



## Bodemdatabank-STAT: Koppeling van statistische bodemgegevens aan de bodemkaart gebaseerd op de bodemdata van de DOV-bodemdatabank

▲ Eindrapport

## **Bodemdatabank-STAT**

Deze studie beschrijft de resultaten voor de opdracht 'Bodemdatabank-STAT: Koppeling van statistische bodemgegevens aan de bodemkaart gebaseerd op de bodemdata van de DOV-bodemdatabank.

---

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

---

## **COLOFON**

### **Verantwoordelijke uitgever**

Ivo Palmers  
Departement Omgeving  
Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel  
vpo.omgeving@vlaanderen.be  
www.omgevingvlaanderen.be

### **Auteurs**

Kelly Wittemans – Afdeling Bos, Natuur en Landschap, KU Leuven  
Sam Ottoy – Afdeling Bos, Natuur en Landschap, KU Leuven  
Katrien Oorts – Vlaams Planbureau voor Omgeving, Departement Omgeving  
Johan De Ruyck – GeoSolutions  
Liselotte Erauw – GeoSolutions  
Dries Luts – Vlaams Planbureau voor Omgeving, Departement Omgeving  
Joost Salomez – Vlaams Planbureau voor Omgeving, Departement Omgeving  
Karen Vancampenhout – Afdeling Bos, Natuur en Landschap, KU Leuven  
Jos Van Orshoven – Afdeling Bos, Natuur en Landschap, KU Leuven

### **Depotnummer**

D/2024/3241/105

### **Wijze van citeren**

Wittemans, K., Ottoy, S., Oorts, K., De Ruyck, J., Erauw, L., Luts, D., Salomez, J., Vancampenhout, K., Van Orshoven, J., (2023). Bodemdatabank-STAT: Koppeling van statistische bodemgegevens aan de bodemkaart gebaseerd op de bodemdata van de DOV-bodemdatabank. Studie uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Planbureau voor Omgeving (Departement Omgeving).

## **PARTNERS**





# INHOUDSTAFEL

Inleiding	6
Werkpakket 1: Voorstel methodes voor statistische verwerking van bodemdata .....	7
<i>Digital Soil Mapping</i>	7
<i>Machine Learning</i> algoritmes	9
Geostatistische methodes	14
Methodes gebaseerd op expertenkennis	16
Hybride methodes	17
Bijzondere gevallen	18
Ruimtelijke generalisatiemethodes	18
Representatieve profielen	19
Statistische profielen via class- of geomatching	19
Aardewerk-STAT	20
Vergelijking <i>Digital Soil Mapping</i> en ruimtelijke generalisatiemethodes	26
Combinatie <i>Digital Soil Mapping</i> en ruimtelijke generalisatiemethodes	27
Andere landen of organisaties	27
Ierland	27
Verenigd Koninkrijk	28
Nederland	28
European Soil Data Centre	29
ISRIC – World Soil Information	29
Werkpakket 2: Selectie methode en uitwerking van het algoritme .....	31
Selectie methode	31
Uitwerking algoritme	32
Afhankelijke variabelen	34
Onafhankelijke variabelen	36
<i>Machine Learning</i> model	41
Werkpakket 3: Ontwikkeling van de applicatie .....	43
Omschrijving	43
Ontwikkeling applicatie	43
Technische voorschriften van de ontwikkeling:	43
Gebruikersrollen en User story's	43
Opmerkingen	44
Risico's	45
Architectuur	46
Vereisten	46
User Story #2959: Als gebruiker wil ik dieptefuncties opvragen voor een bepaalde locatie	47
User Story #2960: Als gebruiker wil ik dieptefuncties kunnen opvragen via een extra attribuut bij de bodemkaart	51
User Story #2961: Als gebruiker wil ik dieptefuncties kunnen opvragen voor een polygoon	57
Optimalisatie	62
Openstaande acceptatiecriteria	62
Optimalisaties out of Scope in deze onderzoeksopdracht	62
Optimalisatie High Charts	63
Optimalisatie van onopgeloste tickets	63
Werkpakket 4: Gebiedsdekkende referentiedataset.....	64
High Performance Computer	64
Validatie Rasterlagen	66
Model fit	66
Predictoren	68
Rasterlagen	68
Discussie en conclusie.....	71
<i>Digital Soil Mapping</i>	71
Webapplicatie	72



## INLEIDING

Het Bodemdatabank-STAT project heeft als doel de ontwikkeling van een webapplicatie die de gebruiker toegang geeft om voor alle bodemkaartenheden of groepen van bodemkaartenheden van de 'Digitale bodemkaart van het Vlaams Gewest' statistische bodemgegevens op te vragen. Deze gegevens omvatten kenmerken en observaties van bodemprofielen, evenals observaties van staalnamelagen of bodemmonsters.

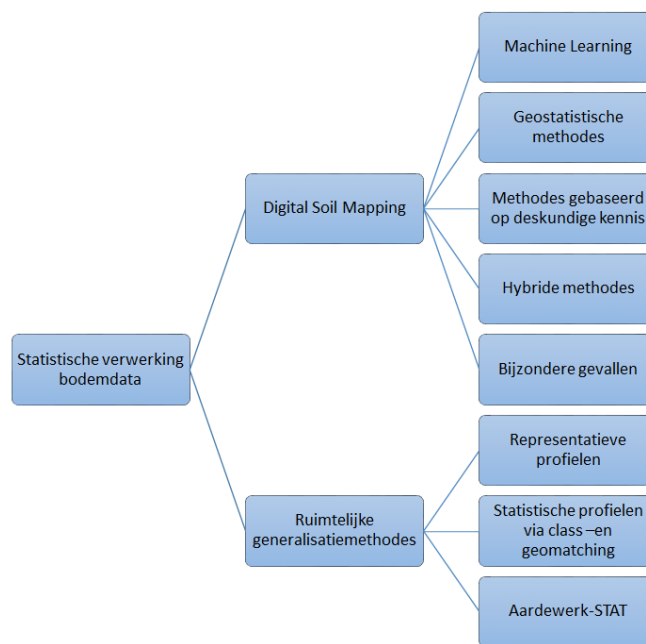
Gebiedsdekkende bodeminformatie is van cruciaal belang voor onder meer de regionale begroting van koolstofvoorraden, waterstromen en nutriëntenstromen. Toch is de ruimtelijke dichtheid van beschikbare bodemprofielcollecties te beperkt en te heterogeen over het grondgebied om ten minste één observatie aan elke combinatie van bodem- en landgebruiktype (i.e. landeenheid) te kunnen toewijzen. Om tegemoet te komen aan deze beperking, werden ruimtelijke generalisatiemethodes en *Digital Soil Mapping* (DSM) methodes ontwikkeld. Ruimtelijke generalisatie verwijst naar methodes die één of meerdere bodemprofielen toewijzen per landeenheid. In 2012 werd een specifieke ruimtelijke generalisatiemethode uitgewerkt voor Vlaanderen, de Aardewerk-STAT methode. De Aardewerk-STAT methode omvat meervoudige, hiërarchische veralgemeningsniveaus. Deze benadering maakt optimaal gebruik van de beschikbare data door te werken met gedetailleerde landeenheden op plaatsen waar voldoende gegevens beschikbaar zijn en met veralgemeende eenheden elders (Ottoy *et al.*, 2015). De toepasbaarheid van deze generalisatiemethode werd nadien in meer dataschaarse omstandigheden bevestigd door toepassing op de bodemkaart voor bossen en een collectie van 276 bosbodemprofielen (Ottoy *et al.*, 2017a). Verder is er de afgelopen decennia veel vooruitgang geboekt in digitale technologieën, waaronder remote sensing, bodemspectroscopie, computercapaciteit om grote datasets te verwerken, beheer van ruimtelijke data, kwantitatieve methodes om bodem-landschapsprocessen te beschrijven en wetenschappelijke visualisatietechnieken. Dit leidde tot de ontwikkeling van DSM, i.e. tot nieuwe tools en technieken om datasets van de bodem en de omgeving te analyseren, te integreren en te visualiseren (Grunwald, 2006; Grunwald, 2009). DSM is inmiddels een succesvolle sub-discipline geworden binnen de bodemwetenschap (Minasny en McBratney, 2016).

In dit rapport worden de verschillende werkpakketten van het Bodemdatabank-STAT project toegelicht: een voorstel van de methode(s) voor de statistische verwerking van de bodemdata uit de DOV-bodemdatabank (Werkpakket 1), de selectie van de meest aangewezen methode en de verdere uitwerking van het algoritme (Werkpakket 2), de ontwikkeling van de webapplicatie (Werkpakket 3) en de opmaak van een referentiedataset met gebiedsdekkende kaarten (Werkpakket 4).

# WERKPAKKET 1: VOORSTEL METHODES VOOR STATISTISCHE VERWERKING VAN BODEMDATA

Om een overzicht te maken van de beschikbare methodes om bodemdata statistisch te verwerken, werd een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd. Hierbij vormden reeds gekende studies binnen het consortium zoals Ottoy *et al.*, 2015; Ottoy *et al.*, 2017a; Sindayihebura *et al.*, 2017 het startpunt. De bibliografieën van deze publicaties werden gebruikt om meer informatie te vinden. Vervolgens kon dit herhaald worden met de nieuw gevonden publicaties. Hierdoor konden we de literatuurlijst uitbreiden met behulp van deze ‘sneeuwbal-effect’-benadering. Daarnaast werden er ook zoekopdrachten uitgevoerd via Limo, een online zoekplatform van de KU Leuven met een uitgebreide collectie aan wetenschappelijke bronnen waaronder meer dan een miljard wetenschappelijke artikels van alle vooraanstaande uitgevers (KU Leuven, 2020). Verder werd Google Scholar, een gratis internet-zoekmachine voor wetenschappelijke literatuur, geraadpleegd.

Figuur 1 Tabel 1 geeft een schematisch overzicht weer van de gevonden technieken om bodemdata statistisch te verwerken. Deze zullen in de volgende paragrafen uiteengezet worden.



Figuur 1: Algemeen overzicht van de technieken om bodemdata statistisch te verwerken.

## DIGITAL SOIL MAPPING

Ontwikkelingen in informatica en geo-informatie hebben geleid tot mogelijkheden om de technieken om de bodem in kaart te brengen, te verbeteren. Hierbij ontstond *Digital Soil Mapping* (DSM), ook soms predictive soil mapping genoemd (Zhang *et al.*, 2017). DSM wordt volgens de International Working Group on *Digital Soil Mapping* (IUSS-Working Group-DSM) (<https://projects.au.dk/digitalsoilmapping/>) gedefinieerd als volgt:

*“The creation and the population of a geographically referenced soil database generated at a given resolution by using field and laboratory observation methods coupled with environmental data through quantitative relationships.”* (IUSS-Working Group-DSM, 2020)









een activatiefunctie de gewogen som van de inputs om naar de output. De activatiefunctie is meestal een niet-lineaire functie om niet-lineaire problemen op te lossen. ANN kan in vele applicaties worden toegepast zoals data clustering, classificatie en regressie (Shukla *et al.*, 2010; Nunes da Silva *et al.*, 2017). ANN wordt ook gebruikt in het domein van bodemkartering: bodem organische koolstof (Sindayihebura *et al.*, 2017; Were *et al.*, 2015), bodem taxonomische eenheden (Bagheri Bodaghabadi *et al.*, 2016; Brungard *et al.*, 2015; Hueng *et al.*, 2016) en textuur (Sindayihebura *et al.*, 2017; Song *et al.*, 2016).

#### **1.1.1.3 Geographically weighted regression**

GWR werd ontwikkeld door Brunson *et al.* (1996) en Fotheringham *et al.* (2002) om het probleem betreffende de ruimtelijk invariabele relatie tussen de afhankelijke variabele en onafhankelijke variabelen te behandelen. Bij GWR variëren de relaties tussen de afhankelijke variabele en de predictoren (i.e. omgevingsvariabelen) binnen het studiegebied. De parameters van de regressiemodellen (i.e. de coëfficiënten voor de omgevingsvariabelen) worden geschat op elke locatie in het studiegebied. In plaats van één globaal model te maken voor het hele studiegebied, worden lokale modellen ontwikkeld rond een aantal datapunten in het studiegebied. Bij deze methode worden de datapunten invers gewogen door middel van een afstandsvervalfunctie. Als gevolg hebben datapunten die dicht bij het regressiepunt liggen meer invloed op de regressiecoëfficiënten dan datapunten die verder weg liggen. De gekozen bandbreedte voor de gewogen functies heeft bijgevolg een grote impact op het resultaat van GWR (Brunson *et al.*, 1996; Fotheringham *et al.*, 2002). Het is mogelijk om de bandbreedte aan te passen aan de dichtheid van de datapunten (Mishra *et al.*, 2010). GWR is dus een simpele en flexibele methode die rekening houdt met de ruimtelijke variabiliteit. De methode houdt echter niet direct rekening met ruimtelijke afhankelijkheid (Kumar *et al.*, 2012). Daarnaast moet er bij GWR opgepast worden voor multicollineariteit en ruimtelijke random effecten (Song *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2011). Binnen bodemkartering wordt GWR voornamelijk gebruikt voor het karteren van bodem organische koolstof (Kumar *et al.*, 2012; Mishra *et al.*, 2010; Song *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2011).

#### **1.1.1.4 Andere Machine Learning algoritmes**

Er bestaan nog verschillende andere *Machine Learning* algoritmes. Wanneer bodemdata beschikbaar is, wordt meestal gebruik gemaakt van supervised *Machine Learning* algoritmes. Tabel 2 geeft een overzicht van supervised *Machine Learning* algoritmes gebruikt in DSM (Hueng *et al.*, 2016; McBratney *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2017).











































## WERKPAKKET 2: SELECTIE METHODE EN UITWERKING VAN HET ALGORITME

### SELECTIE METHODE

Op basis van werkpakket 1 waarin methodes voor de statistische verwerking van bodemdata werden opgesteld en de bespreking ervan met de projectstuurgroep op 5 oktober 2020 werd een geschikte methode geselecteerd. Hiervoor werd een kritische analyse gemaakt tussen ruimtelijke generalisatiemethodes en *Digital Soil Mapping* (DSM) (cf. Tabel 10).

Uit deze analyse komt DSM naar voren als de meest aangewezen methode omwille van meerdere elementen, met name:

1. Als een **accurate, state-of-the-art** methode met een groeiende wetenschappelijke interesse, alsook een groot aantal toepassingen, biedt DSM vele mogelijkheden. Er zijn momenteel talrijke wetenschappelijke publicaties die verduidelijken hoe en waarom deze methode gebruikt wordt (Minasny en McBratney, 2016). Bovendien heeft DSM de laatste decennia de overgang gemaakt van de academische wereld naar de operationele karteringstoepassingen. Dit is onder meer zichtbaar in de vele projecten in het buitenland (cf. § Andere landen of organisaties).
2. De output van DSM is een rasterlaag per bodemeigenschap. Het voordeel voor de gebruiker is dat deze een **direct inzicht** krijgt in bepaalde bodemeenschappen met behulp van gebiedsdekkende informatie waarvan de kwaliteit bekend is. Verder is het mogelijk deze output **gemakkelijk te integreren** in andere modellen.
3. In tegenstelling tot de ruimtelijke generalisatiemethodes waarbij de bodemkaart als ‘receptor’ wordt beschouwd, wordt bij DSM de bodemkaart gebruikt als één van de ‘predictoren’. Dit laat toe om bodemeenschappen met **een continue variatie en een hogere resolutie** (dan de bodemkaart) te bepalen op voorwaarde dat andere predictoren (bv. afgeleiden van een hoogtemodel) beschikbaar zijn met hogere ruimtelijke resolutie dan de bodemkaart.
4. Om de Aardewerk-STAT methode te optimaliseren zou het noodzakelijk zijn de DOV-databank, meer bepaald de horizontensequenties, te **harmoniseren**. Dit is tijdsintensief werk. Voor DSM is het **niet nodig** deze stap uit te voeren (tenzij horizontensequentie als één van de te karteren variabelen wordt beschouwd). Hierdoor kan de data uit de DOV bodemdatabank na enige preprocessing direct gebruikt worden.
5. DSM kan ontbrekende data in de DOV databank (over de afhankelijke variabelen) relatief makkelijk accommoderen door informatie van omgevingsvariabelen te gebruiken. Op deze manier kan **gebiedsdekkende** informatie bekomen worden.
6. Ten slotte maakt DSM optimaal gebruik van **alle beschikbare data** zowel data van profielen als monsterstalen. Data uit andere bronnen (bv. citizen science projecten, bodemkundige dienst, etc.) kunnen ook relatief makkelijk geïntegreerd worden in een DSM model.

Om een goede inschatting te kunnen maken, werd de voorgestelde methode gebaseerd op DSM vergeleken met de voorgaande Aardewerk-STAT methode uit 2012. De vergelijking wordt in Tabel 11 weergegeven.











































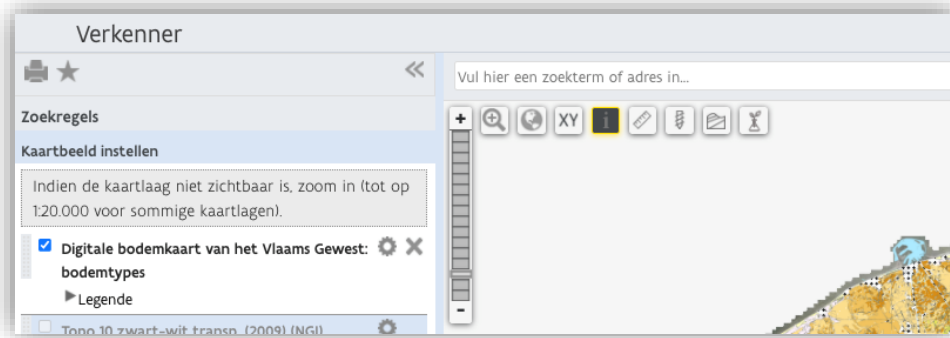




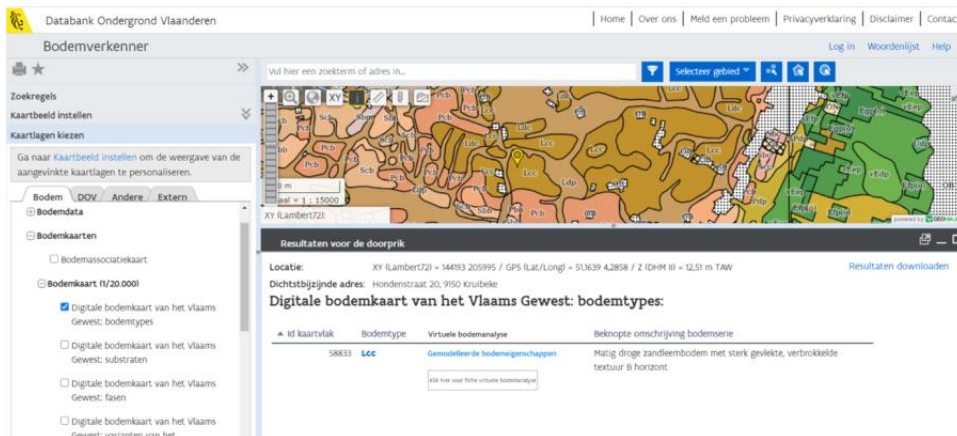
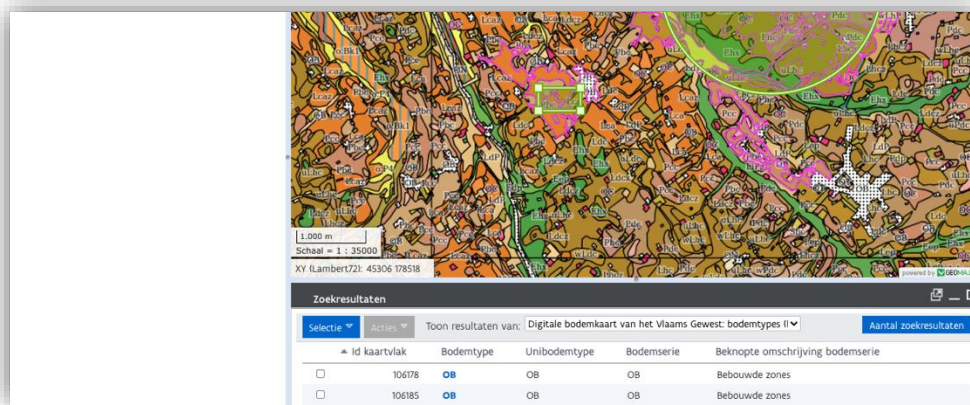








Figuur 19: Gebruik i-icoon voor een doorprk



Figuur 20: In het venster zoekresultaten verschijnt een lijst van elementen (kaartvlakken). Let op: LET OP: het veld 'Virtuele bodemanalyse' is nog niet beschikbaar in de bodemkaart in de DOV-verkenner. Dit wordt later toegevoegd.

### Specifiek gebied:

Haal virtuele bodemanalyse op voor actieve geografische filter(s) (groen aangeduide zoekgebieden in de DOV-verkenner)

Digitale bodemkaart van het Vlaams Gewest: bodemtypes

Beschrijving:

Digitale bodemkaart van het Vlaams Gewest: bodemtypes

OPEN FICHE VOOR SPECIFIEK GEBIED

Om een nieuwe polygoon te selecteren, sluit deze pop-up en gebruik de polygoon zoekregels van de DOV-verkenner

### Fiche virtuele bodemanalyse

**Kies een tijdsperiode**

Basisdata bodemkartering  
 Recente bodemdata

**Kies bodemeigenschappen**

Alles  Organische koolstof (%)  pH H2O

TOON DIEPTEPROFIELEN

**Locatie beschrijving**

Getekend TESTgebied

### Fiche virtuele bodemanalyse

#### Kies een tijdsperiode

- Basisdata bodemkartering (1945-1975)  
 Recente bodemdata (1975-heden): nog niet beschikbaar

#### Kies bodemeigenschappen

- Alles  Fractie klei (%)  Fractie leem (%)  Fractie fijn zand (%)  Fractie grof zand (%)  
 Fractie zand (%)  Fractie grind (%)  Organische koolstof (%)  Totale sorptiecapaciteit (meq/100g)  
 Minerale sorptiecapaciteit (meq/100g)  Organische sorptiecapaciteit (meq/100g)  pH H2O  
 pH KCl/pH CaCl2  Calciumcarbonaat gehalte (CaCO3) (%)

TOON DIEPTEPROFIELEN

### Diepteprofielen

Selecteer een tijdsperiode en minstens één bodemeigenschap om de diepteprofielen te visualiseren

### Beschrijving gebied

Bodemkaartpolygoon 58833 (bodemtype Lcc)

Figuur 21: Beschrijving gebied voor een polygoon



























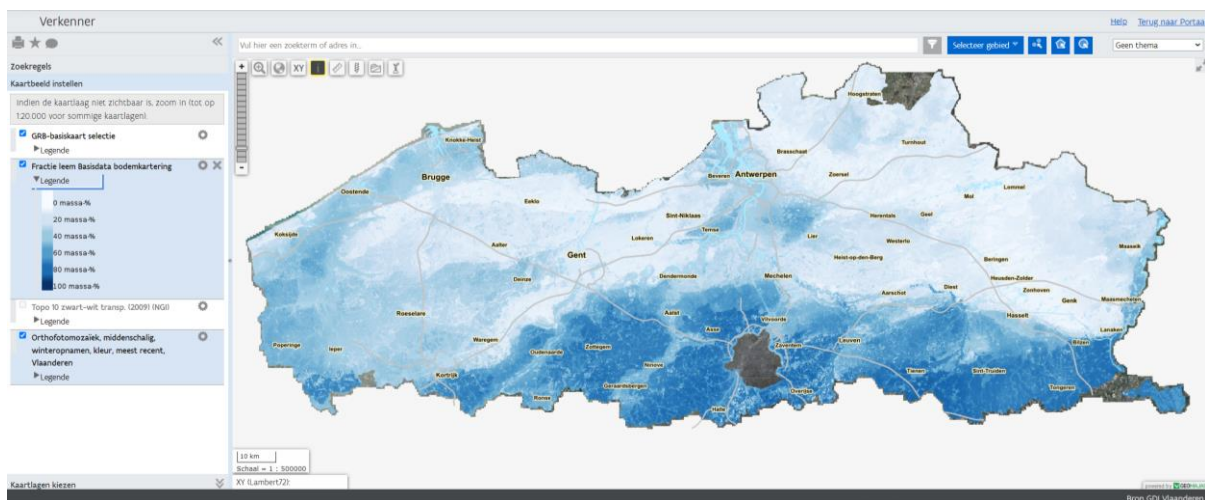
	2	11,10	0,86
	3	16,51	0,73
	4	20,49	0,62
	5	23,27	0,51
<b>Fractie fijn zand</b>	1	10,01	0,81
	2	10,23	0,81
	3	14,74	0,70
	4	18,82	0,57
	5	21,17	0,47
<b>Fractie grof zand</b>	1	6,11	0,74
	2	6,08	0,74
	3	7,47	0,58
	4	9,38	0,47
	5	11,11	0,43
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	1	0,74	0,46
	2	0,72	0,49
	3	0,71	0,60
	4	0,72	0,60
	5	0,77	0,58
<b>pH KCl</b>	1	0,86	0,45
	2	0,76	0,52
	3	0,71	0,59
	4	0,71	0,62
	5	0,76	0,62
<b>*CaCO<sub>3</sub> (calciumcarbonaat gehalte)</b>	1	-	-
	2	-	-
	3	3,45	0,54
	4	4,34	0,38
	5	3,35	0,47
<b>*Organische koolstof</b>	1	5,35	0,04
	2	1,73	0,20
	3	1,25	0,11
	4	1,45	0,06
	5	1,24	0,04
<b>*Fractie grind</b>	1	NA	NA
	2	NA	NA
	3	NA	NA
	4	NA	NA
	5	NA	NA
<b>*Minerale sorptiecapaciteit</b>	1	19,03	0,10
	2	18,78	0,08
	3	7,80	0,46
	4	7,43	0,41



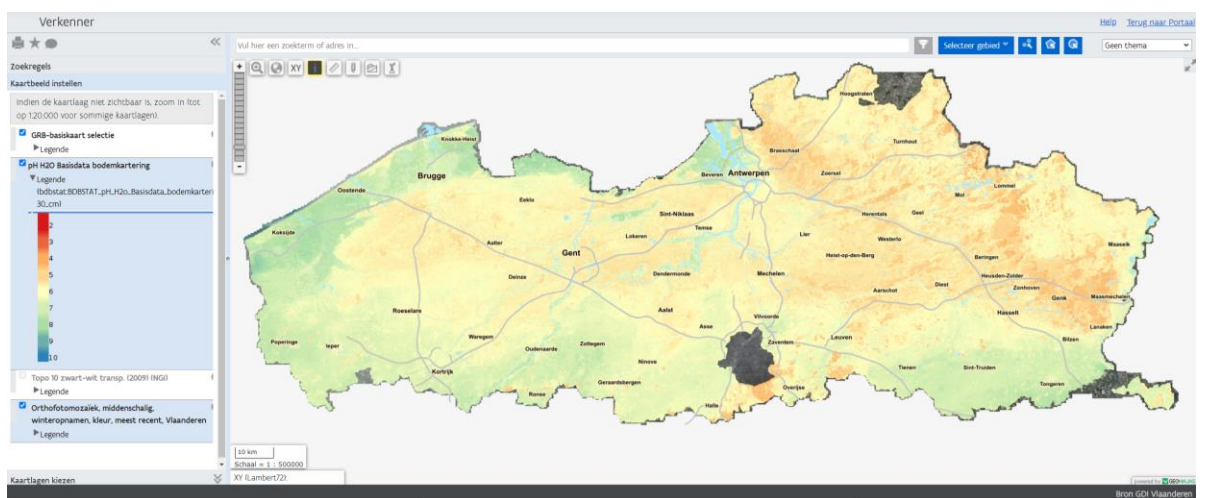


De zeer lage  $R^2$  waarden voor organische koolstof duiden op een probleem bij de digital soil mapping voor organische koolstof. Landgebruik heeft een belangrijke invloed op organische koolstof maar landgebruikskarten van in de periode 1945-1975 waren niet beschikbaar. Dit kan deels de slechte goodness-of-fit verklaren. Ondanks de lage  $R^2$ - en hoge RMSE-waarden zijn ook enkele trends zichtbaar. Zo komen bodems met een hoger organischekoolstofpercentage voornamelijk overeen met alluviale bodems. De rasterlagen van deze bodemeigenschappen worden dan ook niet weerhouden voor publicatie.

De goodness-of-fit indicatoren tonen ook een aanvaardbare model fit voor de pH-rasterlagen. De pH- $H_2O$  is -zoals verwacht - hoger dan de pH-KCl. Zuurdere bodems komen in het algemeen overeen met bodems onder bos. Deze resultaten worden ook deels weerspiegeld in de  $CaCO_3$ -rasterlagen, met kalkrijke bodems in de polderregio en Zuid-Limburg. Deze  $CaCO_3$ -rasterlagen worden later gepubliceerd door problemen met de doorrekening van de rasterlagen voor deze bodemeigenschap voor de 2 bovenste diepte-intervallen.



Figuur 36: Gemodelleerde fractie leem (massaprocent) voor het bodemdiepteinterval 0-10 cm in de online DOV-verkenner.



Figuur 37: Gemodelleerde pH  $H_2O$  voor het bodemdiepteinterval 10-30 cm in de online DOV-verkenner.





























# APPENDIX

## APPENDIX 1: R SCRIPTS

R scripts werden apart aangeleverd in volgende bestanden

- Afhankelijke\_variabelen.R
- Onafhankelijke\_variabelen.R
- hpc\_BDS\_klei\_1.R
- hpc\_BDS\_klei\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_klei\_2.R
- hpc\_BDS\_klei\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_klei\_3.R
- hpc\_BDS\_klei\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_klei\_4.R
- hpc\_BDS\_klei\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_klei\_5.R
- hpc\_BDS\_klei\_5\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_leem\_1.R
- hpc\_BDS\_leem\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_leem\_2.R
- hpc\_BDS\_leem\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_leem\_3.R
- hpc\_BDS\_leem\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_leem\_4.R
- hpc\_BDS\_leem\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_leem\_5.R
- hpc\_BDS\_leem\_5\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_1.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_2.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_3.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_4.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_5.R
- hpc\_BDS\_fijnzand\_5\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_1.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_2.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_3.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_4.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_grofzand\_5.R





- hpc\_BDS\_sorptie\_org\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_org\_5.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_org\_5\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_1.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_2.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_3.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_4.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_5.R
- hpc\_BDS\_sorptie\_tot\_5\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_1.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_2.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_3.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_4.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_5.R
- hpc\_BDS\_pH\_H2O\_5\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_1.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_2.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_3.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_4.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_5.R
- hpc\_BDS\_pH\_KCl\_5\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_1.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_1\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_2.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_2\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_3.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_3\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_4.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_4\_betrouwbaarheid.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_5.R
- hpc\_BDS\_CaCO3\_5\_betrouwbaarheid.R

## APPENDIX 2: RASTERLAGEN

Lijst met doorgerekende aparte rasterlagen:





- Fractie zand Basisdata bodemkartering 60- 100 cm
- Fractie zand Basisdata bodemkartering 60- 100 cm betrouwbaarheid
- Fractie zand Basisdata bodemkartering 100- 150 cm
- Fractie zand Basisdata bodemkartering 100- 150 cm betrouwbaarheid
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 0- 10 cm
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 0- 10 cm betrouwbaarheid
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 10- 30 cm
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 10- 30 cm betrouwbaarheid
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 30- 60 cm
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 30- 60 cm betrouwbaarheid
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 60- 100 cm
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 60- 100 cm betrouwbaarheid
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 100- 150 cm
- Fractie grind Basisdata bodemkartering 100- 150 cm betrouwbaarheid
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 0- 10 cm
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 0- 10 cm betrouwbaarheid
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 10- 30 cm
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 10- 30 cm betrouwbaarheid
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 30- 60 cm
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 30- 60 cm betrouwbaarheid
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 60- 100 cm
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 60- 100 cm betrouwbaarheid
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 100- 150 cm
- Organische koolstof Basisdata bodemkartering 100- 150 cm betrouwbaarheid
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 0- 10 cm
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 0- 10 cm betrouwbaarheid
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 10- 30 cm
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 10- 30 cm betrouwbaarheid
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 30- 60 cm
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 30- 60 cm betrouwbaarheid
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 60- 100 cm
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 60- 100 cm betrouwbaarheid
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 100- 150 cm
- Totale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 100- 150 cm betrouwbaarheid
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 0- 10 cm
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 0- 10 cm betrouwbaarheid
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 10- 30 cm
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 10- 30 cm betrouwbaarheid
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 30- 60 cm
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 30- 60 cm betrouwbaarheid
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 60- 100 cm
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 60- 100 cm betrouwbaarheid
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 100- 150 cm
- Minerale sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 100- 150 cm betrouwbaarheid
- Organische sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 0- 10 cm
- Organische sorptiecapaciteit Basisdata bodemkartering 0- 10 cm betrouwbaarheid















