



Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart

Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug

F. Brouwer & D.J.J. Walvoort

| WOt-technical report 177



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 177 is het resultaat van onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart

Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug

Fokke Brouwer¹ en Dennis Walvoort¹

¹ Wageningen Environmental Research

Projectnummer WOT-04-013-003

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, juli 2020

WOT-technical report 177

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/521574

Referaat

Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2020). *Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 177. 38 blz.; 8 fig.; 4 tab.; 18 ref; 1 Bijlagen.

Sinds 2010 wordt door Wageningen Environmental Research (WENR) structureel gewerkt 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 aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug en een geactualiseerde bodemkaart, schaal 1 : 50 000, van deze veengebieden.

Trefwoorden: BRO, Basisregistratie Ondergrond, bodemkaart, bodemdaling, Utrechtse Heuvelrug, veendikte, veengebieden

Abstract

Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2020). *Key Register of the Subsurface (BRO) – Update of the Soil Map. Remapping of the peat soil areas around the Utrechtse Heuvelrug*. Wageningen, The Statutory Research Task Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOT-technical report 177. 38 p.; 8 Figs; 4 Tabs; 18 Refs; 1 Annex.

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 around the Utrechtse Heuvelrug north of Utrecht and in the vicinity of Veenendaal 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, Utrechtse Heuvelrug, peat thickness, peat areas

Foto omslag: Falentijn Assink (WENR)

© 2020

Wageningen Environmental Research

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 07 00

e-mail: fokke.brouwer@wur.nl

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, info.wnm@wur.nl, www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

WOT Natuur & Milieu is onderdeel van Wageningen University & Research.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/521574> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. De WOT Natuur & Milieu verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

- 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.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu 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 aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug 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 100 locaties een boorbeschrijving is opgesteld, is met veel inzet uitgevoerd door Pieter Dijk, Falentijn Assinck en Willy de Groot. De modellering is uitgevoerd door Dennis Walvoort en Kees Teuling. 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	12
1.4.1 Belang voor lokale overheden	12
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 Kalibratie set met boormonsterbeschrijvingen	17
2.1.2 Validatie set met boormonsterbeschrijvingen	18
2.2 Modelleren veendikte	18
2.3 Actualiseren bodemkaart	20
2.3.1 Actualisatie voor de afname van de veendikte	20
2.3.2 Aanpassingen in de begrenzing van overige onderscheidingen	22
3 Resultaten	23
3.1 Boormonsterbeschrijvingen	23
3.2 Veendiktekaart	23
3.3 Geactualiseerde bodemkaart	24
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 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 in het kader van 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).
- Veengebieden in Eemland (Brouwer & Walvoort, 2019).

Dit project richt zich op de verbetering van de bodeminformatie van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug, bestaande uit moerige gronden, dunne en dikke veengronden en betreft een areaal van 4595 ha. Veengebieden slinken doordat het veen bij drooglegging klinkt, krimpt en oxideert. Uit onderzoeken van Van den Akker (2005) en Van den Akker & Hendriks (2017) blijkt 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 100 bodemkundige boormonsterbeschrijvingen. Deze boormonsterbeschrijvingen worden opgenomen in de landelijke database van de BRO (www.broloket.nl).
- Een rasterbestand (celgrootte 50x50 m²) met de veendiktekaart van de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.
- Een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 met een geactualiseerd fragment van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug (www.broloket.nl).
- Dit rapport met een verantwoording van de werkwijze bij het actualiseren van de bodemkaart en het vervaardigen van de veendiktekaart.

Uit de resultaten (tabel 3.1) blijkt dat voor het areaal van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug in 39% een verandering in bodemcode is opgetreden. Opgesplitst geldt, dat voor de moerige gronden 0,4%, voor de dunne veengronden 8,4%, voor de dikke veengronden 2,8% en voor de associaties met een component van moerige gronden en/of veengronden 22,9% van hun areaal van bodemtype is veranderd. Voor de overige 5% van de oppervlakte met veranderingen in bodemcode 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 in het kader van 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. Tot slot is in 2019 de bodemkaart van de veengebieden in Eemland geactualiseerd (Brouwer & Walvoort, 2019). 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. Veeningen slinken doordat het veen oxideert en inklinkt, met maaiveldvaling als gevolg. Uit onderzoeken van Van den Akker (2005) en Van den Akker & Hendriks (2017) blijkt 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 aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug. 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 aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug 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.

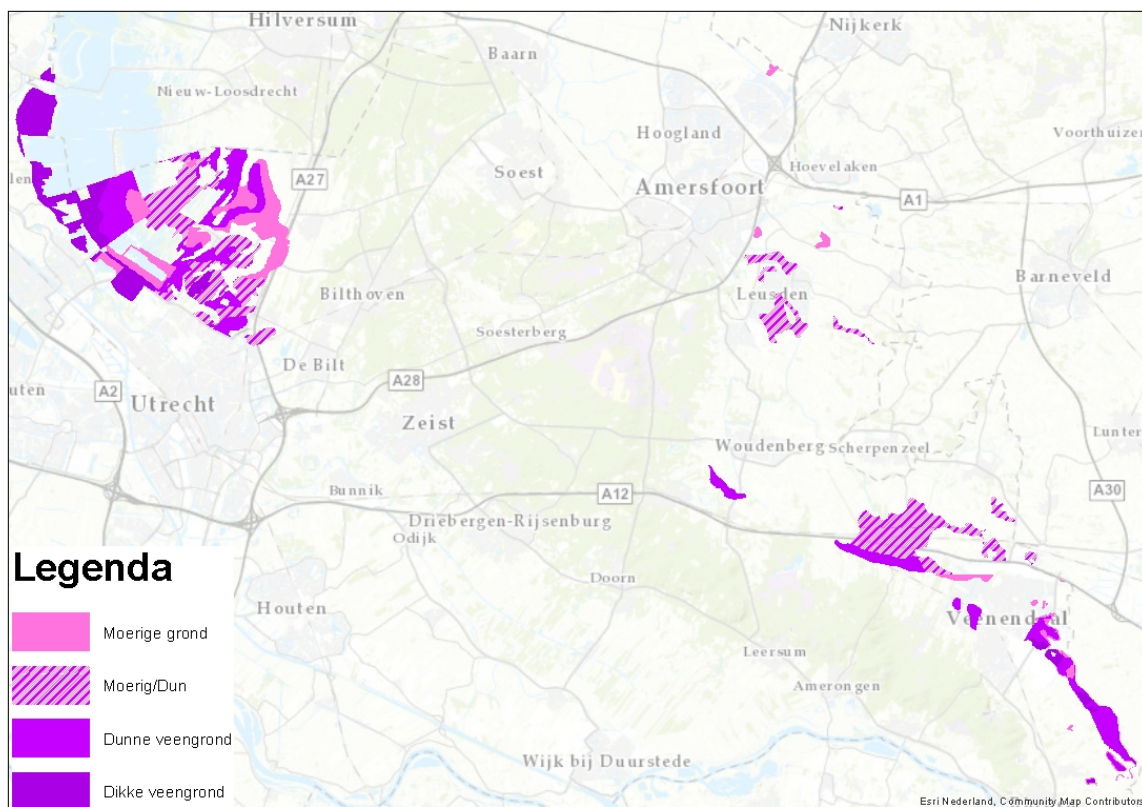
De actualisatie van de bodemkaart wordt in het kader van de BRO gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Concreet bestaan de resultaten van dit project uit:

- Een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 met een geactualiseerd fragment van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.
- Een rasterbestand (celgrootte 50x50 m²) met de veendiktekaart van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.
- Een dataset met 100 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 1.1. Hier komen volgens de Bodemkaart van Nederland (versie 2018) aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug moerige gronden, dunne en dikke veengronden voor. De oppervlakte bedraagt 4595 ha.

Voor het opstellen van de bodemkundige boormonsterbeschrijvingen 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 1.1 De veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug 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 aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug. 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 vanaf 2017 gefaseerd beschikbaar. Het lopende project Actualisatie Bodemkaart is gerelateerd aan een tweetal registratieobjecten:

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

De bodemkundige boormonsterbeschrijvingen die in het kader van 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 toplaag en de veensoort of aard van de minerale ondergrond. Bijvoorbeeld de bodemeenheid kVc heeft een bovengrond van zavel of klei (k...) op zeggaveen (...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 en Van den Akker & Hendriks, 2017).

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. In 2017 berekenen Van den Akker en Hendriks voor veengronden in agrarisch gebruik gelegen in West Nederland een jaarlijkse emissie van broeikasgassen als CO₂ van 27 ton per hectare en daaraan gekoppeld een bodemdaling van 13 mm per jaar.

1.6 Beschrijving van de bodemeenheden in het doelgebied

Figuur 1.2 laat zien dat in het doelgebied tussen de stad Utrecht en de Loosdrechtse Plassen (1.2a. uitsnede van het westelijk deel van het doelgebied) substantiële oppervlaktes moerige gronden en veengronden voorkomen. Ook in de Gelderse Vallei langs de Grift en verderop langs het Valleikanaal, ten zuiden en ten noorden van Veenendaal en rondom Leusden (1.2b. uitsnede van het oostelijk deel van het doelgebied) komt plaatselijk veen voor.

Dikke veengronden komen vooral voor in een strook in het noordwesten van het doelgebied. In de Gelderse Vallei komen ook nog enkele kleine oppervlaktes voor in het zuidoosten van het doelgebied. De dunne veengronden en de moerige gronden liggen verspreid in het doelgebied. Bij de dikke veengronden in het noordwesten van het doelgebied bestaan de bovengronden overwegend uit klei. In het zuidoosten van het doelgebied, langs de Grift en in de nabijheid van de rivier de Nederrijn, bestaan de bovengronden eveneens uit klei. Grenzend aan deze veengronden met een kleidek bestaan de bovengronden eerst nog uit kleiig, moerig materiaal maar gaan dan vrij snel over in zandige bovengronden. Verspreid over het gebied komen enkele locaties voor met kleiarne, moerige bovengronden.

Op de bodemkaart zijn de veengronden op basis van de aard van de boven- en ondergrond onderverdeeld in verschillende bodemeenheden (fig. 1.2). Voor de bovengrond wordt op het hoofdniveau onderscheid gemaakt in gronden met een eerdlaag en gronden zonder eerdlaag.

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

- kleiarne moerige eerdlaag (madeveengronden, aV.);
- 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 dominante veensoort in het bodemprofiel worden de dikke veengronden verder onderverdeeld. In het doelgebied komen vooral bosveen en eutroof broekveen (.Vb) voor in het noordoosten en in mindere mate zeggeveenachtige veensoorten (.Vc) in het zuidoosten, bagger en verslagen veen (.Vd) ten noorden van de stad Utrecht, veenmosveen (.Vs) in een smalle strook langs de Loosdrechtse Plassen en verspreid in het doelgebied veengronden met een ongerijpte ondergrond (.Vo). In het doelgebied komt bij de dunne veengronden binnen 120 cm-mv. alleen een zandondergrond voor. In de zandondergrond kan een podzol tot ontwikkeling zijn gekomen (.Vp) of kan een podzol ontbreken (.Vz).

Op de bodemkaart zijn ook de moerige gronden op basis van de aard van de boven- en ondergrond onderverdeeld in verschillende bodemeenheden (fig. 1.2).

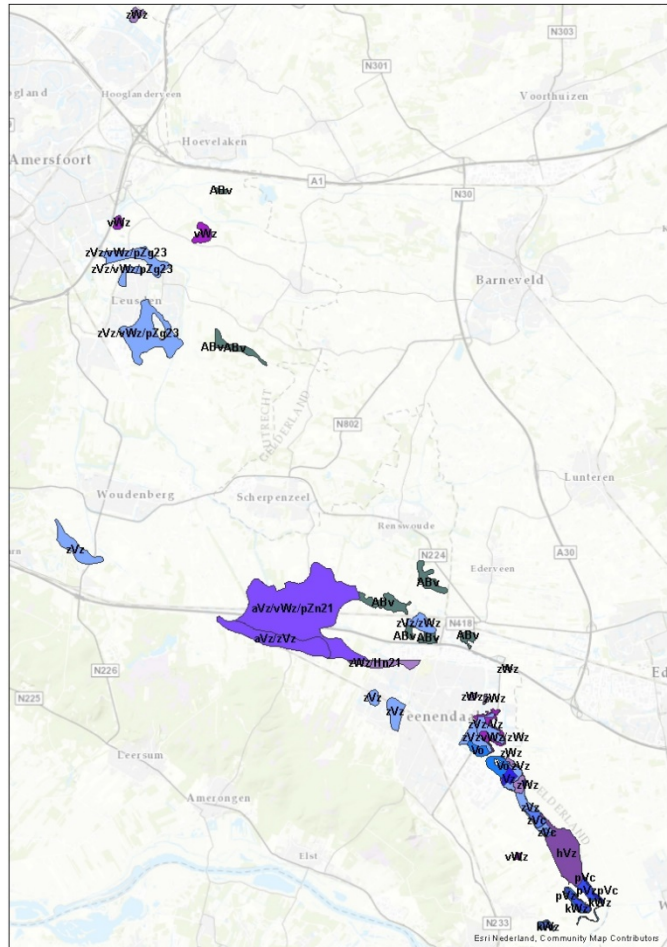
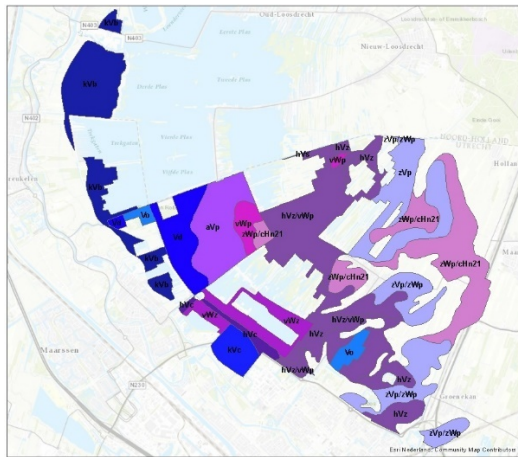
Naar de aard van de bovengrond is een verdere onderverdeling in een:

- moerige bovengrond (moerige gronden, vW.);
- 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).

Verspreid in het doelgebied zijn enige samengestelde legenda-eenheden van twee of drie bodemcodes onderscheiden (met name combinaties van moerige gronden met minerale gronden en combinaties

van moerige gronden met dunne veengronden) en ten noorden van Veenendaal en ten oosten van Leusden enkele associaties venige beekdalgronden (ABv).



Legenda

Dikke veengronden

- hVs Koopveengronden op veenmosveen
- hVc Koopveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekvee
- pVc Weideveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekvee
- kVb Waardveengronden op bosveen (of eutroof broekveen)
- kVc Waardveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekvee
- zVc Meerveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen
- vVd Vlierveengronden op bagger, verslagen veen, gytjia of andere veensoort
- vVo Vlietveengronden

Dunne veengronden

- hVz Koopveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm
- aVz Madeveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
- aVp Madeveengronden op zand met humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
- pVz Weideveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm
- zVz Meerveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
- zVp Meerveengronden op zand met humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
- vVz Vlierveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm

Moerige gronden

- wWp Moerige podzolgronden met een moerige bovengrond
- wWp Moerige podzolgronden met een humushoudend zanddek en een moerige tussenlaag
- kWz Moerige eerdgronden met een zavel- of kleidek en een moerige tussenlaag op zand
- wWz Moerige eerdgronden met een zanddek en een moerige tussenlaag op zand
- wWz Moerige eerdgronden met een moerige bovengrond op zand

Associaties

- ABv Venige beekdalgronden

Figuur 1.2a en b *Overzicht van de bodemeenheden in het doelgebied volgens de bodemkaart (versie 2018, a. westelijk doelgebied en b. oostelijk deelgebied).*

2 Methode

De belangrijkste doelvariabele bij zowel het actualiseren van de bodemkaart als bij het vervaardigen van de veendiktekaart, is de veendikte. We veronderstellen dat door klink, krimp en oxidatie, als gevolg van drooglegging, de veendikte is afgenomen, waardoor 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 modelleren van de veendiktekaart van de gebieden met moerige gronden en dunne veengronden in Noord-Nederland (De Vries et al. 2014), bij de dikke veengronden in het beheergebied van het Waterschap Drents Overijsselse Delta (De Vries et al. 2018) en bij de veengebieden in Eemland (Brouwer & Walvoort 2019) en kan worden onderverdeeld in 4 stappen:

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

2.1 Data verzamelen

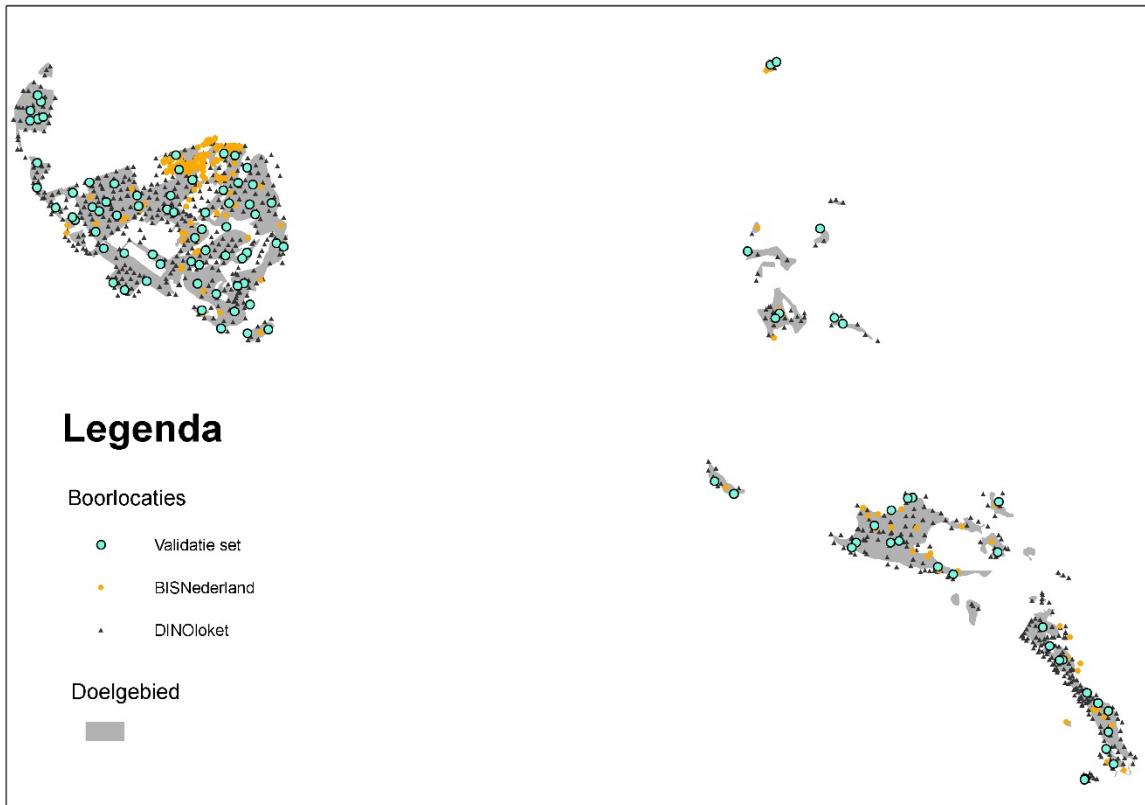
Voor het vervaardigen van de veendiktekaart met behulp van DBK zijn actuele waarnemingen nodig over de bodemkundige laagopbouw. De informatie over de laagopbouw wordt verkregen uit bestaande boormonsterbeschrijvingen uit het Bodemkundig InformatieSysteem van WENR (BISNederland), uit geologische boorbeschrijvingen uit DINOloket (TNO) en uit nieuwe boormonsterbeschrijvingen van WENR.

2.1.1 Kalibratie set met boormonsterbeschrijvingen

Veldwaarnemingen met actuele gegevens zijn nodig voor het fitten van het regressiemodel 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 samenstelling, kleur 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 Rijksdriehoekstelsel. In totaal zijn er 965 kalibratieboringen beschikbaar (190 uit BISNederland en 775 uit DINOloket) over een doelgebied van 4595 ha (fig. 2.1). Dit komt neer op een dichtheid van ca. 1 boring per 5 ha. Dit aantal boringen is ruim voldoende voor een kalibratieset.

De 190 kalibratieboringen uit BISNederland zijn geselecteerd doordat ze in of nabij (< 500 m) het doelgebied liggen en de boordatum niet ouder is dan 2005. Van de meeste boringen uit DINOloket is de opnamedatum onbekend. Daarom is de gemeten veendikte voor deze boringen gecorrigeerd voor de maaivelddaling die is opgetreden sinds de datum van de boorbeschrijving (maaivelddaling = het verschil in maaiveldhoogte vastgesteld tijdens de boorbeschrijving en de actuele maaiveldhoogte). Hierbij nemen wij aan dat de vastgestelde maaivelddaling geheel voor rekening komt van verlies aan veen. Maaivelddaling als gevolg van rijping van klei is bij deze boringen min of meer verwaarloosbaar omdat bij de moerige gronden en de veengronden in dit doelgebied het aandeel, ondiep in het bodemprofiel voorkomende, klei beperkt is. De veendiktes van de boringen uit het DINOloket zijn

vanwege deze correctie mogelijk iets minder betrouwbaar dan de veendiktes van de recente boringen uit BISNederland en krijgen daarom bij de modellering minder gewicht.



Figuur 2.1 *Overzicht van de boorlocaties.*

2.1.2 Validatie set met boormonsterbeschrijvingen

Om de ruimtelijke voorspellingen van de doelvariabele veendikte te toetsen, is een onafhankelijke set met gegevens nodig. Daarvoor hebben we een validatie set met boormonsterbeschrijvingen samengesteld. De informatie uit deze beschrijvingen wordt dus niet gebruikt bij de ruimtelijke voorspellingen. Door middel van een gestratificeerde aselechte steekproef zijn 100 locaties geloot (fig. 2.1) volgens de procedure beschreven in Walvoort et al. (2010, 2018). Op deze locaties zijn in de periode juni-oktober 2019 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 nieuwe boormonsterbeschrijvingen wordt gebruikgemaakt van de VeldGIS-applicatie op veldcomputers. Dit is een door WENR ontwikkelde module in ArcGIS met een invul scherm 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. Als belangrijke aanvullende voorwaarde geldt dat exact op de aangegeven locatie wordt geboord.

2.2 Modelleren veendikte

Voor het vervaardigen van de kaart van de veendikte 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 kalibratie set en een validatie set. De kalibratie set gebruiken we om de kaart te maken. De validatie set wordt daarvoor niet gebruikt. Die gebruiken we enkel om de kwaliteit van de resulterende kaart mee te toetsen. Het uitsluiten van de validatie set bij de kalibratie is belangrijk omdat anders de validatieresultaten een vertekend (te rooskleurig) beeld geven.

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. Voor het westelijke deel van het doelgebied (fig. 1.2a) vonden wij een oost-west georiënteerde trend in veendikte. We hebben daarom de x-coördinaat van het Rijksdriehoeksstelsel als hulpinformatie (*covariate*) meegenomen. Voor het oostelijke deel van het doelgebied (fig. 1.2b) vonden we echter geen relatie met beschikbare hulpinformatie.

Zoals de Vries et al. (2014) al ondervonden, is het ruimtelijk interpoleren van veendiktes lastig. Dat komt doordat grote delen van het doelgebied inmiddels geen veen meer in de ondergrond heeft. Deze delen hebben een veendikte van nul cm. Het doelgebied is daarom op te splitsten in gebieden zonder veen en gebieden met veen. Om dit te kunnen modelleren bedachten de Vries et al. (2014) een slimme oplossing: ze maakten gebruik van twee afzonderlijke modellen die ze later integreerden:

1. model 1: modelleert de aan- of afwezigheid van veen
2. model 2: modelleert de veendikte wanneer op basis van model 1 is vastgesteld dat er veen is. Deze veendikte noemden ze daarom de geconditioneerde veendikte.

De Vries et al. (2014) stellen voor om voor model 1 een zogenaamd gegeneraliseerd lineair model (GLM) te gebruiken. Voor model 2 gebruikten ze een geostatistisch model (kriging). Vervolgens combineerden ze beide modellen met Monte Carlo Simulatie zodat de (ongeconditioneerde) veendikte wordt verkregen. Dat is de veendikte waarin we geïnteresseerd zijn. Zie de Vries et al. (2014, p.32-34) voor meer details.

Wij zullen deze aanpak grotendeels volgen. Het belangrijkste verschil is dat wij model 1 net als model 2 ook op geostatistische wijze zullen modelleren. Wij nemen hiervoor expliciet de ruimtelijke samenhang in het gebied mee. Dit houdt in dat we verwachten dat de kans op veen groter wordt naarmate je dichterbij een boring komt waar al veen is aangetroffen. We verwachten immers dat locaties die dicht bijeen liggen meer op elkaar lijken dan locaties verder uiteen. Dit wordt ook wel de "eerste wet van de geografie" genoemd (Tobler, 1970, p. 236). Veldbodemkundigen gebruiken deze wet impliciet ook als ze een bodemkaart maken.

Voor het ontwikkelen van model 1 volgen we de methode zoals beschreven in Finley et al. (2008). Voor het kalibreren van het model maken deze auteurs gebruik van Markov Chain Monte Carlo (Robert & Casella, 2010). Deze methode kan zeer rekenintensief zijn. Daarom gebruiken wij hiervoor de methode van Ter Braak & Vrugt (2008), omdat die relatief snel is.

We gebruiken de validatie set 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.

De 775 boringen uit DINOloket en de 190 boringen uit BISNederland in de kalibratieset bevatten geen boringen met gecensureerde waarnemingen. Gecensureerde waarnemingen zijn waarnemingen

waarbij de onderkant van het veen niet binnen de boordiepte is aangetroffen. Van de 100 nieuwe validatieboringen bevatten 10 boringen gecensureerde waarnemingen. Voor het berekenen van genoemde validatiestatistieken hebben wij deze waarnemingen niet gebruikt. Voor de kwalitatieve beoordeling van de validatieresultaten gebruiken we de gecensureerde gegevens wel. Zie ook Brouwer et al. (2018) waar deze aanpak ook is gevolgd voor Flevoland.

2.3 Actualiseren bodemkaart

In het doelgebied komen volgens de bodemkaart (versie 2018) moerige gronden en veengronden voor (fig. 1.2). 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 bij voorkeur niet aangepast. Verder worden bodemcodes 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 twee overige onderscheidingen, namelijk open water en uitbreidingen van bebouwd gebied.

2.3.1 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 2.1 toont het beslisschema voor de aanpassingen van de dikke veengronden, tabel 2.2 van de dunne veengronden en tabel 2.3 van de moerige gronden.

Dikke veengronden (hVs, hVc, pVc, kVb, kVc, zVc, Vd en Vo)

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 (tab. 2.1).

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_z wordt.

Tabel 2.1 Beslisschema voor aanpassingen van de bodemcode van dikke veengronden.

Veendikte (cm)	Aanpassingen	Aangepaste codes
> 120	Geen aanpassingen	Het blijven diepe veengronden (...Vs, ...Vc, ...Vb, ...Vd of ...Vo)
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, ...Vc, ...Vb, ...Vd of ...Vo) 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 (hV_z, aV_z, aV_p, pV_z, zV_z, zV_p en Vz)

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 (tab. 2.2).

Bij het areaal op het veendikteraster met de klasse < 40 cm worden de dunne veengronden eerst opgesplitst in aard van de bovengrond: klei (pV...), zand (zV...) of moerig (hV..., aV..., V...). 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 en bij de dunne veengronden met een moerige bovengrond worden de bodemcodes omgezet naar vWz of vWp.

Tabel 2.2 Beslisschema voor aanpassingen van de bodemcode van dunne veengronden.

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

Moerige gronden (vW_p, zW_p, kW_z, zW_z en vW_z)

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 (tab. 2.3).

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 2.3 *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...)

Associaties (ABv)

Gebieden op het veendikteraster met de klasse ≥ 15 cm behoeven op de Bodemkaart geen aanpassing, omdat de vereiste veendikte voor de associatie venige beekdalgronden ook nu nog voldoende is.

Bij het areaal op het veendikteraster met de klasse < 15 cm wordt de associatie venige beekdalgronden (ABv) vervangen door de associatie zandige beekdalgronden (ABz).

2.3.2 Aanpassingen in de begrenzing van overige onderscheidingen

In de laatste actualisatiestap zijn markante veranderingen in de infrastructuur verwerkt op de Bodemkaart. Hiervoor is informatie uit het AHN2 en uit de topografische kaart (2019) geraadpleegd. Deze correcties van de Bodemkaart van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug betreffen uitbreidingen van bebouwde kommen (Veenendaal, Laren en Loenen aan de Vecht) en plaatselijke begrenzingen van open water (Loosdrechtse Plassen).

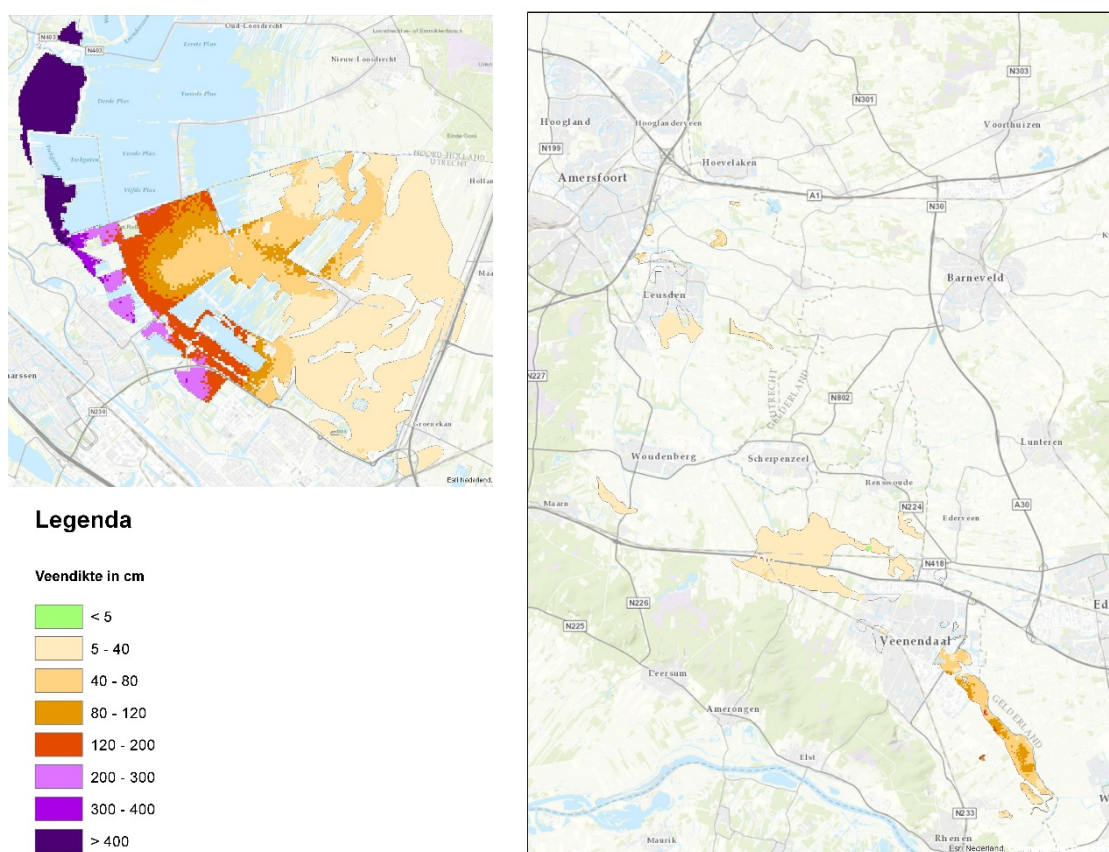
3 Resultaten

3.1 Boormonsterbeschrijvingen

In de periode juni tot en met oktober 2019 zijn in de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug in totaal op 100 locaties boormonsterbeschrijvingen opgesteld. Deze behoren alle 100 tot de validatie set. Voor de kalibratie set was het aantal van 965 bestaande boorbeschrijvingen ruim voldoende. Op de nieuwe locaties is het op 90 plekken gelukt om door het veen tot in de pleistocene zandondergrond te boren, zodat de exacte veendikte kon worden vastgesteld. Bij de overige 10 boormonsterbeschrijvingen is geen exacte veendikte vastgesteld omdat de zandondergrond dieper zat dan de maximale boordiepte van ca. 4,00 m – mv. Figuur 2.1 toont de ligging van de boormonsterbeschrijvingen.

Zowel de nieuw verzamelde boormonsterbeschrijvingen als de in BISNederland beschikbare boormonsterbeschrijvingen zijn opgenomen in de landelijke database van de BRO (www.broloket.nl).

3.2 Veendiktekaart



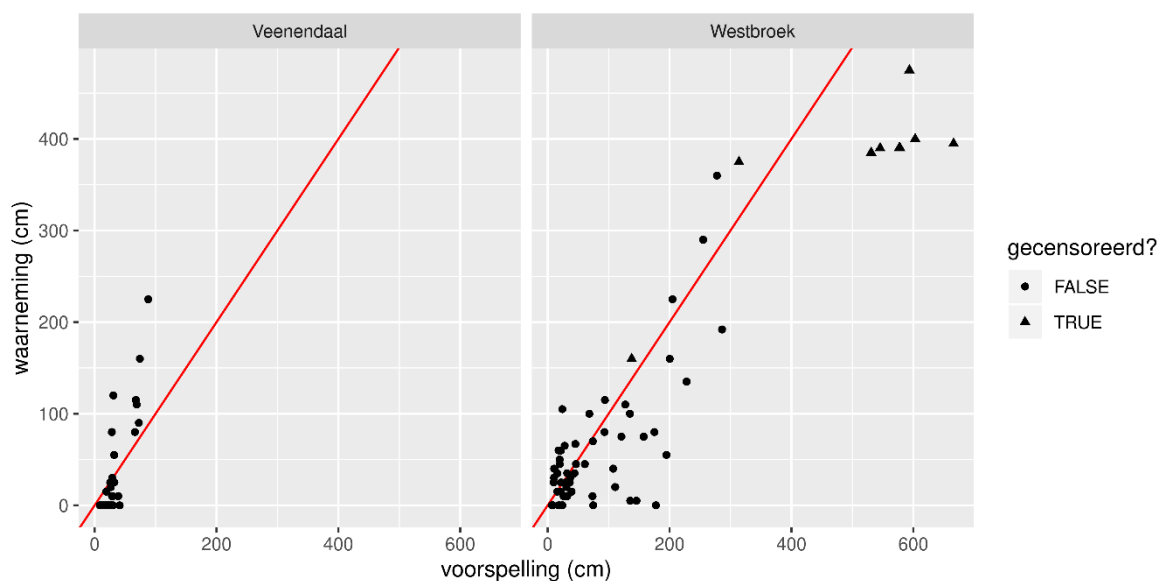
Figuur 4.1 Veendiktekaart van het doelgebied.

Figuur 4.1 toont de veendiktekaart van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug. De dikste veenpakketten liggen ten noordwesten van de stad Utrecht. In het oostelijk doelgebied komen de dikste veenpakketten voor in het stroomdal van de Grift, ten zuidoosten van Veenendaal.

Validatie

Voor de validatie zijn 100 waarnemingen beschikbaar. De gemiddelde fout bedraagt 4 cm (te dun) voor het gebied bij Veenendaal en 19 cm (te dik) voor het gebied bij Westbroek. De vierkantswortel uit de gemiddelde gekwadrateerde fout (RMSE) bedraagt 40 cm voor Veenendaal en 56 cm voor Westbroek. De RMSE is een maat voor de totale fout. De correlatiecoëfficiënt is 0.85 voor Veenendaal en 0.74 voor Westbroek. Hieruit blijkt dat de ruimtelijke patronen op de kaart redelijk goed worden voorspeld. Bij Westbroek wordt de ruimtelijke variatie in veendikte beter voorspeld dan bij Veenendaal. Bij Veenendaal is de ruimtelijke variatie meer afgevlakt door de interpolatie.

Figuur 4.2 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. Bij Veenendaal worden dikke veendiktes onderschat en dunne veendiktes overschat. Bij Westbroek zijn naast stippen ook driehoekjes weergegeven. De stippen geven net als bij Veenendaal de veendiktes weer. De driehoekjes geven de minimale veendiktes weer. Het zand ligt in dat geval dieper dan kon worden aangeboord. Dit zijn zogenaamde gecensoreerde waarneming. Die moeten dus onder of dicht bij de rode lijn liggen. We zien dat dit ook zo is.



Figuur 3.2 Scatterplot van de gemeten (verticale as) versus de berekende (horizontale as) veendikte. De rode lijn is de 1:1-lijn. Cirkels geven veendiktes, driehoekjes minimale veendiktes.

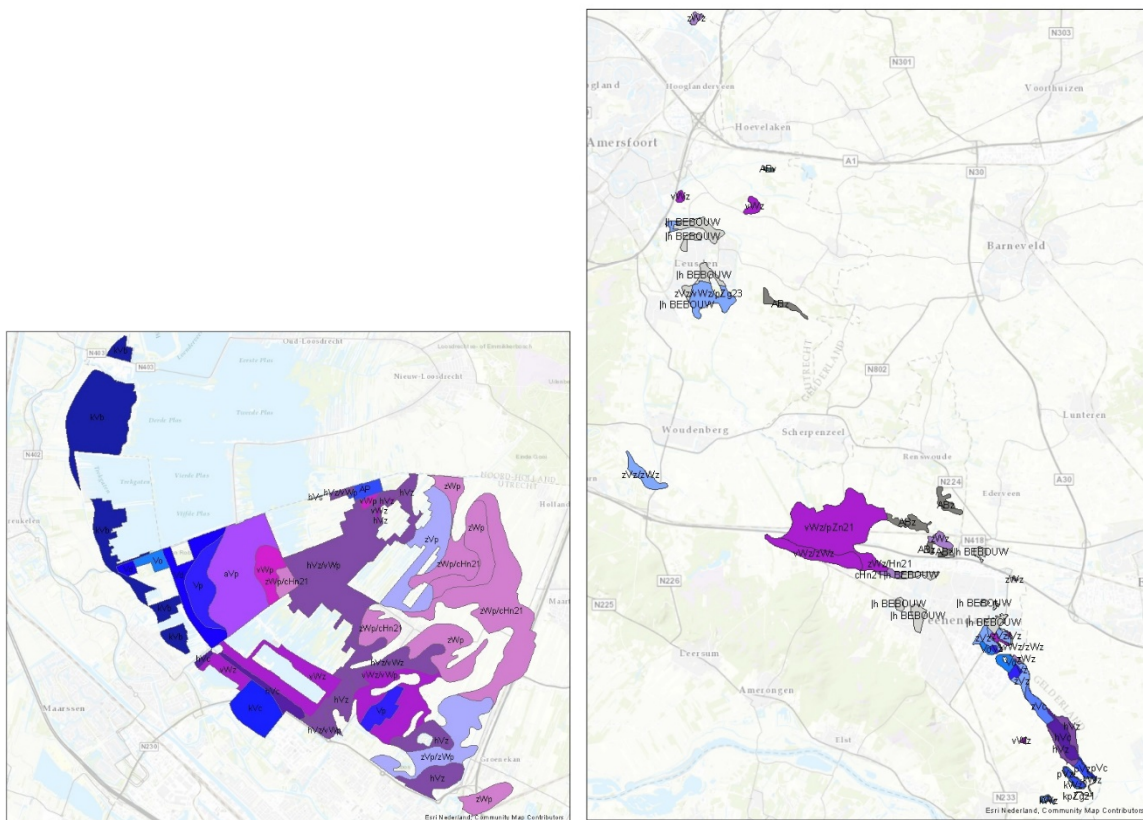
3.3 Geactualiseerde bodemkaart

Figuur 4.3a en b toont voor het doelgebied de geactualiseerde bodemkaart. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de oorspronkelijke eenheden op de bodemkaart en de wijzigingen. Figuur 4.4a en b geeft de gebieden met wijzigingen weer. In totaal is er in het doelgebied van de 4595 ha bij 1800 ha (39%) een wijziging doorgevoerd:

- Ten oosten van Maarssen en ten zuidoosten van Veenendaal komt bij 127 ha van de oorspronkelijk dikke veengronden de minerale ondergrond nu binnen 120 cm-mv. voor. Dit betreffen voornamelijk vlierveengronden (Vd) en vlietveengronden (Vo)
- Ten noorden van de stad Utrecht, ten westen van Maartensdijk en ten zuiden van Woudenberg zijn ca. 285 ha oorspronkelijk dunne veengronden veranderd in moerige gronden (en in enkele gevallen in een associatie van dunne veengronden en moerige gronden). Ten noorden van de stad Utrecht zijn dit koopveengronden (hVz) en ten westen van Maartensdijk en ten zuiden van Woudenberg zijn dit meerveengronden (zVz en zVp).
- Er zijn in het doelgebied binnen de enkelvoudige bodemeenheden geen moerige gronden verandert in minerale gronden.

- Ten noorden van de stad Utrecht en ten noordwesten van Veenendaal zijn 1048 ha gronden die behoren tot een bodemassociatie met een component van moerige gronden en/of veengronden veranderd in bodemcodes met een dunnere veendiktevariant.
- In het dal van de Grift, net ten zuidoosten van Veenendaal zijn 100 ha gronden die behoren tot de dunne veengronden of moerige gronden veranderd in een bodemcode met een dikker veenpakket. Het betreft hier een smal en langgerekt gedeelte van een stroomdal waar bij de eerste actualisatie in 2014 de veendikte gemiddeld dunner werd voorspeld dan bij de huidige actualisatie van 2019. Bij de actualisatie in 2014 waren in dit stroomdal relatief weinig kalibratiepunten aanwezig. De kalibratie set in de huidige actualisatieronde is aanzienlijk groter waardoor deze correctie gerechtvaardigd is.
- Aan de hand van de topografische kaart (versie 2019) zijn rondom de woonkernen Veenendaal en Leusden uitbreidingen van bebouwd gebied aangebracht van in totaal 217 ha. Deze uitbreidingen zijn ten koste gegaan van 44 ha dunne veengronden, 8 ha moerige gronden en 166 ha gronden die behoren tot een bodemassociatie met een component van moerige gronden en/of veengronden.

Aan de rand van het doelgebied zijn via de topografische kaart (versie 2019) op enkele locaties de grenzen van open water aangepast. Het betreft een deel van de oever van de Loosdrechtse Plassen. Voor de plaatsen Veenendaal, Leusden en Loenen aan de Vecht 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.



Legenda






Dikke veengronden

	hVs Koopveengronden op veenmosveen
	hVc Koopveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (m esotroof) broekveen
	pVc Weideveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen
	kVb Waardveengronden op bosveen (of eutroof broekveen)
	kVc Waardveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen
	zVc Meerveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen
	Vd Vlierveengronden op bagger, verslagen veen, gyttja of andere veensoorten
	Vo Vlietveengronden


Dunne veengronden

	hVz Koopveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm
	aVz Madeveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
	aVp Madeveengronden op zand met humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
	pVz Weideveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm
	zVz Meerveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
	zVp Meerveengronden op zand met humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
	Vz Vlierveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
	Vp Vlierveengronden op zand met humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm

Moerige gronden

	wVp Moerige podzolgronden met een moerige bovengrond
	zVp Moerige podzolgronden met een humushoudend zanddek en een moerige tussenlaag
	kWz Moerige eerdgronden met een zavel- of kleidek en een moerige tussenlaag op zand
	zWz Moerige eerdgronden met een zanddek en een moerige tussenlaag op zand
	wVz Moerige eerdgronden met een moerige bovengrond op zand

Minerale gronden

	pZg21 Beekerdgronden, leemarm en zwak lemig fijn zand
---	---

Associaties

	ABv Venige beekdalgronden
	ABz Zandige beekdalgronden
	AP Petgaten

Algemene onderscheidingen

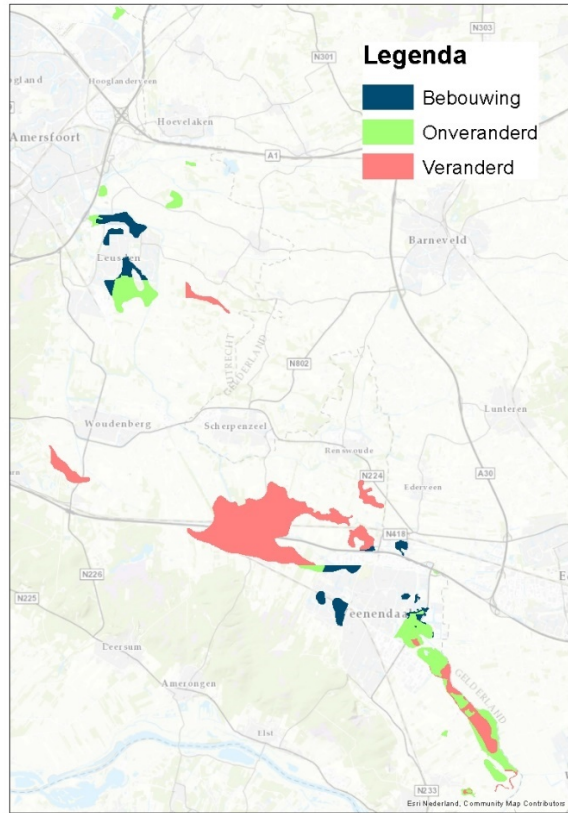
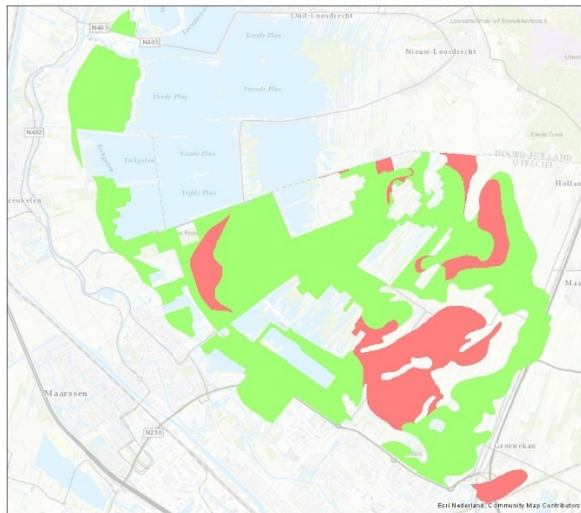
	Bebouwing
	Water

Figuur 4.3a en b

De geactualiseerde bodemkaart van het doelgebied (in grijs recent bebouwd gebied).

Oorspronkelijke informatie		Geactualiseerde informatie		
Bodemcode	Opp. (ha)	Ongewijzigd (ha)	Bebouwing (ha)	Aangepast Bodemcode (ha)
Dikke veengronden				
hVc	41	41	0	0 -
hVs	1	0	0	1 hVz
Vd	171	92	0	79 Vp
Vo	101	56	0	45 Vp (40) en Vz (5)
kVb	371	371	0	0 -
kVc	84	84	0	0 -
pVc	5	5	0	0 -
zVc	25	23	0	2 zVz
Totaal	797	671	0	127
Dunne veengronden				
aVp	239	239	0	0 -
hVz	413	232	0	182 AP (10), hVc (64), hVz/vWz (101) en vWz (6)
pVz	31	31	0	0 -
Vz	15	14	0	1 zVz
zVp	265	136	0	128 zWp
zVz	163	46	44	73 zVc (22) en zVz/zWz (51)
Totaal	1125	697	44	384
Moerige gronden				
kWz	20	15	0	6 pVz (2) en Rv01Cp (4)
vWp	60	60	0	0 -
vWz	176	176	0	0 -
zWz	39	17	8	14 zVz
Totaal	296	269	8	19
Associaties				
ABv	139	4	17	118 ABz
aVz/vWz/pZn21	495	0	0	495 vWz/pZn21
zVz/vWz/pZg23	227	113	114	0 -
aVz/zVz	119	0	0	119 vWz/zWz
hVz/vWp	519	380	0	139 vWz/vWp
vWz/zWz	26	13	13	0 -
zVp/zWp	298	148	0	150 zWp
zVz/Vz	31	31	0	0 -
zVz/zWz	27	0	0	27 zWz
zWp/cHn21	462	457	0	4 zVp
zWz/Hn21	33	12	21	0 -
Totaal	2376	1158	166	1052
Totaal	4594	2794	217	1583

Tabel 4.1 Overzicht van de oorspronkelijke eenheden op de bodemkaart en de wijzigingen per eenheid



Figuur 4.4a en b *Overzicht van gebieden waar de bodemkaart is aangepast.*

4 Conclusies

In dit project is van de flanken van de Utrechtse Heuvelrug 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 2018. Het doelgebied heeft een oppervlakte van 4595 ha. Op 100 locaties zijn in het kader van dit project boormonsterbeschrijvingen opgesteld. Met deze gegevens en de gegevens van 190 boormonsterbeschrijvingen uit BISONederland van WENR en 775 uit DINoloket van TNO is de veendiktekaart samengesteld en gevalideerd en is de bodemkaart geactualiseerd.

Belangrijke conclusies zijn:

- Uit de verzamelde boorgegevens blijkt dat niet overal meer veen voorkomt. De veendiktes variëren van 0 tot 5,60 m (met één uitschieter van 11,33 m – mv. in het Griftdal). Bij ca. 33% van al deze boringen komt nagenoeg geen veen meer voor. Deze 33% is niet een exacte afspiegeling van het doelgebied. Het percentage van boringen waar geen veen meer voorkomt zal voor het doelgebied iets lager zijn omdat bij de inventarisatie van boorgegevens bewust ook boringen zijn meegenomen die 'net' buiten de rand van het doelgebied liggen en feitelijk dus onderdeel zijn van de minerale gronden.
Bij ca. 25% van de boringen komt meer dan 1 meter veen voor en bij ca. 11% van de boringen meer dan 2 meter veen.
- Voor de kalibratie van de veendiktekaart van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug zijn 965 waarnemingen beschikbaar. Voor de validatie van deze veendiktekaart zijn 100 waarnemingen beschikbaar. Uit de validatie blijkt dat de gemiddelde fout 19 cm (te dik) bedraagt voor het westelijk deel van het doelgebied (fig. 1.2a) en 4 cm (te dun) voor het oostelijk deel van doelgebied (fig. 1.2b).
- De veendiktekaart van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug 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), de provincie Flevoland en de provincie Utrecht (Eemland).
- Uit de gegevens van de geactualiseerde bodemkaart, schaal 1 : 50 000, blijkt dat van de in totaal 4595 ha bij 1800 ha (39%) wijzigingen zijn doorgevoerd. Vooral door afname van de veendikte is bij ca. 34% van de oppervlakte de bodemcode gewijzigd. Door toename van het areaal bebouwd gebied is bij nog eens ca. 5% van de oppervlakte de bodemcode gewijzigd. Van de dikke veengronden is ca. 3%, van de dunne veengronden is ca. 8%, van de moerige gronden is ca. 0,4% en van de associaties met een component van moerige gronden en/of veengronden is ca. 23% 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.
- Akker, J.J.H. van den en R.F.A. Hendriks, 2017. Diminishing peat oxidation of agricultural peat soils by infiltration via submerged drains. In: GLOBAL SYMPOSIUM ON SOIL ORGANIC CARBON, Rome, Italy, 21-23 March 2017.
- Brouwer, F. en D. Walvoort, 2019. Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de veengebieden in Eemland. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 155.
- 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.
- Finley, A.O., S. Banerjee & R.E. McRoberts, 2008. A Bayesian approach to multi-source forest area estimation. *Environmental and Ecological Statistics* 15:241-258
- 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.
- Robert, C. P. & G. Casella, 2010. *Introducing Monte Carlo Methods with R*. Springer, New York, 283 pp.
- Ten Cate, J.A.M., 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.
- Ter Braak, C.J.F. & J.A. Vrugt, 2008. *Statistics and Computing* 18:435-446. <https://doi.org/10.1007/s11222-008-9104-9>.
- Tobler W., 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46: 234-240.
- 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., D. Brus, en 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

WOt-technical report: 177

Projectnummer: WOT-04-013-003

Dit project werd uitgevoerd en begeleid 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.

Akkoord Referent/ Extern contactpersoon

functie: Senior beleidsmedewerker landbouw en digitalisering

naam: Frans Lips

datum: 02-04-2020

Akkoord Intern contactpersoon

naam: Joop Okx

datum: 11-05-2020

Bijlage 1 Instructies voor het veldwerk

Project 5200043743 BRO Actualisatie Bodemkaart
Veendiktekaart en actualisatie bodemkaart van de flanken van de Utrechtse
Heuvelrug

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 aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug 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

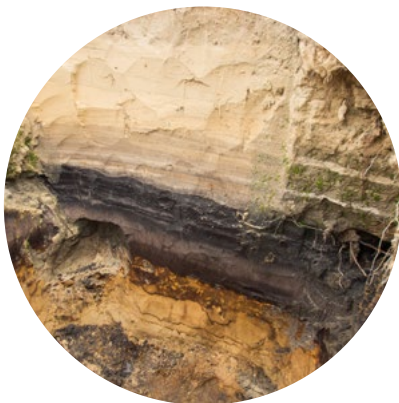
Fokke Brouwer
0317 486521
september 2018

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

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). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2019.</i>		<i>Diversity; Sixth National Report of the Kingdom of the Netherlands.</i>
147	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 (2019). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017. Berekeningen met het model NEMA.</i>	157	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman, J. Bovenschen, M.C. Boerwinkel & M. Laar (2019). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2018/2019.</i>
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). <i>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.</i>	158	Sanders, M.E. & H.A.M. Meeuwssen (2019). <i>Basisbestand Natuur en Landschap.</i>
149	Bakker, G., M. Heinen, H.P.A. Gooren, W.J.M. de Groot, F.B.T. Assinck & E.W.J. Hummelink (2019). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem in de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS); Update 2018.</i>	159	Visser, T., H.A.M Meeuwssen & Th.C.P. Melman (2019). <i>MNP-(Model for Nature Policy) Agrarisch; Uitwerking voor scenario's uit de Natuurverkenning 2020.</i>
150	Ijsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2019). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2018. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>	160	Jong, A. de, A. Poot & P.I. Adriaanse (2019). <i>Impact analysis for the purpose of the introduction of DROPLET version 1.3.2.</i>
151	Daamen, W.P., A.P.P.M. Clercx & M.J. Schelhaas (2019). <i>Veldinstructie Zevende Nederlandse Bosinventarisatie (2017-2021); Versie 2.0.</i>	161	Westerink, J., T.A. de Boer, M. Pleijte & R.A.M. Schrijver (2019). <i>Kan een goede boer natuurinclusief zijn?; De rol van culturele normen in een beweging richting natuurinclusieve landbouw.</i>
152	Bikker, P., L.B. Šebek, C. van Bruggen & O. Oenema (2019). <i>Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019.</i>	162	Buijs, A.E., F.G. Boonstra (2020). <i>Natuurbeleid betwist; Visies op legitimiteit en natuurbeleid.</i>
153	Berg, F. van den, H. Baveco & E.L. Wipfler (2019). <i>User manual for SAFE (Select Application date For Evaluation) to support the use of the GEM scenarios for cultivations in glasshouses; Version 1.1</i>	163	Haas, W. de, J.L.M. Donders, T.J.M. Mattijssen (2019). <i>Natuur in conflict; Botsende waarden, waarheden en belangen in het natuurbeheer.</i>
154	Os, J. van, L.J.J. Jeurissen en H.H. Ellen (2019). <i>Rekenregels pluimvee voor de Landbouwtelling; Verantwoording van het gebruik van het Identificatie- & Registratiesysteem.</i>	164	Berg, F. van den, A. Tiktak, D. van Kraalingen & J.J.T.I. Boesten (2019). <i>User manual for FOCUSPEARL version 5.5.5.</i>
155	Brouwer, F. & D.J.J. Walvoort (2019). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart; Herkartering van de veengebieden in Eemland</i>	165	Glorius, S.T., A. Meijboom, J. Schop & J.T. van der Wal (2019). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2018.</i>
156	Sanders, M.E., R.J.H.G. Henkens & D.M.E. Slijkerman (2019). <i>Convention on Biological</i>	166	Pedroli, B, During, R. (2019). <i>De paradox van een maakbare natuur – ingebakken en omstreden; Betekenis culturele identiteit voor draagvlak natuurbeleid en –beheer.</i>
		167	Walvoort, D.J.J., M. Knotters, F.M. van Egmond (2019). <i>Interpolatie, aggregatie en desaggregatie van ruimtelijke bodemgegevens in de Basisregistratie Ondergrond (BRO).</i>
		168	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 (2020). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2020.</i>
		170	Bos-Groenendijk, G.I., C.A.M van Swaay (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex B Habitatrichtlijnsoorten; Achtergronddocument.</i>
		171	Janssen, J.A.M. (red.), R.J. Bijlsma (red.), G.H.P. Arts, M.J. Baptist, S.M. Hennekens, B. de

	Knegt, T. van der Meij, J.H.J. Schaminée, A.J. van Strien, S. Wijnhoven, T.J.W. Ysebaert (2020). <i>Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen. Achtergronddocument.</i>
172	Van Kleunen, A., M. van Roomen, E. van Winden, M. Hornman, A. Boele, C. Kampichler, D. Zoetebier, H. Sierdsema & C. van Turnhout (2020). <i>Vogelrichtlijnrapportage 2013-2018 van Nederland – status en trends van soorten.</i>
173	Glorius, S.T., A. Meijboom (2020). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage 13 jaar na sluiting (najaar 2018).</i>
174	Kuindersma, W., D. van Doren, R. Arnouts, D.A. Kamphorst, J.G. Nuesink, E. de Wit-de Vries (2020). <i>Realisatie Natuurnetwerk door provincies. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>
175	Bouwma, I.M., D.A. Kamphorst, D. van Doren, T.A. de Boer, A.E. Buijs, C.M. Goossen, J.L.M. Donders, J.Y. Frissel, S. van Broekhoven (2020). <i>Provinciaal beleid voor maatschappelijke betrokkenheid bij natuur – het beleid nader bekeken in 8 casussen. Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>
176	Gerritsen, A.L., H. Agricola, C. Aalbers, J. van Os (2020). <i>Natuur en landbouw verbinden.</i>

	<i>Achtergrondstudie bij de Tweede Lerende Evaluatie Natuurpact.</i>
177	Brouwer, F., D.J.J. Walvoort (2020). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug.</i>
178	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, G.L. Velthof & J. Vonk (2020). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018; Emissies van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide uit kalkmeststoffen - Berekeningen met het model NEMA.</i>
179	Knegt, de B., M. Pleijte, E. de Wit-de Vries, I. Bouwma, F. Kistenkas, W. Nieuwenhuizen (2020). <i>Samenhang Klimaatakkoord en natuurbeleid. Proces en implementatie van het Klimaatakkoord door provincies en maatschappelijke partijen en de potentiële effecten op biodiversiteitsdoelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn.</i>
180	Mattijssen T.J.M., M. Pleijte, J. Dengerink, T. Koster, M. Visscher (2020). <i>Indicatoren voor burgerbetrokkenheid bij natuur: een zoektocht naar nieuwe aanknopingspunten voor monitoring.</i>



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.

