



Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart

Herkartering van de veengebieden in Eemland

F. Brouwer & D.J.J. Walvoort

| WOt-technical report 155



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

Disclaimer WOt-publicaties

De reeks 'WOt-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-technical report 155 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart

Herkartering van de veengebieden in Eemland

F. Brouwer en D.J.J. Walvoort

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, juni 2019

Wot-technical report 155

ISSN 2352-2739

DOI: 10.18174/494728

Referaat

Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2019). *Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart; Herkartering van de veengebieden in Eemland*. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WUR. WOT-technical report 155. 38 blz.; 8 fig.; 4 tab.; 12 ref; 1 Bijlage.

Sinds 2010 werkt Wageningen Environmental Research (WENR) structureel aan de actualisatie van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. De bodemkaart onderscheidt allerlei bodemeenheden met veenlagen ondiep in het profiel. Door oxidatie en klink neemt de veendikte geleidelijk af. Voor het beheer van veengebieden is het van belang om inzicht te hebben in de veendiktes. Dit onderzoek heeft geresulteerd in een veendiktekaart voor de veengebieden in Eemland en een geactualiseerde bodemkaart van deze veengebieden op schaal 1 : 50 000.

Trefwoorden: BRO, Basisregistratie Ondergrond, bodemkaart, bodemdaling, Eemland, veendikte, veengebieden

Abstract

Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2019). *Key Register of the Subsurface (BRO) – Update of the Soil Map; Remapping of the peat soil areas in Eemland*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment, WUR. WOT-technical report 155. 38 p.; 8 fig.; 4 tabs; 12 refs; 1 Appendix.

Wageningen Environmental Research (WENR) has been in the process of updating the Soil Map of the Netherlands, scale 1:50,000, since 2010. The map distinguishes between various different soil units with peat layers in the upper horizons of the profile. The thickness of the peat is being reduced by oxidation and subsidence. To manage these peat soils it is important to have information on the thickness of the peat layer. This study has resulted in a peat thickness map for the peat soil areas in the Eemland region north of Amersfoort and an updated soil map of these peat soil areas at scale 1:50,000.

Keywords: BRO, Key Register of the Subsurface, soil map, soil subsidence, Eemland, peat thickness, peat soil areas

Foto omslag: Paul Gerritsen (WENR)

© 2019 **Wageningen Environmental Research (WENR)**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: fokke.brouwer@wur.nl

De reeks WOT-technical reports is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research. Dit technical report is verkrijgbaar bij het secretariaat. De publicatie is ook te downloaden via www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, is onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO). De BRO maakt onderdeel uit van het stelsel van basisregistraties. De gegevens over de ondergrond worden voortaan op één plek beheerd en ontsloten. De informatie is voor veel toepassingen buitengewoon relevant, mits de gegevens actueel zijn. Wageningen Environmental Research (WENR) is gedelegeerd bronhouder van de bodemkaart en werkt sinds 2010 structureel aan de actualisatie van de kaart. Dit wordt gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Dit rapport gaat over het onderzoek naar de veendiktes in de veengebieden in Eemland en de actualisatie van de bodemkaart van deze veengebieden.

Bij de uitvoering van het project waren een aantal collega's betrokken. Het veldwerk, waarbij op 130 locaties een boorbeschrijving is opgesteld, is met veel inzet uitgevoerd door Pieter Dijk, Valentijn Assinck en Paul Gerritsen. De modellering is uitgevoerd door Dennis Walvoort. Fokke Brouwer zorgde voor de verdere verwerking van de gegevens. De coördinatie en planning van het project lag bij Fokke Brouwer. Het project maakt onderdeel uit van het BRO-programma onder leiding van Joop Okx. Joop Okx heeft ook de interne review van dit rapport uitgevoerd. We bedanken de grondeigenaren voor de medewerking om op hun percelen grondboringen te mogen verrichten.

Fokke Brouwer en Dennis Walvoort

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Projectdoel	11
1.3 Projectafbakening	12
1.4 Impact van het project	13
1.4.1 Belang voor lokale overheden	13
1.4.2 Bijdrage aan de BRO-doelstellingen	13
1.5 Achtergrondinformatie	13
1.5.1 Definities	13
1.5.2 Processen	14
1.6 Beschrijving van de bodemeenheden in het doelgebied	15
2 Methode	17
2.1 Data verzamelen	17
2.1.1 Kalibratieset met boormonsterbeschrijvingen	17
2.1.2 Validatieset met boormonsterbeschrijvingen	19
2.2 Modelleren veendikte	19
2.3 Actualiseren bodemkaart	19
2.3.1 Uitgangspunten	19
2.3.2 Actualisatie voor de afname van de veendikte	20
2.3.3 Aanpassingen in de begrenzing van overige onderscheidingen	21
3 Resultaten	23
3.1 Boormonsterbeschrijvingen	23
3.2 Veendiktekaart	23
3.3 Geactualiseerde bodemkaart	25
4 Conclusies	29
Literatuur	31
Verantwoording	33
Bijlage 1 Instructies voor het veldwerk	35

Samenvatting

De bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, geeft informatie over de bodemopbouw tot circa 1,2 m-mv. De kaart maakt onderdeel uit van de gegevens van de Basisregistratie Ondergrond (BRO), waardoor de data publiekelijk beschikbaar zijn. Om de gegevens adequaat te kunnen gebruiken voor allerlei toepassingen is voortdurend onderhoud nodig. Sinds 2010 zijn voor de BRO al verschillende projecten uitgevoerd om de informatie van de bodemkaart te actualiseren, meestal in combinatie met het vervaardigen van een veendiktekaart:

- Moerige gronden en dunne veengronden in Noord Nederland (De Vries *et al.*, 2014).
- Niet-gerijpte kleigronden in de provincie Noord- en Zuid-Holland (De Vries *et al.*, 2017).
- Dikke veengronden in het beheergebied van Waterschap Drents Overijsselse Delta (De Vries *et al.*, 2018).
- Veengronden, zeeklei- en zeezandgronden in de provincie Flevoland (Brouwer *et al.*, 2018).

Dit project richt zich op de verbetering van de bodeminformatie van de veengebieden in Eemland, bestaande uit moerige gronden, dunne en dikke veengronden en betreft een areaal van 4888 ha. Veengebieden slinken doordat het veen oxideert en inklinkt. Uit onderzoek van Van den Akker (2005) is bekend dat naarmate de gronden dieper ontwaterd zijn, de oxidatie en klink toenemen. Door afname van de veendikte kunnen naar verloop van tijd bodemeenheden veranderen. De actualisatie is uitgevoerd met behulp van 'Digitale Bodemkartering' (DBK). Hiervoor is een geostatistische methode gebruikt waarbij met een combinatie van bodemgegevens uit veldwaarnemingen en informatie over terreinkenmerken kaartbeelden worden gecreëerd. DBK wordt in drie fasen uitgevoerd:

- het verzamelen en aanvullen van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen;
- het aanvullen van de landelijke veendiktekaart;
- het actualiseren van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

De concrete resultaten van dit project bestaan uit:

- een dataset met 130 bodemkundige boormonsterbeschrijvingen. Deze boormonsterbeschrijvingen worden opgenomen in de landelijke database van de BRO;
- een rasterbestand (celgrootte 50x50 m²) met de veendiktekaart in Eemland;
- een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 met een geactualiseerd fragment van de veengebieden in Eemland;
- dit rapport met een verantwoording van de werkwijze bij het actualiseren van de bodemkaart en het vervaardigen van de veendiktekaart.

Uit de resultaten (tabel 4) blijkt dat voor het areaal van de veengebieden in Eemland in 20% een verandering in bodemcode is opgetreden. Opgesplitst geldt dat voor de moerige gronden 15%, voor de dunne veengronden 33% en voor de dikke veengronden 17% van hun areaal van bodemtype is veranderd. In bijna de helft van de oppervlakte met veranderingen betreft het een wijziging naar bebouwd gebied.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, geeft informatie over de bodemopbouw tot ca. 1,2 m-mv. De kaart maakt onderdeel uit van de gegevens van de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Met de Basisregistratie beoogt de overheid de informatievoorziening sterk te verbeteren, door publieke gegevens over de ondergrond op gestandaardiseerde wijze vast te leggen in de database van de landelijke voorziening en voor zowel overheden als andere partijen ter beschikking te stellen. Om de informatie van de bodemkaart adequaat te kunnen gebruiken voor landelijke en regionale toepassingen, is regelmatig onderhoud nodig. Sinds 2010 zijn voor de BRO al verschillende projecten uitgevoerd om de informatie van de bodemkaart te actualiseren.

In de periode 2010-2014 is de bodemkaart van de gebieden met moerige gronden en veengronden met een minerale ondergrond binnen 1,2 m-mv. (dunne veengronden) geactualiseerd (De Vries *et al.*, 2014). In 2018 is de bodemkaart van de veengronden met een minerale ondergrond dieper dan 1,2 m-mv. (dikke veengronden) in het beheergebied van het Waterschap Drents Overijsselse Delta geactualiseerd (De Vries *et al.*, 2018). Ook is in 2018 de bodemkaart van Flevoland geactualiseerd (Brouwer *et al.*, 2019), waarbij naast veengronden tevens zeelei- en zeezandgronden in het onderzoek zijn betrokken. Bij de actualisaties van deze gebieden zijn telkens veendiktekaarten samengesteld. Een belangrijke uitkomst van deze onderzoeken was dat sinds de eerste opname van de bodemkaart (1965-1995) de veendikte aanzienlijk is afgenomen. Veenvlagen slinken doordat het veen oxideert en inklinkt, met maaiveld daling als gevolg. Uit onderzoek van Van den Akker (2005) is bekend dat naarmate de gronden dieper ontwaterd zijn, de oxidatie en klink toenemen.

Het doelgebied van dit project bestaat uit moerige gronden, dunne en dikke veengronden in Eemland. Van deze gebieden was de veendiktekaart nog niet beschikbaar.

1.2 Projectdoel

Dit BRO-project richt zich op de verbetering van de bodeminformatie van de veengebieden in Eemland en heeft drie belangrijke doelstellingen:

- het actualiseren van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000;
- het aanvullen van de landelijke veendiktekaart;
- het aanvullen van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen.

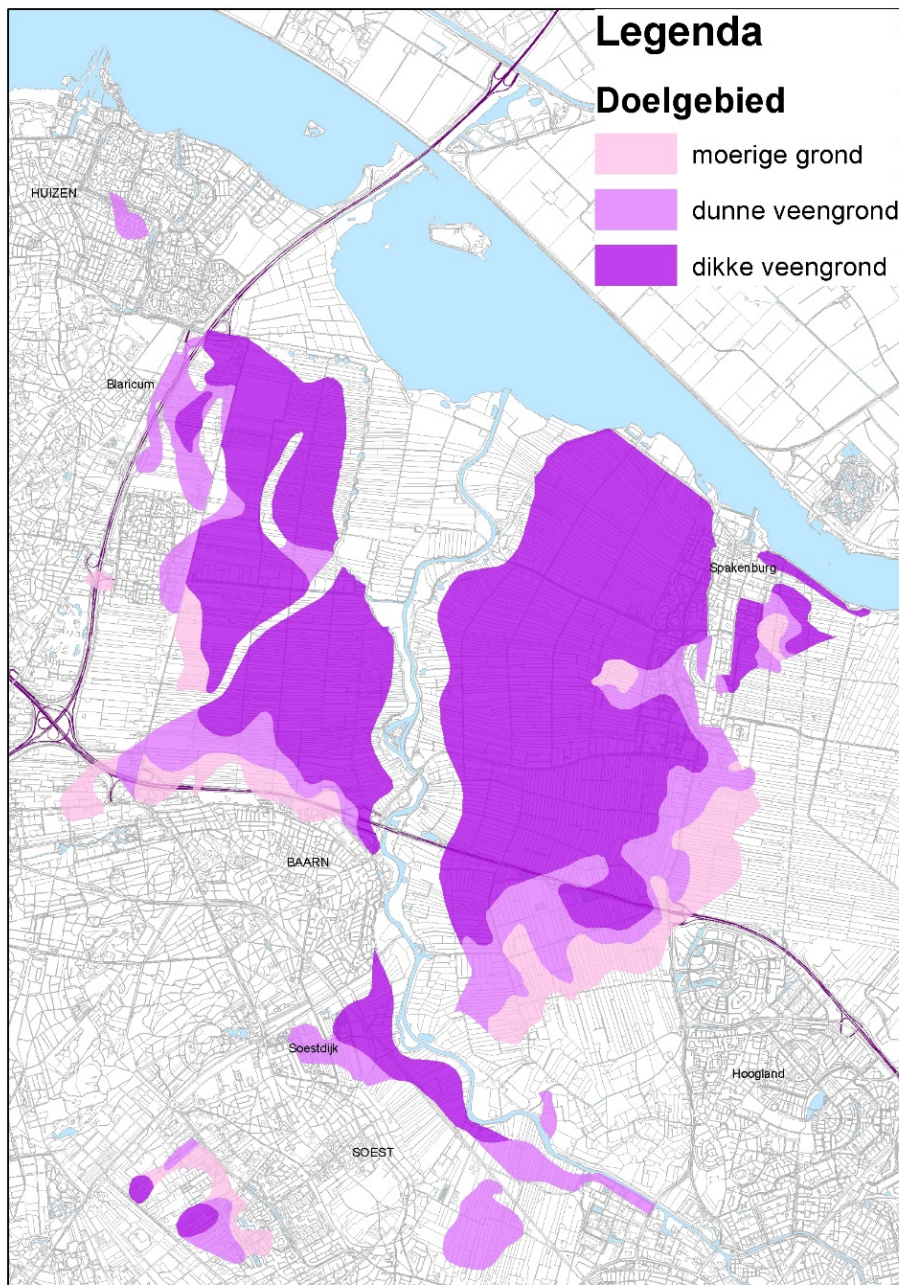
De actualisatie van de bodemkaart wordt voor de BRO gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Concreet bestaan de resultaten van dit project uit:

- een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 met een geactualiseerd fragment van de veengebieden in Eemland;
- een rasterbestand (celgrootte 50x50 m²) met de veendiktekaart van de veengebieden in Eemland;
- een dataset met 130 bodemkundige boormonsterbeschrijvingen. Deze boormonsterbeschrijvingen worden opgenomen in de landelijke database van de BRO;
- dit rapport met een verantwoording van de werkwijze bij het actualiseren van de bodemkaart en het vervaardigen van de veendiktekaart.

1.3 Projectafbakening

De nieuw verzamelde gegevens hebben betrekking op het doelgebied zoals aangegeven in figuur 1. Hier komen volgens de Bodemkaart van Nederland in Eemland moerige gronden, dunne en dikke veengronden voor. De oppervlakte bedraagt 4888 ha.

Om bodemkundige boormonsterbeschrijvingen op te stellen, wordt tot in de pleistocene zandondergrond geboord met een maximale diepte tot 4,2 m-mv. Dus wanneer de top van de pleistocene ondergrond dieper ligt dan 4,2 m, wordt de absolute diepte niet geregistreerd. De nieuwe veendiktegegevens worden gecombineerd met de al bestaande veendiktekaart uit 2018.



Figuur 1 De veengebieden in Eemland vormen de begrenzing van het doelgebied

De actualisatie heeft alleen betrekking op de bodemeenheden en niet op de grondwatertrappen (Gt's). Het verbeteren van de informatie over het grondwaterstandsverloop, weergegeven met grondwatertrappen valt buiten de scope van dit onderzoek. Dit gegeven wordt in een afzonderlijk BRO-project door WENR geactualiseerd.

1.4 Impact van het project

1.4.1 Belang voor lokale overheden

Met dit project krijgen lokale overheden, zoals provincies, gemeentes en waterschappen, de beschikking over actuele bodemgegevens van de veengebieden in Eemland. De informatie is van belang voor het opstellen van de Veenweidevisie, maar kan daarnaast ook geraadpleegd worden bij het vaststellen van peilbesluiten en andere vraagstukken waarbij gegevens over de bodem van belang zijn.

1.4.2 Bijdrage aan de BRO-doelstellingen

Dit project past in de doelstellingen van de BRO om actuele gegevens over bodem en ondergrond te verschaffen. De BRO is hét informatiesysteem met publieke gegevens van de Nederlandse ondergrond. Deze basisregistratie maakt het mogelijk om bodem- en ondergrondgegevens via één digitaal loket te raadplegen (www.basisregistratieondergrond.nl). Alle met overheidsgeld verzamelde gegevens over de bodem en de ondergrond worden in de BRO opgenomen. De BRO-gegevens komen sinds 2017 gefaseerd beschikbaar. Het lopende project Actualisatie Bodemkaart is gerelateerd aan twee registratieobjecten:

- Booronderzoek: Bodemkundige boormonsterbeschrijving.
- Bodemkundig model, waarmee de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, wordt bedoeld.

De bodemkundige boormonsterbeschrijvingen die voor dit project zijn opgesteld, worden opgenomen in de BRO-database.

De doelstelling van de Basisregistratie Ondergrond komen in grote lijnen overeen met een aantal doelstellingen van de Expert Advisory Group van de Verenigde Naties, waarin gesteld wordt dat '*data en modellen van levensbelang zijn voor besluitvorming en verantwoording. Zonder de juiste informatie is het ontwerpen, monitoren en evalueren van beleid een bijna onmogelijke opgave*'. Gegevens over de bodem zijn gerelateerd aan meerdere Sustainable Developments Goals (Minister voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking, 2016), zoals het behoud van het ecosysteem en het verkrijgen van inzicht in bodembedreigingen en het beperken hiervan.

1.5 Achtergrondinformatie

1.5.1 Definities

De volgende definities komen uit Ten Cate *et al.* (1995).

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, dunne veengronden en dikke veengronden. Hieronder worden deze hoofdklassen nader toegelicht.

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

Moerige gronden: bodems met een moerige bovengrond van maximaal 40 cm dikte of een moerige tussenlaag van 10 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 top laag en de veensoort of aard van de minerale ondergrond. Bijvoorbeeld de bodemeenheid kVc heeft een bovengrond van zavel of klei (k...) op zeggeveen (...c) dat doorloopt tot dieper dan 120 cm-mv. In dit project maken we binnen de veengronden onderscheid in:

- '*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.

Daarnaast zijn ook de volgende begrippen van belang.

Veengebieden: Gebieden met moerige gronden en veengronden.

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

1.5.2 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 geleidelijk. Hoge grondwaterstanden dragen bij aan de conservering van veen. Organische stof in de bodem wordt zowel onder anaerobe als onder aerobe omstandigheden voortdurend afgebroken. Bij afwezigheid van luchtzuurstof (anaerobe omstandigheden) verloopt de afbraak zeer langzaam. Onder aerobe omstandigheden, als 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 (Van den Akker, 2005).

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 verlaging 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 veenlagen, 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 ongeveer 90% uit water. Door de peilverlaging komt dit veen droog te staan en door de verdere uitdroging als gevolg van gewasverdamping verdwijnt water, waarbij het veen krimpt. Daarbij verandert de structuur en de samenstelling van het veen. Krimp, klink en oxidatie van veen resulteren in maaiveld daling.

Uit onderzoek van Van den Akker (2005) blijkt dat maaiveld daling 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 is op zijn hoogst. Dit zijn optimale omstandigheden voor oxidatie. Van den Akker heeft een langjarig gemiddelde maaiveld daling vastgesteld van 6 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 (bodemkaartenheden kV..en pV..), door de beschermende invloed van de kleilaag, veenoxidatie en maaiveld daling geringer zijn dan bij veengronden zonder kleidek (aV.., hV.. en V..).

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.

1.6 Beschrijving van de bodemeenheden in het doelgebied

Figuur 2 laat duidelijk zien dat aan weerskanten van de oeverwallen van de Eem substantiële oppervlaktes veengronden voorkomen. Vanaf de flanken van het doelgebied richting de Eem neemt over het algemeen de diepte van de zandondergrond toe. Hierdoor komen op de bodemkaart (versie 2014) de meeste moerige gronden voor op de flanken en de dikke veengronden met name in de buurt van de Eem. De dunne veengronden vormen de verbinding tussen de moerige gronden en de dikke veengronden. Ten oosten van de Wakkerendijk, de oude weg van Baarn naar Eemnes en Huizen, en ten noorden van Soest bestaan de bovengronden overwegend uit klei. Ten westen van de Wakkerendijk en net ten zuiden en oosten van Soest bestaan de bovengronden overwegend uit zand. Twee smalle stroken veengronden grenzend aan het Eemmeer en twee kleine depressies ten zuidenwesten van Soest hebben een moerige bovengrond.

Op de bodemkaart zijn de veengronden op basis van de aard van de bovengrond en de veensoort onderverdeeld in verschillende bodemeenheden (figuur 2). Voor de bovengrond wordt op het hoofdniveau onderscheid gemaakt in gronden met een donkere, moerige eerdlaag en gronden zonder eerdlaag.

Naar de samenstelling van de eerdlaag is een verdere onderverdeling in een:

- kleiig moerige eerdlaag (koopveengronden, hV.);
- humusrijke eerdlaag in zavel- of kleidek (weidveengronden, pV.).

Bij de veengronden zonder eerdlaag onderscheiden we veengronden met een:

- dunne, weinig veraarde venige bovengrond (vlierveengronden, V.);
- zavel- of kleidek (waardveengronden, kV.);
- zanddek (meerveengronden, zV.).

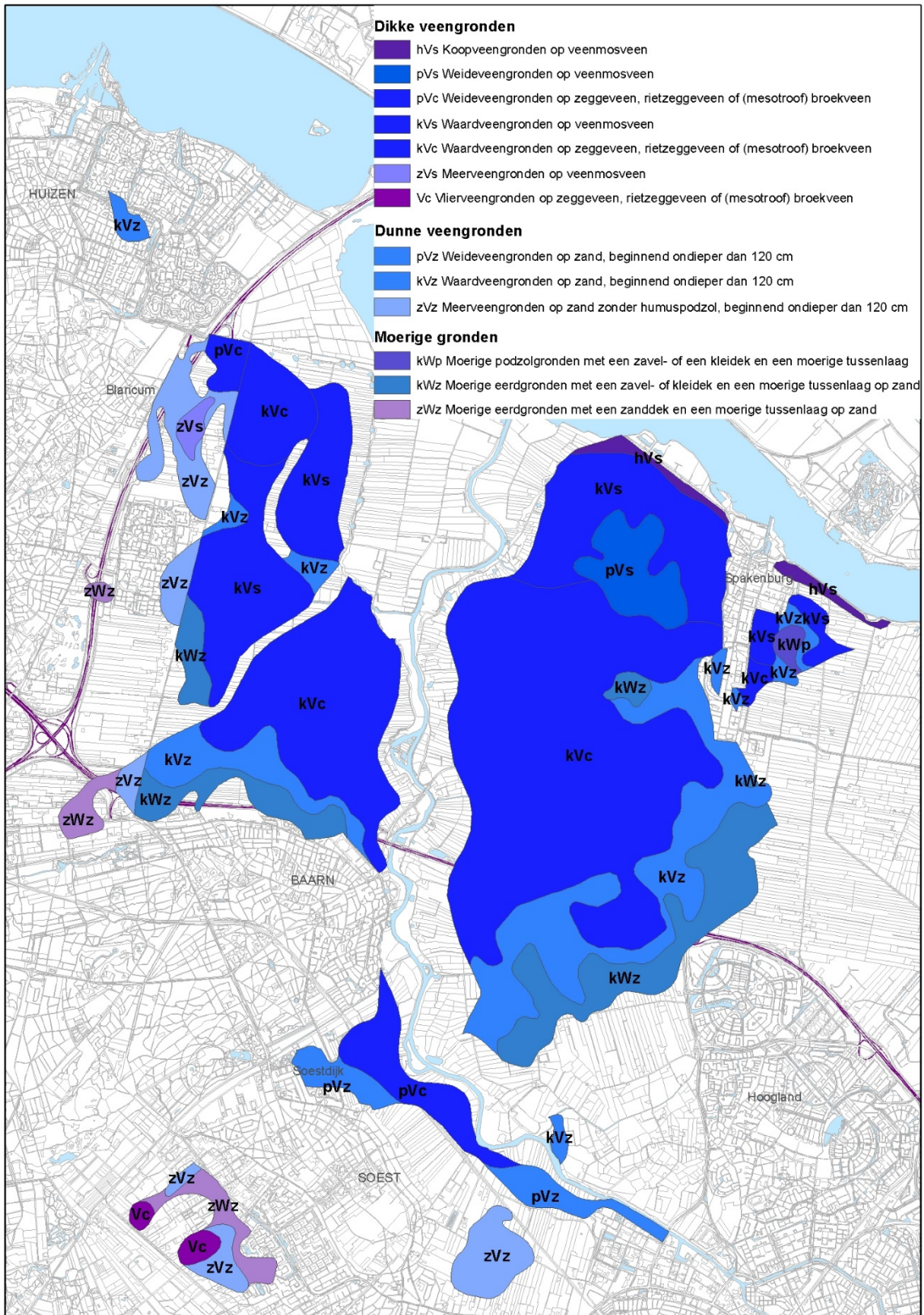
Aan de hand van de meest voorkomende veensoort in het bodemprofiel worden de dikke veengronden verder onderverdeeld. In het doelgebied komen vooral zeggeveenachtige veensoorten (..Vc) voor en in iets mindere mate veenmosveen (..Vs). De dunne veengronden in het doelgebied hebben de code z van zand beginnend binnen 120 cm-mv. als verdere onderverdeling (..Vz).

Op de bodemkaart zijn de moerige gronden op basis van de aard van de bovengrond en de aard van de ondergrond onderverdeeld in verschillende bodemeenheden (figuur 2).

Naar de aard van de bovengrond is een verdere onderverdeling in een:

- zavel- of kleidek (moerige gronden, kW.);
- zanddek (moerige gronden, zW.).

Naar de aard van de ondergrond worden de moerige gronden verder onderverdeeld. In het doelgebied komt bij de moerige gronden alleen een zandondergrond voor waarin een podzol tot ontwikkeling is gekomen (moerige podzolgrond, .Wp) of waarin een podzol ontbreekt (moerige eerdgrond, .Wz).



Figuur 2 Overzicht van de bodemeenheden in het doelgebied volgens de bodemkaart (versie 2014)

2 Methode

De belangrijkste doelvariabele bij zowel het actualiseren van de bodemkaart als het vervaardigen van de veendiktekaart, is de veendikte. We veronderstellen dat door oxidatie en klink de veendikte is afgenomen, met als gevolg dat de pleistocene zandondergrond ondieper in het profiel is komen te liggen. Dit kan andere bodemtypen opleveren. Voor het samenstellen van de veendiktekaart maken we gebruik van Digitale Bodemkartering (DBK). Hiervoor is een geostatistische methode gebruikt waarbij met een combinatie van bodemgegevens uit veldwaarnemingen en informatie over terreinkenmerken kaartbeelden worden gecreëerd. De veldwaarnemingen bestaan uit bodemkundige boormonsterbeschrijvingen. Deze aanpak is ook toegepast bij het modeleren van de veendiktekaart van de gebieden met moerige gronden en dunne veengronden in Noord-Nederland (De Vries *et al.*, 2014) en bij de dikke veengronden in het beheergebied van het Waterschap Drents Overijsselse Delta (De Vries *et al.*, 2018) en kan worden onderverdeeld in vier stappen:

1. Data verzamelen
2. Modelleren en valideren
3. Updaten bodemkaart
4. Rapportage

2.1 Data verzamelen

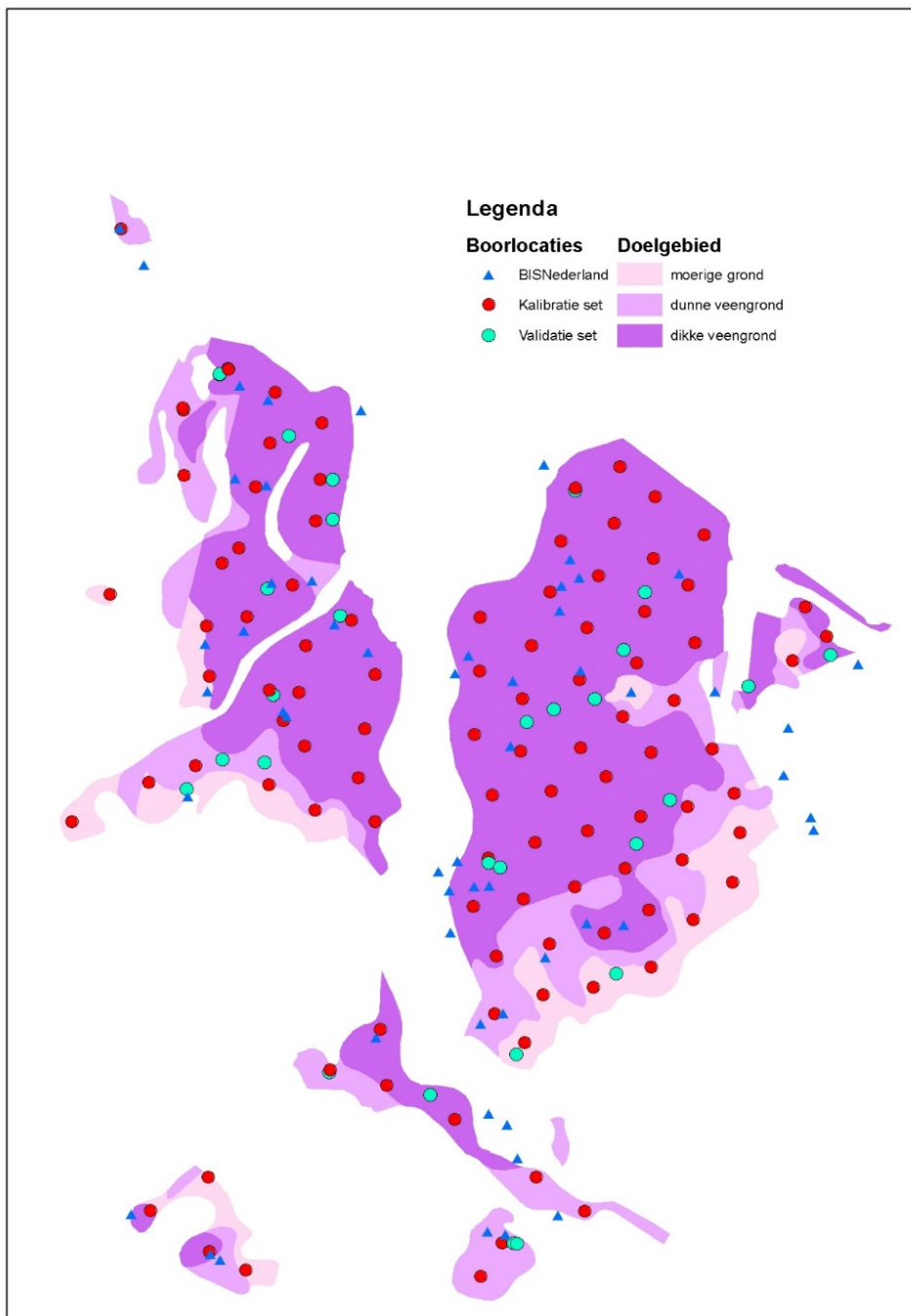
Voor het vervaardigen van de veendiktekaart met behulp van DBK zijn actuele waarnemingen nodig over de bodemkundige laagopbouw. Deze informatie over de laagopbouw wordt verkregen uit bestaande boormonsterbeschrijvingen uit het Bodemkundig Informatiesysteem van WENR (BISNederland) en uit nieuwe boormonsterbeschrijvingen.

2.1.1 Kalibratieset met boormonsterbeschrijvingen

Veldwaarnemingen met actuele gegevens zijn nodig om het regressiemodel te fitten waarmee de verbreiding en dikte van veenlagen voorspeld kunnen worden. De veldwaarnemingen bestaan uit boormonsterbeschrijvingen. Zo'n beschrijving geeft schematische informatie over de gelaagdheid in het bodemprofiel op een bepaalde locatie. Om een boormonsterbeschrijving 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, siltgehalte, leemgehalte, zandgrofheid (M50), consistentie en aanwezigheid van kalk. De locatie wordt vastgelegd door middel van coördinaten van het Rijksdriehoeksstelsel.

In totaal zijn er 101 kalibratieboringen gepland over een doelgebied van 4888 ha (figuur 3). Dit komt neer op een dichtheid van ca. 1 boring per 50 ha. Om een evenredige verdeling over het gebied te krijgen, is gebruikgemaakt van 'spatial coverage sampling' (Walvoort *et al.*, 2010; Walvoort *et al.*, 2018). Hierbij wordt het gebied opgedeeld in 101 compacte deelgebiedjes. Vervolgens worden de centrale punten van de deelgebiedjes als locatie aangewezen. Op deze locaties zijn in de periode september-oktober 2018 beschrijvingen van de profielopbouw opgesteld, volgens de richtlijnen voor bodemkundige boorbeschrijvingen (Ten Cate *et al.*, 1995). Tevens geldt voor dit veldwerk een protocol met een aantal richtlijnen voor het kiezen van de locatie en de boordiepte (bijlage 1). De opdracht was steeds tot in de pleistocene zandondergrond te boren met een maximale diepte van 4,2 m-mv.

Bij het opstellen van de boormonsterbeschrijvingen wordt gebruikgemaakt van de VeldGIS-applicatie op veldcomputers. Dit is een door WENR ontwikkelde module in ArcGIS met een invulscherm voor boormonsterbeschrijvingen. Met GPS worden de x- en y-coördinaten automatisch bepaald. Voor een aantal attributen in de VeldGIS-applicatie (zoals bodemgebruik, horizontcode en veensoort) zijn keuzelijsten beschikbaar, hetgeen het invullen vergemakkelijkt en (type)fouten voorkomt. Tevens bevat VeldGIS controleprogramma's om te checken of de beschrijvingen consistent zijn.



Figuur 3 Overzicht van de boorlocaties.

De 101 nieuwe boormonsterbeschrijvingen vormen samen met 56 bestaande boorgegevens uit BISNederland uit de periode vanaf 2005 de kalibratieset voor het model waarmee de ruimtelijke voorspelling wordt uitgevoerd.

2.1.2 Validatieset met boormonsterbeschrijvingen

Om de ruimtelijke voorspellingen van de doelvariabele veendikte te toetsen, is een onafhankelijke set met gegevens nodig. Daarvoor hebben we een validatieset met boormonsterbeschrijvingen samengesteld. De informatie uit deze beschrijvingen wordt dus niet gebruikt bij de ruimtelijke voorspellingen. Door middel van een steekproef zijn 30 locaties geloot. Om boormonsterbeschrijvingen te maken, is dezelfde werkwijze gevolgd als bij de kalibratieset. Als belangrijke aanvullende voorwaarde geldt dat exact op de aangegeven locatie wordt geboord. De voorwaarde om exact op de aangegeven locatie te boren mag bij de kalibratie iets minder strikt worden gehanteerd. Door deze eis is één locatie komen te vervallen vanwege de ligging in een stadsuitbreiding. De validatieset bestaat uit de gegevens van 29 nieuwe boormonsterbeschrijvingen (figuur 3).

2.2 Modelleren veendikte

Om de kaart van de veendikte te vervaardigen, maken we gebruik van een geostatistische ruimtelijke interpolatiemethode (kriging). Een geostatistische interpolatiemethode minimaliseert de variantie van de voorspelfout, onder voorwaarde dat de verwachte (gemiddelde) voorspelfout gelijk is aan nul (Goovaerts, 1997). Naast de voorspelling wordt ook de nauwkeurigheid van de voorspelling berekend.

Zoals vermeld in paragraaf 2.1, beschikken we over een kalibratieset en een validatieset. De kalibratieset gebruiken we om de kaart te maken. De validatieset wordt daarvoor niet gebruikt. Die gebruiken we enkel om de kwaliteit van de resulterende kaart mee te toetsen.

De ruimtelijke interpolatie kan worden verbeterd door gebruik te maken van hulpinformatie. Hierbij moet worden gedacht aan kaartlagen, zoals een digitaal hoogtemodel of de bodemkaart. Ook kan gebruik worden gemaakt van een trendmodel dat gefit is op basis van de coördinaten van het Rijksdriehoeksstelsel. Wij vonden echter dat de beschikbare hulpinformatie geen toegevoegde waarde had. We hebben daarom gebruikgemaakt van 'ordinary kriging', een geostatistische ruimtelijke interpolatiemethode zonder hulpinformatie.

We gebruiken de validatieset om de kaart te valideren. Dit doen we door verschillen (fouten) uit te rekenen tussen de waargenomen veendiktes op de validatielocaties en de berekende diktes op de kaart. Deze verschillen kunnen worden samengevat met statistieken, zoals de gemiddelde fout (*mean error (ME)*, *bias* of systematische fout) en de vierkantswortel uit de gemiddelde gekwadrateerde fout (*root mean squared error (RMSE)*). We kijken niet alleen naar statistieken van fouten op de waarnemingslocaties, maar ook naar de mate waarin ruimtelijke patronen kunnen worden voorspeld. Dat kan worden gedaan met Pearson's correlatiecoëfficiënt. Zie bijlage A.3 in Walvoort *et al.* (2009) voor meer informatie over deze validatiestatistieken.

Van de 56 boringen uit BISNederland bevatten 17 boringen gecensoreerde waarnemingen. Dat zijn waarnemingen waarbij de onderkant van het veen niet binnen de boordiepte is aangetroffen. De 130 boorbeschrijvingen die zijn opgesteld in het kader van dit project zijn alle tot in de zandondergrond uitgeboord. We hebben de 17 gecensoreerde waarnemingen buiten beschouwing gelaten bij de ruimtelijke interpolatie.

2.3 Actualiseren bodemkaart

2.3.1 Uitgangspunten

In het doelgebied komen volgens de bodemkaart (versie 2014) moerige gronden en veengronden voor (zie figuur 2). De veengronden zijn op de bodemkaart verder ingedeeld naar veendikte. Er zijn veengronden waarbij de veenlaag binnen 120 cm-mv. overgaat in een minerale ondergrond (dunne veengronden) en er zijn veengronden waarbij de veenlaag doorgaat tot dieper dan 120 cm-mv. (diepe veengronden). De veendikte is het voornaamste aspect bij de actualisatie. Hiervoor worden de

gegevens van de veendiktekaart gebruikt. Bij het actualiseren zijn bestaande bodemgrenzen zo veel mogelijk gehandhaafd. Indien de verandering in veendikte betrekking had op een deel van een kaartvlak, is een opsplitsing gemaakt. Voor het aangeven van de nieuwe grenzen is ook gebruikgemaakt van de informatie uit de boormonsterbeschrijvingen. Een belangrijke aanname bij deze actualisatie van de bodemkaart is dat de moerige gronden en veengronden alleen kunnen veranderen door een afname van de veendikte. Omdat zowel de bodemkaart als het veendikteraster modellen zijn, kan het lokaal voorkomen dat een kaartvlak een dikker veenpakket heeft dan de bodemcode aangeeft. In dit geval wordt de bodemcode niet aangepast. Verder worden bodemcodes in principe stapsgewijs aangepast, dat wil zeggen dat bijvoorbeeld dikke veengronden alleen kunnen veranderen in dunne veengronden en niet nog verder in moerige gronden of zelfs in minerale gronden. Naast aanpassingen op basis van de veendikte zijn in het kaartbeeld ook wijzigingen doorgevoerd in de begrenzing van de twee overige onderscheidingen oppervlaktewater en bebouwing.

2.3.2 Actualisatie voor de afname van de veendikte

De gegevens van het veendikteraster zijn ingedeeld in vijf dikteklassen (in cm):

- < 15;
- 15-40;
- 40-80;
- 80-120;
- > 120.

Deze klassen zijn gecombineerd met de eenheden van de bodemkaart. Aanpassingen in de bodemcode zijn afhankelijk van de veendikte, de aanwezigheid van een klei- of zanddek, en de aanwezigheid van een podzolontwikkeling in de zandondergrond. Tabel 1 toont het beslisschema voor de aanpassingen van de dikke veengronden, tabel 2 van de dunne veengronden en tabel 3 van de moerige gronden.

Dikke veengronden (hVs, pVs, pVc, kVs, kVc, zVs en Vc)

Gebieden op het veendikteraster met de klasse > 120 cm behoeven op de Bodemkaart geen aanpassing, omdat de vereiste veendikte voor diepe veengronden ook nu nog voldoende is (tabel 1).

Bij het areaal op het veendikteraster met de klasse 80-120 cm worden de diepe veengronden eerst opgesplitst in aanwezigheid van een mineraal dek op het veen (pV... , kV... of zV...) en ontbreken van een mineraal dek (hV... en V...). Wanneer een mineraal dek aanwezig is, is de huidige veendikte nog voldoende om de bestaande bodemcode van een diepe veengrond te handhaven. Bij de diepe veengronden zonder mineraal dek is de resterende veendikte onvoldoende om de bestaande bodemcode te handhaven. Van deze laatste groep wordt de laatste letter van de bodemcode meestal omgezet naar ...V \underline{z} . Wanneer in de zandondergrond van de veengronden met de bodemcodes V... een podzolprofiel aanwezig is, wordt de laatste letter van de bodemcode omgezet naar ...V \underline{p} . Bij de veengronden met de bodemcode hV... wordt podzolering in de zandondergrond in de classificatie niet apart onderscheiden, waarmee ook bij podzolering de nieuwe bodemcode hV \underline{z} wordt.

Tabel 1 Beslisschema voor aanpassingen van de bodemcode van dikke veengronden

Veendikte (cm)	Aanpassingen	Aangepaste codes
> 120	Geen aanpassingen	Het blijven diepe veengronden (...Vs en ...Vc)
80-120	Aanpassing afhankelijk van de aanwezigheid van een mineraal dek: <ul style="list-style-type: none"> • Zand-, zavel- of kleidek aanwezig (pV... , kV... of zV...) • Zonder zand-, zavel- of kleidek (hV... en V...) 	Het blijven diepe veengronden (...Vs en ...Vc) Het worden dunne veengronden (...Vz of ...Vp)
< 80	Altijd aanpassen	Het worden dunne veengronden (...Vz of ...Vp)

Het areaal op het veendikteraster waarvoor de klasse < 80 cm geldt, correspondeert altijd met de veencode ...Vz of ...Vp. De regels volgens welke van de twee uiteindelijk gekozen moet worden, zijn gelijk aan die zoals zojuist benoemd bij de klasse 80-120 cm. Een aanvulling hierop is dat bij de bodemcode zV... (net als bij V...) in de classificatie podzolering wel onderscheidend is, terwijl dit voor de bodemcodes pV... en kV... (net als bij hV...) niet geldt.

Dunne veengronden (pVz, kVz en zVz)

Gebieden op het veendikteraster met de klasse ≥ 40 cm behoeven op de Bodemkaart geen aanpassing, omdat de vereiste veendikte voor dunne veengronden ook nu nog voldoende is (tabel 2).

Bij het areaal op het veendikteraster met de klasse < 40 cm worden de dunne veengronden eerst opgesplitst in aard van de bovengrond: klei (pV... en kV...) en zand (zV...). Wanneer de aard van de bovengrond klei is, wordt de nieuwe bodemcode kWz of kWp. De keuze tussen deze twee is wederom afhankelijk van wel of geen aanwezigheid van een podzolprofiel in de zandondergrond. De aanwezigheid van een minerale eerdlaag wordt bij moerige gronden niet apart onderscheiden. Bij de dunne veengronden met een zandbovengrond worden de bodemcodes omgezet naar zWz of zWp.

Tabel 2 Beslisschema voor aanpassingen van de bodemcode van dunne veengronden

Veendikte (cm)	Aanpassingen	Aangepaste codes
≥ 40	Geen aanpassingen	Het blijven dunne veengronden (...Vz)
< 40	Altijd aanpassen naar de aard van de bovengrond:	
	<ul style="list-style-type: none"> Zavel- of kleidek aanwezig (pV... of kV...) 	Het worden moerige gronden (kWz of kWp)
	<ul style="list-style-type: none"> Zanddek aanwezig (zV...) 	Het worden moerige gronden (zWz of zWp)

Moerige gronden (kWp, kWz en zWz)

Gebieden op het veendikteraster met de klasse ≥ 15 cm behoeven op de Bodemkaart geen aanpassing, omdat de vereiste veendikte voor moerige gronden ook nu nog voldoende is (tabel 3).

Bij het areaal op het veendikteraster met de klasse < 15 cm worden de moerige gronden eerst opgesplitst in aanwezigheid van een podzolprofiel in de ondergrond (...Wp of ...Wz). Wanneer in de ondergrond een podzol tot ontwikkeling is gekomen, wordt de nieuwe bodemcode Hn21 of Hn23. De keuze hiertussen is afhankelijk van de inliggende boorbeschrijvingen en de aangrenzende kaartvlakken. Wanneer een podzolprofiel ontbreekt, wordt de nieuwe bodemcode pZn21, pZn23, pZg21 of pZg23.

Tabel 3 Beslisschema voor aanpassingen van de bodemcode van moerige gronden

Veendikte (cm)	Aanpassingen	Aangepaste codes
≥ 15	Geen aanpassingen	Het blijven moerige gronden (...W...)
< 15	Altijd aanpassen naar de aard van de ondergrond:	
	<ul style="list-style-type: none"> Podzol aanwezig (...Wp) 	Het worden podzolgronden (Hn...)
	<ul style="list-style-type: none"> Geen podzol aanwezig (...Wz) 	Het worden zandgronden zonder podzol (pZn... of pZg...)

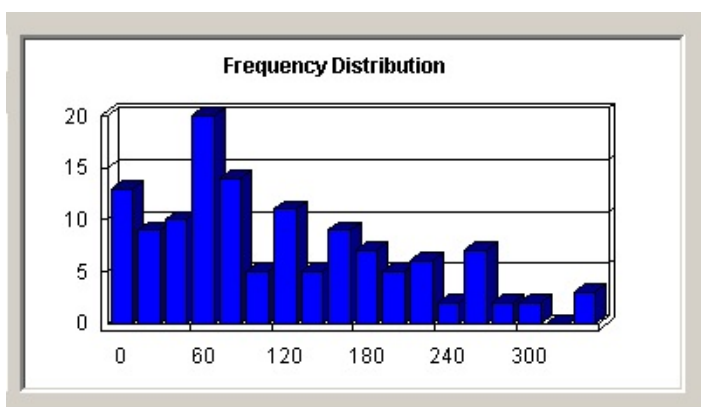
2.3.3 Aanpassingen in de begrenzing van overige onderscheidingen

In de laatste actualisatiestap zijn markante veranderingen verwerkt in de infrastructuur op de Bodemkaart. Hiervoor is informatie uit het AHN2 en uit de topografische kaart (2019) geraadpleegd. Deze correcties van de Bodemkaart van de veengebieden in Eemland betreffen stadsuitbreidingen (Huizen, Eemnes, Bunschoten-Spakenburg, Baarn, Soest, Amersfoort en Hoevelaken) en plaatselijke begrenzingen van open water (IJsselmeerkust en Eemoever).

3 Resultaten

3.1 Boormonsterbeschrijvingen

In september en oktober 2018 zijn in de veengebieden in Eemland in totaal op 130 locaties boormonsterbeschrijvingen opgesteld. Hiervan behoren 101 tot de kalibratieset en 29 tot de validatieset. Op de nieuwe locaties is het overal gelukt om door het veen tot in de pleistocene zandondergrond te boren, zodat de exacte veendikte kon worden vastgesteld. Van de 56 boormonsterbeschrijvingen uit BISNederland uit de periode vanaf 2005 zijn er 17 waarbij geen exacte veendikte is vastgesteld. Figuur 3 (zie par. 2.1.1) toont de ligging van de boormonsterbeschrijvingen. De veendikte varieert van 0 tot 350 cm. Figuur 4 toont de frequentieverdeling van de veendikte bij de nieuwe boringen.



Figuur 4 Verdeling van de veendiktes bij de nieuwe boringen (X-as: Veendikte, Y-as: Aantal)

Zowel de nieuw verzamelde boormonsterbeschrijvingen als de in BISNederland beschikbare boormonsterbeschrijvingen zijn opgenomen in de landelijke database van de BRO (<https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>).

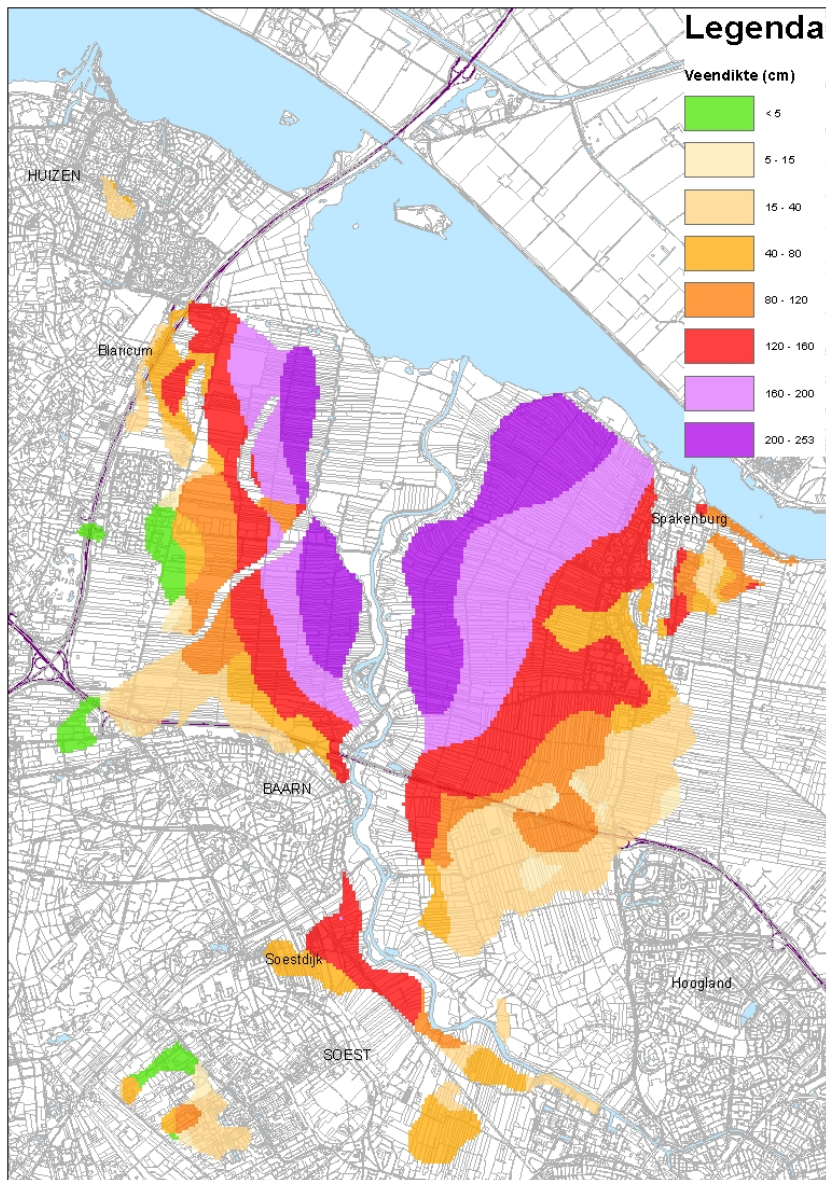
3.2 Veendiktekaart

Figuur 5 toont de veendiktekaart van Eemland. De dikste veenpakketten grenzen ten noordoosten en ten noordwesten aan de beide oeverwallen van de Eem.

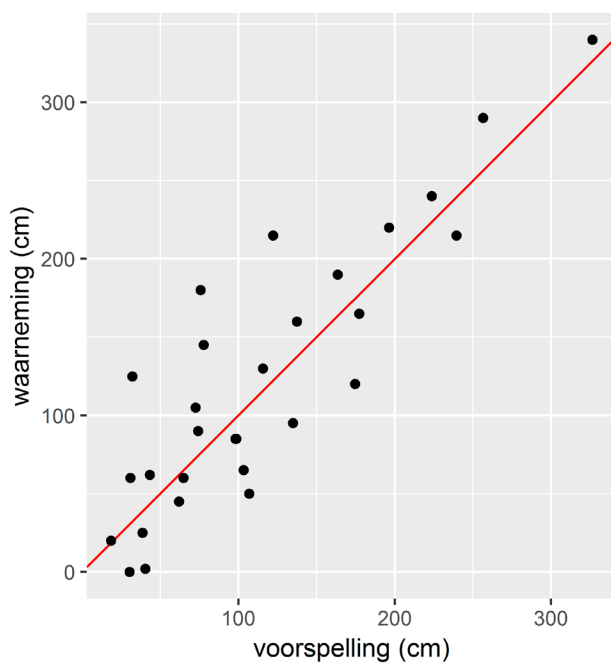
Validatie

Voor de validatie zijn 29 waarnemingen beschikbaar. De gemiddelde fout bedraagt 10 cm (met een standaardfout van 7,8 cm). De werkelijke veendikte is daarom gemiddeld 10 cm dikker dan wordt voorspeld. De vierkantswortel uit de gemiddelde gekwadrateerde fout (RMSE) bedraagt 42 cm. De correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,75. Hieruit blijkt dat de ruimtelijke patronen op de kaart redelijk goed worden voorspeld.

Figuur 6 geeft een scatterplot van de gemeten versus de berekende veendikte. De meetwaarden zijn afkomstig uit de validatieset. Als de voorspellingen foutloos zouden zijn, liggen ze op de rode lijn. Over het algemeen liggen de punten dicht bij de rode lijn.



Figuur 5
Veendiktekaart voor het doelgebied



Figuur 6 Scatterplot van de gemeten (verticale as) versus de berekende (horizontale as) veendikte. De rode lijn is de 1:1-lijn

3.3 Geactualiseerde bodemkaart

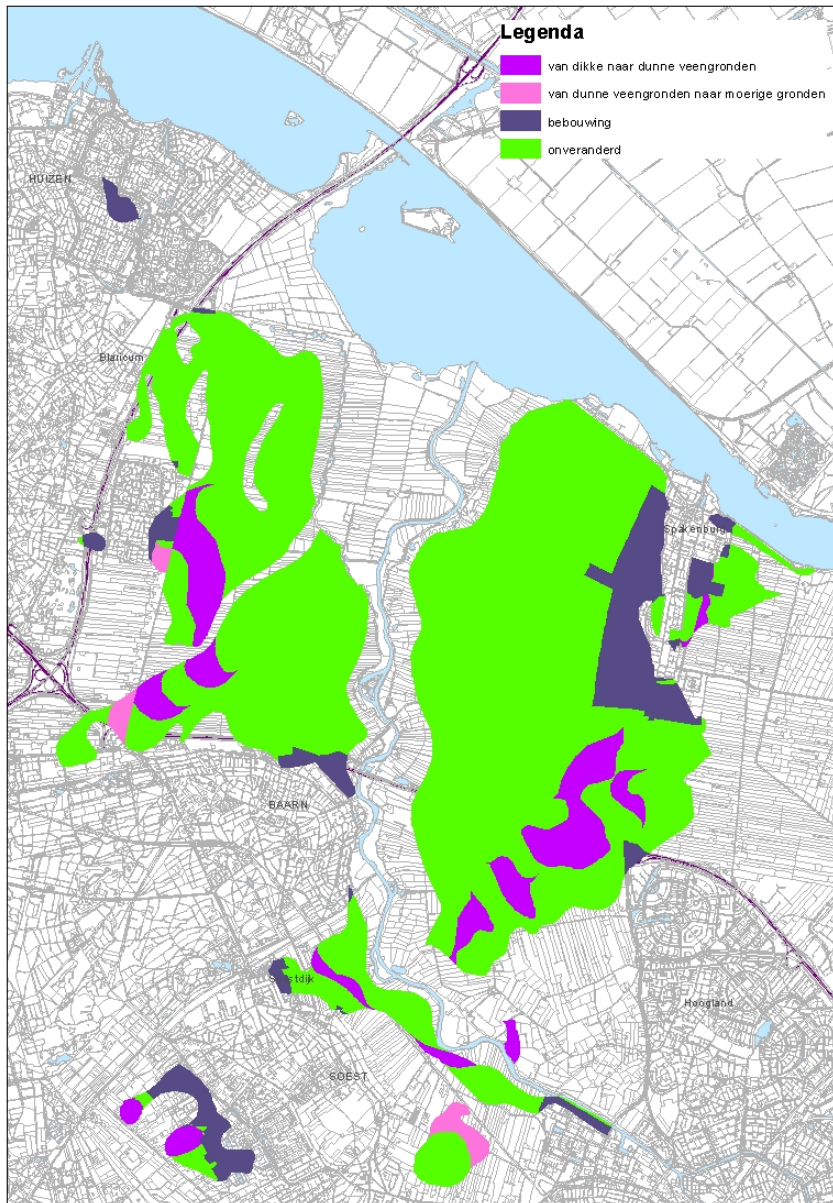
Figuur 7 toont voor het doelgebied de geactualiseerde bodemkaart. Tabel 4 geeft een overzicht van de oorspronkelijke eenheden op de bodemkaart en de wijzigingen. Figuur 8 geeft de gebieden met wijzigingen weer. In totaal is er van de 4888 ha bij 991 ha (20%) een wijziging doorgevoerd:

- Vooral in het zuidwesten en zuidoosten van het gebied komt bij ca. 325 ha van de oorspronkelijk dikke veengronden de minerale ondergrond nu binnen 120 cm-mv. voor.
- Ten westen van de Wakkerendijk en ten zuidoosten van Soest zijn ca. 185 ha dunne veengronden verandert in moerige gronden.
- Er zijn in het doelgebied geen moerige gronden verandert in minerale gronden.
- Aan de hand van de topografische kaart (versie 2019) is in totaal ca. 480 ha met bebouwing aangegeven. Bij de dikke veengronden betreft dit ca. 225 ha, bij de dunne veengronden ca. 170 en bij de moerige gronden ca. 90 ha.

Net buiten het doelgebied zijn aan de hand van de topografische kaart (versie 2019) op enkele locaties de grenzen van open water aangepast. Het betreft een deel van de kust van het IJsselmeer ten noorden van Huizen en enkele grenzen van de oevers van de Eem. Voor de plaatsen Huizen, Eemnes, Bunschoten-Spakenburg, Baarn, Soest, Amersfoort en Hoevelaken zijn eveneens de grenzen van bebouwd gebied net buiten het doelgebied verder aangepast. De oppervlaktes die hiermee gepaard gaan, doen niet mee in bovengenoemd overzicht van het doelgebied. De reden van deze uitgebreide aanpassing (buiten het doelgebied) is om inconsequente begrenzingen van een bebouwde kom te vermijden.

Tabel 4 Overzicht van de oorspronkelijke eenheden op de bodemkaart en de wijzigingen per eenheid

Oorspronkelijke informatie		Geactualiseerde informatie			
Bodemcode	Ha	Ongewijzigd (ha)	Bebouwing (ha)	Aangepast (ha)	Bodemcode
Dikke veengronden					
hVs	49	42	6	0	-
pVs	141	133	8	0	-
pVc	174	141	3	30	pVz
kVs	817	646	74	97	kVz
kVc	2003	1703	131	170	kVz
zVs	21	21	0	0	-
Vc	30	0	1	29	Vz
<i>Totaal</i>	3235	2686	223	326	
Dunne veengronden					
pVz	118	92	26	0	-
kVz	660	439	99	123	kWz
zVz	296	190	45	61	zWz
<i>Totaal</i>	1075	721	170	184	
Moerige gronden					
kWp	18	13	4	0	-
kWz	460	436	24	0	-
zWz	100	41	60	0	-
<i>Totaal</i>	579	490	88	0	



Figuur 8 Overzicht met gebieden waar de bodemkaart is aangepast

4 Conclusies

In dit project is binnen Eemland informatie verzameld over de veendikte in de gebieden met moerige gronden, dunne en dikke veengronden op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, versie 2014. Het doelgebied heeft een oppervlakte van 4888 ha. Op 130 locaties zijn boormonsterbeschrijvingen opgesteld. Met deze gegevens en de gegevens van 56 boormonsterbeschrijvingen uit het BISNederland van Wageningen Environmental Research is de veendiktekaart samengesteld en gevalideerd en is de bodemkaart geactualiseerd. Belangrijke conclusies zijn:

- Uit de nieuw verzamelde boorgegevens blijkt dat niet overal meer veen voorkomt. De veendiktes variëren van 0 tot 350 cm. Op de 130 nieuwe boorlocaties is het overal gelukt om door het veen tot in de pleistocene zandondergrond te boren, zodat de exacte veendikte kon worden vastgesteld. Bij ca. 4% van de boringen komt nagenoeg geen veen meer voor, bij ca. 48% van de boringen komt meer dan 1 meter veen voor en bij ca. 21% van de boringen meer dan 2 meter.
- Voor de validatie van de veendiktekaart van de veengebieden in Eemland zijn 29 waarnemingen beschikbaar. De gemiddelde fout bedraagt 10 cm (met een standaardfout van 7,8 cm). De werkelijke veendikte is daarom gemiddeld 10 cm dikker dan wordt voorspeld.
- De veendiktekaart van de veengebieden in Eemland is gecombineerd met de veendiktekaart die in 2018 is vervaardigd van de gebieden met moerige gronden en dunne veengronden in Noord-Nederland, de provincie Overijssel (Waterschap Drents Overijsselse Delta) en de provincie Flevoland.
- Uit de gegevens van de geactualiseerde bodemkaart, schaal 1 : 50 000, blijkt dat van de in totaal 4888 ha bij 991 ha (20%) wijzigingen zijn doorgevoerd. Door de afname van de veendikte is bij ca. 10% van de oppervlakte de bodemcode gewijzigd. Door de toename van het areaal bebouwd gebied is bij nog eens ca. 10% van de oppervlakte de bodemcode gewijzigd. Van de dikke veengronden is 17%, van de dunne veengronden is 33% en van de moerige gronden is 15% van bodemcode gewijzigd.

Literatuur

- Akker, J.J.H. van den (2005). *Maaiveldaling 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.
- Brouwer, F., F. de Vries en D. Walvoort (2018). *Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de bodem in Flevoland*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 143.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp (1995). *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem*. DLO-Staring Centrum, Technisch Document 19A.
- Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, New York, 483p.
- 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.
- Minister voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking (2016). *Nederland Ontwikkeld Duurzaam: Plan van aanpak inzake implementatie SDGs*. Brief MINBUZA-2016.600505 van de Minister voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking aan de Tweede Kamer, 30 september 2016.
- 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, Alterra-rapport 2556.
- Vries, F. de, D. Walvoort en F. Brouwer (2017). *Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de eenheden met slappe kleilagen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2834.
- Vries, F. de, F. Brouwer en D. Walvoort (2018). *Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart. Herkartering westelijk veengebied Waterschap Drents Overijsselse Delta*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2887.
- Walvoort, D.J.J., P.W. Bogaart, J.G. Kroes T.P. van Tol – Leenders (2009). *Validatie van modelsystemen voor het voorspellen van de oppervlaktewaterkwaliteit en - kwantiteit in het stroomgebied 'de Krimpenerwaard' : fases 1, 2 en 3* (<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/138250>).
- Walvoort, D.J.J., Brus, D.J. en de Gruijter, J.J. (2010). *An R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means*. Computers & Geosciences 36: 1261-1267 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2010.04.005>).
- Walvoort, D.J.J., D.J. Brus, en J.J. de Gruijter (2018). *Spatial Coverage Sampling and Random Sampling from Compact Geographical Strata*. R package version 0.3-8. <https://CRAN.R-project.org/package=spcosa>.

Verantwoording

Dit project werd uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (WENR).

Joop Okx heeft de interne review van dit rapport uitgevoerd.

De auteurs bedanken allen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage.

Bijlage 1 Instructies voor het veldwerk

Project 5200043743 BRO Actualisatie Bodemkaart
Veendiktekaart en actualisatie bodemkaart Eemland

Instructies voor het maken van boorbeschrijvingen

Het doel van het project is een veendiktekaart samen te stellen en de bodemkaart van de gebieden met veengronden en moerige gronden binnen Eemland te actualiseren. We maken daarbij gebruik van gegevens uit boorbeschrijvingen. Er zijn nog onvoldoende actuele boorbeschrijvingen beschikbaar om dit te doen. Daarom zijn er 130 locaties aangewezen voor het maken van nieuwe beschrijvingen. Het veldwerk willen we in april 2019 afronden.

Locaties.

De locaties zitten in de shapefile in VeldGIS. Bij het maken van de boorbeschrijvingen is het niet noodzakelijk dat je de nummering aanhoudt van de aangegeven punten. Het belangrijkste is dat er een boorbeschrijving wordt gemaakt. Je kunt zelf bepalen in welke volgorde je de locaties per deelgebied (veldkaart) bezoekt en nummert. Maak onderling afspraken over de verdeling van de locaties zodat locaties niet dubbel worden bezocht/beschreven.

Bepalen locatie in het veld:

Er zijn twee soorten boorlocaties:

- **Kalibratiepunten** (100 stuks), op de kaart weergegeven met een +. Indien mogelijk wordt de boorbeschrijving opgesteld op de locatie met de aangegeven x- en y-coördinaten. Wanneer dat niet lukt kun je in de nabijheid een beschrijving opstellen. Wanneer de locatie in de bebouwde kom ligt of wanneer je geen toestemming krijgt kun je het punt verplaatsen naar een buurperceel. Bij het kiezen van een andere locatie moet je wel binnen het doelgebied (veldkaart) blijven.
- **Validatiepunten** (30 stuks), op de kaart met een ster aangegeven. Voor deze punten geldt een strenge eis dat de boring exact op de aangegeven locatie uitgevoerd dient te worden. Als dat niet lukt vervalt het punt en moet worden uitgeweken naar een reservepunt.

Boordiepte en Boorbeschrijving

- Het profiel uitboren tot minimaal 1,5 m en **altijd tot in de pleistocene zandondergrond**, dus bij veendiktes en/of kleipakketten > 1,5 m dieper boren tot maximaal 4,2 meter.
- Bij elk punt een volledige boorbeschrijving maken met formulier in VeldGIS. Van alle lagen altijd het organische-stofgehalte, lutum-, leem- en siltgehalte schatten en bij veen ook de veensoort.
- Bij sterk verstoorde bodemopbouw (wanneer lagen/horizonten niet meer op hun oorspronkelijke diepte liggen) drie boringen verrichten en dan een beschrijving maken van de meest voorkomende profielopbouw. Verwerking aangeven in de standaardpuntencode.
- Bij een grof mengsel van veen en zand of een afwisselende gelaagdheid deze componenten afzonderlijk beschrijven en de mengverhouding aangeven (%).

Voor algemene richtlijnen voor bodemkundige veldwerk zie bijlage met richtlijnen.

Veel succes

Fokke Brouwer
0317 486521
september 2018

Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2018

WOT-technical reports zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; E info.wnm@wur.nl

WOT-technical reports zijn ook te downloaden via de website www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

- 113** Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2018). *Greenhouse gas reporting for the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2018*
- 114** Bos-Groenendijk, G.I. en C.A.M. van Swaay (2018). *Standaard Data Formulieren Natura 2000-gebieden; Aanvullingen vanwege wijzigingen in Natura 2000-aanwijzingsbesluiten*
- 115** Vonk, J., S.M. van der Sluis, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar & G.L. Velthof (2018.) *Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands – update 2018. Calculations of CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA)*
- 116** IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2018). *Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2017. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.*
- 117** Mattijssen, T.J.M. & I.J. Terluin (2018). *Ecologische citizen science; een weg naar grotere maatschappelijke betrokkenheid bij de natuur?*
- 118** Aalbers, C.B.E.M., D. A. Kamphorst & F. Langers (2018). *Bedrijfs- en burgerinitiatieven in stedelijke natuur. Hun succesfactoren en knelpunten en hoe de lokale overheid ze kan helpen slagen.*
- 119** Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2018). *Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016. Berekeningen met het model NEMA*
- 120** Sanders, M.E., F. Langers, R.J.H.G. Henkens, J.L.M. Donders, R.I. van Dam, T.J.M. Mattijssen & A.E. Buijs (2018). *Maatschappelijke initiatieven voor natuur en biodiversiteit; Een schets van de reikwijdte en ecologische effecten en potenties van maatschappelijke initiatieven voor natuur in feiten en cijfers*
- 121** Farjon, J.M.J., A.L. Gerritsen, J.L.M. Donders, F. Langers & W. Nieuwenhuizen (2018). *Conditie voor natuurinclusief handelen. Analyse van vier praktijken van natuurinclusief ondernemen*
- 122** Gerritsen, A.L., D.A. Kamphorst & W. Nieuwenhuizen (2018). *Instrumenten voor maatschappelijke betrokkenheid. Overzicht en analyse van vier cases*
- 123** Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders, D.A. Kamphorst, H. Kramer & S. de Vries (2018). *Monitoring van groene burgerinitiatieven; Analyse van de resultaten van een pilot en nulmeting in vier gemeenten*
- 124** Boonstra, F.G., Th.C.P. Melman, W. Nieuwenhuizen & A. Gerritsen (2018). *Aanpak evaluatie stelselvernieuwing agrarisch natuurbeheer; Uitgangspunten en opties voor een beleidsevaluatie*
- 125** Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders & D.A. Kamphorst (2018). *Monitoring van groene burgerinitiatieven; Methodiek, indicatoren en ervaring met pilot en nulmeting.*
- 126** Beltman, W.H.J., M.M.S. ter Horst, P.I. Adriaanse & A. de Jong (2018). *Manual for FOCUS_TOXSWA v5.5.3 and for expert use of TOXSWA kernel v3.3; User's Guide version 5*
- 127** Van der Heide, C.M. & M.M.M. Overbeek (2018). *Natuurinclusief handelen en ondernemen. Scopingstudie 'Bedrijven, economie en natuur'*
- 128** Langers, F. (2018). *Recreatie in groenblauwe gebieden; Actualisatie van CLO-indicator 1258 (Bezoek aan groenblauwe gebieden) op basis van data van het Continu Vrijetijdsonderzoek uit 2015*
- 129** Glorius, S.T., I.Y.M. Tulp, A. Meijboom, L.J. Bolle and C. Chen (2018). *Developments in benthos and fish in gullies in an area closed for human use in the Wadden Sea; 2002-2016*
- 130** Kamphorst, D.A & T.J.M. Mattijssen (2018). *Scopingstudie Vermaatschappelijking van natuur. Een overzicht van onderzoek bij Wageningen Universiteit & Research voor het Planbureau voor de Leefomgeving en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit*
- 131** Breman, B.C., T.J.M. Mattijssen & T.M. Stevens (2018). *Natuur 2.0. Het natuurdebat op social media.*
- 132** Vries, S. de & W. Nieuwenhuizen (2018) *HappyHier: hoe gelukkig is men waar?; Gegevensverzameling en bepaling van de invloed van het type grondgebruik, deel II*
- 133** Kistenkas, F.H., W. Nieuwenhuizen, D.A. Kamphorst & M.E.A. Broekmeyer (2018). *Natuur- en landschap in de Omgevingswet.*
- 134** Michels, R, V. Diogo, W.H.G.J. Hennen, L.F. Puister (2018). *Instrumentarium Kosten Natuurbeleid 2018 - Status A; IKN versie 3.0*
- 135** Sanders, M.E. (2018). *Voortgang realisatie natuurnetwerk. Technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2018*
- 136** Koffijberg K., J.S.M. Cremer, P. de Boer, J. Nienhuis, K. Oosterbeek & J. Postma (2018). *Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2017*

- 137** Egmond, F.M. van, S. van der Veeke, M. Knotters, R.L. Koomans, D. Walvoort, J. Limburg (2018). *Mapping soil texture with a gamma-ray spectrometer: comparison between UAV and proximal measurements and traditional sampling; Validation study*
- 138** Glorius, S.T., A. Meijboom, J.T. Wal van der, J.S.M. Cremer (2018). *Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2017.*
- 139** Berg, F. van den, A. Tiktak, D.W.G. van Kraalingen, J.G. Groenwold & J.J.T.I. Boesten (2018). *User manual for GeoPEARL version 4.4.4.*
- 140** Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2018). *Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2017/2018*
- 141** Müskens G.J.D.M., M.J.J. La Haye, R.J.M. van Kats & A.T. Kuiters (2018). *Ontwikkeling van de hamsterpopulatie in Limburg. Stand van zaken voorjaar 2018*
- 142** Glorius, S.T. (2018). *Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage twaalf jaar na sluiting (najaar 2017).*
- 143** Brouwer, F., F. de Vries en D.J.J. Walvoort (2018). *Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart: herkartering van de bodem in Flevoland*
- 144** Knotters, M. en F.M. van Egmond (2018). *Selectie van inwinnings technieken voor bodemdata; Selecteren vanuit de (onderzoeks)vraag*
- 145** Stuyt, L.C.P.M., M. Knotters, D.J.J. Walvoort, F. Brouwer & H.T.L. Massop (2018). *Basisregistratie Ondergrond - Gd-kartering Laag-Nederland 2018; Provincie Flevoland*
- 146** Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2019). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2019*
- 148** Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). *Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019.*
- 149** Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck & E.W.J. Hummelink (2019). *Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2018.*
- 150** IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2019). *Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2018.*
- Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.*
- 152** Bikker, P., L.B. Šebek, C. van Bruggen & O. Oenema (2019). *Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019.*
- 153** Berg, F. van den, H. Baveco & E.L. Wipfler (2019). *User manual for SAFE (Select Application date For Evaluation) to support the use of the GEM scenarios for cultivations in glasshouses; Version 1.1*
- 154** Os, J. van, L.J.J. Jeurissen en H.H. Ellen (2019). *Rekenregels pluimvee voor de Landbouwtelling; Verantwoording van het gebruik van het Identificatie- & Registratiesysteem.*
- 155** Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2019). *Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart; Herkartering van de veengebieden in Eemland*



Thema Basisregistratie Ondergrond

Wettelijke Onderzoekstaken

Natuur & Milieu

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T (0317) 48 54 71

E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research 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, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research 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.

