



Actualisatie van de bodemkaart in de gemeente Vijfheerenlanden

Herkartering van de verbreiding van veen

F. Brouwer, F.B.T. Assinck, T.T.L. Harkema, C. Teuling en D.J.J. Walvoort

| WOt-Rapport 151



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Actualisatie van de bodemkaart in de gemeente Vijfheerenlanden

Herkartering van de verbreiding van veen

Dit WOt-rapport is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

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. WOT Natuur & Milieu zorgt voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werkt mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

Disclaimer WOt-publicaties

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

WOt-rapport 151 is het resultaat van onderzoek dat gefinancierd is door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Actualisatie van de bodemkaart in de gemeente Vijfheerenlanden

Herkartering van de verbreiding van veen

Fokke Brouwer, Falentijn Assinck, Tom Harkema, Kees Teuling en Dennis Walvoort¹

¹ Wageningen Environmental Research

BAPS-projectnummer WOT-04-013-003

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, april 2023

Wot-rapport 151

ISSN 1871-028X

DOI [10.18174/589664](https://doi.org/10.18174/589664)

Referaat

Brouwer, F., F.B.T. Assinck, T.T.L. Harkema, C. Teuling en D.J.J. Walvoort (2023). *Actualisatie van de bodemkaart in de gemeente Vijfheerenlanden; Herkartering van de verbreiding van veen*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 151.

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, is onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO), een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond. Wageningen Environmental Research (WENR) onderhoudt dit bestand voor het ministerie van LNV.

Dit rapport presenteert verbeterde en recente informatie over de bodem, het voorkomen van veen en landvormen in de gemeente Vijfheerenlanden, die is ingewonnen bij de actualisatie van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart in 2022.

Trefwoorden: bodemkaart, veen, Basisregistratie Ondergrond, Vijfheerenlanden

Update of the soil map of the municipality of Vijfheerenlanden: Remapping the spatial distribution of peat soils

The Soil Map of the Netherlands at scale 1:50.000 is part of the Dutch National Key Registry of the Subsurface (BRO), the central registry of public data on the subsurface of the Netherlands. Wageningen Environmental Research (WENR) maintains this map for the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

This report presents improved and updated information on soils, the occurrence of peat and landforms in the municipality of Vijfheerenlanden, that was collected during the update of the Soil Map and Geomorphological Map in 2022.

Foto omslag: Fokke Brouwer

© 2023 **Wageningen Environmental Research**
Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 65 21; 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.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/589664> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. 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.

WOT 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 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 ervan. Dit wordt gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Dit rapport gaat over het onderzoek naar de actualisatie van de bodemkaart van de gemeente Vijfheerenlanden. De provincie Utrecht heeft dit onderzoek meegefinancierd om een verhoging van de kaartschaal naar 1:25.000 mogelijk te maken. Wij bedanken Daniëlle de Deken en Hans Mankor van de provincie Utrecht voor de prettige en constructieve samenwerking in dit project en voor het becommentariëren van dit rapport.

Bij de uitvoering van het project was een aantal collega's betrokken. Het veldwerk, waarbij op 427 locaties een boorbeschrijving is opgesteld, is met veel inzet uitgevoerd door Pieter Dijk, Willy de Groot, Stijn Dekker, Paul Gerritsen en Falentijn Assinck. 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 lagen bij Fokke Brouwer. Het project maakt onderdeel uit van het WOT thema BRO. We bedanken de grondeigenaren voor de toestemming om op hun percelen grondboringen te verrichten.

Dorothee van Tol-Leenders

Programmameider Basisregistratie Ondergrond (BRO) bij Wageningen Environmental Research en Interne contactpersoon bij Wageningen Environmental Research voor de Basisregistratie Ondergrond bij de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT N&M)

Inhoud

Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.2 Projectdoel	14
1.3 Projectafbakening	14
1.4 Impact van het project	16
1.4.1 Belang voor regionale en lokale overheden	16
1.4.2 Bijdrage aan de BRO-doelstellingen	16
1.5 Achtergrondinformatie	16
1.5.1 Definities	16
1.5.2 Processen in de bodem	17
1.6 Beschrijving van de bodemeenheden in Vijfheerenlanden	18
2 Methode	20
2.1 Data verzamelen	20
2.1.1 Kalibratieset met boormonsterbeschrijvingen	20
2.1.2 Validatieset met boormonsterbeschrijvingen	21
2.2 Modelleren veenbegindiepte en veendikte	22
2.3 Actualiseren bodemkaart	23
2.3.1 Aanpassingen van gebieden met behulp van de predictierasters	23
2.3.2 Aanpassingen van gebieden met behulp van hulpinformatie	24
2.3.3 Aanpassingen in de begrenzing van vlakken van bodemkundig belang	25
3 Resultaten	26
3.1 Boormonsterbeschrijvingen	26
3.2 Veenbegindiepte- en veendiktekaart	26
3.2.1 Veenbegindieptekaart	26
3.2.2 Veendiktekaart	28
3.2.3 Validatie	31
3.3 Geactualiseerde Bodemkaart	32
3.4 Geactualiseerde Geomorfologische Kaart	36
4 Conclusies	38
Literatuur	39
Verantwoording	40
Bijlage 1 Instructies voor het veldwerk	41
Bijlage 2 Bodemkaart van Vijfheerenlanden, schaal 1:25.000	43

Samenvatting

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, geeft informatie over de bodemopbouw tot 1,2 m onder maaiveld. De kaart maakt deel 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:

- 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 (F. Brouwer en D.J.J. Walvoort, 2019);
- Veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug (F. Brouwer en D.J.J. Walvoort, 2020);
- Deelgebieden Gelderse Vallei-Zuid en -West en Veluwe-Zuid (Brouwer et al., 2021).

Dit project richt zich op de verbetering van de bodeminformatie van het grondgebied van de gemeente Vijfheerenlanden. De bodem in dit gebied bestaat uit veengronden, moerige gronden, kalkhoudende zandgronden en kalkhoudende en kalkloze rivierkleigronden (Figuur 2), en betreft een areaal van ca. 15.000 ha. Veengronden slinken doordat het veen bij drooglegging klinkt, krimpt en oxideert. Uit onderzoeken 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 na verloop van tijd bodemeenheden veranderen. De actualisatie van de Bodemkaart is uitgevoerd met behulp van 'Digitale Bodemkartering' (DBK). Hiervoor is een geostatistische methode gebruikt waarbij kaartbeelden worden gecreëerd met een combinatie van bodemgegevens uit veldwaarnemingen en informatie over terreinkenmerken. DBK wordt in drie fasen uitgevoerd:

- Het verzamelen en aanvullen van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen.
- Het aanmaken van een veenbegindiepte- en een veendiktekaart.
- Het vervaardigen van een detailbodemkaart, schaal 1:25.000 en het actualiseren van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 (BRO-model).

De concrete resultaten van dit project bestaan uit:

- Een dataset met 427 bodemkundige boormonsterbeschrijvingen. Deze boormonsterbeschrijvingen zijn opgenomen in de landelijke database van de BRO (www.broloket.nl).
- Rasterbestanden (celgrootte 25x25 m²) van de veenbegindiepte en veendikte van Vijfheerenlanden.
- Een GIS-bestand van de bodemkaart van Vijfheerenlanden, schaal 1:25.000.
- Een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 met een geactualiseerd fragment van Vijfheerenlanden (www.broloket.nl).
- Dit rapport met een verantwoording van de werkwijze bij het beschrijven van de bodemkundige boorprofielen, het vervaardigen van de veenbegindiepte- en veendiktekaart en het actualiseren van de bodemkaart.

Uit de resultaten (Tabel 3) blijkt dat door de actualisatie van de Bodemkaart van Vijfheerenlanden op 1.663 ha (11%) wijzigingen zijn doorgevoerd. De wijzigingen worden vooral veroorzaakt door uitbreidingen van bebouwd gebied (916 ha). Op 543 ha (3,6%) zijn wijzigingen in de bodemeenheden (bodemcode en/of in de 'toevoeging achter') doorgevoerd.

Summary

The Soil Map of the Netherlands, scale 1:50,000, contains information on the nature and properties of the soil to a depth of 1.2 metres. The map is part of the Dutch National Key Registry of the Subsurface (BRO). The data contained in the BRO are publicly available. Continual maintenance of the database is necessary to ensure the data remain suitable for diverse applications. Since 2010 a number of projects have been carried out to update the information contained in the Soil Map:

- wetland soils and thin peat soils in the northern Netherlands (De Vries et al., 2014);
- immature clay soils in the provinces of Noord-Holland and Zuid-Holland (De Vries et al., 2017);
- deep peat soils in the management area of the Drents Overijsselse Delta regional water authority (De Vries et al., 2018);
- peat, sea clay and sea sand soils in the province of Flevoland (Brouwer et al., 2018);
- peatlands in Eemland (F. Brouwer and D.J.J. Walvoort, 2019);
- peatlands flanking the Utrechtse Heuvelrug (F. Brouwer and D.J.J. Walvoort, 2020);
- the Gelderse Vallei-Zuid, Gelderse Vallei-West and Veluwe-Zuid sub-areas (Brouwer et al., 2021).

This project was to improve the information on the soils in the municipality of Vijfheerenlanden. The soils in this area, which is about 15,000 ha in size, consist of peat soils, wetland soils, calcareous sandy soils, and calcareous and non-calcareous river clay soils (Figure 2). The layers of peat are becoming thinner due to compression, shrinkage and oxidisation as a result of drainage. Research by Van den Akker (2005) and Van den Akker & Hendriks (2017) shows that the deeper the drainage the greater the degree of oxidation and shrinkage. The reduction in the depth of the peat layer can eventually lead to changes in the soil typological units. The update of the Soil Map was carried out by digital soil mapping (DSM) using a geostatistical method in which maps are created from a combination of field soil data and information on terrain features. DSM involves three stages:

- collecting and completing descriptions of soil core sample;
- making a map showing the depth to the top of the peat layer and the thickness of the peat layer;
- producing a detailed soil map, scale 1:25,000, and updating the Soil Map of the Netherlands, scale 1:50,000 (BRO model).

The concrete results of the project consist of:

- a dataset with 427 descriptions of soil core samples and inclusion of these descriptions in the national BRO database (www.broloket.nl);
- raster databases (cell size 25x25 m²) of the depth to the top of the peat layer and peat thickness in the municipality of Vijfheerenlanden;
- a GIS file of the soil map of Vijfheerenlanden, scale 1:25,000;
- a GIS file of the Soil Map of the Netherlands, scale 1:50,000, with an updated fragment of Vijfheerenlanden (www.broloket.nl);
- this report, containing an explanation of the methodology used to describe the soil core profiles, determination of the depth to the top of the peat layer and peat thickness, and an update of the soil map.

The results (Table 3) show that the update of the Soil Map of Vijfheerenlanden resulted in changes being made on 1,663 ha (11%) of the map area. The changes were mainly due to an increase in the built-up area (916 ha). Changes to the soil typological units (soil code and/or in the additional information) were made on 543 ha (3.6%) of the map.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Actuele gegevens over bodem, grondwater en terreinvormen in Nederland zijn nodig om verstandig om te gaan met het grondgebied en met het grond- en oppervlaktewater, bijvoorbeeld om ruimte te zoeken voor woningbouw of voor waterberging in perioden van wateroverlast en droogte. Overheden gebruiken deze informatie om plannen te vormen, om wetten en regels uit te voeren, voor het inrichten van een veilige en leefbare omgeving voor woningen, industrie, bedrijventerreinen, infrastructuur en landbouw en voor het beschermen en ontwikkelen van natuurgebieden en cultureel erfgoed.

Informatie over bodem en ondergrond wordt openbaar gedeeld in schematische beschrijvingen (modellen) en databestanden van de Basisregistratie Ondergrond (BRO).¹ Dit is een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond, opgericht in navolging van de Wet Basisregistratie Ondergrond. Via de uitgiftenkanalen BROloket en PDOK is deze informatie voor iedereen beschikbaar. Het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) is verantwoordelijk voor de inrichting en het beheer van de basisregistratie. TNO beheert de basisregistratie in opdracht van het ministerie van BZK. Het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is bronhouder van bodemkundige gegevens en modellen die in de BRO zijn opgenomen. Dit zijn – naast de bodemkundige data (BHR-P en SFR), zoals de bodemfysische gegevens – de modellen Bodemkaart (SGM), Geomorfologische Kaart (GMM) en het model Grondwaterspiegeldiepte (WDM).

Als bronhouder is het ministerie van LNV verantwoordelijk voor het realiseren, actualiseren, borgen van kwaliteit en het afhandelen van meldingen. De bodemkundige gegevens worden geactualiseerd en opgeslagen in BIS (het Bodem Informatiesysteem). De bodemkundige modellen worden geactualiseerd en volgens strikte eisen geleverd aan de BRO. Dit geldt ook voor het BRO-model Bodemkaart (SGM). De Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, geeft informatie over de bodemopbouw tot een diepte van 1,2 m onder maaiveld.

In de periode 2010-2014 is de bodemkaart van de gebieden met moerige gronden en veengronden met een minerale ondergrond binnen 1,2 m onder maaiveld (dunne veengronden) geactualiseerd (De Vries et al., 2014). In 2018 is de bodemkaart geactualiseerd van de veengronden met een minerale ondergrond dieper dan 1,2 m-mv (dikke veengronden) in het beheergebied van het Waterschap Drents Overijsselse Delta (De Vries et al., 2018). Ook is in 2018 de bodemkaart van Flevoland geactualiseerd (Brouwer et al., 2019), waarbij naast veengronden tevens zeeklei- en zeezandgronden in het onderzoek zijn betrokken. In 2019 is de bodemkaart van de veengebieden in Eemland geactualiseerd (Brouwer & Walvoort, 2019). Tot slot is in 2019 de bodemkaart van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug geactualiseerd (Brouwer & Walvoort, 2020). 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. Veengebieden slinken doordat het veen oxideert en inklinkt, met maaiveld daling 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 is de gemeente Vijfheerenlanden. De gemeente Vianen (destijds provincie Utrecht) is in 2019 gefuseerd met de gemeenten Leerdam en Zederik (destijds provincie Zuid-Holland) tot de gemeente Vijfheerenlanden en gevoegd bij de provincie Utrecht. De provincie Utrecht ontwikkelt beleid om de broeikasgasuitstoot en bodemdaling in de veengebieden te beperken, ook om te voldoen aan het Klimaatakkoord. Informatie over waar veen in de bodem zit, is van groot belang om dit beleid te kunnen maken en implementeren. Daarbij gaat het vooral om de dikte van het kleidek en de dikte van de

¹ <https://basisregistratieondergrond.nl/>

onderliggende veenlaag in de bodem. Voor het ondersteunen van gebiedsprocessen is voor de provincie een schaal van 1:25.000 gewenst. Om deze reden wordt in dit project ook een bodemkaart op schaal 1:25.000 gemaakt.

1.2 Projectdoel

Dit project richt zich op de verbetering van de bodeminformatie van de gemeente Vijfheerenlanden en heeft drie belangrijke doelstellingen:

- Het actualiseren van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, hierna genoemd 'BRO-kaart'.
- 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. Een extra financiering van de provincie Utrecht heeft het mogelijk gemaakt om met behulp van 175 extra boringen een bodemkaart te genereren op een schaal van 1:25.000.

Concreet bestaan de resultaten van dit project uit:

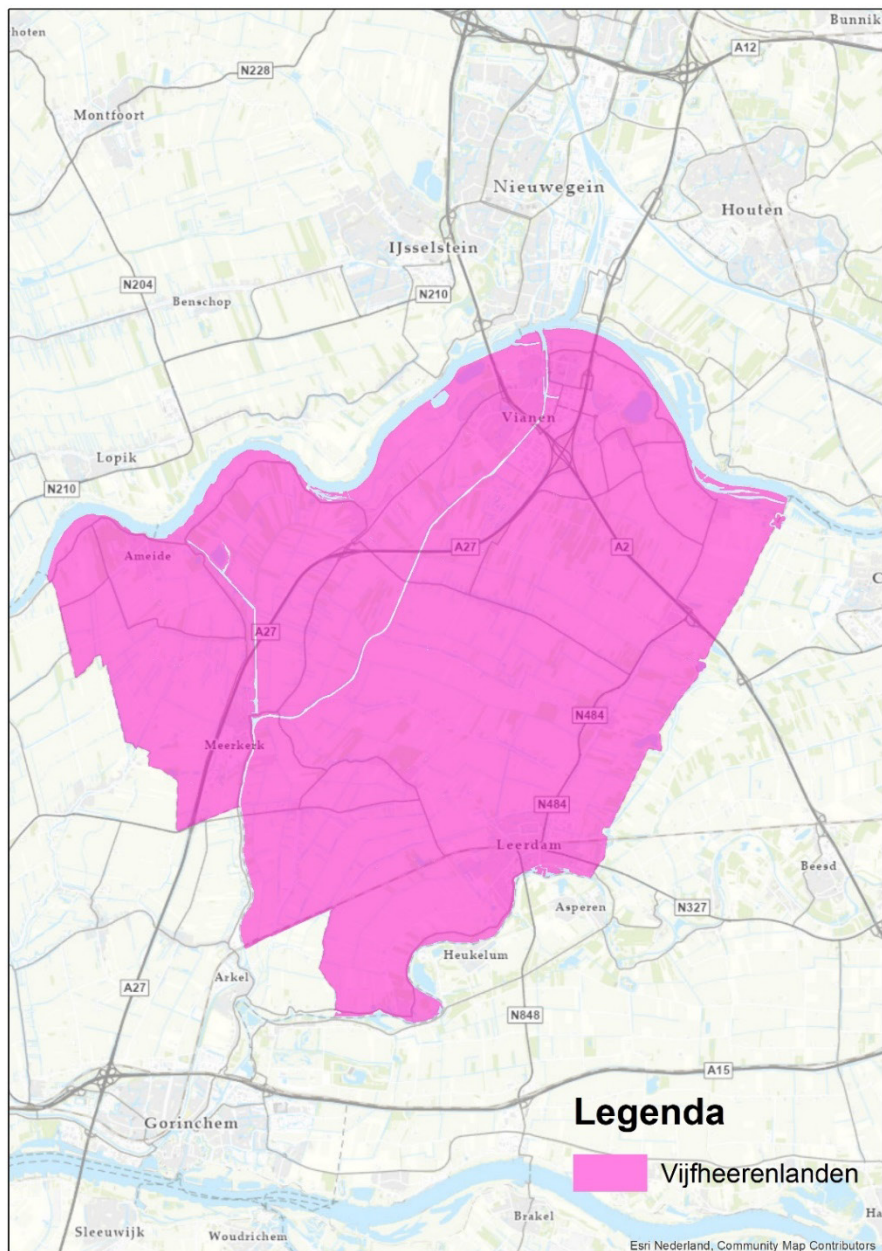
- Een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 met een geactualiseerd fragment van Vijfheerenlanden.
- Een GIS-bestand van de bodemkaart van Vijfheerenlanden, schaal 1:25.000.
- Een rasterbestand (celgrootte 25x25 m²) van de veenbegindiepte en de veendikte in cm van het landelijk gebied in Vijfheerenlanden.
- Een dataset met 427 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 veenbegindiepte- en veendiktekaart.

1.3 Projectafbakening

De nieuw verzamelde gegevens hebben betrekking op het doelgebied zoals aangegeven in Figuur 1. Het doelgebied bestaat uit de gemeente Vijfheerenlanden. De oppervlakte bedraagt ca. 15.000 ha.

Voor het opstellen van de bodemkundige boormonsterbeschrijvingen is in principe tot een diepte van 1,5 onder maaiveld geboord. Voor een beter begrip van de opbouw van de ondergrond is op sommige locaties dieper geboord.

De locaties van de boringen worden bewust niet gekozen binnen vlakken van bodemkundig belang, zoals bebouwd gebied, open water of dijken. Redenen hiervoor zijn dat dit niet mogelijk is, bijvoorbeeld bij water, of dat dit meestal niet is toegestaan, bijvoorbeeld bij dijken of dat de grond te veel is verstoord en/of is afgedekt met verharding, bijvoorbeeld bij bebouwd gebied.



Figuur 1 Het doelgebied van dit onderzoek is de gemeente Vijfheerenlanden.

De actualisatie heeft alleen betrekking op de bodemeenheden en niet op de grondwatertrappen (Gt's). Het verbeteren van de informatie over het grondwaterstandverloop, weergegeven met grondwatertrappen, valt buiten de scope van dit onderzoek. Grondwatertrappen en gegevens over de grondwaterspiegeldiepte worden sinds ca. 2020 geregistreerd in het Model Grondwaterspiegeldiepte², ook een registratieobject in de BRO. Dit model wordt in een afzonderlijk BRO-project door WENR geactualiseerd.

² <https://basisregistratieondergrond.nl/inhoud-bro/registratieobjecten/modellen/model-grondwaterspiegeldiepte-wdm/>

1.4 Impact van het project

1.4.1 Belang voor regionale en lokale overheden

Met dit project krijgen regionale en lokale overheden, zoals de provincie Utrecht, de gemeente Vijfheerenlanden en waterschap Rivierenland, de beschikking over actuele bodemgegevens van de gemeente Vijfheerenlanden. Met deze informatie kunnen zij beleid ontwikkelen voor de inrichting van het gebied. De leefomgeving verandert immers. Klimaatverandering zorgt voor periodes met droogte en wateroverlast. De bodem daalt in het gebied, er is vraag naar ruimte voor woningbouw en landbouw. Kennis over de bodem, terreinvormen en het voorkomen van veen is hierbij van groot belang.

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 het informatiesysteem met publieke gegevens van de Nederlandse ondergrond. Deze basisregistratie maakt het mogelijk om bodem- en ondergrondgegevens via één digitaal loket te raadplegen (www.broloket.nl). Alle met overheidsgeld verzamelde gegevens over de bodem en de ondergrond worden in de BRO opgenomen. De BRO-gegevens zijn vanaf 2017 gefaseerd beschikbaar gesteld. 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, zijn opgenomen in de BRO-database.

Het verzamelen van actuele bodeminformatie draagt direct bij aan kerndoelen van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG)³ op het gebied van water en klimaat. Provincies en gemeenten moeten het programma invullen voor hun eigen gebied in gebiedsprogramma's. De informatie over de bodemopbouw en het voorkomen van veen in de bodem die verzameld is in dit project helpt hierbij.

1.5 Achtergrondinformatie

1.5.1 Definities

De volgende bodemkundige termen zijn van belang om te kennen voor de interpretatie van de in dit rapport gepresenteerde informatie. De definities zijn ontleend aan de richtlijnen voor bodemkundig onderzoek van Ten Cate et al. (1995), die gebruikt worden voor de bodemkartering. Meer informatie over de Bodemkaart van Nederland, de bodemclassificatie en begrippen is te vinden op <https://legenda-bodemkaart.bodemdata.nl/>.

- **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 vijf hoofdklassen: veengronden, moerige gronden, kalkhoudende zandgronden en kalkhoudende en kalkloze rivierkleigronden. Hieronder worden deze hoofdklassen nader toegelicht.
- **Kalkhoudende zandgronden:** Bodems met een toplaag van kalkhoudend zand die ten minste doorgaat tot 40 cm-mv.
- **Kalkhoudende rivierkleigronden:** Bodems met een toplaag van kalkhoudende rivierklei die ten minste doorgaat tot 40 cm-mv.
- **Kalkloze rivierkleigronden:** Bodems met een toplaag van kalkloze rivierklei die ten minste doorgaat tot 40 cm -mv.

³ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet/nationaal-programma-landelijk-gebied>

- **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 de aard van de minerale ondergrond. Bijvoorbeeld de bodemeenheid kVc heeft een bovengrond van zavel of klei (k...) op zand (...c) en 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%) tot 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 in de bodem

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 (koolstofdioxide) 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 veranderen de structuur en de samenstelling van het veen. Krimp, klink en oxidatie van veen resulteren in maaivelddaling. Uit onderzoek van den Akker (2005) blijkt dat maaivelddaling in veenweidegebieden sterk gerelateerd is aan de grondwaterstanden aan het einde van de zomer. De grondwaterstanden zijn dan, na een periode van verdampingoverschot, op zijn diepste en de bodemtemperatuur op zijn hoogst. Dit zijn optimale omstandigheden voor oxidatie. Van den Akker heeft een langjarig gemiddelde maaivelddaling 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 den Akker dat bij veengronden met een

kleidek (bodemkaartenheden kV..en pV..), door de aanwezigheid van de kleilaag, veenoxidatie en maaiveldddaling iets 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). Dit komt overeen met in totaal 4,76 miljoen ton CO₂-equivalenten. Dit is volgens het onderzoek in 2004 ongeveer 4% van de totale jaarlijkse landelijke broeikasgasemissie. In 2017 berekenden Van den Akker en Hendriks voor veengronden in agrarisch gebruik, gelegen in West-Nederland, een jaarlijkse emissie van broeikasgassen van 27 ton per hectare en daaraan gekoppeld een bodemdaling van 13 mm per jaar.

1.6 Beschrijving van de bodemeenheden in Vijfheerenlanden

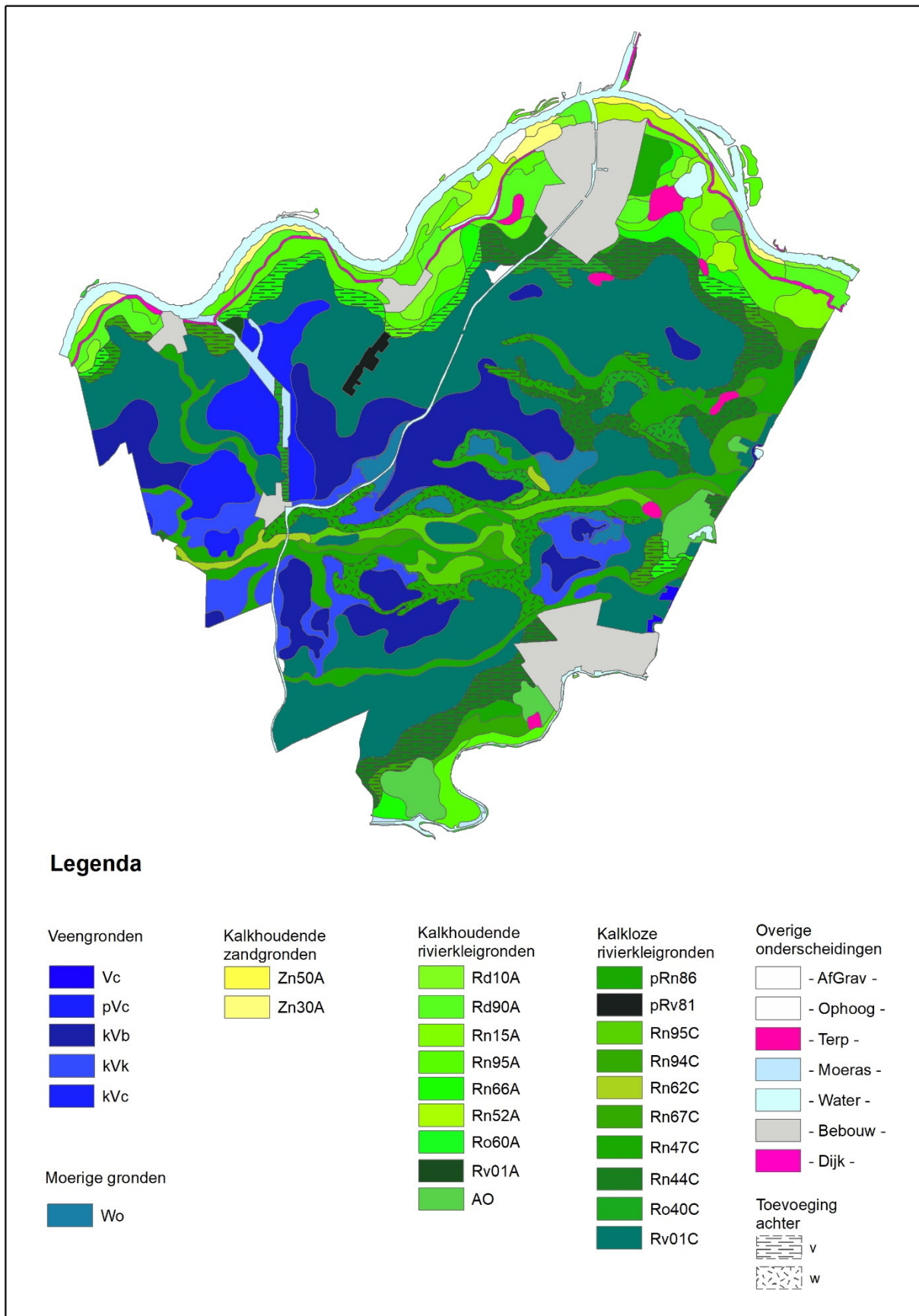
In de gemeente Vijfheerenlanden komen volgens de bestaande versie van de Bodemkaart (BRO-versie 2021) veengronden, moerige gronden, kalkhoudende zandgronden, en kalkhoudende en kalkloze rivierkleigronden voor (Figuur 2):

- De veengronden zijn nader ingedeeld naar vlieveengronden (Vc), weideveengronden (pVc) en waardveengronden (kVb, kVc en kVk).
- De moerige gronden bestaan alleen uit plaseerdgronden (Wo).
- De kalkhoudende zandgronden bestaan alleen uit vlakvaaggronden (Zn50A en Zn30A).
- De kalkhoudende rivierkleigronden zijn nader ingedeeld naar ooivaaggronden (Rd10A en Rd90A), poldervaaggronden (Rn15A, Rn95A, Rn66A, Rn52A), nesvaaggronden (Ro60A), drechtvaaggronden (Rv01A) en associatie-overslaggronden (AO).
- De kalkloze rivierkleigronden zijn nader ingedeeld naar leekeerdgronden (pRn86), liedeerdgronden (pRv81), poldervaaggronden (Rn95C, Rn94C, Rn62C, Rn67C, Rn47C en Rn44C), nesvaaggronden (Ro40C) en drechtvaaggronden (Rv01C).
- Verder komen op de bodemkaart nog de vlakken van bodemkundig belang voor (overige onderscheidingen) van sterk afgegraven en sterk opgehoogde terreinen, terpen, moeras, water, bebouwd gebied en dijken.
- Tot slot zijn twee bijzondere *kenmerken onderlaag* op de bodemkaart (toevoeging achter de bodemcode) van wezenlijk belang bij het onderscheiden van veenlagen in het bodemprofiel (v⁴ en w⁵).

Een complete beschrijving van de bodemcodes, in deze alinea telkens geplaatst tussen haakjes, is te vinden in de interactieve legenda van de bodemkaart <https://legenda-bodemkaart.bodemdata.nl/> onder het kopje 'Bodemclassificatie'. Ook is hier onder het kopje 'Vlakken van bodemkundig belang' een nadere beschrijving te vinden van de overige onderscheidingen en onder het kopje 'Bijzondere kenmerken', en vervolgens 'Kenmerken onderlaag', een beschrijving van de toevoeging erachter.

⁴ Moerig materiaal beginnend dieper dan 80 cm en doorgaand tot dieper dan 120 cm. Indien bij minerale gronden beneden 80 cm een doorgaande moerige laag voorkomt, is deze toevoeging gebruikt.

⁵ Moerig materiaal, 15 à 40 cm dik en beginnend tussen 40 en 80 cm. Deze toevoeging geeft een dunne moerige laag aan. Het betreft vaak een tussenlaag tussen zavel of klei en een (pleistocene) zandondergrond (...p), tezamen gecodeerd als ...wp.



Figuur 2 Fragment van de bodemkaart voor de actualisatie (BRO-versie 2021) van de gemeente Vijfheerenlanden.

2 Methode

De belangrijkste doelvariabelen bij het actualiseren van de bodemkaart van Vijfheerenlanden zijn de begindiepte en de dikte van het veen. We veronderstellen dat door klink, krimp en oxidatie – als gevolg van drooglegging – de veendikte is afgenomen, waardoor kleilagen ondieper in het profiel zijn komen te liggen. Dit kan andere bodemtypen opleveren. Voor het samenstellen van de veenbegindiepte- en 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), van de dikke veengronden in het beheergebied van het Waterschap Drents Overijsselse Delta (De Vries et al., 2018), van de veengebieden in Eemland (Brouwer & Walvoort, 2019) en van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug (Brouwer & Walvoort, 2020). De methode 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 veenbegindiepte- en 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 (BIS Nederland⁶), uit geologische boorbeschrijvingen uit DINOloket (TNO), uit boorbeschrijvingen uit het onderzoek van Stouthamer et al. (2008) en in dit project verzamelde, nieuwe boormonsterbeschrijvingen van WENR.

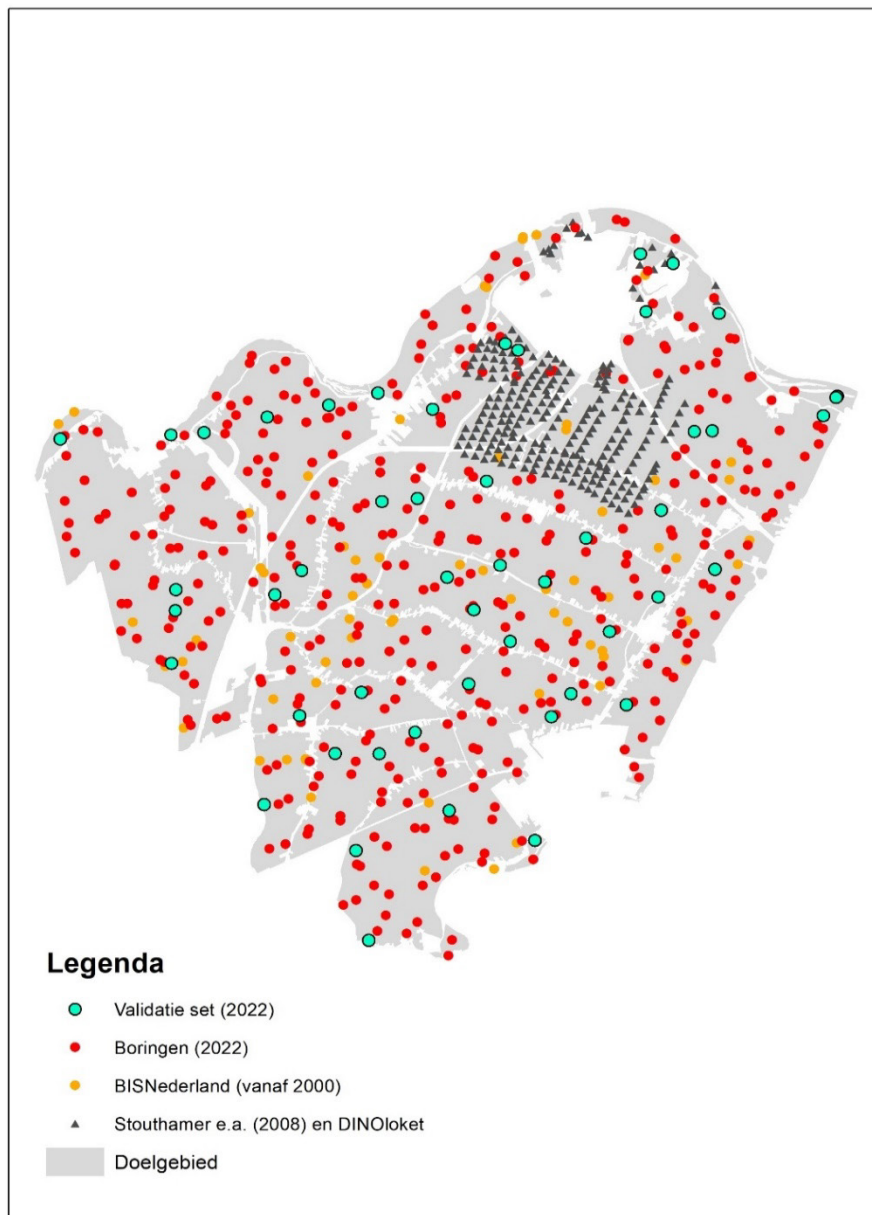
2.1.1 Kalibratieset met boormonsterbeschrijvingen

Veldwaarnemingen met actuele gegevens zijn nodig voor het fitten (kalibreren) van het regressiemodel waarmee de verbreiding, begindiepte 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. Veldbodemkundigen werken volgens een protocol om de boormonsterbeschrijvingen te maken (Bijlage 1). Om dit te kunnen doen, haalt de veldbodemkundige met een zgn. edelmanboor of met een gutsboor bodemmateriaal uit het boorgat omhoog en legt dit in volgorde van diepte-interval 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 organischestofgehalte, veensoort, lutumgehalte, siltgehalte, leemgehalte, zandgrofheid (M50), consistentie en aanwezigheid van kalk. De locatie wordt vastgelegd met gps in coördinaten van het Rijksdriehoekstelsel.

Voor de kalibratie van het regressiemodel is gebruikgemaakt van in totaal 702 boorbeschrijvingen (66 uit BIS Nederland, 18 uit DINOloket, 241 van Stouthamer et al. (2008) en 377 nieuwe boorbeschrijvingen van WENR) over het doelgebied van ca. 15.000 ha (Figuur 3). Dit komt neer op een dichtheid van ca. 1 boring per 21 ha. De 66 kalibratieboringen uit BIS Nederland zijn geselecteerd op voorwaarde dat ze in of nabij (< 500 m) het doelgebied liggen en de boordatum niet ouder is dan 2000. Van de meeste boringen uit DINOloket is de opnamedatum onbekend. Daarom zijn uit deze bron slechts 18 boorbeschrijvingen gebruikt

⁶ www.wur.nl/bisnederland

waarvoor geldt dat er geen veen in het profiel is aangetroffen en alleen op locaties waarbij weinig tot geen andere boorbeschrijvingen beschikbaar waren.



Figuur 3 *Overzicht van de boorlocaties.*

2.1.2 Validatieset met boormonsterbeschrijvingen

Om de ruimtelijke voorspellingen van de doelvariabelen veenbegindiepte en 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 vijftig locaties geloot (Figuur 3). Op deze locaties zijn in de periode februari-augustus 2022 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 om minimaal tot een diepte van 1,5 m onder maaiveld te boren.

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, wat het invullen vergemakkelijkt en (typ)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. Dit is belangrijk, omdat het bij de validatie om een aselechte steekproef gaat.

2.2 Modelleren veenbegindiepte en veendikte

Voor het vervaardigen van de kaarten van de veenbegindiepte en 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 kalibratieset en een validatieset voor het geostatistische model. 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. Het uitsluiten van de validatieset bij de kalibratie is belangrijk, omdat deze anders twee keer gebruikt zou worden, en daardoor de validatieresultaten een vertekend (te nauwkeurig) beeld geven.

De ruimtelijke interpolatie kan worden verbeterd door gebruik te maken van hulpinformatie. Hierbij moet worden gedacht aan kaartlagen, zoals een digitaal hoogtemodel en afgeleiden daarvan (bijvoorbeeld de relatieve maaiveldhoogte, d.w.z. de maaiveldhoogte op een locatie t.o.v. de gemiddelde maaiveldhoogte in de nabije omgeving van die locatie) en (afgeleiden van) de bodemkaart.

Zoals De Vries et al. (2014) al ondervonden, is het ruimtelijk interpoleren van veendiktes lastig. Dat komt doordat grote delen van het doelgebied geen veen (meer) in de ondergrond (0-120 cm) hebben. Deze delen hebben een veendikte van 0 cm. Het doelgebied is daarom op te splitsten in gebieden zonder veen en gebieden met veen binnen 1,2 m onder maaiveld. Om dit te kunnen modelleren, bedachten De Vries et al. in 2014 een slimme oplossing: ze maakten gebruik van twee afzonderlijke modellen die ze later integreerden:

- Model 1: modelleert de aan- of afwezigheid van veen.
- 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. In dit rapport zullen we de methodiek van De Vries et al. grotendeels volgen (zie De Vries et al. (2014, p. 32-34) voor meer details).

De boringen komen uit meerdere bronnen. Zie Tabel 1 voor een overzicht van de bronnen en het aantal boringen per bron. Relatief veel waarnemingen zijn gecensureerd. Gecensureerde waarnemingen zijn waarnemingen waarbij de onderkant van het veen niet binnen de boordiepte is aangetroffen. Bij het kalibreren van de modellen houden we expliciet rekening met gecensureerde waarnemingen.

We modelleren als volgt. We beginnen met het fitten van *random forest modellen* (Breiman, 2001). Dit zijn niet-lineaire *machine learning modellen*, die we als het ware gebruiken we om hulpvariabelen in te dikken tot een enkele continue variabele. Vervolgens gebruiken we deze continue variabele als hulpvariabele in een geostatistisch model. De parameters van dit geostatistisch model fitten we o.b.v. *maximum likelihood*, zodat we gecensureerde waarnemingen expliciet kunnen meenemen (dit wordt ook wel Tobit modelering genoemd). De *random forestmodellen* fitten we met als trainingset de ongecensureerde data en bijbehorende hulpvariabelen (*covariates*). Voor de veendikte maken we gebruik van maaiveldhoogte en de bodemkaart als hulpvariabelen; voor de veendiepte gebruiken we ook nog de relatieve maaiveldhoogte.

We gebruiken de validatieset om de predictiekaarten te valideren van veenbegindiepte en veendikte. Dit doen we door verschillen (fouten) uit te rekenen tussen de waargenomen veendiktes en -diepten op de validatielocaties en de berekende diktes en diepten 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.

Tabel 1 Aantal gebruikte boorbeschrijvingen per bron, verdeeld in wel of niet gecensureerd.

HERKOMST	Aantal ongecensureerd	Aantal gecensureerd	Totaal
BISNederland (vanaf 2000)	50	16	66
DINOloket	4	14	18
Kalibratie (2022)	284	93	377
Stouthamer e.a. (2008)	169	72	241
Validatie (2022)	31	19	50

2.3 Actualiseren bodemkaart

In Vijfheerenlanden komen volgens de bestaande bodemkaart (BRO-versie 2021) veengronden, moerige gronden, kalkhoudende zandgronden, en kalkhoudende en kalkloze rivierkleigronden voor (Figuur 2). Bij het classificeren van gronden zijn het voorkomen van veen, de begindiepte en de dikte van veenlagen van groot belang. Met behulp van recente predictiekaarten van de veenbegindiepte en de veendikte kan de kwaliteit van de bodemkaart worden verbeterd. Omdat de bodemkaart informatie geeft van de profielopbouw tot 1,2 m onder maaiveld, zijn met deze predictierasters alleen gebieden te actualiseren waar de eerste veenlaag binnen deze diepte begint en voldoende dik is. Veenlagen dunner dan 10 à 15 cm zijn in de bodemclassificatie niet onderscheidend. Via de code op de bodemkaart (BRO-versie 2021), inclusief een eventuele toevoeging (*bijzonder kenmerk onderlaag*), is deze selectie eenvoudig uit te voeren.

Naast een actualisatie met behulp van predictiekaarten van gebieden waar binnen 1,2 m onder maaiveld veen van voldoende dikte is onderscheiden, is ook een revisie uit te voeren op gebieden waar binnen 1,2 m–mv veen ontbreekt. Hiervoor gebruiken we andere informatie. Een digitaal hoogtemodel (AHN) en de aanvullende set van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen zijn hiervoor zeer geschikt, maar ook recente topografische kaarten, luchtfoto's en de Geomorfologische Kaart.

Tot slot zijn met behulp van bovengenoemde bestanden wijzigingen doorgevoerd in de begrenzing van vlakken van bodemkundig belang.

2.3.1 Aanpassingen van gebieden met behulp van de predictierasters

Het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker & Schelling, 1989) dicteert voor elke combinatie van bodemcode en 'toevoeging achter' (*bijzonder kenmerk onderlaag*) een klasse voor de veenbegindiepte en veendikte. Tabel 2 geeft voor de onderscheiden combinaties van bodemcode met 'toevoeging achter' in Vijfheerenlanden de bijbehorende klassen. Voor het aanpassen van gebieden met behulp van de predictierasters zijn voor de 'toevoeging achter' alleen de codes 'w' en 'v' van belang. Alleen deze twee codes geven informatie over de veenbegindiepte en veendikte. De interactieve legenda <https://legenda-bodemkaart.bodemdata.nl/> geeft voor elk van deze codes een volledige beschrijving (zie ook Paragraaf 1.6).

Als de voorspelde veenbegindiepte en/of veendikte van de predictierasters buiten de klassen van de bestaande bodemcode en/of toevoeging valt, dan volgt hierop een aanpassing. Meestal betreft het een aanpassing van grenzen van bodemeenheden op de kaart; in een enkel geval moet de bodemcode en/of de 'toevoeging achter' zelf worden aangepast.

Tabel 2 Combinaties van bodemcodes en 'toevoeging achter' met klasse-indelingen voor begindiepte en dikte van het veen van de gronden die volgens de Bodemkaart V2021 voorkomen in Vijfheerenlanden.

Hoofdgroep of Bodemcode	Toevoeging achter	Begindiepte veen (cm)	Veendikte (cm)
Veengronden			
Vc		< 15	> 40
pVc		15-40	> 40
kVb		15-40	> 40
kVc		15-40	> 40
kVk		15-40	> 40
Moerige gronden			
Wo		15-40	15-40
Kalkhoudende zandgronden			
(k)Zn30A		> 120	< 15
Zn50A		> 120	< 15
Kalkhoudende rivierkleigronden			
Rd10A		> 120	< 15
Rd90A		> 120	< 15
Rn15A		> 120	< 15
Rn52A		> 120	< 15
Rn66A		> 120	< 15
Rn66A	v	80-120	> 40
Rn95A		> 120	< 15
Rn95A	v	80-120	> 40
Rv01A		40-80	> 40
AO		-	-
Kalkloze rivierkleigronden			
pRn86		> 120	< 15
pRn86	v	80-120	> 40
pRn86	w	40-80	15-40
pRv81		40-80	> 40
Rn44C		> 120	< 15
Rn44C	v	80-120	> 40
Rn44C	w	40-80	15-40
Rn47C		> 120	< 15
Rn47C	v	80-120	> 40
Rn47C	w	40-80	15-40
Rn62C		> 120	< 15
Rn67C		> 120	< 15
Rn67C	v	80-120	> 40
Rn94C		> 120	< 15
Rn94C	v	80-120	> 40
Rn95C		> 120	< 15
Ro40C	v	80-120	> 40
Ro40C	w	40-80	15-40
Rv01C		40-80	> 40

2.3.2 Aanpassingen van gebieden met behulp van hulpinformatie

Gebieden waar binnen 1,2 m onder maaiveld veen ontbreekt of de veendikte dunner is dan 10 à 15 cm kunnen niet worden geactualiseerd met de predictierasters. Toch kunnen ook deze gebieden regelmatig nauwkeuriger worden afgegrensd en soms ook beter gecodeerd, door gebruik te maken van hulpinformatie zoals een digitaal hoogtemodel (AHN), de aanvullende set van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen, recente topografische kaarten, luchtfoto's en de Geomorfologische Kaart. De beoordeling hiervan vindt plaats via expertkennis en de eventuele aanpassingen in de bodemkaart worden handmatig uitgevoerd.

2.3.3 Aanpassingen in de begrenzing van vlakken van bodemkundig belang

Op dezelfde manier als beschreven in de voorgaande alinea kan met behulp van dezelfde hulpinformatie ook de begrenzing van vlakken van bodemkundig belang handmatig worden aangepast. De volgende eenheden kunnen hierop worden aangepast: open water, moeras, dijklichamen, sterk opgehoogde terreinen, terpen en uitbreidingen van bebouwd gebied.

3 Resultaten

3.1 Boormonsterbeschrijvingen

In de periode februari tot en met augustus 2022 zijn in Vijfheerenlanden in totaal op 427 locaties boormonsterbeschrijvingen opgesteld. Van dit aantal zijn 377 toegevoegd aan de kalibratieset; de overige 50 vormen de validatieset. De afgesproken boordiepte bij dit project was 1,50 m onder maaiveld, maar vaak is de diepte vergroot voor een beter begrip van de opbouw van de ondergrond, maximaal tot 3,20 m onder maaiveld. Bijlage 1 geeft het boorprotocol en Figuur 3 toont de locaties van de boormonsterbeschrijvingen. Figuur 4 geeft twee voorbeelden van boorprofielen.



Figuur 4 Twee boorprofielen: links van een kalkrijke rivierkleigrond; rechts van een veengrond.

De nieuw verzamelde boormonsterbeschrijvingen zijn opgenomen in de landelijke database van de BRO (<https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens>). De boormonsterbeschrijvingen kunnen ook worden geraadpleegd op het portaal bodemdata.nl.⁷

3.2 Veengebindicte- en veendiktekaart

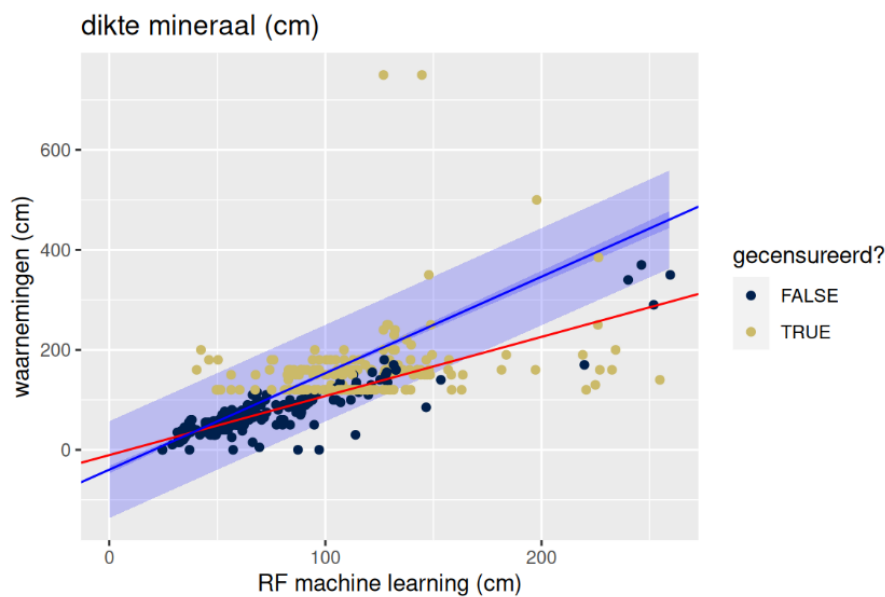
3.2.1 Veengebindictekaart

We beginnen met het zoeken naar een verband tussen een aantal potentieel verklarende variabelen (de zogenaamde covariates of hulpvariabelen) en de veengebindicte op de boorlocaties. Hierbij laten we in eerste instantie de gecensureerde waarnemingen weg. We gebruiken hiervoor een *random forest* model. Dit model gaf de beste resultaten voor de volgende covariates: de maaiveldhoogte, de veengebindicte(klasse) op basis van de bodemkaart en de relatieve maaiveldhoogte (zoekstraal van 500 m). Voor het beoordelen

⁷ <https://bodemdata.nl/bodemprofielen>

van het model gebruiken we *out-of-bag*-validatie. Deze validatiemethode is gebruikelijk bij een *random forest*-model.

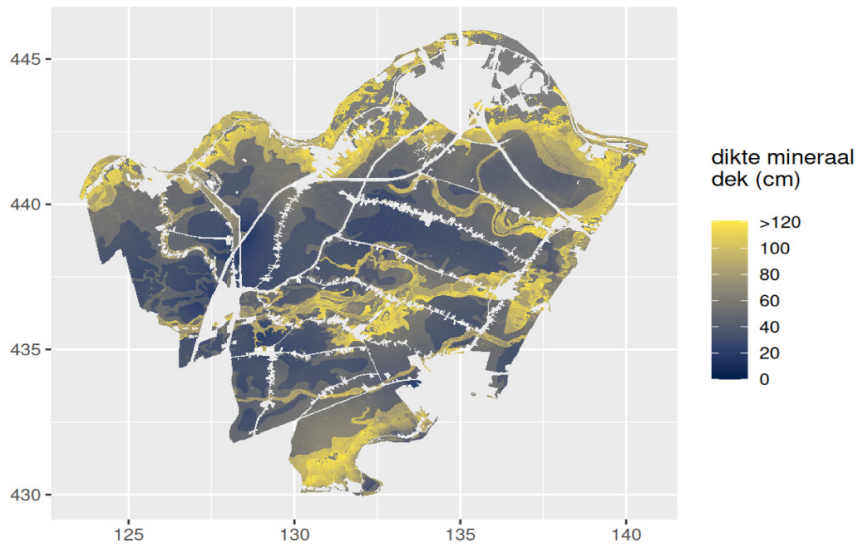
Het *random forest*-model negeert de gecensureerde waarnemingen. Het gaat daarbij om ca. 30% van de waarnemingen. Om deze informatie toch te kunnen gebruiken, fitten we een Tobit-model. Hiermee modelleren we de waargenomen gecensureerde én ongecensureerde veenbegindieptes op basis van de voorspelde veenbegindieptes door het *random forest* model. De resultaten zijn gegeven in Figuur 5. De rode lijn geeft de voorspelling als gecensureerde waarnemingen worden genegeerd, de blauwe lijn de voorspelling als de gecensureerde waarnemingen worden meegenomen. Door rekening te houden met gecensureerde waarnemingen krijgen we meestal diepere veenbegindieptes. We zullen dit Tobit-model gebruiken om de gecensureerde waarnemingen te vervangen door modelvoorspellingen. Deze data gebruiken we voor het opstellen van een geostatistisch model, waarbij we expliciet rekening houden met de betrouwbaarheid van de voorspellingen van het Tobit-model.



Figuur 5 Tobit-model (blauwe lijn) dat waarnemingen van de veenbegindiepte (ofwel dikte van minerale dek) relateert aan random forest-resultaten.

Het geostatistisch model bestaat uit twee componenten: de trend en het residu. De trend wordt verkregen op basis het *random forest* model, het residu is het verschil tussen de waarnemingen (veldwaarnemingen en resultaten Tobit-model) en de trend. Voor elke rastercel op de kaart is de waarde van de trend beschikbaar. De residuen zijn alleen beschikbaar op waarnemingslocaties. We zullen daarom de residuen op de waarnemingslocaties ruimtelijk interpoleren naar alle rastercellen. We zullen hierbij expliciet rekening houden met de betrouwbaarheid van de waarnemingen. Immers, we willen dat nauwkeurige waarnemingen van de veenbegindiepte meer bijdragen aan de uiteindelijke kaart dan gecensureerde waarnemingen, waarvan we meer onzeker zijn over de werkelijke veenbegindiepte. We gebruiken hiervoor de methode van Delhomme (1978). Door de kaart met de geïnterpoleerde residuen op te tellen bij de kaart met de trend wordt de kaart van de veenbegindiepte verkregen.

Figuur 6 geeft de kaart van de veenbegindiepte. We zien hier duidelijk de ruimtelijke patronen van de bodemkaart in terug, alsmede de invloed van het (lokale) reliëf. Op de oeverwallen van de Lek en de Linge en op de wat oudere stroomruggen (gele kleuren), die door het gebied grofweg lopen van oost naar west, is de begindiepte van veen het grootst. Niet zelden komt binnen 1,2 m onder maaiveld zelfs geen veen van betekenis voor. De veenbegindiepte is het kleinst (tot 15 cm onder maaiveld) in de rivierkommen in het midden van het gebied (blauwe kleuren), met name in het westelijke deel.

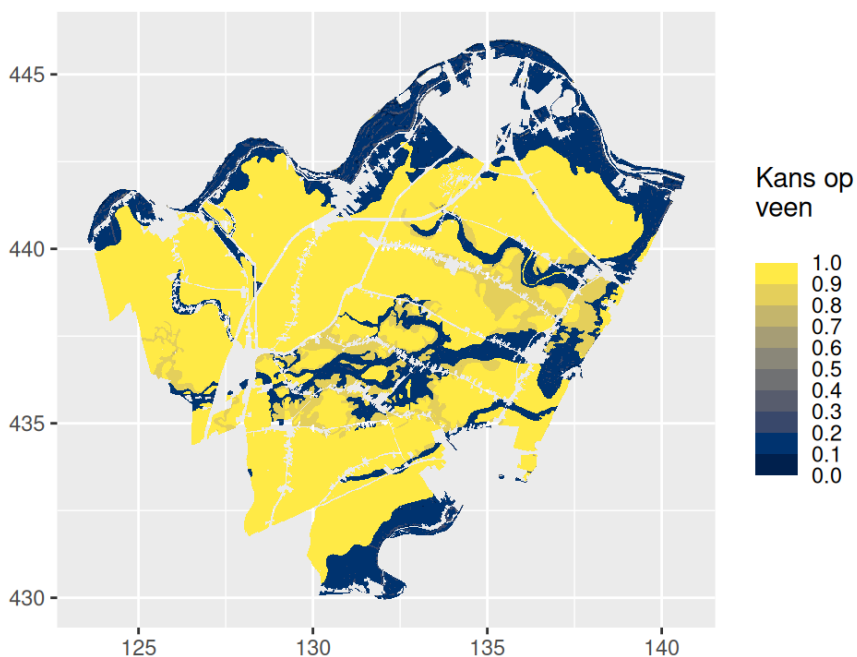


Figuur 6 Kaart van de veenbegindiepte (deze is gelijk aan de dikte van het minerale dek).

3.2.2 Veendiktekaart

Bij het maken van de veendiktekaart hebben we grotendeels de procedure in De Vries et al. (2014) gevolgd.

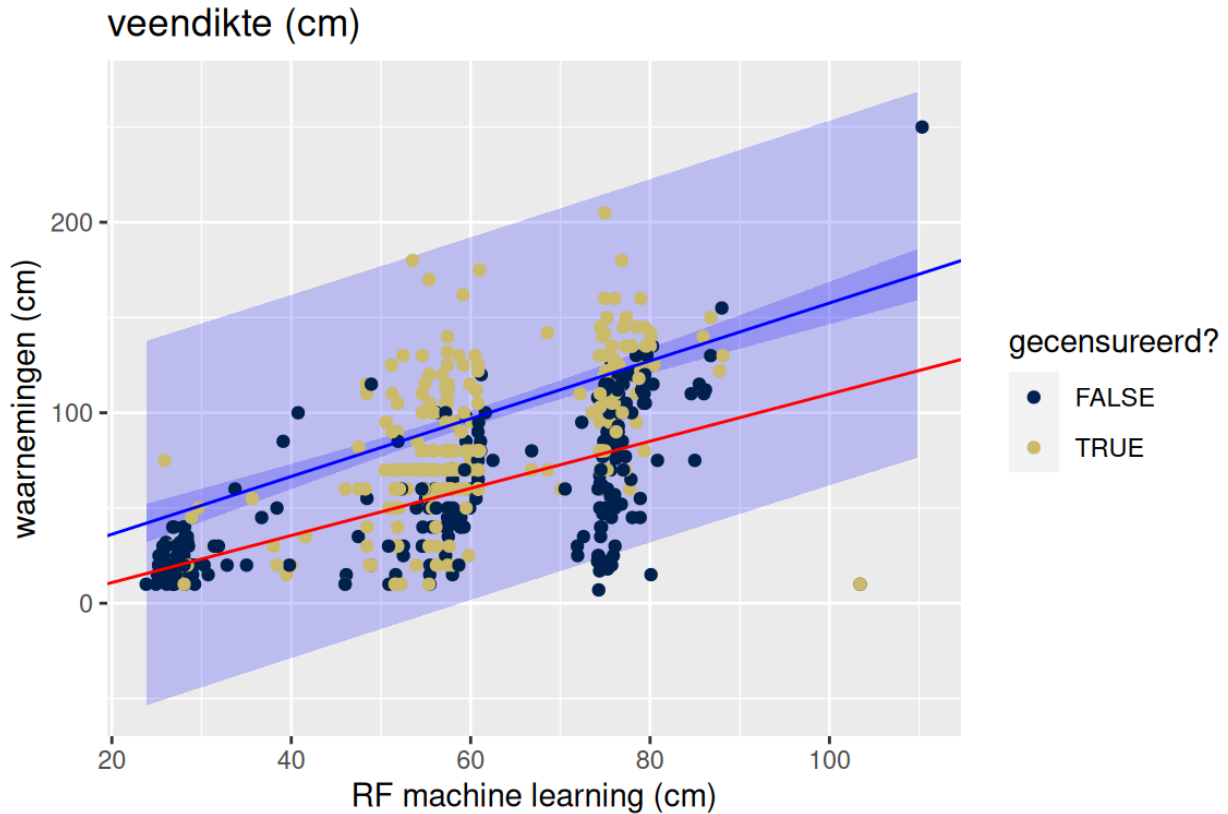
We zijn begonnen met het modelleren van de kans op veen. Daarvoor gebruiken we, net als De Vries et al., een *generalized linear model* (GLM). Het beste model (op basis van de kleinste Akaike Information Criterion) wordt verkregen door de aanwezigheid van veen te relateren aan de veendikte volgens de bodemkaart en de maaiveldhoogte. Dit levert een kaart op van de kans op veen (Figuur 7). We zien dat de kaart grote gelijkens vertoont met de ruimtelijke patronen op de bodemkaart.



Figuur 7 Kans op het voorkomen van veen tot een diepte van 120 cm.

Voor het berekenen van een veendiktekaart fitten we een *random forest*-model op een deel van de beschikbare data. We beschouwen alleen gegevens die niet voor validatie zijn bedoeld, die ongecensureerd zijn, en waar veen in de ondergrond is aangetroffen. Het beste *random forest*-model voorspelt de veendikte op basis van de veendikteklassen van de bodemkaart en de maaiveldhoogte.

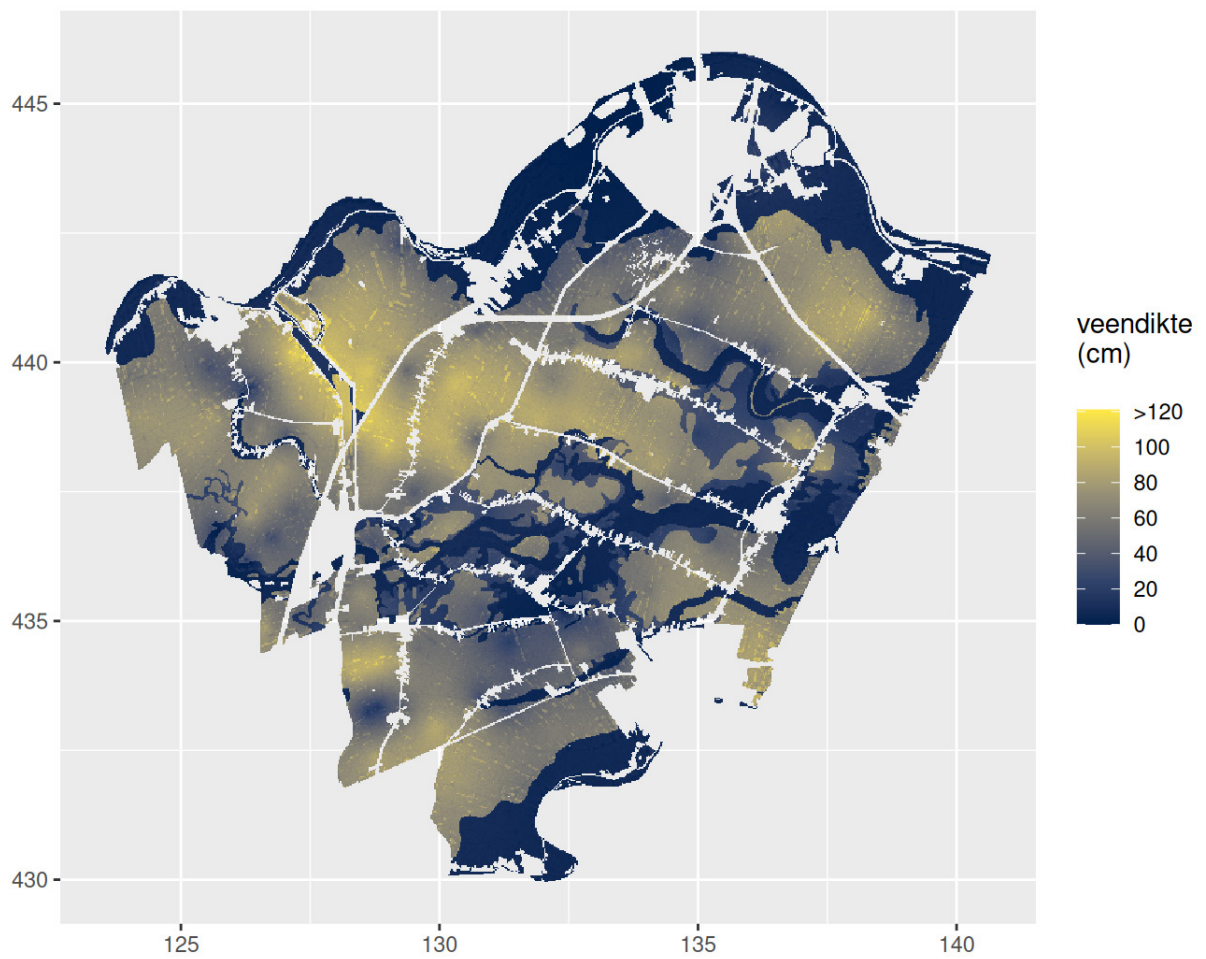
Net als bij de veenbegindieptekaart gaan we de gecensureerde waarnemingen toevoegen middels een Tobit-model. Figuur 8 geeft het resultaat van de Tobit-modelering, waarbij het verband is gemodelleerd tussen alle waarnemingen (gecensureerd én ongecensureerd) en de voorspellingen van het *random forest*-model.



Figuur 8 Tobit-model (blauwe lijn) dat waarnemingen van de veendikte relateert aan random forest-resultaten.

We zien dat het Tobit-model veel spreiding laat zien. We zijn dus niet zo zeker van de modelvoorspellingen van gecensureerde waarnemingen. Het is daarom belangrijk dat we de nauwkeurigheid van de voorspellingen expliciet meenemen in het geostatistische model. Onnauwkeurige voorspellingen krijgen minder gewicht dan harde waarnemingen in het geostatistische model. Deze kaart wordt in De Vries et al. (2014) de geconditioneerde veendiktekaart genoemd, d.w.z., de veendikte gegeven dat er veen is waargenomen. We willen echter een kaart voor het hele gebied. Met andere woorden: we willen de ongeconditioneerde veendikte (ongeacht of er veen in de ondergrond zit). Hiervoor maken we gebruik van de methode die beschreven staat in De Vries et al. (2014). Via stochastische simulatie combineren we de kans op veen en de geconditioneerde veendiktes. Dit leidt tot de ongeconditioneerde veendiktekaart. Deze is gegeven in Figuur 9.

Op de veendiktekaart zien we wederom de patronen van de bodemkaart goed terugkomen. De veendikte is het grootst in de rivierkommen (gele kleuren). Een dik veenpakket is vaak gekoppeld aan een geringe begindiepte van dit veen, maar niet altijd. Op de overgang van rivierkom naar oeverwal kunnen plaatselijk dikke veenpakketten voorkomen. Op de overgang van 'oude' stroomrug naar rivierkom kan daarentegen plaatselijk ondiep een dunne tussenlaag van veen voorkomen.



Figuur 9 Kaart van de veendikte.

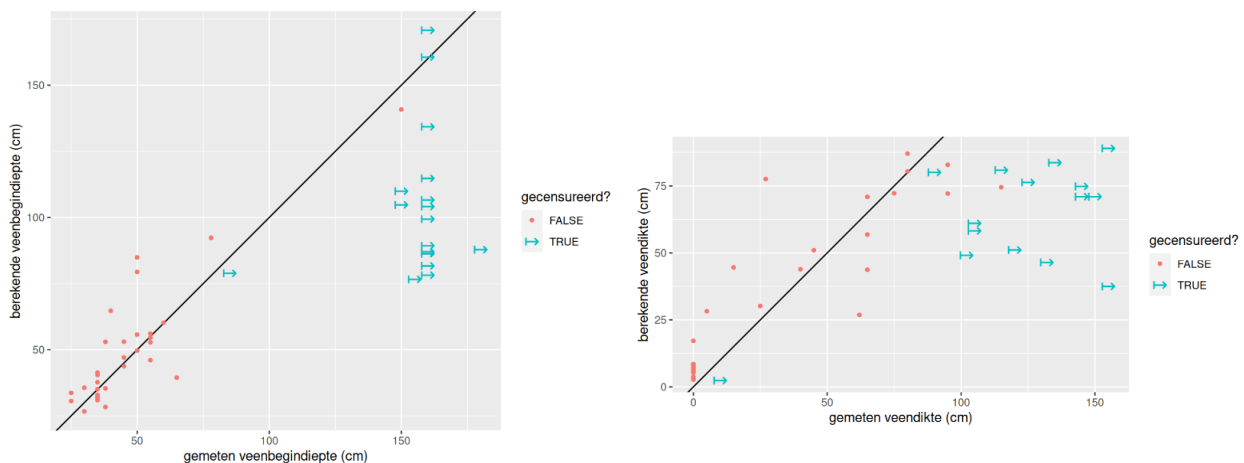
3.2.3 Validatie

De veenbegindiepte- en veendiktekaart worden gevalideerd aan de hand van een onafhankelijke dataset bestaande uit 50 boringen. Met onafhankelijk wordt bedoeld dat deze data niet zijn gebruikt voor het maken van de kaarten.

Net als de kalibratieset waarmee we de kaarten hebben gemaakt, bevat de validatieset relatief veel gecensureerde waarnemingen (Tabel 1 in Paragraaf 2.2). Dit compliceert de berekening van validatiestatistieken. Validatiestatistieken zijn dan ook gecensureerd. We weten dan alleen dat een fout groter is dan een bepaalde waarde. Om het maken van de kaarten en de validatie ervan te vereenvoudigen, zouden we het liefst geen gecensureerde waarnemingen willen hebben. In de praktijk betekent dit dat men moet doorboren tot de begindiepte van het veen is bereikt en het eerste veenpakket is doorboord. Dit is praktisch gezien helaas niet altijd mogelijk. Een andere manier om gecensureerde waarnemingen te voorkomen, is door de veenbegindiepte en de veendikte te begrenzen tot het bovenste deel van de bodem, ongeveer de bovenste 120 cm.

In het onderstaande zullen we zo goed en kwaad als het kan de kaarten valideren, rekening houdend met de gecensureerde waarnemingen.

In Figuur 10 (links) is de berekende veenbegindiepte uitgezet tegen de gemeten veenbegindiepte. Figuur 10 (rechts) geeft een soortgelijke figuur voor de veendikte.



Figuur 10 Berekende veenbegindiepte als functie van de gemeten veenbegindiepte (links) en berekende veendikte als functie van de gemeten veendikte (rechts).

Bij een foutloze kaart liggen alle punten (ongecensureerde waarnemingen) op de zwarte diagonale lijn. We zien relatief veel variatie rond de lijn. De pijlen geven de gecensureerde waarnemingen weer. De linkerkant van een pijl geeft de maximale boordiepte weer (censuurgrens). De gemeten veenbegindiepte of veendikte is dan groter dan deze censuurgrens (richting van de pijl). Je verwacht dat de pijlen starten boven de zwarte lijn. De berekende veenbegindieptes en veendiktes zijn dan groter dan de gecensureerde gemeten veenbegindieptes en veendiktes. We zien echter dat de veenbegindieptes en de veendiktes worden onderschat bij gecensureerde waarnemingen.

De validatieresultaten kunnen we samenvatten met robuuste statistieken. Als maat voor de systematische fout gebruiken we de mediane fout, als maat voor de willekeurige fout gebruiken we de MAD (*median absolute deviation*). Voor de veenbegindiepte is de mediane fout $>2,2$ cm. Deze is dus ook gecensureerd. Voor de veendikte is de mediane fout $-3,1$ cm. Dat wil zeggen dat de systematische fout beperkt is (kleine overschatting). Kijken we naar de willekeurige fout, dan blijkt dat de MAD voor de veenbegindiepte door het grote aantal gecensureerde waarnemingen niet kan worden berekend. Voor de veendikte bedraagt de MAD $15,6$ cm. Deze waarde is, gelet op de gemeten veendiktes tot meer dan 150 cm, beperkt.

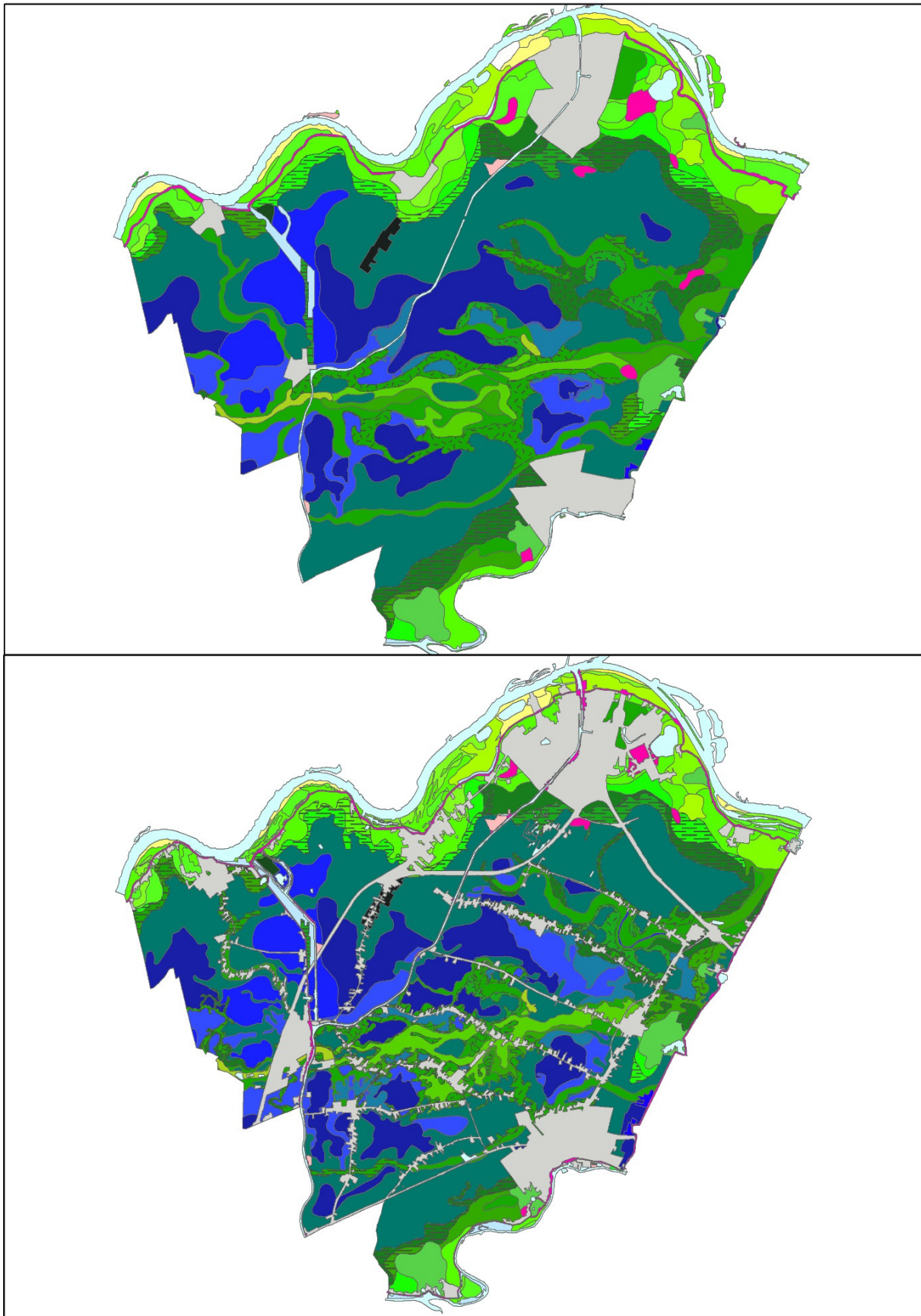
3.3 Geactualiseerde Bodemkaart

In Bijlage 2 is de nieuwe bodemkaart van Vijfheerenlanden, op schaal 1:25.000 weergegeven. Figuur 11 toont de bodemkaart van Vijfheerenlanden voor en na de actualisatie van 2022. Voor de bijbehorende legenda verwijzen we naar Figuur 2 of Bijlage 2. Wat bij het vergelijken van de twee bodemkaarten in Figuur 11 direct opvalt, is de verhoogde detaillering na de actualisatie. Dit is mogelijk, omdat door de extra financiering van de provincie Utrecht een grotere waarnemingsdichtheid behaald kon worden dan voor de actualisatie op een schaal van 1:50.000 gebruikelijk is. Hierdoor zijn op 175 extra locaties bodemkundige boormonsterprofielen beschreven waardoor, in combinatie met gebruik van hulpinformatie, een detaillering passend bij schaal 1:25.000 mogelijk was.

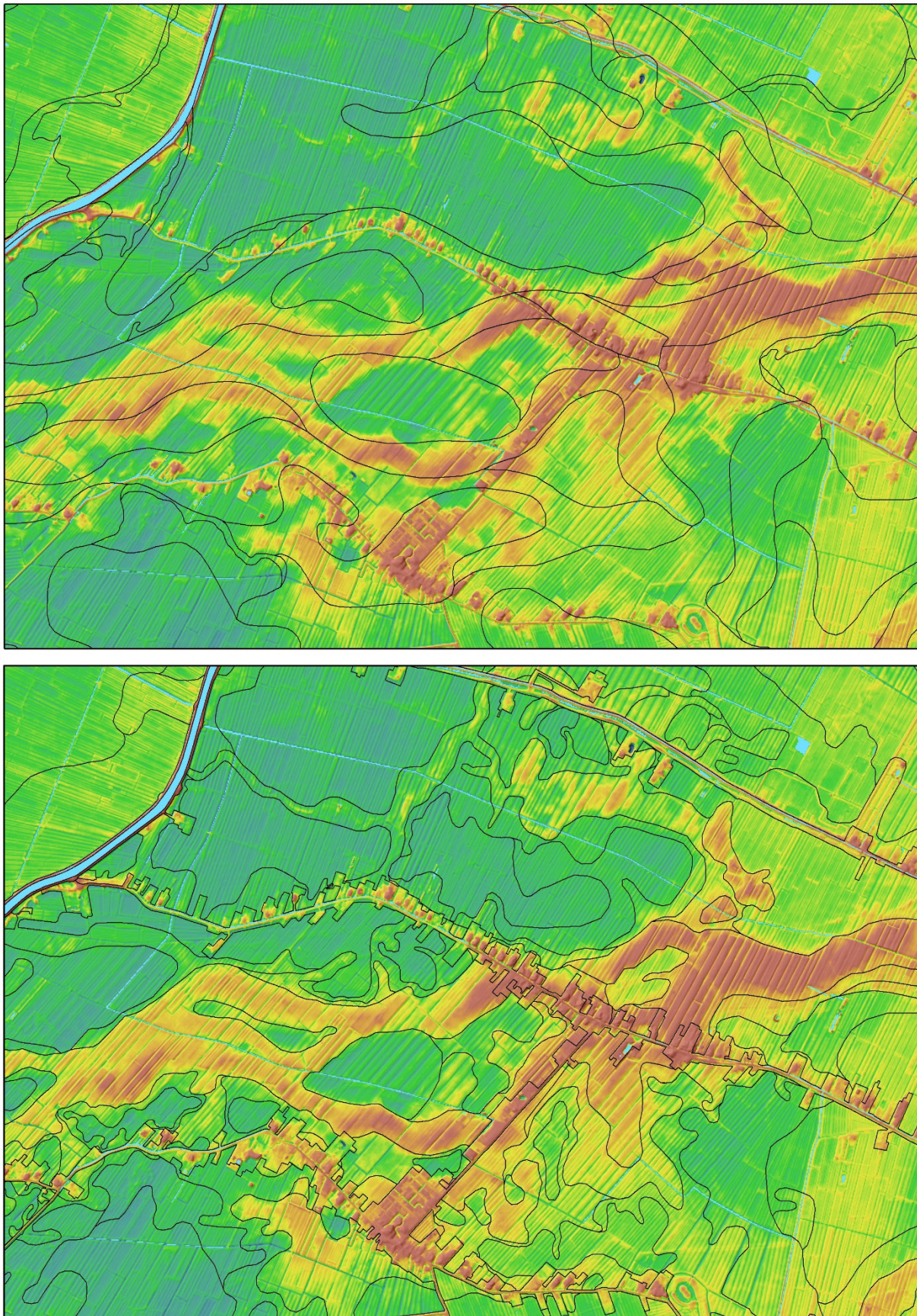
De BRO-bodemkaart is voor het grondgebied van de gemeente Vijfheerenlanden aangepast met behulp van de hierboven beschreven bodemkaart, schaal 1:25.000. Hoewel de BRO-bodemkaart een schaal heeft van 1:50.000, is bij de aanpassing alleen voor bebouwd gebied gegeneraliseerd. In Vijfheerenlanden komt veel lintbebouwing voor en dat zou op schaal 1:50.000 resulteren in een sterk versnipperd kaartbeeld. Alle overige bodemvelden van de bodemkaart van Vijfheerenlanden zijn een-op-een overgenomen op de BRO-bodemkaart. Hiermee heeft het gebied van Vijfheerenlanden, overigens net als de meeste eerder geactualiseerde deelgebieden van de BRO-bodemkaart, een hogere resolutie dan de gebieden die nog niet zijn geactualiseerd. Verder zijn op de geactualiseerde BRO-bodemkaart grenzen van bodemeenheden, gelegen net buiten de rand van de gemeente Vijfheerenlanden, incidenteel aangepast om goed aan te sluiten op de grenzen van bodemeenheden binnen de gemeente.

Behalve dat de BRO-bodemkaart na de actualisatie een hogere resolutie gekregen heeft, is door gebruik te maken van een digitaal hoogtemodel als hulpinformatie, ook de positionering van de bodemvelden verbeterd. Een fraai voorbeeld hiervan is uitgewerkt in Figuur 12. Hierin is duidelijk te zien dat de begrenzing van bijvoorbeeld de kenmerkende, relatief hoger gelegen stroomruggen op de bodemkaart voor de actualisatie soms naast de 'rug' (rode kleur) zijn ingetekend. De nieuwe begrenzing wordt bevestigd door de informatie in de boormonsterprofielen. Op de geactualiseerde bodemkaart is dit gecorrigeerd.

De totale oppervlaktes van de in de gemeente Vijfheerenlanden onderscheiden combinaties van bodemcode met 'toevoeging achter' kunnen door de actualisatie verschoven zijn. Tabel 3 laat de verschillen in areaal zien van voor en na de actualisatie.



Figuur 11 Fragment van de bodemkaart van de gemeente Vijfheerenlanden voor (boven) en na (onder) de actualisatie (zie voor legenda Figuur 2).



Figuur 12 Fragment van de bodemkaart binnen de gemeente Vijfheerenlanden voor (boven) en na (onder) de actualisatie in combinatie met het AHN (rode kleuren zijn hogere delen: stroomruggen en donkergroene kleuren lagere delen: rivierkommen).

Tabel 3 Combinaties van bodemcodes en 'toevoeging achter' in Vijfheerenlanden met oppervlakteverdeling voor en na de actualisatie.

Hoofdgroep of Bodemcode	Toevoeging achter	Oppervlakte (ha)	
		voor	na
Veengronden			
Vc		17	15
pVc		41	44
kVb		1616	1570
kVc		589	466
kVd		0	8
kVk		651	713
Moerige gronden			
Wo		234	298
Kalkhoudende zandgronden			
(k)Zn30A		114	91
Zn50A		23	11
Kalkhoudende rivierkleigronden			
Rd10A		184	176
Rd90A		359	198
Rn15A		152	145
Rn52A		199	198
Rn66A		175	141
Rn66A	v	242	203
Rn95A		689	605
Rn95A	v	17	54
Ro60A		0	1
Rv01A		13	15
AO		302	263
Kalkloze rivierkleigronden			
pRn86		43	52
pRn86	v	37	21
pRn86	w	43	40
pRv81		42	35
Rn44C		48	139
Rn44C	v	571	286
Rn44C	w	287	206
Rn47C		1129	659
Rn47C	v	25	123
Rn47C	w	472	425
Rn62C		62	38
Rn67C		378	306
Rn67C	v	40	31
Rn67C	w	0	37
Rn94C		1	0
Rn94C	v	110	51
Rn95C		269	377
Ro40C	v	106	129
Ro40C	w	127	119
Rv01C		4146	4074
Overige Onderscheidingen			
b AFGRAV		24	0
c OPHOOG		15	20
f TERP		110	58
g MOERAS		88	107
g WATER		86	136
h BEBOUW		997	1913
h DIJK		107	237

3.4 Geactualiseerde Geomorfologische Kaart

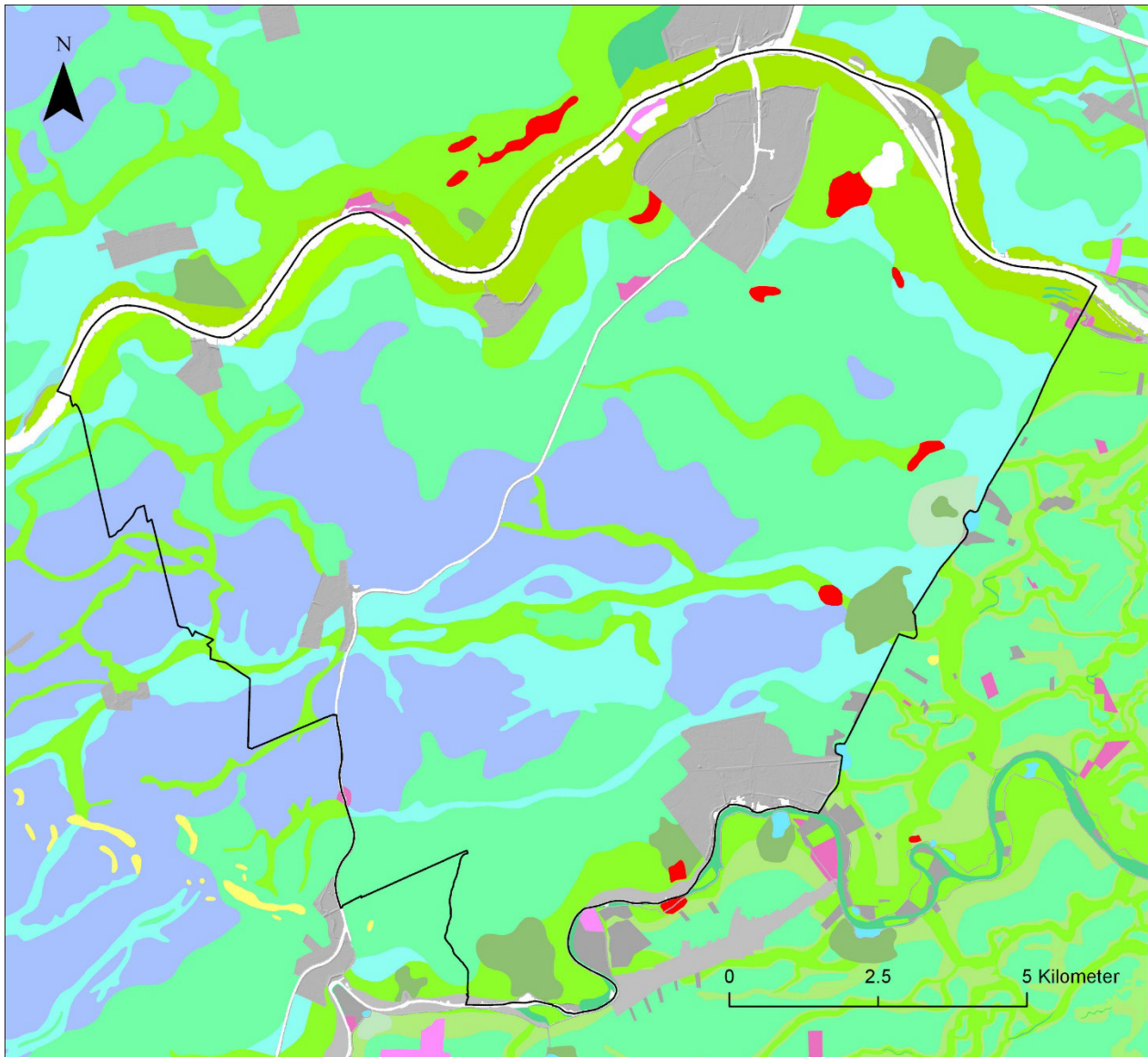
Naar aanleiding van de actualisatie van de Bodemkaart voor Vijfheerenlanden, is besloten om ook de Geomorfologische Kaart van dit gebied te actualiseren met behulp van de vernieuwde Bodemkaart. Binnen Vijfheerenlanden bestaat een sterke relatie tussen de geomorfologie en de bodem in de landvormen met een lichte ondergrond (zavel of zand), waardoor dit gebied uitermate geschikt is voor een samenwerking tussen de actualisatie van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart.

De actualisatie van de Geomorfologische Kaart fungeert als een verlengde van de actualisatie van de Geomorfologische Kaart voor het centraal en oostelijk rivierengebied, die in 2014 heeft plaatsgevonden. Bij deze actualisatie vormde de Diefdijk de westgrens van het gebied, waardoor er aan weerszijden van de dijk een zichtbaar verschil in kaartkwaliteit ontstond (Figuur 13). Tijdens de actualisatie van de Geomorfologische Kaart van Vijfheerenlanden wordt deze harde grens in het kaartbeeld rondom de Diefdijk verholpen, zodat de kaart beter aansluit op de actualisatie van het centraal en oostelijk rivierengebied. De geactualiseerde Geomorfologische Kaart van Vijfheerenlanden zal in 2023 via de Basisregistratie Ondergrond (BRO) worden gepubliceerd. Op het moment van schrijven van dit rapport is de nieuwe versie van de Geomorfologische Kaart nog in ontwikkeling.

De geomorfologie van Vijfheerenlanden kenmerkt zich voornamelijk door een afwisseling van fluviatiele landvormen. Het gebied wordt in het noorden en het zuiden begrensd door de actieve stroomgordels van respectievelijk de Lek en de Linge. De tussenliggende rivierkom heeft afwisselend een venige, moerige of minerale opvulling en wordt doorkruist door een wirwar van verlaten stroomruggen en crevasses. Enkele minder voorkomende landvormen binnen dit gebied zijn terpen, dijkdoorbraakwaaiers, wielen en restgeulen.

De actieve en verlaten stroomruggen, doorbraakwaaiers en crevasses liggen door de inklinking van de omliggende rivierkom relatief hoog in het landschap. De restgeulen binnen de verlaten stroomruggen liggen juist relatief laag vanwege de inklinking van hun opvulling. Deze landvormen zijn gemakkelijk te herkennen en af te bakenen vanwege hun relatieve ligging in het landschap (Figuur 13). Voor de actualisatie van deze vormen in zowel de Geomorfologische Kaart als de Bodemkaart is, naast veldonderzoek, gebruikgemaakt van hulpinformatie zoals het AHN4, aanvullende boringen en de zandbanenkaart (Cohen et al., 2012). Door overeenstemming tussen de bodemkundigen en geomorfologen zijn de grenzen van deze landvormen en bijbehorende bodems bepaald, waardoor deze grotendeels overeenkomen in de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart.

Door het vlakke reliëf van de rivierkom is er op basis van het AHN4 geen duidelijk onderscheid te maken tussen de verschillende typen opvulling (venig, moerig of mineraal); hiervoor is bodemkundig onderzoek nodig. De begrenzing van deze landvormen is daarom bij de actualisatie van de Geomorfologische Kaart volledig aangepast op begrenzing van de geactualiseerde Bodemkaart en het bijbehorende veldonderzoek.



B: Geïsoleerde heuvels, heuvelruggen en dijken

- B44 Stroomrug of stroomgordel
- B45 Oeverwal
- B47 Crevasserug
- B57 Rivierduin
- B91 Terp (wierd) of hoogwatervluchtplaats

F: Plateau-achtige vormen

- F91 Plateau-achtige storthoop, opgespoten terrein of kunstmatig eiland

G: Waaivormige glooiingen

- G41 Doorbraakwaaier

H: Niet-waaivormige glooiingen

- H43 Stroomrugglooiing

L: Heuvels en heuvelruggen met bijbehorende vlakten en laagten

- L42 Meanderruggen en -geulen
- L91 Storthopen met grind-, zand-, kleigaten of ijzerkuilen

M: Vlakten

- M45 Vlakte van rivierafzettingen
 - M46 Rivierkomvlakte
 - M47 Vlakte van fluviatiele doorbraakafzettingen
 - M48 Rivierkom en oeverwalachtige vlakte
 - M79 Aanwasvlakte
 - M81 Ontgonnen veenvlakte
 - M93 Vlakte ontstaan door afgraving of egalisatie
- N: Niet-dalvormige laagten**
- N41 Rivier-erosielaagte, kolk/wiel
 - N94 Laagte ontstaan door afgraving
- R: Dalen**
- R43 Restgeul
 - R44 Overloop- of crevassegeul

Figuur 13 Fragment van de oude Geomorfologische Kaart (versie 2021) binnen de gemeente Vijfheerenlanden.

4 Conclusies

In dit project is van het grondgebied van de gemeente Vijfheerenlanden bodemkundige informatie verzameld en verder uitgewerkt tot een aantal producten die hieronder worden benoemd.

Belangrijke producten en conclusies zijn:

- Voor de wettelijke onderzoekstaak is de BRO-bodemkaart via digitale bodemkartering geactualiseerd voor het grondgebied van de gemeente Vijfheerenlanden. In de loop van dit jaar is deze nieuwe versie te raadplegen in de landelijke database van de BRO (<https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen>).
- Hiervoor zijn 252 bodemkundige boormonsterprofielen beschreven. Voor hetzelfde grondgebied zijn, in opdracht van de provincie Utrecht, aanvullend 175 bodemkundige boormonsterprofielen opgesteld. De in totaal 427 bodemkundige boormonsterbeschrijvingen zijn inmiddels opgenomen en te raadplegen in de landelijke database van de BRO (<https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens>).
- De hierboven genoemde 427 bodemkundige boormonsterprofielen zijn gebruikt om een detailbodemkaart te maken van de gemeente Vijfheerenlanden, schaal 1:25.000. Aan het einde van dit jaar is deze detailbodemkaart te raadplegen in de database BIS Nederland van WENR (<https://bodemdata.nl/>).
- Voor het grondgebied van de gemeente Vijfheerenlanden zijn een veenbegindieptekaart en een veendiktekaart gemaakt. De veendiktekaart is opgenomen in de landelijke kaart en is in de loop van dit jaar te raadplegen op bodemdata.nl (<https://bodemdata.nl/themakaarten>). Van de veenbegindieptekaart wordt geen landelijke kaart bijgehouden.
- Voor het uitvoeren van de kalibratie bij de modelering van de veenbegindiepte- en veendiktekaart is gebruikgemaakt van 702 boorbeschrijvingen (66 uit BIS Nederland, 18 uit DINOloket, 241 van Stouthamer et al. (2008) en 377 nieuwe boorbeschrijvingen van WENR) over een doelgebied van ca. 15.000 ha. Dit komt neer op een dichtheid van ca. 1 boring per 21 ha.
- Om de ruimtelijke voorspellingen van de veenbegindiepte en veendikte te toetsen, is een onafhankelijke validatieset met 50 boormonsterbeschrijvingen samengesteld. Uit de validatie blijkt dat de mediane fout >2,2 cm bedraagt voor de veenbegindiepte en -3,1 cm voor de veendikte. De mediane fout is een maat voor de systematische fout. Daar bovenop komt nog de willekeurige fout: voor de veendikte is die 15,6 cm. Voor de veenbegindiepte is deze vanwege het grote aantal gecensureerde waarnemingen niet te berekenen.
- Uit de gegevens van de geactualiseerde BRO-bodemkaart blijkt dat van de in totaal ca. 15.000 ha, bij 1.663 ha (11%) wijzigingen zijn doorgevoerd. De wijzigingen worden vooral veroorzaakt door uitbreidingen van bebouwd gebied (916 ha). Voor de combinaties van bodemcode en 'toevoeging achter' geldt dat voor 543 ha (3,6%) wijzigingen in de bodemcode en/of in de 'toevoeging achter' zijn doorgevoerd.
- De Geomorfologische Kaart van Nederland is met behulp van de geactualiseerde bodemkaart voor het grondgebied van de gemeente Vijfheerenlanden geactualiseerd. Vooral de stroomruggordels met een lichte ondergrond (zand en zavel) zijn hierdoor beter op kaart gezet.

Literatuur

- Akker, J.J.H. van den, 2005. *Maaiveldvaling en verdwijnende veengronden*. In: Rienks, W.A. en A.L. Gerritsen, 2005. *Veenweide 25x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen*. Wageningen Universiteit en Researchcentrum.
- 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., G.J. Maas, C. Teuling, T.T.L. Harkema en S.J.E. Verzandvoort, 2021. *Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland: actualisatie 2020-2021 en toepassing. Deelgebieden Gelderse Vallei-Zuid en -West en Veluwe-Zuid*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 134.
- Brouwer, F. en D. Walvoort, 2020. *Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 177.
- 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.
- 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.
- Cohen K.M., E. Stouthamer, H.J. Pierik, A.H. Geurts, 2012. *Digitaal Basisbestand Paleogeografie van de Rijn-Maas Delta*. Dept. Fysische Geografie. Universiteit Utrecht. Digitale Dataset.
- 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>).

Verantwoording

WOT-rapport: 151

BAPS-projectnummer: WOT-04-013-003

WOT Natuur & Milieu hecht grote waarde aan de kwaliteit van eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard deel uit van het kwaliteitsbeleid.

Dit project werd uitgevoerd en begeleid door Wageningen Environmental Research (WENR). De werkwijze werd afgestemd met Daniëlle de Deken en Hans Mankor van de provincie Utrecht.

Simone Verzandvoort heeft de interne review van dit rapport uitgevoerd.

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

Gereviewd door

functie: onderzoeksredacteur

naam: Simone Verzandvoort

datum: 24-02-2023

Akkoord Extern contactpersoon

functie: senior beleidsmedewerker LNV

naam: Frans Lips

datum: 01-05-2023

Akkoord Intern contactpersoon

naam: Dorothée van Tol-Leenders

datum: 29-03-2023

Bijlage 1 Instructies voor het veldwerk

Project 5200047394 BRO-Bodemkaart 2022 Actualisatie bodemkaart van Vijfheerenlanden

Instructies voor het maken van boorbeschrijvingen

Het doel van dit project is het actualiseren van de bodemkaart van de gemeente Vijfheerenlanden en deze te verfijnen tot een schaal 1:25.000. De methode die we hiervoor willen gebruiken, is een digitale bodemkartering (DBK). We maken daarbij primair gebruik van gegevens uit boorbeschrijvingen. Voor digitale bodemkartering zijn in dit gebied nog onvoldoende actuele boorbeschrijvingen beschikbaar. Daarom zijn er ca. 450 locaties aangewezen voor het maken van nieuwe beschrijvingen van de profielopbouw, waarvan 400 behoren tot de kalibratie- en 50 tot de validatieset. Het veldwerk in Vijfheerenlanden start in februari en loopt door tot augustus van dit jaar.

Locaties

In totaal dienen er in Vijfheerenlanden dus 450 locaties bezocht te worden. De locaties zitten in een 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 telkens een volledige boorbeschrijving wordt gemaakt. De gemeente Vijfheerenlanden is voor dit doel opgedeeld in 39 veldkaarten. Een veldkaart is in dit project onverdeelbaar en wordt dus volledig door **één karteerder** uitgewerkt. Per veldkaart kun je zelf bepalen in welke volgorde je de locaties bezoekt en nummert. Maak onderling **duidelijke afspraken** over de verdeling van de veldkaarten om te voorkomen dat een veldkaart dubbel worden uitgewerkt.

Bepalen locatie in het veld

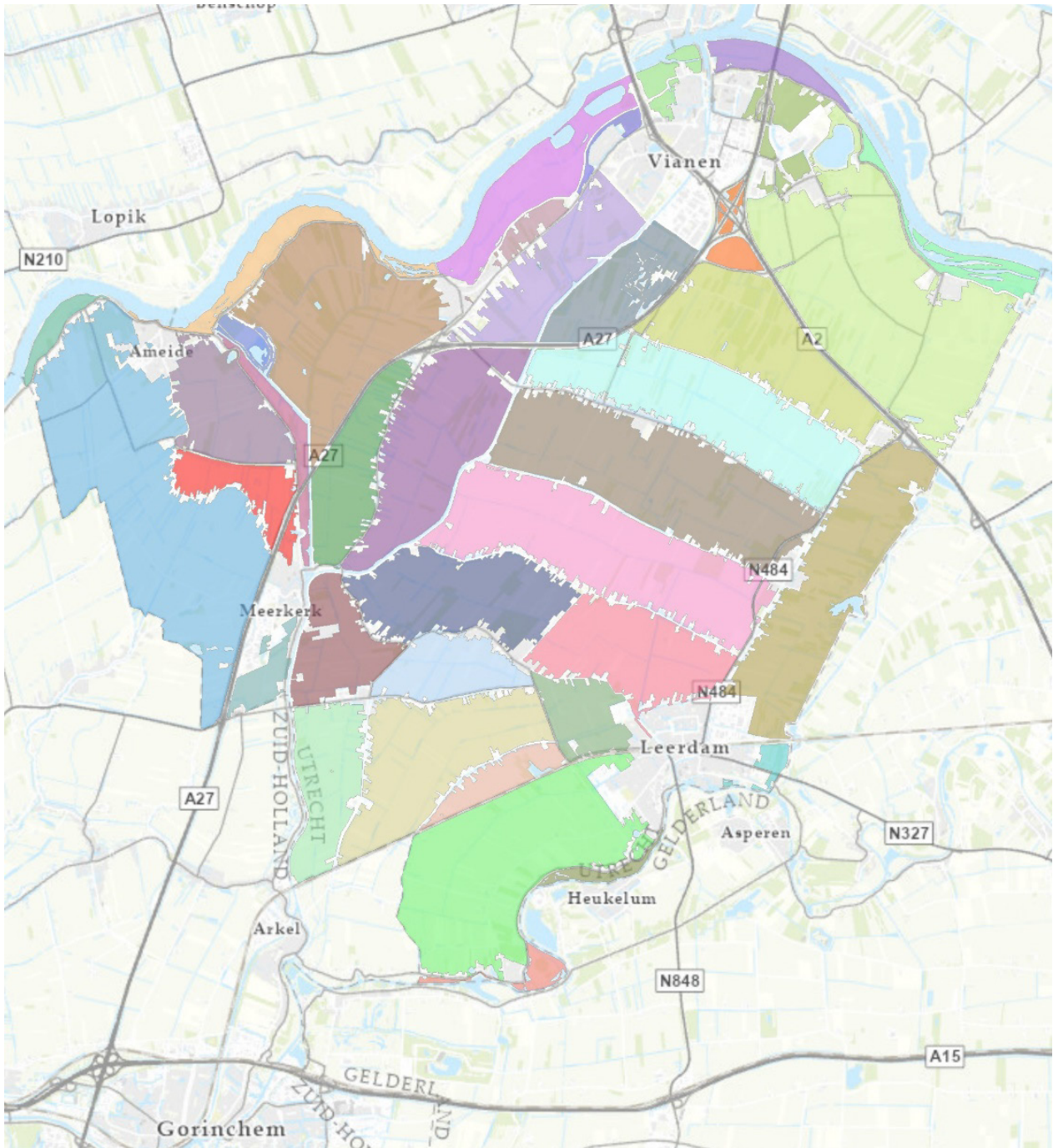
Er zijn twee soorten boorlocaties:

- **Kalibratiepunten** (400 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 bebouwd gebied ligt of wanneer je geen toestemming krijgt, kun je het punt verplaatsen naar een buurperceel. Bij het kiezen van een andere locatie moet je zo dicht mogelijk in de buurt blijven (zeker binnen dezelfde veldkaart).
- **Validatiepunten** (50 stuks), op de kaart met een ster aangegeven. Voor deze punten geldt een strenge eis dat de boring exact (d.w.z. binnen de nauwkeurigheid van de gps en veldcomputer, ca. 15 m) 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–mv (bij gebruik van de guts is het aan te bevelen om de gehele diepte tot ca. 2,1 m–mv te beschrijven). Wanneer je er aanleiding toe ziet of dit interessant vindt, mag je incidenteel dieper boren, maar dit valt buiten de officiële opdracht.
- Bij elk punt een volledige boorbeschrijving maken met boorstatenformulier in VeldGIS, inclusief een schatting van de GHG en GLG (opname van de actuele grondwaterstand is niet nodig, maar wanneer je een redelijk ingestelde stand kunt opnemen direct na het beëindigen van de boorbeschrijving, dan zeker doen).
- 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 of anders 'gemiddelde' profielopbouw. Verwerking aangeven in de standaardpunctencode.
- Bij aantreffen van een (grof) mengsel van klei en veen, deze componenten afzonderlijk beschrijven, bijv. 1A/ en 1Cg/ en daarbij de mengverhouding aangeven (%). Bij verwerking van horizonten met gelijksoortig moeder materiaal (org. stof, textuur en geo-code) hoeft dit niet en kan een beschrijving volstaan binnen één laag, bijv. 1A/Cg.

Veldkaartindeling van de gemeente Vijfheerenlanden



Bijlage 2 Bodemkaart van Vijfheerenlanden, schaal 1:25.000

De bodemkaart van Vijfheerenlanden (schaal 1:25.000) is te vinden onder <https://edepot.wur.nl/629676>.

Recent verschenen WOt-rapporten

131	Gerritsen, P., D.J.J. Walvoort, M. Knotters (2021). <i>Kartering grondwaterspiegeldiepte in laag Friesland; Actualisatie van een deel van het grondwaterspiegeldieptemodel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO).</i>	143	Salverda, I.E., M. Pleijte (2022). <i>Verkenning van het provinciale beleid voor overgangszones die grenzen aan natuur; Leren over governance-uitdagingen voor een integrale gebiedsaanpak.</i>
132	Haas, W. de, J.L.M. Donders (2021). <i>Vertrouwen in natuurbeleid? Naar een typologie van verzet.</i>	144	Kamphorst, D.A. en J.L.M. Donders (2022). <i>Natuur-en-zorgcombinaties: barrières, kansen en opschaling; Een verkenning van institutionele barrières, kansen en opschalingsmogelijkheden voor natuurinclusieve innovaties in de zorg.</i>
133	Kuindersma, W., D.A. Kamphorst, F.H. Kistenkas (2021). <i>De gevolgen van de stikstofaanpak voor het natuurbeleid. Een voorlopige analyse van de gevolgen voor de decentralisatie naar provincies en de gebiedsgerichte uitvoering.</i>	145	Gerritsen, A.L., H.J. Agricola, C. Aalbers, E. Gies (2022). <i>Ruimtelijk-economische dynamiek van de landbouw; Rapport 2: Casestudies naar ontwikkelpaden, beïnvloedende factoren, effecten op natuur en aanknopingspunten voor beleid.</i>
134	Brouwer, F., Maas, G., Teuling, K., Harkema, T. en Verzandvoort, S. (2021). <i>Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland: actualisatie 2020-2021 en toepassing; Deelgebieden Gelderse Vallei-Zuid en -West en Veluwe-Zuid.</i>	146	Michels, R., M.J. Voskuilen, W.H.G.J. Hennen & P.C. Roebeling (2022). <i>Actualisatie normkosten natuur ten behoeve van kostenberekeningen.</i>
135	Houtkamp, J.M., A.M. Schmidt en P.J.F.M. Verweij (2021). <i>Reflectie PBL-rekeninstrumentarium voor natuur.</i>	147	Berkhout, P. en S. Galema (2022). <i>Duurzaam verdienen. Analyse verdienvermogen verduurzamingsmodellen landbouw.</i>
136	Breman B.C., W. Nieuwenhuizen, G.H.P. Dirx, R. Pouwels, B. de Knecht, E. de Wit, H.D. Roelofsen, A. van Hinsberg, P.M. van Egmond, G.J. Maas (2022). <i>Natuurverkenning 2050 – Scenario Natuurinclusief.</i>	148	Kistenkas, F.H. en D.A. Kamphorst (2022). <i>Value capturing in het landelijk gebied. Een verkenning van mogelijkheden en toepassing in vier praktijkvoorbeelden van zonne- en windenergie.</i>
137	Mattijssen, T.J.M., M. Visscher, W. Ganzevoort, M. Pleijte (2022). <i>Monitoring van burgerbetrokkenheid bij natuur; Citizen science en doelgroep-panels.</i>	149	Kuindersma, W., D.A. Kamphorst, C. Walther, E. de Wit-De Vries, T.A. de Boer, M. Visscher (2022). <i>Duurzame landbouw in gebiedsprocessen. Barrières en oplossingsrichtingen in Engbertsdijkvenen, Ronde Hoep en Schiermonnikoog.</i>
138	Boer, T.A. de en F. Langers (2022). <i>Maatschappelijk draagvlak voor natuur in 2021 en trends in het draagvlak.</i>	151	Brouwer, F., F.B.T. Assinck, T.T.L. Harkema, C. Teuling en D.J.J. Walvoort (2023). <i>Actualisatie van de bodemkaart in de gemeente Vijfheerenlanden; Herkartering van de verbreding van veen.</i>
139	Bouwma, I.M., J.G. Nuesink, M.C. van Riel, J.A. Veraart, J.L.M. Donders, R.M.A. Wegman, R. Pouwels (2022). <i>De samenhang tussen de Kaderrichtlijn Water en de Vogel- en Habitatrichtlijn; Een landelijke analyse en een verdiepende studie in zes deelgebieden.</i>		
140	Hennekens, S.M., J. Holtland, N.M. van Rooijen, G.W.W. Wamelink & W.A. Ozinga (2022). <i>Planten als indicatoren voor pH en GVG; Een vergelijking van het ITERATIO- en Wamelink-indicatorstelsel voor pH en GVG.</i>		
141	Vries, S. de., D.A. Kamphorst, F. Langers (2022). <i>Beleidsdenken over stedelijk groen en gezondheid; En de mate waarin dit zich laat onderbouwen vanuit het onderzoek.</i>		
142	Schelhaas, M.J., S. Teeuwen, J. Oldenburger, G. Beerkens, G. Velema, J. Kremers, B. Lerink, M.J. Paulo, H. Schoonderwoerd, W. Daamen, F. Dolstra, M. Lusink, K. van Tongeren, T. Scholten, I. Pruijsten, F. Voncken, A.P.P.M. Clerckx (2022). <i>Zevende Nederlandse Bosinventarisatie; Methoden en resultaten.</i>		



Thema Basisregistratie Ondergrond

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 54 71
E info.wnm@wur.nl
wur.nl/wotnatuurenmilieu

ISSN 1871-028X

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

