



Actualisatie bodemkaart veengebieden

Deelgebied 1 en 2 in Noord-Nederland

F. de Vries, D.J. Brus, B. Kempen, F. Brouwer en A.H. Heidema

Actualisatie bodemkaart veengebieden

Deelgebied 1 en 2 in Noord Nederland

F. de Vries, D.J. Brus, B. Kempen, F. Brouwer en A.H. Heidema

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Vitaal landelijk gebied' (projectnummer BO-11.017-005)

Alterra Wageningen UR
Wageningen, augustus 2014

Alterra-rapport 2556
ISSN 1566-7197

Vries, F. de, D.J. Brus, B. Kempen, F. Brouwer en A.H. Heidema, 2014. *Actualisatie bodemkaart veengebieden; Deelgebied 1 en 2 in Noord Nederland*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2556. 60 blz.; 20 fig.; 15 tab.; 13 ref.

Referaat NL De bodemkaart onderscheidt allerlei bodemtypen met veenlagen ondiep in het profiel. Door oxidatie en klink neemt de veendikte geleidelijk af. Hierdoor treedt er een verschuiving op in bodemtypen; moerige gronden veranderen in minerale gronden en veengronden in moerige gronden. Vanwege deze dynamiek bij gronden met dunne veenlagen dient de bodemkundige informatie periodiek geactualiseerd te worden. Dit rapport beschrijft de werkwijze bij de actualisatie van de bodemkaart van de veengebieden in Noord-Nederland. Het project heeft geresulteerd in een veendiktekaart en een geactualiseerde bodemkaart.

Trefwoorden: Bodemkaart, veengronden, actualisatie

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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

Alterra-rapport 2556 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Doordat het maaiveld van de landbouwgronden ten gevolge van veenoxidatie is gedaald steekt brug nu boven het maaiveld uit.

Inhoud

	Woord vooraf	7
	Samenvatting	9
1	Inleiding	11
	1.1 Probleemstelling	11
	1.2 Projectdoelstelling	12
	1.3 Afbakening	12
	1.4 Achtergrondinformatie	12
	1.4.1 Definities	12
	1.4.2 Processen	13
	1.5 Leeswijzer	14
2	Globale aanpak	15
	2.1 Inleiding	15
	2.2 Indeling in deelgebieden	16
	2.3 Dataverzameling	17
	2.4 Met DBK van puntinformatie naar gebiedsdekkende veendiktekaart.	17
	2.5 Validatie veendiktekaart	17
	2.6 Van veendiktekaart naar bodemkaart	17
	2.7 Analyse van de veranderingen in veendikte en bodemeenheid.	18
3	Gegevens	19
	3.1 Bodemgegevens in het Bodemkundig Informatie Systeem	19
	3.1.1 Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000	19
	3.1.2 Boorbeschrijvingen	21
	3.2 Verzamelen aanvullende boorbeschrijvingen	22
	3.2.1 Aanpak	22
	3.2.2 Overzicht verzamelde gegevens	23
	3.3 Hulpinformatie met gebiedskenmerken	24
	3.3.1 Bodem gerelateerde hulpvariabelen	24
	3.3.2 Grondwater gerelateerde hulpvariabelen	25
	3.3.3 Bodem en grondwater gerelateerde kenmerken	26
	3.3.4 Reliëf gerelateerde variabelen	26
	3.3.5 Landgebruik gerelateerde variabelen	27
	3.3.6 Hulpvariabelen betreffende het historisch landgebruik en de ontginningsouderdom	28
	3.3.7 egindiepte pleistocene ondergrond	30
4	Digitale bodemkartering	31
	4.1 De aanpak in hoofdlijnen	31
	4.2 Actualisatie van de veendikte	31
	4.3 Voorspellen van kans op veen	32
	4.4 Voorspellen van conditionele veendikte	33
	4.5 Voorspellen van veendikte en veendikteklasse	34
	4.6 Voorspellen van dikte van mineraal dek	34
	4.7 Validatie	35
	4.7.1 Steekproefopzet	35
	4.7.2 Schatten van kwaliteitsmaten	35
	4.8 Van veendiktekaart naar geactualiseerde bodemkaart	36

4.8.1	Van een rasterkaart met de voorspelde veendikte naar een vlakkenkaart met veendikteklassen	37
4.8.2	Combineren van de vlakkenkaart met veendikteklassen en de Bodemkaart van Nederland	37
4.8.3	Aanpassen van bodemcodes waarbij de actuele veendikteklasse dunner is dan de oorspronkelijke veendikteklasse	38
4.8.4	Laatste aanpassingen om tot de geactualiseerde Bodemkaart van Nederland te komen	39
4.8.5	Landelijk bestand geactualiseerde Bodemkaart schaal 1 : 50 000	39
5	Resultaten	43
5.1	Veendiktekaart	43
5.2	Dikte van het minerale dek	46
5.3	Validatieresultaten	47
5.4	Geactualiseerde bodemkaart	48
5.5	GIS-bestanden	51
6	Conclusies en aanbevelingen	52
	Bijlage 1 Tabel met vertaling van bodemeenheden naar eenheden met een geringere veendikte	54



Woord vooraf

Dit project om de bodemkaart van de gebieden met dunne veenlagen te actualiseren maakt deel uit van het programma BIS2014, dat wordt gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken. De provincie Fryslân en waterschap Fryslân zorgden voor extra financiering om in deze provincie ook de actualisatie van de bodemkaart van de gebieden met dikke veengronden uit te voeren. Wij zijn de heren E.J. van Beusekom en J.T.M. Huinink van het ministerie van EZ erkentelijk voor hun nuttige inbreng bij het definiëren van dit project, evenals de heren J. Medenblik en M. Bootsma van respectievelijk provincie en waterschap Fryslân. Ook willen we de grondeigenaren bedanken voor hun toestemming om op hun percelen grondboringen uit te voeren.

Bij de uitvoering van dit project waren een groot aantal collega's betrokken. Het veldwerk, waarbij op vele honderden locaties boorbeschrijvingen werden opgesteld en de actuele veendikte steeds werd bepaald, is met veel inzet uitgevoerd door Ebbing Kiestra, Gert Stoffelsen, Willy de Groot, Matheijs Pleijter en Fokke Brouwer. Bas Kempen (nu werkzaam bij ISRIC – World Soil Information) en Dick Brus hebben veel energie gestoken in de ontwikkeling van een praktisch toepasbare en theoretisch goed onderbouwde statistische methode voor Digitale Bodemkartering, waarmee gebiedsdekkende kaarten van de veendikte en het bodemtype gemaakt kunnen worden. Het GIS-werk was in goede handen bij Nanny Heidema en Fokke Brouwer. Zij ontwikkelden een GIS-applicatie om rasterkaarten met veendiktes om te zetten naar vectorkaarten die ingepast kunnen worden in het GIS-bestand van de bodemkaart. Folkert de Vries zorgde voor de planning, coördinatie, voorbereiding en verwerking van de gegevens. Joop Okx is coördinator van het totale BIS Nederland programma, waarbinnen dit project is uitgevoerd.

Wageningen, april 2014

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de actualisatie van de bodemkaart van de veengebieden in Noord-Nederland. Alle veengebieden in Friesland en een deel van de veengebieden in Drenthe, Groningen en Overijssel zijn opnieuw in kaart gebracht. Deze nieuwe kaart is ingepast in de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Uit de gegevens blijkt dat 30% van de veengebieden nu is ingedeeld bij bodemeenheden met een dunnere veendikte.

Aanleiding

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 geeft informatie over de bodemopbouw tot een diepte van ca. 1,20 m-mv. Bij ruim een half miljoen ha komt ondiep in het bodemprofiel veen voor. Door het bodemgebruik en de daarvoor benodigde ontwateringsdiepte, oxideert de organische stof in de bodem en klinken de veenlagen in. Hierdoor worden de veenlagen geleidelijk dunner, waardoor veengronden kunnen overgaan in moerige gronden en moerige gronden in minerale gronden. Uit verkennend onderzoek is gebleken dat de verschuiving naar een bodemeenheid met dunnere veenlagen substantieel is. Door de dynamiek bij gronden met dunne veenlagen is het noodzakelijk bodeminformatie periodiek te actualiseren. Actualisatie van de informatie op de bodemkaart wordt gerechtvaardigd door het vele gebruik voor allerlei toepassingen, bijvoorbeeld ten behoeve van het beleid ter bescherming van de bodem en het grond- en oppervlaktewater, bij ruimtelijke inrichtingsvraagstukken en bij berekeningen van de effecten van maatregelen ter verbetering van de functies van de bodem. Planologen, beleidsmakers, gebiedsbeheerders en onderzoekers maken veelvuldig gebruik van de gegevens van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Voor een adequaat gebruik dient de informatie actueel te zijn.

Doel

Dit project maakt onderdeel uit van het onderzoeksprogramma BIS2014, gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken, en heeft als doel de bodemkaart van de gebieden met dunne veenlagen te actualiseren. Op verzoek van en met financiering van de provincie Fryslân en waterschap Fryslân heeft dit onderzoek in Friesland ook betrekking op de dikke veengronden. Concreet wordt er in dit project voor de veengebieden een veendiktekaart en een geactualiseerde bodemkaart samengesteld. Dit rapport beschrijft de actualisatie van twee deelgebieden in Noord-Nederland. De actualisatie van de bodemkaart van de veengebieden in Midden- en West-Nederland wordt in een vervolgrapport gedocumenteerd. De informatie over de grondwatertrappen valt buiten dit project. Het aanpassen van deze informatie vindt voor een deel van Nederland plaats in het project 'Gt-actualisatie Holoceen Nederland', dat ook onderdeel uitmaakt van het onderzoeksprogramma BIS2014.

Werkwijze

De actualisatie is uitgevoerd met behulp van 'Digitale Bodemkartering' (DBK). Dit is een methode waarin met statistische modellen bodemkaarten worden gemaakt, gebruikmakend van veldwaarnemingen van de bodem op punten en kaarten van hulpvariabelen zoals reliëf, grondwaterstanddiepte en (historisch) grondgebruik. Vanwege de kosten en doorlooptijd is voor deze methode gekozen in plaats van de karteringsmethode die gehanteerd is bij de eerste opname van de bodemkaart. Destijds is een uitgebreide veldverkenning uitgevoerd, waarbij een groot aantal grondboringen werden verricht en de begrenzing van de kaartvlakken in het veld werd opgespoord en ingetekend. Bij DBK is het benodigde aantal boringen per oppervlakte-eenheid geringer en worden de patronen via ruimtelijke interpolatie verkregen. Dit bespaart tijd en kosten.

Vanwege landschappelijke en regionale verschillen en vanwege de fasering in werkzaamheden is het totale doelgebied (de ondiepe veengronden en moerige gronden van geheel Nederland) opgesplitst in zes deelgebieden. Dit rapport behandelt de actualisatie van twee deelgebieden in Noord-Nederland. Deelgebied 1 heeft betrekking op de veengronden en moerige gronden in centrale deel van Drenthe en in het oostelijke deel van Friesland. Deelgebied 2 omvat de veengronden in het veenweidegebied van Friesland en de veengronden en moerige gronden op de overgang van de pleistocene zandgronden

naar het holocene kleigebied in Noordwest Overijssel, Friesland en Groningen. Per deelgebied onderscheiden we de volgende fasering in activiteiten:

- Analyse beschikbare gegevens in het Bodemkundig Informatie Systeem van Alterra (BIS Nederland); bestaande boorbeschrijvingen bevatten bruikbare informatie. Op locaties waar in het verleden geen veen voorkwam is dat waarschijnlijk nu ook nog zo en omdat er sinds de eerste opname nauwelijks of geen veengroei optreedt kan een in het verleden waargenomen veendikte als bovengrens voor de actuele dikte gehanteerd worden. Veendiktes die voor 2011 zijn vastgesteld zijn geactualiseerd met een model dat per jaar de dikte van de veenlaag boven de GLG met een constante fractie laat afnemen,
- Dataverzameling; de dataset met beschikbare boringen is aangevuld met nieuwe boorbeschrijvingen, gelijkmatig verspreid over de deelgebieden. Afhankelijk van het deelgebied en beschikbare informatie bedraagt de boringsdichtheid één boring per 50 à 100 ha,
- Creëren van kaarten met hulpvariabelen; om met behulp van DBK bodemkaarten te vervaardigen zijn GIS-bestanden nodig met gebiedskenmerken die gerelateerd kunnen zijn aan het bodemkenmerk dat in kaart gebracht wordt. Uit beschikbare databestanden over de bodem, grondwaterstandsdiepte, landgebruik, maaiveldhoogte, reliëf, ontginningsgeschiedenis, enz. zijn een groot aantal GIS-bestanden met hulpvariabelen samengesteld,
- Van puntenwaarnemingen met actuele veendiktes naar kaarten met actuele veendiktes; voor het maken van de kaart met actuele veendiktes is gebruik gemaakt van twee modellen: 1. een model waarmee de relatie wordt beschreven tussen de aan- of afwezigheid van veen en de omgevingskenmerken; en 2. een model waarmee de relatie wordt beschreven tussen de dikte van de veenlaag in gebieden waar deze voorkomt en de omgevingskenmerken. De geactualiseerde veendiktekaart is een rasterbestand met een celgrootte van 50 x 50 m,
- Voorspellen dikte van het minerale dek; niet overal begint de veenlaag aan maaiveld. Plaatselijk wordt de veenlaag bedekt met een klei- of zanddek. De dikte van het minerale dek is op dezelfde wijze in kaart gebracht als de veendikte, n.l. met twee modellen, een model voor de aan- of afwezigheid van een mineraal dek, en een model voor de dikte van het minerale dek in gebieden waar een mineraal dek aanwezig is,
- Vertaling naar kaartvlakken met bodemeenheden; met de bovengenoemde vier modellen is een kaart gemaakt van de vier hoofdklassen: minerale grond, moerige grond, dunne veengrond en dikke veengrond. De rasterkaart met gridcellen van 50x50 m wordt omgezet naar een vectorkaart met kaartvlakken. Gebieden waarbij de voorspelde hoofdklasse afwijkt van de hoofdklasse op de bodemkaart worden opnieuw begrensd. Vervolgens wordt voor elk nieuw kaartvlak de kaarteenheden vastgesteld,
- Validatie; door middel van een steekproef wordt de kwaliteit van de geactualiseerde kaarten bepaald,
- Inpassen in kaartbeeld bodemkaart; het nieuwe kaartbeeld wordt ingepast in het GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland.

Resultaten

Van de veengebieden in Noord-Nederland is nu een veendiktekaart en een geactualiseerde bodemkaart beschikbaar. Het nieuwe kaartbeeld is ingevoegd in het GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Uit een vergelijking van de geactualiseerde kaart en de oorspronkelijke bodemkaart blijkt dat er bij ca. 30% van het areaal wijzigingen zijn opgetreden naar bodemeenheden met een dunnere veendikte. Ongeveer 12% van het gebied is nu ingedeeld bij de zandgronden. Bij deze gronden komt dus geen veenlaag meer voor.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Rond 1960 is de toenmalige Stichting voor Bodemkartering (Stiboka) gestart met het vervaardigen van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. In 1995 kwam de kaart voor geheel Nederland gereed. De ouderdom van de informatie op de bodemkaart varieert dus van 20 tot meer dan 40 jaar. Volgens deze bodemkaart komt bij meer dan een half miljoen ha ondiep in het bodemprofiel (binnen 40 cm-mv.) een veenlaag voor. Het gaat hier om de zgn. moerige gronden, met een veenlaag van maximaal 40 cm dikte, en veengronden, met een veenlaag dikker dan 40 cm. Door het bodemgebruik en de ontwatering die daarvoor verantwoordelijk zijn, oxideert er organische stof en klinken de veenlagen in. Hierdoor worden venige lagen geleidelijk dunner, waardoor veengronden kunnen overgaan in moerige gronden en moerige gronden in minerale gronden. Uit verkennend onderzoek blijkt dat in het oosten van het land het areaal veengronden sinds de opname van de bodemkaart met bijna 50% is verminderd (Van Kekem et al, 2005). Van de op de kaart aangegeven moerige gronden wordt eveneens geschat dat het areaal met ongeveer de helft is afgenomen (De Vries et al, 2009). Uit een recente validatie van de Bodemkaart van Noord-Holland blijkt ook dat er flinke veranderingen zijn opgetreden bij de moerige gronden en bij de dunne veengronden (De Vries et al, 2010).

Door de dynamiek bij gronden met venige lagen verouderd de informatie op de bodemkaart voor deze gronden. De bodemkaart geeft dus niet meer een actueel en betrouwbaar beeld over de ligging en verspreiding van de moerige gronden en de veengronden in Nederland. Informatie van de bodemkaart wordt veelvuldig geraadpleegd en gebruikt bij allerlei vraagstukken, bijvoorbeeld ten behoeve van het beleid voor de bescherming van de bodem en het grond- en oppervlaktewater, bij ruimtelijke inrichtingsvraagstukken, bij het berekenen van de effecten van maatregelen en ten behoeve van de optimale benutting van de bodem voor verschillende functies. Planologen, beleidsmakers, gebiedsbeheerders en onderzoekers maken nu voor veel toepassingen gebruik van verouderde gegevens. Dit kan leiden tot onjuiste interpretaties en mogelijk tot verkeerde oplossingen en maatregelen.

De provincie Fryslân en waterschap Fryslân stellen samen de 'Veenweidevisie' op. Dit is een lange termijnvisie voor het Veenweidegebied binnen de provincie waarin knelpunten en kansen zichtbaar worden gemaakt en toekomstbeelden worden geschetst. Een algemeen knelpunt van het veenweidegebied is de geleidelijke bodemdaling door het inklinken van het veen. Dit brengt extra kosten mee voor het waterbeheer en het beheer van de infrastructuur, doordat kades, wegen en leidingen verzakken en duikers na verloop van tijd niet meer op de juiste diepte liggen. Ook ontstaan er funderingsproblemen en het inklinkproces zorgt voor een flinke uitstoot van broeikasgassen. Voor het opstellen van de veenweidevisie hebben provincie en waterschap behoefte aan actuele informatie over de veendiktes binnen de provincie.

Gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken is Alterra in 2009 gestart met de actualisatie van de bodemkaart van gebieden met moerige gronden en dunne veengronden. In heel Nederland wordt in totaal een areaal van ca. 360 000 ha geactualiseerd (www.BISNederland.wur.nl). Binnen de provincie Friesland heeft het nationale actualisatieproject betrekking op ca. 57 000 ha. De veenweidegebieden binnen deze provincie met dikke veengronden met een gezamenlijke oppervlakte van ca. 35 000 ha vallen buiten het nationale project. Provincie en waterschap hebben samen aan Alterra de opdracht gegeven om de actualisatie ook bij de dikke veengronden in het veenweidegebied uit te voeren.

1.2 Projectdoelstelling

Het nationale actualisatieproject is er op gericht om voor de gebieden met moerige gronden en dunne veengronden in Nederland de veendiktes in beeld te brengen en de bodemkaart te actualiseren. Deze actualisatie wordt gefaseerd uitgevoerd voor zes deelgebieden. Door de gecombineerde aanpak van het nationale actualisatieproject en de additionele opdracht van provincie en waterschap heeft de actualisatie in de provincie Friesland betrekking op alle moerige gronden en alle veengronden. In dit rapport beschrijven we de werkwijze voor twee deelgebieden in Noord-Nederland. Deze deelgebieden beslaan alle moerige gronden en veengronden in de provincie Friesland en liggen ook voor een deel in de provincies Drenthe, Groningen, Flevoland en in het westen van de provincies Overijssel en Gelderland.

Concreet bestaan de eindproducten van het project uit:

- Veendiktekaart in een rasterkaart met een celgrootte van 50 x 50 meter,
- Een geactualiseerde Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, van de veengebieden,
- Dataset met boorbeschrijvingen.

De bodemkaart geeft informatie over de gelaagdheid in het bodemprofiel tot een diepte van 120 cm. Bij veengronden waarbij het veenpakket doorloopt tot dieper dan 120 cm-mv., zoals in het veenweidegebied, ontbreekt op de bodemkaart informatie over de totale dikte van het veenpakket. De veendiktekaart die in dit project wordt vervaardigd geeft voor deze gebieden in de provincie Friesland wél informatie over de totale dikte van het veenpakket.

Met dit meerjarige project voor actualisatie wordt een inhaalslag gemaakt om te komen tot een actuele bodemkaart. Onderhoud aan de bodemkaart blijft daarna nodig, omdat de processen die veranderingen in de bodemopbouw veroorzaken continu doorgaan.

1.3 Afbakening

Dit rapport beschrijft de actualisatie van de bodemkaart van veengebieden in Noord-Nederland. Binnen de provincie Friesland wordt de bodemkaart van alle veengebieden geactualiseerd. Daarbuiten heeft de actualisatie betrekking op de moerige gronden en de dunne veengronden. Petgatgebieden (op de bodemkaart de eenheden met code AP) vallen buiten de actualisatie, omdat binnen deze eenheden naast veel oppervlaktewater een wisselend patroon van zetwallen en allerlei stadia van verlanding voorkomen. De kleigronden-op-veen, dit zijn gronden waarbij onder een 40 à 80 cm dikke kleilaag veen voorkomt (o.a. Drechtvaaggronden met code Mv..) vallen ook buiten de actualisatie, evenals de grondwatertrappen (Gt). De actualisatie heeft dus puur betrekking op veendikte bij de moerige gronden en de veengronden en de vertaling van deze informatie naar bodemeenheden.

1.4 Achtergrondinformatie

1.4.1 Definities

Bodemeenheid: Dit is een eenheid volgens de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. In dit project worden de bodemeenheden gegroepeerd in vier *hoofdklassen*: minerale gronden, moerige gronden, dikke veengronden en dunne veengronden.

Moerige gronden: Bodems met een moerige bovengrond van maximaal 40 cm dikte of een moerige tussenlaag van 5 à 40 cm dikte die binnen 40 cm-mv. begint. Moerige gronden worden op de bodemkaart aangegeven met de hoofdletter *..W...* De letters voor en achter de bodemeenheid geven informatie over respectievelijk de toplaag in het bodemprofiel en de laag onder de moerige laag. Bijvoorbeeld *zWz*, een moerige grond met een toplaag van zand (*z...*) en een ondergrond van zand (*...z*). Of *vWz*, dit is een moerige grond met toplaag van moerig (*v*) materiaal rustend op zand (*...z*).

Veengronden: Bodems waarbij binnen de zone tot 80 cm-mv. moerig materiaal voorkomt over een dikte van minimaal 40 cm. Veengronden worden op de bodemkaart aangegeven met hoofdletter ..V.. De letters voor en achter de hoofdletter geven informatie over respectievelijk de aard van de toplaag en de veensoort of aard van de minerale ondergrond. Bijvoorbeeld kVc, een bovengrond van klei (k...) op zeggeveen (...c) dat doorloopt tot dieper dan 120 cm-mv.

'*Dunne veengronden*': Veengronden waarbij het veenpakket binnen 120 cm-mv. overgaat in een minerale ondergrond van zand of klei.

'*Dikke veengronden*': Veengronden waarbij het veenpakket doorloopt tot dieper dan 120 cm-mv.

Veengebieden: Gebieden met moerige gronden en/of veengronden.

Minerale gronden: Bodems met een toplaag van zand, klei of leem die tenminste doorgaat tot 40 cm-mv.

Moerig materiaal: Bodemmateriaal dat voor minstens 15 massaprocenten (bij een lutumgehalte van 0%) à 30 massaprocenten (bij een lutumgehalte van 70%) uit organisch materiaal bestaat. Een synoniem voor moerig is venig. Bodemmateriaal met meer dan 22 tot 55% organisch materiaal wordt veen genoemd, vaak in combinatie met een aanduiding van het plantaardige materiaal dat er aan ten grondslag ligt (bijvoorbeeld zeggeveen, rietveen, veenmosveen, bosveen). In dit rapport wordt ook de term *moerige laag* gebruikt. Hiermee bedoelen we dus een laag met tenminste 15 à 30% organische stof.

1.4.2 Processen

Veenvorming vindt plaats als afgestorven plantenresten onder natte omstandigheden door gebrek aan zuurstof en door remming van de biologische activiteit niet of onvolledig worden afgebroken. Tijdens het proces van veenvorming is de aanvoer van organische stof groter dan de afbraak. Als de afbraak van organische stof groter is dan de aanvoer, verdwijnt het veen weer. Veen blijft geconserveerd dankzij hoge grondwaterstanden. Organische stof in de bodem wordt zowel onder anaërobe als onder aërobe omstandigheden voortdurend afgebroken. Bij afwezigheid van luchtzuurstof (anaërobe omstandigheden) verloopt de afbraak zeer langzaam. Onder aërobe omstandigheden, waarbij de organische stof aan de lucht is blootgesteld, gaat de afbraak sneller. Dit verteringsproces door micro-organismen wordt *oxidatie* genoemd. Organisch materiaal breekt af bij blootstelling aan zuurstof en gaat als CO₂ (kooldioxide) en deels als N₂O (lachgas) de lucht in. Ontwatering bevordert de zuurstofvoorziening in de bodem, waardoor de oxidatie toeneemt en het maaiveld daalt. Om de drooglegging en de daaraan gerelateerde gebruiksmogelijkheden van landbouwgronden op een bedrijfseconomisch aanvaardbaar peil te houden is na verloop van tijd verlagings van polderpeilen nodig. Na peilverlagingen treedt er eerst klink op. De bovengrond die in de natte situatie als het ware in het grondwater dreef, komt na de peilverlaging boven het grondwater uit. Het eigen gewicht drukt nu op de slappe lagen van veen en klei, die daardoor in elkaar worden gedrukt. Daarbij wordt het water uit de slappe lagen geperst. De drooglegging zorgt ook voor het krimpen van de veenbodem. Maagdelijk veen in de ondergrond bestaat voor 90% uit water. Door de peilverlaging komt dit veen droog te staan en door de verdere uitdroging als gevolg van verdamping verdwijnt er veel water waarbij het veen krimpt. Daarbij verandert de structuur en de samenstelling van het veen. Krimp, klink en oxidatie van veen resulteert in maaiveldddaling. Uit onderzoek van Van den Akker (2005) blijkt dat maaiveldddaling in veenweidegebieden sterk gerelateerd is aan de grondwaterstanden aan het einde van de zomer. De grondwaterstanden zijn dan, na een periode van verdampingoverschot, op zijn diepste en de bodemtemperatuur op zijn hoogst. Dit zijn optimale omstandigheden voor oxidatie. Van den Akker heeft een langjarig gemiddelde maaiveldddaling vastgesteld van zes mm per jaar bij ondiepe grondwaterstanden (<40 cm-mv.) tot 12 mm per jaar bij diepere grondwaterstanden (60 cm-mv.). Verder blijkt uit het onderzoek van Van den Akker dat bij veengronden met een kleidek (bodemkaarteenheden kV..en pV..), door de beschermende invloed van de kleilaag, veenoxidatie en maaiveldddaling geringer is dan bij veengronden zonder kleidek (aV.., hV..).

Veen bestaat voor ca. 50% uit koolstof dat door planten uit CO₂ uit de lucht is vastgelegd. Oxidatie van veenlagen leidt tot vorming en emissie van broeikasgassen als CO₂ (kooldioxide) en N₂O (lachgas). Lachgas ontstaat bij onvolledige oxidatie van stikstofverbindingen. In 2004 werd de jaarlijkse emissie van deze broeikasgassen uit de Nederlandse veengronden die in gebruik zijn als landbouwgrond geschat op 4,25 miljoen ton CO₂ en 1043 ton N₂O, wat gelijk is aan 0,51 miljoen ton CO₂-equivalenten (Kuikman et al, 2005). In totaal 4,76 miljoen ton CO₂-equivalenten. Dit is ongeveer 4% van de totale jaarlijkse landelijke broeikasgasemissie

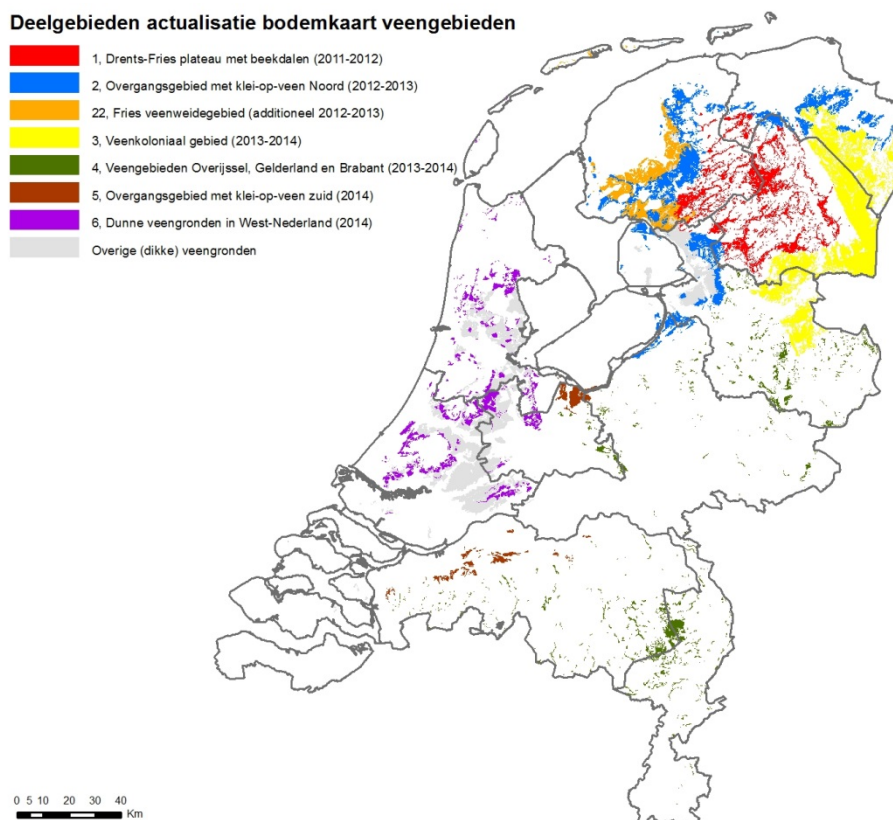
1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een globale beschrijving van de werkwijze in dit project om te komen tot een geactualiseerde bodemkaart. In hoofdstuk 3 wordt beschreven welke bestaande gegevens gebruikt zijn en welke gegevens extra zijn verzameld. Het proces van Digitale Bodemkartering om de veendiktekaart te genereren en deze informatie vervolgens te verwerken tot een geactualiseerde bodemkaart staat beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 behandelt de resultaten en hoofdstuk 6 geeft de conclusies en aanbevelingen.

2 Globale aanpak

2.1 Inleiding

Bij de start van het nationale actualisatieproject is een aanpak ontwikkeld om de actualisatie van de bodemkaart uit te voeren met behulp van 'Digitale BodemKartering' (DBK). Dit is een statistische methode waarbij uit een combinatie van bodemgegevens uit veldwaarnemingen en informatie over o.a. reliëf, maaiveldvaling, grondwaterstandsdiepte en grondgebruiksreeksen kaartbeelden worden gecreëerd. Naast een voorspelling van het bodemkenmerk geeft het model ook een indicatie van de onzekerheid van de voorspelling. Vanwege de kosten en doorlooptijd is deze methode gekozen in plaats van de karteringsmethode die gehanteerd is bij de eerste opname van de bodemkaart. Destijds is een uitgebreide veldverkenning uitgevoerd, waarbij grondboringen werden verricht en de begrenzing van de kaartvlakken in het veld werd opgespoord en ingetekend. Bij DBK is het benodigde aantal boringen per oppervlakte-eenheid geringer en worden de patronen via ruimtelijke interpolatie verkregen. Dit bespaart tijd en kosten. Tevens zijn de kaarten vervaardigd met DBK reproduceerbaar en bij het beschikbaar komen van nieuwe locatiegegevens kan het model opnieuw worden toegepast om het kaartbeeld te actualiseren.



Figuur 1. Overzicht van de deelgebieden van het nationale actualisatieproject inclusief het veenweidegebied dat in opdracht van provincie en waterschap wordt geactualiseerd

2.2 Indeling in deelgebieden

Vanwege landschappelijke en regionale verschillen en vanwege de planning en fasering van de activiteiten voor de actualisatie is het totale doelgebied in deelgebieden opgesplitst (figuur 1). De actualisatie wordt gefaseerd per deelgebied uitgevoerd. De veengebieden in de provincie Friesland maken binnen het nationale actualisatieproject onderdeel uit van de gebieden 1 en 2. Deelgebied 22 is toegevoegd met financiering van provincie en waterschap.

Deelgebied 1

Deelgebied 1 beslaat in grote lijnen het gebied tussen de steden Heerenveen, Groningen, Emmen en Meppel. De basis voor het landschap in dit deelgebied is gelegd in het Pleistoceen. Meer dan 130 000 jaar geleden vormde schuivend ijs grondmorenes in Noord-Nederland en smeltwater schuurde diepe dalen uit. Er ontstonden plateaus met stroomdalen. Na perioden met begroeiing volgde de laatste ijstijd, het Weichselien (100 000 – 10 000 jaar geleden). Door het toendraklimaat verdween de vegetatie en zandstormen lieten pakketten dekzand achter. In het daarop volgende Holoceen steeg de temperatuur geleidelijk, waardoor de begroeiing weer op gang kwam. In de beekdalen ontstond veen en ook in afgesloten depressies op de plateaus ontstonden op grote schaal veenmoerassen. Hier werd het zgn. hoogveen gevormd. Vanaf ca. 1600 nam de bewoning toe. De veengronden in de beekdalen werden als grasland in gebruik genomen en men begon met het vervenen van het hoogveen. De vervening ging door tot in de vijftiger jaren van de vorige eeuw. Rond Veenhuizen resteren nu nog restanten niet verveend of deels verveend hoogveen (Fochteloërveen). In dit deelgebied komen vooral moerige gronden en dunne veengronden voor.

Deelgebied 2

Deelgebied 2 ligt op de overgang van de zandgronden naar de westelijk en noordelijk gelegen kleigronden in Midden- en Noord-Nederland. Dit uitgestrekte deelgebied ligt grofweg op de lijn Harderwijk, Zwolle, Meppel, Heerenveen, Leeuwarden en Groningen. De top van de pleistocene (zand-)ondergrond ligt beneden NAP. De vernatting door afsmeltend landijs tijdens de klimaatsverbetering in het begin van Holoceen werd versterkt doordat ook de zeespiegel steeg en de afwatering van het relatief laag gelegen gebied smoorde. Dit waren ideale omstandigheden voor veengroei. Bij gedeelten is in een later stadium klei op het veenpakket afgezet. Eeuwen lang is er op grote schaal verveend. Rond Heerenveen was men bijvoorbeeld in 1550 al druk bezig met vervening en ontginning van de veengebieden (Bunskoeke, 1987).

Deelgebied 22

Deelgebied 22 met de dikke veengronden in Friesland ligt als een aaneengesloten strook tussen de veengronden van deelgebied 2 in het oosten en de kleigronden in het westen. In Zuidwest-Friesland is het veen afgedekt met een kleidek van 20 à 40 cm dikte. Ook in dit veengebied is op grote schaal turf gewonnen. In tegenstelling tot de vervening in de deelgebieden 1 en 2 vond hier ook natte vervening plaats, waarbij het veen met 'de beugel', een soort schepnet, van onder de waterspiegel werd opgebaggerd en op de zetwallen te drogen werd gelegd. Door deze wijze van vervening zijn er waterpartijen ontstaan en petgatgebieden met een mozaïek van water en land, riet en trilvenen. Vanwege de grote diversiteit in bodemopbouw, voor zover er over bodem gesproken kan worden, vallen de petgatgebieden buiten de actualisatie.

Voor de uitvoering van de actualisatie worden gebied 2 en 22 gecombineerd tot één gebied, in het vervolg van dit rapport aangeduid met gebied 2. Tabel 1 toont voor deelgebied 1 en het gecombineerde deelgebied 2 (combinatie van 2 en 22) de oppervlakte per veendikteklasse. Volgens de aanvankelijke doelstelling van het nationale actualiseringsproject zou de actualisatie zich beperken tot de moerige gronden en dunne veengronden (veenlaag <120 cm). Bij het afgrenzen van de deelgebieden zijn gebiedjes met dikke veengronden te midden van dunne veengronden of moerige gronden toegevoegd aan het doelgebied, zodat het een meer aaneengesloten karteringsgebied wordt.

Tabel 1.

Oppervlakteoverzicht van de veendiktes per deelgebied en binnen de provincie Friesland

Veendikte	Areal (ha) binnen deelgebieden en provincie Friesland en daar buiten						
	Deelgebied 1			Deelgebied 2			Totaal
	Friesland	Overige	Totaal	Friesland	Overige	Totaal	
<40 cm	11833	29610	41442	14746	15749	30495	71937
40 - 120 cm	5299	13464	18763	20712	19998	40709	59473
>120 cm	3119	4584	7703	36313	12100	48413	56115
Totaal	20251	47658	67909	71770	47847	119617	187525

2.3 Dataverzameling

De beschikbaarheid van een goede set boorbeschrijvingen met informatie over de actuele veendiktes is cruciaal. Alterra beschikt zelf over een uitgebreide set boorbeschrijvingen in het Bodemkundig Informatie Systeem (www.BISNederland.wur.nl). De set wordt aangevuld met boorbeschrijvingen die beschikbaar zijn bij de provincie, waterschap en andere partijen zoals TNO (DINO). De beschikbare gegevens worden gescreend op volledigheid en actualiteit. Om voor het totale gebied over een goede verdeling van actuele boorbeschrijvingen te beschikken wordt er veldwerk verricht om leemtes op te vullen met extra boorbeschrijvingen. Naast de veendiktegegevens op puntniveau zijn gebiedsdekkende hulpbestanden nodig om ruimtelijke voorspellingen te doen. Deze bestanden, met o.a. informatie over afbraaksnelheid van veenlagen, hoogteligging en reliëf, maaiveldaling, grondwaterstandsdiepte en grondgebruiksreeksen worden afgeleid uit beschikbare databestanden.

2.4 Met DBK van puntinformatie naar gebiedsdekkende veendiktekaart.

Met de boorbeschrijvingen op punten en de gebiedsdekkende hulpbestanden wordt een relatie afgeleid tussen het voorkomen van veen en de terreinkenmerken, en een relatie tussen de dikte van de veenlaag in gebieden waar veen voorkomt en de terreinkenmerken. De afgeleide statistische modellen worden vervolgens toegepast om gebiedsdekkend de kans op voorkomen van veen en de veendikte te voorspellen. Deze stap resulteert in rasterbestanden met een celgrootte van 50x50 m².

2.5 Validatie veendiktekaart

Met een aanvullende kanssteekproef, waarvan de gegevens niet zijn gebruikt voor het maken van de kaarten, worden de voorspelde veendiktes gecheckt. De uitkomst van de validatie is een soort rapportcijfer voor de veendiktekaart.

2.6 Van veendiktekaart naar bodemkaart

De veendiktes gecombineerd met informatie van de oorspronkelijke bodemkaart worden geschematiseerd naar bodemeenheden volgens de legenda van de bodemkaart. In gebieden met veendiktes van meer dan 120 cm blijft de bodemeenheid van de oorspronkelijke bodemkaart gehandhaafd, omdat de bodemkaart binnen deze klasse geen verder onderscheid maakt in veendikte. Het rasterbestand wordt omgezet naar een vectorbestand, waarbij de begrenzing van de kaartvlakken worden afgevlakt. Uiteindelijk worden de nieuwe fragmenten in het kaartbeeld van de bodemkaart gemonteerd.

2.7 Analyse van de veranderingen in veendikte en bodemeenheid.

Aan de hand van de nieuwe boorbeschrijvingen en de geactualiseerde bodemkaart wordt nagegaan wat de belangrijkste veranderingen in veendikte en bodemeenheden zijn ten opzichte van de oorspronkelijke bodemkaart.

3 Gegevens

3.1 Bodemgegevens in het Bodemkundig Informatie Systeem

In de afgelopen decennia is er veel informatie verzameld over de bodem van Nederland. In het bijzonder voor de landsdekkende bodemkartering, schaal 1 : 50 000 en detailkarteringen (schaal 1 : 10 000 en 1 : 25 000) in het kader van landinrichtingsprojecten. Deze systematisch verzamelde informatie is opgeslagen in het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS-Nederland) van Alterra. In de volgende paragrafen volgt een beschrijving van de informatie die van belang is voor de actualisatie van de bodemkaart.

3.1.1 Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000

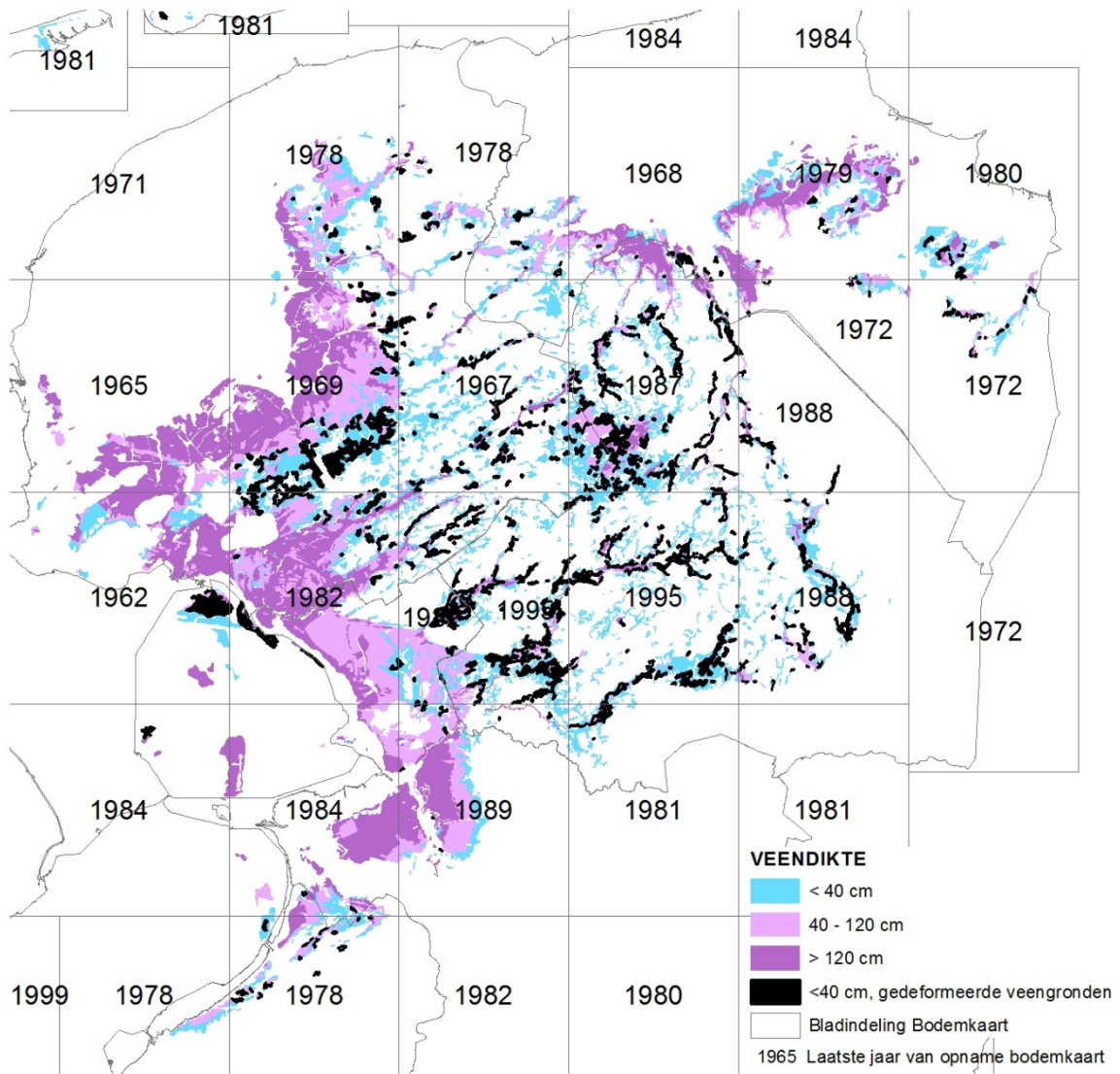
De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, geeft voor het landelijk gebied door middel van kaartvlakken informatie over de bodemopbouw en bodemkenmerken tot een diepte van ca. 120 cm-mv. (Steur en Heijink, 1991). De kaart geeft o.a. informatie over:

- De bodemeenheid, met naam en omschrijving volgens een gedocumenteerde legenda,
- Moedermateriaal,
- De aard, dikte en samenstelling van de bovengrond,
- Bodemvorming,
- De globale profielopbouw en gelaagdheid tot 120 cm-mv.,
- Veensoort,
- De aanwezigheid van kalk in het bodemprofiel,
- Het grondwaterstandsverloop, d.m.v. grondwatertrappen (Gt).

Bij het in kaart brengen van de bodem is een uitgebreide veldverkenning uitgevoerd, waarbij per 10 ha gemiddeld 1 à 2 grondboringen zijn verricht. Bij de boringen is de gelaagdheid van het bodemprofiel vastgelegd in boorbeschrijvingen. Aan de hand van deze boorbeschrijvingen en allerlei landschappelijke kenmerken (o.a. reliëf en verschillen in vegetatie) zijn de eenheden op kaart ingetekend. Rond 1960 is Stiboka in Zeeland gestart met de landelijke kartering van de bodem op schaal 1 : 50 000. De kaart is uitgegeven per kaartblad van de topografische kaart, schaal 1 : 50 000, met daarbij een toelichting in boekvorm. Door de aanpak per kaartblad verschilt de periode van opname van blad tot blad. Het veldwerk voor het laatste kaartblad is in 1995 afgerond. De bodemkaart is als GIS-bestand beschikbaar.

De kaartschaal en waarnemingsdichtheid brengen met zich mee dat de informatie op de kaart een generalisatie van de werkelijkheid is. De kleinste kaartvlakken op de bodemkaart hebben een oppervlakte van 3 à 6 ha. Bodemkundige fenomenen met een kleinere oppervlakte komen op deze schaal niet in beeld. Figuraties op de bodemkaart volgen in sterke mate landschappelijke patronen. Vanuit deze landschappelijke patronen wordt er tijdens de kartering bodemkundig inhoudelijke invulling gegeven aan de kaartvlakken. Hierbij worden keuzes gemaakt.

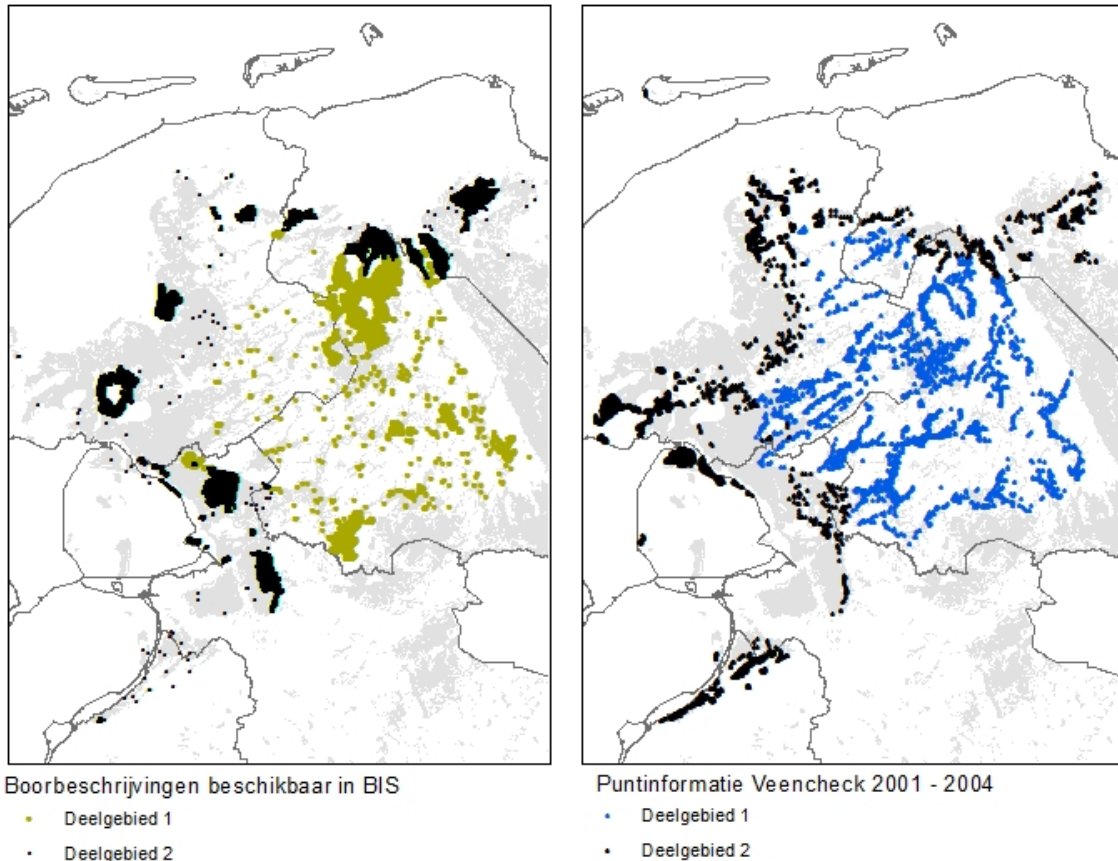
In de periode 2001 – 2004 is bij de veengronden in Oost-Nederland nagegaan of dit nog veengronden waren. Bij deze 'veencheck' bleek dat bij 47% van de oppervlakte de gronden gedeformeerd zijn naar moerige gronden of minerale gronden (figuur 2). Bij deze check is voor de gebieden met gedeformeerde veengronden geen nieuwe bodemkaart samengesteld, er is alleen vastgesteld of er nog veengronden aanwezig zijn. Figuur 2 geeft de veendiktes weer volgens de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.



Figuur 2 Veendiktes volgens de bodemkaart met per kaartblad het laatste jaar van opname

3.1.2 Boorbeschrijvingen

Een boorbeschrijving geeft schematisch informatie over de gelaagdheid in een bodemprofiel op een bepaalde locatie. Om een boorbeschrijving te kunnen maken haalt de veldbodemkundige met een zgn. Edelmanboor of met een gutsboor bodemmateriaal uit het boorgat omhoog en legt dit in chronologische volgorde neer. Vervolgens wordt op basis van kleur, samenstelling en consistentie de gelaagdheid vastgesteld. Begin- en einddieptes van de lagen worden genoteerd en van elke laag worden belangrijke kenmerken geschat, zoals organische-stofgehalte, veensoort, lutumgehalte, leemgehalte, zandgrofheid (M50), consistentie en aanwezigheid van kalk. De locatie wordt vastgelegd door middel van x- en y-coördinaten. Bij een klein deel van de boorbeschrijvingen zijn de lagen bemonsterd en zijn in het laboratorium kenmerken geanalyseerd. Het BIS bevat voor geheel



Figuur 3. Beschikbare boorbeschrijvingen voor de deelgebieden 1 en 2 in BIS en in het databestand van de Veencheck

Nederland ca. 330 000 boorbeschrijvingen. De dichtheid van het aantal boorbeschrijvingen per oppervlakte-eenheid verschilt sterk (figuur 3). In gebieden met detailkarteringen kan de waarnemingsdichtheid, afhankelijk van de opnameschaal, wel oplopen tot 1 boring per ha. In andere gebieden is er soms slechts één beschrijving per 100 ha beschikbaar. Voor het bepalen van de bruikbaarheid van de boorbeschrijvingen bij de actualisatie van de bodemkaart is het jaartal van belang waarin de beschrijving is opgesteld. Bij profielen met veenlagen zal door oxidatie de veendikte geleidelijk afnemen. Hierdoor is een boorbeschrijving na verloop van tijd niet meer actueel. Voor het maken van de veendiktekaart is het verder van belang dat de veenlaag volledig doorboord is, dus tot in de minerale laag onder het veen. Bij veel karteringen is in het verleden tot 120 of 150 cm-mv. geboord. Daardoor zijn de beschikbare boringen in de gebieden met dikke veengronden minder goed bruikbaar voor dit project. In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van het aantal beschikbare boorbeschrijvingen en de periode van inzameling. Bij de 'veencheck 2001-2004' zijn wel boringen uitgevoerd maar daarbij is geen volledige boorbeschrijvingen opgesteld. De profielopbouw is in een code is samengevat. Deze informatie is in een aparte dataset beschikbaar.

Tabel 2.

Overzicht van de beschikbare boorbeschrijvingen in BIS per deelgebied met onderverdeling naar provincie en periode van opname

Periode	Deelgebied 1			Deelgebied 2		
	Totaal	Friesland	Overig	Totaal	Friesland	Overig
1955-1960	4		4			
1960-1970	8	4	4	12	8	4
1970-1980	14		14	21	2	19
1980-1990	5271	21	5250	9579	2936	6643
1990-2000	1696	19	1677	3339	1563	1776
2000-2005	814	16	798	52		52
2005-2010	1436	186	1250	4679	8	4671
Totaal	9243	246	8997	17682	4517	13165
Veencheck 2001 - 2004	2498	647	1851	3138	1634	1504

3.2 Verzamelen aanvullende boorbeschrijvingen

3.2.1 Aanpak

De dataset met beschikbare boringen is in het kader van de actualisatieprojecten aangevuld met nieuwe boorbeschrijvingen. Hiervoor zijn gelijkmatig verdeeld over het gebied locaties geloot. Rekening houdend met de verdeling, compleetheit en actualiteit van de beschikbare gegevens in BIS en de dataset van de veencheck 2001 – 2004 verschilt de boringsdichtheid per deelgebied:

- In deelgebied 1 komen concentraties van BIS-boringen voor, maar in combinatie met de dataset van de veencheck is er toch een vrij goede verdeling. In dit gebied is er voor gekozen om per 200 ha 1 extra boorbeschrijving te verzamelen. Het veldwerk voor dit deelgebied is uitgevoerd in 2011,
- In het deel van deelgebied 2 dat onderdeel uitmaakt van het nationale actualisatieprogramma (zie fig. 1) bedraagt de boringsdichtheid 1 per 75 ha. Het veldwerk voor dit deelgebied is uitgevoerd in 2012,
- In het deel van deelgebied 2 met financiering van provincie en waterschap is per 50 ha een extra boorbeschrijving opgesteld. Voor deze hogere dichtheid is gekozen omdat in dit gebied met dikke veengronden de beschikbare boorbeschrijvingen vaak betrekking hebben op een deel van het veenprofiel. Deze beschrijvingen bevatten onvoldoende informatie voor het maken van de veendiktekaart. Het veldwerk voor dit deelgebied is uitgevoerd in najaar 2012 en voorjaar 2013.



Figuur 4. Bodemprofielen uitgeboord met een gutsboor (links) en een Edelmanboor (rechts)

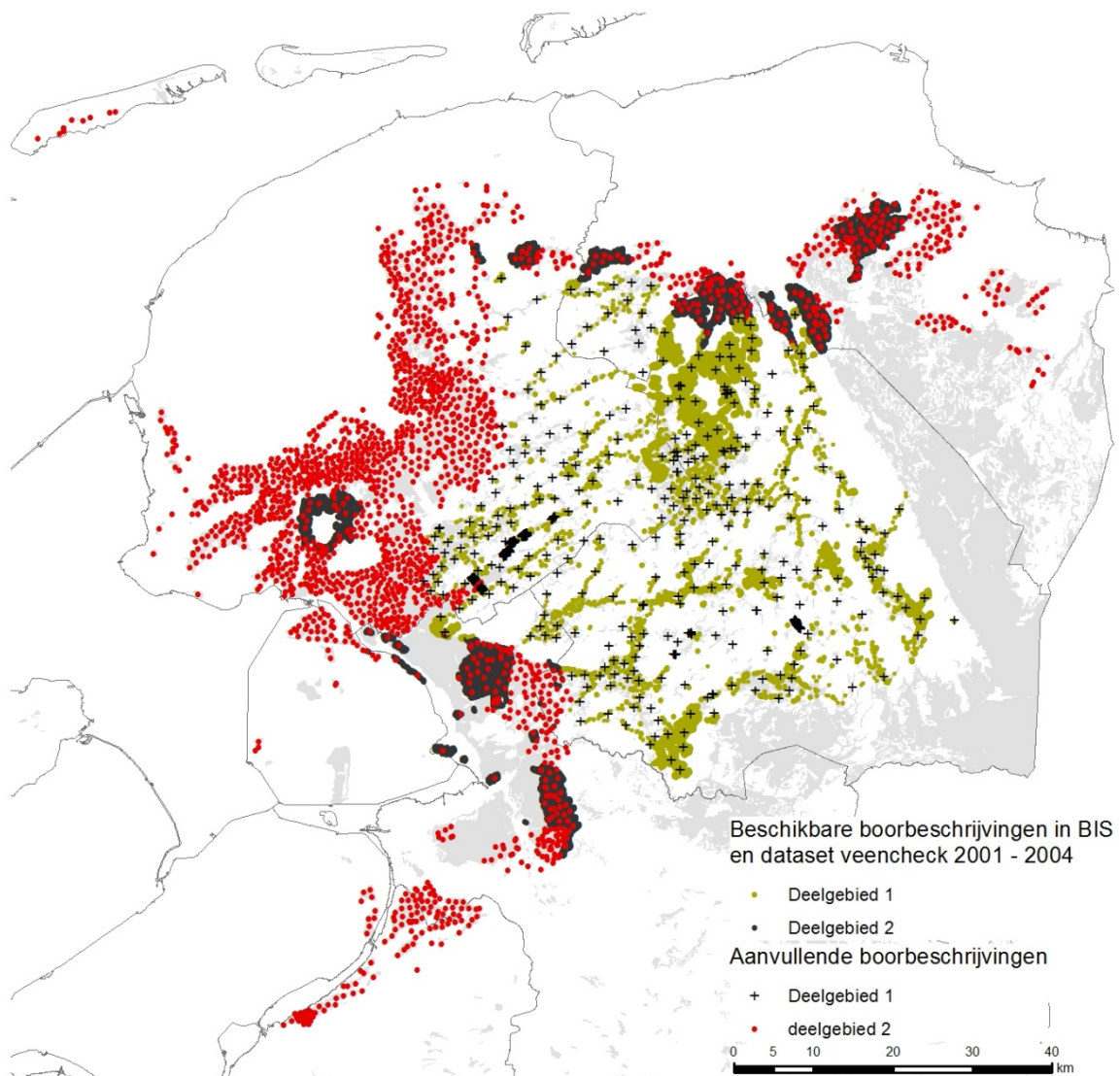
Voor het maken van een boorbeschrijving wordt met een (Edelman-)grondboor of met een gutsboor een boorgat gemaakt (figuur 4). Het uitgeboorde materiaal wordt in chronologische volgorde bij het boorgat gelegd en vervolgens beschreven aan de hand van de richtlijnen voor bodemkundige

boorbeschrijvingen (Ten Cate et al,1995). Voor opslag van deze gegevens in de database wordt gebruik gemaakt van een VeldGIS-applicatie op een veldcomputer. Bij het veldwerk worden verder de volgende richtlijnen gehanteerd:

- Boor het profiel uit tot ten minste 150 cm diepte en altijd tot in de zandondergrond, dus bij veendiktes van meer dan 150 cm dieper boren,
- Op elke locatie een volledige boorbeschrijving maken. Ook de eerste laag onder het veen beschrijven,
- Bij verstoorde bodemopbouw meerdere boringen verrichten en vervolgens een beschrijving maken van de meest voorkomende profielopbouw.

3.2.2 Overzicht verzamelde gegevens

In totaal zijn er tijdens het veldwerk in de twee deelgebieden ca. 2300 nieuwe boorbeschrijvingen opgesteld. Waarvan ruim 320 in deelgebied 1 en ruim 2000 in deelgebied 2. Daarnaast waren er in deelgebied 1 ook ook ruim 320 nieuw boorbeschrijvingen beschikbaar via andere projecten. Figuur 5 toont een overzicht met de verspreiding van de boorlocaties.



Figuur 5. Overzicht van de extra boorbeschrijvingen die in het kader van de actualisatie zijn opgesteld

3.3 Hulpinformatie met gebiedskenmerken

Om digitale bodemkartering te kunnen toepassen zijn GIS-bestanden nodig met gebiedskenmerken die van invloed kunnen zijn op de bodemvariabelen die in kaart gebracht wordt. Aan de hand van deze gegevens wordt een relatie afgeleid tussen het bodemkenmerk ter plekke van de boorlocaties en één of meer gebiedskenmerken. Voorwaarde voor deze toepassing is dat deze hulpinformatie gebiedsdekkend beschikbaar is, zodat gebiedsdekkend voorspellingen gedaan kunnen worden. Voor de actualisatieprojecten is een uitgebreide set met hulpvariabelen aangemaakt. De gegevens zijn in GIS beschikbaar als gridbestand met een celgrootte van 50x50 m. De informatie is afgeleid uit beschikbare GIS-bestanden van o.a. bodemkaart, hoogtekaart en grondgebruikkaart. De hulpvariabelen worden hierna kort besproken.

3.3.1 Bodem gerelateerde hulpvariabelen

Trofiegraad veen

De trofiegraad van het veen ofwel het veentype is mogelijk van invloed op de verteringssnelheid van veen. Dit bestand is afgeleid van de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000. Er worden twee klassen onderscheiden:

1. Mesotroof en eutroof veen (legenda-eenheden bodemkaart ..Wz, Vz ..Vc,..Vb,..Vd,..Vr,..Vk).
2. Oligotroof veen (legenda-eenheden bodemkaart ..Wp, ..Vp, ..Vs)

Veenstatus

Bij de 'veencheck 2001 – 2004' is bij de veengronden in Oost-Nederland nagegaan of het nog wel veengronden zijn. Daaruit bleek dan van het onderzochte veengronden ca. 47% van de oppervlakte reeds is gedeformeerd naar een niet-veengrond. Deze informatie is van belang bij de actualisatie.

Indeling:

1. Gedeformeerde veengrond.
2. Niet-gedeformeerd veengrond.
3. Moerige grond.
4. Overige veengronden, status niet onderzocht.

Veendikte

Gebiedsdekkende informatie over de veendikte afgeleid uit de informatie van de bodemkaart. Er zijn verschillende indelingen opgesteld, door verschillende combinaties van dikteklassen (tabel 3).

Tabel 3.

Indeling voor hulpvariabelen met informatie over de veendikte

Veendikte	Indelingen en klassen per indeling		
	Veendikte_3cl	Veendikte_2cl1	Veendikte_2cl2
Moerige gronden (<40 cm)	1	1	1
Dunne veengronden (40 – 120 cm)	2	1	2
Dikke veengronden (>120 cm)	3	2	2

Bovengrond

Uit onderzoek van Van den Akker (2005) is bekend dat de samenstelling van de bovengrond van invloed is op de klink van veenlagen. Er zijn twee indelingen, beide afgeleid uit gegevens van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (tabel 4).

Tabel 4.

Indeling voor hulpvariabelen met informatie over de bovengrond

Aard bovengrond	Indelingen en klassen per indeling	
	Bovgrond_4cl	Bovgrond_2cl
Zand	1	2
Klei	2	2
Veraard veen	3	1
Onveraard veen	4	1

3.3.2 Grondwater gerelateerde hulpvariabelen

Voor het afleiden van grondwater gerelateerde hulpvariabelen zijn drie bronnen gehanteerd:

- MIPWA (Methodiekontwikkeling Interactieve Planvorming). Dit is een grondwaterinstrumentarium voor o.a. het berekenen en gebiedsdekkend weergeven van grondwaterstanden. MIPWA is door TNO ontwikkeld in samenwerking met en in opdracht van de 3 noordelijke provincies en waterschappen,
- Gd-kaart; dit bestand geeft een kwantitatieve beschrijving van de grondwaterdynamiek in de vorm van modelvoorspellingen van de GHG, GLG en GVG. De Gd-kaart is beschikbaar voor Pleistoceen Nederland (voornamelijk Oost-Nederland) (Van Kekem et al, 2005),
- Grondwatertrappenkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; deze kaart maakt onderdeel uit van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

Doordat zowel de MIPWA-gegevens als de Gd-bestanden niet voor het volledige doelgebied beschikbaar zijn, zijn de gegevens uit de verschillende bestanden gecombineerd. Als eerste invoer is de MIPWA-kaart gebruikt. Voor de rastercellen met ontbrekende gegevens is uitgegaan van de Gd-kaart. Als zowel MIPWA als Gd-informatie ontbreekt, dan is informatie gebruikt volgens de Gt-kaart. De grondwatertrappen zijn gecombineerd tot een indeling met een verschillend aantal klassen (tabel 5). Waarbij de indelingen Gw_gt6 en Gw_gt3 zijn gebaseerd op de Gt en de indelingen GtKl3z en GLG5 op de GLG en GtKl3w en GHG5 op de GHG.

Tabel 5.

Indelingen voor hulpvariabelen over de grondwaterstandsdiepte

Gt	GHG (cm- mv.)	GLG (cm- mv.)	Indelingen en klassen per indeling						
			Gw_gwtid	Gw_gt6	Gw_gt3	Gw_gt3z	Gw_gt3w	GHG5cl	GLG5cl
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
I	<25	<50	1	1	1	1	1	1	1
Ic	>25	<50	2	1	1	1	2	2	1
IIa	<25	50-80	3	1	1	1	1	1	2
IIb	25-40	50-80	4	1	1	1	2	2	2
IIc	40-80	50-80	5	1	1	1	3	3	2
IIIa	<25	80-120	6	2	1	1	1	1	3
IIIb	25-40	80-120	7	2	1	1	2	2	3
IVu	40-80	80-120	8	3	2	1	3	3	3
IVc	>80	80-120	9	3	2	1	3	4	3
Vao	<25	120-180	10	4	2	2	1	1	4
Vad	<25	>180	11	4	2	3	1	1	5
Vbo	25-40	120-180	12	4	2	2	2	2	4
Vbd	25-40	>180	13	4	2	3	2	2	5
VIo	40-80	120-180	14	5	3	2	3	3	4
VIId	40-80	>180	15	5	3	3	3	3	5
VIIo	80-140	120-180	16	6	3	2	3	4	4
VIIId	80-140	>180	17	6	3	3	3	4	5
VIIIo	>140	120-180	18	6	3	2	3	5	4
VIIIId	>140	>180	19	6	3	3	3	5	5

3.3.3 Bodem en grondwater gerelateerde kenmerken

Grondwaterinformatie is gecombineerd met informatie over de trofiegraad van het veen (veentype) om een kaart te genereren met de gevoeligheid voor oxidatie volgens de methode van Finke et al. (1996). Hierbij wordt mesotroof veen met Gt IV, V, VI, VII en VIII en oligotroof veen (veenmosveen) met Gt VI, VII en VIII aangemerkt als gevoelig voor oxidatie.

Oxidatiegevoeligheid:

- 0. Laag
- 1. Hoog

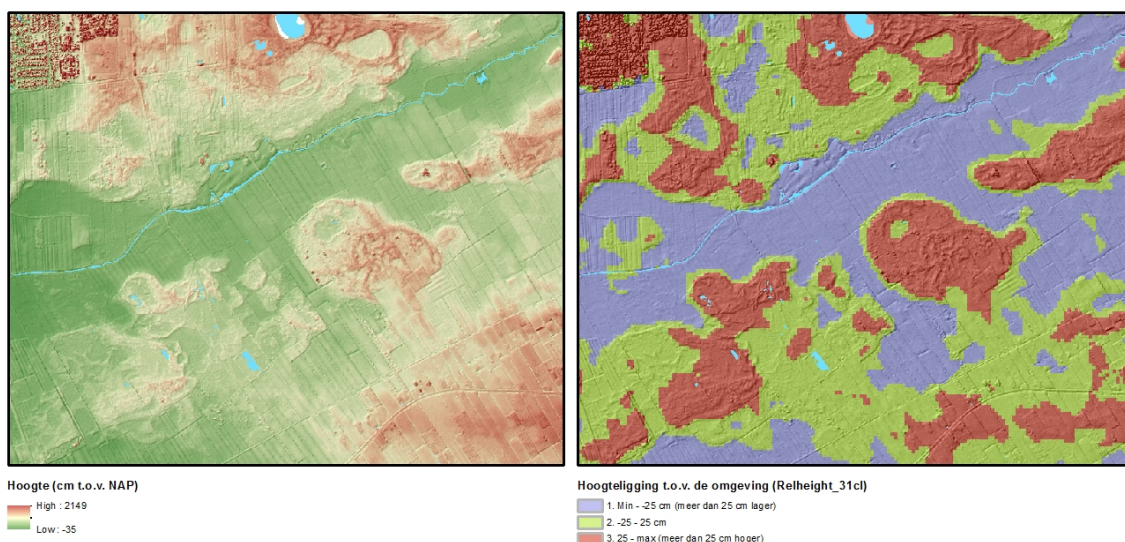
3.3.4 Reliëf gerelateerde variabelen

Voor het afleiden van gegevens over reliëf en hoogteligging is uitgegaan van het Algemeen Hoogtebestand Nederland ((AHN) versie 2000, met gridcelgrootte van 25x25 meter (© Het Waterschapshuis). Deze versie is gebruikt in plaats van de meest recente versie uit 2012, omdat de nieuwste versie bij de start van het project nog niet volledig voor de deelgebieden 1 en 2 beschikbaar was. In bebouwde gebieden en in gebieden met veel infrastructuur geeft het AHN deels de hoogte van de bebouwing en kunstwerken weer in plaats van de maaiveldhoogte. Deze verstoringen zijn met behulp van gegevens uit het TOP10NL-bestand gelokaliseerd, vervolgens is de hoogte-informatie door middel van een GIS-actie vervangen met gebruikmaking van de hoogtes in de omgeving. Het aangepaste AHN-bestand is gebruikt om bestanden te genereren met de relatieve hoogteligging. De relatieve hoogte is berekend door voor elke cel de gemiddelde hoogte van omliggende cellen te berekenen en hier de celhoogte van af te trekken. Er zijn bestanden aangemaakt voor een zoekstraal van 100, 250, 500, 750 en 1000 meter. Uit het relatieve hoogtebestand met een zoekstraal van 750 m zijn klassenbestanden afgeleid. Tabel 6 geeft een voorbeeld van klassenbestanden met een zoekstraal van 750. Figuur 6 geeft een voorbeeld van een kaart met relatieve hoogtes.

Tabel 6.

Indelingen voor hulpvariabelen met informatie over de relatieve hoogteligging bij een zoekstraal van 750 meter

Relatieve hoogte (cm)	Indelingen en klassen per indeling					
	RelHeight 41CL	Relheight 42CL	Relheight 31CL	Relheight 32CL	Relheight 21CL	Relheight 22CL
Min - - 50	1	1	1	1	1	1
-50 - -25	1	2	1	1	1	1
-25 - 0	2	2	2	2	2	1
0 - 25	3	3	2	3	2	2
25 - 50	4	3	3	3	2	2
>50	4	4	3	3	2	2



Figuur 6. Fragment van de AHN hoogtekaart (links) en relatieve hoogte in 3 klassen (rechts)

Om een beeld te krijgen van de veranderingen in hoogteligging gedurende de afgelopen decennia is gebruik gemaakt van gegevens uit de TopHoogteMD (© Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat). Dit is een digitaal hoogtebestand van Nederland gebaseerd op veldmetingen uit de periode 1950 – 1990. Voor geheel Nederland bevat dit bestand 3,8 miljoen hoogtepunten, overeenkomend met ca. één punt per ha. Door een overlay met het AHN is het verschil berekend tussen de maaiveldhoogte volgens TopHoogteMD en AHN. Vervolgens is via interpolatie het hoogteverschil gebiedsdekkend vastgesteld. Uit het resultaat hiervan zijn klassebestanden afgeleid. Positieve waarden geven maaivelddaling aan (tabel 7).

Tabel 7.

Indelingen voor hulpvariabelen informatie over maaivelddaling

Hoogteverandering (cm)	Indelingen en klassen per indeling		
	HoogteVer_5CL	HoogteVer_4CL	HoogteVer_3CL
Min – 0 (stijging of gelijk)	1	1	1
0 – 10 (daling)	2	2	1
10 – 20	3	3	2
20 – 25	3	3	2
25 – 30	4	4	2
30 – 50	4	4	3
>50	5	4	3

3.3.5 Landgebruik gerelateerde variabelen

De landgebruik gerelateerde hulpvariabelen zijn afgeleid uit LGN3+, LGN4 en LGN5 (Hazeu, 2005). Dit zijn landsdekkende bestanden die het landgebruik op een bepaald tijdstip weergeven. De klasseindeling heeft zowel betrekking op het agrarisch gebruik als ook op natuur en stedelijke gebieden. Voor elk van de bestanden zijn de landgebruiksklassen ingedeeld in negen klassen (grasland, akkerland, bos, heide/open natuur, kale grond, moeras, natuurgrasland en water/bebouwning) Door de bestanden te combineren is permanent grasland onderscheiden van grasland dat in rotatie is met akkerland. Uiteindelijk zijn er acht bestanden gecreëerd met een verschillend aantal en verschillende combinaties landgebruiksklassen (tabel 8).

Tabel 8.

Indelingen voor hulpvariabelen met informatie over het landgebruik

Landgebruik	Indelingen en klassen per indeling								
	LGN_7cl	LGN_5cl	LGN_41cl	LGN_42cl	LGN_43cl	LGN_31cl	LGN_32cl	LGN_33cl	LGN_2cl
Grasland	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akkerbouw	2	2	1	2	2	1	2	1	1
Gras-akker rotatie	3	2	1	2	2	1	2	1	1
Bos	4	3	2	3	4	2	3	2	2
Heide/open natuur	5	4	3	4	4	3	3	2	2
Kale grond	6	4	3	4	4	3	3	2	2
Moeras	7	5	4	4	4	3	3	3	2
Natuurgrasland	8	1	1	1	3	1	1	1	1

3.3.6 Hulpvariabelen betreffende het historisch landgebruik en de ontginningsouderdom

Het historisch landgebruik is afgeleid uit de databestanden Historisch Grondgebruik van Nederland (HGN, © Alterra). Dit zijn GIS-bestanden waarin het grondgebruik in Nederland op een bepaald tijdstip in het verleden is vastgelegd. Hiervoor zijn oude topografische kaarten gescand en omgezet naar GIS. Het HGN is beschikbaar van de jaren 1900, 1940, 1960, 1970, 1980 en 1990. De bestanden zijn aangemaakt om objectieve analyses uit te kunnen voeren over veranderingen in het landschap gedurende de laatste eeuw. De gegevens van HGN1900 zijn op verschillende manieren geclassificeerd (Tabel 9). Van HGN1940, 1960, 1970, 1980 en 1990 is alleen een indeling met twee klassen aangemaakt (cultuurland versus natuur).

Tabel 9.

Indelingen voor hulpvariabelen met informatie over het historisch landgebruik

Historisch landgebruik	Indelingen en klassen per indeling		
	HGN1900	HGN1900_3cl	HGN1900_2cl
Grasland	1	1	1
Akkerland	2	2	1
Bos	3	3	2
Overige natuur	4	3	2

Uit de combinatie van de HGN-bestanden zijn de gebieden getraceerd die in de afgelopen eeuw zijn ontgonnen. Het betreft vooral enclaves rond het Fochteloërveen nabij de provinciegrens tussen Friesland en Drenthe en verspreid liggende gebiedjes elders in het oostelijke deel van Friesland. Het veenweidegebied is al meerdere eeuwen in landbouwgebruik. Om de bestanden ook in andere veengebieden te kunnen gebruiken, zoals in de Veenkoloniën, zijn er zeven verschillende bestanden aangemaakt met verschillende klasseindelingen (tabel 10).

Tabel 10.*Indelingen voor hulpvariabelen met informatie over de ontginningsouderdom*

Ouderdom ontginning	Indelingen en klassen per indeling						
	ReclA_8cl	ReclA_41cl	ReclA_42cl	ReclA_31cl	ReclA_32cl	ReclA_33cl	ReclA_34cl
>110 jaar	1	1	1	1	1	1	1
70 - 110	2	1	2	1	1	1	2
50 - 70	3	2	2	2	2	2	2
40 - 50	4	2	3	2	2	2	3
30 - 40	5	3	3	2	2	3	3
20 - 30	6	3	3	2	3	3	3
10 - 20	7	4	4	3	3	3	3
<10	8	4	4	3	3	3	3

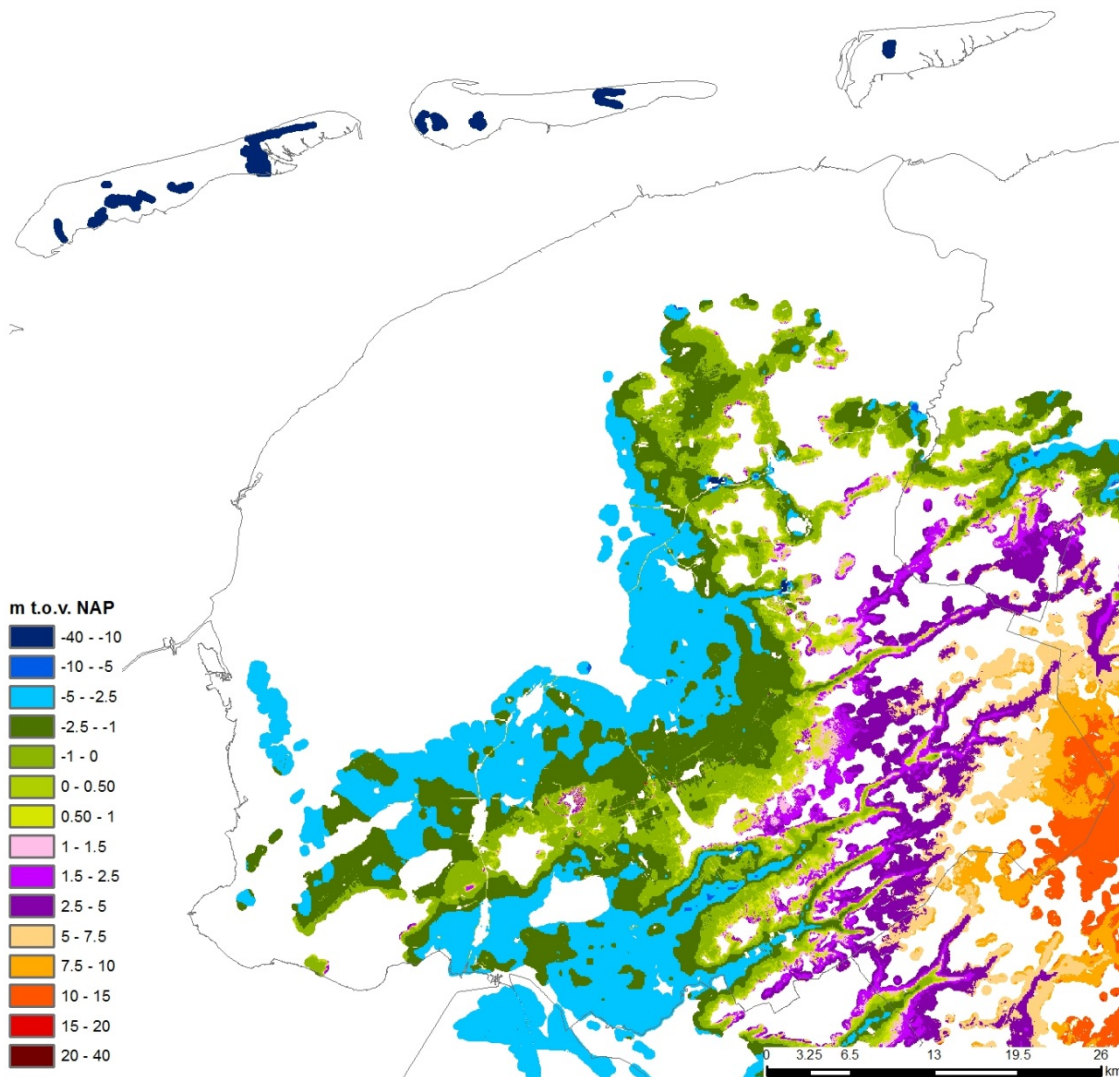
De provincie Friesland heeft een databestand aangeleverd met hierin de begrenzing van de veenpolders in Friesland, inclusief de periode van bedijking en drooglegging. Dit bestand is voor deelgebied 1 aangevuld met veenpolders in Overijssel en Gelderland en Groningen. Voor de modellering zijn hiervan twee bestanden afgeleid (tabel 11).

Tabel 11.*Indelingen voor hulpvariabelen met informatie over inpoldering van veenpolders*

Periode inpoldering	Indelingen en klassen per indeling	
	Polder	Ouderdom
Geen polder	0	0
<1825	1	1
1825 - 1875	1	2
1875 - 1925	1	3
>1925	1	4

3.3.7 Begindiepte pleistocene ondergrond

In de veengebieden rusten de holocene afzettingen en formaties op de pleistocene ondergrond. Het holocene pakket bestaat op veel plaatsen alleen uit veen. Op de overgangen naar de kleigronden in het westen en noorden is het veen bedekt met een kleilaag (kleidek) en in Noord-Groningen komen klei-insluitingen binnen het veenpakket voor. In het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem (REGIS-II, Vernes, 2005) zijn gegevens beschikbaar over begin- en einddieptes van formaties. Het Regisbestand HLC bevat de NAP-hoogtegegevens van de basis (onderkant) van de holocene afzettingen. Dit is tevens de top van het pleistoceen. Dit gridbestand heeft een resolutie van 100x100 meter. Na downloaden van de bestanden bleek dat de gegevens betrekking hebben op gebieden waar het holocene pakket tenminste 40 cm dik is. Voor gebieden met dunnere pakketten, zoals bij de moerige gronden, bevat het bestand dus geen informatie. Voor gebruik binnen het actualisatieproject is dit euvel verholpen door cellen met ontbrekende waarden te vervangen door de NAP-hoogte ter plekke van die cel. Figuur 7 geeft een voorbeeld van dit bestand voor de provincie Friesland. Met deze gegevens in combinatie met het AHN is een hulpbestand aangemaakt met de dikte van het holocene pakket.



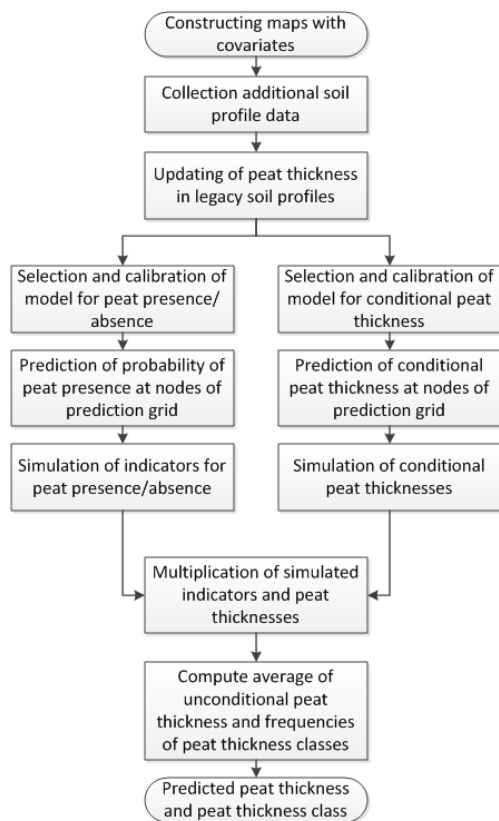
Figuur 7. *Begindiepte van de pleistocene ondergrond in de veengebieden van Friesland (Bron: Regis II)*

4 Digitale bodemkartering

4.1 De aanpak in hoofdlijnen

De bodemkaart wordt geactualiseerd door kaarten te maken van de actuele veendikte. Hiervoor wordt een groot aantal nieuwe data verzameld. In deelgebied 1 wordt 1 per 100 ha aanvullende boringen geplaatst. In deelgebied 2 komen twee verschillende dichtheden voor. In het deel van deelgebied 2 met dunne veengronden wordt 1 aanvullende boring per 75 ha geplaatst, in het deel met dikke veengronden 1 per 50 ha.

Behalve deze nieuwe data gebruiken we ook gegevens uit het Bodemkundig Informatie Systeem



Nederland (BIS Nederland). Uitgangspunt hierbij is dat ook deze data informatie bevat over de actuele veendikte. Als op een locatie in het verleden geen veen voorkwam, dan is dit zeer waarschijnlijk ook nu nog zo. Ook komt in Nederland de laatste decennia geen of nauwelijks veengroei voor, zodat de veendikte waargenomen in het verleden als bovengrens voor de actuele veendikte gehanteerd kan worden. In figuur 8 is de procedure waarmee de actuele veendikte in kaart is gebracht schematisch weergegeven. De stappen in dit schema worden hierna nader uitgelegd.

Behalve de veendikte moet ook de dikte van een mineraal dek in kaart worden gebracht. Immers, wanneer deze dikte op een locatie groter is dan 40 cm, dan wordt de bodem op deze locatie, ongeacht de dikte van de daaronder voorkomende veenlaag, geclassificeerd als een minerale grond. Uitgangspunt bij het in kaart brengen van de dikte van het minerale dek is dat deze dikte, in tegenstelling tot de dikte van de veenlaag, in de loop der tijd niet is gewijzigd. Dit betekent dat de in het verleden waargenomen diktes van

Figuur 8. Schema met de procedure voor het voorspellen van de veendikte

het minerale dek ongewijzigd zijn gebruikt bij het in kaart brengen van deze dikte.

4.2 Actualisatie van de veendikte

De eerste stap in het karteren van de actuele veendikte is de bijstelling van de veendikte in de profielen die in het verleden, voor 2011, zijn opgenomen. De veendiktes in deze profielen zijn aangepast met het volgende model:

$$z_{ti} = u_{ti} + v_{ti}$$
$$u_{ti} = u_{t-1,i} * p_i \text{ als } v_{t-1,i} \leq 0, \text{ anders } u_{t-1,i}$$
$$v_{ti} = \max(v_{t-1,i} - u_{t-1,i} * (1 - p_i), 0) \text{ als } v_{t-1,i} > 0, \text{ anders } 0$$

waarin $z_{t,i}$ de totale dikte van de veenlaag in jaar t op locatie i is, $u_{t,i}$ de dikte van de veenlaag boven GLG op tijdstip t is, $v_{t,i}$ de dikte onder GLG in jaar t op locatie i , en p_i de fractie van de veendikte boven GLG dat na één jaar over is. De fractie $1-p$ is dus de fractie van de dikte van de veenlaag boven GLG die in één jaar verdwijnt. Dit model is een verfijning van het model van Kempen et al (2012) waarin geen onderscheid wordt gemaakt tussen veen onder en boven GLG. Toepassing van het model van Kempen et al (2012) in deelgebied 2 met dikke veengronden leidde tot onrealistische afnames van de veendikte. Kempen et al (2012) hebben geen relatie kunnen vinden tussen de (logit getransformeerde) waarde van p en omgevingskenmerken zoals G_t of andere grondwaterstandskarakteristieken (GHG, GLG). Dit kan mogelijk verklaard worden door het beperkte aantal data waarmee het model is gekalibreerd. Hierdoor zijn we erg onzeker over de proportionele afname op een willekeurige locatie. De verwachtingswaarde en de variantie van p is door Kempen et al (2012) geschat. Voor het simuleren van p -waardes maakten zij gebruik van een beta-verdeling. In dit onderzoek hebben we van dezelfde verdeling en parameters gebruik gemaakt om op elke locatie opgenomen voor 2011 100 000 mogelijke waarden voor de actuele veendikte te simuleren. Het gemiddelde van deze gesimuleerde waarden op een bepaalde locatie is gebruikt als een voorspelling van de actuele veendikte op deze locatie. De variantie van de 100 000 gesimuleerde waarden is een maat voor de onzekerheid over de actuele veendikte. Hierna, bij de ruimtelijke interpolatie van de veendikte is rekening gehouden met deze onzekerheid. Locaties met een grote onzekerheid over de actuele veendikte hebben een kleiner gewicht gekregen dan locaties waar we veel minder onzeker zijn over deze actuele veendikte. Merk ten slotte op dat de onzekerheid over de actuele veendikte toeneemt met het aantal verstreken jaren. Oude punten kregen hierdoor een lager gewicht dan nieuwe punten.

Speciale aandacht is besteed aan de locaties van de veencheck opname. Op deze locaties is niet de veendikte op een continue schaal geregistreerd, maar is slechts de minimale en maximale veendikte bekend. Deze veendikte is geactualiseerd door 100 000 waardes te trekken uit een verdeling met als grenzen de minimale en maximale waarde. Voor diktes kleiner dan 50 cm is een uniforme verdeling gebruikt, voor grotere diktes een beta verdeling met als parameterwaarden voor a en b respectievelijk 2 en 5. De gesimuleerde waardes zijn dus mogelijke veendiktes ten tijde van de opname. Elke gesimuleerde waarde voor de dikte tijdens de opname is vervolgens geactualiseerd met het model van vergelijking 1, door een waarde te trekken uit de beta verdeling van p . De onzekerheid over de actuele veendikte op de locaties van deze veencheck opname is vanzelfsprekend groter dan op punten die in hetzelfde jaar zijn opgenomen met een nauwkeurige bepaling van de veendikte.

De met het hierboven beschreven model geactualiseerde dikte wordt nooit gelijk aan 0. De actuele dikte nadert asymptotisch naar 0. Is de geactualiseerde dikte kleiner dan 1 cm, dan is hierna bij de modellering van de aan- of afwezigheid van veen en van de conditionele veendikte verondersteld dat er geen veen aanwezig is.

4.3 Voorspellen van kans op veen

Voor het in kaart brengen van de actuele veendikte is gebruik gemaakt van twee modellen, één voor de aan- of afwezigheid van veen, en één voor de actuele dikte van de veenlaag wanneer veen aanwezig is. De reden hiervoor is dat op een vrij groot deel van de opnamelocaties geen veen aanwezig is. Een dergelijke verdeling met veel nullen kan het beste gemodelleerd worden met een combinatie van twee verdelingen, een Bernoulli verdeling voor de aan- of afwezigheid van veen, en een conditionele lognormale verdeling voor de veendikte, geconditioneerd op het voorkomen van veen.

De aan- of afwezigheid van veen is gemodelleerd met een generaliseerd lineair model met als link-functie logit (Burgers en Voshaar, 2010):

$$\ln\left(\frac{\pi_i}{1-\pi_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i$$

waarin π_i de kans is op aanwezigheid van veen op locatie i , β_0 het intercept is, β_p de regressiecoëfficiënt voor hulpvariabele x_p is, en ε_i een random afwijking is. In dit model wordt verondersteld dat de waarnemingen onafhankelijk zijn.

De eerste stap in de bouw van het model is het selecteren van een stel hulpvariabelen. Er zijn zeer veel hulpvariabelen, en veel daarvan zijn onderling sterk gecorreleerd. Het heeft daarom geen zin alle hulpvariabelen op te nemen in het model. We hebben gezocht naar de beste combinatie van hulpvariabelen (paragraaf 3.3). Met 'het beste' bedoelen we de laagste waarde voor het Akaike Informatie Criterium (AIC). AIC is een functie van de 'likelijkheid' (kans op) de waargenomen waardes voor de indicator die aangeeft of er wel of geen veen voorkomt op de waarnemingslocaties, gegeven de regressiecoëfficiënten) en het aantal regressiecoëfficiënten. We zijn op zoek naar een model met een zo groot mogelijke 'likelijkheid' maar met zo weinig mogelijk regressiecoëfficiënten.

Voor het selecteren van het beste model zijn de hulpvariabelen in groepen verdeeld. Een voorbeeld is de groep met alle relatieve maaiveldshoogtes, berekend met een verschillende zoekstraal. Uit elke groep is maximaal één hulpvariabele geselecteerd. De dikteklasse van de veenlaag volgens de oorspronkelijke bodemkaart 1:50.000 bleek veruit de beste hulpvariabele te zijn, en is daarom in elk geëvalueerd model opgenomen. Voor alle mogelijke combinaties met één predictor uit elke groep is het beste model geselecteerd door stapsgewijze regressie (met zowel voorwaartse als achterwaartse selectie), met AIC als selectiecriteria. Tot slot is uit de 'beste modellen per combinatie' het beste model geselecteerd. Was het teken van één of meerdere regressiecoëfficiënten onlogisch, dan is het op één na beste model geselecteerd, enzovoort. Een voorbeeld van een onlogisch teken van een regressiecoëfficiënt is een negatieve waarde voor de coëfficiënten voor klasse 2 (veendikte tussen 40 en 120 cm) en 3 (veendikte >120 cm) van de hulpvariabele 'dikteklasse veenlaag volgens bodemkaart'. Voor deze dikteklassen is het aannemelijk dat de kans op aanwezigheid van veen groter is dan voor dikteklasse 1 (veendikte <40 cm).

Voor de selectie van het model zijn de data van de detailkarteringen niet gebruikt. De boorpunten van de detailkarteringen zijn ruimtelijk sterk geclusterd, zodat wanneer we deze data ook zouden meenemen deze detailkarteringsgebieden een te sterk stempel zouden drukken op de geschatte regressiecoëfficiënten. Ook komt dan de aanname van onafhankelijke waarnemingen in het geding. Het resterende aantal boringen voor model-selectie was meer dan genoeg (3463 voor deelgebied 1 en 8424 voor deelgebied 2), en de locaties waren goed gespreid over het onderzoeksgebied.

Met het gekalibreerde regressiemodel voor de aan- of afwezigheid van veen is vervolgens voor alle punten op een 50 m bij 50 m grid de kans op aanwezigheid van veen voorspeld met:

$$\hat{\pi}_i = \frac{\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_p x_{pi}}{1 + \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_p x_{pi}}$$

waarin $\hat{\beta}_i$ de geschatte regressiecoëfficiënt voor hulpvariabele i is enz.

4.4 Voorspellen van conditionele veendikte

De volgende stap is het voorspellen van de conditionele veendikte, d.w.z. de veendikte wanneer veen aanwezig is. Hiervoor is een model gekalibreerd voor de natuurlijke logaritme van de veendikte. Deze log-getransformeerde dikte is minder scheef verdeeld dan de niet-getransformeerde dikte, en benadert beter een normale verdeling. De log-getransformeerde dikte is voorspeld door middel van 'kriging' met trend. Dit betekent dat de ruimtelijke variatie is gemodelleerd als een lineaire combinatie van hulpvariabelen (de trend) met ruimtelijk gecorreleerde residuen. Hiervoor moeten wederom een stel hulpvariabelen worden geselecteerd. Dit is gedaan met dezelfde procedure als voor het model voor de aan- of aanwezigheid van veen. Bij de model-selectie is verondersteld dat de waarnemingen onafhankelijk zijn. Om deze reden zijn voor de model selectie de data van de detailkarteringen niet gebruikt; deze zijn immers ruimtelijk sterk geclusterd. De veencheck data zijn ook niet meegenomen in de model-selectie, omdat deze locaties preferent in de kaartenheden met dunne veengronden

voorkomen (geen veencheck locaties in moerige gronden en dikke veengronden). Verder zijn alleen locaties met veen gebruikt (meer specifiek, locaties met een actuele veendikte >1 cm); het gaat immers om een model voor de veendikte wanneer deze aanwezig is. Bij de model-selectie is de onzekerheid van de actuele veendikte meegenomen; dit is gedaan door de modellen te fitten met 'Weighted Least Squares', met als gewichten de inverse van de variantie (zie par. 4.2).

Na de selectie en kalibratie van het regressiemodel zijn de residuen van het regressiemodel berekend, en een variogram geschat met de 'method-of-moments'. Vervolgens zijn iteratief met 'Generalized Least Squares' de regressiecoëfficiënten en de variogram parameters geschat.

4.5 Voorspellen van veendikte en veendikteklasse

Nadat de kans op voorkomen van veen en de conditionele veendikte zijn voorspeld, zijn deze voorspellingen gecombineerd tot een ongeconditioneerde veendikte. Dit is gedaan door middel van Monte Carlo simulatie. Voor ieder punt van het 50 m x 50 m grid zijn 1000 indicator waarden getrokken uit een Bernoulli($\hat{\pi}$) verdeling, waarin $\hat{\pi}$ de voorspelde kans op voorkomen van veen is, zie hiervoor. Wanneer bijvoorbeeld de voorspelde kans op veen groot is, worden veel enen gesimuleerd en weinig nullen. Op ieder gridpunt zijn tevens 1000 conditionele veendiktes gesimuleerd door onafhankelijke trekkingen uit een normale verdeling met als gemiddelde de voorspelde conditionele veendikte op dat gridpunt en als variantie de predictie-variantie ('kriging' variantie). Deze 1000 gesimuleerde conditionele veendiktes zijn diktes op log-schaal, en zijn daarom vervolgens teruggetransformeerd door machtsverheffing.

Tot slot zijn de gesimuleerde indicatorwaarden en conditionele veendiktes met elkaar vermenigvuldigd. Ter verduidelijking een voorbeeld met drie gesimuleerde waardes:

$$\begin{array}{r} 1 \quad 45 \quad 45 \\ 0 \times 22 = 0 \\ 0 \quad 5 \quad 0 \end{array}$$

De resulterende vector bevat 1000 gesimuleerde onconditionele veendiktes. Het gemiddelde van deze 1000 gesimuleerde veendiktes is gebruikt als de voorspelde veendikte. Voor het voorspellen van de veendikteklasse (<5, 5-40, >40) is van elke gesimuleerde waarde voor de onconditionele veendikte de klasse bepaald. Vervolgens is de frequentie van gesimuleerde veendikteklassen berekend. De veendikteklasse is voorspeld met de meest frequente klasse.

4.6 Voorspellen van dikte van mineraal dek

De dikte van het minerale dek is op dezelfde wijze in kaart gebracht als de veendikte. De volgende stappen zijn doorlopen:

1. Selectie en kalibratie van model voor aan- of afwezigheid van mineraal dek.
2. Voorspellen van kans op mineraal dek.
3. Selectie en kalibratie van model voor conditionele dikte van mineraal dek.
4. Voorspellen van conditionele dikte van mineraal dek.
5. Voorspellen van dikte en dikteklasse van mineraal dek.

Een verschil met het voorspellen van de veendikte is dat de bepalingen van de veendikte ouder dan 2011 niet geactualiseerd zijn. Er is geen rekening gehouden met verschil in onzekerheid over deze bepalingen: De bepalingen van voor 2011 zijn dus hetzelfde gewaardeerd als de bepalingen van 2011 en 2012.

Voor de selectie en kalibratie van het model voor aan- of afwezigheid van mineraal dek (stap 1) zijn alleen locaties gebruikt met veen, meer specifiek locaties met een actuele veendikte >1 cm. Wanneer geen veen aanwezig is, kan er immers ook geen mineraal dek aanwezig zijn. Data van detailkarteringen en de veencheck data zijn om dezelfde reden als bij de veendikte niet meegenomen.

Evenals de aan- of afwezigheid van veen is de aanwezigheid- of afwezigheid van een mineraal dek gemodelleerd met een gegeneraliseerd lineair model met als link-functie de logit en ongecorrleerde residuen. `Bovengrond volgens oorspronkelijke bodemkaart in vier klassen' bleek de belangrijkste predictor, en is in de model-selectie als geforceerde predictor gebruikt.

4.7 Validatie

4.7.1 Steekproefopzet

De geactualiseerde bodemkaart is gevalideerd door middel van een aanvullende kanssteekproef. De data van deze kanssteekproef zijn dus niet gebruikt bij het maken van de geactualiseerde bodemkaart. De validatiepunten zijn geselecteerd met een gestratificeerde tweetrapssteekproef. Als stratificatievariabele is de geactualiseerde veendikte gebruikt¹. In deelgebied 1 zijn vier strata onderscheiden, met een voorspelde veendikte van 0 cm, 0-40 cm, 40-80 cm en >80 cm. In deelgebied 2 zijn vijf veendikteklassen onderscheiden, te weten 0-5 cm, 5-40 cm, 40-80 cm, 80-120 cm en >120cm. De laatste twee dikteklassen zijn verder onderverdeeld naar de twee subregio's binnen dit deelgebied (weergegeven als deelgebied 2 en deelgebied 22 in figuur 1). Het totaal aantal strata in deelgebied 2 komt hierdoor op zeven.

Binnen elk stratum zijn vervolgens enkele vierkanten ter grootte van 50 m x 50 m geloot. De grootte van de vierkanten komt overeen met de resolutie van de geactualiseerde bodemkaart. Het totaal aantal gelote vierkanten is 100 voor deelgebied 1, en 150 voor deelgebied 2. Het aantal gelote vierkanten per stratum is evenredig met de oppervlakte, met een minimum van twee. Binnen elk geloot vierkant zijn vervolgens enkelvoudig aselekt vijf puntlocaties geloot. Uitzondering hierop vormen de vierkanten in deelgebied 2 in de strata met een voorspelde veendikte >120 cm. Binnen deze vierkanten zijn slechts drie punten geloot.

4.7.2 Schatten van kwaliteitsmaten

Op de gelote validatiepunten is de actuele veendikte en de actuele bodemeenheid door een ervaren veldbodemkundige in het veld bepaald. De veendikte en de bodemeenheid zoals weergegeven op de geactualiseerde bodemkaart was bij de veldbodemkundige onbekend, om zodoende een eventuele vertekening in de geschatte kwaliteit van de bodemkaart te voorkomen. De waargenomen veendikte op de vijf (of drie) punten binnen een vierkant zijn gemiddeld. Vervolgens is het verschil berekend in de veendikte zoals weergegeven op de geactualiseerde bodemkaart en deze gemiddelde waargenomen veendikte. Dit verschil kan worden gezien als de vierkant-specifieke fout in de voorspelde gemiddelde veendikte. Tevens zijn de fouten in de voorspelde veendikteklasse en hoofdklasse bepaald. Als waargenomen veendikteklasse is genomen de veendikteklasse die het meest voorkomt op de vijf (drie) gelote puntlocaties binnen een vierkant.

Na bepaling van de fouten in de voorspelde gemiddelde veendikte, dominante veendikteklasse en dominante hoofdklasse per geloot vierkant zijn de volgende kwaliteitsmaten geschat:

1. De gemiddelde fout in voorspelde gemiddelde veendikte:

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i$$

met N het totaal aantal vierkanten (pixels) op de geactualiseerde bodemkaart binnen een deelgebied, en e_i de fout in de voorspelde gemiddelde veendikte voor vierkant i . Idealiter is de gemiddelde fout 0. In dat geval is er geen vertekening.

¹ De voorspellingen van de veendikte zijn na selectie van de validatiepunten gewijzigd. Hierdoor kunnen de strata niet afgeleid worden van de uiteindelijk voorspelde veendiktes. Voor het schatten van de kwaliteitsmaten is gebruik gemaakt van de relatieve oppervlaktes van de strata zoals begrensd met de oorspronkelijke voorspellingen.

2. 2. De gemiddelde absolute fout

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |e_i|$$

waarin $|e_i|$ de absolute waarde is van de fout in voorspelde gemiddelde veendikte voor vierkant i . De gemiddelde absolute fout moet zo klein mogelijk zijn.

3. De gemiddelde gekwadraterde fout:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2$$

waarin e_i^2 de gekwadraterde fout in de voorspelde gemiddelde veendikte voor vierkant i is. De gemiddelde gekwadraterde fout moet zo klein mogelijk zijn.

4. De correlatiecoëfficiënt van de waargenomen en voorspelde gemiddelde veendikte. Naarmate deze coëfficiënt dichter bij 1 ligt, komen de patronen van de veendiktes zoals weergegeven op de kaart beter overeen met de werkelijke patronen.

5. De kaartzuiverheid m.b.t. de veendikteklasse:

$$f_{veen} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i$$

met $d_i = 1$ als de waargenomen dominante veendikteklasse overeenkomt met de voorspelde veendikteklasse, en anders 0. De kaartzuiverheid m.b.t. veendikteklasse is de fractie pixels op de kaart waarvan de veendikteklasse goed is weergegeven op de kaart. Idealiter ligt deze kaartzuiverheid in de buurt van 1.

6. De kaartzuiverheid m.b.t. de hoofdklasse:

$$f_{bodem} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N b_i$$

met $b_i = 1$ als de waargenomen dominante hoofdklasse overeenkomt met de voorspelde hoofdklasse, en anders 0.

De bovenstaande kwaliteitsmaten zijn geschat met de steekproefdata. Hierbij moet rekening worden gehouden met de steekproefopzet. In eerste instantie worden per stratum de ongewogen gemiddeldes van de fouten berekend, evenals de ongewogen gemiddeldes van de indicatoren y_i en z_i . Vervolgens zijn de gewogen gemiddeldes van de stratumgemiddelden berekend, met als gewicht de relatieve oppervlakte van de strata. Grote strata krijgen een groter gewicht dan kleine strata. Bijvoorbeeld, de gemiddelde gekwadraterde fout (MSE) is geschat met:

$$\widehat{MSE} = \sum_{h=1}^L w_h \widehat{MSE}_h$$
$$\widehat{MSE}_h = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} e_{hi}^2$$

met L het aantal strata, w_h de relatieve oppervlakte van stratum h , \widehat{MSE}_h de geschatte gemiddelde gekwadraterde fout voor stratum h , n_h het aantal gelote vierkanten in stratum h , en e_{hi}^2 de gekwadraterde fout in de voorspelde gemiddelde veendikte voor vierkant i in stratum h .

4.8 Van veendiktekaart naar geactualiseerde bodemkaart

Deze paragraaf beschrijft op welke manier de rasterkaarten met de voorspelde veendikte en dikte van het minerale dek worden gebruikt bij het actualiseren van de Bodemkaart, schaal 1 : 50 000, van de veengebieden. De rasterkaarten worden omgezet naar vlakkenkaarten met vloeiende grenzen en de veendiktes worden in combinatie met informatie uit de oorspronkelijke bodemkaart vertaald naar bodemeenheden. De methode van het actualiseren van de veengronden en de moerige gronden op de

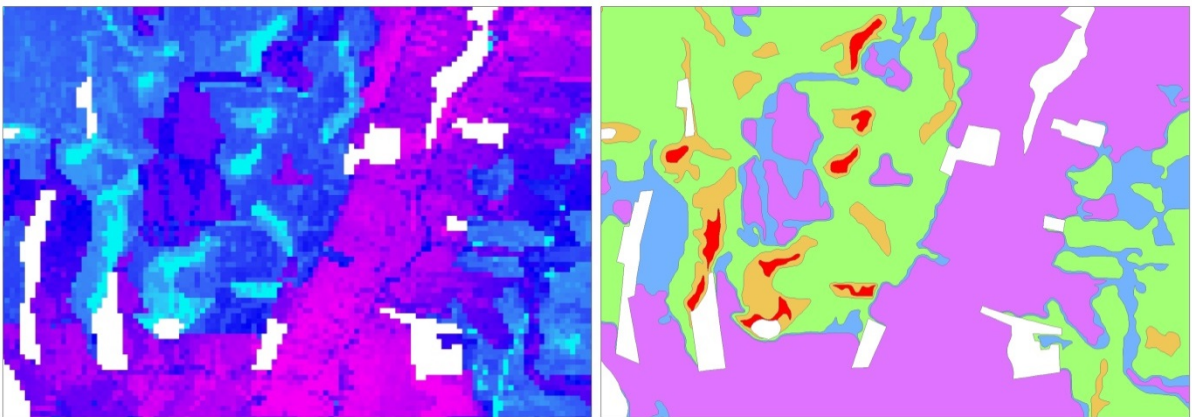
Bodemkaart van Nederland bestaat uit een aantal stappen die binnen GIS worden uitgevoerd. Hoewel de meeste stappen geautomatiseerd verlopen, zijn er toch belangrijke handelingen die handmatig worden uitgevoerd. Dit zijn voornamelijk inhoudelijke interpretaties en controles door een bodemkundige.

4.8.1 Van een rasterkaart met de voorspelde veendikte naar een vlakkenkaart met veendikteklassen

De Bodemkaart van Nederland is een vlakkenkaart waarbij bodemeenheden zijn afgegrensd door overwegend vloeiende lijnen. De rasterkaart met de veendiktes bestaat uit een regelmatig raster (grid) van cellen (met celgrootte van 50 x 50 m) en geeft per cel een voorspelling van de dikte (in cm) van het veenpakket. De eenheden van de bodemkaart geven de veendiktes in veendikteklassen weer. De veendikteklassen die corresponderen met de indeling van bodemeenheden zijn:

1. ≤ 5 --> Minerale gronden.
2. 6-40 --> Moerige gronden.
3. 40-95 --> Ondiepe veengronden met een mineraal dek.
4. 95-120 --> Ondiepe veengronden met een moerige bovengrond.
5. > 120 --> Diepe veengronden

Om de bodemkaart te actualiseren met behulp van de rasterkaart is de rasterkaart binnen ArcGis omgezet naar een vlakkenkaart waarbij bovengenoemde klassegrenzen als isolijnen (contouren) zijn gebruikt (figuur 9). Omdat de bron een rasterkaart is, zijn de afgeleide isolijnen vaak hoekig. De meeste bodemgrenzen, inclusief veendiktes, zijn geleidelijke overgangen en dus meestal vloeiend. Door gebruik te maken van een 'smoothing' techniek is dit probleem grotendeels opgelost. De actualisatie van de Bodemkaart van Nederland betreft alleen de veengronden en moerige gronden. Om de isolijnen in de buurt van de overgangen naar de aangrenzende (minerale) gronden zo nauwkeurig mogelijk af te leiden, is de rasterkaart hiervoor tijdelijk uitgebreid met een bufferstrook van 100 meter. Bij het genereren van de definitieve vlakkenkaart met veendikteklassen is de bufferstrook weer verwijderd en zijn vlakjes met een oppervlakte kleiner dan twee ha geëlimineerd. Omdat deze kleine vlakjes ten opzichte van de grootte van de rastercellen niet te verantwoorden zijn (minder dan acht rastercellen) worden ze toegewezen aan aangrenzende vlakken waarmee ze de langste grens delen.



Figuur 9 Fragment van een rasterkaart met voorspelde veendikte in cm (links) en een afgeleide vlakkenkaart met veendikteklassen (rechts). * De gebruikte kleuren zijn indicatief

4.8.2 Combineren van de vlakkenkaart met veendikteklassen en de Bodemkaart van Nederland

De vlakkenkaart met veendikteklassen kan nu worden gecombineerd met de Bodemkaart van Nederland. De vlakken van deze combinatiekaart bevatten zowel informatie over de bestaande bodemcode als over de actuele veendikteklasse. Door de bestaande bodemcode te vergelijken met de actuele veendikteklasse is te zien welke bodemcodes aangepast/geactualiseerd dienen te worden. De

vlakken waarbij de actuele veendikteklasse dunner is dan de oorspronkelijke veendikteklasse worden aangepast. In enkele gevallen hebben vlakken een actuele veendikteklasse die dikker is dan de oorspronkelijke veendikteklasse. Deze bodemcodes worden niet aangepast. Vaak betreft het veendiktes die net in een dikkere klasse vallen en anderzijds gaan wij er vanuit dat eventuele veengroei in de laatste decennia in Nederland zo gering was dat het geen noodzaak geeft om de Bodemkaart van Nederland hierop te actualiseren.

4.8.3 Aanpassen van bodemcodes waarbij de actuele veendikteklasse dunner is dan de oorspronkelijke veendikteklasse

Bij vlakken waarbij de actuele veendikteklasse dunner is dan de veendikteklasse overeenkomstig de bodemcode (de oorspronkelijke veendikteklasse) moet de bodemcode worden aangepast. Een probleem dat hierbij optreedt, is dat veel bodemcodes niet één-op-één naar een nieuwe bodemcode 'vertaald' kunnen worden. Zo kan een vlak met de bodemcode vWp en een actuele veendikteklasse van ≤ 5 cm worden omgezet in zwak lemige of lemige veldpodzolgronden (Hn21 of Hn23) en regionaal soms ook in podzolgronden met een matig dikke bovengrond (cHn23 of cHn21). We hebben bij de 'vertaling' van een bodemcode dus te maken met een lijstje van mogelijkheden, waarbinnen een voorkeursvolgorde naar waarschijnlijkheid/aannemelijkheid kan worden aangebracht. Daarom is een vertaaltabel (bijlage 1) opgesteld van alle voorkomende combinaties van bodemcodes van veengronden en moerige gronden en actuele veendikteklassen. Achter elke voorkomende combinatie van bodemcode en actuele veendikteklasse is een lijstje van mogelijke 'vertalingen' (kandidaten) opgenomen in een bepaalde voorkeursvolgorde. Welke van de kandidaten uiteindelijk wordt gekozen, is afhankelijk van de bodemcodes van de vlakken die binnen een zoekstraal van 50 meter van het te vertalen kaartvlak voorkomen. Als één of meerdere vlakken in deze omgeving een bodemcode heeft die gelijk is aan de eerste kandidaat dan wordt dit de 'nieuwe' bodemcode van het kaartvlak, anders de tweede of de derde enz. Bij ontbreken van een geschikte 'match' krijgt dit kaartvlak de bodemcode van de eerste kandidaat in het lijstje. Deze vlakken worden naderhand door een bodemkundige handmatig nagelopen en gecontroleerd of de vertaling terecht is. Hij maakt daarbij gebruik van hulpinformatie zoals boorbeschrijvingen.

Het komt soms voor dat in de rasterkaart met voorspelde veendikte 'no data' cellen voorkomen op locaties waar de Bodemkaart van Nederland veengronden of moerige gronden onderscheidt. Dit kan bijvoorbeeld optreden in gebieden waar, als gevolg van natuurontwikkeling, moeras en/of open water is aangelegd. Wanneer deze gebieden groter zijn dan vier ha worden ook deze vlakken handmatig nagelopen en met behulp van de meest recente topografische kaarten en luchtfoto's bijvoorbeeld als water of moeras gecodeerd.

Op de Bodemkaart van Nederland komen plaatselijk samengestelde eenheden voor. Dit zijn vlakken met twee of meer bodemcodes omdat ze tijdens de opname, vanwege hun grilligheid of door de gehanteerde kaartschaal, niet nauwkeuriger konden worden afgegrensd. Wanneer deze samengestelde eenheden bestaan uit componenten met verschillende oorspronkelijke veendikteklassen kunnen ze op basis van de actuele veendikteklasse soms worden vertaald naar een enkelvoudige bodemcode, mits de veendiktekaart een homogeen beeld geeft. Bijvoorbeeld een vlak met de bodemcode Hn21/vWp in combinatie met de actuele veendikteklasse van ≤ 5 cm wordt vertaald naar Hn21. Bij een sterk wisselende veendikte binnen het kaartvlak blijft de samengestelde eenheid gehandhaafd. Wanneer bodemcodes onderling bestaan uit dezelfde oorspronkelijke veendikteklasse en de actuele veendikteklasse is dunner, dan moeten beide bodemcodes worden aangepast tot een nieuwe samengestelde eenheid. Bijvoorbeeld de bodemcode Vp/Vz in combinatie met de actuele veendikteklasse van 6-40 cm wordt vertaald naar vWp/vWz.

Bij het 'vertalen' van enkele bodemcodes moet er naast een aanpassing van de bodemcode ook een aanpassing in de toevoeging plaats vinden. Als bijvoorbeeld een vlak met de bodemcode kWz voorkomt in combinatie met de actuele veendikteklasse van ≤ 5 cm dan wordt deze bodemcode naar pZn23, pZn21, pZg23, pZg21, Zn23 of Zn21 vertaald. Deze minerale gronden krijgen dan een toevoeging k... Dit komt doordat bij moerige gronden het kleidek in de bodemcode zelf is opgenomen maar bij minerale gronden dit gegeven als een toevoeging wordt onderscheiden.

4.8.4 Laatste aanpassingen om tot de geactualiseerde Bodemkaart van Nederland te komen

In de laatste fase worden in verband met de kaartschaal 1 : 50 000 kleine vlakjes (<3,2 ha) geëlimineerd door ze samen te voegen met een aangrenzend vlak. De oppervlaktegrens van 3,2 ha is vastgesteld door op de bodemkaart te zoeken naar het kleinste kaartvlak met moerige gronden of veengronden te midden van minerale gronden. Zo'n geïsoleerd vlak moet behouden blijven. In het geval dat een klein kaartvlakje aan meerdere vlakken grenst, wordt ook bij deze stap een toekenningstabel met een voorkeursvolgorde gebruikt om op basis van de bodemcode te bepalen bij welk aangrenzend vlak het kleine kaartvlakje samengevoegd moet worden. Deze tabel is niet dezelfde als tabel in bijlage 1. Bij deze laatste eliminatieronde wordt namelijk niet gezocht naar een 'vertaling' van bodemcodes als gevolg van een dunnere veendikteklasse maar wordt er juist gekeken naar een mogelijke 'match' met aangrenzende bodemcodes op grond van een overeenkomstige veendikteklasse. Zo zal een klein kaartvlakje met de bodemcode vWp via deze vertaalregels nu meer kans maken om bij een andere aangrenzende moerige grond, bijv. vWz of zWp, te komen dan bij een aangrenzende minerale grond, bijv. Hn21 of Hn23. Het resultaat is een op veendikte geactualiseerde Bodemkaart van Nederland.

Bij de veengronden en moerige gronden maakt de bodemkaart onderscheid in bodemeenheden met een moerige bovengrond en in bodemeenheden met een zgn. zand- of zavel- en kleidek. Zo'n mineraal dek is 15 à 40 cm dik. In eerste instantie wordt de aanwezigheid van een minerale bovengrond bij de moerige gronden en de veengronden afgeleid uit de gegevens van de voormalige eenheden op de oorspronkelijke bodemkaart. Deze toekenning wordt aan de hand van het rasterbestand met de gesimuleerde dikte van de minerale bovengrond gecontroleerd. Daarbij wordt ook gelet op gebieden waar het rasterbestand een dikte aangeeft van meer dan 40 cm. In deze gebieden kan worden besloten om de gronden in te delen bij de minerale gronden met een veenlaag in de ondergrond, zoals bijvoorbeeld de drechtvaaggronden. Dit zijn kleigronden, met een veenondergrond beginnend tussen 40 en 80 cm-mv. Na deze controle en eventuele aanpassing is de geactualiseerde bodemkaart van de veengebieden gereed en kan worden ingepast in het landelijke bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

4.8.5 Landelijk bestand geactualiseerde Bodemkaart schaal 1 : 50 000

Het geactualiseerde kaartbeeld van de veengebieden wordt ingepast in het landelijke bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Dit resulteert in een nieuwe versie van de bodemkaart. De opzet van deze nieuwe versie wijkt af van de eerste uitgave van de bodemkaart. In de volgende paragrafen wordt de opzet van de nieuwe versie beschreven.

4.8.5.1 Aanpassingen in het format van het GIS-bestand

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, geeft informatie over de bodemopbouw en over het grondwaterstandsverloop. De actualisatie in dit project heeft alleen betrekking op de bodemopbouw van de veengebieden. In het kader van het nationale actualisatieproject BIS-Nederland is er eveneens een project in uitvoering voor de actualisatie van de grondwatertrappen. Het doelgebied van die actualisatie komt echter niet overeen met de ligging van de veengebieden. Vanwege de separate aanpak van de actualisaties is het GIS-bestand van de bodemkaart nu opgesplitst in twee aparte GIS-bestanden, te weten het bestand BK50000 en het bestand Grondwatertrap. Dit project heeft betrekking op verbetering van de gegevens van de BK50000. Vanwege de scheiding van de informatie over de bodemopbouw en Gt en de partiële actualisatie van de bodeminformatie zijn er ook wijzigingen aangebracht in attributentabel. Tabel 12 geeft een overzicht van de attributen in de tabel bij het GIS-bestand BK50000.

Tabel 12.

Overzicht van de attributen in het GIS-bestand van de bodemkaart (BK50000)

Attribuut	Omschrijving	Voorbeelden			
Code	Complete kaartvlakcode. Bij associaties, dit zijn kaartvlakken met twee of meer eenheden, worden de codes aaneengesloten weergegeven en gescheiden door een /. Associaties bestaan maximaal uit 3 enkelvoudige eenheden.	Hn21	kpZg23t	Hn23x/KX	zVz/zWz/pZn21
Voor1	Toevoeging voor de (eerste) bodemeenheid, met bijzonderheden over de bovengrond. Bij associaties heeft deze toevoeging betrekking op de eerste eenheid. Toevoeging 'voor' wordt alleen toegepast wanneer er bijzondere kenmerken voorkomen.		k		
Bodem1	(eerste) bodemeenheid. Dit attribuut bevat altijd een code.	Hn21	pZg23	Hn23	zVz
Achter 1	Toevoeging achter de (eerste) bodemeenheid, met bijzonderheden over lagen of kenmerken in de ondergrond tussen 40 en 120 cm-mv. Toevoeging 'achter' wordt alleen toegepast wanneer er bijzondere lagen of kenmerken voorkomen.		t	x	
Voor2	Toevoeging voor de tweede bodemeenheid, met bijzonderheden over de bovengrond.				
Bodem2	Tweede bodemeenheid. Dit attribuut bevat een code indien een kaartvlak is gekarakteriseerd met twee of drie bodemeenheden.			KX	zWz
Achter 2	Toevoeging achter de tweede bodemeenheid, met bijzonderheden over lagen of kenmerken in de ondergrond tussen 40 en 120 cm-mv.				
Voor3	Toevoeging voor de derde bodemeenheid, met bijzonderheden over de bovengrond.				
Bodem3	Derde bodemeenheid. Dit attribuut bevat een code indien een kaartvlak is gekarakteriseerd met drie bodemeenheden.				pZn21
Achter 3	Toevoeging achter de derde bodemeenheid, met bijzonderheden over lagen of kenmerken in de ondergrond tussen 40 en 120 cm-mv.				
Helling	Hellingklasse (alleen bij de geaccidenteerde terreinen in Zuid-Limburg).				
Creat_date	Globale datumaanduiding waarop de eerste opname voor het kaartvlak is afgerond.				
Revis_date	Globale datumaanduiding waarop de revisie of actualisatie van het kaartvlak is afgerond.				
Methode	Aanduiding van de karteringsmethode waarmee het kaartbeeld is vervaardigd.				

De bodemkaart kent een uitgebreide legenda. De volledige kaartvlakcode staat in het attribuut CODE. De code bestaat altijd uit een bodemeenheid (attribuut BODEM1) en eventueel aangevuld met toevoegingen voor het aangeven van bijzondere kenmerken van de bovengrond en ondergrond, respectievelijk aangeduid met een zgn. lettertoevoeging *voor* en een lettertoevoeging *achter* de bodemeenheid (attributen VOOR1 en ACHTER1). Gebieden met op korte afstand een sterk wisselende bodemopbouw worden op de bodemkaart aangegeven met twee of drie bodemeenheden. In het attribuut CODE worden de eenheden van deze associaties opgesomd met een / als scheidingsteken (bijvoorbeeld Hn23/KX). In de attributen BODEM2, VOOR2, ACHTER2, BODEM3, VOOR3 en ACHTER3 wordt de informatie van de tweede en derde eenheid opgesplitst weergegeven. Voor het heuvellandschap in Limburg bevat elk kaartvlak een code voor de hellingklasse (attribuut HELLING).

De bodemkaart is in de afgelopen decennia vervaardigd. Per kaartblad verschilt de opnameperiode. Thans wordt voor gedeelten van de kaart een actualisatie uitgevoerd. De methode voor het actualiseren van het kaartbeeld wijkt af van de werkwijze bij de eerste opname van de kaart. Om de gebruiker te informeren over de ouderdom van de gegevens en over de werkwijze bij de kartering bevat het bestand twee attributen met een datum (CREATE_DATE en REVIS_DATE) en één attribuut met informatie over de karteringsmethode (attribuut METHODE). De CREATE_DATE heeft betrekking op de afronding van de eerste opname en REVIS_DATE bevat de datum waarop de revisie of actualisatie werd afgerond.

4.8.5.2 Aanpassing begrenzing gebieden met bebouwing en water

Op de eerste uitgave van de bodemkaart zijn aaneengesloten bebouwde gebieden met een oppervlakte van meer dan 15 à 20 ha bodemkundig niet nader ingedeeld. Deze gebieden worden aangeduid met de code 'BEBOUWD'. Sinds de eerste opname van de bodemkaart zijn er veel stadsuitbreidingen gerealiseerd en zijn er veel nieuwe bedrijventerreinen aangelegd. Bij het bouwrijp maken van dit soort uitbreidingen worden er veelal ingrijpende grondverbeteringswerken uitgevoerd. In verband met de actualisatie van de bodemkaart is voor geheel Nederland een bestand aangemaakt met de begrenzing van de bebouwde gebieden. Om de bodeminformatie van de recentelijk bebouwde gebieden niet te verliezen worden deze gebieden nu niet als bebouwing op de bodemkaart aangegeven, maar in een apart bestand meegeleverd.

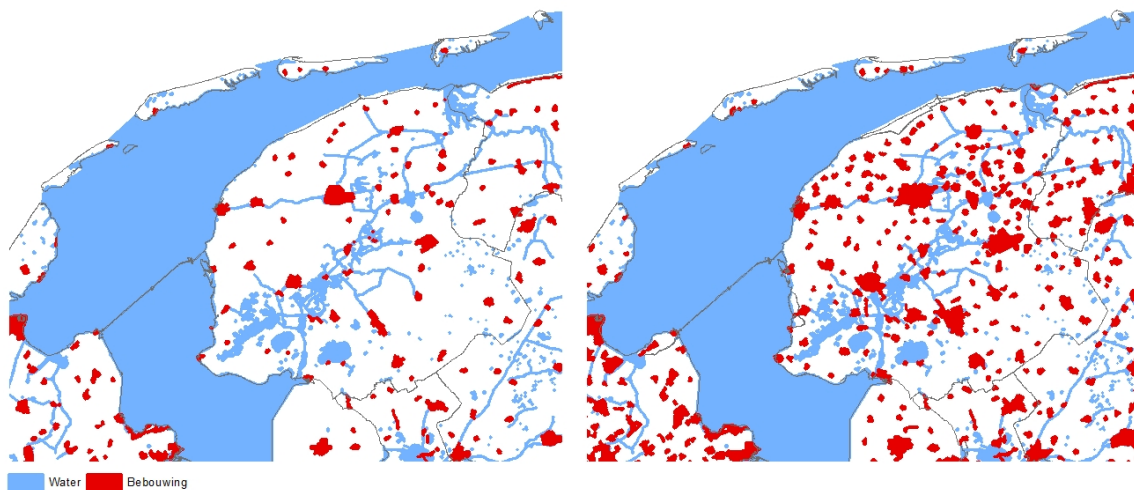
De nieuwe begrenzing van de bebouwing is vastgesteld aan de hand van meerdere basisbestanden:

- Landgebruiksbestand van het CBS 2010
- IBIS 2008, Een GIS-bestand met de ligging van bedrijfsterreinen
- VROM 2003, een GIS-bestand met de begrenzing van bebouwde gebieden
- Bebouwde gebieden volgens de eerste uitgave van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

In bovengenoemde bestanden zijn de stedelijke gebieden vaak opgesplitst in allerlei deelgebiedjes, zoals wijken doorsneden met wegen. Zo'n sterke fragmentering is niet wenselijk voor het kaartbeeld van de bodemkaart. Met een aantal GIS-bewerking zijn selecties uit bovengenoemde bestanden gecombineerd. De vlakken in dit gecombineerde bestand zijn onderverdeeld in vlakken groter dan 14 ha en vlakken kleiner of gelijk aan 14 ha. Kleine vlakken die binnen een afstand van 50 m van grotere vlakken met bebouwing liggen zijn samengevoegd met de grotere vlakken. De overige vlakken kleiner dan 14 ha zijn verwijderd. Enclaves kleiner dan 50 ha binnen bebouwde gebieden zijn samengevoegd met de bebouwing. Na deze bewerkingen zijn wegen en spoorlijnen toegevoegd die de bebouwde gebieden doorsnijden. Hiervoor is de infrastructuur geselecteerd binnen een buffer van 50 m van de bebouwde komvlakken.

Figuur 10 geeft voor Friesland de gebieden met water en bebouwing volgens de eerste uitgaven van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 en volgens de geactualiseerde bodemkaart. In deze figuur is te zien dat de bebouwde kommen van dorpen die op de eerste versie van de bodemkaart niet als bebouwing zijn aangegeven nu wel in het bestand met bebouwing voorkomen. Bij het gebruik van de bodemgegevens die betrekking hebben op de bebouwde gebieden dient men zich te realiseren dat er lokaal flinke afwijkingen voor kunnen komen, door de groundbewerkingen, afgravingen of ophogingen voor het bouwrijp maken van deze terreinen. De bodemkaart geeft voor deze terreinen dus een indicatie.

In beperkte mate zijn er ook wijzigingen aangebracht in de begrenzing van water. De wijzigingen zijn beperkt gebleven tot de veengebieden. Leidend hierbij was de gemodelleerde veendiktekaart. Voor gebiedjes waar de veendikte niet voorspeld kon worden door het ontbreken van gegevens over de relatieve hoogteligging is aan de hand van de topografische kaart gecontroleerd welk landgebruik er voorkomt. Veelal betrof het dan gebieden (-jes) met oppervlaktewater. Deze gebieden zijn in de bodemkaart benoemd als water.



Figuur 10. Water en bebouwing op de eerste uitgave van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 en op de geactualiseerde bodemkaart

5 Resultaten

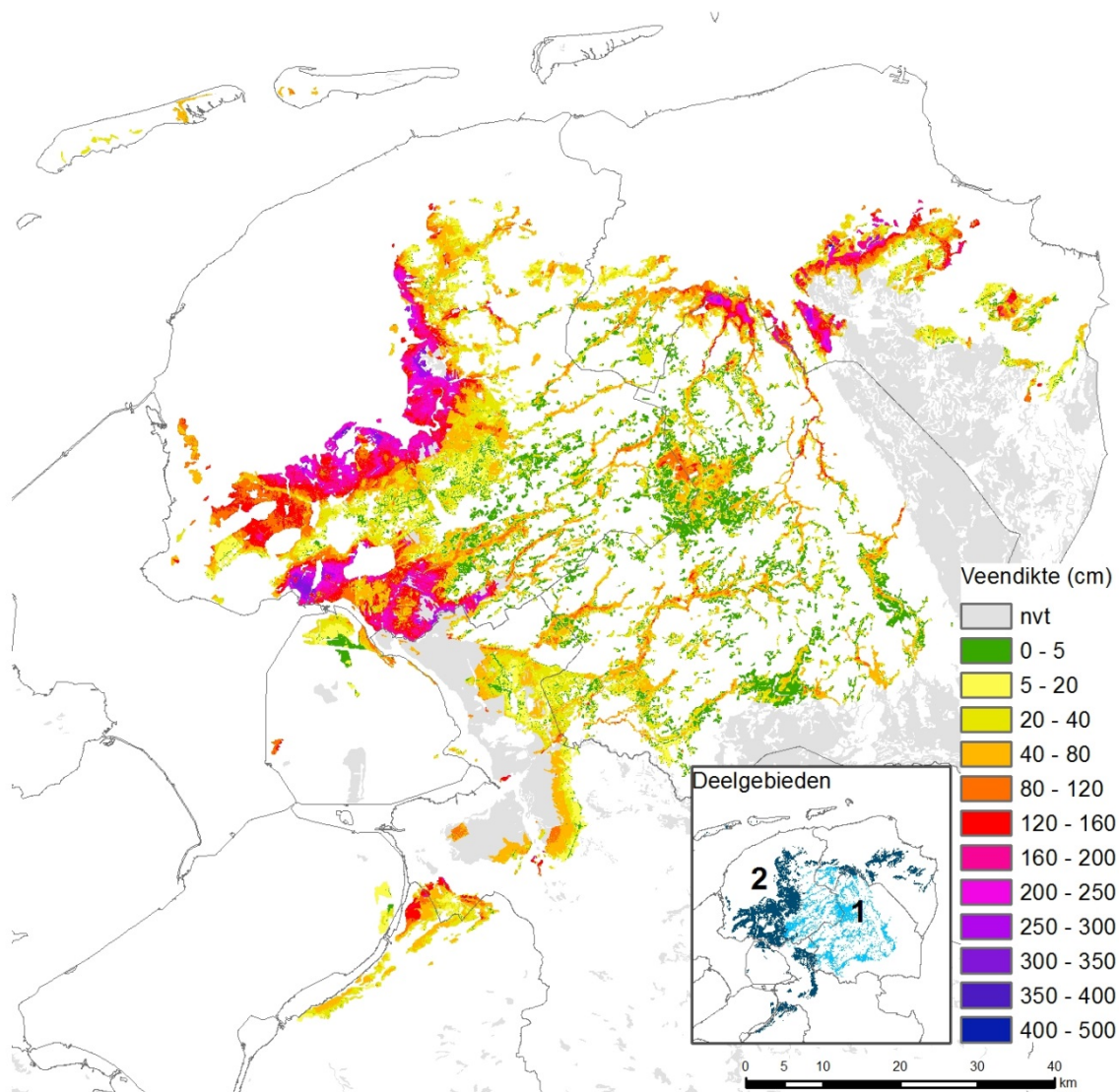
5.1 Veendiktekaart

Figuur 11 toont de veendiktekaart. De geselecteerde modellen voor aan- of afwezigheid van veen en voor de conditionele veendikte (indien veen aanwezig) zijn weergegeven in tabel 13. De veendikte in drie klassen volgens de oorspronkelijke bodemkaart (veendikte3) is in alle vier modellen opgenomen als predictor. Verder komt in alle vier modellen een predictor voor die gerelateerd is aan de grondwaterstand (gtz3, gt3, ghg5), een predictor gerelateerd aan het historisch grondgebruik (hgn1900, hgn1970) een predictor gerelateerd aan de ontginningsgeschiedenis (reclam34, reclam33), en een relatieve maaiveldhoogte (relhoogte1000, relhoogte100, relhoogte750). Het huidig landgebruik in twee klassen (lgn2) en het oxidatierisico (wel/geen risico) spelen in twee modellen een rol. Het percentage van de variantie van de conditionele veendikte dat met het model kon worden verklaard, R^2 , was 34% voor deelgebied 1 en 59% voor deelgebied 2. $R^2_{MacFadden}$ van de modellen voor aan- of afwezigheid van veen waren 31% voor deelgebied 1 en 19% voor deelgebied 2.

Tabel 13.

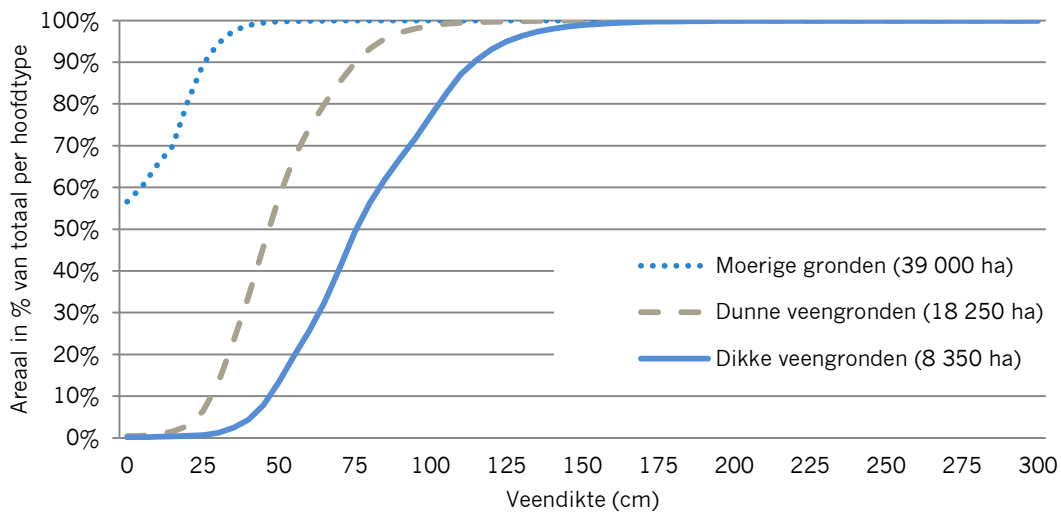
Overzicht van de predictoren per model in deelgebied 1 en 2

Deelgebied 1	Predictoren
Aan/afwezigheid van veen	veendikte3, gtz3, hgn1990, reclam34, relhoogte1000, bovgrond2, lgn2, oxrisico
Dikte van veen	veendikte3, gt3, hgn1970, reclam33, relhoogte1000
Deelgebied 2	
Aan/afwezigheid van veen	veendikte3, ghg5, hgn1970, reclam34, relhoogte100, veentype
Dikte van veen	veendikte3, ghg5, hgn1990, reclam34, relhoogte750, bovgrond4, lgn2, veentype, oxrisico, dikteholoceen



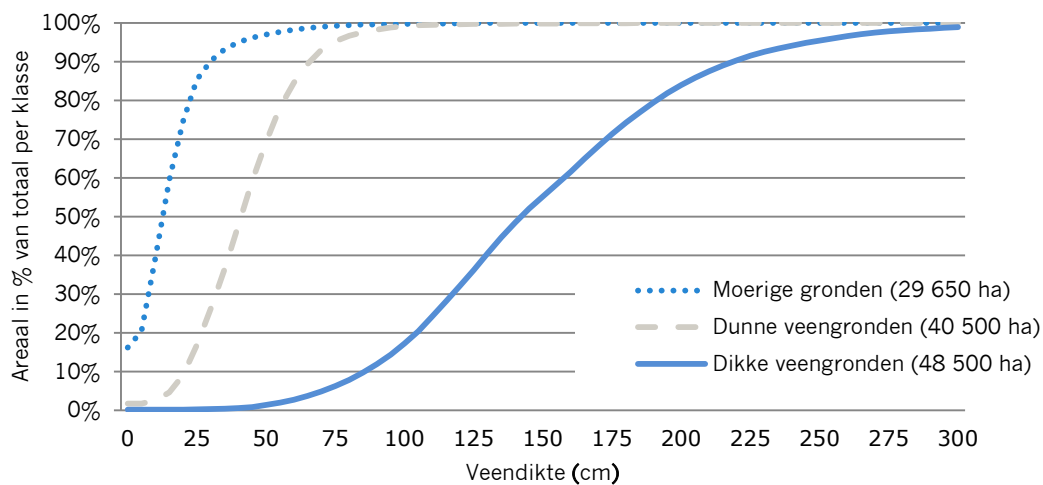
Figuur 11. Veendiktekaart deelgebieden 1 en 2

In deelgebied 1 varieert de veendikte tussen 0 en 256 cm. De dikkere veenlagen worden vooral in de centrale delen van de beekdalen aangetroffen. Op de plateaus komt op veel plaatsen nagenoeg geen veen meer voor. In figuur 12 zijn voor deelgebied 1 de voorspelde veendiktes per hoofdklasse van de oorspronkelijke bodemkaart weergegeven. Daarin is te zien dat bij meer dan 50% van de gebieden die op de oorspronkelijke bodemkaart als moerige gronden zijn geclassificeerd nu geen veen meer voorkomt. Dit zijn nu minerale gronden. Bij de dikke veengronden, dit zijn veengronden waarbij de veenlaag doorloopt tot tenminste 120 cm-mv. komt nu nog slechts bij ca. 20% een veenlaag voor van meer dan 120 cm.



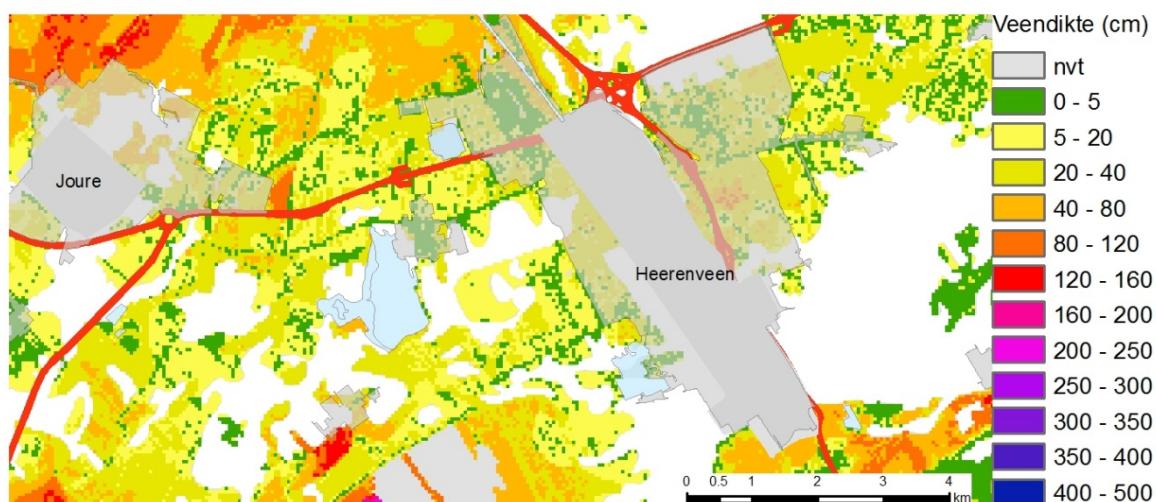
Figuur 12. Cumulatieve grafiek van de gemodelleerde veendiktes per hoofdklasse van de oorspronkelijke bodemkaart in deelgebied 1

De verdeling van de veendiktes in deelgebied 2 per hoofdklasse van de oorspronkelijke bodemkaart verschilt sterk van die in deelgebied 1 (figuur 13). Bij de moerige gronden ontbreekt de veenlaag bij minder dan 20% van de oppervlakte. En bij de dikke veengronden komt bij meer dan 70% van de oppervlakte een veenlaag voor van meer dan 120 cm. In het veenweidegebied variëren veendiktes tussen 100 en 350 cm.



Figuur 13. Cumulatieve grafiek van de gemodelleerde veendiktes per hoofdklasse van de oorspronkelijke bodemkaart in deelgebied 2

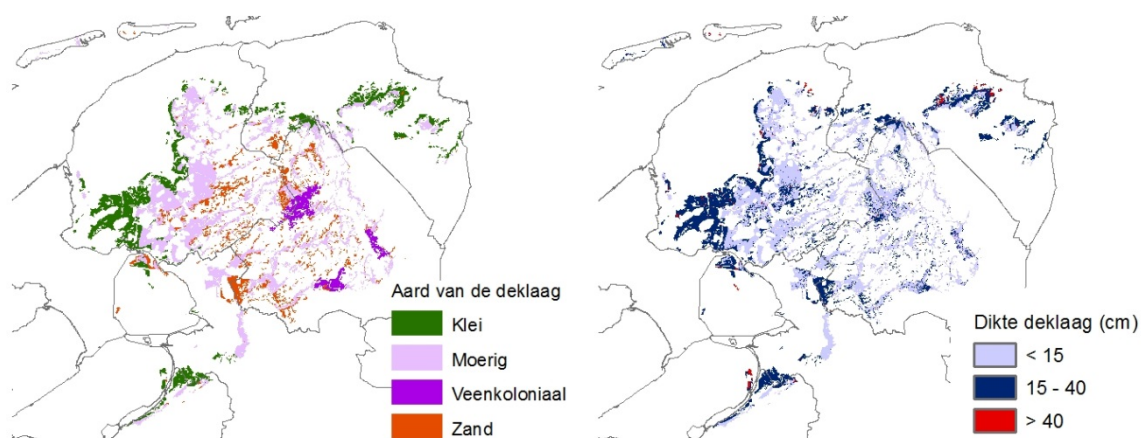
In deelgebied 2 liggen de veengebieden veel meer aaneengesloten dan in deelgebied 1. Figuur 14 toont een fragment van de veendiktekaart tussen Joure en Heerenveen. In dit fragment zijn de bebouwingslinten te herkennen aan de patronen met veendiktes van 0 – 5 cm. Hier is dus minder veen aanwezig dan in de omringende percelen.



Figuur 14. Fragment van de veendiktekaart

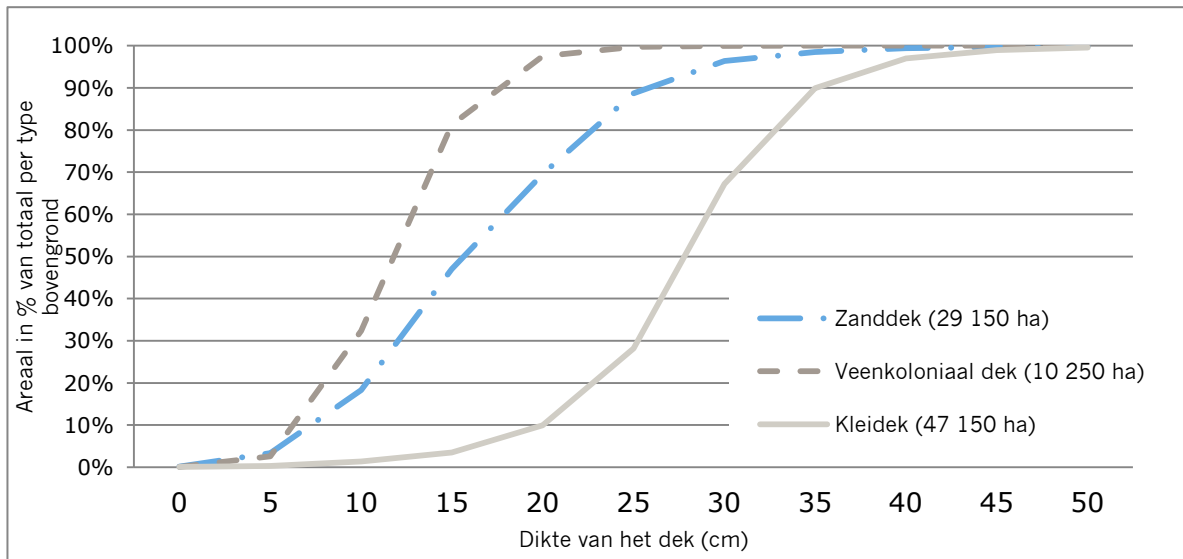
5.2 Dikte van het minerale dek

De begindiepte van de veenlaag is niet overal gelijk. Bij ca. 100 000 ha begint de veenlaag aan maaiveld en bij ca. 87 000 ha is de veenlaag bedekt door een mineraal dek met een dikte van 15 à 40 cm. Dit dek kan bestaan uit zand of klei. Bij de gronden met een veenkoloniale ontginningsgeschiedenis komt een zgn. veenkoloniaal dek voor. Door de wijze van ontginnen en de diepe grondbewerkingen die zijn uitgevoerd varieert het gehalte aan organische stof. Bij deze gronden varieert de aard van de bovengrond van humeus zand tot zandig veen. Deze laag is de deels moerig en deels mineraal. Figuur 15 toont de verspreiding van de verschillende dekken en de gemodelleerde diktes



Figuur 15 Aard van de deklaag volgens de bodemkaart (links) en de gemodelleerde dikte van de deklaag (rechts)

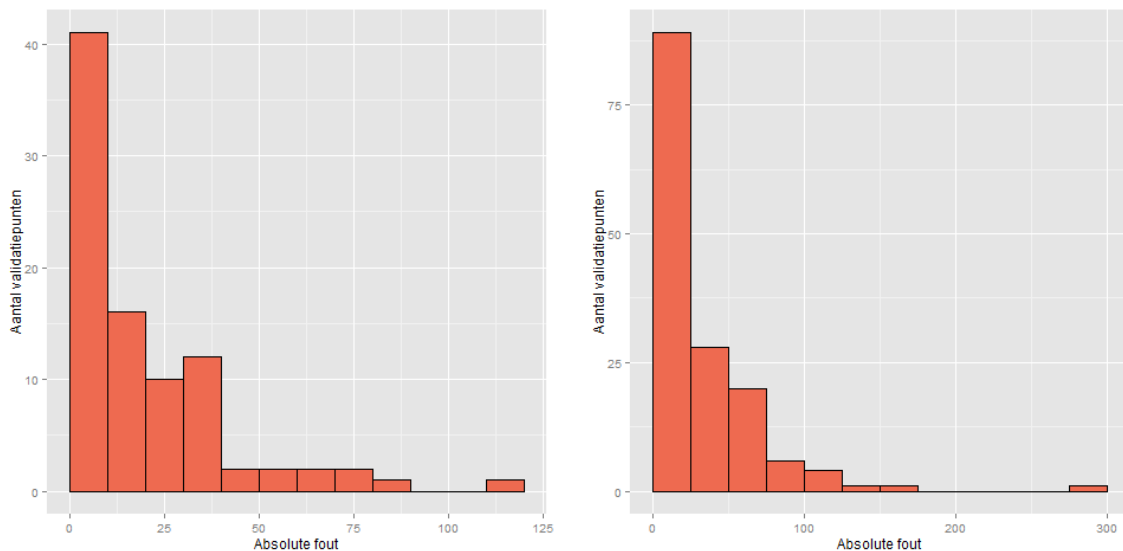
Op de kaartjes is te zien dat de kleidekken dikker zijn dan de zanddekken en de veenkoloniale dekken. De grafiek in figuur 16 geeft deze verschillen gekwantificeerd weer. In Noord-Groningen en in Flevoland komen enkele gebiedjes voor met een voorspelde dekdikte van meer dan 40 cm.



Figuur 16. Cumulatieve grafiek met de voorspelde dek-diktes per bovengrondtype volgens de bodemkaart.

5.3 Validatieresultaten

In de tabel 14 staan de resultaten van de validatie. In beide deelgebieden is de gemiddelde fout (ME) klein, m.a.w. gemiddeld wordt ongeveer de juiste veendikte voorspeld. Een negatieve gemiddelde fout betekent dat de voorspelde dikte gemiddeld iets te klein is. De gemiddelde absolute fout is 20 cm in deelgebied 1 en ruim 30 cm in deelgebied 2. De vierkantswortel van de gemiddelde gekwadrateerde fouten (RMSE) zijn respectievelijk 29 en 48 cm. Zowel de absolute fouten als de gekwadrateerde fouten zijn echter sterk scheef verdeeld (figuur 17). Enkele grote uitschieters trekken het gemiddelde sterk omhoog. De medianen van de absolute en gekwadrateerde fouten zijn dan ook een stuk kleiner.



Figuur 17 Verdeling van de afwijking (cm) van de voorspelde veendikte t.o.v. de waargenomen veendikte op de validatielocaties in deelgebied 1 (links) en 2 (rechts)

De zuiverheid van de veendikteklassenkaart van deelgebied 1 is 65%, en voor deelgebied 2 70%. De zuiverheid van de kaart met de drie hoofdeenheden mineraal, moerig en veen is voor beide deelgebieden zo'n 65%. Dat wil zeggen dat voor 65% van de oppervlakte de juiste hoofdeenheid

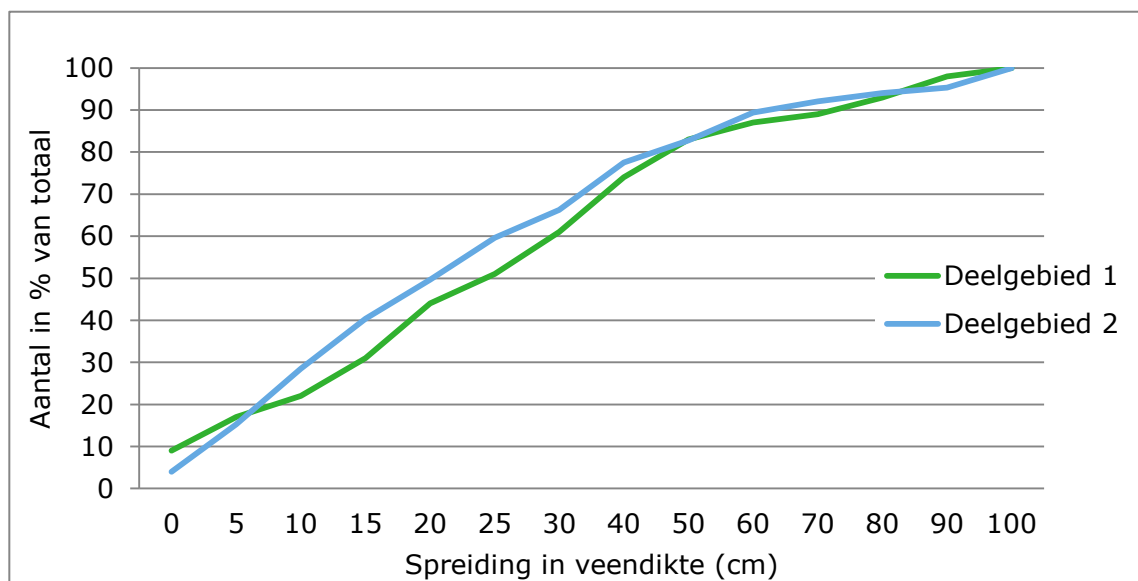
wordt weergegeven. De correlatie coëfficiënt van voorspelde en waargenomen gemiddelde veendikte is 0,71 voor deelgebied 1, en 0,80 voor deelgebied 2.

Tabel 14.

Validatieresultaten betreffende de voorspellingen van de veendiktes in de twee deelgebieden

	Deelgebied 1	Deelgebied 2
ME	-1.11cm	2.89 cm
MAE	19.6 cm	31.2 cm
MediaanAE	12.0 cm	18.3 cm
RMSE	28.8 cm	48.0 cm
RMediaanSE	12.0 cm	18.3 cm
Zuiverheid t.a.v. veendikteklassen	65.4%	70.3%
Zuiverheid t.a.v. drie hoofdklassen (mineraal, moerig, veen)	65.4%	65.6%
Correlatie coëfficiënt	0.71	0.80

Voor de validatie is per geloot vierkant van 50x50 m steeds op vijf locaties de veendikte bepaald, met uitzondering van de vierkanten in de dikke veengronden in deelgebied 2, waar steeds bij drie locaties de veendikte werd bepaald. In deelgebied 1 zijn waarnemingen uitgevoerd in 100 vierkanten en in deelgebied 2 in 150 vierkanten. Uit de waarnemingen blijkt dat er binnen een vierkant bijna altijd variatie in veendikte voorkomt. Uit de cumulatieve grafiek in figuur 18 is op te maken dat bij minder dan 10% van de vierkanten de variatie, dit is het verschil tussen de minimale en de maximale veendikte per vierkant, 0 cm is. Bij ongeveer 50% van de vierkanten is de variatie groter is dan 20 cm. Op korte afstand kan de veendikte dus flink verschillen.

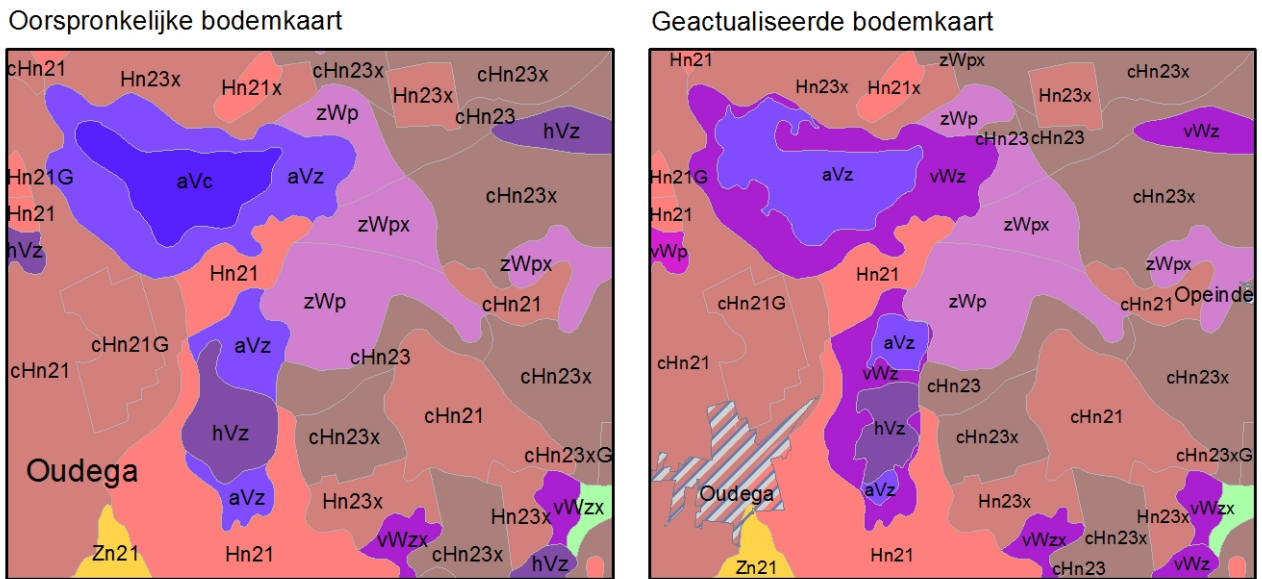


Figuur 18 Cumulatieve grafiek met de spreiding in veendikte per vierkant

5.4 Geactualiseerde bodemkaart

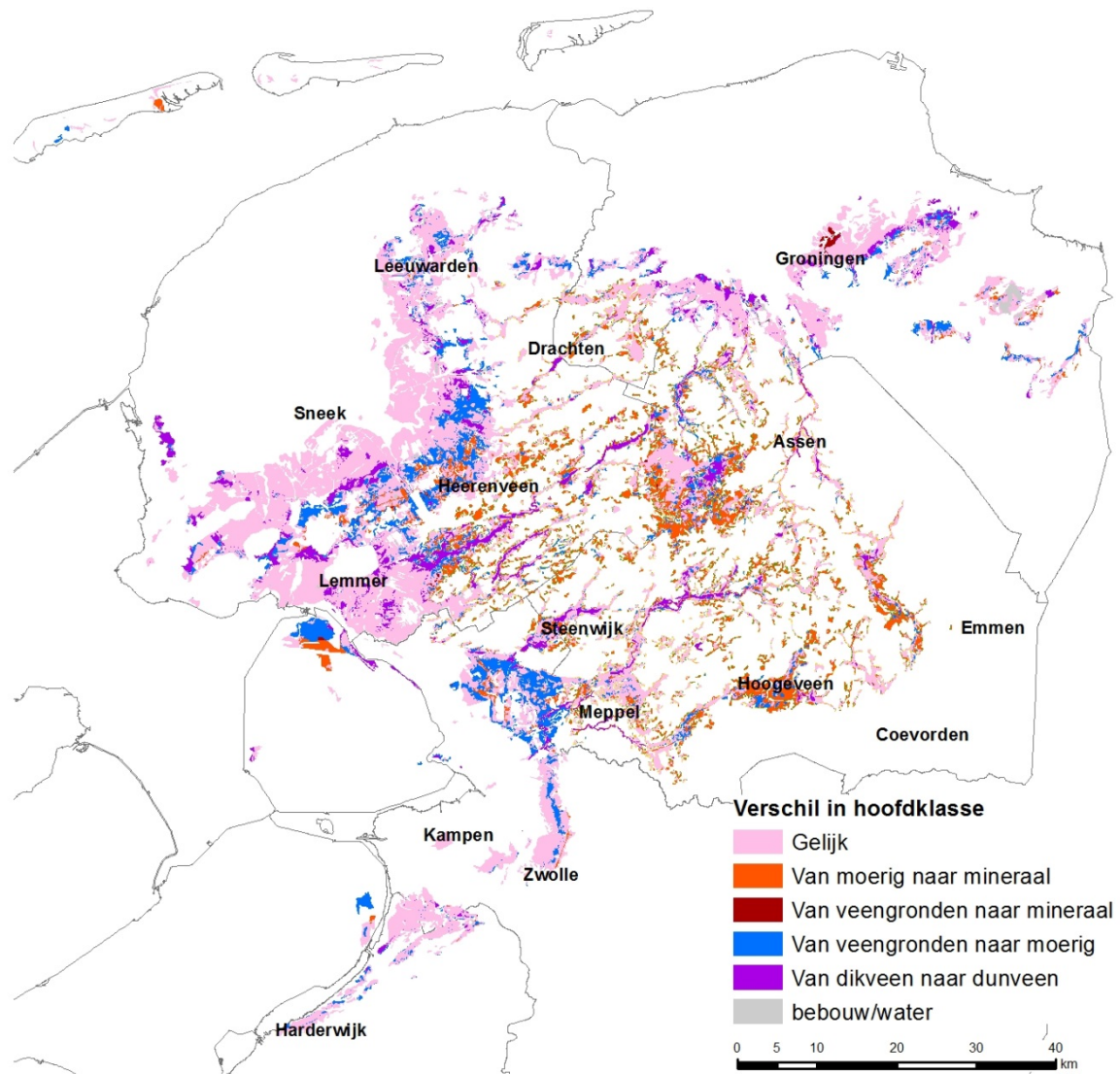
De geactualiseerde bodemkaart is een belangrijk resultaat van dit project. Bij het bepalen van de bodemeenheden in de gebieden met gewijzigde veendiktes is informatie uit de oorspronkelijke bodemkaart gebruikt. Voor een gebiedsdekkend beeld is het nieuwe kaartbeeld van de veengebieden ingevoegd in het GIS-bestand van de landelijke bodemkaart. Figuur 19 toont een voorbeeld van de geactualiseerde bodemkaart van een gebiedje bij Oudega ten noordwesten van Drachten. Hierop is te zien dat door de actualisatie kaartvlakgrenzen kunnen wijzigen en dat kaartvlakken soms (deels)

worden samengevoegd. Zo is het kaartvlak aVc (dikke veengrond) linksboven gewijzigd in aVz (dunne veengrond) en samengevoegd met een deel van het omliggende kaartvlak aVz. De rest van het oorspronkelijke kaartvlak aVz heeft nu een dunnere veenlaag en is aangegeven als vWz (moerige grond). Verder valt in het geactualiseerde kaartbeeld de arcering bij het plaatsje Oudega op. Deze arcering bestrijkt het gebied van de bebouwde kom van Oudega. Op de oorspronkelijke bodemkaart is de bebouwde kom van Oudega niet als bebouwd gebied aangegeven omdat de omvang hiervan tijdens de opname in 1965 – 1968 nog gering was. De omvang van het huidige dorp is dusdanig dat het wel als bebouwing aangegeven zou moeten worden. Om te voorkomen dat de bodeminformatie van de recent bebouwde gebieden verloren gaat, zijn de bebouwde gebieden in een apart GIS-bestand opgenomen. Bij het gebruik van de bodemkaart voor deze enclaves met bebouwing dient men zich wel te realiseren dat er bij het bouwrijp maken soms flinke ingrepen worden uitgevoerd, zoals afgraven en ophogen.



Figuur 19. Kaartfragment van de oorspronkelijke bodemkaart en van de geactualiseerde bodemkaart van een gebiedje bij Oudega ten noordwesten van Drachten

Figuur 20 geeft een overzicht van de verschillen tussen de oorspronkelijke bodemkaart en de geactualiseerde bodemkaart en tabel 15 geeft een oppervlakteoverzicht van de verschillen. Uit de tabel blijkt dat in gebied 1 van de oorspronkelijk moerige gronden het areaal met 50% is verminderd. Met name de goed ontwaterde moerige gronden met een veenkoloniaal dek (figuur 15) en een overwegend akkerbouwgebruik zijn gedeformeerd naar zandgronden. Deze gebieden worden nu aangeduid met podzolgronden of gooreerdgronden. Het betreft bijvoorbeeld de gronden in de akkerbouwgebieden rond het Fochteloërveen, bij Odoornerveen tussen Schoonoord en Emmen en bij Hoogeveen. In de beekdalen in deelgebied 1 is op veel plaatsen het areaal dikke veengronden in de centrale delen verminderd. Hier is een verschuiving opgetreden van dikke veengronden naar dunne veengronden.



Figuur 20. Vergelijking van de hoofdklasse op de geactualiseerde kaart en de oorspronkelijke bodemkaart

In de veenpolders rond Heerenveen is een belangrijke verschuiving van dunne veengronden naar moerige gronden. Uit de recente boringen blijkt dat bij deze gronden overwegend grondwatertrap (Gt) IIIb voorkomt. Dit is een grondwatertrap met een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van 25–40 cm-mv. en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van 80–120 cm-mv. Ook de veengronden in de polders zuidelijk van Steenwijk en ten westen van Meppel zijn flink ontwaterd. Bij deze gronden overheerst volgens de recente boringen Gt IV (GHG 40–80 cm-mv. en GLG 80–120 cm-mv.)

In het westelijk veenweidegebied van Friesland is de bodemkaart niet gewijzigd. Hier is het veenpakket dermate dik dat een afname van de veendikte geen invloed heeft op de onderscheidingen op de bodemkaart, omdat de informatie van de bodemkaart betrekking heeft op de bodemopbouw tot 120 cm-mv. Voor deze gebieden geeft de veendiktekaart waardevolle informatie over de dikte van het totale veenpakket.

Ten noordwesten van Groningen bij Ten Boer is een gebiedje met oorspronkelijke dikke veengronden (kVc 155 ha) nu ingedeeld bij de kleigronden. Hier is de waargenomen en gemodelleerde dikte van de minerale toplaag dikker dan 40 cm. Daaronder komt vanaf 50 à 60 cm diepte veen voor. Deze gronden zijn nu aangegeven als drechtvaaggronden (kleigronden op veen).

Tabel 15.

Vergelijking van het areaal per hoofdklasse op de oorspronkelijke bodemkaart van beide deelgebieden met de hoofdklasse op de geactualiseerde bodemkaart

Nieuwe hoofdklasse	Areaal op de oorspronkelijke bodemkaart (ha)						
	Moerig		Dun veen		Dik veen		Totaal
Deelgebied 1							
Minerale gronden	20 283	(50%)	35		4		2 0322 (30%)
Moerige gronden	20 355	(50%)	5 526	(28%)	208	(3%)	26 077 (38%)
Dunne veengronden			14 104	(72%)	5 308	(70%)	19 421 (29%)
Dikke veengronden					2 073	(27%)	2 076 (3%)
	40 639	(60%)	19 665	(29%)	7 593	(11%)	67 896
Deelgebied 2							
Minerale gronden	3 864	(13%)	216		155		4 235 (4%)
Moerige gronden	26 388	(87%)	17 546	(43%)	76		44 010 (37%)
Dunne veengronden			22 666	(56%)	9 114	(19%)	31 780 (27%)
Dikke veengronden					38 213	(80%)	48 213 (32%)
	30 272	(24%)	40 440	(34%)	47 643	(42%)	118 354

5.5 GIS-bestanden

Dit actualisatieproject heeft een aantal GIS-bestanden opgeleverd:

- Veendiktekaart; dit is een rasterbestand met per cel van 50x50 m de veendikte in cm
- Bodemkaart; GIS-bestand van de geactualiseerde bodemkaart schaal 1 : 50 000. De geactualiseerde kaartvlakken zijn in dit bestand in het attribuut METHODE gelabeld met 'Update d.m.v. digitale bodemkartering 2014'. De overige kaartvlakken zijn gelabeld met 'Eerste opname door uitgebreide veldverkenning'. In dit bestand van de geactualiseerde bodemkaart ontbreekt de informatie over de grondwatertrappen, omdat de Gt geen onderdeel uitmaakt van dit project. In het kader van het BIS2014-programma komt er eind 2014 een apart bestand met de geactualiseerde Gt-kaart beschikbaar voor een groot deel van Nederland
- Vergraven gronden; In het kader van het project 'Vergraven gronden' is er voor geheel Nederland een GIS-bestand aangemaakt met gebieden waar een ingreep is uitgevoerd, zoals diepe groundbewerking, afgraving, of ophoging. Dit bestand geeft een completer beeld van allerlei ingrepen dan de oorspronkelijke bodemkaart (Brouwer, 2012)
- Bebouwing en water; de oorspronkelijke bodemkaart heeft een onderscheiding voor aaneengesloten gebieden met bebouwing en een onderscheiding voor water en moeras. Bij beide onderscheidingen gaat het om een globale weergave. Op de oorspronkelijke bodemkaart zijn veel dorpen niet als bebouwing aangegeven, omdat tijdens de eerste opname 20 tot 30 jaar geleden de bebouwde kommen nog maar een geringe omvang hadden. Sinds de eerste opname zijn er veel nieuwe woonwijken bij gekomen. Om de bodeminformatie van deze recent aangelegde woonwijken niet te verliezen is de bebouwing in een apart bestand opgenomen (zie ook paragraaf 4.8.5.2). De onderscheiding water op de oorspronkelijke bodemkaart blijft beperkt tot de grote rivieren, meren en belangrijke kanalen en vaarten. De begrenzing wijkt hier en daar iets af van de begrenzing op de topografische kaarten. Op de geactualiseerde bodemkaart zijn deze kleine afwijkingen niet gecorrigeerd. In de veengebieden is op een aantal plaatsen wel extra water toegevoegd. Een voorbeeld hiervan is de waterplas die is aangelegd bij de Blauwestad in de provincie Groningen.

6 Conclusies en aanbevelingen

Dit rapport beschrijft de actualisatie van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, van de veengebieden in Noord-Nederland. De actualisatie is uitgevoerd door middel van Digitale Bodemkartering, een methode die voor het eerst op grote schaal is toegepast bij het vervaardigen van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000. Op basis van de ervaring met deze methode van actualiseren en de resultaten volgt hier een aantal conclusies en aanbevelingen.

Basisgegevens

Voor de actualisatie is op ca. 2700 locaties een boorbeschrijving gemaakt van het bodemprofiel met o.a. informatie over de veendikte en de begindiepte van de veenlaag. Daarnaast is gebruik gemaakt van de uitgebreide set boorbeschrijving uit BIS-Nederland, het bodemkundig informatiesysteem van Alterra. De bruikbaarheid van deze gegevens is afhankelijk van de compleetheid en van de actualiteit. Voor de veenactualisatie is een boorbeschrijving compleet wanneer de volledige veenlaag is beschreven en de begin- en einddiepte van de veenlaag bekend is. In het verleden is bij bodemkarteringen vaak tot een vaste diepte geboord (120, 150 of 180 cm-mv.), ongeacht de diepte van de minerale ondergrond. Doordat veenlagen geleidelijk verteren vermindert de bruikbaarheid van oudere boorbeschrijvingen van veenprofielen. Er is tot nu toe onvoldoende kennis over de snelheid van afname van de veendikte in relatie tot veensoort, landgebruik en ontwatering.

Aanbevelingen:

1. We bevelen aan om in de toekomst in gebieden met een veenlaag van 1 à 2 meter dikte, altijd tot in de minerale ondergrond te boren en daarbij het volledige profiel te beschrijven.
2. Er is grote behoefte aan een landelijk meetnet voor het monitoren van de veendikte. Op dit moment zijn slechts op een zeer beperkt in de tijd herhaalde metingen van de veendikte aanwezig. Hierdoor was het niet mogelijk een ruimtelijk gedifferentieerd model voor de afbraaksnelheid van veen te kalibreren. Hierdoor zijn de voorspelde geactualiseerde veendiktes bij oude boringen erg onnauwkeurig en is de informatieinhoud van niet-actuele data over de veendikte in het Bodemkundig Informatie Systeem beperkt. Het is te verwachten dat met de data van een landsdekkend meetnet een beter model kan worden gekalibreerd, waardoor de actuele veendikte op bestaande locaties nauwkeuriger voorspeld kan worden en de informatieinhoud van het Bodemkundig Informatie Systeem toeneemt.

Methode

Het in dit rapport beschreven onderzoek is een primeur: Voor het eerst is een deel van de Bodemkaart van Nederland geactualiseerd met Digitale Bodemkartering. En met succes, zodat geconcludeerd kan worden dat actualisatie van de Bodemkaart van Nederland 1:50 000 in gebieden met veen door middel van Digitale Bodemkartering haalbaar is. Wel was methodologisch maatwerk vereist i.v.m. het grote aandeel locaties met veendikte 0, maar naar we hopen en verwachten kan de in dit project ontwikkelde methode ook toegepast worden in de overige deelgebieden.

Het resultaat van DBK zijn rasterkaarten van de actuele veendikte, de dikte van het minerale dek, en het voorspelde bodemtype (mineraal, moerig, veen), inclusief hun onzekerheid. Een nabewerkingslag was nodig om deze rasterkaarten in te passen in de vector-kaart 1:50 000.

Literatuur

- Brouwer, F., 2012. Vergraven gronden: inventarisatie van 'diepe' grondbewerkingen, ophogingen en afgravingen. Alterra, Wageningen. Rapport 2493.
- Bunskoeke, D.M., 1987. Het ontstaan van Heerenveen. Stichting Werkgroep Oud-Heerenveen
- De Vries, F., J.P. Lesschen, J.J.H. van den Akker, A.M.R. Petrescu, J. van Huissteden en I. van den Wyngaert, 2009. Bodemgerelateerde emissie van broeikasgassen in Drenthe. De huidige situatie. Alterra, Wageningen. Rapport 1859.
- De Vries, F., G.H. Stoffelsen en M.M. van der Werff, 2010. Validatie van de bodemkaart van de veengebieden in Noord-Holland. Alterra, Wageningen. Rapport 2085.
- Finke, P.A. D.J. Groot Obbink, H. Rosing, en F. de Vries, 1996. Actualisatie Gt-kaarten 1 : 50 000. Drentse deel kaartbladen 16 oost (Steenwijk en 17 West (Emmen). Wageningen, DLO-Staring Centrum, rapport 439.
- Hazeu, G.W., 2005. Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN). Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. Alterra, Wageningen. Rapport 1213.
- Kekem, A.J. van, T. Hoogland & J.F.B. van der Horst, 2005. Uitspoelingsgevoelige gronden opnieuw op de kaart: werkwijze en resultaten. Alterra, Wageningen. Rapport 1080.
- Kempen, B., D.J. Brus, F. de Vries en B. Engel, 2012. Updating legacy soil data for digital soil mapping. In Digital Soil Assessments and beyond: Proceedings of the fifth Global Workshop on Digital Soil Mapping, Sydney, Australia.
- Kuikman, P.J. en J.J.H. van den Akker, 2005. Veenweide, broeikasgassen en klimaatverandering. In: Rienks, W.A. en A.L. Gerritsen, 2005. Veenweide 25x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen. Wageningen Universiteit en Researchcentrum.
- Steur, G.G.L. en W. Heijink, 2991. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Algemene begrippen en indelingen. 4^e uitgave. Staring Centrum, Wageningen.
- Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften, Deel A: Bodem. Staring Centrum, Wageningen. Technisch document 19A.
- Van den Akker, J.J.H., 2005. Maaiveldvaling en verdwijnende veengronden. In: Rienks, W.A. en A.L. Gerritsen, 2005. Veenweide 25x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen. Wageningen Universiteit en Researchcentrum.
- Vernes, R.W., 2005. Van Gidslaag naar een Hydrogeologische Eenheid. Toelichting bij de totstandkoming van de dataset REGIS II. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Rapport 05-038-B.

Bijlage 1 Tabel met vertaling van bodemeenheden naar eenheden met een geringere veendikte

De keuze uit de opties wordt zo veel mogelijk afgestemd op de omringende kaartvlakken.
Veendikteklassen: 1: ≤5 cm; 2: 5–40 cm; 3: 40–95 cm; 4: 95–120 cm; 5: >120 cm)

Combinatie		Opties voor vertaling naar nieuwe bodemcode in voorkeursvolgorde								Nieuwe toevoeging voor	Uitzonderingen bij toevoeging voor f...	
Bodemcode	Veendikteklasse	Optie1	Optie2	Optie3	Optie4	Optie5	Optie6	Optie7	Optie8			
AAP	1	pZn23	Hn23	pZg23	Zn23	pZn21	Hn21	pZg21	Zn21		Optie 1: pZg23	
AAP	2	AAP										
AAP	3	AAP										
ABv	1	Abz	Abk	ABl								
ABv	2	ABv										
ABv	3	ABv										
AP	1	pZn23	Hn23	pZg23	Zn23	pZn21	Hn21	pZg21	Zn21		Optie 1: pZg23	
AP	2	AP										
AP	3	AP										
AP	4	AP										
aVc	1	pZn23	Hn23	pZg23	pZn21	Hn21	pZg21				Optie 1: pZg23	
aVc	2	vWz	vWp									
aVc	3	aVz	aVp									
aVc	4	aVz	aVp									
aVc	5	aVc										
AVk	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21				Optie 1: pZg23	
AVk	2	zWz	vWz	kWz	uWz	zWp	vWp	kWp	uWp			
AVk	3	AVk										
AVk	4	AVk										
AVk	5	AVk										
AVo	1	Hn23	pZn23	pZg23	Hn21	pZn21	pZg21					
AVo	2	vWp	vWz	zWp	zWz							
AVo	3	AVo										
AVo	4	AVo										
aVp	1	Hn23	Hn21									
aVp	2	vWp										
aVp	3	aVp										
aVp	4	aVp										
aVs	1	Hn23	pZn23	Hn21	pZn21	pZg23	pZg21					
aVs	2	vWp		vWz								
aVz	1	pZn23	pZg23	pZn21	pZg21						Optie 1: pZg23	
aVz	2	vWz										
aVz	3	aVz										
aVz	4	aVz										
aVz	5	aVz										
hVb	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21	pMn86C			Optie 1: pZg23	
hVb	2	vWz	vWp	Wo	Wg							
hVb	3	hVz	hVk									
hVb	4	hVz	hVk									
hVb	5	hVb										
hVc	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21				Optie 1: pZg23	
hVc	2	vWz	vWp	Wo	Wg							
hVc	3	hVz	hVk									

hVc	4	hVz	hVk								
hVd	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21	pMn86C			Optie 1: pZg23
hVd	2	vWz	vWp	Wo	Wg						
hVd	3	hVz	hVk								
hVd	4	hVz	hVk								
hVd	5	hVd									
hVk	1	pMo80	pMo50	pMn86C							
hVk	2	Wo	Wg								
hVk	3	hVk									
hVk	4	hVk									
hVk	5	hVk									
hVr	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21	pMn86C			Optie 1: pZg23
hVr	2	vWz	vWp	Wo	Wg						
hVr	3	hVz	hVk								
hVr	4	hVz	hVk								
hVr	5	hVr									
hVs	1	Hn23	pZn23	Hn21	pZn21	pZg23	pZg21				
hVs	2	vWp	vWz	Wo	Wg						
hVs	3	hVz	hVk								
hVs	4	hVz	hVk								
hVz	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21				Optie 1: pZg23
hVz	2	vWz	vWp								
hVz	3	hVz									
hVz	4	hVz									
iVc	1	pZn23	Hn23	pZg23	pZn21	Hn21	pZg21				Optie 1: pZg23
iVc	2	iWz	iWp								
iVc	3	iVz	iVp								
iVp	1	Hn23	Hn21								
iVp	2	iWp									
iVp	3	iVp									
iVs	1	Hn23	pZn23	Hn21	pZn21	pZg23	pZg21				
iVs	2	iWp	iWz								
iVs	3	iVp	iVz								
iVz	1	pZn23	pZg23	pZn21	pZg21						Optie 1: pZg23
iVz	2	iWz									
iVz	3	iVz									
iWp	1	Hn23	Hn21	cHn23	cHn21						
iWp	2	iWp									
iWp	3	iWp									
iWz	1	pZn23	pZg23	pZn21	pZg21						Optie 1: pZg23
iWz	2	iWz									
iWz	3	iWz									
kVc	1	pZn23	pZg23	Hn23	Zn23	pZn21	pZg21	Hn21	Zn21	k	Optie 1: pZg23
kVc	2	kWz	kWp	Wo	Wg						
kVc	3	kVz	kVk								
kVd	1	pZn23	pZg23	Hn23	Zn23	pZn21	pZg21	Hn21	Zn21	k	Optie 1: pZg23
kVd	2	kWz	kWp	Wo	Wg						
kVd	3	kVz	kVk								
kVd	4	kVd									
kVd	5	kVd									
kVs	1	Hn23	pZn23	pZg23	Zn23	Hn21	pZn21	pZg21	Zn21	k	
kVs	2	kWp	kWz	Wo	Wg						
kVs	3	kVz	kVk								
kVz	1	pZn23	pZg23	Hn23	Zn23	pZn21	pZg21	Hn21	Zn21	k	Optie 1: pZg23
kVz	2	kWz	kWp								
kVz	3	kVz									
kWp	1	Hn23	Hn21	cHn23	cHn21					k	
kWp	2	kWp									
kWp	3	kWp									
kWz	1	pZn23	pZg23	Zn23	pZn21	pZg21	Zn21			k	Optie 1:

											pZg23
kWz	2	kWz									
kWz	3	kWz									
pVc	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21			k	Optie 1: pZg23
pVc	2	kWz	kWp	Wo	Wg						
pVc	3	pVz	pVk								
pVd	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21			k	Optie 1: pZg23
pVd	2	kWz	kWp	Wo	Wg						
pVd	3	pVz	pVk								
pVd	4	pVd									
pVd	5	pVd									
pVk	1	pMo80	pMo50	pMn86C							
pVk	2	Wo	Wg								
pVk	3	pVk									
pVk	4	pVk									
pVk	5	pVk									
pVr	1	pZn23	pZg23	Hn23	pZn21	pZg21	Hn21			k	Optie 1: pZg23
pVr	2	kWz	kWp	Wo	Wg						
pVr	3	pVz	pVk								
pVr	4	pVr									
pVr	5	pVr									
pVs	1	Hn23	pZn23	Hn21	pZn21	pZg23	pZg21			k	
pVs	2	kWp	kWz	Wo	Wg						
pVs	3	pVz	pVk								
pVz	1	pZn23	pZg23	Hn23	Zn23	pZn21	pZg21	Hn21	Zn21	k	Optie 1: pZg23
pVz	2	kWz	kWp								
pVz	3	pVz									
pVz	4	pVz									
pVz	5	pVz									
uWz	1	Sn13A	Zn10A	pZn23	pZg23						
uWz	2	uWz									
uWz	3	uWz									
uWz	4	uWz									
uWz	5	uWz									
Vc	1	pZn23	Hn23	pZg23	pZn21	Hn21	pZg21				Optie 1: pZg23
Vc	2	vWz	vWp	Wo	Wg						
Vc	3	Vz	Vp	Vk							
Vc	4	Vz	Vp	Vk							
Vd	1	pZn23	Hn23	pZg23	pZn21	Hn21	pZg21				Optie 1: pZg23
Vd	2	vWz	vWp	Wo	Wg						
Vd	3	Vz	Vp	Vk							
Vd	4	Vz	Vp	Vk							
Vd	5	Vd									
Vo	1	pZn23	Hn23	pZg23	pZn21	Hn21	pZg21				Optie 1: pZg23
Vo	2	vWz	vWp	Wo	Wg						
Vo	3	Vo									
Vo	4	Vo									
Vo	5	Vo									
Vp	1	Hn23	Hn21								
Vp	2	vWp									
Vp	3	Vp									
Vs	1	Hn23	pZn23	Hn21	pZn21	pZg23	pZg21				
Vs	2	vWp	vWz	Wo	Wg						
Vs	3	Vp	Vz	Vk							
Vs	4	Vp	Vz	Vk							
vWp	1	Hn23	Hn21	cHn23	cHn21						
vWp	2	vWp									
vWp	3	vWp									
vWp	4	vWp									
vWz	1	pZn23	pZg23	pZn21	pZg21						Optie 1: pZg23
vWz	2	vWz									

vWz	3	vWz									
vWz	4	vWz									
Vz	1	pZn23	pZg23	pZn21	pZg21						Optie 1: pZg23
Vz	2	vWz									
Vz	3	Vz									
Vz	4	Vz									
Wg	1	pMn86C	pMn85C	kMn43C	kMn68C	gMn85C	gMn83C				
Wg	2	Wg									
Wg	3	Wg									
Wg	4	Wg									
Wg	5	Wg									
Wo	1	pMo80	pMo50								
Wo	2	Wo									
Wo	3	Wo									
Wo	4	Wo									
Wo	5	Wo									
zVc	1	pZn23	Hn23	pZg23	pZn21	Hn21	pZg21	Zn23	Zn21		Optie 1: pZg23
zVc	2	zWz	zWp								
zVc	3	zVz	zVp								
zVc	4	zVc									
zVp	1	Hn23	Hn21	cHn23	cHn21						
zVp	2	zWp									
zVp	3	zVp									
zVs	1	Hn23	pZn23	Hn21	pZn21	pZg23	pZg21	Zn23	Zn21		
zVs	2	zWp	zWz								
zVs	3	zVp	zVz								
zVs	4	zVs									
zVz	1	pZn23	pZg23	pZn21	pZg21	Zn23	Zn21				Optie 1: pZg23
zVz	2	zWz									
zVz	3	zVz									
zVz	4	zVz									
zWp	1	Hn23	Hn21	cHn23	cHn21						
zWp	2	zWp									
zWp	3	zWp									
zWp	4	zWp									
zWz	1	pZn23	pZg23	pZn21	pZg21	Zn23	Zn21				Optie 1: pZg23
zWz	2	zWz									
zWz	3	zWz									
AAP	4	AAP									
AAP	5	AAP									
aVp	5	aVp									
aVs	4	aVp	aVz								
aVs	3	aVp	aVz								
Hn21	1	Hn21									
hVc	5	hVc									
hVz	5	hVz									
kVc	4	kVc									
kVc	5	kVc									
kVs	4	kVs									
kVs	5	kVs									
kVz	4	kVz									
kVz	5	kVz									
kWp	4	kWp									
kWp	5	kWp									
kWz	4	kWz									
kWz	5	kWz									
pVc	4	pVc									
pVc	5	pVc									
pVs	4	pVs									
pVs	5	pVs									
Vc	5	Vc									
Vp	4	Vp									
Vp	5	Vp									
Vs	5	Vs									

vWp	5	vWp
vWz	5	vWz
Vz	5	Vz
zVc	5	zVc
zVp	4	zVp
zVp	5	zVp
zVs	5	zVs
zVz	5	zVz
zWp	5	zWp
zWz	4	zWz
zWz	5	zWz
hVs	5	hVs
aVs	5	aVs
iWp	4	iWp
iVc	4	iVc
iVz	4	iVz
iVs	4	iVs
AP	5	AP
AVo	5	Avo

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2556
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2556
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

