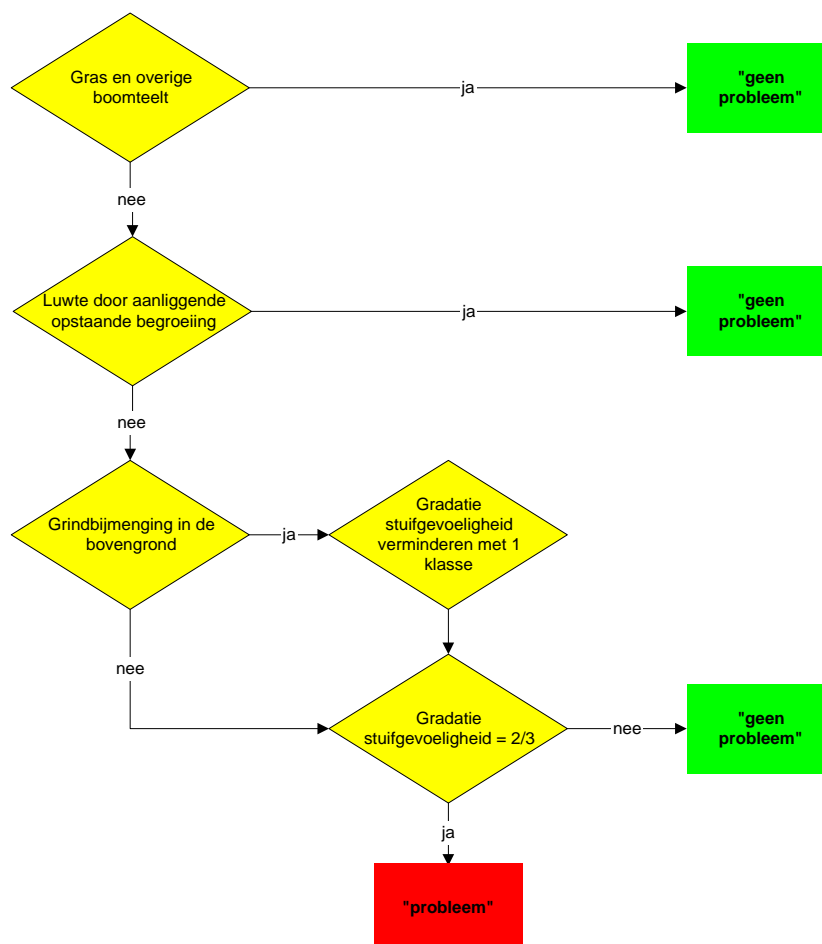
Bodembedekking

Verstuiving kan met relatief eenvoudige middelen preventief worden bestreden (bijv. met ruwe mest, stro of groenbemester). Volgens Huinink (1995) is de onkostenpost die hiermee gepaard gaat (ca. € 180,- ha⁻¹.j⁻¹) bij de teelt van suikerbieten, graszaad en fabrieksaardappelen (bijv. in de veenkoloniën) toch zodanig fors dat bedrijfseconomisch beter voor het risico gekozen kan worden. Voor de 'permanente' gewasteelten (gras en overige boomteelt) geldt het probleem van verstuiven (nagenoeg) niet door de continue bodembedekking. De factoren stuifbestrijding en gewaskeuze hebben geen invloed gehad op het vaststellen van de stuifgevoeligheid omdat ze te afhankelijk zijn van de willekeur van individuele bedrijfsvoering.

Beschutting

Er is gekeken of het relevant zou zijn om regio's te onderscheiden met onderlinge verschillen in gemiddelde jaarlijkse windsnelheid. Hiervoor hebben we een kaart van het KNMI gebruikt. De veenkoloniën liggen op deze kaart in de regio met de laagste gemiddelde windsnelheden in Nederland. Hier is juist het verschijnsel van verstuiven van grond het meest relevant. Het is daardoor niet aannemelijk dat door onderscheid aan te brengen in zgn. windregio's binnen Noord Nederland de mate van verstuiving beter wordt beschreven. Tevens zou het beter zijn om de (gemiddelde en extreme) windsnelheden te bekijken van het voor- en najaar, wanneer verstuiving de meeste schade berokkent. Uit navraag bij verschillende meteorologische instanties is gebleken dat er geen langjarige meetreeksen met windsnelheden beschikbaar zijn van meetstations in het veenkoloniale gebied. Bij het bepalen van de stuifgevoelige gebieden is rekening met de aanwezigheid van bossen met een bepaalde 'luwte' buffer. Voor dit onderzoek is gekozen voor een buffergrootte van ca. 1,5 keer de gemiddelde boomhoogte, wat ongeveer overeenkomt met de grootte van één gridcel,

namelijk 25 meter. Door bos ingesloten gebieden, kleiner dan of gelijk aan één hectare, zijn daarna aan de 'luwte' buffer toegevoegd. Op het moment dat de bosgebieden met buffers aan de methode zijn toegevoegd, spreken we volledigheidshalve niet meer van stuifgevoeligheid van een grond maar van stuifkans of stuifprobleem.



Figuur 11. Schema van relaties tussen factoren die de stuifkans bepalen in relatie tot de teelt.

Onderlinge relaties

Bovengenoemde factoren (lutum- en leemgehalte, grindbijmenging en grondwatertrappen) bepalen samen of er sprake is van stuifgevoeligheid (Figuur 11). Deze kenmerken worden afgeleid uit de informatie van de bodemkaart en de Gd-kaart. De aanwezigheid van bos bepaalt vervolgens of stuiven daadwerkelijk kan optreden, waarna een kaart ontstaat met gebieden met wel of geen stuifkans.

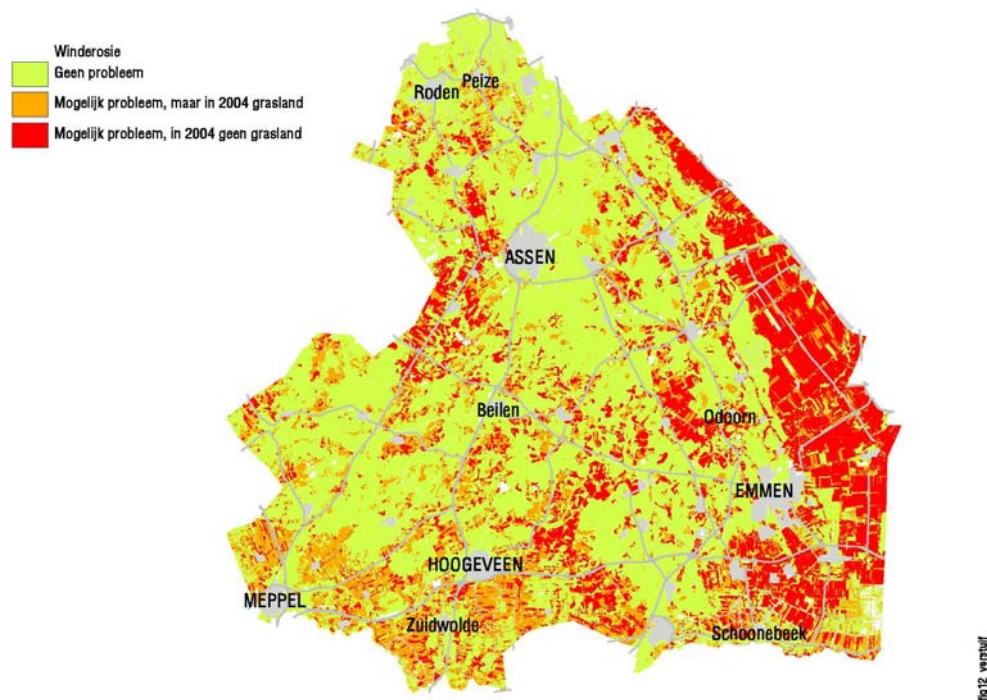
2.7.3 Kwetsbaarheidskaart

Bronkaarten

1. Het Bodembestand BodDrenthe-0606 voor het afleiden van de bodemgegevens.
2. Het Gd-bestand voor de informatie over de Gt.
3. LGN5 voor de begrenzing van de bossen, inclusief 'luwte' buffers.

Korte werkwijze aanmaak kaart stuifkans

Elke kaarteenheid van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, heeft een representatief bodemprofiel (De Vries 1999) waaruit de samenstelling van de bouwvoor (lutum- en leemgehalte) volgt. De Gt volgt voornamelijk uit het recente Gd-bestand en voor het gebied met ontbrekende gegevens uit de Gt van het bodembestand BodDrenthe-0606. Voor het gehele landinrichtingsgebied Peize is de Gt rechtstreeks overgenomen uit het bodembestand BodDrenthe-0606 omdat hier de Gt recenter is opgenomen dan de Gd. Via de tabel voor stuifgevoeligheid (Tabel 10) zijn gradaties toegekend aan de kaarteenheden van de bodemkaart. Na de eerste toekenning van stuifgevoeligheidsgradaties zijn de uitkomsten voor gronden met grindbijmenging in de bovengrond met één gradatie verminderd (gradatie 3 wordt 2, gradatie 2 wordt 1, en gradatie 1 blijft 1). Daarna zijn voor de gronden die liggen onder bos of in een 'luwte' buffer alle gradaties teruggebracht naar gradatie 1. Tot slot zijn de overgebleven gradaties 3 en 2 bij elkaar genomen als gebieden met een probleem voor verstuiven en gradatie 1 als gebied zonder probleem voor verstuiven.



Figuur 12. Gevaar voor winderosie en de aanwezigheid van grasbodembedekking in 2004 volgens de grondgebruikskaart LGN5.

Figuur 12 toont de kwetsbaarheidskaart voor winderosie. Opvallend is dat juist de gebieden waar de meeste akkerbouw voorkomt, zoals in de veenkoloniën ook het meest kwetsbaar zijn voor verstuiven.

Discussie

Tijdens de verkenning in 2002 door Bioclear is eveneens een kaart gemaakt met stuifgevoelige gebieden in Drenthe (Wagelmans, 2002). Bij deze kaart zijn de gebieden begrensd waar overwegend akkerbouw voorkomt, vervolgens is op basis van ervaringskennis aangegeven of deze akkerbouwgebieden gevoelig zijn voor verstuiving. De in dit rapport gepresenteerde kaart is tot stand gekomen door een interpretatie van bodemkenmerken en geeft een meer gedifferentieerd beeld. De ligging van aaneengesloten stuifgevoelige gebieden komen op de twee kaarten in grote mate met elkaar overeen. Volgens beide kaarten liggen de stuifgevoelige gronden vooral voor binnen de gebieden met een veenkoloniale ontginning (naast de veenkoloniën ten oosten van de Hondsrug, ook de gebieden bij Hoogeveen en Veenhuizen). Daarnaast geeft de kaart van Alterra ook buiten de 'akkerbouwgebieden' stuifgevoelige spots aan.

De humusvorm die voorkomt bij de organische stof in bovengrond is een belangrijke factor voor de gevoeligheid van die grond voor verstuiven. De vorm van de humus is helaas niet eenduidig uit de bodemcode te destilleren. In dit stadium is daarom gekozen voor het afleiden van de humusvorm uit andere parameters die wel eenduidig in de bodemcode zijn beschreven. Er zijn aanwijzingen dat enkele parameters, namelijk het lutum- en leemgehalte, gerelateerd zijn aan de kwaliteit van de organische stof. In een vervolgfase zou aandacht besteedt kunnen worden aan een meer rechtstreekse benadering van de humusvorm.

De gradaties voor stuifgevoeligheid gelden bij vlakke en open ligging. Naast deze bodemfactoren zijn de graad van bodembedekking, de ruwheid van het oppervlak en beschutting voor de wind belangrijk. In plaats van alleen bossen te beschouwen als windbrekers is het beter om alle opgaande begroeiing en gebouwen en dergelijke mee te nemen in de berekening. Een methode hiervoor zou kunnen zijn om de 'ruwe' AHN-kaart (zonder uitfiltering) in de methode te betrekken. Dit is een eventuele actie voor een vervolgfase.

2.8 Watererosie

2.8.1 Problematiek

Bodmerosie door water treedt op bij hevige regenval in hellende gebieden, doordat het water oppervlakkige afstroomt. Hierbij worden delen van de vruchtbare toplaag, inclusief meststoffen en bestrijdingsmiddelen verplaatst naar lagere terreindelen. Door watererosie neemt lokaal de bodemvruchtbaarheid af, terwijl elders nutriëntrijk sediment wordt afgezet, of het oppervlaktewater verontreinigd. In extreme situaties ontstaan er erosiegeulen en modderstromen.

Bij het schrijven van onderstaande paragraaf is veelvuldig gebruik gemaakt van het artikel 'Oppervlakteafvoer: een combinatie van helling, bodem, gewas en regen' in het vakblad *Stromingen* (Stolte *et al.*, 2000). Hoewel dit artikel is geschreven om belasting van het oppervlaktewater met bestrijdingsmiddelen en meststoffen toe te lichten, is oppervlakteafvoer van neerslag ook het proces dat ten grondslag ligt aan watererosie. Oppervlakteafvoer van 'overtollig' neerslag kan onder bepaalde omstandigheden ontaarden in watererosie. Zoals de titel van het artikel in *Stromingen* al aangeeft is het optreden van watererosie afhankelijk van de combinatie van helling (hellingklasse en aardvorm/morfologie), bodem (infiltratiecapaciteit en bodemweerstand), gewas (bodemruwheid) en regen (regenintensiteit/buis specifiek).

2.8.2 Factoren

Regen

Oppervlakteafvoer van 'overtollig' neerslag ontstaat tijdens een regengebeurtenis waarbij de bodem verzadigd is of waarbij de regenintensiteit de infiltratiecapaciteit van de bodem overschrijdt. Het probleem van oppervlakteafvoer kan dan ook niet benaderd worden als een jaargemiddeld probleem maar moet als een bui-specifiek probleem gezien worden. In Nederland treedt zowel in de winter als in het voorjaar/zomer oppervlakteafvoer op (Kwaad, 1991). In de winter gaat het meestal om langdurige, niet-intensieve regenbuien, terwijl in het voorjaar/zomer oppervlakteafvoer kan ontstaan door korte, heftige (onweers-)buien. In relatie tot watererosie door oppervlakteafvoer is met name de winterperiode van belang. Watererosie zal net als verstuiven van grond vooral buiten het groeiseizoen optreden wanneer de grond (gedeeltelijk) kaal is; het freatisch grondwaterpeil is dan hoog waardoor de infiltratiecapaciteit van de grond afneemt, terwijl ook de bescherming door het gewas via interceptie vaak ontbreekt. Toch kan watererosie ook gedurende het groeiseizoen wel degelijk een probleem zijn omdat dan de bui-intensiteit vaak het grootst is.

Bodem

Er bestaat geen methode om de gevoeligheid voor watererosie van de grond te meten. We hebben dan ook getracht richtlijnen te geven voor de vaststelling van de gradaties voor watererosie van de grond, welke berusten op ervaringskennis. De infiltratiecapaciteit van de grond is erg belangrijk en wordt vooral bepaald door de berging. De berging is het vrije (met gas gevulde) deel van het poriënvolume van de grond. Het totale poriënvolume is afhankelijk van de grondsoort en het deel van het poriënvolume dat al met water is gevuld kan worden afgeleid uit de Gt. Of de berging ten volle kan worden benut is vooral afhankelijk van de gevoeligheid van de grond voor hydrofobie en slemp. Volgens Stolte *et al.* (2000) blijft zelfs bij een droog profiel na een bui van 1-jaars-frequentie nog altijd water op het maaiveld achter (6-20% voor zandgronden en 35-70% voor klei- en veengronden). Belangrijk voor de bodemweerstand is de aanwezigheid van grind in de bovengrond waardoor meer weerstand en bescherming tegen watererosie wordt geboden. Verder is bekend dat ook gronden met hoge lutum- en leemgehalten meer weerstand bieden tegen watererosie.

Gewas

Naast de genoemde bodemfactoren zijn net als bij winderosie de graad van bodembedekking (bodemruwheid) belangrijk. Watererosie kan met relatief eenvoudige middelen preventief worden bestreden (bijv. haaks ploegen op de hellingenrichting of toepassen van een groenbemester). Voor de 'permanente' gewasteelten (met name bij gras) treedt watererosie veel minder snel op door de (semi) continue bodembedekking en de grote mate van bodemruwheid. Meer open gewassen zoals maïs kunnen dit in veel mindere mate. De factoren bestrijding van watererosie en gewaskeuze hebben geen invloed gehad op het vaststellen van de gevoeligheid voor watererosie omdat ze te afhankelijk zijn van de willekeur van individuele bedrijfsvoering. Wel is wederom het bestand met bosrijke gebieden (LGN5) in de methode opgenomen. Bos wordt namelijk beschouwd als (semi)continu gewas.

Helling

De oppervlakteafvoer kan op het land blijven staan als plassen en uiteindelijk weer infiltreren na de bui, of kan geheel of gedeeltelijk oppervlakkig afstromen naar sloten en greppels. Dit laatste proces is afhankelijk van o.a. de bovengenoemde bodemruwheid en maaiveldmorfologie. Volgens Huinink (1986) neemt de maximale maaiveldbergings af naarmate de maaiveldhelling toeneemt. Stolte *et al.* (2000) stellen vast dat al bij een helling van meer dan 1% tijdens veel buien in meer of mindere mate oppervlakteafvoer plaatsvindt. Voor het optreden van watererosie zal naast hellingklasse uiteraard ook de (geo)morfologie van belang zijn. Een lange helling zal gevoeliger zijn voor watererosie dan een korte helling met dezelfde hellingklasse. Een smalle geul of (droog)dal op die helling zal ook weer gevoeliger zijn dan de helling zelf.

Onderlinge relaties

Bovengenoemde factoren (hellingklasse en geomorfologie, bodemtype en grondwatertrap, lutum- en leemgehalte, grindbijmenging, en aanwezigheid van bos) bepalen samen of er sprake is van gevaar voor watererosie. De aanwezigheid van korte vegetatie (voornamelijk gras) is niet (semi)permanent en wordt daarom niet in de methode om gevaar voor watererosie vast te stellen opgenomen. Toch vinden we korte vegetatie zodanig belangrijk dat we dit op de kaart met een aparte kleur weergeven. Hierbij merken we op dat de kaart met gevaar voor watererosie per jaar opnieuw moet worden bijgesteld aan het veranderende graspercelenbestand (LGN).

2.8.3 Kwetsbaarheidskaart

Bronkaarten

1. Het Bodembestand BodDrenthe0606.
2. Het Gd-bestand.
3. Het Algemeen Hoogtebestand van Nederland (AHN versie maart 2005).
4. De Geomorfolgische Kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.
5. Grondgebruik (LGN5).

Korte werkwijze aanmaak kaart watererosie

Het AHN is omgerekend naar hellingpercentages en gerubriceerd tot vier klassen (1 = 0-1%, 2 = 1-2%, 3 = 2-5% en 4 = >5%). De Geomorfologische Kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 is daarna gerubriceerd tot drie klassen. De combinatie van deze twee kaarten levert een gridbestand op waarbij per grid de hoogste 'value' wordt overgenomen (Tabel 11).

Tabel 11. Hellingklassen afgeleid uit de Geomorfologische Kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 en AHN.

Hellinginformatie uit Geomorfologische kaart	Code	Helling volgens AHN en indeling in klassen			
		1 0-1%	2 1-2%	3 2-5%	4 >5%
Vlak (1)	12N6, 1M35, 1M46, 1R1, 1R4, 2M13, 2M14, 2M15, 2M24, 2M26, 2M3, 2M30, 2M4, 2M44, 2M45, 2M46, 2M47, 2M48, 2M5, 2M6, 2M8, 2M9, 2R1, 2R2, 2R4, 3F12, 3F9, 3H11, 3H3, 3K1, 3K11, 3K14, 3K15, 3K16, 3K18, 3K19, 3K2, 3K20, 3K3, 3K35, 3K36, 3K6, 3K7, 3K9, 3L1, 3L10, 3L2, 3L21, 3L22, 3L2a, 3L2b, 3L5, 3L6, 3L8, 3L9, 3N10, 3N3, 3N4, 3N5, 3N8, 4F12, 4F9, 4H11, 4H3, 4H5, 4K1, 4K11, 4K14, 4K19, 4K2, 4K3, 4K36, 4K6, 4K9, 4L21, 4L22, 4L5, 4L8, 4L9, 4N2, 4N4, 4N5, 4N6, 4N8, B, D1, Db, Hw, T, vib, W,	1	2	3	4
Hellend (2)	10B1, 10B6, 12C2, 12C4, 2R11, 2R5, 2R7, 3G3, 3G4, 3R7, 4G3, 5F12,	2	2	3	4
Sterk hellend (3)	11/10R3, 11B3, 11B4, 11B6, 2R3, 2S3, 3R3, 3S3,	3	3	3	4

Uit het grondgebruiksbestand (LGN5) krijgt elke gridcel een 'value' van 1 als het bos betreft. Alle andere gridcellen (incl. de 'luwte' buffer) krijgen een 'value' van 0.

De bodemweerstand is vastgesteld uit het bodembestand BodDrenthe0606. Elke kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, heeft een representatief bodemprofiel (De Vries 1999) waaruit de samenstelling van de bouwvoor (lutum- en leemgehalte) volgt. Het gridbestand met de bodemweerstand van de gronden in de provincie Drenthe krijgt voor elke gridcel een 'value' van 1 als het lutumgehalte groter is dan 17,5% en/of het leemgehalte groter dan 32,5% en/of er sprake is van grindbijnemenging in de bovengrond. Alle andere gridcellen krijgen een 'value' van 0.

De 'values' van het gecombineerde gridbestand van AHN en Geomorfologie (Tabel 11) worden vervolgens met 1 of met 2 gereduceerd indien de overeenkomstige gridcellen uit de bestanden bos de 'value' van 1 en/of bodemweerstand de 'value' van 1 hebben. De uitkomst na deze reductie noemen we 'gecorrigeerde' helling (Gecorrigeerde helling = helling - bodemweerstand - bosbestand).

De bergingscapaciteit wordt vastgesteld uit de combinatie van profielopbouw en grondwatertrap. Voor allerlei modelberekeningen is er in 1988 een doelgerichte schematisatie opgesteld van de Nederlandse bodem. Deze schematisatie heeft geresulteerd in een indeling met 23 verschillende eenheden, waaraan de profielopbouw is gekoppeld. De verschillende lagen in het bodemprofiel zijn gekarakteriseerd met bodemfysische karakteristieken (zoals doorlatendheids- en waterretentie-

karakteristieken). Deze bodemschematisatie wordt ook wel de PAWN-indeling genoemd, naar de naam van de eerste toepassing in 1988 (Policy Analysis for the Watermanagement in the Netherlands, Wösten *et al.*, 1988). Alle codes van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, zijn aan de hand van een sleuteltabel vertaald naar de PAWN-eenheden, die wij vervolgens op basis van de fysische kenmerken hebben gerubriceerd in drie bergingsklassen (Tabel 12).

Tabel 12. Vertaling PAWN-eenheden naar bergingsklasse.

PAWN	Omschrijving	Berging _{profiel}
1	Veengronden met een veraarde bovengrond	matig (2)
2	Veengronden met een veraarde bovengrond en zandondergrond	matig (2)
3	Veengronden met kleidek	slecht (3)
4	Veengronden met kleidek en zandondergrond	slecht (3)
5	Veengronden en moerige gronden met zanddek en zandondergrond	goed (1)
6	Veengronden en moerige gronden op ongerijpte klei	slecht (3)
7	Stuifzandgronden	goed (1)
8	Podzolgronden in leemarm, fijn zand	goed (1)
9	Podzolgronden in zwak lemig, fijn zand	goed (1)
10	Podzolgronden in zwak lemig, fijn zand op grof zand	goed (1)
11	Podzolgronden in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem	slecht (3)
12	Enkeerdgronden in zwak lemig, fijn zand	goed (1)
13	Beekeerdgronden in sterk lemig, fijn zand	matig (2)
14	Podzolgronden in grof zand	goed (1)
15	Homogene zavelgronden, keileemgronden	slecht (3)
16	Homogene, lichte kleigronden	matig (2)
17	Kleigronden met zware tussenlaag of ondergrond	slecht (3)
18	Kleigronden op veen	slecht (3)
19	Kleigronden op zand	matig (2)
20	Kleigronden op grof zand	matig (2)
21	Leemgronden	matig (2)
22	Water	n.v.t.
23	Bebouwing	n.v.t.

De berging is naast profielopbouw (poriënvolume) verder afhankelijk van de grondwatertrap. De Gt volgt voornamelijk uit het recente Gd-bestand en voor het gebied met ontbrekende gegevens uit de Gt van het bodembestand BodDrenthe-0606 (par. 2.6). Voor het gehele landinrichtingsgebied Peize is de Gt rechtstreeks overgenomen uit het bodembestand BodDrenthe-0606 omdat hier de Gt recenter is opgenomen dan de Gd. De Gt is net als de PAWN-eenheden in drie klassen gerubriceerd (Tabel 13).

Tabel 13. Vertaling Gt naar bergingsklasse.

Gt	Berging _{Gt}
I en II	slecht (3)
II*, III(*), V(*)	matig (2)
IV, VI en VII(*)	goed (1)

Voor de vaststelling van de reële berging (Tabel 14) moet de berging vastgesteld uit de ‘droge’ profielopbouw (Tabel 12) nog worden gecombineerd met de berging vastgesteld uit de Gt (Tabel 13).

Tabel 14. Reële berging uit combinatie van bodemprofiel (PAWN) en Gt.

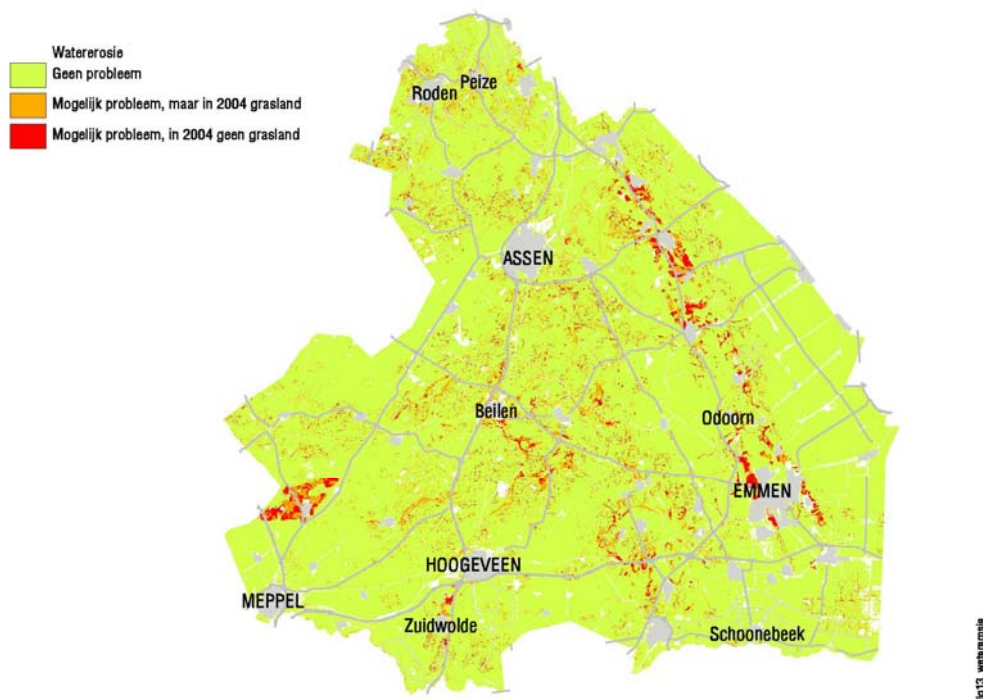
Berging _{profiel}	Berging _{Gt}	Reële berging
goed (1)	goed (1)	goed (1)
	matig (2)	goed (1)
	slecht (3)	matig (2)
matig (2)	goed (1)	goed (1)
	matig (2)	matig (2)
	slecht (3)	slecht (3)
slecht (3)	goed (1)	matig (2)
	matig (2)	slecht (3)
	slecht (3)	slecht (3)

Uiteindelijk wordt gevaar voor watererosie vastgesteld aan de hand van Tabel 15. De weergave van de klasse ‘mogelijke kans’ op de kaart wordt gecombineerd met de graspercelen uit LGN5.

Tabel 15. Vaststellen van gevaar voor watererosie.

Reële berging	Gecorrigeerde helling/geomorfologie	Watererosie
goed (1)	geen probleem (1)	niet waarschijnlijk (1)
	gering probleem (2)	niet waarschijnlijk (1)
	matig probleem (3)	niet waarschijnlijk (1)
	sterk probleem (4)	mogelijk probleem (2)
matig (2)	geen probleem (1)	niet waarschijnlijk (1)
	gering probleem (2)	niet waarschijnlijk (1)
	matig probleem (3)	mogelijk probleem (2)
	sterk probleem (4)	mogelijk probleem (2)
slecht (3)	geen probleem (1)	niet waarschijnlijk (1)
	gering probleem (2)	mogelijk probleem (2)
	matig probleem (3)	mogelijk probleem (2)
	sterk probleem (4)	mogelijk probleem (2)

Figuur 13 toont de kwetsbaarheidskaart voor watererosie. De kwetsbare gebieden liggen vooral langs de hoge terreindelen van de Hondsrug en de Havelterberg.



Figuur 13 Gevaar voor watererosie en de aanwezigheid van grasbodembedekking in 2004 volgens de grondgebruiksk kaart LGN5.

Discussie

De bodemweerstand wordt bij de gronden van de provincie Drenthe al groot gevonden bij een leemgehalte van 32,5%. In de provincie Limburg zijn lössgronden met leemgehalten tot ca. 85% nog gevoelig voor erosie. Bij lössgronden is de mediaan van de zandfractie echter veel kleiner dan bij de zeer sterk lemige zandgronden van Drenthe. Ook zijn de (vorm van de) hellingen van Limburg extremer dan die van Drenthe.

2.9 Nitraatuitspoeling

2.9.1 Problematiek

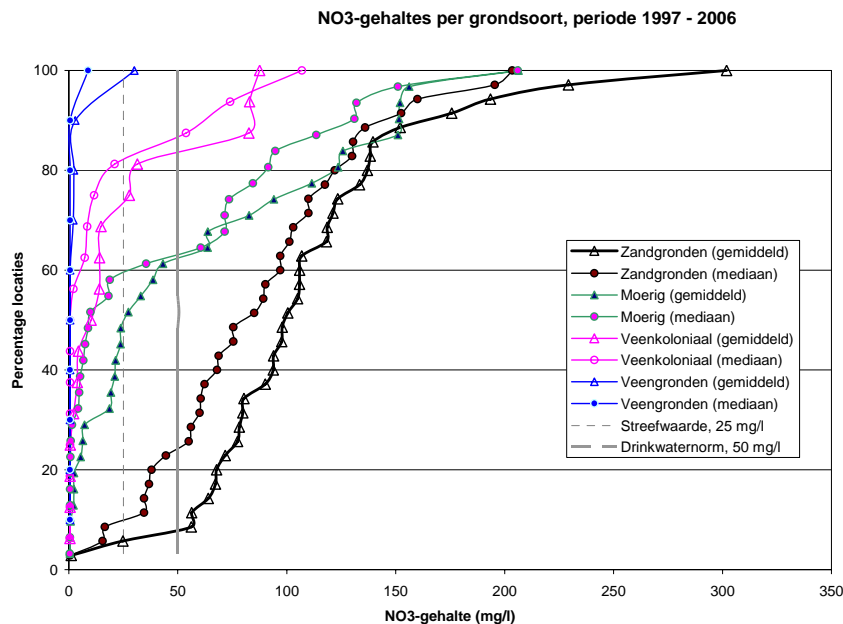
Nederland heeft door zijn bevolkingsdichtheid, energieverbruik en intensieve landbouw de meest stikstofintensieve economie ter wereld (Van Grinsven *et al.*, 2003). Daardoor neemt het overschot aan mobiele stikstof in het milieu toe, met effecten op de natuur en milieu (afname van biodiversiteit, eutrofiëring – algengroei). Belangrijke bronnen voor het overschot zijn landbouw, industrie en verkeer. Het teveel aan nitraat spoelt voor een deel uit naar het grondwater. De hoeveelheid die uiteindelijk in het grondwater terecht komt is afhankelijk van de grondwaterstand en de bodemopbouw. Bij hoge grondwaterstanden treedt er denitrificatie op, waarbij nitraat wordt omgezet in onschadelijk stikstofgas. Bij diepe grondwaterstanden is de nitraatafbraak beperkt.

De Nederlandse mestwetgeving is erop gericht te voldoen aan de Europese Nitraatrichtlijn, met als doelstelling dat het grondwater niet meer dan 50 mg NO₃/l bevat. De streefwaarde voor nitraat in het grondwater is door de Europese overheid vastgesteld op 25 mg/l. De gemeten concentraties binnen het landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid van het RIVM zijn voor zandgronden beduidend hoger dan de norm en de streefwaarde.

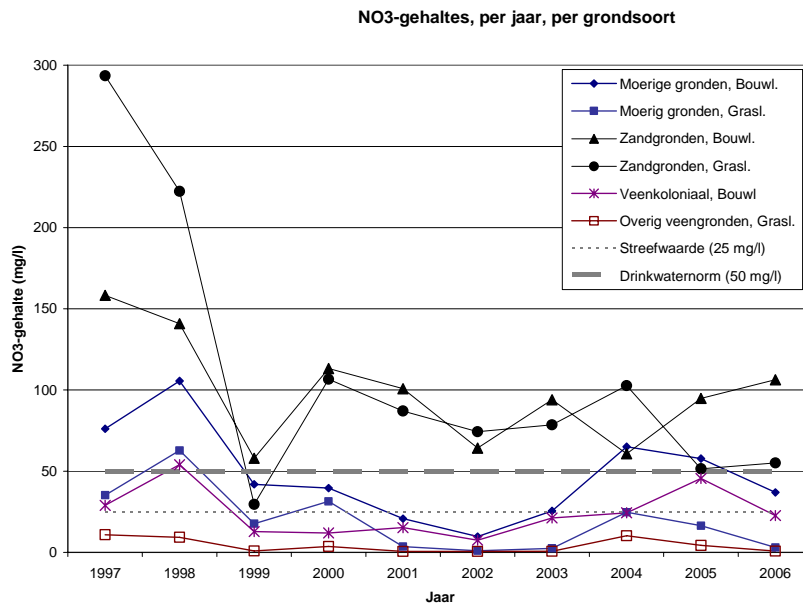
2.9.2 Factoren

In het Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet van de provincie Drenthe wordt al sinds 1997 jaarlijks op ca. 95 verschillende locaties het nitraatgehalte in het bovenste grondwater gemeten.

In Figuur 14 zijn de resultaten ingedeeld naar grondsoort. De figuur geeft per grondsoort een cumulatief overzicht van het gemiddelde en mediane nitraatgehalte per locatie over de periode 1997 - 2006. Uit de figuur blijkt dat het nitraatgehalte bij nagenoeg alle zandgronden hoger is dan de streefwaarde van 25 mg/l. Bij 80 – 90% van de zandgronden ligt het langjarig gemiddelde nitraatgehalte in het freatische grondwater zelfs boven de drinkwaternorm van 50 mg/l. Bij de moerige overschrijd ca. 40 % van de meetlocaties de drinkwaternorm. Terwijl bij de veengronden nagenoeg alle locaties een langjarig gemiddelde hebben van minder dan 25 mg/l. Laatstgenoemde gronden zitten dus onder de streefwaarde.

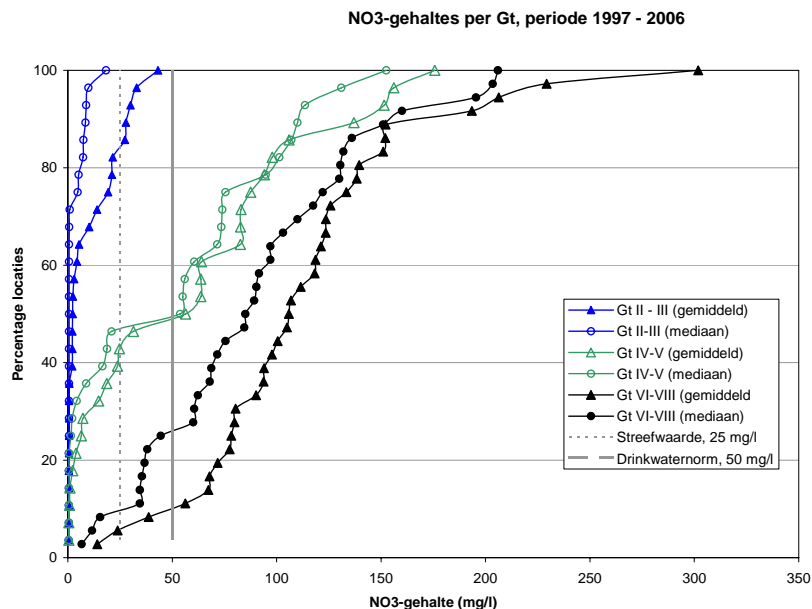


Figuur 14. Cumulatief overzicht van gemiddelde en mediane nitraatconcentraties gemeten in het bovenste grondwater op 95 locaties met een onderverdeling naar grondsoort, gemeten in de periode 1997 – 2006 (bron: Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet).



Figuur 15. Het gemiddelde NO₃-gehalte gemeten in het bovenste grondwater per grondsoort en grondgebruik per jaar, over de periode 1997 – 2006 (Bron: Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet).

Figuur 15 toont de jaarlijkse gemiddelde gehalten per grondsoort en grondgebruikscategorie. De gemiddelde waarden verschillen van jaar tot jaar. In de jaren 1997 en 1998 was het NO₃-gehalte bij de zandgronden aanzienlijk hoger dan in de jaren daarna. Sinds 2000 ligt bij de zandgronden het gemiddelde gehalte tussen 50 en 100 mg/l.



Figuur 16. Cumulatief overzicht van gemiddelde en mediane NO₃-gehalten gemeten in het bovenste grondwater op 95 locaties met een onderverdeling naar grondwatertrap, gemeten in de periode 1997 – 2006 (bron: Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet).

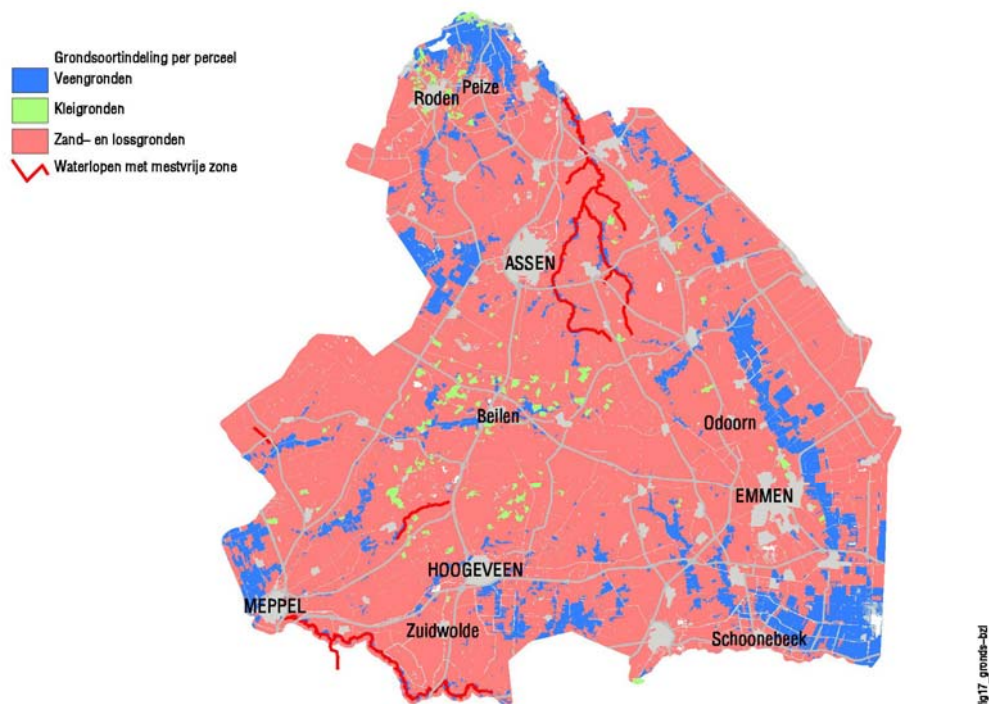
In Figuur 16 zijn de langjarig gemiddelde nitraatgehalten uitgezet met een onderverdeling naar grondwatertrappen. Uit de figuur blijkt dat het NO_3 -gehalte een sterke relatie heeft met de grondwaterstandsdiepte. Bij de natte gronden (Gt II – III, GHG < 40 cm-mv. en GLG < 120 cm-mv.) heeft meer dan 80% van de locaties een langjarig gemiddelde onder de streefwaarde. Terwijl binnen de droge gronden (Gt VI – VIII, GHG > 40 cm-mv. en GLG > 120 cm-mv.) bij ca. 80% van de locaties het langjarige gemiddelde ruim boven de drinkwaternorm uitkomt.

Door middel van maatregelen opgenomen in de mestwet streeft de overheid ernaar de verontreiniging van het grondwater met nutriënten terug te dringen. In de periode 2000 – 2005 maakte de mestwetgeving onderscheid in 3 verschillende typen zandgronden (Besluit zand- en lössgronden, 2001):

- Droge uitspoelingsgevoelige zand- en lössgronden, dit zijn zand- en lössgronden met Gt VII en VIII. Voor deze groep gronden golden strengere bemestingsnormen.
- Overige uitspoelingsgevoelige zand- en lössgronden, dit zijn de zand- en lössgronden met Gt VI.
- Overige zand- en lössgronden, de zand- en lössgronden met Gt I – V.
- Overige gronden, zoals klei- en veengronden.

Als voorbereiding op nieuwe wetgeving per 1 januari 2006 is onderzocht bij welke Gt of bij welke Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) de grens tussen uitspoelingsgevoelig en niet-uitspoelingsgevoelig kan worden getrokken. De uitkomst van dat onderzoek was dat de GHG-grens tussen 50 en 70 cm-mv. ligt. Het gevonden grensgebied valt binnen de GHG-klasse van Gt VI. Gezien de complexe interacties tussen factoren die bij denitrificatie en uitspoeling een rol spelen, is het niet te verwachten dat er één scherpe GHG-grens is te trekken voor alle gronden, gewassen en jaren (Velthof, 2004).

In 2006 is de Nieuwe Mestwet in werking getreden (Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, 2005). In het kader van deze wet worden de percelen in Nederland ingedeeld in drie grondsoorten: veengronden, zand- of lössgronden en kleigronden. Per grondsoort gelden bemestingsnormen. Figuur 17 toont de grondsoortenkaart die bij het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet wordt gehanteerd. Deze kaart is afgeleid uit gegevens van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, aangevuld met de beschikbare gegevens van gedetailleerdere bodemkaarten. Alle legenda-eenheden zijn vertaald naar een grondsoort, op basis van het meest voorkomende materiaal tussen 0 en 80 cm-mv. De eenheden met keileem ondiep in het profiel (KX, en associatie Hn23-V/KX-V) zijn tot de kleigronden gerekend, evenals de eenheden die binnen 80 cm uit drie verschillende soorten moedermateriaal bestaan, zoals de eenheid kWp (klei-op-veen-op-zand). Vervolgens is per perceel berekend welke grondsoort met de grootste oppervlakte voorkomt. Per grondsoort en per gewas gelden er bemestingsnormen, deze normen worden de komende jaren aangescherpt.



Figuur 17. Grondsoortenkaart voor het mestbeleid van 2006.

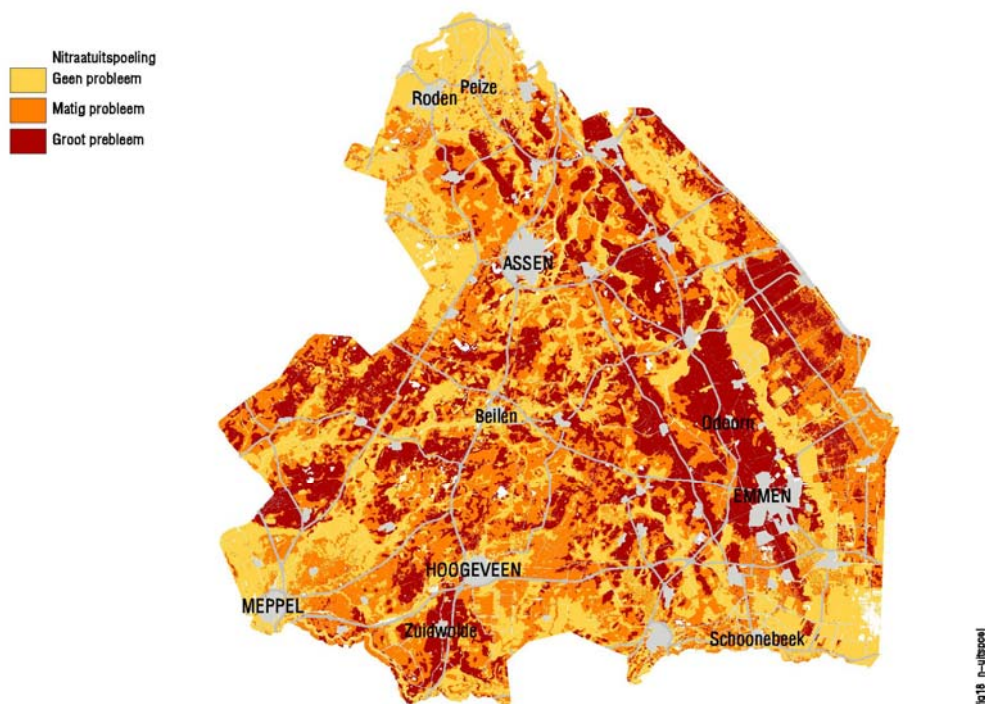
2.9.3 Kwetsbaarheidskaart

Bronbestanden

- Grondsoortenkaart voor het mestbeleid 2006.
- Gd-kaart.

Binnen dit project zijn de drie grondsoorten op de grondsoortenkaart van de Meststoffenwet 2006 nader onderverdeeld naar de kwetsbaarheid voor nitraatuitspoeling naar het grondwater. De gehanteerde indeling naar kwetsbaarheid sluit aan bij de indeling die de provincie Drenthe hanteert in het Provinciaal Omgevingsplan, 2004. De zand- en lössgronden zijn opgesplitst in drie Gt-groepen: Gt I – V, Gt VI en Gt VII en VIII. De informatie over de Gt is ontleend aan de Gd-kaart. We onderscheiden drie gradaties (Figuur 18):

- Geringe kwetsbaarheid voor nitraatuitspoeling. Het betreft de veengronden, kleigronden en de zand- en lössgronden met Gt I – V.
- Wisselend kwetsbaarheid, dit zijn de zand- en lössgronden met Gt VI.
- Grote kwetsbaarheid, de zand- en lössgronden met Gt VII en VIII.



Figuur 18. Kwetsbaarheid van de bodem voor nitraatuitspoeling naar het grondwater.

Uit de kaart blijkt dat een aanzienlijk deel van de gronden binnen de provincie een grote (28% van de oppervlakte) of wisselende (37%) kwetsbaarheid heeft voor nitraatuitspoeling. De deformatie van veengronden en moerige gronden resulteert in een groter areaal zandgronden. Een verandering in uitspoelingsgevoeligheid is bij deze gronden vooral afhankelijk van de Gt. In de integrale rapportage van het bodem- en grondwaterkwaliteitsmeetnet heeft Boukes (2002) de kwaliteit van het freatisch water in beeld gebracht. Uit de analyse van Boukes blijkt dat in de zandgebieden op veel plaatsen de norm van 50 mg/l wordt overschreden. De ligging van de gebieden waar de norm wordt overschreden komt in sterke mate overeen met de ligging van de probleemgebieden op de kwetsbaarheidskaart.

2.10 Fosfaataccumulatie

2.10.1 Problematiek

Binnen de landbouw is meer fosfaat via bemesting beschikbaar dan er door het gewas kan worden opgenomen (Schoumans, 2004). Met name door de ruime bemesting in de jaren zeventig en tachtig is er sprake van een aanzienlijke fosfaataccumulatie in de bodem en een toename van de fosfaatemissies vanuit landbouwgronden naar het grond- en oppervlaktewater, met als gevolg een directe bijdrage aan de eutrofiëring van het oppervlaktewater. Doordat de lozingen van puntbronnen (o.a. RWZI's en industrie) de laatste decennia drastisch zijn ingeperkt, draagt de landbouw procentueel steeds sterker bij aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater (RIVM, 2002).

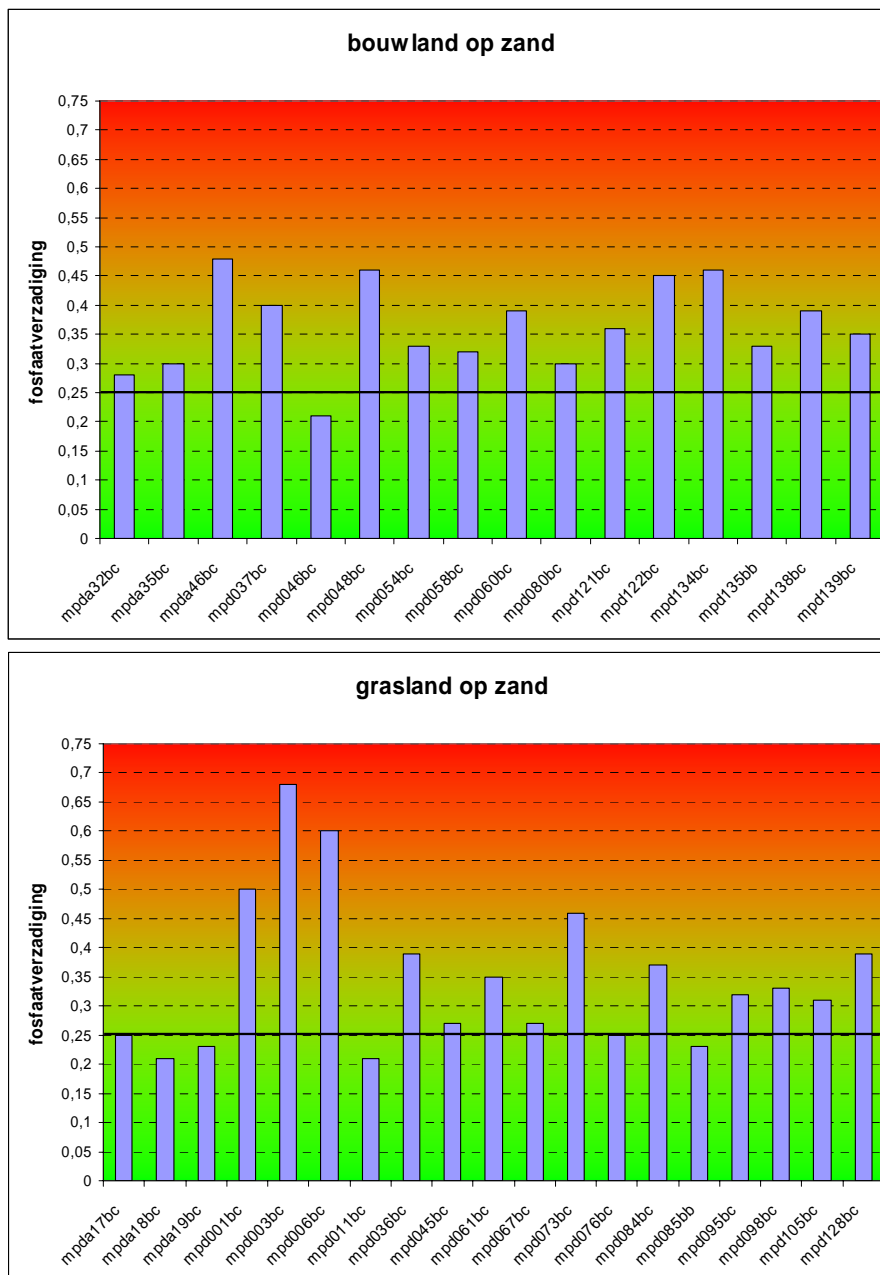
2.10.2 Fosfaatconcentraties

De mate waarin landbouwgronden bijdragen aan de fosfaatbelasting van het milieu hangt sterk af van de fosfaatophoping in de bodem, de capaciteit van de bodem om fosfaat te binden en de hydrologische situatie. Fosfaat hoopt zich in de bodem voornamelijk op in minerale vorm (Lexmond et. al, 1982), ook wel anorganisch fosfaat genoemd. Mineraal fosfaat wordt in de bodem vooral gebonden aan aluminium- en ijzer(hydr)oxiden en/of kalkmateriaal. Naarmate de fosfaatophoping toeneemt, neemt de snelheid waarmee fosfaat kan worden gebonden af, waardoor de fosfaatconcentratie in de bodemoplossing stijgt en de kans op uitspoeling toeneemt. Bij veengronden vindt ook P-immobilisatie plaats door vastlegging in organische verbindingen, ook wel organisch fosfaat genoemd

Anorganisch fosfaat wordt in de bodem vooral vastgelegd in de ondiepe bodemlagen (0 - 50 cm), wat wordt veroorzaakt door de hoge bindingscapaciteit van deze lagen. De bindingscapaciteit bij kalkarme zandgronden is afhankelijk van het oxelaatextra-heerbaar Al- en Fe-gehalte (Van der Zee, 1988; Schoumans, 1995).

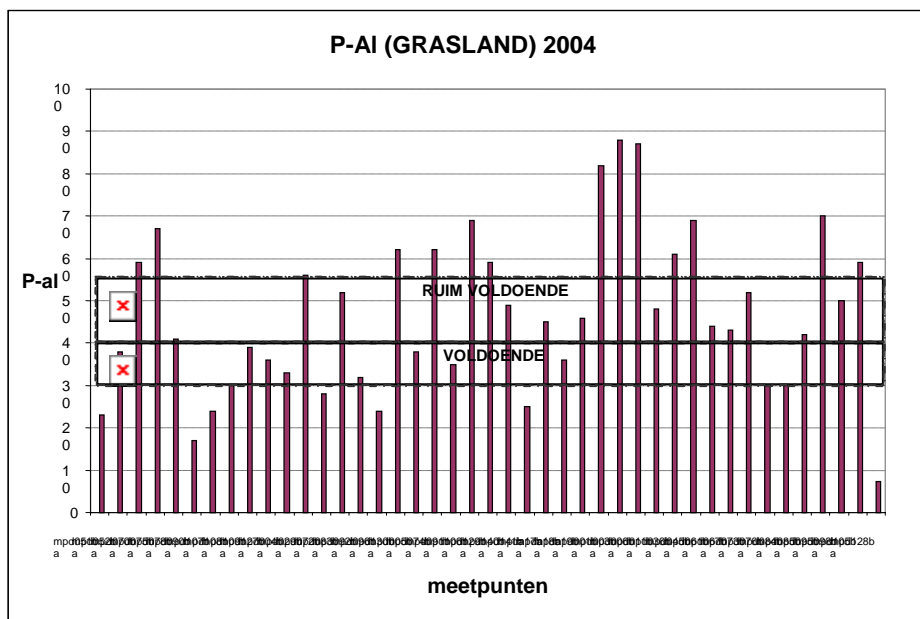
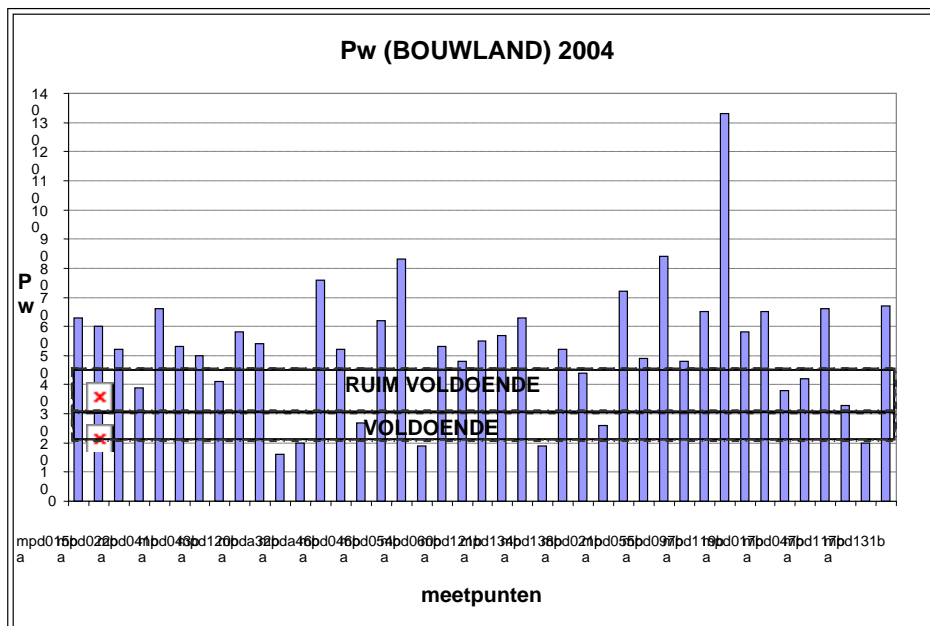
Er is sprake van een fosfaatverzadigde grond wanneer in het traject boven de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) 25% van de fosfaatbindingscapaciteit is verbruikt (P-verzadiging > 0,25). In natte gronden, gronden met een ondiepe GHG, is de laag waarin fosfaat kan worden gebonden dunner dan in gronden met een diepe GHG.

Voor het Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet worden elke vier jaar bemonsteringen uitgevoerd om o.a. de fosfaatverzadiging te bepalen. In 2004 is de laatste bemonsteringen gerealiseerd. Figuur 19 geeft een overzicht van de mate van fosfaatverzadiging op de meetlocaties in zandgronden, met een onderverdeling naar het grondgebruik bouwland en grasland. Bij de 16 meetpunten in bouwland op zand overschrijden 15 meetpunten de verzadigingsgrens (P-verzadiging > 0,25). In grasland hebben de meeste meetpunten de verzadigingsgrens bijna bereikt of reeds overschreden.



Figuur 19. Fosfaatverzadigingsgraad per meetpunt bij zandgronden met een onderverdeling naar bouwland en grasland (bron: Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet).

De provincie heeft in haar Provinciaal OmgevingsPlan (POP, provincie Drenthe, 2004) de doelstelling geformuleerd ‘dat de fosfaattoestand van de bodem op landbouwgronden niet hoger is dan ‘ruim voldoende’. Voor bouwland wordt daarbij uitgegaan van het Pw-getal en bij grasland van de P-Al-waarde. In Figuur 20 zijn de resultaten van de meetsessie uit 2004 weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat bij bouwland ca. 70% van de punten een te hoge fosfaattoestand heeft. Bij grasland ligt heeft ca. 30% van de onderzochte locatie een te hoge fosfaattoestand.



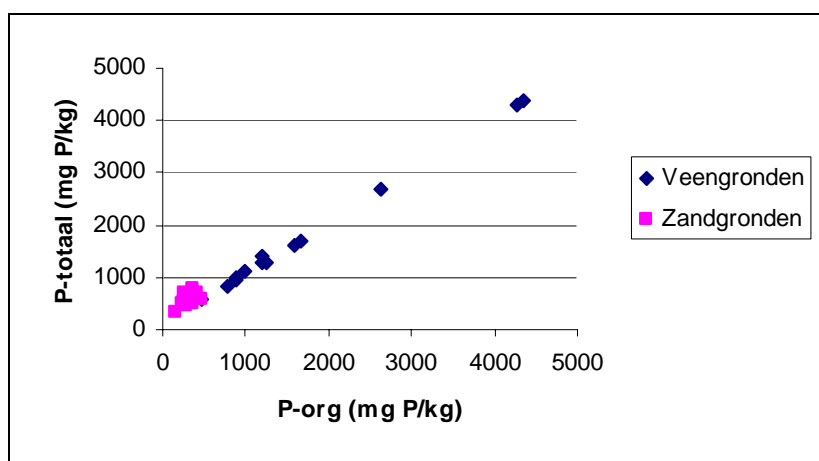
Figuur 20. Overzicht van de fosfaattoestand bij landbouwgronden (bron: Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet).

Bij de integrale rapportage van het bodem- en grondwaterkwaliteitsmeetnet in 2002 (Boukes, 2002), werd ook al constateert dat in de bodem de normen regelmatig worden overschreden, in het bijzonder onder de bouwlandpercelen. Volgens deze rapportage komen in het grondwater vooral hoge P-concentraties voor bij de veengronden en in het diepere grondwater. Onder de verzadigde landbouwgronden op zand heeft Boukes geen hoge P-concentraties in het freatische grondwater geconstateerd. Uit deze gegevens is niet af te leiden of er een duidelijke relatie is tussen de mate van fosfaatverzadiging en de fosfaatconcentraties in het grondwater, omdat we

niet beschikken over informatie over de grondwaterstanden. Mogelijk is fosfaat-lekkage wel te relateren aan de grondwaterstand, nl. dat er bij ondiepe grondwaterstanden (zoals vaak bij veengronden) meer fosfaat uitspoelt dan bij diepe grondwaterstanden, die vooral bij de zandgronden voorkomen.

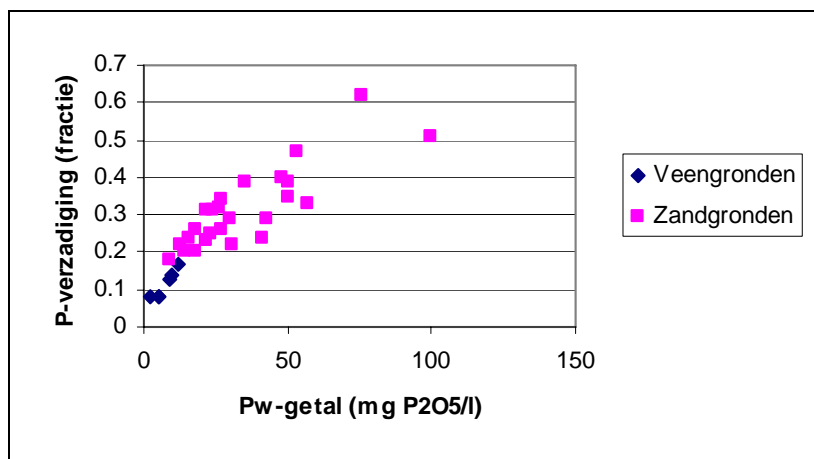
Drentse Aa

Uit een bemonstering van locaties in het stroomgebied van de Drentse Aa in 2002, blijkt dat de totale voorraad P in de bodem bij de veengronden veel hoger is dan bij de zandgronden. Bij de zandgronden varieert de hoeveelheid P-totaal tussen 300 en 900 mg P/kg, terwijl bij de veengronden de hoeveelheid P-totaal steeds hoger dan 900 mg/kg is, met uitschieters tot boven 4000 mg/kg. Een belangrijk verschil is verder dat het fosfaat bij de zandgronden vooral als anorganisch fosfaat is vastgelegd en bij de veengronden in belangrijke mate als organisch gebonden vorm (Figuur 21).



Figuur 21. De hoeveelheid vastgelegd fosfaat in de bodem in organische vorm ten opzichte van de totale hoeveelheid bij de meetpunten in de Drentse Aa.

Uit Figuur 22 blijkt dat de zandgronden een hogere verzadigingsgraad hebben dan de veengronden. De meeste zandgronden zijn verzadigd (P-verzadiging > 0.25) en de veengronden niet. Naarmate de verzadigingsgraad hoger is, neemt de gemakkelijk beschikbare P-fractie (meetbaar via Pw-getal) toe (Koopmans, 2004). De grote hoeveelheid vastgelegd fosfaat bij de veengronden is waarschijnlijk toe te schrijven aan P-immobilisatie door inbouw van fosfaat in organische verbindingen. Zolang de veengronden niet mineraliseren zal het fosfaat niet beschikbaar komen. Het is dus van belang dat de veengronden nat zijn om de P-beschikbaarheid laag te houden.



Figuur 22. De fosfaatverzadiging in de bodem ten opzichte van het Pw-getal bij de meetpunten in de Drentse Aa.

Bij de zandgronden is de P-beschikbaarheid groot. Uit onderzoek in o.a. het natuurgebied Loefvledder in het stroomgebied van de Drentse Aa, is gebleken dat natuurontwikkeling op fosfaatrijke gronden zonder drastische ingrepen mogelijk is, mits door verschraling de beschikbaarheid van stikstof en kalium kan wordt teruggedrongen (Kemmers *et al.*, 2006).

3 Conclusies en aanbevelingen

3.1 Bodemgegevens

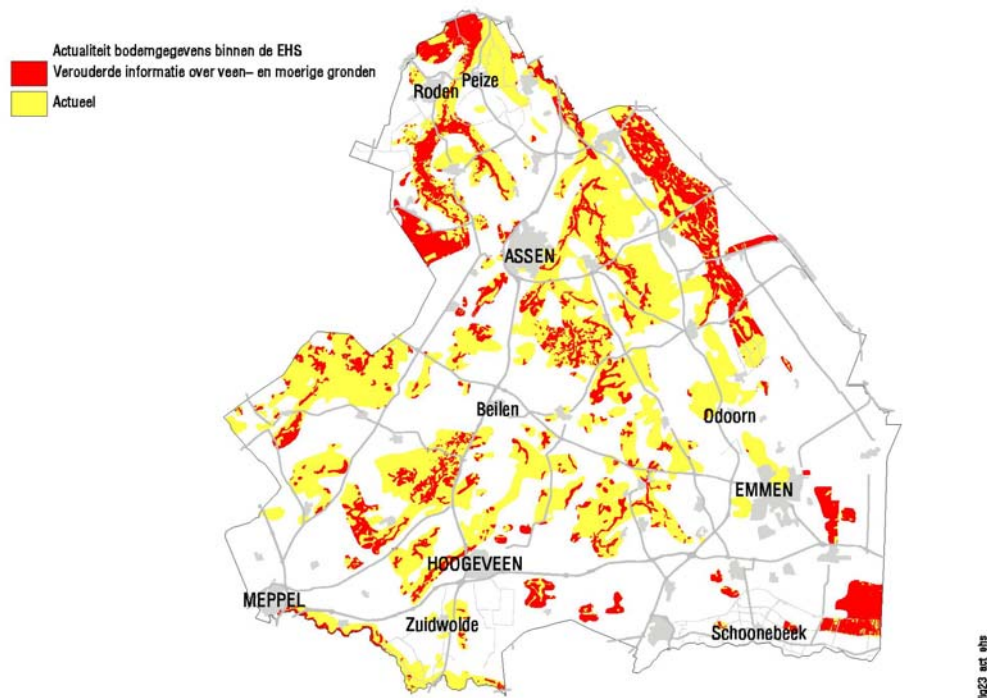
In dit project is met bestaande informatie een zo actueel mogelijke bodemkaart gecompileerd uit de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, en uit beschikbare gedetailleerde bodemkaarten. Bij 40 000 ha is de informatie afkomstig uit gedetailleerde kaarten. De opnamedatum van de gegevens verschilt van kaartblad tot kaartblad en van gebied tot gebied, deze loopt uiteen van 1965 – 2005. Sinds opname zijn vooral bij de veengronden en de moerige gronden veranderingen opgetreden ten gevolge van oxidatie van organische stof, waardoor er veen verdwijnt. De afname van de veendikte kan oplopen tot meer dan 1 cm per jaar. Deze veranderingen zijn niet opnieuw in kaart gebracht. Binnen de provincie bedraagt de oppervlakte veengronden en moerige gronden ca. 111 000 ha. Dit is ca. 42% van de totale oppervlakte van de provincie. Bij ca. 86 800 ha (33% van de provinciale oppervlakte) is de informatie van de veengronden en moerige gronden op de bodemkaart verouderd, of zijn we onzeker over de juistheid van de informatie. Uit de resultaten van een verkennend onderzoek in de periode 2001 – 2003 blijkt dat van het totale areaal veengronden nu 47% van de oppervlakte geen veengrond meer is. Met de bestaande informatie is het dus niet gelukt om voor de gehele provincie Drenthe een actuele bodemkaart samen te stellen. De provincie Drenthe maakt bij de onderbouwing van het provinciale beleid gebruik van de gegevens van de bodemkaart. De afbraak van organische bij de veen- en moerige gronden heeft verschillende effecten en gevolgen voor meerdere beleidsterreinen. In Tabel 16 wordt een overzicht gegeven en in de tekst volgt een toelichting voor een aantal beleidsterreinen.

Tabel 16. Effecten afbraak van organische stof bij veen- en moerige gronden.

Effecten afname van de veendikte	Gevolgen voor verschillende beleidsterreinen				
	Milieu	Natuur	Landbouw	Water	Ruimtelijke ordening
Vermindering koolstofvoorraad	X	X	X	X	
Emissie broeikasgassen (koolstofdioxide (CO ₂), methaan (CH ₄) en lachgas (N ₂ O))	X				
Mobilisatie nutriënten (N en P) in de bodem	X	X	X	X	
Verandering bodemeigenschappen (Ongelijke) bodemdaling		X	X	X	X
Schade aan infrastructuur (verzakkingen)			X	X	X

Natuurbeleid

Het provinciale natuurbeleid richt zich op het realiseren van natuurgebieden en robuuste natuurlijke verbindingzones binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). De kwaliteit die wordt nagestreefd hangt samen met het te realiseren natuurdoeltype. Het natuurdoeltype wordt vastgesteld met informatie over de bodem en de (geo)-hydrologische situatie. Bij gebruik van verouderde informatie over de bodem bestaat een grote kans dat een minder goed passend natuurdoeltype wordt gekozen. Met als gevolg dat suboptimale inrichtingsmaatregelen worden getroffen en dat het beheer niet is afgestemd op de potenties van het te realiseren natuurgebied. Binnen het bruto zoekgebied van de EHS komt een aanmerkelijk areaal veengronden en moerige gronden voor, bij ca. 25% van de oppervlakte is de bodemkaart verouderd (Figuur 23). Dit percentage geldt ook voor het nader begrensde EHS-gebied in POP II.



Figuur 23. Actualiteit van de bodemkaart binnen de (bruto-) EHS.

Landbouwbeleid

De provincie wil de economische functie van het Drentse platteland in stand houden en versterken en tevens de kwaliteiten van het landelijk gebied behouden en ontwikkelen (Provincie Drenthe, 2005). De provincie wil de landbouwsector faciliteren, zowel in economisch opzicht, maar ook in sociaal en ecologisch opzicht (duurzame landbouw). Om de landbouw ook in de toekomst kansen te bieden zal de productie plaats moeten vinden op gronden met een groot voortbrengend vermogen en met geringe risico's voor het milieu. Door het verdwijnen van de veenlagen in de gebieden met veengronden en moerige gronden veranderen ook de bodemeigen-

schappen. Doordat de veenlagen niet overal even dik zijn ontstaat er een bont patroon binnen een perceel, met van plaats tot plaats verschillen in eigenschappen. Deze heterogeniteit kan leiden tot een wisselende opkomst na inzaai en verschillen in groeisnelheid en afrijping van het gewas. Ook kan het reliëf binnen het perceel toenemen door het golvende oppervlak van de zandondergrond.

Voor de keuze van de optimale gebieden voor de landbouw, zijn de gegevens van de bodemkaart en de daarvan afgeleide thematische kaarten van belang. Helaas is de bodemkundige informatie over de Veenkoloniën, een belangrijke landbouwregio, door het verdwijnen van de veengronden en de moerige gronden voor nagenoeg het totale gebied verouderd. De informatie over de veendiktes en organische-stofgehaltes is ook van belang bij het streven om de organische stofvoorraad in de bodem op peil te houden.

Waterbeleid

Het beleid rond het waterbeheer in de provincie richt zich op de trits vasthouden, bergen en, als het niet anders kan, afvoeren van water. Per gebied wil men voor belangrijke functies het Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregime (GGOR) vaststellen en nastreven. Het vaststellen van de GGOR vindt plaats met het water-noodinstrumentarium (Projectgroep waterlood, 1998) aan de hand van bodemgegevens. Hiervoor is adequate informatie over de bodem nodig. In de gebieden met deformerende veengronden en moerige gronden kan de GGOR niet goed worden afgeleid. Voor de natuurwaarden en de drinkwatervoorziening is de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater van belang. De oxidatie van veen bij de veengronden en moerige gronden wordt beïnvloed door de grondwaterstand. Naarmate deze dieper is neemt de oxidatie toe waarbij broeikasgassen, zoals koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) vrijkomen. In een studie naar de emissie van broeikasgassen bij organische landbouwbodems (Van den Akker, 2005) wordt de emissie bij de oxidatie van veen bij veenkoloniale gronden afhankelijk van de grondwatertrap in geschat op 15 tot 25 ton CO₂-equivalenten/ha/jaar.

3.2 Erosieproblematiek

3.2.1 Stuifgevoeligheid

Nagenoeg alle gronden in de Veenkoloniën zijn gevoelig voor verstuiven en ook elders in Drenthe komen flinke arealen voor met stuifgevoelige gronden. Of er op een bepaald tijdstip ook daadwerkelijk verstuiwing optreedt, is afhankelijk van de omstandigheden, zoals bodembedekking, vochtgehalte van de bodem en windsnelheid. Binnen de provincie is een areaal van ca. 90 000 ha gevoelig voor verstuiwing. Hiervan heeft ca. 40 000 ha min of meer permanente (gras-) begroeiing. Bij ca. 2000 ha bestaat er zowel een kans op winderosie als watererosie.

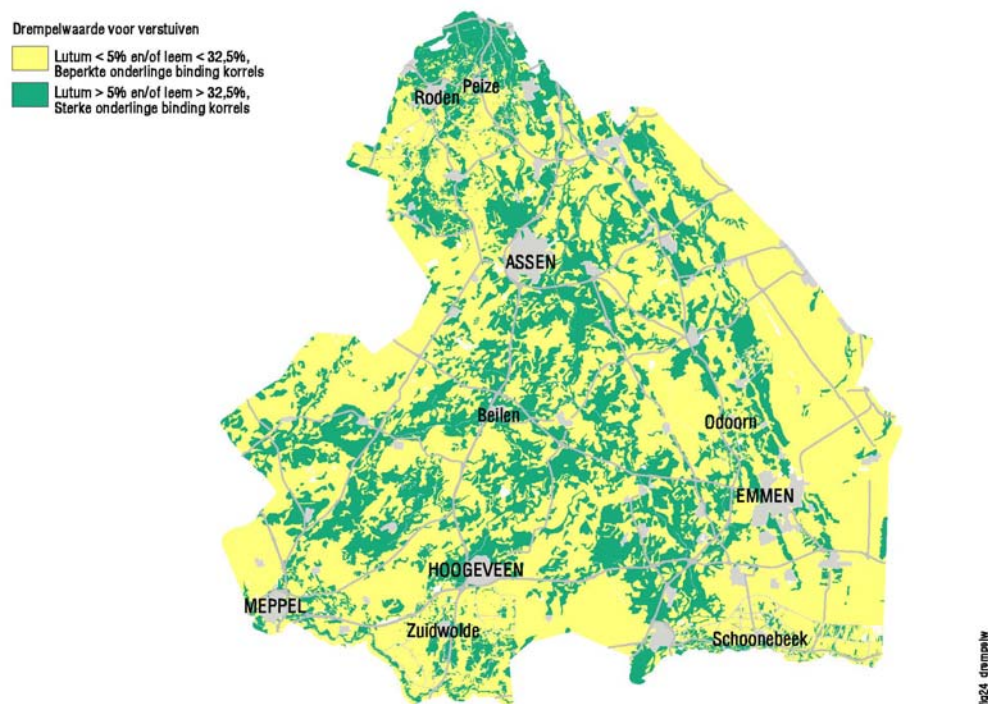
Landbouwbeleid

Verstuiven treedt vooral op bij landbouwgronden, wanneer deze een onbegroeid oppervlak hebben. De agrarische sector ondervindt dan ook de meeste schade bij

verstuiven. Naast de schade aan gewassen, kan er ook milieuschade ontstaan, doordat toegediende meststoffen en bestrijdingsmiddelen verplaatst worden en op luwe plekken accumuleren. Bij flinke stofstormen ondervindt ook de omgeving last van binnendringend stof. Uit oogpunt voor duurzaam bodemgebruik dient verstuiven bestreden te worden. Dit kan met relatief eenvoudige middelen preventief worden uitgevoerd (bijv. met ruwe mest, stro of groenbemester). De onkostenpost die hiermee gepaard gaat, is bij de teelt van suikerbieten, graszaad en fabrieksaardappelen (bijv. in de veenkoloniën) relatief hoog in relatie tot het bedrijfsrisico. De factoren stuifbestrijding en gewaskeuze hebben geen invloed gehad op het vaststellen van de stuifgevoeligheid omdat ze te afhankelijk zijn van de willekeur van individuele bedrijfsvoering. In de toekomst kunnen ze in probleemgebieden eventueel wel door de overheid sturend worden ingezet.

Waterbeleid

Uit de methode om de stuifkans vast te stellen, blijkt dat bij gronden met een lutumgehalte kleiner dan 5% en een leemgehalte kleiner dan 32,5% de grondwatertrap erg bepalend is. Verspreid over de provincie Drenthe komen gronden met lutum- en leemgehalten onder deze drempelwaarden veelvuldig voor (66%; gele gebieden op Figuur 24).



Figuur 24. Overzicht van gronden onder en boven de erosiedrempelwaarden voor lutum en leem.

Naast het lutum- en leemgehalte is de vochttoestand van de bovengrond belangrijk, deze wordt afgeleid aan de hand van de Gt. Een goede interpretatie van de stuifkans is dus erg gediend bij een actuele grondwatertrappenkaart. Juist de grondwatertrappen zullen naar verwachting, net als in het verleden, ook in de toekomst lokaal

sterk(er) aan verandering onderhevig zijn. Bij monitoren van de stuifkans moet dus vooral de aandacht liggen op het actualiseren van de grondwatertrappenkaart in gebieden waarvan bekend is dat het grondwaterregime is aangepast/veranderd zoals voor berging, buffering rondom (nieuwe) natuurterreinen, vernatting en verdroging (grondwateronttrekking).

De humusvorm van de organische stof in de bovengrond is een belangrijke factor voor de gevoeligheid voor verstuiven. De vorm van de humus is helaas niet eenduidig uit de bodemcode te destilleren. In dit stadium is daarom gekozen voor het afleiden van de humusvorm uit andere parameters die wel eenduidig in de bodemcode zijn beschreven. Er zijn aanwijzingen dat enkele parameters, namelijk het lutum- en leemgehalte, gerelateerd zijn aan de kwaliteit van de organische stof. In een vervolgfase zou aandacht besteedt kunnen worden aan een meer rechtstreekse benadering van de humusvorm.

De gradaties voor stuifgevoeligheid gelden bij vlakke en open ligging. Naast deze bodemfactoren zijn de graad van bodembedekking en beschutting voor de wind belangrijk. In plaats van alleen bossen te beschouwen als windbrekers is het beter om alle opgaande begroeiing en gebouwen en dergelijke mee te nemen in de berekening. Een methode hiervoor zou kunnen zijn om de 'ruwe' AHN-kaart (zonder uitfiltering) in de methode te betrekken. Dit is een eventuele actie voor een vervolgfase.

3.2.2 Watererosie

In de hellende gebieden van Drenthe, zoals op de Hondsrug en op de Havelterberg bestaat het gevaar voor watererosie. Elders in Drenthe komen ook terreinvormen voor waar lokaal watererosie op kan treden. Ongeveer 17 000 ha is gevoelig voor watererosie, hiervan heeft meer dan 10 000 ha een min of meer permanente (gras-) begroeiing. Bij ca. 2000 ha bestaat er zowel een kans op watererosie als winderosie.

Landbouwbeleid

Gevaar voor watererosie is vooral een landbouwprobleem, omdat het vooral optreedt bij een onbegroeid oppervlak. Naast de aanwezigheid van bodembedekking is watererosie afhankelijk van de combinatie van helling (hellingklasse en aardvorm/morfologie), bodem (infiltratiecapaciteit en bodemweerstand), bodemruwheid en regen (regenintensiteit/buispecifiek). Dezelfde factoren kunnen een bijkomend probleem veroorzaken, namelijk belasting van het oppervlaktewater met bestrijdingsmiddelen en meststoffen. Deze belasting vindt al veel eerder plaats dan watererosie van de bodem.

Bij monitoren van het gevaar voor watererosie kunnen we vrij snel vaststellen dat helling op korte termijn de minst veranderlijke factor is, evenals bij de factor bodem het onderdeel bodemweerstand. De bodemweerstand wordt bij de gronden van de provincie Drenthe al groot gevonden bij een leemgehalte van 32,5%. In de provincie Limburg zijn lössgronden met leemgehalten tot ca. 85% nog gevoelig voor erosie.

Bij lössgronden is de zandfractie echter veel kleiner dan bij de zeer sterk lemige zandgronden van Drenthe.

Voor het opnieuw vaststellen van de infiltratiecapaciteit is vooral de grondwatertrap, net als bij de stuifkans, erg bepalend. Ook voor watererosie moet dus vooral de aandacht liggen op het actualiseren van de grondwatertrappenkaart in gebieden waarvan bekend is dat het grondwaterregime is aangepast/veranderd zoals voor berging, buffering rondom (nieuwe) natuurterreinen, vernatting en verdroging (grondwateronttrekking).

Voor de factor gewas moeten we het liefst per jaar opnieuw vaststellen waar korte vegetatie voorkomt. Watererosie kan, net als winderosie, met relatief eenvoudige middelen preventief worden bestreden (bijv. haaks ploegen op de hellingsrichting of toepassen van een groenbemester). De factoren bestrijding van watererosie en gewaskeuze hebben geen invloed gehad op het vaststellen van de gevoeligheid voor watererosie omdat ze te afhankelijk zijn van de willekeur van individuele bedrijfsvoering. In de toekomst kunnen ze in probleemgebieden mogelijk door de overheid sturend worden ingezet.

Weerkundigen verwachten door de klimaatsverandering in de toekomst meer neerslag in de winter en zwaardere buien in de zomer. De kans op oppervlakkige afstroming en watererosie zal in de toekomst dan ook groter worden.

3.3 Nitraat en fosfaatproblematiek

Ca. 66% van de gronden in Drenthe hebben een wisselende tot grote gevoeligheid voor nitraatuitspoeling (Figuur 18). Het probleem speelt met name bij de zandgronden met Gt VI en droger. Grofweg gaat het hierbij om de gebieden met zandgronden buiten de beekdalen. Uit metingen die sinds 1997 jaarlijks zijn uitgevoerd blijkt dat het gemiddelde nitraatgehalte in het ondiepe grondwater bij 80 à 90 % van de locaties boven de drinkwaternorm van 50 mg NO₃/l uitkomt. Boukes kwam in 2002 tot een zelfde conclusie (Boukes, 2002). Daarnaast komt er bij de zandgronden onder landbouw een hoge fosfaattoestand voor. Vooral bij bouwland is de fosfaattoestand te hoog, bij dit bodemgebruik komen ook de meeste fosfaatverzadigde gronden voor.

Door de deformatie van de veengronden en moerige gronden neemt het areaal zandgronden toe. Onduidelijk is in welke mate de 'nieuwe zandgronden' uitspoelingsgevoelig zijn en wat het lot is van het fosfaat dat bij deze gronden in de organische stof is vastgelegd. De kans is groot dat bij de afbraak van organische stof ook het vastgelegde fosfaat vrijkomt. Uit meetgegevens in het gebied van de Drentse Aa blijkt dat de hoeveelheid P-totaal bij de veengronden enkele malen groter is dan bij de zandgronden. De grote hoeveelheid vastgelegd fosfaat bij veengronden is toe te schrijven aan P-immobilisatie door inbouw van fosfaat in organisch materiaal.

Natuurbeleid

Bij de inrichting van nieuwe natuurgebieden is het van belang om een duidelijk beeld te hebben van de voedselrijkdom van de bodem om een afweging te maken welke maatregelen nodig zijn voor verschraling. Recent onderzoek heeft aangetoond dat er naast afplaggen ook andere mogelijkheden zijn om de bodem te verschralen. In natuurgebied Loefvledder in het stroomgebied van de Drentse Aa, is gebleken dat bij een halfnatuurlijk beheer (met maaien en afvoeren) na 30 jaar op voormalige landbouwgronden voldoende verschraling is opgetreden voor laagproductieve natuurdoeltypen. Kalium lijkt bij de verschraling een sleutelrol te spelen (Kemmers, 2006).

Landbouwbeleid

Het is al langer bekend dat de nutriëntenbelasting van het grond- en oppervlaktewater vooral afkomstig is uit de landbouw. Door de mestwetgeving worden de bemestingsnormen voor landbouwgronden daarom geleidelijk aangescherpt, waardoor er nu minder nutriënten in het milieu achterblijven dan in de zeventiger- en tachtigerjaren. Tevens is er onderzoek geïnitieerd naar de mogelijkheden om nauwkeuriger te bemesten, zodat toegediende meststoffen beter worden benut door de gewassen en er minder nutriënten in het milieu achterblijven.

Waterbeleid

De hydrologie speelt een belangrijke rol bij de nutriëntenproblematiek. Droge zandgronden zijn gevoelig voor nitraatuitspoeling, terwijl bij een diepere GHG het (anorganische) fosfaat in een dikkere laag kan worden gebonden. Bij te diep ontwaterde veengronden neemt de oxidatie van veen toe, waardoor er extra nutriënten vrijkomen. Het is dus van belang dat er door middel van het waterbeheer een stabiele situatie wordt gecreëerd.

3.4 Invloed van klimaatverandering

De klimaatdeskundigen zijn algemeen tot de conclusie gekomen dat het klimaat verandert, dat wil zeggen het gemiddelde weer over een lange reeks van jaren, bijvoorbeeld enkele tientallen jaren, veranderd geleidelijk. Een belangrijke constatering is dat de gemiddelde wereldtemperatuur de laatste decennia is gestegen. Zonder klimaatsbeleidsmaatregelen verwacht het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) voor de komende eeuw mondiaal:

- Een stijging van de wereldtemperatuur met 1,4 tot 5,8 graden.
- Een toename van de hevigheid van de regenbuien.
- Een stijging van de zeespiegel met 9 tot 88 cm.

Het KNMI schetst in zijn derde klimaatrapportage (2003) voor Nederland de volgende klimaatveranderingen:

- Stijging van de temperatuur vergelijkbaar met die van het wereldgemiddelde.
- Verkorting van de duur met strenge winters.
- Meer neerslag in de winter, met intensievere buien.
- Zwaardere buien in de zomer.
- Een toename van de verdamping, met kans op verdroging.

De verwachte invloeden op de hoeveelheid neerslag en verdamping zijn van invloed op het grondwaterregime. Toename van de neerslag in de winter resulteert in een hogere GHG. Tegenover een kleine toename van de gemiddelde zomerneerslag staat een sterkere toename van de verdamping in de zomer, met grote kans op verdroging. Dit resulteert in diepere grondwaterstanden en daardoor ook een lagere GLG. Door de diepe zomergrondwaterstanden kan er bij de veengronden meer lucht binnendringen, waardoor het veen oxideert. Verwacht wordt daarom dat de veenlagen ook in de toekomst in dikte zullen afnemen, waardoor het areaal veengronden en moerige gronden verder zal afnemen. Door de oxidatie van het veen komen er ook broeikasgassen vrij. De toename van hevige buien in de zomer kan extra watererosie veroorzaken, vooral wanneer het oppervlak niet volledig bedekt is met vegetatie. Met dit oppervlakkig afstromen van water zullen er ook nutriënten en bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater terecht komen. Tijdens de extreme droogteperioden kunnen er in het voorjaar verstuivingen optreden. Geconcludeerd kan worden dat de klimaatverandering een negatieve invloed heeft op de bodemkwaliteit, door de meer extreme situaties zal de degradatie van de bodem eerder versnellen dan afnemen.

3.5 Eindconclusies en aanbevelingen

Samenvattend worden hieronder de belangrijkste conclusies en aanbevelingen met betrekking tot de actualiteit van de aanwezige bodeminformatie opgesomd:

- De veengebieden van Drenthe ‘verzanden’, doordat de veengronden en moerige gronden deformerden richting zandgronden. De huidige bodemkaart geeft onvoldoende informatie over de actuele toestand van de gebieden waar van oudsher veengronden en moerige gronden voorkomen. Om voor het provinciale beleid te kunnen werken met de juiste gegevens adviseren wij om de bodemkaart van de gebieden met verouderde informatie te actualiseren op schaal 1 : 50 000. Het gaat hierbij om een areaal van 80 à 90 000 ha.
- Binnen de EHS is bij 25% van de oppervlakte de informatie over de bodem verouderd. Bij de inrichting van natuurgebieden speelt vooral de nutriëntenproblematiek. Voor het bepalen van inrichting- en beheermaatregelen is aanvullend onderzoek naar de nutriëntentoestand in de bodem en het grondwater vereist. Voor specifieke projectgebieden is het doelmatig om gebruik te maken van gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaarten (schaal 1 : 10 000 of 1 : 25 000).
- Uit dit onderzoek is gebleken dat het grondwaterregime bij de meeste thema’s een rol speelt. Het is dus van groot belang te beschikken over actuele gegevens over het grondwaterstandsverloop. Het monitoren van de grondwaterstand in een kwantiteitsmeetnet met grondwaterstandsbuizen geeft informatie over het grondwaterstandsverloop en eventuele trends in de tijd van specifieke locaties. De grondwatertappenkaart geeft gebiedsdekkend informatie.

Literatuur

- Bodemkaart van Nederland, 1961 t/m 1995. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; toelichtingen bij de kaartbladen 11 Oost, 12 West, 12 Oost, 13 West, 18 West en 23 West, 16 Oost, 17 West en Oost, 21 Oost en 22 West en Oost*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Boukes, H. & P.K. Baggelaar, 2002. *Integrale rapportage Bodem- en Grondwatermeetnetten provincie Drenthe*. Adviesbureau Boukes, De Meern.
- Brouwer, F., H.L. Boogaard & R.C.M. Merkelbach, 2003. *Waterkansenkaarten voor de functie landbouw; Een methode voor het vaststellen van geschiktheden en kwetsbaarheden van relevante gewasteelten voor Noord Nederland*. Wageningen, Alterra. Rapport 692.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften; deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik*. Wageningen, SC-DLO. Technisch Document 19D.
- Dirkse, G.M., W.P. Daamen & C. Schuiling, 2001. *Toelichting bossenkaart*. Wageningen, Alterra, Rapport 292, 87 blz.
- Dodewaard, E. van, 1997. *De bodemgesteldheid van de landinrichtingsgebieden Zuidwolde – Zuid, Beneden Egge en Zuidwolde – Noord: resultaten van een bodemgeografisch onderzoek*. Staring Centrum, Wageningen. Rapport 535.
- Finke, P.A., D.J. Groot Obbink, H. Rosing & F. de Vries, 1996. *Actualisatie Gt-kaarten 1 : 50 000 Drents deel kaartbladen 16 Oost (Steenwijk) en 17 West (Emmen)*. Staring Centrum, Wageningen. Rapport 439.
- Gaast, J.W.J. van der, H. Vroon & I.G. Staritsky, 2006 i.v.. *Interpoleren op basis van verwantschap*. H₂O 39(2006)17.
- Gedeputeerde staten van de provincie Drenthe, 2005. *Programmaplan Land 2005-2006*. Provincie Drenthe.
- Grinsven, J.J.M., M.V. van Schijndel, C.G.J. Schotten & H. van Zeijts, 2003. *Integrale analyse van stikstofstromen en stikstofbeleid in Nederland. Een nadere verkenning*. RIVM, Bilthoven. Rapport 500003001/2003.
- Hanegraaf, M., M. de Haas, J. Bokhorst, N. van Eekeren & H. de Boer, 2006. *V-focus*, augustus 2006, Wageningen.
- Huinink, J.Th.M., 1986. *Grasland: rond of vlak?*; in: De Buffer, jrg 32, nr. 1, pag. 1-14.

- Huinink, J.Th.M., 1995. *Bodembeschrijving en bodemgeschiktheidsbeoordeling*, 3^e druk, Ede, IKC-L/IKC-MKT.
- Kekem, A.J. van, T. Hoogland & J.B.F. van der Horst, 2005. *Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart: werkwijze en resultaten*. Alterra, Wageningen. Rapport 1080.
- Kemmers, R.H., A.T. Kuiters, P.A. Slim & J.P. Bakker, 2006. *Is ontgronding noodzakelijk voor natuurherstel op voormalige landbouwgronden?* De levende Natuur, 107(2006)4.
- Kiestra, E., 2003. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek voor de waardebeoordeling van de gronden in het herinrichtingsgebied Schoonebeek*. Alterra, Wageningen. Rapport 686.
- Kiestra, E., 2006. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek voor de waardebeoordeling van de gronden in het landinrichtingsgebied Peize*. Alterra, Wageningen. Rapport 1233.
- KNMI, 2003. *De toestand van het klimaat in Nederland 2003*. KNMI, De Bilt.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker & F. de Vries, 2005. *Emissie van N₂O en CO₂ uit organische landbouwbodems*. Alterra, Wageningen. Rapport 1035-2.
- Koopmans, G. 2004. *Characterization, desorption and mining of phosphorus in non calcareous sandy soils*. Wageningen University. PhD-thesis.
- Kwaad, F.J.P.M., 1991. *Summer and winter regimes of runoff generation and soil erosion on cultivated loess soils (The Netherlands)*; in: Earth Surf. Proc. Landf. 4, 281-295.
- Lexmond, Th.M., W.H. van Riemsdijk & R.A.M. de Haan, 1982. *Fosfaat en koper in de bodem in gebieden met intensieve veehouderij*. Reeks Bodembescherming nr. 9. Staatsuitgeverij 's Gravenhage 1982.
- LNV, 2001. *Besluit Zand- en Lösgronden*. Staatsblad, december 2001 nr. 579.
- LNV, 2005. *Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet*. Staatsblad, december 2005 nr. 645.
- Makken, H., 1991. *De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Schoonebeek*. Staring Centrum, Wageningen. Rapport 213.
- Makken, H. en G. Rutten, 1985. *De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Roden – Norg*. Stiboka, Wageningen. Rapport 1733.
- Makken, H. & F. de Vries, 1989. *Bodem en grondwater opnieuw in kaart: Revisie van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, blad 12 Oost en 17 Oost*. Staring Centrum, Wageningen. Rapport 36.

Pleijter, M. 2004. *Veengronden en moerige gronden op de bodemkaart van Nederland anno 2003: onderzoek naar de afname van het areaal veengronden rondom Schoonebeek*. Alterra, Wageningen. Rapport 1029.

Projectgroep Waterlood, 1998. *Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater; een op het grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen*. Dienst Landelijk Gebied, Utrecht, Unie van Waterschappen, Den Haag, DLG-publicatie 1998-2.

Provincie Drenthe, 2004. *Provinciaal Omgevingsplan*. Provinciale Staten van Drenthe.

RIVM, 2002. *Minas en Milieu, balans en verkenning*. Milieu en Natuurplanbureau RIVM, Bilthoven.

Schoumans, O.F., 1995. *Beschrijving en validatie van de procesformulering van de abiotische fosfaatreacties in kalkarme zandgronden*. Staring Centrum, Wageningen. Rapport 381.

Schoumans, O.F., 2004. *Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland*. Alterra, Wageningen. Rapport 730.4.

Smit, A. & P. Kuikman, 2005. *Organische stof: onbemand of onbekend?* Alterra, Wageningen. Rapport 1126.

Stiboka, 1980. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Toelichting bij de kaartbladen 13 Winschoten en 18 Ter Apel en 23 Nieuw Schoonebeek*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Stoffelsen, G.H., 2004. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek voor de waardebeoordeling van de gronden in het landinrichtingsgebied Odoorn*. Alterra, Wageningen. Rapport 814.

Stuurgroep Bodem, 2006. *Duurzaam bodemgebruik in de landbouw. Een beoordeling van agrarisch bodemgebruik in Nederland*.

Velthof, G.L., 2004. *Achtergronddocument bij enkele vragen van de evaluatie Meststoffenwet 2004*. Alterra, Wageningen. Rapport 730.2.

Vries, F. de, 2003. *Bodemkundige basisinformatie provincies Groningen, Drenthe en Overijssel*. Wageningen, Alterra. Rapport 696.

Vries, F. de, 1999. *Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 654.

Wagelmans, M., 2002. *Ontwikkeling van beleid ter bestrijding van winderosie*. Bioclear, Groningen.

Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom & A.F. van Holst, 1988. *Generalisatie en bodemfysische vertaling van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 250 000, ten behoeve van de PAWN-studie*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Rapport 2055.

Zee, S.E.A.T.M. van der, 1988. *Transport of reactive contaminants in heterogeneous soil systems*. Dissertatie, Landbouwniversiteit Wageningen.

Bijlage 1 Lijst met begrippen en afkortingen

AHN	Actueel Hoogtebestand van Nederland.
Biells	Bodeminformatie: Essentieel voor landelijke en lokale sturing.
BIS	Bodemkundig InformatieSysteem.
Gd	GrondwaterDynamiek. Dit is een verzamelterm voor GHG, GLG, GVG, Gt en regimecurves. Gd wordt in dit rapport tevens gerelateerd aan de methode van inwinning en verwerking van gegevens tot gebiedsdekkende overzichten, waarbij intensief gebruik wordt gemaakt van tijdreeksanalyse en geostatistiek.
GHG	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand; gedefinieerd als het gemiddelde van de HG3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. Voor de Gd methodiek worden GHG's berekend uit een meetreeks van 30 jaar. Deze reeks wordt met behulp van tijdreeksanalyse samengesteld uit bestaande veelal incomplete meetreeksen.
GLG	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand; gedefinieerd als het gemiddelde van de LG3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. Voor de Gd methodiek worden GLG's berekend uit een meetreeks van 30 jaar. Deze reeks wordt met behulp van tijdreeksanalyse samengesteld uit bestaande veelal incomplete meetreeksen.
GVG	Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand; gedefinieerd als het gemiddelde van de VG3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. Voor de Gd methodiek worden GVG's berekend uit een meetreeks van 30 jaar. Deze reeks wordt met behulp van tijdreeksanalyse samengesteld uit bestaande veelal incomplete meetreeksen.
Gt	Grondwatertrap; is een typische combinatie van GHG- en GLG-klassen die op thematische kaarten kan worden weergegeven.
HG3 respectievelijk LG3	Zijn het gemiddelde van de drie hoogste respectievelijk laagste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april tot 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een halfmaandelijkse meetfrequentie.
IPPC	Intergovernmental Pannel on Climate Change.
KRW	Kader Richtlijn Water.
LGN	Landelijk grondgebruiksbestand van Nederland. Dit is een GIS-bestand met een gridcelgrootte van 25x25 meter. Elke gridcel geeft informatie over het grondgebruik op die locatie, waarbij naast onderscheid in bos, natuur en landbouw, ook onderscheid wordt gemaakt in gewas (bijvoorbeeld bieten en aardappelen). Inmiddels is versie 5 beschikbaar (LGN5), dat is afgeleid uit satellietbeelden uit 2003 en 2004.

NMI	Nutriënten Management Instituut, Wapeningen.
PAWN	Policy Analysis for the Water management of the Netherlands. De afkorting PAWN wordt ook veelvuldig als synoniem gebruikt voor bodemkundige indeling, die 1988 is opgesteld om als invoer van modelberekeningen te dienen.
VG3	Is de gemiddelde grondwaterstand op de meetdata 14 maart, 28 maart en 14 april in een bepaald kalenderjaar.
Waternoodinstrumentarium	Dit is een hulpmiddel om voor het waterbeheer om het optimale grond en oppervlakte waterregime te bepalen voor een bepaalde gebiedsfunctie.

Bijlage 2 Overzicht analoge gedetailleerde bodemkaarten binnen de provincie Drenthe

Naam	Rapport	Jaar	Auteur	Schaal	Procent veenmoerig	Bruikbaar	Oppervlakte (ha)
Hooghalen	952	1971	Kleijer en Vrielink	10000	19	ja	1051
Grollo	937	1971	Vrielink	10000	12	ja	1051
Borger en Gieten	976	1972	Loo v/h/ Vrielink en Rutten	10000	4	ja	2149
Sleenerzand	1095	1974	Loo v/h/ Mekking en v/d Hurk	10000	5	ja	1478
Gees	1094	1975	Mekking en v/d Hurk	10000	7	ja	1034
Dwingeloo	1164	1976	Vrielink/ v/d Hurk en Waenink	10000	12	ja	1419
Ruinen	1671	1983	Mekking en Kleijer	10000	13	ja	1116
Smilde-Berkenheuvel	1753	1985	Mekking en Kleijer	10000	8	ja	2386
Havelte	58	1990	Stoffelsen en Vroon	25000	8	ja	296
Emmen	1937	1988	Mekking/ v. Delft en Kleijer	10000	25	ja, alleen op de hondsrug	1200
Totaal areaal bruikbare gedetailleerde analoge kaarten							13180
Overige niet bruikbare gedetailleerde analoge bodemkaarten							
Eelde e.o.	159	1949	Liere v.	2500	0	nee	54
Vledderveen en Vledderveld	201	1950	Veenbos	5000	26	nee	652
Nolderveld e.o.	281	1952	Roo de en Harmsen	5000	15	nee	562
Emmen Gem.	367	1953	Heuveln v.	5000	22	nee	1864
Madelandproefpolder	368	1954	Heuveln v.	2500	0	nee	57
Borger	351	1954	Roo de en Harmsen	5000	13	nee	954
Bargercompascuum	397	1955	Heuveln v.	5000	13	nee	58
Madelanden Sleem-De Klenke	418	1956	Heuveln v.	5000	55	nee	785
Havelte	454	1957	Knaap v/d en Veenbos	10000	4	nee	1771
Rolde	441	1959	Roo de en Harmsen	10000	5	nee	4105
Smilde-uitbr.	967	1961	Hammings/Dontje	10000	55	nee	1392
Drijber	565	1961	Beekman	10000	3	nee	1967
Schoonebeek	570	1961	Voort v/d en v/d Knaap	25000	88	nee	2947
Sleenerstroom	547	1962	Wieringa en v/d Hurk	10000	28	nee	5878
Dalen	526	1963	Wieringa	10000	43	nee	7259
Odoorn	666	1966	Buithuis	25000	0	nee	1521
Emmercompascuum	742	1968	Booy	1000	97	nee	33
Zuidlaren-De Groeve	1039	1972	Kleijer en Zegers	2500	80	nee	17
Klazinaveen	1008	1972	Kleijer en Zegers	5000	90	nee	121
Ruinerwold-Koekange	878	1972	Dodewaard v. en Rutten	10000	37	nee	5847
Zuidwolde	1025	1973	Buithuis/ Stoffelsen en Rutten	10000	29	nieuwe kaart beschikbaar	7195
Ossesluis e.o.	1010	1974	Holst v. en Rutten	10000	33	nee, te veel veen	1575
Ruinen	1226	1977	Dodewaard v./ Buithuis en Rutten	10000	29	nee, te veel veen	4064
Erica	1395	1978	Tuinbouwgebied	2500	97	nee	64
Klazinaveen	1445	1979	Kleijer	5000	99	nee	137
Coevorden	1740/1755	1983	Dekkers	2000	54	nee	43
Zuidlaren-De Groeve	1684	1983	Dodewaard v. en Kleijer	5000	88	nee	95
Valthermond	1839	1985	Dodewaard v. en Dekkers	2500	98	nee	111
Norg	1752	1985	Vrielink en Kleijer	10000	53	nee	862
Schoonlo	9	1989	Mekking	10000	11	nee, geen bodemkaart	1529

Bijlage 3 Overzicht beschikbare GIS-bestanden

NB. Per GIS-bestand is er een file met meta-informatie beschikbaar. Deze file met meta-informatie maakt onderdeel uit van het GIS-bestand.

GIS-bestand	Omschrijving	Avl	Avl-item	Toont informatie over
<i>Shape-file</i>				
Bodemk-drenthe0606	Gecompileerde bodemkaart uit de bestanden van de bodemkaart 1 : 50 000, veenkartering en detailkaarten	Leg-bod-code.avl Leg-bod-tekst.avl Leg-gwt-code Leg-gwt-tekst Actualiteit_veen.avl	Eerste_bod Eerste_bod Eerste_gwt Eerste_gwt Vact_tekst	Bodemeenheden Bodemeenheden Grondwatertrappen Grondwatertrappen Actualiteit gegevens veen- en moerige gronden
Metainfo-bodemkaart	Overzicht met gehanteerde bronnen voor de bodemkaart, inclusief informatie over schaal, jaar van opname en literatuurverwijzing	Actualiteit_veen_ Arcering.avl Bronnen.avl	Vactueel Bron	Arcering verouderde informatie Gebruikte gegevens
Meta-bod-analoog	Overzicht van beschikbare gedetailleerde analoge bodemkaarten van voor 1985.			
<i>Grid-bestanden</i>				
GHGpr	Predictie voor de GHG, als onderdeel van de Gd-kaart	GXGpr.avl	value	GHG in cm-mv.
GLGpr	Predictie voor de GLG, als onderdeel van de Gd-kaart	GXGpr.avl	value	GLG in cm-mv.
GHGvfout	Voorspelfout van de GHG, als onderdeel van de Gd-kaart	Vfout.avl	value	Voorspelfout GHG (cm)
GLGvfout	Voorspelfout van de GLG, als onderdeel van de Gd-kaart	Vfout.avl	value	Voorspelfout GLG (cm)
Gd-kaart	Gt afgeleid van de GXG, als onderdeel van de Gd-kaart	Gt-klassen	value	Grondwatertrappen
Os-drenthe	Organische-stofgehalte in de bovengrond	Os-grid.avl	value	Percentage organische stof in klassen
Vdik-drenthe	Veendikte in cm	Vdik-grid.avl	value	Veendikte in klassen
Vbeg-drenthe	Begindiepte van de veenlagen in cm-mv	Vbegin.avl	value	Begindiepte van de veenlaag
Kwets-stuif	Kwetsbaarheid voor wind-erosie	Kwets-stuif.avl	value	Kwetsbaarheid voor verstuiving in klassen
Kwets-water	Kwetsbaarheid voor water-erosie	Kwets-water.avl	value	Kwetsbaarheid voor watererosie in klassen
Grs-mestw2006	Grondsoortindeling per perceel. Bijlage bij het Uitvoeringsbesluit Mest-stoffenwet	Grs-mestw2006	value	grondsoortindeling
Kwets_n_uit	Indeling van het gebied naar de kwetsbaarheid voor nitraatuitspoeling	Kwets_n_uitspoel.avl	value	Kwetsbaarheid uitspoelingsgevoeligheid in klassen
Bodemk-ehs	Gecompileerde bodemkaart voor het bruto EHS-gebied, uit de bestanden van de bodemkaart 1 : 50 000, veenkartering en detailkaarten	Leg-bod-code.avl Leg-bod-tekst.avl Leg-gwt-code Leg-gwt-tekst Actualiteit_veen.avl	Eerste_bod Eerste_bod Eerste_gwt Eerste_gwt Vact_tekst	Bodemeenheden Bodemeenheden Grondwatertrappen Grondwatertrappen Actualiteit gegevens veen- en moerige gronden
		Actualiteit_veen_ Arcering.avl	Vactueel	Arcering verouderde informatie

