



# Actualisatie van de bodemkaart van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht

Herkertering van de verbreiding van veen

Kees Teuling, Fokke Brouwer, Dennis Walvoort



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

# Actualisatie van de bodemkaart van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht

Herkertering van de verbreiding van veen

Kees Teuling, Fokke Brouwer, Dennis Walvoort

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door de provincie Utrecht (projectnummer 5200047932).

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, oktober 2024

---

Gereviewd door:  
Martin Knotters, onderzoeker

Akkoord voor publicatie:  
Mirjam Hack-ten Broeke, teamleider van Bodem, Water en Landgebruik

Rapport 3372  
ISSN 1566-7197

---

Teuling, K., F. Brouwer, D. Walvoort. 2024. *Actualisatie van de bodemkaart van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht; Herkartering van de verbreiding van veen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3372. 34 blz.; 10 fig.; 4 tab.; 17 ref.

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 LVVN.

Dit rapport presenteert verbeterde en recente informatie over de bodem en het voorkomen van veen in de veengebieden in het westen van de provincie Utrecht.

Trefwoorden: Bodemkaart, veen, Basisregistratie Ondergrond, Utrecht

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 in the province of Utrecht.

Keywords: Soil Map, peat, Dutch National Key Registry of the Subsurface (BRO), Utrecht

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/672891> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

 2024 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- 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.

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3372 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Schaa in een veenweide in Utrecht. Foto: Paul Gerritsen

---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>5</b>
<b>Woord vooraf</b>	<b>7</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>11</b>
1.1 Aanleiding	11
1.2 Projectdoel	12
1.3 Projectafbakening	12
1.4 Impact van het project	14
1.5 Achtergrondinformatie	14
1.5.1 Definities	14
1.5.2 Processen in de bodem	15
1.6 Beschrijving van de bodemeenheden in de westelijke veengebieden van de provincie Utrecht	16
<b>2 Methode</b>	<b>18</b>
2.1 Data verzamelen	18
2.1.1 Gecensureerde waarnemingen	18
2.1.2 Validatiedata	19
2.2 Modelleren veenbegindiepte en veendikte	20
2.3 Actualiseren bodemkaart	21
2.3.1 Aanpassing van bodemvlakken binnen het doelgebied met behulp van de predictierasters en bodemkundige boormonsterbeschrijvingen	21
2.3.2 Aanpassing van bodemvlakken grenzend aan het doelgebied met behulp van hulpinformatie	22
2.3.3 Aanpassing in de begrenzing van vlakken van bodemkundig belang met behulp van hulpinformatie	22
<b>3 Resultaten</b>	<b>23</b>
3.1 Veenbegindiepte- en veendiktekaart	23
3.1.1 Veenbegindieptekaart en veendiktekaart	23
3.1.2 Validatie	25
3.2 Geactualiseerde Bodemkaart	26
<b>4 Conclusies</b>	<b>29</b>
<b>Literatuur</b>	<b>30</b>
<b>Bijlage</b>	<b>31</b>



---

# Verantwoording

Rapport: 3372

Projectnummer: 5200047932

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker

naam: Martin Knotters

datum: 16-09-2024

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Mirjam Hack-ten Broeke

datum: 29-09-2024



---

# 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 van de kaart. Dit wordt gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur. Dit rapport gaat over het onderzoek naar de actualisatie van de westelijke veengebieden op de bodemkaart van de provincie Utrecht. De provincie Utrecht heeft dit onderzoek gefinancierd om een actueel beeld te krijgen van het voorkomen van veen in de provincie Utrecht en daarbij een verhoging van de kaartschaal naar 1:25.000 te verkrijgen. Er is gebruik gemaakt van bodemgegevens die ten grondslag lagen aan de Bodemkaart Veengebieden provincie Utrecht (Stouthamer et al., 2008; Peeters et al., 2009). 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. De modellering van het minerale-dekdikteraster (ook wel veenbegindiepteraster) en het veendikteraster is uitgevoerd door Dennis Walvoort. Fokke Brouwer en Kees Teuling zorgden voor de verwerking van de gegevens en de actualisatie van de bodemkaart. De coördinatie en planning van het project waren in handen van Kees Teuling.





---

# Samenvatting

## Het veengebied van de provincie Utrecht

Dit project richt zich op de verbetering van de bodeminformatie van het grondgebied van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht. De bodem in dit gebied bestaat volgens de bestaande bodemkaart (BRO-versie 2023) uit veengronden en moerige gronden (Figuur 2) en betreft een areaal van ca. 21.220 ha. In dit gebied is de bodemkaart geactualiseerd en zijn een raster van de dikte van het minerale dek en een veendikteraster gegenereerd.

Uit de actualisatie blijkt dat het oppervlakte veen in het gebied is afgenomen met grofweg 3350 ha (18%). Deze veengronden zijn overgegaan in óf bebouwing (1250 ha) óf in kleigronden (2000 ha). Daarnaast zijn er gebiedsdekkend voor al het veen in de provincie Utrecht een mineraal-dekdikteraster en een veendikteraster gemaakt, met de bijbehorende onzekerheid.

## Waarom is actualisatie nodig?

Veenlagen 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 na verloop van tijd bodemeenheden veranderen. De bodemkaart in het projectgebied is gemaakt tussen 1965 en 1970. Tot nu toe zijn hier geen actualisaties uitgevoerd en zijn er geen recente gegevens in verwerkt.

De actualisatie van de Bodemkaart is deels uitgevoerd met behulp van statistische methoden. We onderscheiden bij de actualisatie drie fasen:

- Het verwerken en aanvullen van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen, voornamelijk van Stouthamer et al. (2008) en Peeters et al. (2009).
- Het aanmaken van een mineraal-dekdiktekaart en een veendiktekaart.
- Het vervaardigen van een detailbodemkaart, schaal 1:25.000 die een-op-een wordt overgenomen in de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 (BRO-model).

De concrete resultaten van dit project bestaan uit:

- rasterbestanden (celgrootte 25x25 m<sup>2</sup>) van de veenbegindiepte en veendikte van de veengebieden in de provincie Utrecht;
- een GIS-bestand van de bodemkaart van de veengebieden in de provincie Utrecht, schaal 1:25.000;
- een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, met een geactualiseerd fragment van de veengebieden in de provincie Utrecht ([www.broloket.nl](http://www.broloket.nl)).



---

# 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 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, 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).<sup>1</sup> Dit is een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond, opgericht in navolging van de Wet Basisregistratie Ondergrond. Via de uitgiftekanalen 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, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) 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 LVVN verantwoordelijk voor het realiseren, actualiseren, waarborgen van kwaliteit en het afhandelen van meldingen. Bodemkundige gegevens worden geactualiseerd en opgeslagen in BIS (het Bodemkundig Informatiesysteem). 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 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 & Walvoort, 2018), waarbij naast veengronden tevens zee- en zandgronden in het onderzoek zijn betrokken. In 2019 is de bodemkaart van de veengebieden in Eemland geactualiseerd (Brouwer & Walvoort, 2019). In 2019 is de bodemkaart van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug geactualiseerd (Brouwer & Walvoort, 2020) en tot slot is in 2022 de bodemkaart van de gemeente Vijfheerenlanden geactualiseerd (Brouwer et al., 2023).

Bij de actualisaties van al deze gebieden zijn telkens veendiktekaarten samengesteld. Een belangrijke uitkomst van deze actualisaties was dat sinds de eerste opname van de bodemkaart (1965-1995) de veendikte aanzienlijk is afgenomen. De mate waarmee de veendikte afneemt, verschilt per gebied, maar is bij elke actualisatie aangetoond door de afname van het areaal moerige gronden ten gunste van minerale gronden. Veengebieden slinken doordat het veen oxideert en inklinkt, met maaivelddaling 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 de veengebieden in de provincie Utrecht. De provincie Utrecht ontwikkelt beleid om de broeikasgasuitstoot en bodemdaling in de veengebieden te beperken, ook om te

---

<sup>1</sup> <https://basisregistratieondergrond.nl/>.

---

voldoen aan het Klimaatakkoord. Informatie over waar hoeveel veen in de bodem zit, is van groot belang om dit beleid te kunnen ontwikkelen en implementeren. Daarbij gaat het vooral om de dikte van het kleidek en de dikte van de 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 veengebieden in de provincie Utrecht en heeft twee belangrijke doelstellingen:

- Het actualiseren van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, hierna ook wel genoemd 'BRO-kaart';
- Het aanvullen van de landelijke veendiktekaart.

De actualisatie van de bodemkaart wordt door de provincie Utrecht gefinancierd en de aanlevering van bodeminformatie door de provincie heeft het mogelijk gemaakt om een bodemkaart te genereren op een schaal van 1:25.000.

Concreet bestaan de resultaten van dit project uit:

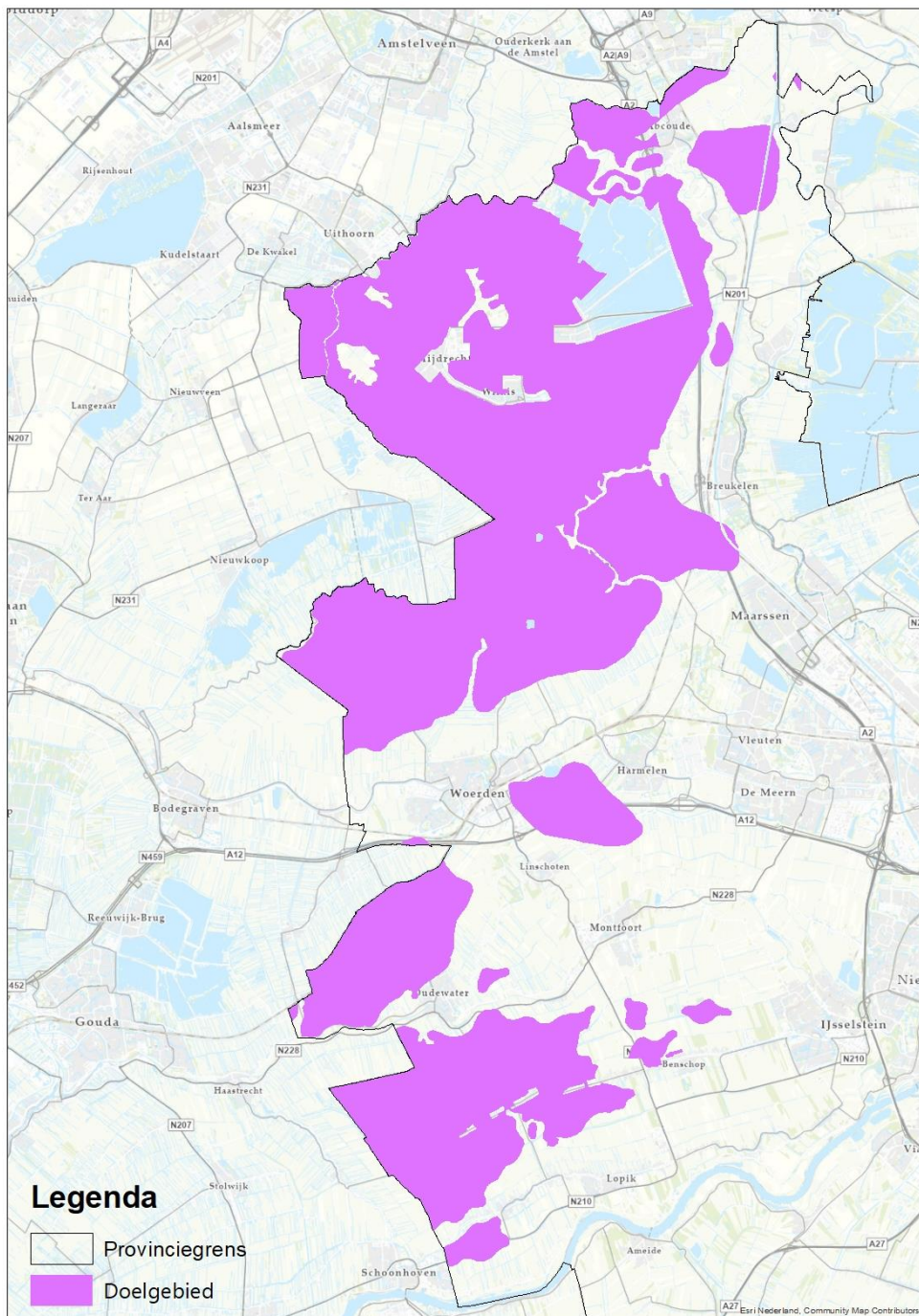
- Een GIS-bestand (vectorrepresentatie) van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, met een geactualiseerd fragment van de veengebieden in de provincie Utrecht;
- Een GIS-bestand (vectorrepresentatie) van de bodemkaart van de veengebieden in de provincie Utrecht, schaal 1:25.000;
- Een GIS-bestand (rasterrepresentatie), celgrootte 25x25 m<sup>2</sup>, van de veenbegindiepte en de veendikte in cm van het landelijk gebied in de veengebieden van de provincie Utrecht;
- 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

Voor dit project zijn geen nieuwe boorgegevens in het veld verzameld. In plaats daarvan heeft de provincie Utrecht de boorgegevens gedeeld die ten grondslag liggen aan de Bodemkaart Veengebieden provincie Utrecht (Stouthamer et al., 2008; Peeters et al., 2009). Hiernaast zijn er boorbeschrijvingen beschikbaar gemaakt uit kleinere regionale en lokale bodemonderzoeken en is het Bodeminformatiesysteem Nederland van Wageningen Environmental Research geraadpleegd.

De nieuw verzamelde gegevens hebben betrekking op het doelgebied zoals aangegeven in Figuur 1. Het doelgebied bestaat uit de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht. De oppervlakte bedraagt ca. 21.220 ha. Bij eerdere onderzoeken in 2019, 2020 en 2021 is de bodemkaart van de oostelijke veengebieden in de provincie geactualiseerd en in het jaar 2022 van de gemeente Vijfheerenlanden is de bodemkaart in zijn geheel bijgewerkt.

Voor het voorspellen van de dikte van het minerale dek en van de veendikte worden ook eerder geactualiseerde veengebieden in Utrecht meegenomen.



**Figuur 1** Het doelgebied van dit onderzoek omvat de westelijk gelegen veengebieden in de provincie Utrecht.

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 Grondwaterspiegeldiepte<sup>2</sup>, ook een registratieobject in de BRO. Dit model wordt in een afzonderlijk BRO-project door WENR geactualiseerd.

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

---

## 1.4 Impact van het project

Het doelgebied van dit project bestaat uit de westelijke veengebieden in 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 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.

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](http://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 het bodemkundige model, waarmee de bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, wordt bedoeld.

De bodemkundige boormonsterbeschrijvingen die in het kader van dit project zijn ontvangen van de provincie, zijn niet conform BRO-eisen verzameld en zijn dan ook niet opgenomen in de BRO-database. Bij de boormonsterbeschrijvingen aangeleverd door de provincie ontbreekt een aantal velden (attributen) die voor de BRO verplicht zijn om in te vullen. Zo zijn voor de duiding van de textuur en het organischestofgehalte echte waarden nodig in plaats van klassen, en ook de geologische informatie moet zijn ingevuld.

## 1.5 Achtergrondinformatie

### 1.5.1 Definities

De volgende bodemkundige termen zijn van belang 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 zes hoofdklassen: veengronden, moerige gronden, kalkhoudende en kalkloze rivierkleigronden en kalkhoudende en kalkloze zeeleiggronden. Hieronder worden deze hoofdklassen nader toegelicht.
- **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.
- **Kalkhoudende zeeleiggronden:** Bodems met een toplaag van kalkhoudende zeeleik die ten minste doorgaat tot 40 cm -mv.
- **Kalkloze zeeleiggronden:** Bodems met een toplaag van kalkloze zeeleik 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 de aard van de minerale ondergrond. Bijvoorbeeld de bodemeenheid kVc heeft een bovengrond van zavel of klei (k...) op zeggeveen (...c) dat doorloopt tot dieper dan 120 cm -mv. In dit project maken we binnen de veengronden onderscheid in:
  - "Dunne veengronden": Veengronden waarbij het veenpakket binnen 120 cm -mv overgaat in een minerale ondergrond van zand of klei.
  - "Dikke veengronden": Veengronden waarbij het veenpakket doorloopt tot dieper dan 120 cm -mv.

Daarnaast zijn ook de volgende begrippen van belang:

- **Veengebieden:** Gebieden met moerige gronden en veengronden.
- **Moerig materiaal:** Bodemmateriaal dat, afhankelijk van het lutumgehalte, voor minstens 15 gewichtsprocenten (bij een lutumgehalte van 0%) 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, dan 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 CO<sub>2</sub> (kooldioxide) en deels als N<sub>2</sub>O (lachgas) de lucht in (Van den Akker, 2005; 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 maaiveldddaling. Uit onderzoek van Van den Akker (2005) blijkt dat maaiveldddaling in veenweidegebieden sterk gerelateerd is aan de grondwaterstanden aan het einde van de zomer. De grondwaterstanden zijn dan, na een periode van verdampingoverschot, op hun diepste en de bodemtemperatuur op haar hoogst. Dit zijn optimale omstandigheden voor oxidatie. Van den Akker heeft een langjarig gemiddelde maaiveldddaling 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 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 CO<sub>2</sub> uit de lucht is vastgelegd. Oxidatie van veenlagen leidt tot vorming en emissie van broeikasgassen als CO<sub>2</sub> (kooldioxide) en N<sub>2</sub>O (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



---

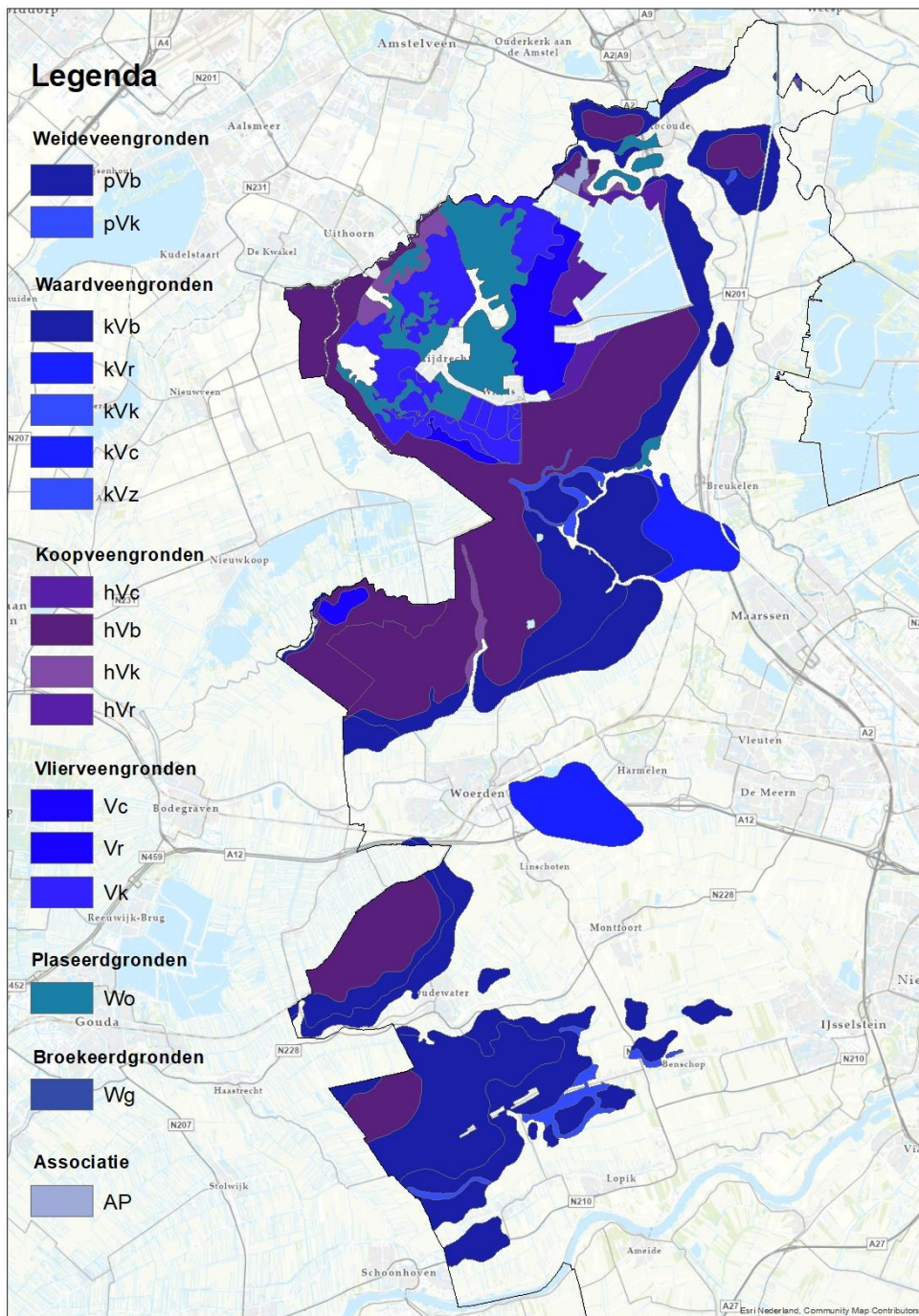
4,25 miljoen ton CO<sub>2</sub> en 1043 ton N<sub>2</sub>O, wat gelijk staat aan 0,51 miljoen ton CO<sub>2</sub>-equivalenten (Kuikman et al., 2005). Dit komt overeen met in totaal 4,76 miljoen ton CO<sub>2</sub>-equivalenten. Dit is volgens het onderzoek in 2004 ongeveer 4% van de totale jaarlijkse 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 ha en daaraan gekoppeld een bodemdaling van 13 mm per jaar.

## 1.6 Beschrijving van de bodemeenheden in de westelijke veengebieden van de provincie Utrecht

In paragraaf 1.5.1 lezen we dat veengebieden uit veengronden en moerige gronden bestaan. In de westelijke veengebieden van de provincie Utrecht komen volgens de bestaande versie van de Bodemkaart (BRO-versie 2023) de volgende veengronden en moerige gronden voor (Figuur 2):

- De veengronden zijn nader ingedeeld naar weideveengronden (pVb en pVk), waardveengronden (kVb, kVr, kVc, kVk en kVz), koopveengronden (hVb, hVc, hVr en hVk) en vlierveengronden (Vc, Vr en Vk).
- De moerige gronden bestaan uit plaseerdgronden (Wo) en broekeerdgronden (Wg).
- Enkele samengestelde bodemeenheden (hVk/Wo, Vk/Wo, Vk/pMn86C en Wo/pMo80). In Figuur 2 zijn deze ingekleurd naar de eerste bodemcode.
- Verder is in het doelgebied de associatie petgaten (AP) onderscheiden.

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'.

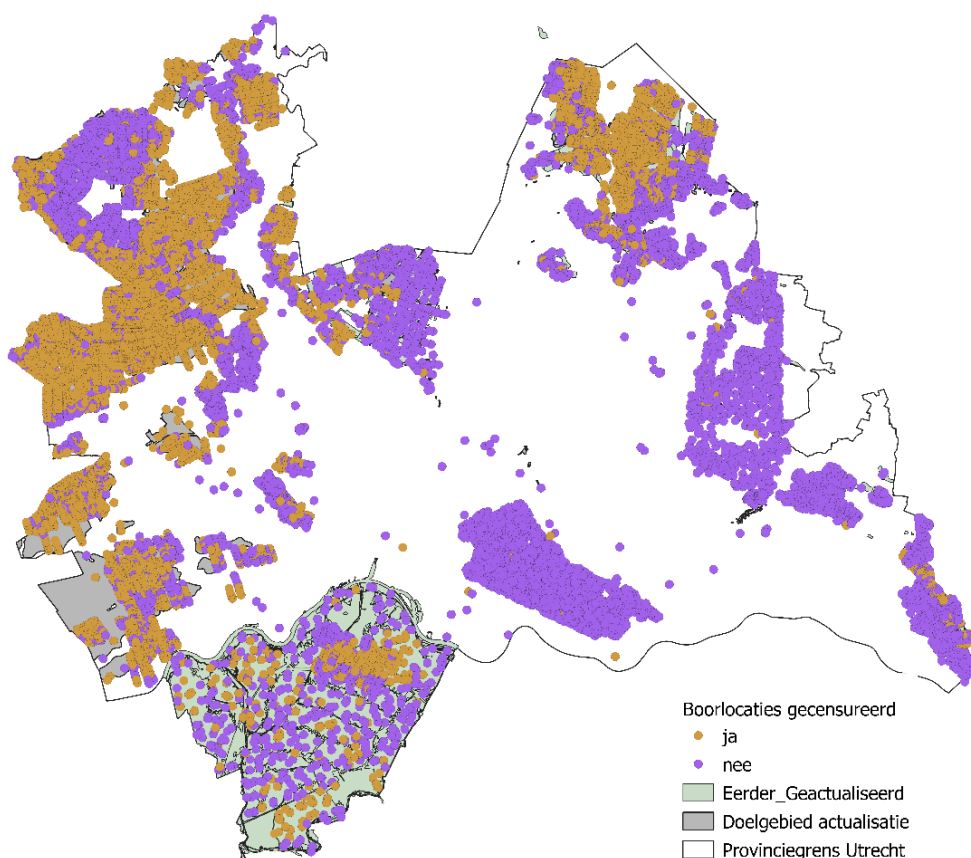


**Figuur 2** Fragment van de bodemkaart voor de actualisatie (BRO-versie 2023) van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht.

## 2 Methode

### 2.1 Data verzamelen

Er zijn ca. 13.500 bodemkundige boormonsterbeschrijvingen in Utrecht beschikbaar gemaakt door de provincie Utrecht. Hiervan liggen ca. 5.300 in het doelgebied voor de actualisatie van de bodemkaart. De meeste van deze beschrijvingen komen uit het onderzoek van Stouthamer et al. (2008) en Peeters et al. (2009). Hiernaast zijn er boorbeschrijvingen beschikbaar gemaakt uit kleinere regionale en lokale bodemonderzoeken en is het Bodeminformatiesysteem Nederland van Wageningen Environmental Research geraadpleegd. Al deze beschrijvingen maken deel uit van de kalibratieset voor dit onderzoek. Oftewel, deze boringen kunnen meegenomen worden in de voorspelling van mineraaldekkte en veendikte en kunnen geraadpleegd worden bij het actualiseren van de bodemkaart. In Figuur 3 staat een overzicht van de boormonsterbeschrijvingen. Hierin staat ook weergegeven of een boormonsterbeschrijving gecensureerd is of niet. Hier gaan we dieper op in paragraaf 2.1.1.

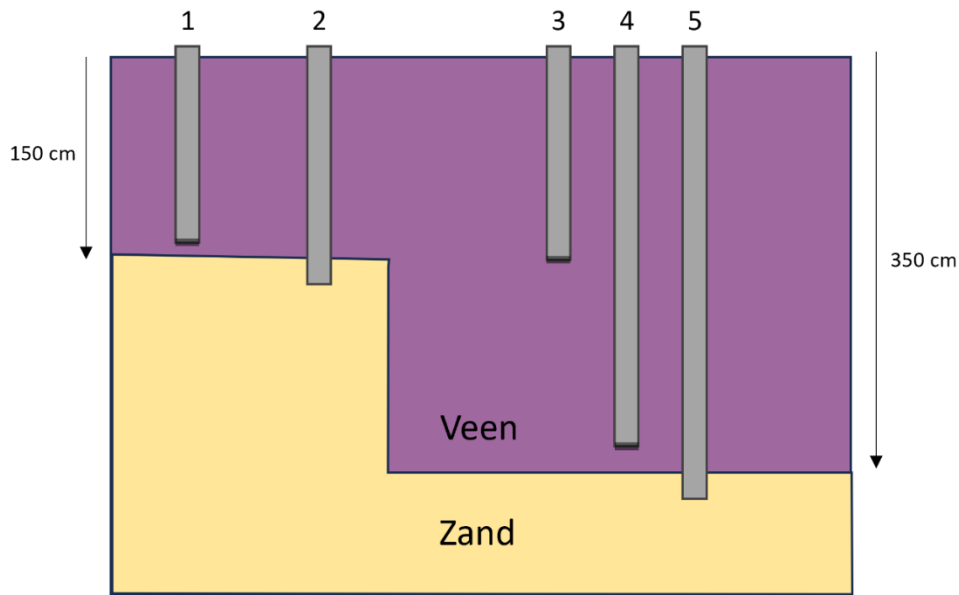


**Figuur 3** Overzicht boorlocaties (en of ze gecensureerd zijn).

#### 2.1.1 Gecensureerde waarnemingen

Een gecensureerde boormonsterbeschrijving betreft een boring die wel een bepaalde laag bodemmateriaal aanboort, maar niet de onderkant van deze laag bereikt. Hierdoor weten we niet hoe dik de aangeboorde laag in totaal is, maar weten we alleen dat deze laag op deze locatie voorkomt en hoe dik deze minimaal is. In Figuur 4 staat een schematisch voorbeeld van een paar gecensureerde en niet-gecensureerde waarnemingen. Bij boringen 1, 3 en 4 in dit voorbeeld weten we niet hoe dik de veenlaag is, alleen dat deze

er voorkomt. Het effect van deze gecensureerde waarnemingen is beperkt voor het actualiseren van de bodemkaart, maar is erg impactvol voor het genereren van een veendikteraster. Dit wordt verder uitgediept in paragraaf 2.2.

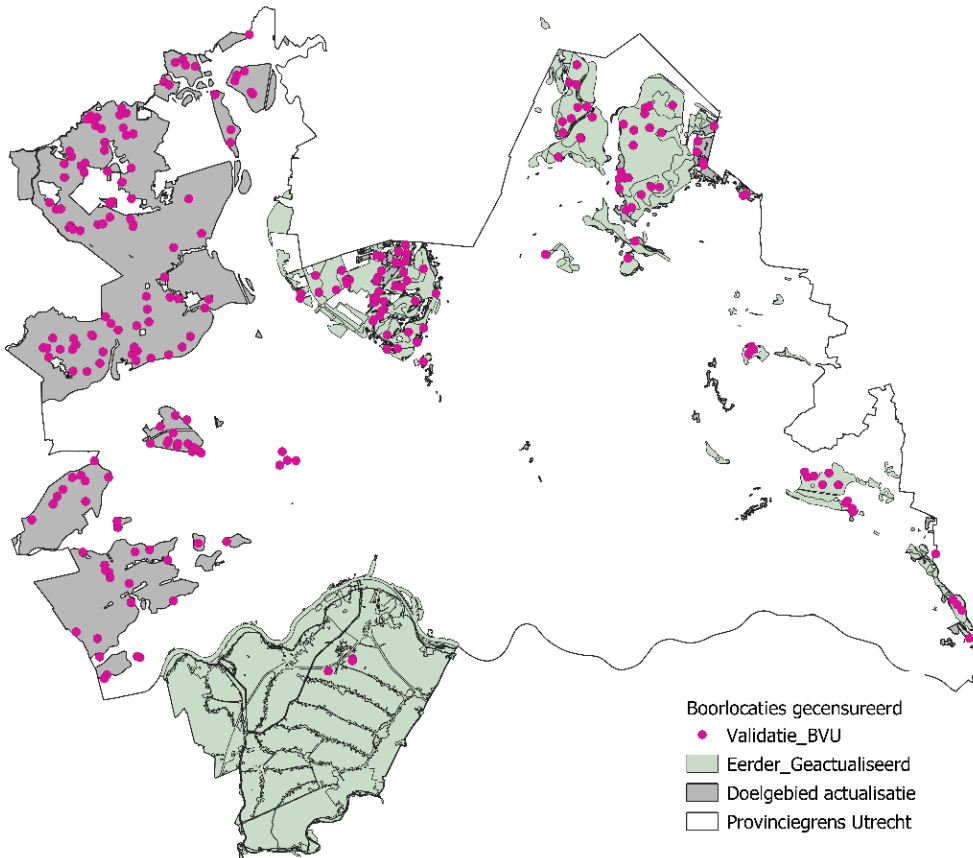


**Figuur 4** Schematisch voorbeeld van gecensureerde waarnemingen (boring 1, 3 en 4).

Bij standaardonderzoeken naar veendikte wordt er altijd aangeraden om tot de onderkant van de veenlaag te boren. Omdat dit echter niet het doel was van het onderzoek bij het overgrote deel van de boormonsterbeschrijvingen, is dit vaak niet gebeurd en is er vaak tot een diepte van 120 of 150 cm geboord. Aangezien de veenlaag in het onderzoeksgebied vaak dieper blijkt te gaan, leidt dit tot een hoog percentage gecensureerde waarnemingen in dit onderzoek (zie ook Figuur 3).

### 2.1.2 Validatiedata

Voor dit onderzoek maken we gebruik van de dataset van Kempen et al. (2011) om de resultaten te valideren. Deze data worden dus ook niet meegenomen in de voorspelling van het raster van de dikte van het minerale dek en het veendikteraster. De locaties zijn gekozen volgens een gestratificeerde, enkelvoudig aselechte steekproef. Gestratificeerd wil zeggen dat het doelgebied is verdeeld in deelgebieden, de strata. Enkelvoudig aselechte wil zeggen dat de steekproeflocaties binnen de strata volledig aselechte worden gekozen door loting. In totaal zijn er 240 locaties beschikbaar voor de validatie.



**Figuur 5**    *Overzicht van de locaties van de validatiepunten uit Kempen et al. (2011).*

## 2.2    Modelleren veenbegindiepte en veendikte

In deze paragraaf beschrijven we de methodiek die we hebben toegepast om de veenbegindiepte- en de veendiktekaart te berekenen. De veenbegindieptekaart is in het studiegebied gelijk aan de dikte van het minerale dek. In het onderstaande zullen we het voor de eenvoud daarom steeds hebben over 'dikte' en niet over 'diepte'.

Een complicatie bij het maken van deze kaarten is dat er veel gecensureerde waarnemingen zijn. Er is dan onvoldoende diep geboord om de dikte vast te kunnen stellen. We kunnen dan alleen maar aangeven dat een laag dikker is dan de waargenomen dikte.

Van de dikte van het minerale dek zijn 601 van de 7618 gegevens gecensureerd, en van de veendikte zelfs 3646 van de 5411 gegevens. Dat betekent dat we van 67% van de boorbeschrijvingen wel weten hoe dik eventueel aanwezig veen minimaal is, maar niet precies weten hoe dik de laag daadwerkelijk is. Hoe om te gaan met gecensureerde waarnemingen, hangt af van het doel.

Voor het maken van de bodemkaart (paragraaf 2.3) heeft de aanwezigheid van gecensureerde waarnemingen nauwelijks tot geen effect. Dat komt doordat hiervoor vrijwel altijd voldoende diep is geboord. Maar als we overal in het studiegebied een dikte willen voorspellen en geen 'dikker dan'-waarden mogen toestaan, ligt de lat een stuk hoger. We ontkomen dan niet aan het gebruik van een model. Brouwer et al. (2018) maakten voor het berekenen van de diepte van de Pleistocene ondergrond gebruik van een zogeheten Tobit-model. Dit model houdt rekening met gecensureerde waarnemingen. We kunnen echter niet dezelfde aanpak volgen, omdat er dan een relatie moet zijn met vlakdekkende hulpinformatie. Denk daarbij aan maaiveldhoogte, bodemgesteldheid, landgebruik e.d., informatie die voor elke rastercel bekend is. Hoewel een goede relatie ontbrak, beschikken we 'ter compensatie' wel over een groot aantal veldmetingen.

---

Een andere eigenschap van de diktegegevens is dat die veel nullen bevatten. Dat wil zeggen dat het minerale dek of de veenlaag ontbreekt, dus dikte nul heeft. Het histogram van de diktes bestaat als het ware uit drie delen: een piek bij nul, een scheve verdeling bij waarden groter dan nul, en pieken bij de censuurgrenzen. De laatste pieken zijn ondergrenzen (artefacten) en moeten eigenlijk worden uitgesmeerd over de rechterstaart van de verdeling.

Zo'n piek bij nul maakt ruimtelijke interpolatie lastig. De Vries et al. (2014) vonden hiervoor een elegante oplossing. Zij pasten een tweetrapsbenadering toe, waarbij ze eerst de geconditioneerde veendikte voorspellen (d.w.z. de veendikte als er ook veen aanwezig is) en die vervolgens combineren met een kaart van de kans op veen tot de uiteindelijke (ongeconditioneerde) veendiktekaart. Brouwer & Walvoort (2020) bouwen hierop voort door ook expliciet gebruik te maken van ruimtelijke patrooninformatie.

In dit rapport zullen we ons wederom laten inspireren door De Vries et al. (2014). Hun aanpak zullen we generaliseren door niet alleen rekening te houden met nulwaarden, maar ook met gecensureerde waarnemingen. Dit is een zeer complex ruimtelijk interpolatieprobleem. Om dat op te lossen, knippen we het probleem als het ware op in een groot aantal eenvoudiger deelproblemen die we uiteindelijk combineren tot een kaart.

Voor meer details over deze methode verwijzen we naar de Bijlage.

## 2.3 Actualiseren bodemkaart

In de westelijke veengebieden van de provincie Utrecht komen volgens de bestaande bodemkaart (BRO-versie 2023) veengronden, moerige gronden, vier samengestelde bodemeenheden en een associatie petgaten voor (Figuur 2). Dit deel van de bodemkaart is gemaakt tussen 1965 en 1970. Tot nu toe zijn hier geen actualisaties uitgevoerd en zijn er geen recente gegevens in verwerkt.

Bij het classificeren van gronden zijn het voorkomen van veen, de begin diepte en de dikte van veenlagen van groot belang. Met behulp van recente predictiekaarten van de veenbegin diepte en de veendikte en de bodemkundige boormonsterbeschrijvingen kan de kwaliteit van de bodemkaart worden verbeterd.

Bij de actualisatie gebruiken we, behalve recente predictiekaarten van de veenbegin diepte en de veendikte en de volledige set van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen, ook andere informatie. Een digitaal hoogtemodel (AHN), maar ook recente topografische kaarten, luchtfoto's en de Geomorfologische Kaart zijn hiervoor zeer geschikt.

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

### 2.3.1 Aanpassing van bodemvlakken binnen het doelgebied met behulp van de predictierasters en bodemkundige boormonsterbeschrijvingen

Het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker & Schelling, 1989) dicteert voor elke bodemcode een klasse voor de veenbegin diepte en veendikte. Tabel 1 geeft voor de onderscheiden bodemcodes in het doelgebied de bijbehorende klassen. De interactieve legenda <https://legenda-bodemkaart.bodemdata.nl/> geeft voor elk van deze bodemcodes een volledige beschrijving (zie ook paragraaf 1.6).

Als de voorspelde veenbegin diepte en/of veendikte van de predictierasters buiten de klassen van de bestaande bodemcode valt, volgt hierop een aanpassing waarbij tevens de bodemkundige boormonsterbeschrijvingen worden gebruikt. Meestal betreft het een aanpassing van grenzen van bodemeenheden op de kaart; in een enkel geval moet de bodemcode zelf worden aangepast.

**Tabel 1** Bodemcodes met klasse-indelingen voor begindiepte en dikte van het veen van de gronden die volgens de Bodemkaart V2023 voorkomen in de westelijk gelegen veengebieden van de provincie Utrecht.

Hoofdgroep of Bodemcode	Begindiepte veen (cm)	Veendikte (cm)
<b>Weideveengronden</b>		
pVb	15-40	> 80
pVk	15-40	40 - 105
<b>Waardveengronden</b>		
kVb	15-40	> 80
kVr	15-40	> 80
kVc	15-40	> 80
kVk	15-40	40 - 105
kVz	15-40	40 - 105
<b>Koopveengronden</b>		
hVb	< 15	> 120
hVc	< 15	> 120
hVr	< 15	> 120
hVk	< 15	40-120
<b>Vlierveengronden</b>		
Vc	< 15	> 120
Vr	< 15	> 120
Vk	< 15	40-120
<b>Plaseerdgronden</b>		
Wo	0-40	15-40
<b>Broekeerdgronden</b>		
Wg	0-40	15-40
<b>Associaties</b>		
AP	0-120	0- >120

### 2.3.2 Aanpassing van bodemvlakken grenzend aan het doelgebied met behulp van hulpinformatie

Direct grenzend aan het doelgebied liggen bodemvlakken waar binnen 40 cm onder maaiveld veen ontbreekt of de veendikte dunner is dan 10 à 15 cm. Omdat deze bodemvlakken buiten het doelgebied liggen, worden ze niet geactualiseerd met de predictierasters. Toch kunnen ook deze bodemvlakken regelmatig nauwkeuriger worden afgegrensd en soms ook beter gecodeerd worden door gebruik te maken van hulpinformatie, zoals een digitaal hoogtemodel (AHN), de aanvullende set van bodemkundige boormonsterbeschrijvingen, recente topografische kaarten, luchtfoto's en/of de Geomorfologische Kaart. We voeren dit extra werk uit om de overgang van aangepaste bodemvlakken binnen het doelgebied naar buiten toe natuurlijker te laten verlopen. De beoordeling van een eventuele aanpassing in de bodemkaart in een smalle rand rondom het doelgebied vindt plaats via expertkennis en wordt handmatig uitgevoerd.

### 2.3.3 Aanpassing in de begrenzing van vlakken van bodemkundig belang met behulp van hulpinformatie

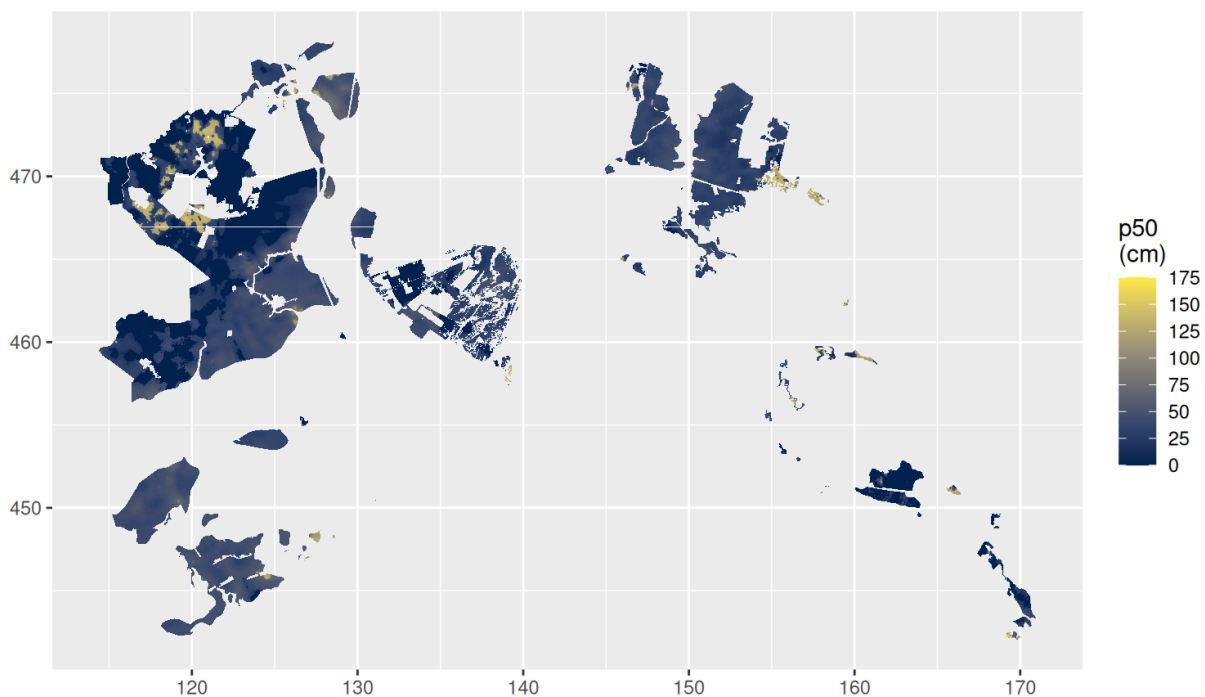
Op dezelfde manier als beschreven in de voorgaande subparagraaf kan met behulp van dezelfde hulpinformatie ook de begrenzing van vlakken van bodemkundig belang handmatig worden aangepast. De volgende eenheden kunnen hierop worden aangepast: open water, moeras, dijklichamen, sterk opgehoogde terreinen,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

# 3 Resultaten

## 3.1 Veengebindictepte- en veendiktekaart

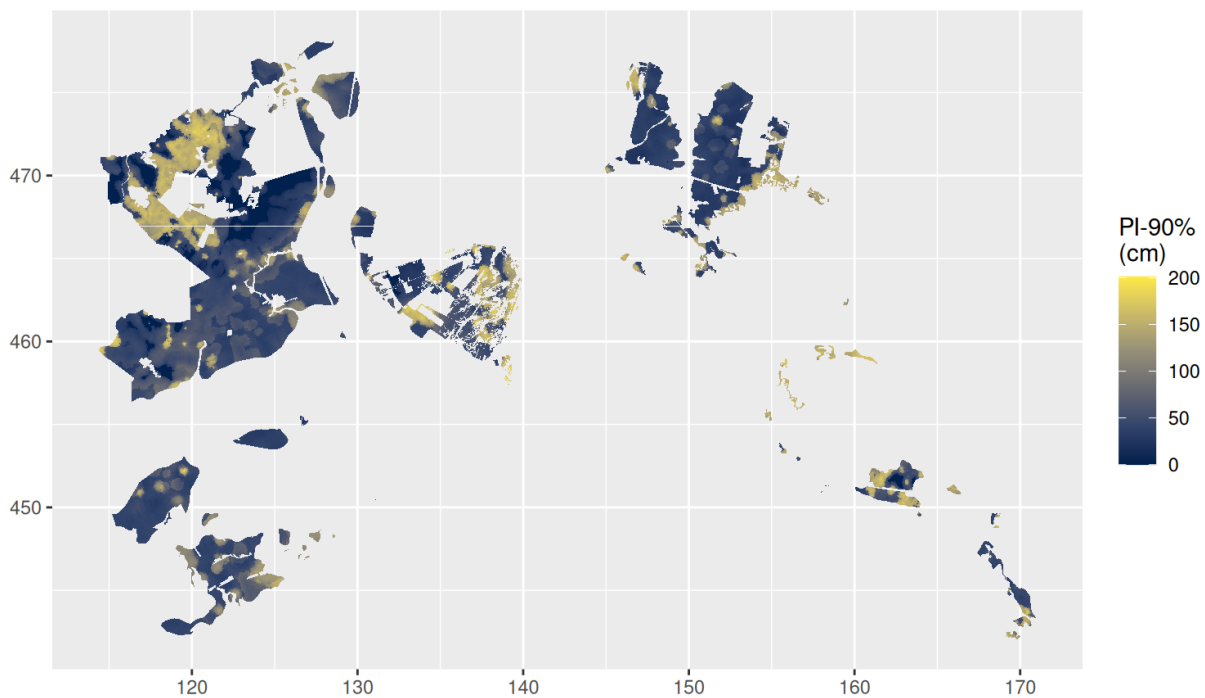
### 3.1.1 Veengebindicteptekaart en veendiktekaart

Figuur 6 geeft de dikte van het minerale dek. We zien dat in het noordwesten het minerale dek het dikst is en dat we daar ook het onzekerst zijn over de dikte (Figuur 7). De dikste veenlagen komen ten zuiden van dit gebied voor (Figuur 8). We zien dat we hier ook het onzekerst zijn over de dikte (Figuur 9).

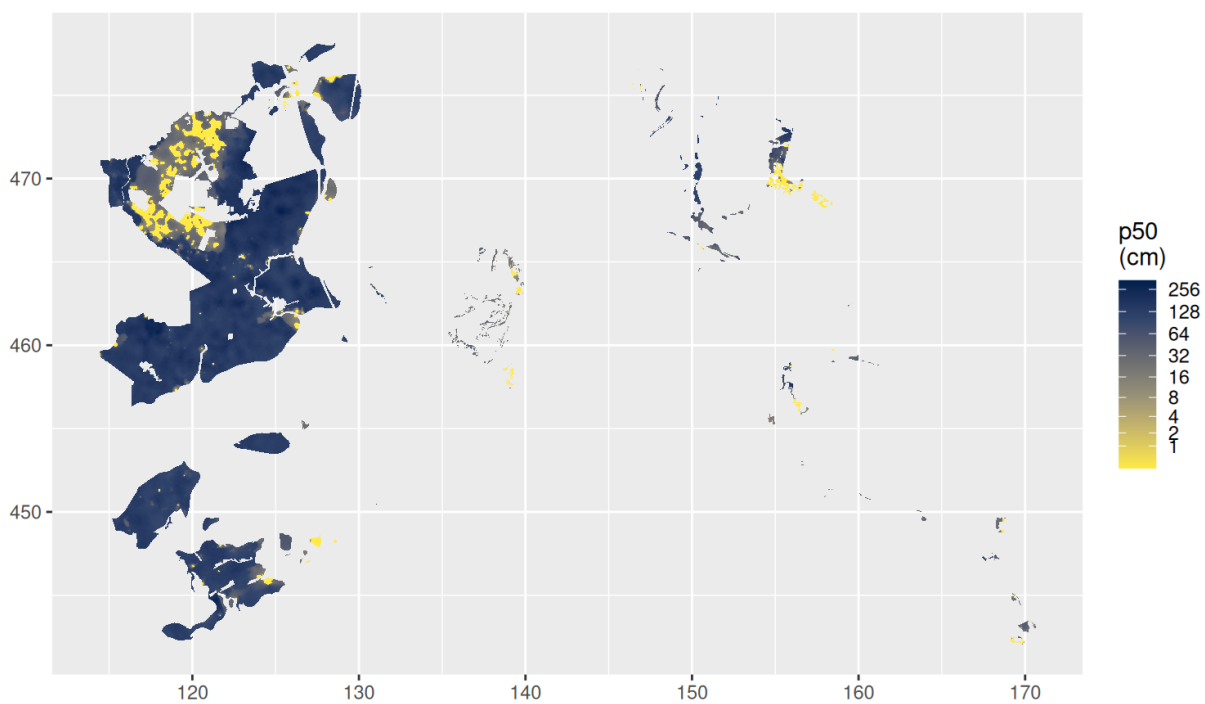


**Figuur 6** Diepte van de bovenste veenlaag, ofwel de dikte van het minerale dek (mediaan van de gesimuleerde dieptes).

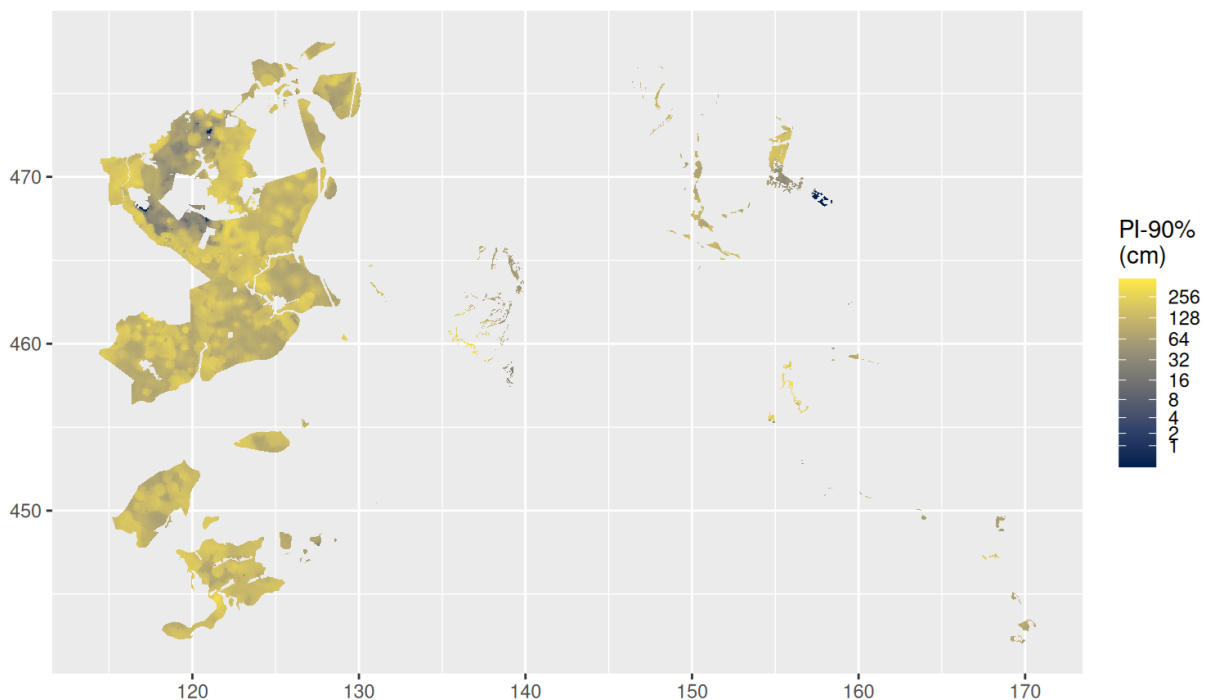




**Figuur 7** Betrouwbaarheid van de diepte van de bovenste veenlaag (breedte 90%-predictie-interval).



**Figuur 8** Dikte van de bovenste veenlaag (mediaan van de gesimuleerde diktes).



**Figuur 9** Betrouwbaarheid van de dikte van de bovenste veenlaag (breedte van het 90%-predictie-interval).

### 3.1.2 Validatie

We valideren de kaarten op basis van gegevens die niet gebruikt zijn bij het maken van de kaarten. De validatiegegevens zijn destijds verzameld door Kempen et al. (2011). Een fout berekenen we als waarneming minus voorspelling. We gebruiken drie validatiematen:

- de gemiddelde fout (ME), een maat voor de systematische fout, een positieve waarde duidt op onderschatting;
- de vierkantswortel uit de gemiddelde gekwadrateerde fout (RMSE), een maat voor de totale fout;
- de gemiddelde absolute fout (MAE), vergelijkbaar met de RMSE, maar minder gevoelig voor uitschieters.

Bij het valideren maken we een onderscheid tussen gebieden waar het minerale dek of veen afwezig is, en waar die al dan niet gecensureerd zijn. We valideren door te kijken naar de dikte volgens de kaart op het validatiepunt en vergelijken die met de dikte zoals die in het veld is waargenomen. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3.

Voor locaties waar geen mineraal dek is (dikte = 0), is de ME altijd gelijk aan of kleiner dan nul. We zien dat daar de dikte van het minerale dik gemiddeld genomen wordt overschat met 27 cm. In gebieden met gecensureerde waarden zien we dat de kaart het minerale dek te dun inschat. Kijken we naar de MAE en RMSE, dan zien we dat die in dezelfde orde grootte zitten als de ME. Dit geeft aan dat de willekeurige fout beperkt is. In gebieden met ongecensureerde diktes zien we geen systematische fout. De kaart is hier zuiver ('unbiased'). Het verschil tussen de RMSE en MAE duidt op extreme waarden. De fout is beperkt.

**Tabel 2** Validatiestatistieken voor de dikte van het minerale dek (cm).

Dikte minerale dek	n	ME	MAE	RMSE
nul	54	-27	27	41
gecensureerd	13	147	147	154
ongecensureerd	134	0.1	26	49

Voor locaties waar geen veenlaag is (veendikte = 0), zien we dat de veendikte gemiddeld wordt overschat met 9 cm. In gebieden met gecensureerde waarden zien we dat de kaart de veendikte te dun inschat. We verwachten hier echter dat de voorspellingen groter zijn dan de waarnemingen. Kijken we naar de MAE en RMSE, dan zien we dat die in dezelfde orde grootte zitten als de ME. Dit geeft aan dat de willekeurige fout beperkt is. In gebieden met ongecensureerde diktes zien we nauwelijks een systematisch fout. Het verschil tussen de RMSE en MAE duidt op extreme waarden. De fout is beperkt.

**Tabel 3** Validatiestatistieken voor de dikte van de bovenste veenlaag (cm).

Veendikte	n	ME	MAE	RMSE
nul	6	-9	9	12
gecensureerd	69	62	63	71
ongecensureerd	56	1.6	26	39

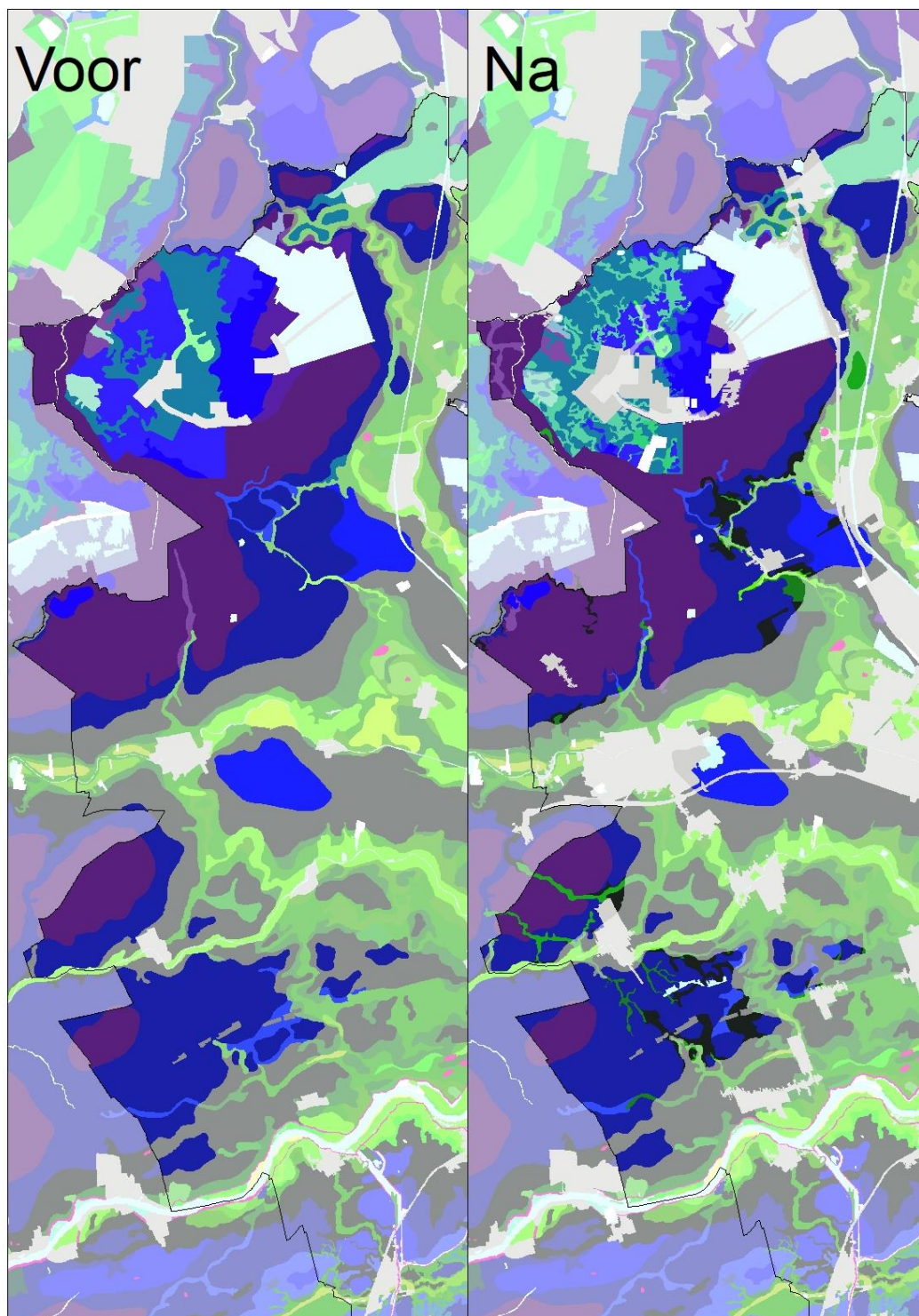
## 3.2 Geactualiseerde Bodemkaart

Figuur 10 toont de bodemkaart van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht voor en na de actualisatie van 2023. Voor de bijbehorende legenda verwijzen we naar Figuur 2 of naar de interactieve legenda <https://legenda-bodemkaart.bodemdata.nl/> onder het kopje 'Bodemclassificatie'. Bij het vergelijken van de twee bodemkaarten in Figuur 10 valt direct de verhoogde detaillering na de actualisatie op. Vooral voor Polder Groot-Mijdrecht, een droogmakerij, is dit het geval. Dit is mogelijk door de aanwezigheid van de zeer grote set aan bodemkundige boormonsterbeschrijvingen in het doelgebied, waardoor een grotere waarnemingsdichtheid behaald kon worden dan voor de actualisatie op een schaal van 1:50.000 gebruikelijk is. Op 5.300 locaties zijn 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 westelijke veengebieden in de provincie Utrecht 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 inpassing niet gegeneraliseerd. De bodemvlakken van de bodemkaart van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht, schaal 1:25.000, zijn een-op-een overgenomen op de BRO-bodemkaart. Hiermee heeft het gebied van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht, 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 die net buiten de rand van de westelijk veengebieden in de provincie Utrecht liggen, incidenteel aangepast om goed aan te sluiten op de grenzen van bodemeenheden binnen het doelgebied. Tot slot zijn de vlakken van bodemkundig belang (Overige onderscheidingen) indien nodig aangepast.

Behalve dat de BRO-bodemkaart na de actualisatie een hogere resolutie heeft gekregen, is door gebruik te maken van een digitaal hoogtemodel als hulpinformatie ook de positionering van de bodemvlakken verbeterd. De nieuwe begrenzing wordt bevestigd door de informatie in de boormonsterprofielen. Op de geactualiseerde bodemkaart is hiervoor gecorrigeerd.

De totale oppervlaktes bodemeenheden die in de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht zijn onderscheiden, kunnen door de actualisatie verschoven zijn. Tabel 4 laat de verschillen in areaal zien van vóór en na de actualisatie.



**Figuur 10** Fragment van de bodemkaart van de westelijk gelegen veengebieden in de provincie Utrecht voor en na de actualisatie (voor legenda zie Figuur 2).

**Tabel 4** Oppervlakteverdeling van bodemcodes in de westelijk gelegen veengebieden in de provincie Utrecht voor en na de actualisatie.

Bodemgroep of Bodemcode	Oppervlakte (ha)	
	voor	na
<b>Koopveengronden</b>		
hVb	6888	6462
hVc	419	175
hVk	148	202
hVr	28	28

Bodemgroep of Bodemcode	Oppervlakte (ha)	
	voor	na
<b>Waardveengronden</b>		
kVb	2926	1919
kVc	539	442
kVr	702	498
kVk	246	177
kVz	8	0
<b>Weideveengronden</b>		
pVb	4980	4249
pVc	0	3
pVk	134	111
<b>Vlieveengronden</b>		
Vc	175	95
Vr	690	494
Vk	794	452
<b>Plaseerdgronden</b>		
Wo	1064	1285
<b>Broekeerdgronden</b>		
Wg	7	6
<b>Liedeerdgronden</b>		
pRv81	0	68
<b>Tochteerdgronden</b>		
pMo80	0	569
<b>Leek-/Woudeerdgronden</b>		
pMn85A	0	8
pMn86C	0	76
<b>Drechtvaaggronden</b>		
Rv01C	0	829
<b>Nesvaaggronden</b>		
Ro40C	0	206
<b>Poldervaaggronden</b>		
Rn44C	0	178
Rn47C	0	59
Rn95A	0	20
<b>Samengestelde eenheden</b>		
hVk/Wo	124	0
kVb/Rv01C	0	343
kVz/Rv01C	0	8
pMo80/pMn86C/pMn85C	0	84
pVb/Rv01C	0	185
Rn95A/Rd90A	0	2
Vk/pMn86C	71	0
Vk/Wo	778	231
Wo/pMo80	443	117
<b>Associaties</b>		
AAP	0	7
AP	57	57
<b>Overige Onderscheidingen</b>		
b AFGRAV	0	17
c OPHOOG	0	72
g MOERAS	0	76
g WATER	0	200
h BEBOUW	0	1272

---

## 4 Conclusies

In dit project is de bodeminformatie van het grondgebied van de westelijke veengebieden in de provincie Utrecht verbeterd. Hiervoor is bodeminformatie uitgewerkt tot een aantal producten die hieronder worden benoemd. Belangrijke producten en conclusies zijn:

- Een GIS-bestand (vectorrepresentatie) van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, met een geactualiseerd fragment van de veengebieden in de provincie Utrecht. In de loop van dit jaar is deze nieuwe versie te raadplegen in de landelijke database van de BRO (<https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen>).
- Een GIS-bestand (vectorrepresentatie) van de bodemkaart van de veengebieden in de provincie Utrecht, schaal 1:25.000.
- Een GIS-bestand (rasterrepresentatie), celgrootte 25x25 m<sup>2</sup>, van de veenbegindiepte en de veendikte in cm van het landelijk gebied in de veengebieden van de provincie Utrecht. De veendiktekaart wordt opgenomen in de landelijke kaart en is dan te raadplegen op [bodemdata.nl](https://bodemdata.nl) (<https://bodemdata.nl/themakaarten>). Van de veenbegindieptekaart wordt geen landelijke kaart bijgehouden.
- Dit rapport, met een verantwoording van de werkwijze bij het actualiseren van de bodemkaart en het vervaardigen van de veenbegindiepte- en veendiktekaart.
- Uit de actualisatie blijkt dat het oppervlakte veen in het gebied is afgenomen met grofweg 3350 ha (18%). Deze veengronden zijn overgegaan in óf bebouwing (1250 ha) óf in kleigronden (2000 ha).

---

# 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.
- 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.
- 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.J.J. Walvoort, 2018. Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart: herkartering van de bodem in Flevoland. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WUR. WOt-technical report 143. 52 blz.; 22 fig.; 4 tab.; 19 ref.
- 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.
- 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.
- Cressie, N.A.C., 1993. Statistics for spatial data. John Wiley & Sons, New York.
- De Bakker, H., J. Schelling, D.J. Brus en C. Wallenburg (1989). Systeem van bodemclassificatie voor Nederland: de hogere niveaus. 2e gewijzigde uitgave. Tweede, gewijzigde druk, bewerkt door D.J. Brus en C. van Wallenburg ed. Winand Staring Centre, Wageningen.
- Isaaks, E. H. & Srivastava, R. M., 1989. Applied geostatistics. Oxford University Press, New York.
- Journel, A.G., 1982. Nonparametric Estimation of Spatial Distributions. *Mathematical Geology* 15:445-468.
- Kempen, B., F. Brouwer, D.J. Brus, M. Pleijter en F. de Vries, 2011. Validatie Bodemkaart Veengebieden provincie Utrecht, schaal 1 : 25 000, Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2252. 38 blz.; 6 fig.; 6 tab.; 16 ref.
- 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.
- Peeters, Jan & Stouthamer, Esther & Gouw-Bouman, Marjolein. (2009). Nieuwe bodemkaart veengebieden Provincie Utrecht, schaal 1:25.000. Grondboor & Hamer. 3/4. 62-69.
- Stouthamer, E., H.J.A. Berendsen, J. Peeters & M.T.I.J. Bouman. (2008). Een nieuwe bodemkartering op schaal 1:25.000 van de veengebieden in de Provincie Utrecht.
- Van den Akker, J.H.H. & R.F.A. Hendriks, 2017, Diminishing peat oxidation of agricultural peat soils by infiltration via submerged drains. FAO 2017. Proceedings of the Global Symposium on Soil Organic Carbon 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. pp. 436-439. <http://www.fao.org/3/a-bs038e.pdf>; presentative: <http://edepot.wur.nl/441369>.
- 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, F. Brouwer en D. Walvoort, 2018. Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart. Herkartering westelijk veengebied Waterschap Drents Overijsselse Delta. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2887.

---

# Bijlage

In deze bijlage wordt kort de methode beschreven die we gebruiken om diktekaarten te maken, waarbij we rekening houden met de aard van de verdeling, de vele nulwaarden en met gecensureerde waarnemingen.

Als basis gebruiken we een wet uit de kansrekening (probability theory), de zogenaamde wet van de totale kans (Law of total Probability). Herschreven voor diktes (veen/minerale dek) luidt deze:

$$P(A) = P(A|B1)P(B1) + P(A|B2)P(B2) + P(A|B3)P(B3) + P(A|B4)P(B4) \quad \text{Vgl. 1}$$

hierin is  $P(A)$  de kans op een dikte,

$P(B1)$ : de kans dat de dikte groter is dan nul en ongecensureerd;

$P(B2)$ : de kans dat de dikte gelijk is aan nul en ongecensureerd;

$P(B3)$ : de kans dat de dikte groter is dan nul en gecensureerd;

$P(B4)$ : de kans dat de dikte gelijk is aan nul en gecensureerd.

De som van  $P(B1)$ ,  $P(B2)$ ,  $P(B3)$  en  $P(B4)$  is gelijk aan 1.

$P(A|B1)$  is dan de conditionele kans op de dikte, gegeven dat die groter dan nul en ongecensureerd is etc.

$P(B1)$  kan vervolgens verder worden opgesplitst (en daardoor vereenvoudigd) als het product van  $P(Ia = 1)$  en  $P(Ic = 0)$ , waarin  $P(Ia = 1)$  de kans is dat de dikte groter is dan nul en  $P(Ic = 0)$  de kans dat de diepte ongecensureerd is. Deze opsplitsing kan op soortgelijke wijze plaatsvinden voor  $P(B2)$ ,  $P(B3)$  en  $P(B4)$  (zie hieronder).

Kijken we goed naar Vgl. 1 dan zien we dat de kans op een dikte op een bepaalde locatie kan worden berekend als een gewogen lineaire combinatie van geconditioneerde kansen op die locatie. Deze conditionele kansen ( $P(A|B1)$  etc.) en de gewichten ( $P(B1)$  etc.) zijn eenvoudiger te berekenen dan  $P(A)$ . Op deze wijze vereenvoudigen we het probleem door het op te splitsen in meerdere, eenvoudigere deelproblemen. Op hun beurt kunnen we de deelproblemen  $P(B1)$  e.d. ook weer opsplitsen in termen van  $P(Ia)$  en  $P(Ic)$ . De oplossing van elk deelprobleem is een kaart. Door deze kaarten gewogen te middelen, krijgen we de gewenste kaart van de dikte.

We berekenen de volgende deelkaarten:

- Deelkaart 1: de kans  $P(Ia = 1)$  dat op een rastercel de dikte groter is dan nul. Deze kaart maken we met de ruimtelijke interpolatiemethode *indicator kriging* (Journal, 1982);
- Deelkaart 2: de kans  $P(Ic = 1)$  dat op een rastercel de dikte gecensureerd is. Deze kaart maken we ook met *indicator kriging*;
- Door deze kaarten met elkaar te vermenigvuldigen krijgen we de kaarten:
  - $P(B1) = P(Ia = 1)[1 - P(Ic = 1)]$
  - $P(B2) = [1 - P(Ia = 1)][1 - P(Ic = 1)]$
  - $P(B3) = P(Ia = 1)P(Ic = 1)$
  - $P(B4) = [1 - P(Ia = 1)]P(Ic = 1)$

De som van  $P(B1)$ ,  $P(B2)$ ,  $P(B3)$  en  $P(B4)$  is voor elke rastercel gelijk aan 1.  $P(B1)$ ,  $P(B2)$ ,  $P(B3)$  en  $P(B4)$  kunnen worden gezien als gewichten.

- Deelkaart 3:  $P(A|B1)$  berekenen we voor een selectie van de waarnemingsgegevens waarvoor geldt dat de dikte groter is dan nul en ongecensureerd. We nemen de natuurlijke logaritme van deze gegevens om een Gaussische verdeling te benaderen en om te voorkomen dat negatieve diktes kunnen worden voorspeld. Deze kaart berekenen we met *ordinary kriging* (Isaaks & Srivastava, 1989; Cressie, 1993);



- $P(A|B2)P(B2)$  is gelijk aan nul en mogen we negeren;
- Deelkaart 4:  $P(A|B3)$  berekenen we voor een selectie van de waarnemingsgegevens waarvoor geldt dat de dikte groter is dan nul en gecensureerd. Het berekenen van deze kaart is het lastigst. Ook hier gaan we uit van de natuurlijke logaritme van de gegevens. Deze selectie bestaat uit censuurgrenzen. We weten echter dat de werkelijke waarden groter dan of gelijk moeten zijn aan de censuurgrenzen. Om die te benaderen, berekenen we met maximum likelihood de parameters (gemiddelde en variantie) van de Gaussische verdeling, die zo goed mogelijk de verdeling van de ongecensureerde en gecensureerde log-getransformeerde diktes groter dan nul beschrijft. Nadat we deze parameters berekend hebben, kunnen we voor elke waarnemingslocatie waar enkel de censuurgrens bekend is een conditionele trekking doen. We trekken dan een waarde uit de verdeling gegeven dat deze waarde groter moet zijn dan of gelijk aan de betreffende censuurgrens. Om vervolgens een kaart te maken, hebben we een semivariogram nodig. We nemen aan dat het semivariogram dezelfde vorm heeft als die van deelkaart 3, maar schalen die met de sill-variantie die we kunnen berekenen op basis van de conditionele trekkingen. Vervolgens passen we *ordinary kriging* toe op de conditionele trekkingen.
- $P(A|B4)P(B4)$  is gelijk aan nul en mogen we negeren.

Op basis van deze deelkaarten kunnen we met Vgl. 1 voor elke rastercel de diktes berekenen. Dat doen we met het volgende algoritme:

1. Trek een 0/1-waarde uit de Bernouilli-verdeling o.b.v. de kans in deelkaart 1;
2. Trek een 0/1-waarde uit de Bernouilli-verdeling o.b.v. de kans in deelkaart 2;
3. Bereken B1 en B3 op basis van deze Bernouilli-trekkingen;
4. Trek een waarde uit de Gaussische verdeling met als parameters de krigingvoorspelling en -variantie van deelkaart 3. Neem hier de e-macht van om terug te transformeren naar diktes;
5. Trek een waarde uit de Gaussische verdeling met als parameters de krigingvoorspelling en -variantie van deelkaart 4. Neem hier de e-macht van om terug te transformeren naar diktes;
6. Pas Vgl. 1 toe;
7. Herhaal bovenstaande procedure 1000 maal;
8. Bereken de mediaan en het 5<sup>e</sup>- en 95<sup>e</sup>-percentiel op basis van die 1000 uitkomsten. De mediaan is onze voorspelling van de dikte, het verschil tussen het 95<sup>e</sup>- en 5<sup>e</sup>-percentiel is een maat voor de betrouwbaarheid van deze voorspelling: hoe kleiner, hoe betrouwbaarder.



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3372  
ISSN 1566-7197



---

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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 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.

---

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



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3372  
ISSN 1566-7197

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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 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.

