



**Vlaanderen**  
is omgeving



## **Veen in Vlaamse bodem en ondergrond in relatie tot klimaat en boven- en ondergronds ruimtegebruik**

 **Eindrapport**

DEPARTEMENT  
OMGEVING

[omgevingvlaanderen.be](http://omgevingvlaanderen.be)

## **Veen in Vlaamse bodem en ondergrond in relatie tot klimaat en boven- en ondergronds ruimtegebruik**

---

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

---

### **COLOFON**

#### **Verantwoordelijke uitgever**

Peter Cabus

Departement Omgeving

Vlaams Planbureau voor Omgeving

Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel

[vpo.omgeving@vlaanderen.be](mailto:vpo.omgeving@vlaanderen.be)

[www.omgevingvlaanderen.be](http://www.omgevingvlaanderen.be)

#### **Auteurs**

Ward Swinnen – KU Leuven, Afdeling Geografie en Toerisme

Sam Ottoy – KU Leuven, Afdeling Bos, Natuur en Landschap

Karen Vancampenhout – KU Leuven, Afdeling Bos, Natuur en Landschap

Gert Verstraeten – KU Leuven, Afdeling Geografie en Toerisme

#### **Depotnummer**

D/2023/3241/380

## MANAGEMENTSAMENVATTING

Veen is een biologisch sediment dat zich vormt door de opeenstapeling van dood plantenmateriaal aan het bodemoppervlak. Door het hoge gehalte aan biomassa bevat veen erg veel koolstof. Wereldwijd bevat veen meer dan tweemaal zoveel koolstof als alle bovengrondse biomassa in bossen tezamen. Bijgevolg speelt veen een belangrijke rol in de koolstofbalans. Doordat veen afwijkt qua fysische en chemische eigenschappen van andere bodemsoorten resulteert een veenbodem vaak in een specifieke en unieke flora en fauna, waardoor veengebieden een hoge ecologische waarde hebben. Door de trage vorming van veen is het gevoelig voor verstoring en duurt het soms decennia tot eeuwen alvorens een veengebied zich kan herstellen van impacten zoals drainage of turfwinning. Veen komt voor in verschillende posities onder het oppervlak. Oppervlakteveen is in staat om actief te groeien en bijkomende koolstof op te nemen. Bovendien is oppervlakteveen nauw geconnecteerd met de vegetatietypes die er op groeien, waardoor het een hoge ecologische waarde heeft. Anderzijds is het door de oppervlakkige positie zeer gevoelig voor verstoringen zoals drainage of grondwerken. Begraven veen groeit niet meer actief en is door de diepere ligging vaak iets beter beschermd tegen verstoringen. Niettemin ligt ook heel wat begraven veen op relatief ondiepe posities onder het maaiveld waardoor ook dit veen gevoelig is voor uitdroging en mineralisatie bij dalende grondwaterstanden in periodes van droogte of bij intense drainage. Omwille van het grote volume aan begraven veen in bodemprofielen en de ondiepe ondergrond in Vlaanderen vormt het een groot koolstofreservoir ( $15,91 \pm 4,77$  Mt organische koolstof tot 1,5 meter diepte) dat een significant deel van de totale ondergrondse koolstofvoorraad vertegenwoordigt.

Gedetailleerde informatie over de ruimtelijke spreiding van veen in Vlaanderen kan nuttig zijn voor heel wat toepassingen. Hoewel het voorkomen van veen kan afgeleid worden uit bestaande datasets, zoals bijvoorbeeld de Belgische bodemkaart, bestaat er op Vlaamse schaal geen coherent overzicht van de beschikbare informatie over veen en de ruimtelijke spreiding ervan. Anderzijds zijn er voor Vlaanderen heel wat bronnen en datasets beschikbaar waaruit informatie over veen kan gehaald worden. Deze grote hoeveelheid aan beschikbare data laat toe om de bestaande data over veen uit deze datasets te filteren om op Vlaamse schaal een overzicht te krijgen van het voorkomen van veen.

In een eerste stap werd informatie over veen geëxtraheerd uit een reeks bestaande datasets die voor Vlaanderen informatie over veen bevatten. Deze informatie werd vervolgens geharmoniseerd en samengevoegd tot een veendatabank van 61422 observaties. Finaal werden de observaties uit deze databank gebruikt als basis voor de opmaak van een reeks veenwaarschijnlijkheidskaarten die gebiedsdekkend voor heel Vlaanderen de kans op het voorkomen van veen in een aantal dieptezones in de ondergrond weergeven.

De resultaten omvatten gebiedsdekkende veenwaarschijnlijkheidskaarten (resolutie 50 x 50 meter) die voor drie dieptezones (oppervlakte, bodemprofiel (tot 1,5 meter) en diepere ondergrond (1,5 – 10 meter)) de kans op het voorkomen van veen weergeven. De informatie uit de veendatabank werd gebruikt om deze kaarten op te stellen met behulp van *Digital Soil Mapping*-modellen.



De bekomen veenwaarschijnlijkheidskaarten geven goed de ruimtelijke variatie en de kans op het voorkomen van veen weer. Voor lokale toepassingen of toepassingen waarbij grote zekerheid over de aanwezigheid van veen vereist is met een hoog ruimtelijk detail blijft echter voorzichtigheid geboden en kan een bijkomende veldverificatie een aangewezen eerstvolgende stap zijn. Aangezien veen zeer onregelmatig kan voorkomen in het landschap kunnen de opgestelde kaarten deze variabiliteit niet perfect weergeven.

## POLICY SUMMARY

Peat is a biological sediment that forms when dead plant material accumulates at the soil surface. Due to the high biomass content peat constitutes an important carbon reservoir. Globally, peat contains more than twice as much carbon as all above-ground biomass in all forests combined. As peat has different physical and chemical properties compared to mineral soils, peatlands often support specific and unique flora and fauna, resulting in a high ecological value. Peat formation is a slow process, making peatlands sensitive to disturbance. That means that it can take peatlands several decades to centuries to recover from anthropogenic impacts such as drainage or peat cutting. Peat can occur at different positions in the subsoil. Surface peat is able to grow actively and store additional carbon. In addition, surface peat is closely connected to the vegetation types growing on top of it, giving it a high ecological value. The superficial position on the other hand makes surface peat vulnerable to disturbances such as drainage. Buried peat no longer grows actively and is often somewhat better protected against disturbances. On the other hand, due to the shallow position of these peat layers, they can be affected by desiccation or mineralisation when water tables lower in periods of drought or under intense drainage. As a result of the large volume of buried peat in soil profiles, it constitutes a large carbon reservoir ( $15.91 \pm 4.77$  Mt organic carbon until 1.5 metres depth) which represents a significant part of the total subsoil carbon stock.

Detailed information on the spatial pattern of peat occurrence in Flanders can be useful for a variety of applications. Although the presence of peat can be inferred from existing datasets such as the Belgian soil map, there is currently no coherent overview at the Flemish scale of the available data on peat and its spatial occurrence. On the other hand, a large collection of sources and datasets which contain information on peat are available for Flanders. This large amount of data can be filtered out of their original datasets to provide a detailed overview of peat presence in Flanders.

In a first phase, peat data were extracted from a set of existing datasets that contain information on peat at the Flemish scale. These data were then harmonised and combined to a peat database of 61422 observations. Finally, the observations from this database were used as input data for the construction of a set of area-wide peat probability maps that visualise probability of peat occurrence for Flanders for a set of depth intervals.

The results consist of area-wide peat probability maps (50 x 50 metres resolution) for three depth zones (surface peat, peat in the soil profile (until 1.5 metres) and peat in the subsoil (1.5 – 10 metres)). The information from the peat database was used to construct these maps using *Digital Soil Mapping* models.

**The peat probability maps provide a good depiction of the spatial variation in the probability of peat occurrence. For local applications or applications which require a high degree of certainty on the presence of peat, caution should be exercised and field verification could be an appropriate first step. As peat can occur irregularly across the landscape, the produced maps are unable to fully capture these patterns with great detail or a high degree of certainty.**



# INHOUDSTAFEL

Managementsamenvatting.....	3
Policy summary.....	5
1    Introductie.....	7
1.1    Doel van het project.....	9
2    Resultaten.....	9
2.1    Literatuurstudie: definitie van veen(gebieden).....	9
2.2    Literatuurstudie: veentypologieën.....	11
3    Inventaris beschikbare data en kwaliteitscontrole .....	13
4    Veendata: overzicht datasets .....	16
4.1    DOV bodem.....	16
4.2    Belgische bodemkaart.....	18
4.3    DOV geologie.....	19
4.3.1    Lithologische beschrijvingen.....	19
4.3.2    Informeel stratigrafie.....	20
4.3.3    Gecodeerde lithologie.....	21
4.4    Tertiair geologische kaart (1:50.000).....	22
4.5    3D geologisch model (G3Dv3).....	23
4.6    Quartair profieltypekaart.....	25
4.7    Algemene profieltypekaart van de Holocene kustafzettingen.....	26
4.8    Ondiep geologisch model Antwerpen.....	27
4.9    Grondmechanische kaarten.....	28
4.10    Biologische waarderingskaart (BWK).....	29
4.11    Veenkarteringen INBO.....	31
4.12    Bodemboringen en veendiktemetingen KU Leuven.....	32
5    Opstelling veendatabank.....	33
6    Cross-check.....	37
7    Model voor de voorspelling van veenaanwezigheid .....	40
7.1    Modelopbouw.....	40
7.2    Modelclassificatie.....	45
7.3    Oppervlakteveen.....	46
7.4    veen in het bodemprofiel.....	51
7.5    Veen in de zone 1,5 – 10 meter diepte.....	54
7.6    Veen in de zone 0 – 10 meter diepte.....	58
8    Veenvolume en koolstofbudget .....	60
9    Discussie en conclusie .....	62
9.1    Veendatabank.....	62
9.2    Digital Soil Mapping.....	63
Referenties.....	65

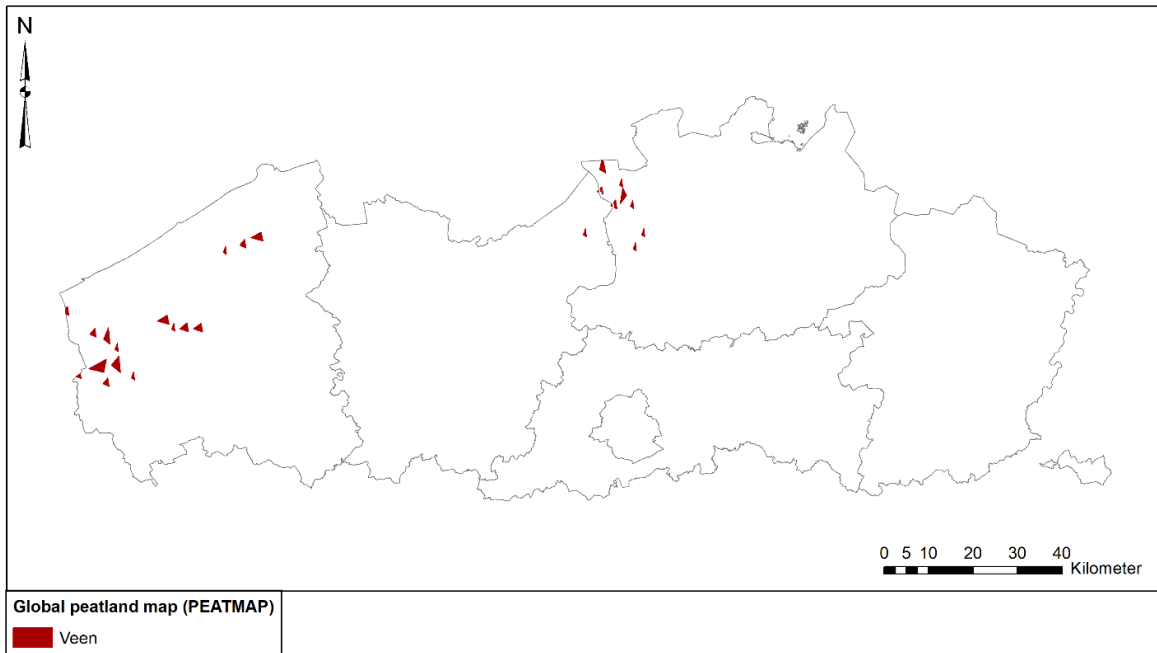


# 1 INTRODUCTIE

Wereldwijd spelen veengebieden een belangrijke rol in de koolstofcyclus. Hoewel beperkt in omvang (3% van het landoppervlak) bevatten veengebieden ongeveer één derde van de organische koolstof die wereldwijd in bodems opgeslagen ligt. Daarnaast herbergen veengebieden ongeveer 10% van de globale zoetwatervoorraden (Gorham, 1991). Veen komt voor in quasi elk ecosysteem op locaties waar de biomassa-productie op lange termijn de afbraak overschrijdt. De meest uitgestrekte veengebieden komen voor in tropische laaglanden (Zuidoost Azië, Congo- en Amazonebekkens) en in het Hoge Noorden (Canada, Siberië en Scandinavië), maar ook in andere klimaatzones komt veen lokaal veelvuldig voor (Xu et al., 2018). In een gematigd klimaat zoals dat van Vlaanderen zijn waterverzadigde (anoxische) omstandigheden vereist om veengroei toe te laten op een bepaalde locatie. Bijgevolg komt veen in gematigde klimaten voornamelijk voor in valleien, kustvlaktes en lokale depressies in het landschap. Daarnaast kunnen ook locaties met een hoge jaarlijkse neerslag veengebieden ontwikkelen (bv. de Hoge Venen). Omwille van het verspreid voorkomen van veen in gematigde klimaten en de variatie aan landschapsposities waarin veen ontwikkelt, zijn de aanwezige veenlagen zeer variabel qua dikte, diepte en ouderdom. Ook in de diepere ondergrond kunnen deze organisch-rijke sedimenten teruggevonden worden, meestal onder de vorm van ligniet. Ligniet is een zachte sedimentaire afzetting, gevormd uit gecompacteerd veen en vormt de eerste stap in de inkoling van veen. In de Vlaamse ondergrond komt ligniet voornamelijk voor in de Tertiaire afzettingen. Tijdens het Tertiair kwam lokaal veenvorming voor in kustmoerassen en moerasbossen. Deze afzettingen werden na verloop van tijd begraven en werden door de druk van de bovenliggende sedimenten omgezet naar ligniet (Gullentops & Wouters, 1996). Gezien de geologische context van de Vlaamse ondergrond waarin verspreid veen- en lignietafzettingen voorkomen en het feit dat de dynamiek van veen in gematigde klimaten weinig onderzocht zijn, zorgen ervoor dat de temporele en ruimtelijke variatie in voorkomen van veen en ligniet in Vlaanderen niet goed begrepen zijn.

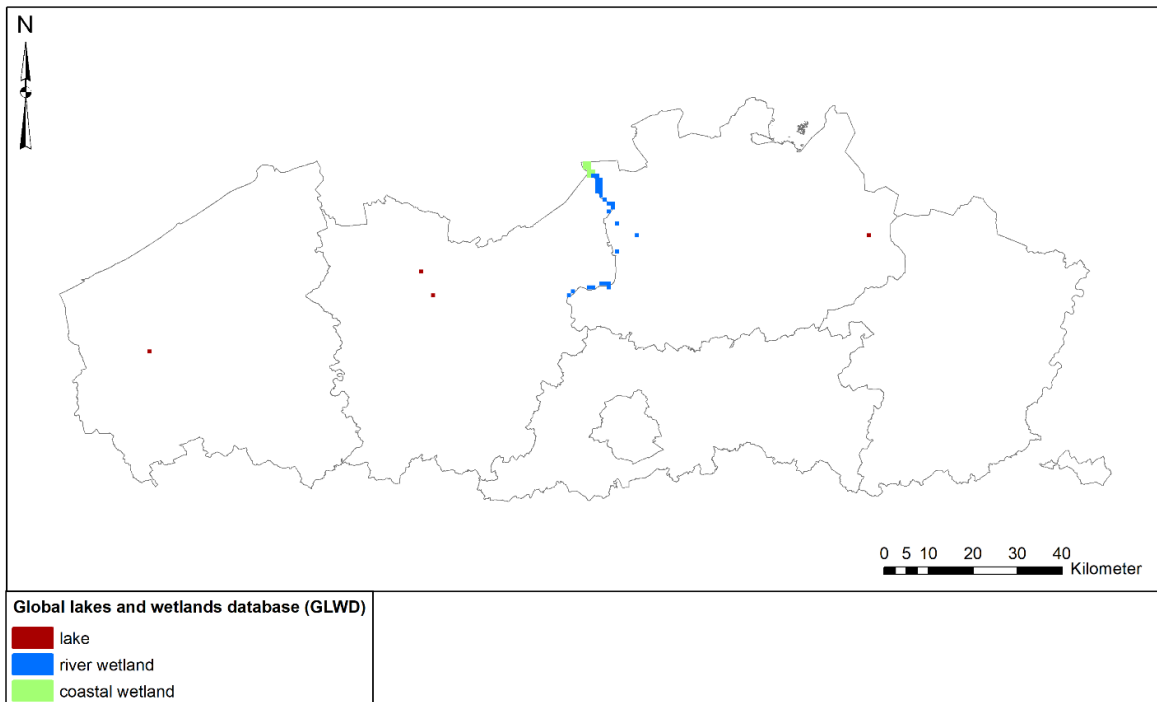
Door de lange aanwezigheid van de mens in onze contreien zijn veengebieden vaak al sterk beïnvloed door menselijke ingrepen over tijdsperiodes van eeuwen tot millennia. Dit kan gaan over zowel directe impact zoals historische turfwinningen, drainage en vergraven veen en indirecte impact zoals verstoring van de nutriëntenhuishouding, klimaat en waterkwaliteit (Swinnen et al., 2020). Hoewel voor Vlaanderen gedetailleerd kaartmateriaal beschikbaar is waarvan info over veen kan afgelezen worden (bv. Belgische bodemkaart), is er tot op heden geen veenartering beschikbaar. Bovendien zou een schatting op basis van dit kaartmateriaal een sterke onderschatting zijn van de aanwezigheid van veen. Een groot deel van de aanwezige veenafzettingen bevinden zich namelijk in een begraven positie onder het bodemprofiel, waardoor het niet zichtbaar is op bijvoorbeeld de bodemkaart (Treat et al., 2019). Hoewel op globale schaal reeds een aantal veenkaarten werden opgesteld (bv. PEATMAP) zijn deze niet zeer bruikbaar binnen een Vlaamse context (Lehner & Doell, 2004; Xu et al., 2018). Enerzijds omwille van de lage ruimtelijke resolutie van deze kaarten en anderzijds omwille van het feit dat deze globale veenkaarten meestal bestaan uit een compilatie van regionale en nationale datasets, hetgeen voor Vlaanderen tot een onvolledig resultaat leidt. De meest recente en gedetailleerde veenkaart op globale schaal is PEATMAP, die regionale, nationale en globale data combineert tot een zo gedetailleerd mogelijke kaart van veengebieden wereldwijd (Xu et al., 2018). Voor Vlaanderen toont deze dataset veen in West-Vlaanderen en rond Antwerpen (figuur 1).





Figuur 1: Uitsnede voor Vlaanderen uit de PEATMAP globale veenkaart.

Een tweede globale dataset is de Global Lakes and Wetlands Database (GLWD). Deze dataset karteert het voorkomen van meren, reservoirs, kleine waterlichamen en wetlands op globale schaal (Lehner & Doell, 2004). Eén van de gekarteerde éénheden bestaat uit veengebieden (“bogs, fens, mires (peatlands)”). Voor Vlaanderen karteert de GLWD-database geen veengebieden. Wel een aantal meren en alluviale en kustmoerassen (figuur 2). Deze beide globale datasets komen niet overeen met de bestaande informatie en expertise over het voorkomen van veen in Vlaanderen en zijn dus niet geschikt om het belang van veen in Vlaanderen correct in te schatten.



Figuur 2: Uitsnede voor Vlaanderen uit de GLWD-3 database.



Gezien de grote beschikbaarheid van informatie over de ondergrond in Vlaanderen kan een grote hoeveelheid aan data over veen verzameld worden. Een inventarisatie van de info over veen en ligniet in bestaande databanken en eventuele afgeleide producten zoals bijvoorbeeld kaartmateriaal kan zo een nuttig instrument blijken voor zowel onderzoeksdoeleinden als beleidsondersteuning. Hoewel de bestaande datasets zelden de kartering van veen als doel hadden, kunnen ze wel gecombineerd worden tot een uitgebreide databank die de huidige kennis rond veen in de ondergrond inventariseert.

## 1.1 DOEL VAN HET PROJECT

Informatie over waar, op welke diepte en in welke toestand veen zich bevindt in de Vlaamse bodem en ondergrond is belangrijk voor heel wat beleidsdomeinen en toepassingen. Er is veel informatie beschikbaar, maar deze is verspreid over verschillende datasets of niet direct bruikbaar. In deze opdracht wordt een inventaris gemaakt van de beschikbare informatie over veen zoals deze beschikbaar is in bestaande datasets. Deze worden vervolgens als basis gebruikt voor het opstellen van een veendatabank en van bijbehorend kaartmateriaal. In een laatste fase worden op basis van deze databank veenwaarschijnlijkheidskaarten opgemaakt die gebiedsdekkend voor heel Vlaanderen weergeven wat de kans is op het voorkomen van veen. Dit heeft als doel om een goed beeld te geven van de ruimtelijke spreiding van veen in Vlaanderen en kan bijvoorbeeld dienen ter ondersteuning van beschermingsmaatregelen van veen om koolstofemissies te reduceren en inklinking van het veen te vermijden. Omwille van het hoge gehalte organische koolstof van veen vormen veengebieden ook een belangrijke factor in de klimaatproblematiek. Op internationaal niveau wordt aan Vlaanderen gevraagd om de organische koolstofstocks in de bodem en ondergrond in kaart te brengen en deze kaartlaag voortdurend te optimaliseren. Tot op heden zijn de bestaande veengebieden in Vlaanderen niet gebiedsdekkend in kaart gebracht en dus ook niet systematisch verwerkt in de kartering van de organische koolstofvoorraden. Een GIS-laag van de organische koolstofvoorraden in Vlaamse bodems en ondergrond en meer in detail de veengebieden, hetgeen als eindproduct van dit project wordt vooropgesteld, is dus een belangrijk beheer- en beleidsinstrument. Dit kan gebruikt worden als basis voor beleid rond koolstofsequestratie in het kader van het Vlaams Klimaatplan, het Europese LULUCF, het klimaat-akkoord van Parijs, de duurzame ontwikkelingsdoelstellingen en het groter wordende belang van ondergronds ruimtegebruik. Daarnaast omvat het project ook een literatuurstudie van veendefinities en veentypologieën. Voor dit laatste wordt ook een aanbeveling gedaan voor het gebruik van een veentypologie bij toekomstige (overheids)studies in verband met veen. In onderstaande secties worden de bekomen resultaten besproken.

## 2 RESULTATEN

### 2.1 LITERATUURSTUDIE: DEFINITIE VAN VEEN(GEBIEDEN)

Bij gebrek aan een éénduidige definitie is het moeilijk om af te bakenen wat er precies als “veen” kan beschouwd worden. Verschillende wetenschappelijke domeinen (bodembodemkunde, sedimentologie, ecologie, ...) hanteren verschillende definities, al zijn deze soms wel op gelijkaardige criteria gebaseerd. Hieronder wordt een overzicht gegeven van veelgebruikte definities voor veen in een internationale of Vlaamse context. De meest gebruikte definitie (maar eveneens één van de meest complexe) is de definitie van de FAO voor een veenbodem (histosol). Deze definitie werd eveneens overgenomen door het IPCC (FAO, 2015, 1998; IPCC, 2006; Lourenco





## 2.2 LITERATUURSTUDIE: VEENTYPOLOGIEËN

Veenafzettingen kunnen op verscheidene manieren opgedeeld worden in verschillende categorieën en afhankelijk van de toepassing kan een veentypologie nuttige informatie opleveren voor het beheer/behoud van een veenafzetting. De bestaande classificatiesystemen baseren zich op zeer uiteenlopende informatie (hydrologisch, fysisch, chemisch en ecologisch) en variëren sterk in mate van detail en toepasbaarheid in het veld. Daarnaast zijn sommige typologieën van toepassing op veengebieden als landschapséénheid, terwijl andere ook gebruikt kunnen worden op kleinere schaal om individuele veenlagen of veenstalen te categoriseren.

Een eerste groep typologieën laat toe om veen op het niveau van individuele veenobservaties te classificeren. Hierbij worden veentypes onderscheiden volgens hun chemische, fysische of botanische eigenschappen. Bij een chemische classificatie wordt voornamelijk de nutriëntenstatus van een veengebied, variërend van oligotroof tot eutroof gebruikt als onderscheidende factor. De nutriëntenstatus van een veengebied houdt sterk verband met de lokale topografie en hydrologische situering en heeft verregaande gevolgen voor zowel de chemische processen in het veen als de vegetatietypes aan het oppervlak. Nadelen van een opdeling op basis van nutriënten zijn het feit dat het metingen vereist van de aanwezigheid van bepaalde chemische elementen en dat de huidige nutriëntenstatus van een veengebied niet noodzakelijk overeenstemt met de situatie op het moment dat het veen zich vormde (Wheeler & Proctor, 2000).

Fysische eigenschappen van veen worden in sommige gevallen ook gebruikt om veentypes te onderscheiden. In dat geval worden meestal de gehaltes aan organisch en mineraal materiaal of de graad van decompositie gebruikt als parameter. Het bekendste voorbeeld van zo'n typologie is de Von Post-schaal. De Von Post-classificatie, voorgesteld in 1924, is een tiendelig classificatiesysteem, dat oorspronkelijk ontwikkeld werd om veenbodems in het veld te classificeren op basis van visuele inspectie waaronder "eigenschappen van het water in het veen bij samenknijpen" en "eigenschappen van de plantenresten". Hoewel veelgebruikt is het een subjectieve en kwalitatieve beschrijving van (de omzettingsgraad) van veen (Grover & Baldock, 2013; Von Post, 1924). Deze classificatie werd in het verleden vaak gebruikt bij de inschatting van het landbouwpotentieel van bepaalde percelen, maar is moeilijk om objectief toe te passen, bij gebrek aan duidelijk afgebakende grenzen tussen de categorieën (Grover & Baldock, 2013).

Een laatste type van lokale veenclassificaties is de opdeling volgens botanische oorsprong. Hierbij worden veenafzettingen ingedeeld op basis van het vegetatietype op het moment van veenvorming met behulp van visuele inspectie: bv. bosveen, rietveen of zeggeveen (Inisheva, 2006). Deze typologieën worden vaak gebruikt bij ecologische en palynologische studies en landschapsreconstructies en kunnen een snelle inschatting geven van de ecohydrologische omstandigheden waaronder het veen zich gevormd heeft. Een groot nadeel van deze opdeling is de afhankelijkheid van de aanwezigheid van herkenbare macrobotanische resten in het veen. Voor veen met een hogere omzettingsgraad volstaat visuele inspectie niet om het afzettingmilieu te reconstrueren en zijn meer gedetailleerde methodes zoals pollenanalyse vereist (Allemeersch, 2010).

Daarnaast bestaat een groep typologieën die een onderscheid maakt tussen veentypes op de schaal van (een deel van) een veengebied. Sommige van deze typologieën maken een onderscheid tussen veentypes op basis van de topografie of geomorfologie van het veengebied, waarbij de positie in het landschap als discriminator wordt gebruikt. Het sterke verband tussen de topografie van veengebieden en de lokale hydrologie zorgen voor een grote variatie in fysische, chemische en





eigenschappen die vaak noodzakelijk zijn om bepaalde classificatiesystemen toe te passen. Daarnaast is het zeker voor begraven veenlagen vaak zeer moeilijk om de (paleo)landschappelijke context op het ogenblik van veenvorming te reconstrueren. **Bijgevolg wordt het gebruik van de Steckbriefe Moorsubstrate aanbevolen voor eventuele toekomstige studies in verband met veen omwille van de grote flexibiliteit en lage data-vereisten van deze typologie. Afhankelijk van het doel of de eindgebruiker kan geselecteerd worden voor een hydrogenetische, ecologische of terreinclassificatie. Aangezien de terreinclassificatie van deze typologie kan gebaseerd worden op visuele inspectie (kleur, structuur en herkenbare plantenresten) is een gedetailleerde kennis over het functioneren van een veengebied niet vereist om het veentype van een observatie te bepalen (Schulz et al., 2019).**

### 3 INVENTARIS BESCHIKBARE DATA EN KWALITEITSCONTROLE

In een eerste fase van het project werd een inventaris opgesteld van alle beschikbare datasets die direct of indirect informatie over veen (of aanverwante sedimenten) in de Vlaamse ondergrond kunnen bevatten. De uiteindelijke lijst met 22 datasets werd besproken en goedgekeurd door de stuurgroep tijdens de stuurgroepvergadering van 8 juni 2021. De kwaliteit werd beoordeeld op basis van de kenmerken van deze datasets. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen datasets met polygooninformatie (bv. bodem- en geologische kaarten) en datasets met puntgegevens (bv. boringen en sonderingen). De variabelen die gebruikt werden voor de kwaliteitscontrole van de datasets met puntgegevens zijn:

- locatie: zijn de locaties en de diepte van de veenafzettingen nauwkeurig gekend?
- dikte: is de dikte van de veenafzetting gekend of gaat het enkel om de aanduiding van de aanwezigheid van veen?
- stratigrafische positie: is de stratigrafische context van een veenlaag gekend? Komt het veen aan de oppervlakte voor of is het bedekt door andere sedimenten? Wordt daarbij ook aangegeven op welke diepte het veen zich bevindt? Wat is de hydrogeologische situatie van het veenpakket in relatie met de omringende afzettingen?
- (paleo)landschappelijke context – afzettingsmilieu: in welk afzettingsmilieu is het veen gevormd? Hoe is de palaeolandschappelijke context ingeschat?
- omzettingsgraad: Is de mate waarin het veen afgebroken is gekend? Dit kan zowel gebeurd zijn via kwalitatieve inschattingen zoals de hoeveelheid macroresten of een classificatie van de textuur (Von Post-schaal) als via kwantitatieve technieken.
- gemeten veeneigenschappen: zijn er kwantitatief gemeten eigenschappen van de veenafzettingen gekend. Dit kan bestaan uit bijvoorbeeld bulkdensiteit of gehalte organische koolstof
- leeftijd: wanneer zijn de originele opmetingen gebeurd? Oudere opmetingen zijn misschien niet meer representatief voor de huidige situatie omwille van veenextractie of oxidatie door ontwatering.

Voor datasets met polygoongegevens werden de volgende aspecten meegenomen in de kwaliteitscontrole:

- Schaal en generalisatie: ondanks het feit dat digitale kaarten op meerdere schaalniveaus raadpleegbaar zijn, is uiteindelijk elke kaartlaag geconstrueerd voor een







De koolstofsignaalkaart geeft voor alle terreinen onder beheer van ANB een inschatting van de koolstofstock in de bovenste 100 centimeter van het bodemprofiel op basis van Digital Soil Mapping. Aangezien deze kaart opgesteld is op basis van reeds bestaande data en een statistische analyse bevat ze geen bijkomende info over veen die nog niet vervat zit in de onderliggende data. Bijgevolg werd de kaart niet gebruikt als dataset. De onderliggende data zitten wel vervat in de uiteindelijke veendatabank via andere datasets.

- **Verziltingskaarten (DOV)**

De verziltingskaarten geven voor een aantal scenario's de diepte van de grens tussen zoet en brak grondwater weer voor de kustvlakte. Deze kaarten zijn gebaseerd op elektromagnetisch onderzoek, uitgevoerd met helikoptervluchten. Hoewel elektromagnetische metingen in sommige gevallen toelaten om een onderscheid te maken tussen verschillende sedimenttypes is het niet mogelijk om met voldoende betrouwbaarheid veenlagen te identificeren zonder bijkomende data en analyse.

- **Sonderingen (DOV)**

Sonderingen geven voor een bepaalde locatie weerstandsdiagrammen weer. Individuele sonderingen kunnen met behulp van andere data en expertise lithologisch en stratigrafisch geïnterpreteerd worden. Aangezien dit niet op een systematische wijze gebeurd is voor de beschikbare sonderingen zou het een te grote tijdsinvestering gevegd hebben om dit binnen het kader van dit project uit te voeren.

- **Grondmonsters**

Grondmonsters zijn gekoppeld aan boringen in DOV en bevatten informatie over een analyse op een staal. De resultaten van deze analyses kunnen zeer divers zijn. De rapporten van een analyse kunnen geëxporteerd worden. Hoewel bepaalde analyses eventuele (onrechtstreekse) info over veen kunnen bevatten (bv. organische stofgehalte), werd gekozen om deze dataset niet te gebruiken omwille van het feit dat het exporteren en verwerken van de rapporten verbonden aan deze analyses een te grote tijdsinvestering zou gevegd hebben.

- **Archeologienota's**

In archeologienota's kan informatie over veen gevonden worden. Omwille van de grote tijdsinvestering noodzakelijk voor het doornemen van deze nota's werd besloten deze dataset niet te screenen. Een deel van de veengerelateerde informatie uit deze nota's zal onrechtstreeks wel in de databank terechtkomen omwille van het feit dat deze informatie werd opgeladen in DOV.

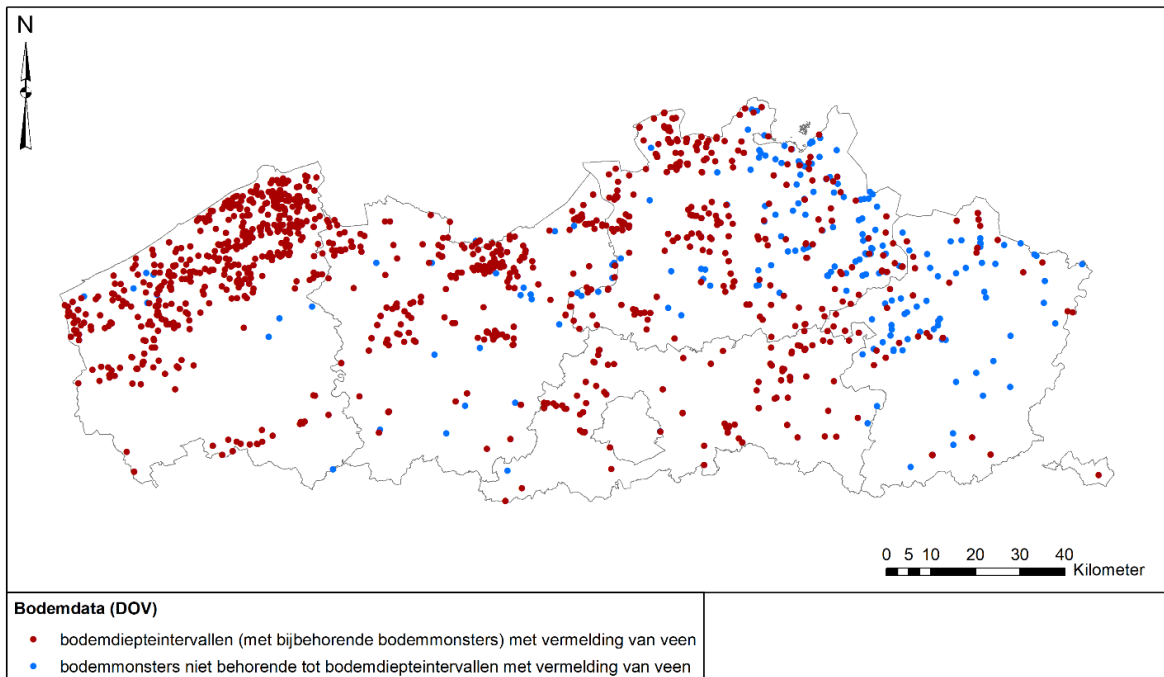
- **Verslagen infrastructuurwerken**

Deze verslagen kunnen informatie over veen bevatten, maar zouden een systematische screening moeten ondergaan om veendata te bekomen. Omwille van de grote tijdsinvestering die hiervoor nodig zou zijn en het onbekende aantal observaties dat hieruit geëxtraheerd zou kunnen worden werd besloten deze systematische verwerking niet uit te voeren.





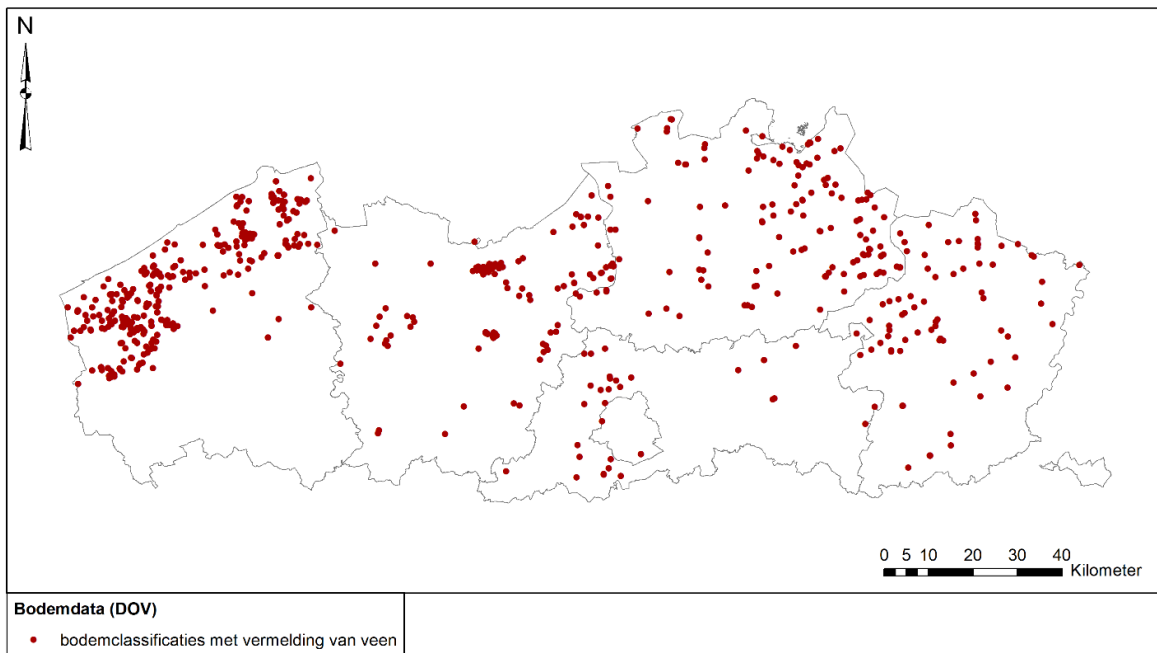
anderzijds locaties waar veen geobserveerd wordt in bodemmonsters die niet gelinkt zijn aan een specifiek diepte-interval.



Figuur 3: Kaart van de locaties van bodemmonsters, niet behorende tot diepte-intervallen (blauw) en bodem diepte-intervallen met eventuele overeenkomstige bodemmonsters (rood) met vermelding van veen uit DOV.

Daarnaast bevat het bodemluik van DOV ook veenobservaties die afgeleid kunnen worden uit data die gelden voor de gehele locatie. Deze data omvatten observaties op bodemlocaties die niet verbonden zijn aan een specifiek diepte-interval of monster en de beschikbare bodemclassificaties (al dan niet verbonden aan de kartering van de Belgische bodemkaart) (figuur 4). Deze data omvatten bijvoorbeeld locaties waarvoor het bodemtype werd bepaald, wijzend op de aanwezigheid van veen, maar er verder geen bodemmonsters of diepte-intervallen beschreven zijn. Bijgevolg is deze informatie dus van toepassing op de gehele locatie en niet enkel op een specifieke bodemhorizont of diepte-interval.





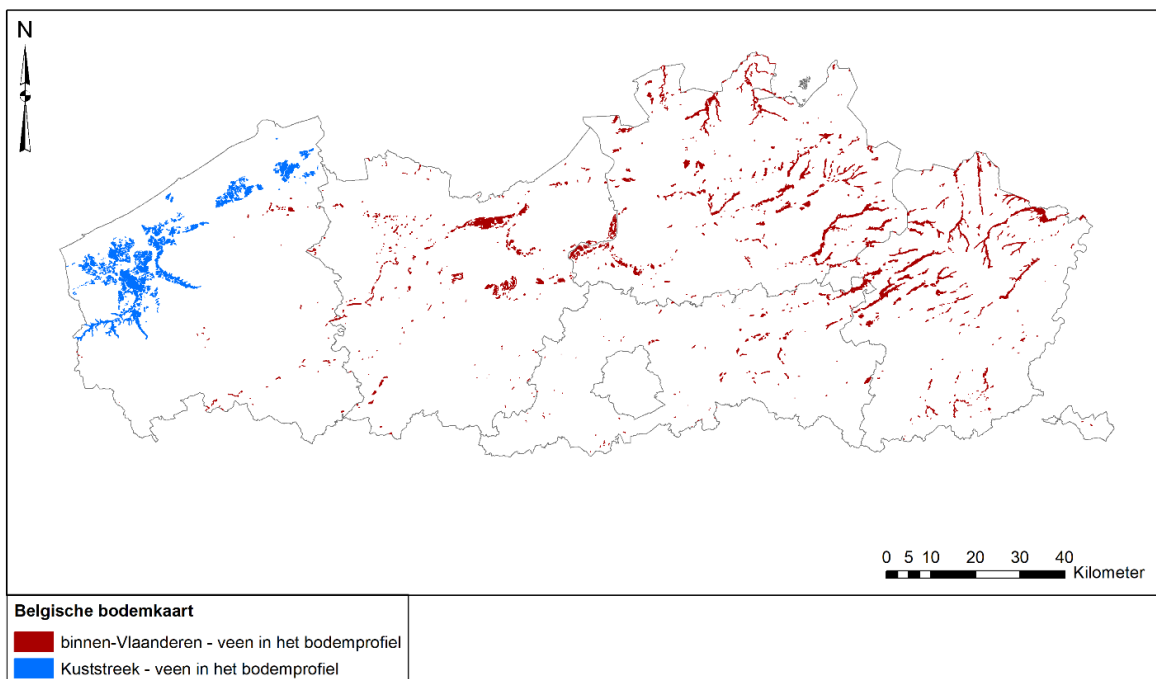
Figuur 4: Kaart van de locaties van bodemclassificaties met vermelding van veen uit DOV.

## 4.2 BELGISCHE BODEMKAART

De Belgische bodemkaart karteert voor heel Vlaanderen de bodemtypes volgens het morfogenetisch classificatiesysteem voor binnen-Vlaanderen en het geomorfologisch classificatiesysteem voor de Kuststreek op een schaal 1:20.000. Voor beide classificatiesystemen werden de bodemtypes die verwijzen naar de aanwezigheid van veen (zowel aan het oppervlak als begraven) geselecteerd. Voor de Kuststreek werden 22 bodemtypes uit de regio's Middellandpolders, Oudlandpolders en Zwin geselecteerd op basis van de beschrijving in de legende van de bodemkaart voor de Kuststreek (Van Ranst & Sys, 2000). Voor Binnen-Vlaanderen gaat het om de bodemtypes waarbij het substraat, de textuur, de variatie van het moedermateriaal of de variatie in profielontwikkeling verwijst naar veen (tabel 1, figuur 5).

Tabel 1: Overzicht van de selectiecriteria en geselecteerde éénheden voor de bodemclassificaties voor Binnen-Vlaanderen en de Kuststreek.

Regio	Selectie criterium	Geselecteerde éénheden
Binnen-Vlaanderen	Substraat	v, v-, (v), uv
	Textuur	V, V-E
	Variatie moedermateriaal	v
	Variatie profielontwikkeling	(o)(v), (v)
Kuststreek	Bodemtypes Middellandpolders	m.F1, m.F2, m.F4, m.Fc3, m.Fk2, m.Fk4, m.Fl2, m.Fl4, m.M3
	Bodemtypes Oudlandpolders	o.Ab1, o.B1, o.B2, o.B3, o.B4, o.Bk1, o.Bk2, o.Bk3, o.M2, o.Pb2, o.Tb2
	Bodemtypes Zwin	z.Kv, z.Lk4



Figuur 5: Kaart van de locaties van bodemtypes met aanwijzing van veen in het bodemprofiel, opgedeeld in de bodemclassificatie voor de Kuststreek (blauw) en Binnen-Vlaanderen (rood).

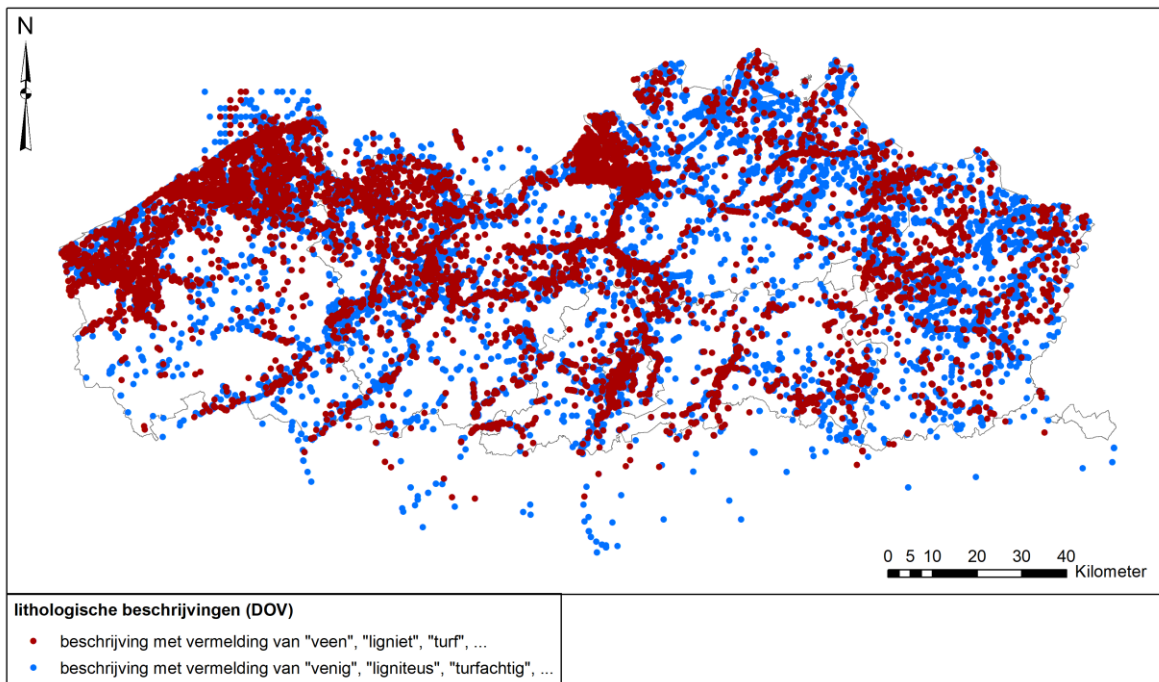
## 4.3 DOV GEOLOGIE

Ook het geologische luik van de databank ondergrond Vlaanderen bevat een grote hoeveelheid data over het voorkomen van veen en ligniet. Hierbij gaat het om zowel observaties op bepaalde locaties als polygoondata afgeleid van geologische kaarten.

### 4.3.1 Lithologische beschrijvingen

De lithologische beschrijvingen bevatten voor boringen per diepte-interval een beschrijving van het opgeboorde materiaal. Aangezien de beschrijving vrij in te vullen is varieert de mate van detail en gebruikte terminologie. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen enerzijds intervallen beschreven als veen, ligniet of met veen- of lignietlaagjes (of andere verwante terminologie zoals “turf”, “tourbe”, ...) en anderzijds intervallen met sporen van veen/ligniet, venig/ligniteus sediment, turfachtig sediment, veendetritus, ... (figuur 6). Dit resulteert in een totaal van 13420 observaties met veen of ligniet en 29000 observaties met venige, ligniteuse, turfachtige, ... sedimenten. Hoewel deze twee categorieën een variatie aan observaties omvatten werd ervoor gekozen om geen verdere opsplitsing te maken omwille van de soms beperkte informatie over de specifieke aard van de veenobservatie.



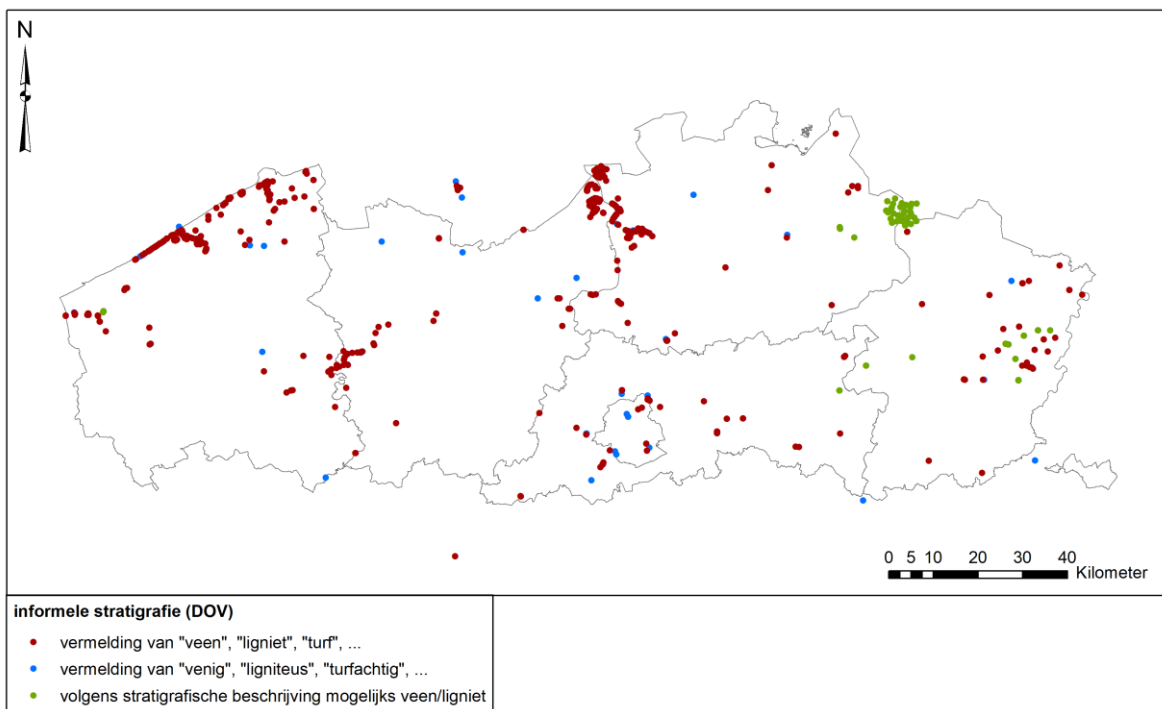


Figuur 6: Kaart van locaties met lithologische beschrijvingen met vermelding van "venig", "ligniteus", "turfachtig", ... (blauw) en met vermelding van "veen", "ligniet", "turf", .... (rood)

#### 4.3.2 Informele stratigrafie

De informele stratigrafie geeft een lithostratigrafische interpretatie per diepte-interval voor boringen. In tegenstelling tot de formele stratigrafie komt de beschrijving niet noodzakelijk overeen met de DOV-standaard. In deze beschrijvingen per diepte-interval kunnen vermeldingen van veen of ligniet teruggevonden worden. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen diepte-intervallen die beschreven werden als veen of ligniet (of andere verwante terminologie zoals "turf", "tourbe", ...), intervallen waarbij de beschrijving slechts melding maakt van sporen van veen/ligniet, venig/ligniteus sediment of veendetritus en observaties die mogelijk veen bevatten enkel op basis van stratigrafische informatie (figuur 7). Dit resulteert in een totaal van 581 observaties met veen of ligniet, 156 observaties met observaties van venige of ligniteuse sedimenten of sporen van veen en 137 observaties die mogelijk veen bevatten op basis van stratigrafische info.



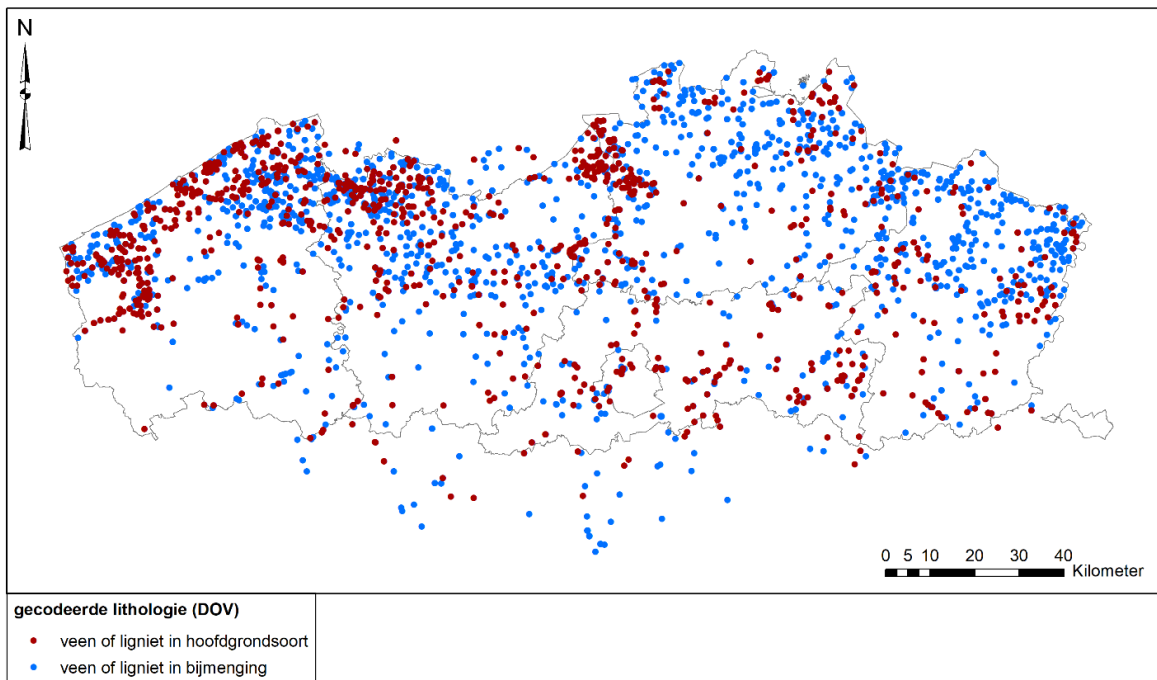


Figuur 7: Kaart van locaties met informele stratigrafie-beschrijvingen met vermelding van “venig”, “ligniteus”, “turfachtig”, ... (blauw), met vermelding van “veen”, “ligniet”, “turf”, ... (rood) en waarbij de stratigrafische beschrijving verwijst naar de mogelijke aanwezigheid van veen/ligniet (groen).

### 4.3.3 Gecodeerde lithologie

Voor heel wat boringen beschikbaar binnen DOV is een gecodeerde lithologie beschikbaar die per diepte-interval een lithologische beschrijving geeft volgens een vaste DOV-standaard. Hierbij kunnen diepte-intervallen met veen (VE) of ligniet (LG) in zowel de hoofdgrondsoort als bijmenging geïdentificeerd worden (figuur 8). Dit resulteert in 1873 observaties van veen of ligniet in de hoofdgrondsoort en 4753 observaties van veen of ligniet in de bijmenging.





Figuur 8: Kaart van locaties met gecodeerde lithologie-beschrijvingen met veen of ligniet in minstens één bijmenging (blauw) en veen of ligniet in een hoofdgrondsoort (rood).

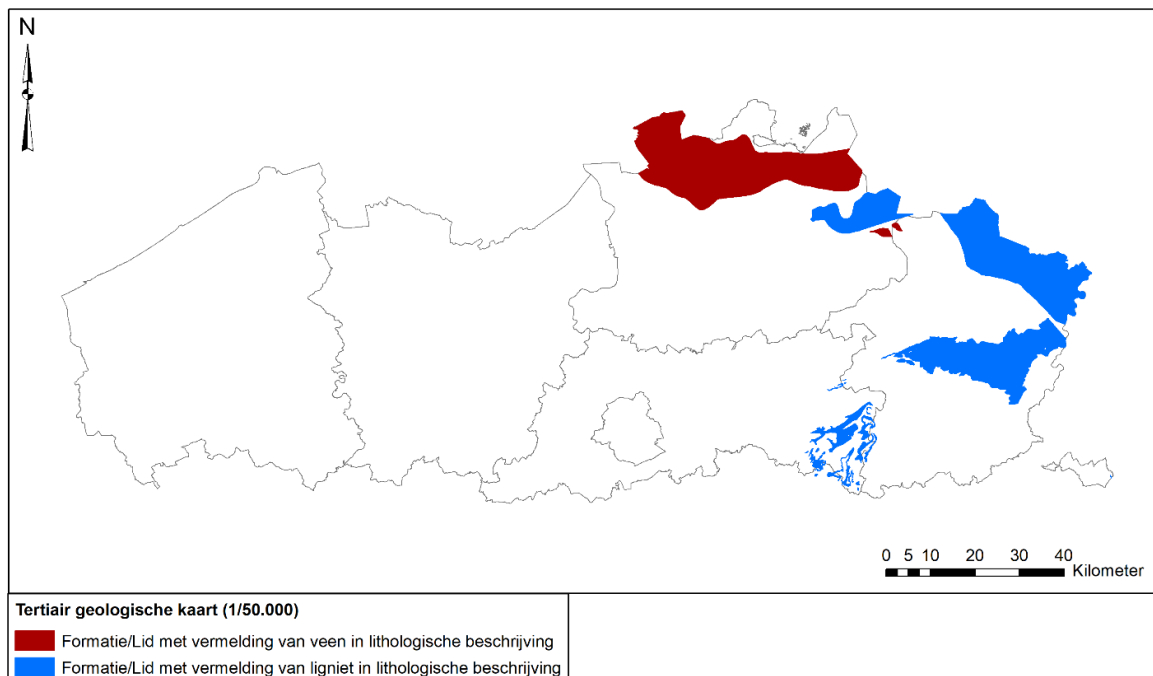
#### 4.4 TERTIAIR GEOLOGISCHE KAART (1:50.000)

Naast deze data voor puntlocaties bevat het geologische luik van DOV ook heel wat polygoondata met informatie over veen. De Tertiair geologische kaart is een gebiedsdekkende lithostratigrafische kaart die de Paleogene en Neogene formaties weergeeft zoals ze net onder het pre-Quartair erosievlak voorkomen. Deze kaart geeft niet de gehele zone weer waarin een formatie of lid voorkomt, maar wel de zone waarin een formatie/lid dagzoomt onder het Quartaire dek. Hieruit werden alle formaties/leden geselecteerd waarvoor veen of ligniet vermeld wordt in de lithologische beschrijving (figuur 9). Een overzicht van deze formaties wordt gegeven in onderstaande tabel (tabel 2). Naast de polygonenkaart met de grenzen van de verschillende karteeréenheden (figuur 9) is ook een isohypsenkaart (kaart die punten met een gelijke hoogte met elkaar verbindt) van de top van het Tertiair beschikbaar in DOV.

Tabel 2: Karteeréenheden (geologische formaties/leden) met een vermelding van veen of ligniet in de lithologische beschrijving.

Formatie	lithologische beschrijving
Formatie van Aken (Ak)	Zand, soms klei, soms ligniet.
Formatie van Bolderberg, Lid van Genk (BbGe)	Geel tot grijswit zeer fijn zand, glimmerhoudend, lignietlaagjes, grindlaagjes.
Kiezeloëlietformatie, Lid van Jagersborg (KzJa)	Wit zand, enkele kleihoudende en lignietachtige intercallaties.
Formatie van Merksplas, Lid A (MeA)	Grijs half grof tot grof zand, kwartsrijk, regelmatig dunne klei-intercallaties, glimmerhoudend, schelpfragmenten, gerold hout, veen, (sideriet)keitjes.
Formatie van Mol (MI)	Wit grof kwartszand, lignietlagen.
Formatie van Mol, Lid van Maat (MIMa)	Zwart veen (spriet) op dunne kleihoudende horizont.

Formatie van Mol, Lid van Russendorp (MIRu)	Zwart veen
Formatie van Tienen (Ti)	Zwartbruine klei, lignietrijk, witgrijsbruin zand, bleke mergel, onderaan soms grove zand- en grindlagen.



Figuur 9: Kaart van de dagzomende formaties/leden onder het Quartaire dek op de Tertiair geologische kaart met vermelding van ligniet (blauw) en veen (rood) in de lithologische beschrijvingen.

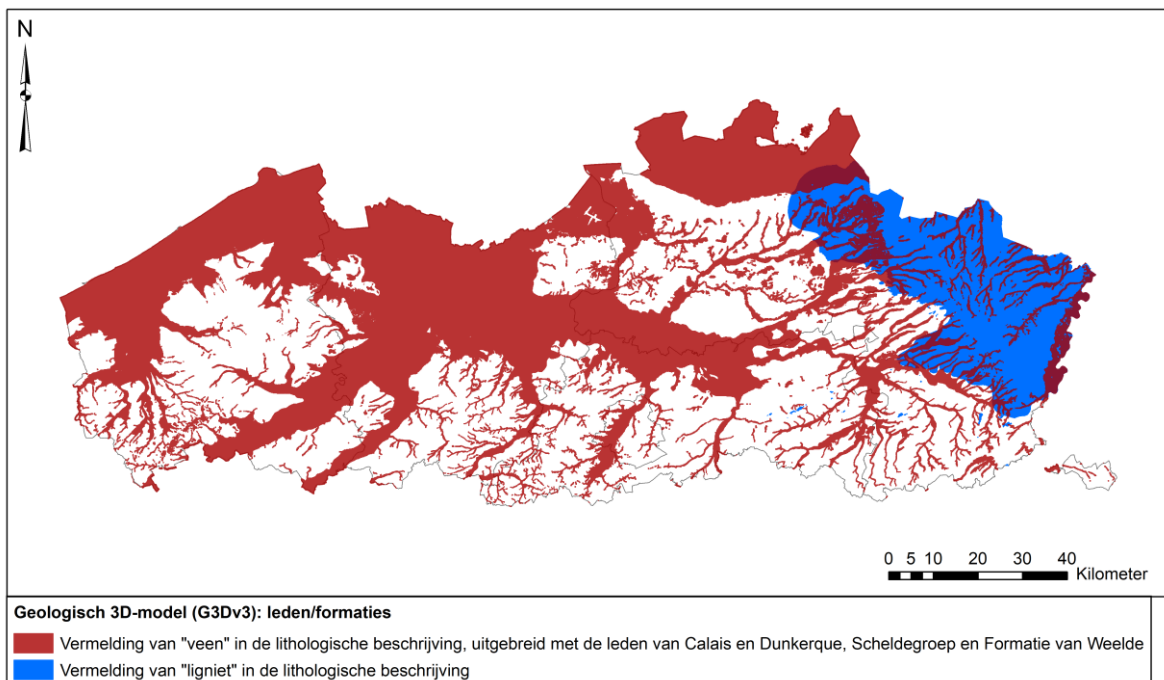
## 4.5 3D GEOLOGISCH MODEL (G3DV3)

Het 3D geologisch model (G3Dv3) geeft de voorkomsgrenzen, isohypsenkaart en isopachenkaart (kaart die punten met een gelijke dikte met elkaar verbindt) weer van de verschillende geologische formaties en leden in de ondergrond. Dit model omvat meer info dan de Tertiair geologische kaart omdat het G3Dv3 de ondergrond tot op het lid-niveau modelleert en omdat het de volledige zone waarin een formatie/lid voorkomt weergeeft. Uit deze dataset werd informatie over het voorkomen van veen of ligniet geselecteerd op basis van de lithologische beschrijvingen van de verschillende formaties/leden. Hierbij zijn twee versies van kaarten met voorkomsgrenzen beschikbaar. Enerzijds de kaart met het overzicht van het voorkomen van de geologische formaties (tabel 3, figuur 10). Anderzijds een meer gedetailleerde versie waarbij het onderscheid tot op het lid-niveau gemaakt wordt (tabel 4, figuur 11). Twee duidelijke verschillen zijn merkbaar. Bij de opdeling tot op lid-niveau beperken de stratigrafische éénheden met ligniet zich tot de Kempen, terwijl bij de opdeling op formatie-niveau deze karteer éénheden het volledige noordelijke deel van Vlaanderen bevatten. De formaties met vermelding van veen komen grotendeels overeen met het huidige valleisysteem, aangevuld met de kustvlakte. In de opdeling tot op lid-niveau maakt de kustvlakte geen deel meer uit van de leden met vermelding van veen omwille van het feit dat veen niet voorkomt in de lithologische beschrijving van de leden van Calais en Dunkerque. Aangezien veen met zekerheid voorkomt in deze leden, zoals bijvoorbeeld beschreven door de Nationale Stratigrafische Commissie (2.2.3.1. Calais Member – VIC | National Commission for Stratigraphy Belgium (naturalsciences.be)), werden deze handmatig toegevoegd aan de selectie van de leden met voorkomen van veen (figuur 11). Eénzelfde analyse werd gemaakt over de Formaties van





	ligniet
Kiezeloölietformatie, Lid van Brunssum (Plioceen)	Klei en zand intercalatie met ligniet
Formatie van Bolderberg, Lid van Genk (Mioceen)	Middel tot grof zand met ligniet en kwartsietbanken
Formatie van Opglabbeek, Lid van Opoeteren (Paleoceen)	Klei met ligniet
Formatie van Vlaanderen, Leden van Calais en Dunkerque (Holoceen) (bijkomend toegevoegd)	Zand met silt
Formatie van Weelde (Pleistoceen)	Klei en zand
Scheldegroep: Formatie van Rozebeke, Kruishoutem, Meulebeke, Melle, Adegem, Oostwinkel, Eeklo, Oostende en Herzele (Pleistoceen)	Klei, zand, grind

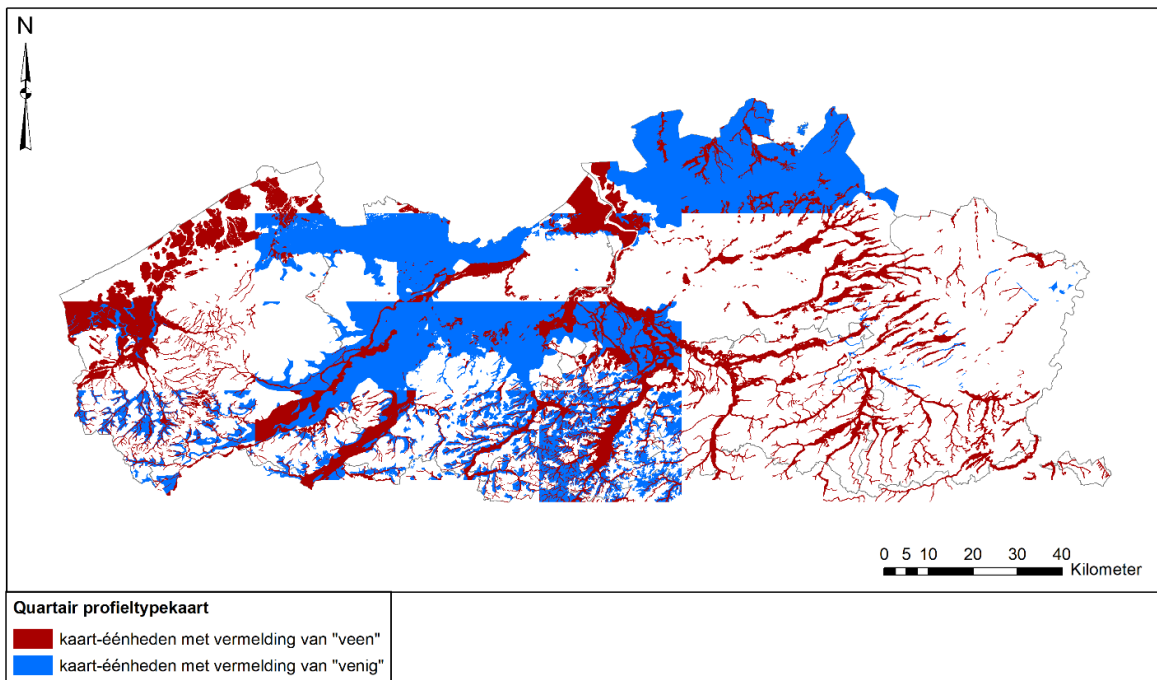


Figuur 11: Kaart van de formaties/leden in het Geologisch 3D-model (G3Dv3) met vermelding van ligniet (blauw) en veen (rood) in de lithologische beschrijvingen.

## 4.6 QUARTAIR PROFIELTYPEKAART

De Quartair profieltypekaart is een gebiedsdekkende kaart voor Vlaanderen op schaal 1:50.000 die de zones weergeeft waar gelijkaardige opéénvolgingen van quartaire afzettingen (profieltypen) voorkomen. In totaal is de kaart samengesteld uit 42 kaartbladen die elk een eigen legende en toelichting bevatten op basis van de lokaal voorkomende profieltypen. Hierbij werd voor elk kaartblad een selectie gemaakt van de profieltypen die in de toelichting een vermelding maken van de aanwezigheid van venige of ligniteuse sedimenten of van veen of ligniet (figuur 12). Deze selecties per kaartblad werden samengevoegd tot polygonen voor heel het Vlaamse grondgebied. Omwille van de opdeling per kaartblad met een specifieke legende en beschrijving per blad is er weinig coherentie tussen de verschillende kaartbladen. Dit leidt tot onrealistische artefacten in de data, waarbij de overgang tussen kaartbladen duidelijk herkenbaar is. Dit is voornamelijk het geval voor de profieltypen waarbij venige sedimenten of sporen van veen aangegeven worden. Voor de profieltypen met veen zijn deze artefacten minder uitgesproken (figuur 12).





Figuur 12: Kaart van de karteeréénheden met aanwijzingen van profieltypen met venige of ligniteuse sedimenten (blauw) en profieltypen met veen of ligniet (rood) op de Quartair profieltypekaart.

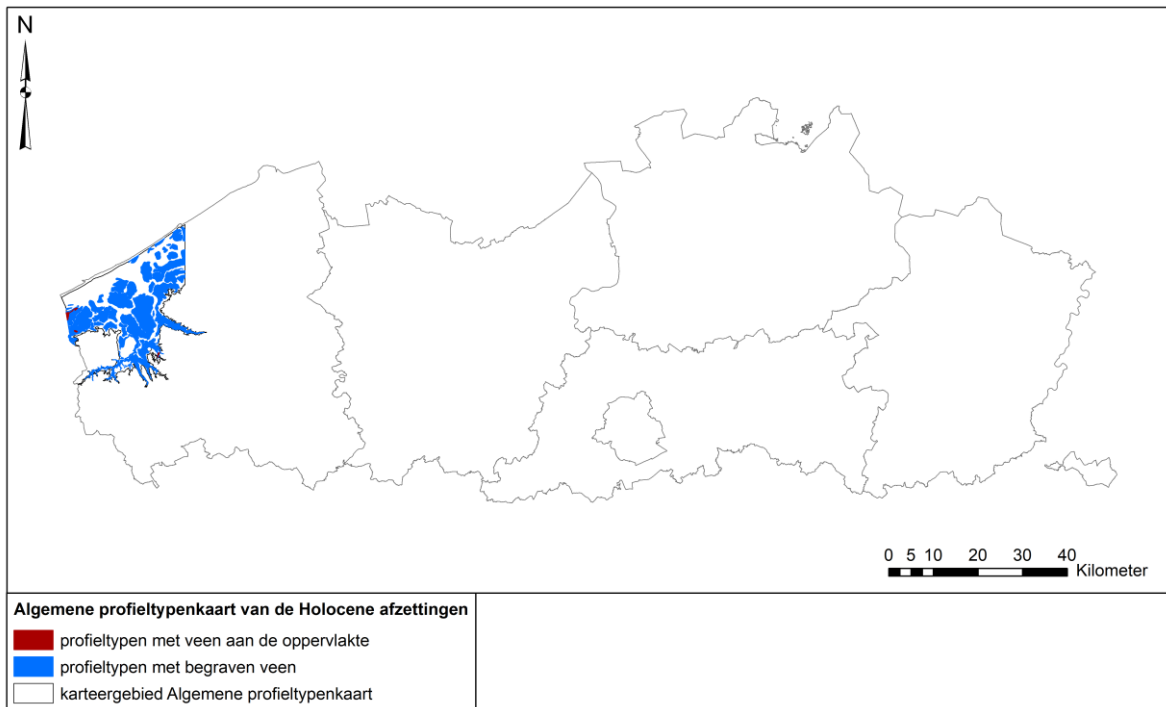
## 4.7 ALGEMENE PROFIELTYPENKAART VAN DE HOLOCENE KUSTAFZETTINGEN

In aanvulling op de Quartair profieltypenkaarten voor heel Vlaanderen is voor de westelijke kustvlakte ook een profieltypenkaart voor het Holoceen beschikbaar. De algemene profieltypenkaart van de Holocene afzettingen karteert de Holocene profieltypen voor de kustvlakte op een schaal 1:25.000 (Baeteman, 2004, 1999). Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen het zeewaartse gebied (klastisch complex), overgangsgebied (opgesplitst complex) en landwaarts gebied (veencomplex), aangevuld met een aantal bijkomende profieltypen zoals bijvoorbeeld voor duinafzettingen. Hierbij zijn in totaal 13 profieltypen te onderscheiden waarin veen voorkomt binnen de Holocene sequentie (tabel 5, figuur 13). Deze kaart toont de grote aanwezigheid van begraven veen in de westelijke kustvlakte (Ijzermouning) en het beperkt voorkomen van actieve veengroei (veen aan het oppervlak).

Tabel 5: Overzicht van de Holocene profieltype-codes met voorkomen van veen.

Karteeréénheid	Code
Profieltypen met veen aan de oppervlakte	X3, X4, Y3, Y4, Z1, Z2, Z4
Profieltypen met begraven veenlagen	W3, X2, Y1, Y2, Z3





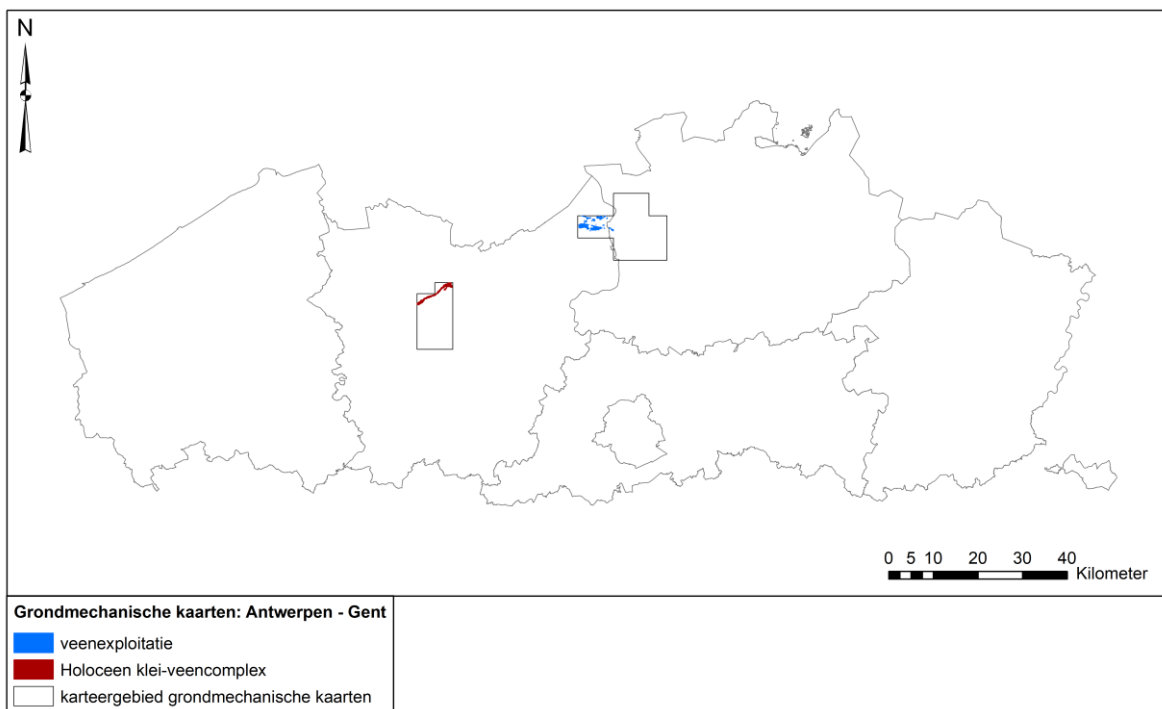
Figuur 13: Kaart van de Holocene profieltypen met begraven veen (blauw) en veen aan de oppervlakte (rood).

## 4.8 ONDIEP GEOLOGISCH MODEL ANTWERPEN

Naast deze datasets voor Vlaanderen of geografische regio's zijn er ook een aantal lokale geologische datasets die meer informatie over het voorkomen van veen kunnen verschaffen. Het ondiep geologisch 3D lagen- en voxelmodel geeft voor de regio Antwerpen het voorkomen, de dikte en de hoogte van de bodem en top van geologische formaties en/of leden. Deze dataset is het resultaat van modellering op basis van beschikbare gegevens zoals boringen en sonderingen. Deze dataset laat toe om in detail de 3D positie te kennen van formaties en/of leden. Het lid van Rotselaar uit de Formatie van Arenberg bestaat grotendeels uit veen en kan beschouwd worden als één veenlichaam. Het "veen van Antwerpen" is de informele naam voor deze afzetting. (figuur 14).







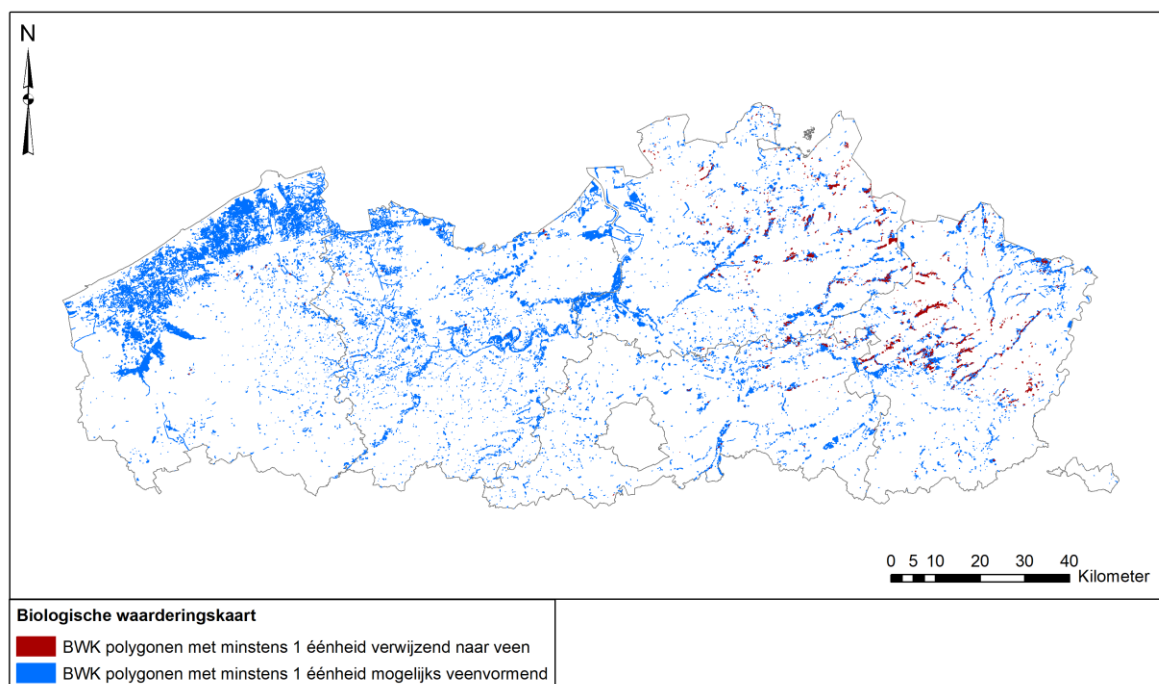
Figuur 15: Kaart van de karteeréénheden met aanwijzingen van veen op de grondmechanische kaarten voor Antwerpen en Gent.

## 4.10 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART (BWK)

Naast de bodem- en geologische datasets uit DOV zijn er ook een aantal bijkomende databronnen beschikbaar waaruit veeninformatie geëxtraheerd kan worden. Eén van deze datasets is de Biologische Waarderingskaart. De BWK karteert geen bodeminfo, dus is het voorkomen van veen niet met zekerheid af te leiden, maar bepaalde karteeréénheden kunnen wel aanwijzingen geven van het voorkomen van veen of veenvormende vegetaties. Daarnaast is het eveneens mogelijk dat andere BWK-codes kunnen voorkomen op een veenbodem, maar dat dit niet af te leiden valt uit de BWK. Op de BWK zijn er maximaal 8 gekarteerde eenheden per polygoon. Voor elk van deze ééenheden werden de relevante BWK-codes geselecteerd (tabel 6). Dit zorgt ervoor dat indien een veengerelateerde BWK-code in minstens één van de éénheden voorkomt, de polygoon wordt geselecteerd, ongeacht welke andere BWK-codes weergegeven worden. Dit zorgt voor de meest ruime selectie van polygoonen. Finaal werden enerzijds alle polygoonen geselecteerd waarvoor in minstens één van de éénheden een code met vermelding van veen in de omschrijving gekarteerd wordt. Dit kan gezien worden als een strenge interpretatie van de BWK. Anderzijds werden ook alle polygoonen geselecteerd waarvoor in minstens één van de éénheden een code met vermelding van veen in de omschrijving of een code van een type dat mogelijks veenvormend is of op veen voorkomt gekarteerd wordt. Dit is een brede interpretatie van de BWK. In totaal komt dit voor heel Vlaanderen neer op 26.16 km<sup>2</sup> aan vegetaties met veen in de omschrijving (strenge interpretatie) en 445.4 km<sup>2</sup> indien ook de vegetaties die mogelijks veenvormend zijn of mogelijks op veen voorkomen mee in rekening worden gebracht (brede interpretatie) (figuur 16).

Tabel 6: BWK-codes en overeenkomstig biotooptype met potentieel veenvormende vegetaties.

	BWK-code	Biotooptype
BWK-codes met vermelding van veen in de omschrijving	ces	venige natte heide met soorten uit hoogveenflora
	mk	alkalisch laagveen
	ms	zuur laagveen
	t	hoogveen
	vo	oligotroof elzenbroek met veenmossen
	vt	venig berkenbroek
	k(ms)	lijnvormige elementen/relicten van zuur laagveen
BWK-codes die mogelijk veenvormend zijn of voorkomen op veen	hm	Vochtig schraalgrasland
	mc	Grote zeggenvegetatie
	md	Drijfzoom en, of drijftil
	mm	Galigaanvegetatie
	mp	Duinpanvegetaties van kalkrijke, vochtige milieus
	mr	Rietland en andere Phragmition-vegetaties
	so	Vochtig wilgenstruweel op venige of zure grond
	vm	Elzenbroek
	vn	Nitrofiel alluviaal elzenbos
	k(mc)	lijnvormige elementen/relicten van grote zeggenvegetatie
	k(mr)	lijnvormige elementen/relicten van rietland en andere Phragmition-vegetaties



Figuur 16: Kaart van de locaties van BWK polygonen met aanwijzing van veen in minstens één karteeréénheid (rood) of met aanwijzing van een mogelijk veenvormend vegetatietype in minstens één karteeréénheid (blauw).

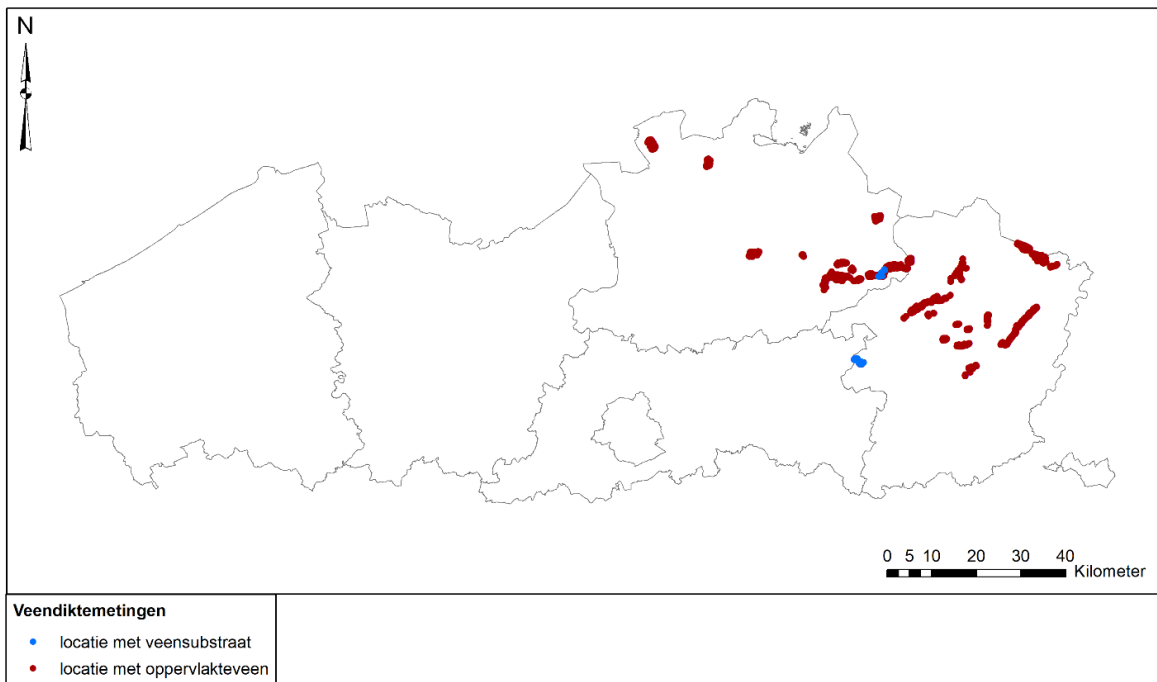
## 4.11 VEENKARTERINGEN INBO

In een aantal natuurgebieden zijn vanaf 2009 veenkarteringen uitgevoerd. Deze data werden door het INBO samengevoegd tot een databank van veendiktemetingen. Op de meeste locaties werd de veendikte geschat op basis van een prikstok-meting al is voor enkele locaties ook informatie op basis van boringen of bestaand kaartmateriaal beschikbaar (tabel 7). In een aantal gevallen werd de veendikte gerapporteerd als een mogelijke range in plaats van een enkele waarde. Voor deze locaties werd het midden van de gegeven spreiding als schatting genomen. In een beperkt aantal locaties werd de dikte van het veensubstraat gemeten, eerder dan de dikte van het oppervlakteveen. Deze veenkarteringen zijn ruimtelijk beperkt tot een aantal afgebakende gebieden, maar bevatten een hoog aantal observaties, 14972 in totaal, waardoor deze dataset lokaal zeer gedetailleerd is en toelaat om lokale variaties in veendikte weer te geven (De Dobbelaer et al., 2022). De gekarteerde gebieden liggen quasi uitsluitend in de Antwerpse en Limburgse Kempen (figuur 17).

Tabel 7: Overzicht van het aantal observaties per deelgebied van de INBO-veenkarteringen

Gebied	Aantal meetpunten
Abeek – Lossing	1711
Bosbeek - Itterbeek	1200
Brelaarheide	161
De Maten	166
Dommel - Bolisserbeek	234
Graafweide - Schupleer	1534
Grote Netewoud	3794
Het Marum	252
Kalmthoutse Heide	947
Koemook	848
Mosselgoren	56
Rotbroek – Gorenbroek	94
Scheps	84
Schietveld Houthalen-Helchteren	785
Smeethof	179
Teut – Ten Haagdoornheide	525
Zwarte Beek	2402
<b>Totaal</b>	<b>14972</b>





Figuur 17: Kaart van de locaties met diktemetingen van oppervlakteveen (rood) en veensubstraat (blauw) uit de dataset van de INBO veenkarteringen.

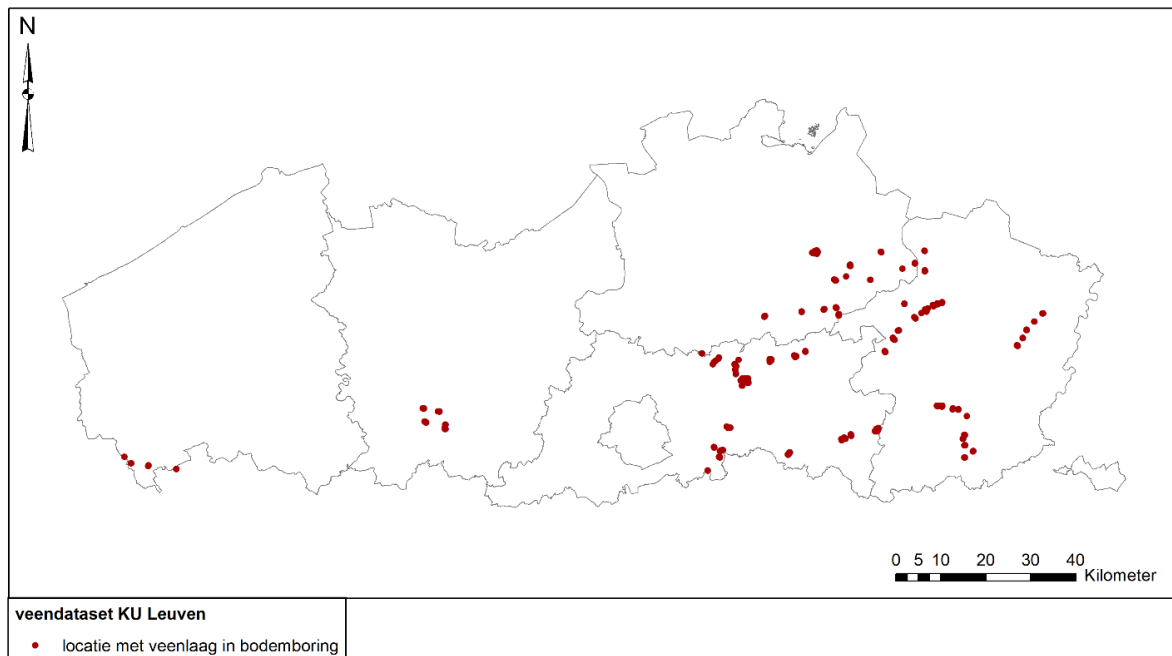
## 4.12 BODEMBORINGEN EN VEENDIKTEMETINGEN KU LEUVEN

Deze dataset bestaat uit boringen in de overstromingsvlakte van Vlaamse rivier- en beekvalleien. De boringen werden uitgevoerd langsheen dwarsprofielen met als oorspronkelijk doel de reconstructie van de Holocene stratigrafie van de bestudeerde valleien (met uitzondering van de data uit *de Zegge*). De stratigrafie en sedimenteigenschappen van elke boring werden beschreven in het veld op basis van visuele inspectie en omvat gedetailleerde info over de dikte en diepte van de veenlagen. De data uit natuurgebied *De Zegge* in de vallei van de Kleine Nete omvatten 12 beschrijvingen van bodemprofielen waarin veen werd aangetroffen, aangevuld met 21 veendiktemetingen (tabel 8) (Vanierschot, 2014). Met uitzondering van de valleien van de Zwalm en de Douvebeek komen deze data uit het oosten van Vlaanderen (figuur 18).

Tabel 8: Overzicht van het aantal observaties van veenafzettingen per rivierbekken.

Rivierbekken	Aantal veenobservaties	Bronnen
Bosbeek	24	(Coenen, 2015; Cosco, 2015)
Dijle	184	(Hazen et al., 2021; Qian, 2013; Swinnen et al., 2020; Tack, 2021; Van Bortel, 2021)
Demer	39	(Scherps, 2021)
Douvebeek	13	(Kinoo, 2011)
Gete / Het Vinne	79	(Quintens, 2019, ongepubliceerde data van Het Vinne)
Grote Nete	88	(Coenen, 2015; Cosco, 2015; Swinnen et al., 2020)
Mene	30	(López del Olmo, 2018)
Mombeek	181	(Diriken, 1981; le Maire-Heyvaert, 1983; Swinnen et al., 2020; Vervoort, 2018)

Zwalm	37	(D'Haese, 2015)
Zwarte Beek	102	(James, 2022; Swinnen et al., 2020)
De Zegge (vallei van de Kleine Nete)	33	(Vanierschot, 2014)
<b>Totaal</b>	<b>810</b>	



Figuur 18: Kaart van de locaties met veenafzettingen uit de dataset van de KU Leuven bodemboringen en veendiktemetingen.

## 5 OPSTELLING VEENDATABANK

De geselecteerde veendata zoals hierboven beschreven kunnen onderverdeeld worden in 2 grote groepen. Enerzijds zijn er heel wat datasets met puntobservaties, waarbij het voorkomen van veen wordt geobserveerd op een bepaalde locatie, vaak vergezeld van diepte-informatie. Daarnaast zijn er heel wat datasets die polygonen of rasterdata omvatten en die het voorkomen van veen in bepaalde zones weergeven. Deze polygoondatasets zijn minder precies in het afbakenen van veen omdat vaak zones worden gekarteerd waarbinnen veen kan voorkomen (bv. een geologische formatie), maar deze niet uitsluitend uit veen bestaan. De datasets met puntobservaties geven wel exact aan waar veen voorkomt en kunnen samengevoegd worden tot één grote dataset van veenobservaties.

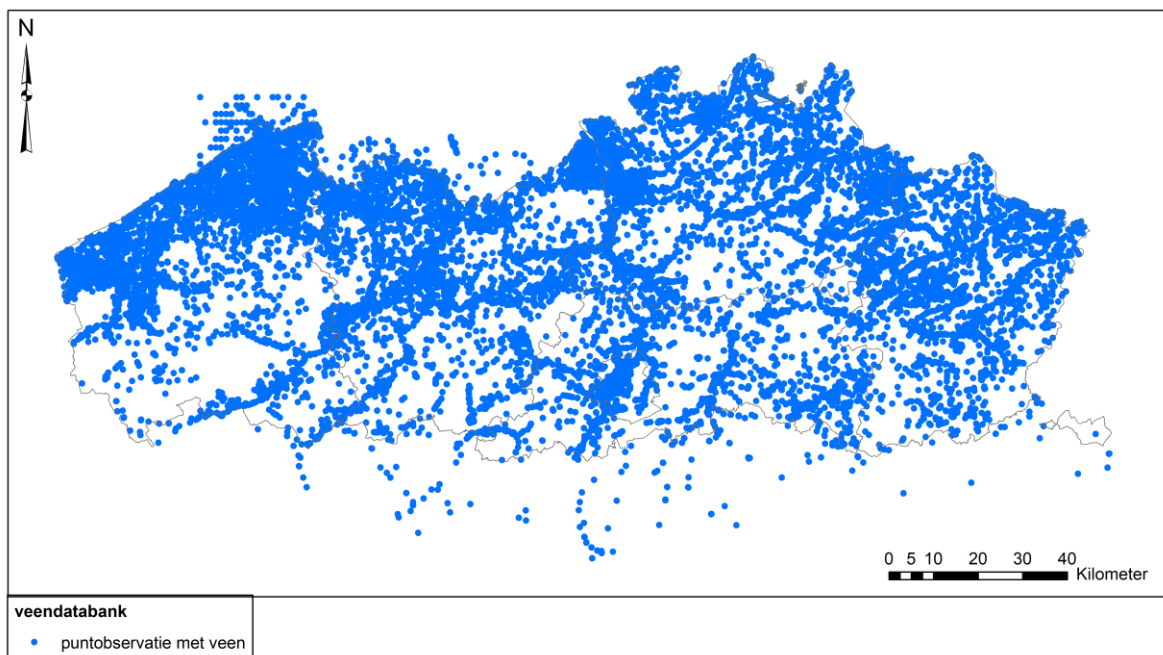
De veendatabank die werd opgesteld bundelt de puntobservaties van veen uit de vier datasets (DOV bodem, DOV geologie, veenkarteringen INBO en Bodemboringen en veendiktemetingen KU Leuven). Deze observaties werden gegroepeerd met de ruimtelijke afbakening van de observatie als basis. Dat betekent dat de locatie van de observatie (x-coördinaat, y-coördinaat, dieptegrens van de bovenzijde van de observatie en dieptegrens van de onderzijde van de observatie) als unieke identifier wordt gebruikt. Het resultaat is een database met 61422 veenobservaties (figuur 19). Door de locatie van de observatie als unieke identifier te gebruiken wordt vermeden dat observaties meerdere malen zouden voorkomen in de databank. Een beschreven veenlaag kan





bijvoorbeeld meerdere keren voorkomen binnen DOV. Op basis van de locatie en diepte-informatie werden deze meervoudige observaties uit DOV opnieuw gecombineerd tot één puntobservatie binnen de veendatabank. Bij het opstellen van de veendatabank werd informatie die verwijst naar de oorspronkelijke bron van de data zoals bijvoorbeeld identifiers of permanent keys maximaal behouden. Dit zorgt ervoor dat een puntobservatie binnen de veendatabank steeds kan teruggevonden worden in de oorspronkelijke databank waaruit deze observatie gefilterd werd.

De ruimtelijke spreiding van deze observaties is over het algemeen goed met observaties over het volledige Vlaamse grondgebied. Een deel van de observaties valt buiten de grenzen van Vlaanderen (Wallonië, Zeeuws-Vlaanderen en de Noordzee), maar deze werden toch opgenomen in de database omdat ze nog steeds gebruikt kunnen worden voor eventuele verdere analyse.



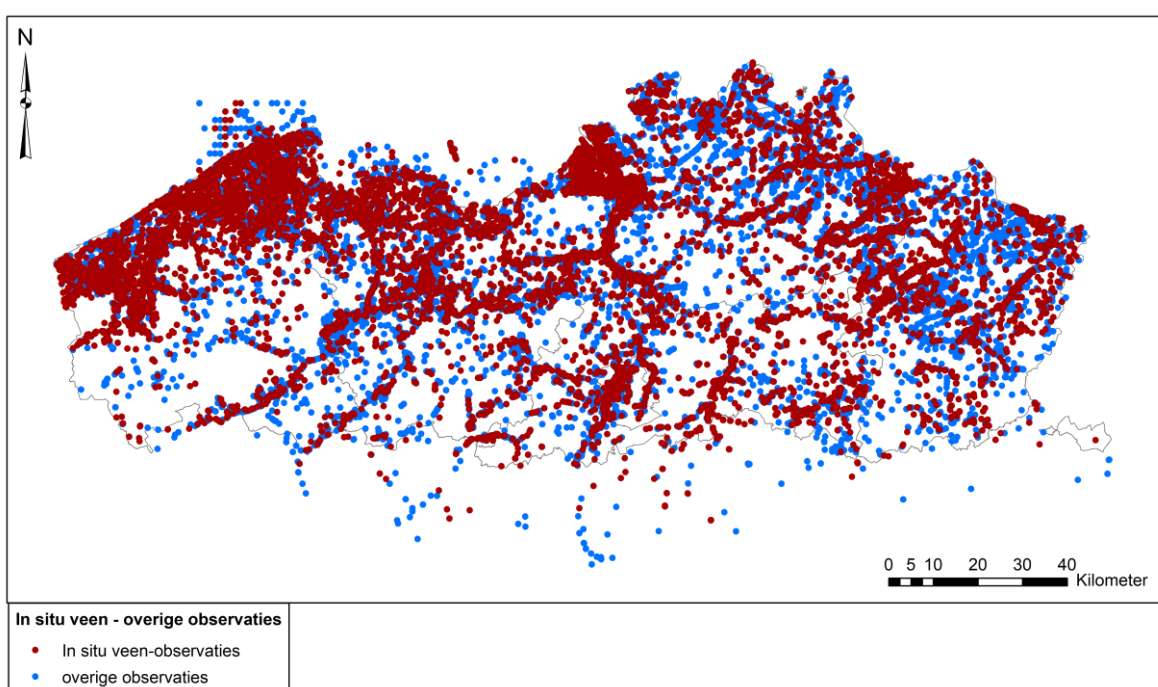
Figuur 19: Kaart van de locaties met de puntobservaties van de veendatabank.

Binnen de nieuw opgestelde veendatabank kunnen een aantal opdelingen gemaakt worden die snel inzicht kunnen geven in een aantal basiskenmerken van veen. In sectie 4 werd opgelijst volgens welke definities een observatie toegevoegd werd aan de databank. Hierbij kunnen de observaties opgedeeld worden in twee groepen.

- **In situ observaties:** Deze groep van observaties omvat de observaties waarvan de beschrijving aangeeft dat er veen (of aanverwante sedimenten) is geobserveerd en dat er geen aanwijzingen zijn van transport. Met andere woorden, dat het veen zich bevindt in de positie waar het zich oorspronkelijk heeft gevormd. Deze observaties kunnen volledig uit veen bestaan of slechts gedeeltelijk (bv. een zandafzetting met in het midden een dunne veenlaag), maar steeds is er *in situ* veen aanwezig.
- **Overige observaties:** Deze groep van observaties omvat alle andere observaties die wel geselecteerd werden uit de verschillende datasets, maar om één of meerdere redenen niet bij de eerste groep kan geplaatst worden. Dit omvat bijvoorbeeld veenobservaties waarbij het veen zich niet meer bevindt op de locatie waar het zich gevormd heeft (bv. ingespoelde veenbrokjes in kust- of rivierafzettingen). Anderzijds bevat deze groep ook de observaties van venige sedimenten, die niet als veen kunnen

beschouwd worden. Tenslotte vallen ook de observaties die enkel onrechtstreeks naar veen verwijzen binnen deze groep. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om een informele stratigrafische beschrijving die enkel stratigrafische info bevat over een veenhoudende afzetting. Een beschrijving “*Formatie van Mol*” werd geselecteerd omdat de formatie van Mol veenhoudend is, maar er kan niet met zekerheid gesteld worden dat de beschreven observatie uit veen bestaat. Daarom worden deze observaties in de overige groep geplaatst.

Op een bepaalde manier kan deze opdeling geïnterpreteerd worden als een kwaliteitsinschatting van de observatie. De term kwaliteit moet dan niet gezien worden als een waardeoordeel over de observatie zelf, maar eerder een inschatting van de zekerheid van de aanwezigheid van veen en de bruikbaarheid voor verdere analyse. Op onderstaande kaart worden deze twee categorieën van puntobservaties weergegeven (figuur 20).

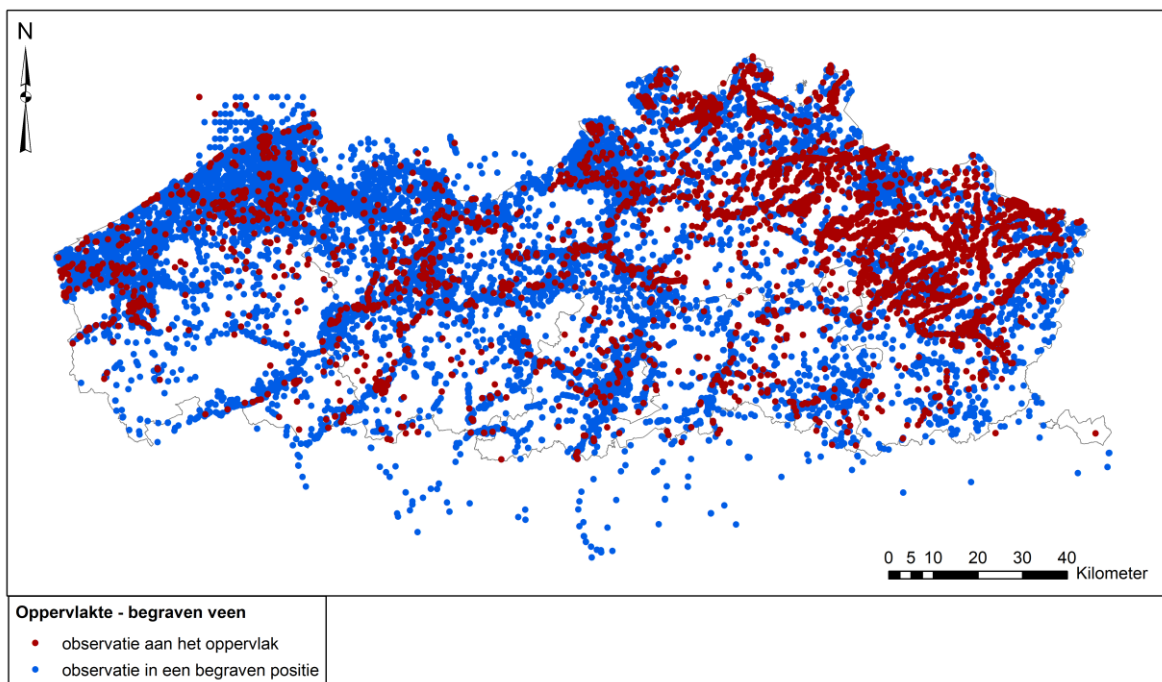


Figuur 20: Kaart van de locaties met de puntobservaties van de veendatabank, opgedeeld in observaties met in situ veen en observaties waarbij veen voorkomt als bijmenging.

De observaties die toegevoegd werden aan de databank zijn semantisch zo breed mogelijk geïnterpreteerd. Dit zorgt ervoor dat info over veen maximaal behouden wordt binnen de databank maar leidt ook tot een zekere variatie in soorten sediment die als veenobservatie werden opgenomen. Ook beschrijvingen van sedimenten verwant aan veen zoals “turf” of “ligniet” werden mee opgenomen in de databank. Hierin staan observaties met een vermelding van “ligniet” wat los van de andere observaties aangezien ligniet een omgezette vorm van veen is. Onder invloed van druk (van bovenliggende sedimenten) en eventueel hogere temperaturen kan veen compacteren en omgezet worden in ligniet of bruinkool. In tegenstelling tot vermeldingen van “veen” of “turf” zullen observaties met vermelding van “ligniet” ook vooral gebruikt worden voor diepere en oudere (Tertiaire) observaties. Figuur 21 geeft de ruimtelijke verspreiding weer van observaties met vermelding van ligniet en observaties met vermelding van veen en synoniemen (bv. turf). Hierbij zien we dat lignietobservaties sporadisch voorkomen over heel Vlaanderen, maar voornamelijk in de (Limburgse) Kempen en het uiterste zuidoosten van Vlaams-Brabant.







Figuur 22: Kaart van de locaties met de puntobservaties van de veendatabank, opgedeeld in observaties aan het oppervlak en observaties in een begraven positie.

## 6 CROSS-CHECK

De gecompileerde databank bestaat uit puntobservaties, maar ook een aantal polygoon-datasets bevatten informatie over de verspreiding van veen (zie sectie 4). Gezien het hoge aantal puntobservaties van veen, verspreid over Vlaanderen, kunnen we deze gebruiken om voor een aantal van deze polygoon-datasets af te toetsen hoe groot de overeenkomst tussen beide is. Indien de puntobservaties van veen goed zouden overeenkomen met de gekarteerde polygoon, zou dit een goede indicatie zijn dat de polygoonkaart gebruikt kan worden om snel en gebiedsdekkend een eerste goede inschatting te krijgen van de verspreiding van veen. Voor oppervlakteveen kan ook het percentage berekend worden van niet-veenobservaties die binnen veenpolygoon vallen. Hiervoor werden alle niet-veen oppervlakteobservaties uit DOV gebruikt.

Een eerste cross-check werd uitgevoerd tussen de databank en de selectie uit de Biologische waarderingskaart (BWK). Dit gebeurde zowel voor de strenge selectie (tabel 9) als de uitgebreide selectie van BWK-éénheden (tabel 10). Aangezien de BWK vegetatietypes weergeeft worden enkel de puntobservaties van veen aan het oppervlak gebruikt om de overeenkomst te berekenen. De resultaten tonen aan dat een minderheid van de veenobservaties aan het oppervlak in de databank voorkomen binnen de afgebakende gebieden van de BWK, zowel voor de strenge als voor de uitgebreide selectie. Anderzijds blijkt dat de overgrote meerderheid van de “geen veen”-observaties buiten de gebieden op de BWK met mogelijke veenvorming valt. Dit effect is meer uitgesproken bij de strenge selectie uit de BWK.



dezelfde veendefinitie als gebruikt op de bodemkaart wordt toegepast (minimumdikte van 30 centimeter) (tabel 14).

Tabel 13: Percentages van de juist en onjuist geclassificeerde observaties van locaties met veen in het bodemprofiel in vergelijking met het voorkomen van veen volgens de Belgische bodemkaart.

		Bodemkaart veen in het bodemprofiel (1.25 meter diepte)	
		Veen	Geen veen
<b>Databank</b>	Veen (n = 17759)	<b>42.7%</b>	57.3%

Tabel 14: Percentages van de juist en onjuist geclassificeerde observaties van locaties met veen in het bodemprofiel in vergelijking met het voorkomen van veen volgens de Belgische bodemkaart, met voor de puntobservaties dezelfde dikte-definitie voor veen als op de bodemkaart.

		Bodemkaart veen in het bodemprofiel (minimum 30 cm)	
		Veen	Geen veen
<b>Databank</b>	Veen (n = 11488)	<b>49.3%</b>	50.7%

Ook voor de geselecteerde leden en formaties uit het G3Dv3.1 werd de overeenkomst met de puntobservaties nagegaan. Op basis van de voorkomingsgrenzen, isohypsen (kaart met de hoogteligging van de afzetting) en isopachen (kaart met de dikte van de afzetting) werden rasterkaarten opgesteld van de hoogte van de top en de basis van elk lid/formatie met een resolutie van 25 meter. Op basis van een digitaal hoogtemodel en de diepte-informatie die voor elke observatie in de veendatabank beschikbaar is werd ook de hoogteligging van elke observatie bepaald. Een veenobservatie uit de databank werd verondersteld overeen te komen met een lid/formatie indien de puntobservatie ten minste gedeeltelijk binnen de ruimtelijke afbakening van een lid/formatie valt. In totaal vallen 72.5% van de puntobservaties uit de veendatabank binnen de ruimtelijke afbakening van de geselecteerde formaties en leden. Een groot deel van de veenobservaties die overeenkomen met geologische formaties die veen bevatten bevindt zich in de Holocene rivierafzettingen van de Formatie van Arenberg en Stokkem (tabel 15, tabel 16).

Tabel 15: Percentages van de juist en onjuist geclassificeerde observaties van locaties met veen in vergelijking met het voorkomen van veen volgens G3Dv3.1.

		Formaties/leden uit G3Dv3.1	
		Veen	Geen veen
<b>Databank</b>	Veen (n = 29732)	<b>72.5%</b>	27.5%

Tabel 16: Aantal puntobservaties uit de veendatabank die zich binnen de grenzen van de groep/formatie/lid bevinden, gesorteerd per groep/formatie/lid.

Groep/Formatie/Lid	Aantal veenobservaties
Formatie van Arenberg en Stokkem	11386
Formatie van Vlaanderen, leden van Calais en Duinkerke	4846
Scheldegroep	3371
Formatie van Mol	3244
Formatie van Weelde	1330
Formatie van Bolderberg, lid van Genk	888
Kiezeloölietformatie, lid van Brunssum	98
Formatie van Opglabbeek, lid van Opoeteren	3







observaties, kan er voor elke locatie een gemiddelde kans op het voorkomen van veen worden bepaald. Deze kans kan geïnterpreteerd worden als de waarschijnlijkheid op het voorkomen van veen. Omdat veen ruimtelijk anders verdeeld is voor verschillende dieptezones werden veenwaarschijnlijkheidskaarten opgesteld voor drie verschillende diepte-intervallen. Hierbij werden de diepte-intervallen zo afgebakend dat ze maximaal overeenkomen met bruikbare toepassingen in toekomstige analyses of beleidsbeslissingen. De gekozen intervallen zijn oppervlakteveen, veen in het bodemprofiel (0.05 tot 1.5 meter diepte) en veen onder het bodemprofiel (1.5 tot 10 meter diepte).

Een eerste kaart karteert oppervlakteveen en neemt enkel de observaties met veen aan het oppervlak in rekening. Deze kaart heeft geen ondergrens qua diepte en neemt alle veenobservaties in rekening met een bovengrens aan het oppervlak. Een tweede kaart omvat begraven veen in het bodemprofiel, dat hier begrensd werd op 1.5 meter diepte. De bovengrens qua diepte voor veenobservaties werd gelegd op 0.05 meter om te vermijden dat zeer dunne oppervlakkige veenbedekking zou beschouwd worden als veen in het bodemprofiel. Een derde veenwaarschijnlijkheidskaart focust op begraven veen dat zich onder het bodemprofiel bevindt en brengt veenobservaties in rekening die zich in de zone tussen 1.5 meter en 10 meter diepte bevinden.

De data die vereist zijn om deze kaarten te bekomen omvatten lijsten met observaties van de aan- en afwezigheid van veen. Voor de observaties van de aanwezigheid van veen (1-observaties) wordt de veendatabank met puntobservaties gebruikt. Hierbij worden voor elke kaart de veenobservaties binnen het overeenkomstige diepte-interval geselecteerd op basis van de diepte-informatie die voor elke veenobservatie in de databank aanwezig is. Een veenobservatie geldt als 1-observatie (aanwezigheid van veen) indien deze observatie ten minste gedeeltelijk in het gevraagde interval voorkomt. Voor deze lijst werd enkel gewerkt met observaties van *in situ* veen (zie sectie 5). Observaties uit de “overige categorie” werden niet in beschouwing genomen omdat deze de relaties tussen het voorkomen van veen en de omgevingsfactoren zouden vertroebelen, hetgeen tot een grotere modelonzekerheid zou leiden. Daarnaast is ook een lijst met niet-veenobservaties vereist (0-observaties). In een eerste stap werden alle puntobservaties samengevoegd uit dezelfde datasets die als input voor de veendatabank dienden, ongeacht of dit om veenobservaties ging of niet. Vervolgens werden alle observaties geselecteerd die ten minste gedeeltelijk in het gevraagde diepte-interval voorkomen. Als laatste stap werden hieruit de veenobservaties verwijderd. De overgebleven lijst omvat alle niet-veenobservaties die overeenkomen met het gevraagde diepte-interval.

Naast deze lijsten met 0- en 1-observaties zijn voor DSM ook gebiedsdekkende datasets van omgevingsvariabelen of predictoren vereist. De samenstelling en verwerking van deze predictoren tot een rasterstack met resolutie van 50 x 50 meter is – net zoals de training van de DSM-modellen – sterk gebaseerd op eerder onderzoek (Wittemans et al., 2023). Voor de volledigheid worden de gebruikte predictoren voor de modellering opgelijst (tabel 17). Voor meer informatie wordt verwezen naar bovenstaand rapport. De samengestelde Quartair profieltypekaart werd niet opgenomen in de lijst omwille van de inconsistenties tussen de verschillende kaartbladen.



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximale kromming</li> <li>• Totale kromming</li> <li>• Kromming van de stroomlijn</li> <li>• Topografische vochtigheidsindex</li> </ul> <p>Bijkomende opmerking: Het DHM werd opgesteld op basis van gegevens die in de winter verzameld werden. Gezien de hoge winterwaterstanden in laaggelegen gebieden (waar veen vaak voorkomt) kunnen de hoogtegegevens afwijken van de werkelijke topografie.</p>
Landgebruikskaart 2013 en 2016 (Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2013), geraadpleegd op 22 januari 2021 van <a href="http://www.geopunt.be/catalogus/datasetf/older/321bfa63-9b04-479f-8faf-49a9f0dee353">http://www.geopunt.be/catalogus/datasetf/older/321bfa63-9b04-479f-8faf-49a9f0dee353</a> en (Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2016), geraadpleegd op 30 oktober 2020 van <a href="http://www.geopunt.be/catalogus/datasetf/older/78e82101-8fbc-4a75-b649-b208df2b77be">http://www.geopunt.be/catalogus/datasetf/older/78e82101-8fbc-4a75-b649-b208df2b77be</a>	10 x 10 meter	2 predictoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• Landgebruikskaart 2013</li> <li>• Landgebruikskaart 2016</li> </ul>
NARA-T landgebruikskaarten (Poelmans & Van Daele, 2014)	10 x 10 meter	2 predictoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• Landgebruikskaart level 1</li> <li>• Landgebruikskaart level 2</li> </ul>
Bodembedekkingsbestand 2001 (Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2023), geraadpleegd op 22 januari 2021 van <a href="http://www.geopunt.be/catalogus/datasetf/older/F14B3B46-5728-4E65-8DFA-0D45D3A7A233">http://www.geopunt.be/catalogus/datasetf/older/F14B3B46-5728-4E65-8DFA-0D45D3A7A233</a>	15 x 15 meter	1 predictor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodembedekkingsbestand 2001</li> </ul>
Klimaatportaal (VMM, 2018), geraadpleegd op 28 oktober 2020 op <a href="https://klimaat.vmm.be">https://klimaat.vmm.be</a>	100 x 100 meter tot 3 x 3 kilometer	33 predictoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemiddelde jaartemperatuur</li> <li>• Aantal dagen met gemiddelde temperatuur boven 25°C</li> <li>• Aantal dagen met neerslag</li> <li>• Aantal dagen met zware neerslag</li> <li>• Aantal droge dagen</li> <li>• Aantal hittegolfdagen</li> <li>• Aantal hittegolven</li> <li>• Aantal tropische dagen (max. temperatuur &gt;= 30°C)</li> <li>• Aantal vorstdagen</li> <li>• Aantal warme dagen (max. temperatuur &gt;= 25°C)</li> <li>• Extreme neerslag eens in de 20 jaar</li> <li>• Extreme neerslag eens per</li> </ul>





<a href="#">g3dv31-downloadpagina</a>		
Copernicus (VITO on behalf of the European Commission Joint Research Centre (JRC), 2021), geraadpleegd op 7 April 2021 van <a href="https://land.copernicus.eu/global/">https://land.copernicus.eu/global/</a>	300 x 300 meter	2 predictoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• LAI zomer</li> <li>• FAPAR zomer</li> </ul>
Biologische waarderingskaart (De Saeger et al., 2020)	1:3000	3 predictoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoofdklasse Eenheid 1</li> <li>• Hoofdklasse Eenheid 2</li> <li>• Hoofdklasse Eenheid 3</li> </ul>
Ruimtelijke autocorrelatie (Liu et al., 2022)	50 x 50 meter	2 predictoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• V1</li> <li>• V2</li> </ul>

De RF-modellen werden ontwikkeld in R-software met behulp van het XY pakket. De globale modelstructuur zag er als volgt uit:

$$\text{Veenwaarschijnlijkheid } x,y,d \sim \text{randomForest}(\text{predictoren } x,y)$$

De veenwaarschijnlijkheid (afhankelijke variabele) in een bepaalde dieptezone (d) werd dus op een specifieke locatie (x,y) met behulp van een *Random Forest* model (*randomForest* functie uit het *randomForest* R-pakket) geschat op basis van de bodemvormende omgeving (x,y), gerepresenteerd door de *SCORPAN* predictoren (Liaw & Wiener, 2002). De gebruikte functie vereist de tuning van de *mtry*-metaparameter. Deze metaparameter bepaalt het aantal predictoren die random gesampled worden bij het splitsen van elke node van de boom, en werd getuned met behulp van de *tuneRF*-functie in R. Gelet op de structuur en omvang van de dataset werd gekozen voor een bootstrappingsbenadering (meerdere alternatieve steekproeven om de statistische betrouwbaarheid te verhogen) met 100 iteraties (cfr. (van den Hoogen et al., 2019)). Hierbij werden in totaal 100 verschillende RF-modellen getraind, telkens met 10000 willekeurig geselecteerde datapunten. In lijn met (Valavi et al., 2021) en (Steen et al., 2021) werd gekozen voor *equal sampling*; i.e. een gelijk aantal veen- en niet-veen-observaties in de trainingsdataset. Ieder ontwikkeld RF-model werd nadien toegepast om een gebiedsdekkende veenwaarschijnlijkheidskaart te genereren. De 100 berekende veenwaarschijnlijkheidskaarten werden vervolgens gecombineerd tot één veenwaarschijnlijkheidskaart door per pixel de gemiddelde veenwaarschijnlijkheid te berekenen.

## 7.2 MODELCLASSIFICATIE

Voor elke dieptezone wordt een veenwaarschijnlijkheidskaart opgesteld. De betrouwbaarheid van deze waarschijnlijkheidskaarten wordt geanalyseerd op basis van de Kappa-index. Dit is een maat voor de overeenkomst tussen gemodelleerde en geobserveerde locaties met en zonder veen, maar gecorrigeerd voor overeenkomsten door toeval. Een Kappa-index kleiner dan 0 betekent geen overeenkomst, een waarde van 0.01 tot 0.2 weinig tot lichte overeenkomst, 0.21 tot 0.4 redelijke overeenkomst, 0.41 tot 0.6 matige overeenkomst, 0.61 tot 0.8 substantiële overeenkomst en 0.81 tot 1 een bijna perfecte overeenkomst (McHugh, 2012).

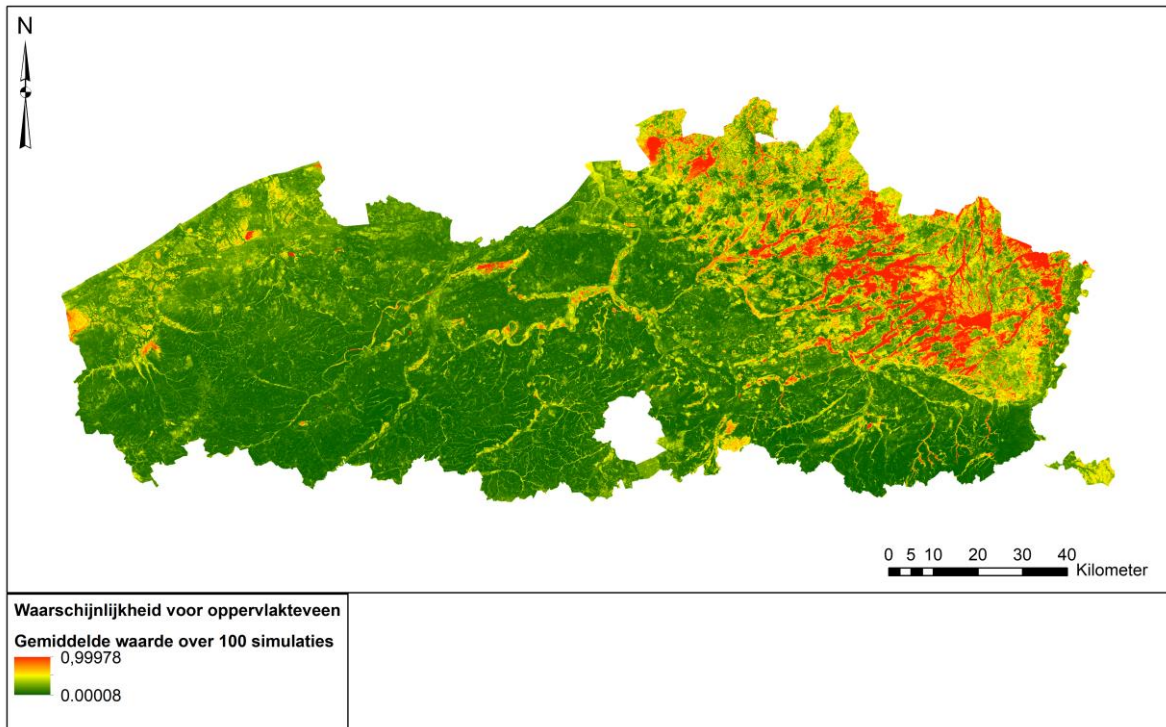
Aangezien gelijke hoeveelheden veen- en niet-veenobservaties gebruikt werden voor de DSM-simulaties – zoals aangeraden voor modeltraining in de literatuur – is de gemodelleerde veenwaarschijnlijkheidswaarde niet meteen bruikbaar als inschatting van de werkelijke kans op



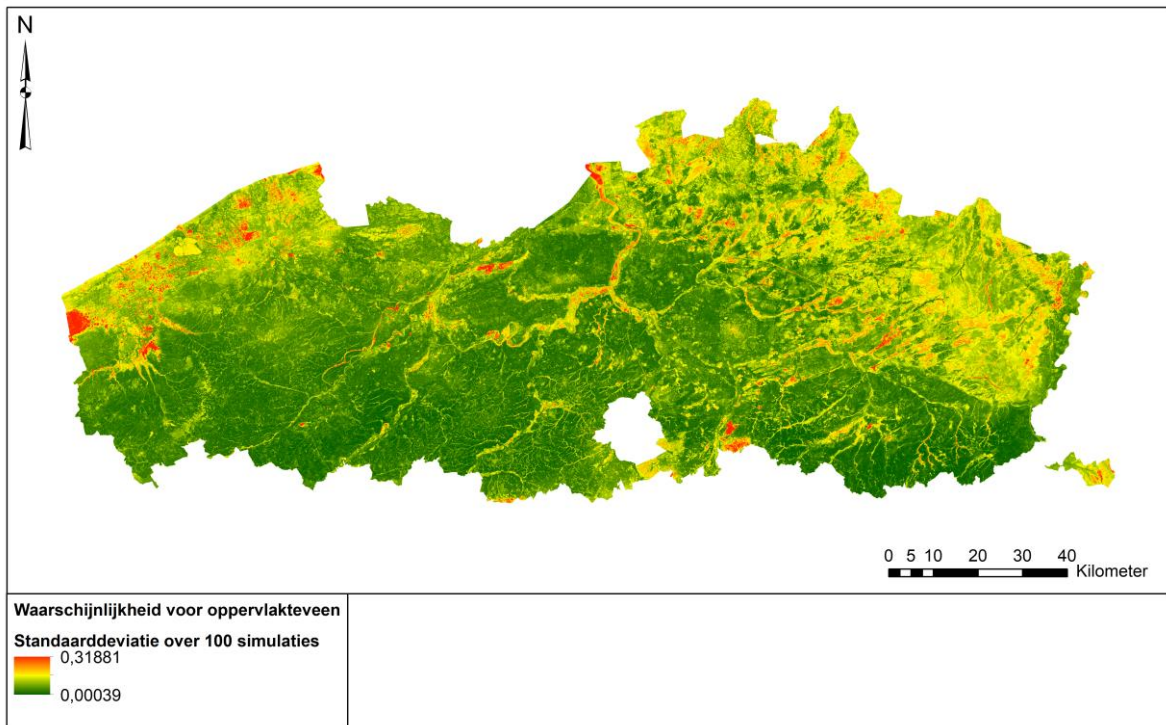




hetgeen betekent dat er een bijna perfecte overeenkomst is tussen de waarschijnlijkheidskaart en de veenobservaties uit de veendatabank.



Figuur 23: Veenwaarschijnlijkheidskaart die de gemiddelde waarde over 100 simulaties weergeeft voor het voorkomen van veen aan het oppervlak.



Figuur 24: Veenwaarschijnlijkheidskaart die de standaarddeviatie over 100 simulaties weergeeft voor het voorkomen van veen aan het oppervlak.



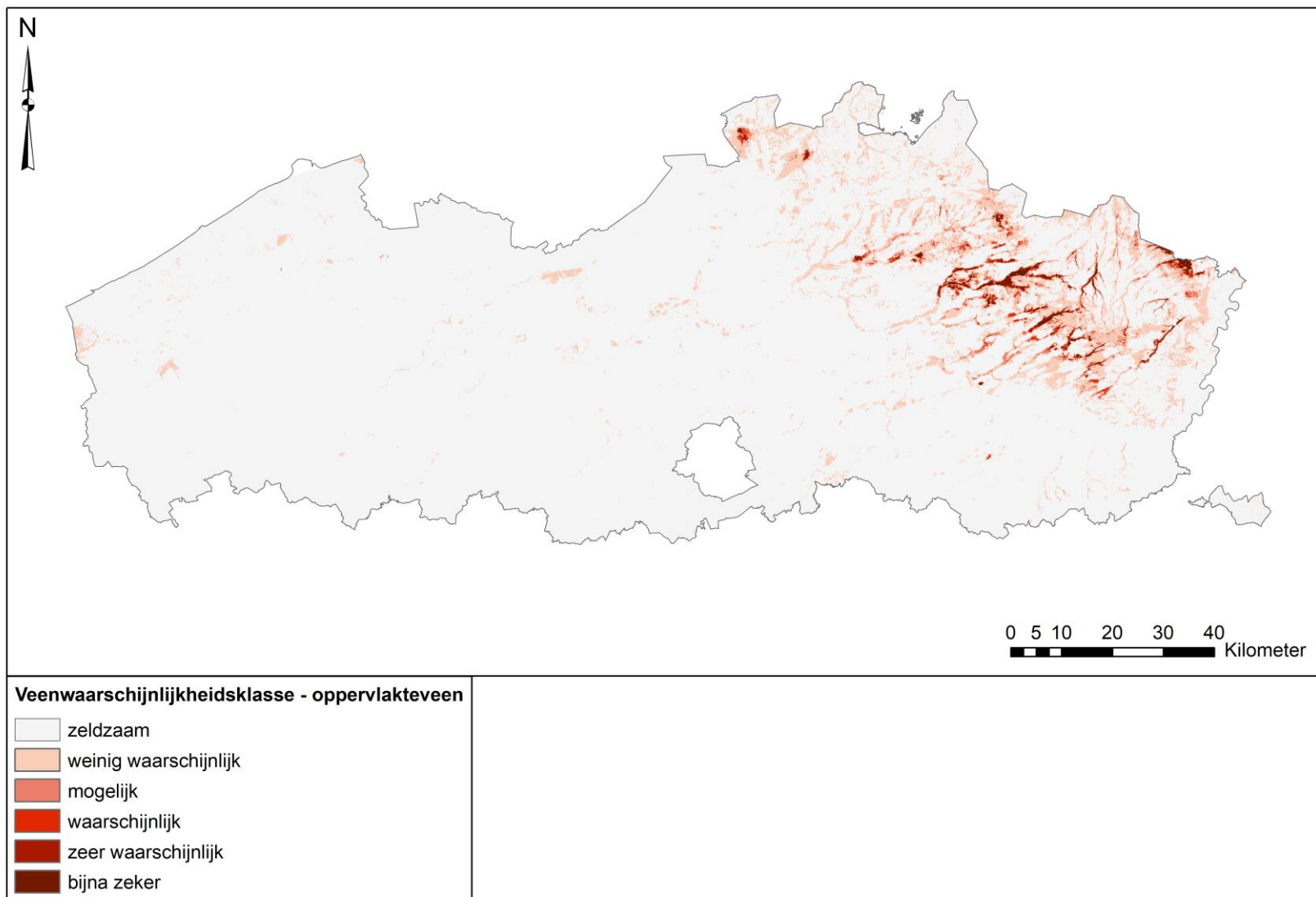




Tabel 19: overzicht van het aantal observaties, kans op het voorkomen van veen en de totale oppervlakte per klasse voor oppervlakteveen.

Categorie	Totaal aantal observaties	Aantal veen-observaties	Aantal niet veen-observaties	Totale kans op veen (%)	Totale oppervlakte (ha)
Zeldzaam	126737	427	126310	0.34	1243064 (91.3%)
Weinig waarschijnlijk	6499	676	5823	10.40	96324 (7.1%)
Mogelijk	1156	357	799	30.88	10133 (0.7%)
Waarschijnlijk	1660	820	840	49.40	5443 (0.4%)
Zeer waarschijnlijk	627	439	188	70.02	909 (0.1%)
Bijna zeker	12524	11719	805	93.57	5071 (0.4%)

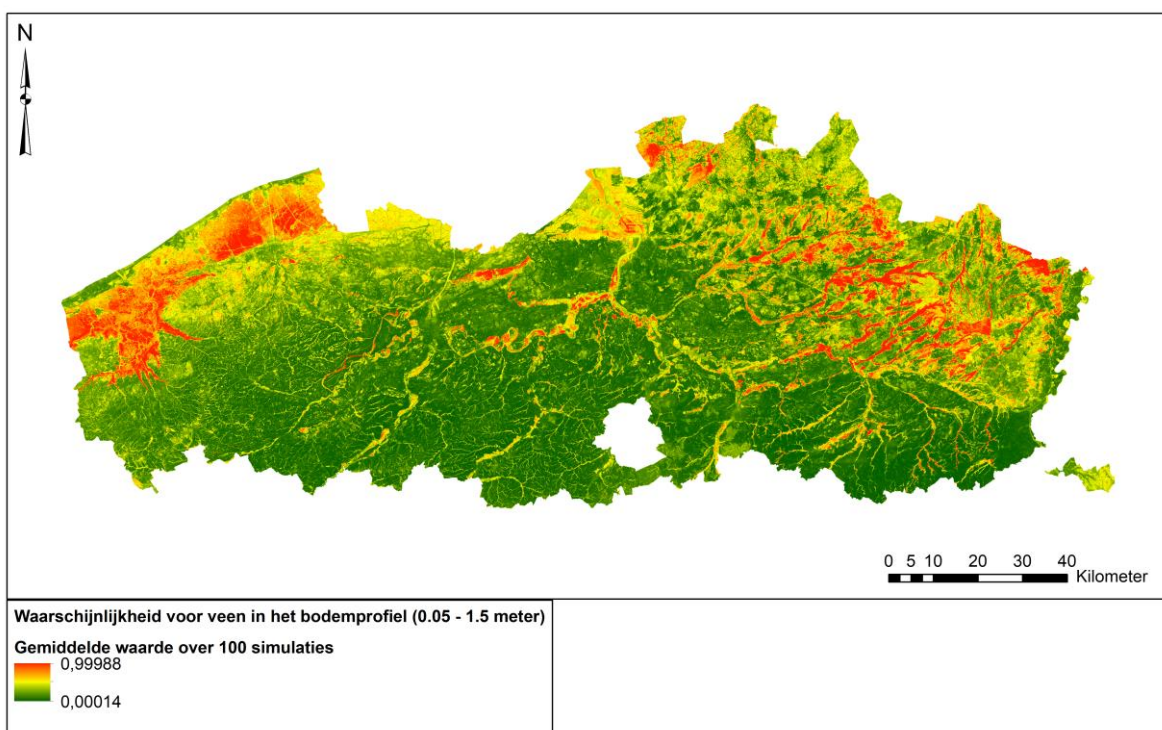




Figuur 26: Veenwaarschijnlijkheidskaart voor oppervlakteveen, opgedeeld in zes waarschijnlijkheidsklassen.

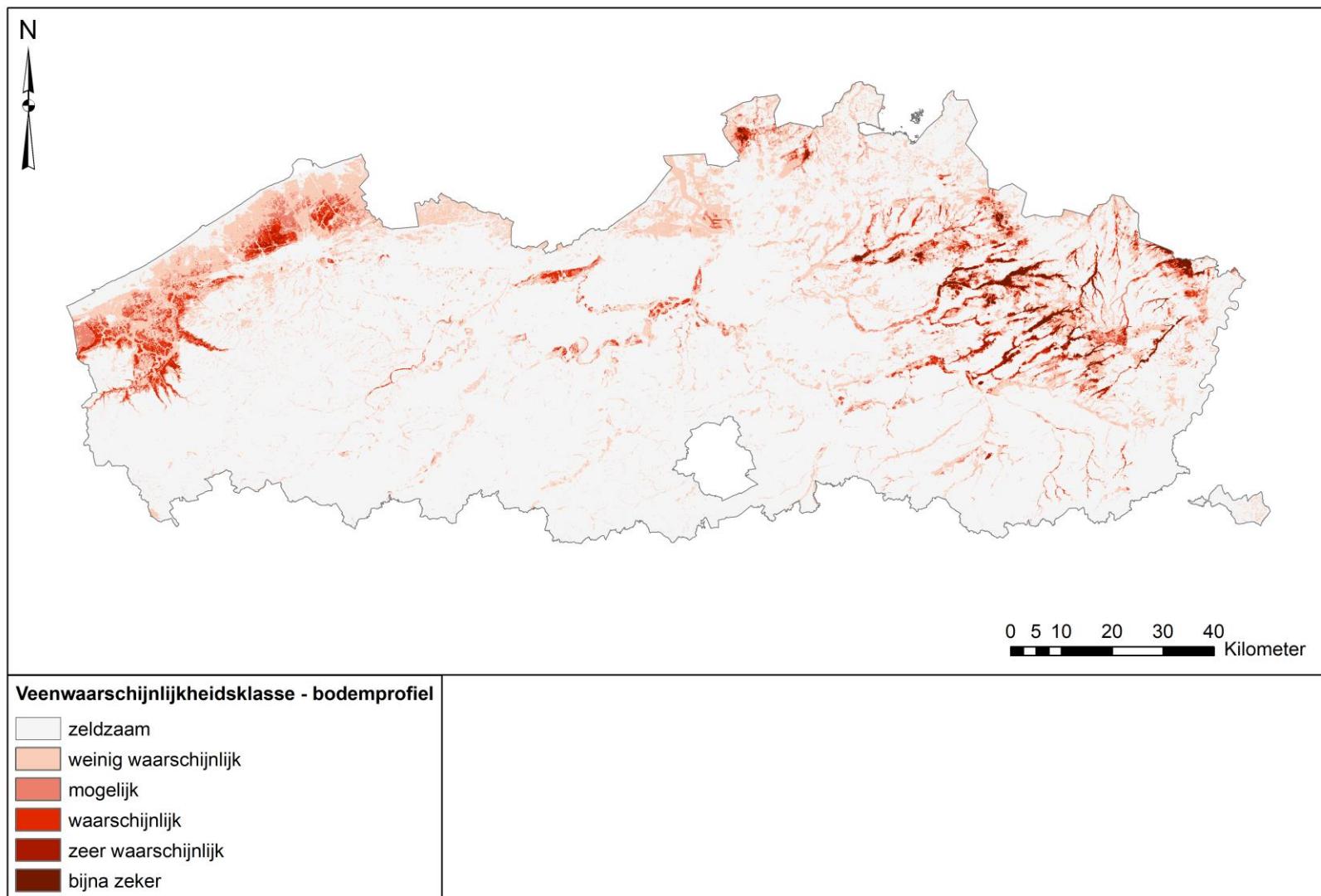
## 7.4 VEEN IN HET BODEMPROFIEL

Een zelfde analyse werd gemaakt voor veen in het bodemprofiel. Voor deze diepte-zone zijn het eveneens de Kempische valleien en heidegebieden die een hoge waarschijnlijkheid vertonen. Het zijn voornamelijk deze gebieden die in de categorie “bijna zeker” vallen (figuur 27, figuur 28, figuur 30). Daarnaast vertonen ook grote delen van de Kustvlakte en valleigebieden buiten de Kempen hogere waarschijnlijkheden. Deze gebieden vallen voornamelijk binnen de categorieën “weinig waarschijnlijk”, “mogelijk” en “waarschijnlijk”, hetgeen overeen komt met kansen op veenaanwezigheid tussen de 10% en 50%. De Kustvlakte, inclusief het Meetjesland en Antwerpen, vertonen een hoge standaarddeviatie op de verschillende simulaties. Voor de waarschijnlijkheidskaart voor veen in het bodemprofiel bedraagt de Kappa-index 0.76 (substantiële overeenkomst) hetgeen slechts een klein beetje lager is dan voor oppervlakteveen en nog steeds wijst op een zeer goede overeenkomst met de veenobservaties uit de databank.



Figuur 27: Veenwaarschijnlijkheidskaart die de gemiddelde waarde over 100 simulaties weergeeft voor het voorkomen van veen in de zone van 0.05 tot 1.5 meter diepte.





Figuur 30: Veenwaarschijnlijkheidskaart voor het bodemprofiel (0.05 tot 1.5 meter), opgedeeld in zes waarschijnlijkheidsklassen.



Over het algemeen nemen de hogere categorieën grotere oppervlakten in voor veen in het bodemprofiel in vergelijking met oppervlakteveen. 7584 hectare (0.6% van het oppervlak) bevindt zich in de categorie “bijna zeker”. Alle gebieden met een kans op het voorkomen van veen boven de 50% bedekken in totaal 39 054 hectare, hetgeen overeenkomt met 2.9% van het totale oppervlak. Net geen 80% van Vlaanderen valt binnen de categorie “zeldzaam”, met een kans op veen lager dan 1% (tabel 20).

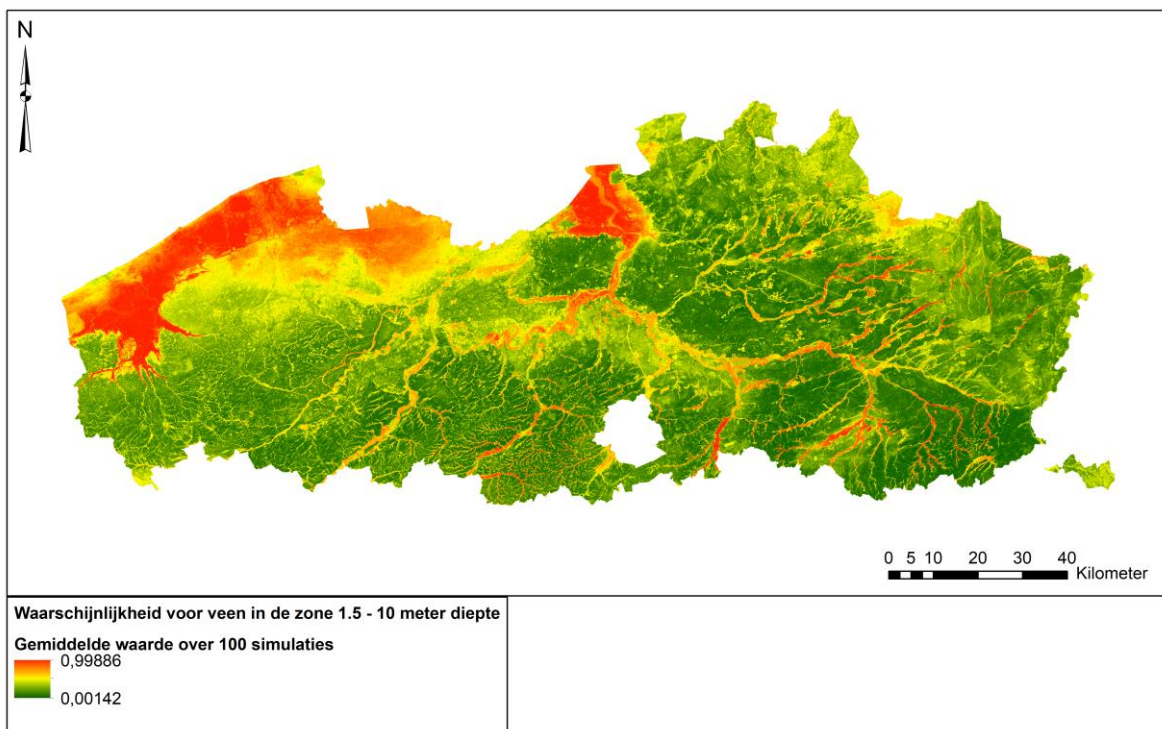
Tabel 20: overzicht van het aantal observaties, kans op het voorkomen van veen en de totale oppervlakte per klasse voor veen in het bodemprofiel.

Categorie	Totaal aantal observaties	Aantal veen-observaties	Aantal niet veen-observaties	Totale kans op veen (%)	Totale oppervlakte (ha)
Zeldzaam	107885	658	107227	0.61	1086094 (79.8%)
Weinig waarschijnlijk	13558	1291	12267	9.52	196954 (14.5%)
Mogelijk	2463	749	1714	30.41	38842 (2.9%)
Waarschijnlijk	1954	977	977	50.00	24788 (1.8%)
Zeer waarschijnlijk	930	651	279	70.00	6682 (0.5%)
Bijna zeker	12543	12247	296	97.64	7584 (0.6%)

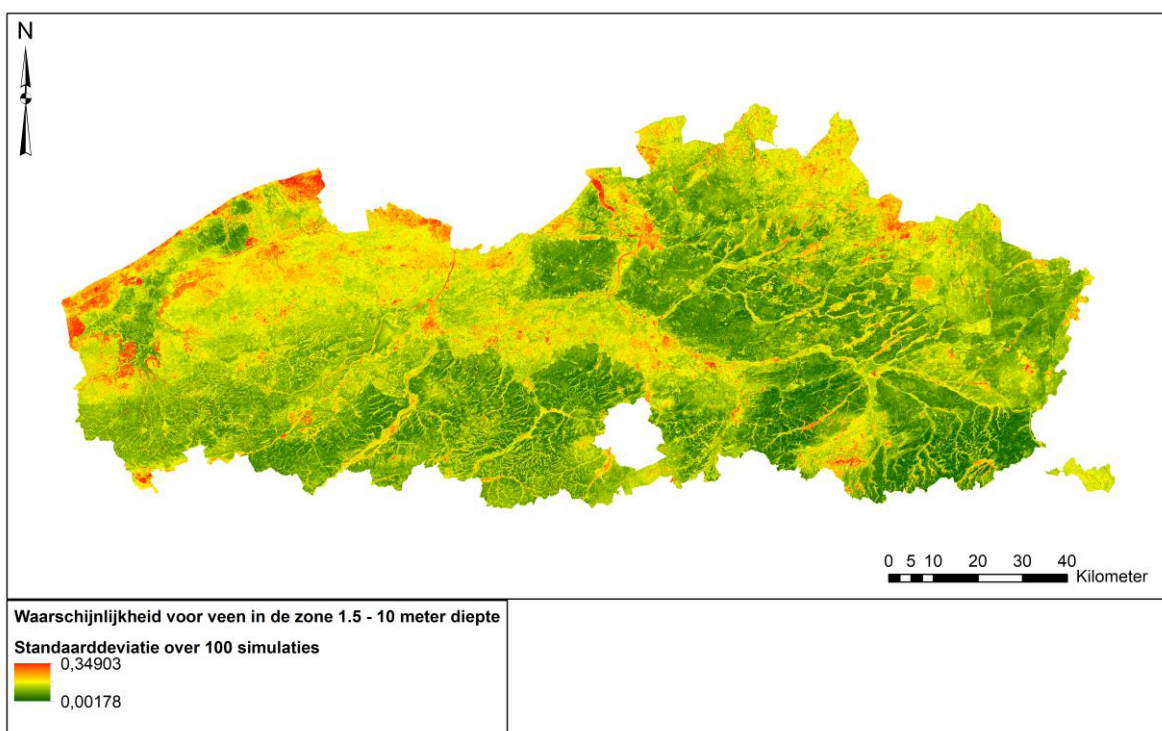
## 7.5 VEEN IN DE ZONE 1,5 – 10 METER DIEPTE

De veenwaarschijnlijkheidskaart voor de diepte-zone tussen 1.5 meter en 10 meter toont voornamelijk hoge waarden in de Holocene kustafzettingen. Daarnaast vertonen ook de valleigebieden en de Vlaamse Vallei (langs de as Mechelen-Gent en het Meetjesland) verhoogde waarden ten opzichte van de omliggende gebieden (figuur 31, figuur 32, figuur 34). Grote delen van de Kustvlakte, het gebied rond de Antwerpse haven en de valleien van de Dijle, Gete, Herk en Zwarte beek vallen binnen de categorieën “zeer waarschijnlijk” en “bijna zeker” met kansen op veenaanwezigheid van 70% en meer dan 90%. De standaarddeviatie op de waarschijnlijkheid is voornamelijk het hoogst voor de Kustvlakte, de Vlaamse vallei en het Gete-bekken. Voor deze diepte-zone bedraagt de Kappa-index 0.44 (matige overeenkomst) hetgeen een stukje lager is dan voor oppervlakteveen en veen in het bodemprofiel. Deze lagere waarde is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat het veen in deze diepte-zone meer verspreid voorkomt en dat het aantal observaties in de veendatabank afneemt naarmate de diepte onder het oppervlak toeneemt. Dit zorgt voor een grotere onzekerheid op het bekomen resultaat en dus een lagere Kappa-index.





Figuur 31: Veenwaarschijnlijkheidskaart die de gemiddelde waarde over 100 simulaties weergeeft voor het voorkomen van veen in de zone van 1.5 tot 10 meter diepte.

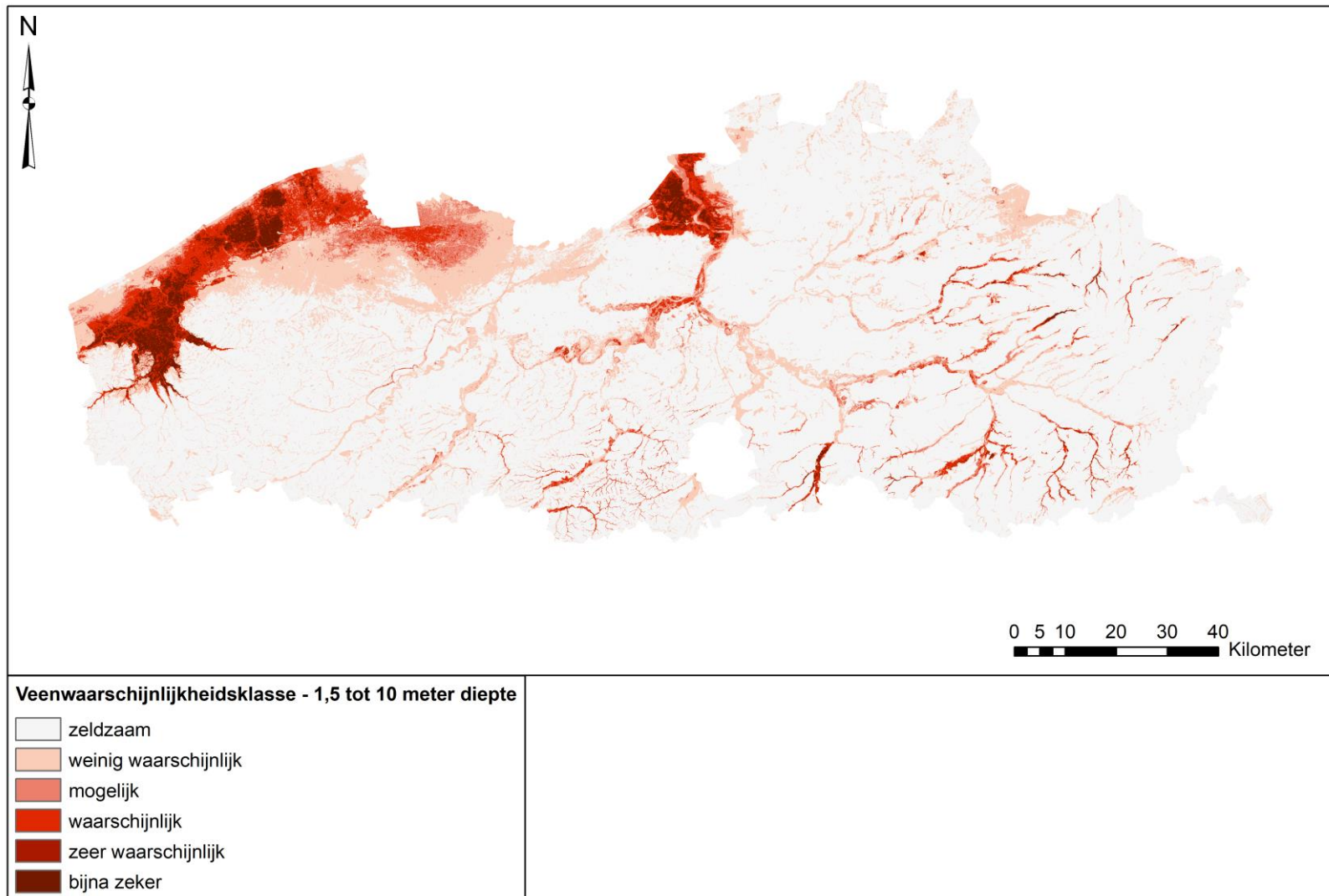


Figuur 32: Veenwaarschijnlijkheidskaart die de standaarddeviatie over 100 simulaties weergeeft voor het voorkomen van veen in de zone van 1.5 tot 10 meter diepte.

Het belang van de verschillende predictoren voor veen in de zone 1,5 – 10 meter diepte wordt weergegeven in figuur 33. Hierbij valt het belang van de geologische datasets op (Tertiair geologische kaart en G3Dv3), aangevuld met variabelen gerelateerd aan het landgebruik. Dit toont het belang aan van gedetailleerde geologische datasets om de ruimtelijke patronen van veen in de



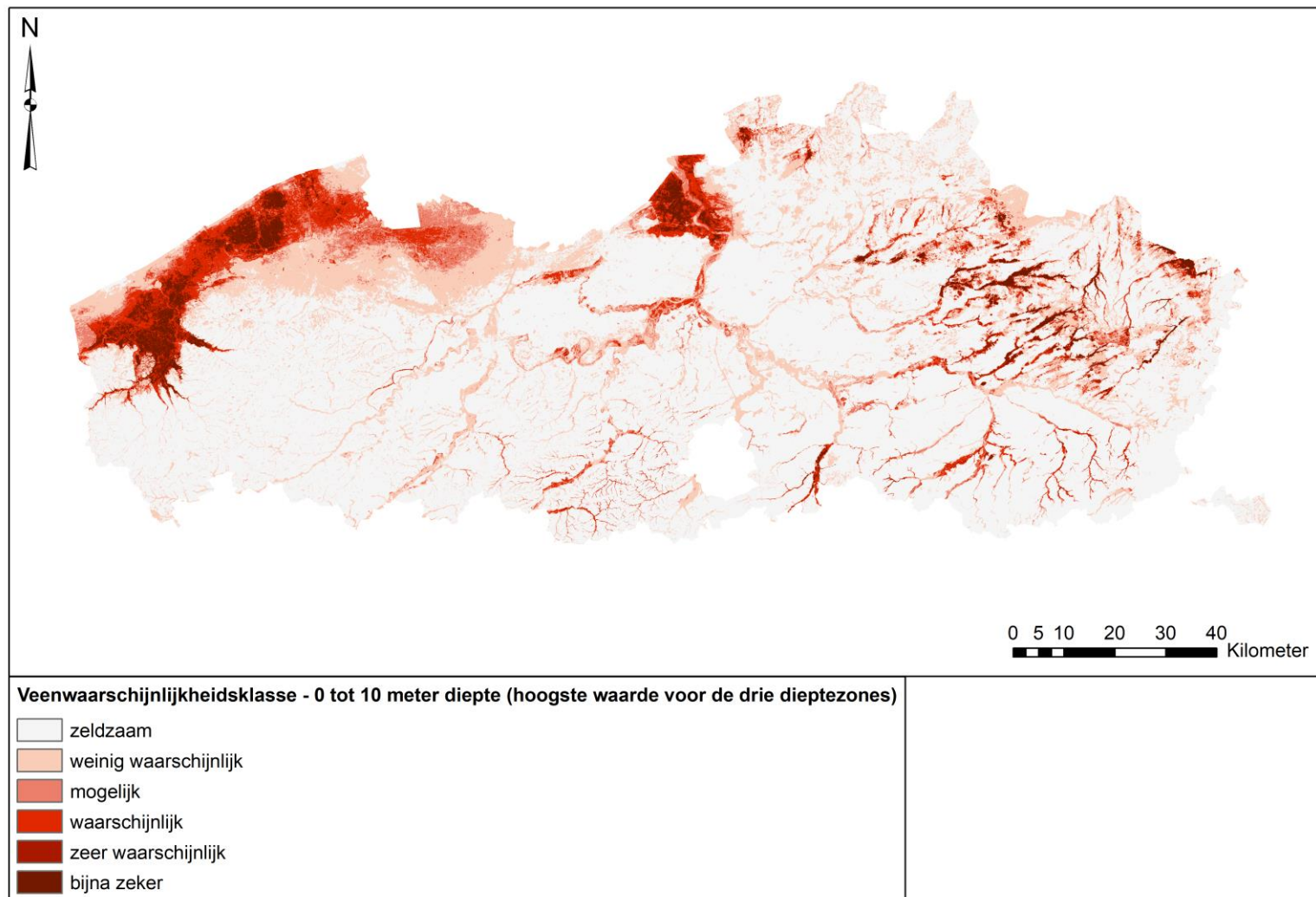




Figuur 34: Veenwaarschijnlijkheidskaart voor de zone 1.5 - 10 meter diepte, opgedeeld in zes waarschijnlijkheidsklassen.

## 7.6 VEEN IN DE ZONE 0 – 10 METER DIEPTE

Hoewel deze studie de volledige dieptezone van 0 tot 10 meter bestudeerd, werd er besloten om geen veenwaarschijnlijkheidskaart op te stellen voor dit diepte-interval. Dit om verwarring met de kaarten voor de andere drie zones te vermijden. In de plaats daarvan werd er wel een geclassificeerde veenwaarschijnlijkheidskaart opgesteld die voor elke pixel de hoogste klasse weergeeft die voor de drie dieptezones op deze locatie bepaald werd (figuur 35). Indien bijvoorbeeld een bepaalde locatie in de categorie “waarschijnlijk” valt voor de zone 1.5 tot 10 meter en voor het bodemprofiel, maar in de categorie “bijna zeker” voor oppervlakteveen zal deze op de kaart voor 0 tot 10 meter geclassificeerd worden als “bijna zeker”. De kaart kan dus gelezen worden als de hoogste categorie die ergens voorkomt in de drie dieptezones op die locatie. Bijgevolg is deze kaart erg handig om snel een inschatting te bekomen van de algemene kans op het voorkomen van veen ergens in de bovenste 10 meter van de ondergrond. Indien deze kaart een lage categorie weergeeft voor een bepaalde locatie betekent dit dat er op geen enkele diepte een verhoogde kans op het voorkomen van veen is. Anderzijds wijst een hoge categorie op de aanwezigheid van veen. Op welke diepte dit veen zich dan precies bevindt kan vervolgens in meer detail bepaald worden door de waarschijnlijkheidskaarten voor de drie dieptezones te bekijken.



Figuur 35: Veenwaarschijnlijkheidskaart voor de zone 0 - 10 meter diepte, opgedeeld in zes waarschijnlijkheidsklassen. Deze kaart geeft voor elke pixel de hoogste klasse weer die voor de drie dieptezones op deze locatie bepaald werd.



## 8 VEENVOLUME EN KOOLSTOFBUDGET

Op basis van de veenwaarschijnlijkheidskaarten en de veendatabank kan een inschatting gemaakt worden van het volume aan veen in de ondergrond en de bijbehorende hoeveelheid koolstof die dit veen bevat (tabel 22, tabel 23, tabel 24). Door de oppervlakte die een bepaalde categorie op de veenwaarschijnlijkheidskaart inneemt te vermenigvuldigen met de gemiddelde kans voor die categorie kan een representatieve veenoppervlakte per categorie berekend worden. Daarnaast kan een gemiddelde veendikte bepaald worden voor alle puntobservaties uit de veendatabank die binnen de categorie in kwestie vallen. Voor de berekening van de gemiddelde dikte werden de observaties die afkomstig zijn uit DOV geologie buiten beschouwing gelaten. Dit omdat deze observaties vaak veen en andere lithologieën samen in dezelfde beschrijving plaatsen, waardoor de dikte van het geobserveerde diepte-interval groter is dan deze van de aanwezige veenlagen. De vermenigvuldiging van deze gemiddelde dikte met de representatieve veenoppervlakte geeft een geschat volume aan veen per categorie. Door dit volume te vermenigvuldigen met gemiddelde waarden voor de bulkdensiteit en het gehalte aan organische koolstof, die als representatief worden beschouwd, kan ook het totale gewicht aan veen en het gewicht aan organische koolstof worden begroot. Respectievelijk werden waarden van 0.3 g/cm<sup>3</sup> voor de droge bulkdensiteit en 27.45% voor de het gehalte organische koolstof gebruikt (Swinnen et al., 2020). Een foutenmarge werd bepaald door een fout van 15% toe te passen op de gemiddelde veendikte, de oppervlakte van elke categorie, de bulkdensiteit en het gehalte organische koolstof. De fouten op de verschillende berekeningen werden bepaald via Gaussian error propagation (Ku, 1966). Hoewel deze berekeningen omwille van de assumpties slechts een schatting zijn van het totale veenvolume in de Vlaamse ondergrond en de bijbehorende koolstofstock, kunnen ze richtinggevend zijn om het belang van veen in de terrestrische koolstofstock in te schatten. Daarnaast geven ze een inzicht in het relatief belang van veen op verschillende dieptes en de relatieve bijdrage van de verschillende categorieën op de waarschijnlijkheidskaarten aan het totale veenvolume.

Voor oppervlakteveen leidt dit tot een schatting van 25.35 ± 6.59 Mt veen of 6.96 ± 2.09 Mt organisch koolstof. Ongeveer één derde van deze hoeveelheid bevindt zich in de categorie “bijna zeker”, hetgeen aantoont dat ook de categorieën met een lagere kans op het voorkomen van veen een significante bijdrage leveren aan de totale hoeveelheid veen. Zo is de hoeveelheid binnen de categorie “weinig waarschijnlijk” bijna even groot als binnen de categorie “bijna zeker” omdat de lagere kans op het voorkomen van veen grotendeels gecompenseerd wordt door de grotere oppervlakte die deze categorie inneemt (tabel 22).

Tabel 22: Overzicht van het volume veen, het gewicht aan veen en het gewicht aan koolstof, met foutenmarges voor oppervlakteveen, opgesplitst per categorie op de veenwaarschijnlijkheidskaart.

Categorie	Kans op veen (%)	Gemiddelde dikte (m)	Oppervlakte (ha)	Volume veen (Mm <sup>3</sup> )	fout volume (Mm <sup>3</sup> )	Gewicht veen (Mt)	fout gewicht (Mt)	Gewicht koolstof (Mt C)	fout gewicht koolstof (Mt C)
Zeldzaam	0.34	0.17 (n = 135)	1243064	7.35	1.56	2.21	0.57	0.61	0.18
Weinig waarschijnlijk	10.4	0.27 (n = 332)	96324	26.65	5.65	7.99	2.08	2.19	0.66
Mogelijk	30.88	0.32 (n = 256)	10133	9.98	2.12	3.00	0.78	0.82	0.25
Waarschijnlijk	49.40	0.40 (n = 789)	5443	10.73	2.28	3.22	0.84	0.88	0.27

<b>Zeer waarschijnlijk</b>	70.02	0.43 (n = 433)	909	2.71	0.57	0.81	0.21	0.22	0.07
<b>Bijna zeker</b>	93.57	0.57 (n = 11666)	5071	27.09	5.75	8.13	2.11	2.23	0.67
<b>Totaal</b>				<b>84.51</b>	<b>17.93</b>	<b>25.35</b>	<b>6.59</b>	<b>6.96</b>	<b>2.09</b>

Voor veen in het bodemprofiel wordt de totale hoeveelheid veen geschat op  $57.97 \pm 15.06$  Mt veen of  $15.91 \pm 4.77$  Mt organisch koolstof. Hieruit blijkt dat in vergelijking met oppervlakteveen de bodemprofielen bijna drie maal zoveel veen bevatten. Dit toont aan dat veenlagen in bodemprofielen die zich vaak in een begraven positie bevinden, hoewel minder zichtbaar in het landschap, een zeer belangrijke veenvoorraad vertegenwoordigen (tabel 23).

Tabel 23: Overzicht van het volume veen, het gewicht aan veen en het gewicht aan koolstof, met foutenmarges voor veen in het bodemprofiel, opgesplitst per categorie op de veenwaarschijnlijkheidskaart.

Categorie	Kans op veen (%)	Gemiddelde dikte (m)	Oppervlakte (ha)	Volume veen (Mm <sup>3</sup> )	fout volume (Mm <sup>3</sup> )	Gewicht veen (Mt)	fout gewicht (Mt)	Gewicht koolstof (Mt C)	fout gewicht koolstof (Mt C)
<b>Zeldzaam</b>	0.61	0.26 (n = 212)	1086094	17.27	3.66	5.18	1.35	1.42	0.43
<b>Weinig waarschijnlijk</b>	9.52	0.27 (n = 455)	196954	49.76	10.56	14.93	3.88	4.10	1.23
<b>Mogelijk</b>	30.41	0.29 (n = 315)	38842	34.21	7.26	10.26	2.67	2.82	0.85
<b>Waarschijnlijk</b>	50.00	0.32 (n = 435)	24788	39.35	8.35	11.81	3.07	3.24	0.97
<b>Zeer waarschijnlijk</b>	70.00	0.33 (n = 492)	6682	15.19	3.22	4.56	1.18	1.25	0.38
<b>Bijna zeker</b>	97.64	0.51 (n = 12159)	7584	37.45	7.94	11.23	2.92	3.08	0.93
<b>Totaal</b>				<b>193.22</b>	<b>40.99</b>	<b>57.97</b>	<b>15.06</b>	<b>15.91</b>	<b>4.77</b>

Voor de dieptezone tussen 1,5 en 10 meter diepte wordt de totale hoeveelheid veen geschat op  $174.33 \pm 45.29$  Mt veen of  $47.85 \pm 14.36$  Mt organisch koolstof. Dit geeft aan dat de diepere ondergrond (dieper dan 1,5 meter) een volume aan veen bevat dat bijna drie maal zo groot is als de hoeveelheid veen in het bodemprofiel. Hoewel veen in deze diepere lagen vaak beter beschermd is tegen verstoringen zoals vergraving of drainage, vertegenwoordigt het toch een belangrijke koolstofvoorraad van bijna 48 Mt organische koolstof. Bovendien tonen de geschatte hoeveelheden per categorie aan dat het veen in de diepere ondergrond niet enkel voorkomt in de categorieën met de hoogste kans op veen, maar verspreid voorkomt met grote veenvolumes in de categorieën “weinig waarschijnlijk” en “mogelijk” (tabel 24).

Tabel 24: Overzicht van het volume veen, het gewicht aan veen en het gewicht aan koolstof, met foutenmarges voor veen in de zone 1,5 – 10 meter diepte, opgesplitst per categorie op de veenwaarschijnlijkheidskaart.

Categorie	Kans op veen (%)	Gemiddelde dikte (m)	Oppervlakte (ha)	Volume veen (Mm <sup>3</sup> )	fout volume (Mm <sup>3</sup> )	Gewicht veen (Mt)	fout gewicht (Mt)	Gewicht koolstof (Mt C)	fout gewicht koolstof (Mt C)
<b>Zeldzaam</b>	0.49	0.60 (n = 36)	1012338	29.55	6.27	8.87	2.3	2.43	0.73
<b>Weinig waarschijnlijk</b>	9.72	0.55 (n = 137)	209654	111.35	23.62	33.40	8.68	9.17	2.75
<b>Mogelijk</b>	30.69	0.52 (n = 121)	49868	79.64	16.90	23.89	6.21	6.56	1.97
<b>Waarschijnlijk</b>	50.00	0.50 (n = 371)	59059	147.59	31.31	44.28	11.50	12.15	3.65
<b>Zeer waarschijnlijk</b>	71.20	0.70 (n = 18)	2434	12.19	2.59	3.66	0.95	1.00	0.30
<b>Bijna zeker</b>	90.36	0.81 (n = 814)	27590	200.79	42.59	60.24	15.65	16.54	4.96
<b>Totaal</b>				<b>581.11</b>	<b>123.27</b>	<b>174.33</b>	<b>45.29</b>	<b>47.85</b>	<b>14.36</b>







wordt geadviseerd om de gegevens uit de databank te combineren met een bijkomende verificatie in het veld.

Hoewel deze werkwijze een aantal inherente onzekerheden met zich meebrengt zorgt het voor een zo volledig mogelijke dataset van meer dan 61 000 veenobservaties, verspreid over heel Vlaanderen. Deze dataset vormt zo een bruikbaar instrument voor zowel lokale als regionale studies. Bovendien werden in de veendatabank de verwijzingen naar de oorspronkelijke bron van de veenobservaties maximaal behouden. Dit laat toe om individuele observaties terug te traceren en eventuele bijkomende informatie te verzamelen die kunnen leiden tot een andere selectie van veenobservaties.

## 9.2 DIGITAL SOIL MAPPING

Op basis van de veendatabank en een uitgebreide set aan omgevingsfactoren werden veenwaarschijnlijkheidskaarten opgesteld voor drie diepte-zones. De resultaten van deze analyse zijn goed en resulteren, zeker voor oppervlakteveen en veen in het bodemprofiel, in relatief hoge Kappa-waarden. Anderzijds zijn er een aantal zaken waarin de analyse verbeterd kan worden, met name de resolutie, de input-data en de predictoren. De veenwaarschijnlijkheidskaarten zijn opgesteld met een resolutie van 50 x 50 meter. Hoewel dit voor veel toepassingen genoeg detail weergeeft, is dit niet altijd voldoende om de ruimtelijke variatie in het voorkomen van veen weer te geven. Veenlagen kunnen zeer uitgestrekt zijn, maar kunnen eveneens in bepaalde situaties een zeer kleine oppervlakte innemen (bv. in een afgesneden meander van een rivier) en zeer discontinu voorkomen in het landschap. Die variatie zal door het gebruik van deze resolutie deels vervagen en slechts gedeeltelijk op het kaartmateriaal zichtbaar zijn. Dat kan eventueel leiden tot een gemiddelde veenwaarschijnlijkheid voor een groter gebied waarbij bijkomende lokale analyse vereist is om de situatie te verduidelijken. Omwille van de belangrijke ruimtelijke variatie in het voorkomen van veen moet de veenwaarschijnlijkheidskaart dan ook met de nodige omzichtigheid worden gebruikt. Een kans op voorkomen van veen in de categorie 'weinig waarschijnlijk' geeft aan dat gemiddeld in één op 10 puntlocaties in een grid van 50 bij 50 meter effectief veen kan worden verwacht, wat op zich niet verwaarloosbaar is. Bovendien kan een pixel van 50 bij 50 meter een grote variatie aan omgevingsvariabelen omvatten (bijvoorbeeld een pixel op de overgang van een helling naar een valleigebied) waardoor de kans op het voorkomen van veen voor heel de pixel eerder onwaarschijnlijk is terwijl in het valleigedeelte van de pixel de kans veel hoger is. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor lokale veengroei in een afgesneden meander van een rivier. Deze veengroei is zeer lokaal (een kanaal van enkele meters breed), maar de overliggende pixel van 50 x 50 meter bedekt ook een groot deel van het omliggende gebied en zal dus een weinig waarschijnlijke of mogelijke kans op het voorkomen van veen weergeven.

Daarnaast kan de kwaliteit van een modelresultaat maar zo goed zijn als de kwaliteit van de input-data. De onzekerheden die inherent zijn aan de veendatabank die als input gebruikt werd zitten onvermijdelijk ook vervat in de Digital Soil Mapping-analyse. Zoals hierboven beschreven bevat de databank zowel recente als oudere observaties, waarvan niet altijd zeker is of het geobserveerde veen op dit moment nog aanwezig is. Zowel de training van de Digital Soil Mapping modellen als de opdeling in waarschijnlijkheidscategorieën is gebaseerd op deze puntdata. Bijgevolg geven de waarschijnlijkheidskaarten de ruimtelijke spreiding van veen weer zoals het vervat zit in de databank. Om in detail na te gaan in welke mate deze patronen recent gewijzigd zijn zou een veldverificatie met nieuwe gegevens vereist zijn. Tenslotte hangt het resultaat van de Digital Soil Mapping ook af van de gebruikte predictoren. Aangezien het model verbanden zoekt tussen het voorkomen van veen en omgevingsfactoren is het belangrijk om factoren te gebruiken die sterk





## REFERENTIES

- Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2023. Bodembedekkingsbestand, opname 2001. Dataset.
- Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2016. Landgebruik Vlaanderen 2016. Dataset.
- Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2014. Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, DTM, raster, 5 m. Dataset.
- Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2013. Landgebruik Vlaanderen 2013. Dataset.
- Allemeersch, L., 2010. Archeologische en paleo-ecologische evaluatie van de vallei van de Zwarte Beek. (Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek; Nr. INBO.R.2010.56). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO). Brussel.
- Allen, J., 1990. The formation of coastal peat marshes under an upward tendency of relative sea-level. *J. Geol. Soc. London*. 147, 743 LP – 745. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.147.5.0743>
- Andriessse, J.R., 1974. Tropical lowland peats in Southeast Asia. Koninklijk Instituut voor de Tropen. Amsterdam. 63 pp.
- Baeteman, C., 2004. Algemene Profieltypen kaart van de westelijke kustvlakte. Belgische Geologische Dienst. Brussel
- Baeteman, C., 1999. The Holocene depositional history of the Ijzer palaeovalley (western Belgian coastal plain) with reference to the factors controlling the formation of intercalated peat beds. *Geol. Belgica* 2, 39–72. <https://doi.org/10.20341/gb.2014.010>
- Bord na Móna, 1985. Fuel Peat in Developing Countries. World Bank. Washington DC. 146 pp.
- Breiman, L., 2001. Random Forests. *Mach. Learn.* 45, 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Burton, R.G.O., Hodgson, J.M., 1987. Lowland Peat in England and Wales. Harpenden. 146 pp.
- Charman, D.J., 2002. Peatlands and environmental change. John Wiley and Sons, London. 312 pp.
- Coenen, B., 2015. Begroting van de alluviale sedimentopslag voor twee beekvalleien in de Kempen. Bosbeek en Grote Nete. Masterthesis KU Leuven. 98 pp.
- Cosco, M., 2015. Assessing the Holocene organic carbon storage of two contrasting river floodplains in the Campine Region (Belgium). Masterthesis KU Leuven. 85 pp.
- D'Haese, W., 2015. Holocene alluviale afzettingen in de vallei van de Zwalm. Masterthesis Universiteit Gent. 79 pp.
- De Dobbelaer, T., Herr, C., et al., 2022. Organic soil surveys across Flanders. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5913202>





Julve, P., 1999. Botanical vicariance in some mire vegetation between Hokkaido and Europe. *Acta Bot. Gall.* 146, 207–225. <https://doi.org/10.1080/12538078.1999.10515394>

Khaledian, Y., Miller, B.A., 2020. Selecting appropriate machine learning methods for digital soil mapping. *Appl. Math. Model.* 81, 401–418. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.12.016>

Kinoo, B., 2011. Kwantitatieve analyse van de alluviale sedimentopslag in de Douvebeekvallei. Bachelorthesis KU Leuven. 29 pp.

Ku, H., 1966. Notes on the Use of Propagation of Error Formulas. *J. Res. Natl. Bur. Stand. Eng. Instrum.* 70C, 263–273.

le Maire-Heyvaert, F., 1983. Evolution paleoecologique du bassin du Molenbeek (Hesbaye humide) depuis le Tardiglaciaire (et dates C14). Doctoraatsthesis Université Catholique de Louvain. 229 pp.

Lehner, B., Doell, P., 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *J. Hydrol.* 296, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.028>

Liaw, A., Wiener, M., 2002. Classification and Regression by randomForest. *R News* 2, 18–22.

Lindsay, R., 2018. Peatland Classification BT - The Wetland Book: I: Structure and Function, Management, and Methods, in: Finlayson, C.M., Everard, M., Irvine, K., McInnes, R.J., Middleton, B.A., van Dam, A.A., Davidson, N.C. (Eds.), . Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 1515–1528. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3\\_341](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3_341)

Liu, X., Kounadi, O., et al., 2022. Incorporating Spatial Autocorrelation in Machine Learning Models Using Spatial Lag and Eigenvector Spatial Filtering Features. *ISPRS Int. J. Geo-Information.* <https://doi.org/10.3390/ijgi11040242>

López del Olmo, A., 2018. Geomorfologische impact van de molen van Meldert op de alluviale vlakte van de Mene ( Vlaams-Brabant ). Bachelorthesis KU Leuven. 53 pp.

Lourenco, M., Fitchett, J.M., et al., 2022. Peat definitions: A critical review. *Prog. Phys. Geogr. Earth Environ.* 03091333221118353. <https://doi.org/10.1177/03091333221118353>

Luthardt, V., Meier-Uhlher, R., et al., 2011. Steckbriefe Moorsubstrate. *HNE.* <https://doi.org/10.23689/figeo-3724>

McHugh, M.L., 2012. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem. medica* 22, 276–282.

Mcmillan, A.A., Powell, J.H., 1999. BGS rock classification scheme volume 4 classification of artificial (man-made) ground and natural superficial deposits application to geological maps and datasets in the UK. (Research report RR99-04). Nottingham. 66 pp.

Minasny, B., McBratney, A.B., 2016. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma* 264, 301–311. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>

Ottoy, S., Vanierschot, L., et al., 2019. The devil is in the detail: Discrepancy between soil organic carbon stocks estimated from regional and local data sources in Flanders, Belgium. *Soil Use Manag.* 35, 421–432. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/sum.12504>







Van Ranst, E., Sys, C., 2000. Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen (Schaal 1:20 000), Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen. Gent. 361 pp.

Vanierschot, L., 2014. Bodemorganische koolstof in het landschap: relatie met natuurlijke en antropogene gradiënten in de Kempen. Masterthesis KU Leuven. 129 pp.

Vervoort, L., 2018. Analyse van veranderingen in riviermorfologie voor de Gete en Herk-Mombeek (1880-2017). Topografische analyse van rivieren in relatie tot de drijvende factoren. Masterthesis KU Leuven. 110 pp.

VITO on behalf of the European Commission Joint Research Centre (JRC), 2021. Copernicus Global Land Service. Dataset.

Vlaamse Overheid - departement Leefmilieu Natuur en Energie (LNE) - ALBON, 2022. Tertiair geologische kaart (1/50.000). Dataset.

Vlaamse overheid - Departement Omgeving - Vlaams Planbureau voor Omgeving (VPO), 2017. Digitale Bodemkaart van het Vlaams gewest: bodemtypes, substraten, fasen en varianten van het moedermateriaal en de profielontwikkeling. Dataset.

VMM, 2018. Klimaatportaal Vlaanderen. Dataset.

Von Post, L., 1924. Memoires sur la nomenclature et la classification des sols. Com. Int. Pédologie, IV Comm. 22, 287–304.

Vrebos, D., Staes, J., et al., 2020. Facilitating spatially-explicit assessments of ecosystem service delivery to support land use planning. *One Ecosyst.* 5, e50540. <https://doi.org/10.3897/oneeco.5.e50540>

Wheeler, B.D., Proctor, M.C.F., 2000. Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. *J. Ecol.* 88, 187–203. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00455.x>

Wittemans, K., Ottoy, S., et al., 2023. Bodemdatabank-STAT: Koppeling van statistische bodemgegevens aan de bodemkaart gebaseerd op de bodemdata van de DOV-bodemdatabank. Studie uitgevoerd in opdracht van Departement Omgeving.

Xu, J., Morris, P.J., et al., 2018. PEATMAP: Refining estimates of global peatland distribution based on a meta-analysis. *Catena* 160, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.010>

Zhang, G., Liu, F., et al., 2017. Recent progress and future prospect of digital soil mapping: A review. *J. Integr. Agric.* 16, 2871–2885. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61762-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61762-3)

