



Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland: actualisatie 2020-2021 en toepassing

Deelgebieden Gelderse Vallei-Zuid en -West en Veluwe-Zuid

F. Brouwer, G.J. Maas, C. Teuling, T.T.L. Harkema & S.J.E. Verzandvoort

| WOt-rapport 134



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland: actualisatie 2020-2021 en toepassing

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

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

Disclaimer WOt-publicaties

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

WOt-rapport 134 is het resultaat van onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland: actualisatie 2020-2021 en toepassing

Deelgebieden Gelderse Vallei-Zuid en -West en Veluwe-Zuid

Fokke Brouwer, Gilbert Maas, Kees Teuling, Tom Harkema, Simone Verzandvoort¹

¹ Wageningen Environmental Research

BAPS-projectnummer WOT-04-013-003 en WOT-04-013-005

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2021

Wot-rapport 134

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/557455

Referaat

Brouwer, F., Maas, G., Teuling, K., Harkema, T. en Verzandvoort, S. (2021). *Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland: actualisatie 2020-2021 en toepassing; Deelgebieden Gelderse Vallei-Zuid en -West en Veluwe-Zuid*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 134. 103 blz.; 38 fig.; 6 tab.; 48 ref; 5 Bijlagen.

De Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland, schaal 1:50.000, zijn kaartbestanden van bodem en landvormen in Nederland. Deze bestanden zijn onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO), een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond. Wageningen Environmental Research (WENR) onderhoudt deze bestanden voor het ministerie van LNV.

Dit rapport presenteert verbeterde en recente informatie over bodem en landvormen in delen van de Utrechtse Heuvelrug, Gelderse Vallei en Veluwe, die is ingewonnen bij de actualisatie en revisie van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart in 2020 en 2021. Het geeft daarnaast voorbeelden van hoe de kaarten gezamenlijk kunnen worden toegepast voor enkele vraagstukken over inrichting en beheer van het bodem-watersysteem in de Gelderse Vallei. De voorbeelden zijn ontleend aan de Blauwe Omgevingsvisie 2050 van het Waterschap Vallei en Veluwe.

Trefwoorden: Bodemkaart, Geomorfologische Kaart, Basisregistratie Ondergrond, Gelderse Vallei

Abstract

Brouwer, F., Maas, G., Teuling, K., Harkema, T. and Verzandvoort, S. (2021). Update and application of the Soil Map and Geomorphological Map of the Netherlands. Southern and Western Gelderse Vallei and Southern Veluwe. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOT-technical report 134. 103 p.; 43 figs; 7 tabs; 48 refs; 5 Annexes.

The Soil Map and Geomorphological Map of the Netherlands at scale 1:50,000 are the soil and landform map databases of the Netherlands. They are part of the National Key Registry of the Subsurface (BRO), the central registry of public data on the subsurface of the Netherlands. Wageningen Environmental Research (WENR) maintains these maps for the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

This report presents improved and updated information on soils and landforms for parts of the Utrechtse Heuvelrug, Gelderse Vallei and Veluwe regions collected during the update and review of the Soil Map and Geomorphological Map in 2020 and 2021. Examples are given on how the maps can be used in conjunction for the planning and management of the soil-water system in the Gelderse Vallei. The examples were taken from the planning and environmental strategy of the Regional Water Authority Vallei en Veluwe (Blauwe Omgevingsvisie 2050).

Keywords: Soil Map, Geomorphological Map, National Key Registry of the Subsurface (BRO), Gelderse Vallei

Foto omslag: Vlakte van verspoelde deorzanden bij Maarsbergen. Foto: Pieter Dijk.

© 2021 **Wageningen Environmental Research**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel.: (0317) 48 42 79; e-mail: dorothee.vantol@wur.nl

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

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

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/557455> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. De WOT Natuur & Milieu verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

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

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

Bodeminformatie is essentieel voor de opgaves die we in Nederland hebben, zoals het beperken van en het aanpassen aan klimaatverandering, transitie van de landbouw en woningbouw. Het is dan ook heel fijn dat deze informatie via de Basisregistratie Ondergrond (BRO) voor iedereen toegankelijk is. Elk jaar werken we weer aan het actualiseren van deze bodeminformatie, of het nu gaat over de Bodemkaart, de Geomorfologische Kaart van Nederland of het Grondwaterspiegeldieptemodel en de bodemfysische gegevens. Deze actualisaties sluiten we aan op de behoeftes die er in Nederland zijn. In de praktijk betekent dit dat niet al deze bodemkundige informatie in hetzelfde gebied en in hetzelfde jaar geactualiseerd wordt. In het afgelopen jaar was dit wel het geval voor de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart. Een mooi moment om de toepasbaarheid en complementariteit van beide kaarten in een gebied te laten zien. Dat is wat we met dit rapport voor de Gelderse Vallei beschrijven.

Onze dank gaat uit naar de collega's die informatie hebben bijgedragen en/of delen van het rapport hebben gereviseerd: Willy de Groot, Nanny Heidema, Dennis Walvoort, Pieter Dijk, Bas van Delft, Jandirk Bulens, en Myrjam de Graaf voor het reviewen van het gehele rapport. Tot slot bedanken we medewerkers van Waterschap Vallei en Veluwe voor het reflecteren op het deel van het rapport waarin we de toepassing hebben beschreven.

Dorothee van Tol-Leenders

Programmaleider 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

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.1.1 Aanleiding actualiseren Bodemkaart	13
1.1.2 Aanleiding actualiseren Geomorfologische Kaart	14
1.2 Projectdoel	15
1.3 Projectafbakening	16
1.4 Impact van het project	17
1.4.1 Belang voor doelgroepen	17
1.5 Achtergrondinformatie	17
1.5.1 Bodemkaart 1:50.000: korte toelichting	17
1.5.2 Geomorfologische Kaart 1:50.000: korte toelichting	19
1.6 Beschrijving landvormen en bodemeenheden in de doelgebieden	19
2 Methoden	23
2.1 Bodemkaart: gebruikte methodes	23
2.1.1 Actualisatie via traditionele veldkartering	24
2.1.2 Actualisatie via AHN3, recente topografische kaarten en luchtfoto's	24
2.1.3 Revisie met behulp van detailbodemkaarten	25
2.2 Gegevens verzamelen	25
2.2.1 Bodemkaart: boormonsterbeschrijvingen en veldkartering	25
2.2.2 Geomorfologische Kaart: databronnen en veldkartering	25
2.3 Actualiseren bodemkaart	27
2.3.1 Kwaliteitsprotocol bodemkundig karteren	27
2.4 Actualiseren geomorfologische kaart	29
2.4.1 Kwaliteitsprotocol geomorfologisch karteren	29
2.4.2 Aanpassingen in legenda en domeinlijsten	31
2.4.3 Inbouwen externe kaartlagen	32
2.5 Conformiteit met INSPIRE	32
3 Resultaten	35
3.1 Bodemkundige boorbeschrijvingen	35
3.2 Geactualiseerde Bodemkaart	36
3.3 Geactualiseerde Geomorfologische Kaart	38
3.3.1 Ligging en vorm kaartenheden aangepast	40
3.3.2 Identificatie van nieuwe landvormen	41
3.3.3 Verandering van genese	41
3.3.4 Gedetailleerder kaartbeeld	42
3.3.5 Reconstructie van het geomorfologische landschap binnen het stedelijk gebied	44
3.3.6 Golfterreinen en natuurontwikkeling	45

4	Toepassing van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart in samenhang	47
4.1	Inleiding	47
4.2	Welke informatie geeft de Bodemkaart?	47
4.3	Welke informatie geeft de Geomorfologische Kaart?	48
4.4	Suggesties voor landschapsanalyses in de Gelderse Vallei	50
4.4.1	Voorbeeld 1: Verlagen CO ₂ -emissie door vernatting veengebieden	52
4.4.2	Voorbeeld 2: Ontwikkeling van duurzame stedelijke landschappen	57
4.4.3	Voorbeeld 3: Biodiversiteit en waterberging in natuurlijke beeksystemdalen en overstromingsvlakten	60
4.4.4	Voorbeeld 4: Werken aan een vitale bodem door opslag van organische stof	62
5	Conclusies en aanbevelingen	67
	Literatuur	69
	Verantwoording	73
	Bijlage 1 Protocol bij boren	75
	Bijlage 2 Richtlijnen voor boren voor bodemkundige profielbeschrijvingen	77
	Bijlage 3 Toegang tot de Bodemkaart, bodembeschrijvingen en de Geomorfologische Kaart 1:50.000	85
	Bijlage 4 Begrippenlijst	87
	Bijlage 5 Validatietoets voor de Bodemkaart met scores	97

Samenvatting

De Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart, schaal 1:50.000, zijn de bronbestanden voor landschapspatronen, landvormen en bodem als onderdeel van het natuurlijk systeem van het Nederlandse grondgebied. Deze bestanden zijn onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO), een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond, die uitvoering geeft aan de Wet Basisregistratie Ondergrond. Wageningen Environmental Research (WENR) onderhoudt deze bestanden voor het ministerie van LNV.

De informatie over bodem en landvormen die in de eenheden van beide kaarten is samengevat, is complex en vraagt om toelichting. Daarnaast moeten de kaarten de actuele toestand van de bodem en landvormen weergeven en voldoende detail hebben voor toepassingen op regionaal en landelijk niveau. De actualisatie en revisie van beide bronbestanden in het kader van de Basisregistratie Ondergrond zorgt ervoor dat de informatie recent is en voldoende detail bevat.

Het inhoudelijk actualiseren van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland is nodig om diverse redenen. Sommige kaartbladen zijn gebaseerd op verouderde informatie of bevatten onnauwkeurigheden of te weinig detail voor de doeleinden waarvoor ze gebruikt worden. Andere kaartbladen zijn vervaardigd met verouderde technieken van kartering en voldoen daardoor niet meer aan de kwaliteitseisen die in Nederland gelden voor de kaartbestanden. Ook genereert onderzoek nieuwe kennis over de ontstaansgeschiedenis van Nederland, waardoor bodemkundige kenmerken en geomorfologische patronen en landvormen met nieuwe inzichten in kaart worden gebracht.

Doel van dit rapport is om verbeterde en recente informatie te verschaffen over bodem en landvormen in delen van de Utrechtse Heuvelrug, Gelderse Vallei en Veluwe, waarvoor de bestaande informatie verouderd is. Een tweede doel is te laten zien hoe de Geomorfologische Kaart (versie GEOM50000_2021) en de Bodemkaart (versie V2021-1) in samenhang gebruikt kunnen worden voor vraagstukken over de leefomgeving.

In de periode van november 2019 tot en met juli 2021 is in het zuidelijke en in het westelijke gedeelte van de Gelderse Vallei en op de overige randzones van kaartblad 32oost in totaal ca. 50.000 ha van de Bodemkaart geactualiseerd of gereviseerd. Er zijn 1475 nieuwe boorbeschrijvingen gemaakt. Op de grenzen van de kaartbladen zijn artefacten en verschillen in resolutie opgeheven. Er is detail toegevoegd aan patronen in de Bodemkaart in de Gelderse Vallei. Het bebouwde gebied is op de kaart uitgebreid tot bijna 16.000 ha. De gemiddelde kaartzuiverheid gebaseerd op verwantschap is in gebieden zonder bebouwing verbeterd van 89,6% tot 91,8%.

De Geomorfologische Kaart is geactualiseerd in de Gelderse Vallei, Veluwe-Zuid (19.937 ha) en de Utrechtse Heuvelrug (57.187 ha). In de actualisatie zijn de vorm en ligging van bestaande landvormen aangepast, er zijn nieuwe landvormen toegevoegd en de genese van landvormen is veranderd op basis van literatuuronderzoek en veldwerk. Daarnaast is meer detail aangebracht in o.a. stuifzanden, en is het geomorfologische landschap gereconstrueerd onder stedelijk gebied. Golfterreinen en natuurontwikkelingsprojecten die de natuurlijke geomorfologie onherkenbaar hebben gemaakt, hebben een aparte aanduiding op de kaart gekregen.

Het toepassen van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart vraagt om uitleg over de inhoud van de bestanden, over de vragen die ermee beantwoord kunnen worden en over hoe de bestanden in combinatie gebruikt kunnen worden voor doelen van overheden, bedrijven en particuliere grondgebruikers. De schaal van toepassing kan variëren van gemeentelijk tot landelijk. In dit rapport worden toepassingen gedemonstreerd van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart op schaal 1:50.000 voor het uitwerken van oplossingsrichtingen voor ontwikkelingen in de Gelderse Vallei die impact hebben op het ruimtegebruik en op het natuurlijke systeem van bodem, water en groen. De voorbeelden zijn ontleend aan de Blauwe Omgevingsvisie 2050 van Waterschap Vallei en Veluwe.

Summary

The Soil Map and Geomorphological Map of the Netherlands at scale 1:50,000 are the source geodatabases for the landscape patterns, landforms and soils as elements of the natural system of the subsurface of the Netherlands. These databases are part of the National Key Registry of the Subsurface (BRO), the central registry of public data on the subsurface of the Netherlands, which implements the National Key Registry of the Subsurface Act. Wageningen Environmental Research maintains these databases for the Ministry of Agriculture, Nature and Food quality.

The information on soil and landforms contained in the units of both maps is complex and requires explanation. The maps must reflect the actual state of the soils and landforms and contain sufficient detail to support applications at regional and national level. The update and review of both source databases for inclusion in the National Key Registry of the Subsurface ensures that the information is up to date and presented in sufficient detail.

The Soil Map and Geomorphological Map of the Netherlands require updating for several reasons. Some sheets of the maps are based on outdated information, carry inaccuracies or contain insufficient detail for their intended uses. Other sheets were created using outdated mapping techniques and do not meet the quality requirements for spatial data sources applicable in the Netherlands. Finally, research is generating new knowledge about the geological history of the Netherlands and this can be used to upgrade the mapping of soil properties and geomorphological patterns and landforms.

This report aims to provide improved and recent information on soils and landforms in parts of the Utrechtse Heuvelrug, Gelderse Vallei and Veluwe regions, where the existing maps are outdated. A second objective is to demonstrate how the Geomorphological Map (version GEOM50000_2021) and Soil Map (version V2021-1) can be used in conjunction to address issues concerning the physical environment.

Between November 2019 and July 2021, the Soil Map was updated over an area of around 50,000 ha in the southern and western Gelderse Vallei and in other peripheral zones of map sheet 3200st, with 1,475 new descriptions of soil augerings. Artefacts and differences in spatial resolution at the boundaries of map sheets were removed. Details were added to patterns in the Soil Map for the Gelderse Vallei region. The built-up area covered by the map was extended to almost 16,000 ha. The average map accuracy was improved from 89.6% to 91.8% in areas without buildings.

The Geomorphological Map was updated for the Gelderse Vallei, southern Veluwe (19,937 ha) and Utrechtse Heuvelrug (57,184 ha) regions. The update involved adjustments to the shape and position of existing landforms, the addition of new landforms and changes to the genesis of landforms based on a literature review and fieldwork. In addition, detail was added to some landforms, notably shifting sands, and the geomorphological landscape below urban areas was reconstructed. Golf courses and nature restoration projects which have transformed the natural geomorphology have been given a separate marking on the map.

The Soil Map and Geomorphological Map can be used to meet certain information needs of government authorities, businesses and private land users. This requires explanation of the information contained in the map databases, the uses to which this information can be put and how the maps can be used in conjunction for specific purposes. The maps are suitable for applications on spatial scales ranging from the municipal to the national level. This report describes applications of the Soil Map and Geomorphological Map at scale 1:50,000 to find possible solutions to external developments in the Gelderse Vallei that have an impact on land use and on the natural system of soil, water and vegetation. The examples were taken from the planning and environmental strategy of the Regional Water Authority Vallei en Veluwe (Blauwe Omgevingsvisie 2050).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor de inrichting en het gebruik van onze leefomgeving hebben we te maken met de vormen en samenstelling van het landoppervlak en van de bodem en hoe water zich daarin beweegt. Ondergrond, bodem en water zijn componenten van het natuurlijke systeem, ofwel het onderliggende landschap (Grond, Maas, Kosian, Vreenegoor & Broks, 2021). Dit systeem en het klimaat bepalen mede hoe we landelijk gebied, stedelijk gebied en natuurgebied kunnen inrichten voor landbouw, natuur, werken, wonen en recreatie.

De Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, zijn de bronbestanden voor bodem als onderdeel van het natuurlijke systeem. Ze geven een schematisch beeld van de vormen aan het landoppervlak en van het bodemprofiel (of de bodemopbouw) tot een diepte van 1,20 m onder maaiveld. De kaarten zijn onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO)¹, een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond, die uitvoering geeft aan de Wet Basisregistratie Ondergrond.² In de BRO worden de kaarten *modellen* genoemd, omdat ze beschrijvingen geven van eenheden die de vormen en bodemkundige eigenschappen van het landschap weergeven.

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is conform de wet BRO bronhouder van de bodemkundige gegevens zoals die zijn en worden opgenomen in de BRO. Dat betekent dat het ministerie verantwoordelijk is voor de kwaliteit en de actualiteit van de betreffende data en modellen, zoals de Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, alsmede voor het afhandelen van meldingen betreffende diezelfde data en modellen die in het kader van de wet kunnen worden gedaan. Het ministerie van LNV delegeert die taken naar Wageningen Environmental Research (WENR).

De jaarlijkse actualisatie van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart in het kader van de BRO zorgt ervoor dat de informatie in deze kaarten het natuurlijke systeem weergeven zoals het nu is. In voorgaande jaren werden de actualisaties van de Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart in afzonderlijke rapporten gepubliceerd. In dit rapport worden de actualisaties van beide kaarten voor het eerst in één rapport gepubliceerd. We doen dit om te laten zien welke verbanden er zijn tussen de kaarten en hoe ze in samenhang gebruikt kunnen worden. Het rapport behandelt actualisaties in gebieden op de Utrechtse Heuvelrug, de Veluwe en in de Gelderse Vallei, die zijn uitgevoerd in 2020 en 2021.

1.1.1 Aanleiding actualiseren Bodemkaart

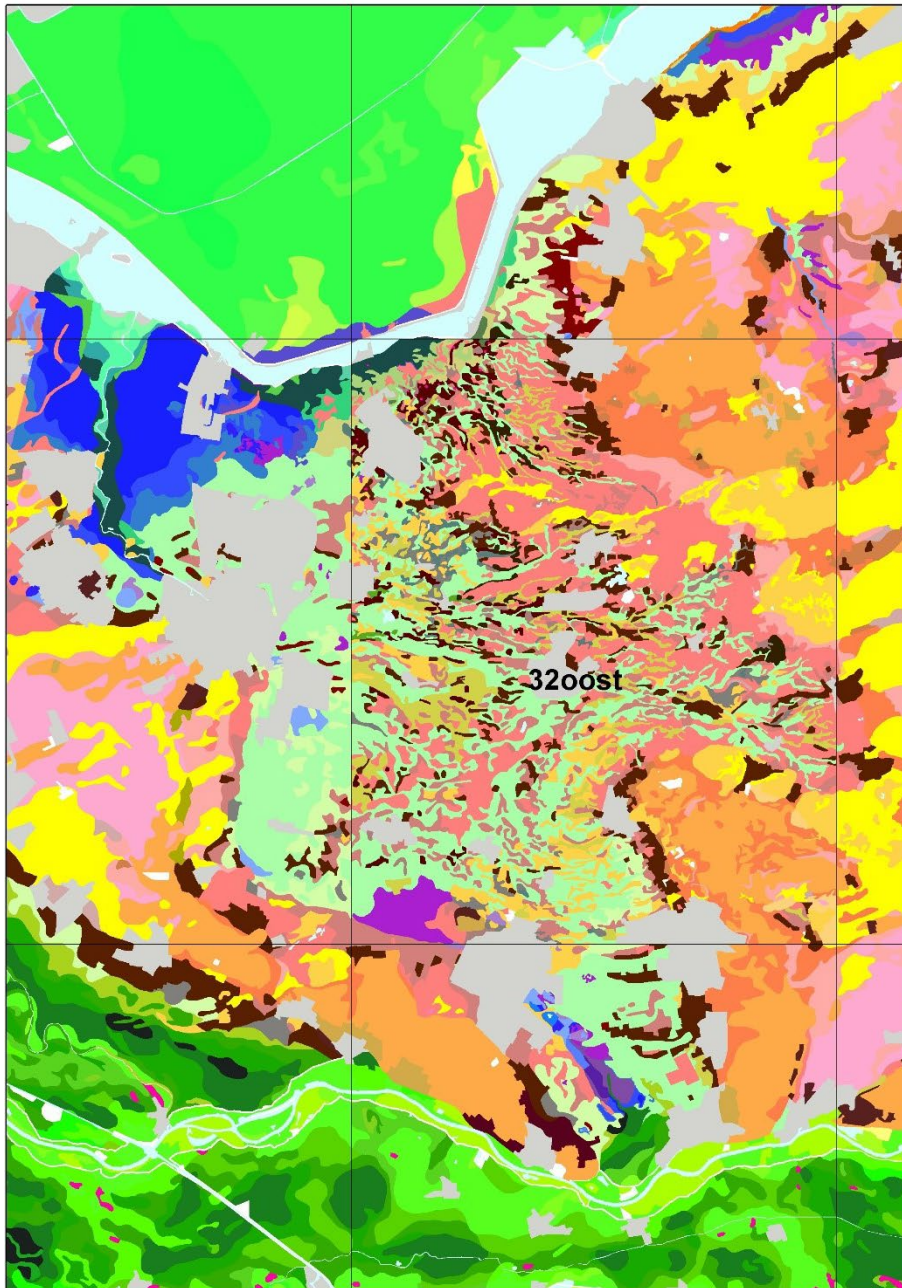
De Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, is gemaakt in de periode tussen 1960 en 1995. In een uitgebreide veldwerkcampagne, waarbij honderdduizenden grondboringen zijn verricht, is deze bodemkaart kaartblad voor kaartblad tot stand gekomen. In analoge vorm bestaat de complete serie uit een set van ca. 90 kaartbladen, met bij elk blad een inhoudelijke toelichting.

In het doelgebied van dit rapport, de Gelderse Vallei, is kaartblad 32oost in 1993 in zijn geheel gereviseerd, terwijl de aangrenzende kaartbladen inmiddels tot de oudste behoren (1963-1964). Door het grote verschil in leeftijd kunnen precies op de kaartbladgrens bodemlijnen ontstaan die hier niet thuishoren (Figuur 1.1). Deze 'valse' of 'onechte' bodemlijnen worden ook wel artefacten genoemd. Deze worden door gebruikers ervaren als visueel storend. Verder is de resolutie (mate van detail) van de verschillende kaartbladen verschillend. Dit betekent dat een deel van de gronden een onjuiste

¹ <https://basisregistratieondergrond.nl/>

² <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037095/2020-01-01>

classificatie heeft, waardoor beslissingen gebaseerd op de bodemkaart beïnvloed kunnen worden. Om deze redenen moet de bodemkaart geactualiseerd en gereviseerd worden.



Figuur 1.1 *Artefacten en verschil in resolutie van kaartblad 32oost met aangrenzende kaartbladen.*

1.1.2 Aanleiding actualiseren Geomorfologische Kaart

Het grootste deel van de Geomorfologische Kaart van Nederland is ontwikkeld tussen 1970 en 1990. Door middel van hoogtepuntenkaarten en uitgebreid veldwerk is twee derde van Nederland gekarteerd. Deze manier van karteren noemen we Kartering Oude Stijl. Tussen 1990 en 2003 zijn de resterende delen van Nederland gekarteerd. Voor deze karteringen waren er gedetailleerde digitale hoogtemodellen beschikbaar (AHN), waarmee de geomorfologie met meer nauwkeurigheid en detail gekarteerd kon worden. Het karteren met behulp van hoogtekarten in een GIS-omgeving noemen we Kartering Nieuwe Stijl. In 2003 is de landsdekkende Geomorfologische Kaart van Nederland gepubliceerd (Koomen en Maas, 2004). De kaartbladen van de Geomorfologische Kaart van Nederland die zijn vervaardigd aan de hand van Kartering Oude Stijl, voldoen niet meer aan de kwaliteitseisen die momenteel worden gesteld aan de Geomorfologische Kaart van Nederland. Het detailniveau en de

nauwkeurigheid van de afgrenzing van de landvormen zijn niet meer voldoende voor de doeleinden waarvoor de kaart gebruikt wordt. Onderzoek heeft ook nieuwe kennis gegenereerd over de ontstaansgeschiedenis van Nederland, waardoor geomorfologische patronen en landvormen met gewijzigde inzichten in kaart worden gebracht. De kaartbladen van voor 1990 zijn dus verouderd en worden daarom geactualiseerd. Hiermee is een begin gemaakt in 2009. Sindsdien is de kaart geactualiseerd in de provincie Drenthe, de provincie Zeeland, het Gelderse Rivierengebied, enkele gebieden in de Achterhoek en Twente, de Veluwezoom en Utrechtse Heuvelrug, en nu ook in delen van de Gelderse Vallei. Een overzicht van het moment van publicatie van verschillende kaartbladen is te vinden in de onlinetoelichting op de legenda van de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000 (2019)³ (Maas, Van der Meij, Van Delft & Heidema, 2019).

1.2 Projectdoel

De hoofddoelstellingen van het project dat gepresenteerd wordt in dit rapport zijn:

1. Verbeteren van de informatie over bodem en geomorfologie voor de Utrechtse Heuvelrug, Gelderse Vallei en Veluwe. Subdoelstellingen zijn daarbij het actualiseren van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland, schaal 1:50.000, en het aanvullen van beschrijvingen van eenheden op deze kaarten en van de bijbehorende bodemkundige boorbeschrijvingen.
2. Uitleggen hoe de Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 in samenhang gebruikt kunnen worden voor vraagstukken over de leefomgeving in de doelgebieden en wat de meerwaarde is van het gebruik van beide kaarten samen. De vraagstukken kunnen bijvoorbeeld gaan over klimaatadaptatie en -mitigatie, ruimte voor hernieuwbare energieopwekking, woningbouw, voedsel- en biomassateelt, een gezonde en aantrekkelijke leefomgeving, behoud en herstel van biodiversiteit, watervoorziening en waterkwaliteit.

Aan de basis van de eerste doelstelling ligt de verantwoordelijkheid vanuit de Wet BRO voor de kwaliteit en de actualiteit van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart. Wageningen Environmental Research (WENR) heeft deze opdracht als onderdeel van de Wettelijke Onderzoekstaken op het beleidsterrein Natuur & Milieu (WOT N&M).⁴ Deze taken worden uitgevoerd voor en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Tevens is het de ambitie van WENR om hoogwaardige en actuele digitale ruimtelijke informatie te verschaffen over bodem en geomorfologie van het landoppervlak van Nederland.

Voor de tweede doelstelling kiezen we enkele voorbeelden die laten zien wat de meerwaarde kan zijn van het geïntegreerd gebruiken van patroonbeschrijvingen en informatie van bodem en geomorfologie. De voorbeelden worden ontleend aan de Blauwe Omgevingsvisie 2050 van Waterschap Vallei en Veluwe (BOVI 2050) (Waterschap Vallei en Veluwe, n.d.).⁵ Deze visie schetst een ruimtelijk beeld van drie maatschappelijke ontwikkelingen vanuit het perspectief van het bodem-watersysteem in het beheersgebied van het waterschap: klimaatverandering, afname van biodiversiteit en kwaliteit van de leefomgeving en een toenemende ruimtevrage voor wonen en werken. De voorbeelden in dit rapport illustreren hoe oplossingsrichtingen die in de BOVI 2050 worden voorgesteld nader ingevuld kunnen worden met gegevens van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart van Nederland, waarbij het uitgangspunt is om aan te sluiten op de veerkracht van het natuurlijke systeem van bodem, water, atmosfeer en groen.

Het project levert de volgende resultaten:

- Een GIS-bestand van de Geomorfologische Kaart van Nederland, schaal 1:50.000, met geactualiseerde fragmenten van de doelgebieden;
- Een GIS-bestand van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, met geactualiseerde fragmenten van de doelgebieden;
- Dataset met bodemkundige boormonsterbeschrijvingen in de doelgebieden;

³ <https://legendageomorfologie.wur.nl/>

⁴ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/wettelijke-onderzoekstaken/wot-natuur-en-milieu.htm>

⁵ <https://bovi2050.nl/>

- Verantwoording van de werkwijze bij het actualiseren van de Geomorfologische Kaart (hoofdstuk 2);
- Verantwoording van de werkwijze bij het actualiseren van de Bodemkaart (Bijlage 1, 2 en 5);
- Documentatie en illustratie van een toepassing van de Geomorfologische Kaart en Bodemkaart van Nederland in combinatie (hoofdstuk 4).

De Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 met begeleidende documentatie vallen onder het registratie-object *Modellen* in de BRO. De bodemkundige boormonsterbeschrijvingen vallen onder het gelijknamige registratieobject in de BRO. Mogelijkheden voor toegang tot de achterliggende databestanden zijn beschreven in Bijlage 3.

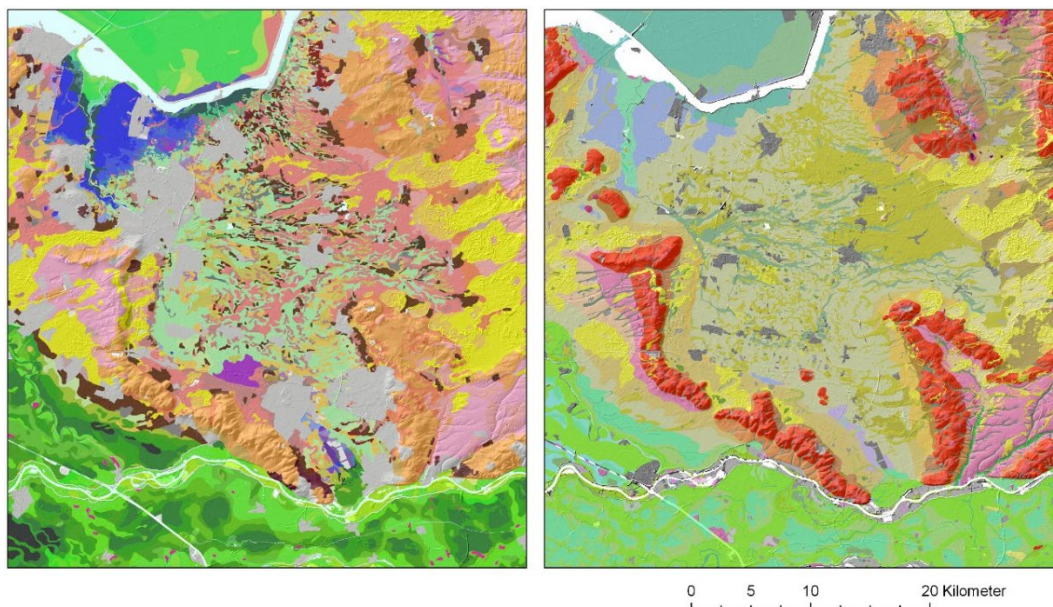
1.3 Projectafbakening

De gegevens en voorbeelden in deze rapportage hebben betrekking op de Utrechtse Heuvelrug, de Gelderse Vallei en de Veluwe en op de onderdelen van dit gebied die in 2020 en 2021 geactualiseerd werden voor de Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000. In het navolgende wordt de aanduiding 'van Nederland' weggelaten. De actualisatie van beide kaartbestanden is uitgevoerd in afzonderlijke trajecten, maar de resultaten worden in dit rapport in samenhang beschreven.

De Bodemkaart geeft geen bodemkundige informatie over de stedelijke gebieden op het moment van de kartering. De Geomorfologische Kaart is voor delen van het bebouwde gebied ingevuld.

Het verticale bereik van de gegevens is voor de Geomorfologische Kaart het verschil tussen de maximale hoogte- en diepteligging van de landvormen die beschreven wordt in de reliëfcode van de kaarteenheden. Voor de Bodemkaart is dit de maximale diepte van de bodemkundige boormonsterbeschrijvingen, i.e. 1,20 m onder maaiveld.

In de geactualiseerde uitgaven van de Geomorfologische Kaart (versie GEOM50000_2021⁶) en de Bodemkaart 1:50.000 (versie V2021-1) (Figuur 1.2) zijn de nieuw ingewonnen gegevens van de doelgebieden gecombineerd met de kaartgegevens in de voorgaande uitgaven van beide kaartbestanden. Dit resulteert in kaartbeelden met een volledige dekking over Nederland.



Figuur 1.2 Een uitsnede van de geactualiseerde uitgaven van de Bodemkaart 1:50.000 (links) en de Geomorfologische Kaart (rechts) voor het geactualiseerde gebied.

⁶ Versienummering gehanteerd door Wageningen Environmental Research.

1.4 Impact van het project

1.4.1 Belang voor doelgroepen

De Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart zijn patroonbeschrijvingen van het natuurlijke systeem van bodem, terreinvormen, water en begroeiing. De modellen zijn bruikbaar voor vraagstukken en werkprocessen op het gebied van klimaat, water en energie, bodemgeschiktheid, kwetsbaarheid van de bodem voor bijvoorbeeld bodemdaling, natuurontwikkeling, landschapsplanning en ruimtelijke planvorming. Dit zijn vraagstukken waarmee verschillende overheden, bedrijven en organisaties zich bezighouden. Overheden die ook bronhouders zijn van informatie in de BRO zijn verplicht om de informatie te raadplegen voor hun werkprocessen. Om deze vraagstukken en werkprocessen te kunnen uitwerken en uitvoeren, is het belangrijk dat de BRO actuele informatie bevat over bodem en geomorfologie. De schaal van toepassing kan variëren van gemeentelijk tot landelijk. De modellen zijn zonder aanvullende gegevens niet geschikt voor lokale toepassingen, zoals op het niveau van straat, gebouw of perceel.

1.5 Achtergrondinformatie

1.5.1 Bodemkaart 1:50.000: korte toelichting

De Bodemkaart is een tweedimensionaal laagmodel in de vorm van een vectorbestand, dat bodemkundige informatie geeft van de Nederlandse ondergrond tot een diepte van 1,20 m onder maaiveld. In de bodemkundige informatie is een belangrijke tweedeling aanwezig: kennis over het moedermateriaal enerzijds en kennis over de daarin ontwikkelde bodemvorming anderzijds.

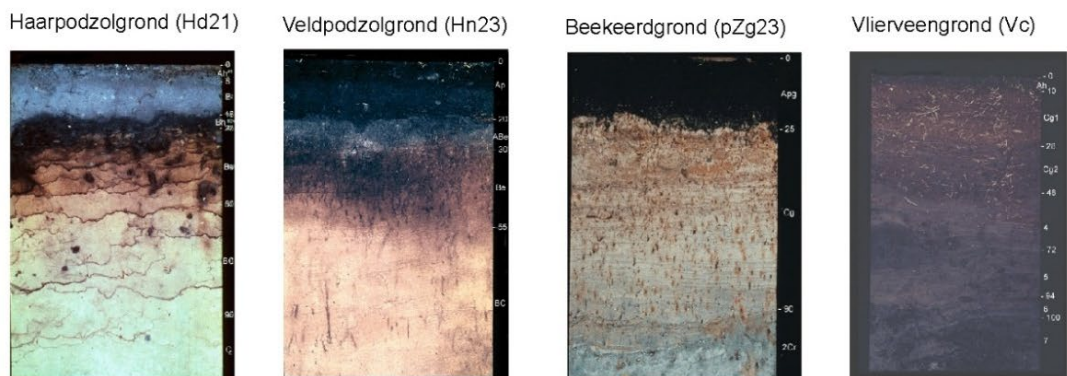
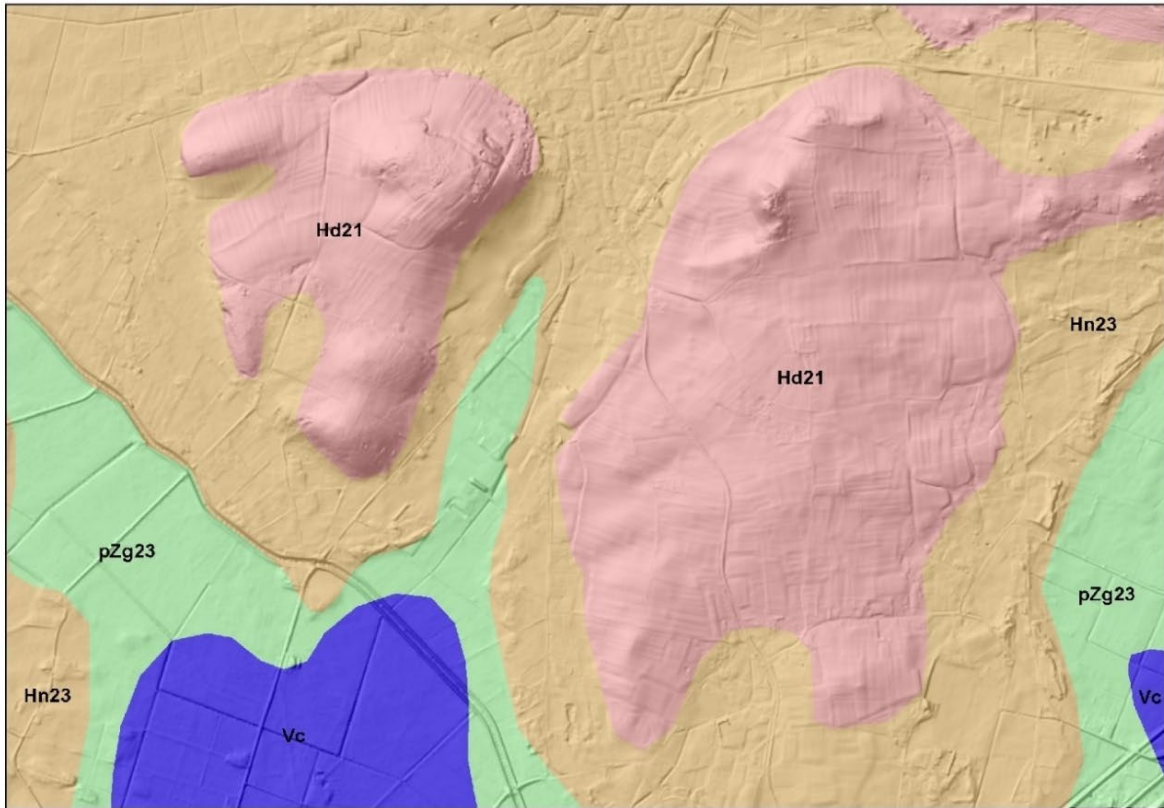
Het materiaal waaruit de bodem bestaat (het moedermateriaal of uitgangsmateriaal), is in ons land grotendeels van elders aangevoerd, o.a. door de wind (löss, dekzand, stuifzand, duinzand), de rivieren (rivierklei en -zand), de zee (zeeklei en -zand) en door het landijs (smeltwaterafzettingen, keileem), soms is het ter plaatse ontstaan (veen). Door veranderingen in de sedimentatie vertoont het moedermateriaal vaak een zekere gelaagdheid.

Onder invloed van uitwendige omstandigheden treedt bodemvorming op, waarbij veranderingen in het moedermateriaal ontstaan door omzetting, uitspoeling en ophoping van minerale en organische stoffen (Mückenhausen et al., 1977). Om de bodem te kunnen beschrijven, is het essentieel te weten dat geologische en bodemvormende processen door de tijd heen bepaald hebben hoe de bodem nu is en hoe de bodem zich mogelijk in de toekomst kan ontwikkelen. Een bodem verandert onder natuurlijke omstandigheden geleidelijk in de tijd en is afhankelijk van de (bodemkundige) processen voor het type bodem. Daarnaast verandert de bodem ook geleidelijk in de ruimte, gaat over van het ene type bodem naar het andere, het is daarmee een continu fenomeen.

Elke grond heeft als gevolg van de afzetting en van de bodemvorming een opeenvolging van min of meer horizontale lagen, die verschillen in samenstelling en eigenschappen. Deze lagen heten *horizonten*. Samenstelling, dikte en opeenvolging van horizonten – het *bodemprofiel* – verschillen per grond. Gronden met een ongeveer gelijk bodemprofiel beschouwt men als een bodemeenheid (Simonson, 1968).

Door het feit dat de bodem zich aan onze zintuiglijke waarneming onttrekt – alles is immers ‘onzichtbaar’ onder het aardoppervlak (*maaiveld* in de bodemkunde) – gebruiken we specifieke waarnemingsmethoden (onderzoeken) om de bodem te kunnen beschrijven. Door het boren in de bodem met een grondboor en het graven van kuilen om de wand bloot te leggen, kunnen we de bodemopbouw beschrijven. In de BRO noemen we dit respectievelijk *bodemkundige boormonsteronderzoeken* en *bodemkundige wandonderzoeken*, die ons de informatie verschaffen over de opbouw van de bodem op die locatie.

Door middel van een bodemkartering stelt men door grondboringen de bodemeenheden vast en bepaalt op basis van overeenkomsten en verschillen tussen (groepen van) bodemprofielen de grenzen van die eenheden.⁷ Verschillen in bodemgesteldheid en landschap gaan vaak samen, omdat beide zijn ontstaan onder invloed van dezelfde uitwendige omstandigheden (Figuur 1.3). Voor interpretatie is dit bij de bodemkartering van groot belang, omdat het daardoor mogelijk is met betrekkelijk weinig boringen de grenzen tussen de verschillende gronden te bepalen en in kaart te brengen (Schelling et al., 1975).



Figuur 1.3 Vier bodemeenheden in hun landschappelijk verband. De eenheden op de rug, op de helling en in het dal zijn verschillend. Elke eenheid wordt op de Bodemkaart onderscheiden met een eigen code en kleur.

⁷ Door zo te karteren, ontstaan de kaarteenheden (vlakken) en wordt dit 'continue' fenomeen geschematiseerd tot vlakken die nagenoeg tot een en dezelfde bodemeenheid gerekend kunnen worden, een methodiek die in het verleden wereldwijd zo is ontstaan.

1.5.2 Geomorfologische Kaart 1:50.000: korte toelichting

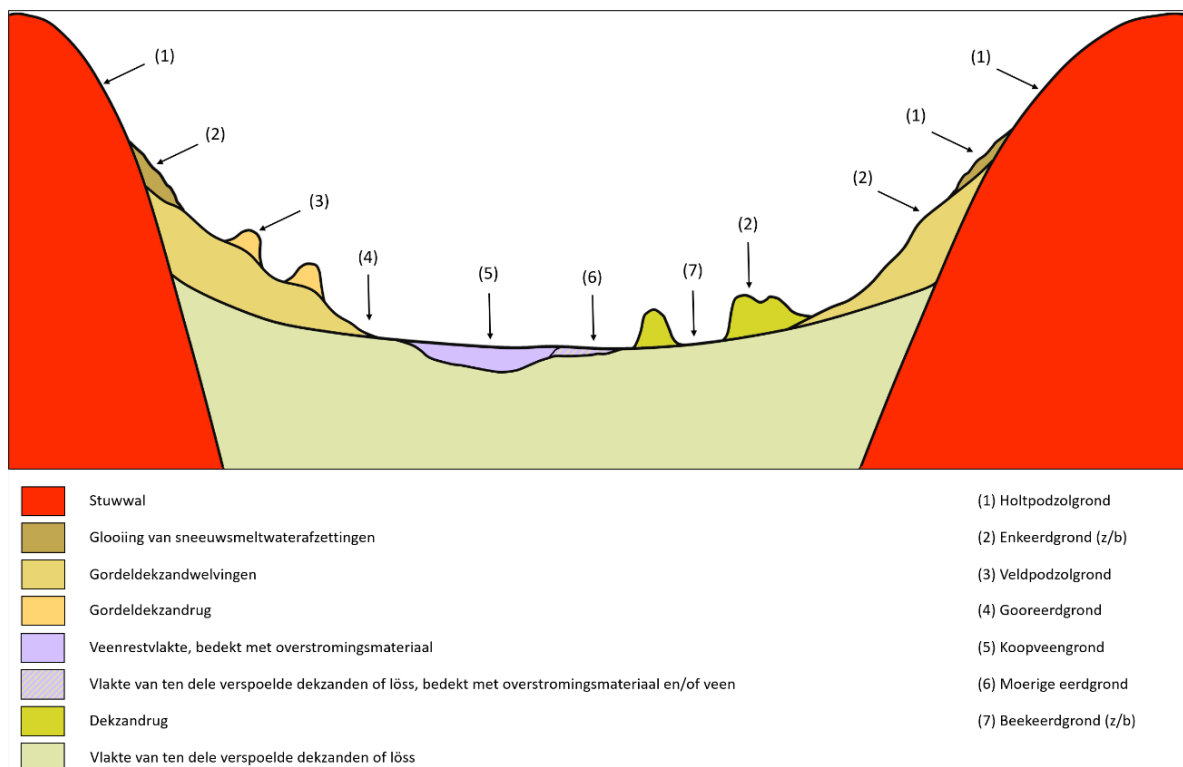
Geomorfologie is de wetenschap die zich bezighoudt met het bestuderen van de vormen van het aardoppervlak en de processen die bij het ontstaan daarvan een rol spelen of hebben gespeeld. De Geomorfologische Kaart beschrijft de vorm en ontstaanswijze van de meest voorkomende landvormen van het Nederlandse aardoppervlak. Deze informatie is van belang voor ruimtelijke vraagstukken over klimaatadaptatie, natuurbeheer, infrastructuur en cultureel erfgoed, waar zowel ondergrond als bovengrond een belangrijke rol speelt. De kaart is daarom ook onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO) en daarmee publiekelijk beschikbaar.

Op de kaart wordt voor elke landvorm beschreven tot welke (sub)groep deze behoort, de mate van het reliëf, de genese of ontstaanswijze en de ouderdom. Daarnaast wordt, indien relevant, aanvullende informatie gegeven (toevoegingen) over afwijkende geologische afzettingen in de bovengrond die van invloed zijn op landvorm en eventuele bijzonderheden in het reliëf. Ten slotte wordt beschreven of de landvorm onder invloed staat van actieve geomorfologische processen.

1.6 Beschrijving landvormen en bodemeenheden in de doelgebieden

Gelderse Vallei-Zuid

Het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei wordt vooral gekenmerkt door de twee stuwwallen die de vallei aan weerszijden afgrenzen, de Utrechtse Heuvelrug aan de westzijde en de westflank van de Veluwe aan de oostzijde. De vallei tussen deze stuwwallen is sinds zijn vorming in de voorlaatste ijstijd langzaam opgevuld, waardoor dit gebied nu relatief vlak is. Veel verschillende landvormen en bodemeenheden komen voor in dit gebied; de meest voorkomende hiervan worden hieronder besproken. In Figuur 1.4 is een conceptuele dwarsdoorsnede van het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei afgebeeld. Hierop is aangegeven welke bodems over het algemeen voorkomen op en rondom verschillende landvormen.

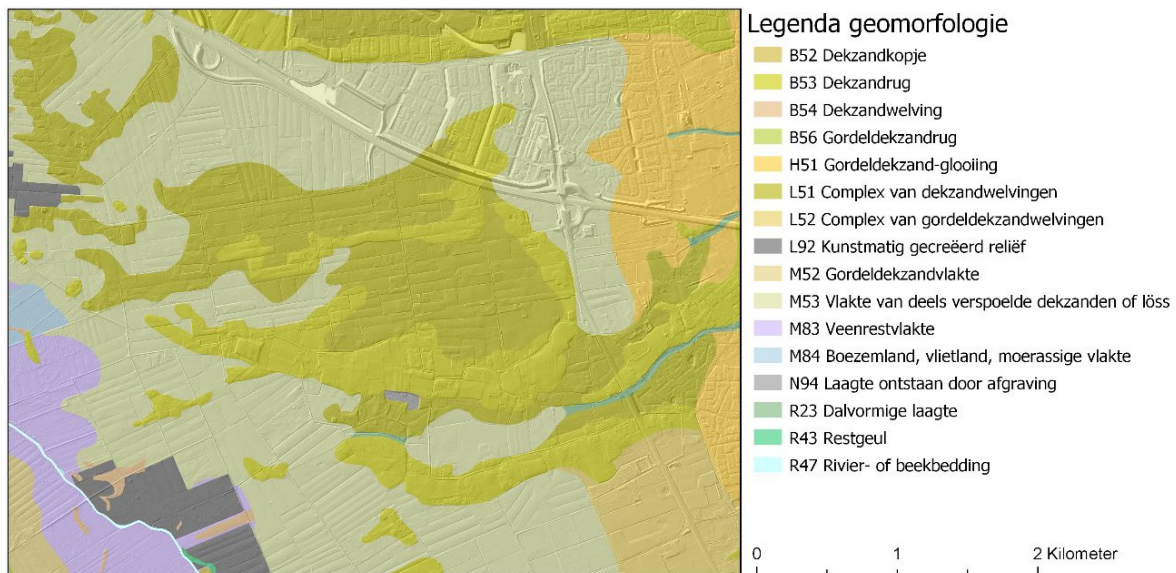


Figuur 1.4 Conceptuele dwarsdoorsnede van de Gelderse Vallei met de belangrijkste landvormen aangegeven in kleur, en bodemtypen aangegeven met cijfers. Bodemtypen waarvan zowel bruine als zwarte varianten kunnen voorkomen, zijn aangegeven met (z/b).

Op de flanken van deze stuwwallen vindt men hellingafspoelingen van de stuwwallen en diep ingesneden droge dalen. Aan de uiteinden van deze droge dalen kan in sommige gevallen een daluitspoelingswaaier van relatief grof materiaal zijn ontstaan. Verder ligt er langs de flank van de stuwwallen een relatief flauw hellende glooiing gordeldekzand, die de overgangszone naar de vlakte vormt. Enkele gordeldekzandruggen zijn ook te vinden op de glooiingen tussen de stuwwallen en de vlakte. De bodemkaart onderscheidt in het gebied van de stuwwallen vooral moderpodzolgronden, plaatselijk afgewisseld met duinvaag- en vlakvaaggronden, die langs de flank vaak overgaan in zwarte enkeerdgronden.

De vlakte in het midden van de vallei bestaat grotendeels uit ten dele verspoelde dekzanden. Op de relatief hogere delen van de vlakte ligt het dekzand aan maaiveld, maar op de lagere delen van de vlakte kan dit dekzand zijn afgedekt met een laag overstromingsmateriaal van de Grift (ook wel bekend als het Valleikanaal) en de Nederrijn. Op de laagste delen van de vlakte rondom de Grift ligt op sommige locaties zelfs nog een laag veen. Daar waar het veenpakket dik genoeg is, wordt de classificatie veenrestvlakte toegekend. Er is zelfs een deel van de Gelderse Vallei dat geclassificeerd wordt als boezemland, daar waar het grootste deel van het originele veenpakket nog intact is. In het verleden heeft een groter deel van deze vlakte onder een laag veen gelegen, maar deze laag is deels afgegraven en het restant is over de jaren heen langzaam aan het verdwijnen. Door het verdwijnen van deze veenlaag komen langzaam oudere landvormen, zoals dekzandruggen, weer terug in het hoogtebeeld. Op de bodemkaart liggen in de relatief lagere gedeeltes van deze vlakte vooral rivierkleigronden, veengronden, moerige gronden en beekbeddingen; op de relatief hogere gedeeltes komen meer gooreerd- en veldpodzolgronden voor.

Verspreid over de gehele vlakte liggen dekzandwelingen en dekzandruggen in het landschap. De oriëntatie van de dekzandruggen is in de meeste gevallen haaks op de stuwwal. Gezien de relatief hoge ligging in het landschap waren deze ruggen ideaal voor landbouw en zijn daarom grotendeels geëgaliseerd of afgegraven. In enkele gevallen is echter nog de originele paraboolvorm van de dekzandruggen te herkennen in het hoogtebeeld (Figuur 1.5). Op de bodemkaart zijn hier vooral enkeerd-, laarpodzol-, veldpodzol- en gooreerdgronden onderscheiden.



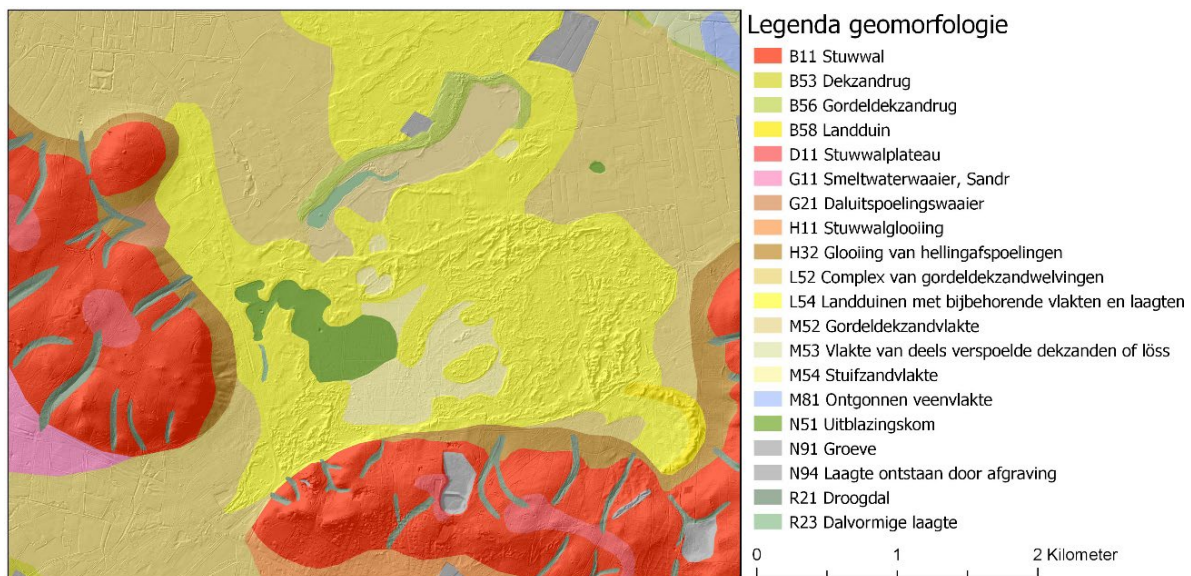
Figuur 1.5 Landvormen in het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei, in de vlakte rondom de Grift. Uitsnede van de Geomorfologische Kaart, schaal 1:50.000.

Gelderse Vallei-West

Het westelijke deel van de Gelderse Vallei is voor een groot deel vrijwel identiek aan het zuidelijke deel. In het westen wordt de vallei afgebakend door de Utrechtse Heuvelrug met op de flank hellingafspoelingen, droge dalen en gordeldekzanden, en op aangrenzende vlakten verspoelde dekzanden en dekzandruggen en -welingen.

Toch zijn er ook verschillen met het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei. De afstand tussen de twee stuwwallen is hier vele malen groter, waardoor de oostzijde van dit deelgebied niet direct afgegrensd wordt door een stuwwal, maar nog bestaat uit de grote dekzandvlakte. Dit zorgt voor verschillen in lokale kwelstromen en door verschillen in de luwte van de wind tussen de twee deelgebieden van de Gelderse Vallei. Ook op de bodemkaart vinden we hier vrijwel identieke bodemeenheden. Op deze kaart valt hier op dat het areaal van de bekeergronden relatief groter is en meer aaneengesloten is dan in het zuidelijke deel.

Mede door het verschil in afstand tussen de stuwwallen en de relatieve afstand van de Rijn, zijn hier op verschillende locaties nog laagjes veen te vinden, maar geen grote veenrestvlakte zoals deze te vinden is in het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei. Verder is van de oriëntatie van de dekzandruggen in het zuiden hier niet altijd sprake. Dit heeft deels te maken met de Darthuizerpoort, een gat in de Utrechtse Heuvelrug, waardoor wind vrij spel had (Figuur 1.6). Omdat de wind hier relatief veel invloed kon uitoefenen op het landschap, zijn er in het westelijke deel van de Gelderse Vallei ook meer stuifzandcomplexen te vinden. Op de bodemkaart zijn deze stuifzandcomplexen als duinvaaggronden onderscheiden.



Figuur 1.6 Stuwwallen en landvormen aan de flanken rondom de Darthuizerpoort. Uitsnede van de Geomorfologische Kaart, schaal 1:50.000.

Verder is het opvallendste verschil met het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei de aanwezigheid van dalvormige laagten en beeklopen, die samen lijken te komen bij Amersfoort. Het huidige landschap is voor een groot deel gevormd door deze (oude) beeklopen. Hierdoor is ook boven op een groot deel van de verspoelde dekzandvlakte een laag overstromingsmateriaal afgezet. Verder lijken deze lopen zich een weg te hebben gevormd door het dekzand heen, waardoor sommige dekzandruggen zijn geërodeerd.

Veluwe-Zuid

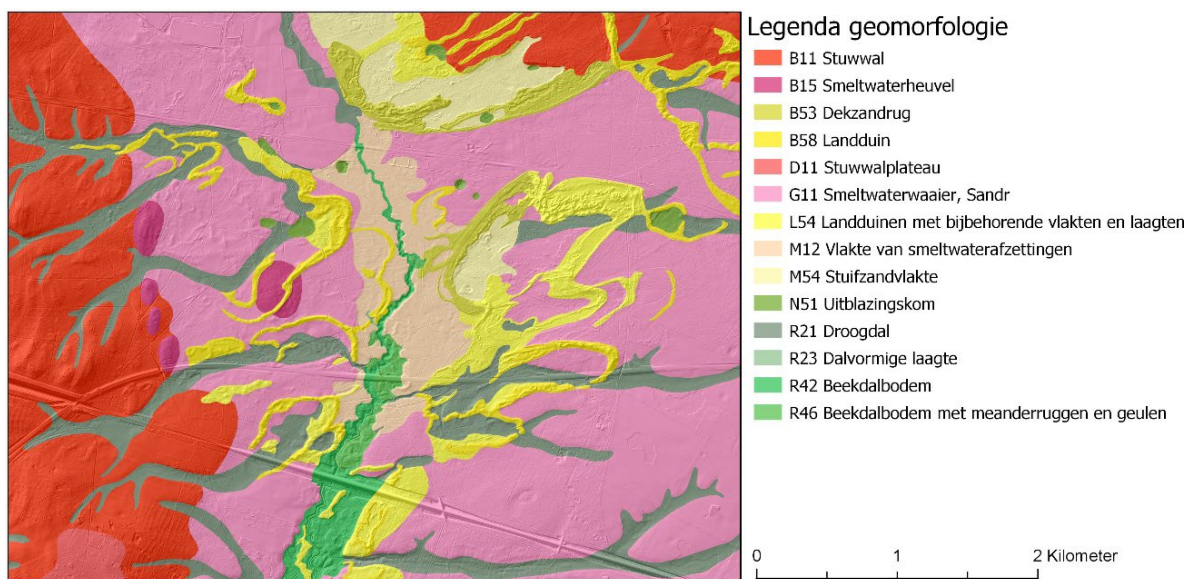
Het laatste deelgebied is het zuidelijke deel van de Veluwe. Dit omvat het gebied ten oosten van Wageningen en Ede, aan de andere kant van de stuwwal. De Ginkelse Heide is ook te vinden in dit gebied.

Net als op de westflank van de stuwwal vind je hier diep ingesneden droge dalen. Deze droge dalen komen vrijwel allemaal uit in het Renkumse beekdal. Zowel het beekdal als de droge dalen hebben zich ook ingesneden in de zogeheten *Sandr*-vlakten en -glooiingen. Deze bestaan uit relatief grove smeltwaterafzettingen, afkomstig van de stuwwal, en beslaan het grootste deel van dit deelgebied. Dekzand kan op sommige locaties worden gevonden als laagje boven op de *Sandr*-afzettingen, of zelfs als dekzandrug. Op de bodemkaart zijn de diep ingesneden droge dalen in de bovenloop vooral

onderscheiden als veldpodzolgronden en in de benedenloop als veldpodzolgronden, afgewisseld met beekerdgronden.

Naast droge dalen zijn er ook smeltwaterheuvels te vinden op de westelijke flank van de stuwwal. Dit zijn heuvels van de meest grove delen van de stuwwal. Terwijl het omliggende gebied erodeerde door smeltwater, blijven deze heuvels intact door het relatief grove materiaal waaruit ze bestaan. Op de bodemkaart zijn hier vooral haarpodzolgronden onderscheiden.

Verder is in dit deelgebied sprake van verstuiving. Grote stuifzandcomplexen zijn te vinden op de Noordelijke Ginkel en bij het Ginkelse Zand ten oosten van het beekdal. Deze stuifzanden bestaan uit relatief fijn zand ten opzichte van het onderliggende Sandr-materiaal. Ook heeft weinig bodemvorming plaatsgevonden in deze stuifduinen. Verder zijn er op de Zuidelijke Ginkel een aantal zeer mooie paraboolduinen te vinden (Figuur 1.7). Waarschijnlijk zijn deze landduinen gevormd tijdens eerdere perioden van verstuiving in dit gebied. Ze bestaan uit relatief grof materiaal, net als het onderliggende Sandr-materiaal, en er heeft al bodemvorming kunnen plaatsvinden op deze landduinen. Ten zuiden van de Zuidelijke Ginkel komen er weinig tot geen landduinen of verstuivingen meer voor; hier ligt het beekdal te dicht tegen de stuwwal aan.



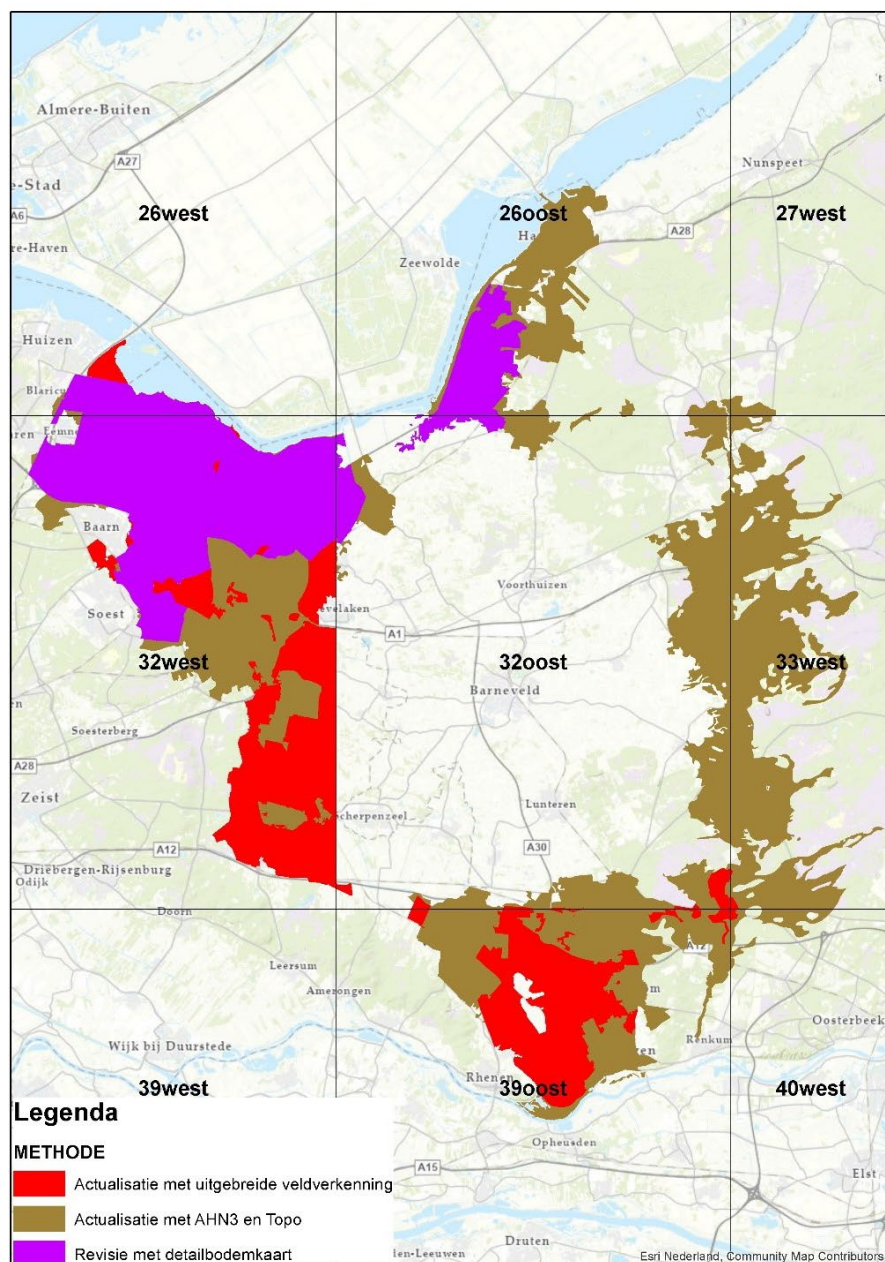
Figuur 1.7 Landvormen in het zuidelijk deel van de Veluwe: zuidelijke Ginkel. Uitsnede van de Geomorfologische Kaart, schaal 1:50.000.

2 Methoden

2.1 Bodemkaart: gebruikte methodes

Het onderzoeksgebied grenst aan de randen van kaartblad 32oost en kent aanzienlijke verschillen in bodemopbouw en beschikbaarheid van hulpinformatie. Daarom is het randgebied opgesplitst in drie deelgebieden. Voor deze drie deelgebieden (Figuur 2.1) zijn verschillende methodes gebruikt om aanwezige artefacten en verschillen in resolutie op verantwoorde wijze op te heffen:

1. Actualisatie met uitgebreide veldverkenning (ca. 10.900 ha);
2. Actualisatie met gebruikmaking van hulpbestanden waaronder AHN3, recente topografische kaarten en luchtfoto's (ca. 26.300 ha);
3. Revisie met behulp van recente detailbodemkaarten (ca. 12.800 ha).



Figuur 2.1 Drie deelgebieden met verschillende methodes van actualisatie en revisie.

2.1.1 Actualisatie via traditionele veldkartering

Het rode deelgebied in Figuur 2.1 heeft een complexe bodemopbouw en geen detailbodemkaarten als hulpinformatie. Om deze reden is voor de actualisatie van dit deelgebied gekozen voor een traditionele kartering.

Door het feit dat de bodem zich aan onze zintuiglijke waarneming onttrekt – alles is immers ‘onzichtbaar’ onder het aardoppervlak (maaiveld in de bodemkunde) – gebruiken we bij een traditionele veldkartering specifieke waarnemingsmethoden om de bodem te beschrijven. Door het boren in de bodem met een grondboor, en soms het graven van kuilen om de wand bloot te leggen, beschrijven we de bodemopbouw. In de BRO noemen we dit *bodemkundige boormonsteronderzoeken* en *bodemkundige wandonderzoeken*, die ons de informatie verschaffen over de opbouw van de bodem op die locatie.

Door middel van een bodemkartering stelt men door grondboringen de bodemeenheden vast en bepaalt men op basis van overeenkomsten en verschillen tussen (groepen van) bodemprofielen de grenzen van die eenheden. Verschillen in bodemgesteldheid gaan vaak samen met verschillen in landschap en geomorfologie, omdat deze zijn ontstaan onder invloed van dezelfde uitwendige omstandigheden (zie ook paragraaf 1.5.4). Dit is bij de bodemkartering van groot belang, omdat het daardoor mogelijk is met betrekkelijk weinig boringen de grenzen tussen de verschillende gronden op te sporen en in kaart te brengen (Schelling et al., 1975).

De belangrijkste gegevensbron bij een traditionele veldkartering zijn boorbeschrijvingen. Elk van deze boorbeschrijvingen geeft gedetailleerde informatie over de opbouw van de ondergrond op één specifieke locatie. Voor elk bodemvlak geldt echter dat niet op ieder punt in het vlak een boorbeschrijving is gemaakt. Dit betekent dat voor de gebieden tussen de aanwezige boorbeschrijvingen een schatting gedaan moet worden op basis van andere informatie, de zogenaamde hulpinformatie. Hulpinformatie kan bijvoorbeeld bestaan uit een combinatie van een hoogtebestand (AHN, Actueel Hoogtebestand van Nederland⁸), een bestand van het landgebruik (LGN, Landelijk Grondgebruik van Nederland⁹), Bonnekaarten (oude topografische kaarten), recente topografische kaarten en luchtfoto's.

De Bodemkaart is weergegeven op de schaal 1:50.000. Afhankelijk van de ingewikkeldheid van het bodempatroon zijn 10 tot 25 boringen per 100 ha tot een diepte van 1,20 m uitgevoerd. Daarbij beschrijft de karteerder de boring door het benoemen van horizonten, het schatten van o.a. het gehalte aan organische stof en koolzure kalk, het lutum- of het leemgehalte, de grofheid van het zand per onderscheiden laag, de fluctuatie van de grondwaterstand en het classificeren op basis hiervan van de bodem en grondwatertrap.

2.1.2 Actualisatie via AHN3, recente topografische kaarten en luchtfoto's

Voor het bruine deelgebied in Figuur 2.1 zijn evenmin detailkaarten beschikbaar, maar de bodemopbouw is minder complex dan in het rode deelgebied. Vooral in de omgeving van Otterlo en Harskamp komen veel stuifzandgebieden voor. Het belangrijkste bodemkundige verschil in deze gebieden is de toevoeging Zn versus Zd, waarbij:

- de n staat voor nat (relatief laaggelegen, uitgestoven laagte, vlakvaaggrond) en
- de d staat voor droog (relatief hooggelegen, opgestoven, duinvaaggrond).

Het is begrijpelijk dat met name in deze gebieden het AHN een zeer nuttig hulpmiddel is. Veranderde grenzen van bebouwing en water zijn vooral goed vast te stellen met behulp van recente topografische kaarten en luchtfoto's.

⁸ <https://www.ahn.nl/>

⁹ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-tools/Kaarten-en-GIS-bestanden/Landelijk-Grondgebruik-Nederland.htm>

2.1.3 Revisie met behulp van detailbodemaarten

Voor het parsee deelgebied in Figuur 2.1 zijn detailbodemaarten beschikbaar. Detailbodemaarten zijn bodemaarten die meestal worden gepresenteerd op een schaal 1:25.000 of 1:10.000 en die met een specifiek doel voor een eveneens specifiek gebied worden gemaakt. Voor de samenstelling van detailbodemaarten worden, afhankelijk van de schaal, per km² (aanzienlijk) meer grondboringen verricht dan bij de landelijke bodemaart. Het specifieke doel kan bijvoorbeeld een herinrichting zijn of een drinkwateronttrekking, waarbij hoogtes van schadevergoedingen aan boeren moet worden vastgesteld. Door de nauwkeurigere schaal dan die van de Bodemaart van Nederland, schaal 1:50.000, kunnen bodempatronen gedetailleerder in kaart worden gebracht. Ook de onderscheiden legenda-eenheden zijn bij detailbodemaarten vaak uitgebreider dan bij de landelijke Bodemaart.

De volgende drie detailbodemaarten zijn beschikbaar voor de revisie van de Bodemaart:

- Nijkerk-Putten (Leenders, Brouwer & Knotters, 1990)
- Huinen-Ermelo-Putten (Scholten & Brouwer, 1999)
- Eemland (Pleijter & Beekman, 1979)

Deze detailkaarten zijn alle drie (een stuk) recenter dan de veldopname van het kaartblad waarvan ze deel uitmaken (1963-1964). De detailkaarten zijn geglobaliseerd om beter aan te sluiten bij de kaartschaal 1:50.000, maar geven daarna nog steeds een gedetailleerder kaartbeeld dan het kaartblad 32oost.

2.2 Gegevens verzamelen

2.2.1 Bodemaart: boormonsterbeschrijvingen en veldkartering

In de periode van november 2019 tot en met juli 2021 zijn in het deelgebied waar een actualisatie met uitgebreide veldkartering is gedaan (deelgebied 1 in Figuur 2.1) in totaal op ca. 1475 locaties boorbeschrijvingen opgesteld (Figuur 3.1) volgens de richtlijnen voor bodemkundige boorbeschrijvingen (Ten Cate et al., 1995). Daarnaast werden de algemene richtlijnen toegepast voor boren voor bodemkundige profielbeschrijvingen, die zijn opgesteld als norm voor de werkwijze voor inwinning van gegevens voor het registratie-object *Boormonsterprofiel* in de Basisregistratie Ondergrond (Bijlage 2). Tevens geldt voor dit veldwerk een protocol met een aantal richtlijnen voor o.a. het kiezen van de locatie en de boordiepte (Bijlage 1).

Bij het opstellen van de nieuwe boorbeschrijvingen wordt gebruikgemaakt van de VeldGIS-applicatie op veldcomputers. Dit is een door WENR ontwikkelde module in ArcGIS met een invulscherf voor boorbeschrijvingen. Met gps worden de x- en y-coördinaten automatisch bepaald. Voor een aantal attributen in de VeldGIS-applicatie (zoals bodemgebruik, horizontcode en veensoort) zijn keuzelijsten beschikbaar, hetgeen het invullen vergemakkelijkt en (type)fouten voorkomt. Tevens bevat VeldGIS controleprogramma's om te checken of de beschrijvingen consistent zijn. Al deze boorbeschrijvingen zijn opgenomen in de landelijke database van de BRO (www.broloket.nl).

2.2.2 Geomorfologische Kaart: databronnen en veldkartering

De Geomorfologische Kaart bestaat momenteel uit een combinatie van verschillende kaartbladen. Een deel van deze kaartbladen is geproduceerd volgens de Oude Stijl en een deel volgens de Nieuwe Stijl. Bij de Oude Stijl had men nog geen beschikking over de huidige GIS-technologie. Deze kaarten werden geproduceerd met behulp van o.a. hoogtepuntenkaarten en veldwaarnemingen. Door het detailniveau van deze verouderde databronnen sluit de afgrenzing van de vormen vaak niet aan bij de werkelijkheid en is het detailniveau van de kaart vaak te laag voor het beoogde gebruik. Dit is dan ook de reden dat de kaart geactualiseerd wordt, ditmaal volgens de Nieuwe Stijl.

Het geomorfologisch karteren Nieuwe Stijl gebeurt voornamelijk in een digitale GIS-omgeving zoals ArcGIS of QGIS. In de GIS-omgeving kunnen verschillende databronnen over elkaar heen gelegd worden om landvormen met verschillende vorm en genese te onderscheiden. Er worden twee

basisbronnen gebruikt voor het actualiseren van de Geomorfologische Kaart. Dit zijn digitale hoogtemodellen die het reliëf van het aardoppervlak laten zien en de oude Geomorfologische Kaart die geactualiseerd wordt. De actualisatie van de Geomorfologische Kaart begint bij de oude versie van de kaart. Deze kaart geeft, ondanks het lagere detailniveau, een goede indicatie van het type en de ligging van de geomorfologische vormen in een bepaald gebied.

Bij het actualiseren maken we gebruik van digitale hoogtemodellen om verschillende landvormen te onderscheiden en af te grenzen. We maken voornamelijk gebruik van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN, <https://ahn.nl>), een landsdekkend, gedetailleerd digitaal hoogtemodel van Nederland waarvan elke vijf tot tien jaar een nieuwe versie uitkomt. Voor het geomorfologisch karteren gebruiken we altijd de recentste versie van het AHN. Dat is op dit moment AHN3, dat voor heel Nederland beschikbaar was vanaf 2018. Afgeleide kaarten van de hoogtemodellen, zoals hellingkaarten, reliëfkaarten en stroombanenkaarten, geven extra informatie over de opbouw van het landschap en worden daarom ook bij de actualisatie gebruikt. Bij het uitkomen van een nieuwe versie van het AHN hoeven geomorfologische karteringen die op vorige versies van het AHN zijn gebaseerd niet opnieuw geactualiseerd te worden, omdat de veranderingen in het Nederlandse aardoppervlak gering zijn over de tijd dat het duurt voor er een nieuwe versie van het AHN uitkomt. De veranderingen in de ligging en in reliëf van de landvormen zijn dus niet groot genoeg om er een andere classificatie aan te geven. Uitzonderingen hierop zijn geomorfologisch actieve gebieden, zoals buitendijkse rivier- en kustgebieden en gebieden waar veel bodemdaling optreedt, gebieden waar actief door de mens nieuw land wordt gemaakt, land wordt vergraven of land wordt ontpolderd. In zulke gebieden zal de Geomorfologische Kaart actief onderhouden moeten worden nadat deze landelijk geactualiseerd is.

Naast deze twee basisbronnen zijn er tal van andere bronnen die worden gebruikt bij het actualiseren van de Geomorfologische Kaart. Deze extra bronnen kunnen bijvoorbeeld informatie verstrekken over de genese van het aardoppervlak en de opbouw van de ondergrond. Daarnaast worden waar mogelijk ook andere fysisch-geografische karteringen gebruikt. De patronen op de digitale hoogtemodellen blijven echter leidend voor het afgrenzen van de landvormen. In Tabel 2.1 staan voorbeelden van extra databronnen die momenteel worden gebruikt tijdens de actualisatie. Dit zijn bijvoorbeeld ondergrondgegevens en andere ondergrondmodellen uit de Basisregistratie Ondergrond, zoals de Bodemkaart van Nederland en geologische modellen zoals GeoTOP (<https://broloket.nl/ondergrondmodellen>). Daarnaast worden er ook recente en historische topografische kaarten gebruikt voor het vaststellen van landgebruik, dat vaak gerelateerd is aan de geomorfologie.

De beschikbaarheid van de databronnen verschilt per gebied dat geactualiseerd wordt. Zo zijn geomorfologische, geologische en bodemkundige detailkarteringen alleen voor kleinere gebieden beschikbaar. Ook andere fysisch-geografische karteringen richten zich vaak op een bepaalde regio of landvorm (bijvoorbeeld Cohen et al., 2009; Landschapsbeheer Drenthe, 2020). Per gebied wordt er een praktische afweging gemaakt in hoeverre de eerder gebruikte bronbestanden toereikend zijn voor de actualisatie, in welke mate detailkarteringen hier waardevolle aanvullingen op kunnen zijn en hoeveel tijd er beschikbaar is voor de actualisatie. De bronbestanden worden maximaal tot een schaal van 1:5.000 ingezoomd voor het herkennen, afgrenzen en classificeren van landvormen. Voor karteringen kleiner dan deze schaal zijn de databronnen vaak niet toereikend en is er aanvullend veldonderzoek nodig. Het gebruik van de bronbestanden op schaal 1:5.000 is ruim voldoende voor de Geomorfologische Kaart met kaartschaal 1:50.000. Deze kaartschaal komt overeen met een celgrootte van 5 m voor rasterkaarten. Het AHN met een celgrootte van 5 m is dus voldoende voor het actualiseren.

Tabel 2.1 Overzicht van bronmateriaal voor de actualisatie van de Geomorfologische Kaart.

Type bron	Bron	Gebruik	Verkrijgbaarheid of bronvermelding		
Basisbronnen	Hoogtemodel	Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN3) en afgeleiden	Afgrenzing landvormen op basis van hoogte en reliëf		
		<ul style="list-style-type: none"> • Hoogtekaart • Hillshade (reliëfkaart) • Hellingkaart • Flow accumulation (stroombanenkaart) 	AHN https://ahn.nl		
		Huidige geomorfologische kaart	Patronen en samenhang van landvormen, oude classificatie	BRO https://broloket.nl/ ondergrondmodellen	
		Bodemkaart van Nederland 1:50.000	Bepalen van het substraat en eventuele toevoegingen		
Geologische ondergrondmodellen (GeoTOP, REGIS, DGM)	Vaststellen en afgrenzen van substraat en stratigrafie, ook onder bebouwing				
Extra bronnen	Basisregistratie Ondergrond	Geologische en bodemkundige boringen in BROloket en Dinoloket	Vaststellen substraat en stratigrafie	BRO https://broloket.nl/ /ondergrondgegevens	
		Topografische kaarten	TOP10NL	Vaststellen van aanwezigheid water, huidig landgebruik en landschappelijke patronen	Kadaster, https://pdok.nl/viewer
			Historisch Grondgebruik Nederland (HGN) 1900	Vaststellen historisch landgebruik, identificeren stuifzandgebieden	(Knol et al., 2004)
	Bonnekaarten (~1900)		Vaststellen historisch landgebruik	Kadaster	
	Lokale bronnen	Geomorfologische, bodemkundige en geologische detailkarteringen	Gedetailleerde informatie over ondergrond en aardoppervlak	o.a. Wageningen Environmental Research	
		Gespecialiseerde fysisch-geografische karteringen (bijvoorbeeld zanddieptekaarten of pingokaart)	Locatie van specifieke geomorfologische eenheden	(bijvoorbeeld Cohen et al., 2009; Landschapsbeheer Drenthe, 2020)	
		Luchtfoto's	Vaststellen van huidig landgebruik en verkaveling	o.a. Beeldmateriaal Nederland https://beeldmateriaal.nl	
		Lokale beleidskaarten	Gedetailleerde gespecialiseerde landschappelijke informatie	Via lokale overheden	

2.3 Actualiseren bodemkaart

2.3.1 Kwaliteitsprotocol bodemkundig karteren

Validatie

Bij het publiceren van een nieuwe versie van de Bodemkaart hoort ook begeleidende informatie over de kwaliteit. Een veelgebruikte maat voor de nauwkeurigheid van een kaart is de kaartzuiverheid. Het begrip kaartzuiverheid wordt uitgebreid besproken in de begrippenlijst bij dit rapport (Begrippenlijst). Om de kaartzuiverheid van de bodemkaart voor en na de actualisatie te toetsen, is een onafhankelijke set met gegevens nodig. Daarvoor hebben we een validatieset met boorbeschrijvingen samengesteld. De informatie uit deze boorbeschrijvingen is niet gebruikt bij de actualisatie zelf.

Validatieset met boorbeschrijvingen

Door middel van een gestratificeerde aselecte steekproef zijn ca. 110 locaties geloot (Figuur 3.1) volgens de procedure beschreven in Walvoort et al. (2010; 2018). Op ca. 90 van deze locaties zijn in de periode juli-oktober 2021 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 (Protocol bij boren). Op ca. 20 locaties kon geen boring worden verricht, omdat deze in bebouwd gebied lagen.

Net als bij de boringen voor de actualisatie van de Bodemkaart is bij het opstellen van de boorbeschrijvingen voor de validatie gebruikgemaakt van de VeldGIS-applicatie op veldcomputers. Als belangrijke aanvullende voorwaarde geldt dat exact op de aangegeven locatie wordt geboord. Zoals vermeld in paragraaf 3.1, beschikken we voor deelgebied 1 (Figuur 2.1: rood deelgebied) over een boorregister van ca. 1475 locaties en een validatieset van ca. 90 locaties verspreid over de drie deelgebieden. Het boorregister gebruiken we om de Bodemkaart voor deelgebied 1 te actualiseren. 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 actualisatie is belangrijk, omdat anders de validatieresultaten een vertekend (te rooskleurig) beeld geven.

Scoreverdeling

Per locatie van de validatieset is de aangetroffen bodeminformatie vergeleken met de informatie op de Bodemkaart van voor en na de actualisatie. Dit gebeurt via de code van de eenheid op de Bodemkaart, de bodemcode (zie Begrippenlijst). Een bodemcode geeft informatie over een breed scala aan bodemeigenschappen. We geven hier een volledige opsomming van de verschillende aspecten en in welk onderdeel van de bodemcode ze worden aangegeven:

- Moedermateriaal (hoofdgrondsoort en afzettingswijze) is opgenomen in het letterdeel van de bodemcode;
- Bodemvorming is opgenomen in het letterdeel;
- Textuur van de bovengrond is opgenomen in het cijferdeel (bij zandgronden de zandgrofheid [M50] en het leemgehalte; bij leemgronden het leemgehalte; bij diepe veengronden de veensoort; bij dunne veengronden en bij moerige gronden de aard van de minerale ondergrond; bij kleigronden de zwaarte van de bovengrond en het profielverloop);
- Kalkgehalteklasse is opgenomen in het kalkverloop;
- Bijzondere kenmerken in de bovengrond zijn opgenomen in de toevoeging voor de hoofdcode;
- Bijzondere kenmerken in de ondergrond zijn opgenomen in de toevoeging achter de hoofdcode.

Met deze uitgebreide opsomming willen wij aangeven dat we bij onze validatie niet alleen kiezen voor een strikte kaartzuiverheid waarbij een bodemcode als compleet fout wordt gewaardeerd zodra op een validatielocatie een van bovengenoemde aspecten (bodemeigenschappen) van de bodemcode niet klopt (zie hiervoor ook de uitleg van het begrip kaartzuiverheid in de begrippenlijst, Begrippenlijst). We kiezen daarnaast ook voor een methode waarbij elk aspect een score krijgt. De totale score laat dan een goed beeld zien van hoe goed of hoe slecht de gronden op elkaar lijken, ook wel verwantschap genoemd. In principe zou elk aspect bij de toetsing op verwantschap evenveel punten moeten kunnen krijgen. In een bodemcode zijn echter twee eigenschappen dominant: de hoofdgrondsoort en de daarin ontwikkelde of afwezige bodemvorming. Om deze reden spreken we af dat elk aspect maximaal twee punten toebedeeld kan krijgen, maar dat er voor de hoofdgrondsoort en bodemvorming elk maximaal vier punten gescoord kunnen worden. Soms valt een validatielocatie in een vlak waarin een associatie van twee of meer bodemcodes is onderscheiden. In onze validatiemethode waarderen we dit minder dan wanneer de locatie in een vlak met een enkelvoudige bodemcode ligt. Afhankelijk van de samenstellende delen van de associatie kunnen hiervoor maximaal vier 'straf'punten worden gegeven. Door deze generieke aanpak kan de methode op elke willekeurige plek in Nederland worden ingezet.

In Kempen et al. (2011) is voor de validatie van de Bodemkaart van de veengebieden in de provincie Utrecht, schaal 1:25.000 (BVU-kaart), een (iets) afwijkende methode gebruikt. De auteurs hebben gevalideerd op drie niveaus van de legenda-eenheid: hoofdgroep (veengronden, moerige gronden en minerale gronden), groep (veengronden met organische bovengrond, veengronden met minerale bovengrond, moerige gronden met organische bovengrond, moerige gronden met minerale bovengrond en minerale gronden) en subgroep (op dit legendaniveau wordt er binnen de veengronden en moerige gronden onderscheid gemaakt tussen het type organische of minerale bovengrond). Een aanpak op bovengenoemde drie niveaus ligt hier voor de hand, omdat de BVU-kaart alleen uitgewerkte bodemcodes heeft voor de veengronden en de moerige gronden. De Bodemkaart van Nederland heeft uiteraard ook bodemcodes onderscheiden voor de minerale gronden en daarom zijn in onze validatie alle aspecten in de validatie meegenomen.

Aanlevering aan de BRO

Een kwaliteitstoets moet doorlopen worden voordat de nieuwe boorbeschrijvingen en geactualiseerde Bodemkaart kunnen worden aangeleverd aan de BRO.¹⁰ Deze wordt uitgevoerd door geo-ICT-specialisten bij WENR.

2.4 Actualiseren geomorfologische kaart

2.4.1 Kwaliteitsprotocol geomorfologisch karteren

Het huidige actualiseren van de Geomorfologische Kaart (kartering Nieuwe Stijl) van een regio gebeurt in een aantal stappen. Deze staan hieronder en worden in Figuur 2.2 uitgelegd.

Eerst wordt de te actualiseren regio geselecteerd. De grootte van het gebied dat geactualiseerd gaat worden, hangt af van de beschikbare capaciteit van de karteerders en de te verwachten aanpassingen in de kaart. Gemiddeld kan er 20-30 km² per dag geactualiseerd worden. De criteria voor het selecteren van een regio die gekarteerd gaat worden, zijn:

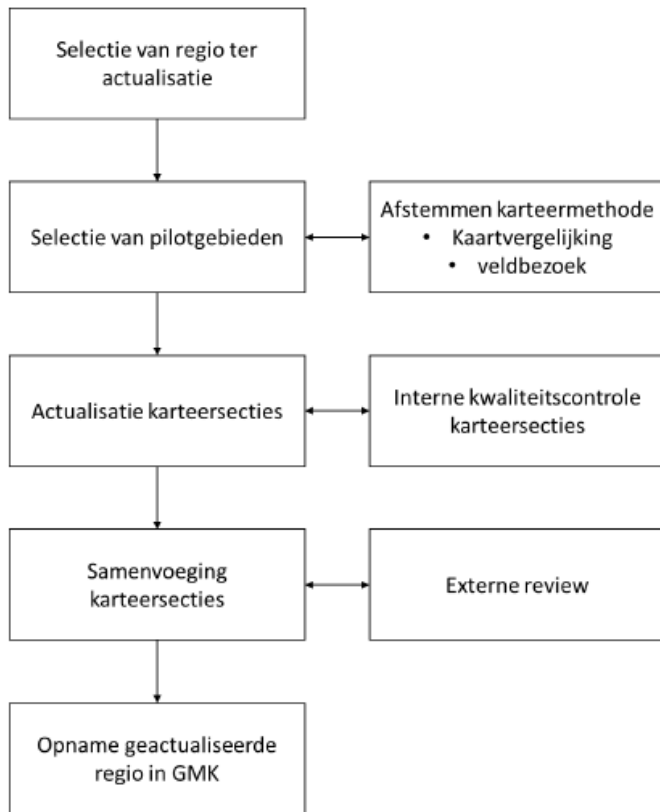
1. De Geomorfologische Kaart van de regio moet grotendeels nog niet geactualiseerd zijn;
2. De regio sluit bij voorkeur aan bij eerder geactualiseerde regio's en/of bevat secties die al eerder geactualiseerd zijn in een andere context;
3. Er wordt voorrang gegeven aan regio's waar de Geomorfologische Kaart in grote mate afwijkt van hoogtekarten en het werkelijke fysieke landschap.

Vorbereiding op het karteren

Als voorbereiding op het actualiserend karteren, is een gedegen theoretische kennis van de ondergrond, geomorfologie en (historisch) landgebruik van het te karteren gebied nodig. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld de relevante hoofdstukken in boeken over het Nederlandse landschap en ondergrond gelezen worden om bekend te worden met landschapstypen, -genese en -vormen. Voorbeelden van deze boeken zijn *Landschappen van Nederland* (Jongmans et al., 2013) en *De vorming van het land* (Stouthamer et al., 2020). Ook kan de huidige Geomorfologische Kaart bestudeerd worden om de ruimtelijke ligging van de landvormen te herkennen.

Het doel is het ontwikkelen van een conceptueel begrip van de geomorfologische eenheden en hun genese in het studiegebied. Dit kan bijvoorbeeld door een lijst te maken met de te verwachten geomorfologische eenheden in het studiegebied, het schetsen van landschapsgenese en landschapstype (geologische setting, fysisch-geografische regio) en door een globale inschatting te maken van de verdeling en oppervlakte van de verschillende geomorfologische eenheden in het landschap.

¹⁰ <https://www.bro-productomgeving.nl/bpo/latest/modellen/bodemkaart-van-nederland-sgm> en <https://www.bro-productomgeving.nl/bpo/latest/bodem-en-grondonderzoek/booronderzoek-bhr/bodemkundig-booronderzoek-bhr-p>



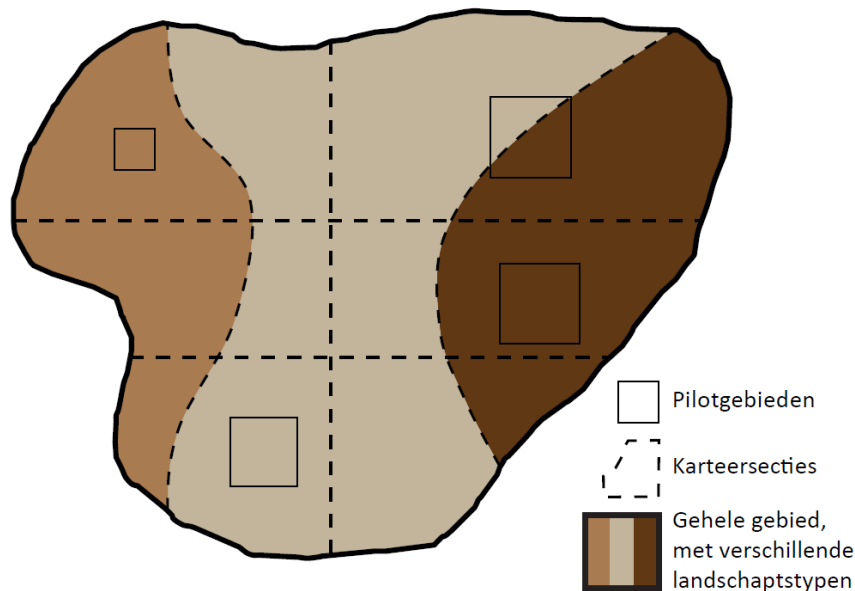
Figuur 2.2 Workflow voor het actualiseren van de Geomorfologische Kaart.

De te actualiseren regio wordt opgedeeld in verschillende karteersecties. Deze secties zijn behapbare gebieden die door één karteerder gekarteerd worden. De karteersecties worden afgegrensd langs natuurlijke grenzen in het landschap of, indien de secties te groot worden, volgens een regelmatig grid (Figuur 2.3).

Binnen de te actualiseren regio wordt gekeken naar pilotgebieden die representatief zijn voor de regio. Dit kunnen ook kleine gebieden zijn die al eerder zijn geactualiseerd. In deze gebieden worden de afgrenzing en classificatie van de verschillende landvormen en de karteermethode afgestemd tussen de verschillende karteerders door een veldbezoek en door elke karteerder hetzelfde pilotgebied te laten karteren. Voor het vergelijken van de karteringen wordt de kaartvergelijkingsmethode gebruikt zoals beschreven in *Kwaliteitsdocument van de Geomorfologische Kaart van Nederland*, WOT-technical report 195, Van der Meij en Maas (2020).

Daarna worden per karteersectie handmatig de landvormen ingetekend in een GIS-omgeving. Het karteren kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld:

- Door het aanpassen van de grenzen van de huidige Geomorfologische Kaart en het intekenen van missende vormen conform de legenda.
- Door alle vormen handmatig opnieuw in te tekenen in twee lege kaartbladen. In één kaartblad worden de regionale vormen getekend, in het andere kaartblad de lokale vormen die de grotere vormen bedekken, doorkruisen, insnijden of afwisselen. Deze twee kaartbladen worden later samengevoegd.



Figuur 2.3 De verschillende opdelingen van de te actualiseren regio, zoals gebruikt in het stappenplan voor het karteren. De karteersecties volgen de grenzen van de verschillende landschapstypen.

Het handmatig karteren wordt ondersteund door het gebruik van extra bronnen of andere methoden waarmee landvormen geïdentificeerd of geclassificeerd kunnen worden, zoals beschreven in paragraaf 2.2.2. Bij het karteren worden de keuzes die de karteerder maakt voor het identificeren en afgrenzen van vormen bijgehouden. Het classificeren van de landvormen volgens de legenda kan simultaan of na het intekenen van de vormen gebeuren.

Zodra alle karteersecties zijn geactualiseerd, worden deze op elkaar afgestemd en samengevoegd. Indien nodig kan er nog een veldbezoek uitgevoerd worden om landvormen met onduidelijke classificatie te controleren. Daarnaast kan er aan de hand van de veldwaarnemingen nog eens kritisch over de ontstaanswijze van het landschap nagedacht worden indien de bevindingen niet aansluiten bij de verwachtingen. Eventuele nieuwe inzichten worden dan verwerkt in de actualisaties. Digitale data zijn hiervoor niet altijd toereikend, omdat deze niet altijd beschikbaar zijn op de gewenste locaties en met het gewenste detailniveau in de beschrijvingen.

2.4.2 Aanpassingen in legenda en domeinlijsten

Naast de actualisatie van de Geomorfologische Kaart is er ook een actualisatie geweest van de legenda (die te vinden is op www.legendageomorfolgie.wur.nl) en de achterliggende domeinlijsten¹¹ die alle mogelijke codes van de Geomorfologische Kaart vertalen naar leesbare tekst. Het gaat hier vooral om kleine aanpassingen en het benoemen van nieuwe combinaties voor bedekking en reliëf.

De grootste aanpassing aan de legenda is de toevoeging van de landvormsubgroep N22: de periglaciale laagte. Door deze toevoeging zijn de definities van twee andere landvormsubgroepen ook aangepast. De definitie van landvormsubgroep N21 is veranderd van 'Laagte met randwal incl. pingoruïnes' naar 'pingoruïne'; verder is de definitie van landvormsubgroep N51 veranderd van 'laagte zonder randwal' naar 'uitblazingskom'. Deze aanpassing van de domeinlijst langvormsubgroepen is doorgevoerd na de actualisatie van de Geomorfologische Kaart voor het gebied van De Hondsrug (UNESCO Global Geopark).

In samenwerking met het Pingo-Programma van Landschapsbeheer Drenthe is gekeken naar verbeteringen van de oude kartering en van de classificatie. Zo werden we erop gewezen dat de randwal niet altijd kenmerkend is voor een pingoruïne, en afwezig is in het geval van een

¹¹ <https://www.bro-productomgeving.nl/bpo/latest/modellen/geomorfologische-kaart-van-nederland-gmm>

uitblazingskom. Op basis van alleen een hoogtekaart, zonder extra informatie, is er geen onderscheid te maken tussen de twee verschillende vormen. Daarom is de landvormsubgroep *periglaciale laagte* geïntroduceerd. Deze classificatie wordt toegepast op het moment dat er op basis van de beschikbare data geen nadere specificatie over het ontstaan van de landvorm kan worden gegeven. Met behulp van boorgegevens en onderzoek van het Pingo-Programma kan er voor veel van deze laagten wel gedetermineerd worden of het een uitblazingskom is of juist een pingoruïne.

Naast deze aanpassing aan de legenda is er ook een aantal aanpassingen aan de domeinlijsten. Dit gaat om combinaties van codes die nog niet eerder voorkwamen in de Geomorfologische Kaart. Voor de domeinlijst van het attribuut 'toevoeging bedekking' zijn de volgende combinaties toegevoegd:

- sc (bedekt met kust- of stuifzandduinen en/of met oud-bouwlanddek)
- vi (bedekt of opgevuld met veen en/of met veenkoloniaal ontginningsdek)
- di (bedekt of opgevuld met dekzand en/of met veenkoloniaal ontginningsdek)

Voor de domeinlijst van het attribuut 'toevoeging reliëf' zijn de volgende combinaties toegevoegd:

- EH (vervlakt door afgraving en/of egalisatie en relatief hooggelegen)
- GL (zwak tot matig golvend en relatief laaggelegen)

2.4.3 Inbouwen externe kaartlagen

De Geomorfologische Kaart (versie GEOM50000_2021) wordt geleverd met aanvullende objecten die een geomorfologisch belang hebben. Dit zijn twee typen objecten: 'dijken van geomorfologisch belang' en 'water van geomorfologisch belang'. Deze liggen als het ware als een extra kaartlaag.¹² Hierdoor kunnen we zo veel mogelijk onder deze vormen door karteren en een vollediger beeld van het landschap geven zonder dat lange, lijnvormige dijken het beeld verstoren.

Voor de kartering van dijken van geomorfologisch belang wordt gebruikgemaakt van de dataset RCE-dijkenkaart van de Rijksdienst voor het Cultureel erfgoed.¹³ Dit is een lijnenbestand waaromheen een buffer is getrokken op basis van de status van de dijk om tot een vorm te komen.

Voor de kartering van wateren van geomorfologisch belang wordt gebruikgemaakt van de TOP10NL dataset.¹⁴ Uit deze dataset zijn (grotendeels) natuurlijke wateren en waterlopen geselecteerd op watertype en op naam en overgenomen in het bestand 'wateren van geomorfologisch belang'. Op deze manier worden gegraven waterlopen, zoals kanalen of vaarten, buiten beschouwing gelaten.

2.5 Conformiteit met INSPIRE

INSPIRE¹⁵ is een Europese richtlijn voor de inrichting van de infrastructuur voor ruimtelijke informatie en data voor thema's die vallen in het milieu-domein. De motivatie voor de INSPIRE-richtlijn is om ruimtelijke data over landsgrenzen heen naadloos op elkaar aan te laten sluiten, zodat binnen Europa (en eventueel ook daarbuiten) een consistent beeld is van de informatie van de individuele lidstaten en data-leveranciers.

De Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland vallen respectievelijk onder de INSPIRE-thema's Bodem¹⁶ en Geologie.¹⁷ Het is wettelijk verplicht gesteld om deze gegevensbestanden conform de specificaties voor deze thema's in INSPIRE te ontsluiten. Dit betekent dat de bodemkundige en geomorfologische gegevens die wij karteren aan de data-specificaties van INSPIRE moeten voldoen, zodat de gegevens ook buiten Nederland makkelijk te koppelen, in te lezen en te gebruiken zijn.

¹² Dit is ook naar analogie van wat in de bodemkaart is gedaan.

¹³ <https://data.overheid.nl/dataset/11583-rce-dijkenkaart>

¹⁴ <https://data.overheid.nl/en/dataset/13137-top10nl>

¹⁵ <https://inspire.ec.europa.eu/about-inspire/563>

¹⁶ <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/so>

¹⁷ <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/ge>

De INSPIRE-specificaties zijn veelal algemeen. Voor de Bodemkaart worden momenteel de laatste aanpassingen gedaan om deze te laten voldoen aan de specificaties. De beschrijving van het gegevensbestand is beschikbaar in de Gegevenscatalogus van de BRO¹⁸, en de implementatie daarvan verkeert in een laatste fase. Voor de Geomorfologische Kaart is het momenteel voldoende om aan te geven of een landvorm een antropogene origine heeft of niet. Deze informatie wordt al meegenomen in de data van de Geomorfologische Kaart onder 'Genese', waardoor de kaart voldoet aan de eisen van INSPIRE.

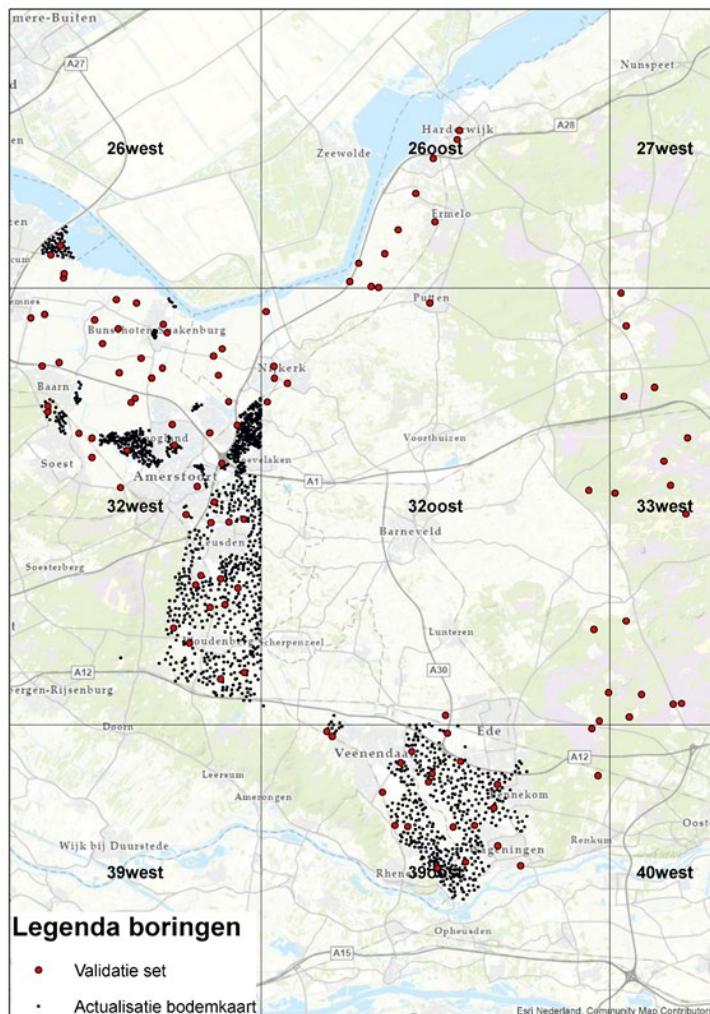
¹⁸ <https://www.bro-productomgeving.nl/bpo/latest/modellen/bodemkaart-van-nederland-sgm>

3 Resultaten

Als resultaat van de actualisatie en revisie van de Bodemkaart is in grote delen van de aangrenzende kaartbladen van kaartblad 32oost een uitgebreide set aan nieuwe bodemkundige boorbeschrijvingen aangemaakt, is een aangepaste versie van de Bodemkaart tot stand gekomen, is een validatietoets uitgevoerd en zijn beschrijvingen daarvan in dit rapport opgesteld. De actualisatie en revisie van de Geomorfologische Kaart worden beschreven in paragraaf 0.

3.1 Bodemkundige boorbeschrijvingen

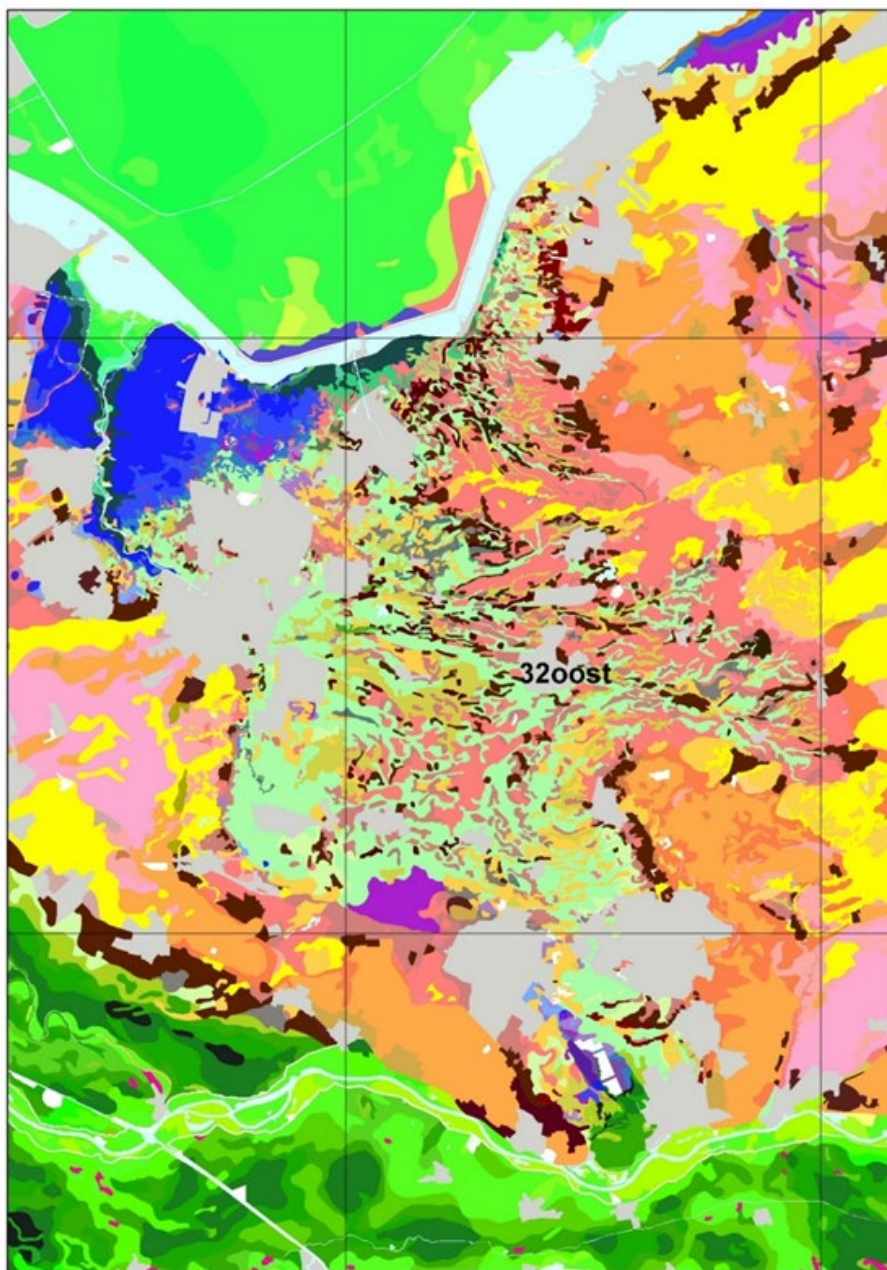
Het rode deelgebied in Figuur 2.1 ligt grotendeels in de Gelderse Vallei met een complexe bodemopbouw (par. 2.1.1) en heeft geen detailbodemkaarten als hulpinformatie. Daarom is voor de actualisatie van dit deelgebied gekozen voor een traditionele kartering. In de periode van november 2019 tot en met juli 2021 zijn alleen in dit deelgebied in totaal op ca. 1475 locaties boorbeschrijvingen opgesteld (Figuur 3.1: boorlocaties voor de actualisatie van de Bodemkaart) volgens de richtlijnen voor bodemkundige boorbeschrijvingen (Ten Cate et al., 1995). Tevens geldt voor dit veldwerk een protocol met een aantal richtlijnen voor o.a. het kiezen van de locatie en de boordiepte (*Protocol bij boren en Richtlijnen voor boren voor bodemkundige profielbeschrijvingen*). In de andere twee deelgebieden zijn voor de actualisatie geen extra boorbeschrijvingen opgesteld.



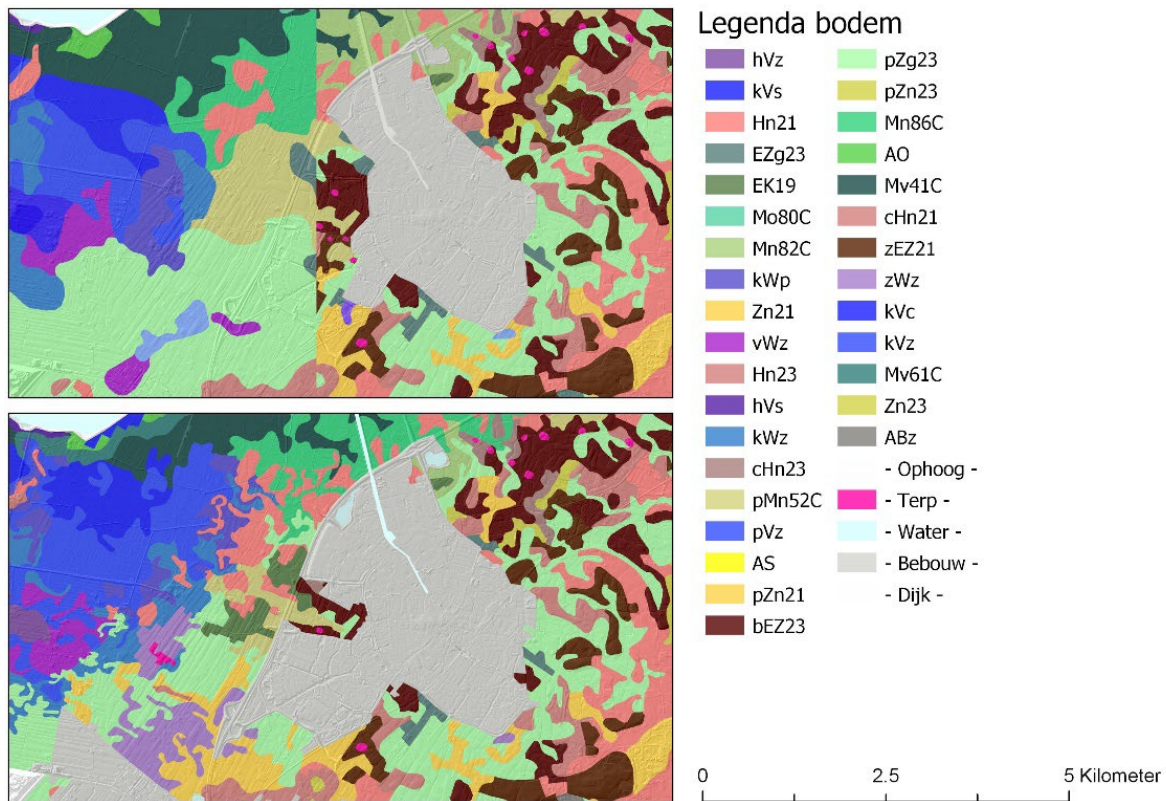
Figuur 3.1 Overzicht van de nieuwe boorlocaties.

3.2 Geactualiseerde Bodemkaart

In de periode van november 2019 tot en met juli 2021 is in het zuidelijke en in het westelijke gedeelte van de Gelderse Vallei en op de overige randzones van kaartblad 32oost in totaal ca. 50.000 ha van de bodemkaart geactualiseerd of gereviseerd. Figuur 3.2 laat van het geactualiseerde gebied de aangepaste Bodemkaart zien, waarin de artefacten (kunstmatige rechte lijnen) op de vier kaartbladgrenzen en het verschil in resolutie zijn opgeheven. Om de opheffing van zowel de artefacten als het verschil in resolutie te verduidelijken, is in Figuur 3.3 ingezoomd op een fragment rondom Nijkerk, waarbij het bovenste deel van de figuur de Bodemkaart voor de actualisatie weergeeft en het onderste deel de Bodemkaart na de actualisatie.



Figuur 3.2 Kaartblad 32oost van de Bodemkaart met aangrenzende kaartbladen, waarin artefacten en verschil in resolutie zijn weggewerkt.



Figuur 3.3 Ingezoomd fragment van de Bodemkaart rondom Nijkerk voor en na de actualisatie.

In het totaaloverzicht van Figuur 3.2 valt verder op dat de bodempatronen in de Gelderse Vallei, door de snelle afwisseling in bodemgesteldheid, meer detail laten zien dan de aangrenzende Utrechtse heuvelrug, de Veluwe, Flevoland en de Betuwe. In het onderzochte gebied was bij de eerste opname van de Bodemkaart (1963-1964) het areaal met bebouwd gebied ongeveer 8.200 ha. Bij deze actualisatie blijkt dat die oppervlakte bijna is verdubbeld naar 16.000 ha.

Tijdens de veldwerkperiode van de actualisatie zijn twee dagen besteed aan een afstemming tussen de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart. Eén velddag in het zuidelijke deel en één velddag in het westelijke deel van de Gelderse Vallei. Bij deze afstemming is een verlande beekloop (ABv) en zijn enkele stuifzandgebieden (Zd21) in beide kaarten onderscheiden.

Uitkomsten van de validatie

Tabel 3.1 en Tabel 3.2 laten de resultaten zien van de validatie per deelgebied en voor het gehele onderzochte gebied van de geactualiseerde en de niet-geactualiseerde Bodemkaart. *Validatietoets voor de Bodemkaart met scores* geeft voor alle validatielocaties een volledig overzicht van de scoreverdeling weer.

De kaartzuiverheid is apart weergegeven voor gebied met en zonder bebouwing, omdat BRO onderscheid maakt tussen vlakken 'van bodemkundig belang' en vlakken van de Bodemkaart. De 'vlakken van bodemkundig belang' geven terreinoppervlakken weer waarvoor geen bodemkundige beschrijving mogelijk is (o.a. stedelijk gebied, water), maar die wel relevant zijn voor de interpretatie van de bodem in de directe omgeving. Deze vlakken komen ook voor in de Geomorfologische Kaart en in geologische modellen in het BROloket.¹⁹ Deze vlakken moeten daarom corresponderen tussen de verschillende ondergrondmodellen en voorzien zijn van informatie over de kaartzuiverheid.

¹⁹ <https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen>

Tabel 3.1 De kaartzuiverheid van de bodemkaart voor en na de actualisatie, met bebouwing. N is het aantal bezochte validatiepunten.

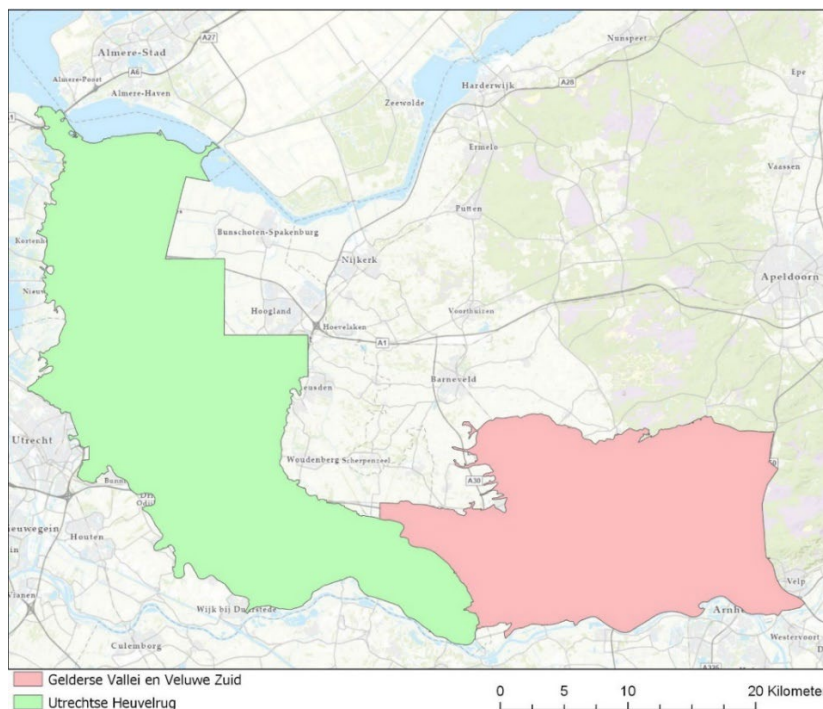
Deelgebied	n	Verwantschap			Strikt		
		Voor actualisatie	Na actualisatie	Verbetering	Voor actualisatie	Na actualisatie	Verbetering
Herkartering	38	87.0	91.4	4.4	23.7	44.7	21.0
AHN3, topografische kaarten en luchtfoto's	36	82.9	96.8	13.9	47.2	75.0	27.8
Detailbodemkaarten	36	89.4	92.7	3.3	33.3	52.8	19.5
Totaal	110	86.4	93.6	7.2	34.5	57.3	22.8

Tabel 3.2 De kaartzuiverheid van de bodemkaart voor en na de actualisatie, zonder bebouwing. n is het aantal bezochte validatiepunten.

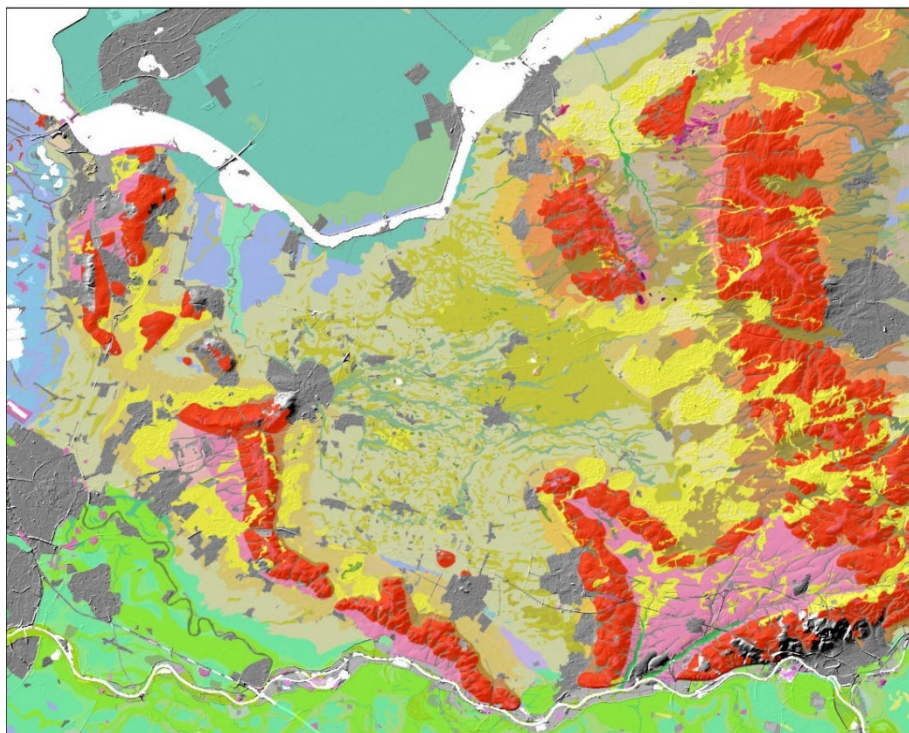
Deelgebied	n	Verwantschap			Strikt		
		Voor actualisatie	Na actualisatie	Verbetering	Voor actualisatie	Na actualisatie	Verbetering
Herkartering	37	89.4	91.3	1.9	24.3	43.2	18.9
AHN3, topografische kaarten en luchtfoto's	17	90.2	93.1	2.9	41.2	47.1	5.9
Detailbodemkaarten	32	91.1	91.8	0.7	31.3	46.9	15.6
Totaal	86	89.6	91.8	2.2	30.2	45.3	15.1

3.3 Geactualiseerde Geomorfologische Kaart

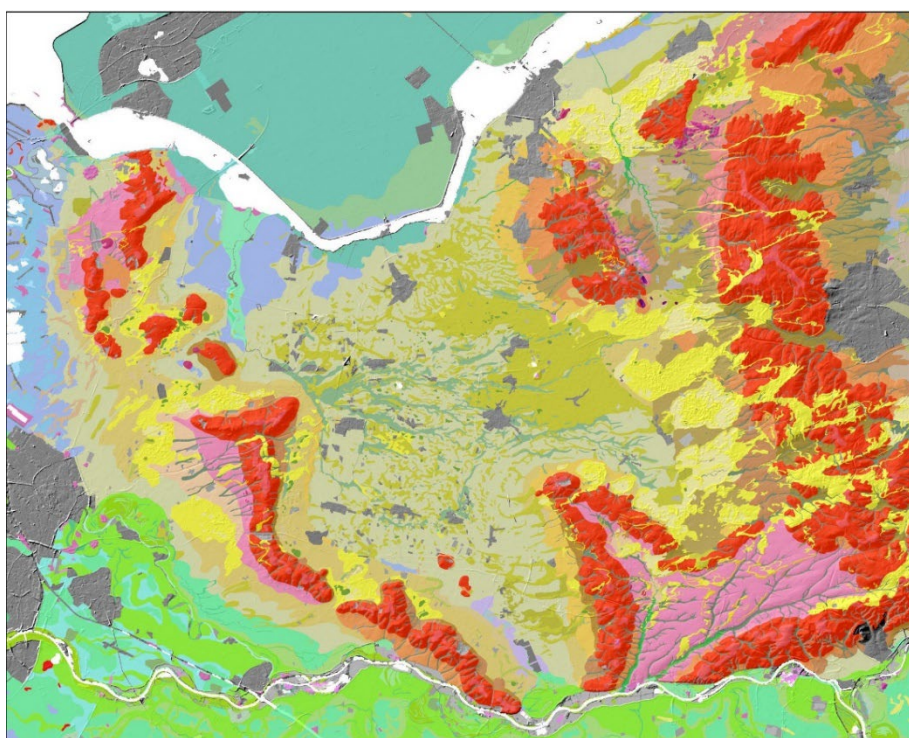
De actualisatie van de Geomorfologische Kaart omvat twee deelgebieden, de Gelderse Vallei Veluwe-Zuid (19.937 ha) en de Utrechtse Heuvelrug (57.187 ha) (Figuur 3.4). In totaal is 77.124 ha geactualiseerd. In Figuur 3.5 worden de oude en de nieuwe geactualiseerde Geomorfologische Kaart onder elkaar gepresenteerd.



Figuur 3.4 Overzicht van de geactualiseerde delen van de Geomorfologische Kaart: Gelderse Vallei Veluwe-Zuid en Utrechtse Heuvelrug.



0 5 10 20 Kilometer



0 5 10 20 Kilometer

Figuur 3.5 Geomorfologische Kaart van de Gelderse Vallei Veluwe-Zuid en Utrechtse Heuvelrug voor (boven) en na (onder) actualisatie.

Bij de actualisatie is de Geomorfologische Kaart op diverse fronten aangepast:

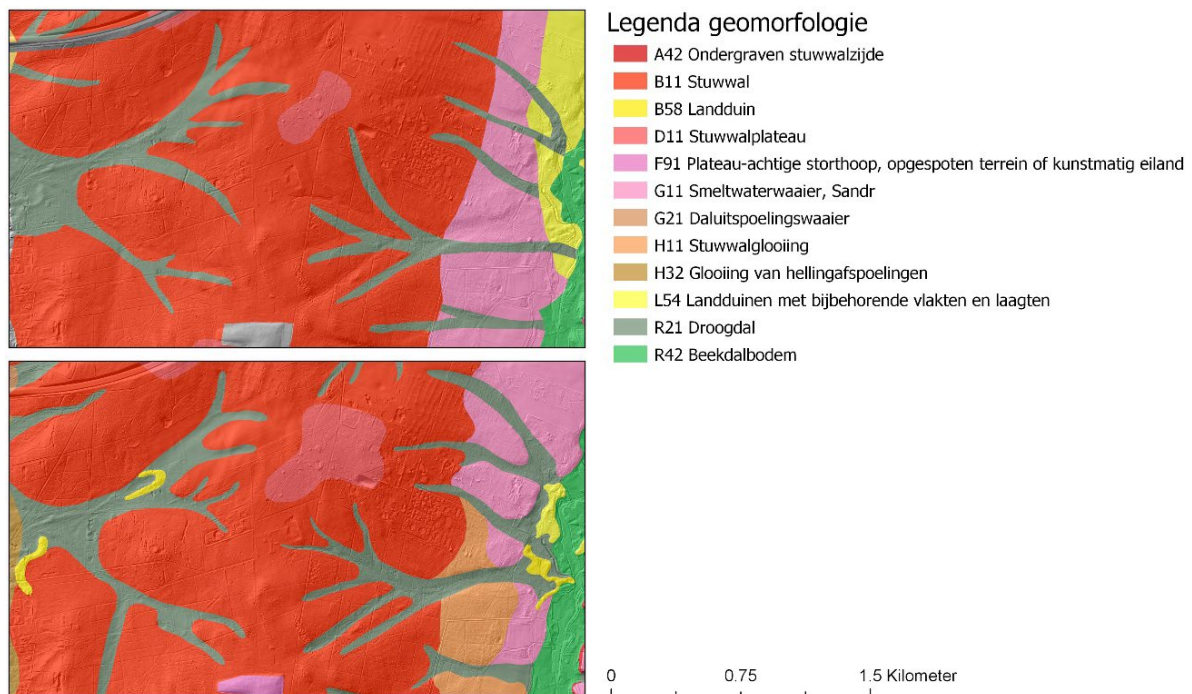
1. Van bestaande landvormen zijn de ligging en de vorm aangepast. Dit heeft vooral betrekking op de in het oog springende landvormen als droogdalen, restgeulen, landduinen, oeverwallen en dekzandruggen.
2. Landvormen zijn toegevoegd in gebieden waar de vorm nog niet eerder op de kaart was gezet. Een voorbeeld daarvan zijn de 'wanden' in de dalen van de Renkumse en de Heelsumse beek. Deze veranderingen geven een andere kijk op de genese van het landschap.

3. Landvormen zijn van genese veranderd, op basis van literatuurgegevens of informatie afkomstig uit het bodemkundig en/of geomorfologische veldwerk. Voorbeelden hiervan zijn de verandering van stuifzandduinen(L54) in dekzandwelvingen (L52) of de verandering van smeltwaterwaaier (G11) naar stuwwalglooiing (H11).
4. Meer detail aangebracht. Binnen de stuifzanden bijvoorbeeld is op de nieuwe versie van de kaart onderscheid gemaakt tussen de stuifzandduinen (L54) en de stuifzandvlakten (M54).
5. Onder de bebouwde omgeving, voorheen grijs op de kaart, is op de nieuwe kaart het geomorfologische landschap gereconstrueerd.
6. Golfterreinen waarvan de natuurlijke geomorfologie zodanig is veranderd dat deze onherkenbaar is geworden, krijgen een aparte aanduiding op de kaart (L94). Dit geldt ook voor natuurontwikkelingsprojecten waarbij de oorspronkelijke morfologie van het landschap is losgelaten.

3.3.1 Ligging en vorm kaarteenheden aangepast

In de onderstaande kaartfragmenten van de Geomorfologische Kaart van de stuwwal tussen Ede en Wageningen is zichtbaar hoe de ligging en de vorm van de droogdalen (R21, grijs) zijn aangepast (Figuur 3.6). De linkerfiguur laat zien dat de droogdalen maar gedeeltelijk de vormen in het onderliggende AHN-terreinmodel volgen. Vooral het van droogdal rechtsonder op de oude kaart wijkt de ligging af ten opzichte van het AHN-terreinmodel. Op de geactualiseerde kaart rechts liggen de droogdalen op de juiste plaats en is ook de vorm aangepast. Voor de meest droogdalen geldt dat de vertakking in de bovenlopen van de dalen is toegenomen. Naast de aanpassing van de droogdalen is in dit kaartfragment nog een aantal veranderingen waar te nemen:

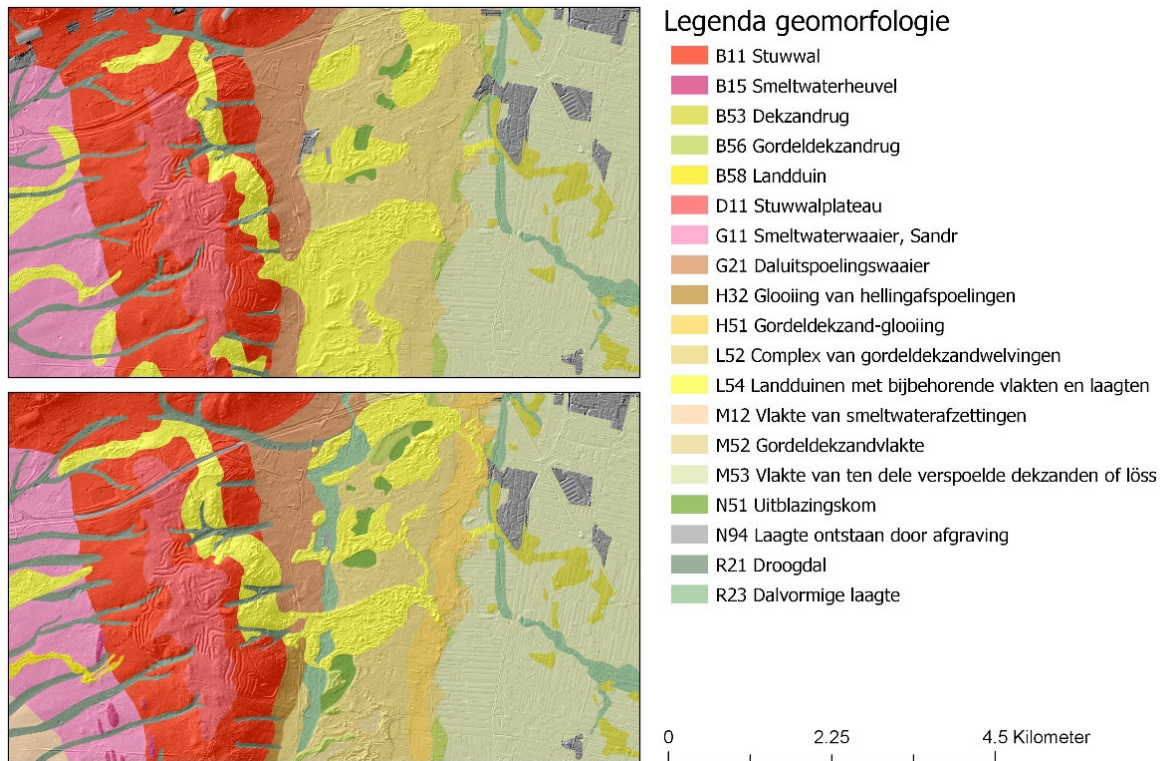
- Aanpassing van de ligging en vorm van het stuwwalplateau (F11 lichtrood);
- Betere afgrenzing en aanvulling van landduinen (L54 geel);
- Aanpassing van de overgang van de stuwwal (B11 donkerrood) naar de Sandr of smeltwaterwaaier (G11 roze). Op grond van boorgegevens en veldwerk is een stuwwalglooiing (H11) aan het kaartbeeld toegevoegd.



Figuur 3.6 Fragment van de Geomorfologische Kaart van de stuwwal tussen Ede en Wageningen voor (boven) en na (onder) actualisatie, geprojecteerd op het AHN.

3.3.2 Identificatie van nieuwe landvormen

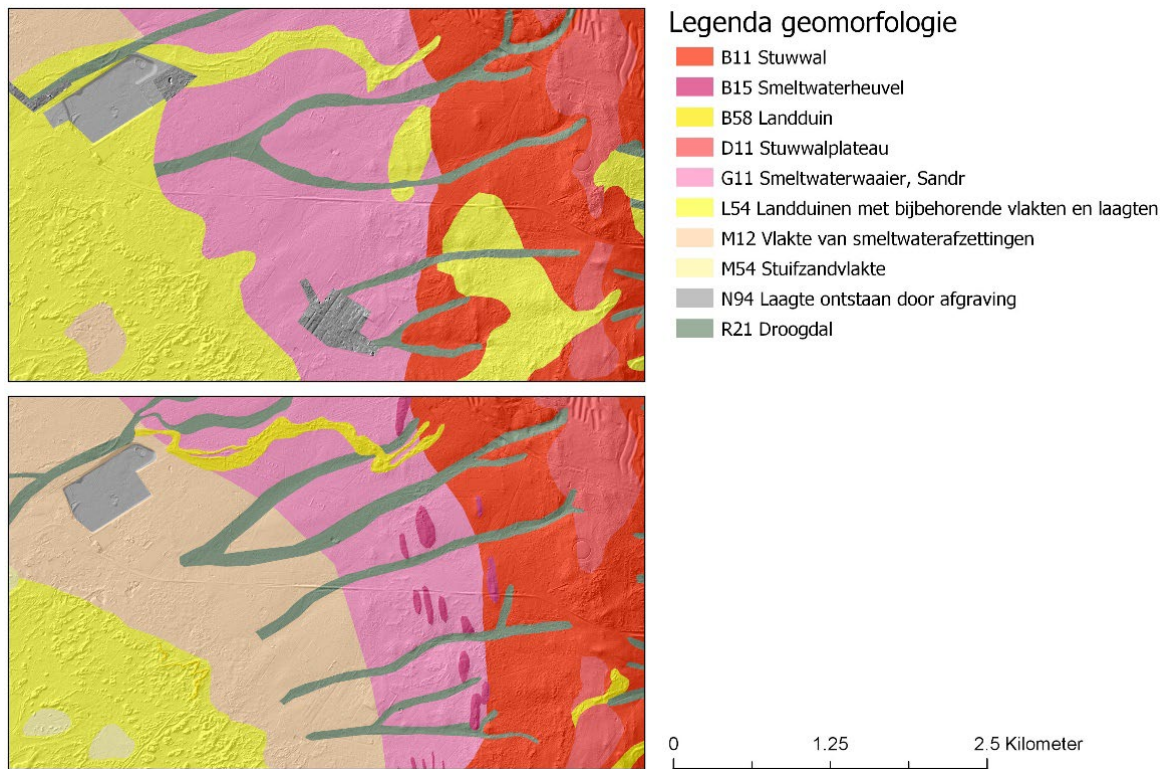
Het onderstaande kaartfragment (Figuur 3.7) toont de overgang van de Utrechtse Heuvelrug naar de Gelderse Vallei ter hoogte van Leusden. Bovenaan weer de oude kaart en onderaan de geactualiseerde versie. In de geactualiseerde kaart is centraal in het kaartfragment op het gordeldekzand (L52) een dalvormige laagte (R23 blauwgrijs) gekarteerd die naar het noorden afwaterde. De vorm is waarschijnlijk van fluvio-periglaciaire oorsprong en heeft in de huidige situatie zijn afwaterende functie verloren. De laagte is plaatselijk opgevuld met stuifzandduinen. Binnen het stuifzand zijn de duinen (L54 donkergeel) en vlakten (M54 lichtgeel) apart weergegeven en ook zijn de kaarteenheden met stuifzand scherper begrensd. Het identificeren van dalvormen, die weliswaar hun oorspronkelijk functie verloren hebben, kan van betekenis zijn voor het oplossen van vraagstukken in het kader van ruimtelijke klimaatadaptatie.



Figuur 3.7 Fragment van de Geomorfologische Kaart van de overgang van de stuwwal van de Utrechtse Heuvelrug naar de Gelderse vallei ter hoogte van Leusden voor (boven) en na (onder) actualisatie, geprojecteerd op het AHN.

3.3.3 Verandering van genese

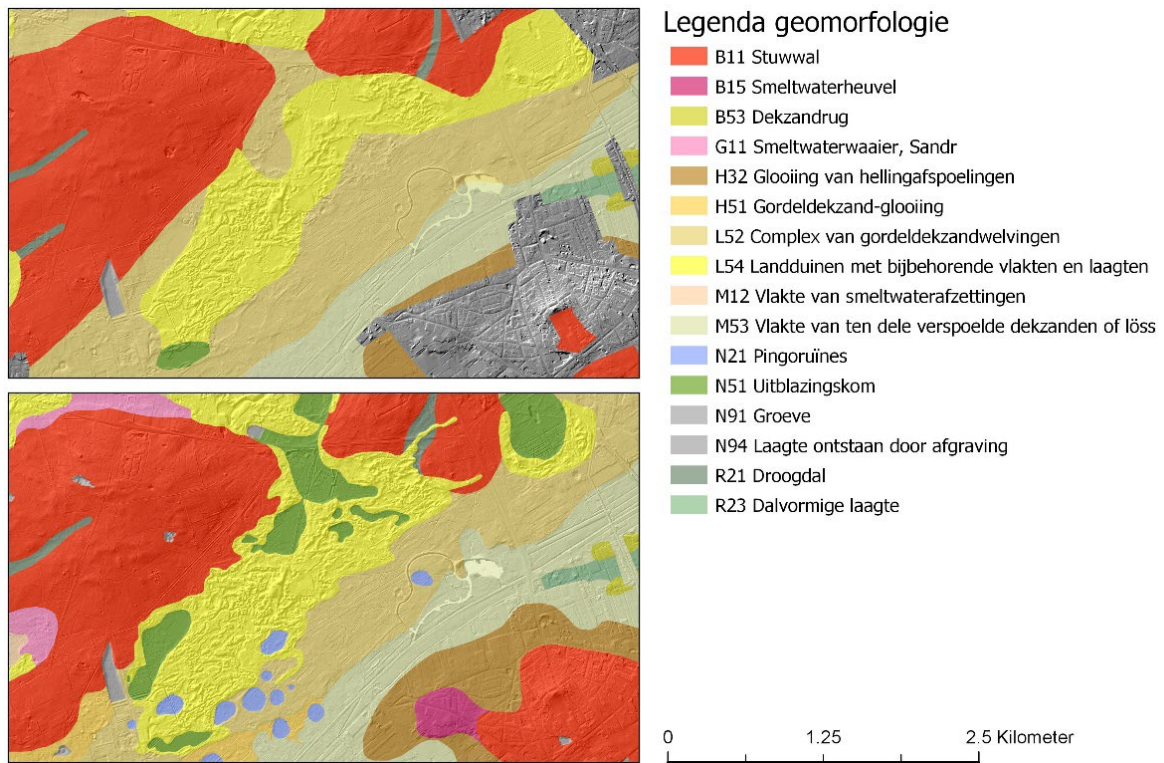
Nieuwe informatie uit booronderzoek en veldwerk kan leiden tot nieuwe inzichten met betrekking tot de genese van het landschap. Het onderstaande kaartfragment (Figuur 3.8) is daar een voorbeeld van. Het gebied in het kaartfragment ligt op de westflank van de Utrechtse Heuvelrug ter hoogte van Zeist. Naast de eerder beschreven aanpassing van de ligging en vorm van de droogdalen (par. 3.3.1), is in dit deel van de kaart de grens tussen de stuwwal en de Sandr verschoven in oostelijke richting en is een reeks van smeltwaterrestruggen op de Sandr op de kaart gezet. Tevens is het aandeel stuifzand binnen het getoonde fragment na actualisatie afgenomen.



Figuur 3.8 Fragment van de Geomorfologische Kaart van de overgang van de stuwwal van de Utrechtse Heuvelrug naar de Sandr of smeltwaterwaaier ten oosten van Zeist voor (boven) en na (onder) actualisatie, geprojecteerd op het AHN.

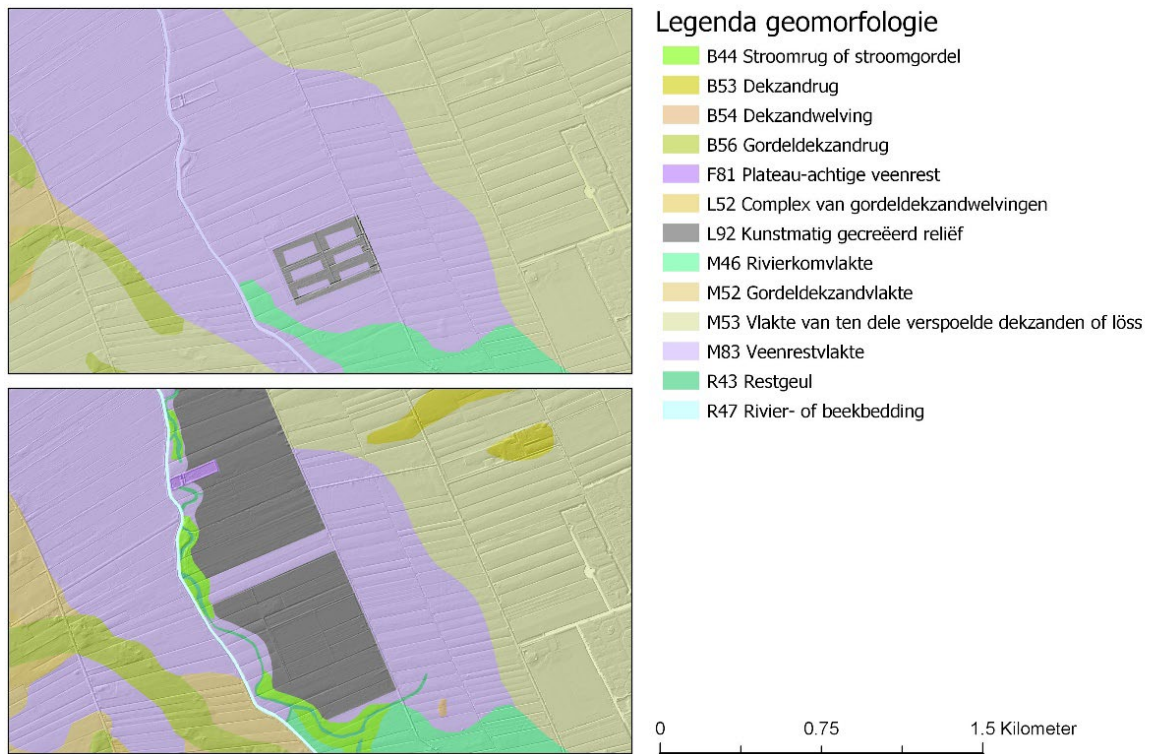
3.3.4 Gedetailleerder kaartbeeld

Op de oude Geomorfologische Kaart zijn complexe landschappen, zoals stuifzand- en dekzandgebieden of kronkelwaarden langs de grote rivieren, vaak als samengestelde eenheden weergegeven. De meeste stuifzanden werden op kaart gezet als 'landduinen met bijbehorende vlakten en laagten' (L54). In de geactualiseerde kaart is meer detail aangebracht in het kaartbeeld, en zijn binnen het stuifzand de grotere stuifzandvlakten en/of uitblazingslaagten apart gekarteerd. Hierdoor ontstaat een beter beeld van de genese, de vorming van het landschap: waar is het zand afgestoven en waar is het in duinen geaccumuleerd? Het onderstaande kaartfragment (Figuur 3.9) laat het stuifzandlandschap tussen Lage Vuursche, Baarn en Soest zien. In de nieuwe kaart zijn de grotere uitblazingslaagten of kommen (N51 groen) binnen het stuifzandgebied apart gekarteerd. Eenzelfde benadering is ook toegepast voor andere periglaciaire laagten (N21 en N22) en duinvormen (B52-B56) in het dekzandlandschap, waarvoor op de oude kaart veelal de legenda eenheid 'welvingen' werd toegepast. Rechtsonder in het kaartbeeld is te zien hoe de bebouwde kom van Soest is ingevuld (par. 3.3.5).



Figuur 3.9 Fragment van de Geomorfologische Kaart van de stuwwal tussen Lage Vuursche, Baarn en Soest voor (boven) en na (onder) actualisatie, geprojecteerd op het AHN.

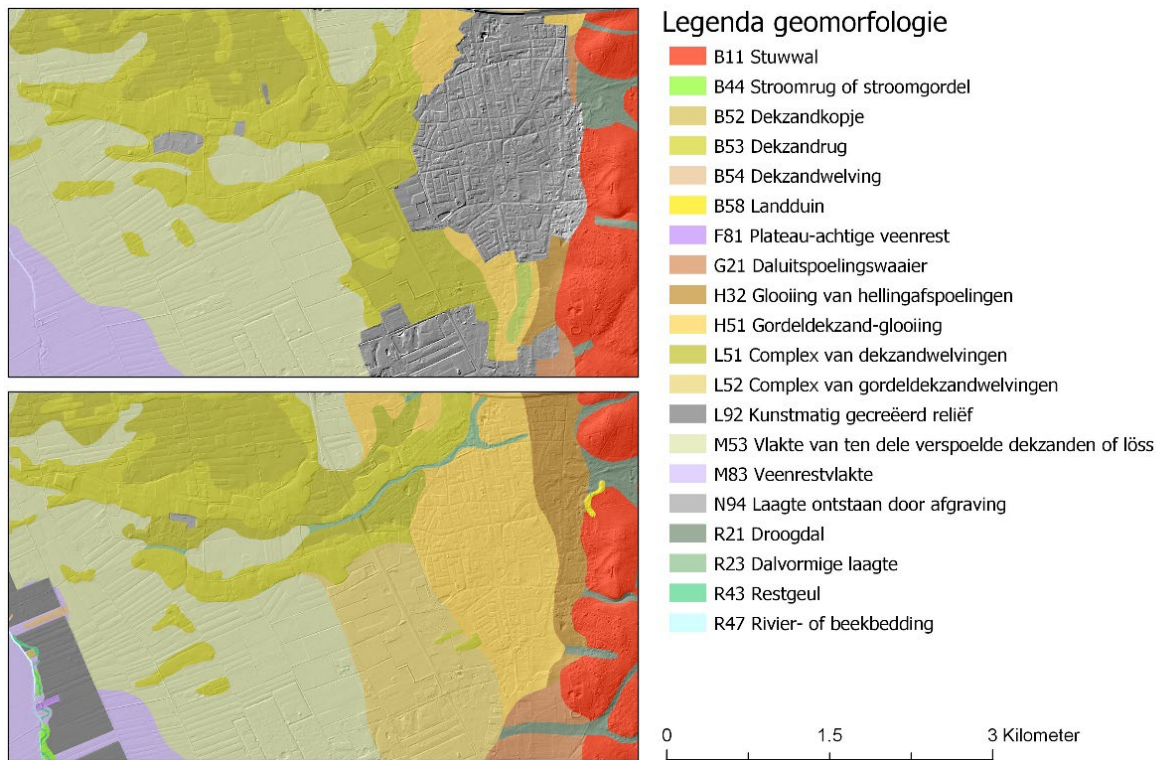
Een tweede voorbeeld in de categorie *meer detail in de kaart*, waardoor de landschapsgenese beter in beeld wordt gebracht, komt uit het Binnenveld in de Gelderse vallei tussen Wageningen en Rhenen (Figuur 3.10). Op de geactualiseerde kaart zijn de oude loop (Restgeul R43) en de stroomrug (B44) van de Grift in het veenlandschap in beeld gebracht. Door bodemdaling als gevolg van veenoxidatie manifesteert de stroomgordel van de Grift zich als een lage rug in het landschap. De natuurlijke Grift heeft een slingerende loop en ligt aan de oostkant van de gegraven Grift. Op de overgang van de rivierkomvlakte (M46 groen) naar de veenrestvlakte (M83 paars) vertakt de Grift zich in oostelijke richting. Deze tak van de Grift is gesmoord in het veen.



Figuur 3.10 Fragment van de Geomorfologische Kaart van het Binnenveld tussen Wageningen en Rhenen voor (boven) en na (onder) actualisatie, geprojecteerd op het AHN.

3.3.5 Reconstructie van het geomorfologische landschap binnen het stedelijk gebied

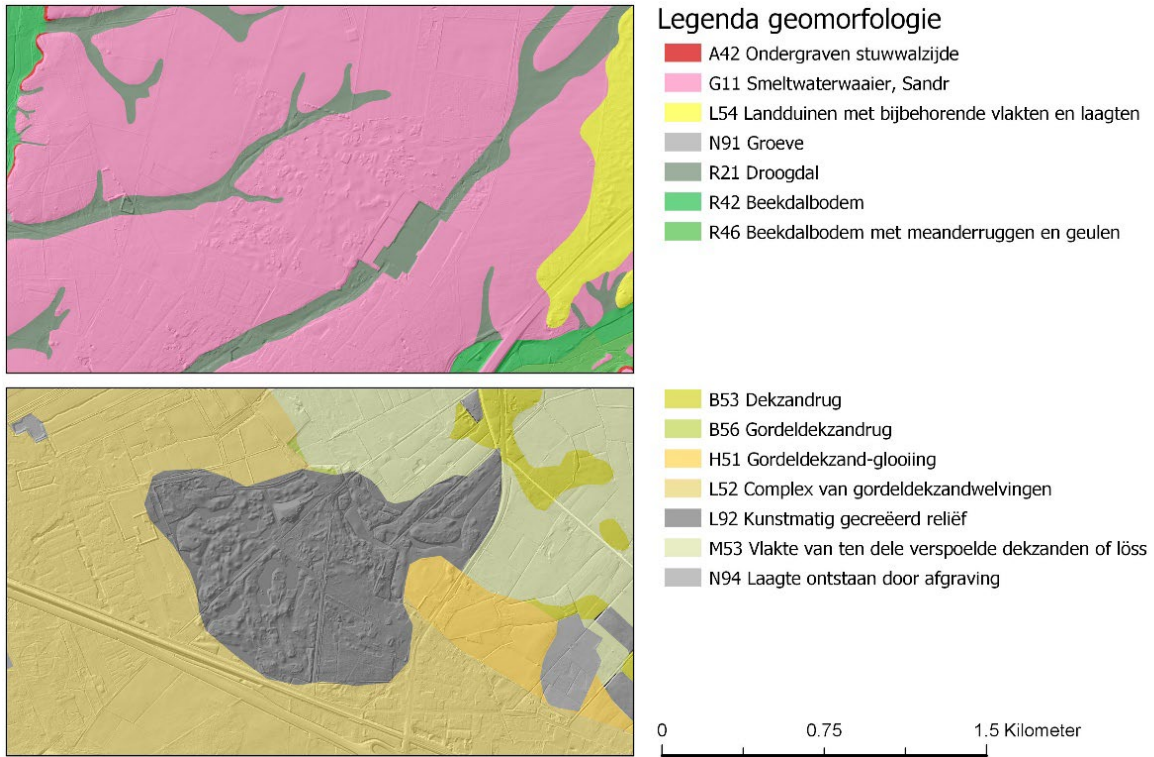
Het kaartfragment in Figuur 3.11 van Bennekom en een deel van Wageningen laat zien wat de impact is op het kaartbeeld als ook onder de steden het geomorfologische landschap in beeld wordt gebracht. In Figuur 3.11 is boven weer de oude kaart weergegeven en onder de geactualiseerde kaart. Mede door het in beeld brengen van de geomorfologie in de stad is ook het kaartbeeld in de omgeving van de stad gewijzigd. In hoofdlijnen is opbouw van het landschap gelijk gebleven, maar er is een scherper onderscheid gemaakt tussen de west-oost georiënteerde dekzandruggen en -wielingen (B53 en L51 geelgroen) en de noord-zuid georiënteerde hellingafzettingen (H32 bruin) en gordeldekzanden op de flank van de stuwwal (H51 en L52 zandkleurig). Daarvoor is met name tussen Bennekom en Wageningen het kaartbeeld aangepast. Meer in detail zijn er ook twee kleine dalvormige laagten, een uitblazingslaagte en landduinen gekarteerd.



Figuur 3.11 Fragment van de Geomorfologische Kaart tussen Wageningen en Bennekom voor (boven) en na (onder) actualisatie, geprojecteerd op het AHN.

3.3.6 Golfterreinen en natuurontwikkeling

De natuurlijke geomorfologie is aan verandering onderhevig door diverse antropogene, ruimtelijke ingrepen. Lijnvormige reliëfelementen die met infrastructuur samenhangen, zoals wegtaluds, worden op de geactualiseerde kaart niet meer weergegeven. Andere vormen van reliëftoevoegingen, zoals grootschalige golfterreinen of natuurontwikkeling, worden wel apart op de kaart gezet indien het natuurlijke reliëf niet meer herkenbaar is. Figuur 3.12 laat twee voorbeelden zien van golfterreinen. In het bovenste voorbeeld is de morfologie van het golfterrein ondergeschikt aan de natuurlijke geomorfologie van de Sandr met droogdalen, en is het golfterrein niet als een aparte eenheid gekarteerd. In het onderste voorbeeld is met de inrichting van het golfterrein de natuurlijke geomorfologie zodanig verstoord dat ervoor gekozen is het golfterrein met een aparte vormgroepscode (L94) op de kaart te zetten. Eenzelfde benadering wordt ook toegepast op gebieden die in het kader van natuurontwikkeling opnieuw zijn ingericht.



Figuur 3.12 Fragment van de Geomorfologische Kaart ten noorden van Renkum (boven) en ten westen van Scherpenzeel (onder) na actualisatie, geprojecteerd op het AHN.

4 Toepassing van de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart in samenhang

4.1 Inleiding

De Bodemkaart en Geomorfologische Kaart van Nederland zijn patroonbeschrijvende modellen van het landschap. Een van de doelen van dit rapport is om te laten zien welke informatie schuilgaat achter de modellen, welke samenhang ertussen is en hoe beide kaarten kunnen helpen bij het realiseren van opgaven in een gebied. Voor dit doel laten we in dit hoofdstuk een toepassing zien van beide kaarten in een ruimtelijke opgave in de Gelderse Vallei. We hebben gekozen voor dit gebied, omdat het recentelijk geactualiseerd is in de Bodem- en Geomorfologische Kaarten het een centrale rol speelt in de ruimtelijke opgaven voor Nederland die te maken hebben met klimaatverandering, de energietransitie, reductie van stikstofemissies, bevolkingsgroei en kwaliteit van leven, biodiversiteitsverlies en waterhuishouding (bijvoorbeeld (Deltares, BoschSlabbers, & Sweco, 2021) (J.W. Erisman & Strootman, 2021), (Planbureau voor de Leefomgeving, 2021), (Regio Amersfoort, 2021)).

Gebiedsgerichte ontwikkelingen in de Gelderse Vallei staan beschreven in de Blauwe Omgevingsvisie voor het jaar 2050 (BOVI2050)²⁰ en het bijbehorende Blauwe Omgevingsprogramma (BOP) van Waterschap Vallei en Veluwe. Het waterschap heeft de Blauwe Omgevingsvisie 2050 gemaakt als een visie op een duurzame samenleving met water als ordenend principe, bedoeld als basis voor het maken van omgevingsvisies en ruimtelijke plannen in samenwerking met andere maatschappelijke partners, in overeenstemming met de nieuwe Omgevingswet. De BOVI is de basis voor het waterbeheerprogramma van het waterschap.

Om de informatie in de Bodemkaart en Geomorfologische Kaart te illustreren, willen we laten zien hoe informatie over bodem, geomorfologie en andere onderdelen van de fysieke leefomgeving een verfijnder beeld kunnen geven van de trends en ontwikkelingen die worden voorzien in de toekomst voor het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe in de BOVI. De wens hierbij is dat deze informatie helpt om kansrijke maatregelen in samenhang te definiëren.

4.2 Welke informatie geeft de Bodemkaart?

De Bodemkaart van Nederland geeft tot een diepte van 1,20 m onder maaiveld informatie over de verbreiding van de volgende bodemkundige kenmerken:²¹

- Moedermateriaal (grondsoort en afzettingwijze)
- Bodemvorming
- Aard, dikte en samenstelling van de bovengrond
- Aard, dikte en samenstelling van de lagen in de ondergrond
- Kalkverloop
- Aanwezigheid van afwijkende lagen

Deze kenmerken komen terug in attributen van de Bodemkaart of bodemkundige boorbeschrijvingen. Voorbeelden van vragen die met deze kenmerken beantwoord kunnen worden, staan in Tabel 4.1.

²⁰ www.bovi2050.nl

²¹ Bron: Digitale legenda van het BRO-model de Bodemkaart van Nederland (in voorbereiding)

Tabel 4.1 Attributen van de Bodemkaart en boorbeschrijvingen, bodemkundige kenmerken en voorbeeldvragen die daarmee beantwoord kunnen worden. Voor begrippen zie Bijlage 5.

Attribuut	Bodemkundig kenmerken	Voorbeeldvragen
Dikte horizonten en profielopbouw	Aard, dikte en samenstelling van de bovengrond Aard, dikte en samenstelling van de lagen in de ondergrond Aanwezigheid van afwijkende lagen	Zit er een storende laag voor infiltratie? Komt er zand voor waarop ik kan funderen?
Voorkomen van een minerale eerdlaag, cultuur- of esdek	Aard, dikte en samenstelling van de bovengrond Aanwezigheid van afwijkende lagen	Is de grond opgehoogd en met wat voor materiaal?
Hydromorfe kenmerken	Moedermateriaal (grondsoort en afzettingswijze) Bodemvorming	Hoe beweegt het grondwater in het profiel (kwel/infiltratie)?
Organischestofgehalte	Bodemvorming Aard, dikte en samenstelling van de bovengrond Aard, dikte en samenstelling van de lagen in de ondergrond	Is de grond geschikt als groeiplaats en hoe goed kan hij water vasthouden?
Veensoort	Moedermateriaal (grondsoort en afzettingswijze)	Wat is de rijkdom van het veen: is het laagveen (voedselrijk) of hoogveen (voedselarm)?
Gehalten lutum, leem, zand, grind	Moedermateriaal (grondsoort en afzettingswijze)	Hoe doorlatend voor water is de bodem?
M50	Moedermateriaal (grondsoort en afzettingswijze) Aard, dikte en samenstelling van de bovengrond Aard, dikte en samenstelling van de lagen in de ondergrond	M50 is o.a. van invloed op de beworteling en waterhuishouding (naleverantie grondwater/doorlatendheid)
Kalkrijk of kalkarm	Bodemvorming Kalkverloop	Wat kan er groeien? pH-afhankelijkheid van gewassen
Bewortelbare diepte	Aard, dikte en samenstelling van de bovengrond Aard, dikte en samenstelling van de lagen in de ondergrond Aanwezigheid van afwijkende lagen	Hoe goed ontwikkelen gewassen en bomen zich?
Voorkomen ijzer	Bodemvorming	Weerstand tegen wortelgroei?
Grondwatertrap		Kwel of wegzijging?
Moedermateriaal	Moedermateriaal (grondsoort en afzettingswijze)	Capaciteit om organische stof vast te leggen/Natuurlijke bodemvruchtbaarheid (vooral van belang bij biologische teelten)

4.3 Welke informatie geeft de Geomorfologische Kaart?

De Geomorfologische Kaart is naast een patroonbeschrijvend model ook een bron van extra informatie over de landschappelijke eenheden die gekarteerd worden. Deze informatie uit de Geomorfologische Kaart kan een rol spelen bij verschillende toepassingen. De meest gebruikte toepassingen van de Geomorfologische Kaart zijn de volgende:

- Aardkundige waarden: met behulp van criteria (bijv. kenmerkendheid, gaafheid of zeldzaamheid) kunnen landvormen worden voorzien van een waardering.
- Monitoring: veranderingen in het reliëf kunnen met behulp van de Geomorfologische Kaart worden gevolgd.
- Archeologie: detailkarteringen maken het mogelijk om op basis van gaafheid van de geomorfologie een bijdrage te leveren aan de archeologie in de vorm van gaafheidskaarten.

- Ruimtelijke planvorming: de Geomorfologische Kaart wordt als een van de bronnen van informatie over de ondergrond gebruikt bij planvorming zoals natuurontwikkeling.
- Onderzoek: de Geomorfologische Kaart levert een belangrijke bijdrage aan dit aspect, maar dit geldt ook andersom. De Geomorfologische Kaart is gebaseerd op onderzoek en kan worden aangepast na vernieuwend onderzoek.
- Onderwijs en educatie: de Geomorfologische Kaart speelt een grote rol bij het verspreiden van informatie over de huidige staat van het landschap en het ontstaan hiervan.

Aan elke vorm op de kaart is extra informatie gekoppeld die dieper ingaat op de eigenschappen die het landschapselement heeft. Deze informatie is op verschillende manieren te combineren om zo vragen te kunnen beantwoorden voor de bovenstaande toepassingen. Voor de landvormen in de Geomorfologische Kaart zijn de volgende attributen opgenomen:

- Landvormgroep: hierin worden verschillende groepen onderscheiden die in hun uiterlijke gedaante bepaalde kenmerken gemeenschappelijk hebben.
- Reliëf: hierin wordt informatie gegeven over de hoogte van landvormen en de steilheid van hellingen. Voor dalen wordt er ook rekening gehouden met het verval en het verhang.
- Genese: hiermee wordt aangegeven welke vormgevende processen voornamelijk een rol hebben gespeeld bij het ontstaan van de landvorm.
- Ouderdom: hiermee wordt aangegeven in welke periode de vorming van de landvorm in Nederland in het algemeen is begonnen en in welke periode de vorming eindigde.
- Toevoeging bedekking: hiermee wordt aanvullende informatie gegeven over afwijkende sedimentlagen of over lagen opgebracht materiaal op de landvorm.
- Toevoeging reliëf: deze toevoeging geeft aanvullende informatie over het reliëf (en het ontstaan daarvan).
- Actieve processen: hierin wordt aangegeven of er momenteel nog geomorfologische processen bezig zijn met de vorming van de landvorm.

Bovenstaande attributen van de Geomorfologische Kaart van Nederland bevatten geen expliciete informatie over het materiaal waaruit een landvorm bestaat. Het attribuut *Genese* geeft het type proces weer dat de grootste rol speelde bij de vorming van de eenheid: wind, water, sneeuw etc. Ook gelaagdheid valt onder dit attribuut, maar het type materiaal niet. Het attribuut *Toevoeging bedekking* geeft informatie over het materiaal in afdekkende lagen, maar alleen waar de landvorm qua reliëf afwijkt door een min of meer lokaal voorkomende bedekking met een afwijkend sediment of ander type opgebracht materiaal. Niet bij alle landvormen wordt informatie gegeven over afdekkende lagen. Deze moet worden ontleend aan de Bodemkaart van Nederland 1:50.000.

Geomorfologen gaan meestal uit van vuistregels wat betreft de aard van het materiaal waaruit een landvorm bestaat. Deze zijn echter niet altijd van toepassing, omdat het type materiaal sterk afhankelijk is van de locatie in het terrein en van het omliggende moedermateriaal. Deze informatie halen zij uit de Bodemkaart van Nederland 1:50.000.

Voor gedetailleerde informatie over de attributen van de Geomorfologische Kaart is het mogelijk om de website van de legenda van de Geomorfologische Kaart te raadplegen.²² Hier staat in detail uitgelegd wat de betekenis is van de verschillende attributen. In Tabel 4.2 zijn per attribuut van de Geomorfologische Kaart een paar mogelijke vragen genoemd die beantwoord kunnen worden met behulp van het desbetreffende attribuut.

²² <https://legendageomorfologie.wur.nl/>

Tabel 4.2 Attributen van de Geomorfologische Kaart en voorbeeldvragen die daarmee beantwoord kunnen worden.

Attribuut	Vragen
Landvormgroep	Welke landvormen kan ik mogelijk gebruiken voor waterberging in mijn gebied? Op welke locaties kan ik wateroverlast verwachten?
Reliëf	Hoe beweegt water zich boven- en ondergronds? Hoe steil is het verhang in een (droog) dal?
Genese	Zijn de sedimenten gelaagd afgezet? Wat is de sortering van mijn sediment?
Ouderdom (vorm)	Hoe is het landschap chronologisch gezien ontstaan? Hoe lang heeft er al bodemvorming kunnen optreden?
Toevoeging bedekking	Is de toplaag relatief voedselrijk of voedselarm? Uit wat voor materiaal bestaat mijn toplaag?
Toevoeging reliëf	Is de landvorm meer of minder gevoelig voor wateroverlast dan omliggend gebied? Door wat voor processen is mijn landschap afgevlakt?
Actieve processen	Kunnen we processen benutten of juist afzwakken? Welke processen zijn actief bezig met het aanpassen van het landschap?

Het is mogelijk om de informatie van de Geomorfologische Kaart voor individuele landvormen en hun eigenschappen te gebruiken, maar dit is niet de echte kracht van de kaart. De informatie over een enkele landvorm is nuttig, maar hoe deze in de omgeving ligt en wat eromheen ligt, is vaak net zo bruikbaar. Bij veel vraagstukken is het ook belangrijk om te weten hoe het landschap als geheel functioneert en is het minder belangrijk om te weten wat de eigenschappen van een enkele vorm zijn. De Geomorfologische Kaart is hiervoor uitermate geschikt, omdat het een ruimtelijk beeld geeft van het landschap en de eigenschappen die hierbij horen. Verder is de kaart ook goed in combinatie te gebruiken met andere informatiebronnen, zoals lokale boringen, oude topografische kaarten en uiteraard de Bodemkaart. In de komende paragraaf wordt verder ingegaan op de toepasbaarheid van de Geomorfologische Kaart (in combinatie met de Bodemkaart) aan de hand van enkele voorbeelden in de Gelderse Vallei.

4.4 Suggesties voor landschapsanalyses in de Gelderse Vallei

Ondergrond, bodem en watersysteem vormen samen het natuurlijke systeem²³ van een gebied. Samen met het heersende klimaat bepalen zij hoe het gebied kan worden ingericht voor actuele opgaven op het gebied van woningbouw, voedselproductie, biodiversiteit, energietransitie en klimaat.

Bodem en water zijn daarin onlosmakelijk met elkaar verbonden; interacties en processen bepalen de groeiplaatscondities voor natuur en de productiecondities voor de landbouw. De Bodemkaart van Nederland en de Geomorfologische Kaart 1:50.000 zijn de bronbestanden voor bodem en landvormen als onderdelen van het natuurlijk systeem. Ze kunnen gebruikt worden voor landschapsanalyses op regionaal en landelijk niveau.

Maatschappelijke ontwikkelingen, trends (crises)

Drie grote maatschappelijke ontwikkelingen vinden momenteel plaats in Nederland, die een grote invloed hebben op de manier waarop we in de komende decennia met de schaarse ruimte in Nederland omgaan:

- Klimaatverandering, met als effecten:
 - CO₂-emissie (broeikaseffect)
 - Zeespiegelstijging
 - Droogte
 - Wateroverlast

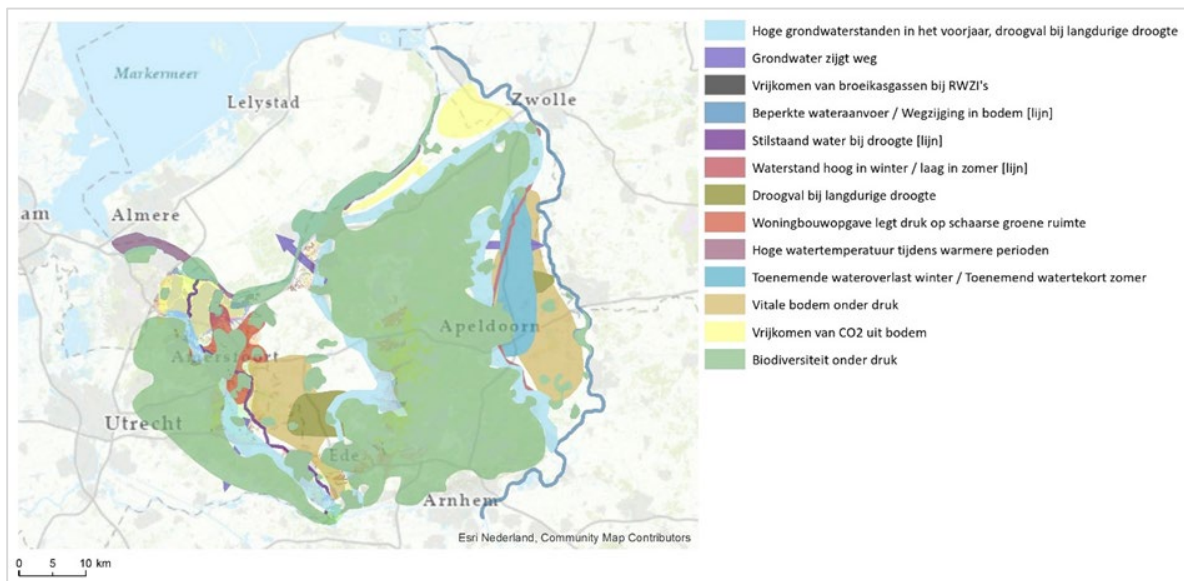
²³ Het onderliggende landschap met onderdelen ondergrond, bodem en water (Grond et al., 2021).

- Afname biodiversiteit, als gevolg van:
 - Bodem-, water- en luchtkwaliteit (o.a. stikstofcrisis)
 - Druk op ruimte voor natuurlijk habitats en op de connectiviteit van leefgebieden.
 - Toename bevolking, met als gevolg een vraag naar meer ruimte voor wonen, werken en recreëren.

Naast de directe impact van deze trends op de ruimte zijn er ook grote effecten te verwachten van de adaptieve maatregelen op het natuurlijk systeem in reactie hierop.

De Blauwe Omgevingsvisie van het Waterschap Vallei en Veluwe (BOVI2050)²⁴ schetst een ruimtelijk beeld van negen ontwikkelingen voor het beheergebied van het waterschap en van de effecten daarvan op het bodem- en watersysteem (Figuur 4.1):

- Toename van grondwaterfluctuaties rond het Veluwemassief en de Utrechtse Heuvelrug
- Toename van wateroverlast in de winter en een watertekort in de zomer
- Wegzijing van grondwater uit het Veluwemassief en de Utrechtse Heuvelrug naar de Flevopolders
- Toename van waterstandfluctuaties in het oppervlaktewatersysteem
- Wegzijing, stilstaand water of droogval in beken en rivieren
- Vrijkomen van broeikasgassen (CO₂) uit de bodem
- Vitaliteit van de bodem staat onder druk
- Biodiversiteit staat onder druk
- Groene ruimte staat onder druk door bouwopgave



Figuur 4.1 Trends en ontwikkelingen in de Gelderse Vallei voorzien tot 2050. Bron gegevens: Waterschap Vallei en Veluwe, www.bovi2050.nl.

Verhaallijnen voor integrale oplossingsrichtingen

De visiekaart van de BOVI2050 voor het deelgebied Gelderse vallei en Eemland zet de koers uit voor een integrale aanpak van bovengenoemde ontwikkelingen met de inzet om zo veel mogelijk gebruik te maken van de kenmerken van het natuurlijke systeem van bodem, water en groen. Deze koers is uitgewerkt in zes landschappelijke verhaallijnen en een technische verhaallijn, die we hier buiten beschouwing laten:

- *Vitale blauwe motor*: versterken van de grondwateraanvulling in het Veluwemassief en de Utrechtse Heuvelrug; vergroten van de infiltratiepotentie en het nuttig gebruiken van kwelwater dat weglekt naar de Flevopolders.

²⁴ www.bovi2050.nl

- *Dynamische bronlandschappen op de flanken*: water vasthouden in de brongebieden en bovenlopen van de beeksystemen, en nuttig gebruikmaken van het beschikbare water in de vorm van decentrale drinkwaterwinning.
- *Robuust watersysteem van bron tot monding*: de veerkracht van het natuurlijke landschap en bodem-watersysteem benutten om wateroverlast en droogte voor landbouw en natuur te beperken.
- *Kringlooplandschappen op levende bodems*: natuurlijk peilbeheer in veengebieden, vernatting en circulaire natuurinclusieve landbouw en verhogen organische stof in bodem ten behoeve van sponswerking, verlaging CO₂-emissie en stimuleren van de vastlegging van CO₂ in de bodem.
- *Waterinclusieve, bebouwde omgeving*: het 'waterinclusief' maken van bestaande steden en stedelijke vernieuwingen, ontwikkelen van duurzame stedelijke landschappen en kleinschalige woonlandschappen.
- *Veilige dijken & dynamisch buitenwater*: natuurlijke, veilige, beleefbare, ecologisch waardevolle en duurzaam bevaarbare riviersystemen en randmeren.

In de visiekaart voor integrale oplossingen zijn de verschillende verhaallijnen op hoofdlijnen in beeld gebracht (Figuur 4.2). Voor een nadere invulling van de geschetste oplossingsrichtingen, waarbij het uitgangspunt is om zo veel mogelijk aan te sluiten op de veerkracht van het natuurlijke systeem, zijn de gegevens van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart van essentieel belang. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt in de Klimateffectatlas²⁵ van overheden in het gebied Vallei en Veluwe. De actualisatie van deze kaarten in het kader van de BRO zorgt ervoor dat de informatie up-to-date is. De meerwaarde van deze kaarten werken we uit aan de hand van een aantal voorbeelden voor het deelstroomgebied Gelderse Vallei.



Figuur 4.2 Visiekaart voor mogelijke integrale oplossingsrichtingen voor het deelgebied van de Gelderse Vallei en Eemland. Bron: <https://bovi2050.nl/gebied/gelderse-vallei-en-eemland/>.

4.4.1 Voorbeeld 1: Verlagen CO₂-emissie door vernatting veengebieden

Veengebieden zijn gebieden waar moerige gronden en veengronden voorkomen, met of zonder een dek van zand of klei. CO₂-uitstoot in veengebieden treedt op bij de afbraak van organische stof in de

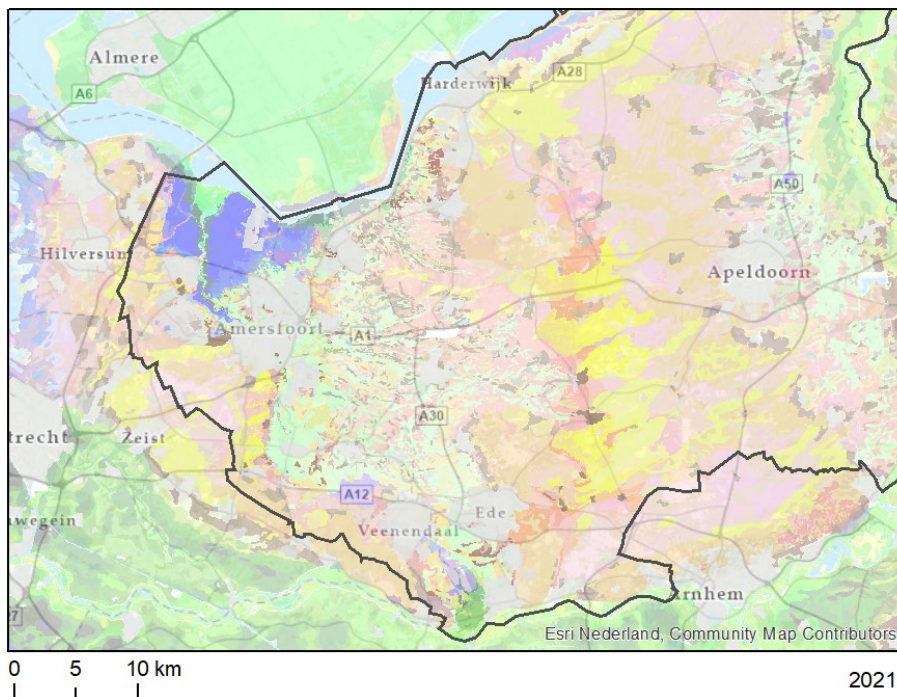
²⁵ <https://klimaatvalleienveluwe.nl/atlas/>

bodem door bodemorganismen. Het verteringsproces door micro-organismen wordt oxidatie genoemd. Bij dit proces ontstaan onder andere CO₂ (kooldioxide) en N₂O (lachgas). Het proces gaat sneller als de organische stof in contact is met zuurstof (Van den Akker, 2005 en Van den Akker & Hendriks, 2017, in (Brouwer & Walvoort, 2020). Ontwatering – voor landbouw of ander grondgebruik – en drooglegging voor woningbouw bevorderen de zuurstofvoorziening in de bodem, waardoor de oxidatie toeneemt. Het maaiveld daalt als gevolg daarvan, maar ook door krimp en het in elkaar gedrukt worden van de moerige lagen of veenlagen (Brouwer & Walvoort, 2020). De bodemkaart geeft informatie over het voorkomen van moerige gronden en veengronden, de dikte van het veen, de aard van de boven- en ondergrond, het type veen en bodemvorming.

Waar liggen de veengebieden?

In het deelgebied van de Gelderse Vallei en Eemland liggen twee grote clusters van veengronden – Eemland en het Binnenveld – en een aantal kleine gebieden op de flanken van de Utrechtse Heuvelrug naar de Gelderse Vallei. In het gehele beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe bedraagt de totale oppervlakte van veengebieden na de recente update van de Bodemkaart 12.517 ha. Moerige gronden en veengronden hebben in het kaartbeeld van de Bodemkaart blauwpaarse tinten (Figuur 4.3). De kaart laat zien dat er ook veen voorkomt buiten de aandachtsgebieden 'Vrijkomen van CO₂ uit bodem' in de BOVI2050 (Figuur 4.1).

Het voorkomen van veengronden op de Bodemkaart is leidend voor het karteren van veenvlakten op de Geomorfologische Kaart. Alleen in gebieden waar het veen grotendeels verdwenen is, geeft de Geomorfologische Kaart met de toevoegingen 'w' en 'v' aan dat er nog veenresten aanwezig zijn.



Figuur 4.3 Ligging van de veengebieden in de Gelderse Vallei na actualisatie van de Bodemkaart (blauwpaarse tinten).

Welke typen moerige gronden en veengronden kunnen we in dit gebied onderscheiden?

Veengronden worden op de Bodemkaart ingedeeld naar dikte van het veen en de aard van de boven- en ondergrond. Er zijn veengronden (aanduiding V in de code van de kaarteenheden) waarbij de veenlaag binnen 120 cm -mv. overgaat in een minerale ondergrond (dunne veengronden) en er zijn veengronden waarbij de veenlaag doorgaat tot dieper dan 120 cm -mv. (dikke veengronden). Moerige gronden (aanduiding W in de code van de kaarteenheden) zijn gronden met een dunne veenlaag < 40 cm, beginnend tussen 0-40 cm -mv. De bovengrond van veengronden kan bestaan uit veen (veraard en onveraard), een moerige eerdlaag of een dek van zavel, klei of zand. De ondergrond bestaat uit zand of klei.

Tabel 4.3 geeft een overzicht van de moerige gronden en veengronden die voorkomen in het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe met en zonder bedekking, de oppervlakten die ze beslaan en bijbehorende bodemtypen. Moerige gronden, dunne en dikke veengronden nemen ieder ongeveer een derde deel in van de totale oppervlakte aan moerige gronden en veengronden.

Tabel 4.3 *Moerige gronden en veengronden in het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe en inschatting van de kwetsbaarheid voor vrijkomen van CO₂ uit bodem. H: hoog, G: gemiddeld, L: laag.*

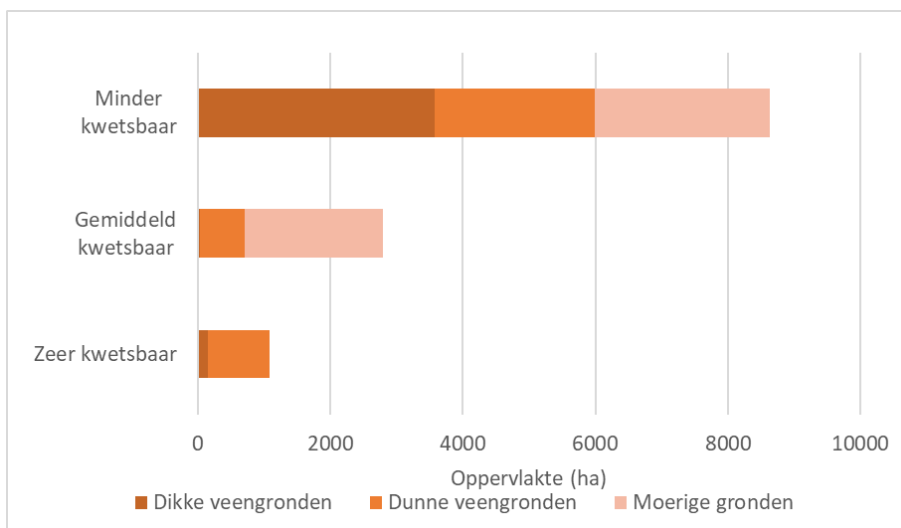
Typen gronden	Bedekking	Bodemtypen (hoofdcode)	Areaal (ha)	Kwetsbaarheid voor vrijkomen CO ₂
Moerige gronden	zonder klei- of zanddek	vWp, vWz	2083	G
	met kleidek	kWp, kWz	1871	L
	met zanddek	zWp, zWz	777	L
Dunne veengronden	zonder klei- of zanddek	aVz, hVk, Vk, Vo, hVz, Vz	927	H
	met kleidek	kVz, pVz	2410	L
	met zanddek	ABv, zVp, zVz	679	G
Dikke veengronden	zonder klei- of zanddek	hVc, hVs, Vd	156	H
	met kleidek	kVc, kVs, pVc, pVd, pVs	3577	L
	met zanddek	zVc, zVs	36	G
Totaal			12.517	

Hoe kwetsbaar zijn de verschillende gronden voor CO₂-emissie?

Maaiveldaling en CO₂-emissie in veengronden worden voornamelijk veroorzaakt door biologische afbraak (oxidatie) van het veen. Door een permanente verlaging van het grondwater of uitzakken van grondwater tot onder het slotpeil kan zuurstof diep in de veengrond binnendringen, waardoor het veen wordt afgebroken. Een hoge grondtemperatuur versnelt dit proces (Van en Akker et al., 2007; Querner et al., 2012).

Een belangrijke factor bij de reductie van de CO₂-emissie is de diepte waarop het veen zich in de bodem bevindt ten opzichte van het grondwaterpeil. Daarnaast is ook de aard van de bovengrond van belang. Veenoxidatie en maaiveldaling blijken geringer te zijn in veengronden met een kleidek (bodemtypen kV..en pV..), door de beschermende invloed van de kleilaag, dan bij veengronden zonder kleidek (codes aV.., hV.. en V..) (Van den Akker, 2005), in (Brouwer and Walvoort, 2020) (Tabel 4.3). Of een zanddek enig mate van bescherming tegen oxidatie biedt, is nog niet vast komen te staan. Wel is het zo dat afdekkende zandlaag er ook toe leidt dat het veen zich dieper in het bodemprofiel bevindt en de kans op drooglegging ook iets kleiner zal zijn.

Als we alleen kijken naar de kenmerken van diepteligging en bedekking van het veen in de bodem, is het grootste deel van de veengronden en moerige gronden in het beheergebied van het waterschap minder kwetsbaar voor het vrijkomen van CO₂ uit de bodem (ruim 8600 ha). Ruim 1000 ha is echter zeer kwetsbaar (Figuur 4.4).



Figuur 4.4 Kwetsbaarheid voor CO₂-emissie van veengronden en moerige gronden in het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe.

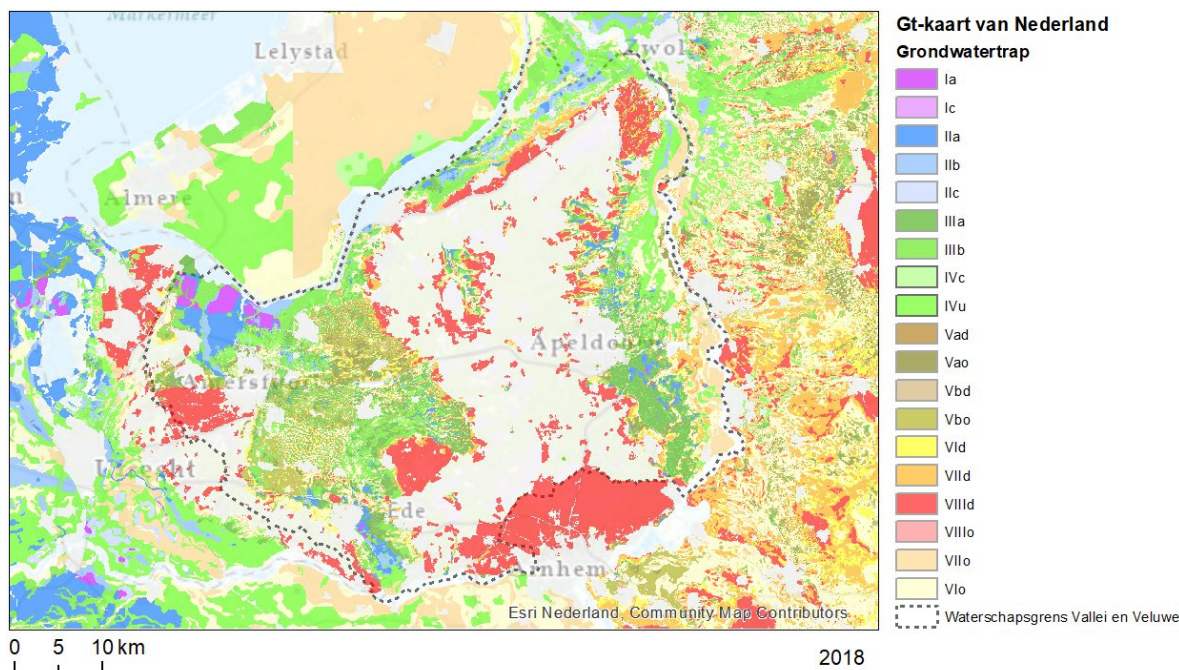
Wat is de huidige grondwatersituatie en wat moet de gewenste situatie zijn om CO₂-emissie te minimaliseren?

Informatie over variatie in de grondwaterstand is nodig om in te schatten of veenlagen of moerige lagen worden blootgesteld aan zuurstof, in combinatie met informatie over de diepteligging van veen en moerige lagen in het bodemprofiel. Of deze situatie optreedt, kan worden nagegaan met informatie over de grondwaterdynamiek, bijvoorbeeld door het karteren van de veendikte in het bodemprofiel boven de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Informatie over de grondwaterdynamiek kan worden ontleend aan meetreeksen uit peilbuizen van het Waterschap, aan de grondwatertrappenkaart (Gt) of aan de grondwaterdynamiekkaart (Gd) die voor Nederland gemaakt en geactualiseerd worden door Wageningen Environmental Research.

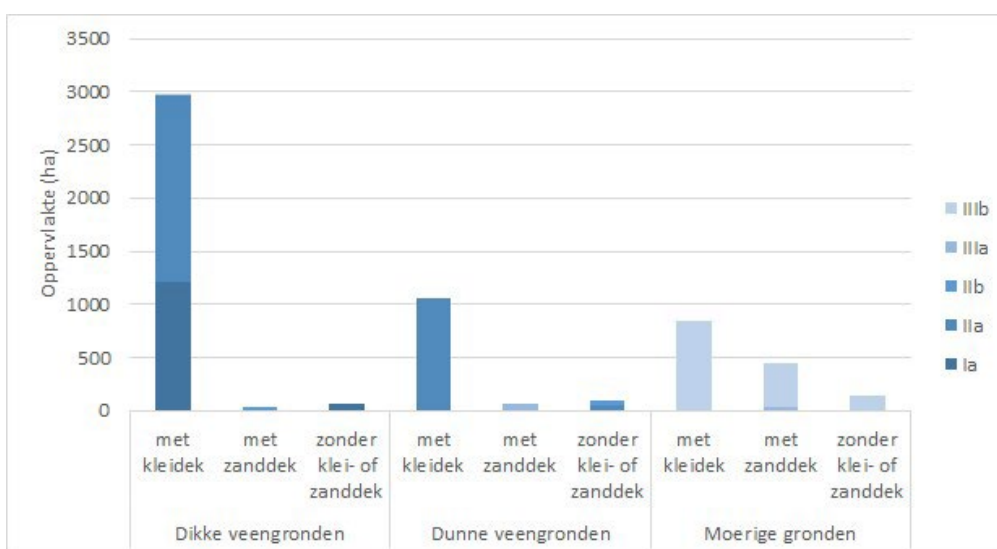
Figuur 4.5 geeft een uitsnede van de grondwatertrappenkaart voor het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe in de uitgave van 2018. Figuur 4.6 toont welke grondwatertrappen voorkomen in de gebieden met veengronden en moerige gronden, met een onderverdeling naar de typen bedekking. De figuren laten zien dat de veengebieden gekenmerkt worden door grondwatertrappen Ia, IIa, IIb, IIIa en IIIb. Deze hebben waarden voor de gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GLG) dicht aan het maaiveld (< 25 cm -mv of 25-40 cm -mv) en gemiddeld laagste grondwaterstanden (GHG) met waarden tot maximaal 120 cm -mv. In de veengronden zonder klei- of zanddek, die het meest gevoelig zijn voor het vrijkomen van CO₂ door veenoxidatie, komen de grondwatertrappen Ia, IIa en IIb het meest voor (Figuur 4.6).

Begin 2022 wordt informatie over de grondwaterdynamiek beschikbaar gemaakt in de BRO in het *Model Grondwaterspiegeldiepte*.²⁶ Gedetailleerde lokale informatie over de diepteligging van veenlagen en moerige lagen in de bodem kan ontleend worden aan de boorbeschrijvingen die ontsloten worden via de BRO (*Bodemkundig booronderzoek*) (zie *Toegang tot de Bodemkaart, bodembeschrijvingen en de Geomorfologische Kaart 1:50.000*).

²⁶ <https://basisregistratieondergrond.nl/inhoud-bro/registratieobjecten/modellen/model-grondwaterspiegeldiepte-wdm/>



Figuur 4.5 Grondwatertrappen in het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. Bron: Grondwatertrappenkaart van Nederland, uitgave 2018.



Figuur 4.6 Voorkomen van grondwatertrappen in gebieden met veengronden en moerige gronden in het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. Bron: geactualiseerde Bodemkaart van Nederland, versie 2021, en Grondwatertrappenkaart van Nederland, uitgave 2018.

Om te bepalen welke grondwatersituatie geschikt zou zijn om CO₂-emissie te minimaliseren, kan gebruikgemaakt worden van empirische relaties tussen slootpeilen of grondwaterstanden en maaiveld dalingen, voor gebieden waar veenoxidatie de belangrijkste component is van de maaiveld daling.²⁷ Dit laatste is het geval als de ontwateringsdiepte min of meer constant wordt gehouden door periodieke polderpeilverlagingen die telkens volgen op de maaiveld dalingen. Relaties tussen slootpeilen of grondwaterstanden en maaiveld dalingen zijn opgesteld door Van den Akker et al. (2007) voor veengronden met en zonder kleidek in West-Nederland op basis van een langjarige monitoring. Uit de monitoring van de maaiveld dalingen in deze regio bleek dat de maaiveld daling voor ca. 80% wordt bepaald door de grondwaterstanden aan het einde van de zomer, als het grondwater het diepst staat en de bodemtemperatuur het hoogst is (Van Asselen, Kooi & Van den Akker, 2020).

²⁷ Maaiveld daling wordt immers ook veroorzaakt door compactie, tektoniek en isostasie (zie: Van Asselen et al., 2020).

Er zijn ook modellen die in Nederland worden gebruikt om ondiepe bodemdaling door compactie en/of veenoxidatie te voorspellen. Het softwarepakket Atlantis wordt gebruikt voor het maken van bodemdalingskaarten op regionale en landelijke schaal voor scenario's van peilbeheer (Van Asselen et al., 2020).

Welke maatregelen of ingrepen remmen of bevorderen de CO₂-emissie?

De belangrijkste oplossing voor het remmen van de CO₂-emissie is het verhogen van de grondwaterstand in met name de zomerperiode. Dit kan bereikt worden door slootpeilverhoging tot op of boven het veenniveau in de bodem. In veel gevallen liggen de sloten echter te ver uit elkaar om ook in het midden van de percelen de grondwaterstand voldoende op peil te brengen om een daling naar nul te realiseren. Ook wordt de grond dan te nat voor een rendabele landbouw.

Infiltratie met onderwaterdrains (ook wel peilgestuurde drainage genoemd) lijkt een mogelijkheid om grondwaterstanden te verhogen, waarbij de drainerende werking te natte omstandigheden voorkomt ((Hendriks & Van den Akker, 2018); Van den Akker et al., 2007). Ook in deze situatie zal er nog steeds oxidatie van veen optreden. Om de oxidatie van veen geheel te voorkomen, moeten de slootpeilen zodanig stijgen dat actieve veenvorming weer tot de mogelijkheden gaat behoren (Van den Born et al., 2016). Veengebieden kunnen dan weer gaan fungeren als CO₂-sink.

De Geomorfologische Kaart kan een rol spelen bij het selecteren van maatregelen. Als het gaat om veen in een veenvlakte, dan zal met een aanpassing van het oppervlaktewaterpeilbeheer oxidatie tegengegaan kunnen worden. Gaat het om veen in een beekdal, dan zal de drainagebasis verhoogd moeten worden of greppels en sloten gedempt. Ligt het veen binnen het bereik van een actieve rivier of beek, dan kan door inundatie een kleilaag op het veen worden opgebouwd.

Andere maatregelen liggen meer in de sfeer van het bodemgebruik. Blijvend grasland en/of extensieve vormen van natuurinclusieve landbouw bevorderen de reductie van de CO₂-emissie door een verminderd gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en het vastleggen van koolstof in de bodem (Erisman, van Eekeren, Van Doorn, Geertsema & Polman, 2017). Reductie van CO₂-emissie uit veengronden is ook mogelijk door vastlegging van koolstof in bossen of door het vernatten van veengebieden in natuurbeheer (bijvoorbeeld in moerassen met rietteelt) (Lesschen et al., 2012).

Landgebruik en maatregelen die CO₂-emissieverhogend werken, zijn:

- Intensieve vormen van bodembewerking zoals ploegen, mengen van de veengrond met het klei- of zanddek, spitsfrozen;
- Teelt van akkerbouwgewassen en mais;
- Omzetting van grasland naar akkerland;
- Afgraven van het klei- of zanddek voor natuurontwikkeling of waterberging.

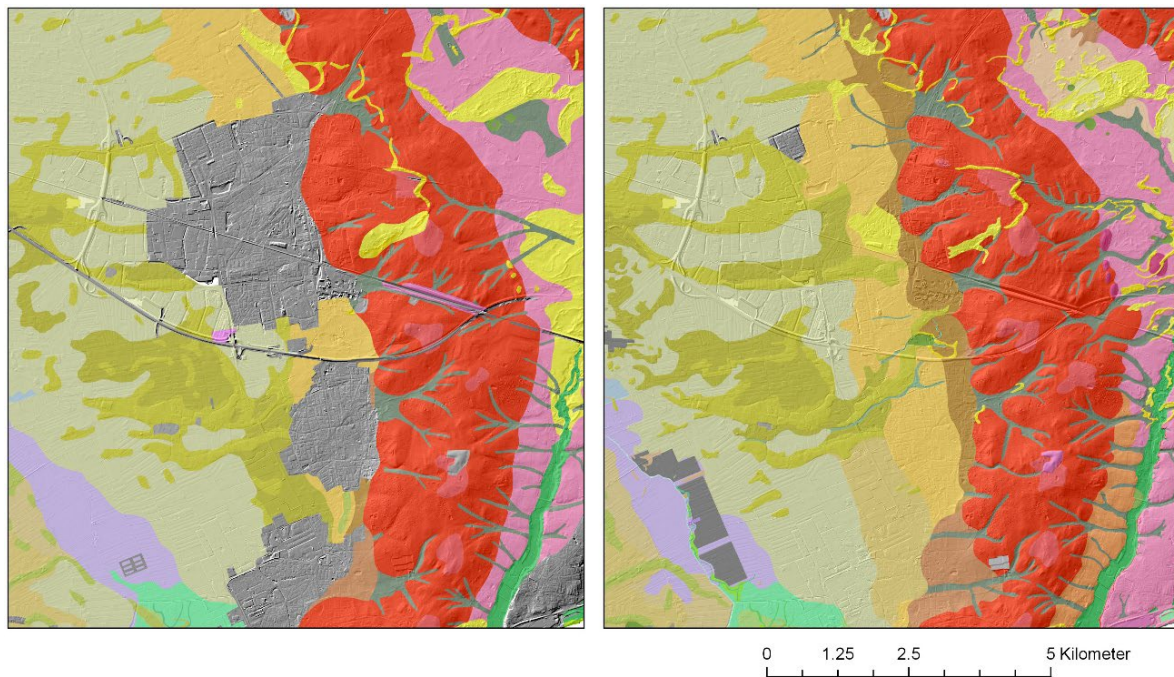
Het voorbeeld laat zien dat uit de informatie van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart over de bodemopbouw, de landschappelijk ligging, de grondwatersituatie en het landgebruik een ruimtelijk specifiek maatregelenpakket kan worden samengesteld, bijvoorbeeld in de vorm van een 'maatregelenladder'.

4.4.2 Voorbeeld 2: Ontwikkeling van duurzame stedelijke landschappen

Steeds meer steden hebben te maken met overstromingen en perioden van droogte en extreme hitte door klimaatverandering. Stresstesten brengen de belangrijkste kwetsbaarheden van klimaatverandering in kaart en een logische reflex is om de knelpunten lokaal en een voor een op te lossen met technische maatregelen, zoals het vergroten van de capaciteit van de rioleringen. Een andere benadering is kijken naar het natuurlijke bodem- en watersysteem in en rond de stad (Grond et al., 2021) (Timmermans, Lansink, Nap, IJsden, & Goossen, 2020). De ligging van de stad in haar natuurlijke omgeving bepaalt in hoge mate de kwetsbaarheid voor de effecten van klimaatverandering.

Veel Nederlandse steden liggen onder zeeniveau in of aan de rand van laag gelegen veengebieden, zoals Amersfoort in de Gelderse Vallei. Dit maakt de steden kwetsbaar voor overstromingen als gevolg van zeespiegelstijging en piekafvoeren van rivieren en beken. Steden op hellingen en hoger gelegen zandgebieden hebben te maken met wateroverlast door afspoeling van regenwater tijdens hevige buien, en met droogte en hittestress in periodes van extreme en langdurige hitte.

Omdat de gevoeligheid van steden voor klimaatverandering afhangt van de positie van de stad in het natuurlijke landschap, kunnen kenmerken van het natuurlijke bodem- en watersysteem worden gebruikt om de weerbaarheid tegen klimaatverandering te vergroten. Een voorbeeld hiervan is Ede, op de flank van het Veluwemassief, met een hoogteverschil van ca. 45 m tussen de laagste delen van de stad en de stuwwal. Piekbuien leiden tot afvloeiing van hemelwater van de hellingen en overstromingen in de lager gelegen delen van de stad. Sterk verharde gebieden als het stadscentrum en bedrijventerreinen krijgen te maken met hittestress, waardoor de leefbaarheid en arbeidsproductiviteit tijdens warme zomerdagen onder druk komen te staan.



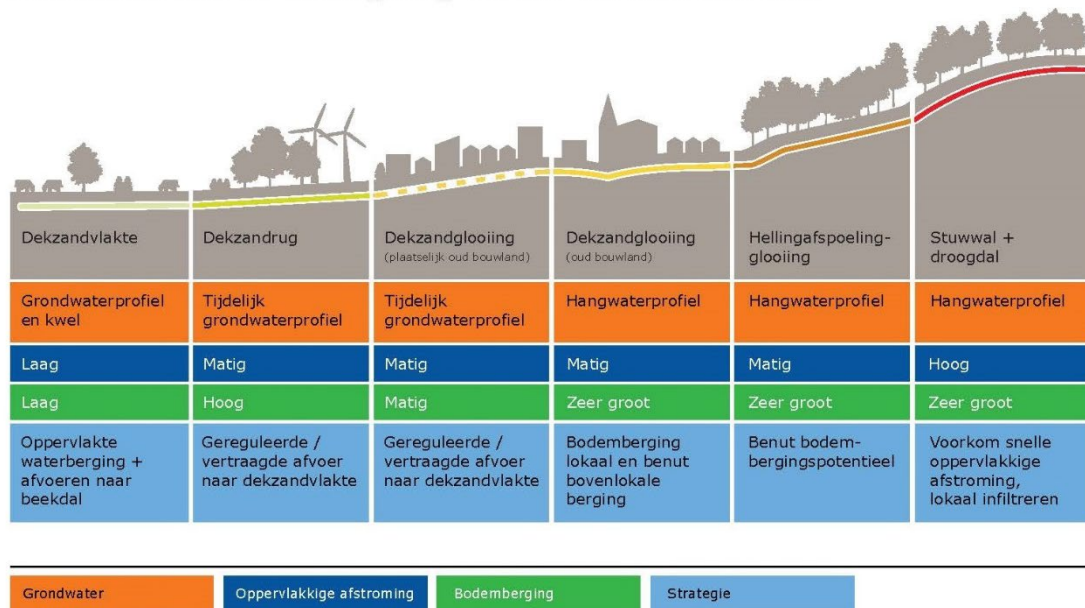
Figuur 4.7 Geomorfologische Kaart van Ede voor (links) en na de actualisatie (rechts). Bron gegevens: Geomorfologische Kaart 1:50.000, versie 2020 en V2019-2-31.

Door het geomorfologische landschap onder de stad in beeld te brengen en deze informatie te integreren met de kennis van het bodem- en watersysteem, konden meerdere klimaatadaptieve zones worden geïdentificeerd op basis van de landvormen (in het bovenste grijze deel van Figuur 4.7; de kleuren in de lijn bovenaan de dwarsdoorsnede komen overeen met de kleuren van de landvormen op de Geomorfologische Kaart in Figuur 4.7), het grondwaterprofiel en fysieke bodemkenmerken (zie Figuur 4.8).

Met de identificatie van deze zones kon een ruimtelijke klimaatstrategie voor de stad worden opgesteld: regenwaterinfiltratie in de bergopwaartse stadsdelen, tijdelijke waterconservering in 'wadi's' op de hellingen (Figuur 4.9) en aanleg van aanvullend groen voor oppervlaktewaterberging in de lagere wijken en op bedrijventerreinen. Door regenwater vast te houden en te infiltreren in plaats van af te voeren, worden de strategische zoetwatervoorraden in het Veluwemassief aangevuld en wordt grondwatergevoelige natuur beschermd tegen droogte. Tijdelijk geconserveerd water kan worden gebruikt voor verkoeling door waterpleinen aan te leggen in verdichte stadscentra, waarvan een voorbeeld te vinden is in Ede. Voor de waterberging kunnen groene retentiegebieden worden aangelegd, die bijdragen aan een gezondere leefomgeving voor werknemers tijdens hun pauzes en

aan het vergroten van de biodiversiteit en luchtkwaliteit in de stad. Op deze manier dragen zowel de waterpleinen als de groene retentiegebieden bij aan duurzame steden en stedelijke landschappen.

Dwarsdoorsnede van de omgeving van Ede van west naar oost



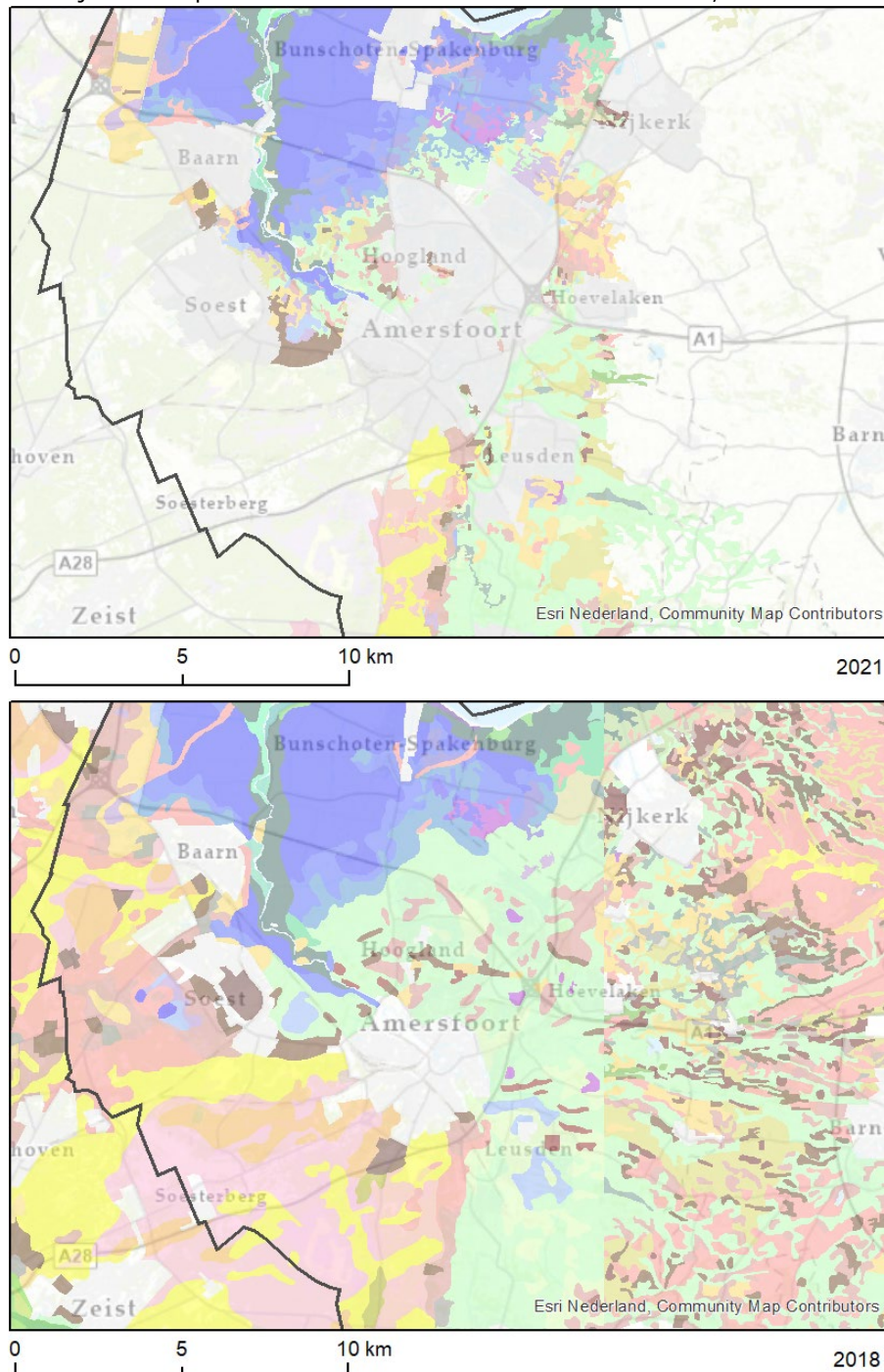
Figuur 4.8 Klimaatadaptatiestrategie gemeente Ede op basis van het geomorfologische en bodemkundige landschap onder de stad. (Bron: bewerking op basis van figuren voor de Klimaat-effectatlas Vallei en Veluwe, <https://klimaatvalleienveluwe.nl/atlas/>).



Figuur 4.9 Wadi Asakkerhof in Ede. Foto: Gemeente Ede.

Kennis van bodem en landschap is ook van belang bij het aanwijzen van zoekgebieden voor, en planvorming en inrichting van uitleglocaties voor duurzame klimaat-adaptieve stedelijke ontwikkeling. Een goede en up-to-date bodemkaart is daarvoor een vereiste. De nieuwe Bodemkaart 1:50.000 toont voor het deelgebied van de Gelderse Vallei een complexe ruimtelijke bodemstructuur aan de stadsranden van Amersfoort (Figuur 4.10). In vergelijking met de oude kaart, waarin een gebied ten noordwesten van de stad uit louter zandgronden bestond (beekeerdgronden, bodemcode pZg23), zien we op de nieuwe Bodemkaart dat hetzelfde gebied de overgang vormt naar het veengebied van polder Eemland met een complex patroon van veengronden, moerige gronden en zandgronden. Deze nieuwe informatie werpt op z'n minst nieuw licht op de geschiktheid van deze locatie als stedelijk uitleggebied

van Amersfoort. Met het benutten van gedetailleerde bodeminformatie in ruimtelijke planvorming voor een duurzame stedelijke ontwikkeling is nog weinig ervaring opgedaan. Dit vormt een uitdaging voor de stedelijke ontwerpers voor het ontwikkelen van water-inclusieve, duurzame stedelijke landschappen.

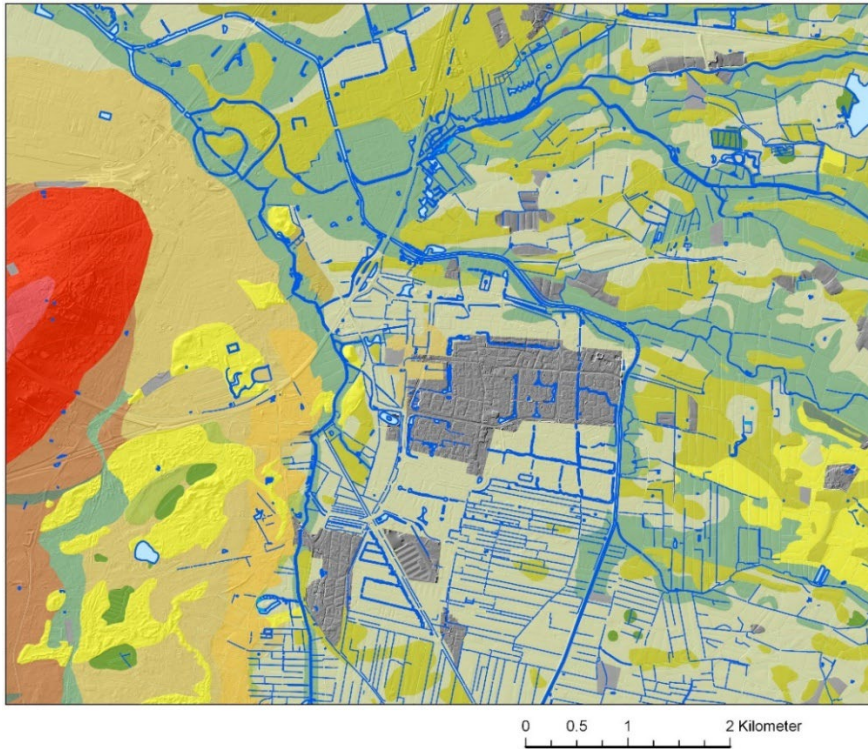


Figuur 4.10 Uitsnede Bodemkaart van Nederland 1:50.000 voor deelgebied Gelderse Vallei, regio Amersfoort, versies 2021 (boven) en 2018 (onder).

4.4.3 Voorbeeld 3: Biodiversiteit en waterberging in natuurlijke beeksystemendalen en overstromingsvlakten

De Geomorfologische Kaart en Bodemkaart van Nederland beschrijven nauwkeurig de bodemkundig-landschappelijke opbouw van stroomgebieden in drie dimensies. Het watersysteem is in de loop der eeuwen aangepast aan de functionele eisen die elke historische periode eraan stelde en wijkt daarmee op soms essentiële onderdelen af van het natuurlijke landschap. Gebruik van de veerkracht van het natuurlijk systeem voor de klimaatopgaven vraagt om de goede informatie over de ruimtelijke patronen, de landvormen en de fysisch-bodemkundige kenmerken daarvan. De Geomorfologische Kaart geeft de ligging weer van natuurlijke laagten in het landschap, die kunnen fungeren als

potentiële waterbergingsgebieden (Figuur 4.11). In combinatie met de bodemgegevens over de doorlatendheid of gegevens over kwetsbaarheid van gebieden voor droogte kan in beeld gebracht worden welke laagten daarvoor het meest in aanmerking komen.



Figuur 4.11 Geomorfologische Kaart van Nederland, deel van de Gelderse Vallei. Natuurlijke dalen zijn aangegeven in groenblauw (landvormsubgroep 'Dalvormige laagte', code R23), met daarbovenop in donkerblauw, lijnvormige en vlakvormige waterdelen uit de Basisregistratie Topografie (BRT TOP10 NL). Bron: Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK) (pdok.nl).

Informatie uit de Geomorfologische Kaart kan ook gebruikt worden voor het maken van natuurinclusieve ruimtelijke planning: welk type natuur kunnen we waar verwachten als we de natuurlijke successie volgen of (half)natuurlijk beheren? Antwoord op deze vraag kan gegeven worden met behulp van de Landschappelijke Bodemkaart.²⁸ Deze kaart combineert informatie uit de Geomorfologische Kaart en de Bodemkaart om de landschappelijke positie van een gebied te duiden. Met deze informatie kan men een voorspelling doen van de natuur die zich zal vestigen na een verandering van het landgebruik en beheer.

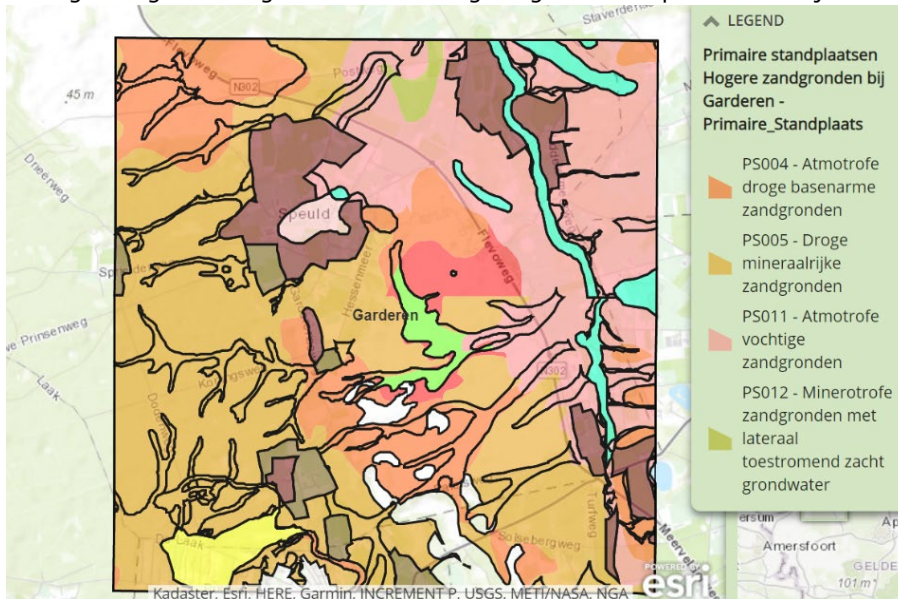
De koppeling tussen bodem/geomorfologie en standplaatsen is robuust. Dat wil zeggen dat deze refereert aan de oorspronkelijke landschapsecologische positie die een plek op basis van de bodem en geomorfologie weerspiegelt. Veranderingen in de grondwatersituatie, die vrijwel altijd hebben plaatsgevonden, leiden tot andere standplaatscondities en bijbehorende habitats. Uit het verschil ten opzichte van de referentiesituatie kan de herstelopgave en/of het vermogen worden bepaald of kunnen doelen worden bijgesteld. De kaarten kunnen dus gebruikt worden als ecologische referentie.

Maar ook voor andere toepassingen is deze combinatie van geomorfologie en bodem geschikt. Zo is een landschappelijke bodemkaart gebruikt als basis voor de Klimateffectatlas van Vallei en Veluwe (<https://klimaatvalleienveluwe.nl/atlas/>). De combinatie van vormen uit de Geomorfologische Kaart met textuur en bodemvorming uit de Bodemkaart maakt de landschappelijke bodemkaart een geschikt middel om aan te geven welke gebieden kwetsbaar zijn voor wateroverlast of juist droogte (paragraaf 4.4.2).

Voorbeelden van toepassingen van de Landschappelijke Bodemkaart in het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe zijn de beoordeling van Natura 2000-habitattypen en leefgebieden van

²⁸ <https://www.wur.nl/nl/project/Landschappelijke-bodemkaart-3.htm>

soorten van de herstelprogramma's voor bos, heide en stuifzand op de Veluwe (Bijlsma, Delft, Janssen, Sierdema & Siepel, 2020), de Klimateffectatlas Vallei en Veluwe en een toepassing op de ecoregio 'Hogere zandgronden' in de omgeving van het Speulderbos bij Garderen²⁹ (Figuur 4.12).



Figuur 4.12 Beeld uit de storymap 'Landschappelijke Bodemkaart Nederland (Voorbeeld Garderen)'. Bron: <https://tinyurl.com/p8frf6ks>.

4.4.4 Voorbeeld 4: Werken aan een vitale bodem door opslag van organische stof

Een gezonde bodembiologie is essentieel voor een vitale bodem voor gebruik als landbouwgrond, natuur- of recreatiegebied en voor groenvoorzieningen in de gebouwde omgeving, inclusief voedselbossen en volkstuinen. Organische stof in de bodem speelt daarin een sleutelrol. Organische stof in de bodem is grotendeels afkomstig van planten en plantenwortels en voor een klein deel van dierlijke organismen. De hoeveelheid organische stof in de bodem wordt uitgedrukt in massaprocenten van de totale massa grond. Organische stof in de bodem is belangrijk voor de binding van nutriënten en bodemvocht, de bodemstructuur, bodemorganismen, bodemvruchtbaarheid en bewortelbaarheid van het bodemprofiel. Bij minerale gronden is het organischestofgehalte van de toplaag veelal hoger dan in de bodemlagen daaronder.³⁰

Een goede bodemstructuur is belangrijk voor draagkracht, infiltratiecapaciteit en voor verminderde gevoeligheid voor verslamping, bodemverdichting en bodemziektes (Wösten, Groenendijk & Veraart, 2019). De bodem kan meer vocht vasthouden naarmate het organischestofgehalte hoger is, waardoor de kans op verdroging van landbouw en natuur afneemt en de sponswerking vergroot wordt. De toename van beschikbaar van water bij een toename van het organischestofgehalte is echter beperkt in landbouwpercelen op kleigronden, omdat deze al een grote waterretentiecapaciteit hebben. Het effect is ook gering in percelen op zandgronden die al een hoog organischestofgehalte hebben (> 3%) (Wösten et al., 2019).

Met het verhogen van het organischestofgehalte van de bodem wordt CO₂ opgeslagen. Er is veel aandacht voor de opslag van koolstof in de bodem vanuit beleid en bedrijfsleven internationaal, in de EU en in Nederland, vooral als het gaat om landbouwbodems. Verhoging van het organischestofgehalte in de bodem wordt gezien als een belangrijk facet van kringlooplandbouw (Scholten et al., 2018).

Voorbeelden van initiatieven op internationaal niveau zijn de doelen voor duurzame ontwikkeling van de VN die gekoppeld zijn aan land en bodem (Lorenz, Lal & Ehlers, 2019) (Keestra et al., 2020), het '4 per 1000' initiatief³¹, gelanceerd tijdens het sluiten van het Klimaatakkoord van Parijs en het

²⁹ <https://tinyurl.com/p8frf6ks>

³⁰ Bron: toelichting bij thematische kaarten voor BIS-Nederland: *Organischestofgehalte in de toplaag*.

³¹ <https://www.4p1000.org/>

RECSOIL-programma van de Wereldvoedselorganisatie, dat gericht is op het aanvullen van koolstofvoorraden in landbouwbodems.³²

Ook voor het behalen van klimaatdoelstellingen van de EU zijn het vergroten van de opslag van koolstof in landbouwbodems en de beperking van de uitstoot van broeikasgassen belangrijk. In 2019 is in de Green Deal van de Europese Unie het doel vastgelegd om een klimaatneutrale economie te bereiken in de EU in 2050. Dit doel is ook onderdeel van het voorstel van de Europese Commissie voor de Europese Klimaatwet. In 2020 heeft de Europese Commissie voorgesteld om de uitstoot van broeikasgassen in de EU te reduceren met minstens 55% tot 2030 ten opzichte van 1990.³³

De landbouw is verantwoordelijk voor ongeveer 10% van de broeikasgasemissies in de EU en moet bijdragen aan de reductiedoelstellingen. Bovendien is een bijdrage van de landbouw- en bosbouwsectoren belangrijk vanwege de rol die ze spelen in de opvang van koolstof uit de atmosfeer, en daardoor om slecht vermijdbare broeikasgasemissies uit andere sectoren en uit de eigen sector te compenseren (COWI, Ecologic Institute, & IEEP, 2021).

In Nederland is het verhogen van het organischestofgehalte in de bodem onderdeel van de uitvoering van afspraken in het Klimaatakkoord. De Nederlandse overheid heeft een klimaatdoelstelling om binnen de sector landbouw en landgebruik in aanloop naar en vanaf 2030 0,5 tot 1 Mton CO₂-equivalenten per jaar additioneel vast te leggen via het gebruiken en beheren van land en bodem. Dit komt overeen met een gemiddelde van 500-1000 kg CO₂ (ofwel 140-270 kg C) vastlegging per hectare (ha) per jaar in de bodem, voor in totaal 2 Mha landbouwgrond (Janmaat en Koopmans, 2020). Het nationale onderzoeksprogramma Slim Landgebruik³⁴, gefinancierd door het ministerie van LNV, levert kennis voor het onderbouwen en invoeren van maatregelen in de agrarische landbouwpraktijk, die dit doel ondersteunt.

Daarnaast is er aandacht voor bodemgezondheid en als onderdeel daarvan opslag van organische stof in het nieuwe Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB) en andere beleidsinstrumenten van de EU. Een overzicht daarvan wordt gegeven in (McNeill et al., 2018), (EJP SOIL, 2021) en (McNeill, Muro, Tugran & Lukacova, 2021). De *Van boer tot bordstrategie* van de Europese Green Deal³⁵ stelde een nieuw EU-initiatief voor om koolstoflandbouw te stimuleren in de EU: het *Carbon Farming Initiative*, voorzien aan het einde van 2021.

In het nieuwe GLB komt een vrijwillige vegroeningspremie voor agrarisch ondernemers onder de noemer *Ecoregeling*. Deze kent een lijst van twintig maatregelen voor bodembeheer, bouwplannen of bemestingsplannen waaruit agrarisch ondernemers kunnen kiezen. Lidstaten hebben invloed op de invulling van de regeling. Voor Nederland zijn randvoorwaarden en het Programma van Eisen voor maatregelen in het GLB opgesteld in 2020 door het programma Slim Landgebruik (Dijkman et al., 2020, in: (De Ponti et al., 2021)). *Keuze van gewassen* kwam hierin naar voren als de meest logische maatregel om in te zetten voor het vastleggen van CO₂ in het GLB (De Ponti et al., 2021).

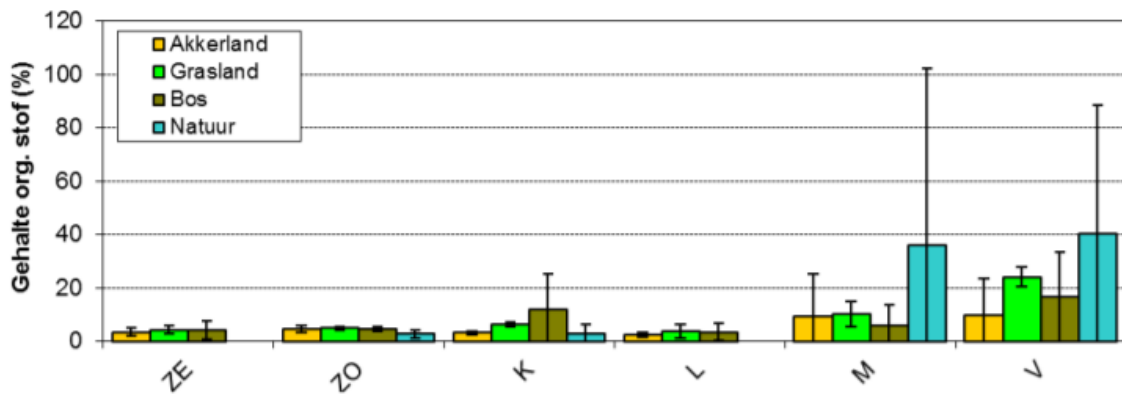
In het kader van het onderzoeksprogramma Slim Landgebruik zijn in 2018 in opdracht van het ministerie van LNV het organischestofgehalte en de koolstofvoorraad van de Nederlandse bodem in beeld gebracht (Van Tol-Leenders et al., 2019). Figuur 4.13 geeft het organischestofgehalte in 2018 voor de bodemlaag 0-30 cm weer en Figuur 4.14 de koolstofvoorraad per bodemtype (zandgronden met eerdlaag, overige zandgronden, kleigronden, leemgronden en moerige gronden en veengronden), voor vier landgebruiksklassen (grasland, akkerbouw, bos en natuur). Het organischestofgehalte en de koolstof-(C-)voorraad in de bodem variëren per bodemtype. De figuren laten zien dat voor de zandgronden, het dominante bodemtype in de Gelderse Vallei, lagere waarden gevonden werden ten opzichte van de andere bodemtypen die in deze studie onderscheiden werden. En dat binnen de zandgronden de hoogste waarden gevonden werden onder grasland en bos.

³² Recarbonization of global agricultural soils (<http://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/recarbonization-of-global-soils/en/>)

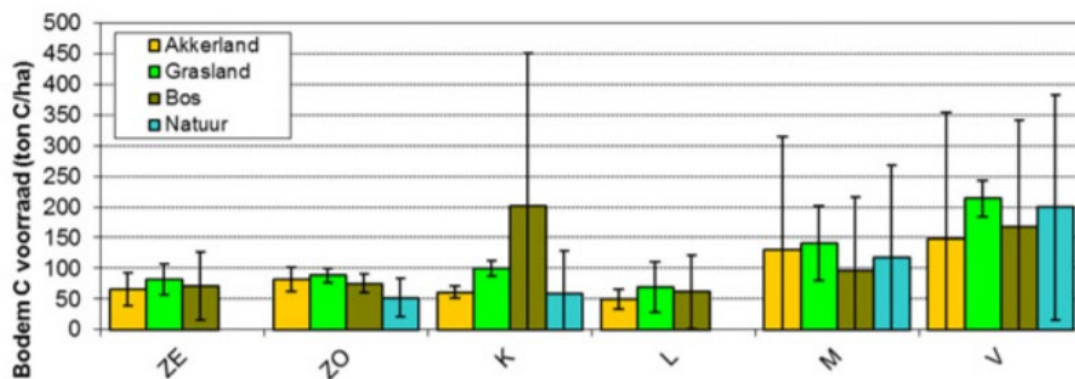
³³ https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_nl

³⁴ www.slimlandgebruik.nl

³⁵ https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en



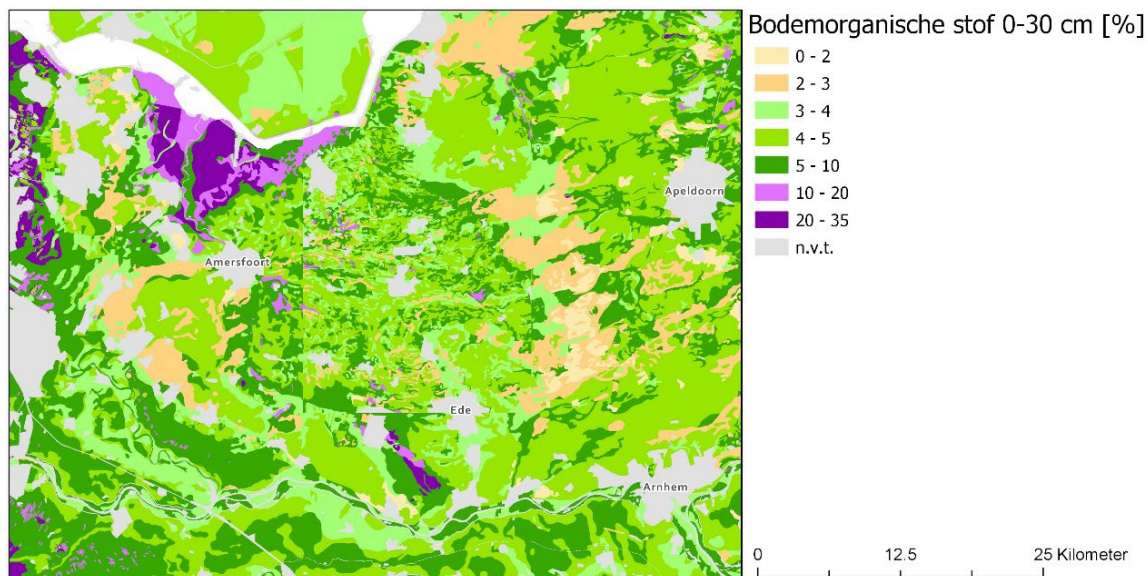
Figuur 4.13 Gehalten aan organische stof in de Nederlandse bodem in 2018 in de laag 0-30 cm, geschat op basis van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden. Indeling naar landgebruik in 1998. De error bars geven 95%-betrouwbaarheidsintervallen aan. ZE: zandgronden met een eerdlaag die dikker is dan 30 cm; ZO: overige zandgronden; K: kleigronden; L: leemgronden; M: moerige gronden; V: veengronden (Van Tol-Leenders et al., 2019).



Figuur 4.14 Koolstofvoorraden in de Nederlandse bodem in 2018 in de laag 0-30 cm, geschat op basis van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden. Indeling naar landgebruik in 1998. De error bars geven 95%-betrouwbaarheidsintervallen aan. ZE: zandgronden met een eerdlaag die dikker is dan 30 cm; ZO: overige zandgronden; K: kleigronden; L: leemgronden; M: moerige gronden; V: veengronden (Van Tol-Leenders et al., 2019).

Welke gronden bevatten veel organische stof, welke weinig?

Meer gedetailleerde informatie over het organischestofgehalte van bodems in de Gelderse Vallei kan ontleend worden aan de Bodemkaart van Nederland 1:50.000, detailkarteringen en gegevens uit de bodemkundige boormonsterbeschrijvingen in BIS Nederland. Een voorbeeld van een kaart voor de Gelderse Vallei die is afgeleid van deze gegevensbronnen, is afgebeeld in Figuur 4.15. Deze laat zien dat de zandgronden op de stuwwallen een laag organischestofgehalte hebben in de toplaag (0-30 cm) (klassen 0-3%) en de gronden in de lagere delen van het gebied een hoger gehalte (groene tinten in de figuur, klassen van 3 tot 10%). De veengronden (paarse tinten) worden gekenmerkt door hoge gehalten aan organische stof in de bovengrond, met waarden tussen 10 tot 35% van de totale massa grond.



Figuur 4.15 Organischestofgehalte van de toplaag van de bodem in de Gelderse Vallei.

Welke factoren zijn van invloed op het verhogen van of het verlies van bodemorganische stof?

Factoren die van invloed zijn op het verhogen van of het verlies van organische stof in de bodem zijn de grondsoort van het uitgangsmateriaal en het organischestofgehalte in de uitgangssituatie. In zandgronden is een kleinere bijdrage van klei of leem aan het vasthouden van nutriënten. Kleigronden hebben van zichzelf een hoger organischestofgehalte (Koopmans & Van Opheusden, 2019). Voor een goede bodemstructuur is een hoge pH-waarde belangrijk, maar deze werkt de vorming van organische stof tegen.

Landgebruik is een belangrijke factor voor het verhogen van of verlies van organische stof. In continue maisteelt op zandgronden werden dalende trends gevonden voor het organischestofgehalte van de bodem (Hanegraaf et al., 2009), in (Koopmans & Van Opheusden, 2019)). Factoren die verhogend werken voor het organischestofgehalte van de bodem zijn de aanwezigheid van gewasresten en plantenwortels en de hoeveelheid organische stof die wordt toegediend aan de bodem, zoals in mest, compost gewasresten of groenbemesters (Koopmans & Van Opheusden, 2019).

Welke bodems zijn kansrijk voor een toename van bodemorganische stof of juist kwetsbaar voor een afname ervan?

Organische stof kan het best worden vastgehouden in gronden die het hele jaar door nat zijn of die bodemvocht goed kunnen vasthouden. Dat zijn kleigronden met een goede structuur en leemgronden. Landbouwgronden op zandgrond zijn kwetsbaar voor een afname van organische stof.

Bodems die intensief geploegd worden, zijn kwetsbaar voor een afname van het organischestofgehalte. Dat komt omdat ploegen ervoor zorgt dat zuurstof wordt toegevoegd aan de bouwvoor en deze sneller opgewarmd wordt. Daardoor wordt het bodemleven tijdelijk actiever en worden organische stof en vers plantmateriaal versneld afgebroken (Koopmans & Van Opheusden, 2019).

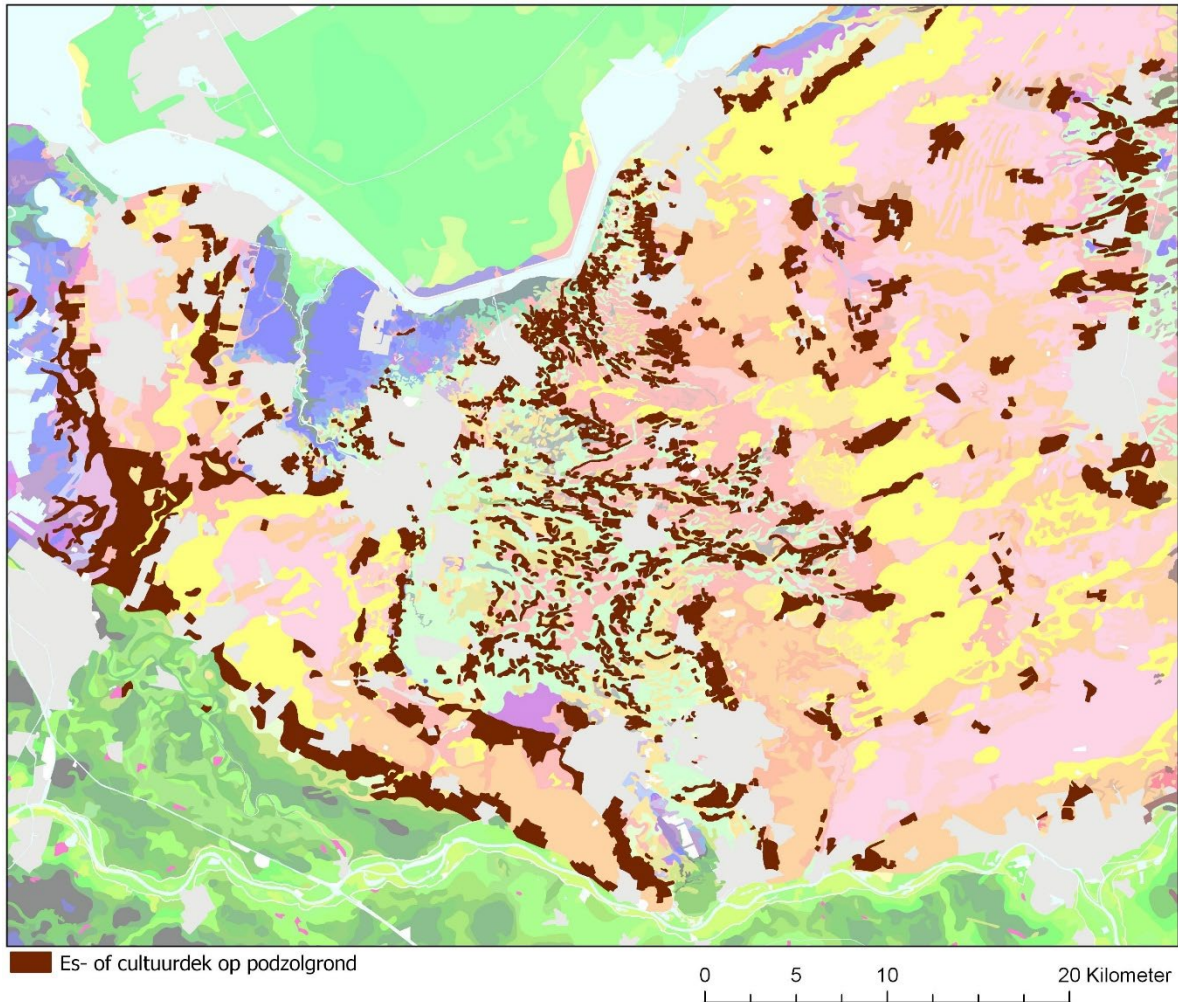
De Bodemkaart kan gebruikt worden om gronden te identificeren die kwetsbaar zijn voor een verlies aan organische stof en gronden die al voldoende organische stof hebben. Deze laatste worden op de Bodemkaart aangeduid met voorvoeging c. (met cultuurdek) of E. (met esdek) (Figuur 4.16). Het organischestofgehalte in deze bodemeenheden kan worden afgeleid van de standaardprofielen³⁶ die gekoppeld zijn aan iedere combinatie van bodemcode³⁷ en landgebruik. Voor het gebied afgebeeld in Figuur 4.16 werden 31 combinaties gevonden. Het gemiddelde organischestofgehalte van de

³⁶ Standaardprofiel: een representatief bodemprofiel van een bodemeenheid, geconstrueerd uit waarnemingen en analyses aan wanden en boorgaten gelegen in kaartvlakken die tot dezelfde bodemeenheid behoren. Bron: https://docs.geostandaarden.nl/bro/SGM/#global_class_BodemkaartSGM_Afgeleidprofiel

³⁷ Bodemcode: de bodemkundige informatie van een kaartvlak, aangegeven met een letter- en cijfercombinatie. Zie Bijlage 5 voor een uitgebreide omschrijving.

bovengrond³⁸ in deze combinaties varieert tussen 2 en 8%, met een gemiddelde van 4,6%, en in de meeste gevallen met een waarde tussen 4,4 en 5,6%.

Ook kaarten die zijn afgeleid van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart kunnen behulpzaam zijn bij het uitwerken van bovenstaande vragen. Voorbeelden zijn kaartbeelden van het actuele organischestofgehalte van de bodem (Figuur 4.15) en van de grondsoorten³⁹, in combinatie met informatie over het bodemgebruik.



Figuur 4.16 Esdekken en cultuurdekken op podzolgronden (donkerbruin) in de Gelderse Vallei, Utrechtse Heuvelrug en Veluwe tegen de achtergrond van de Bodemkaart, uitgave 2021.

Welke maatregelen in landgebruik en bodembeheer zijn mogelijk om organische stof in de bodem te beheersen?

Landgebruik en maatregelen die kunnen bijdragen aan de vastlegging van CO₂ in landbouwgronden worden onderzocht in het onderzoeksprogramma Slim Landgebruik⁴⁰. Voorbeelden van maatregelen in de akkerbouw zijn het gebruik van mest en compost in plaats van kunstmest, geïntegreerde boomteelt in de landbouw in *agroforestry*-systemen en voedselbossen, het gebruik van groenbemesters en vanggewassen en verbeterde gewasrotaties met rustgewassen zoals granen, grassen en vlinderbloemigen. Voorbeelden van maatregelen in de veehouderij zijn het verhogen van de leeftijd van grasland, wisselteelt met mais en grasklaver en het gebruik van kruidenrijke graslanden.⁴¹ De potentie voor vastlegging van CO₂ is groter in de akkerbouw dan in de veehouderij, omdat in de akkerbouw meerdere maatregelen gecombineerd kunnen worden en het organischestofgehalte vaak lager is (De Ponti et al., 2021).

³⁸ Met 'bovengrond' wordt hier bedoeld: het cultuurdek of de top van het esdek.

³⁹ <https://www.wur.nl/nl/show/Grondsoortenkaart.htm>

⁴⁰ <https://www.slimlandgebruik.nl/>

⁴¹ <https://www.p-plus.nl/nl/nieuws/Kruidenrijk-grasland-Plantum>

5 Conclusies en aanbevelingen

- In de periode van november 2019 tot en met juli 2021 is in het westelijke en in het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei en op de randzones van kaartblad 32oost ca. 50.000 ha van de Bodemkaart van Nederland (schaal 1:50.000) geactualiseerd of gereviseerd.
- De actualisatie vond plaats via opsplitsing in drie deelgebieden, met per deelgebied een eigen methode, afhankelijk van de complexiteit van de bodemgesteldheid en de aanwezigheid van hulpinformatie:
 1. Actualisatie via een traditionele veldkartering (ca. 10.900 ha);
 2. Actualisatie met gebruikmaking van hulpbestanden, waaronder AHN3, recente topografische kaarten en luchtfoto's (ca. 26.300 ha);
 3. Revisie met behulp van recente detailbodemkaarten (ca. 12.800 ha).
- Door de actualisatie en gedeeltelijke revisie van het westelijke en zuidelijke deel van de Gelderse Vallei en de randzones van kaartblad 32oost is de Bodemkaart ontdaan van artefacten (kunstmatige rechte lijnen) op de vier kaartbladgrenzen van kaartblad 32oost, en is het verschil in resolutie met de aangrenzende kaartbladen opgeheven.
- In het onderzochte gebied was bij de eerste opname van de Bodemkaart (1963-1964) het areaal met bebouwd gebied ongeveer 8200 ha. Bij deze actualisatie blijkt dat die oppervlakte bijna is verdubbeld naar 16.000 ha.
- Voor de actualisatie van het deelgebied dat geactualiseerd is met traditionele veldkartering zijn in de periode van november 2019 tot en met juli 2021 in totaal op ca. 1475 locaties boorbeschrijvingen opgesteld. Deze boorbeschrijvingen zijn opgenomen in de landelijke database van de BRO (www.broloket.nl).
- De nauwkeurigheid (kaartzuiverheid) van de Bodemkaart van voor en na de actualisatie is getoetst met een validatieset met boorbeschrijvingen. Door middel van een gestratificeerde aselecte steekproef zijn ca. 110 locaties geloot, waarvan op ca. 90 locaties in de periode juli-oktober 2021 boorbeschrijvingen zijn opgesteld. Ook deze boorbeschrijvingen zijn opgenomen in de landelijke database van de BRO.
- De validatietoets laat zien dat de strikte kaartzuiverheid van de Bodemkaart voor het gehele geactualiseerde gebied is toegenomen van 34,5% naar 57,3%, en voor hetzelfde gebied zonder bebouwing van 30,2% naar 45,3%. Verder laat de validatietoets zien dat de kaartzuiverheid vastgesteld aan de hand van verwantschap is toegenomen van 86,4% naar 93,6% voor het gehele geactualiseerde gebied en voor hetzelfde gebied zonder bebouwing van 89,6% naar 91,8%.
- In 2020 en 2021 is de Geomorfologische Kaart geactualiseerd en gereviseerd in de Gelderse Vallei-Zuid en de Utrechtse Heuvelrug over een oppervlakte van ruim 77.000 ha.
- Gebruik van de nieuwe methode *geomorfologisch karteren Nieuwe Stijl* maakte het mogelijk om de vorige uitgave van de Geomorfologische Kaart in het doelgebied te verbeteren op de volgende punten: aanpassing van de vorm en ligging van bestaande landvormen, toevoeging van nieuw geïdentificeerde landvormen, herzien van genese van landvormen, aanbrengen van meer detail in o.a. stuifzanden en reconstructie van landvormen in stedelijk gebied.

-
- De geactualiseerde versies van de Bodemkaart (versie V2021-1) en de Geomorfologische Kaart (versie GEOM50000_2021) worden gepubliceerd in BROloket, respectievelijk eind 2021 en in 2022.
 - In de actualisatie van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart is ervaring opgedaan met het gezamenlijk uitvoeren van de veldkartering voor beide bestanden en het afstemmen van de resultaten tussen de teams van bodemkundigen en geomorfologen. Dit heeft geleid tot een verbetering van de kwaliteit van de inhoud van beide bestanden en tot een breder palet aan mogelijke toepassingen. Wageningen Environmental Research heeft de ambitie om de synergie in het beheren en actueel houden van beide kaartbestanden verder te ontwikkelen.
 - De Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart en bijbehorende producten bieden informatie die kan helpen bij de uitvoering van de actuele ruimtelijke opgaves en bij het definiëren van oplossingsrichtingen, passend bij het natuurlijke bodem- en watersysteem van de Gelderse Vallei en randgebieden. Deze zijn noodzakelijk als antwoord op maatschappelijke ontwikkelingen van klimaatverandering, veranderingen in de kwaliteit van bodem, water en atmosfeer en een toenemende ruimtevrage voor woningen, bedrijven en infrastructuur. Deze informatie kan belangrijke input zijn voor bijvoorbeeld het definiëren van nieuw beleid of in gebiedsprocessen. We bevelen daarom aan om deze modellen, al dan niet in samenhang, te gebruiken.

Literatuur

- Akker, J. J. H. van den. (2005). Maaiveldaling en verdwijnende veengronden. (W. A. Rienks & A. L. Gerritsen, Eds.), Veenweide 25x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen. Wageningen Universiteit en Researchcentrum.
- Akker, J.J.H. van den, J. Beuving, R.F.A. Hendriks en R.J. Wolleswinkel (2007). 5510 Maaiveldaling, afbraak en CO2 emissie van Nederlandse veenweidegebieden. Leidraad Bodembescherming, afl. 83, Sdu, Den Haag, 32 p.
- Bijlsma, R. J., Delft, S. P. J. van, Janssen, J. A. M., Sierdsema, H., & Siepel, H. (2020). Ecologisch beoordelingskader voor herstelprogramma's Natura 2000 Veluwe (Wageningen Environmental Research rapport : 3036). 351, Alterra - Vegetatie, bos- en landschapsecologie, Wageningen Environmental Research. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/532541>
- Brouwer, F., & Walvoort, D. J. J. (2020). Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart - Herkartering van de veengebieden aan de flanken van de Utrechtse Heuvelrug. WOt-technical report 177. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. <https://doi.org/10.18174/521574>
- COWI, Ecologic Institute, & IEEP. (2021). Operationalising an EU carbon farming initiative - Executive summary. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2834/594818>
- 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.
- De Ponti, T. (WUR), Van der Kolk, J. (WUR), Slier, T. (WUR), Koopmans, C. (LBI), Heesmans, H. (WUR), Dijkman, W. (CLM), Rougoor, C. (CLM), Hendriks, C. (WUR), De Haan, J. (WUR), Velthof, G. (WUR). (2021). Beleidssamenvatting 2020 Programma Slim Landgebruik. in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend Programma Slim Landgebruik (BO-53-002).
- Deltares, BoschSlabbers, & Sweco. (2021). Op Waterbasis; grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem. Retrieved from <https://www.deltares.nl/app/uploads/2021/07/Op-Waterbasis.pdf>
- EJP SOIL. (2021). Report on identified regional, national and European aspirations on soil services and soil functions. Deliverable 2.5. European Joint Program SOIL. Retrieved from www.ejpsoil.eu
- Erismans, J.W., & Strootman, B. (2021). Naar een ontspannen Nederland. Retrieved from www.ontspannennederland.nl
- Erismans, Jan Willem, van Eekeren, N., Van Doorn, A., Geertsema, W., & Polman, N. (2017). Maatregelen Natuurinclusieve landbouw. Wageningen Environmental Research rapport (Vol. 2821).
- Grond, V., Maas, G., Kosian, M., Vreenegoor, E., & Broks, K. (2021). De stadsgenese. Cultuurhistorie en het natuurlijke systeem als gids voor klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling. 2021-11. STOWA. Retrieved from [https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties/2021/STOWA 2021-11 De Stadsgenese.pdf](https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties/2021/STOWA%2021-11%20De%20Stadsgenese.pdf)
- Hendriks, R., & Van den Akker, J. (2018). Deltafact Onderwaterdrains. Retrieved 14 September 2021, from <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/onderwaterdrainage>
- Janmaat, L. & C.J. Koopmans (2020). Bodem & Klimaat Netwerk - akkerbouw. Voortgangsrapportage 2020. Louis Bolk Instituut en Stichting Wageningen Research.
- Jongmans, A. G., Van den Berg, M. W., Sonneveld, M. P. W., Peek, G. J. W. C., & Van den Berg van Saparoea, R. M. (2013). Landschappen van Nederland - Geologie, bodem en landgebruik. Wageningen Academic Publishers.
- Keestra, S. D., Muro, M., Maring, L., Arellano Jaimerana, B., Van Eupen, M., Elbersen, B., McNeill, A., Tugran, T., Markowska, A. (2020). Providing support in relation to the implementation of soil and land related Sustainable Development Goals at EU level. Final report. Report 3032. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/https://doi.org/10.18174/531395>
- Kempen, B., F. Brouwer, D.J. Brus, M. Pleijter, F. de Vries (2011). Validatie Bodemkaart Veengebieden provincie Utrecht, schaal 1 : 25 000. Wageningen. Alterra, onderdeel van Wageningen UR. Alterra-rapport 2252.

-
- Knotters, M., D. Brus, G. Heuvelink, B. Kempen, F. de Vries en D. Walvoort (2010). Vaste grond onder de voeten? Geactualiseerd Bodemkundig Informatie Systeem informeert over onzekerheid. *Bodem* 20, 22-25.
- Koomen, A. J. M., & Maas, G. J. (2004). Geomorfologische kaart Nederland (GKN); achtergronddocument bij het landsdekkende digitale bestand. (Alterra-rapport; No. 1039). Alterra. <https://edepot.wur.nl/40241>
- Koopmans, C., & Van Opheusden, M. (2019). Organische stof in de Nederlandse bodem - Feiten en discussie in perspectief. 2019-023 LbP. Louis Bolk Instituut. Retrieved from www.louisbolk.nl
- Leenders, W.H., F. Brouwer en M. Knotters (1990). De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Nijkerk Putten: resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapportnummer 54.
- Lesschen, J. P., Heesmans, H., Mol-dijkstra, J., Van Doorn, A., & Verkaik, E. (2012). Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra-rapport 2396. Wageningen Universiteit en Researchcentrum. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/247683>
- Lorenz, K., Lal, R., & Ehlers, K. (2019). Soil organic carbon stock as an indicator for monitoring land and soil degradation in relation to United Nations' Sustainable Development Goals. *Land Degradation & Development*, 30(7), 824–838. <https://doi.org/10.1002/LDR.3270>
- Maas, G. J., Van der Meij, W. M., Van Delft, S. P. J., & Heidema, A. H. (2019). Toelichting bij de legenda Geomorfologische kaart van Nederland 1:50 000 (2019). Retrieved from <https://legendageomorfologie.wur.nl/>
- Marsman, B.A. en J.J. de Gruijter (1982). Kwaliteit van Bodemkaarten; een vergelijking van karteringsmethoden in een zandgebied. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Rapport 1714.
- McNeill, A., Bradley, H., Muro, M., Merriman, N., Pederson, R., Tugran, T., & Lukacova, Z. (2018). Inventory of opportunities and bottlenecks in policy to facilitate the adoption of soil-improving techniques. SoilCare Report 09. EU SoilCare Project. Retrieved from <https://www.soilcare-project.eu>
- McNeill, A., Muro, M., Tugran, T., & Lukacova, Z. (2021). Report on the selection of good policy alternatives at EU and study site level. Deliverable 7.2. EU SoilCare Project. Retrieved from <https://soilcare-project.eu/downloads/public-documents/soilcare-reports-and-deliverables/186-report-13-d7-2-milieu-full-v2/file>
- Mückenhausen, E., in Zusammenarbeit mit H.P. Blume, F. Heinrich und S. Müller (1977). Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. 2. Aufl. Frankfurt/Main. Planbureau voor de Leefomgeving (2021). Grote opgaven in een beperkte ruimte. Ruimtelijke keuzes voor een toekomstbestendige leefomgeving. (Uitgeverij PBL, Ed.), PBL-publicatienummer: 4318 (Vol. PBL Public). Den Haag.
- Pleijter, G. & A.G. Beekman (1979). Ruilverkaveling Eemland: bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid. Wageningen. Stichting voor Bodemkartering. Rapportnummer 1342.
- Regio Amersfoort. (2021). Regio Amersfoort Energie Strategie 1.0. Retrieved 24 September 2021, from <https://www.resregioamersfoort.nl/over+de+res/documenten-res-algemeen/default.aspx#folder=1615407>
- Querner E. P., P. C. Jansen, J. J. H. Van den Akker, and C. Kwakernaak (2012). Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows. *Journal of Hydrology*, 446:59-69.
- Schelling, J., H. de Bakker en G.G.L. Steur, 1975. Indeling van Nederlandse gronden. 3de druk. Wageningen.
- Scholten, A. & F. Brouwer (1999). De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Huinen-Ermelo-Putten: resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapportnummer 664.
- Scholten, M., Bianchi, F., De Boer, I., Conijn, S., Dijkstra, J., Van Doorn, A., Van den Ende, E., Fresco, L., Jongschaap, R., Van Kernebeek, H., Lesschen, J.P., De Olde, E., Schulte, R., Termeer, K., Van der Vorst, J., De Vos, B., Woltjer, G. (2018). Technische Briefing Kringlooplandbouw - notitie Tweede Kamer Commissie LNV. (J. Maas & A. Thijssen, Eds.). Wageningen: Wageningen University & Research. Retrieved from <https://www.wur.nl/nl/show/Paper-kringlooplandbouw-en-klimaat-voor-LNV.htm>
- Simonson, R.W. (1968). Concept of soil. *Advances in Agronomy* 20, 1-47.
- Stouthamer, E., Cohen, K. en Hoek, W. (2020). De vorming van het land. Geologie en Geomorfologie. Perspectief Uitgevers. ISBN 9789491269219. 448 p.

-
- Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Wageningen. DLO-Staring Centrum, Technisch Document 19A.
- Timmermans, W., Lansink, L., Nap, R., IJdsen, G. Van, & Goossen, H. (2020). Herwaardering van het natuurlijk basissysteem. *Bodem*, (2), 9–11.
- Van Asselen, S., Kooi, H., & Van den Akker, J.J.H. (2020). Deltafact Bodemdaling. Retrieved from <https://www.stowa.nl/deltafacts/ruimtelijke-adaptatie/adaptief-deltamanagement/bodemdaling#2447>
- Van den Born, G. J., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Van Bommel, B., & Van der Sluis, S. (2016). Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied. Planbureau voor de Leefomgeving: Rapportnummer 1064. Retrieved from <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-dalende-bodems-stijgende-kosten-1064.pdf>
- Van der Meij, W.M., G.J. Maas (2020). Kwaliteitsdocument van de Geomorfologische kaart van Nederland. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 195. 40 blz.; 6 fig.; 3 tab.; 10 ref.
- Van Tol-Leenders, D., Knotters, M., Groot, W. de, Gerritsen, P., Reijneveld, A., Egmond, F. van, Wösten, H., Kuikman, P. (2019). Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018): CC-NL. Wageningen Environmental Research rapport (Vol. 2974). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/509781>
- Walvoort, D. J. J., Brus, D. J. en de Gruijter, J. J., (2010). An R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means. *Computers & Geosciences* 36: 1261-1267 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2010.04.005>).
- Walvoort, D., D. Brus, en J. de Gruijter (2018). Spatial Coverage Sampling and Random Sampling from Compact Geographical Strata. R package version 0.3-8. (<https://CRAN.Rproject.org/package=sp>).
- Waterschap Vallei en Veluwe. (n.d.). Blauwe omgevingsvisie 2050. Retrieved from <https://bovi2050.nl/>
- Wösten, H., Groenendijk, P., & Veraart, J. (2019). Deltafact Belang van bodemorganische stof voor het waterbeheer. Retrieved 15 September 2021, from <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/belang-van-bodemorganische-stof-voor-het-waterbeheer#2599>

Verantwoording

WOT-rapport 134

BAPS-projectnummer: WOT-04-013-003 en WOT-04-013-005

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT N&M) 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.

Dit project werd begeleid door Dorothée van Tol-Leenders (Wageningen Environmental Research) en Frans Lips (Adviescommissie BRO, Ministerie van LNV, Directie Kennis).

Het rapport is gereviewd door Willy de Groot, Nanny Heidema, Dennis Walvoort, Pieter Dijk, Bas van Delft, Jandirk Bulens allen werkzaam bij Wageningen Environmental Research op de aspecten bodemkunde, geomorfologie en geo-ICT, en op hoofdlijnen en wetenschappelijke kwaliteit door een Myrjam de Graaf (senior onderzoeker bij Wageningen Environmental Research) in de rol van referent. Medewerkers van Waterschap Vallei en Veluwe hebben gereflecteerd op het onderdeel van het rapport dat de toepassing van de Bodemkaart en de Geomorfologische Kaart beschrijft.

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

Akkoord referent

functie: senior onderzoeker

naam: Myrjam de Graaf

datum: 13-10-2021

Akkoord extern contactpersoon

functie: lid Adviescommissie BRO

naam: Frans Lips

datum: 3-11-2021

Akkoord intern contactpersoon

naam: Dorothée van Tol-Leenders

datum: 18-11-2021

Bijlage 1 Protocol bij boren

Project 5200046841 BRO Bodemkaart
Actualisatie bodemkaart Gelderse Vallei – Deelgebieden Zuid en West

Instructies voor het maken van boorbeschrijvingen

Het doel van het project is de bodemkaart van de Gelderse Vallei (gebieden grenzend aan kaartblad 32oost) te actualiseren. We maken daarbij gebruik van gegevens uit boringen waarbij de profielopbouw tot een diepte van 1,5 m -mv. is beschreven. Er zijn in het BIS⁴² en in de BRO⁴³ voor het te onderzoeken gebied nog onvoldoende actuele boorbeschrijvingen beschikbaar. Daarom is het noodzakelijk om nieuwe boorbeschrijvingen te maken. Het veldwerk in het zuidelijke deel van de Gelderse Vallei start eind 2019 en loopt door tot halverwege 2020, het veldwerk in het westelijke deel start halverwege 2020 en loopt door tot halverwege 2021. Direct daarna volgt nog een validatie.

Locaties

Gebaseerd op het uitgangspunt van ca. 1 boring per 7 à 8 ha dienen er in de Gelderse Vallei in totaal ca. 1400 locaties bezocht te worden en bodemprofielen beschreven te worden, waarvan ca. 500 in het zuidelijke deel en ca. 900 in het westelijke deel. De locaties mogen door de karteerder zelf worden bepaald. Maak onderling afspraken over de verdeling van de deelgebieden (veldkaarten), zodat ze niet dubbel worden bezocht en beschreven.

Wanneer de actualisatie van de Bodemkaart klaar is, volgt een validatie van de oude en nieuwe Bodemkaart. Hiervoor is een aselechte steekproef opgezet waarbij op ca. 110 locaties bodemkundige profielbeschrijvingen moeten worden gemaakt. De locaties zitten in een shapefile in VeldGIS. Je kunt zelf bepalen in welke volgorde je de locaties per deelgebied (veldkaart) bezoekt en nummert. Maak ook hiervoor onderling afspraken over de verdeling van de locaties, zodat locaties niet dubbel worden bezocht en beschreven.

Bepalen locatie in het veld

Er zijn dus twee soorten boorlocaties:

- **Punten voor de actualisering van de Bodemkaart** (in het zuidelijke en westelijke deel van de Gelderse Vallei: ca. 1500 stuks). Deze locaties mogen geheel vrij worden gekozen.
- **Validatiepunten** (verspreid over het te onderzoeken gebied: ca. 110 stuks), op de kaart met een plus aangegeven. Voor deze punten geldt een strenge eis dat de boring exact op de aangegeven locatie uitgevoerd dient te worden. Als dat niet lukt, bijvoorbeeld wanneer je geen toestemming krijgt, vervalt het punt en moet worden uitgeweken naar een reservepunt.

Boordiepte en Boorbeschrijving

- Het profiel uitboren tot minimaal 1,5 m.
- Bij elk punt een volledige boorbeschrijving maken met formulier in VeldGIS. Van alle lagen altijd het organischestofgehalte, lutum-, leem- en siltgehalte schatten en de geologische afzetting noteren.
- Bij een grof mengsel van veen en zand of een afwisselende gelaagdheid deze componenten afzonderlijk beschrijven en de mengverhouding aangeven (%).
- Bij validatiepunten met sterk verstoorde bodemopbouw (wanneer lagen/horizonten niet meer op hun oorspronkelijke diepte liggen) drie boringen verrichten en dan een beschrijving maken van de meest voorkomende profielopbouw. Verwerking aangeven in de standaardpuntencode.

⁴² Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) Nederland

⁴³ Basisregistratie Ondergrond

Bijlage 2 Richtlijnen voor boren voor bodemkundige profielbeschrijvingen

Versie 1.0, 4-5-2017



Richtlijnen voor boren voor
bodemkundige profielbeschrijvingen

Versie 1.0



Aanleiding

In het kader van de Wet Basisregistratie Ondergrond (BRO) worden verschillende registratieobjecten uitgewerkt. Bij deze registratieobjecten is het gebruikelijk om een norm voor de werkwijze op te nemen. Bij de ontwikkeling van het registratieobject Boormonsterprofiel bleek, voor het vakgebied bodemkunde, nog geen norm of protocol opgesteld te zijn. Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB)⁴⁴ heeft boornormen en -protocollen beschikbaar, maar deze zijn opgesteld voor andere toepassingen en vakgebieden, bijvoorbeeld met als doel om een peilbuis in het boorgat te plaatsen (Protocol 2001), archeologie (SIKB0102 en BRL 4000) of voor milieuhygiënische toepassingen (BRL 2000).

Inleiding

In februari 2017 besprak een werkgroep van het team Bodem, Water en Landgebruik of Wageningen Environmental Research (Alterra) een eigen norm of protocol moet opstellen voor (handmatig) plaatsen van boringen met als doel bodemprofielen te beschrijven, de zogenaamde boorstaten. De werkgroep vond een norm voor deze toepassing te zwaar, omdat er bij deze werkzaamheden vrijwel geen veiligheidsrisico's bestaan, bijvoorbeeld vanwege gevaar voor verontreinigingen of instortingen, en de grondboren die worden ingezet licht en eenvoudig te bedienen zijn. Wel vond de werkgroep het van belang om richtlijnen op te stellen. De richtlijnen zijn in drie onderdelen geïnclassificeerd: algemeen geldende richtlijnen, richtlijnen voor de keuze van de boorlocatie inclusief het gebruik van voorinformatie, en richtlijnen voor het daadwerkelijke boren.

Richtlijnen

1. Algemeen

- Inspannen om toestemming te verkrijgen van de grondeigenaar en/of grondgebruiker middels brief, telefonisch of mondeling. In speciale gebieden, zoals broed- en rustgebieden, een vergunning aanvragen bij betreffende terreinbeherende organisaties. De meeste van deze organisaties hebben eigen websites waar, bij opgave van het doel van het onderzoek, vergunningen aangevraagd kunnen worden.
- Bij voorkeur te voet door de landerijen lopen, spuitsporen gebruiken, bij hoog gras langs de kant lopen, rustig gedragen bij vee in het perceel.
- Bij ernstige besmettingen (zoals mond- en klauwzeer en vogelgriep) dienen regionale of landelijke verordeningen opgevolgd te worden. In verschillende media wordt dit soort uitbraken vermeld, vaak gepaard met de bijbehorende maatregelen die dan genomen moeten worden. Bij lokaal besmettingsgevaar (bijvoorbeeld bij rotkreupel) laarzen ontsmetten en eventueel bedrijfskleding dragen als de boer daarom vraagt.
- Bij (handmatig) boren om een bodemprofiel te beschrijven, is het gebruikelijk om zelfstandig te opereren. Wanneer een terrein met een onstabiele ondergrond (moeras) bezocht moet worden of er anderszins potentieel gevaar bestaat, bijvoorbeeld bij inzet van boten, is het raadzaam om het werk met twee personen uit te voeren.

2. Boorlocatie en gebruik van voorinformatie

- Boringen worden verricht op locaties die zijn geselecteerd voor het doel van het onderzoek. Bij een vrije bodemkartering worden de locaties gericht geselecteerd, bijvoorbeeld voor het nauwkeurig in kaart brengen van bodemkundige patronen. De locaties worden weloverwogen gekozen, waardoor lokale afwijkingen in het bodemprofiel, zoals die kunnen voorkomen in de buurt van een dam, in de berm, nabij de slootkant e.d. worden vermeden. Bij een validatiestudie worden locaties geselecteerd volgens een kanssteekproef, met als doel een kwaliteitsmaat zuiver en objectief te bepalen. Bij de opzet van de steekproef kan gebruik worden gemaakt van het handboek van De Gruijter e.a. (2006).
- Voor het boren een Klic-melding⁴⁵ aanvragen wanneer aanwezigheid van kabels en leidingen mogelijk/aannemelijk is (dit geldt vooral in bebouwd gebied).
- Voor het boren je op de hoogte stellen van aanwezigheid van archeologische waarden (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed).⁴⁶

⁴⁴ <https://www.sikb.nl/bodembeheer/bodemonderzoek/veldwerk>

⁴⁵ <http://www.klicmelding.nl/?gclid=CMepmZishdICFTQz0wod0RwLHA>

⁴⁶ <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bronnen-en-kaarten/overzicht/archeologie-in-nederland-amk-en-ikaw>

- Boren op gasleidingtracés voorkomen: een gasleiding is meestal duidelijk aangegeven met speciale signaleringspalen.
- Beschadiging van drains voorkomen: als er tijdens het boren aanwijzingen zijn van een drainsleuf, bijvoorbeeld door sterke verwerking, gruis of materiaal afkomstig uit de drainmantel, stop dan met boren en kies een locatie buiten de drainsleuf.

3. Boring

- Bij (handmatig) plaatsen van boringen is de Edelmanboor (Figuur 5.1) het gebruikelijke boorapparaat. Bij een slappe veen- en/of kleiondergrond is de guts (Figuur 5.2) te prefereren. Bij een waterverzadigde zandondergrond (loopzand) is de VanderStaij-boor (zuigerboor, Figuur 5.3) een betere optie. Een pulsboor (Figuur 5.4) wordt vooral ingezet wanneer in het boorgat ook een peilbuis moet worden geplaatst; bij deze manier van boren worden tevens mantelbuizen gebruikt om de boorwand te stabiliseren. De humushapper (Figuur 5.5) is ideaal als de humushoudende bovengrond (A-horizont) en/of de bovenliggende strooisellaag nauwkeurig beschreven moet worden. Soms kan het handig zijn om speciale boren, zoals bij grindlagen, de Riversideboor te gebruiken en andere hulpmiddelen in te zetten, zoals de zogenaamde keienvanger die in het boorgat gevallen stenen kan verwijderen. Verder is het handig om een schop(je) te gebruiken voor incidenteel uitgraven van een ondiepe profielkuil. Een ondiepe profielkuil kan, vooral voor een beoordeling en beschrijving van de wortelzone, erg nuttig zijn omdat daarmee dit bovenste deel van het profiel in ongestoorde toestand en in een wand beschreven kan worden. Voor een duidelijke uitleg over de werking en specificaties van genoemde boorapparaten verwijzen we naar gebruikshandleidingen van Eijkelkamp.⁴⁷



Figuur 5.1 Boring met een Edelmanboor

⁴⁷ <https://www.eijkelkamp.com/producten/grondboren-en-bodembemonstering-apparatuur/>



Figuur 5.2 Boring met een gutsboor



Figuur 5.3 Boring met een VanderStaij-boor (zuigerboor)

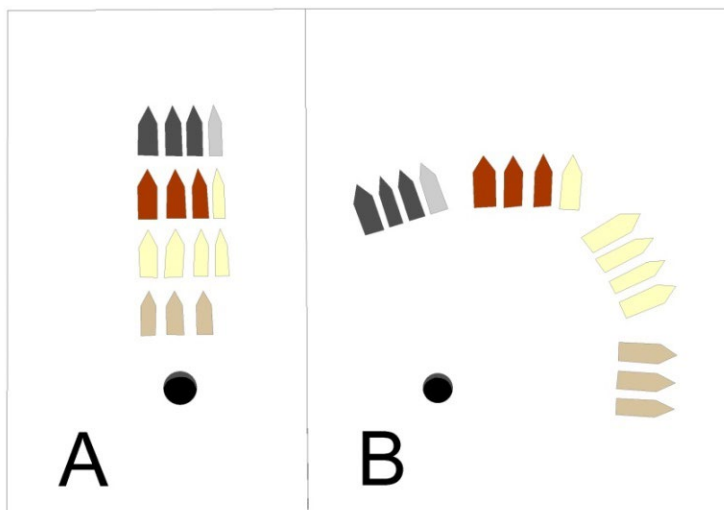


Figuur 5.4 Boring met een pulsboor



Figuur 5.5 Boring met een humushapper

- Gewoonlijk wordt verticaal geboord tot een minimale diepte van 1,5 m -mv., tenzij met de opdrachtgever andere afspraken zijn gemaakt, bijvoorbeeld om budgettaire overwegingen of afwijkende doelstellingen.
- Het verdient aanbeveling om van de directe omgeving van de boorlocatie (landschap en vegetatie) en van het uitgeboorde bodemprofiel foto's te maken.
- Bij gebruik van een Edelmanboor worden de boormonsters in een bepaald patroon uitgelegd (Figuur 5.6). Per keer wordt met dit boorapparaat over een diepte van ca. 10 cm boormateriaal naar boven gehaald. De boormonsters in het interval 0-40 cm -mv. moeten binnen het uitleggebied in een groep naast elkaar worden geplaatst, zo ver mogelijk van het boorgat vandaan om vermenging van uitvallende grond van diepere monsters te voorkomen. Direct daaronder volgt dan het uitleggen van de boormonsters in de groep binnen in het interval 40-80 cm -mv. Daaronder volgt het uitleggen van de boormonsters in de groep binnen in het interval 80-120 cm -mv. etc. (patroon A). Op de Edelmanboor zijn vaak markeringen aangebracht die kunnen helpen bij het vaststellen van de juiste diepte. Het voordeel van het uitleggen in groepen met een interval van 40 cm is dat er uniform wordt gewerkt, waarbij fouten in het vastleggen van dieptes worden geminimaliseerd en de classificatie van gronden, die vooral plaatsvindt op basis van de eerste twee intervallen, wordt vereenvoudigd. Patroon B in Figuur 5.6 is een alternatief voor A wanneer plant(rij)en geen obstakels vormen.

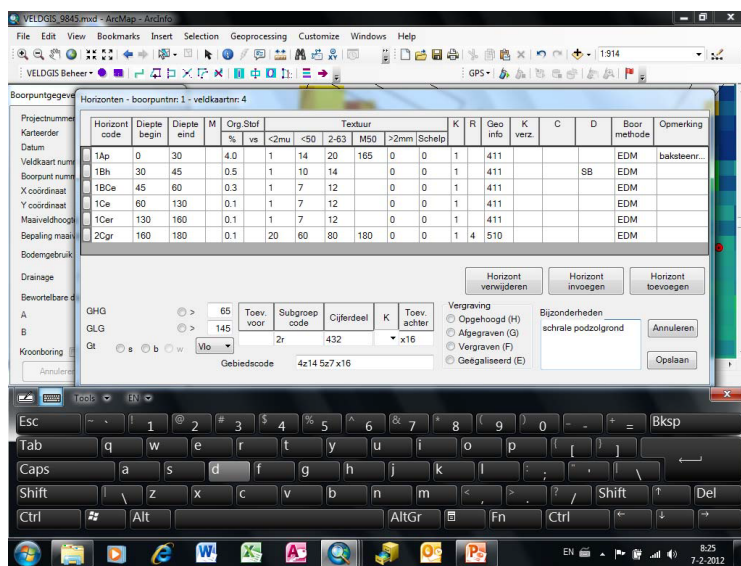


Figuur 5.6 Vast uitlegpatroon van grondmonsters bij gebruik van Edelmanboor.

- Bij een ruig maaiveld verdient het aanbeveling om een zeil (folie of plastic) als ondergrond voor de grondmonsters te gebruiken om het wegvallen van grond in de vegetatie of stoppel te voorkomen.
- Bij gebruik van een guts wordt, na het boren, het boormateriaal eerst over de gutsranden afgesneden, waarna het boormateriaal goed vanuit het apparaat zelf beschreven kan worden (Figuur 5.2). Vaak zitten op de bolle kant (buitenkant) van de guts om de 10 cm markeringen, die kunnen helpen bij het vaststellen van de dieptes.
- Grond die met de VanderStaij-boor (zuigerboor, Figuur 5.3) is bemonsterd, kan het beste als één lange reep worden uitgelegd.
- Wanneer een gedetailleerde beschrijving van het bovenste deel van de bodem en de strooisellaag is gevraagd, wordt met de humushapper gewerkt. Het profiel in de humushapper wordt beschreven nadat het profiel met een mes is schoongemaakt. Horizontdieptes kunnen met een liniaal op de cm nauwkeurig worden genoteerd. Dat is nodig voor de classificatie van het humusprofiel.
- Gebruik bij het beschrijven van een bodemprofiel het *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus* (1989) en Technisch Document 19A (1995). Wageningen Environmental Research (Alterra) heeft hiervoor binnen ArcGIS software ontwikkeld dat kan draaien op een veldbestendige pencomputer (Motion, Figuur 5.7 en Figuur 5.8).



Figuur 5.7 Veldbestendige pencomputer (Motion) met ArcGIS.



Figuur 5.8 Beschrijving van een bodemprofiel (boorstaat).

- Wanneer een beschrijving van het humusprofiel is gevraagd, wordt gebruikgemaakt van de Nederlandse Humusvorm-classificatie. De methoden en indeling zijn beschreven in de *Veldgids Humusvormen* (Van Delft et al. 2006).
- Om het kalkgehalte vast te stellen in klei- en leemlagen en in zee- en rivierzand, verdund zoutzuur (10%-oplossing) gebruiken.
- Boorgaten bij afloop van het onderzoek altijd dichtmaken en bij aanwezigheid van sterke kweldruk, waarbij de kans bestaat dat het grondwater door de druk boven het maaiveld komt, bentoniet gebruiken om 'piping' te voorkomen. We spreken van 'piping' als de kwelstroom gepaard gaat met het meevoeren van gronddeeltjes uit de ondergrond (meestal zand).

Literatuur

- Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus*. Wageningen, Centrum voor Landbouwpublicaties en Documentaties.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Technisch Document 19A*. Wageningen, DLO-Staring Centrum.
- Delft, B. v., R. d. Waal, R. Kemmers, P. Mekking & J. Sevink, 2006. *Field guide Humus Forms; Description and classification of humus forms for ecological applications*. Wageningen, Alterra.
- Gruijter, J.J. de, D.J. Brus, M.F.P. Bierkens en M. Knotters, 2006. *Sampling for natural resource monitoring*. Berlijn, Springer, 332 blz.

Bijlage 3 Toegang tot de Bodemkaart, bodembeschrijvingen en de Geomorfologische Kaart 1:50.000

De Bodemkaart van Nederland 1:50.000, boormonsterbeschrijvingen en de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000 kunnen via verschillende kanalen worden benaderd en gedownload. Onderstaande tabel beschrijft de bronlocaties en functionaliteit van deze kanalen. Het BROloket en de PDOK Viewer zijn de officiële uitgiftekanalen van de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Ze bieden alleen toegang tot data en modellen die voldoen aan de standaarden van de BRO en INSPIRE. Bodemdata.nl en DINOLoket (<https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>) bieden toegang tot collecties van gegevens bij resp. Wageningen Environmental Research en TNO Geologische Dienst Nederland. Bodemdata.nl biedt de mogelijkheid om thematische kaarten, die direct of indirect uit de basiskaarten en bodeminformatie zijn afgeleid, te bekijken. De gegevens van DINOLoket komen uiteindelijk ook in de Basisregistratie Ondergrond.

Advies voor gebruik van de kanalen op basis van de ervaring van de gebruiker met GIS:⁴⁸

- Voor een 'snelle view' of voor gebruikers die weinig of geen GIS-kennis hebben volstaan de BRO/PDOK servers.
- Gebruikers met ervaring met GIS kunnen plug-in services gebruiken binnen het GIS-pakket (bijvoorbeeld ArcGIS of QGIS) voor PDOK. Deze maken het mogelijk om kaarten in te laden die via PDOK worden aangeboden.
- Voor de complexere ruimtelijke analyses die reproduceerbaar moeten zijn, kan men gebruikmaken van scripting (Python, R, Julia, ...) en via services communiceren met PDOK/BRO. Dit kan ook binnen sommige GIS-systemen.

Kanaal	BROloket Beheerder Ministerie van BZK	PDOK ⁴⁹ Viewer Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK)	Bodemdata.nl Wageningen Environmental Research
Type gegevens			
Bodemkundige boormonsterbeschrijvingen	https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens	https://www.pdok.nl/geo-services/-/article/basisregistratie-ondergrond-bro-	https://bodemdata.nl/bodemprofielen
Bodemkundige profielbeschrijving en (wandonderzoek) ⁵⁰	Raadplegen voor regionale en lokale toepassingen Opvragen basisgegevens booronderzoek en visuele weergave boormonsterprofiel op locaties Downloaden basisgegevens en visuele weergave boormonsterprofielen voor selecties van boorlocaties	Raadplegen en downloaden	Raadplegen voor regionale en lokale toepassingen in combinatie met thematische kaarten Opvragen algemene boorpuntinformatie en algemene profielopbouw in tabelvorm in profielbeschrijvingen Opvragen van analysegegevens bodemmonsters bij profielbeschrijvingen Selecties van boorpunten op de kaart

⁴⁸ (D. Walvoort, Wageningen Environmental Research, pers.comm.)

⁴⁹ Publieke Dienstverlening op de Kaart

⁵⁰ Bodemkundige profielbeschrijvingen zijn in belangrijke mate gebruikt voor o.a. de Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000.

Kanaal	BROloket Beheerder Ministerie van BZK	PDOK ⁴⁹ Viewer Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK)	Bodemdata.nl Wageningen Environmental Research
Type gegevens			Documentatie in de vorm van actualisatierapporten en toelichtingsboekjes bij kaartbladen 1960-1990 Video's en storymaps met informatie over totstandkoming en gebruik
Bodemkaart 1:50.000	https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen	https://www.pdok.nl/viewer/	https://bodemdata.nl/basiskaarten
	Raadplegen voor regionale toepassingen Individuele bodemeenheden selecteren en weergeven Informatie kaarteenheden opvragen Downloaden (gehele kaartbestand) voor gebruik in GIS-applicatie	Raadplegen voor regionale en landelijke toepassingen in combinatie met andere geodatasets van Nederlandse overheden Informatie kaarteenheden opvragen Downloaden (gehele kaartbestand) voor gebruik in GIS-applicatie	Raadplegen voor regionale en lokale toepassingen in combinatie met thematische kaarten Video's en storymaps met informatie over totstandkoming en gebruik
Geomorfologische Kaart 1:50.000	https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen	https://www.pdok.nl/viewer/	https://bodemdata.nl/basiskaarten
	Raadplegen voor regionale toepassingen Individuele landvormen selecteren en weergeven Informatie kaarteenheden opvragen • Downloaden (gehele kaartbestand) voor gebruik in GIS-applicatie	Raadplegen voor regionale toepassingen in combinatie met andere geodatasets van Nederlandse overheden Informatie kaarteenheden opvragen Downloaden (gehele kaartbestand) voor gebruik in GIS-applicatie	Raadplegen voor regionale en lokale toepassingen in combinatie met thematische kaarten Video's en storymaps met informatie over totstandkoming en gebruik

Bijlage 4 Begrippenlijst

Bronnen: digitale legenda's van de Bodemkaart van Nederland en de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000

Afzettingwijze: De bodem is het buitenste deel van de aardkorst. Het materiaal waaruit de bodem bestaat, het moedermateriaal, is in ons land grotendeels van elders aangevoerd, o.a. door de wind, (löss, dekzand, stuifzand, duinzand), de rivieren (rivierklei en -zand), de zee (zeeklei en -zand) en door het landijs (keileem) of het is ter plekke ontstaan (veen). Door veranderingen in de sedimentatie vertoont het moedermateriaal vaak een zekere gelaagdheid.

Banden-B: Serie oranjebruine tot geelbruine, massieve banden met ingespoeld ijzer en lutum, waarvan de bovenste binnen 120 cm diepte ligt en 5-15 cm dik is. De banden bevatten ten minste 3% lutum (of lutum + ijzer) meer dan het tussenliggende C-materiaal.

Bodem: De bodem betreft het uit los materiaal bestaande, allerbovenste deel van de aardkorst tot op een diepte die van belang is voor de vegetatie. Onder invloed van uitwendige omstandigheden treedt bodemvorming op, waarbij veranderingen in het moedermateriaal ontstaan door omzetting, uitspoeling en ophoping van minerale en organische stoffen. Elke grond heeft dus, zowel als gevolg van de afzettingwijze (geogenese) als van de bodemvorming (pedogenese), min of meer horizontale lagen die verschillen in samenstelling en eigenschappen. Deze lagen heten **horizonten**. Samenstelling en opeenvolging van horizonten – het bodemprofiel – verschillen per grond. Daardoor is het mogelijk gronden met een ongeveer gelijke opbouw in lagen – en dus met overeenkomstige kenmerken en eigenschappen – als een eenheid te beschouwen en af te scheiden van gronden met een ander bodemprofiel. Elke aldus geformeerde bodemeenheid heeft een zekere uitgebreidheid, zowel in verticale richting, het bodemprofiel als in het horizontale vlak, de oppervlakte. De bodem is daarom een driedimensionaal lichaam.

Bodemcode: De bodemkundige informatie van een kaartvlak wordt via de bodemcode met een letter- en cijfercombinatie aangegeven. In de bodemcode worden de hoofdklassen van de legenda waar het kaartvlak toe behoort, gecodeerd met één of twee hoofdletter(s). De onderverdeling wordt aangegeven door enkele kleine letters en cijfers vóór en achter de hoofdletter(s). Kenmerken van de bovengrond staan gewoonlijk vóór de hoofdletter(s), de overige kenmerken erachter. Cijfers hebben betrekking op de textuur van de bovengrond en bij kleigronden ook op het profielverloop. In de verschillende hoofdgroepen kunnen dezelfde letters en cijfers een verschillende betekenis hebben. Een voorbeeld van een bodemcode is Hn21: Veldpodzolgronden in leemarm en zwak lemig fijn zand. Lokaal worden met extra onderscheidingen afwijkende lagen in de bovengrond en/of in de ondergrond aangegeven. Bijvoorbeeld toevoeging 'x' achter de code (Hn21x) geeft aan dat er tussen 40 en 120 cm -mv. keileem in de ondergrond voorkomt.

Bodemeenheid: Een bodemeenheid is een samenvoeging van kenmerken: bovenlaag, bodemklasse en kenmerken onderlaag. Een bodemeenheid bestaat uit gronden met een overeenkomstige bodemgesteldheid, zoals de samenstelling, dikte en opeenvolging van horizonten. Een bodemeenheid is de gedetailleerdste eenheid van de bodemkaart en vormt de basis voor elke interpretatie.

Bodemkaart: Een geografische weergave van de verspreiding van bodemeenheden. Verschillende bodemeenheden kunnen sterk in hun eigenschappen uiteenlopen, bijvoorbeeld wat betreft hun betekenis voor de groei van gewassen. Het is daarom van belang behalve de kenmerken en de eigenschappen ook de horizontale verbreiding van de eenheden te kennen, met andere woorden de bodem op kaart te brengen, te karteren. Zeer belangrijk bij het vastleggen van de ruimtelijke verbreiding van de eenheden is het gegeven van de nauwe samenhang tussen de bodemgesteldheid en het landschap: veranderingen in het landschap gaan vaak gepaard met een andere opbouw van het bodemprofiel. Door middel van verschillende kleuren worden de verschillen in de bodem aangegeven.

De schaal en de onderscheiden bodemeenheden zijn afhankelijk van het doel waarvoor wordt gekarteerd.

Bodemprofiel: Verticale doorsnede van de bodem die de opeenvolging van de horizonten laat zien; voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 tot een diepte van 1,20 m beneden maaiveld.

Bodemvorming: Verandering van moedermateriaal onder invloed van uitwendige factoren, waarbij horizonten ontstaan. Onder invloed van uitwendige omstandigheden treedt bodemvorming op, waarbij veranderingen in het moedermateriaal ontstaan door omzetting, uitspoeling en ophoping van minerale en organische stoffen. Elke grond heeft dus als gevolg van de afzetting en van de bodemvorming een opeenvolging van min of meer horizontale lagen, die verschillen in samenstelling en eigenschappen. In de bodemkunde worden vijf bodemvormende factoren onderscheiden: moedermateriaal, reliëf, klimaat, tijd en biologische factor (vegetatie, bodemfauna en de mens). Het begrip bodemvorming is een samenvatting van een gedeelte uit het boek *Bodemkunde van Nederland, deel 2* (De Bakker & Locher, 1990). Het begrip bodem is niet eenduidig. In de ruimste zin wordt daarmee het bovenste deel van de aardkorst aangeduid. In de bodemkunde wordt het begrip in beperkte vorm gebruikt. De bodem is de bovenste laag van de aardkorst voor zover deze door planten beworteld is of kan worden of voor zover deze onder invloed van fysische, chemische en biologische processen is veranderd. Vast gesteente en de natte, ongerijpte ondergrond van losse sedimenten behoren dus bodemkundig gezien niet tot de bodem. De fysische, chemische en biologische processen die het bovenste deel van de aardkorst veranderen, worden bodemvormende of pedogenetische processen genoemd. Hierdoor ontstaat naast een eventueel al aanwezige geogene gelaagdheid (een gelaagdheid ontstaan door verschillen in afzettingssomstandigheden) een pedogene gelaagdheid. De geogene en pedogene gevormde lagen worden horizonten genoemd. De verticale opeenvolging van horizonten heet een bodemprofiel. Hoe een dergelijk profiel is ontstaan, is afhankelijk van factoren die de bodemvorming sterk beïnvloeden. Deze factoren worden bodemvormende factoren genoemd. Door de veelheid van bodemvormende processen en variatie in bodemvormende factoren zijn talloze (combinaties van) horizonten mogelijk.

Bovengrond: Bovenste horizont van het bodemprofiel die door ophoping meestal een relatief hoog gehalte aan organische stof bevat. De bovengrond komt bodemkundig in het algemeen overeen met de A-horizont, landbouwkundig met de bouwvoor.

Bovenland: Smalle stroken onverveend land (ca. 1 m onder NAP), meestal gelegen tussen twee droogmakerijen en ca. 2 tot 4 m hoger dan de droogmakerijen. Op deze stroken, die vaak bestaan uit koopveengronden en aarveengronden, is veel bebouwing. Soms is de 'cope'-verkaveling van het onvergraven veenland nog te herkennen.

Briklraag: Textuur-B-horizont die ten minste 15 cm dik is en in het zwaarste gedeelte (de Bt) ten minste 10% lutum bevat en inspoelingshuidjes van lutum (en ijzer) op sommige wanden van de structuurelementen en van de poriën heeft. De briklaag heeft een blokkige of prismatische structuur. Bovendien is hij donkerder van kleur en heeft hij een vastere consistentie dan de A- en de C-horizont.

Bruine minerale eerdlaag: Minerale eerdlaag waarin binnen 25 cm diepte een laag van ten minste 10 cm dikte begint die bruin is. Het humusgehalte en de koolstof-stikstofverhouding (C/N-quotiënt is een maat voor de kwaliteit van organische stof) zijn bij bruine minerale eerdlagen doorgaans lager dan bij zwarte minerale eerdlagen.

Dikke A-horizont: Een niet-vergraven of gehomogeniseerde A-horizont, die ten minste 50 cm dik is. Een dikke A-horizont wordt ook wel esdek genoemd.

Dunne A-horizont: Een niet-vergraven A-horizont, die dunner dan 30 cm is of een vergraven bovengrond, ongeacht de dikte.

Eolisch: Door de wind gevormd, afgezet.

Fluviatiel: Door beek- of rivierwater afgezet (stromend water).

Gleyverschijnselen: Verschijnselen veroorzaakt door periodieke verzadiging van de grond met water. In het profiel zijn deze verschijnselen waarneembaar in de vorm van blekings- en gleyverschijnselen, roest en 'reductie'-vlekken en een totaal 'gereduceerde' zone. In ijzerhoudende gronden worden deze verschijnselen meestal gley of gleyverschijnselen genoemd.

Grind; grindfractie: Minerale delen met een korrelgrootte > 2000 µm.

Grondsoort: Bodemkundigen benoemen de grondsoort op basis van de verhouding tussen het minerale bestanddeel en de hoeveelheid organische stof, waarbij het minerale bestanddeel wordt onderverdeeld naar korrelgrootte (textuur). De korrelgroottegrenzen die in de bodemkunde worden gebruikt, zijn: 2, 50 en 2000 µm. De fracties die worden onderscheiden zijn:

- <2 µm: lutum(fractie)
- 2-50 µm: silt(fractie)
- <50 µm: leem(fractie)
- 50-2000 µm: zand(fractie)
- >2000 µm: grind(fractie)

De bodemkundige namen van grondsoorten zijn gebaseerd op het gebruik van zogenaamde driehoeksgrafieken en daarvan bestaan er drie: de veendriehoek, de niet-eolische driehoek (kleidriehoek) en de eolische driehoek (leemdriehoek).

Gyttja: Bagger (derrie), ontstaan uit resten van organismen die leven in voedselrijk water (diatomeën).

Horizont: Laag in de grond met kenmerken en eigenschappen die verschillen van de erboven en/of eronder liggende lagen; in het algemeen ligt een horizont min of meer evenwijdig aan het maaiveld. De lagen waaruit de bodem is opgebouwd, worden in de bodemkunde horizonten genoemd. Horizonten ontstaan als gevolg van bodemvormende processen en worden van elkaar onderscheiden op basis van verschillen in onder meer grondsoort, kleur, gehalte aan humus, ijzer en kalk, structuur, consistentie of een combinatie daarvan.

Humus, -gehalte, -klasse: De fractie organische stof in de bodem die achterblijft na het verwijderen van de macro-organische en opgeloste delen. Kortheidshalve krijgt het woord humus vaak de voorkeur, terwijl met organische stof (een ruimer begrip) wordt bedoeld:

1. De fractie organische stof in de bodem, meestal donker van kleur, die achterblijft na het verwijderen van de macro-organische en opgeloste delen.
2. Ook in bredere zin gebruikt om humusvormen te benoemen. In hoofdzaak mor, moder en mull.
3. Al het dode materiaal op en in de bodem dat continu onderhevig is aan afbraak, verandering en nieuwvorming.

Humuspodzol-B-horizont: Podzol-B-horizont, waarin beneden 20 cm diepte een ophoping van ingespoelde organische stof voorkomt of waarvan de bovenste 5-10 cm (of meer) amorfe humus bevat, die als disperse humus is verplaatst.

Hydromorfe kenmerken: Kenmerken in de grond veroorzaakt door bodemvocht en grondwaterbeweging. Bij verschillende groepen gronden horen andere hydromorfe kenmerken:

1. Voor de podzolgronden: een moerige bovengrond of een moerige tussenlaag, en/of geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onmiddellijk onder de Bh of Bws;
2. Voor de brikgronden: in een grijze E en in de Bt komen roestvlekken en mangaanconcreties voor;
3. Voor de eerdgronden en de vaaggronden: een Cr-horizont binnen 80 cm diepte beginnend, en/of een niet-gerijpte ondergrond, en/of een moerige bovengrond, en/of een moerige laag binnen 80 cm diepte beginnend, bij zandgronden met een A dunner 50 cm: geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onder de A-horizont, bij zavel- en kleigronden met een A dunner dan 50 cm: roest- en/of reductievlekken beginnend binnen 50 cm diepte. Volgens dit concept worden de hydrogronden onderscheiden van hun tegenhanger, de xerogronen.

Hydromorfe verschijnselen: Verschijnselen veroorzaakt door periodieke verzadiging van de grond met water. In het profiel zijn deze verschijnselen waarneembaar in de vorm van blekings- en gleyverschijnselen, roest en 'reductie'-vlekken en een totaal 'gereduceerde' zone. In ijzerhoudende gronden worden deze verschijnselen meestal gley of gleyverschijnselen genoemd.

Hydropodzol-, -brik-, -eerd-, -vaaggronden: Podzol-, brik-, eerd- en vaaggronden die ontstaan zijn binnen de invloedssfeer van grondwater, hetgeen waarneembaar is doordat er hydromorfe verschijnselen aanwezig zijn.

Jarosiet: Gele vlekken van basisch ijzersulfaat ontstaan door oxidatie van pyriet.

Kaartzuiverheid: De kaartzuiverheid wordt gebruikt als algemene kwaliteitsmaat van de bodemkaart. Het is het oppervlaktepercentage van de kaart waarvoor de kaart een klasse of waarde weergeeft die overeenstemt met de werkelijkheid. Kaartzuiverheid is 'globale' informatie over de kaartkwaliteit: het is een rapportcijfer voor de kaart als geheel, of eventueel voor een kaarteenheden of een geografische regio (Knotters et al., 2010). Hierbij merken we op dat de kaartzuiverheid geen informatie geeft over de omvang van de classificatiefout. Alle fouten zijn even 'erg': een klasseverschil (bijvoorbeeld een weergave op de kaart van een moerige grond in plaats van een veengrond) weegt even zwaar als een verschil van twee of meer klassen (bijvoorbeeld een minerale grond in plaats van een veengrond). Ook zijn niet alle foutieve classificaties even relevant voor gebruikers van de Bodemkaart, voor bijvoorbeeld ruimtelijk beleid en klimaatbeleid. Idealiter zou een kaart gevalideerd moeten worden voor een bepaalde toepassing. De kaartzuiverheid is dus een strenge maat. Daarnaast merken we op dat er een verband bestaat tussen kaartzuiverheid en classificatieniveau. In het algemeen neemt de kaartzuiverheid af als het detail in de classificatie (detail in de kaartlegenda) toeneemt.

Binnen een kaartvlak komen gronden voor die wel en die niet aan de omschrijving van dit kaartvlak voldoen. Gronden die niet aan de omschrijving van het kaartvlak voldoen, worden onzuiverheden genoemd. Deze worden veroorzaakt door variatie in bodemopbouw op korte afstand, generalisaties bij het afgrenzen van het vlak, de noodzaak tot verwaarlozen van te kleine oppervlakten met afwijkende gronden of het niet opmerken daarvan. Een kaart geeft de werkelijkheid gegeneraliseerd weer en is dus een model van de werkelijkheid. De kaartschaal beperkt de grootte van de kaartvlakken en dus de mate van detail waarmee de kaart de werkelijkheid weergeeft. Op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, is een kaartvlak minimaal 5 tot 10 ha groot. Dat betekent dat kleine, geïsoleerde gebieden met een afwijkende bodemopbouw niet op de kaart onderscheiden worden (De Bakker et al., 1989).

Bij het indelen van de gronden zijn veel aspecten van belang. Bij veengronden en moerige gronden zijn dat o.a. aard, dikte en samenstelling van de bovengrond, begindiepte en dikte van moerige lagen, herkenbaarheid van de veensoort, en aard van de minerale ondergrond onder de moerige laag. Uit eerdere validatiestudies bleek dat een validatie van de bodemkaart op alle indelingscriteria (strikte zuiverheid, hieronder toegelicht) vaak een kaartzuiverheid oplevert van minder dan 50%. Marsman en De Gruijter (1982) vonden een strikte zuiverheid van 12,7% voor de Bodemkaart.

Er is vaak ten minste één criterium waarop de kaart afwijkt van de werkelijkheid. Bijvoorbeeld een afwijkende veensoort, of dikte, of afwijkende ondergrond etc. Bij een toetsing op alle indelingscriteria spreekt men ook wel van strikte kaartzuiverheid. Bij een toetsing op hoofdlijnen, waarbij wordt getoetst of het bodemprofiel bij de juiste hoofdgroep van de legenda is ingedeeld, bedraagt de gemiddelde kaartzuiverheid 60 tot 70% (Marsman en De Gruijter, 1982). Bij de bodemkartering is de doelstelling om een gemiddelde kaartzuiverheid van ten minste 70% te bereiken. Dat wil zeggen dat binnen een kaartvlak 70% van de oppervlakte op hoofdlijnen juist is benoemd.

Kalkarm, -loos, -rijk: Bij het veldbodembkundig onderzoek wordt het koolzure-kalkgehalte van grond geschat aan de mate van opbruisen met verdund zoutzuur (10% HCL). Er worden drie kalkklassen onderscheiden:

1. Kalkloos materiaal: geen opbruising; overeenkomend met minder dan circa 0,5% CaCO₃, analytisch bepaald, d.w.z. de geanalyseerde hoeveelheid CO₂, omgerekend in procenten CaCO₃ op de grond.
2. Kalkarm materiaal: hoorbare opbruising: overeenkomend met circa 0,5-1 à 2% CaCO₃.
3. Kalkrijk materiaal: zichtbare opbruising: overeenkomend met circa 1-2% CaCO₃ of meer.

Kalkloze zware kleitussenlaag: Een niet-kalkrijke laag met mineraal materiaal dat ten minste 35% lutum bevat, liggend onder een zavel- of lichte kleibovengrond. De kalkloze zware kleitussenlaag begint:

- of binnen 25 cm en loopt door tot ten minste 40 cm;
- of tussen 25 en 80 cm en is ten minste 15 cm dik en rust op een lichtere en/of kalkrijke ondergrond die: of binnen 80 cm diepte begint en ten minste 40 cm dik is, of 80 cm of dieper begint en doorloopt tot 120 cm of dieper.

Kalkverloop: Het verloop van het kalkgehalte in de bovenste halve meter van het bodemprofiel. Aanwezigheid van kalk is een kenmerk van het moedermateriaal en de mate van ontkalking is onderdeel van bodemvorming maar het kalkverloop wordt, bij gronden waar het een rol speelt (zoals jonge kleigronden en zeezandgronden) apart gecodeerd.

Katteklei: Extreem zure kleien die naast roestvlekken ook typische gele vlekken hebben (jarosiet).

Klastisch sediment: Sediment ontstaan door afbraak van oudere gesteenten, samengesteld uit delen en mineralen van het moedergesteente.

Klei: Mineraal materiaal dat 8% lutum of meer bevat.

Kleiarme moerige eerdlaag: Een moerige eerdlaag waarin geen lutum van betekenis voorkomt.

Kleifractie: Minerale delen met een korrelgrootte < 2 µm.

Kleiige moerige eerdlaag: Een moerige eerdlaag waarin lutum voorkomt.

Knip(pig): Het Friese woord knip wordt gebruikt om voor deze gronden kenmerkende eigenschappen aan te geven, zoals een grauwe, vlekkelijke kleur onder de bovengrond, een afwijkende verdeling en kleur van de roest en een wat labiele structuur. Deze kenmerken wijzen waarschijnlijk op een minder gunstige interne drainage, bij lichte gronden op een geringe onderlinge samenhang van de minerale delen. Vaak hebben gronden met knip(pige) kenmerken een lage Ca/Mg-verhouding van het adsorptiecomplex. Bij normale, gerijpte zeekleigronden ligt deze boven 12 à 15; bij knipgronden en knippige gronden is deze lager en vaak beneden 5. Er is geen verschil in mineralogische samenstelling. Het onderscheid tussen knippige gronden en knipgronden hangt samen met de zwaarte, de structuur en de diepte van de ongunstige laag. Zware gronden zijn meestal knip; de lichtere en de gronden met kniplagen dieper in het profiel worden knippig genoemd.

Leem, -gehalte: 1. Mineraal materiaal dat 50% of meer leemfractie bevat, of 2. kortweg gebruikt voor leemfractie.

Leemfractie: Minerale delen met een korrelgrootte < 50 µm. Wordt in de praktijk vrijwel uitsluitend gebezigd bij lutumarm materiaal.

Licht(er): Grond wordt licht(er) genoemd als (naarmate) het gehalte aan silt en lutum laag is (afneemt).

Lutum, -gehalte: Kortweg gebruikt voor lutumfractie.

Lutumfractie: Minerale delen met een korrelgrootte < 2 µm, synoniem voor lutum.

M50: Mediaan van de zandfractie (eigenlijk M50-2000). Het getal dat de korrelgrootte aangeeft waarboven en waar beneden de helft van de massa van de zandfractie ligt.

Marien: Onder invloed van getijdenbewegingen afgezet (stromend water).

Matig dikke A-horizont: Een niet-vergraven A-horizont die 30-50 cm dik is.

Meerbodem: Bruin, sterk tot zeer sterk lemig, venig slik, gevormd op de bodem van een plas.

Mineraal (materiaal): Bodemmateriaal dat, afhankelijk van het lutumgehalte, voor minder dan 15 (bij een lutumgehalte van 0%) à 30 gewichtsprocenten (bij een lutumgehalte van 70%) uit organisch materiaal bestaat. Het overgrote deel van de zandkorrels in de Nederlandse grondsoorten bestaat uit mineralen die niet door bodemvorming worden aangetast, zoals kwarts. Andere soorten zijn meer of minder gemakkelijk verweerbaar, bijvoorbeeld augiet. Bij deze laatste soorten kunnen uit vergelijkbare studies tussen de boven- en de ondergrond conclusies over de bodemvorming worden getrokken. Voorts kan aan de hand van het voorkomen van bepaalde mineralen de herkomst van afzettingen (afzettingwijze) worden vastgesteld.

Minerale delen: Het bij 105 °C gedroogde, over de 2 mm zeef gezeefde deel van een monster na aftrek van de organische stof en de koolzure kalk. De term 'minerale delen' is eigenlijk minder juist, want de koolzure kalk, hoewel vaak van organische oorsprong, behoort tot het minerale deel van het monster.

Minerale eerdlaag: Een eerdlaag die niet aan de criteria voor een moerige eerdlaag voldoet:

1. een Ah- of Ap-horizont, die over een diepte van ten minste 15 cm humusrijk is, of
2. een Ah- of Ap-horizont, die over een diepte van ten minste 15 cm humusarm of humeus is en tevens voldoet aan de volgende kleureisen: value < 3,5 en ten minste één value-eenheid donkerder dan de C-horizont, of
3. een dikke niet-moerige A-horizont.

Minerale gronden: Gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor de helft of meer van die dikte uit mineraal materiaal bestaan.

Mineralogisch arm, rijker: Arm, rijker aan opgeloste stoffen, in het bijzonder stoffen die uit bodemmineralen in oplossing gaan (zoals Ca, Na, K, Cl, Fe).

Moerige eerdlaag: Een moerige Ah-horizont dikker dan 15 cm (of een moerige Ap ongeacht de dikte) waarin hoogstens 10 à 15% van de massa uit plantenresten bestaat met een herkenbare weefselopbouw.

Moderpodzol-B-horizont: Podzol-B-horizont, waarin beneden 20 cm diepte geen ophoping van ingespoelde organische stof voorkomt; de humus wordt in niet-amorfe vorm aangetroffen, en wel bijna steeds als moder; deze horizont bevat steeds duidelijk ijzer, dat als huidjes om de zandkorrels voorkomt of samen met fijne minerale delen tussen de zandkorrels ligt.

Moedermateriaal: Geologisch materiaal waaruit de bodem is gevormd. Het materiaal waaruit de bodem bestaat, wordt in de geologie en bodemkunde moedermateriaal genoemd. Het moedermateriaal kunnen we verder typeren en benoemen op basis van de grondsoort waar het uit bestaat en de afzettingwijze.

Moerig (materiaal): Bodemmateriaal dat, afhankelijk van het lutumgehalte, voor minstens 15 (bij een lutumgehalte van 0%) à 30 gewichtsprocenten (bij een lutumgehalte van 70%) uit organisch materiaal bestaat. Een synoniem voor moerig is venig.

Moerige bovengrond: Bovengrond die moerig is (ook na eventueel ploegen tot 20 cm diepte) en binnen 40 cm diepte op een minerale ondergrond ligt.

Moerige tussenlaag: Een laag moerig materiaal die ondieper dan 40 cm beneden maaiveld begint en die 5 à 15-40 cm dik is.

Niet-gerijpte ondergrond: Bijna gerijpte laag binnen 50 cm diepte en/of half of nog minder gerijpte laag binnen 80 cm diepte, voorkomend onder een gerijpte bovengrond dikker dan 20 cm.

Ondergrond:

1. De laag bestaande uit moedermateriaal die direct onder het gedeelte ligt dat bodem heet.
2. Horizont(en) onder de bovengrond. Het gedeelte van het bodemprofiel dat zich onder de bovengrond bevindt, wordt de ondergrond genoemd.

Oppervlakkige ontkalking: Op de Waddeneilanden waar de kalkgehalten laag zijn, is in de duinen onderscheid gemaakt tussen de gronden die vanaf het oppervlak enige kalk bevatten (code Z...A) en oppervlakkig ontcalcite gronden (code Z...Ab). De natuurlijke begroeiing reageert zeer sterk op dit verschil.

Organische stof: Al het levende en dode materiaal in de grond dat van organische herkomst is. Hoofdzakelijk van plantaardige oorsprong en variërend van levend materiaal (wortels) tot plantenresten in allerlei stadia van afbraak en omzetting. Het min of meer volledig omgezette product is humus.

Organischestofklasse: Berust op een indeling naar de massafractie organische stof en lutum, beide uitgedrukt in procenten van de, bij 105 °C gedroogde en over de 2 mm-zeef, gezeefde grond.

Podzol-B-horizont: B-horizont in minerale gronden, waarvan het ingespoelde deel vrijwel uitsluitend uit amorfe humus, uit amorfe humus en sesquioxiden, of uit sesquioxiden alleen bestaat. Een horizont met een podzol-B voldoet aan een of meer criteria uit onderstaande set.

Horizont met een podzol-B, waarin beneden 20 cm diepte:

1. Een bijna zwarte laag voorkomt van ten minste 3 cm dikte (Bh), of:
2. De Bhe, Bhs of Bws voldoende kleurcontrast heeft met de C-horizont. Naarmate de Bhe, Bhs of Bws dikker is, mag het kleurcontrast minder zijn, of:
3. Een duidelijk te herkennen B-horizont tot dieper dan 120 cm doorgaat, of:
4. Een vergraven grond brokken B-materiaal bevat waarvan de kleur goed contrasteert met die van de C-horizont.

Podzolering: Het bodemvormingsproces, waarbij uitloging van sesquioxiden en/of neerwaartse verplaatsing van humus en inspoeling van deze stoffen in diepere lagen optreden. Dit proces is gebonden aan een klimaat waarin de neerslag de verdamping overtreft, waardoor in een deel van het jaar een neerwaartse waterstroming in de grond plaatsvindt. Daardoor worden stoffen uit de bovengrond opgelost en naar beneden verplaatst. Een deel spoelt geheel uit (o.a. kalk), een ander deel komt op geringe diepte weer tot afzetting, zoals de genoemde organische stof (humus) en ijzer- en aluminiumverbindingen (sesquioxiden).

Potstalbemesting: Potstalbemesting is een voormalige bemestingswijze waarbij men gebruikmaakte van stalmest gemengd met strooisel en zand. Dit mengsel werd jaarlijks op een beperkte oppervlakte bouwland gebracht, waardoor het land geleidelijk werd opgehoogd en waarbij de humushoudende bovengrond geleidelijk dikker werd. In Noord-Brabant, Oost-Gelderland en Twente zijn deze dekken soms meer dan 1 m dik. In Drenthe zijn ze het dunst en halen vaak geen 50 cm. In het noorden zijn de humusgehalten het hoogst (soms wel tot 10%). Het fosfaatgehalte is in het algemeen hoog (P_totaal > 100). Als stalstrooisel gebruikte men veel heideplaggen, maar ook bosstrooisel en plaggen uit de beekdalen. Algemeen wordt aangenomen dat de heideplaggen zwarte enkeerdgronden hebben gegeven en de grasplaggen of bosstrooisel bruine enkeerdgronden.

Profielverloop: Van kleigronden, de opeenvolging van de lagen in het bodemprofiel:

- 0: Het profielverloop is niet onderscheiden,
- 1: Klei op veen, kleigronden met meer dan 40 cm moerig materiaal vanaf 40 à 80 cm,
- 2: Klei op zand, kleigronden met een zandlaag van meer dan 20 cm dikte vanaf 25 à 80 cm,
- 3: Klei op een tussenlaag van niet-kalkrijke zware klei, eindigend binnen 120 cm,
- 4: Klei op een ondergrond van niet-kalkrijke zware klei, doorlopend tot dieper dan 120 cm,
- 5: Klei met homogene, aflopende of oplopende profielopbouw.

Reductievlekken: Door de aanwezigheid van tweewaardig ijzer neutraal grijs gekleurde, in gereduceerde toestand verkerende vlekken.

Rijping: Proces waarbij na drooglegging uit een weke, structuurloze, gereduceerde modder een begaanbare, gescheurde en geoxideerde cultuurgrond ontstaat. Het proces heeft drie belangrijke aspecten: een fysisch, een chemisch en een biologisch aspect. Het meest in het oog springende fysische aspect is de blijvende volumeverandering van de grond, die ontstaat door een irreversibel vochtverlies (inklinking). Rijping treedt alleen op bij zwaardere sedimenten.

Rijpingsklassen: Indeling van rijping van grond als afhankelijke van de consistentie:

1. geheel ongerijpt: zeer slap; loopt tussen de vingers door
2. bijna ongerijpt: slap; loopt bij knijpen zeer gemakkelijk tussen de vingers door
3. half gerijpt: matig slap; loopt bij knijpen nog goed tussen de vingers door
4. bijna gerijpt: matig stevig; kan met stevig knijpen nog juist tussen de vingers door worden geperst
5. gerijpt: stevig; niet tussen de vingers door te persen

Rodoorn(ig): Met ijzer verrijkte lagen (rood- of okerbruin van kleur) aan of nabij de oppervlakte (Fe₂O₃-gehalte 5-50%, meestal 10% of meer).

Roestvlekken: Door de aanwezigheid van bepaalde ijzerverbindingen bruin tot roodbruin gekleurde vlekken.

Sesquioxiden: Verbindingen van Fe/Al met OH⁻.

Siltfractie: Tussenfractie tussen de lutum- en de zandfractie; de minerale delen hebben een korrelgrootte van 2-50 µm.

Terp: Oude bewoningsplaatsen die meestal kunstmatig zijn opgehoogd en soms weer (geheel of gedeeltelijk) afgegraven. Ze worden regionaal ook wel woerden, warden of donken genoemd. Het zijn vaak donkergekleurde gronden, o.a. tuineerdgronden, met aardewerkscherven en dikwijls met geelgroene fosfaatvlekken van vergane botten. De plek moet meestal groter zijn dan één boerderij met bijbehorend erf om te worden aangegeven.

Textuur-B-horizont: B-horizont in minerale gronden waarin lutum of lutum met sesquioxiden is ingespoeld.

Textuurklassen: Berust op een indeling van grondsoorten naar hun korrelgroottesamenstelling in massaprocenten van de minerale delen. Niet-eolische en eolische afzettingen (zowel zand als zwaarder materiaal) worden naar het lutum- of leemgehalte ingedeeld, en de zandfractie naar de M50.

Textuur: Korrelgroottesamenstelling (korrelgrootteverdeling) van het minerale deel van de grond. De korrelgroottegrenzen die in de bodemkunde worden gebruikt, zijn: 2, 50 en 2000 µm. De fracties die worden onderscheiden zijn:

- <2 µm: lutum(fractie)
- 2-50 µm: silt(fractie)
- <50 µm: leem(fractie)
- 50-2000 µm: zand(fractie)
- >2000 µm: grind(fractie)

Veenklasse: Van veengronden die tot 1,20 m onder maaiveld doorlopen, de groep van veensoorten die het meest voorkomt in het bovenste deel van het bodemprofiel:

- Bosveen of eutroof broekveen
- Zeggeveen, rietzeggeveen of mesotroof broekveen
- Rietveen of zeggerietveen
- Veenmosveen
- Onherkenbaar veen (verslagen, bagger, gyttja)

Veenkoloniaal dek: Dit is in principe een bezandingsdek, maar dit is op de ene plaats moerig, elders (vaak binnen één perceel) humusrijk of humeus. Ook de dikte ervan varieert, zelfs binnen één perceel, van ca. 10 tot soms meer dan 20 à 25 cm. Veel percelen in het veenkoloniale gebied zijn verbeterd door diepwoelen, vaak gepaard met selectief mengen van veen en zand.

Vegetatie: Planten in het algemeen; de plantbedekking van een gebied. De vegetatie wordt mede bepaald door de bodemgesteldheid.

Veldonderzoek: De lagen waaruit bodemprofielen bestaan, kunnen worden bestudeerd in profielkuilen en bodemprofielmonsters. De profielen worden nauwkeurig beschreven en de verschillende lagen bemonsterd; van deze grondmonsters worden allerlei eigenschappen geschat of in het laboratorium onderzocht.

Vergraven gronden: Gronden waarin een vergraven laag voorkomt, die tussen 0 en 40 cm diepte begint, tot grotere diepte dan 40 cm doorloopt en 20 cm of meer dik is.

Verschillen in kalkverloop, kenmerken en eigenschappen tussen rivierklei- en zeekleigronden:

Zeekleigronden verschillen van de rivierkleigronden door het afzettingspatroon en een daarmee gepaard gaande grotere fijnzandigheid. Zeeklei wordt afgezet in een zout of brak milieu. In een zout milieu begint de vegetatie pas op een relatief hoog opslibbingsniveau. Door de spaarzame vegetatie is de productie van organische stof niet hoog. De zure afbraakproducten die worden afgevoerd, lossen een hoeveelheid kalk op. Omdat de zuurproductie gering is en het uitgangshehalte aan koolzure kalk (vrij) hoog, blijft het sediment na de rijping meestal (zeer) kalkrijk.

In een *brak milieu* begint de begroeiing op een lager niveau en dus in een vroeger stadium van afzetting. De vegetatie is veel dichter dan in een zoute omgeving en daardoor is de hoeveelheid organische stof zeer hoog. Ook zijn de voorwaarden voor de vorming van pyriet gunstig. Bij rijping heeft dit een grote zuurproductie tot gevolg en dus een sterke ontkalking. Daardoor kunnen kalkloze afzettingen en zelfs zeer zure klei (katteklei) ontstaan.

Omdat *rivierklei* in een volledig zoet milieu is afgezet, komt maar (zeer) weinig pyriet voor en is het gehalte aan omwisselbaar natrium aan het adsorptiecomplex zeer laag in vergelijking met zeeklei. De kleimineralogische samenstelling heeft een hoge kalifixatie tot gevolg. Zavels en lichte kleien hebben meestal (veel) meer dan 5% deeltjes groter dan 150 µm. Ook is dit zandaandeel duidelijk grover dan zeezand. Door dit 'zandige karakter' onderscheidt rivierklei zich van zeeklei. Rivierklei in uiterwaarden heeft vaak een hoog siltgehalte.

De **indeling naar het kalkverloop** bij zeekleigronden en de daarbij gehanteerde naamgeving is anders dan bij rivierkleigronden. Vaak zijn zeekleigronden kalkrijk vanaf het oppervlak. Daarom is getracht – anders dan bij de rivierkleigronden – de kalkrijke klasse zo zuiver mogelijk te houden. Voor toekenning van de term kalkrijk is daarom alleen oppervlakkige ontkalking toegestaan. De overige zeekleigronden worden kalkarm genoemd. Bij rivierklei is de kalkloze groep zo zuiver mogelijk gehouden, waardoor we spreken van kalkhoudende en kalkloze rivierkleigronden.

Verschillen in kenmerken en eigenschappen tussen jonge en oude rivierkleigronden:

- Oude rivierklei heeft een kleiner zwel- en krimpvermogen, een lagere adsorptiecapaciteit en een geringer specifiek oppervlak dan jonge rivierklei.
- Oude rivierklei die hoog boven het grondwater is afgezet, vertoont klei-inspoeling, hoewel in veel gevallen niet voldoende om de gronden tot de brikgronden te rekenen.
- De kleur van de hooggelegen oude rivierklei is roder (7,5YR in de codering van de Munsell Color Charts) dan van jonge rivierklei (10YR).
- De roest in oude rivierkleigronden is geelbruin en oranje, in jonge meestal bruin tot roodbruin. Bovendien bevat oude rivierklei meer mangaanconcreties.
- In vergelijkbare hydrologische omstandigheden bevatten oude rivierkleigronden minder humus dan jonge.
- Oude rivierkleigronden hebben een nauwere bewerkingmarge, een geringere structuurstabiliteit en zijn bij gelijke zwaarte lastiger te bewerken dan jonge. Ze zijn daarmee minder 'oogstzeker' en moeilijker in gebruik.

Xeropodzol-, -brik-, -eerd-, -vaaggronden: Podzol-, brik-, eerd- en vaaggronden ontstaan buiten de invloedssfeer van grondwater, hetgeen waarneembaar is door het ontbreken van hydromorfe verschijnselen.

IJzerhuidjes: Het voorkomen van ijzerhuidjes op de zandkorrels onmiddellijk onder de Bh-horizont (bij podzolgronden) of boven in de C-horizont (bij eerd- en vaaggronden) duidt op een ontstaanswijze van deze gronden buiten de invloedssfeer van grondwater. Het ontbreken van ijzerhuidjes is bij bovengenoemde gronden een hydromorf kenmerk.

Zand: Mineraal materiaal dat minder dan 8% lutum- en minder dan 50% leemfractie bevat.

Zandbovengrond: Een uitsluitend in brikgronden apart onderscheiden bovengrond die tot een grotere diepte dan 20 cm uit zand bestaat.

Zanddek: Minerale bovengrond die minder dan 8% lutumfractie en minder dan 50% leemfractie bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm) en die binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzol of op een kleilaag die 40 cm of meer dik is.

Zandfractie: Minerale delen met een korrelgrootte van 50-2000 µm.

Zavel: Mineraal materiaal dat tussen 8 en 25% lutumfractie bevat.

Zavel- of kleidek: Minerale bovengrond die meer dan 8% lutumfractie of meer dan 50% leemfractie bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm) en die binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzol of op een zandlaag die 40 cm of meer dik is.

Zonder roest:

1. Geen roest, of
2. Roest dieper dan 35 cm beneden maaiveld beginnend, of
3. Roest ondieper dan 35 cm beneden maaiveld beginnend, maar over 30 cm of meer onderbroken

Zwaar(der): Grond wordt zwaar(der) genoemd als (naarmate) het gehalte aan silt en lutum hoog is (toeneemt).

Zwarte minerale eerdlaag: Minerale eerdlaag die niet aan de criteria voor de bruine minerale eerdlaag voldoet. Het humusgehalte en de koolstof-stikstofverhouding (C/N-quotiënt is een maat voor de kwaliteit van organische stof) zijn bij zwarte minerale eerdlagen doorgaans hoger dan bij bruine minerale eerdlagen.

Bijlage 5 Validatietoets voor de Bodemkaart met scores

Verklaring van kolomhoofden:

Methode:	methode van actualisatie
X, Y:	coördinaten van boorlocaties uit de validatieset
voor:	bijzondere kenmerken in de bovengrond
afz:	afzettingswijze
hoofd:	hoofdgrondsoort
vorm:	bodemvorming
cijfer:	textuur van de bovengrond
kalk:	kalkgehalteklasse zoals opgenomen in kalkverloop
achter:	bijzondere kenmerken in de ondergrond
ass:	associatie
score:	score in de validatietoets

Methode	X	Y	Validatie	Voor actualisatie										Na actualisatie									
				bodemcode	bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass	score	bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass
ahn3 en topo	180806	468805	Zd21	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
ahn3 en topo	182541	469331	Zd21	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
ahn3 en topo	169872	482449	h BEBOUW	pZg21	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	169965	478826	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	178794	474044	gY30	gY30	2	2	4	4	2	2	2	0	18	gY30	2	2	4	4	2	2	2	0	18
ahn3 en topo	180913	472862	gcHn21	cHn21	0	2	4	4	2	2	2	0	16	cHn21	0	2	4	4	2	2	2	0	16
ahn3 en topo	173561	443074	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	174870	441928	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	145163	470512	zWp	zWz	2	2	4	2	2	2	2	0	16	zWz	2	2	4	2	2	2	2	0	16
ahn3 en topo	147445	470557	kHn21	kHn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	kHn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
ahn3 en topo	165842	450447	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	168635	448469	h BEBOUW	pZg23	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	183092	465097	(z)Zn21g	Zd21	2	1	4	2	2	2	0	0	13	gZd21	1	2	4	2	2	2	2	0	15
ahn3 en topo	184443	466437	Y21	Zd21	2	0	4	2	2	2	2	0	14	Y21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
ahn3 en topo	157119	461577	h BEBOUW	pZg21	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	158167	461614	h BEBOUW	zVz/vWz/pZg23	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	170571	450543	h BEBOUW	Zn23	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	170676	449515	h BEBOUW	cHn21	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	171239	483520	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	171369	484037	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	160363	468497	pZg23	pZn21	2	2	4	2	1	2	2	0	15	pZn21	2	2	4	2	1	2	2	0	15
ahn3 en topo	161499	469563	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	155696	462045	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	156351	463652	h BEBOUW	pZg21	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	165073	475400	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	169673	474171	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	154893	467189	h BEBOUW	pZg23	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	157054	466733	h BEBOUW	pZg23	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
ahn3 en topo	179078	455477	Zd21	Zn21	2	0	4	2	2	2	2	0	14	AS	2	2	4	4	2	2	2	-2	16
ahn3 en topo	180916	455945	zHd21	Zd21	2	1	4	2	2	2	2	0	15	Zd21	2	1	4	2	2	2	2	0	15
ahn3 en topo	178779	463435	Zd21	Zn21/Zd21	2	2	4	4	2	2	2	-2	16	Zn21/Zd21	2	2	4	4	2	2	2	-2	16

Methode	X	Y	Validatie	Voor actualisatie										Na actualisatie									
				bodemcode	bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass	score	bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass
ahn3 en topo	180287	463260	Zd21	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
ahn3 en topo	181103	450454	Zd21	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
ahn3 en topo	183619	451196	Y21g	gY30	1	1	4	4	1	2	2	0	15	gY30	1	2	4	4	1	2	2	0	16
ahn3 en topo	178959	449769	cY21	Y21	2	2	4	2	2	2	2	0	16	zEZ21	2	2	4	2	2	2	2	0	16
ahn3 en topo	179302	447088	Hd21	Hd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Hd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	152554	468463	pVz	kWz	2	2	2	4	2	2	2	0	16	pVz	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	152784	468714	pVz	kVc	2	2	4	2	0	2	2	0	14	pVz	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	167856	478344	pZg23	pZg21g	2	2	4	4	1	2	0	0	15	Hn21	2	2	4	0	1	2	2	0	13
detailkaart	168859	480436	Hn21	cHn21	2	2	4	2	2	2	2	0	16	pZg21	2	2	4	0	2	2	2	0	14
detailkaart	150444	473195	Mv41C	kVc	2	2	2	4	2	2	2	0	16	zMv41C	0	2	4	4	2	2	2	0	16
detailkaart	151694	474353	kVs	kVs	2	2	4	4	2	2	2	0	18	kVs	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	154621	472447	kVz	kVc	2	2	4	4	0	2	2	0	16	pVs	2	2	4	2	2	2	2	0	16
detailkaart	157263	471129	kWz	kVz	2	2	2	4	2	2	2	0	16	kVz	2	2	2	4	2	2	2	0	16
detailkaart	150306	465320	pZn21	pZg23	2	2	4	2	1	2	2	0	15	pZn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	151942	463583	h BEBOUW	zEZ21	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
detailkaart	157549	470020	kpZg23	kpZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18	zWz	0	0	4	2	2	2	2	0	12
detailkaart	158146	468510	pZg23	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pZn21	2	2	4	2	1	2	2	0	15
detailkaart	152856	474172	pVs	pVs	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pVs	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	154401	472938	h BEBOUW	kVs	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
detailkaart	148670	475595	Mv41C	kVs	2	2	2	4	2	2	2	0	16	Mv41C	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	148709	475850	Mv41C	kVs	2	2	2	4	2	2	2	0	16	Mv41C	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	146190	472147	Hn21	pZn21	2	2	4	2	2	2	2	0	16	pZn21	2	2	4	2	2	2	2	0	16
detailkaart	146807	473302	kVz	kWz	2	2	2	4	2	2	2	0	16	kWp	2	2	2	4	2	2	2	0	16
detailkaart	149559	466684	kWz	pVc	2	2	2	4	0	2	2	0	14	pVc	2	2	2	4	0	2	2	0	14
detailkaart	150303	466417	kVc	pVc	2	2	4	2	2	2	2	0	16	kVc	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	166723	475054	cHn21	cHn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	zEZ21	2	2	4	2	2	2	2	0	16
detailkaart	167077	476982	pZg23	pZg21g	2	2	4	4	1	2	0	0	15	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	150902	471824	kVc	kVc	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pVc	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	151859	470172	kVc	kVc	2	2	4	4	2	2	2	0	18	kVc	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	151815	472695	kVs	kVc	2	2	4	4	0	2	2	0	16	pVc	2	2	4	2	0	2	2	0	14
detailkaart	153118	470989	kVz	kVc	2	2	4	4	0	2	2	0	16	kVc	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	165606	476432	Mn52Cp	Mn56Cp	2	2	4	4	1	2	2	0	17	pMn52Cp	2	2	4	2	2	2	2	0	16
detailkaart	166312	475113	zEZ21	zEZ23	2	2	4	4	1	2	2	0	17	bEZ21	2	2	4	3	2	2	2	0	17

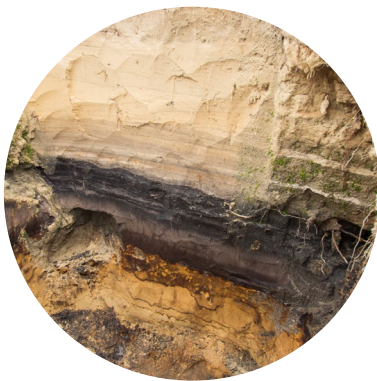
Methode	X	Y	Validatie	Voor actualisatie										Na actualisatie									
				bodemcode	bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass	score	bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass
detailkaart	147598	473505	kVs	kVs	2	2	4	4	2	2	2	0	18	kVs	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	148424	470756	kWp	kVc	2	2	2	4	0	2	2	0	14	kVz	2	2	2	4	2	2	2	0	16
detailkaart	157777	471529	kVz	kVz	2	2	4	4	2	2	2	0	18	kWz	2	2	2	4	2	2	2	0	16
detailkaart	160268	473670	Mv41C	Mv41C	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Mv41C	2	2	4	4	2	2	2	0	18
detailkaart	160735	470541	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
detailkaart	160758	469849	h BEBOUW	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
detailkaart	153720	469868	kWp	kWz	2	2	4	2	2	2	0	16	kWp	2	2	4	4	2	2	2	0	18	
detailkaart	154339	470440	pVz	kWz	2	2	2	4	2	2	2	0	16	kWz	2	2	2	4	2	2	2	0	16
herkartering	173343	445235	pZn21	Hn21/pZg23	2	2	4	0	2	2	2	-4	10	pZn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	173537	446581	pZn23	pZg23	2	2	4	2	2	2	2	0	16	cHn21	2	2	4	2	1	2	2	0	15
herkartering	170107	441807	cY21	gbEZ30	1	2	4	2	1	2	2	0	14	gbEZ30	1	2	4	2	1	2	2	0	14
herkartering	171718	442140	Rn94C	Rn44Cv	2	2	4	4	1	2	0	0	15	Rn94C	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	157900	458761	pZg21	pZg23	2	2	4	4	1	2	2	0	17	pZg23	2	2	4	4	1	2	2	0	17
herkartering	158667	457832	pZn23	pZg23	2	2	4	2	2	2	2	0	16	pZg23	2	2	4	2	2	2	2	0	16
herkartering	155489	456791	pZg21	pZg23	2	2	4	4	1	2	2	0	17	cHn21/zEZ21	2	2	4	0	2	2	2	-4	10
herkartering	156550	458560	h BEBOUW	pZg23	-	-	-	-	-	-	-	-	9	h BEBOUW	-	-	-	-	-	-	-	-	18
herkartering	156771	458153	pZn21	pZg23	2	2	4	2	1	2	2	0	15	Hn21	2	2	4	2	2	2	2	0	16
herkartering	152319	465723	pZn23	pZg23	2	2	2	2	2	2	2	0	14	pZg23	2	2	4	2	2	2	2	0	16
herkartering	155034	466010	zEZ21	zEZ21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	bEZ21	2	2	4	3	2	2	2	0	17
herkartering	167671	444241	cHn21	zEZ21	2	2	4	2	2	2	2	0	16	zEZ21	2	2	4	2	2	2	2	0	16
herkartering	168405	444167	pZn21	pZg21	2	2	4	2	2	2	2	0	16	pZn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	169591	446718	Zn21	pZg23	2	2	4	2	1	2	2	0	15	pZn21	2	2	4	2	2	2	2	0	16
herkartering	171428	447893	pZg23	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	171014	444152	b AFGRAV	hVz	2	2	4	2	2	2	2	0	16	b AFGRAV	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	172230	444236	kpZg23	Rn62Cp	2	2	2	2	2	2	2	0	14	Rn62Cp	2	2	2	2	2	2	2	0	14
herkartering	154982	455546	pZn21	EZg21	2	2	4	0	2	2	2	0	14	cHn21/zEZ21	2	2	4	2	2	2	2	-4	12
herkartering	155888	454660	Zn23	pZg23	2	2	4	2	2	2	2	0	16	pZg23	2	2	4	2	2	2	2	0	16
herkartering	157312	462756	Zn23	vWz	2	0	2	2	2	2	2	0	12	pZg23	2	2	4	2	2	2	2	0	16
herkartering	157987	464632	pZg21	pZg23	2	2	4	4	1	2	2	0	17	pZg21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	159582	461565	pZg21	pZg23	2	2	4	4	1	2	2	0	17	pZn23	2	2	4	2	1	2	2	0	15
herkartering	157183	455340	pZg21	pZg23	2	2	4	4	1	2	2	0	17	pZg23	2	2	4	4	1	2	2	0	17
herkartering	157929	456886	pZg23	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	170080	447823	pZg23	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18

Methode	X	Y	Validatie bodemcode	Voor actualisatie										Na actualisatie									
				bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass	score	bodemcode	voor	afz	hoofd	vorm	cijfer	kalk	achter	ass	score
herkartering	169820	447214	pZn21	pZg23	2	2	4	2	1	2	2	0	15	pZg23	2	2	4	2	1	2	2	0	15
herkartering	179393	450228	Zd21	gZn30/Zd21	2	2	4	4	2	2	2	-4	14	Zd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	179908	451836	Y21g	gZn30/Zd21g	2	2	4	2	2	2	2	-4	12	zY21g	1	2	4	4	2	2	2	0	17
herkartering	147955	476915	Mv41C	Mv41C	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Mv41C	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	148484	477441	Mv41C	Mv81A	2	2	4	4	2	0	2	0	16	Mo80Av	2	2	2	4	2	0	2	0	14
herkartering	157758	464984	pZg23	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	158630	467169	pZg23	pZg23	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Hn21	2	2	4	0	1	2	2	0	13
herkartering	157623	453851	pZg23	pZg21	2	2	4	4	1	2	2	0	17	pZg21	2	2	4	4	1	2	2	0	17
herkartering	159025	453005	pZg21	pZg21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	pZg21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	147773	467914	Hd21	Zd30	2	1	4	2	1	2	2	0	14	Hd21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	147787	468276	zEZ21	zEZ30	2	1	4	4	1	2	2	0	16	zEZ21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	163766	449627	Hn21	cHn21	2	2	4	2	2	2	2	0	16	Hn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18
herkartering	164196	450601	Hn21	Hn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18	Hn21	2	2	4	4	2	2	2	0	18



Verschenen documenten in de reeks Rapporten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

120	Velthof, G.L., W. Bussink, W. van Dijk, P. Groenendijk, J.F.M. Huijsmans, W.A.J. van Pul, J.J. Schröder, Th.V. Vellinga en O. Oenema (2013). <i>Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest, versie 1.0.</i>	129	Velthof, G.L., F.H. Kistenkas, P. Groenendijk, E.M.P.M. van Boekel en O. Oenema (2018). <i>Wettelijk instrumentarium voor landbouwmaatregelen om waterkwaliteit te verbeteren. Realisatie van nutriëntendoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water.</i>
121	Bakker, E. de, H. Dagevos, E. van Mil, P. van der Wielen, I. Terluin & A. van den Ham (2013). <i>Energieke zoektochten naar verduurzaming in landbouw en voedsel; Paradigma's en praktijken.</i>	130	Westerink, J., D.A. Kamphorst, E. de Wit, C.M. van der Heide, T.A. de Boer en A.L. Gerritsen (2018). <i>Van meerdere kanten bekeken. Een meervoudig analyse- & evaluatiekader voor beleid gericht op maatschappelijke betrokkenheid bij natuur; op maat te maken met behulp van kaarten.</i>
122	Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, H.J. Venema & J.J. Jongsma (2013). <i>Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2010.</i>	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>
123	Silvis, H.J. and C.M. van der Heide (2013). <i>Economic viewpoints on ecosystem services.</i>	132	Haas, W. de, J.L.M. Donders (2021). <i>Vertrouwen in natuurbeleid? Naar een typologie van verzet.</i>
124	Ottburg, F.G.W.A. & C.A.M. van Swaay (2014). <i>Gunstige referentiewaarden voor populatieomvang en verspreidingsgebied van soorten van bijlage II, IV en V van de Habitatrichtlijn in Nederland.</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>
125	Bijlsma, R.J., J.A.M. Janssen, E.J. Weeda & J.H.J. Schaminée (2014). <i>Gunstige referentiewaarden voor oppervlakte en verspreidingsgebied van Natura 2000-habitattypen in Nederland.</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>
126	Boer de, T.A., A.T. de Blaeij, B.H.M. Elands, H.C.M. de Bakker, C.S.A. van Koppen en A.E. Buijs (2014). <i>Maatschappelijk draagvlak voor natuur en natuurbeleid in 2013.</i>		
127	Mattijssen, T.J.M., A.E. Buijs, B.H.M. Elands & R.I. van Dam (2015). <i>De betekenis van groene burgerinitiatieven; analyse van kenmerken en effecten van 264 initiatieven in Nederland.</i>		
128	I.M. Bouwma, J.L.M. Donders, D.A. Kamphorst, J.Y. Frissel, R.M.A. Wegman, H.A.M. Meeuwssen & L.M. Jones-Walters (2016). <i>Stakeholder perceptions in relation to changes in the management of Natura 2000 sites and the causes and consequences of change. A survey in England, Flanders, France and the Netherlands.</i>		



Thema Basisregistratie Ondergrond

Wettelijke Onderzoekstaken

Natuur & Milieu

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T (0317) 48 54 71

E info.wnm@wur.nl

ISSN 1871-028X

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 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, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

