

**stowa**

INVENTARISATIE VAN GEBIEDEN MET VEENKADEN  
OF KADEN OP VEENONDERGROND

# AANDACHTSGEBIEDEN VEENKADEN



RAPPORT

2004  
**36**

AANDACHTSGEBIEDEN VEENKADEN

RAPPORT

2004

36

ISBN 90.5773.282.3



stowa@stowa.nl www.stowa.nl  
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66  
Arthur van Schendelstraat 816  
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:  
**Hageman Fulfilment** POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,  
TEL 078 62 30 500 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl  
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

# COLOFON

Utrecht, december 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

RAPPORT Aandachtsgebieden veenkaden

## PROJECTUITVOERING

H.J.T. Weerts (TNO-NITG)

B. Makaske (Alterra)

G.J. Maas (Alterra)

C.H.M. de Bont (Alterra)

G.A..M. Kruse (GeoDelft)

J.G. Veldkamp (TNO-NITG)

R.W. Vernes (TNO-NITG)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE / KLANKBORDGROEP

P. van den Berg (voorzitter) - Hoogheemraadschap van Rijnland / voorzitter STOWA programma-commissie Waterweren

C. van Ackooij – Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

E. Bongaards – waterschap Wilck en Wiericke

H. Drenkelford – Hoogheemraadschap van Delfland

S. Gardien – waterschap Hunze en Aa's

R. Joosten – Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

P. Neijenhuis – waterschap Vallei en Eem

R. Taffijn – Hoogheemraadschap van Schieland

J. Teeuw – Hoogheemraadschap van Amstel, Gooi en Vecht

L. Zijlstra – wetterskip Fryslân

J. Scholtes – Unie van Waterschappen

H. Eikelenboom – provincie Noord - Holland

A.K. Evers – provincie Utrecht

E. Hazenoot – provincie Utrecht

J. Westerhoven – provincie Zuid – Holland

W. de Vries – TAW - coördinator / wetterskip Fryslân (vanaf mei 2004)

J. Weijers – RWS DWW

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

FOTO H. van Hemert

STOWA rapportnummer 2004-36  
ISBN 90.5773.282.3

Dit onderzoek vormt onderdeel van het onderzoeksprogramma  
“Droogte onderzoek Veenkaden”,

# TEN GELEIDE

## ALGEMEEN

Gedurende de uiterst droge zomer van 2003 verschoof eind augustus in Wilnis een veenkade. Enkele dagen later volgde de afschuiving van een veenkade nabij Terbregge. Uiteindelijk vonden gedurende de nazomer van 2003 op ca. 50 locaties serieuze vervormingen van veenkaden plaats. De langdurige droogte vormde een belangrijke oorzaak voor deze doorbraken en vervormingen. Op basis van deze gebeurtenissen is “langdurige droogte” als belastingssituatie geïdentificeerd. Een nieuwe belastingssituatie die zelfs maatgevend kan zijn, gezien de doorbraken van 2 veenkaden. Vanwege de onbekendheid met deze belastingssituatie, ontstonden bij de waterschappen enkele urgente vragen betreffende de veiligheid van verdroogde (veen-) kaden. Op verzoek van de Unie van Waterschappen heeft de STOWA in overleg met de waterschappen begin september het initiatief genomen tot uitvoering van een onderzoeksprogramma. Doelstelling van het “Droogte onderzoek veenkaden” was de snelle beantwoording van de urgente vragen van de waterschappen. Medio oktober 2003 zijn de vragen beantwoord. Vervolgens is besloten tot verlenging van het onderzoeksprogramma. De tweede fase van het onderzoek is gericht op het ondersteunend adviseren van de waterschappen betreffende denkbare voorbereidingen op de zomer van 2004, in potentie een periode waarin de belastingssituatie “droogte” opnieuw de veiligheid van veenkaden zou kunnen bedreigen. De betreffende adviezen zijn in mei en juni 2004 gerapporteerd.

De totale rapportage van het onderzoeksprogramma (zie tabel 1) omvat:

- een eindrapport: een beschrijving van de belangrijkste conclusies van het onderzoeksprogramma en de samenhang van alle verschillende deelonderzoeken en -activiteiten;
- een hoofdrapport: een samenvattende aanbeveling voor het beheer en de inspectie van veenkaden tijdens droogte, op basis van een synthese van de verschillende bevindingen van alle deelonderzoeken en -activiteiten;
- 7 deelrapporten: rapportage van de ondersteunende adviezen zoals die tijdens het onderzoek zijn uitgebracht;  
doel van deze adviezen was steeds het tijdig informeren van de waterschappen over ontwikkelde inzichten, omwille van deze tijdigheid hebben de rapporten overwegend een conceptueel karakter;
- 6 achtergrondrapporten met de feitelijke rapportage van de deelonderzoeken;  
deze resultaten zijn gebruikt bij het samenstellen van de deelrapporten.

## DIT RAPPORT

Het voorliggende rapport “Aandachtsgebieden Veenkaden” beschrijft de inventarisatie van gebieden waar veenkaden of kaden op veenondergrond kunnen voorkomen. Het rapport presenteert de “Veenkade aandachtsgebieden” kaart, evenals de kaarten met regionale informatie betreffende de bodemopbouw, grondwaterstanden en stijghoogte en historisch – geografisch informatie over de ontstaanswijze van kaden. De verschillende kaarten kunnen desgewenst door de STOWA digitaal beschikbaar worden gesteld, zie hiervoor onze web-site.

TABEL 1

## OVERZICHT RAPPORTAGE DROOGTE ONDERZOEK VEENKADEN

**Hoofdrapporten**

2005 - 02	Onderzoeksprogramma Droogteonderzoek Veenkaden
2005 - 03	Naar een draaiboek voor veenkaden bij droogte

**Deelrapporten**

2004 - 06	Beslissingsondersteuning inspectie van verdroogde veenkaden
2004 - 07	De stabiliteit van veenkaden: stand van zaken
2004 - 08	Droogteonderzoek Veenkaden korte termijn in retrospectief
2004 - 12	Bomen op verdroogde boezemkaden
2004 - 15	Hoe droog is het?
2004 - 17	Kwetsbaarheid van veenkaden voor droogte
2004 - 18	Veiligheid van veenkaden: denkbare (nood-) maatregelen

**Achtergrondrapporten**

2004 - 34	Grondonderzoek veenkaden
2004 - 35	Inspectietechnieken voor droge veenkaden
<b>2004 - 36</b>	<b>Aandachtsgebieden veenkaden</b>
2004 - 37	Stabiliteit van veenkaden tijdens droogte: case studie
2004 - 38	Natuurlijke herbevochtiging van verdroogde veenkaden
2004 - 39	Versnelde herbevochtiging verdroogde veenkaden

**WOORD VAN DANK**

Het onderzoeksprogramma is uitgevoerd in samenspraak met de STOWA programma-commissie Waterweren en een sectorale klankbordgroep bestaande uit vertegenwoordigers van waterschappen en provincies.

Aan het gehele onderzoeksprogramma "Veenkaden" is bijgedragen door deskundigen van verschillende instituten, adviesbureaus, waterschappen, overheidsorganisaties en provincies. Gedurende het onderzoek was sprake van een constructieve samenwerking tussen de betrokken deskundigen. De resulterende effectieve combinatie van inzichten uit de verschillende expertises heeft in belangrijke mate bijgedragen aan de snelle en zorgvuldige beantwoording van de urgente vragen van de waterkeringbeheerders. Het is dankzij deze pragmatische aanpak dat de STOWA erin is geslaagd om, reeds binnen enkele weken na de doorbraak van de veenkade bij Wilnis en Terbregge, de urgente vragen van de waterschappen afdoende te beantwoorden.

Een woord van dank gaat dan ook uit naar alle direct betrokken deskundigen van de verschillende instituten en adviesbureaus, speciale waardering gaat uit naar de doelgerichte en pragmatische aanpak tijdens de uitvoering van het onderzoeksprogramma.

De STOWA heeft het onderzoeksprogramma kunnen uitvoeren dankzij een extra financiële bijdrage van de gezamenlijke waterschappen.

ir. J.M.J. Leenen  
Directeur STOWA  
December 2004

# VOORWOORD

Gedurende de zomer van 2003 is langdurige droogte als nieuwe belastingsituatie geïdentificeerd. Doorbraken van veenkaden bij Wilnis en Terbregge hebben aangetoond dat deze belastingsituatie voor veenkaden zelfs maatgevend kan zijn. Vanwege de onbekendheid met deze belastingsituatie en het opgetreden faalmechanisme, dienden de waterkeringbeheerders op korte termijn na beide doorbraken alle regionale waterkeringen te inspecteren waarvan de sterkte mogelijk kwetsbaar is voor droogte. Dit betrof in beginsel alle veenkaden en kaden op veenondergrond.

Eén van de urgente vragen van de waterschappen direct na beide kadebreuken richtte zich dan ook op de prioritering van de kaden voor inspectie. Dit betrof ten eerste de vraag in welke gebieden zich kaden bevinden waarvan de stabiliteit mogelijk kwetsbaar is voor droogte (de inventarisatie). En afgeleide vraag was om daarbij tevens de gebieden onder te verdelen op basis van de veronderstelde mate van kwetsbaarheid (de rangschikking van de geïnventariseerde gebieden).

Voor de beantwoording van de vraag zijn door verschillende organisaties beschikbare databestanden betreffende de bodemopbouw, grondwaterstanden en stijghoogte en historisch – geografische informatie gekoppeld. De waterschappen zelf hebben hierbij direct digitale bestanden met de polderpeilen en ligging van de regionale keringen aangeleverd. Op basis van deze regionale gebiedskenmerken is allereerst vastgesteld **waar** (in welke gebieden) kaden waarvan de stabiliteit kwetsbaar is voor droogte kunnen voorkomen. Vervolgens is voor de combinatie van de verschillende omgevingskenmerken afgeleid **in welke mate** de stabiliteit van de kaden kwetsbaar is voor droogte. Deze afleiding is gebaseerd op enkele voorlopige inzichten in het faalmechanisme zoals dat in Wilnis is opgetreden.

De samengestelde “Veenkade aandachtsgebieden” kaart presenteert de geïnventariseerde gebieden waar mogelijk veenkaden voorkomen, alsmede een indicatie voor de mate waarin inspectie van in het gebied aanwezige kaden tijdens droogte aandacht verdient. Opgemerkt wordt dat dit een indicatie op **gebiedsniveau** betreft, de indicatie is gebaseerd op gebiedskenmerken en omvat geen kenmerken van de aanwezige kaden. Met andere woorden, in zeer kwetsbare gebieden kunnen wel degelijk zeer veilige kaden voorkomen. De verschillende waterschappen hebben zodoende de “Veenkade aandachtsgebieden” kaart gecombineerd met lokale kennis over de (sterkte van de) kaden en de gevolgen van een eventuele doorbraak, om tot een rangschikking (op basis van kans en gevolg: risico) van de kaden voor inspectie op **kade-niveau** te komen.

De studieresultaten zijn door de waterschappen gebruikt voor een eerste rangschikking van de kaden voor de uitvoering van inspecties. Tijdens de tweede fase van het onderzoeksprogramma is de “Veenkade aandachtsgebieden” kaart geverifieerd, voor wat betreft de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid bij de inschatting van de kwetsbaarheid van de eventueel aanwezige kaden voor droogte. Tevens is in de betreffende studie nagegaan of de regionale informatie voldoende bruikbaar is voor de locatie-specifieke berekening van (de afname van) de stabiliteit van de kaden tijdens droogte. De resultaten van deze vervolgstudie zijn beschreven in rapport 2004-37.

L.R. Wentholt en H. van Hemert

# SAMENVATTING

Na de dijkdoorbraken van veenkaden in 2003 bij Wilnis en Terbregge ontstond de behoefte aan meer kennis over de opbouw van de veenkaden en van de ondergrond waarop ze liggen. Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centrum, TNO-NITG en GeoDelft hebben in opdracht van STOWA landelijke overzichtskaarten vervaardigd, die op een regionale schaal de opbouw van de aanwezige kades en van de ondergrond weergeven. Omdat de dijkdoorbraken plaatsvonden in verdroogde veenkaden, en de aanwezigheid van zand in de ondergrond in combinatie met waterspanning een rol leken te spelen is gefocused op de aanwezigheid van veen en zand in de ondiepe ondergrond. Bij de samenstelling van de kaarten en de keuze van de legenda-eenheden is steeds nadrukkelijk uit gegaan van de geotechnische eigenschappen van de kades, het veen en de diepte van het zand. Er zijn vier basiskaarten gemaakt:

- Een kaart met de typologie van de veenkaden,
- Een kaart van de dikte van het veen in de bovenste vijf meter beneden maaiveld,
- Een kaart met de top van de bovenste zandlaag,
- Een kaart van het verschil in stijghoogte over het klei-veenpakket.

Uit deze kaarten is één afgeleide kaart gemaakt; de kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden'. Nadrukkelijk wordt gesteld dat de vervaardigde kaarten dienen om een **regionaal** overzicht te krijgen van de ligging van de meest kwetsbare gebieden met veenkaden. De kaarten zijn niet geschikt om uitspraken op lokale schaal te doen; daarvoor blijft lokaal onderzoek noodzakelijk.

FOTO 1

KADE LANGS DE WAVER (NABIJ NES AAN DE AMSTEL)



# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).



# INHOUD

TEN GELEIDE  
 VOORWOORD  
 SAMENVATTING  
 STOWA IN HET KORT

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DE BEGRENZING VAN HET GEBIED WAARIN VEENKADEN VOORKOMEN</b>	<b>2</b>
2.1	Historisch-geografisch GIS 'Histland'	2
2.2	De digitale bodemkaart	3
2.3	De kaart studiegebied veenkaden	4
<b>3</b>	<b>EEN VOORLOPIGE HISTORISCH-GEOGRAFISCHE TYPOLOGIE VAN VEENKADEN</b>	<b>5</b>
3.1	Verschillende generaties veenkaden	5
3.2	De typologie	6
<b>4</b>	<b>DE OPBOUW VAN DE ONDERGROND VAN DE VEENKADEN</b>	<b>10</b>
4.1	Opzet van de kaart	10
4.2	Dataselectie	11
4.3	Veendiktekaart	11
4.4	De zanddieptekaart	13
<b>5</b>	<b>STIJGHOOGTEVERSCHIL OVER HET KLEI-VEENPAKKET</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>DE KAART 'AANDACHTSGEBIEDEN VEENKADEN'</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK</b>	<b>21</b>
	LITERATUUR	22

# 1

## INLEIDING

Het voorliggende rapport en de bijbehorende kaarten zijn samengesteld op grond van, in 2003 beschikbare, bestaande data (boorgegevens, kaartmateriaal, GIS-bestanden). Deze gegevens worden beheerd door Alterra, ('Histland', zie volgend hoofdstuk, digitale Bodemkaart van Nederland 1:50.000) en TNO-NITG (boringen data-base DINO, REGIS, Geologische overzichtskaart van Nederland). Deze bestanden en data zijn bewerkt en samengevoegd tot vier basiskaarten, waaruit de kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden' is samengesteld. Naast historisch-geografische, bodemkundige en geologische kennis van Alterra en TNO-NITG is daarbij 'best engineering judgement' van GeoDelft gebruikt voor het inschatten van de geotechnische relevantie van de beschikbare gegevens. De kaarten zijn gemaakt in het najaar van 2003. Deze rapportage is in januari 2005 geschreven.

Bij de samenstelling van de kaarten en de keuze van de legenda-eenheden is steeds nadrukkelijk uit gegaan van de geotechnische eigenschappen van de kades, het veen en de diepte van het zand. De legenda's van de kaarten zijn opgesteld op basis van directe vraagstellingen (toepassingsinhoudelijke vraagstellingen met betrekking tot veenkaden, en niet daarvan afgeleide details) en de mogelijk beschikbare gegevens waarbij de onzekerheid - onduidelijkheid omtrent zowel de vraagstelling als gegevens / informatie is beschouwd.

De bijdrage van de drie instituten is bij elke kaart verschillend geweest. Om die reden is er voor gekozen om per hoofdstuk de auteurs te noemen die verantwoordelijk zijn voor dat specifieke deel van het onderzoek. Verder geldt dat aan elke kaart andere data ten grondslag liggen. De begrenzing van het studiegebied is vastgesteld door Alterra, evenals de kaart met de historisch-geografische typologie van de veenkaden. Voor de kaarten van de veendikte en de zanddiepte zijn zowel gegevens van TNO-NITG als van Alterra gebruikt. De kaart van het stijghoogteverschil over het klei-veenpakket (de deklaag) weergeeft is vervaardigd door TNO-NITG.

De eindkaart 'Aandachtsgebieden veenkaden' is een uniek samenwerkingsproduct waarin data en expertise van de drie kennisinstituten Alterra, TNO-NITG en GeoDelft vertegenwoordigd zijn. Met behulp van deze kaart is een globale, gebiedsgewijze inschatting te maken van de aard en omvang van mogelijke problemen met veenkades op het landelijke schaalniveau. Voor een goed gebruik van de kaart is het van belang te weten hoe deze is opgebouwd en welke afwegingen een rol gespeeld hebben bij het maken ervan. Deze zaken worden in dit rapport uiteengezet.

# 2

## DE BEGRENZING VAN HET GEBIED WAARIN VEENKADEN VOORKOMEN

G.J. Maas, C.H.M. de Bont & B. Makaske (Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centrum)

### 2.1 HISTORISCH-GEOGRAFISCH GIS 'HISTLAND'

In 2003 bestond er geen landelijk overzicht van de gebieden waar eventuele veenkaden kunnen worden aangetroffen. Vaststellen van deze gebieden had een hoge prioriteit. Met behulp van het historisch-geografisch Geografisch Informatie Systeem (GIS) 'Histland' dat bij Alterra in ontwikkeling is, was het, aangevuld met gegevens uit de bodemkaart, schaal 1:50.000, mogelijk om die gebieden aan te geven waarin de veenkadeproblematiek zich kan voordoen.

In het historisch-geografisch GIS 'Histland' is Nederland opgedeeld in elf ontginningslandschappen. Het topografisch archief (het samenspel van wegen, waterlopen, verkaveling en dijkenpatronen) van deze gebieden bevat nog veel informatie over de verschillende ontginnings- en oudere bewoningsfasen.<sup>1</sup> Niet alle elf hoofdlandschappen zijn van belang bij het begrenzen van het gebied waarin veenkaden voorkomen, hoewel in het verleden de begrenzing van de veengebieden anders lag en veel dynamischer was dan de huidige bodemkaarten suggereren.<sup>2</sup> De elf hoofdlandschappen zijn onderverdeeld in vijftig sub-typen, waarin bijzondere kenmerken in het topografisch archief naar voren worden gehaald. Enkele van deze sub-landschappen spelen bij de begrenzing van het studiegebied een aanvullende rol.

Hoewel alle 'venige' landschappen uit het GIS 'Histland' zijn samengevoegd, is de historisch-geografische werkelijkheid hierachter natuurlijk veel gedifferentieerder. Uit 'Histland' zijn gebieden geselecteerd waarvan mag worden aangenomen dat een belangrijk deel van de kades veenkaden zijn: kades met een venige kern, en/of venige ondergrond. De geselecteerde gebieden zijn: de *middeleeuwse agrarische veenontginningen*, de gebieden waar *systematische turfwinning* heeft plaatsgevonden en *droogmakerijen* (inclusief enkele *aandijkingen*). Deze gebieden zijn aangevuld met enkele sub-landschappen uit het 'Histland 50'-niveau, nl. het *petgatenlandschap*, de *kreekrug- en poelontginningen*, die worden gekarakteriseerd door een hobbelebbelig perceelsoppervlak, en de *herontginningen na vervening*. Daarnaast zijn die bebouwde kommen meegenomen die worden omsloten door, of grenzen aan de 'venige' ge-

<sup>1</sup> De Bont & Weijsschede i.v.; De Bont 2004.

<sup>2</sup> De Bont 1998. Ook gedurende de laatste decennia krimpt het areaal veen nog sterk in: Pleijter 2004.

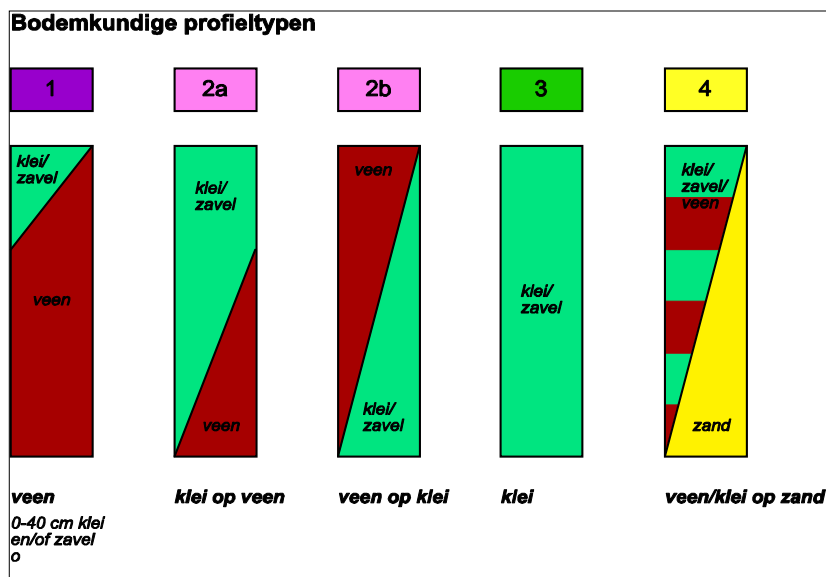
bieden. Hierdoor wordt een indicatie gegeven van de mogelijke aanwezigheid van veenkaden binnen de bebouwde kommen, met hun specifieke problematiek.<sup>3</sup>

Naast de vanuit 'Histland' afgegrensde aandachtsgebieden die in hun topografische archief sporen vertonen van een 'venig' verleden hebben we bepaald in hoeverre hierbij gebieden gemist worden waarin in het topografisch archief nauwelijks of geen sporen meer van de veenontginningsfasen bewaard zijn gebleven, maar waar veen net onder maaiveld aanwezig is. Ook dit veen kan van invloed zijn op de stabiliteit van de in deze gebieden aanwezige dijken en kades. Binnen de in 'Histland' onderscheiden *jonge zeekleipolders*, delen van de *rivierkleiontginningen*, de *oude zeekleipolders* en de *Zuiderzeepolders* zijn met behulp van de *Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 de aanwezige veenlagen binnen het 1,2-m-profiel* in kaart gebracht.

## 2.2 DE DIGITALE BODEMKAART

De digitale Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000<sup>4</sup>, beschrijft aan de hand van een pedogenetische classificatie<sup>5</sup> vlakdekkend de door bodemvorming ontstane kenmerken van de grond en de profielopbouw van de bodem tot 1,2 m beneden maaiveld. Ten behoeve van de veenkadeproblematiek is een herclassificatie van de bodemkaart uitgevoerd waarin de bodems zijn ingedeeld naar de verhouding veen-klei-zand in de bovenste 1,2 m van het bodemprofiel. Belangrijke grenzen in de bodemclassificatie zijn: 0,4 m, 0,8 m en 1,2 m - mv. De herclassificatie heeft uiteindelijk geresulteerd in een vijftal bodemkundige profieltypen (figuur 1). Profieltype 1: gronden met veen tot minimaal 1,2 m -mv met een kleilaag van 0 - 0,40 m; profieltype 2a en 2b: gronden met veen en klei in de bovenste 1,2 m - mv; profieltype 3: kleigronden zonder veen of zand in de bovenste 1,2 m -mv; profieltype 4: gronden met een klei- en/of veenlaag (of een afwisseling van klei-en veenlagen) van 0-1,2 m - mv op een zandondergrond. Deze profieltypen vormen de bodemkundige bouwstenen voor de verdere analyse.

FIGUUR 1 BODEMKUNDIGE PROFIELTYPEN TOT 1,2 M - MV



<sup>3</sup> Deze problematiek die hier verder buiten beschouwing is gelaten is nader uitgewerkt in De Bont i.v.

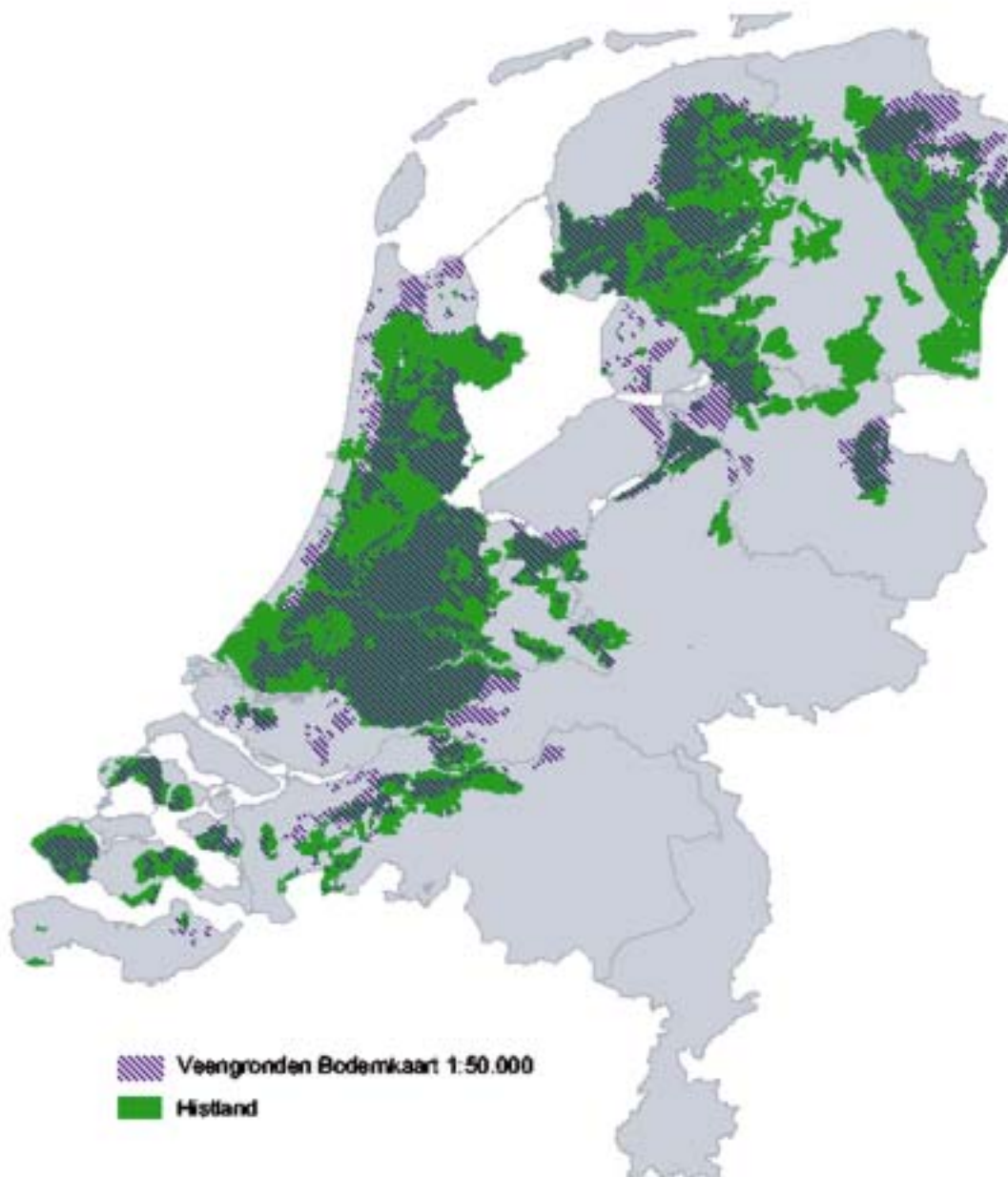
<sup>4</sup> De Vries & Denneboom 1992

<sup>5</sup> De Bakker & Schelling 1989

### 2.3 DE KAART STUDIEGEBIED VEENKADEN

Figuur 2 geeft het *studiegebied veenkaden* weer. Dit gebied vormt de basis voor het verdere onderzoek naar de aard en kwetsbaarheid van deze kades in relatie tot de opbouw van de ondergrond. De omgrenzing uit het historisch-geografisch GIS 'Histland' en de toevoegingen uit de digitale Bodemkaart van Nederland vormen samen de definitieve begrenzing van het probleemgebied. Als de aanvullingen vanuit de bodemkaart te kleine oppervlakten opleverden, zijn deze genegeerd.

FIGUUR 2 HET GEBIED WAARIN VEENKADEN VOORKOMEN, AFGEBAKEND OP BASIS VAN HET HISTORISCH-GEOGRAFISCH GIS 'HISTLAND' EN DE BODEMKAART VAN NEDERLAND, SCHAAL 1:50.000



# 3

## EEN VOORLOPIGE HISTORISCH- GEOGRAFISCHE TYPOLOGIE VAN VEENKADEN

C.H.M. de Bont (Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centrum)

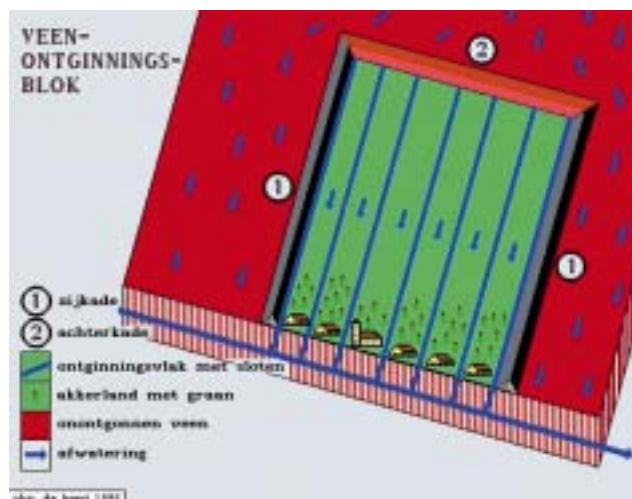
Het bleek mogelijk vanuit het historisch-geografisch GIS 'Histland' een aantal landschapsontwikkelingen vanaf ca. 1000 na Chr. te beredeneren en in kaart te brengen die direct van invloed zijn (geweest) op de opbouw en ondergrond van een groot deel van de nog bestaande veenkaden in Nederland. Gezien de tijdsdruk die in het najaar van 2003 op het onderzoek stond zijn toen alleen die veenkaden in een typologie gebracht die vanaf het ontginningsmoment onderdeel uitmaakten van het topografisch archief.

### 3.1 VERSCHILLENDE GENERATIES VEENKADEN

De ontstaansgeschiedenis van de in Nederland voorkomende veenkaden kan naar hun ontstaansmoment min of meer chronologisch in zeven categorieën worden onderverdeeld.<sup>6</sup> In de hier gepresenteerde typologie van veenkaden zijn die kades in beschouwing genomen die hun wortels vinden in de middeleeuwse agrarische ontginningsperiode (ca. 1000-1350). Zij zijn als ontginningsbasis, zij-, of achterkade ontstaan in de systematisch geperceleerde ontginningseenheden. Deze ontginningsblokken zijn opgebouwd uit een aantal strookvormige kavels, dat oorspronkelijk meestal overeen kwam met het aantal oudste boerderijen (figuur 3).

FIGUUR 3

HET PRINCIPE VAN EEN MIDDELEEUWS AGRARISCH VEENONTGINNINGSBLOK MET DE ONTGINNINGSBASIS EN (HIER) BOERDERIJEN OP DE KOP VAN DE KAVELS, ZIJ- EN ACHTERKADES, AFWATERINGSSLOTEN, DOORGAANDE AFWATERINGEN EN EEN AANDUIDING VOOR EEN GEMENGDE BEDRIJFSVOERING (DE BONT, 1992)



<sup>6</sup> De Bont, in voorbereiding.

Een aantal middeleeuwse kades is later deel gaan uitmaken van het stelsel van molenvlieten, dat vanaf het eind van de vijftiende eeuw ontstond bij de invoering van de molenbemaling. Daarnaast zijn enkele van deze oude kades gaan functioneren als ringkade bij drooggemalen (natuurlijke of uitgeveende) meren. Ook in de systematisch uitgeveende gebieden, waaronder de veenkoloniën, kunnen veenkaden als veenresten in het huidige landschap aanwezig zijn. Deze drie generaties veenkaden zijn in de typologie uitgewerkt. Voorbij gegaan is aan de veenkaden die als gevolg van inversie zijn ontstaan of opgeworpen; maar ook aan de kades die als onderdeel van de verschillende generaties waterlinies die in laag-Nederland zijn aangelegd in een venige omgeving.

### 3.2 DE TYPOLOGIE

In de historisch-geografische typologie van veenkaden is beredeneerd hoe de verschillende onderzochte generaties veenkaden zich vanaf hun ontstaansmoment hebben kunnen ontwikkelen binnen een veranderende historisch-landschappelijke context. Daartoe is het historisch landschap ten tijde van de ontginning als uitgangssituatie genomen (linkerkolom figuur 4). Onderscheiden zijn gebieden met een metersdik veenpakket, dat kon bestaan uit eutroof, mesotroof of oligotroof veen (dit op zich belangrijke verschil is hier niet verder onderzocht)<sup>7</sup>, en dunnere veendekken op een klei-, of zandondergrond.

Voor de middeleeuwse agrarische veenontginningen is in drie stappen de ontwikkeling in opbouw, ondergrond en bedekking van de veenkaden beredeneerd, er van uit gaande dat de kades zijn opgeworpen en in de loop van de tijd zijn onderhouden met gebiedseigen materiaal. De bovenste typen veenkaden binnen het lichtgrijze kader in figuur 4 zijn ontstaan als onderdeel van middeleeuwse agrarische veenontginningen. In de figuur is onderscheid gemaakt tussen veenkaden die gedurende de eeuwen, tussen ca. 1000 na Chr. en nu, op het veen zijn blijven liggen en kades waarvan in de loop van de eeuwen de ondergrond veranderde. In de eerste situatie was het veenpakket zo dik dat ondanks de maaiveld daling door oxidatie en klink er nog steeds veen aan het maaiveld ligt; in de tweede kwam onderliggend zand of klei aan het maaiveld. In de gebieden waar door oxidatie van het veen het zand aan maaiveld is gekomen, is de mogelijkheid aanwezig dat de veenkern in het kadeliĳchaam gedegradieerd is.

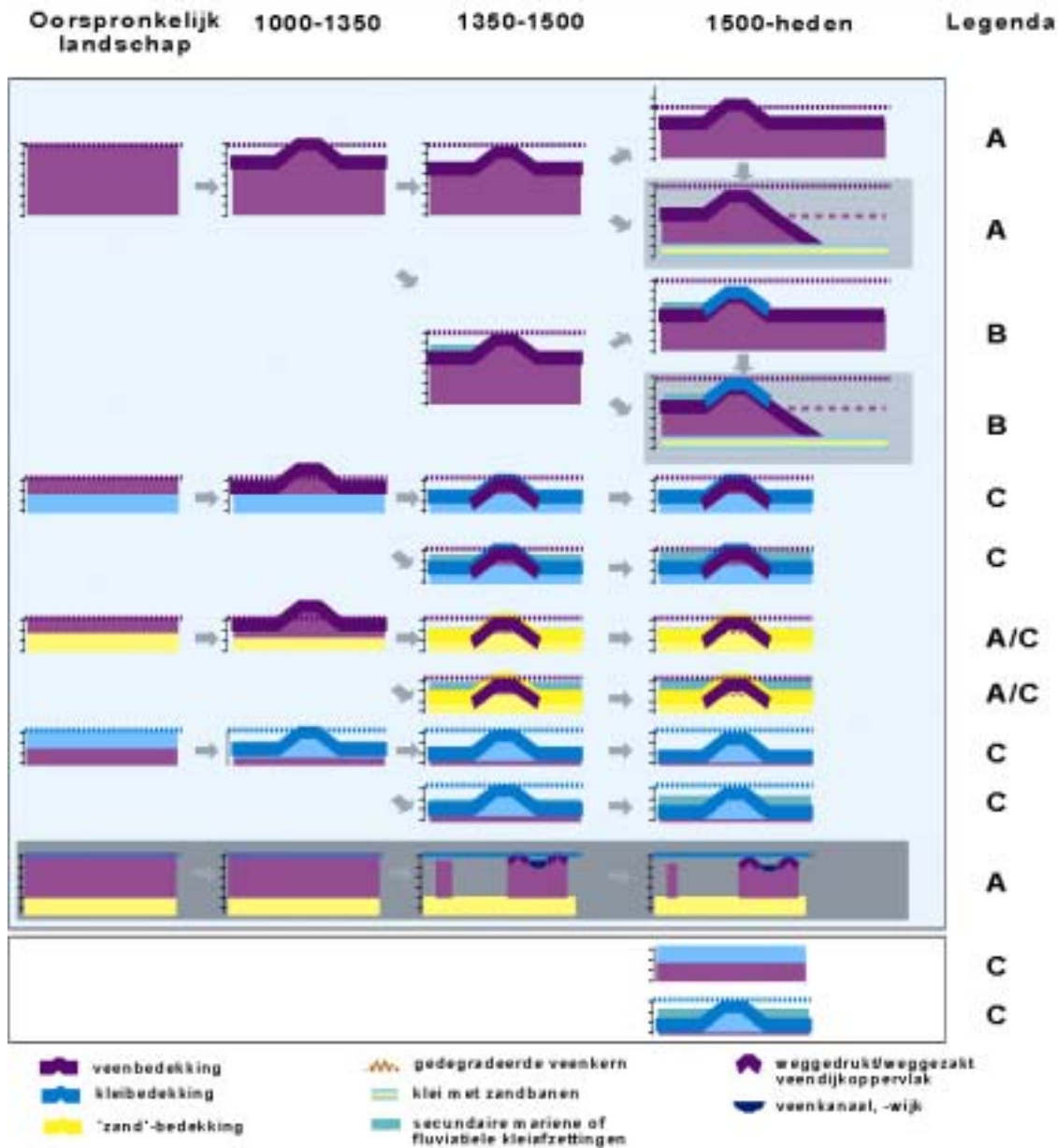
Als laatste categorie in het lichtgrijze vlak zijn ontginningen opgenomen waar het veen is afgedekt door een kleilaag (de zogenaamde klei-op-veen gebieden). Hoewel dergelijke gebieden (naderhand) veelal op een andere manier moesten worden ontwaterd en ingericht dan gebieden met veen aan het maaiveld, is in veel gevallen de oorspronkelijke inrichting van deze gebieden identiek aan de 'echte' middeleeuwse veenontginningen.<sup>8</sup> Mariene of fluvia-tiele kleipakketten kunnen zelfs kort na de middeleeuwse agrarische ontginningen op het door oxidatie en klink verlaagde maaiveld zijn afgezet. Als de klei hiervoor geschikt was kan dit materiaal bij het onderhoud van de oude veenkaden zijn gebruikt, waardoor het kadeliĳchaam langzaam kan zijn weggedrukt. In de figuur duikt dit fenomeen op in de kolom 1350-1500, maar men moet er op bedacht zijn dat het overstromingsmoment in tijd kon variëren en sterk afhankelijk was van lokale factoren.

<sup>7</sup> De Bont in voorbereiding.

<sup>8</sup> Zie over de relatie tussen de landschapsdynamiek en de veranderingen in de veenverkaveling: De Bont (2004).

In twee kleine middelgrijze kaders rechtsboven in figuur 4 is de ontwikkeling vanuit de middeleeuwse agrarische veenontginningen tot droogmakerijen aangegeven. Droogmakerijen zijn als apart ontginningslandschap in 'Histland' opgenomen. Hier zijn oorspronkelijke middeleeuwse veenkaden omgevormd tot ringdijken, maar het is ook mogelijk dat deze dijken als pseudo-dijken in een verder geheel uitgeveende omgeving zijn overgebleven, zoals in delen van Zuid-Holland en Utrecht. In dat geval is het oudland aan beide zijden van de pseudo-dijk uitgeveend en torent deze veendijk boven zijn omgeving uit. Veel van deze pseudo-dijken zijn bebouwd. Onder het lager gelegen maaiveld van de drooggemalen (natuurlijke of uitgeveende) meren kan sprake zijn van 'channeling', waarbij de oudere mariene afzettingen zijn doorschoten met watervoerende zandbanen.

FIGUUR 4 EEN EERSTE HISTORISCH-GEOGRAFISCHE TYPOLOGIE VAN VEENKADEN IN NEDERLAND





Het donkergrijze kader in figuur 4 geeft de ontwikkeling van de systematisch uitgeveende veenkoloniale landschappen weer, waarbij in enkele eeuwen het hoogveen werd afgegraven en tot turf verwerkt. Veenkaden zijn daar alleen te vinden in de stukken niet uitgeveend land en vormen als zodanig een pendant van de hiervoor genoemde pseudo-veendijken. Enkele vaarten liggen hoger dan de omringende dalgronden en zijn gezekeerd met kades die veenkernen kunnen bevatten.

Het witte kader in de figuur bevat veengronden uit de bodemkaart die niet als middeleeuwse agrarische veenontginningen in 'Histland' voorkomen. Hun ontstaansgeschiedenis is hier niet verder uitgewerkt. In Zuidwest-Nederland liggen de zogenaamde poelgronden, die zijn ontstaan door turfwinning en selnering (zoutwinning uit turf) in een door zeeklei afgedekte veenlaag. Daarnaast zijn zeekleiafzettingen op de rand van (voormalige) veengebieden opgenomen. Hoewel in deze laatste situatie de inrichting van het landschap teruggaat op de mariene afzettingsfase (en in 'Histland' dan ook tot de jonge zeekleiontginningen wordt gerekend) kan de onderliggende veenlaag de stabiliteit van de veenkaden mogelijk beïnvloeden.

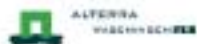
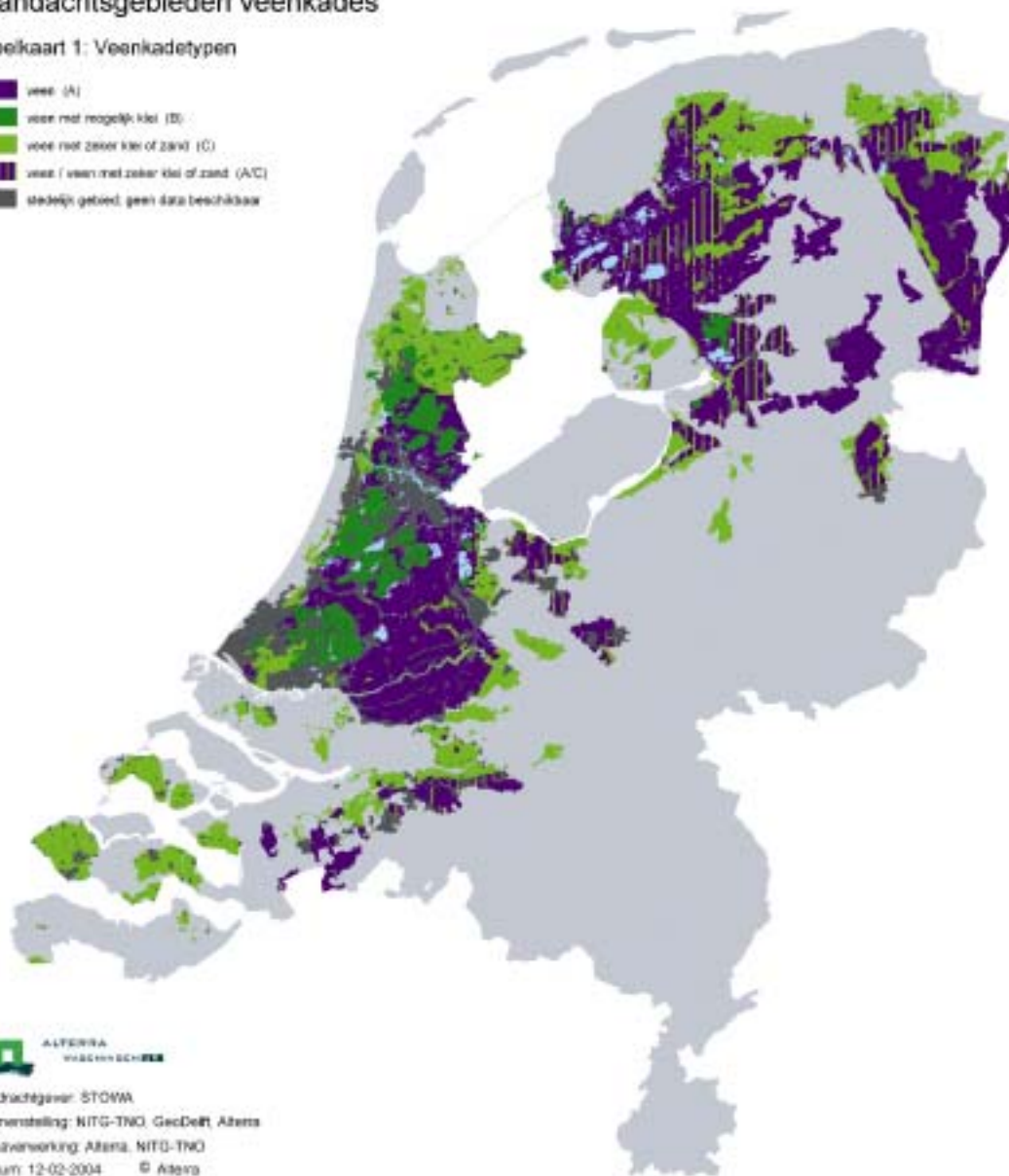
Voor elk van de onderscheiden situaties geeft figuur 5 aan in hoeverre er veen of venige kernen in de kades te verwachten zijn, wat de aard van het eventuele ophogingsmateriaal kan zijn en hoe de spreiding van de verschillende typen veenkaden is. Bij dit laatste is er vanuit gegaan dat dit materiaal uit de directe omgeving is aangevoerd. De historische kadetypen in de figuur zijn samengevoegd tot klassen die van belang zijn voor kadestabiliteit: A = gebied met kades die geheel uit veen bestaan, B = gebied waarin de veenkaden mogelijk met klei zijn afgedekt, C = gebied met veenkaden die zeker klei of zand bevatten. Een bijzondere vierde klasse wordt gevormd door de gebieden met veenkaden die volgens historische informatie geheel uit veen bestonden, maar die als gevolg van recentere bodemkundige ontwikkelingen in de omgeving van de dijk nu vrijwel zeker zand of klei bevatten (A/C). De begrenzing van deze klasse komt overeen met bodemprofieltype 4 uit de geherclassificeerde Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50.000.

FIGUUR 5 DE VERSPREIDING VAN KADETYPEN UIT FIGUUR 4

### Aandachtsgebieden veenkades

#### Deelkaart 1: Veenkadetypen

- veen (A)
- veen met mogelijk klei (B)
- veen met zwaar klei of zand (C)
- veen / veen met zwaar klei of zand (A/C)
- stedelijk gebied, geen data beschikbaar



Opdrachtgever: STOWA  
 Samenstelling: NITG-TNO, GeoDelt, Alterra  
 Dataverwerking: Alterra, NITG-TNO  
 Datum: 12-02-2004 © Alterra

# 4

## DE OPBOUW VAN DE ONDERGROND VAN DE VEENKADEN

H.J.T. Weerts (TNO-NITG), G.J. Maas, (Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centrum), J.G. Veldkamp (TNO-NITG) & G.A.M. Kruse (GeoDelft)

### 4.1 OPZET VAN DE KAART

De opbouw van de ondergrond en de condities in de ondergrond, vooral de verticale stijghoogteverschillen, zijn van belang voor de standzekerheid van boezemkaden. Om een eerste indruk van de opbouw van de ondergrond van de veenkaden en stijghoogten te verkrijgen zijn op basis van globale grondmechanische overwegingen de relevante karakteristieken vastgesteld waarover met beperkte inspanning op korte termijn voldoende gebiedsdekkende informatie over de ondergrond en de condities beschikbaar was. Van belang daarbij was het detail en de zekerheid waarmee die relevante karakteristieken gebiedsdekkend weergegeven konden worden. De aandacht bij de analyse is in het bijzonder gericht geweest op de ontwikkeling van schuifsterkte in en onder de kaden. Het materiaal dat aanwezig is, bepaalt voor een belangrijk deel het gewicht en de vervormingseigenschappen. Van groot belang voor de schuifsterkte is daarnaast de waterspanning in de grond en de verschillen in stijghoogte over slecht doorlatende pakketten. De beschouwing heeft geresulteerd in een classificatie van de ondergrond in een aantal typen die in het betreffende gebied kunnen voorkomen. De typen zijn gebaseerd op grondmechanisch relevante karakteristieken van de opbouw, welke karakteristieken met een aantal klassen worden aangeduid. De karakteristieken betreffen veendikte, aanwezigheid van klei en de dikte van het totale pakket veen en kleigrond voor zowel de kaden als voor de ondergrond ervan. Om een indruk te krijgen over de aanwezige schuifsterkte aan de basis van het veen-kleipakket, is de stijghoogte in het zand onder het veen-kleipakket vergeleken met die bij het maaiveld. Op de kaarten is aangegeven welke typen ondergrond in een gebied voorkomen met een indicatie over de aard van de variatie in typen opbouw in verschillende gebieden.

De kaarten die de verschillende ondergrondfactoren weergeven zijn het resultaat van het gericht analyseren van gegevensbestanden die bij TNO-NITG en Alterra beschikbaar zijn.

De samenstelling van de ondergrond is weergegeven in twee kaarten; een kaart van de veendikte en een kaart met de top van het zandvoorkomen (zanddiepte). De kaarten van de veendikte en de zanddiepte zijn gemaakt door de boorpuntgegevens van de ondiepe ondergrond (0 tot 5 m. beneden maaiveld) uit de database *Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond* (DINO) van TNO-NITG te combineren met de vlakdekkende bodemprofielkenmerken van de eerste 1,2 meter beneden maaiveld uit de *digitale Bodemkaart van Nederland 1:50.000* (Alterra). De bepaling van de stijghoogte in de ondergrond wordt in een volgende paragraaf besproken.

## 4.2 DATASELECTIE

Uit de DINO dataset zijn alle zogenaamde 'ondiepe' boringen geselecteerd voor verdere analyse. De 'ondiepe' boringen zijn met de hand verrichte boringen die veelal zijn gezet in het kader van de geologische kartering schaal 1:50.000 van de voormalige Rijks Geologische Dienst (RGD). Deze boringen beschrijven de grondlagen op een schaal van cm - dm, en hebben over het algemeen een diepte van minimaal 5 m (klei en veen). Als op geringere diepte een substantieel dikke zandlaag wordt aangetroffen, zijn de boringen minder diep. Van mechanische boringen in de database, de zogenaamde 'diepe' boringen, is geen gebruik gemaakt omdat de boorbeschrijvingen van deze boringen de grondlagen veelal op m-schaal beschrijven. Daarnaast zijn de 'diepe' boringen meestal gezet met een ander doel dan nauwkeurige beschrijving van de bovenste grondlagen, waardoor de bovenste lagen vaak niet goed zijn beschreven. Binnen het gebied waar de veenkaden voor kunnen komen zijn ruim 100.000 'ondiepe' boringen gebruikt. De boordichtheid in het gebied varieert sterk; gemiddeld ca. 9 boringen per km<sup>2</sup>, lokaal oplopend tot meer dan 50 km<sup>2</sup>. Daarnaast komen gebieden voor waar de boordichtheid zeer laag is (minder dan 5 per km<sup>2</sup>).

## 4.3 VEENDIKTEKAART

Van alle boringen in DINO is de cumulatieve veendikte tussen 0 en 5 m beneden maaiveld berekend. Vervolgens zijn de punt-veendiktegegevens gesommeerd naar een grid van 250 \* 250 m. Binnen het gebied waarin veenkaden voorkomen is voor alle vlakken van de bodemkaart op basis van de gridgegevens over de diepere ondergrond, de gemiddelde dikte van het totale veenpakket tot 5 meter diepte berekend. De gehanteerde klassengrenzen zijn enerzijds bepaald door de indelingssystematiek van de gebruikte data en anderzijds bepaald op basis van geotechnische argumenten. De klasse- en gebiedsgrenzen in de bovenste 1.2 m zijn vastgesteld op grond van de digitale bodemkaart 1:50.000.

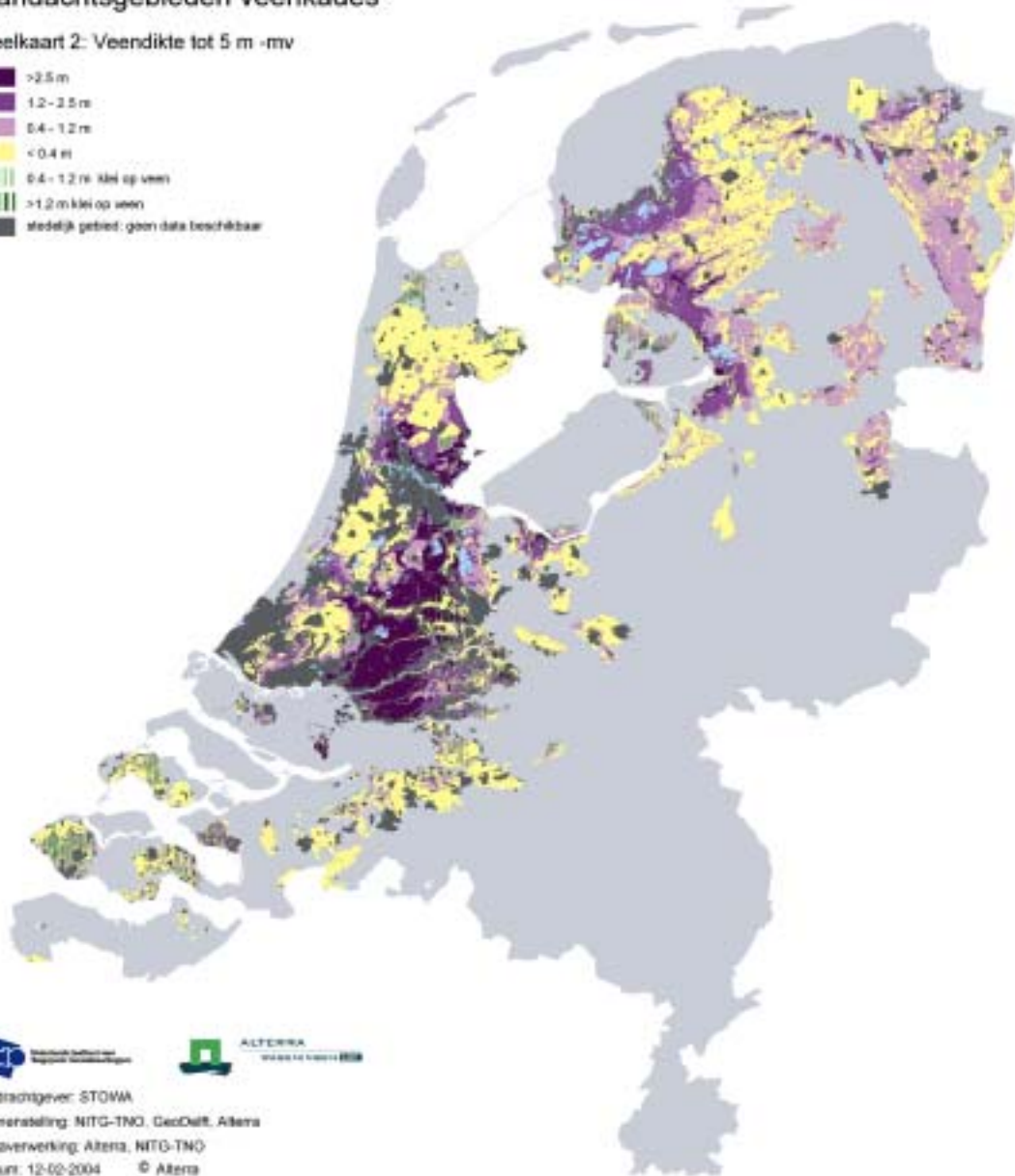
De veendiktekaart (figuur 6) geeft de gemiddelde totale dikte van het veen weer tussen 0 en 5 meter beneden maaiveld en geeft aan waar het veen wordt afgedekt door een dunne kleilaag (0,4 tot 1,2 m dik) of een dikke kleilaag van meer dan 1,2 m dikte. Eventueel aanwezige kleilagen die dunner zijn dan 0,4 m zijn niet weergegeven. De klasse 'veendikte > 2,5 m' bijvoorbeeld, betreft een veenondergrond, al dan niet bedekt met een kleilaag dunner dan 0,4 m (niet weergegeven), waarbij het veenpakket doorloopt tot beneden 1,2 m -mv en waarbij de totale dikte van het veen tussen 0 en 5 m -mv meer dan 2,5 meter bedraagt. Het veen vormt niet altijd een aaneengesloten pakket, maar kan kleilagen bevatten. Voor de klasse 'veendikte 1,2-2,5 m' geldt een soortgelijke omschrijving alleen is het totale veenpakket dunner. De klasse 'veendikte 0,4-1,2 m' omvat de bodemprofielen met minimaal 0,4 m veen en maximaal 1,2 m veen binnen de bovenste 5 m van het bodemprofiel. Over het algemeen bevindt het veen zich in de bovenste 1,2 m beneden maaiveld. Ook deze gronden kunnen een dun kleidek (< 0,4 m) bevatten. Het veen gaat binnen 1,2 m -mv over in klei of zand. De laatste categorie vormen de gronden waarin weinig of geen veen aanwezig is; veenlaag dunner dan 0,4 m binnen de bovenste 5 m. De arceringen voor een dunne en dikke kleilaag is alleen van toegepast daar waar het veenpakket dikker is dan 0,4 m. Klei-op-veenprofielen komen vooral voor in het rivierengebied, de zeekleigebieden van Zeeland en West-Brabant en in de overgangszone van veen naar zeeklei in Friesland en Groningen. De dikste veenpakketten worden aangetroffen in het Utrechts, Hollands en Fries veenweidegebied. Ook onder veenkaden is het veenpakket vaak dik. Dit geldt vooral voor de droogmakerijen in Zuid- en Noord-Holland. In verband met hun beperkte grootte zijn de veenkaden in die gebieden niet als aparte eenheid op de kaart herkenbaar.

In gebieden met een grote veendikte is het gewicht van de veenkaden relatief laag. Als het veen bovendien (deels) aan maaiveld ligt wordt bij langdurige aanhoudende droogte dit gewicht door verdamping nog lager. Dit zijn dan ook de gebieden die, wat betreft de aanwezigheid van veen in de ondergrond, het meest risicovol zijn voor afschuivingen zoals die bij Wilnis is opgetreden.

FIGUUR 6 DE VEENDIKTEKAART

### Aandachtsgebieden veenkades

Deelkaart 2: Veendikte tot 5 m -mv



Opdrachtgever: STOWA

Samenstelling: NITG-TNO, GeoDelft, Alterra

Dotzerverwerking: Alterra, NITG-TNO

Datum: 12-02-2004 © Alterra

#### 4.4 DE ZANDDIEPTEKAART

Binnen het gebied waarin veenkaden voorkomen is op grond van de DINO-puntgegevens ondergrond, de gemiddelde diepte van de top van de bovenste zandlaag dikker dan 0,5 m binnen 5 meter beneden maaiveld berekend. In boringen die binnen 5 m beneden maaiveld eindigen in bovenste aangetroffen zandlaag is aangenomen dat die laag dikker is dan 0,5 m, ook als dat niet daadwerkelijk is aangetoond. Dit is gebaseerd op ervaringsfeiten. Met de gebruikte handboorapparatuur kunnen (en zijn) dünnere zandlagen over het algemeen wel worden doorboord. Vervolgens zijn de punt-zanddieptegegevens gesommeerd naar een grid van 250 \* 250 m. Voor elke polygoon van de digitale bodemkaart 1:50.000 is vervolgens de gemiddelde diepte van de top van de bovenste zandlaag vastgesteld. Daar waar de top van die laag binnen 1.2 m beneden maaiveld ligt, is gebruik gemaakt van gegevens van de digitale bodemkaart. De gehanteerde klassengrenzen zijn enerzijds bepaald door de indelings-systematiek van de gebruikte data en anderzijds bepaald op basis van geotechnische argumenten. De klasse- en gebiedsgrenzen in de bovenste 1.2 m zijn vastgesteld op grond van de digitale bodemkaart 1:50.000.

De kaart van de zanddiepte (figuur 7) geeft de gemiddelde begindiepte van de zandondergrond weer in vijf klassen. De grootste zanddieptes worden aangetroffen in Zuid-Holland, West-Utrecht en Noord-Holland ten zuiden van West-Friesland. Naast deze klassen zijn die gebieden aangegeven waar op sterk wisselende diepte zandbanen in het bodemprofiel voorkomen. Deze gebieden zijn afgeleid van de *'Geologische overzichtskaart van Nederland'*<sup>9</sup>. Het betreft fossiele fluviatiele stoomgordels en grote mariene geulen- en krekensstelsels. Deze fossiele mariene geulen worden vooral aangetroffen in Zeeland en Noord-Holland ten noorden van het IJ. Fossiele stoomgordels bevinden zich in vrijwel het gehele rivierengebied. In deze gebieden bevindt de top van de bovenste zandlaag zich binnen de geulen op sterk wisselende diepten. Buiten de geulen wordt de zanddiepte aangetroffen zoals die op de kaart is weergegeven. De randvoorwaarden van het project (tijd gecombineerd met financiële ruimte) stonden een gedetailleerde weergave van de geulen niet toe. Alleen aan weerszijden van de Oude Rijn en op de overgang naar het Pleistocene zandgebied komen geen grote fossiele fluviatiele en mariene ingesneden geulen voor. Wel kan hier lokaal sprake zijn van de aanwezigheid van kleine ingesneden geulen. Met betrekking tot de diepte van de zandondergrond geldt dat een ondiepe zanddiepte onder een veenkade ongunstig is bij een 'Wilnis'-afschuiving.

---

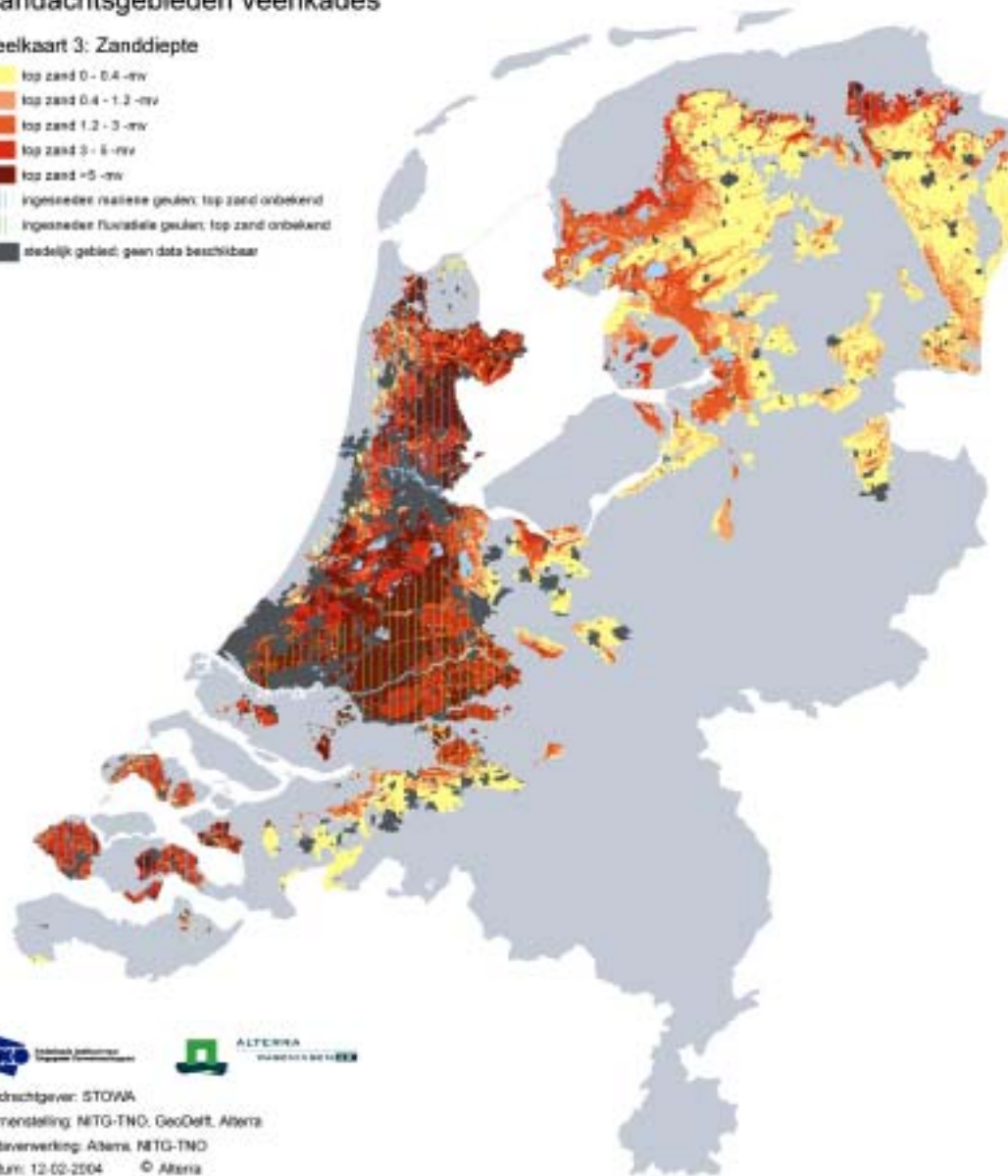
<sup>9</sup> Weerts, H., J. Schokker, K. Rijdsijk & C. Laban, 2004, Geologische overzichtskaart van Nederland. TNO-NITG. In 2003 was deze kaart als concept bij TNO-NITG aanwezig, gecompileerd uit een aantal bestaande kaarten aangevuld met ongepubliceerd materiaal. Het betreft een landelijke overzichtskaart inclusief het Nederlands Continentaal Plat op een schaal van ca. 1:600.000.

FIGUUR 7 DE ZANDDIEPTEKAART

### Aandachtsgebieden veenkades

#### Deelkaart 3: Zanddiepte

- top zand 0 - 0,4 -mv
- top zand 0,4 - 1,2 -mv
- top zand 1,2 - 3 -mv
- top zand 3 - 6 -mv
- top zand >6 -mv
- ingezonden rivierse geulen; top zand onbekend
- ingezonden fluviale geulen; top zand onbekend
- stedelijk gebied; geen data beschikbaar



Opdrachtgever: STOWA  
 Samenstelling: MITG-TNO, GeoDeft, Alterra  
 Dataverwerking: Alterra, MITG-TNO  
 Datum: 12-02-2004 © Alterra

# 5

## STIJGHOOGTEVERSCHIL OVER HET KLEI-VEENPAKKET

H.J.T. Weerts & R.W. Vernes (TNO-NITG)

Figuur 8 geeft het stijghoogteverschil weer over het klei-veenpakket (deklaag) in de gebieden waar mogelijk veenkaden aanwezig zijn. Om deze kaart te vervaardigen was gebiedsdekkende informatie nodig met betrekking tot de polderpeilen en de stijghoogte aan de basis van de deklaag. Het stijghoogteverschil weer over het klei-veenpakket resulteert uit het verschil tussen de twee. Bij de vervaardiging van deze kaart is wat betreft de stijghoogte aan de basis van de deklaag gebruik gemaakt van GIS bestanden uit REGIS (REgionaal Geohydrologisch Informatie Systeem) van TNO-NITG. Uit deze bestanden zijn alle stijghoogtegegevens uit het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket gebruikt als benadering voor de **stijghoogte aan de top van het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket**. Deze stijghoogten zijn opgevat als de stijghoogten die gelden aan de **basis van de deklaag**. Door deze benadering zijn drie foutenbronnen geïntroduceerd:

1. De stijghoogten in REGIS zijn niet noodzakelijkerwijs gelijk aan die aan de basis van de deklaag. Bij de aanwezigheid van lemige lagen in het watervoerend pakket kunnen er in de verticaal stijghoogteverschillen optreden in het pakket. Bovendien hoeft het niet zo te zijn dat de zandlaag aan de basis van de deklaag is gedefinieerd als watervoerend pakket. Het kan zijn, dat het een dunnere laag betreft die niet als watervoerend pakket wordt gezien en waarvan de stijghoogten dan ook anders kunnen zijn dan die van het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket ter plaatse. Dit kan bijvoorbeeld gelden voor delen van Friesland, waar zich boven het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket geïsoleerde zandvoorkomens aan de basis van de deklaag bevinden.
2. Het aantal stijghoogtegegevens voor het gehele 1<sup>e</sup> watervoerend pakket bestaat uit enkele duizenden gegevens. De gemiddelde gegevensdichtheid voor het gebied waar mogelijk veenkaden voorkomen bedraagt 0,1 a 0,2 waarnemingen per km<sup>2</sup>. Van deze puntgegevens is door interpolatie een gridkaart gemaakt met een gridgrootte van 100 \* 100 m. Deze grootte is destijds in overleg met de opdrachtgevers van REGIS vastgesteld. De in figuur 8 weergegeven waterspanning is dus wat betreft de stijghoogte aan de basis van de deklaag in de meeste gevallen niet gebaseerd op metingen ter plekke, maar veeleer op een interpolatie tussen meetpunten die relatief ver van de locatie kunnen liggen.
3. Het stijghoogtebestand geeft de situatie weer zoals die op 28 april 1995 is gemeten, gecorrigeerd voor het zoutgehalte. Deze situatie is een moment-opname die kan afwijken van de situatie zoals die zich voordoet na langdurige droogte.

Een vierde foutenbron wordt geïntroduceerd door de data die ten grondslag liggen aan de gebiedsdekkende gegevens van de zomer-polderpeilen. Hiervoor zijn polderpeilbestanden van de diverse waterschappen gebruikt van sterk verschillende kwaliteit. Ondanks al deze gesignaleerde tekortkomingen is voor deze werkwijze gekozen omdat de gebruikte bestanden in 2003 de enige gebiedsdekkende bestanden waren die meteen konden worden ingezet.

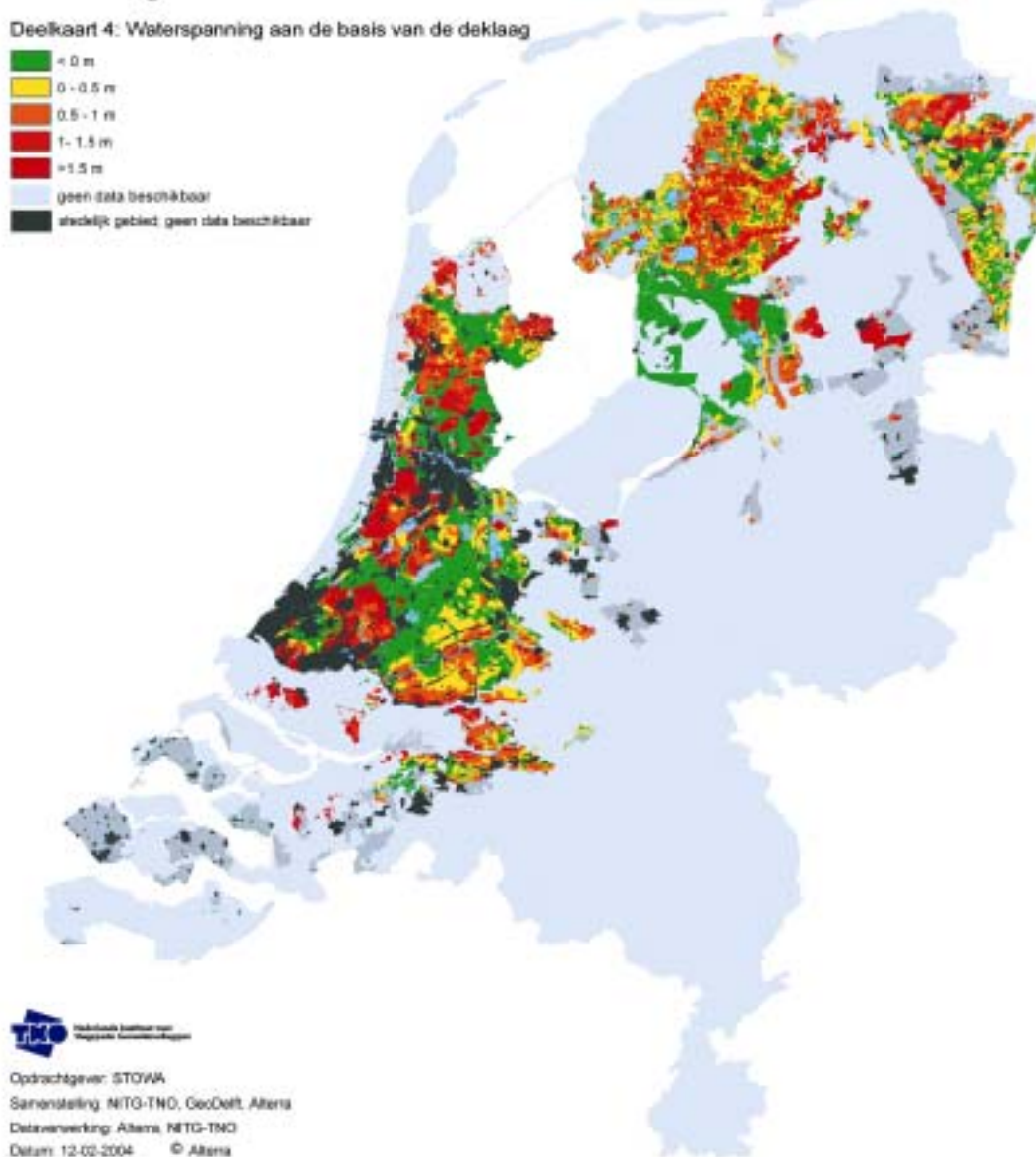


De kaart met het stijghoogteverschil weer over het klei-veenpakket geeft het voorspelde verschil in stijghoogte weer in vijf klassen. In het bijzonder de gebieden waar een groot stijghoogteverschil wordt voorspeld ( $> 0,5$  m) zijn risicovol met betrekking tot het 'Wilnis'-type afschuiving. In deze gebieden heerst aan de voet van de veenkaden (de dijkteen) aan de basis van de deklaag een overdruk van het grondwater.

FIGUUR 8 KAART MET HET STIJGHOOGTEVERSCHIL OVER HET KLEI-VEENPAKKET

### Aandachtsgebieden veenkades

Deelkaart 4: Waterspanning aan de basis van de deklaag



Opdrachtgever: STOWA  
 Samenstelling: NITG-TNO, GeoDelft, Altens  
 Dataverwerking: Altens, NITG-TNO  
 Datum: 12-02-2004 © Altens

# 6

## DE KAART 'AANDACHTSGEBIEDEN VEENKADEN'

B. Makaske (Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centrum), H.J.T. Weerts (TNO-NITG), G.J. Maas, C.H.M. de Bont (Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centrum), & G.A.M. Kruse (GeoDelft)

De kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden' (figuur 10) is samengesteld uit de kaarten van de historisch-geografische veenkadetypen (figuur 5), het voorkomen van veen (met of zonder kleidek) in de bovenste vijf meter van de ondergrond (figuur 6), de zanddiepte (figuur 7) en het stijghoogteverschil over de slappe deklaag waarop de veenkaden liggen (figuur 8). Om tot een overzichtelijk kaartbeeld te komen zijn een aantal kaarteenheden uit de basiskaarten samengevoegd alvorens de kaarten gecombineerd zijn tot de kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden'. Figuur 9 geeft de gevolgde procedure weer bij de totstandkoming van de kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden'. Deze figuur geeft kort weer welke informatie ten grondslag ligt aan de vier basiskaarten, die op hun beurt hebben geleid tot de aandachtsgebiedenkaart. Aan de classificatie van de data en de filtering van de vier basiskaarten tot de aandachtsgebiedenkaart ligt een globale grondmechanische analyse ten grondslag, gebaseerd op de beschikbare gegevens. Hieronder zal de legenda van de aandachtsgebiedenkaart kort besproken worden.

FIGUUR 9

GEVOLGDE PROCEDURE NAAR DE KAART 'AANDACHTSGEBIEDEN VEENKADEN'. KADETYPEN 1 = FIGUUR 4, KADETYPEN 2 = FIGUUR 5, VEENDIKTE = FIGUUR 6, TOP ZAND = FIGUUR 7, WATERSPANNING = FIGUUR 8



## 1. VEEN IN DE KADE

De hoofdindeling die in de legenda terug te vinden is, is gebaseerd op de historisch-geografische typologie van de veenkaden. Op dit hoogste niveau wordt een onderscheid gemaakt tussen kades met voornamelijk veen (kadetypes A en B) en kades met een veencomponent (kadetypes C en A/C). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat alle primaire waterkeringen in het studiegebied in meer of mindere mate uit veen bestaan. De veencomponent kan hier en daar echter wel verwaarloosbaar klein zijn.

## 2. VEEN ONDER EN NABIJ DE KADE

Een verdere indeling is gemaakt op basis van de hoeveelheid veen in de ondergrond van de kade tot 5 m onder het oorspronkelijke maaiveld. De bovenste vier klassen (weergegeven met donkere kleuren zwart/paars en bruin) gelden voor de gebieden met meer dan 2,5 m veen in het profiel tot 5 m onder het maaiveld. Dit veen kan verdeeld over meerdere lagen voorkomen of als een aaneengesloten pakket. In gebieden met deze veendikten is de bodem naast en onder de veenkaden relatief licht, wat bij het 'Wilnis'-type afschuiving een risico betekent. Deze gebieden liggen voornamelijk in het Hollands - Utrechts veenweidegebied. Ook in de eerder in dit rapport gedefinieerde veenkaden langs ringvaarten en 'pseudo-dijken' in de droogmakerijen komt deze bodemopbouw voor. De hieronder volgende vier legendaklassen (weergegeven met lichtere kleuren lila/roze en lichtbruin/beige) vertegenwoordigen de profielen met minder dan 2,5 m veen. Ook hier geldt weer dat het een totale gesommeerde veendikte binnen 5 m onder het maaiveld betreft. Verder is het van belang op te merken dat ook de eenheid 'top zand binnen 1,2 m - mv' (geel en lichtgeel) nog vrij venige profielen kan vertegenwoordigen. De eenheden 'top zand variabel' (blauw en lichtblauw) en 'overige profielopbouw' (groen en lichtgroen) zijn van toepassing op profielen zonder veen binnen 5 m onder het maaiveld. Door de geringere veendikte is het veen hier als risicofactor minder van belang.

## 3. AANWEZIGHEID KLEIDEK

Voor de venige profielen is aangegeven of het veen al dan niet is afgedekt door een kleidek (legendatoevoeging 'kleidek > 0,4 m). De aanwezige klei beperkt het risico van uitdroging van het veen. Klei aan het maaiveld dikker dan 0,4 m is in de Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50.000, systematisch weergegeven en daarom is ook voor de 'aandachtsgebiedenkaart' dit diktecriterium gebruikt. Een kleilaag dunner dan 0,4 m aan het maaiveld heeft geotechnisch gezien weinig betekenis. Voor de gebieden waar zand binnen 1,2 m onder het maaiveld voorkomt is het al dan niet voorkomen van een kleidek niet apart weergegeven omdat het ondiepe zandvoorkomen hier verreweg het belangrijkste is wanneer het gaat om de stabiliteit van de kade.

## 4. ZAND IN DE ONDERGROND

De aanwezigheid van zand in de ondiepe ondergrond is van belang omdat zich hierin hoge waterspanningen relatief dicht onder het kadelichaam kunnen opbouwen. Zanddiepte en veendikte zijn uiteraard niet onafhankelijk van elkaar: maar een beperkt aantal combinaties in de legenda is mogelijk. Bovendien kon het aantal theoretisch mogelijke legenda-eenheden door het inbrengen van geologische gebiedskennis verder worden ingeperkt, zodat uiteindelijk acht veendikte/zanddiepte-combinaties voldoende bleken te zijn voor de aandachtsgebiedenkaart. Ondiepe zandvoorkomens tot 3 m onder het maaiveld zijn goed gekarteerd. Het betreft hier voornamelijk vrij uitgestrekte gebieden met pleistocene dekzanden of holocene kustduinen. Zand dat binnen 1,2 m onder het maaiveld voorkomt is begrensd met behulp van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, en wordt verte-

genwoordigd door een afzonderlijke legenda-eenheid. Van het voorkomen van zand tussen 1,2 en 3,0 m onder het maaiveld is een goed ruimtelijk beeld te vormen met behulp van de boorgegevens van TNO-NITG (legenda-toevoeging 'top zand tussen 1,2 en 3 m - mv'). Een andere categorie zijn de grotere stroomruggen en kreken. Voor zover de hierbij behorende zandafzettingen niet binnen 1,2 m onder het maaiveld voorkomen, bestaat van de grotere zandvoorkomens een ruimtelijk beeld tot 2,5 m onder het maaiveld op basis van de gegevens van TNO-NITG<sup>10</sup>. Kenmerkend voor deze opgevulde beddingen is dat het zand wordt afgedekt door klei, en dat lokaal zand geheel ontbreekt ten gunste van klei of zavel. Op deze situaties zijn de legendatoevoegingen 'top klei/zand tussen 1,2 en 2,5 m - mv' van toepassing<sup>11</sup>. Deze eenheid geldt ook voor de gebieden waar, onder veen, zeeklei op Pleistoceen zand ligt. Vele met zand gevulde beddingen zijn echter niet afzonderlijk gekarteerd, omdat ze te smal zijn of omdat ze te diep onder het maaiveld voorkomen. Wel is het verspreidingsgebied van deze onregelmatige zandvoorkomens in West-Nederland bekend. De legendatoevoeging 'top zand variabel' heeft hierop betrekking. Tenslotte zijn er de gebieden waar opgevulde beddingen en duinzanden niet binnen 5 m onder het maaiveld voorkomen. Deze gebieden worden aangeduid door de legendatoevoeging 'top zand > 5 m - mv'. Bij een afschuiving van het type 'Wilnis' is het ondiep voorkomen van zand onder de veenkade (of de teen ervan) ongunstig.

##### **5. STIJGHOOGTEVERSCHIL**

Gebieden waar het stijghoogteverschil tussen het grondwater in het zand onder het veenkleipakket en het oppervlaktewater hoog is (waterspanning aan de basis van de deklaag > 1 m komt regelmatig voor), zijn over de overige kaarteenheden heen met een arcering aangegeven. In deze gebieden bestaat een verhoogd risico op afschuiving. Voor een groot deel van Noord-Nederland waren onvoldoende stijghoogtegegevens beschikbaar om een verantwoord ruimtelijk beeld te geven. Dit gebied is met een stippenpatroon over de overige kaarteenheden heen aangegeven. In deze gebieden kan geen zinnige uitspraak over het stijghoogteverschil worden gedaan.

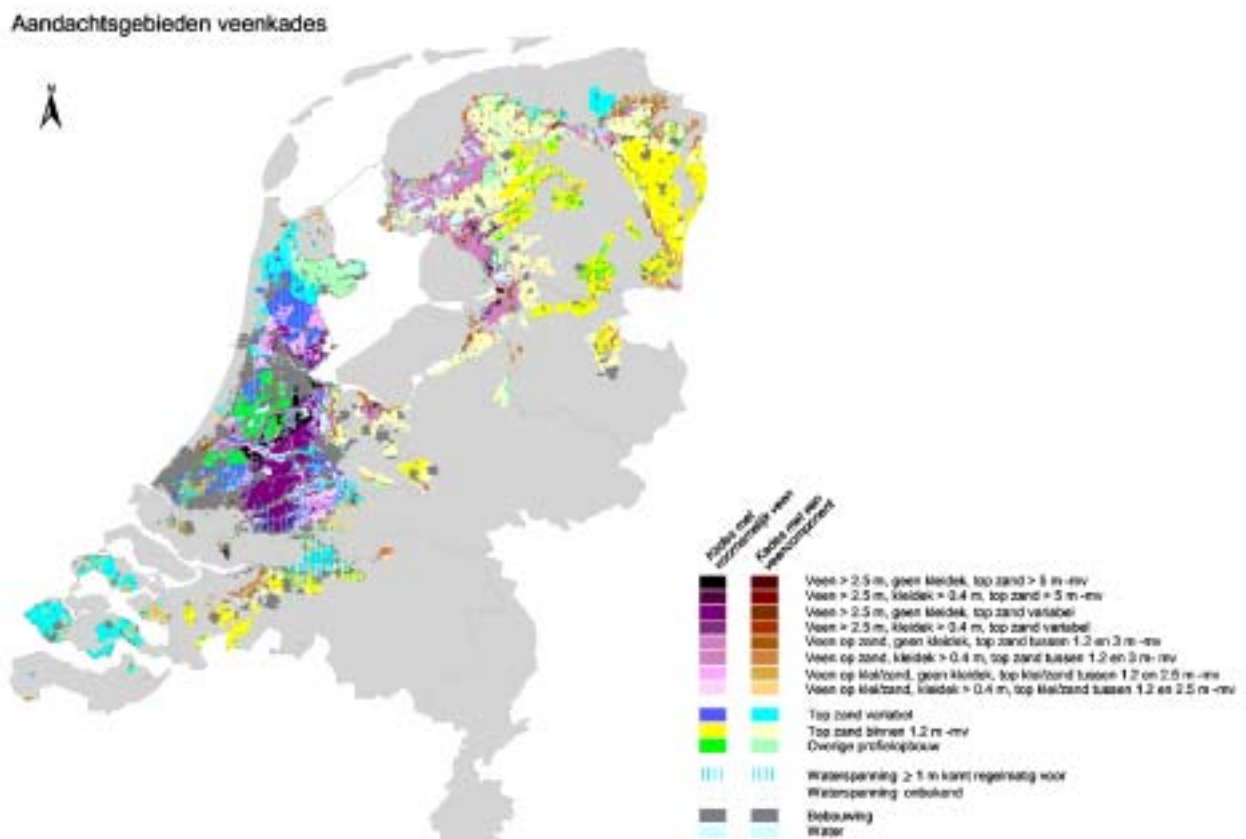
---

<sup>10</sup> Alleen de grote systemen op de Geologische overzichtskaart van Nederland.

<sup>11</sup> De grens van 2,5 m - mv volgt niet direct uit de zanddieptekaart, maar is gebaseerd op de veendiktekaart in combinatie met geologische gebiedskennis.

De kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden' geeft de globale indeling van gebieden waar verschillende typen opbouw van kade en ondergrond prevaleren. Er is binnen die aangegeven gebieden dus nog een, soms aanmerkelijke, lokale variatie in opbouw mogelijk. Ook is het belangrijk te benadrukken dat lokale factoren, zoals waterkerende hoogte, omgeving en breedte van de kade, kunstwerken in de kade etc. niet in de kaart zijn opgenomen. De kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden' kan samen met andere informatie over de kaden gebruikt worden om de aard van bestaande of te verwachten problemen in te schatten. Het is duidelijk dat problemen zoals ze zijn opgetreden bij Wilnis en Rotterdam zich in grote gebieden kunnen voordoen, gezien de op de kaart weergegeven verspreiding van opbouw en ondergrond van de kades. De kaart is geschikt voor een globale, gebiedsgewijze inschatting van de aard en omvang van mogelijke problemen. Voor gebruik op het lokale schaalniveau, het beoordelen van individuele dijkvakken en risicolocaties, is de kaart niet geschikt omdat zij is gemaakt op schaal 1:250.000. Beoordeling van locaties op basis van uitvergroete versies van de kaart kan leiden tot grove inschattingfouten. Voor de beoordeling van een lokale situatie blijven altijd waarnemingen ter plekke van kade- en bodemopbouw en de waterspanning noodzakelijk.

FIGUUR 10 DE KAART 'AANDACHTSGEBIEDEN VEENKADEN'



# 7

## AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

De kaart 'Aandachtsgebieden veenkaden' geeft geen informatie over bebouwde gebieden, omdat de basisgegevens hiervoor in de gebruikte landelijke bestanden deels ontbreken. Ook in deze gebieden liggen echter veenkaden en de schade bij doorbraak zal juist in bebouwde gebieden relatief groot zijn. Over veel gebieden die momenteel bebouwd zijn is buiten de gebruikte landsdekkende bestanden wel detailinformatie (bijv. oudere regionale bodemkarteringen en gedetailleerde boorinformatie in DINO) beschikbaar, waarmee de kaart aangevuld zou kunnen worden. Het wordt aanbevolen met behulp van deze gegevens de aard van de veenkaden in bebouwde gebieden te inventariseren.

Om de stap te maken van het landelijke schaalniveau naar de beoordeling van lokale situaties zouden per waterschap detailkaarten gemaakt moeten worden. Dit is mogelijk door nieuwe analyse van de lokale omstandigheden en bijbehorende indeling in typen ondergrond in het licht van de informatie bij TNO-NITG en Alterra. Omdat de aanvullende gegevens niet zijn opgenomen in de landelijke bestanden zullen dergelijke detailkarteringen voor iedere regio maatwerk zijn.

Gedurende het droogte onderzoek is onder andere geconstateerd dat de opbouw van het kadelichaam sterk van invloed is op de stabiliteit van een kade en de kwetsbaarheid voor droogte. Informatie over de opbouw van het kadelichaam en met name eventuele lokale variaties hierin, kan onder andere worden afgeleid van de ontstaansgeschiedenis van de kaden. Zodoende wordt de waterkeringbeheerders aanbevolen om informatie over de ontstaansgeschiedenis van (veen-) kaden te verzamelen. Dergelijke informatie kan bijvoorbeeld worden opgenomen in de gangbare (digitale) databestanden zoals die door de waterkeringbeheerders worden beheerd.

# LITERATUUR

- Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus.* Pudoc. Wageningen.
- Bont, Chr. de, 1998. The cyclone's eye: historical dynamics and valuation in the man made landscapes of the Netherlands. In: Sereno, P., en M.L. Sturani (ed.), *Rural landscape between state and local communities in Europe; past and present.* Torino, p. 203-213.
- Bont, Chr. de, 2004. The significance of the Dutch historical geographic GIS 'Histland'; the example of the mediaeval peat landscapes of Staphorst-Rouveen and Vriezenveen. In: Palang, H., et al. (eds.) *European rural landscapes; persistence and change in a globalizing environment.* Dordrecht, p. 345-358.
- Bont, Chr. de, in voorbereiding. *Kijken in de dijken; bouwstenen voor een historisch-geografische typologie van veenkaden in Nederland.* Alterra. Wageningen.
- Bont, Chr. de, G. Maas, B. Makaske, G. Kruse en H. Weerts, 2003. *Veenkaden in beeld.* In: *Het Waterschap* 88e jaargang, veenkade special november, p. 18-20.
- Bont, Chr. de, en T. Weijschede, in voorbereiding. *'Histland'boek; beknopte handleiding bij het historisch-geografisch GIS 'Histland', versie 2.0.* Alterra. Wageningen.
- Pleijter, M., 2004. *Veengronden en moerige gronden op de Bodemkaart van Nederland anno 2003.* Alterra rapport 1029. Wageningen
- Vries, F. de, en J. Denneboom, 1992. *De bodemkaart van Nederland digitaal.* DLO-Staring Centrum. Wageningen
- Weerts, H., J. Schokker, K. Rijdsijk en C. Laban, 2004. *Geologische overzichtskaart van Nederland.* TNO-NITG, Utrecht.