



Vlaanderen
is kwaliteitsvolle
omgeving



Klimaat, en wat met de grond onder onze voeten?

Wijze van citeren:

COLOFON

Toon Denys, secretaris-generaal

Departement Omgeving

Koning Albert-II laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)

vlaanderen.be/omgeving

Een uitgave van het Departement Omgeving, Afdeling Vlaams Planbureau voor Omgeving

VPO.omgeving@vlaanderen.be

Ingeborg Joris (VITO)

Michiel Maertens (VITO)

Tom Van Haren (VITO)

Leen Van Esch (VITO)

Jef Dams (VITO)

Hendrik Wouters (VITO)

Sven Augusteyns (OMGEVING)

Tine Lambert (OMGEVING)

Katrien De Nil (Departement Omgeving)

Jasper Verhaegen (Departement Omgeving)

In samenwerking met Marijke Huysmans (VUB)

[15 september 2025]

[D/2025/3241/332]



MANAGEMENTSAMENVATTING

De voorliggende studie *‘Klimaat, en wat met de grond onder onze voeten?’* heeft als doel inzicht te geven in de variatie in de samenstelling van bodem en ondergrond in Vlaanderen én in hoe het samenspel tussen reliëf, bodem en geologie en de waterhuishouding een bepalende rol speelt bij het uitwerken van doeltreffende klimaatadaptatieve maatregelen. Dit inzicht wordt verworven op basis van open en beschikbare data voor Vlaanderen. Vlaanderen krijgt steeds vaker te maken met droogte, overstromingen en hittestress. Die klimaatuitdagingen hangen nauw samen met hoe het landschap en de ondergrond water vasthouden, afvoeren of bufferen. Deze studie resulteert in sensibiliserende ondersteuning voor (lokale) beleidsmakers, ontwerpers en ruimtelijk planners zonder ondergrondexpertise bij het maken van keuzes op maat van het landschap.

Om dat verband op een overzichtelijke manier in kaart te brengen, werd in kader van deze studie de Doorgrondkaart ontwikkeld: een geïntegreerde kaart die weergeeft in welke mate het landschap van nature het potentieel heeft om water al dan niet in de ondergrond te bergen. De kaart baseert zich uitsluitend op fysische parameters, zoals bodemtextuur, geologische opbouw en topografie, en biedt zo een objectief beeld van het potentieel van de ondergrond wat betreft waterberging, los van het actuele landgebruik.

Ter ondersteuning van de Doorgrondkaart, werden twaalf gebiedsfiches uitgewerkt. De grenzen van de 12 ecoregio's, elk gekenmerkt door een eigen geologische opbouw, reliëfstructuur en bodemtype in Vlaanderen, werden geactualiseerd. Die. De Gebiedsfiches bieden per ecoregio duiding van deze fysische eigenschappen en ondergrond, gekoppeld aan concrete klimaatthema's zoals droogtestress, wateroverlast of hitte. Daarnaast bevatten ze aanbevelingen en leidende principes voor het nemen van gebiedsgerichte maatregelen: welke strategieën zijn aangewezen in welke context? Wat kan men verwachten van de ondergrond? Waar liggen kansen of beperkingen? Via geologische doorsnedes, kaartmateriaal en blokdiagrammen van het landschap maken de fiches het complexe systeem van de ondergrond begrijpelijk voor ontwerpers, beleidsmakers en lokale besturen. Zo vormen de fiches een belangrijke vertaalslag van kaartinformatie naar concrete handvaten voor beleid en praktijk, met aandacht voor regionale verschillen tussen ecoregio's. Ze ondersteunen gebiedsgerichte besluitvorming en stimuleren het denken in functie van het fysisch systeem van het landschap en de ondergrond.

Bij de opmaak van de Doorgrondkaart en gebiedsfiches werd bewust gekozen om enkel fysische parameters te gebruiken, en geen rekening te houden met huidig landgebruik of verharding. Zo wordt het intrinsiek potentieel van de ondergrond zichtbaar gemaakt, en wordt vermeden dat artificieel verharde zones met een hoge infiltratiecapaciteit onterecht buiten beeld blijven.

De meerwaarde van deze studie ligt in het samenbrengen van bestaande kennis over de ondergrond in een helder, samenhangend geheel. De Doorgrondkaart toont aan dat de samenstelling van de ondergrond en het fysisch systeem niet overal dezelfde zijn. De Doorgrondkaart en gebiedsfiches vormen zo een startpunt voor dialoog en samenwerking. Ze zorgen voor een referentiekader wat betreft de werking van het landschap en de ondergrond, helpen denken in functie van het fysische systeem, en geven richting aan maatregelen die afgestemd zijn op de lokale context, de juiste maatregelen op de juiste plaats. Zo ondersteunt dit werk klimaatrobuust water- en landgebruik, op maat van het fysisch systeem.

INHOUDSTAFEL

Managementsamenvatting.....	3
Inhoudstafel	4
Lijst van figuren.....	5
Lijst van tabellen	6
1 Inleiding	7
2 TAAK 1: Inventarisatie	9
2.1 Klimaatthema hittestress	11
2.1.1 Onderliggende factoren van hittestress	11
2.1.2 Hittestress indicatoren	12
2.1.3 Hittestress modellen in Vlaanderen	13
2.2 Klimaatthema droogtestress	15
2.2.1 Onderliggende factoren van droogte	15
2.2.2 Droogte indicatoren en studies in Vlaanderen	16
2.2.3 Droogtestudies in Vlaanderen	17
2.3 Beschikbare bodem- en ondergronddata	21
2.3.1 Topografie	22
2.3.2 Bodem	22
2.3.3 Geologie	23
2.3.4 Grondwater	25
2.4 Infiltratie	26
2.4.1 Infiltratie studies in Vlaanderen	27
2.4.2 Factoren die de effectiviteit van infiltratie beïnvloeden	33
2.5 GroenBlauwe Netwerken	34
2.5.1 Voornaamste studies en modellen voor GBN maatregelen in Vlaanderen	35
2.5.2 Onderliggende factoren ondergrond bij GBN maatregelen	38
2.6 Bestaande typologiekaarten	39
2.6.1 Fysische systeemkaart	40
2.6.2 Ecoregio's en ecodistricten	40
2.6.3 De Droge Delta	41
2.6.4 Basiskaart Natuurlijk Systeem Nederland	42
3 TAAK 2: Doorgrondkaart.....	44
3.1 Afstemming grenzen ecodistrictenkaart	44
3.1.1 Afstemming ecodistricten met G3Dv3.1 model	44
3.1.2 Afstemming ecodistricten met de Vlaamse Gewestgrens	48
3.2 Opbouw van de doorgrondkaart	49
3.2.1 Methodologie	49
3.2.2 Basiskaart reliëf	49
3.2.3 Basiskaart bodem	52
3.2.4 Basiskaart ondiepe ondergrond	56
3.2.5 Integratie tot Doorgrondkaart	58
3.3 Doorgrondkaart en toetsing	61
4 TAAK 3: Uitdiepen cases	63
5 TAAK 4: Inzichtelijk maken	65
6 Discussie en conclusies.....	66
Literatuurlijst.....	68
Bijlage A: Metadata kaartlagen.....	71
Bijlage B: Strategie voor ontsluiting resultaten	74
Bijlage C: De Doorgrondkaart en de Gebiedsfiches ecoregio's.....	75

LIJST VAN FIGUREN

FIGUUR 1: EEN SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE RELATIE TUSSEN ENERGIJDS BODEM EN ONDERGROND EN ANDERZIJD DE VERSCHILLENDE KLIMAATTHEMA'S HITTESTRESS, DROOGTE EN INFILTRATIE EN DE POSITIE VAN GROENBLAUWE NETWERKEN ALS FACILITATOR HIERIN.	10
FIGUUR 2: VITO MEETSTATIONS VOOR ENERZIJD DE METING VAN LUCHTTEMPERATUUR, LUCHTVOCHTIGHEID, STRALING EN WINDSNELHEID (LINKS) EN ANDERZIJD DE 'WET BULB GLOBE TEMPERATUUR' OPMETING (RECHTS) TER INDICATIE VAN DE GEVOELSTEMPERATUUR.	13
FIGUUR 3: JAARLIJKS AANTAL DROOGTEDAGEN VOOR EEN TERUGKEERPERIODE VAN 1, 5, 10 EN 50 JAAR VOOR HET HUIDIG KLIMAAT EN CONDITIES 2050 EN 2100 (BRON: VAN UYTVEN ET AL., 2021)	18
FIGUUR 4: GEMIDDELDE FREATISCHE GRONDWATERDIEPTE KAART VOOR HET HUIDIGE KLIMAAT VOOR VLAANDEREN (GEMODELLEERD), (BRON: FRANKEN, 2022)	19
FIGUUR 5: EEN SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE HYDROLOGISCHE CYCLUS MET INBEGRIIP VAN INFILTRATIE EN GRONDWATERVOEDING	27
FIGUUR 6: DE WATERSYSTEEMKAART GEÏLLUSTREERD AAN DE HAND VAN EEN DOORSNEDE VAN HET LANDSCHAP. DE VERSCHILLENDE ZONES OP DE WATERSYSTEEMKAART HOUDEN VERBAND MET DE POSITIE IN HET LANDSCHAP. IMPLICIET IS DIT GERELATEERD AAN DE POTENTIËLE VERBLIJFTIJD VAN HET GEÏNFILTREERDE WATER. GRACHTEN VERKORTEN DE VERBLIJFTIJD. (BRON: STAES, 2021)	28
FIGUUR 7: OVERZICHT VAN INFILTRATIEKAARTMATERIAAL	32
FIGUUR 8: FYSISCHE SYSTEEMKAART (VLM, 1994).....	40
FIGUUR 9: ECODISTRICTEN (SEVENANT ET AL., 2002)	41
FIGUUR 10: GEOMORFOLOGISCHE LANDSCHAPSSTRUCTURENKAART MET POTENTIEEL WATERLEVEREND VERMOGEN (BRON: CLUSTER LANDSCHAP & STEDENBOUW, SWECO, UNIVERSITEIT ANTWERPEN (2021). DE DROGE DELTA. RUIMTELIJKE HEFBOMEN IN DE STRIJD TEGEN WATERSCHAARSTE. STUDIE IN OPDRACHT VAN LABO RUIMTE)	42
FIGUUR 11: BASISKAART NATUURLIJK SYSTEEM NEDERLAND MET ZIJN KLIMAATDREIGINGEN EN ADAPTATIEKANSEN (BRON: HTTPS://WWW.KLI MAATEFFECTATLAS.NL/NL/BASISKAART-NATUURLIJK-SYSTEEM-NEDERLAND)	43
FIGUUR 12: WEERGAVE ZUIDGREN VAN ECODISTRICT 09.3 (BRABANTS DIESTIAANHEUVELRUGGENDISTRICT) WAARBIJ DE VOORMALIGE ECODISTRICTGRENZEN (RODE LIJNEN) ZIJN BIJGESTELD NAAR DE VOORKOMENSGREN VAN DE FORMATIE VAN DIEST UIT HET G3DV3.1 MODEL (ZWARTE LIJNEN EN ORANJE INVULLING).....	47
FIGUUR 13: WEERGAVE VAN DE REPELBREUKLIJN (ZWARTE LIJN) TER HOOGTE VAN DE BASIS VAN HET QUARTAIR PAKKET ZOALS GEMODELLEERD IN HET G3DV3.1 MODEL. DE ECODISTRICTGRENZEN VAN 05.2, 05.4 EN 05.5 ZIJN OP BASIS HIERVAN BIJGESTELD.....	47
FIGUUR 14: VOORBEELD VAN DE VLAAMSE GEWESTGREN (ZWARTE LIJN) DIE LOKAAL ENKELE TIENTALLEN METERS KAN AFWIJKEN VAN DE BUITENSTE ECODISTRICTGRENZEN (RODE LIJN).	48
FIGUUR 15: INFILTRATIEGEBIED VERSUS KWELGEBIED (BRON: WEBSITE VMM GRONDWATER, GERAADPLEEGD 7/03/2025)	49
FIGUUR 16: SCOREKAART TPI NA COMBINATIE ZOEKSTRAAL 500M EN 5000M (RESOLUTIE 50M).....	51
FIGUUR 17: DE BELGISCHE TEXTUURDRIEHOEK GEBRUIKT VOOR HET AFLEIDEN VAN BODEMTEXTUUR-KLASSES.	52
FIGUUR 18: GEBRUIKTE METHODOLOGIE VOOR HET AFLEIDEN VAN DE BASISKAART BODEM.	54
FIGUUR 19: SCOREKAART BODEM OP BASIS VAN MINIMUM KSAT VOOR 4 BODEMLAGEN (RESOLUTIE 10M) ..	55
FIGUUR 20: RESULTERENDE DIEPTEKAART (M-MV) TOT DE TOP VAN DE EERSTVOLGENDE GESELECTEERDE HYDROGEOLOGISCHE EENHEID ONDER HET MAAVELD WEERGEGEVEN IN DIEPTEKLASSEN. DE LIGGING VAN VERSCHILLENDE KLEILAGEN, DIE EEN DUIDELIJK EFFECT HEBBEN GEHAD OP DE KAART, ZIJN ILLUSTRATIEF WEERGEVEN.	57
FIGUUR 21: SCOREKAART RELIËF 50M RESOLUTIE	58
FIGUUR 22: SCOREKAART BODEM 50M RESOLUTIE	58
FIGUUR 23: SCOREKAART ONDERGROND 50M RESOLUTIE	59

1 INLEIDING

Klimaatverandering stelt Vlaanderen voor toenemende uitdagingen zoals droogte, overstromingen en hittestress. Effectieve en gebiedsgerichte klimaatadaptieve maatregelen vragen dan ook om een goed begrip van hoe het landschap, en in het bijzonder de ondergrond, werkt. Bodem, geologie en reliëf spelen immers een sleutelrol in hoe water infiltreert, wordt vastgehouden of afgevoerd en dit hangt op zijn beurt nauw samen met klimaatuitdagingen zoals droogte, hitte en wateroverlast. Toch wordt de ondergrond in praktijk vaak nog te weinig meegenomen in ontwerp en beleid.

Met de studie *‘Klimaat, en wat met de grond onder onze voeten?’* willen VITO, OMGEVING en VUB bijdragen aan een beter inzicht in het functioneren van de ondergrond en hoe die sturend kan worden ingezet in klimaatadaptieve en -mitigerende maatregelen. Door in te zoomen op de variatie in bodemopbouw, geologie en topografie in Vlaanderen, en de invloed hiervan op het grondwatersysteem, willen we het fysisch systeem van het landschap op een toegankelijke manier ontsluiten. De focus ligt daarbij op het ontwikkelen van instrumenten en inzichten die niet alleen wetenschappelijk onderbouwd zijn, maar ook bruikbaar zijn voor ontwerpers, planners, beleidsmakers en andere niet-experten.

De studie vertrekt vanuit het principe dat een beter begrip van de ondergrond de veerkracht van onze omgeving versterkt. Door kennis samen te brengen en zichtbaar te maken, willen we bijdragen aan systeemdenken, betere ruimtelijke afwegingen en meer onderbouwde inzet van natuurgebaseerde oplossingen, in lijn met Europese klimaatstrategieën zoals de EU-strategie voor klimaatadaptatie en de Europese Green Deal.

De aanpak van het project bestond uit vier opeenvolgende stappen. In een eerste fase werd gestart met een verkenning van de relevante klimaatuitdagingen, zoals droogte en hittestress, en de manier waarop deze samenhangen met de fysische werking van het landschap en ondergrond. Daarnaast werd ook een inventaris opgesteld van beschikbare data en kaartlagen over bodem, geologie, reliëf en grondwater. Ook werd gekeken naar bestaande studies en inzichten over infiltratie en rol van GroenBlauwe Netwerken als klimaatmitigatiemaatregel in Vlaanderen. Deze literatuurverkenning en data-screening resulteerden in een grondige inventarisatie van beschikbare kaarten, modellen en datalagen voor Vlaanderen.

Op basis van die inventaris werden drie fysische lagen geselecteerd als bouwstenen voor de Doorgrondkaart: bodemeigenschappen, geologische opbouw en reliëf. Deze lagen zijn gekozen omdat ze samen het meest geïntegreerde beeld geven van hoe water zich gedraagt in het landschap – hoe het infiltreert, wordt vastgehouden of afgevoerd. Door deze drie lagen te combineren, werd de Doorgrondkaart ontwikkeld, een geïntegreerde kaart die per locatie aangeeft in welke mate het landschap van nature het potentieel heeft om water in de ondergrond op te slaan. Parallel hiermee werd Vlaanderen opgedeeld in twaalf ecoregio's, elk met een eigen karakteristieke geologische opbouw, reliëfstructuur en bodemtype. Deze onderverdeling vormt de basis voor de gebiedsfiches, waarin de werking van het lokale fysische systeem wordt vertaald naar aanbevelingen voor klimaatrobuuste inrichting.

In een derde fase werd de toepasbaarheid van de kaart getoetst via een reeks werksessies met lokale stakeholders. Dit gebeurde voor drie ecoregio's: de Polders en getijdenschelde, de Zuidwestelijke

Heuvelzone en de Kempen. Tijdens deze sessies werd nagegaan hoe de Doorgrondkaart gebruikt kan worden in de praktijk, en welke vertaalslag nodig is naar beleids- en ontwerpcontext.

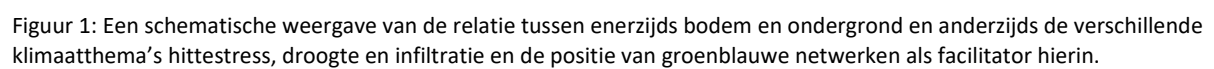
Op basis van de inzichten en feedback uit deze workshops werd in een vierde fase voor elke ecoregio een gebiedsfiche uitgewerkt. Die fiches koppelen de lokale kenmerken van ondergrond, bodem en reliëf aan relevante klimaatthema's zoals droogte, hitte en wateroverlast. Ze vormen een belangrijke brug tussen kaartinformatie en praktijk: ze vertalen de technische en wetenschappelijke onderbouw naar heldere leidende principes, illustreren het fysisch systeem met profielen en schema's, en reiken concrete handvaten aan voor gebiedsgerichte maatregelkeuze. Zowel de Doorgrondkaart als de gebiedsfiches zijn ontwikkeld met het oog op toegankelijkheid, zodat ook niet-experten zoals ontwerpers, ruimtelijke planners of lokale beleidsmakers ermee aan de slag kunnen.

2 TAAK 1: INVENTARISATIE

Vlaanderen wordt in toenemende mate geconfronteerd met de gevolgen van klimaatverandering. Extreme weersomstandigheden, waaronder langdurige droogte en periodes van intense hitte, komen steeds vaker voor. Een onderbouwd klimaatbeleid vraagt daarom om een goed begrip van het fysische systeem waarin deze klimaateffecten zich manifesteren. De manier waarop het landschap water vasthoudt, doorlaat of afvoert, hangt nauw samen met de eigenschappen van de bodem, de geologische ondergrond en het reliëf.

In dit hoofdstuk wordt daarom eerst verkend hoe klimaatthema's zoals droogte en hittestress interageren met de ondergrond, en welke kennis, kaarten en modellen hierover vandaag al beschikbaar zijn. Daarbij wordt ook gekeken naar hoe GroenBlauwe Netwerken een mitigerende rol kunnen spelen in deze dynamiek. Figuur 1 biedt een schematisch overzicht van de onderlinge relaties tussen deze klimaatthema's, het fysische systeem en de ruimtelijke inrichting van het landschap.

In paragrafen 2.1 en 2.2 worden de twee klimaatthema's geïntroduceerd en worden beschikbare modellen en kaarten in Vlaanderen overlopen. Verder wordt er telkens ingegaan op de wisselwerking van het klimaatthema met de bodem en ondergrond. Een overzicht van beschikbare bodem- en ondergronddata, kaarten en modellen wordt vervolgens weergegeven in paragraaf 2.3. Paragraaf 2.4 gaat dieper in op waterinfiltratie en paragraaf 2.5 bespreekt de GroenBlauwe Netwerken die als klimaatmitigatiemaatregel een rol spelen. Tot slot wordt in paragraaf 2.6 een overzicht gegeven van beschikbare typologiekaarten en studies van Vlaanderen, die het Gewest indelen in natuurlijke systeemgebieden op basis van haar abiotische factoren. Zodoende kunnen met behulp van deze indelingen ontwikkelde inzichten onder Taak 2 getoetst worden aan specifieke regio's.



2.1 KLIMAATTHEMA HITTESTRESS

Hittestress is een klimaateffect dat zich manifesteert als een negatieve fysieke, psychologische en sociale belasting die mensen ervaren als gevolg van perioden met (aanhoudende) hoge temperaturen. Het risico op hittestress ontstaat omdat het menselijk lichaam moeite heeft om de interne temperatuur te reguleren. Dit kan leiden tot gezondheidsproblemen variërend van milde symptomen zoals uitdroging en hitte-uitslag tot ernstigere aandoeningen zoals hitte-uitputting en hitteberoerte. Hittestress wordt beïnvloed door diverse factoren, waaronder blootstelling aan zonneschijn en luchtvochtigheid. Een belangrijke, bijkomende factor is het stedelijk hitte-eilandeffect, waarbij stedelijke gebieden warmer zijn dan landelijke omgevingen, dit door de warmteabsorptie en -retentie van gebouwen, wegen en andere infrastructuur.

De recente klimaatopwarming heeft geleid tot frequenter en intenser voorkomen van extreme hitteperiodes. Dit resulteert in een toename van hittestress-gerelateerde gezondheidsproblemen en stelt extra uitdagingen aan de volksgezondheid, landbouw, energieverbruik en de algemene leefbaarheid in getroffen regio's.

Om hittestress aan te pakken, zijn diverse maatregelen nodig. Deze omvatten vergroening van de stedelijke infrastructuur, het verspreiden en implementeren van preventiemaatregelen en het ontwikkelen van hitte-actieplannen. Deze maatregelen zijn gericht op het beschermen van kwetsbare populaties en het verbeteren van onze veerkracht tegen hittestress.

2.1.1 Onderliggende factoren van hittestress

De onderliggende belangrijkste factoren van hittestress zijn veelzijdig en complex, waarbij elk aspect bijdraagt aan de algehele intensiteit en frequentie van dit fenomeen:

- Verstedelijking: gebouwen, wegen, en andere infrastructuur absorberen zonlicht en houden warmte vast, wat resulteert in hogere temperaturen dan in omliggende landelijke gebieden, kortom het stedelijk hitte-eiland effect.

Vegetatiegraad: Planten en bomen hebben via evapotranspiratie een koelend effect op de omgeving en werpen schaduw, wat leidt tot een lagere blootstelling aan directe zonne-instraling. Vegetatie kan ook een negatief effect hebben, dit door het blokkeren of toelaten van verkoelende wind. Het strategisch plaatsen van groen kan daarbij de luchtcirculatie optimaliseren en zo bijdragen aan natuurlijke verkoeling.

- **Geografische ligging:** zowel de hoogte als de nabijheid van zeeën en meren hebben een koelend effect.
- **Bodemaafdekking:** het type afdekking van de bodem beïnvloedt in welke mate zonnewarmte geabsorbeerd/gereflecteerd wordt.
- **Bodemsamenstelling:** de samenstelling van de bodem, inclusief de verdeling van zand, leem, klei en organische stof, bepaalt de thermische eigenschappen en waterretentiecapaciteit. Bodems met hoge kleiconcentraties houden bijvoorbeeld meer vocht vast, wat kan helpen bij de temperatuurregulatie tijdens warme periodes. Daarentegen kunnen zandige bodem sneller opwarmen, maar ook sneller afkoelen.

Bodemvochtgehalte: bodems die veel water kunnen vasthouden, kunnen meer warmte absorberen en via verdamping een koelend effect hebben op de omgevingstemperatuur. Het bodemvocht treedt hierbij op als temperatuurregulator. Regio's met droge, zandige bodems hebben vanwege de lage verdamping doorgaans hogere dagtemperaturen, maar 'koelen' 's nachts sneller af dan vochtige kleibodems (Wouters et al., 2022). Bodemvocht zorgt er namelijk voor dat de geabsorbeerde

Freatische grondwaterdiepte: hoe ondieper het grondwater, hoe meer invloed dit heeft op het bodemvochtgehalte (Keune et al., 2016). Een ondiepe grondwatertafel beïnvloedt tenslotte ook de mate van kwetsbaarheid van de vegetatie en haar mogelijkheid om water op te nemen en te verdampen.

- ### 2.1.2 Hittestress indicatoren

pagina 12 van 75

niet in rekening gebracht. De bodemvocht- en temperatuurwaarden zijn gebaseerd op externe modellen of observaties. Effecten van heterogene bodem zullen in toekomstige simulaties wél worden meegenomen via de nieuwe Urbsim infrastructuur. Daarin wordt nu standaard het bodemtype geassigneerd door SoilGrids op een resolutie van 250m (<https://www.isric.org/explore/soilgrids>).

De bestaande simulaties met UrbClim houden onrechtstreeks wel al rekening met bodemtype, weliswaar niet op lokale schaal. Dat gebeurt via de meteorologische randvoorwaarden uit de ERA5 re-analyse van ECMWF. Bij die laatste wordt wèl al rekening wordt gehouden met bodemtype op basis van de Digital Soilmap of the World van FAO.

2.2 KLIMAATTHEMA DROOGTESTRESS

Droogtestress verwijst naar een tekort aan (grond)water voor ecosystemen, landbouw en menselijke consumptie, met potentieel ernstige gevolgen voor onder andere de landbouwproductie, drinkwaterreserves en de stabiliteit van ecosystemen. Droogte heeft ook een indirecte invloed op de volksgezondheid door afname van drinkwaterkwaliteit, hittegolven, luchtverontreiniging, etc.

Met ‘droogte’ wordt meestal een **meteorologische droogte** geduid. Dit is een langdurige periode van minder dan gemiddelde regenval in een bepaalde regio. Wanneer een meteorologische droogte lang aanhoudt, kan dit leiden tot een **hydrologische droogte**. Deze treedt op wanneer er minder water beschikbaar is dan normaal, in rivieren, beken, meren of grondwater. Een **agrarische droogte** komt voor wanneer er een verminderde gewasproductie is als gevolg van onvoldoende bodemvocht. Een meteorologische droogte kan snel beginnen en eindigen, terwijl hydrologische en agrarische droogtes (veel) meer tijd nodig hebben om zich te ontwikkelen en daarna te herstellen.

Ter voorbereiding op toekomstige perioden met droogtestress is het belangrijk om de weerbaarheid van natuurlijke en door de mens gemaakte systemen te versterken tegen de negatieve effecten van droogte en om de bewustwording en voorbereiding op toekomstige droogteperioden te vergroten.

2.2.1 Onderliggende factoren van droogte

Een cruciale variabele die de meteorologische, agrarische en hydrologische droogte met elkaar gemeen hebben, is het bodemvochtgehalte. Het bodemvochtgehalte verwijst naar het watergehalte in de bodem en beschrijft hoe nat of droog de bodem is. Het is een belangrijke variabele voor plantengroei, en - samen met neerslag en verdamping – vormt het een basiscomponent van de hydrologische cyclus. Hoeveel water een bodem exact bevat, hangt dus voor een groot deel af van klimatologische factoren. Daarnaast kunnen ook menselijke factoren bodemvocht beïnvloeden zoals irrigatie of het aanleggen van drainagenetwerken.

De ondergrond, bestaande uit bodem en geologie, speelt op verschillende manieren een cruciale rol bij de beschikbaarheid van water:

1. **Bodemtextuur (en waterretentiecapaciteit):** Het vermogen van de bodem om water vast te houden, beïnvloedt hoeveel water beschikbaar blijft voor planten en grondwater. Bodems met een hoge wateropslagcapaciteit, zoals klei, kunnen meer water vasthouden en zijn minder vatbaar voor droogte dan zandige bodems. Ook de hoeveelheid organisch materiaal kan een belangrijke bijdrage leveren aan de waterretentiecapaciteit.
2. **Infiltratie en grondwateraanvulling:** De mate waarin water in de bodem kan doordringen, bekend als infiltratiecapaciteit, wordt mede beïnvloed door bijv. de bodemtextuur.
3. **Structurele geologische opbouw:** De geologische opbouw van de ondergrond speelt een cruciale rol in de snelheid waarmee grondwater zich in de diepte verplaatst en hoe lang het in de ondergrond vastgehouden kan worden. Factoren die daarbij een belangrijke rol spelen zijn onder andere de doorlatendheid van een geologische laag, de aanwezigheid en diepte van ondoorlatende lagen zoals kleilagen, en de dikte van de watervoerende laag. Deze factoren bepalen in welke mate grondwater al dan niet goed in de ondergrond kan worden vastgehouden.
4. **Topografie:** De topografie van een regio bepaalt waarheen water afstroomt en samenvloeit, waardoor het ter hoogte van hooggelegen gebieden wegtrekt en in laaggelegen gebieden en valleien samenvloeit en deze gebieden daardoor van nature meer grondwater bevatten.

2.2.3 Droogtestudies in Vlaanderen

2.2.3.1 Kwantificering en kartering van droogte in Vlaanderen met hydrologische modeltoepassingen (IMDC in opdracht van VMM: Van Uytven et al., 2021)

In deze studie werd een inschatting gemaakt van droogte in Vlaamse waterlopen (hydrologische droogte) en in de bodem (agrarische droogte). Dit gebeurde met behulp van het SWAP-model, dat werd ingezet voor de modellering van bodemvocht in de onverzadigde zone. De simulaties besloegen heel Vlaanderen met een resolutie van 100 meter. Daarnaast werden langetermijnsimulaties uitgevoerd, waarbij voor elke pixel bodemvochtwaarden werden berekend over een periode van 50 jaar. Hierbij werd rekening gehouden met bodemtextuur, gebaseerd op de bodemkaart, en gewas-specifieke parameters.

De resultaten van deze langetermijnsimulaties werden statistisch verwerkt om droogte-informatie af te leiden voor de opbouw van droogtekaarten. De verwerking bestond enerzijds uit een directe analyse van de modeluitvoer, waarbij jaarlijkse minima van bodemvocht en laagwaterdebieten werden vastgesteld en statistisch geanalyseerd op hun kans van voorkomen. Anderzijds werden droogte-indicatoren opgezet, gericht op de duur en ernst van droogteverschijnselen. Hierbij werd gekeken naar de duur en omvang van de overschrijding van een bepaalde minimale drempelwaarde.

Voor bodemvocht werd de drempel vastgesteld op het niveau waarbij de gewassen of vegetatie droogtestress ervaren. Deze drempel varieert afhankelijk van de bodemtextuur en het gewastype, en verschilt dus per locatie in Vlaanderen. Voor debieten werd de drempel bepaald op basis van het 95e percentiel. Met deze drempels kon jaarlijks de droogteduur en -intensiteit worden bepaald, waarna deze gegevens statistisch werden verwerkt om terugkeerperiodes te berekenen.

In totaal werden 123 droogtekaarten voor Vlaanderen geproduceerd. Hiervan waren er 60 gericht op agrarische droogte, 60 op hydrologische droogte, en 3 kaarten die laagwaterpercentielen weergaven. Van de 60 kaarten voor agrarische en hydrologische droogte, waren er telkens 20 voor het huidige klimaat, 20 voor het klimaatscenario van 2050 en 20 voor het klimaatscenario van 2100.

Aantal droge dagen

Deze indicator toont het aantal dagen per jaar zonder neerslag, zoals verwacht bij een bepaald klimaatscenario in een specifieke periode.

➤ **Totale jaarlijkse verdamping (potentiële evapotranspiratie)**

Dit is de gemiddelde jaarlijkse verdamping (uitgedrukt in millimeter potentiële evapotranspiratie), berekend als het meerjarige gemiddelde van de hoeveelheid water die gedurende een heel jaar verdampt. Deze waarde wordt per klimaatscenario en tijdvak weergegeven.

➤ **Totale verdamping in de zomer (potentiële evapotranspiratie)**

De indicator toont de gemiddelde hoeveelheid verdamping tijdens de zomermaanden (juni, juli en augustus) bij een bepaald klimaatscenario. Dit wordt ook uitgedrukt in millimeter potentiële evapotranspiratie en is gebaseerd op het meerjarige gemiddelde van de verdampte hoeveelheid water in deze periode.

➤ **Kans op voorkomen van zeer extreme droogte**

Deze indicator beschrijft de kans op het voorkomen van een zeer extreme droogte, vergelijkbaar met de historische droogte van 1976 in Vlaanderen.

➤ **Droogteduur (meteorologisch)**

Dit beschrijft de gemiddelde duur van een extreem neerslagtekort dat eens in de 20 jaar verwacht kan worden in het betreffende tijdvak.

2.3 BESCHIKBARE BODEM- EN ONDERGRONDSDATA

In België en Vlaanderen is er een rijke geschiedenis aan bodem- en geologisch onderzoek met een grote beschikbaarheid aan data, kaarten en modellen.

De selectie van datasets, kaarten en modellen, gegeven in Tabel 2, is gebaseerd op hun relevantie en dekkingsgraad voor Vlaanderen of voor specifieke regio's. De bronnen zijn zorgvuldig gekozen op basis van hun bijdrage aan goede inzichten in de thema's topografie, bodem, geologie en grondwater. Zoals in voorgaande paragrafen beschreven, zijn deze thema's leidend voor de waterhuishouding van de bodem en ondiepe ondergrond. Het overzicht geeft de huidige beschikbare set van informatie weer die het beste inzicht geeft in deze thema's. Voor iedere databron is telkens – waar mogelijk – de dekkingsgraad (Vlaanderen (VL) of lokaal (Lok)) en de bijbehorende referentie meegegeven. De verschillende databronnen zullen per thema kort toegelicht worden in onderstaande paragrafen. Voor verdere informatie over de databronnen wordt telkens verwezen naar de bijbehorende referenties.

Tabel 2: Overzicht van beschikbare data, kaarten en modellen van de bodem en ondergrond in Vlaanderen. De bronnen zijn opgedeeld per thema, waarbij telkens is geduid - waar mogelijk - wat de resolutie is, de dekingsgraad (Vlaanderen (VL) of lokaal (Lok)) en de referentie.

Thema	kaart/model	max. resolutie(m)	dekings- graad	uitgever	jaar
topografie	Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II	1	VL	Agentschap Digitaal Vlaanderen	2015
	Hellingkaart (op basis van DHM 25m)	1	VL	klimaatportaal	2023
	Topografische index tpi op schaal 100m en 500m	100	VL	klimaatportaal	2023
bodem	Digitale Bodemkaart van het Vlaams Gewest	vect	VL	DOV	2016
	Bodemdatabank-STAT	10	VL	DOV	2024
	Project update drainageklassen bodemkaart		VL	DOV	in press.
	Bodemkaart stad Antwerpen	vect	Lok	Stad Antwerpen	onbekend
	ERA5-Land	9000	VL	ECMWF	2003
	Potentiële bodemerosiekaart per perceel	vect	VL	DOV	2024
	Erosiegevoeligheidskaart van Vlaamse gemeenten	vect	VL	DOV	2009
	Afstromingskaarten (enkelvoudige of meervoudige stroomlijnen)	vect	VL	Vlaamse Milieumaatschappij	2018
	Specifieke sedimentaanvoer (2022)	vect	VL	DOV	2022
	Belgian Soil organic carbon stock map topsoils (0-30cm)	40	VL	DOV	2018
	Bodemtextuur en bodemparameters op basis van Aardewerk databank	vect	VL	VITO	2017
	Relatief bodemvocht	100	VL	klimaatportaal	2021
	Veenwaarschijnlijkheidskaarten in Vlaamse bodem en ondergrond	50	VL	DOV	2024
geologie	Gevoeligheidskaart van krimp- en zwelgedrag	500	VL	DOV	2024
	Quartaargeologisch overzichtskaart van Vlaanderen	vect	VL	DOV	2005
	Geologisch en hydrogeologisch 3D Model Vlaanderen	100	VL	DOV	2019
	Ondiep Voxelman Antwerpen	25	Lok	DOV	2023
	Thematisch modellen delfstoffen	25	Lok	DOV	2016
grondwater	(freatische) grondwaterdieptekaarten	100	VL	Vlaamse Milieumaatschappij	onbekend
	grondwaterdieptekaart Sumagua	100	VL	DOV	2023
	grondwaterdieptekaart Stad Antwerpen	vect	Lok	Stad Antwerpen	2023
	grondwatersystemenkaart HCOV	vect	VL	DOV	2017
	grondwatersystemenkaart H3D	vect	VL	DOV	in press.
infiltratie	grondwatervoedingskaart (Infiltratiekaart obv waterbalans model UA)	100	VL		
	grondwatervoedingskaart Vlaanderen (WetSpas VUB)	50	VL		
	infiltratiegevoeligheid Klimaatportaal	vect	VL	klimaatportaal	2023
	grondwater infiltratie stad Antwerpen	vect	Lok	Stad Antwerpen	2023
	infiltratiepotentieelkaarten Klimaatportaal	2	VL	klimaatportaal	2023
	Infiltratiekaart Vlaanderen (Waterbalans model UA)		VL		2021
	watersysteemkaart (Topografische index)	10	VL		2021?
grachtenkaart		VL	DOV	in press.	
VL	Vlaanderen				
Lok	Lokaal				

2.3.1 Topografie

Het Digitaal Hoogtemodel II Vlaanderen geldt als het meest actuele topografisch hoogtemodel van Vlaanderen (AGIV, 2015) en is een dataset die opgebouwd is via LIDAR-datascanning (16 punten per m²) en hoogwaardige luchtopnames. Deze opnames zijn uitgevoerd gedurende de periode 2013-2015. Het volledige Vlaamse Gewest samen met het Brussels Hoofdstedelijk Gewest met een 5 km buffer zijn gekarteerd. Deze methodiek resulteerde in een gedetailleerde puntenwolk (gemiddeld 16 punten per m²) en vormt de brongegevens waarop twee groepen van telkens drie raster-producten zijn afgeleid met verschillende resolutie (1m, 5m, 25m en 100m). De eerste groep bestaat uit 'Digital Terrain Models' (DTM) die het maaiveld weergeven. De tweede groep bestaat uit 'Digital Surface Models' (DSM) die het maaiveld tonen inclusief objecten, zoals vegetatie en gebouwen.

Het DTM vormt telkens de basis voor afgeleide producten zoals de hellingskaart en de topografische index. De hellingskaart (25m-resolutie) is een eenvoudige afgeleide van de hoogtewaarden uit het DTM en is opgesteld in functie van het klimaatportaal in 2023. De topografische index (TPI) is het verschil tussen de hoogteligging van een locatie in vergelijking met de gemiddelde hoogteligging van de omgeving rond die locatie. Voor het klimaatportaal is een topografische index berekend voor een resolutie van zowel 100m als 500m. Een dergelijke kaart helpt bij het bepalen in welke mate een locatie gevoelig is aan bijvoorbeeld overstromingen. Met andere woorden duidt de TPI in hoeverre bodems ontwateren door een relatief hogere ligging of juist zeer nat blijven door een relatief lagere ligging.

2.3.2 Bodem

Binnen het thema 'bodem' bestaat er een grote set aan gegevens. Zo is er de bodemkartering van België die gebeurde op een schaal van 1/5000 door de beschrijving van boringen ('bodemprofielen') en analyses van oppervlaktetestalen. De digitale kaart-versie (schaal 1/20 000, versie 2.0, 10/06/2016) is een vectoriële dataset van de analoge Belgische Bodemkaart van België voor het grondgebied van het Vlaams Gewest. De digitale kaart is vanwege visualisatie onderverdeeld in 5 kaartlagen met de volgende GIS-polygonen: bodemtypes, substraten, fasen, varianten van het moedermateriaal en de profielontwikkeling. De kaartlaag 'bodemtypes' bevat alle attribuuinfo van de bodemkaart, zoals substraten, fasen, varianten van het moedermateriaal, profielontwikkeling, etc. De digitale bodemkaart van Vlaanderen wordt ter beschikking gesteld op DOV. Ter hoogte van stedelijke gebieden zijn logischerwijze beperkte bodemdata aanwezig, wegens antropogene afdekking en vergraving. Stad Antwerpen heeft daarom een eigen regionale bodemkaart laten opmaken die samen werd opgesteld met een infiltratiekaart en grondwaterkaarten. De bodemkaart van Antwerpen toont de samenstelling van de bodem in de bovenste twee meter, ingedeeld in zand, leem, of klei per vierkante kilometer. Deze kaart is gebaseerd op de digitale bodemkaart van Vlaanderen en op basis van aanvullende boringen uit de Databank Ondergrond Vlaanderen.

Aangezien de bodemkartering al afgelopen is sinds de jaren '70 zijn binnen Vlaanderen verschillende vervolgstudies uitgevoerd om bodemgegevens te updaten op basis van bijkomende en geactualiseerde gegevens en met de inzet van hedendaagse technologie.

Zo richtte de Bodemdatabank-STAT (Witteveen et al. (2023)) zich op het genereren van gebiedsdekkende bodemdata (10x10m) voor regio's met beperkte bodemprofielinformatie. Dit is cruciaal voor het begroten van koolstofvoorraden, water- en nutriëntenstromen voor Vlaanderen. Met behulp van Random Forest-modellen werden voor 5 diepte-intervallen, gebaseerd op data uit de DOV-bodemdatabank, waarden voorspeld over 13 bodemeigenschappen, zoals textuurfracties en pH.

In functie van de installatie van groenblauwe netwerken is ook de kennis van sedimentafvoer en bodemerosie een belangrijke parameter om mee rekening te houden. Voor Vlaanderen zijn hiervoor verschillende potentiële bodemerosie-, erosiegevoeligheidskaarten, specifieke sedimentaanvoer en afstromingskaarten ter beschikking.

Begin 2019 werd het G3Dv3-model door VITO opgeleverd in opdracht van het VPO. Dit model omvat het voorkomen, de diepte en dikte van 117 geologische lagen van het oppervlakte tot aan het Devoon in de diepe ondergrond, tot 10 km diepte. De geologische eenheden omvatten de formele lithostratigrafische formaties en leden. De eenheden worden weergegeven door rasters met een XY-resolutie van 100x100 m en een verticale Z-resolutie van 0.01m. Het G3Dv3.1-model vormt het meest gedetailleerde en up-to-date geologisch 3D-model van de Vlaamse ondergrond. Hoewel er ook een Tertiairkaart bestaat, is de kaart voor deze specifieke studie niet meegenomen. De reden hiervoor is dat het 3D-model de geometrie van de geologische lagen weergeeft en gedetailleerde, up-to-date geologische en hydrogeologische gegevens biedt. De Tertiairkaart, hoewel waardevol voor bepaalde toepassingen, mist de drie-dimensionale detailniveaus die essentieel zijn voor ruimtelijke diepteanalyses zoals vereist in onze studie. Dit illustreert waarom we in deze studie kiezen voor de recentere geologische 3D-modellen.

De gevoeligheidskaart van krimp- en zwelgedrag van de bodem en ondergrond in Vlaanderen bij veranderend vochtgehalte (Van Lysebetten et al., 2024, in press) geeft specifieke informatie over de gevoeligheid van de bovenste vijf meter van bodem en de ondiepe ondergrond voor het risico op uitzetten en krimpen van kleien bij veranderende vochtomstandigheden. Dit is cruciaal voor risicobeoordeling van schade aan infrastructuur, vooral in gebieden met kleigronden.

2.3.4 Grondwater

De meest recente hydrogeologische opdeling van de ondergrond voor Vlaanderen is weergegeven in het hydrogeologisch 3D-lagenmodel, H3Dv2.1 genaamd (Deckers et al., 2024). Het model visualiseert de verschillende hydrogeologische eenheden van de ondergrond en geeft inzicht in hoe gemakkelijk grondwater door de ondergrond kan sijpelen. Voor deze studie is dit model bijzonder nuttig, aangezien het ons in staat stelt om gebieden te identificeren waar water natuurlijk kan infiltreren en potentieel voor opslag heeft. Daarnaast duidt het ook waar grondwater snel naar het oppervlaktewater kan worden geleid door bijvoorbeeld de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen. Deze inzichten zijn cruciaal bij de ontwikkeling van natuurlijke klimaatadaptatiestrategieën.

De grondwaterstand (of piëzometrie) wordt in Vlaanderen voor verschillende instanties gemonitord via periodieke manuele of geautomatiseerde peilmetingen op monitoringsputten. De meeste data worden verzameld op dov.vlaanderen.be en de Watina databank (INBO). De meest actuele oefening om tot een gebiedsdekkende kaart met de diepte het grondwaterpeil onder het maaiveld te komen is deze door Sumagua in 2022, beschreven in hoofdstuk 2.2.3.2 van dit rapport.

2.4 INFILTRATIE

Waterinfiltratie in de bodem en de ondiepe ondergrond speelt een cruciale rol in de hydrologische cyclus. De infiltratie zorgt er immers voor dat er water beschikbaar komt in de onverzadigde zone waaruit planten water opnemen. Zoals vermeld bij het klimaatthema 'hittestress' zorgt een vochtiger bodem ervoor dat het risico op hittestress afneemt. Het inzetten op infiltratie van water in bovenstroomse of urbane gebieden vermindert ook de directe afstroming waardoor de kans op overstromingen wordt gereduceerd. Daarnaast kan een deel van het geïnfiltreerde water potentieel doorsijpelen naar het diepere grondwater en worden de grondwaterreserves hierdoor aangevuld. In Vlaanderen, waar de balans tussen watergebruik en -beschikbaarheid steeds meer onder druk staat door de stijgende vraag naar water en de klimaatverandering, is het bevorderen van waterinfiltratie een belangrijke strategie om waterzekerheid en -duurzaamheid te verhogen.

De infiltratiecapaciteit van de bodem wordt beïnvloed door de bodemeigenschappen en het landgebruik en -bedekking. De bodemeigenschappen die bepalend zijn voor de infiltratiecapaciteit zijn o.a. de bodemtextuur, de bodemdichtheid (of porositeit), de bodemstructuur en het organische stofgehalte in de bodem. Ook het bodemvochtgehalte heeft een belangrijke invloed op de effectieve infiltratiesnelheid. Een uitgebreide studie over de bepaling van de infiltratiecapaciteit werd uitgevoerd door IMDC en de Bodemkundige Dienst van België (2016) in opdracht van VMM (IMDC en BDB, 2016).

Stedelijke gebieden in Vlaanderen kampen met specifieke uitdagingen wat betreft waterinfiltratie, vanwege het hoge percentage verharde oppervlakken en aanwezigheid van drainagesystemen die de natuurlijke infiltratie belemmeren. Dit resulteert in een toename van oppervlaktewaterafvoer, wat kan leiden tot overstromingen en de vermindering van de natuurlijke aanvulling van het grondwater. Een ander aandachtspunt is dat wanneer de bodem verontreinigd is, deze verontreiniging door het infiltrerende water wordt verspreid naar diepere en stroomafwaarts gelegen delen van de ondergrond. Anderzijds zorgt een goed ontwikkelde bodem ervoor dat de waterkwaliteit van het geïnfiltreerde water verbeterd.

Naar terminologie toe maken we in deze studie een onderscheid tussen infiltratie en grondwatervoeding. Met infiltratie bedoelen we hier het proces waarbij water in de bodem dringt en in de onverzadigde zone van de bodem komt. Wanneer we spreken over grondwatervoeding hebben het over water dat vanuit de onverzadigde zone het grondwatersysteem aanvult. In het grondwatersysteem – dat bestaat uit een opeenstapeling van relatief doorlatende aquifers en minder doorlatende aquitards - zijn alle poriën verzadigd met water. De grondwatervoeding bestaat dus uit het deel van het geïnfiltreerde water dat niet door planten wordt verbruikt en niet via interflow direct vanuit de onverzadigde zone wordt afgeleid naar drainagegrachten of waterlopen. De twee zijn illustratief voorgesteld in Figuur 5 hieronder.



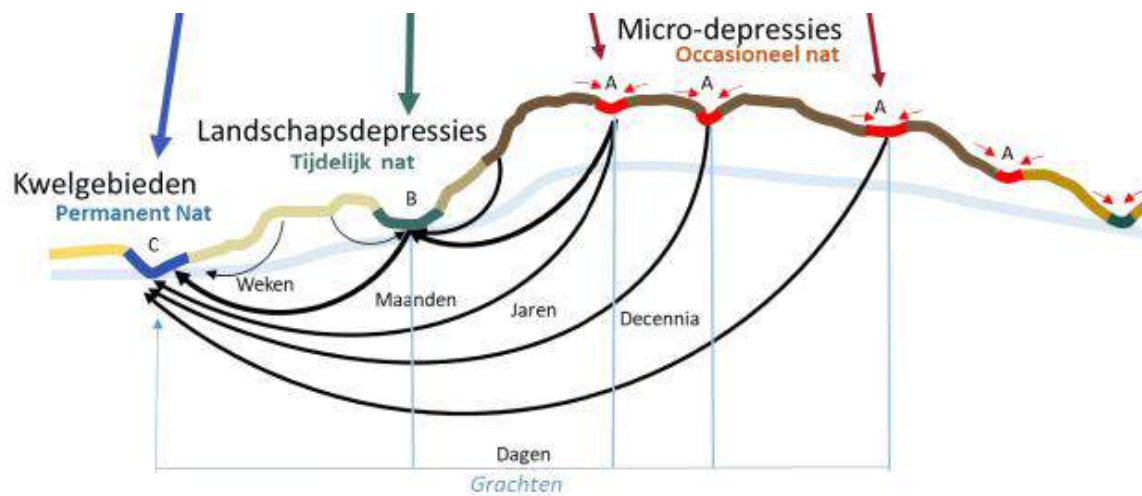
Met betrekking tot infiltratie en grondwatervoeding is in Vlaanderen al heel wat studiewerk verricht. Zo zijn volgende studies en kaartlagen beschikbaar die allemaal het infiltratie-topic bespreken:

- Deze studies en/of kaartlagen worden hierna kort toegelicht. Het doel van deze inventarisatie is een overzicht te krijgen van de in Vlaanderen beschikbare data en kaartlagen. In Taak 2 kan dan een afweging gemaakt worden welke bestaande kaarten kunnen gebruikt worden voor de opmaak van de Doorgrondkaart (zie verder in Hoofdstuk 3).

De Watersysteemkaart gebruikt een algoritme dat op basis van de topografie (topografische positie index) Vlaanderen indeelt in verschillende zones:

- De watersysteemkaart is enkel gebaseerd op topografie en houdt geen rekening met bodemkenmerken en/of de aanwezigheid van ondoordringbare lagen. De watersysteemkaart wordt deels publiek ter beschikking gesteld via DOV. De volledige versie van de watersysteemkaart is echter niet publiek. Daarenboven is ook de methodiek die wordt toegepast bij de opbouw van de kaarten

niet volledig beschreven. Wegens het gesloten karakter van de watersysteemkaart kunnen we deze in het kader van deze studie niet inzetten.



Figuur 6: De watersysteemkaart geïllustreerd aan de hand van een doorsnede van het landschap. De verschillende zones op de watersysteemkaart houden verband met de positie in het landschap. Impliciet is dit gerelateerd aan de potentiële verblijftijd van het geïnfiltreerde water. Grachten verkorten de verblijftijd. (Bron: Staes, 2021)

2.4.1.2 Studienota groenblauwe netwerken en strategisch plan waterbevoorrading (Vrebos en Staes, 2021)

Deze studie gaat dieper in op de bepalende factoren voor grondwateraanvulling. In deze studie wordt een evaluatie gemaakt van het effect van landgebruik op de infiltratie (naar diepere lagen buiten het bereik van planten) en drainage in Vlaanderen. Op basis van modelberekeningen (combinatie van rasterkaarten) wordt een kwantitatieve en ruimtelijke inschatting gemaakt van de huidige infiltratie in Vlaanderen alsook van de impact van een droog en nat scenario. Daarnaast wordt ook een berekening gemaakt van drainageverliezen. Ten slotte wordt de verhouding van de vergunde grondwateronttrekkingen met de natuurlijke aanvulling bepaald.

2.4.1.3 Kaart met infiltratiegevoelige bodems voor de Watertoets (gedateerd)

In het kader van de watertoets werd door VMM een kaart ter beschikking gesteld met infiltratiegevoelige bodems. De kaart bestond uit 2 gebieden: gebieden met infiltratiegevoelige bodems en gebieden met niet-infiltratiegevoelige bodems. Deze kaart was gebaseerd op de bodemkaart. Uit de bodemkaart werden systematisch gebieden verwijderd die niet-infiltratiegevoelige bodems bevatten:

- In eerste instantie werden alle polygonen met Textuur 'U' (Zware Klei), 'E' (Klei), 'A' (Leem) en 'G' (Stenige gronden) uit de bodemkaart verwijderd omdat deze bodems weinig waterdoorlatend zijn.
- Vervolgens werd gekeken naar de draineringsklasse van de overblijvende polygonen. De draineringsklassen 'e' (natte gronden), 'f' (zeer natte gronden), 'g' (uiterst natte gronden), 'h' (natte gronden met relatief hoge ligging) en 'i' (zeer natte gronden met relatief hoge ligging)

- Uit de resterende kaart werden dan de niet gedifferentieerde eenheden aangeduid met de letter 'B' (Bronzones), 'R' (Stenige valleibodems), 'S' (Lemige valleibodems), 'J' (Rotsontsluitingen), 'W' (Hoogveen) en 'V' (Veengronden) verwijderd omdat ze als niet-infiltratiegevoelig worden beschouwd.
- Verder werden nog een aantal duidelijk niet-infiltratiegevoelige bodems uit de bodemkaart verwijderd. De Moeren, Geulgronden, Schorgronden en Complexen van veen en kleibodems werden uit de kaart verwijderd.

2.4.1.4 Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen (VMM, IMDC en BDB, 2017)

Verdere input voor het ontwerp van infiltratievoorzieningen kan geraadpleegd worden in het technisch achtergronddocument bij de gewestelijke stedenbouwkundige verordening hemelwater (CIW, 2024).

In het kader van het Klimaatportaal (VMM) werd zowel een infiltratiecapaciteitskaart als een infiltratie-effectiviteit opgemaakt. De infiltratiecapaciteitskaart gaat uit van de bodemtexturen in Vlaanderen (bodemkaart). Voor de kaart die de effectiviteit van infiltratie beoordeelt, werd met verschillende aspecten rekening gehouden (zie Tabel 3):

- pagina 29 van 75

Tabel 3: Indicatoren die gebruikt werden voor de bepaling van de effectiviteit van infiltratiemaatregelen in het Klimaatportaal (Bron: Broekx et al. 2023)

Mechanisme	Kaart - indicator	Score_1	Score_2	Score_3	Score_4	Score_5
Beperkt infiltratiepotentieel in bepaalde drainageklassen	Bodemkaart - drainageklasse	drainage_c in ('e', 'e-f', 'e-l', 'f', 'g', 'h', 'h-l', 'l')		drainage_c is onbekend		drainage_c in ('a', 'a-b', 'a-d', 'b', 'c', 'c-d', 'd')
Groter infiltratiepotentieel in zanderige bodemtextuur	Bodemtextuur_vlaagg	>9	between 7 and 9	between 4 and 7	between 2 and 4	between 0 and 2
Beperkt potentieel bij sterke hellingen	Hellingkaart	>10	between 5 and 10	between 2 and 5	between 0.5 and 2	between 0 and 0.5
Groter effect bij aanwezigheid van gemengde riolering (5) dan gescheiden (3), dan andere (2) riolering, laagste effect wanneer riolering afwezig (1)	AWIS_riolering	1	2	3		5

2.4.1.6 Grondwatervoedingskaarten (VUB)

Het Wetspass model van de VUB maakt het mogelijk een inschatting te maken van de grondwatervoeding in Vlaanderen. Het model houdt hierbij rekening met de bodemtextuur, de grondwaterdiepte, de helling, het landgebruik en meteorologische variabelen. Het originele Wetspass model maakt een berekening van de grondwatervoeding voor het winterseizoen en het zomerseizoen. De meer recentere versie, nl. WetSpaas-M, berekent de maandelijkse grondwatervoeding. Kaarten van de grondwatervoeding zijn steeds voor een specifiek jaar.

2.4.1.7 Grondwatervoeding uit hydrologische modellen (algemeen)

De grondwatervoeding kan ook met andere hydrologische modellen bepaald worden. Lumped hydrologische modellen, type PDM, NAM, SWAT... berekenen de grondwatervoeding met hoge temporele resolute, maar wel gemiddeld per (sub)-bekken. Ruimtelijk verdeelde hydrologische modellen zoals WetSpa (VUB), MIKE SHE... kunnen de grondwatervoeding berekenen op hoge temporele (typisch dagelijkse schaal) en ruimtelijke schaal. Ook via onverzadigde zone modellen zoals SWAP en Hydrus kan de grondwatervoeding berekend worden. SWAP modellen voor Vlaanderen zijn beschikbaar via het Vlaams droogte-instrumentarium (IMDC, Sumaqua, Alterra en KULeuven, 2021) of GeoPearl Vlaanderen (Joris et al., 2017).

2.4.1.8 Lokale grondwaterinfiltratiekaart Stad Antwerpen

Enkele grote steden in Vlaanderen zoals de Stad Antwerpen stellen een lokale grondwaterinfiltratiekaart ter beschikking. De infiltratiekaart geeft de infiltratiegevoeligheid. De

bedoeling van deze kaart is weer te geven in welke mate infiltratie van hemelwater in de bovenste toplaag van de bodem mogelijk is. De kaart voor de Stad Antwerpen is opgemaakt op basis van de bodemkaart en een kaart met de diepte van de grondwatertafel onder maaiveld. De kaart met de diepte van de grondwatertafel is opgebouwd op basis van het lokale grondwaterpeilmeetnet van de stad Antwerpen.

2.4.1.9 Situering beschikbare kaarten en studies in verband met infiltratie

Het is niet altijd duidelijk hoe de verschillende beschikbare datasets met betrekking tot infiltratie zich tot elkaar verhouden. Figuur 7 doet een poging om een overzicht te geven van de potentieel nuttige en bestaande data over infiltratie. Om dit duidelijk te maken, werd een opsplitsing gemaakt tussen het (natuurlijke laten) infiltreren van lokaal regenwater en het artificieel laten infiltreren van water (Managed Aquifer Recharge [MAR]). We beperken ons hier wel tot MAR technieken die infiltratie bevorderen zoals oa infiltratiepoelen, sub-irrigatie... Zoals eerder vermeld, is het maximaal inzetten op het laten infiltreren van regenwater bijna altijd wenselijk. Infiltratie is dé klimaatadaptatiemaatregel bij uitstek omdat infiltratie zowel hitte, droogte als wateroverlast tegengaat. MAR daarentegen is een maatregel die voornamelijk bedoeld is om droogte en waterschaarste te vermijden en is onder sommige omstandigheden minder geschikt.

Zowel voor het infiltreren van lokaal regenwater als voor MAR is beknopt weergegeven:

- welke maatregelen genomen kunnen worden,
- welke restricties in acht genomen moeten worden en
- welke factoren van belang zijn om de effectiviteit van de infiltratie of MAR zelf te bepalen (infiltratiegevoeligheid)

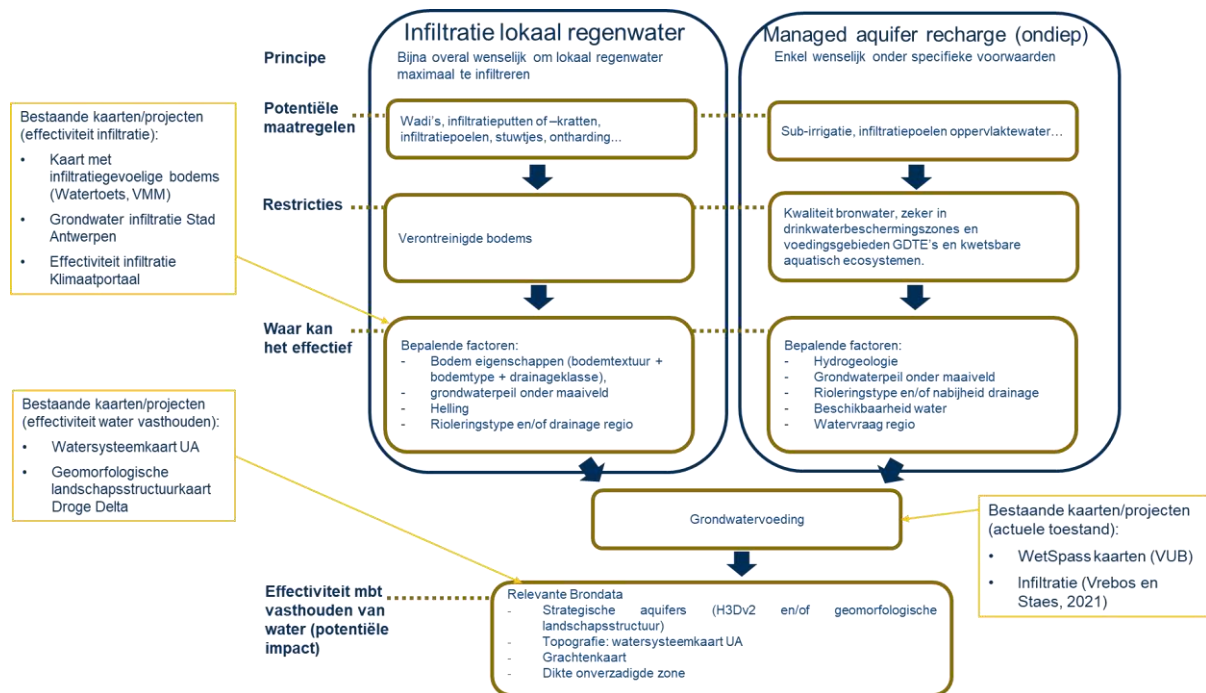
Daarnaast is vermeld welke factoren relevant zijn voor het bepalen van de effectiviteit van het bufferen of vasthouden van het geïnfiltreerde water in de ondergrond.

Op sommige locaties kan het inzetten op infiltratiebevorderende maatregelen minder wenselijk zijn. We denken hier bijvoorbeeld aan locaties waar de bodem verontreinigd is. Bepaalde fysische eigenschappen van de locatie kunnen maken dat infiltratiebevorderende maatregelen efficiënt werken. De infiltratiegevoeligheidskaarten zoals deze van de watertoets en de Stad Antwerpen geven aan hoe makkelijk het is om in een bepaald gebied water te laten infiltreren. De watertoetskaart gaat enkel uit van de bodemkaart terwijl de kaart van Stad Antwerpen ook rekening houdt met de grondwaterdiepte onder maaiveld. De infiltratie-effectiviteitskaart van het Klimaatportaal houdt daarenboven ook nog rekening met de hellingsgraad en de aanwezigheid van drainage. Het gaat hier bijna altijd over het natuurlijk laten infiltreren van regenwater.

De maatregelen, maar ook de potentiële restricties en effectiviteit, van het artificieel laten infiltreren van water zijn niet altijd dezelfde als deze van het natuurlijk laten infiltreren van regenwater. Daarom is er voor de MAR een aparte kolom gemaakt in Figuur 7.

Het infiltreren van water zal veelal leiden tot de aanvulling van de grondwatertafel. In vele gevallen wensen we het water zo lang mogelijk in het grondwatersysteem vast te houden. Zowel de watersysteemkaart van de UA als de geomorfologische kaart uit de Droge Delta studie spelen handig in op de selectie van de locaties waar infiltratie van water het meest effectief is met het oog op het lang vasthouden van water. De watersysteemkaart baseert zich enkel op topografische informatie. In

de Droge Delta studie werd de link gemaakt met de onderliggende hydrogeologie, zij het op een schematisch niveau.



Figuur 7: Overzicht van infiltratiekaartmateriaal

2.5 GROENBLAUWE NETWERKEN

GroenBlauwe Netwerken zijn geïntegreerde systemen van groene (natuurlijke) en blauwe (watergerelateerde) elementen in stedelijke en landelijke omgevingen. Deze netwerken combineren vegetatie, zoals parken, bossen, tuinen en groene daken (groene infrastructuur), met waterlichamen zoals rivieren, vijvers, grachten en wetlands (blauwe infrastructuur). Het doel van deze netwerken is om natuurlijke processen te versterken en te gebruiken voor verschillende functies in de leefomgeving.

Deze netwerken spelen een belangrijke rol in de duurzame ontwikkeling van steden, in het ondersteunen van ecosystemen en ecosysteemdiensten, het bevorderen van biodiversiteit en het verbeteren van de leefbaarheid van stedelijke en landelijke gebieden. Zodoende vormen ze een essentieel onderdeel van klimaatadaptatie door hun natuurlijke vermogen om extreme weersomstandigheden te reguleren, zoals hittegolven en overstromingen. Ze reguleren de omgeving als volgt:

- **Temperatuurregulatie:** Groene infrastructuur biedt schaduw en verkoelt door verdamping. Blauwe infrastructuur (waterlichamen) zorgt voor verdamping van water, wat bijdraagt aan de koeling van de omgeving. Groene daken en gevels kunnen de stijging van de binnentemperatuur van gebouwen temperen en zo de noodzaak van airconditioning verminderen, wat indirect bijdraagt aan de reductie van het energieverbruik en de uitstoot van broeikasgassen. Bovendien zorgen ze in de winter voor extra isolatie en dus ook een lagere energievraag.
- **Waterregulatie:** Blauwe infrastructuur zorgt voor de opvang, opslag en afvoer van regenwater. Dit helpt om wateroverlast te voorkomen door regenwater op te vangen in vijvers, wetlands en andere waterdoorlatende gebieden. Het vertraagt de afvoer van water, waardoor het rioleringsstelsel minder snel overbelast raakt bij hevige regenval. Groene infrastructuur, zoals groenstroken en regenwatertuinen, draagt bij aan de infiltratie van water in de bodem. Dit vermindert het risico op overstromingen en zorgt ervoor dat grondwaterreserves worden aangevuld, wat vooral belangrijk is tijdens periodes van droogte.

Bij de planning en ontwikkeling van groenblauwe netwerken is een goede kennis van de ondergrond en de waterhuishouding cruciaal om te zorgen dat deze optimaal kan functioneren. We denken hierbij bijvoorbeeld aan de mate van infiltratie in de bodem en ondergrond en de grondwaterstand die de slaagkans van een wadi zal beïnvloeden. In wat volgt geven we een beknopt overzicht van studies en modellen die maatregelen op basis van groenblauwe netwerken (vanaf nu: groenblauwe maatregelen genoemd) voor Vlaanderen hebben onderzocht. Daarnaast worden ook de ondergrondvariabelen opgesomd die een impact hebben op slaagkans van groenblauwe maatregelen.

2.5.1 Voornaamste studies en modellen voor GBN maatregelen in Vlaanderen

De voornaamste recente studies over groenblauwe maatregelen voor Vlaanderen zijn:

- de **Droge Delta studie** (CLUSTER landschap & stedenbouw, SWECO, Universiteit Antwerpen (2021). De Droge Delta. Ruimtelijke hefbomen in de strijd tegen waterschaarste. Studie in opdracht van LABO RUIMTE.).

In het onderdeel ‘Ruimtelijke bouwstenen en inrichtingsmaatregelen’ wordt een overzicht gegeven van de elementen die relevant zijn in de strijd tegen droogte. De verschillende bouwstenen en maatregelen grijpen in op het bovengrondse en/of ondergrondse watersysteem. We focusen ons hier op de aanvoer en afvoer van het ondergrondse watersysteem aangezien het bovengrondse watersysteem betrekking heeft op de stromende waterlopen. Het ondergrondse systeem kan worden beïnvloed door op twee sporen te werken: aan de aanvoorzijde het optimaliseren van de infiltratiemogelijkheden en aan de afvoorzijde het beperken van de kwelverliezen. Tabel 4 geeft een overzicht van de maatregelen en bouwstenen van het ondergrondse watersysteem die afhankelijk zijn van de kenmerken van de ondergrond.

Tabel 4: Selectie van ruimtelijke bouwstenen en inrichtingsmaatregelen in de strijd tegen waterschaarste (bron: CLUSTER landschap & stedenbouw, SWECO, Universiteit Antwerpen (2021). De Droge Delta. Ruimtelijke hefboomen in de strijd tegen waterschaarste. Studie in opdracht van LABO RUIMTE.)

MAATREGEL	BOUWSTENEN	THEMA ONDERGROND
Aanvoer - afstroming vertragen	schotten, contourploegen, houtkanten, swales	- Infiltratiecapaciteit - Bodemerisie
Aanvoer - infiltratieoppervlakte vergroten	infiltratieberm,-gracht,-veld,-vijver	- Infiltratiecapaciteit
Aanvoer - vegetatie aanpassen	verheiden, strooiselverbeterende boomsoorten, verloofing	- Bodemtextuur - Organische stof - Grondwaterpeil
Aanvoer - bodemstructuur verbeteren	bodemleven activeren, bodemcompaciteit verminderen, organische stofgehalte bodem verhogen	- Organische stof - Bodemverdichting
Afvoer - waterstand verhogen	stuw, grachten verondiepen	- Infiltratiecapaciteit
Afvoer - verdampingsoppervlakte verkleinen	visvijvers en grachten dempen	- Grondwaterpeil - Drainage
Afvoer - landgebruik aanpassen	landbouw, natuur, bosbouw	- Infiltratiecapaciteit - Grondwaterpeil - Bodemtextuur - Drainage
Kunstmatig af- en toevoeren van grondwater, hemelwater, afvalwater en/of extern water om te laten infiltreren in de bodem	peilgestuurde drainage, sub-irrigatie, infiltratiekratten, infiltrerende riool, vloeiweides, retourbemaling, irrigatiekanalen, Freshmaker	- Infiltratiecapaciteit - Grondwaterpeil

- de **Klimaatadaptatietools** die in kader van het Klimaatportaal Vlaanderen ontwikkeld werden (Broekx et al., 2023, [https://www.vmm.be/publicaties/rapport klimaatadaptatietools methodologisch tw.pdf](https://www.vmm.be/publicaties/rapport_klimaatadaptatietools_methodologisch_tw.pdf)). Uit een longlist van 142 maatregelen werden een 20-tal maatregelen geselecteerd met betrekking tot hitte, wateroverlast en droogte. Deze werden vervolgens geclusterd en vertaald tot maximaal 7 adaptatiepotentieelkaarten per thema (droogte, hitte en wateroverlast), waarbij in 4 van de 7 kaarten rekening wordt gehouden met bodemkenmerken zoals textuur en drainageklasse.
- **Blauwgroene maatregelen** voor de publieke ruimte, scholen en huis & tuin (<https://blauwgroenvlaanderen.be/>, een initiatief van de Vlaamse overheid, Vlario en Aquafin):
Deze website richt zich tot de inrichters van de publieke en semi-publieke openbare ruimte en aan alle inwoners van Vlaanderen om hen te informeren en te inspireren rond klimaatadaptatie en het natuurvriendelijk maken van de omgeving. Maatregelen kunnen o.a. geselecteerd worden in functie van de:
 - infiltratiecapaciteit
 - grondwaterstand
 - hellingsgraadvan de projectzone.
Het bevat 22 maatregelen ter beperking van verdroging en 13 maatregelen om hitte te beperken. Daarnaast bevat het ook een overzicht van reeds gerealiseerde projecten in de publieke ruimte.
- Studie **Klimaatadaptatie en kwalitatieve en kwantitatieve richtlijnen voor de ruimtelijke inrichting van gebieden** uitgevoerd door TECHNUM in opdracht van Ruimte Vlaanderen (Couderé et al., 2015, <https://archief.algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/handle/acd/229911>). Deze studie vertaalt klimaatadaptatieve strategieën (ontharden, bebossen, ventileren, warmteopname beheersen, ruimte voor water en afschermen door middel van harde infrastructuur) naar praktische ruimtelijke richtlijnen voor stedelijke en randstedelijke gebieden in Vlaanderen. Aan de hand van concrete maatregelen zoals groenblauwe netwerken, slim verdichten en energiebewuste stedenbouw wordt geïllustreerd hoe steden beter bestand kunnen worden tegen klimaat effecten zoals hittestress, wateroverlast en droogte. Aan de hand van vier casestudies worden de strategieën gekoppeld aan specifieke stedelijke situaties. Elke case illustreert hierbij maatwerk bij het inzetten van de maatregelen.

Tabel 5: Overzicht adaptatiepotentieelkaarten Klimaatportaal Vlaanderen (bron: Broekx et al, 2023)
https://www.vmm.be/publicaties/rapport_klimaatadaptatietools_methodologisch_tw.pdf

ADAPTATIEPOTENTIEELKAART	DROOGTE	HITTE	GECLUSTERDE MAATREGEL	VERVAT	THEMA ONDERGROND
Wadi	x	x	Bovengrondse berging en infiltratie in bebouwd gebied	Wadi, infiltratievelden- en stroken (bermen), bovengrondse buffer met vertraagde afvoer	- hellingsgraad - bodemtextuur - drainageklassen
Ondergrondse infiltratie	x		Ondergrondse berging en infiltratie in bebouwd gebied	Ondergrondse infiltratie (o.a. grindkoffers, infiltratiekratten, infiltratieriool), waterbergende onderfundering, ondergrondse buffer met vertraagde afvoer	nvt
Ontharden	x	x	Ontharden	Ontharden	- hellingsgraad - bodemtextuur - drainageklassen
Groendaken		x	Groendaken	Groendaken	nvt
Infiltratiepoelen	x		Berging en infiltratie in onbebouwd gebied	Infiltratiepoelen	- topografische index - bodemtextuur - drainageklassen - pot. bodemerosie
Stuwtjes	x		Verminderen drainage en aanleg stuwen in onbebouwd gebied	Opstuwen en verondiepen van grachten	- topografische index - hellingsgraad - bodemtextuur - drainageklassen
Natuurlijk hittescherm		x	Boomschaduw	Boomkruin, straatbomen, stadsbossen, natuurlijk hittescherm	nvt

2.5.2 Onderliggende factoren ondergrond bij GBN maatregelen

Uit bovenstaande inventarisatie van studies over groenblauwe maatregelen blijkt dat kenmerken van de ondergrond al in meer of mindere mate werden meegenomen. We geven hieronder nog even het overzicht van de relevante factoren:

Topografie:

- Hellingsgraad
- Topografische index

Bodem en geologie:

- Bodemtextuur
- Organische stof
- Drainageklasse
- Erosiegevoeligheid
- Ondiepe geologische opbouw

Grondwater:

- Grondwaterstand

2.6 BESTAANDE TYPOLOGIEKAARTEN

Ter voorbereiding van Taak 2 zijn bestaande ruimtelijke opdelingen van het Vlaams Gewest (en Nederland) op basis van het fysisch systeem geïnventariseerd. Deze kaarten kunnen namelijk ondersteuning bieden bij de ontwikkeling van de Doorgrondkaart, doordat ze op basis van abiotische factoren die per deelgebied een uniforme toestand hebben waardevolle inzichten bieden in de ruimtelijke indeling van Vlaanderen. Door de beschikbare kaartlagen te inventariseren, kunnen we de bestaande kennis over natuurlijke systeemgebieden in Vlaanderen benutten en de ontwikkelde inzichten toetsen aan specifieke regio's en eigenschappen.

Het combineren van bestaande kaarten met nieuwe analyses maakt het mogelijk om een robuust fundament te leggen voor de Doorgrondkaart. De typologiekaarten geven namelijk al een eerste indicatie van hoe bepaalde gebieden reageren op klimaatstressoren zoals droogte en hitte, en ze vormen een startpunt voor verdere verfijning. Door de inzichten van deze kaarten te combineren, kunnen we bovendien beter begrijpen welke specifieke klimaatadaptatiemaatregelen in bepaalde gebieden het meest effectief zullen zijn.

Deze paragraaf beschrijft de aanpak voor de verzameling van de beschikbare typologiekaarten en de manier waarop deze data benut kunnen worden om tot een meer gedetailleerde en geïntegreerde Doorgrondkaart te komen. Hiermee kunnen we zowel bestaande kennis valoriseren als nieuwe inzichten ontwikkelen die bijdragen aan een gerichte en effectieve klimaatadaptatiestrategie.

Tabel 6: Overzicht van de onderzochte typologiekaarten

TITEL	BRON
Fysische systeemkaart	VLM, 1994
Ecodistricten en ecoregio's	Sevenant et al., 2002
De Droge Delta	Putseys et al., 2022
Basiskaart Natuurlijk Systeem Nederland	https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/basiskaart-natuurlijk-systeem-nederland

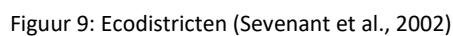
In opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij werd in 1994 een kartering gemaakt van het fysisch systeem en de ruimtelijke structuren in Vlaanderen op een schaal 1:50 000 door de Stichting Plattelandsbeleid. Vlaanderen werd ingedeeld in 23 regio's door het samenvoegen van ruimtelijke eenheden uit de toenmalige Belgische bodemkaart (1:20 000). Elke zone werd gekenmerkt door zijn typische bodem-, reliëf- en hydrologische landschapskenmerken, die de intrinsieke geschiktheid van het gebied bepaalden. Aan de regio's werden ook gevoeligheden en kwetsbaarheden gekoppeld, eveneens een indicatie van kwel en infiltratie.

Brabants Plateau
Centrale Boomse Cuesta
Centrale Vlaamse Laagvlakte
Dender-Zenne Interfluvium
Depressie van de Netes
Hagelands Heuvelland
Het heuvelland van Lummen
Heuvelland van Lummen
Kempische Cuesta
Krijtplateau
Kustvlakte
Leie-Schelde Interfluvium
Maasterrassen
Maasvlakte
Oostelijke Boomse Cuesta
Oostelijke Vlaamse Laagvlakte
Plateau van Haspengouw
Polder-Leie Interfluvium
Schelde-Dender Interfluvium
Scheldepolders
Vlakte van Zonhoven
W-Vlaams Cuestaland
Westelijke Boomse Cuesta
Zuidelijke Vlaamse Laagvlakte

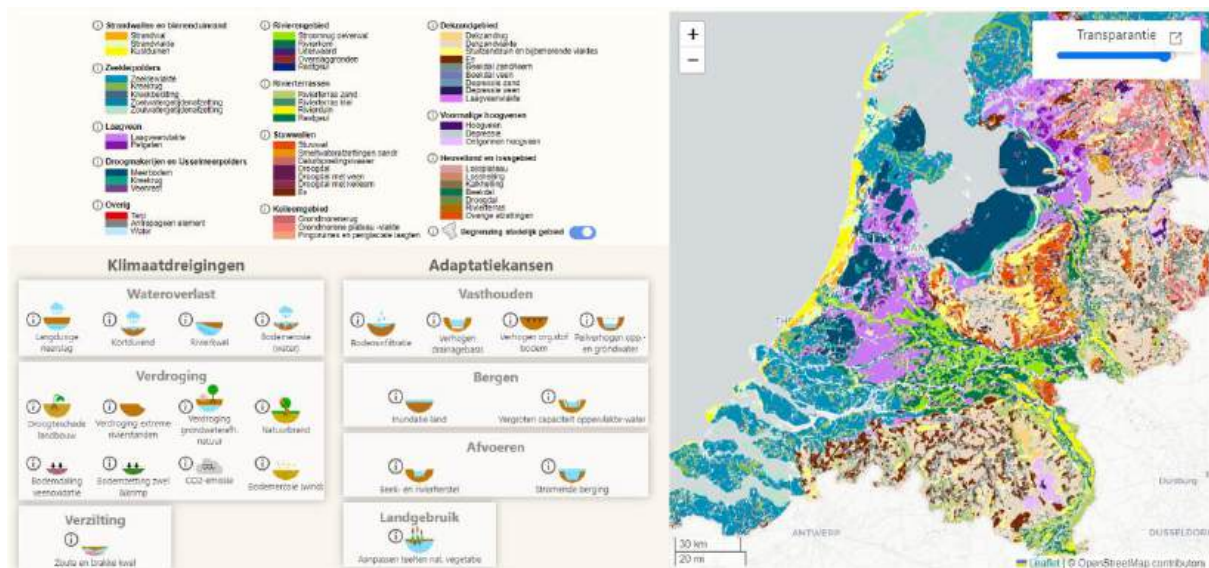
2.6.2 Ecoregio's en ecodistricten

pagina 40 van 75

Stedelijk gebied vormt hier geen apart ecodistrict – ondanks de nood voor een eigen milieubeleid - maar maakt omwille van de focus op de abiotiek deel uit van het aangrenzend ecodistrict.



- Watersysteemkaart
- Grondwatersystemen
- Dikte freatisch grondwater
- Hydrogeologische kaart
- Quartairgeologische kaart
- Tertiair geologische kaart



Figuur 11: Basiskaart Natuurlijk Systeem Nederland met zijn klimaatdreigingen en adaptatiekansen (bron: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/basiskaart-natuurlijk-systeem-nederland>)

3 TAAK 2: DOORGRONDKAART

In Taak 1 werd een brede inventarisatie uitgevoerd van beschikbare kaartlagen met betrekking tot bodem- en ondergronddata samen met een overzicht van bestaande studies over infiltratie en groenblauwe netwerken. Vanuit deze verkenning wordt duidelijk dat reliëf, bodemeigenschappen en geologische opbouw vaak de drie belangrijkste bouwstenen vormen om de werking van het ondergronds systeem te begrijpen. Samen bepalen deze hoe water zich doorheen het landschap beweegt, waar het kan infiltreren, en waar het wordt vastgehouden of snel afstroomt.

In deze tweede taak is dat inzicht vertaald naar een concreet en geïntegreerd eindproduct: de Doorgrondkaart. Deze kaart visualiseert per locatie het fysisch potentieel van het landschap om water te bergen, op basis van drie wetenschappelijk onderbouwde scorekaarten die elk een aspect van het fysische systeem representeren. De Doorgrondkaart vormt zo de kern van deze studie en biedt een visueel en inhoudelijk vertrekpunt voor gebiedsgerichte maatregelen.

Om de leesbaarheid en toepasbaarheid van de kaart te vergroten, werd Vlaanderen opgedeeld in twaalf ecoregio's. Deze regio's zijn gebaseerd op geactualiseerde ecodistricten en combineren abiotische kenmerken zoals geologie, bodemtype en hydrologische context. Voor elke regio werd de afbakening zorgvuldig herbekeken en waar nodig afgestemd op de meest recente geologische gegevens.

De volgende paragrafen beschrijven hoe de grenzen van de ecoregio's werden aangepast, hoe de drie fysische scorekaarten tot stand kwamen, en hoe deze samengebracht zijn in één geïntegreerde Doorgrondkaart.

3.1 AFSTEMMING GRENZEN ECODISTRICTENKAART

In functie van de analyse, toepassing en vertaling van de Doorgrondkaart biedt de ecodistrictenkaart (Sevenant et al., 2002) een gedegen typologische opdeling van Vlaanderen waar rekening gehouden wordt met een verscheidenheid aan abiotische factoren zoals bodem, grondwater en geologie (zie sectie 2.6.2). De ecodistricten zijn destijds als digitale vectoriële bestanden opgeleverd. Hierbij bestaat ieder district uit een aaneenschakeling van grenzen, waarvan steeds is aangegeven welke abiotische factoren hierbij hebben doorgewogen. De specifieke grenzen van de ecodistricten, die voornamelijk geologisch onderbouwd zijn, zijn daarom gecontroleerd en afgestemd op de meest recente beschikbare geologische data, namelijk het geologisch 3D model van Vlaanderen (Deckers et al., 2019). Verder is ook de buitengrens, overeenkomende met de Vlaamse Gewestgrens, afgestemd met de huidige gewestgrens.

3.1.1 Afstemming ecodistricten met G3Dv3.1 model

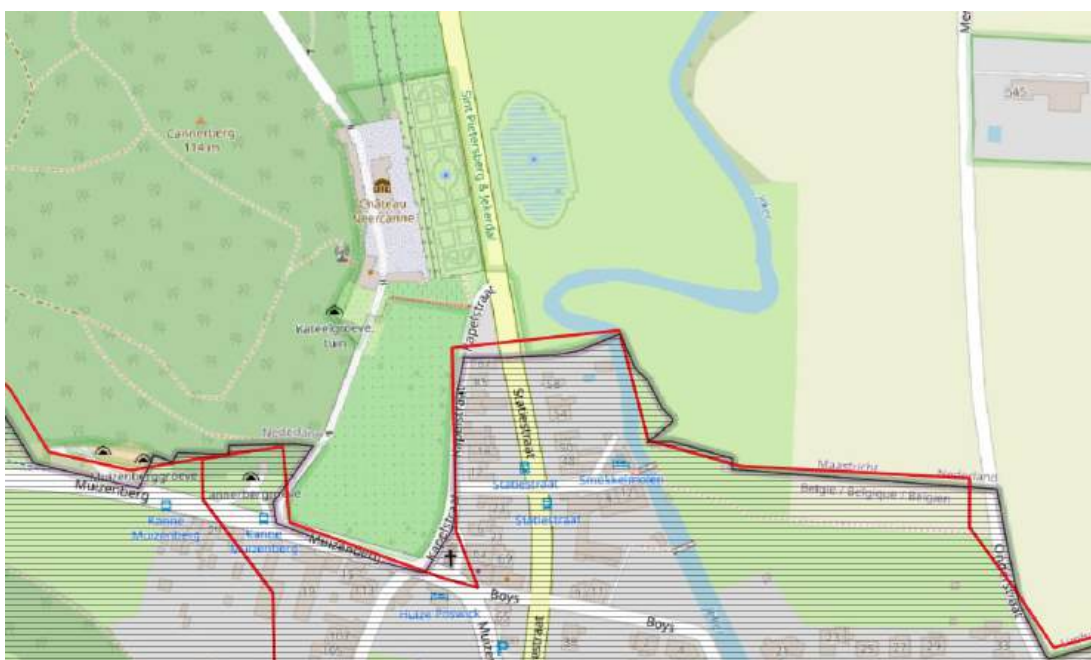
In 18 van de 36 ecodistricten zijn de grenslijnen bijgesteld met als doel de geologische begrenzings van G3Dv3.1 beter te benaderen. De bijstelling gaat hier altijd over een spatiale verandering van enkele tientallen meters.

Onderstaande Tabel 7 toont alle ecodistricten, waarbij de aangepaste districten geduid zijn. De geologische grensaanpassingen vallen hierbij als volgt te bundelen:

Tabel 7: Weergave van de de 36 ecodistricten, gegroepeerd in 12 ecoregio's, waarbij geduid is welke bijgesteld zijn naar geologische grenzen uit het G3Dv3.1 (Deckers et al., 2019).

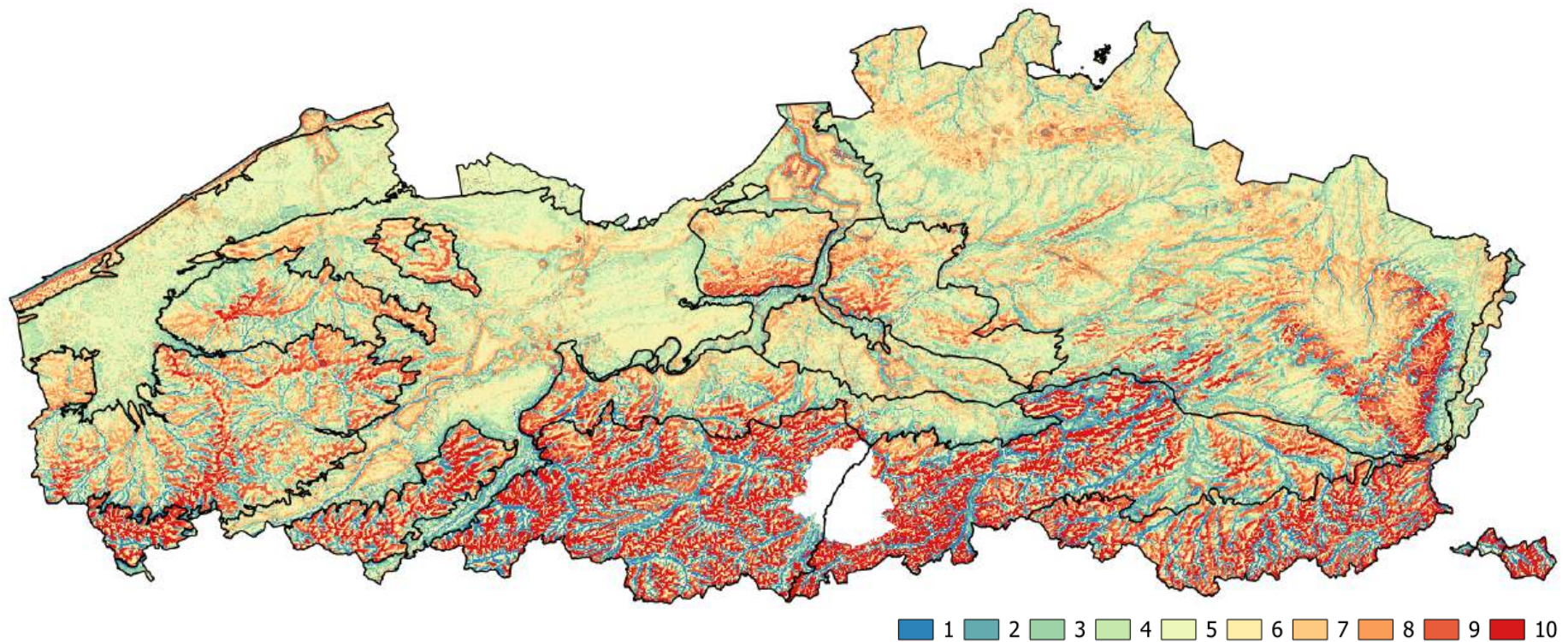
code	regio	district	bijgesteld naar G3Dv3.1
01.1	Ecoregio van de kustduinen	Kustduinendistrict	nee
02.1	Ecoregio van de polders en de getijdenschelde	Kustpoldersdistrict	nee
02.2		Getijdenschelde- en -poldersdistrict	nee
03.1	Ecoregio van de Pleistocene riviervalleien	Pleistoceen riviervalleiendistrict	ja
03.2		Noord-Vlaams dekzandruiggendistrict	nee
03.3		Zandig Poekebeekdistrict	nee
04.1	Ecoregio van de cuesta's	Zandig Houtlandcuestadistrict	nee
04.2		Zandig Maldegems cuestadistrict	nee
04.3		Westelijk zandig Booms cuestadistrict	ja
04.4		Zandlemig Booms cuestadistrict	nee
04.5		Oostelijk zandig Booms cuestadistrict	ja
05.1	Ecoregio van de Kempen	Noord-Kempisch kleisubstraatdistrict	ja
05.2		Centraal-Kempisch rivier- en duinendistrict	ja
05.3		Zuid-Kempisch heuveldistrict	ja
05.4		Oost-Kempisch puinwaaierdistrict	ja
05.5		Roerdalslenkdistrict	ja
05.6		Zandig Maasterrassendistrict	nee
06.1	Ecoregio van de westelijke interfluvia	Zandig Mandeldistrict	nee
06.2		Zandig Leie-Schelde interfluviumdistrict	nee
06.3		Lemig IJzer-Leie interfluviumdistrict	nee
06.4		Lemig Leie-Schelde interfluviumdistrict	nee
07.1	Ecoregio van de Midden-Vlaamse overgangsgebieden	Midden-Vlaams glooiend zandleendistrict	ja
07.2		Vochtig Beneden-Dijledistrict	ja
08.1	Ecoregio van de zuidwestelijke heuvelzone	West-Vlaams lemig heuveldistrict	nee
08.2		Zuid-Vlaams lemig heuveldistrict	ja
08.3		Lemig Brabants cuestadistrict	ja
09.1	Ecoregio van de zuidoostelijke heuvelzone	Brabants lemig heuveldistrict	ja
09.2		Droog Boven-Dijledistrict	ja
09.3		Brabants Diestaaanheuvelruiggendistrict	ja
09.4		Velpe-Getedistrict	nee
09.5		Vochtig Haspengouws leemdistrict	nee
10.1	Ecoregio van de krijt-leemgebieden	Golvend Haspengouws leemdistrict	ja
10.2		Haspengouws leemplateaudistrict	ja
10.3		Lemig Maasterrassendistrict	ja
11.1	Ecoregio van de krijtgebieden	Voerens krijtdistrict	ja
12.1	Ecoregio van de grindrivieren	Maasdistrict	nee

Bij nadere controle bleek dat de voormalige buitengrenzen van de ecodistrictenkaart niet overeenkomen met de Vlaamse gewestgrens (referentiebestand gemeentegrenzen, toestand 16/5/52018). De buitengrenzen van de ecodistricten die overeenkomen met de grens van het Vlaamse Gewest zijn bijgesteld naar de huidige grens. Figuur 14 toont een voorbeeldlocatie nabij Kanne in Limburg, waarbij het verschil tussen de oude ecodistrictgrenzen (rode lijn) en de huidige gewestgrens (zwarte lijn) te zien is.



pagina 48 van 75

In de analyse vertrekken we van het Digitaal terreinmodel (DTM) met een resolutie van 5m (Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, 2014). Voor beide zoekstralen wordt de TPI berekend. Positieve/negatieve TPI-waarden worden verkregen wanneer de locatie hoger/lager is dan het gemiddelde van de omgeving. Vervolgens worden beide kaarten genormaliseerd en samengeteld. De somkaart op 5m resolutie wordt omgezet naar 50m resolutie met de GDAL Warp methode mediaan. Tenslotte wordt het resultaat vertaald naar scores tussen 1 en 10 om consistent te zijn met de andere onderdelen van de Doorgrondkaart. Een hogere score kunnen we associëren met een hoger potentieel voor infiltratie.



Figuur 16: Scorekaart TPI na combinatie zoekstraal 500m en 5000m (resolutie 50m)

3.2.3 Basiskaart bodem

1. Bodeminformatie uit de Bodemdatabank-STAT

2. Afleiding van bodemtextuur



pagina 52 van 75

60-100cm) een bodemtextuurkaart opgesteld. Een aandachtspunt hierbij zijn textuurklassen E en U, die een brede categorie omvat en daardoor voor interpretatie vatbaar is.

3. Toekenning van Ksat per diepte

Voor iedere afgeleide bodemtextuur is een Ksat-waarde (verzadigde hydraulische geleidbaarheid) toegekend. De gebruikte Ksat-waardes zijn gebaseerd op de richtlijnen uit het rapport “Opstellen richtlijnen meten infiltratiecapaciteit en onderbouwen voor dimensionering van infiltratievoorzieningen” (VMM, 2017). De Ksat-waarde bepaalt hoe snel water door de bodem kan infiltreren en vormt een cruciale parameter voor de waterbergingscapaciteit van een gebied. De gebruikte Ksat-waarde per textuurklasse wordt in Tabel 8 gegeven.

Tabel 8: Ksat-waardes voor verschillende textuurklassen (Bron: VMM,2017).

Textuurklasse	Ksat (m/s)	log Ksat
Z	2.05E-05	-4.69
S	5.44E-06	-5.26
P	3.79E-06	-5.42
L	2.07E-06	-5.68
A	1.58E-06	-5.8
E	4.85E-06	-5.31
U	1.40E-07	-6.85

4. Bepaling van de minimale Ksat

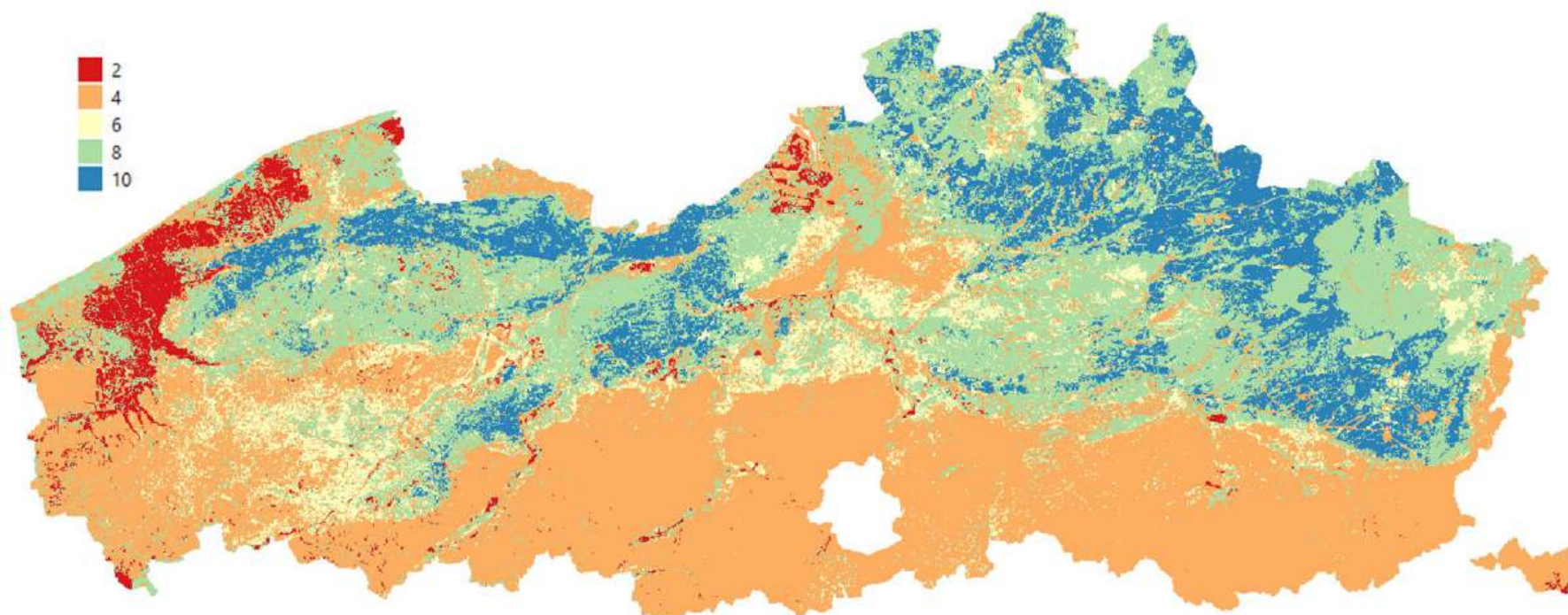
Om tot een finale kaart te komen, is per pixel de minimale Ksat-waarde uit de vier dieptes geselecteerd. Dit betekent dat voor elke locatie de laagste infiltratiecapaciteit in de bodemlagen wordt meegenomen in de uiteindelijke bodemkaart. De minimale Ksat-waarde is immers de beperkende factor bij infiltratie van water in de bodem.

5. Afleiden score-kaart

Na de bepaling van de minimale Ksat-waarden is de kaart geherclassificeerd naar een scorekaart met scores variërend van 2 tot 10. Deze classificatie zorgt voor een gestandaardiseerde interpretatie en maakt optelling met andere kaartlagen mogelijk. Daarbij zijn de textuurklassen L en A samengenomen, evenals S en E, omdat de bijbehorende Ksat-waarden in dezelfde grootteorde liggen. De scores voor verschillende log Ksat-waardes en bijhorende textuurklassen zijn weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9: Herclassificatie van Log Ksat-waardes naar scores.

Log Ksat	Score	Textuurklasse
< -6	2	(textuur U)
-6 - -5.5	4	(textuur L en A)
-5.5 - -5.4	6	(textuur P)
-5.4 - -5	8	(textuur S en E)
>= -5	10	(textuur Z)



Figuur 19: Scorekaart bodem op basis van minimum Ksat voor 4 bodemlagen (resolutie 10m)

3.2.4 Basiskaart ondiepe ondergrond

Het effect van de ondiepe geologie wordt in grote mate bepaald door de ruimte die aanwezig is voor waterberging. Vooral de diepte en aanwezigheid van slecht watervoerende geologische eenheden spelen een cruciale rol in hoe water zich dieper kan voortbewegen of niet. Aquitards kunnen lokaal de waterinfiltratie aanzienlijk beïnvloeden door hun fysieke barrière. Dit kan dan lokaal resulteren in meer oppervlakkige afwatering en de vorming van bronnen. Om de positie en aanwezigheid van aquitards in beeld te krijgen, is gebruik gemaakt van het hydrogeologisch 3D model H3Dv2.1 (Deckers et al., 2019). Vanuit dit model zijn de volgende stappen ondernomen om een diepteraster te ontwikkelen dat de diepte onder maaiveld toont tot de meest ondiepe aquitard.

1. Geselecteerde hydrogeologische modelleenheden, slecht tot niet-watervoerend

Het H3D-model omvat 133 hydrogeologische modeleenheden, elk voorzien van een unieke HCOV-code. Uit deze set zijn modeleenheden geselecteerd die gekenmerkt worden door een lage tot zeer lage permeabiliteit, als gevolg van hun klei- of veenrijke samenstelling. Onderstaande Tabel 8Tabel 9 geeft een overzicht van de in H3Dv2.1 gemodelleerde eenheden en hun bijbehorende HCOV-codes.

Tabel 8: Selectieset hydrogeologische eenheden uit het H3Dv2.1 model die gekenmerkt zijn door een lage tot zeer lage permeabiliteit.

HCOVv2-code eenheid	Naam eenheid
A0131	Kleiige polderafzettingen
A0133	Veen-kleiige poelgronden
A0140	Holocene alluviale deklagen
A0182	Beegden klei 1
A0184	Beegden klei 2
A0188	Sterksel klei 1
A0233	Kiezeloöliet klei 1
A0235	Kiezeloöliet klei 2
A0237	Kiezeloöliet klei 3
A0256	Voort klei 1
A0300	Boom Aquitard
A0420	Klei van Kleine-Spouwen
A0441	Klei van Henis
A0442	Zandige klei van Watervliet
A0500	Bartoon Aquitardsysteem
A0700	Paniseliaan Aquitardsysteem
A0900	Ieperiaan Aquitardsysteem
A1020	Landiaan en Heersiaan Aquitard
A1022	Klei van Waterschei/Beselare
A1035	Klei van Opoeteren

2. Diepteberekening tot eerstvolgende aquitard en classificatie in diepteklassen

Gebaseerd op de geselecteerde set van hydrogeologische eenheden is voor elke gridcel (100x100m XY-resolutie) binnen het H3Dv.2.1 model de diepte tot de top van de eerstvolgende eenheid uit deze selectie bepaald. De diepte is berekend in meters onder het maaiveld en ingedeeld in verschillende

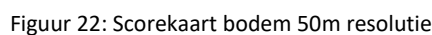
Diepte tot aquitard (m)

0-0.5	Orange
0.5-2	Yellow
2-4	Light Green
4-10	Green
>10	Blue

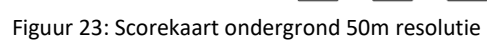
Ieperse klei, polderklei, Maldegemse klei, Boomse klei, beekalluvium, Beegden klei

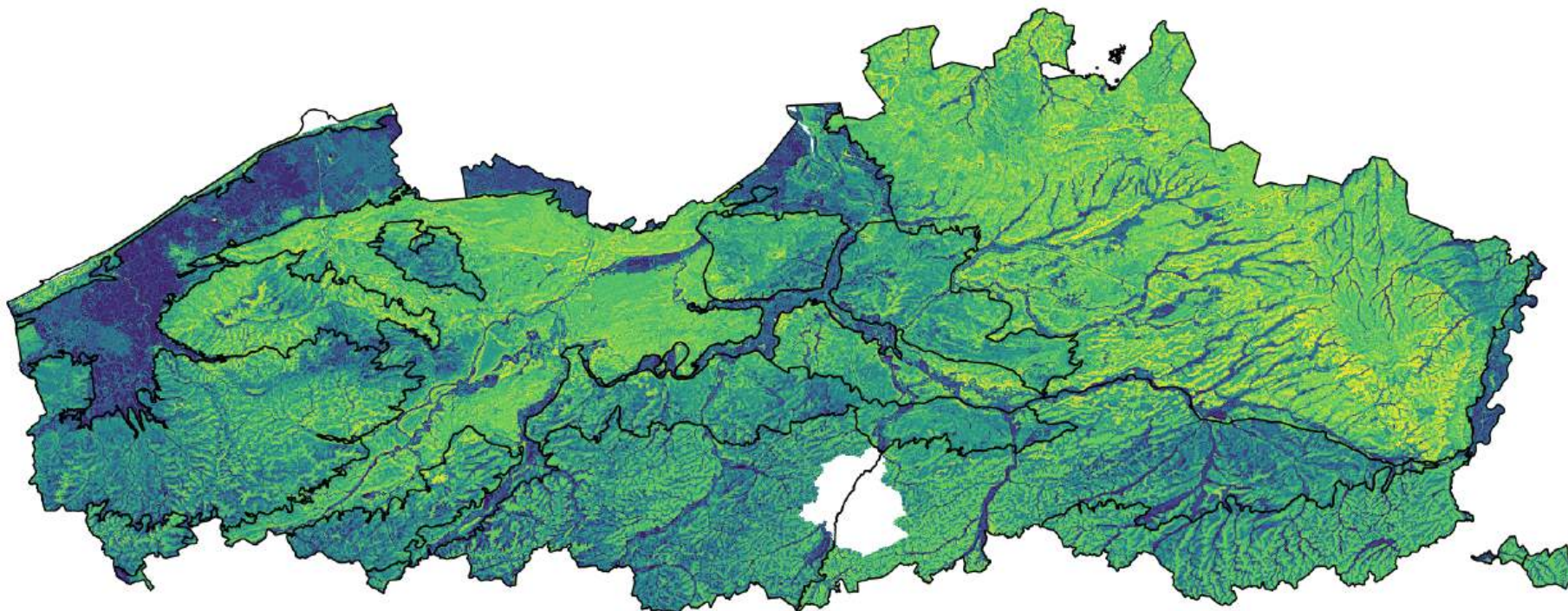
Verschillende kleilagen die net onder het maaiveld liggen, zijn duidelijk zichtbaar op de kaart. Wijdverspreide afzettingen zoals het kleiige en lemige alluvium van Holocene beekjes en riviertjes beslaan grote delen in het landschap. In het zuidwesten en zuiden van Vlaanderen zijn de leperse kleien ondiep aanwezig. De Maldegemse klei, hoewel vaak lokaal aanwezig in de Vlaamse heuvels in het zuiden, is ook duidelijk zichtbaar ter hoogte van de Maldegemse cuesta. De Boomse klei komt dan weer nabij het oppervlak ter hoogte van Antwerpen en is vervolgbaar in een noordwest-zuidoostelijke lijn richting de regio van Hasselt.

In bovenstaande hoofdstukken werden de criteria reliëf (Figuur 16), bodem (Figuur 19) en ondergrond (Figuur 20) vormgegeven door telkens een scorekaart te ontwikkelen. Samen met de werkgroep werd beslist om elk criteria evenveel gewicht toe te kennen en dus kwam de Doorgrondkaart tot stand door de drie scorekaarten bij mekaar op te tellen. Elke pixel in de Doorgrondkaart heeft een score tussen 5 en 30. De drie scorekaarten werden elk voorzien van een resolutie van 50m¹. Bijgevolg heeft de Doorgrondkaart ook een resolutie van 50m.



pagina 58 van 75

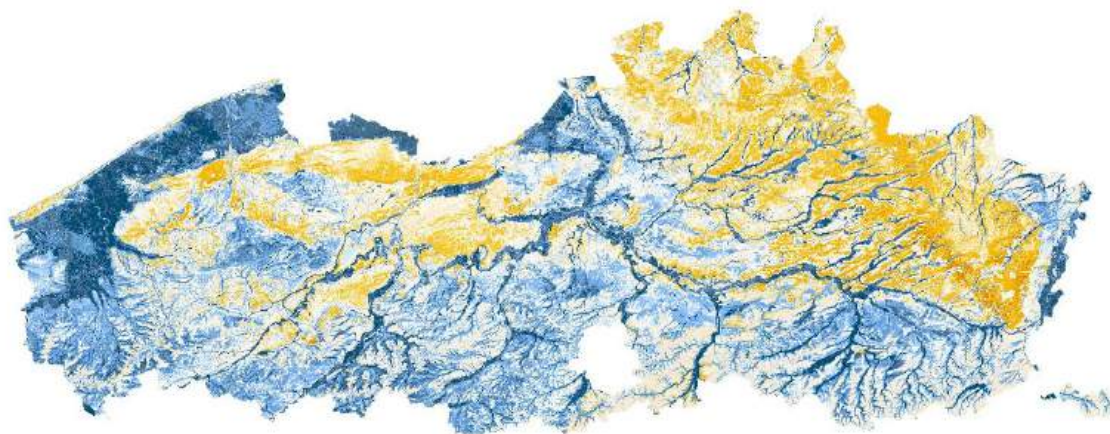




Figuur 24: Doorgrondkaart Vlaanderen 50m resolutie

3.3 DOORGRONDKAART EN TOETSING

De ontwikkelde scorekaart is door bureau Omgeving verder omgezet naar een Doorgrondkaart met 3 klassen (en gradaties daartussen): oranje gronden, witte gronden en blauwe gronden. Oranje gronden beschikken over veel factoren gunstig voor infiltratie van water in de ondergrond en een lange verblijftijd in de ondergrond. Blauwe gronden hebben weinig factoren gunstig voor infiltratie in de ondergrond en geïnfiltreerd water zal een kortere verblijftijd hebben en witte gronden vormen een tussencategorie.



Figuur 25: De Doorgrondkaart met indeling oranje, witte en blauwe gronden.

De klasse-indeling is gemaakt door de scorekaart met scores van 5 tot 30 in te delen in oranje gronden voor een score >22, witte gronden met een score tussen 18 en 22 en blauwe gronden een score <18. Dit geeft een min of meer evenwichtige verdeling met 485000 ha oranje gronden, 432000 ha witte gronden en 442000 ha blauwe gronden. Om deze indeling te toetsen, is de verdeling van scores voor de afzonderlijke factoren reliëf, bodem en diepte ondergrond per klasse verder geanalyseerd.

In de analyse is de 10-punten score per deelfactor vereenvoudigd: scores >7 zijn ingedeeld als zeer gunstig, score 5-7 matig gunstig en scores <5 weinig gunstig (voor snelle infiltratie en lange verblijftijd in de ondergrond). Vervolgens is voor de totale oppervlakte oranje gronden (resp. witte en blauwe gronden) geanalyseerd welk percentage van de oppervlakte 3, 2, 1 of 0 zeer gunstige indicatoren had en dit is herhaald voor het aantal matig gunstige en weinig gunstige indicatoren. Op die manier is voor elk type gronden (oranje, wit, blauw) en voor elke categorie van indicatoren (zeer gunstig, matig gunstig en weinig gunstig) Tabel 9 opgebouwd.

Uit Tabel 9 blijkt dat voor de oranje gronden, 97,4 % van het areaal minstens 2 zeer gunstige scores heeft voor de deelaspecten reliëf, bodem en diepte ondergrond terwijl voor de blauwe gronden bijna het hele areaal (99,8 %) geen of één zeer gunstige score heeft. Voor de blauwe gronden geldt dat 79,8 % van het areaal voor minstens 2 deelaspecten een weinig gunstige score behaalt terwijl de oranje gronden voor maximaal 1 deelaspect de score weinig gunstig krijgt. Uit deze analyse besluiten we dat de klasse-indeling van de ondergrondkaart als robuust beschouwd kan worden.

Tabel 9: Indeling van het areaal oranje, witte en blauwe gronden volgens aantal zeer gunstige, matig gunstige en weinig gunstige scores voor de deelaspecten reliëf, bodem en diepte ondergrond

% oppervlakte		oranje gronden	witte gronden	blauwe gronden
zeer gunstig	3	15,7	0,0	0,0
	2	81,7	42,5	0,2
	1	2,6	57,1	53,7
	0	0,0	0,4	46,1
matig gunstig	3	0,0	0,4	0,3
	2	2,6	11,9	6,8
	1	59,3	42,4	33,1
	0	38,1	45,3	59,8
weinig gunstig	3	0,0	0,0	18,8
	2	0,0	6,9	61,0
	1	22,3	76,6	20,0
	0	77,7	16,4	0,3

4 TAAK 3: UITDIEPEN CASES

Om de bruikbaarheid van de Doorgrondkaart te toetsen aan de praktijk, werd in een derde fase van het project ingezet op interactie met lokale actoren. Voor drie ecoregio's (de Polders en Getijdenschelde, de Zuidwestelijke Heuvelzone en de Kempen) werden workshops georganiseerd met betrokken experts, beleidsmedewerkers en ruimtelijke planners. Deze sessies hadden tot doel om feedback te verzamelen op de voorlopige kaart, de herkenbaarheid en toepasbaarheid van de inhoud na te gaan, en mogelijke toepassingen en randvoorwaarden voor gebruik in beleid en praktijk te verkennen. De workshops vormden zo een belangrijke schakel tussen de wetenschappelijke onderbouwing van de Doorgrondkaart en de noden en verwachtingen van eindgebruikers. Deze workshops lagen ook aan de basis van de gebiedsfiches, die verder worden beschreven in Taak 4 van deze studie. Hieronder worden de belangrijkste bevindingen en aandachtspunten uit de workshops samengevat, die vervolgens zijn meegenomen in de verfijning van het eindproduct.

Doel van de Doorgrondkaart:

- Wijziging legende: Goud – Zilver – Blauw naar Geel-Wit-Blauw (te veel waardeoordeel waardoor kaart verkeerd wordt geïnterpreteerd)
- Wijziging narratief: Doorgrondkaart – *Hoe eenvoudig dringt 1 liter water door de bodem?*
- Toevoeging hillshade aan ecoregio kaart ter verduidelijking van reliëf
- Verfijning van tegel, om beter het watersysteem te begrijpen
- Toevoegen geologische snede vanuit DOV
- Narratief geologische ontstaansgeschiedenis toevoegen
- Hoofdprincipes maatregelen met enkele voorbeelden specifiek per regio, verdere verwijzing naar potentieelkaarten van maatregelen (klimaatportaal, oppeil, veenwaarschijnlijkheid,...)

Mogelijke toepassingen van de Doorgrondkaart:

- De kaart kan een kwalitatieve toevoeging zijn voor hemelwater- en droogteplannen, om het onder en bovengrondse watersysteem eenvoudig te kaderen.
- Binnen het kader van ruimte voor water Dender en stroomgebiedsbeheerplannen kan de kaart goed worden gebruikt voor visieontwikkeling. Echter, voor rioleringsprojecten of andere projecten op lokale schaal is de toepassing van de kaart niet mogelijk.
- De kaart kan relevant zijn voor subsidieprojecten zoals LIFE-projecten, door het belang van bepaalde gebieden te schetsen.
- De kaart kan een motivatie bieden voor samenwerking binnen gebiedscoalities.
- Gewestelijke RUPS: De Doorgrondkaart zou goed kunnen worden geïntegreerd voor terreinanalyse om een gebied te leren kennen. Het kan een ondersteunend instrument zijn voor gebiedswijzigingen, hiervoor zouden de doelstellingen beter verrijkt worden.
- Beleidsplan Ruimte Vlaanderen zoekt een methode om bodem en water sturend te maken. Deze kaart zou kunnen helpen.

Beschikbaar stellen van de kaart en informatiefiches:

- Startpunt om gebied beter te begrijpen en door te koppelen naar kaarten klimaatportaal
- Kan de kaart op het klimaatportaal? Zoals <https://klimaatadaptatienederland.nl/> alle kennis aanbiedt. (inkantelen groenblauwpeil,...?)
- Nood aan inzoom op regio met dan indien nodig een herkleuring op regioniveau (bv Polders)

- Aanpassingen na de werksessies:

- pagina 64 van 75

5 TAAK 4: INZICHTELIJK MAKEN

In de vierde en laatste fase van deze studie lag de focus op het vertalen van de Doorgrondkaart en onderliggende analyses en inzichten, naar toegankelijke en bruikbare communicatieproducten voor een breed publiek van ontwerpers, planners en beleidsmakers. Deze vertaalslag kreeg vorm in de documentatie van de Doorgrondkaart en de gebiedsfiches per ecoregio, die in detail zijn uitgewerkt door Bureau OMGEVING en terug te vinden zijn in Bijlage C van dit rapport.

Elke fiche biedt een visuele en inhoudelijke verdieping van een ecoregio en laat toe om het fysieke landschap op een begrijpelijke manier te interpreteren. De fiches combineren uitleg over reliëf, bodem en geologie met helder uitgewerkte profielen, blokdiagrammen, kaarten en een narratief dat de link legt met thema's als droogte, wateroverlast en hittestress. Er wordt telkens stilgestaan bij hoe het landschap in die regio zich gedraagt ten opzichte van water en welke types van maatregelen daar het meest gepast zijn. Daarnaast bevatten ze aanbevelingen en leidende principes voor het nemen van gebiedsgerichte maatregelen: welke strategieën zijn aangewezen in een specifieke ecoregio? Wat kan men verwachten van de ondergrond? Waar liggen kansen of beperkingen? De Doorgrondkaart en bijhorende fiches kunnen zo zorgen voor een gemeenschappelijk referentiekader dat kan dienen als startpunt voor gebiedsgerichte werking en het nemen van onderbouwde maatregelen. De Doorgrondkaart en fiches zijn daarbij een discussietool of kapstok die mee richting kan geven aan de inrichting van het landschap in functie van klimaatrobuustheid.

Een belangrijk uitgangspunt bij de opmaak van deze fiches was toegankelijkheid: de inhoud is afgestemd op een publiek zonder ondergrondexpertise, zodat de kennis uit de eerdere projectfasen ook werkelijk kan landen in de praktijk. De fiches zijn dan ook geen loutere samenvatting, maar een zelfstandig eindproduct dat beleidsmakers, ontwerpers en andere betrokkenen kan ondersteunen bij het maken van keuzes op maat van het landschap.

De fiches zullen samen met de Doorgrondkaart beschikbaar gesteld worden via DOV en het Vlaams Klimaatportaal. Ook de aanpak voor verdere ontsluiting en integratie in bestaande platformen wordt toegelicht in Bijlage B.

6 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Deze studie vertrok vanuit de ambitie om de effectiviteit van klimaatadaptieve maatregelen te vergroten door de ondergrond een meer sturende plaats te geven in het Vlaamse klimaatbeleid. In de studie werd onderzocht hoe inzichten in de variabele samenstelling van bodem, geologie en reliëf actief kunnen bijdragen aan het gericht en gebiedsgericht ontwerpen van klimaatadaptieve maatregelen. Vlaanderen staat immers voor toenemende uitdagingen op het vlak van droogte, overstromingen en hittestress, en net daarom is het van belang om de fysische werking van het landschap en ondergrond als drager voor het grondwatersysteem als vertrekpunt te nemen bij het uittekenen van klimaatrobuuste oplossingen.

Om die kennis toegankelijk te maken, werd de Doorgrondkaart ontwikkeld die drie fundamentele fysische componenten integreert: bodemeigenschappen, geologische opbouw en reliëf. Deze drie parameters vormen samen de basis om het gedrag van water in het landschap te begrijpen. Daarbij werd de Doorgrondkaart opgedeeld in oranje, witte en blauwe gronden. Oranje gronden hebben bodems met een hoge infiltratie-capaciteit, liggen hoog in het landschap en hebben een dikke watervoerende laag waardoor ze een langdurige wateropslag in de ondergrond toelaten. Blauwe gronden duiden op gebieden met een lage infiltratiecapaciteit, een dunne watervoerende laag en liggen eerder laag in het landschap, waardoor water eerder bovengronds blijft. Witte gronden vormen het tussensegment.

Het dient te worden opgemerkt dat in de Doorgrondkaart bewust is gekozen om enkel bodem, geologie en reliëf mee te nemen, en landgebruik buiten beschouwing te laten. De reden hiervoor is dat we het intrinsieke potentieel van de ondergrond in kaart wilden brengen, zonder dit te laten beïnvloeden door de huidige toestand aan het oppervlak. Het opnemen van bijvoorbeeld verhard gebied (stedelijk gebied) zou ertoe kunnen leiden dat gebieden met goede infiltratie-eigenschappen over het hoofd worden gezien, terwijl die net interessant zijn voor ontharding of herinrichting. De kaart nodigt dus uit om te denken in functie van wat het landschap kan zijn, niet enkel wat het vandaag is.

Daarnaast is het ook belangrijk om te melden dat de kaarten met gemiddelde grondwaterstanden (GXG-kaarten) op het moment van uitvoering van deze opdracht nog niet publiek beschikbaar waren (Van de Velde et al., 2025). Ze konden daardoor niet worden opgenomen in deze studie. In een vervolgtraject kunnen deze kaarten echter een belangrijke aanvulling vormen, aangezien de grondwaterstand een bepalende factor is voor de mate waarin een ondergrond als 'buffer' kan functioneren. Het combineren van fysisch potentieel (Doorgrondkaart) met gemiddelde grondwaterstanden biedt interessante mogelijkheden om de effectiviteit en haalbaarheid van maatregelen nog beter in te schatten.

Deze studie steunt op de onderverdeling van Vlaanderen in zogenaamde ecoregio's, die elk gekenmerkt worden door een eigen geologische opbouw, reliëfstructuur en bodemtype. De ecoregio's werden reeds in 2002 afgebakend (Sevenant et al., 2002) maar werden in kader van deze studie geactualiseerd om de geologische begrenzing aan te passen aan de meest recente inzichten. Verschillen tussen de regio's zorgen ervoor dat ook de manier waarop water wordt vastgehouden of afgevoerd lokaal sterk varieert.

De 12 afgebakende ecoregio's vormen zo de basis voor de gebiedsfiches die in kader van deze studie zijn uitgewerkt. De gebiedsfiches bieden per ecoregio een duiding van deze fysische eigenschappen,

LITERATUURLIJST

Batelaan, O., De Smedt, F., & Gehrels, H. (Ed.) (2001). WetSpa: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional groundwater modelling. In *Impact of Human Activity on Groundwater Dynamics*, IAHS Publ. No. 269: 11-17.

Beckers, V., Jacxsens, P., Van De Vreken, Ph., Van Meirvenne, M., Van Orshoven, J. (2011). Historiek van de bodemdatabank AARDEWERK-Vlaanderen-2010. BOD/STUD/2009/01.

Bogemans, F. (2005). Technisch verslag bij de opmaak van de Quartairgeologische overzichtskaart van Vlaanderen. Opgemaakt in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, 22 pp.

Broekx, S., Lefebvre, F., Lauwaet, D., Beckx, C., Verachtert, E., Wolfs, V., Schoeters, K., Cauwenberg, P., Hilgersom, K., Gabriëls, K., Vaes, G., Lemeire, E., Raman, M. (2023). Uitbreiding van het Klimaatportaal-Vlaanderen met klimaatadaptatietools, Methodologische beschrijving. Studie uitgevoerd in opdracht van: VMM, Vlaamse Milieumaatschappij (Bestek nr. WAT L 2020 S 0014 X). 2023/RMA/R/2934 Depotnummer: D/2023/6871/010.

Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (2024). Technisch achtergronddocument bij de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater. Beschikbaar via: https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/afbeeldingen/technisch-document-gsv-2023_v1-1.pdf

Cauwenberghs, K., Dewelde, J., Huybrighs, M., Vansteenkiste, T. (2018). Aanmaak van een afstromingsgevoelige kaart voor Vlaanderen, 150 pp.

Deckers, J., Van Noten, K., Schiltz, M., Lecocq, T., Vanneste, K. (2018). 'Integrated study on the topographic and shallow subsurface expression of the Grote Brogel Fault at the boundary of the Roer Valley Graben, Belgium', *Tectonophysics*, 722. doi:10.1016/j.tecto.2017.11.019

Deckers, J., De Koninck, R., Bos, S., Broothaers, M., Dirix, K., Hambsch, L., Lagrou, D., Lanckacker, T., Matthijs, J., Rombaut, B., Van Baelen, K., Van Haren, T. (2019). Geologisch (G3D) en hydrogeologisch (H3D) 3D lagenmodel van Vlaanderen – versie 3. VITO-rapport 2018/RMA/R/1569 i.o.v. VPO en VMM, 272 pp.

Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II. (2015). Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen.

Franken, T., Wolfs, V. (2022). Effecten van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden, synthese rapport (Sumaqua in opdracht van VMM).

Foncke, K., De Boeck, K., Wildemeersch, K., Bronders, J., Haest, P., Hendrix, R., Janssen, L. (2013). Opstellen van een gebiedsdekkende referentie dataset van tijdsafhankelijke drainage en rivier randvoorwaarden voor MODFLOW. Bestek nr. L 2010 S 0011 X. Rapport deelopdracht 3: geoprocessing, Matlab applicatie en scenario's. Rapportnr: 2219473012 /KFO i.o.v. VMM, 26 pp.

IMDC en BDB (2016). Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen. Beschikbaar via: https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/ra15066_opstellenrichtlijneninfiltratie_v90_tw.pdf In opdracht van VMM.

Joris, I., Dams, J., Vanden Boer, D., & Vos, J. (2017). *Kartering van de kwetsbaarheid van het grondwater voor verontreiniging met pesticiden*, 142 pp.

Keune, J. et al. (2016). 'Studying the influence of groundwater representations on land surface-atmosphere feedbacks during the European Heat Wave in 2003', *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(22). doi:10.1002/2016jd025426.

Lokers, R., Coninx, I., Willems, P., de Groot, H., & Staritsky, I. (2018). *Klimaatportaal-Kompas voor een klimaatbestendig en weerbaar Vlaanderen*, 91 pp.

Meyus, Y., Cools, J., Adyns, D., Zeleke, S.Y., Woldeamlak, S.T., Batelaan, O., & De Smedt, F. (2005). Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen. Eindrapport. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Water, 107 pp.

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

Inhoud:

- Samenvatting: Scorekaart afgeleid op basis van diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag op basis van het (hydro)geologisch 3D- model van Vlaanderen
- Status: compleet – productie van de data is afgerond

Ruimtelijke kenmerken:

- Geografische begrenzing: Vlaanderen (zonder Brussel)
- Spatiale voorstelling: grid
- Referentiesysteem: Belge 1972 / Belgian Lambert 72

Gebruiksrecht:

- *Aan te vullen door opdrachtgever*

Distributie:

- Distributieformaat: tif
- Bestandsnaam GIS-data: DOV_scores_aquitard.tif

Ecoregio's van Vlaanderen

Identificatie dataset:

- Titel dataset: Ecoregios Vlaanderen met actualisatie van de geologische begrenzing op basis van G3Dv3.1.
- Referentie: Ecoregio's Vlaanderen
- Datasetserie: Ecoregio's Vlaanderen
- Versiedatum: 22 augustus 2025
- Type versiedatum: Oplevering eindresultaten aan opdrachtgever

Inhoud:

- **Samenvatting:** Opdeling van Vlaanderen in verschillende ecoregio's op basis van gelijkaardige fysisch-geografische kenmerken, zoals bodem, reliëf en geomorfologie (Sevenant et al., 2002). In kader van deze studie werden de grenzen van de ecoregio's geactualiseerd op basis van het G3Dv3.1model.
- **Status:** compleet – productie van de data is afgerond

Ruimteliike kenmerken:

- Geografische begrenzing: Vlaanderen
- Spatiale voorstelling: Vector
- Referentiesysteem: Belge 1972 / Belgian Lambert 72

Gebruiksrecht:

- *Aan te vullen door opdrachtgever*

Distributie:

- Distributieformaat: shapefile
- Bestandsnaam Ecoregios

BIJLAGE B: STRATEGIE VOOR ONTSLUITING RESULTATEN

De resultaten van dit project zullen op meerdere platformen beschikbaar gesteld worden om de toegankelijkheid voor diverse doelgroepen te maximaliseren.

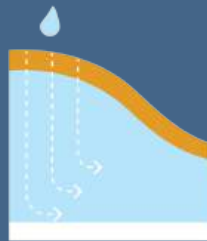
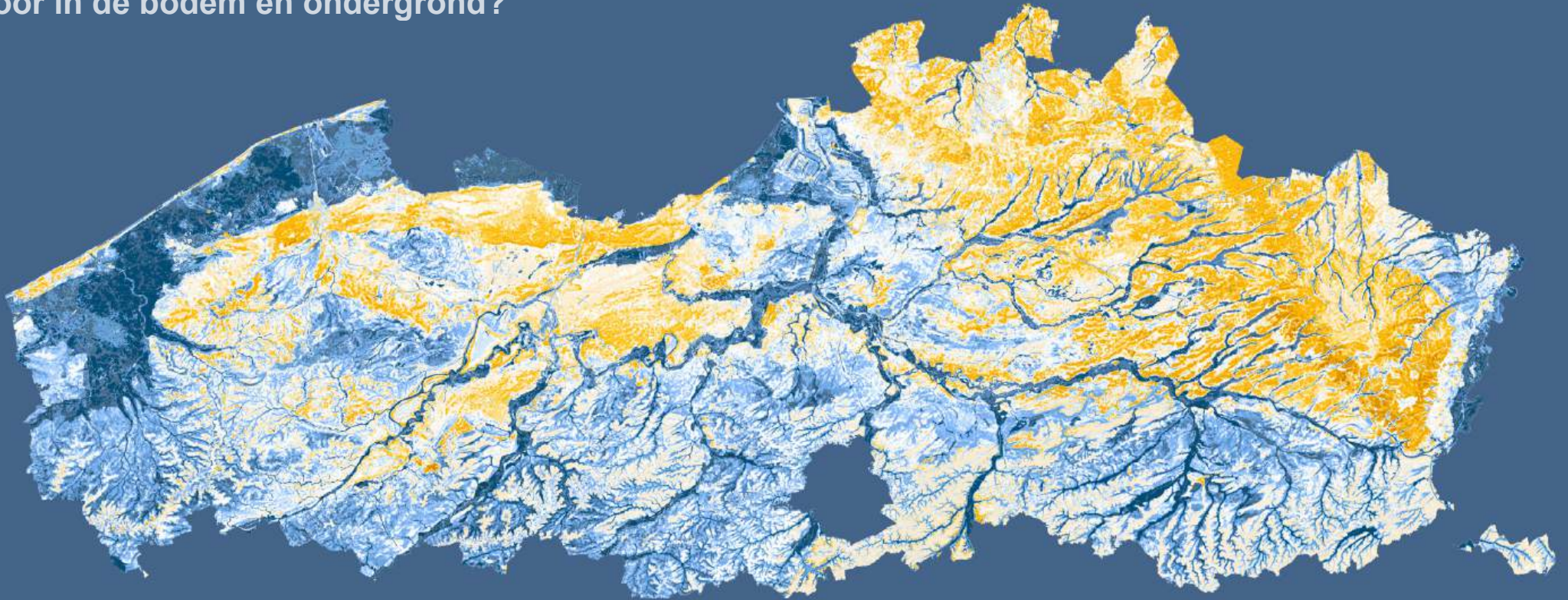
Concreet zal de Doorgrondkaart samen met de onderliggende scorekaarten (TPI, bodem en ondergrond) en de ecoregiokaart met geactualiseerde grenzen ontsloten worden via het Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV)-platform. Gebruikers zullen hierbij ook de mogelijkheid krijgen om per ecoregio door te klikken naar de verdiepende infofiches die de lokale ondergrondkenmerken en klimaatrelevante implicaties toelichten. Door niet alleen de Doorgrondkaart, maar ook de scorekaarten publiek beschikbaar te maken kan inzicht gegeven worden in hoe de verschillende lagen (topografie, bodem en geologie) bijdragen aan de doorgrondscore. Ze kunnen gebruikers helpen om beter te begrijpen hoe water zich door het landschap verplaatst en welke maatregelen kunnen bijdragen aan het vasthouden van water.

Daarnaast krijgt het materiaal ook een plaats op de landingspagina van het Klimaatportaal, met verwijzing naar DOV. Daarbij kan via een link doorgeklikt worden naar de informatie over deze studie.

pagina 75 van 75

DOORGRONDKAART

Hoe makkelijk dringt een regendruppel door in de bodem en ondergrond?



oranje gronden



witte gronden



blauwe gronden

DEPARTEMENT
OMGEVING

Joris, I., et al. (2025). *Klimaat, en wat met de grond onder onze voeten? Rapport in opdracht van de Vlaamse overheid*. Departement Omgeving. 77p.

Op de oranje, hoger gelegen gronden dringt een regendruppel **makkelijk** door in de bodem. De druppel komt vervolgens in een **dikke** watervoerende laag terecht, waarna het als grondwater voor een **lange tijd** door de ondergrond kan reizen.

Op de witte, hellende gronden dringt een regendruppel **matig** door in de bodem. De druppel komt vervolgens in een **gemiddeld dikke** watervoerende laag terecht, waarna het als grondwater voor een **middellange tijd** door de ondergrond kan reizen.

Op de blauwe, lager gelegen gronden dringt een druppel **moeilijk** door in de bodem. De druppel komt vervolgens in een **dunne** watervoerende laag terecht, waarna het als grondwater slechts voor een **korte tijd** door de ondergrond kan reizen.

OMGEVING
LANDSCAPE ARCHITECTURE · URBANISM



VUB
VRIJE
UNIVERSITEIT
BRUSSEL

LEESWIJZER: OPBOUW DOORGRONDKAART

De Doorgrondkaart heeft als eerste doel om meer inzicht te geven in hoe water doordringt in het bodem- en ondergrondsysteem. Aan de hand van een regendruppel beschrijven we de reis doorheen de drie lagen die hiervoor belangrijk zijn, namelijk: het reliëf, de bodem en het bovenste deel van de ondergrond.

1) HOOGTEVERSCHIL T.O.V. OMGEVING

Als een regendruppel op de bodem valt, bepaalt het lokale hoogteverschil waar de druppel, volgens de zwaartekracht, naartoe stroomt. De blauwe zones zijn depressies in het landschap waar water zich verzamelt. De oranje zones liggen hoger waardoor het water er sneller afstroomt. In de witte zones is de afstroming beperkter.

2) INFILTRATIESNELHEID BODEM

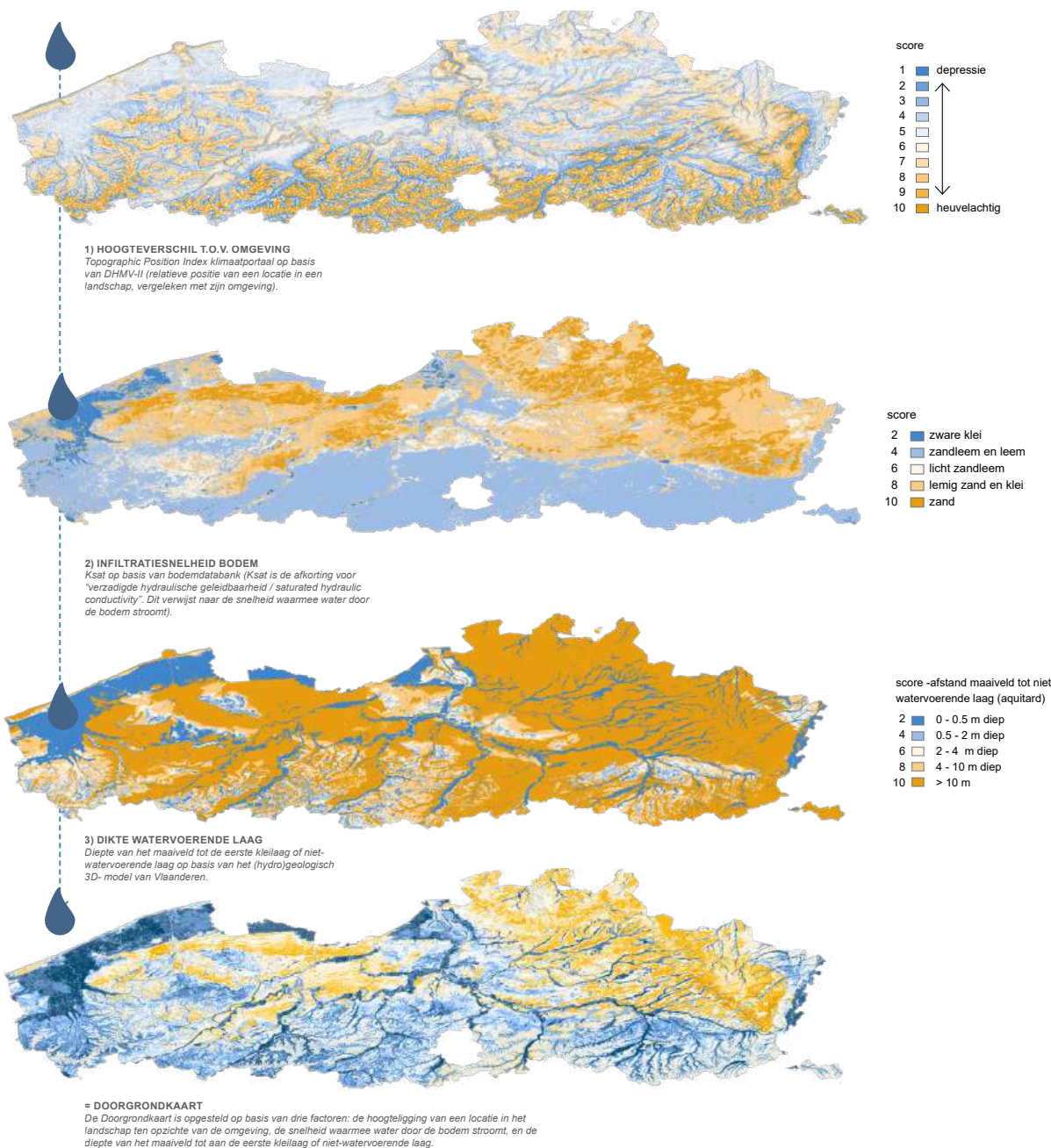
Als het hemelwater samenkomt op de laagste plek in de omgeving, bepaalt onder andere de infiltratiesnelheid hoeveel water kan doorsijpelen naar de eerste 1,5 meter van de bodemlaag. Klei (blauw) heeft de laagste infiltratiesnelheid en zal water minder snel laten doorsijpelen. Zandig materiaal (oranje) heeft de hoogste infiltratiesnelheid en laat het water sneller in de bodem zakken.

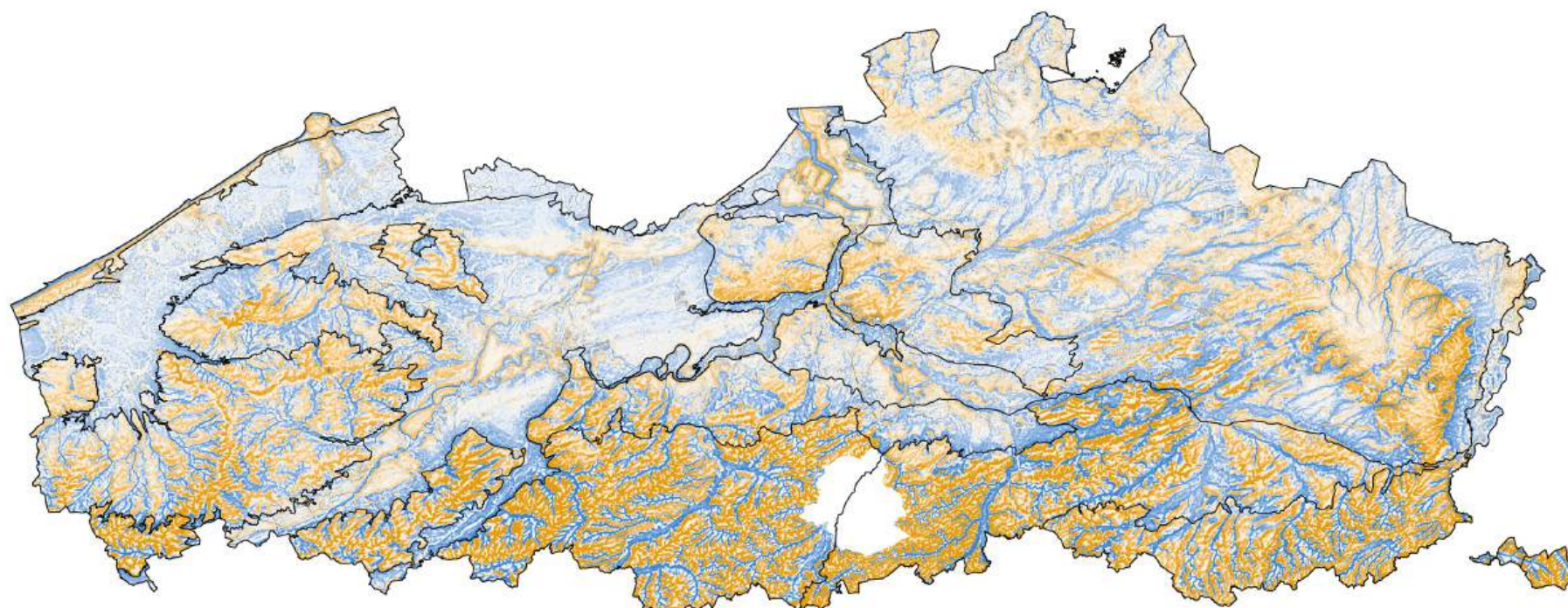
3) DIKTE WATERVOERENDE LAAG

Als het water eenmaal de bodem is geïnfiltreerd, bepaalt de dikte van de bovenste watervoerende laag hoeveel water er in de ondergrond kan verblijven. De dikte wordt bepaald door de afstand te meten tussen het maaiveld en de eerste niet-watervoerende laag in de ondergrond. Hoe dikker de watervoerende laag (oranje), hoe langer en hoe meer water in de ondergrond kan verblijven. Hoe dunner de laag (blauw), hoe korter de tijd en hoe minder water er kan verblijven. Vanaf een dikte van 10 meter of meer heeft extra dikte echter geen significante invloed meer op droogte, overstromingen of hitte. Daarom wordt de kaart afgetopt op 10 meter diepte.

= DOORGRONDKAART

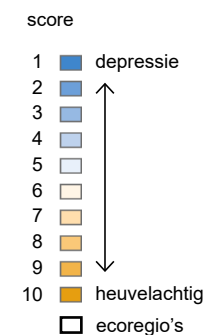
Als we het hoogteverschil, de infiltratiesnelheid en de dikte van de watervoerende laag optellen, ontstaat de Doorgrondkaart. De oranje gronden duiden aan waar in verhouding tot een blauwe grond meer regenwaterdruppels in de ondergrond kunnen verblijven, door ideale infiltratie, een dikke watervoerende laag en een hoge ligging. Bij een blauwe grond zal er meer water bovengronds verblijven, omdat de regenwaterdruppels moeilijker kunnen infiltreren.

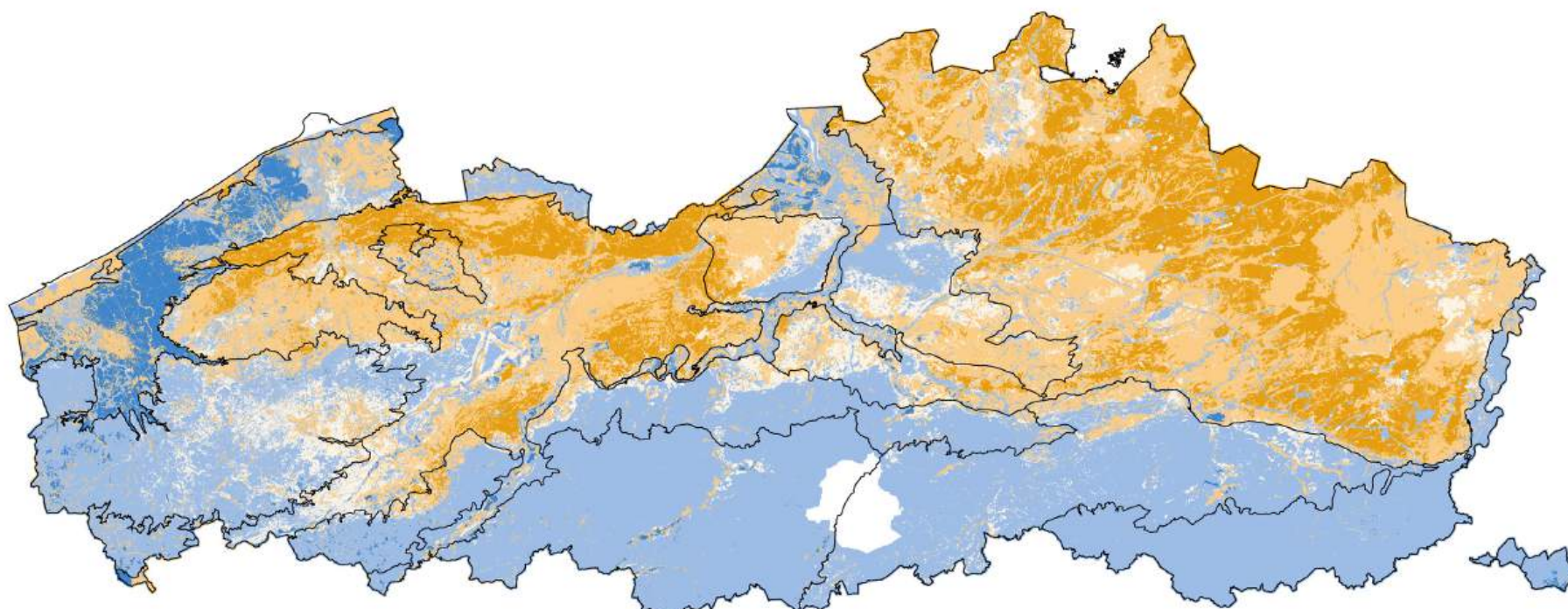




1 - HOOGTEVERSCHIL T.O.V. OMGEVING

Topographic Position Index klimaatportaal op basis van DHMV-II
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving).



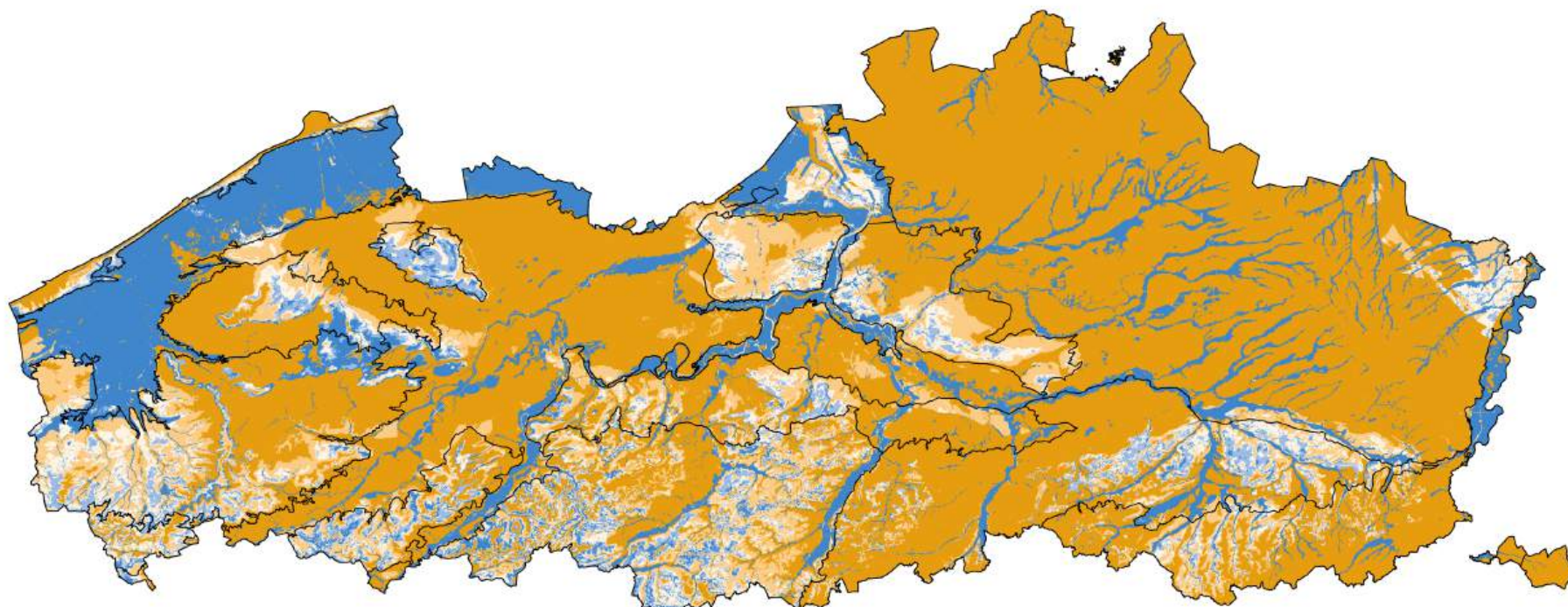


2 - INFILTRATIESNELHEID BODEM

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor “verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity”. Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand
- ecoregio's



3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

Diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag op basis van het (hydro)geologisch 3D- model van Vlaanderen.

score -afstand maaiveld tot niet
watervoerende laag (aquitard)

- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m
- ecoregio's

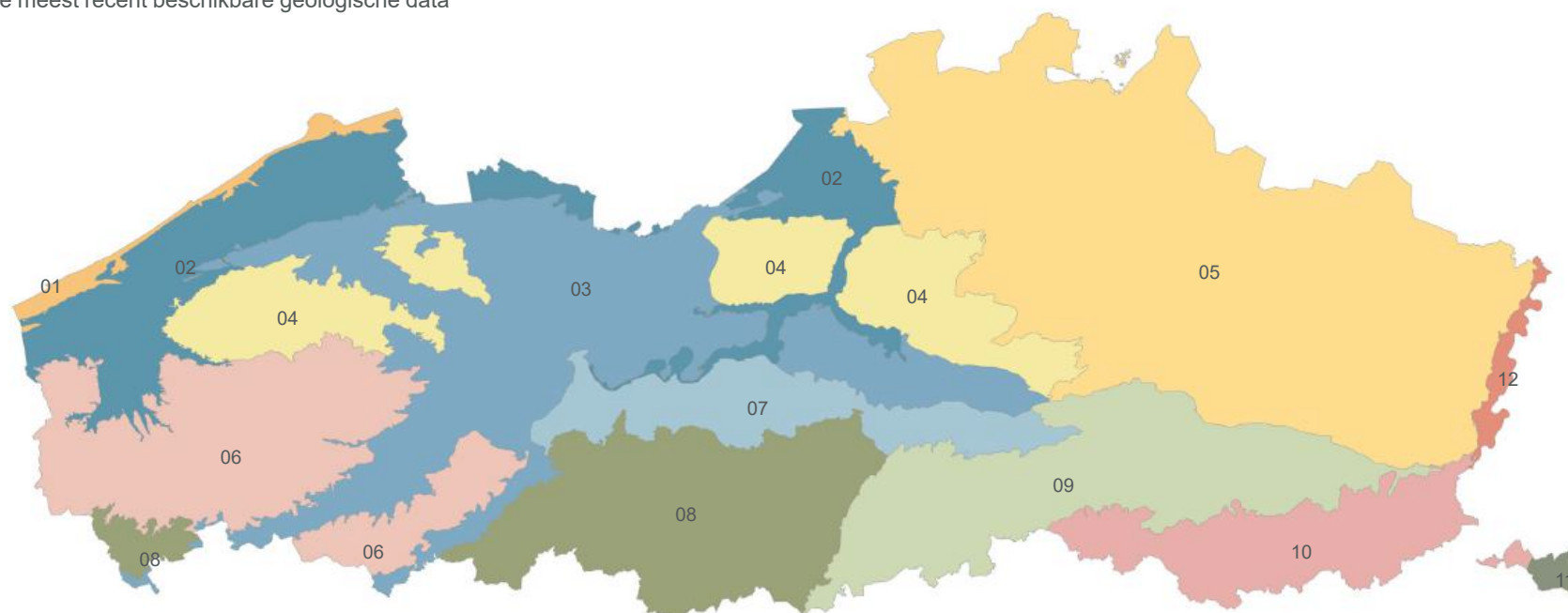
LEESWIJZER: ECOREGIO'S

Vlaanderen kent een diversiteit aan landschappen die elk een eigen bodem- en ondergrondsysteem hebben. Om voldoende inzicht te geven in de werking van deze ondergrondsysteem, doorgronden we Vlaanderen aan de hand van 12 ecoregio's. In 2002 bakende INBO deze ecoregio's af op basis van gelijkaardige fysisch-geografische kenmerken, zoals bodem, reliëf, geomorfologie en waterhuishouding. Voor de vertaling van de Doorgrondkaart zijn de grenzen van deze ecoregio's afgestemd op de meest recent beschikbare geologische data (VITO, 2025).

Als je hieronder op de paarse tekst klikt, krijg je meer informatie over de individuele ecoregio's.

Op de volgende pagina's krijg je een overzicht van hoe de ecoregio's functioneren op Vlaamse schaal door geologische snedes op schaal van Vlaanderen.

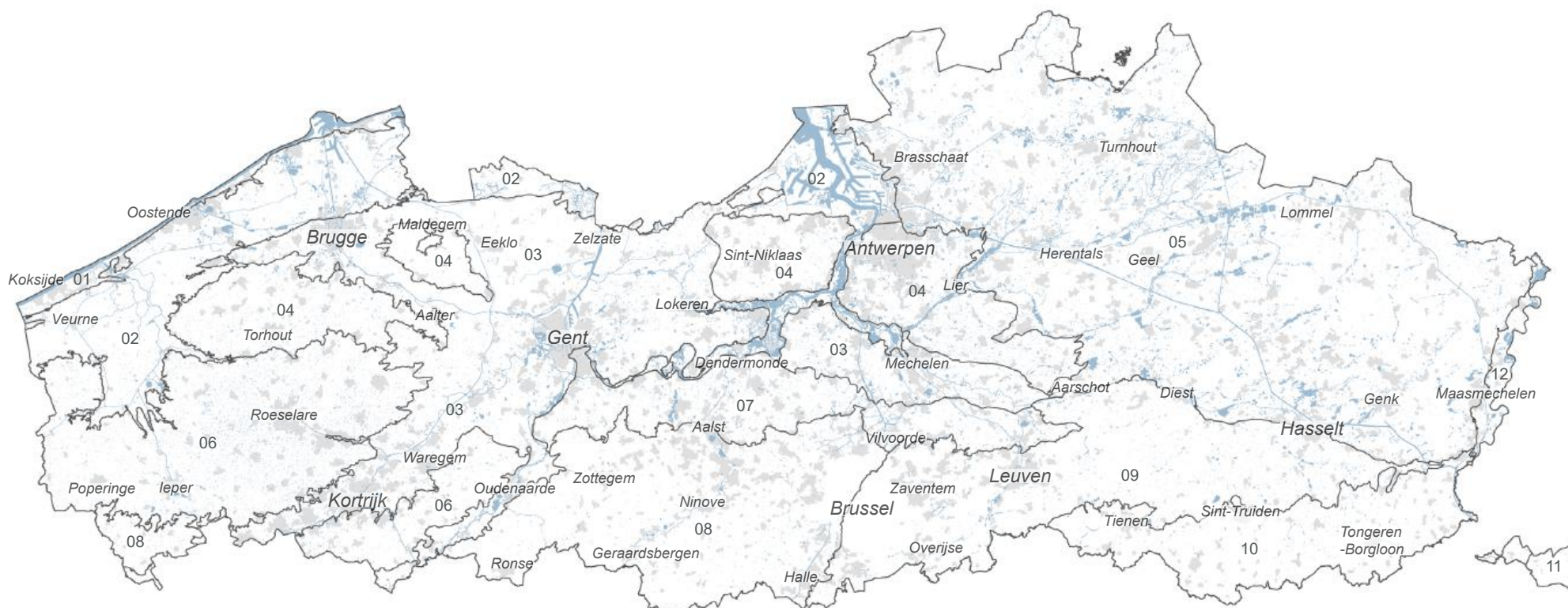
Daarnaast lichten we het tweede doel van de Doorgrondkaart verder toe: hoe jouw grond optimaal kan worden ingezet om hitte, droogte en wateroverlast tegen te gaan.



- | | | |
|--|---|--|
| 01 - Ecoregio van de kustduinen | 05 - Ecoregio van de Kempen | 09 - Ecoregio van de zuidoostelijke heuvelzone |
| 02 - Ecoregio van de polders en de getijdenschelde | 06 - Ecoregio van de westelijke interfluvia | 10 - Ecoregio van de krijt leemgebieden |
| 03 - Ecoregio van de Pleistocene riviervalleien | 07 - Ecoregio van de Midden-Vlaamse overgangsgebieden | 11 - Ecoregio van de krijtgebieden |
| 04 - Ecoregio van de cuesta's | 08 - Ecoregio van de zuidwestelijke heuvelzone | 12 - Ecoregio van de grindrivieren |

LEESWIJZER: STEDEN EN DE ECOREGIO'S

De Doorgrondkaart toont het natuurlijke bodem- en ondergrondsysteem zonder het landgebruik. Dit wil zeggen dat je geen verstedelijking zal opmerken op de kaart. Daarom projecteren we hier de steden en bebouwde gebieden samen met de ecoregio's.



01 - [Ecoregio van de kustduinen](#)

02 - [Ecoregio van de polders en de getijdenschelde](#)

03 - [Ecoregio van de Pleistocene riviervalleien](#)

04 - [Ecoregio van de cuesta's](#)

05 - [Ecoregio van de Kempen](#)

06 - [Ecoregio van de westelijke interfluvia](#)

07 - [Ecoregio van de Midden-Vlaamse overgangsgebieden](#)

08 - [Ecoregio van de zuidwestelijke heuvelzone](#)

09 - [Ecoregio van de zuidoostelijke heuvelzone](#)

10 - [Ecoregio van de krijt leemgebieden](#)

11 - [Ecoregio van de krijtgebieden](#)

12 - [Ecoregio van de grindrivieren](#)

LEESWIJZER: GEOLOGISCHE SNEDES

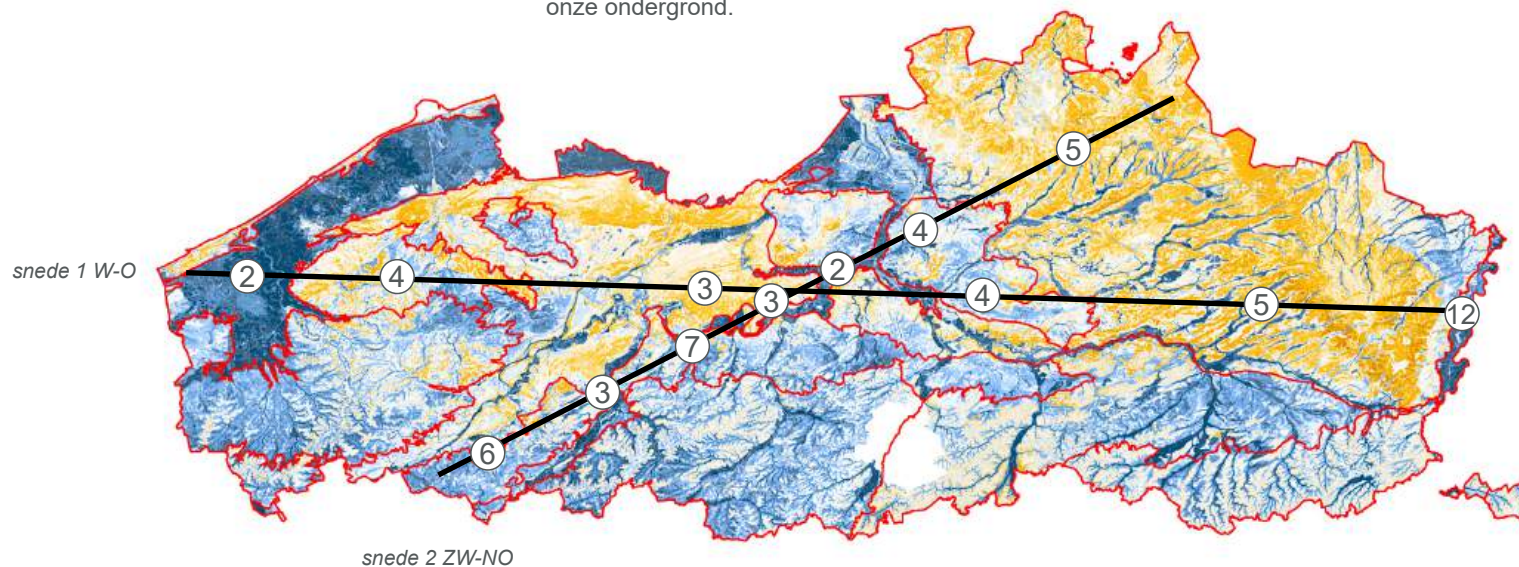
Op deze kaart zie je de aanduiding van twee dwarsprofielen die snijden doorheen verschillende ecoregio's. Op de volgende twee pagina's krijg je meer uitleg bij de snedes. Naast de eigenheid van elke ecoregio, tonen de snedes de onzichtbare lagen in de ondergrond, maar ook de relatie ervan met de topografie. Hoewel de ecoregio's op kaart afgebakend worden, zie je dat de ondergrondse lagen wél vaak doorlopen, en de ecoregio's dus vaak ondergronds verbonden zijn.

De ondergrond bestaat uit een opeenstapeling van geologische lagen. Deze bestaan uit een afwisseling van klei, leem, zand, grind, stenen, krijt en, vooral dieper, ook harde rots. Bovenaan komen de meest recente afzettingen voor. Hoe dieper je graaft, hoe ouder de lagen in de Vlaamse ondergrond. Geologen geven deze lagen namen, gelinkt aan de plaats waar ze typisch voorkomen, en beschrijven de eigenschappen ervan. Zo worden ze herkend en geïdentificeerd in bouwputten, boringen, (labo)analyses en metingen. In combinatie met de geologische afzettingsgeschiedenis, brengen geologen deze waarnemingen in een geologisch 3D model van de Vlaamse ondergrond samen.

Bodemkundigen bestuderen het bovenste deel van de aardkorst (ongeveer 1-2m). Het type bodem dat zich vormt, is afhankelijk van het moedermateriaal (bv. zand of klei) en de specifieke omstandigheden (bv. veel regen, vochtig of droog). Door de bodemvormende processen ontstaat een opbouw van verschillende lagen, of horizonten. Ook deze eigenschappen worden in kaart gebracht voor Vlaanderen. Zo kunnen we ons een beeld vormen van onze Vlaamse bodem en ondergrond tot meer dan 10km diep, en kunnen we er virtueel in boren! Profielen erdoorheen breken als het ware de ondergrond open. De twee profielen, op de volgende pagina's, tonen de meest recente Quartaire afzettingen helemaal bovenaan in de profielen. Dit zijn de jongste sedimenten, afgezet tijdens de ijsstijden en tussenijstijden. Het Quartair is de periode waarin ons huidig landschap gevormd is, een proces dat ook nu nog aan de gang is. Deze Quartaire afzettingen zijn vaak zandig, lemig, kleiig of venig. Onder deze recente lagen bevinden zich de afzettingen uit het tertiair. Tijdens deze periode werden vooral mariene klei- en zandlagen gevormd, zoals de Boomse klei. Nog dieper liggen de afzettingen uit het Krijt. Helemaal onderaan bevinden zich de gesteenten van de oude ondergrondse sokkel, het Massief van Brabant. Deze harde rotslagen vormen de fundering van onze ondergrond.

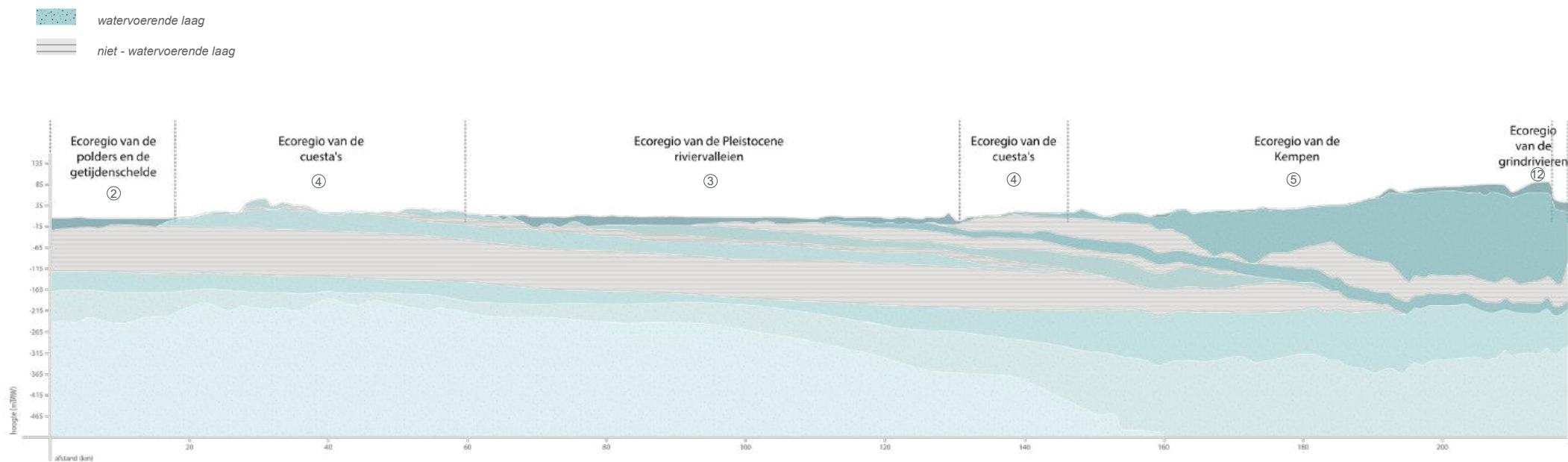
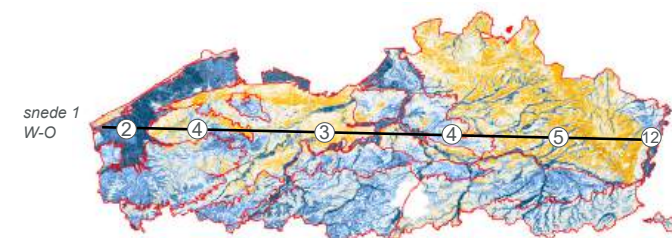
Deze lagen laten, afhankelijk van hun samenstelling, water slecht of goed door. Slecht waterdoorlatende lagen in de ondergrond die het water maar zeer traag doorlaten, noemen we aquitards. Ze bestaan bv. uit klei of leem. Een doorlatende, watervoerende laag in de ondergrond waarin grondwater relatief snel stroomt, is een aquifer, of watervoerende laag. Ze bestaat grotendeels uit zand of grind en kan tot tientallen meters dik zijn. De profielen tonen dus net deze waterdoorlatende eigenschap van de ondergrond. De ligging van de twee profielen is niet zomaar gekozen. Ze doorsnijden de meeste ecoregio's en geven elk een andere kijk op de gestapelde lagen.

De [website](http://www.dov.vlaanderen.be) en de [Verkenner](#) van Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV, www.dov.vlaanderen.be) is het unieke loket voor de informatie, kaarten en modellen over de Vlaamse bodem en ondergrond. Hier worden 2 typeprofielen getoond, maar je kan met DOV zelf aan de slag met de Virtuele Boring en het Virtueel Profiel. Meer informatie over het ontstaan van de geologische lagen vind je terug op de pagina "[Ik doorgrond Vlaanderen](#)".



Het eerste west-oost profiel loopt van de Noordzeekust tot aan de Maas. Onmiddellijk valt de quasi horizontale stapeling van de lagen op. Uiterst links in het profiel is het vlakke landschap van de **'ecoregio van de polders en getijdenschelde'** herkenbaar met een dun watervoerend pakket van zand-, veen- en klei op een dik niet-watervoerend marien kleipakket. Deze niet-watervoerende leperiaan Aquitard loopt dieper in de ondergrond door naar het oosten, en meer zandige en dunnere kleipakketten zijn er bovenop gestapeld. In de **'ecoregio van de cuesta's'** zorgen de schuine kleilagen, sterk bestand tegen erosie door water en wind, voor de typische steile rand van het cuestafront (zie ook profiel 2). Centraal in de **'ecoregio van de Pleistocene riviervalleien'**, zien we een horizontaal pakket aan grovere rivierafzettingen in een diep uitgeschuurde vallei. Deze 'Vlaamse Vallei' is gevormd doordat grote rivieren tijdens de ijstijden in het Quartair eerst diepe dalen in het oudere zand uitschuurden, doordat de zeespiegel veel lager was dan

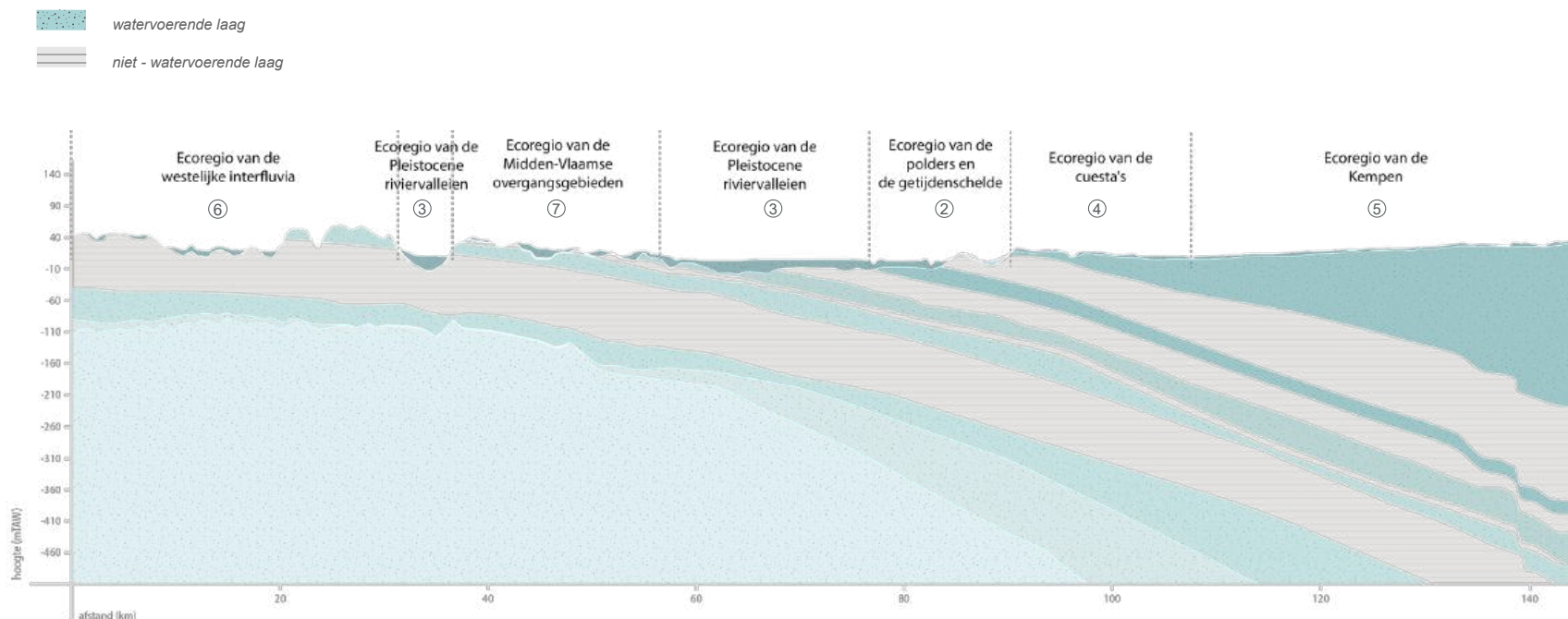
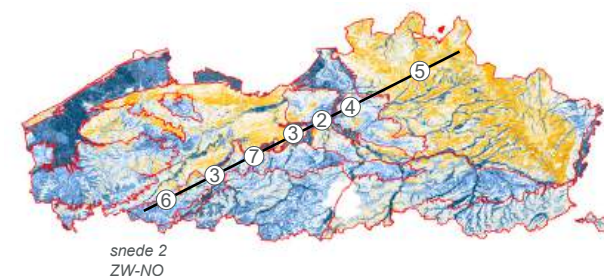
vandaag. Nadien werd deze vallei opnieuw opgevuld met grof rivierzand. Verder richting de Kempen doorsnijdt het profiel de Cuesta van Boom, met de typische Boomse klei aan de oppervlakte. Richting de **'ecoregio van de Kempen'**, met de typische zandgrond, duikt de aquitard met de Boomse klei diep weg. Het dikke zandpakket aan de oppervlakte is duidelijk zichtbaar in het profiel. Meer naar het oosten wandel je op het hoger gelegen Plateau van de Kempen, met een dik pakket grof grind en zand, aangebracht door de Maas uit de Ardennen en de Vogezen, onder je voeten. Uiterst rechts in het profiel, daal je af langs de steilrand van wel 45m die de Maasvallei beheerst, de **'ecoregio van de grindrivieren'**. Dikke grindterrassen van de Maas bedekken het oudere zandpakket en de Boomse klei, die hier op een diepte van wel 150m zit.



Vlaanderen in doorsnede 1 – west-oostprofiel

Het tweede profiel toont de opbouw van de ondergrond van de Leiestreek in het zuidwesten tot aan de Antwerpse Kempen in het noordoosten. Door opstuwing van de ondergrond in het zuiden van Vlaanderen, hellen de oudere, eerder horizontaal afgezette lagen sterk af. Dit zorgt voor een opstapeling van steeds jongere watervoerende en niet-watervoerende lagen naar het noordoosten. Ze worden afgedekt door een pakket recentere, Quartaire afzettingen. De **'ecoregio van de westelijke interfluvia'** uiterst links is gekenmerkt door zandige en lemige bodems gevormd in de dunne recente deklaag afgezet door de wind, boven op een dik pakket oudere mariene kleiafzettingen. De typische heuvelruggen bestaan uit afwisseling van zandige en kleiige lagen. De oude sokkelgesteenten van het Massief van Brabant komen hier relatief ondiep voor. Meer noordoostwaarts wordt opnieuw de **'ecoregio van de Pleistocene riviervalleien'** doorsneden (zie profiel 1).

In de **'ecoregio van de Midden-Vlaamse overgangsgebieden'** heeft ook de erosie tijdens de recente ijstijden de zandige lagen uitgeschuurd, en ook hier vormen de kleiige lagen nog de heuveltoppen, die minder uitgesproken zijn dan in het zuiden van Vlaanderen. Ook in de **'ecoregio van de Pleistocene riviervalleien'** richting noordoosten, wisselen oudere klei- en zandlagen zich af in de ondergrond, maar zijn deze afgedekt door een recenter dik pakket van rivierafzettingen. Het profiel doorkruist de **'Ecoregio van de polders en getijdenschelde'** daar waar de Schelde een doorbraak maakte door de **Cuesta van Boom** (zie profiel 1). Waar deze profiellijn de **'ecoregio van de Kempen'** doorsnijdt, is de ondergrond gekenmerkt door een recent complex van zand afgezet door de wind bovenop zand en kleilagen afgezet op de overgang tussen land en zee, in de laatste fase dat de zee ons Vlaamse land overspoelde. Daaronder zitten oudere mariene zandlagen. Samen vormen deze het dikke Kempens aquifersysteem.



Vlaanderen in doorsnede 2 – zuidwest-noordoostprofiel

LEESWIJZER: HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

De Doorgrondkaart heeft als tweede doel om meer inzicht te geven in hoe jouw grond optimaal kan worden ingezet om hitte, droogte en wateroverlast aan te pakken. Want hoe water zich doorheen het landschap beweegt, waar het kan infiltreren, en waar het potentieel wordt vastgehouden of

snel afstroomt is essentieel bij het nemen van efficiënte klimaatmaatregelen. Aan de hand van de ecoregio Zuidwestelijke Heuvelzone leggen we uit hoe je best aan de slag gaat.

Aanpak: Duid zelf per deelkaart een locatie aan (rode cirkel). Bekijk welke kleur de grond heeft en selecteer per kaart in de legende de juiste kleur. Je leest er hoe je jouw grond het best kunt inzetten om een druppel water optimaal te gebruiken als buffer tegen klimaat effecten.

1 - HOOGTEVERSCHIL

oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

- ☒ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.



- laaggelegen gebied
- hellend gebied
- hooggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal op basis van DHMV-II (relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving).

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☒ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

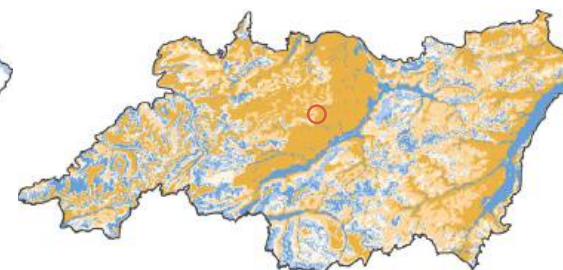


- lage infiltratiesnelheid (zware klei)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- hoge infiltratiesnelheid (zand)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☒ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



- dunne watervoerende laag (0-2 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dikke watervoerende laag (>6 m)

Diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag op basis van het (hydro)geologisch 3D-model van Vlaanderen.

HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

WIL JE MEER WETEN OVER SPECIFIEKE MAATREGELEN?

De Doorgrondkaart is niet gemaakt om op perceelniveau inrichtingsmaatregelen voor te stellen, maar om voor een gebied van 100m x100 m inrichtingsprincipes mee te geven. Wil je echter specifieke maatregelen op terrein uitwerken, dan kan je volgende websites raadplegen.

- Klimaatportaal: De [IMPACT-tool](#) van VMM toont je de gevolgen van de klimaatverandering (hitte, droogte, wateroverlast ...) in jouw buurt of gemeente
- Klimaatportaal: De [PLAN-tool](#) van VMM berekent met welke maatregelen je hitte, droogte of wateroverlast lokaal kan verminderen, via zeven maatregelenscenario's.
- Met de tool [Groenblauwpeil](#) kom je meer te weten over het belang van bodemgezondheid en de rol van je bodem als klimaatbuffer. Deze tool geeft je concrete stappen richting een gezondere bodem.
- De publicatie [Droge Delta](#) is een ontwerpend onderzoek naar ruimtelijke hefbomen in de strijd tegen waterschaarste. Het onderzoeksteam brengt een hele reeks van mogelijke, ruimtelijke ingrepen in beeld.
- De [waterradar](#) toont hoe geschikt een perceel is voor peilgestuurde drainage. Met de kaart kan je nagaan of een perceel potentieel heeft voor de installatie ervan.

Bij geplande maatregelen kan het interessant zijn om na te gaan wat de bodemkwaliteit is in de buurt van jouw grond via de [Bodemverontreinigingsverkenner](#).

Meer detail over jouw bodem vind je in de [Databank Ondergrond Vlaanderen](#). Hier vind je onder andere potentiekaarten over [kreekruginfiltratie](#) en [peilgestuurde drainage](#).

01 - KUSTDUINEN

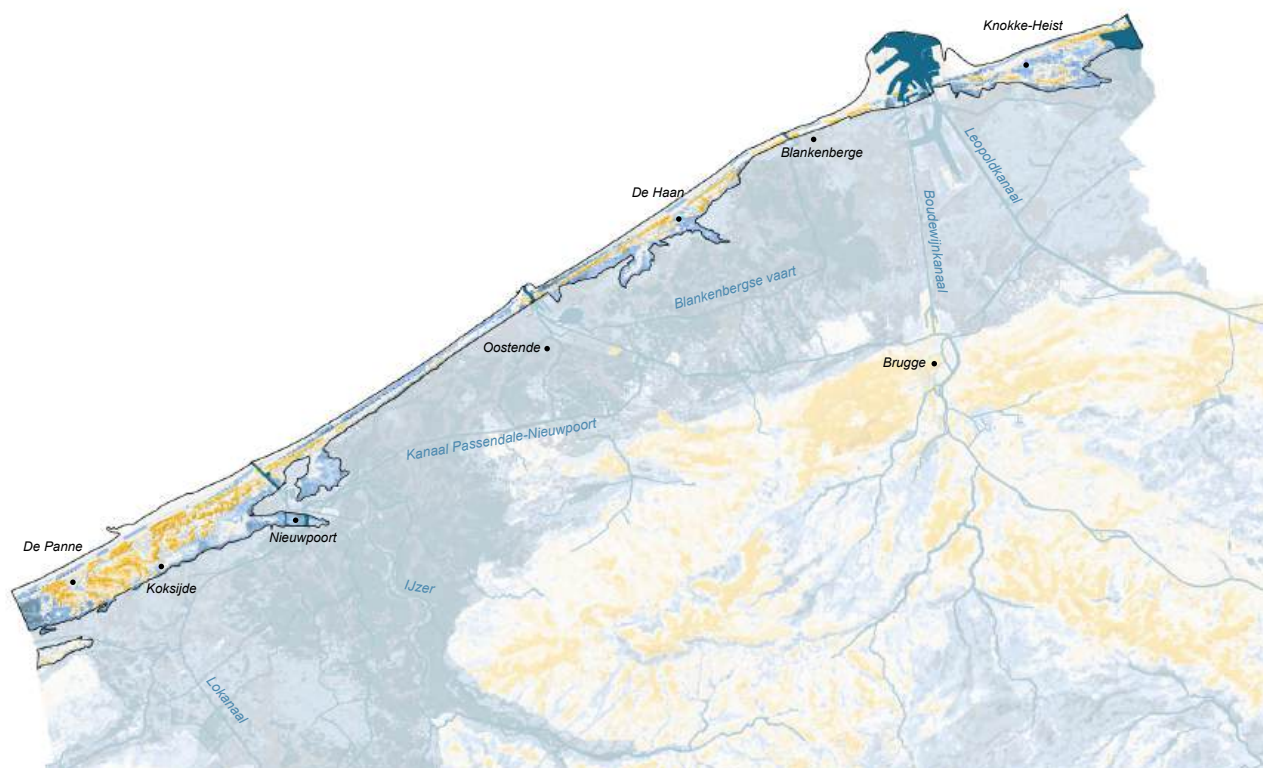
SITUERING



Het kenmerk van de kustduin ecoregio is de zandige bodem en de relatief hoge ligging, ontstaan door een interactie van wind, zee en sediment. Een golvend landschap is gevormd door de landwaartse verplaatsing van grote zandmassa's, die vervolgens werden gestabiliseerd door plantengroei.

Valleien en natuurlijke waterlopen zijn nagenoeg afwezig in de regio. Door de hoge ligging ten opzichte van de nabijgelegen polders en het ontbreken van drainerende waterlopen kan de grondwatertafel tot boven zeeniveau reiken.

Deze ecoregio is ongeveer 66 km lang en vormt een natuurlijke verdedigingslinie tegen de zeespiegelstijging. Op haar smalste punt is ze 350 m breed en op haar breedste 3,3 km. Op sommige punten worden de kustduinen onderbroken door bebouwing of waterlopen zoals bijvoorbeeld de IJzermonding.



DOORGRONDKAART

oranje grond

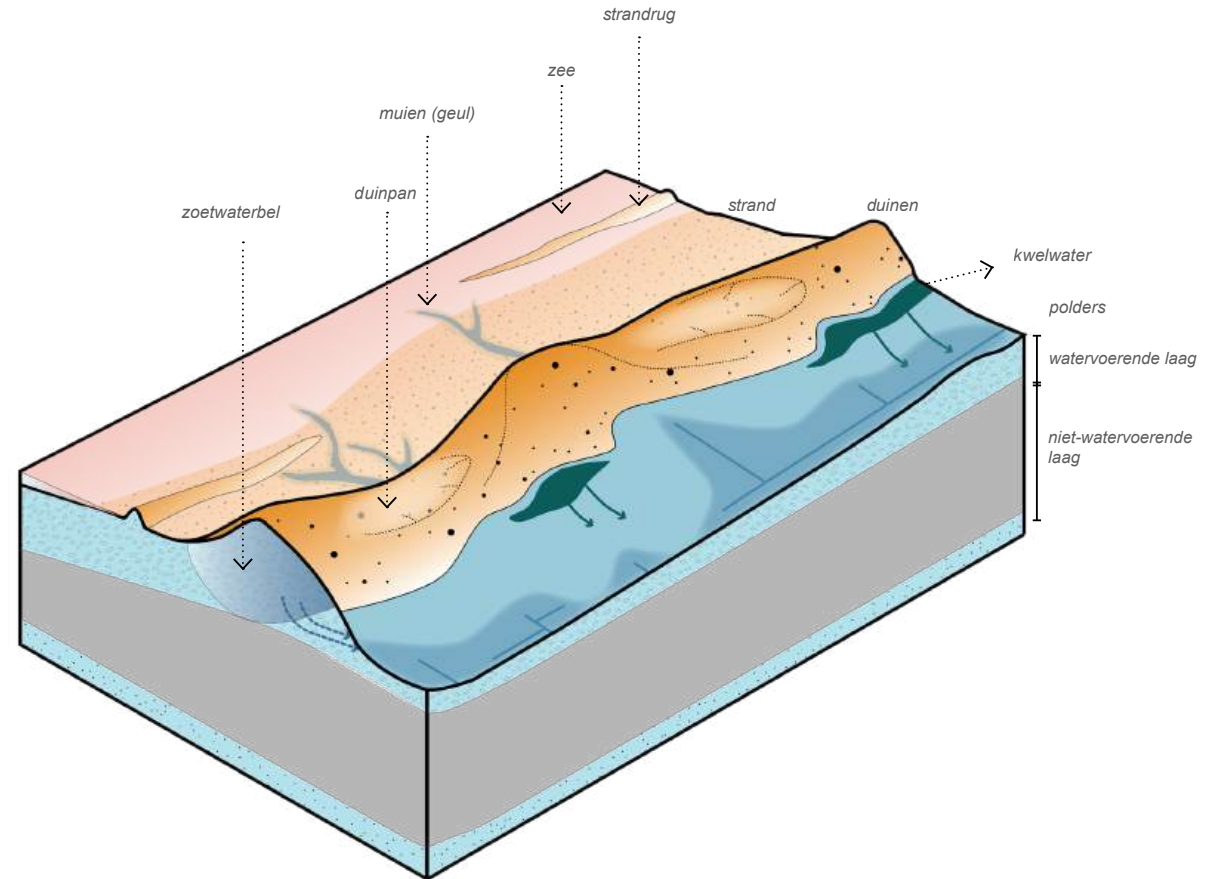
witte grond

blauwe grond

WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Neerslag infiltreert het snelst in de gronden met de hoogste infiltratiecapaciteit, namelijk de duinen zelf. De zoetwatervoorraad in de duinen blijft op peil dankzij de jaarlijkse neerslag die snel indringt en zich beperkt en langzaam verplaatst door de ondergrond. Omdat de duinen hoger liggen dan de omliggende polders en er vrijwel geen waterlopen zijn die het water bovengronds afvoeren, kan het grondwater stijgen tot boven het maaiveld van de lager gelegen gebieden. Het regenwater dat in de bodem zakt, oefent druk uit op het onderliggende zoute water, waardoor er een zoetwaterbel ontstaat onder de duinen. Dit zorgt ervoor dat zoet en zout water zich niet mengen, voornamelijk door het verschil in densiteit. In de duinen bevindt zich een waterscheidingskam: regenwater dat ten noorden infiltreert stroomt richting de zee, terwijl water dat ten zuiden infiltreert langzaam naar de polders beweegt, waar het als zoet kwelwater aan de oppervlakte komt. Deze beweging wordt beperkt door de zeewaterstand aan de kust en het peilbeheer in de polders.

In een aantal gebieden wordt grondwater gewonnen, onder andere voor drinkwaterproductie en bemalingen bij bouwwerken. In het verleden leidde deze onttrekkingen lokaal tot een verlaging van de grondwatertafel, waardoor duinpannen konden verdrogen. Dit maakte verdere erosie mogelijk en bracht de typische, vochtminnende pannevegetatie in de problemen. Tegenwoordig wordt grondwateronttrekking beter gemonitord en gereguleerd, met aandacht voor het evenwicht tussen onttrekking en aanvulling (natuurlijk of kunstmatig). Daarnaast heeft de verstedelijking aan de kust een belangrijke impact op het grondwatersysteem, onder andere door verminderde infiltratie door verharding en drainage via riolering. Ook klimaatverandering en zeespiegelstijging vormen bijkomende uitdagingen voor het watersysteem.



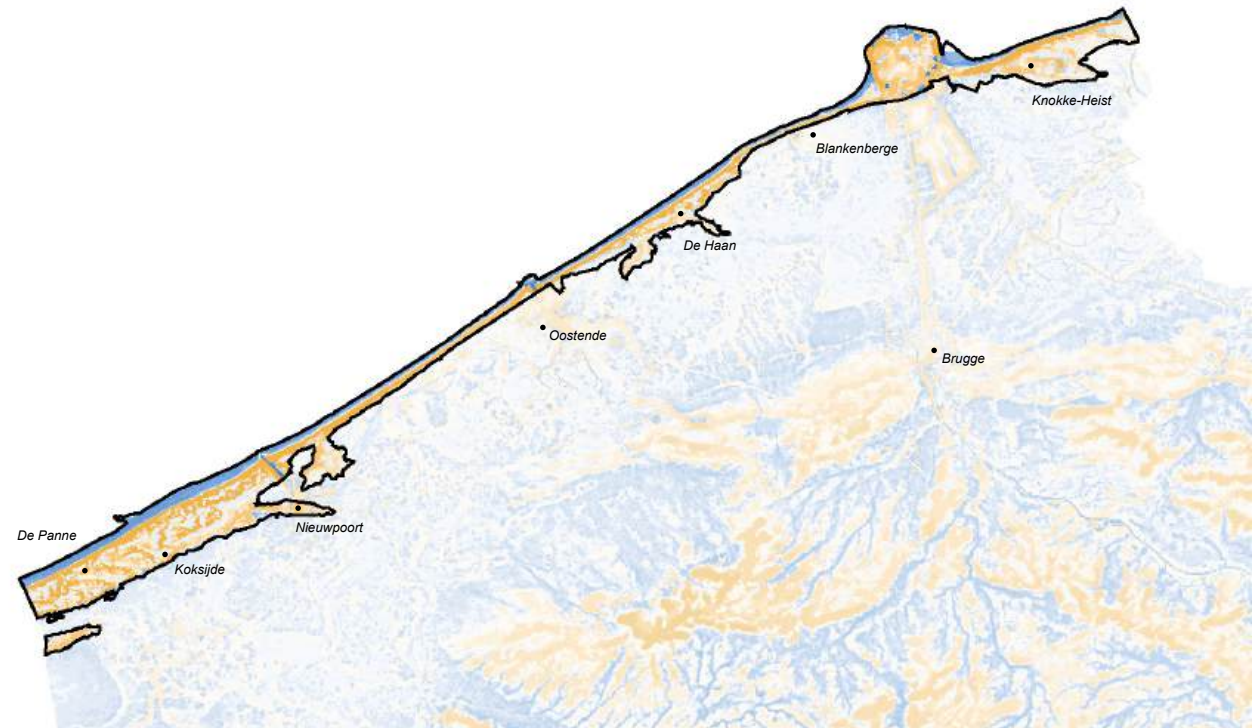
RELIËF DOORGRONDEN

GROTE RELIËFVERSCHILLEN

Binnen de regio komen gemiddelde hellingspercentages tot 1.5% voor. De regio kan je opsplitsen in twee delen namelijk het strand en de duinen.

Het strand is vlak en kent een microreliëf van strandruggen, zwinnen en muien. Strandruggen zijn langgerekte, parallel aan de kust lopende zanderige verhogingen die geomorfologisch ontstaan zijn door zandafzettingen door de zee en door getijdenwerking. Zwinnen zijn natuurlijke, smalle geulen die water afvoeren van het land naar de zee en andersom. Ze zijn ontstaan door de getijwerking. Muien zijn diepe geulen.

De duinen zijn te herkennen als een langgerekte duinenreeks langs het strand, ontstaan door een landwaartse verplaatsing van grote zandmassa's door wind en een aanzienlijke zandaanvoer via het strand naar de duinen. De duinen behielden deels hun hoogte door fixerende vegetatie. De maximale hoogte binnen deze duinenreeks bedraagt 36 meter, namelijk de duin 'De Hoge Blekker'. Naast de duinen is een reliëfarme overgangszone zichtbaar in de richting van de polders.



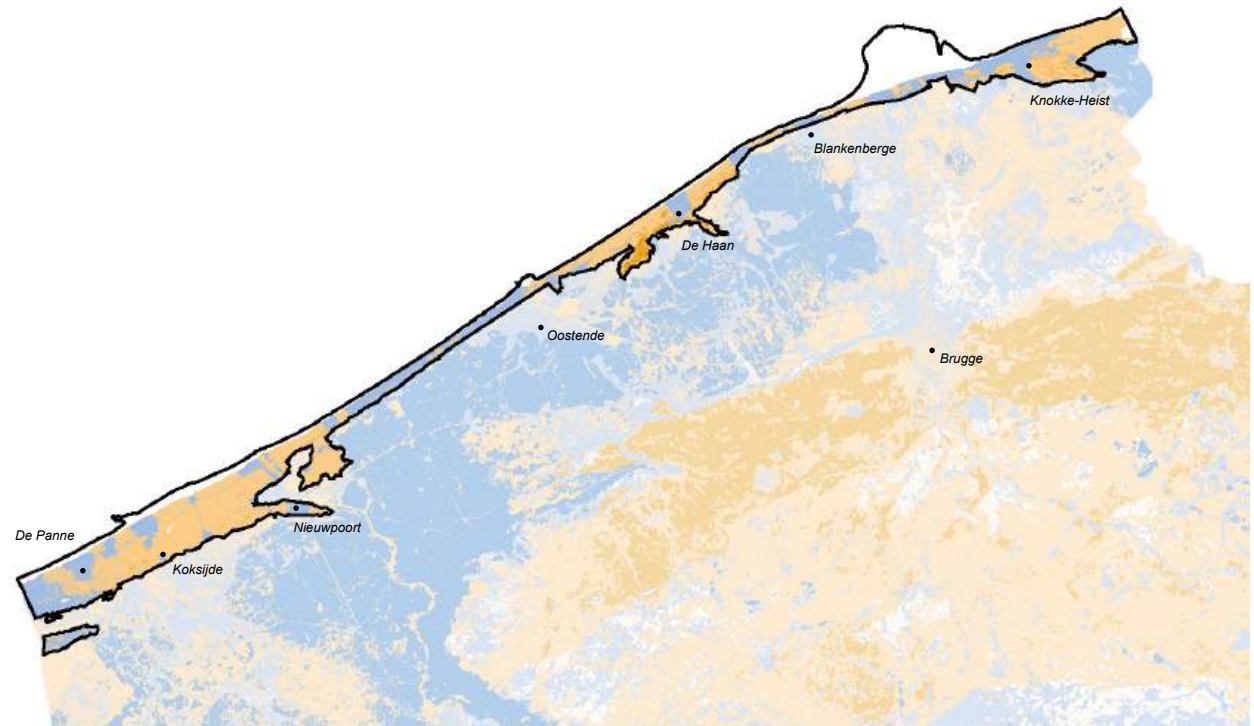
score

- | | |
|----|--------------|
| 1 | depressie |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | heuvelachtig |

BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**HOGE INFILTRATIE**

De regio wordt gekenmerkt door een afwisseling van gunstige en ongunstige bodemtexturen in functie van infiltratie. De duincomplexen bestaan voornamelijk uit duinzand. Zand laat water snel doorstromen, waardoor regenwater makkelijk kan infiltreren naar diepere lagen. Naast deze zandige bodems zijn er heel wat mariene afzettingen die een mengmateriaal vormen van slibhoudend zand tot lichte klei. In deze zones ligt het infiltratiepotentieel lager.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



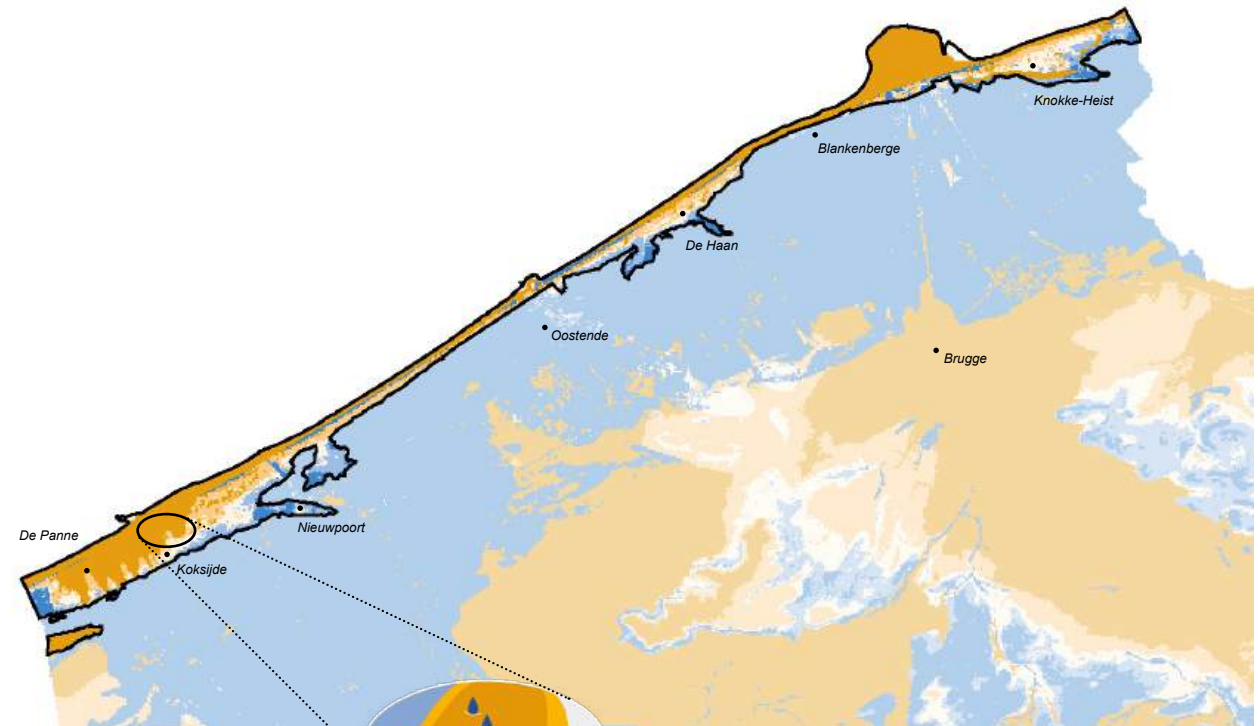
hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**DIKKE WATERVOERENDE LAAG**

De dikte van de watervoerende laag in de kustduinen is afhankelijk van de locatie en het hoogteverschil binnen het duinengebied. De watervoerende laag kent een mediaandikte van 9 meter.

Door de hoge ligging ten opzichte van de omliggende polders en het ontbreken van drainerende waterlopen, kan de grondwatertafel stijgen tot boven zeeniveau.

De combinatie van een zandige bodem met hoge infiltratiesnelheid, een dikke watervoerende laag boven een kleilaag en relatief hoge ligging maakt de kustduinen interessant voor de ondergrondse opslag van zoet water.



score -afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m



KLIMAATIMPACT**BEPERKTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

Buiten de natuurlijke getijdenwerking op het strand zijn er bijna geen natte gebieden merkbaar in de regio. Langs de grens met de polders en in natuurlijke duinpannen komt lokaal ondiep grondwater voor, als gevolg van de ondergrondse aanvoer van kwelwater uit de aangrenzende duinen. Dit heeft slechts een beperkte impact.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

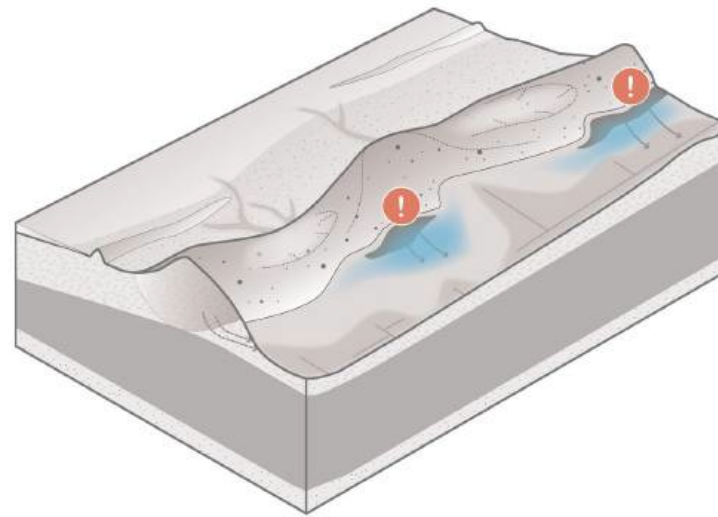
De prognoses op het klimaatportaal tonen geen toename in maximale waterdiepte bij overstromingen (bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Recreatieve en toeristische druk leidt tot verstoring van duinvegetatie en erosie.
- Inname van duingebieden door bebouwing, infrastructuur en recreatie belemmert de natuurlijke aangroei van duinen, wat de kustbescherming verzwakt.
- Zeespiegelstijging in combinatie met een verzwakte duingordel kan leiden tot duindoорbraken en overtopping, vooral op plaatsen waar de duinen volledig zijn bebouwd en verlaagd.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

Langs de grens met de polders en in natuurlijke duinpannen komt lokaal ondiep grondwater voor, als gevolg van de ondergrondse aanvoer van kwelwater uit de aangrenzende duinen.

GEVOELIG VOOR DROOGTE

De regio van de kustduinen ontvangt minder neerslag dan andere regio's door de nabijheid van de zee, die zorgt voor een gematigder klimaat. Daarnaast hebben zandige toplagen een beperkte capaciteit om water vast te houden. Water zakt snel door naar diepere lagen, waardoor de toplaag sneller uitdroogt. Dit maakt zandgronden zeer gevoelig voor droogte. De biotopen hebben zich aangepast aan het droge klimaat en de zilte lucht.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt bijvoorbeeld in de afstroomzone van de IJzer (havelgeul) een toename van 11 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

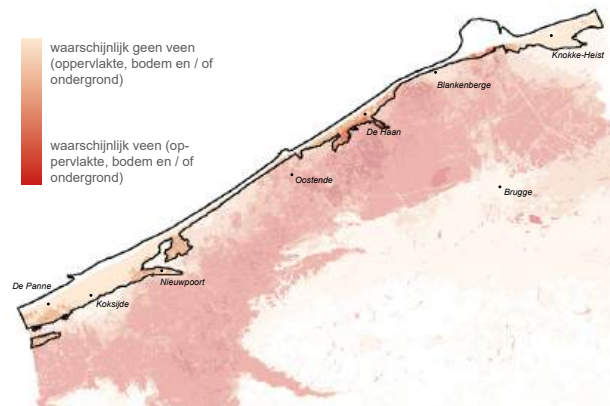
Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie, waardoor de watervoerende laag onder de duinen minder wordt aangevuld en het risico op afname van de watervoerende laag. Dit leidt tot verdroging, degradatie en een verminderd potentieel voor drinkwaterproductie.
- Intensieve grondwaterwinning kan, indien onvoldoende gereguleerd, leiden tot een verlaging van de natuurlijke grondwaterstand.
- ...



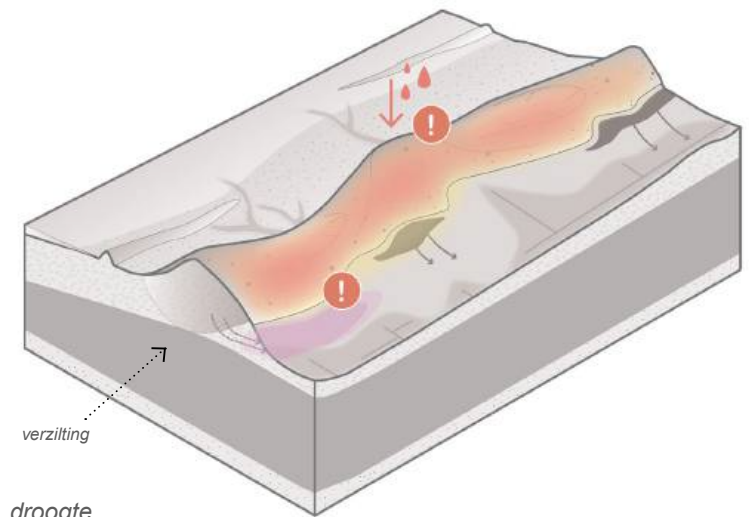
relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.



veenwaarschijnlijkheid

Veenwaarschijnlijkheid (DOV). Waarschijnlijkheid van het voorkomen van veen als oppervlakteveen, in het bodemprofiel en/of in de ondiepe ondergrond (1.5–10 m). De kaart toont de waarschijnlijkheid van het voorkomen van ten minste één van deze drie types veen.



droogte

Droogte leidt tot verdroging van veen- en kleibodems, verhoogt de CO₂-uitstoot en versnelt verzilting. Door het verdwijnen van de zoetwaterlaag kan de diepere zoutwaterlaag aan de oppervlakte komen.

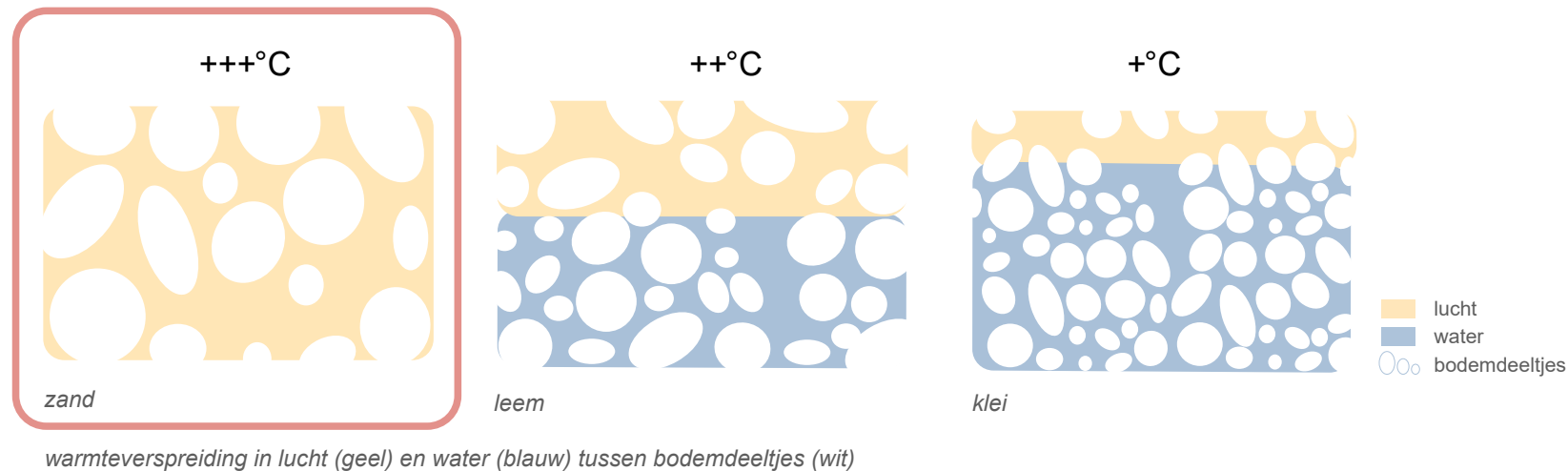
SNELLE OPWARMING EN AFKOELING

De duinen bestaan uit stuifzand dat maximale temperaturen van 30-35°C op hellingen kan veroorzaken. Zandgronden hebben relatief grote poriën tussen de zandkorrels. Bij droogte zit er daardoor meer lucht dan water in de bodem, waardoor de lucht snel opwarmt en op zijn beurt de zandkorrels verwarmt. Dit effect is sterk afhankelijk van het bodemvochtgehalte: hoe droger de bodem, hoe meer lucht er aanwezig is en hoe sneller de temperatuur stijgt. Door het gebrek aan water kan deze warmte niet verdampen. Dit kan de oppervlaktetemperaturen snel en intens verhogen tijdens warme dagen.

Wanneer de luchttemperatuur en straling van de zon 's nachts verdwijnt kan de zandgrond echter sneller afkoelen dan bv. klei waar veel water en dus ook warmte tussen de korrels zit.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Voor de kustzone voorspelt men een stijging van 10 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).



Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van duinvegetatie leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- Ingrijpende kustverdedigingsmaatregelen, zoals het afvlakken van de natuurlijke duinstructuur, beperken de infiltratie van water en verminderen de vegetatiegroei, wat de natuurlijke buffering tegen hitte en droogte verzwakt.
- ...

HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.



- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap,
vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.



- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid" / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.

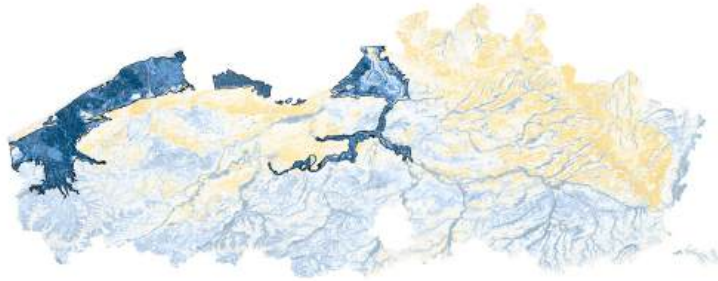


- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

02 - POLDERS EN GETIJDENSCHELDE

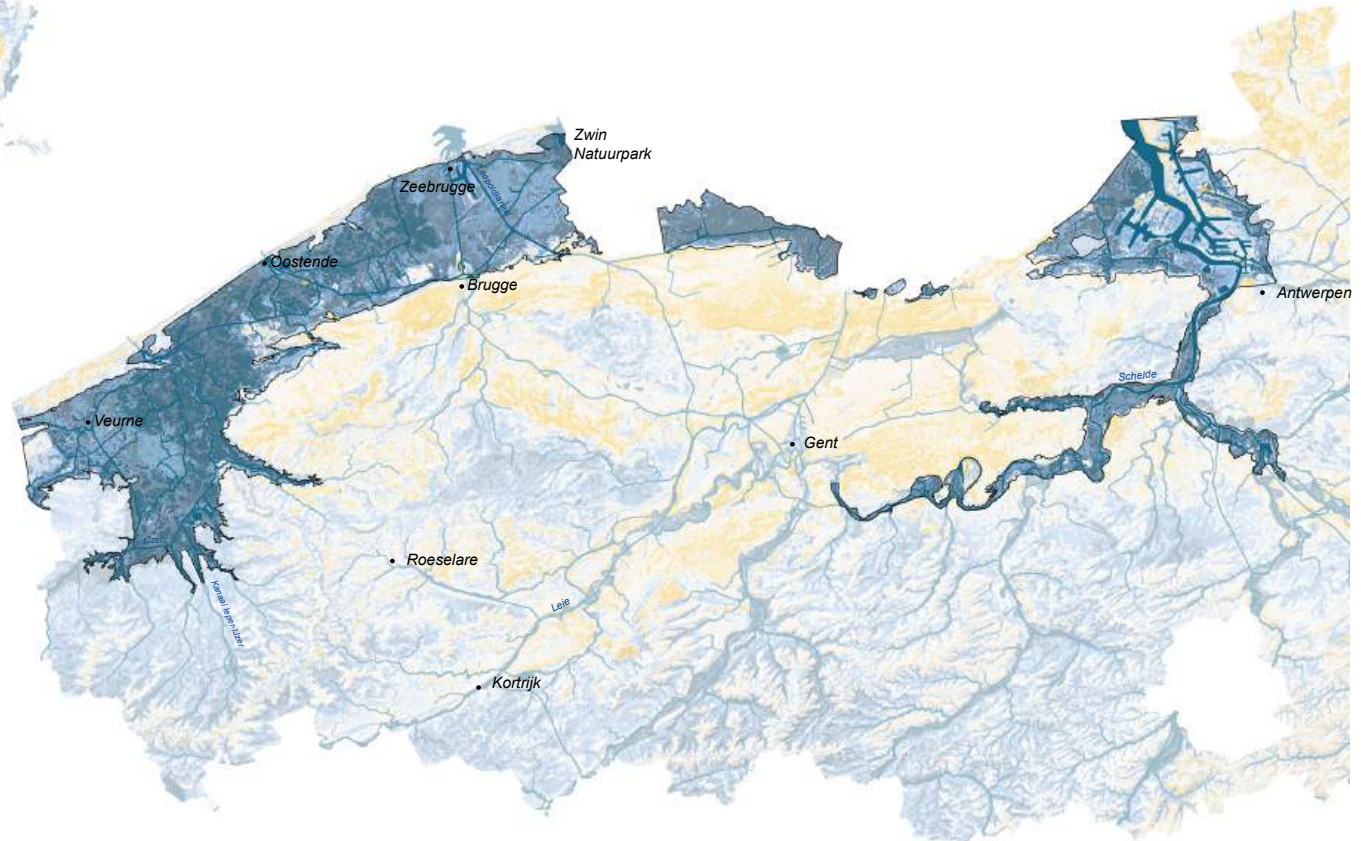
SITUERING



Het landschap van deze regio is relatief jong en werd pas gevormd na het einde van de laatste ijstijd zo'n 12.000 jaar geleden, toen het klimaat weer opwarmde en de zeespiegel steeg. In dit warmere klimaat konden zich opnieuw bossen en moerassen ontwikkelen. De combinatie van deze vegetatie en de stijgende grondwaterstanden door zeespiegelstijging zorgde ervoor dat zich in de kustvlakte en op de Antwerpse linkeroever een veenpakket kon vormen in de ondiepe ondergrond. Hét kenmerk van de regio is de combinatie van kleiige bodems met zandige 'kreekrug' bodems en lokale veenlagen. De kleiige bodems ontstonden in de kustvlakte en langs de (latere) Westerschelde, door stijgende zeespiegels en getijdenwerking, vergelijkbaar met het huidige Zwin, waardoor het gebied regelmatig overstromde en vruchtbare klei werd afgezet.

Vanaf de middeleeuwen begonnen mensen met het aanleggen van dijken in de kustvlakte, voornamelijk om zich te beschermen tegen stormvloed. Het typische bedijken met het oog op landbouwontwikkeling, kwam in Vlaanderen vooral voor langs de IJzer en de (Wester)Schelde. Het resultaat is een watersysteem dat grotendeels door mensen wordt beheerd. Het oppervlaktewater wordt kunstmatig afgevoerd via perceelssloten, vaarten en kanalen.

Het landschap is nagenoeg vlak in de hele ecoregio. Er komt echter wel plaatselijk een microreliëf van kreken en schorgronden voor. De IJzer en de Schelde zijn twee belangrijke rivieren die door de regio stromen.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

blauwe grond

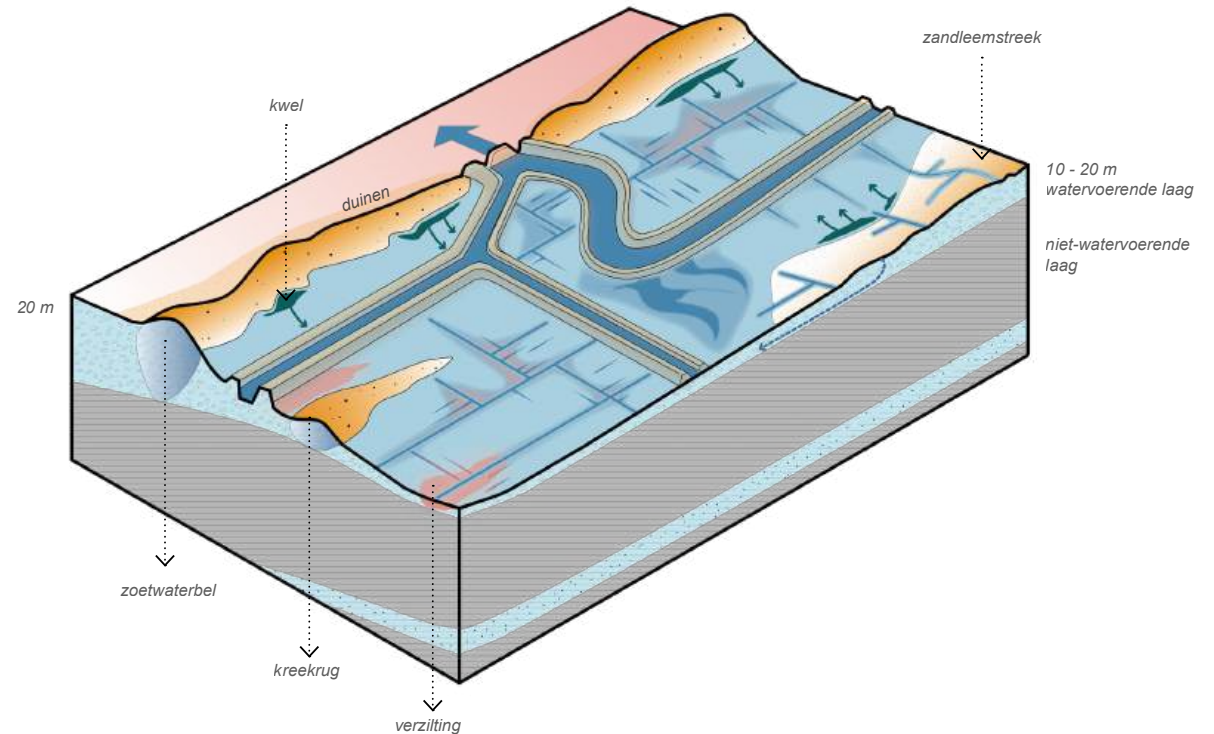
WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

De neerslag infiltreert het snelst op de gronden met de hoogste infiltratiecapaciteit, namelijk in de duinen en de omliggende zandleemstreek. Van de neerslag die in de duinen infiltreert, beweegt zich ongeveer de helft richting de zee en de rest richting de polders waar het als zoet kwelwater tevoorschijn komt.

Het reliëf is nagenoeg vlak in de polders, de hoogte schommelt tussen 1 en 5 m. Wel is er een microreliëf van kreekrukken en schorren. Het oppervlaktewater wordt kunstmatig en gravitair afgevoerd via perceelssloten, ontwateringsgrachten, vaarten en kanalen. Het landschap is aangepast om overtollig water efficiënt af te voeren. Het water dat via sloten en grachten wordt afgevoerd, komt uiteindelijk meestal via sluizen, gravitair in zee terecht. Gravitair lozen is alleen mogelijk wanneer het zeeniveau lager ligt dan het waterpeil in grachten en kanalen, wat bij hoge zeespiegelstanden een grote wateruitdaging vormt. Slechts op een beperkt aantal plaatsen wordt daarom extra gebruikgemaakt van pompen. Dit proces van afvoeren voorkomt dat de polders onder water komen te staan en houdt het land bruikbaar voor landbouw en andere activiteiten. Peilbeheer is hierbij essentieel om het watersysteem in balans te houden en overstromingen te voorkomen.

Een deel van het regenwater infiltreert in de bodem en bereikt de dunne watervoerende laag, die dikker wordt naarmate men de duinen nadert. In delen van deze ecoregio wordt de watervoerende laag aan de onderzijde begrensd door een meer dan 100 meter dikke, slecht doorlatende laag. Hierdoor kan het water daar niet verder doordringen naar diepere grondlagen. In andere zones, zoals in het oosten van de polder en langs de getijdenschelde, komen onder de dunne watervoerende laag andere geologische lagen voor, waardoor de opbouw van de ondergrond lokaal sterk kan variëren.

Ondanks de aanwezigheid van zoet kwelwater treedt er verzilting op in de polders. De ondergrond van de polder bevat een zoute waterlaag. Wanneer de bovenliggende zoetwaterlaag door droogte en verdamping dunner wordt, stijgt het zoute water in de ondergrond. Het is daarom cruciaal om de zoetwaterlaag voldoende dik te houden. Verzilting treedt ook op via openingen in de duinen, zoals bij de IJzermond, het Boudewijnkanaal en de Zeeschelde. Daarnaast ontstaat verzilting door zoutstromen die in het oppervlaktewater worden geloosd. Door zeespiegelstijging en toenemende droogte (tekort aan zoet water) zal de verziltingsdruk in de droge maanden verder toenemen.



DOORGRONDKAART OP CONTRAST

Het polderlandschap vereist een sterkere overdrijving in inkleuring om de lokale verschillen beter te tonen.

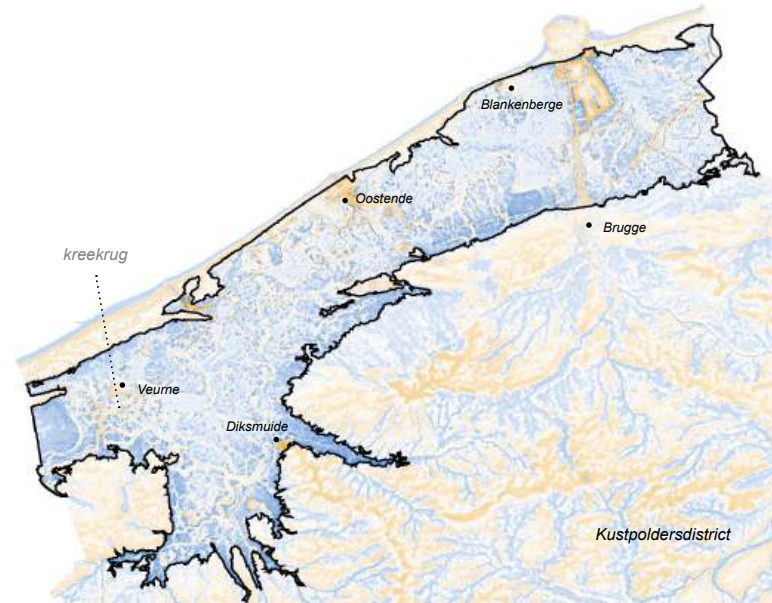


RELIËF DOORGRONDEN

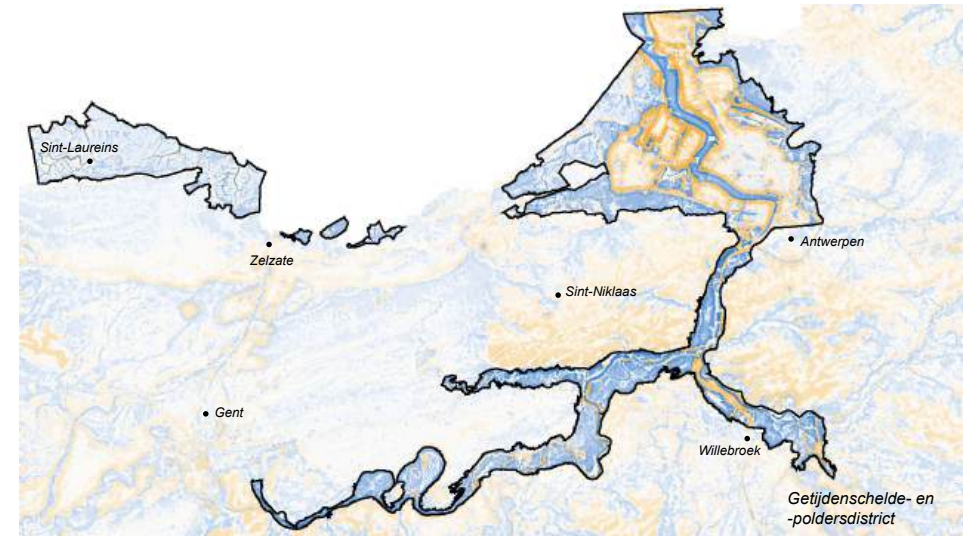
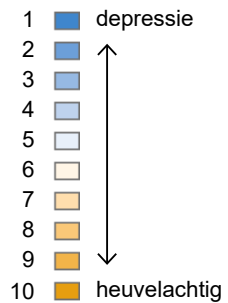
VLAK GEBIED

Het reliëf in deze regio is vrijwel vlak, maar de aanwezigheid van kreekruigen en schorren introduceert een fijn microreliëf dat invloed uitoefent op het lokale watersysteem. Kreekruigen zijn ontstaan door bezinkingsprocessen in oude getijdengeulen. Tijdens stormvloeden of periodes van hoge waterstanden voerden getijdenstromen zand en grover materiaal aan, dat zich ophoopte in de geul en langs de randen van deze geulen. Naarmate de geulen dichtslibden en het gebied door opslibbing werd opgehoogd, bleven de zanderige ophogingen als kreekruigen zichtbaar in het landschap. Dit komt doordat dit grovere bezinksel minder compacteert dan het omliggende fijne bezinksel en het veen.

In het kustpolderdistrict vallen deze kreekruigen op doordat ze hoger liggen dan de omliggende kleigronden.



score



BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**LAGE INFILTRATIE**

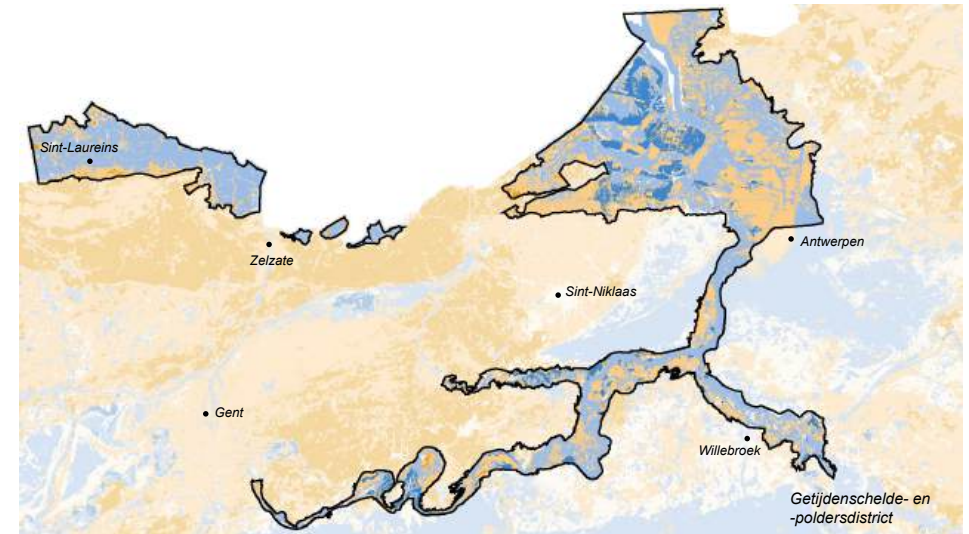
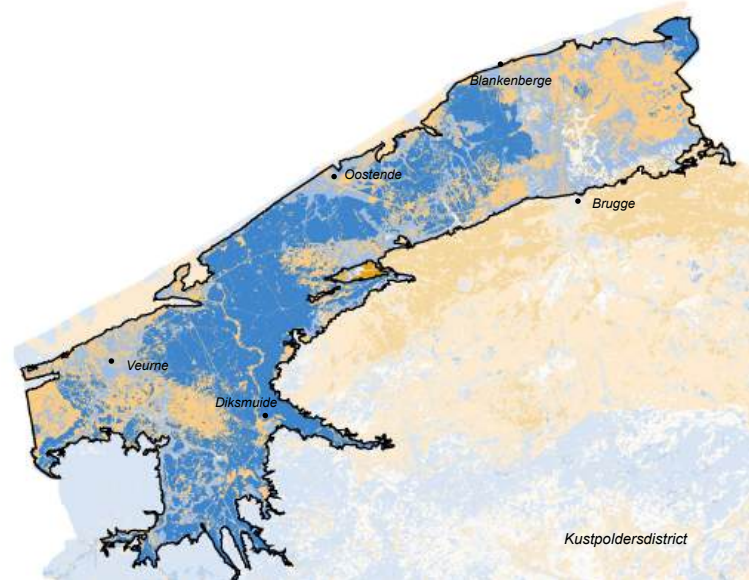
De regio heeft een ongunstige bodemtextuur voor infiltratie. De bovenste grondlaag bestaat uit een kleiig-lemig pakket. Door de kleine poriën tussen de kleideeltjes kunnen kleibodems veel water vasthouden. Deze compacte structuur van klei maakt de bodem echter weinig doorlatend, wat enerzijds zorgt voor een goede bovengrondse waterberging, maar anderzijds betekent dat het grondwater er slechts traag door wordt aangevuld.

Binnen het kustpolderdistrict hebben de Moeren, de streek rond Damme en de regio ten zuiden van Veurne het grootste infiltratiepotentieel dankzij een meer lemig-zandige toplaag.

Binnen het district van de Getijdenschelde en de polders scoren Antwerpen-stad en het gebied ten zuiden van Beveren het hoogst op infiltratiepotentieel dankzij een meer lemig-zandige toplaag.

Daarnaast biedt de zandige textuur van de kreekruggen potentieel voor infiltratie en wateropslag, een principe dat bekendstaat als kreekruginfiltratie. Het werkelijke waterbergingspotentieel hangt sterk af van de dikte van het zandige pakket, die in deze regio vaak beperkt is. Daarnaast is ook de huidige dikte van de zoetwaterlens cruciaal. Bij voldoende ruimte kan een toename van 10 cm bovenaan leiden tot een aangroei van wel 4 meter onderaan, doordat het zoete water het onderliggende zoute water wegduwt.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.

**score**

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN

DUNNE WATERVOERENDE LAAG

De watervoerende laag is in grote delen van dit gebied zeer dun (met een mediaandikte van 0 m), omdat ondiepe klei- en veenlagen vaak tot aan het maaiveld reiken. Dit geldt vooral voor de Westkust.

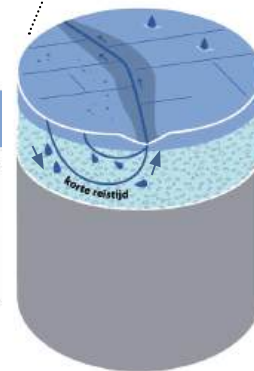
Waar lokaal zandige afzettingen voorkomen, zoals ter hoogte van kreekkruggen, is de watervoerende laag hoogstens enkele meters dik. Deze wordt onderaan begrensd door een slecht doorlatende laag. In het westen betreft dit vaak een dik kleipakket dat miljoenen jaren geleden werd afgezet toen de Noordzee het land ver overspoelde. In het oosten van de polder en de getijdenschelde komen echter ook jongere zanden voor, die bovenop de slecht doorlatende laag ligt. De geologische opbouw van de ondergrond varieert dus sterk binnen deze ecoregio. De zeer ondiepe dikke kleilaag maakt de regio niet geschikt als grote opslag voor waterberging ondergronds.

afstand maaiveld tot
niet-watervoerende laag (aquitard)

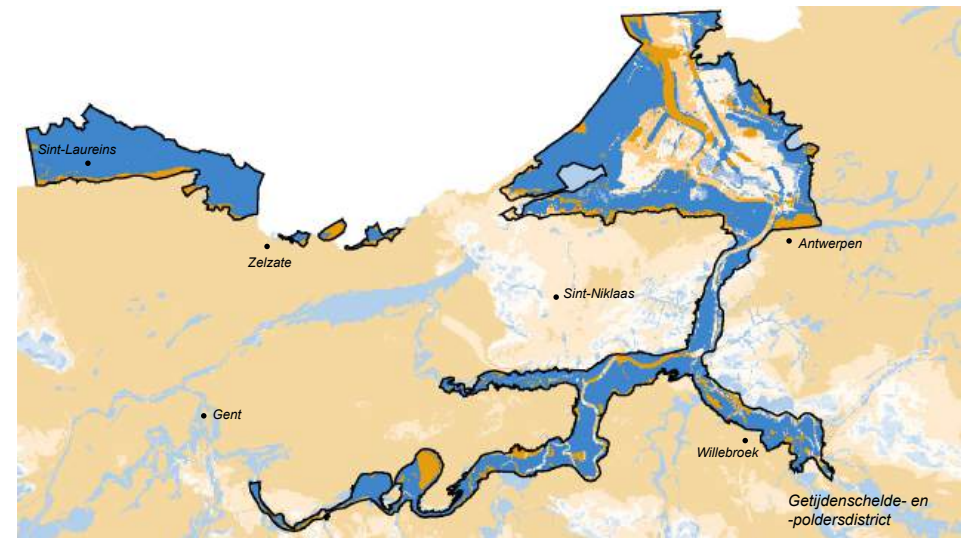
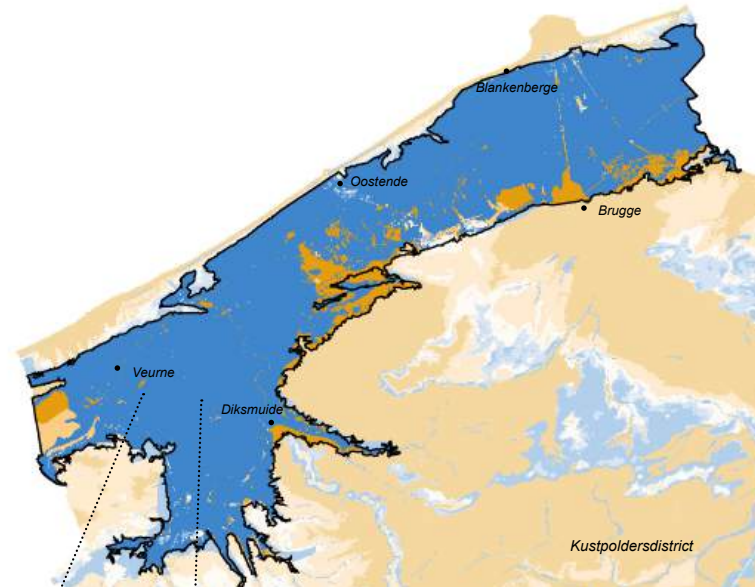
- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m

~ 0 m dikke watervoerende
laag (mediaan)

niet-watervoerende
laag (kleilaag)



doorgrondsneede polders en
getijdenschelde



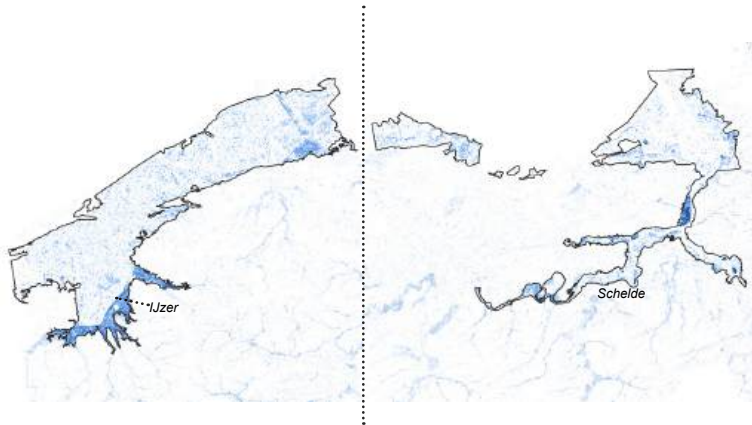
KLIMAATIMPACT**GROTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

De polders laten water slecht door, door de zeer fijne kleiige korrelstructuur. Bij hevige regen kan dit leiden tot overstromingen. Dit probleem wordt verder versterkt door de aanwezigheid van een dunne watervoerende laag. Deze ondiepe laag kan tijdens periodes van veel neerslag snel gevuld geraken.

In deze regio komt veen voor in het bodemprofiel en lokaal aan de oppervlakte, dat aanzienlijke hoeveelheden CO₂ heeft opgeslaan. Om oxidatie en daarmee gepaard verhoogde CO₂-uitstoot te voorkomen, is een permanent hoge grondwaterstand noodzakelijk (zie volgende pagina).

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een toename van 10 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van de IJzer (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

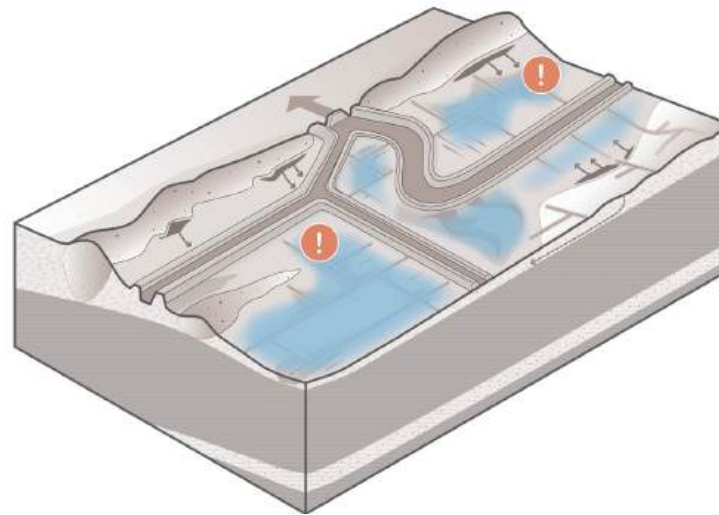


overstroombaar gebied

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Het water uit deze regio wordt afgevoerd via kanalen, de IJzer en de Schelde. De capaciteit van deze waterlopen bepaalt hoeveel water bij overstromingen in de regio kan afgevoerd worden. Door de stijgende zeespiegel vermindert de hoeveelheid water die dagelijks kan wegstromen (lozingsvenster).
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op en impact van overstromingen.
- Intensieve landbouw leidt tot bodemcompactie, waardoor de infiltratiecapaciteit afneemt en regenwater sneller afstroomt.
- Ontvening vermindert de sponswerking van het landschap, waardoor neerslag minder goed wordt vastgehouden en sneller afstroomt.
- Peilbeheer speelt een cruciale rol in het reguleren van waterstanden in grachten en kanalen. Door het sturen van waterpeilen via stuwen en sluizen kan water tijdelijk worden vastgehouden of versneld afgevoerd, afhankelijk het beschikbare lozingsvenster.
- ...



overstromingsgevoeligheid

De polders laten water slecht door, door de zeer fijne kleiige korrelstructuur en de aanwezigheid van een dunne watervoerende laag. Bij hevige regen kan dit leiden tot overstromingen.

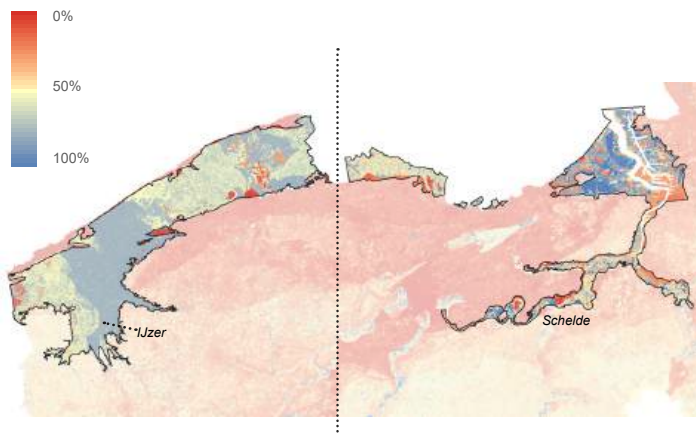
MATIGE DROOGTEGEVOELIGHEID

Kleigronden houden water goed vast en drogen dus niet snel uit. Aan de andere kant is de kleiachtige bodemlaag vrij ondoorlatend, wat resulteert in een zeer trage aanvulling van het onderliggende grondwater. Hierdoor zijn ze fysisch gezien matig gevoelig voor droogte.

Door menselijke invloeden zijn de polders zowel economisch als ecologisch zeer gevoelig voor droogte. Wanneer de kleibodem uitdroogt, verloopt het herstel traag en nemen de problemen exponentieel toe. Dit kan leiden tot bodemdaling door het krimpen van kleilagen en het inklinken van onderliggende veenlagen. Aangezien veen in Vlaanderen vaak diep begraven is, blijft de impact hiervan beperkt, al kan ze lokaal toch merkbaar zijn.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Naar verwachting zullen de neerslagbuien in de toekomst intenser worden, wat leidt tot een snellere afvoer van water in de polders. Tegelijkertijd zal de duur van droogteperiodes toenemen. Voor de afstroomzone van de IJzer wordt een toename van 8 droogtedagen per jaar voorspeld. Door deze factoren zal infiltratie steeds moeilijker worden (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

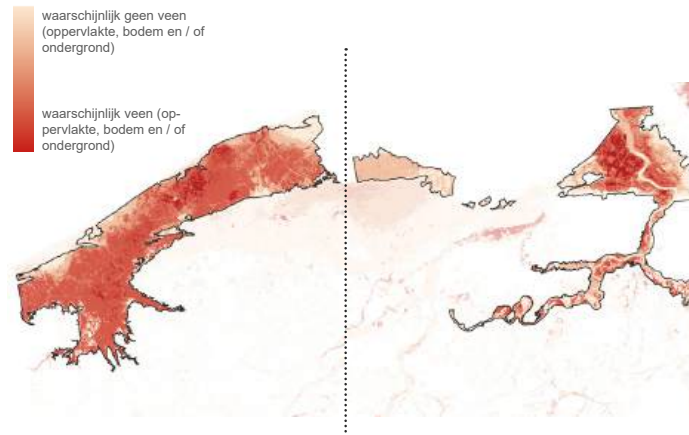


relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

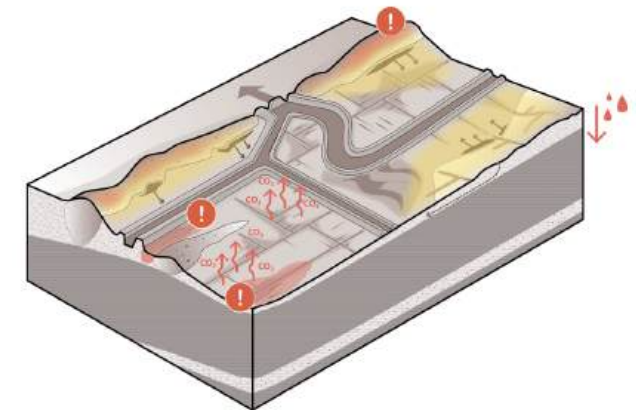
Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve veehouderij en landbouw vragen veel water en leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- Intensieve ontwatering leidt tot verdroging van veen- en kleibodems, verhoogt de CO₂-uitstoot en versnelt verzilting. Door het verdwijnen van de zoetwaterlaag kan de diepere zoutwaterlaag aan de oppervlakte komen, wat leidt tot schade aan gewassen, verzilting van polderwaterlopen en als gevolg uitdagingen voor vee en zoetwaternatuur.
- Peilbeheer bepaalt in belangrijke mate hoeveel water lokaal beschikbaar blijft of kan worden aangevoerd. Door het sturen van peilen in functie van seizoenen, neerslag en beschikbaarheid van extern water, kan men verdroging en verzilting deels tegengaan.
- ...



veenwaarschijnlijkheid

Veenwaarschijnlijkheid (DOV). Waarschijnlijkheid van het voorkomen van veen als oppervlakteveen, in het bodemprofiel en/of in de ondiepe ondergrond (1.5–10 m). De kaart toont de waarschijnlijkheid van het voorkomen van ten minste één van deze drie types veen.



droogte

Droogte leidt tot verdroging van veen- en kleibodems, verhoogt de CO₂-uitstoot en versnelt verzilting. Door het verdwijnen van de zoetwaterlaag kan de diepere zoutwaterlaag aan de oppervlakte komen.

TRAAGSTE OPWARMING EN AFKOELING

De polders zijn minder gevoelig voor hittestress. Kleigronden warmen het langzaamst op in vergelijking met andere bodemtexturen omdat ze meer water kunnen ophouden tussen de kleinere kleikorrels. Het water warmt minder snel op dan lucht, en kan de warmte ook eenvoudiger doorgeven aan de diepere waterlagen. Kleibodems koelen hierdoor ook het langzaamst af, omdat het water de warmte slechts traag afgeeft aan de atmosfeer. Dit zorgt voor een stabielere bodemtemperatuur en beschermt de bodem tegen grote temperatuurschommelingen. Daarnaast speelt de nabijheid van de Noordzee een belangrijke rol. De zee heeft een milderende werking op het klimaat, waardoor extreme temperaturen in de polders minder vaak voorkomen.

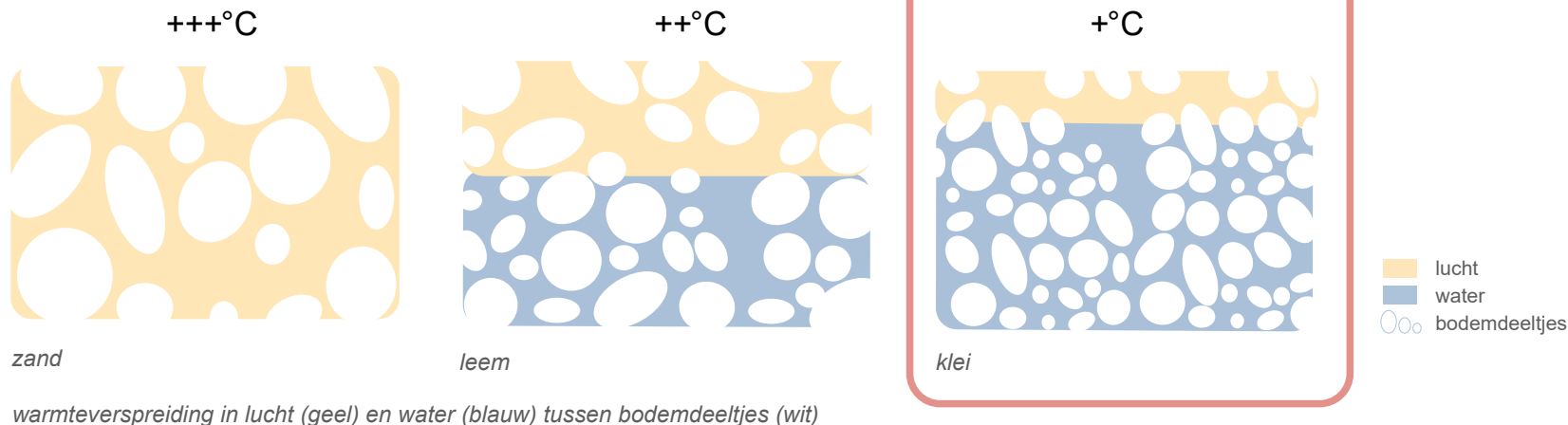
Zodra kleigrond uitdroogt, verloopt het herstel van de bodem zeer traag, waardoor ook hittestress toeneemt.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de IJzer een stijging van 11 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Intensieve landbouw (monocultuur) creëert grote open velden zonder hoge vegetatie, waardoor er minder schaduw is en het landschap sneller opwarmt en uitdroogt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

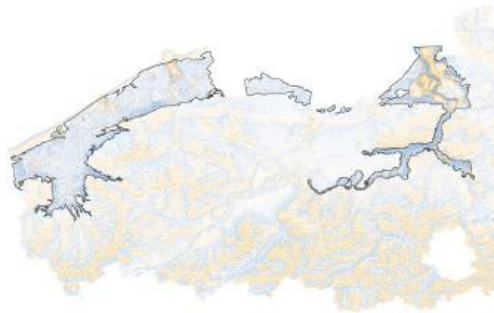
oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

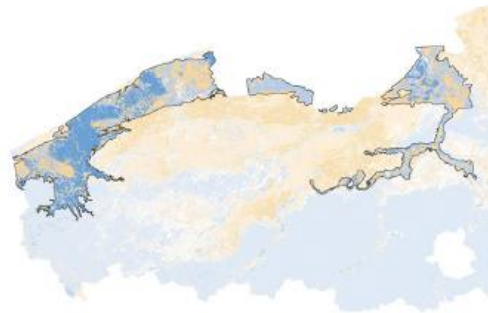


- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap,
vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

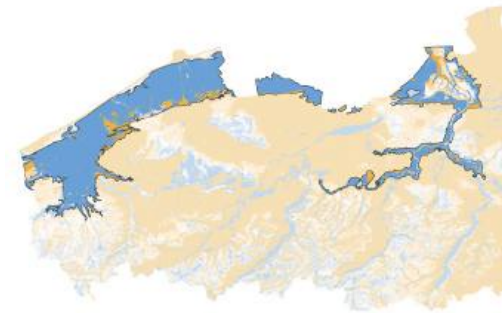


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zand/leem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.

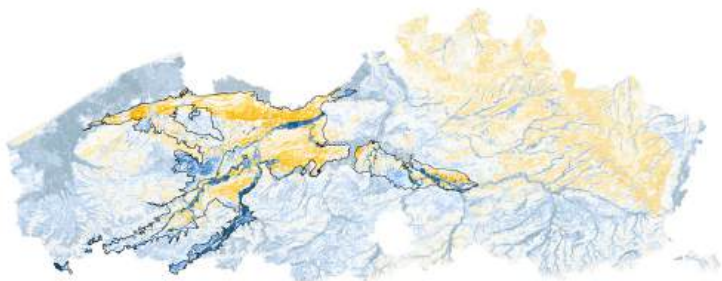


- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

03 - PLEISTOCENE RIVIERVALLEIEN

SITUERING

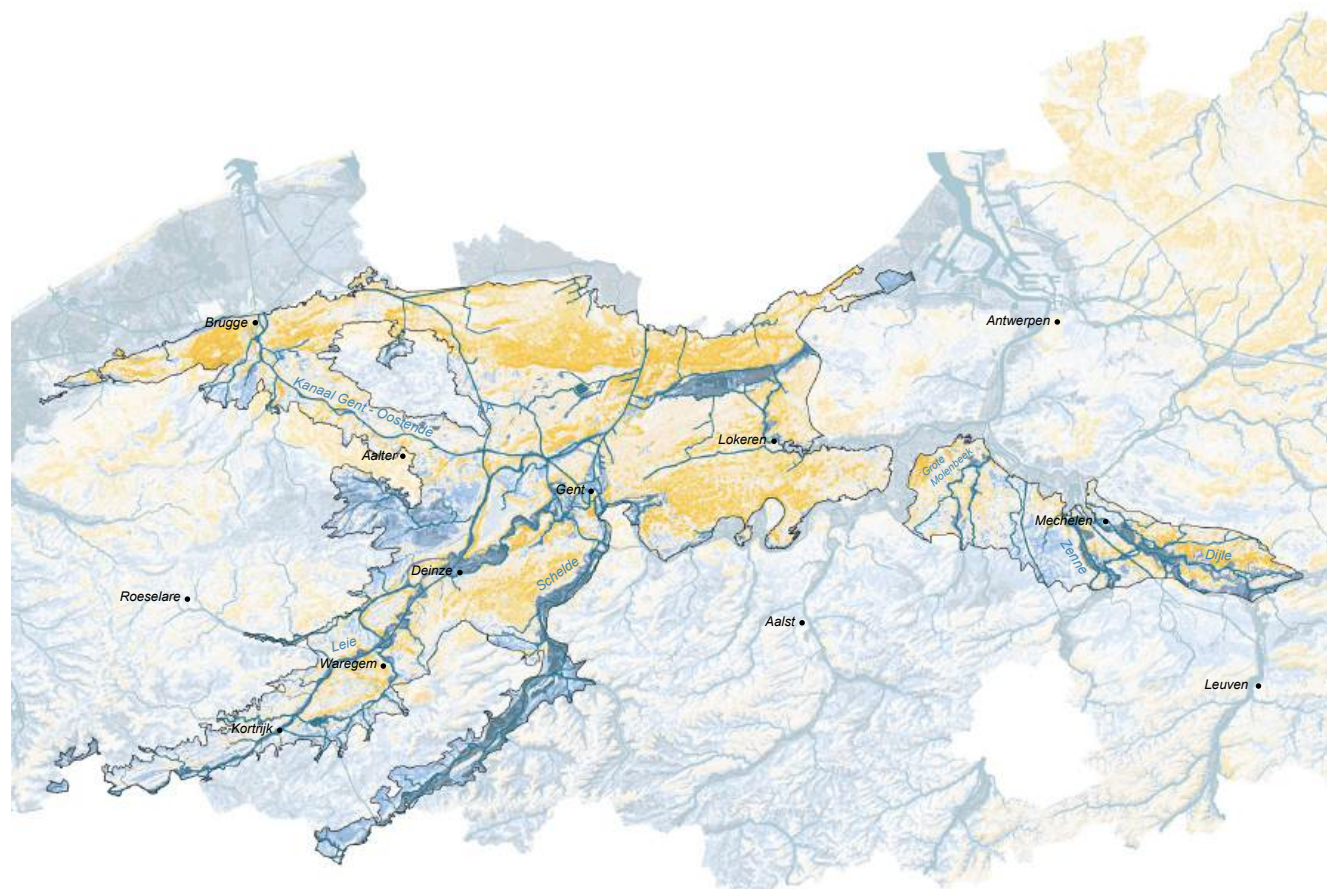


Deze regio maakt deel van de zogenaamde Vlaamse Vallei. Het is een brede laagvlakte die tijdens de ijstijden werd gevormd door een wisselwerking van uitschuringen door rivieren bij zeer lage zeespiegel en opvullingen met sedimenten toen het zeeniveau opnieuw steeg. De oude insnijdingen zijn vandaag niet meer zichtbaar, want ze zijn volledig opgevuld met riviersedimenten. Het landschap is grotendeels vlak, met kleine hoogteverschillen zoals dekzandruggen, rivierduinen en beekdepressies.

De bodems bestaan vooral uit zand, lemig zand en lichte zandleem. Afhankelijk van de locatie bestaat de bodem uit een dun pakket van fijn zand en leem dat tijdens de laatste ijstijd door wind is aangevoerd. Op andere locaties bestaat de bodem vooral uit zandige rivierafzettingen.

Kleilagen die miljoenen jaren eerder door de Noordzee werden afgezet, schuilen onder het oppervlak op meer dan 10 meter diepte. Afhankelijk van de locatie komen deze lagen dieper voor onder zandige afzettingen. Het vlakke reliëf van het gebied zorgt ervoor dat de natuurlijke afwatering traag verloopt en grotendeels kunstmatig is. De stroombanen zijn relatief kort, waardoor er bij droogte weinig aanvoer is vanuit de omgeving.

De belangrijkste waterlopen in dit gebied zijn de Schelde, Leie, Oude Kale en Poekebeek in het westen en de Dijle, Zenne en Grote Molenbeek in het oosten. Ze bepalen mee hoe het water door het landschap stroomt.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

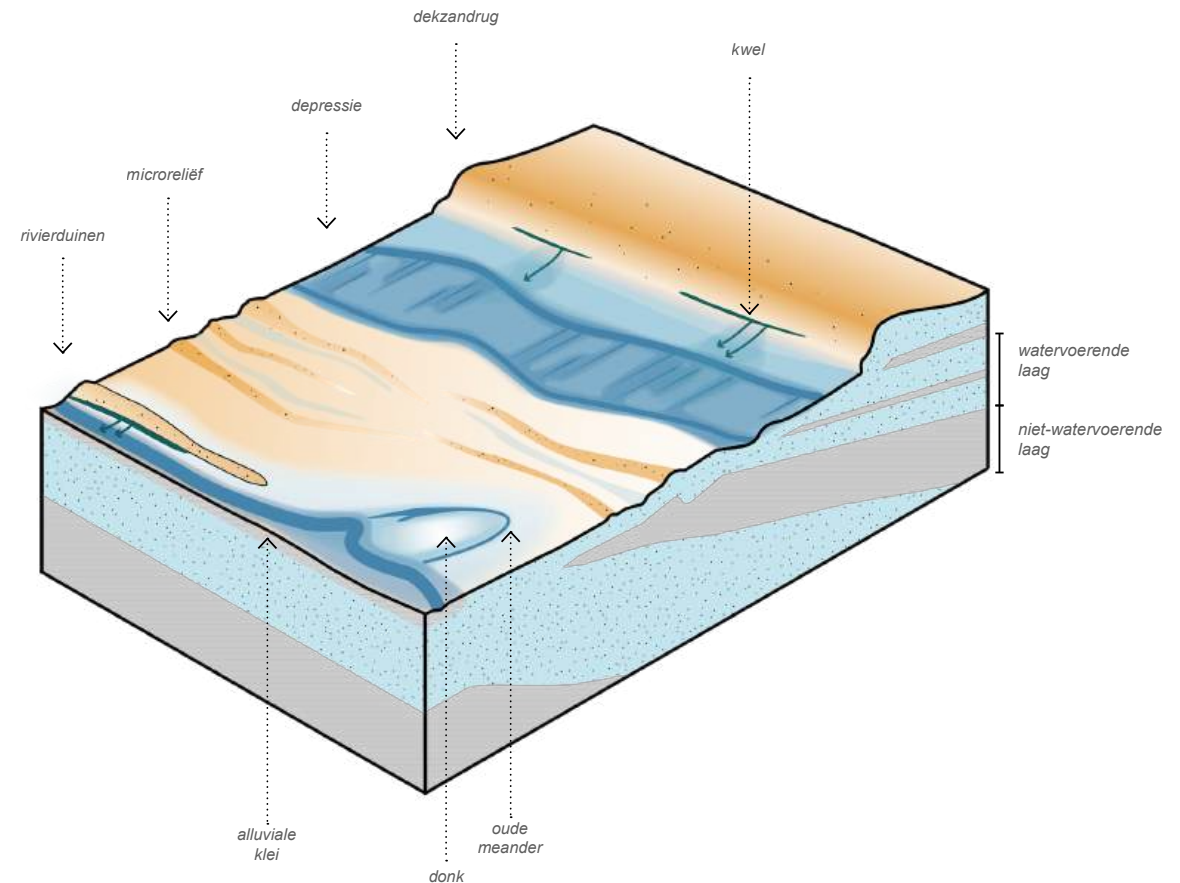
blauwe grond

WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Het watersysteem van de Pleistocene riviervalleien wordt sterk bepaald door het lokale microreliëf van dekzandruggen en depressies tot meanders en rivierduinen (donken).

De dekzandrug Maldegem-Stekene is meer dan 100 km lang en werkt als een natuurlijke waterscheiding, met lageregelegen depressies aan de zuidflank. Het water blijft vaak aan de oppervlakte in depressies zoals de Moervaartvallei door het vlakke, lage reliëf, de korte stroombanen en de geblokkeerde waterafvoer waardoor het gebied van nature erg nat is. Een natuurlijk afwateringssysteem is hier nagenoeg onbestaande. Deze depressies worden voornamelijk kunstmatig ontwaterd.

Verder ten zuiden van de regio krijgen we een lage zandige vlakte met het typerende microreliëf van rivierduinen, donken en kleiige en venige beek- en riviervalleien. In deze vlakte ontstaan kwelzones, vooral in de valleien van de Schelde, Leie en Oude Kale. Daar stuwet het grondwater vanuit hoger gelegen zones langzaam naar het oppervlak. Deze kwelzones ontvangen hun water via langere stroombanen, waardoor ze iets minder kwetsbaar zijn voor droogtes.



RELIËF DOORGRONDEN

KLEINE RELIËFVERSCHILLEN

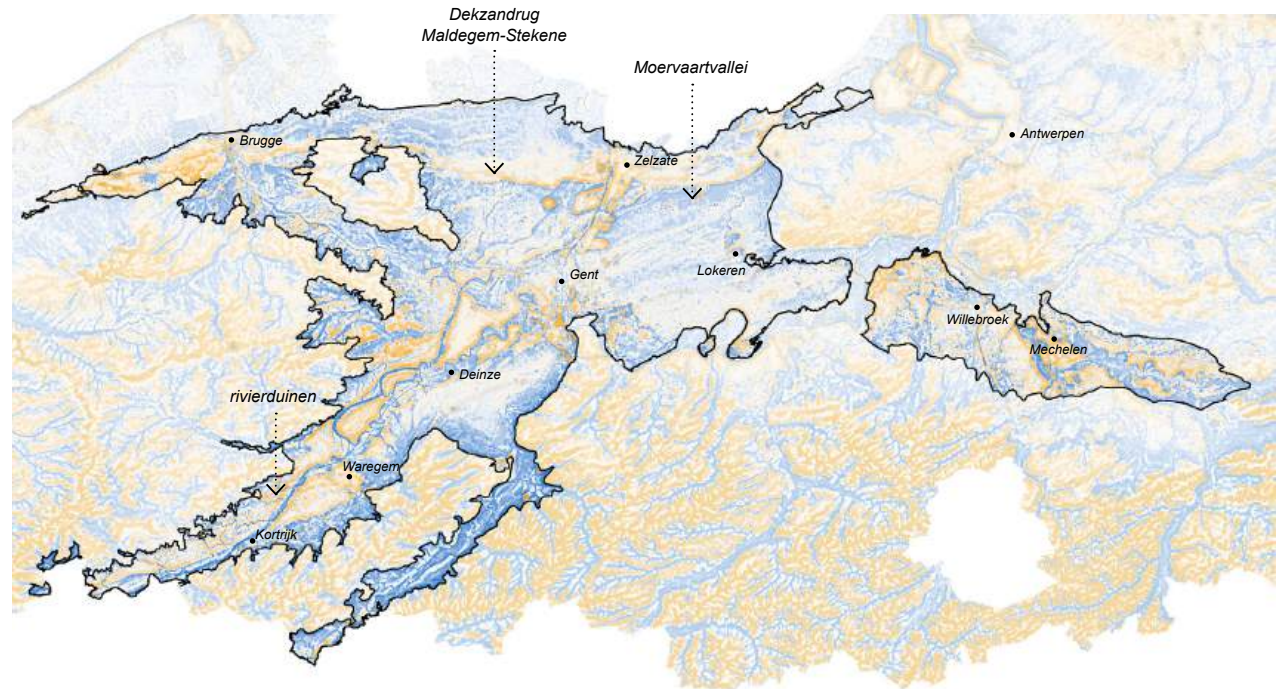
De regio vormt een lage zandige vlakte met een hoogteligging tussen de 0 en 20m.

Aan het einde van de laatste ijstijd kon de wind grote hoeveelheden zand verplaatsen in het barre landschap. Hierdoor ontstond een langerekte dekzandrug met een west - oostelijke oriëntatie tussen Maldegem en Stekene. Deze dekzandrug damde de rivieren af en dwong de Schelde om een nieuwe loop naar de Noordzee te volgen, via Antwerpen.

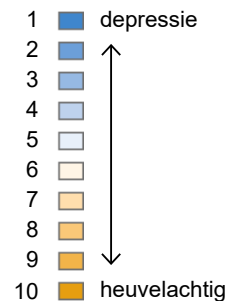
Daarnaast zijn er ook donken aanwezig. De huidige donken zijn resten van oudere, vaak zandige afzettingen, die ontstaan zijn door het insnijden en terug opvullen met venige en kleirijke sedimenten. Ze zijn vandaag zichtbaar als heuvels die zich duidelijk aftekenen tegenover het lager gelegen gebied. Ze bevinden zich vaak als droge 'eilanden' in een vochtige omgeving en werden daarom gebruikt voor landbouw of bebouwing.

Binnen de regio vallen enkele opvallende landschapselementen op, zoals: de dekzandrug Maldegem-Stekene (een uitgestrekt dekzandruggencomplex van meer dan 100 km lang); de Moervaartvallei (een brede en vlakke depressie ten zuiden van deze rug) en de rivierduinen langs de Leie en de Schelde, die een hoogte tot 10m kunnen bereiken.

Deze zones bepalen mee het karakter van de regio en getuigen van een dynamisch verleden waarin wind, water en verzanding het landschap vormgaven.



score

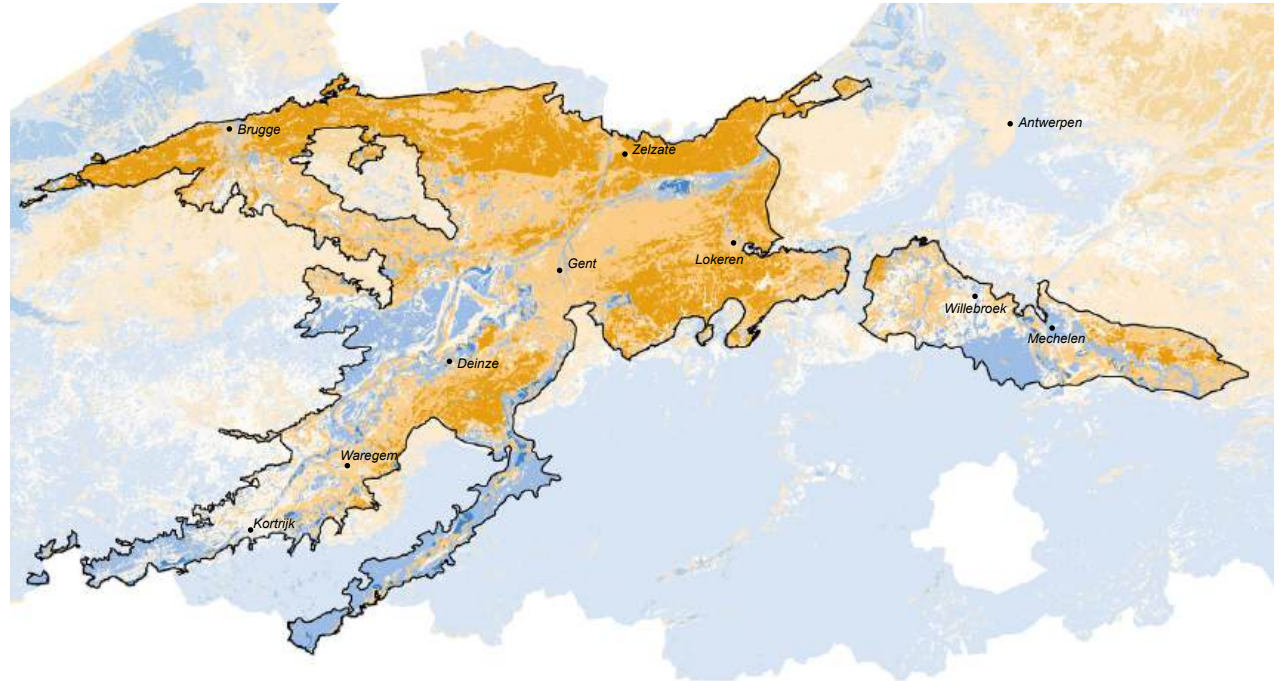


BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**HOGЕ INFILTRATIE**

De regio wordt gekenmerkt door een 'opvulling' hoofdzakelijk bestaande uit zand. De kern van de regio kent droge tot natte fijne zandgronden. De toplaag is zandig, lemig zandig tot licht-zandleem. Zandige toplaagstructuren bestaan uit relatief grote korrels, wat leidt tot grotere poriën. Deze poriën zorgen ervoor dat water snel door de bodem kan dringen, wat resulteert in een hoge infiltratiesnelheid.

In de alluviale beekgebieden komen voornamelijk lemige, kleiige en venige gronden voor, die rusten op een zandige ondergrond. De infiltratiesnelheid is hier lager.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



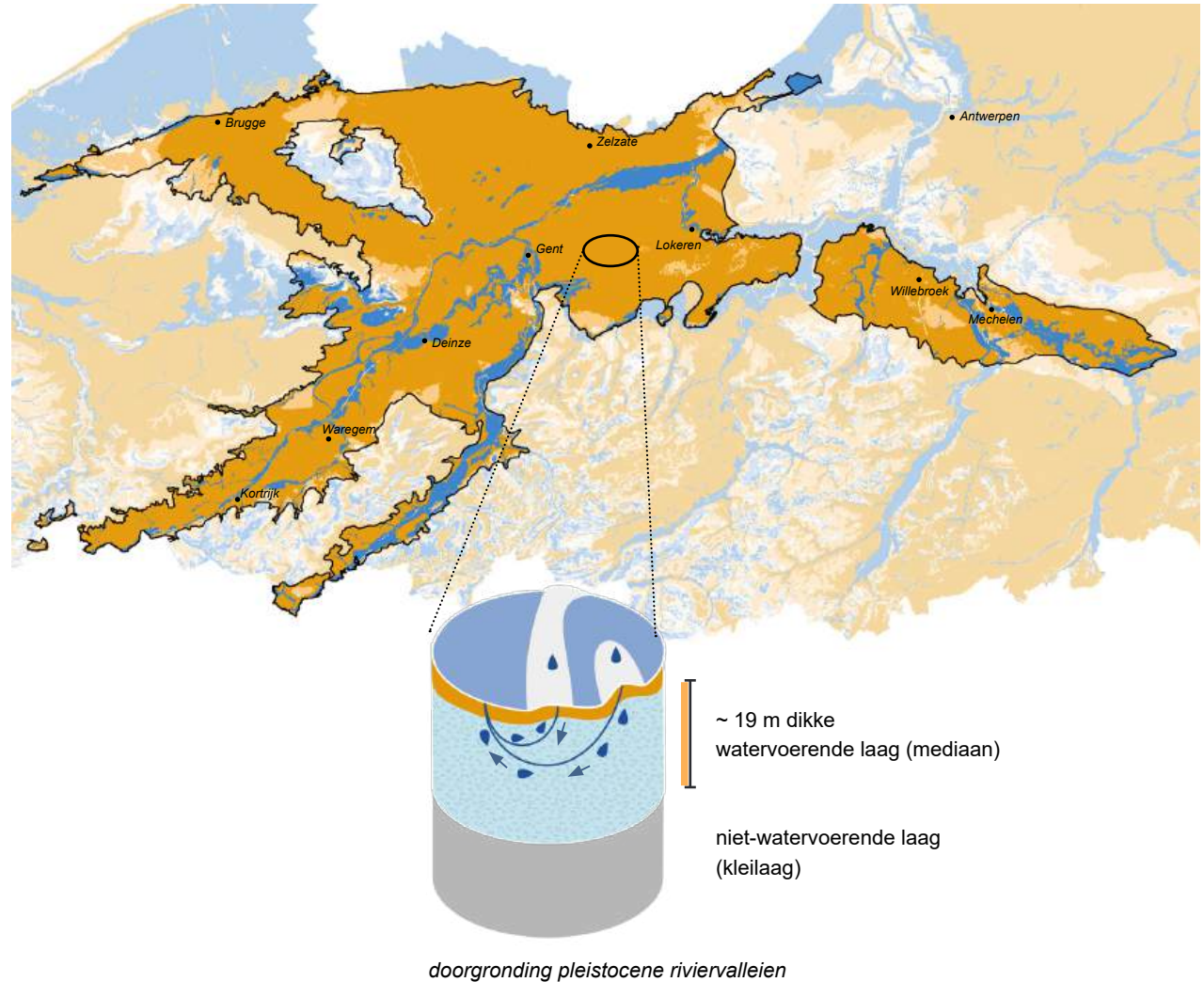
hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**DIKKE WATERVOERENDE LAAG**

De regio wordt gekenmerkt door een 'dikke' opvulling van zandig materiaal, met een mediaandikte van 19 meter. Deze zandlagen vormen een belangrijk, maar kwetsbaar grondwaterreservoir.

Onder de zandlagen bevindt zich een kleilaag op meer dan 10 meter diepte. Afhankelijk van de locatie komen deze lagen dieper voor onder zandige afzettingen. Het vlakke reliëf van het gebied zorgt ervoor dat de natuurlijke afwatering traag verloopt en grotendeels kunstmatig is. Dit zorgt ervoor dat het grondwater vaak dicht bij het maaiveld staat en de bodem doorgaans vochtig blijft.

Tegelijk maakt de opbouw het watersysteem gevoelig voor seizoensschommelingen, vooral door het gebrek aan aanvoer van grondwater uit de ruimere omgeving. Bijna alle stroombanen zijn kort, waardoor verdamping in de zomer niet wordt gecompenseerd door toevoer van water. Tijdens lange droge periodes droogt het bodemvocht in de bodem boven de grondwaterspiegel snel op, vooral in zandige gronden die van nature minder water vasthouden dan kleiige bodems en in een sterk op water afvoer gericht landschap. Hierdoor ervaren planten en gewassen sneller droogtestress.



KLIMAATIMPACT

BEPERKTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID

Door de typische kenmerken van het landschap, zoals de zandige bodems (behalve in de valleien), een vlakke en lage ligging en een hoge grondwatertafel, is de regio gevoelig voor zowel overstromingen vanuit de rivier als afstromend hemelwater. Deze overstromingsgevoeligheid is ruimtelijk verspreid en komt vooral voor in de laaggelegen beek- en riviervalleien. De Leie- en Scheldevallei kennen een bijzonder hoog overstromingsrisico en fungeren van nature als overstromingszones.

Daarnaast zijn er in deze valleien ook kwelgebieden aanwezig. De gronden zijn hier slecht tot zeer slecht gedraineerd, waardoor zijdelingse aanvoer van wateroverschotten uit de nabijgelegen hoger gelegen gebieden kan leiden tot lokale wateroverlast.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een toename van 9 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van de Leie (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

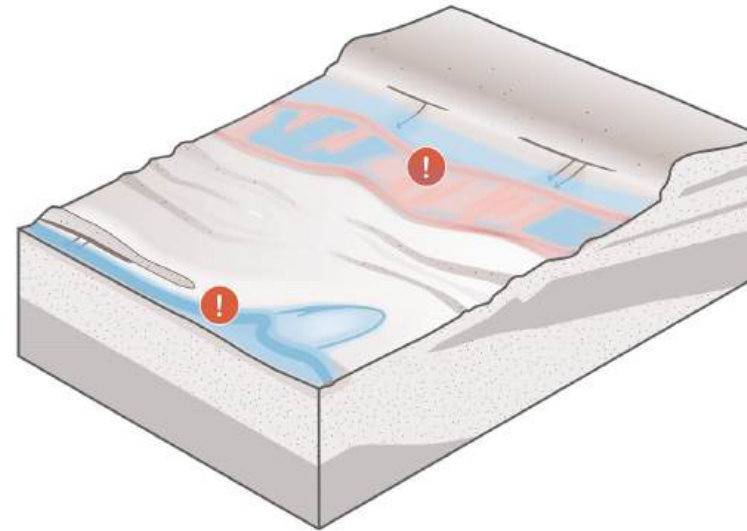


overstroombaar gebied

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding en drainage van het landschap zorgt voor meer impact op droogte als overstromingen.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten stroomafwaarts bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt de impact van overstromingen.
- ...



overstromingsgevoeligheid

De regio is gevoelig voor zowel fluviale als pluviale overstromingen. Deze overstromingsgevoeligheid komt vooral voor in de laaggelegen depressies en beek- en riviervalleien.

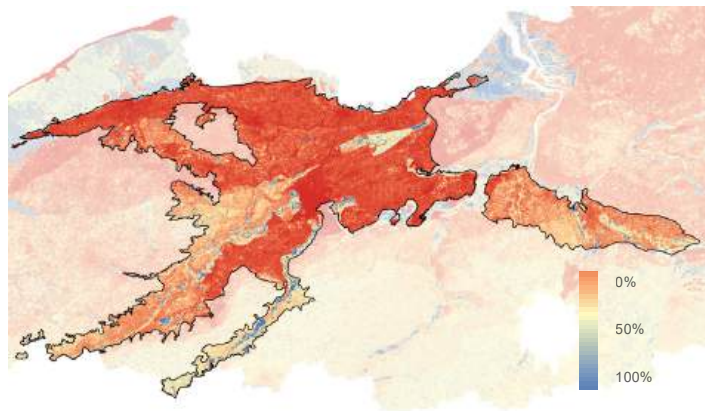
ZEER GEVOELIG VOOR DROOGTE

Hoewel de infiltratie snel is, heeft een zandige toplaag ook een beperkte capaciteit om water vast te houden. Het water zakt snel door naar diepere lagen, waardoor de bodem snel uitdroogt. Dit maakt zandgronden bijzonder gevoelig voor droogte. Dekzandruggen zijn in het algemeen droog door de lage grondwatertafel en het beperkte vermogen van de bodem om water vast te houden. De geel aangeduide zones op de kaart bevatten meer bodemvocht dan de rode, zandige gebieden. Dit komt doordat hun lemige bodemstructuur beter in staat is om water vast te houden.

Het percentage relatief bodemvocht in deze regio is veel lager dan het Vlaamse gemiddelde. Dit maakt de regio zeer gevoelig voor droogte. Het veenpakket, dat voornamelijk voorkomt in de Moervaartdepressie, mag niet verdrogen omdat dit onder andere kan leiden tot een verlies van koolstofvoorraden.

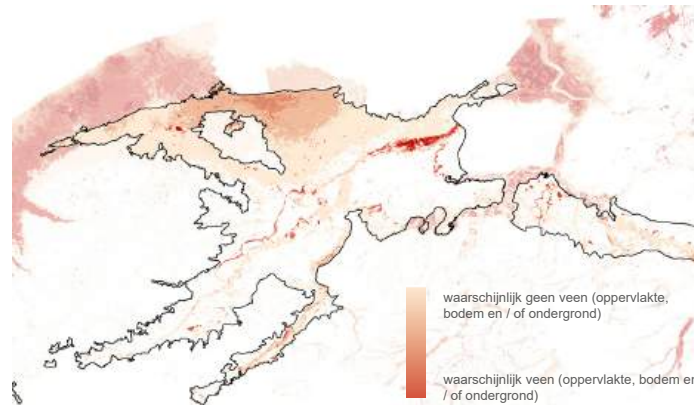
Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Leie een toename van 10 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).



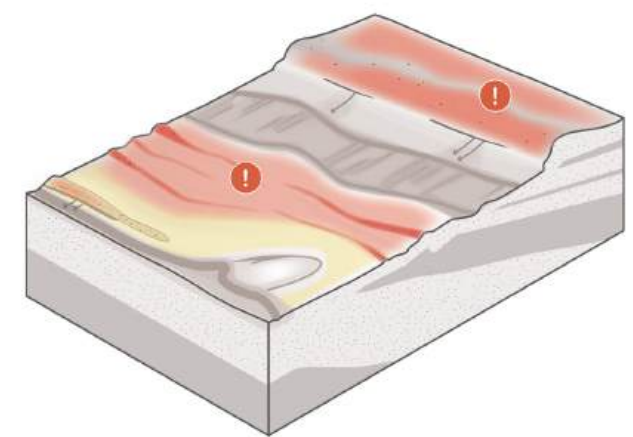
relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.



veenwaarschijnlijkheid

Veenwaarschijnlijkheid (DOV). Waarschijnlijkheid van het voorkomen van veen als oppervlakteveen, in het bodemprofiel en/of in de ondiepe ondergrond (1.5–10 m). De kaart toont de waarschijnlijkheid van het voorkomen van ten minste één van deze drie types veen.



droogte

De zandgronden zijn bijzonder gevoelig voor droogte. De dekzandruggen zijn extra gevoelig door de lage grondwatertafel en het beperkte vermogen van de bodem om water vast te houden.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

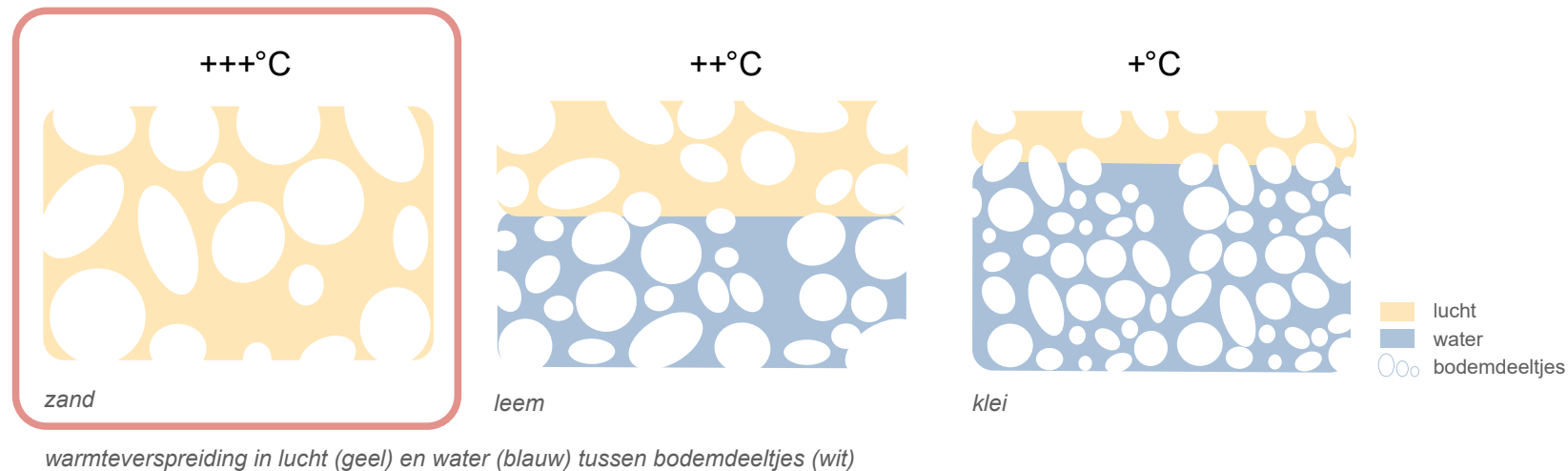
- Verharding van het landschap zorgt voor een snellere afvoer van regenwater en vermindert de infiltratie in de bodem.
- Intensieve veehouderij en landbouw vragen veel water en leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- ...

SNELLE OPWARMING EN AFKOELING

Zandgronden hebben relatief grote poriën tussen de zandkorrels. Bij droogte zit er daardoor meer lucht dan water in de bodem, waardoor de lucht snel opwarmt en op zijn beurt de zandkorrels verwarmt. Dit effect is sterk afhankelijk van het bodemvochtgehalte: hoe droger de bodem, hoe meer lucht er aanwezig is en hoe sneller de temperatuur stijgt. Door het gebrek aan water kan deze warmte niet verdampen. Dit kan de oppervlaktetemperaturen snel en intens verhogen tijdens warme dagen, tot wel 50°C en meer. Wanneer de luchttemperatuur en straling van de zon 's nachts verdwijnt kan de zandgrond echter sneller afkoelen dan bv. klei waar veel water en dus ook warmte tussen de korrels zit.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Leie een stijging van 14 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).



Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van bossen en boomrijke gebieden leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- ...

HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

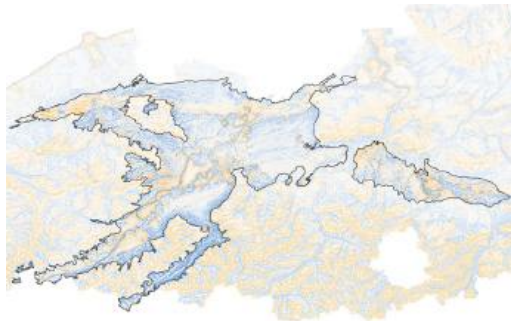
- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

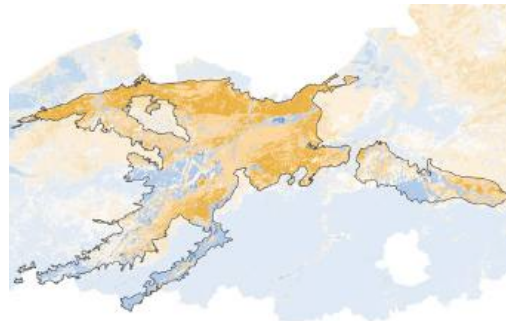
3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



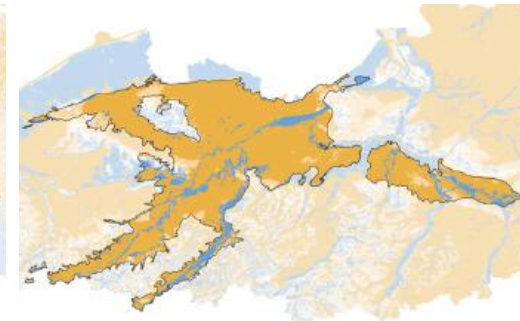
- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)



- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

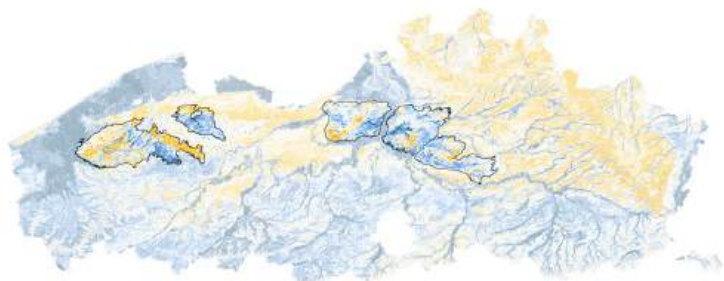


- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

04 - CUESTA'S

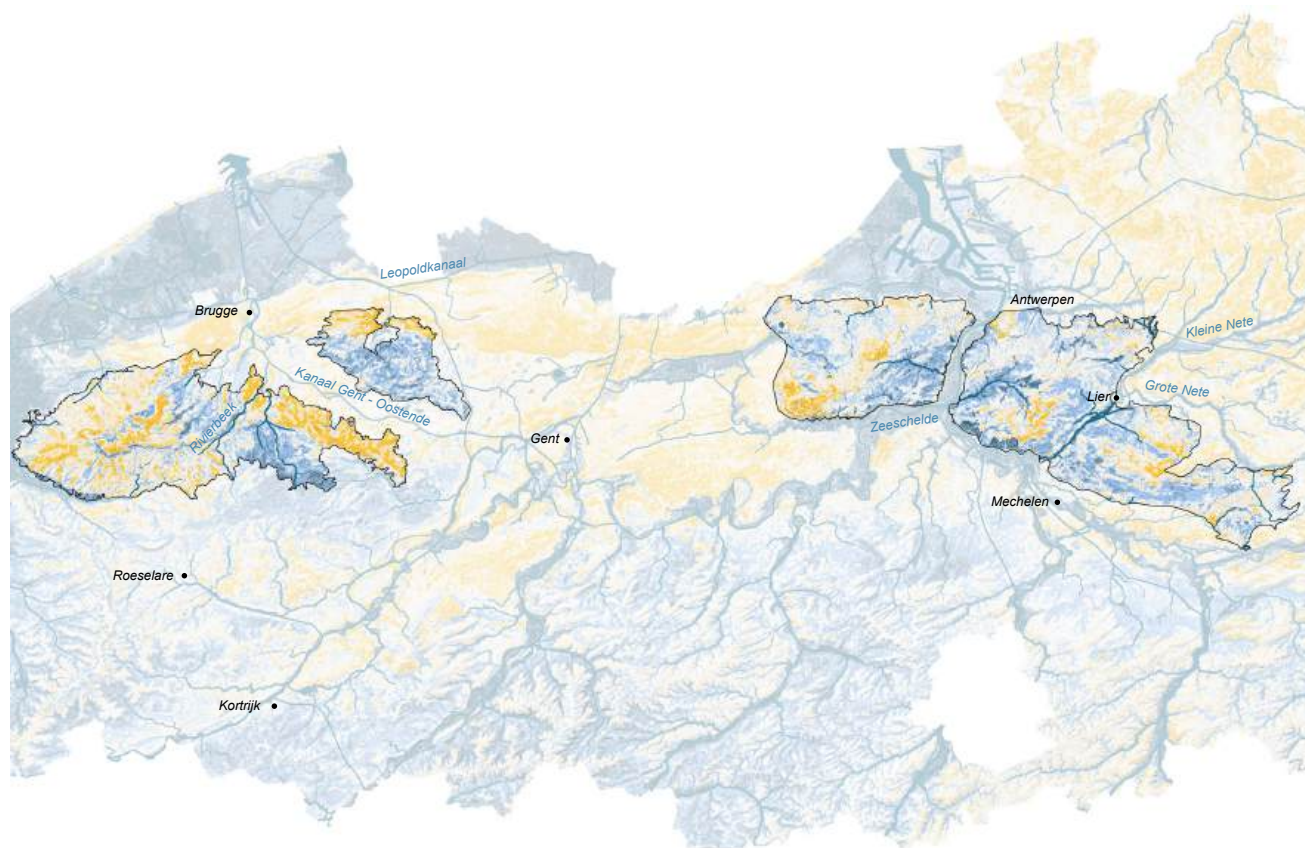
SITUERING



Deze ecoregio wordt gekenmerkt door het reliëf van cuesta's. Een cuesta is een asymmetrische heuvel met een lange, zachte helling (cuestarug) en een korte, steile helling (cuestafront). Ze ontstaat door schuin hellende lagen die in de ondergrond aanwezig zijn, waarbij het cuesta-front ontstaat op plaatsen waar lagen met hogere weerstand tegen erosie aan het oppervlak komen. Het cuesta-front is daardoor steil, terwijl de andere zijde zacht afloopt. In de laagste delen van het landschap ontstaan vaak komvormige depressies en op de flanken van de cuesta's vind je typisch kleine beekdalletjes of hellingsvalleitjes terug.

In het westen van de regio zijn de Houtlandcuesta ten zuiden van Brugge en de cuesta van Oedelem-Zomergem te vinden. Deze werden gevormd door lagen die zo'n 40 à 50 miljoen jaar geleden werden afgezet in een subtropische Noordzee. In het oosten zijn de cuesta's van het Waasland en de Rupelstreek te vinden, waar het dikke pakket van de Boomse Klei dagzoomt, dat 30 miljoen jaar geleden gevormd werd.

De bodemtextuur in de regio varieert van zand tot lemig zand en zandleem tot kleibodems.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

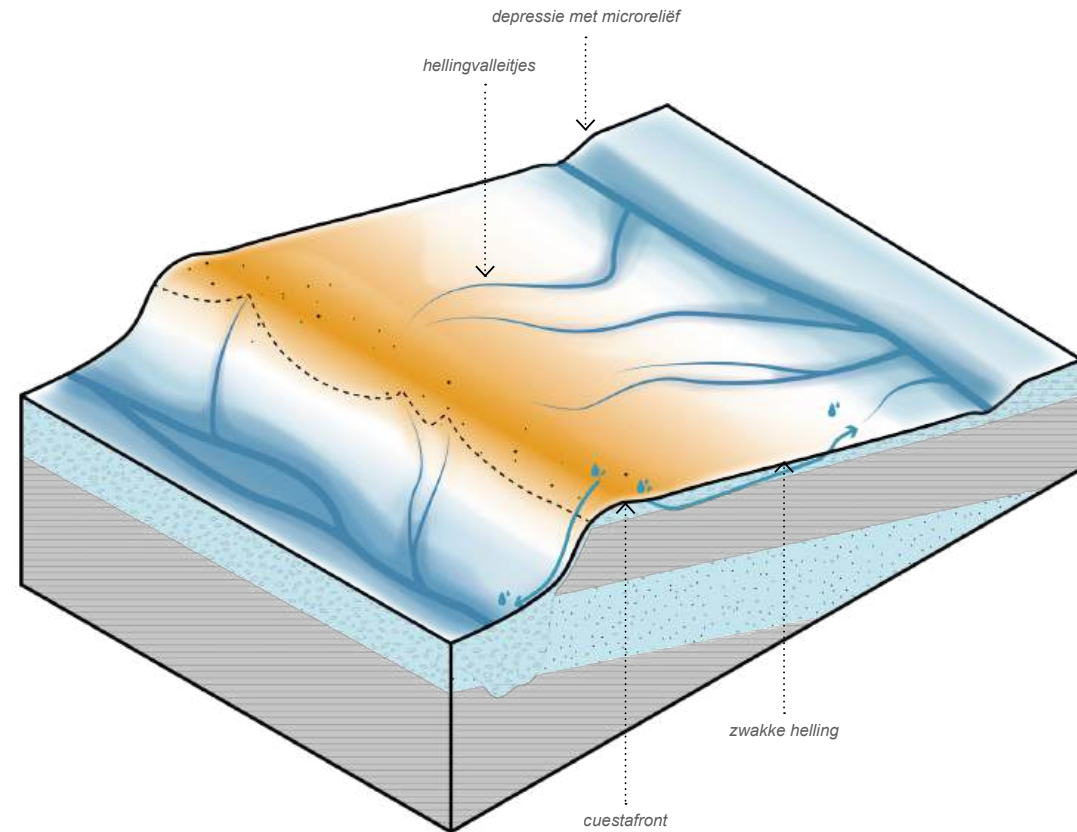
blauwe grond

WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Wanneer een waterdruppel infiltreert op het hoogste punt van de regio, namelijk de cuestafronten, stroomt het water van daaruit voornamelijk als hellingwater via talrijke hellingsvalleitjes naar beneden. Dit komt door het doorgaans ondiepe voorkomen van kleiige lagen op de cuetahelling, die het water eerder laten afstromen dan in de grond laten infiltreren. De natuurlijke ontwatering wordt gedeeltelijk onderschept door kanalen en draineringsgrachten.

In het zwak golvende gebied kan tijdelijk stuwwater ontstaan, vooral als de ondergrond uit klei of kleig zand bestaat. Dit is afhankelijk van de lokale geologische context.

In gebieden waar de kleilaag dicht bij de oppervlakte ligt, ontstaan vaak depressies in het microreliëf.

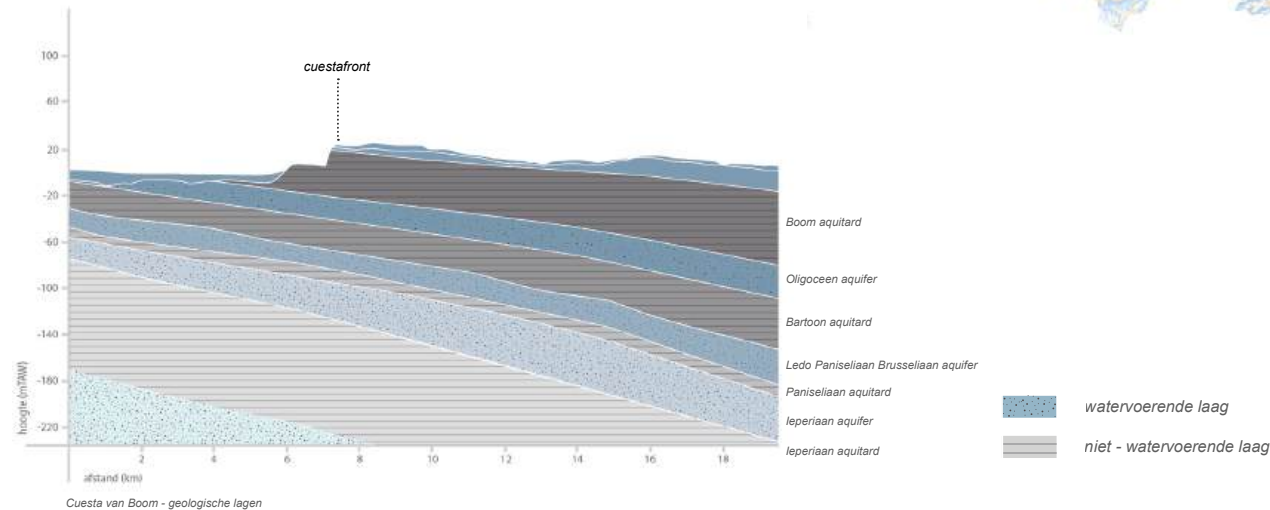
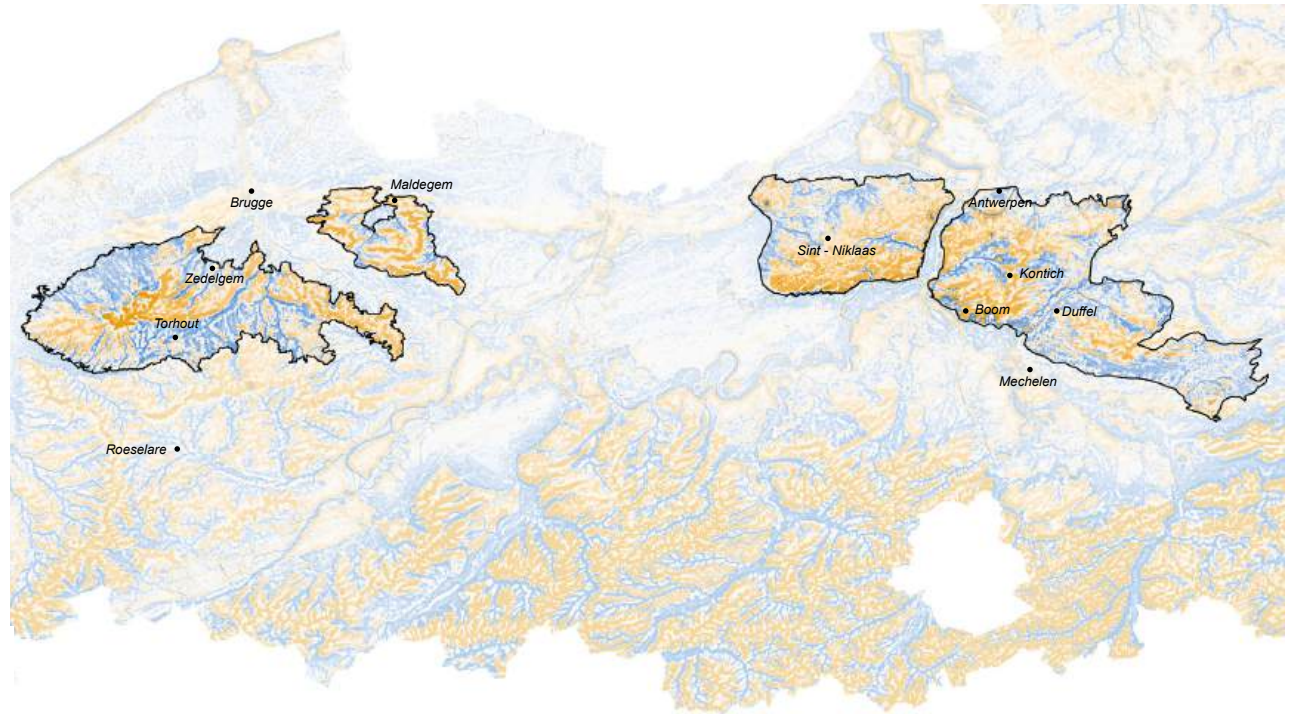


RELIËF DOORGRONDEN

GROTE RELIËFVERSCHILLEN

Een cuesta is een asymmetrische heuvelrug en ontstaat wanneer geologische lagen schuin op elkaar liggen en daarna door hun verschillende samenstelling niet even snel eroderen. Van de schuine laag die minder snel erodeert, blijft een deel over als een hoogte in het landschap. In Vlaanderen worden vooral geologische lagen die uit klei bestaan gekenmerkt door een hogere ligging vanwege hun hogere resistentie tegen erosie.

De steile zuidelijke hellingen die oplopen naar het hoogste punt van de cuesta's worden het cuestafront genoemd. Deze zijn steil genoeg om zichtbaar te zijn in het landschap. De hellingen hebben vaak een hoogteverschil van 10 tot 15 meter. Langs de zachte noordelijke helling van de kleilaag of gesteentelaag die weerstand biedt aan erosie ontstaat de cuestarug. Op de cuestarug is de helling geleidelijk en ontstaat een licht glooiend landschap.



score

- | | |
|----|--------------|
| 1 | depressie |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | heuvelachtig |
- ↑
- ↓

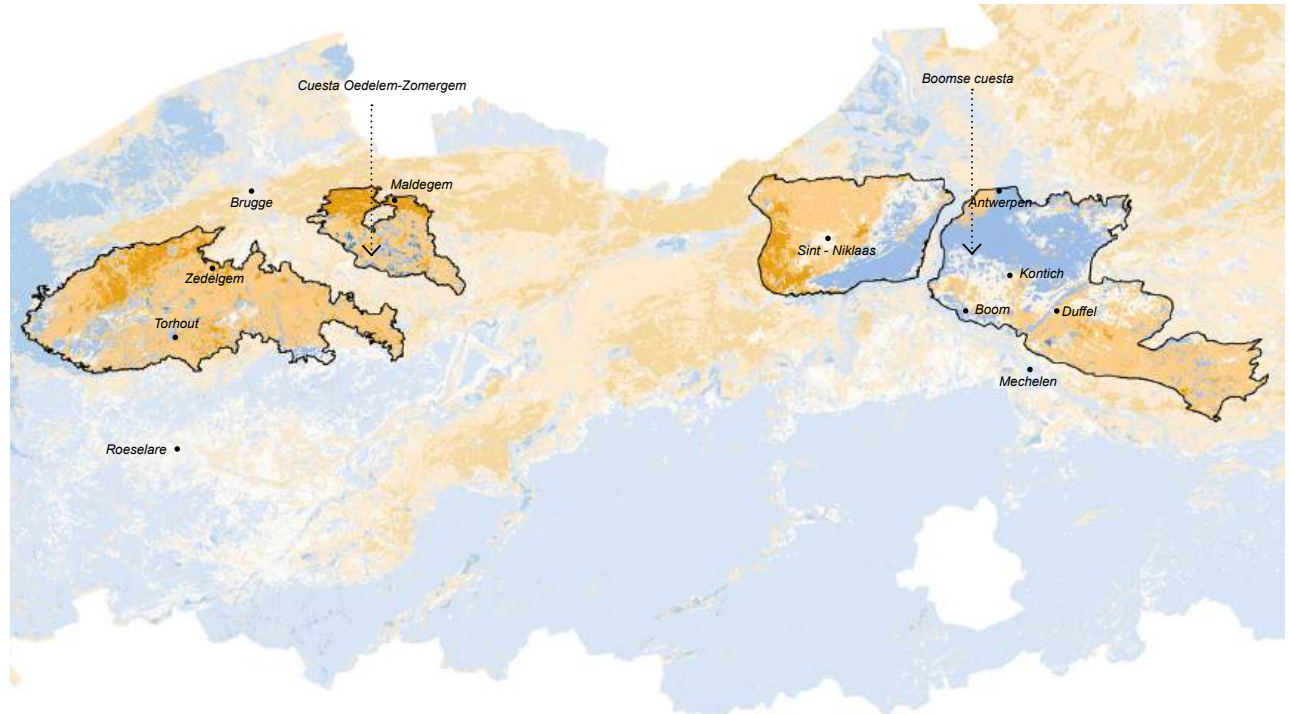
BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**HOGE INFILTRATIE**

Hoewel de regio overwegend een gunstige bodemtextuur heeft voor infiltratie, dankzij een zandige tot lemig-zandige toplaag, is dit sterk variabel. Zoals op de kaart te zien is, hangt de infiltratiecapaciteit sterk af van de lokale bodemtextuur. In gebieden waar slechts een dunne laag zandig materiaal op klei rust, zoals in delen van de cuesta Oedelem-Zomergem en in de Boomse cuesta, is de infiltratie beperkter. De aanwezigheid van een ondiep kleisubstraat speelt een cruciale rol bij de infiltratiesnelheid.

De zandige (lemige) bodems bevinden zich voornamelijk in het westen en zuidoosten van de regio. Deze bodems bestaan uit relatief grove zandkorrels, wat leidt tot grotere poriën. Deze poriën maken het mogelijk dat water snel in de bodem zakt, wat resulteert in een hoge infiltratiesnelheid.

In de depressies en de zwak golvende gebieden is de infiltratiecapaciteit lager. Hier bestaat de bodem voornamelijk uit lemig-zandige gronden. Aan de rand van de depressies zijn kleiige afzettingen te vinden. Deze bodemtexturen zijn fijner van structuur en minder doorlatend. Hierdoor stroomt water minder gemakkelijk de ondergrond in.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid

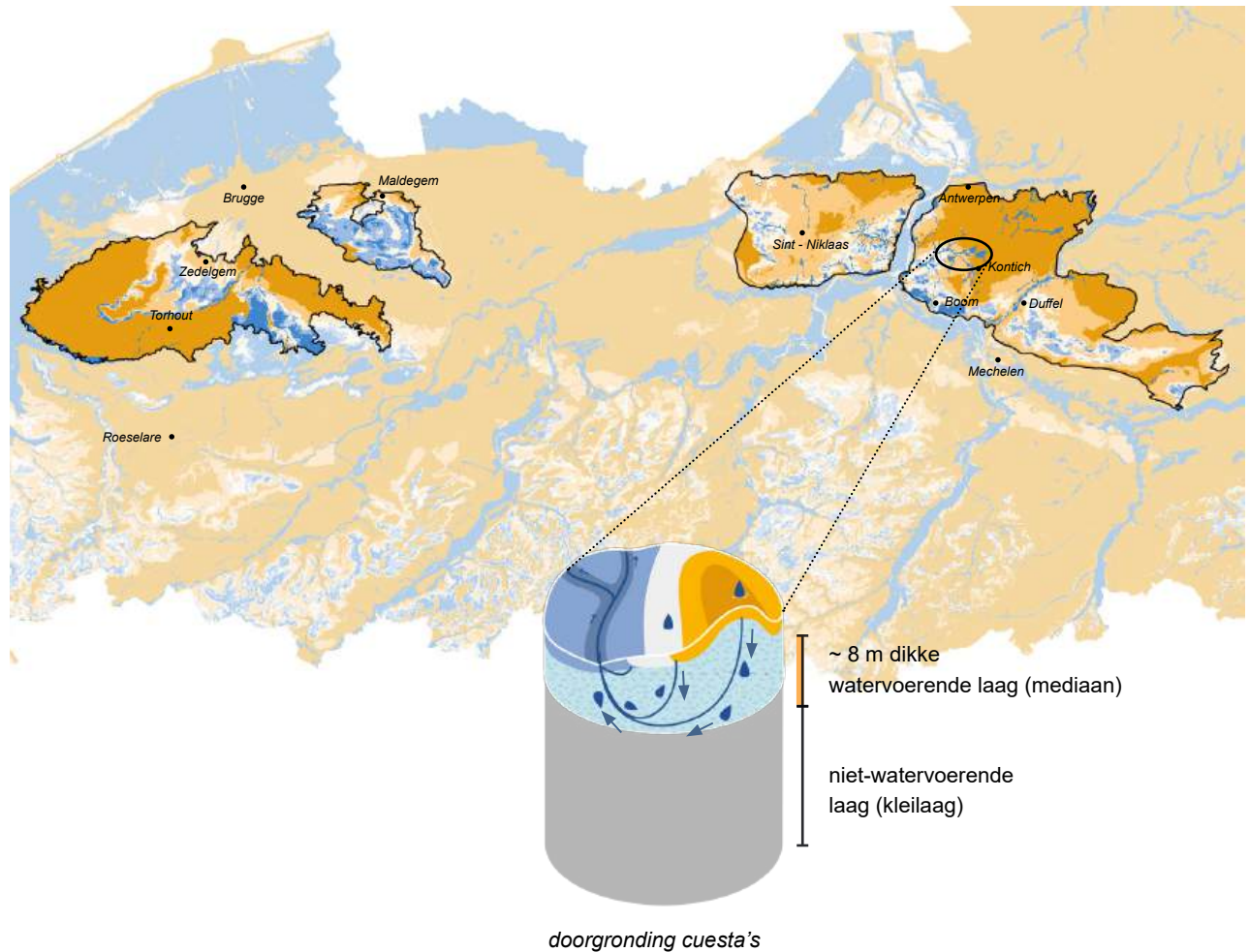


hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**VARIËRENDE DIKTE WATERVOERENDE LAAG**

De dikte van de watervoerende laag varieert in de regio afhankelijk van de geologische opbouw, met een mediaandikte van ongeveer 8 meter. Op de hoger gelegen delen van de cuesta's is de watervoerende laag meestal zeer dun en komt de onderliggende klei dicht aan de oppervlakte. Hoewel deze cuesta's ondiepe klei kennen, vormen ze het voedingsgebied voor dieper gelegen watervoerende lagen onder de kleilaag. De bijdrage aan deze diepere watervoerende lagen blijft echter beperkt, aangezien het grootste deel van het geïnfiltreerde water afstroomt bovenop de klei.

Onder de ondiepe kleilagen is de watervoerende laag doorgaans dikker en bevindt het permanente grondwater zich dieper in de ondergrond. In de vlakke gebieden en depressies is de watervoerende laag dikker. Hier ligt de grondwatertafel minder diep, vaak op slechts 2 tot 3 meter. Dit zorgt ervoor dat permanent grondwater in deze zones aanwezig is.



score -afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- 2 ■ 0 - 0.5 m diep
- 4 ■ 0.5 - 2 m diep
- 6 ■ 2 - 4 m diep
- 8 ■ 4 - 10 m diep
- 10 ■ > 10 m

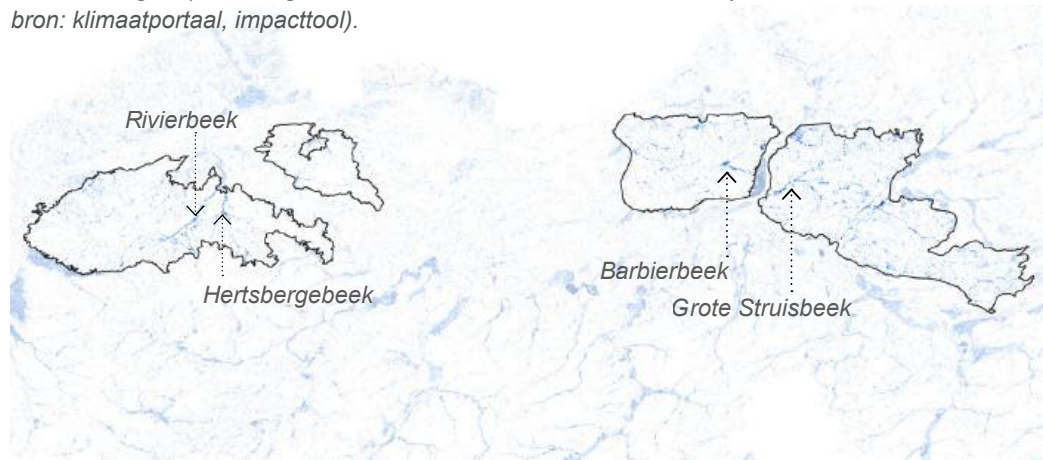
KLIMAATIMPACT**GEMIDDELDE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

De impact van overstromingen varieert sterk in functie van de lokale geologische- en bodemopbouw. Op de hoger gelegen cuesta's bevinden zich bovenstrooms kleinere beekjes, waardoor de impact van overstromingen doorgaans beperkter is dan bij grotere rivieren. De grootste effecten treden vaak stroomafwaarts op, zoals bijvoorbeeld langs de Rivierbeek.

Bij een neerslagoverschot verhindert de ondiepe kleilaag het wegzijgen van regenwater, waardoor een tijdelijk opgehouden watertafel ontstaat, wat voor overlast kan zorgen. We zien overstromingsgevoeligheid langs de Rivierbeek en Hertsbergebeek in de Houtlandcuesta en in de Barbierbeek en Grote Struisbeek in de Boomse Cuesta.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

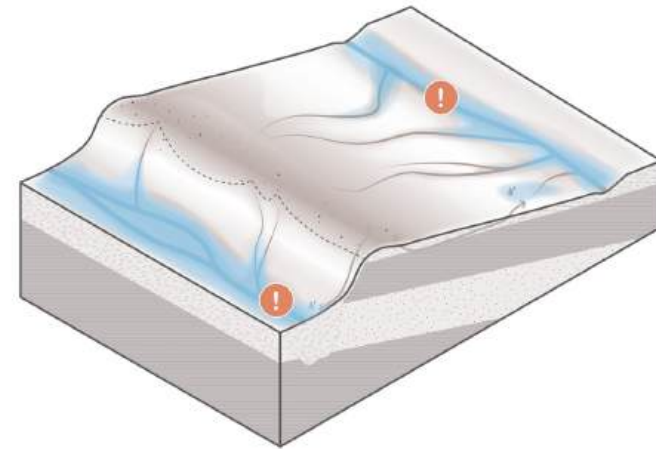
De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een toename van 7 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van de Rivierbeek en Hertsbergebeek. Voor de Grote Struisbeek toont de prognose een toename van 9 cm in waterdiepte bij overstromingen (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

Op de hoger gelegen cuesta's bevinden zich bovenstrooms kleinere beekjes, waardoor de impact van overstromingen doorgaans beperkt is. De grootste effecten treden vaak stroomafwaarts op.

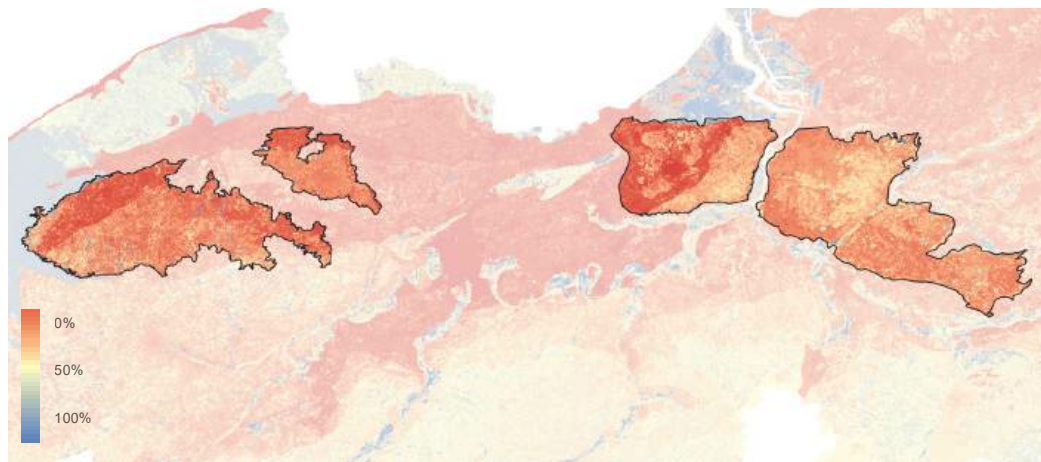
GEVOELIG VOOR DROOGTE

De regio is gevoelig voor droogte door haar specifieke geologische opbouw. Op de hoger gelegen delen van de cuesta's is de watervoerende laag meestal zeer dun en ligt de onderliggende kleilaag dicht aan de oppervlakte. Dit beperkt de opslagcapaciteit van grondwater aanzienlijk. Het grootste deel van het regenwater stroomt af bovenop de klei, in plaats van in de ondergrond te dringen. Hierdoor wordt er weinig water effectief vastgehouden in de bodem.

De combinatie van een ondiep kleisubstraat, beperkte infiltratie, geringe opslagcapaciteit en snelle afstroming maakt de cuesta-regio bijzonder kwetsbaar voor droogte, vooral tijdens langere droge periodes.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Rivierbeek en Hertsbergebeek een toename van 15 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

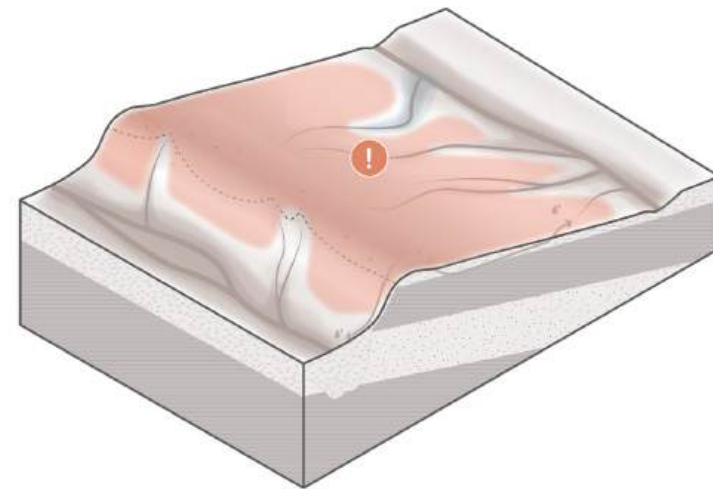


relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve veehouderij en landbouw vragen veel water en leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- ...



droogte

Op de hoger gelegen delen van de cuesta's is de watervoerende laag meestal zeer dun en ligt de onderliggende kleilaag dicht aan de oppervlakte. Dit beperkt de opslagcapaciteit van grondwater aanzienlijk.

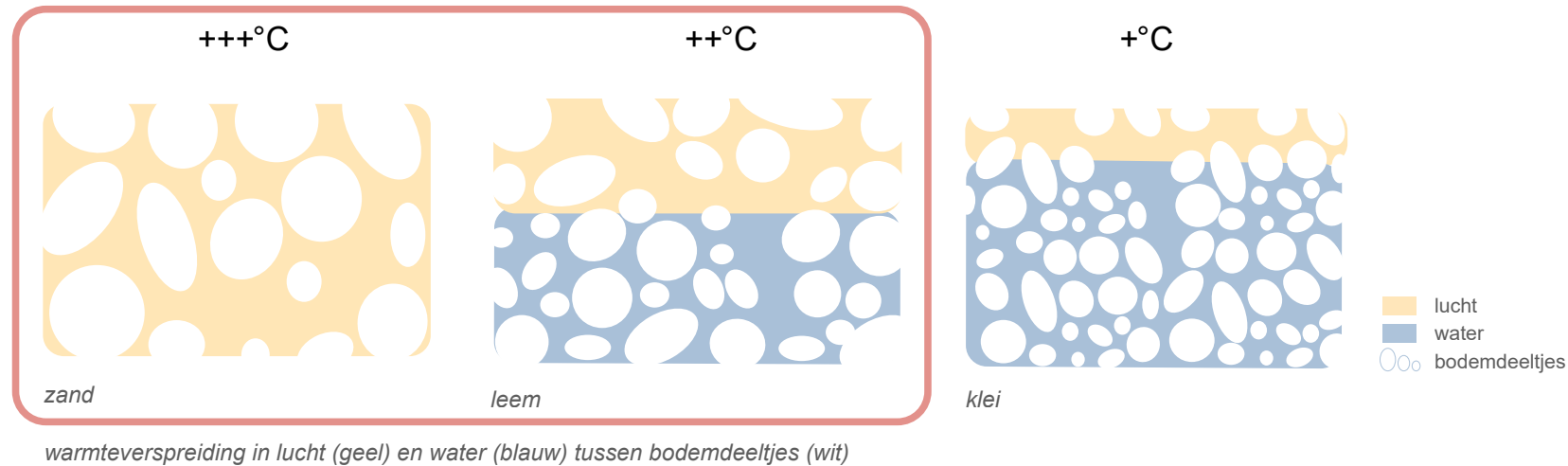
SNELLE OPWARMING EN AFKOELING

Zandgronden hebben relatief grote poriën tussen de zandkorrels. Bij droogte zit er daardoor meer lucht dan water in de bodem, waardoor de lucht snel opwarmt en op zijn beurt de zandkorrels verwarmt. Dit effect is sterk afhankelijk van het bodemvochtgehalte: hoe droger de bodem, hoe meer lucht er aanwezig is en hoe sneller de temperatuur stijgt. Door het gebrek aan water kan deze warmte niet verdampen. Dit kan de oppervlaktetemperaturen snel en intens verhogen tijdens warme dagen, tot wel 50°C en meer. Wanneer de luchttemperatuur en straling van de zon 's nachts verdwijnt kan de zandgrond echter sneller afkoelen dan bv. klei waar veel water en dus ook warmte tussen de korrels zit.

Lemige gronden warmen trager op in vergelijking met zand, door de hogere hoeveelheid water tussen de leemdeeltjes dan die van zand. Dit komt omdat de openingen tussen de leemdeeltjes kleiner zijn. Het water zal de luchttemperatuur overnemen, deels verdampen en verspreiden naar diepere waterlagen. Door het geleiden van de temperatuur zijn de grondtemperaturen minder intens dan zandgrond en is de opwarming trager.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Demer een stijging van 8 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).



Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van bossen en boomrijke gebieden leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- ...

HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

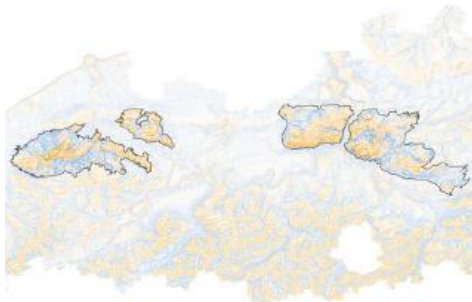
oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

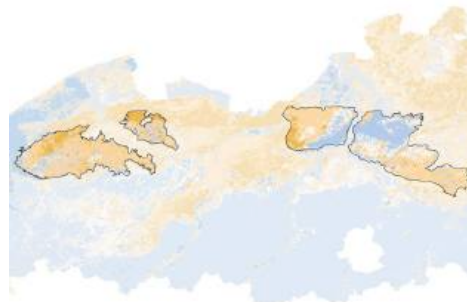


- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

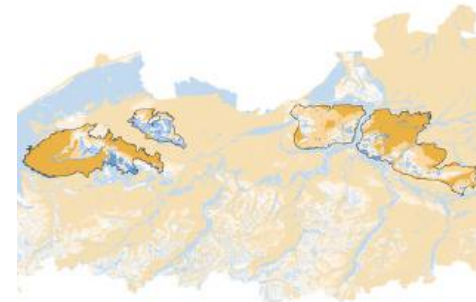


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zwarte klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.

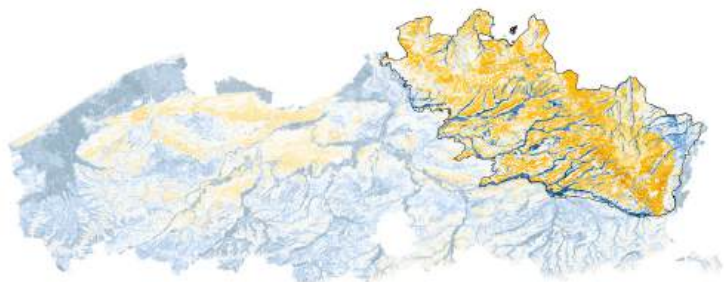


- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

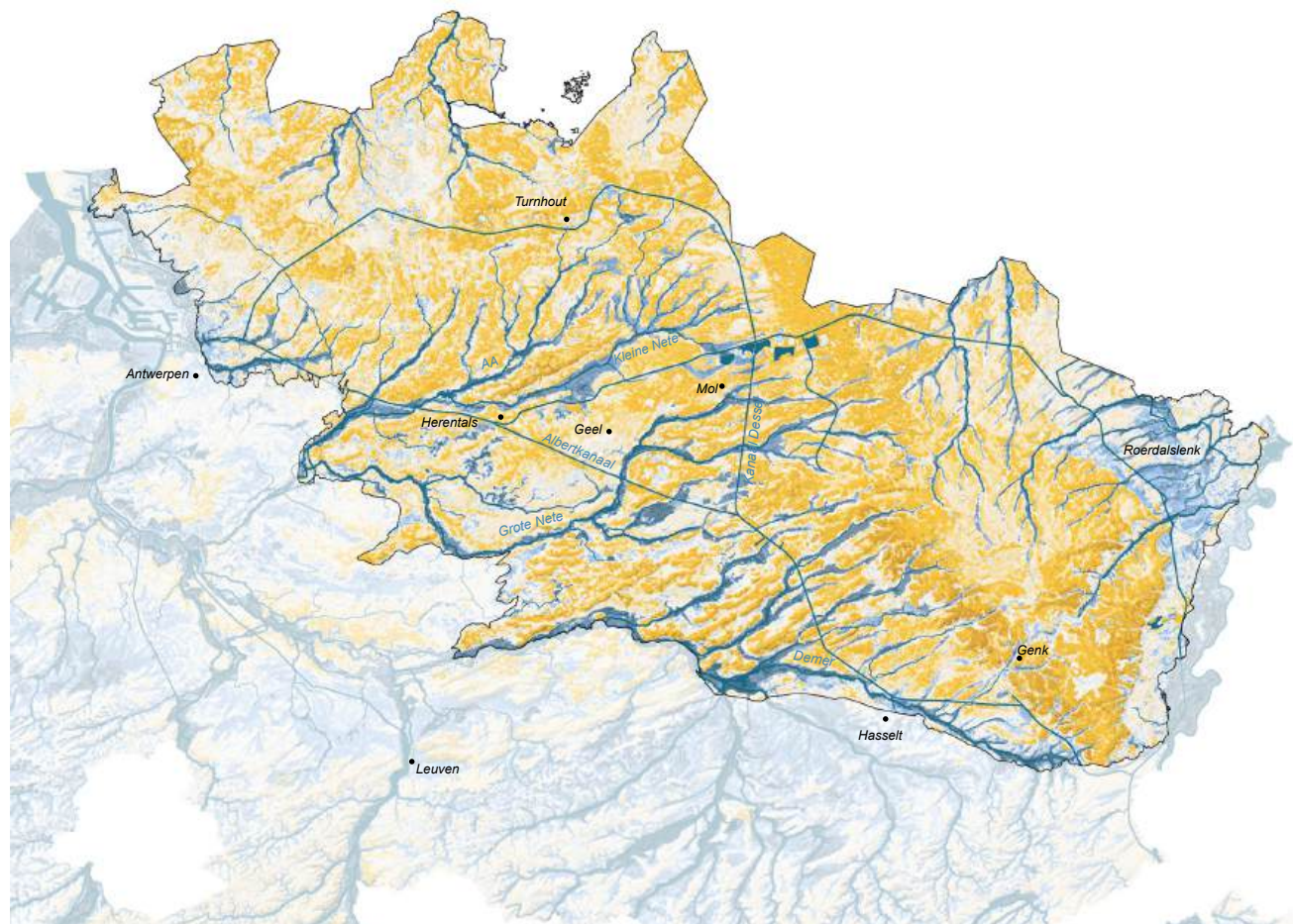
05 - KEMPEN

SITUERING



Hét kenmerk van de Kempen zijn de zanderige bodems. Het dikke zandpakket, tot meer dan 100 meter, wordt onderaan begrensd door de zeer weinig doorlatende Boomse Klei, die zo'n 30 miljoen jaar geleden werd afgezet toen de Noordzee ons land ver overspoelde. Het zand zelf werd tussen 25 en 2,5 miljoen jaar geleden afgezet in een ondiepere zee. Ook tijdens de recente ijstijden werden de oudere mariene lagen nog bedekt door een dun dekentje van zand aangevoerd door de kille wind uit het noorden. Het zand laat water goed door, behalve op plekken waar bescheiden ondiepe kleilagen dit lokaal tegenhouden, zoals in het noorden van de Kempen.

Het landschap is overwegend vlak, maar er zijn ook duidelijke hoogteverschillen. Zo zijn er hogere gebieden, zoals het Kempisch Plateau, waar het Nationaal Park Hoge Kempen is gelegen. Maar we herkennen ook de ijzerzandsteenheuvels in het zuiden van de Kempen. De Grote Nete en Kleine Nete meanderen op hun beurt door het rivierduinenlandschap van de Kempen. Ze ontspringen op het hoger gelegen Kempisch Plateau en stromen via een aantal zijrivieren en beken door de lager gelegen gebieden naar de getijdengevoelige Rupel. In het oosten van de regio herkennen we de Roerdalslenk, een actieve structuur begrensd door diepe breuken die het landschap nog steeds doen zakken. Deze lager gelegen plek is opgevuld met afzettingen van de Maas en de Rijn. De rivierterrassen van de Maas zijn nog duidelijk zichtbaar naast het Kempisch plateau.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

blauwe grond

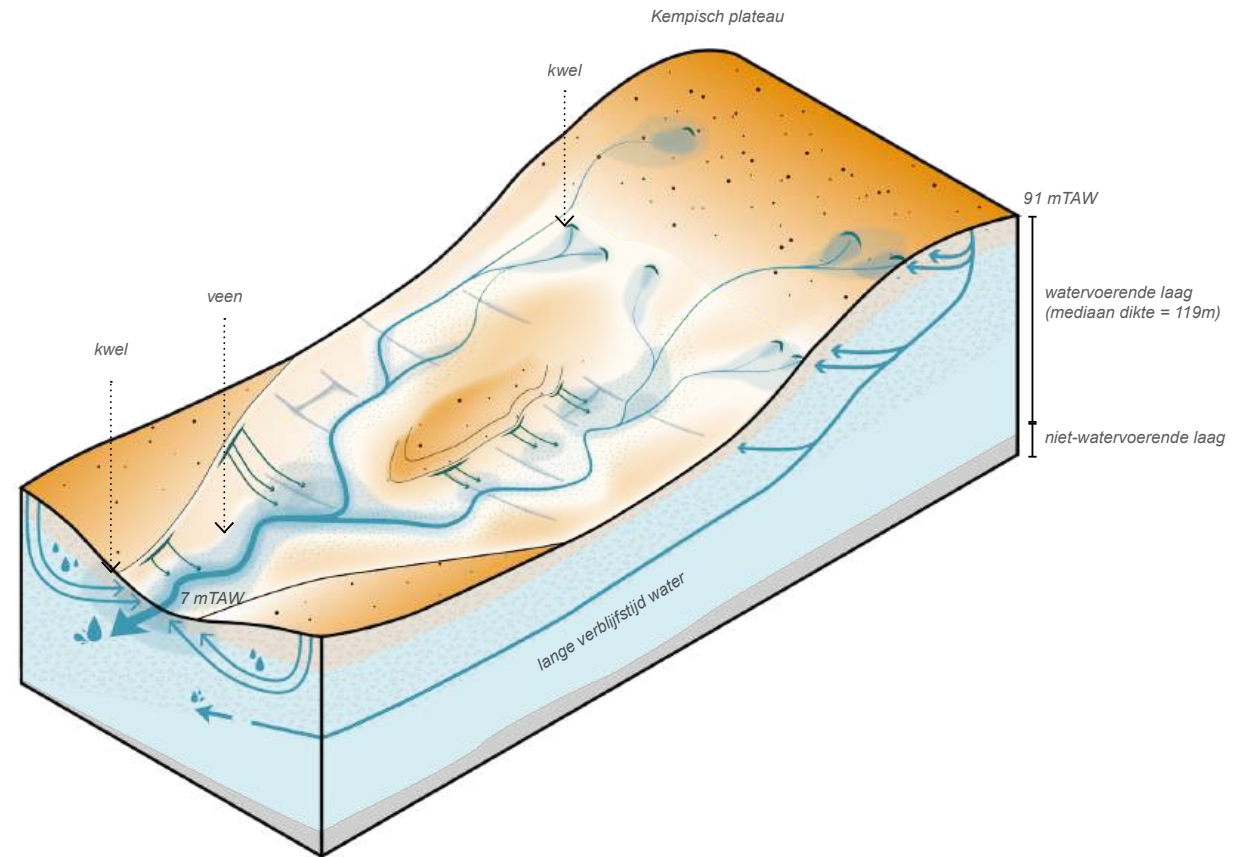
WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Als een regenwaterdruppel op het Kempisch Plateau valt, infiltreert hij in de bodem en komt hij terecht in de dikke watervoerende laag. Eens aangekomen in het grondwater, stroomt de druppel ondergronds als kwel uit de rand van het plateau, waar hij via bronnetjes aan de oppervlakte komt. Vervolgens stroomt hij via beekjes naar de Grote en Kleine Nete of de Demer.

Niet alle druppels komen in deze Kempische rivieren terecht. Sommigen stromen dieper ondergronds en komen uiteindelijk rechtstreeks in de Schelde of de Maas terecht.

Historisch zijn een groot deel van de valleigebieden in deze ecoregio in het voor- en najaar te nat om aan landbouw te kunnen doen. Daarom zijn veel drainagegrachten gegraven. Deze grachten laten het grondwater versneld wegstromen.

Het langer ondergronds vasthouden van dit belangrijke zoetwater is essentieel om voldoende water te hebben om steeds langer durende droogteperiodes te overbruggen. Het honderden meters dikke zandpakket, dat op een laag Boomse klei rust, vormt een cruciale waterbron voor onze natuur, drinkwater, en proceswater voor industrie en landbouw.



RELIËF DOORGRONDEN

GROTE RELIËFVERSCHILLEN

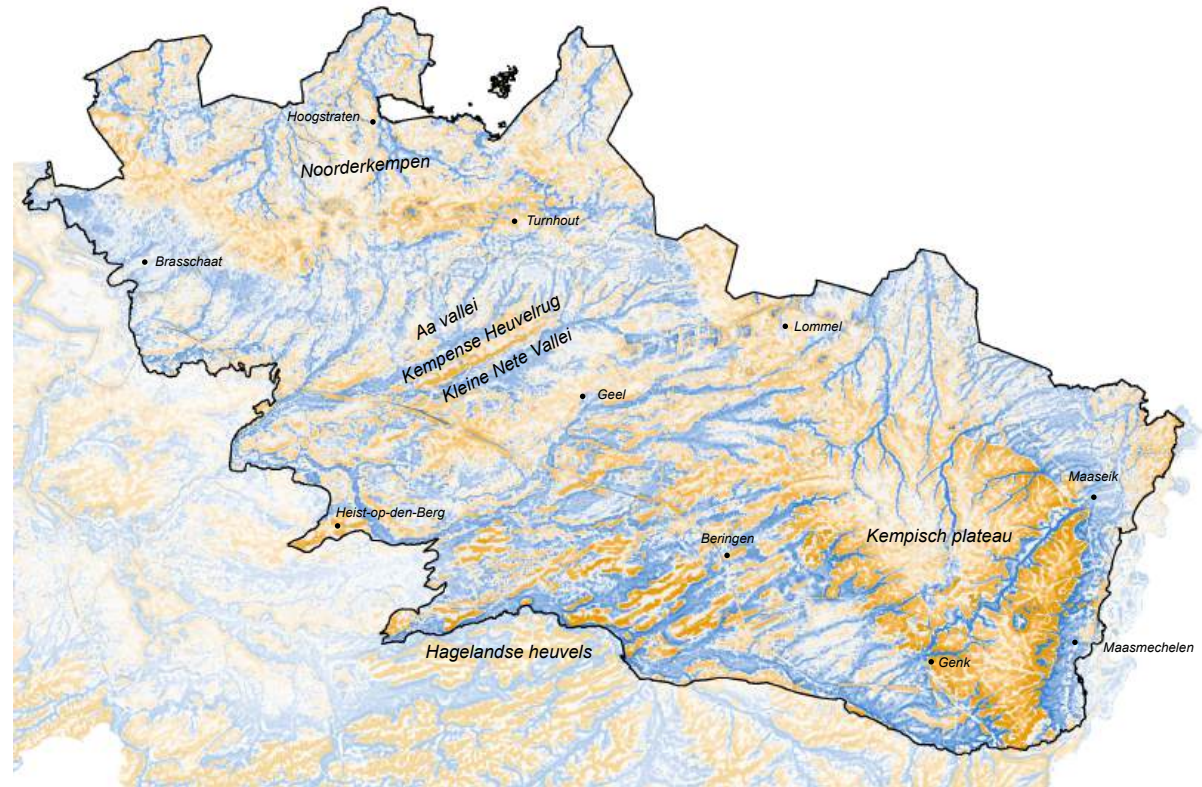
Het reliëf van de Kempen speelt een belangrijke rol in het functioneren van het watersysteem, met name in de interactie tussen infiltratiezones waar grondwater de grond indringt en kwelzones waar grondwater weer bovenkomt. De regio wordt gekenmerkt door duidelijke hoogteverschillen, zoals het Kempisch Plateau in het oosten en de Hagelandse heuvels in het zuiden.

De Noordzee trok in de voorbije 20 miljoen jaar geleidelijk noordwaarts terug, waardoor de oudste reliëfelementen in zuiden liggen: de Hagelandse heuvels. Deze werden ongeveer 10 miljoen jaar geleden gevormd, door sterke getijdenstromingen die de huidige langwerpige zuidwest-noordoost oriëntatie van de heuvels bepalen. Bij het terugtrekken van de Noordzee reageerde het aanwezige ijzer in het zand met zuurstof, waardoor het zand tot erosiebestendige ijzerzandsteen aaneengekit werd en de heuvels de tand des tijds konden doorstaan. Toen zes miljoen jaar geleden de zee verder was teruggetrokken werden de heuvels van Heist-op-den-Berg en Beerzel gevormd. Nog later, rond 3 miljoen jaar geleden, bevond de kustzone zich reeds ter hoogte van de Kempische Heuvelrug, waar eveneens dikke ijzerzandsteenbanken konden vormen. Ten slotte bevond de kustvlakte zich aan het begin van de ijstijden, ongeveer 2 miljoen jaar geleden, in de Noorderkempen waar de Kempense Klei werd afgezet.

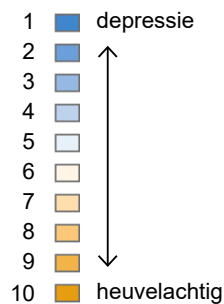
Gedurende de ijstijden stond de zeespiegel tot wel 100 meter lager dan vandaag en werd het landschap geboetseerd door diepe rivierinsnijding. In Limburg stroomden zo de Rijn en de Maas, die heel wat grof zand, grind en zelfs grote rotsblokken aanvoerden vanuit de Vogezen en de Ardennen. Al dat puin werd afgezet in een waaierachtige vorm, waarvan het hooggelegen Kempisch Plateau nu nog een restant vormt.

Subtielere hoogteverschillen in het landschap zijn vaak het resultaat van rivierwerking en zandduinen. Na het einde van de laatste ijstijd, warmde het klimaat op en konden in de moerassige valleien van de meanderende rivieren veenlagen worden gevormd, typisch voor de Kempen.

De hoger gelegen zones in de Kempen, met hun doorlatende zandgronden, hebben een grote capaciteit om regenwater te laten infiltreren en zo het grondwater aan te vullen. Het grondwater in de hoger gelegen zones stroomt vervolgens ondergronds naar de lager gelegen valleigebieden en depressies in het landschap, waar het als kwelwater weer aan de oppervlakte kan komen, om zo de rivieren continu van water te voorzien.



score

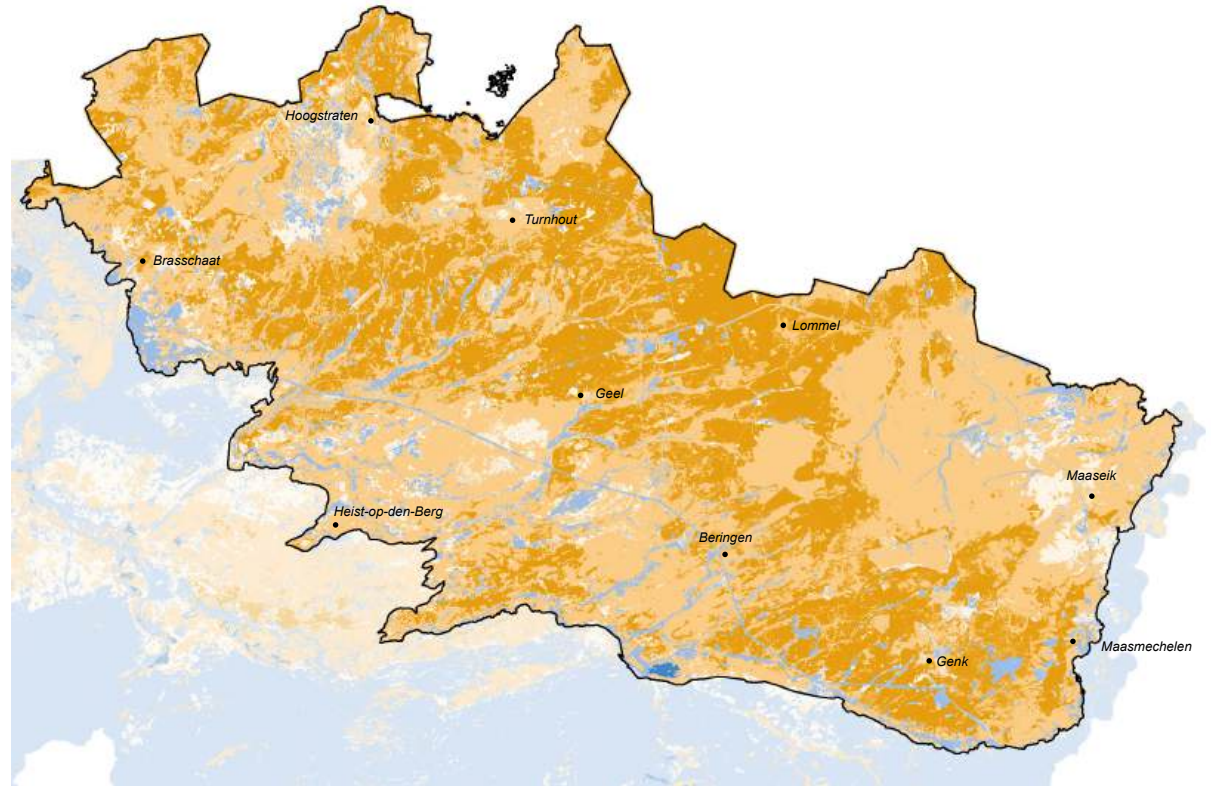


BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**HOGЕ INFILTRATIE**

De regio heeft een gunstige bodemtextuur voor infiltratie, dankzij de zandige tot lemig-zandige toplaag. Zandige bodems bestaan uit relatief grote korrels, wat leidt tot grotere poriën. Deze poriën maken het mogelijk dat water snel in de bodem zakt, wat resulteert in een hoge infiltratiesnelheid.

In de beek- en rivierdalen daarentegen is de infiltratiecapaciteit lager. Hier bestaat de bodem voornamelijk uit lemige gronden en kleiige afzettingen, die tijdens overstromingen van beken en rivieren zijn afgezet. Deze afzettingen zijn fijner van structuur en minder doorlatend. Hierdoor stroomt water minder gemakkelijk de ondergrond in.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwaterafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



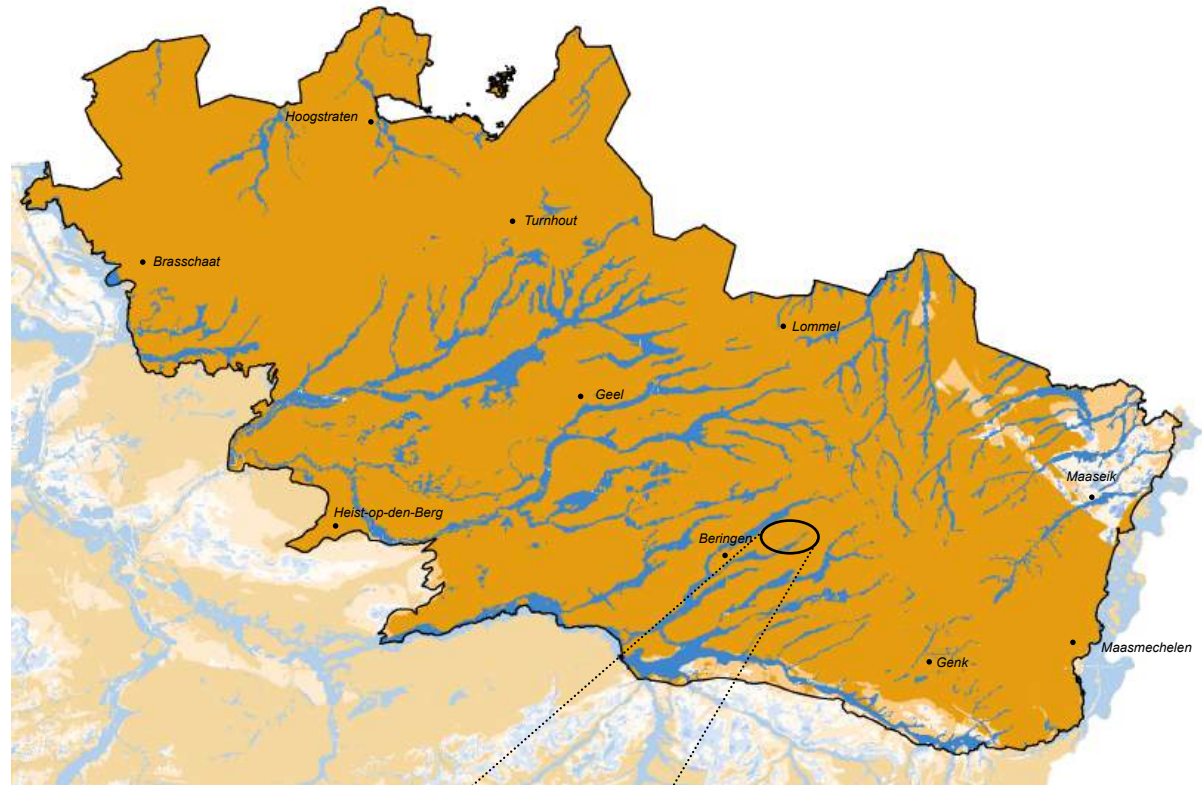
hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**BIJZONDER DIKKE WATERVOERENDE LAAG**

Zowel de bodem als de diepere ondergrond in de Kempen bestaan uit zand. Deze zandlagen vormen samen een bijzonder dikke watervoerende laag, met een mediaandikte van 108 meter, de dikste van Vlaanderen. Door deze grote dikte is er een aanzienlijke ondergrondse waterberging. Het water wordt niet afgesloten door een ondoordringbare laag, maar beweegt zich onder invloed van de zwaartekracht en komt vaak als kwel aan de oppervlakte in lager gelegen valleien. Het reliëf speelt hierbij een belangrijke rol in hoe de waterstromen zich bewegen.

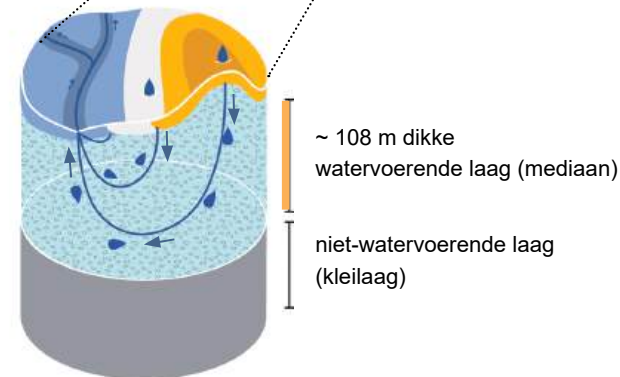
Vanaf een dikte van 10 meter of meer heeft extra dikte echter geen significante invloed meer op droogte, overstromingen of hitte. Daarom toont de kaart weinig verschil met andere regio's, terwijl de regio Kempen in werkelijkheid een veel dikkere watervoerende laag heeft.

De enige blauw aangeduide delen op de kaart zijn de riviervalleien. In deze valleien komen minder doorlatende lagen voor binnen een dikker watervoerend pakket. Na de laatste ijstijd kwamen afgestorven plantenresten in deze valleien terecht in een zuurstofarm, waterrijk milieu. Hierdoor kon zich een veenlaag vormen.



score -afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- | | |
|----|----------------|
| 2 | 0 - 0.5 m diep |
| 4 | 0.5 - 2 m diep |
| 6 | 2 - 4 m diep |
| 8 | 4 - 10 m diep |
| 10 | > 10 m |



doorgronding Kempen

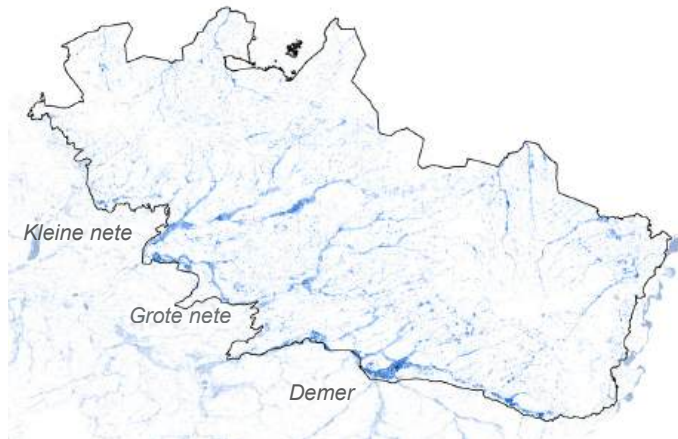
KLIMAATIMPACT**BEPERKTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

In de Kempen zijn zandige gronden kenmerkend. Deze gronden kennen een hoge infiltratiecapaciteit, wat betekent dat regenwater relatief snel door de bodem kan sijpelen. Wanneer de bodem na intensieve buien toch verzadigd raakt, stroomt het water snel af. Ook neerslag die valt op landbouwpercelen of in verstedelijkt gebied en daar infiltreert, komt deels snel terecht in lokale grachtenstelsels. Het laaggelegen valleigebied, waar waterlopen nog weinig ruimte hebben om op een natuurlijke manier te overstromen, is daardoor extra kwetsbaar voor overstromingen.

Dit is zichtbaar op de kaart, met name in de valleien van de Kleine en Grote Nete en de Demer.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een toename tot 12 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van de Kleine en Grote Nete (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

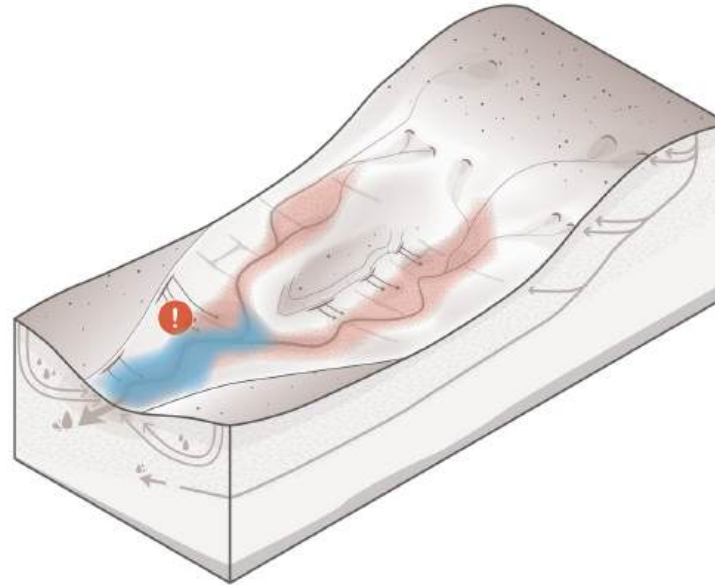


overstroombaar gebied

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- Ontvening vermindert de sponswerking van het landschap, waardoor neerslag minder goed wordt vastgehouden en sneller afstroomt.
- ...



overstromingsgevoeligheid

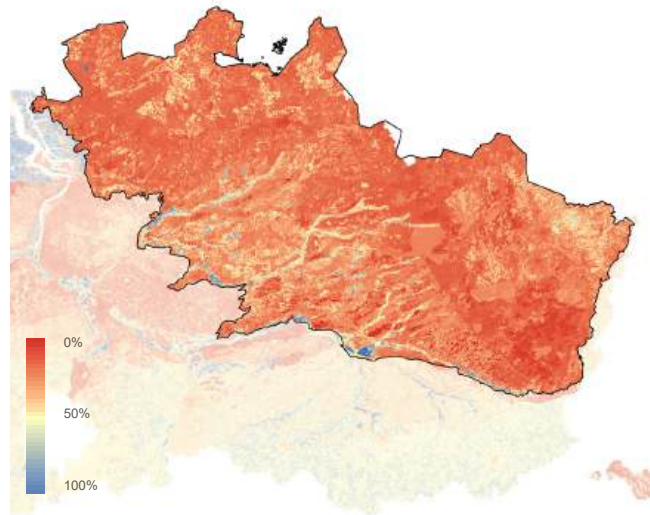
Wanneer de bodem na intensieve buien toch verzadigd raakt, stroomt het water snel af. Het laaggelegen valleigebied, waar waterlopen nog weinig ruimte hebben om op een natuurlijke manier te overstromen, is daardoor extra kwetsbaar voor overstromingen.

GEVOELIG VOOR DROOGTE

Hoewel de infiltratie snel is, heeft een zandige toplaag ook een beperkte capaciteit om water vast te houden. Water zakt snel door naar diepere lagen, waardoor de bodem snel uitdroogt. Dit maakt zandgronden gevoeliger voor droogte. Alleen in de beekdalen is er sprake van een gemiddeld bodemvochtgehalte. In deze riviervalleien wordt van nature veen gevormd, dat veel CO₂ vasthoudt en dus niet mag uitdrogen.

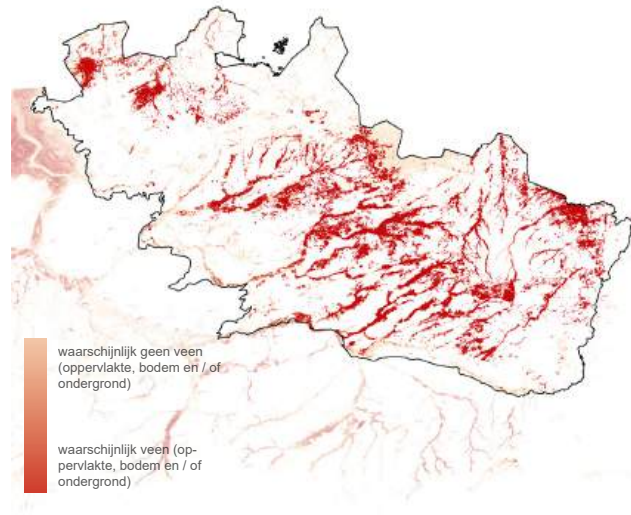
Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Grote Nete een toename van 12 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).



relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

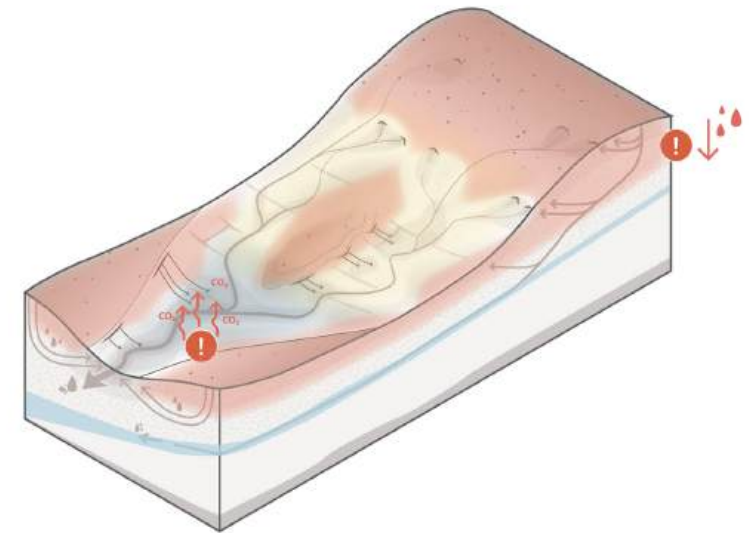


veenwaarschijnlijkheid

Veenwaarschijnlijkheid (DOV). Waarschijnlijkheid van het voorkomen van veen als oppervlakteveen, in het bodemprofiel en/of in de ondiepe ondergrond (1.5–10 m). De kaart toont de waarschijnlijkheid van het voorkomen van ten minste één van deze drie types veen.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve grondwaterwinning verlaagt de natuurlijke grondwaterstand, waardoor minder water beschikbaar blijft voor natuur en landbouw.
- Intensieve veehouderij en landbouw vragen veel water en leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- ...



droogte

Wanneer de bodem na intensieve buien toch verzadigd raakt, stroomt het water snel af. Het laaggelegen valleigebied, waar waterlopen nog weinig ruimte hebben om op een natuurlijke manier te overstromen, is daardoor extra kwetsbaar voor overstromingen.

SNELLE OPWARMING EN AFKOELING

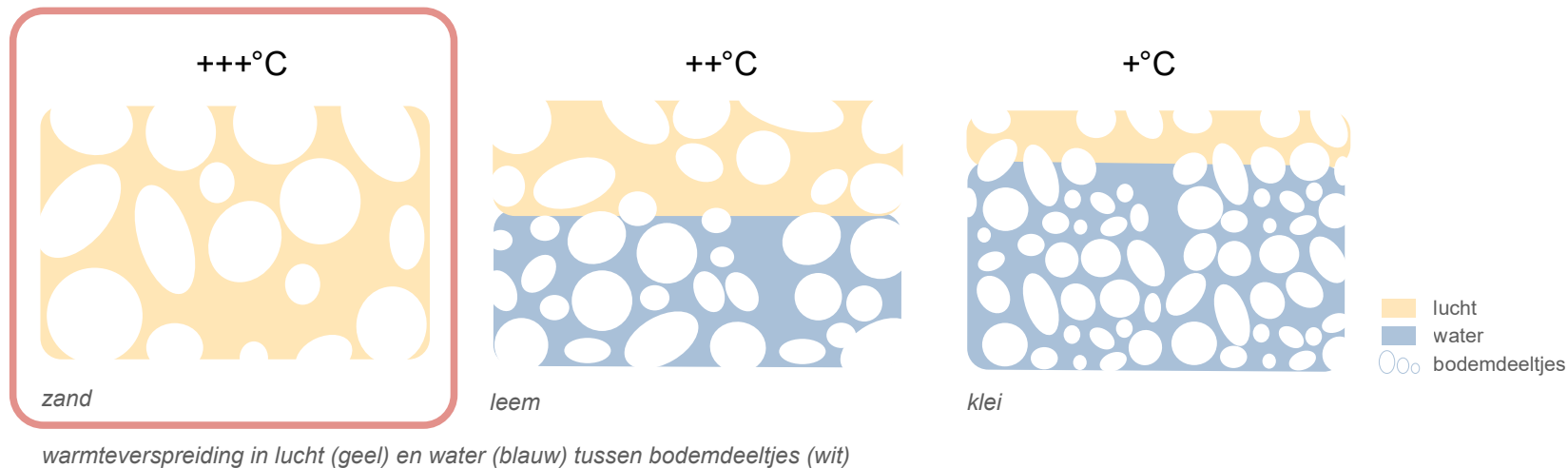
Zandgronden hebben relatief grote poriën tussen de zandkorrels. Bij droogte zit er daardoor meer lucht dan water in de bodem, waardoor de lucht snel opwarmt en op zijn beurt de zandkorrels verwarmt. Dit effect is sterk afhankelijk van het bodemvochtgehalte: hoe droger de bodem, hoe meer lucht er aanwezig is en hoe sneller de temperatuur stijgt. Door het gebrek aan water kan deze warmte niet verdampen. Dit kan de oppervlaktetemperaturen snel en intens verhogen tijdens warme dagen, tot wel 50°C en meer. Wanneer de luchttemperatuur en straling van de zon 's nachts verdwijnt kan de zandgrond echter sneller afkoelen dan bv. klei waar veel water en dus ook warmte tussen de korrels zit.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Demer een stijging van 8 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van bossen en boomrijke gebieden leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

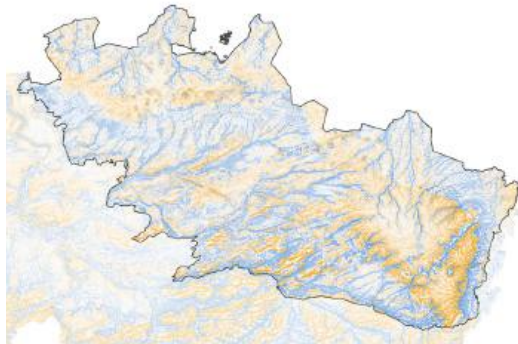
oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

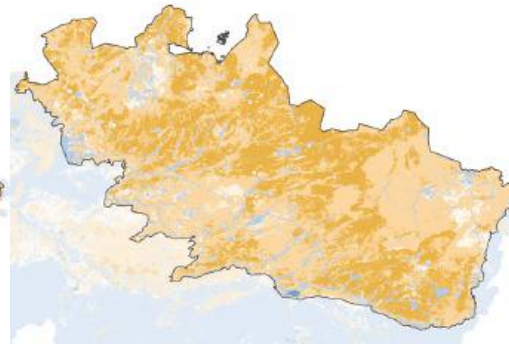


- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap,
vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

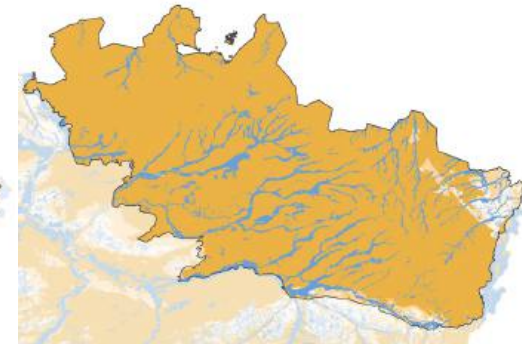


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

06 - WESTELIJKE INTERFLUVIA

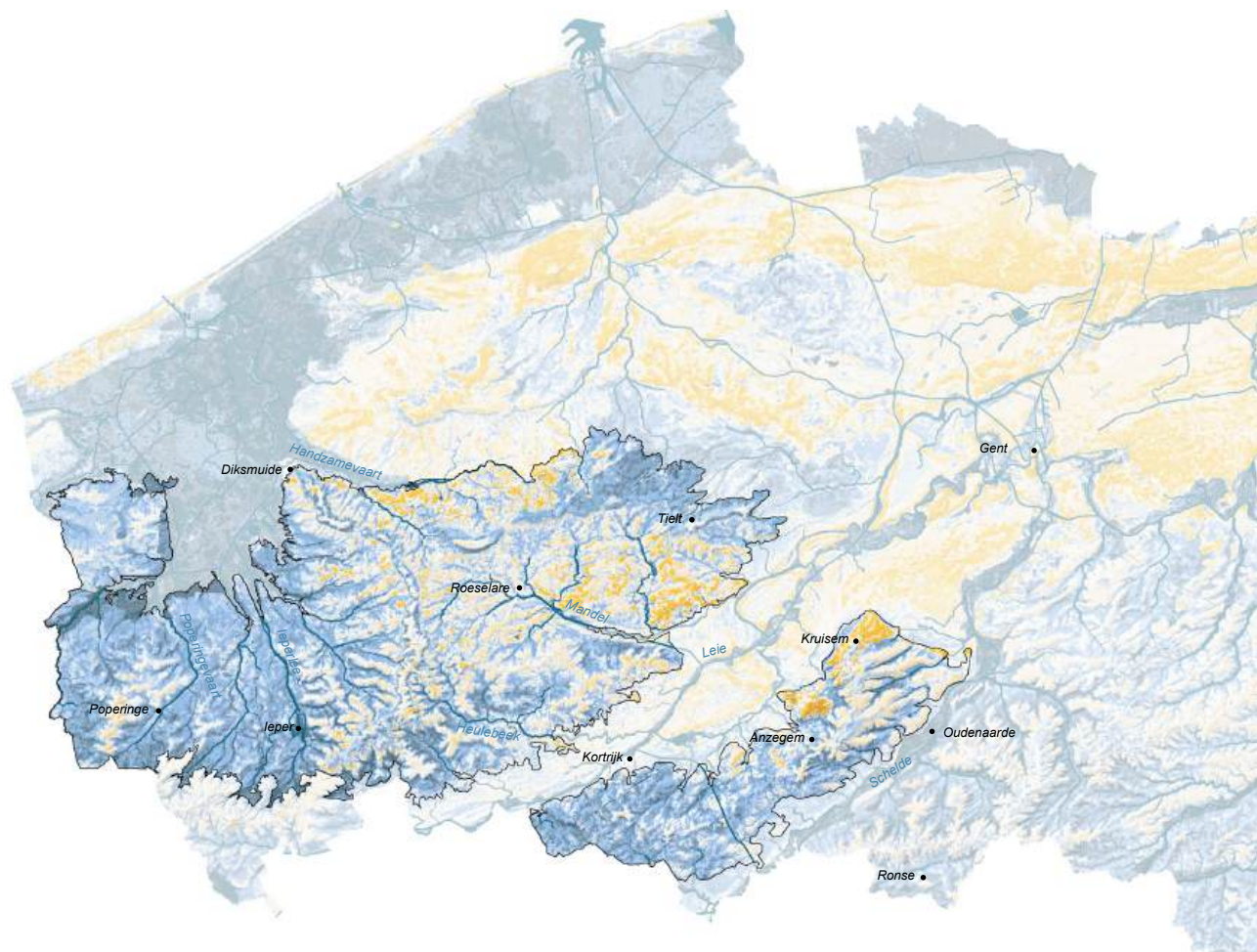
SITUERING



De Westelijke Interfluvia vormen een enigszins reliëfrijke regio in het westen van Vlaanderen. Deze streek wordt gekenmerkt door zachte heuvelruggen die zich uitstrekken tussen de grote rivieren de IJzer, Leie en Schelde. Het gebied wordt een interfluvium genoemd: een hoger gelegen zone tussen twee stroomgebieden die als natuurlijke waterscheiding fungeert.

Zo vormt een centrale heuvelkam de grens tussen het IJzerbekken en het Leiebekken. Meer naar het zuidoosten is er een tweede, smallere rug die de scheiding maakt tussen het Leie- en het Scheldebekken. De rugzone Anzegem–Kruisem is hier een herkenbaar landschapselement.

De bodemopbouw in deze regio is sterk gevarieerd: van zandige en licht zandlemige gronden tot uitgesproken lemige bodems. De toplagen zijn historisch gevormd door de aanvoer van fijne deeltjes door de wind tijdens de laatste ijstijd. Daarnaast speelden ook lokaal geërodeerd materiaal en alluviale afzettingen een rol in de opbouw van deze lagen. De veel oudere niet-doorlatende lagen schuilen doorgaans slechts enkele meters onder het oppervlak en hellen geleidelijk af van zuid naar noord, wat deels bepalend kan zijn voor de manier waarop water zich door het landschap beweegt.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

blauwe grond

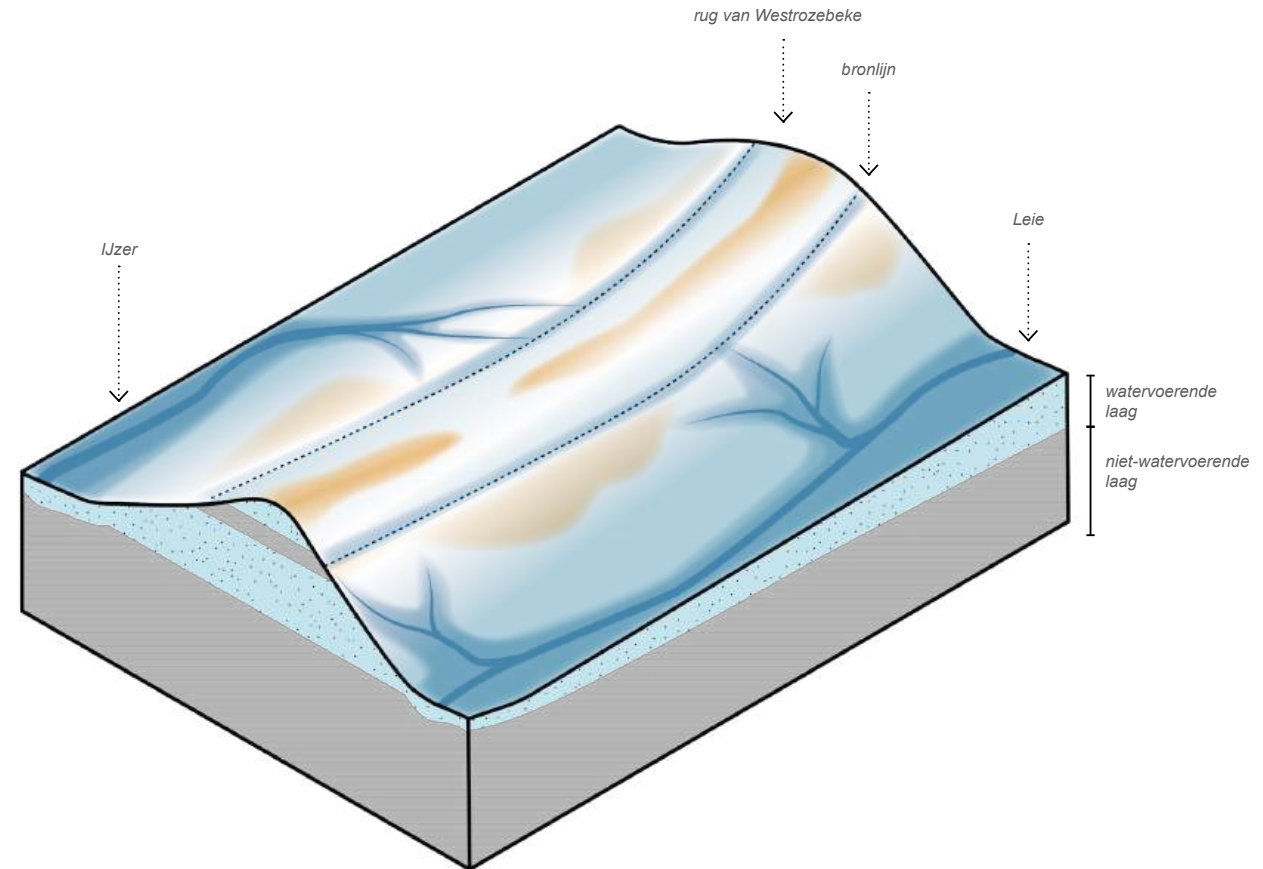
WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Het watersysteem van de Westelijke Interfluvia wordt grotendeels bepaald door het zachte reliëf en afwisseling van doorlatende en ondoorlatende lagen in de ondergrond. Als een regenwaterdruppel op de rug van Westrozebeke valt, kan hij deels infiltreren in de bovenliggende lagen. Toch verhinderen de onderliggende kleilagen een diepe doorsijpeling, waardoor veel water oppervlakkig afstroomt.

De afwatering gebeurt via een netwerk van sloten en beken. In het westen en noordwesten behoren deze tot het bekken van de IJzer, met onder meer de Kemmelbeek, Poperingebeek en Handzame als belangrijke waterlopen die rechtstreeks in de IJzer uitmonden. In het centrale en oostelijke deel stromen beken zoals de Mandel, Kortekeerbeek en Heulebeek af naar de Leie. Verder naar het zuidoosten vormen kleinere stroompjes de verbinding met de Schelde, vooral ten zuiden van de rugzone Anzegem–Kruisem.

Het landschap is enigszins reliëfrijk, met veel bovenlopen van beken die diep in de rug zijn ingesneden. Deze insnijdingen tekenen het reliëf lokaal sterk en zorgen voor een versnelde stroming. Door de beperkte infiltratiemogelijkheden en ondiepe kleilagen kan water moeilijk de bodem en diepere ondergrond indringen en wordt het vooral oppervlakkig (via beken) afgevoerd. Deze oppervlakkige afvoer van water leidt tot een verhoogde kans op erosie van de bodems op hellingen.

De combinatie van beperkte infiltratie, steile hellingen en versnipperde waterlopen maakt het gebied gevoelig voor zowel droogte als overstroming. Inzetten op waterbuffering, erosieremming en vertraagde afvoer is hier dan ook cruciaal om het systeem klimaatrobust te maken.



RELIËF DOORGRONDEN

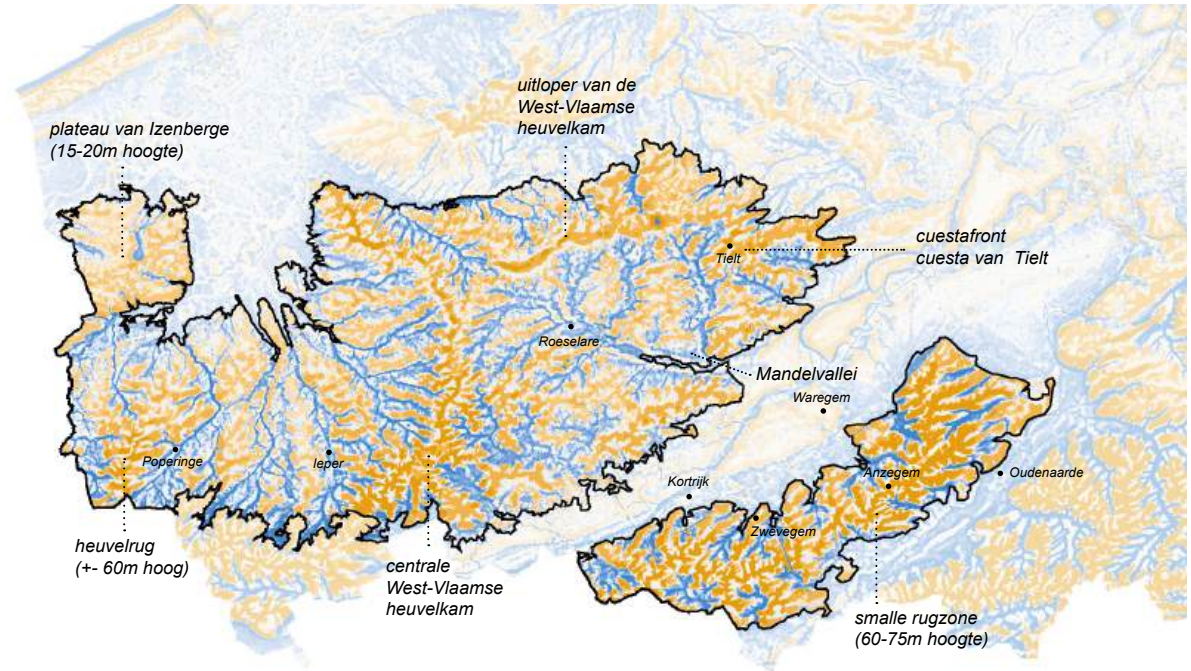
GROTE RELIËFVERSCHILLEN

Het beperkte reliëfverschil van de regio speelt een belangrijke rol in het functioneren van het watersysteem, namelijk de natuurlijke afscheiding tussen verschillende waterlopen. De regio biedt een afwisseling van depressies, valleien, ruggen, plateaus en terrassen, stijgend vanaf de IJzervallei naar het zuiden.

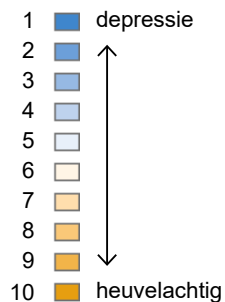
De hoogte varieert tussen 5m en 60m. Het reliëf wordt gedomineerd door de centrale rug. De rug (met toppen boven de 45m) bestaat uit een afwisseling van zandige en kleiige sedimenten. De flanken van de heuvelrug zijn sterk ingesneden door erosie en kennen heel wat beken die hier ontspringen. De meeste bronnen zijn te vinden op ongeveer 40m hoogte waar een kleiige ondoorlatende laag aan de oppervlakte komt. De heuvelrug vormt de waterscheidingslijn tussen het bekken van de IJzer en dat van de Leie.

Ten westen van de centrale heuvelkam is het landschap zwak golvend, met duidelijk ingesneden beekvalleien. In het uiterste oosten bevindt zich een vlakke, noord-zuid gerichte rug die loopt van Kruishoutem tot Wortegem. Deze rug bestaat eveneens uit een afwisseling van zandige en kleiige sedimenten en bereikt een hoogte van ongeveer 60 meter. Ze is gelegen tussen de valleien van de Leie en de Boven-Schelde.

Aan de oostzijde van de centrale heuvelkam ligt de uitloper van de West-Vlaamse heuvelkam. Deze heuvelkam vormt verder de scheiding tussen het IJzer- en Leiebekken.



score



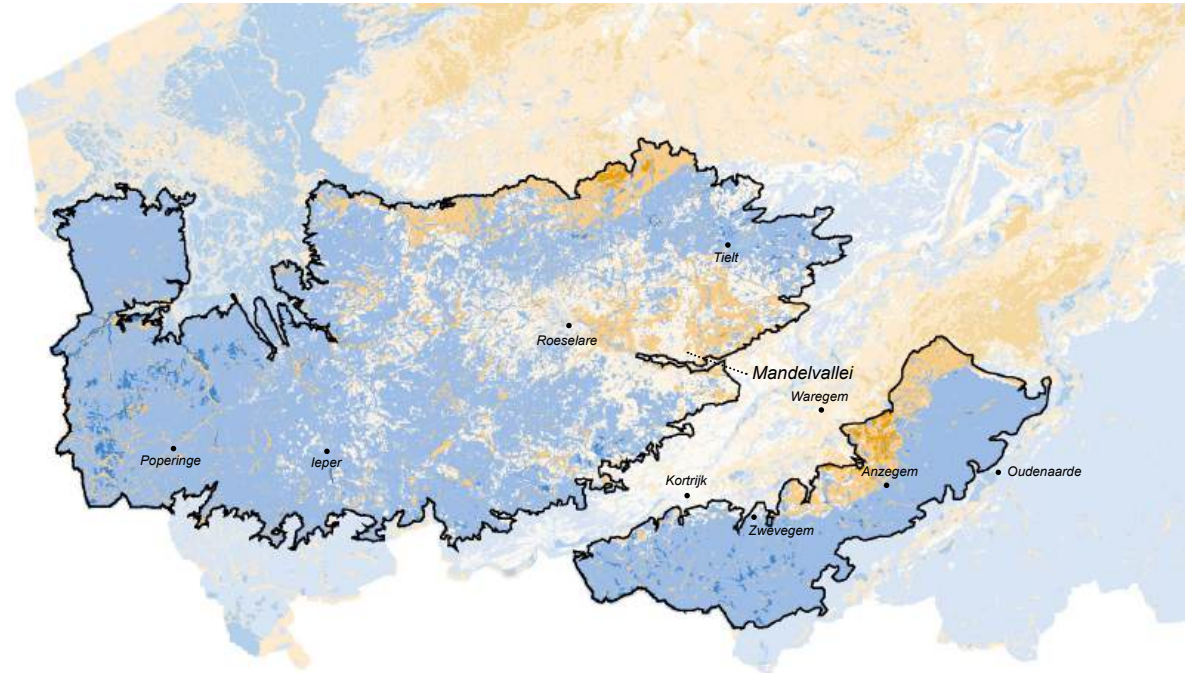
BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**BEPERKTE INFILTRATIE**

De regio heeft een gemiddelde infiltratiecapaciteit. De bovenste toplaag bestaat overwegend uit zandige en licht zandlemige texturen tot lemige bodems. De regio in het afstroomgebied van de Mandel valt op door haar lemig-zandige tot licht-zandlemige bodems, in tegenstelling tot de aangrenzende gebieden waar zandleem domineert. Onder het bovenste dekzand, bevindt zich in de Mandelvallei nog een dik pakket zandig sediment van de Vlaamse Vallei. In het noorden, tegen de polderrand, liggen enkele lemig-zandige gronden.

Zandige bodems bestaan uit relatief grote korrels, wat resulteert in grotere poriën. Deze poriën zorgen ervoor dat water snel in de bodem infiltreert, wat leidt tot een hogere infiltratiesnelheid dan bij zandleem- tot lemige gronden, die het grootste deel van deze regio bedekken.

Leembodems hebben een fijnere structuur, waarbij de bodemdeeltjes kleiner zijn dan zandkorrels. Door deze fijnere structuur dringt water minder snel door in de ondergrond. Tegelijk zorgen de specifieke eigenschappen van leem ervoor dat water beter wordt vastgehouden dan in zandige bodems. Wanneer leembodems echter eenmaal zijn uitgedroogd, is het moeilijker om ze opnieuw vochtig te krijgen dan zandbodems.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



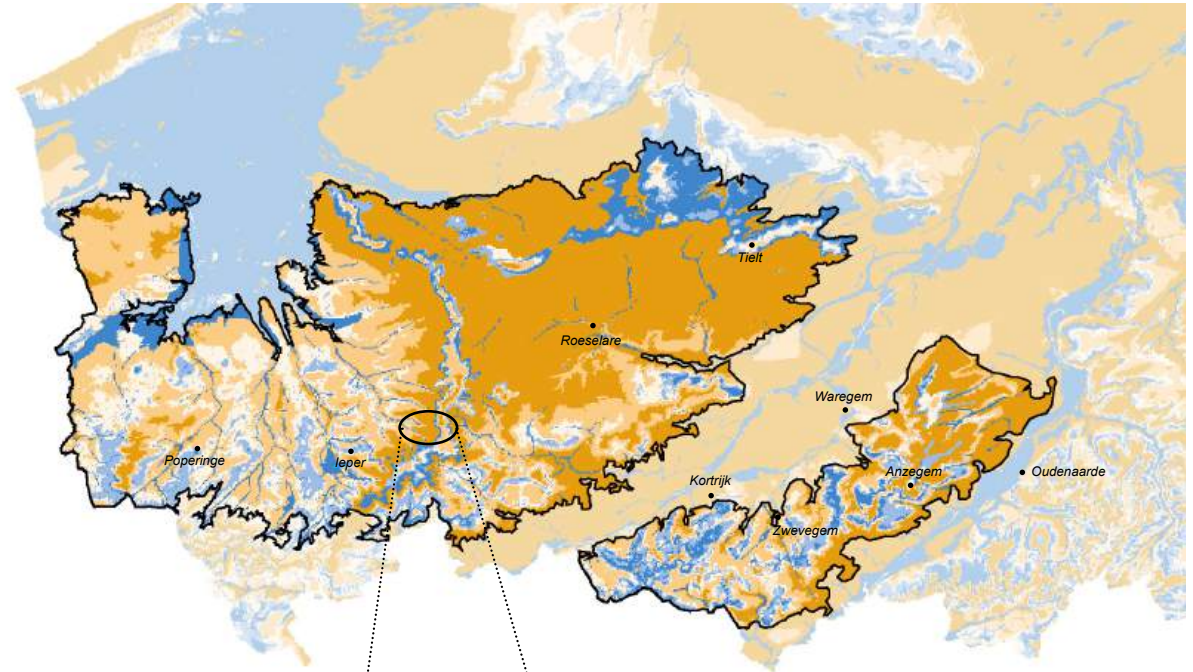
hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**GEMIDDELDE WATERVOERENDE LAAG**

Door de afwisseling van watervoerende zandlagen en beperkt waterdoorlatende kleilagen, en de uitschuring van de riviervalleien, varieert de dikte van de watervoerende laag binnen deze regio. De mediaandikte van de watervoerende laag bedraagt 7 meter.

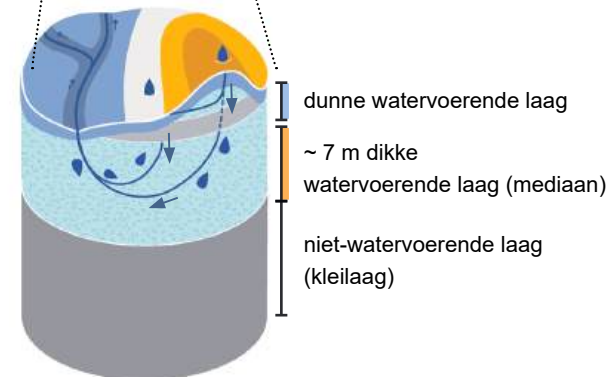
In de noordoostelijke hoek van de regio, rond Wingene, Ardoeie en Pittem, komt een ondiepe minder doorlatende laag (Paniseliaan-aquitard) voor binnen een dikker watervoerend pakket

Ten oosten van de centrale heuvelkam kent de regio een dikke watervoerende laag.



score -afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m



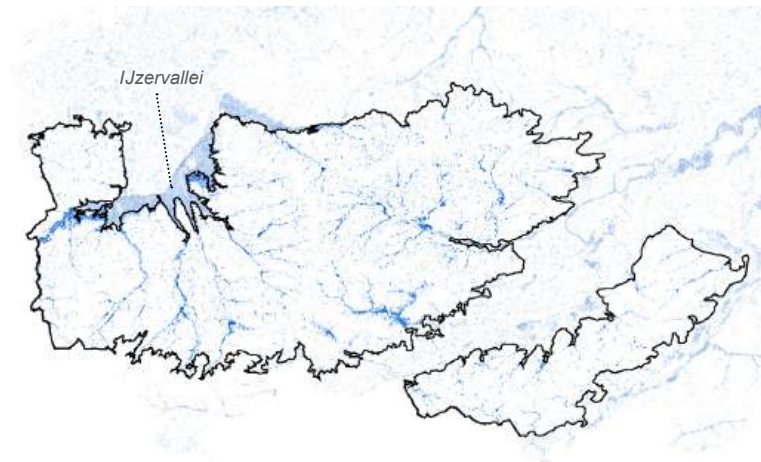
doorgronding westelijke interfluvia

KLIMAATIMPACT**BEPERKTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

Bij regenval kan het water traag infiltreren door de zandige leemlagen, maar vervolgens stagneren boven de ondoordringbare kleilagen. Deze afwisseling van zandige en kleiige lagen veroorzaakt opwellend grondwater, wat lokaal kan leiden tot natte zones. Daarnaast zorgen de reliëfverschillen in de regio voor een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen, zoals de Poperingevaart en de Kemmelbeek, die een relatief groot verval vertonen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot erosie op de hellingen en overstromingen in de valleien. Overstromingsgevoelige zones in de regio zijn onder andere de IJzervallei, de Mandelvallei en de omgeving langs de Heulebeek.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

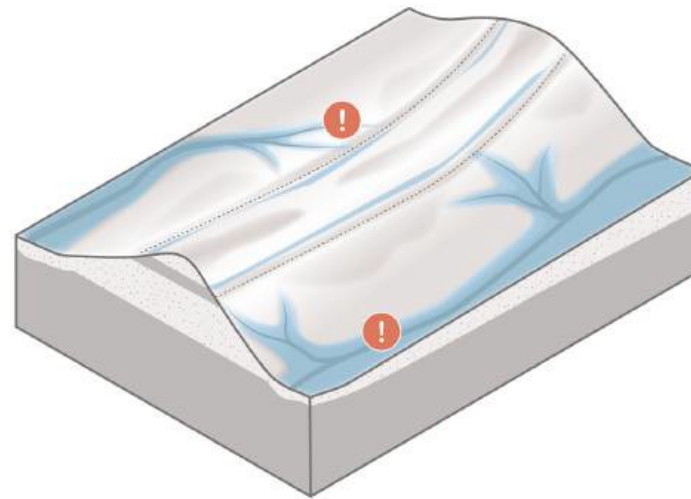
De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een toename van 10 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van de IJzer (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

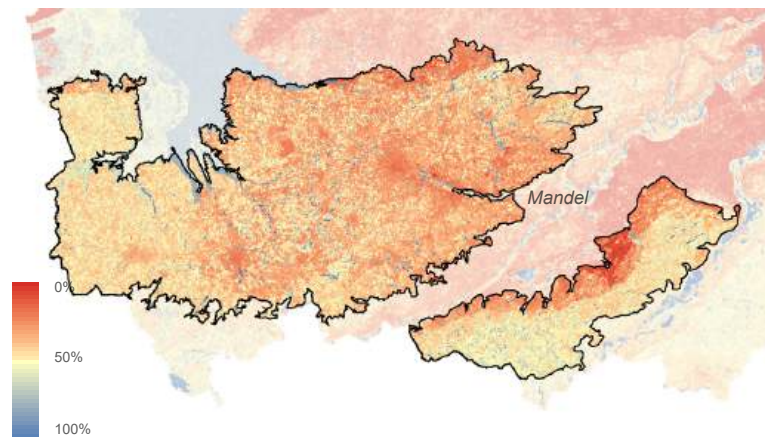
De reliëfverschillen in de regio zorgen voor een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen, die een relatief groot verval vertonen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot erosie op de hellingen en overstromingen in de valleien.

GEVOELIG VOOR DROOGTE

Leem heeft een **gemiddeld vermogen** om water vast te houden: het houdt meer vocht vast dan zandbodems, maar minder dan kleibodems. Op de kaart kleurt de regio relatief geel (gemiddeld bodemvocht) in vergelijking met andere regio's. Bij het juiste landgebruik van de bodem kunnen de effecten van droogte relatief lang uitgesteld worden. De gebieden ten zuidoosten van de Leie, van Kruishoutem tot Anzegem, en het noorden van de regio (Wingene) kleuren roder door de meer zandig-lemige tot zandige bodems. Deze zandgronden zijn gevoeliger voor droogte. Daarnaast is er in midden West-Vlaanderen door de beperkte dikte van de watervoerende laag een beperkte opslag van water waardoor de reserves sneller zijn uitgeput tijdens droge periodes.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Mandel een toename van 14 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

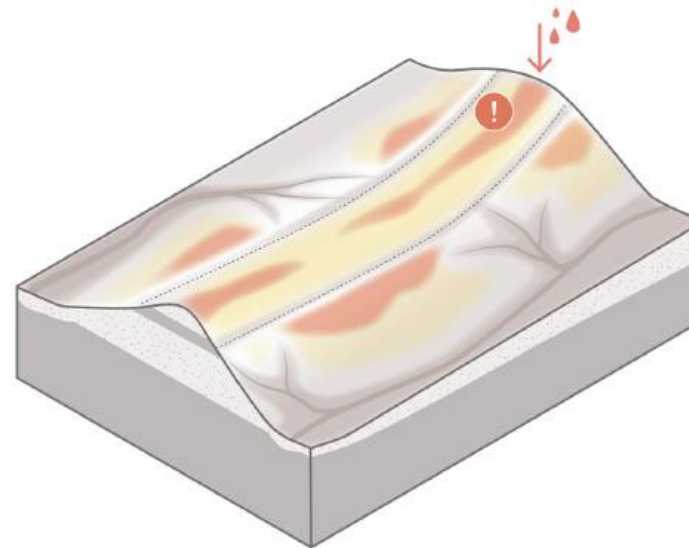


relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 (Klimaatportaal, n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve veehouderij en landbouw vragen veel water en leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- ...



droogte

De heuvelrug is gevoelig voor droogte door de beperkte dikte van de watervoerende laag. De aanwezigheid van een ondiepe kleilaag leidt tot een klein grondwaterreservoir en versnelt de afstroming van neerslag.

GEMIDDELDE OPWARMING EN AFKOELING BODEM

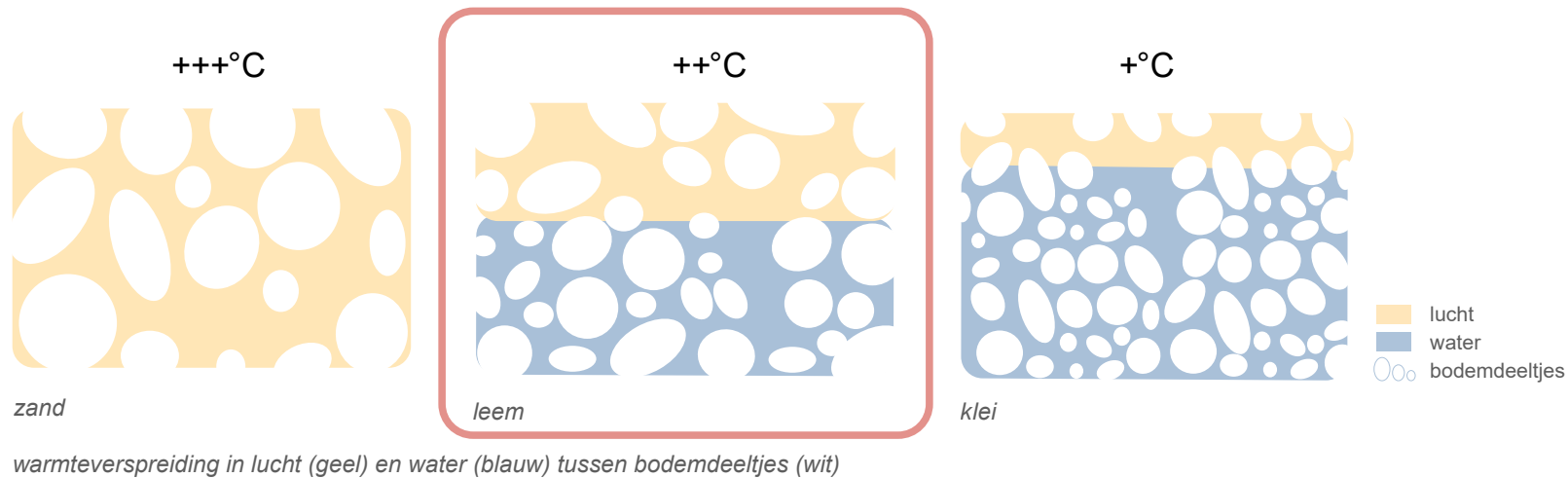
Lemige gronden warmen trager op in vergelijking met zand, maar sneller dan klei. De hoeveelheid water tussen de leemdeeltjes ligt hoger dan die van zand. Dit komt omdat de openingen tussen de leemdeeltjes kleiner zijn. Het water zal de luchttemperatuur overnemen, deels verdampen en verspreiden naar diepere waterlagen. Door het geleiden van de temperatuur zijn de grondtemperaturen minder intens dan zandgrond en is de opwarming trager. Als de luchttemperatuur 's nachts daalt, dan is het water tussen de leemdeeltjes nog warm. Maar door de blootstelling aan koudere lucht geeft het water ook hier haar warmte af.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Mandel een stijging van 13 hittegolfdagen per jaar. Als de luchttemperatuur stijgt dan stijgt ook de grondtemperatuur. Er is te weinig onderzoek gebeurt om hiervan het effect te kennen (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van bossen en boomrijke gebieden leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

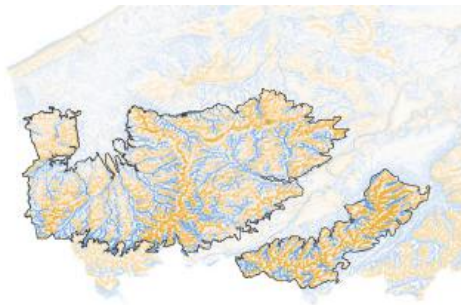
oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

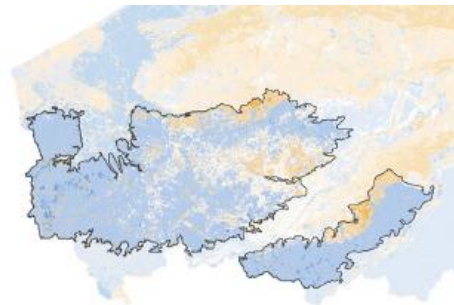


- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

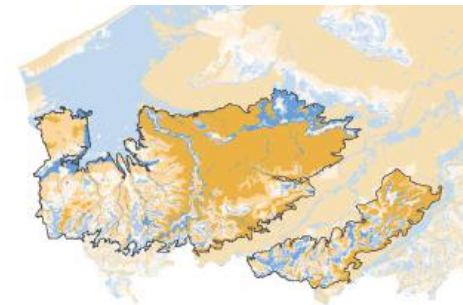


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.

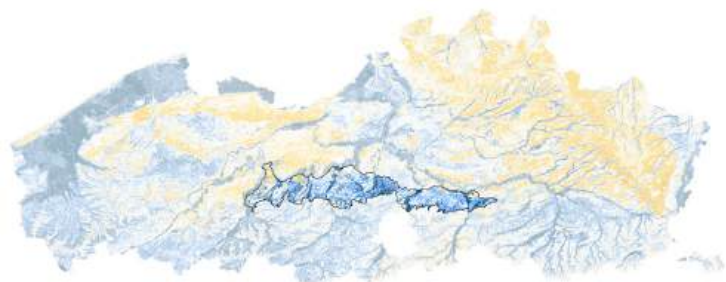


- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

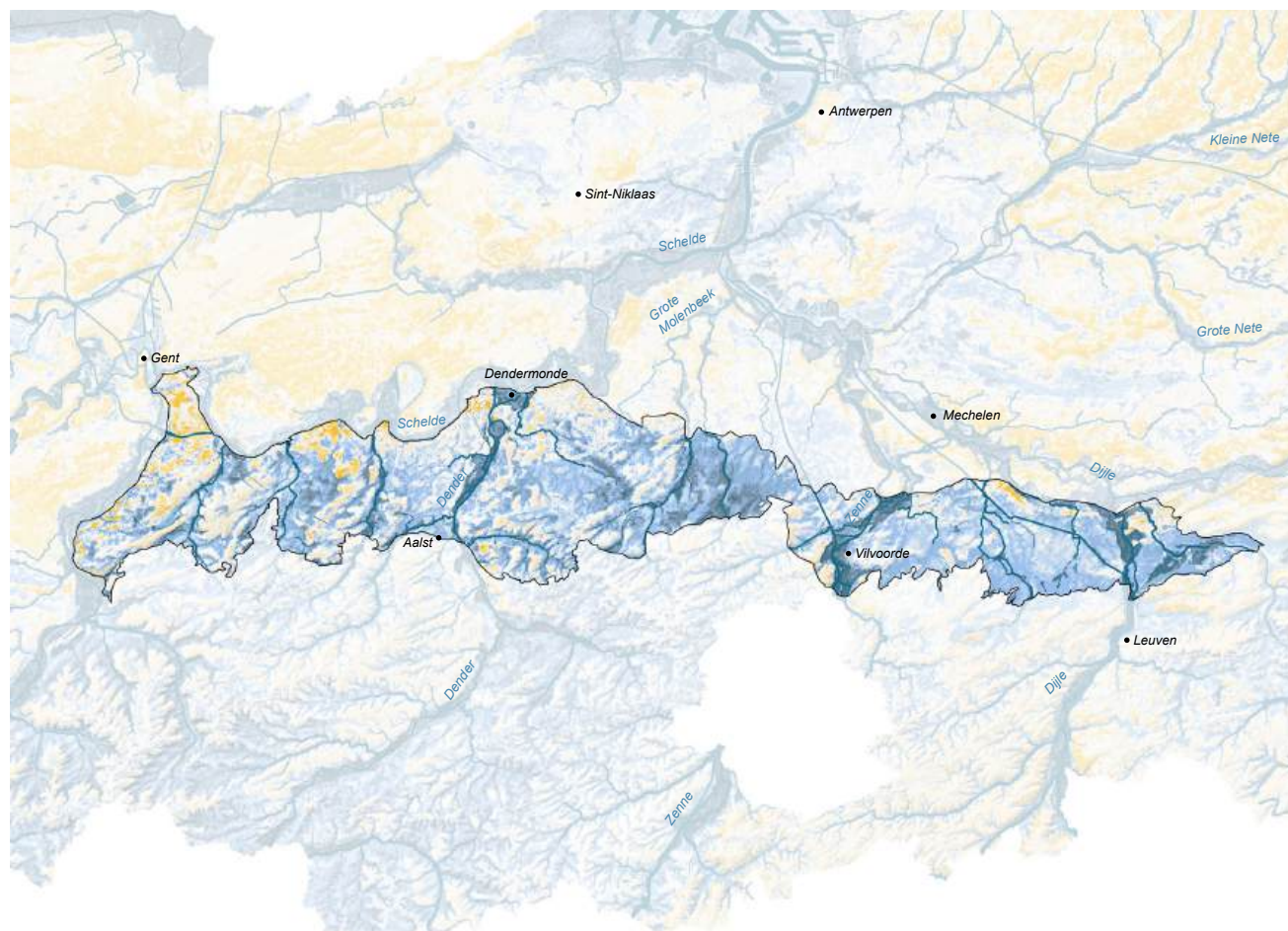
07 - MIDDEN-VLAAMSE OVERGANGSGEBIEDEN

SITUERING



De regio kan worden gezien als een overgangsgebied tussen de Pleistocene riviervalleien (de “Vlaamse Vallei”) en de zuidelijk gelegen heuvelgebieden (de Vlaamse Ardennen en het Pajottenland). Hét kenmerk van deze regio is dan ook het reliëf: er bevinden zich lage heuvelkammen, uitlopers van het zuidelijk gelegen heuvellandschap, die geleidelijk overgaan in een vlak gebied in het noorden. De Dender, Zenne en Dijle zijn de belangrijkste rivieren binnen de regio. Ze stromen van noord naar zuid richting de Schelde.

Dit glooiende landschap is bedekt met een dun zandlemig pakket dat tijdens de laatste ijstijd door de wind werd aangevoerd en zich als een dekentje over het landschap heeft gelegd. Onder het oppervlak liggen kleilagen die miljoenen jaren eerder door de Noordzee werden afgezet. Deze klei zorgt voor een dun grondwaterreservoir dat de bodem vochtig houdt, maar dat ook snel kan uitdrogen tijdens lange droge periodes.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

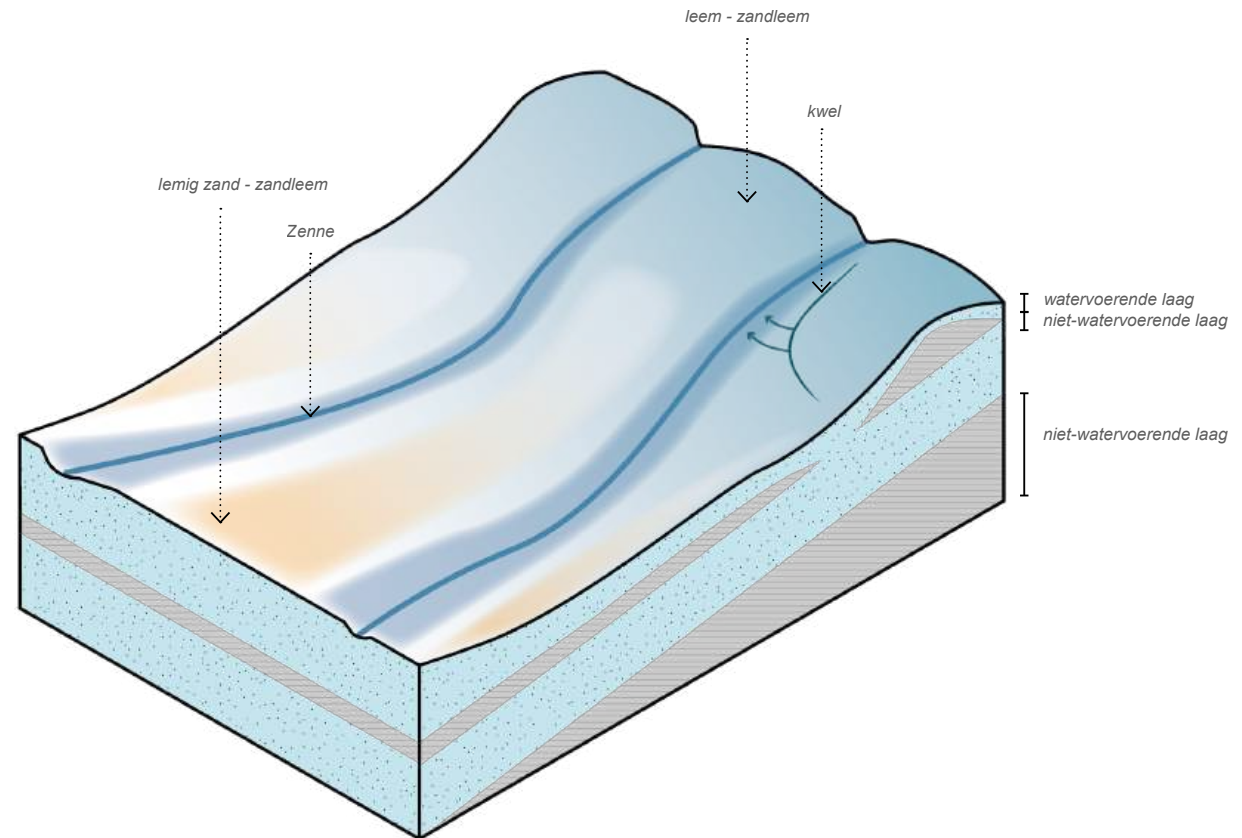
blauwe grond

WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Het watersysteem van de Midden-Vlaamse overgangsgebieden wordt grotendeels bepaald door het reliëf. Wanneer een regendruppel in de zuidelijk hoger gelegen gebieden valt, kan hij deels infiltreren in de bovenliggende bodemlagen. De onderliggende kleilagen verhinderen echter een diepe doorsijpeling, waardoor veel water oppervlakkig afstroomt.

Wanneer de druppel wel infiltreert, legt hij een traject af in de ondergrond en komt uiteindelijk via kwel terecht in één van de rivieren in het gebied.

Wanneer hoger gelegen gebieden verzadigd zijn, stroomt de druppel ondergronds als kwel uit de rand van het plateau, waar hij vervolgens verder stroomt via beekjes naar rivieren zoals de Dender, Zenne en Dijle. De meeste van deze waterlopen worden gevoed door bronnen die zich in de zuidelijke regio's bevinden, zoals de Vlaamse Ardennen.

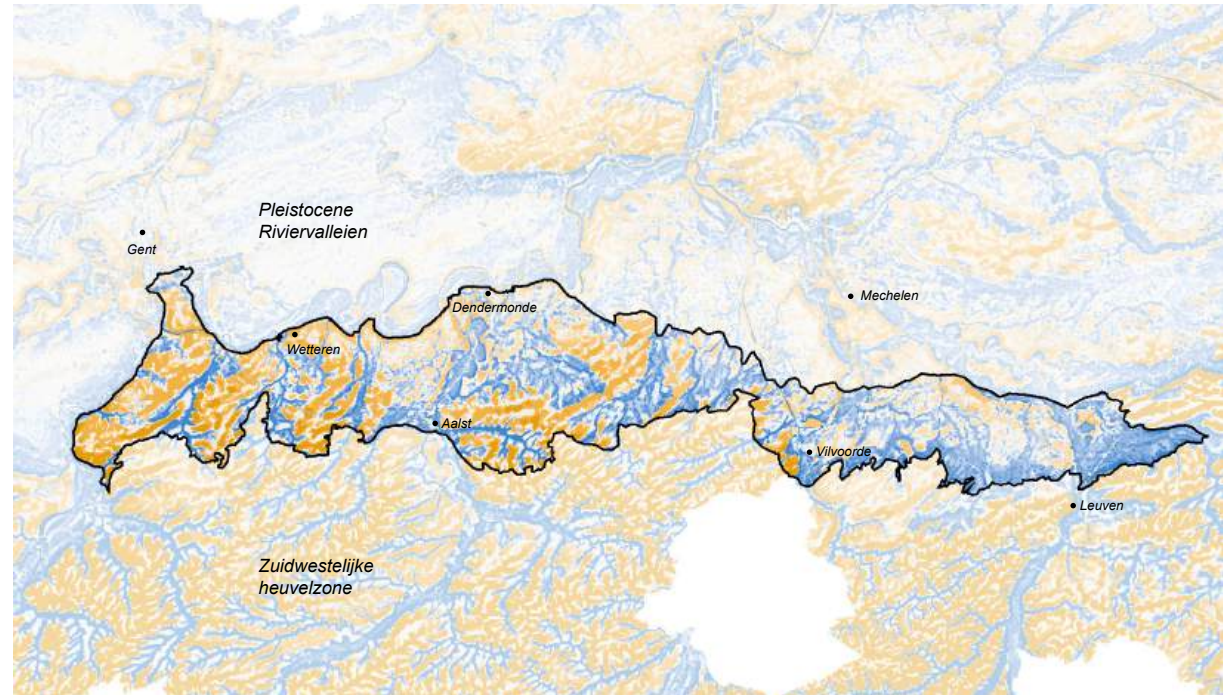


RELIËF DOORGRONDEN

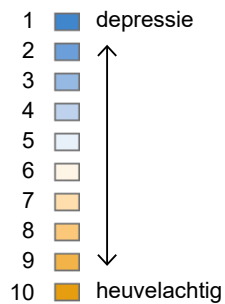
GROTE RELIËFVERSCHILLEN

Het landschap van deze regio varieert in hoogte van ongeveer 10 meter TAW in het noorden tot 60 meter TAW in het zuiden. In het zuiden komen nog enkele lage heuvelkammen voor, als uitlopers van de zuidelijk gelegen heuvelzones. Deze zijn doorgaans opgebouwd uit een afwisseling van kleiige en zandige lagen, gevormd in een periode waarin de Noordzee het land afwisselend verder en minder ver overspoelde.

De afgezette sedimenten werden door erosie aangetast, waarbij vooral de zandige lagen sterk werden uitgesleten. De kleilagen boden meer weerstand en vormden zo de heuveltoppen in het landschap. Door voortdurende erosie en afzetting van zandleem in latere perioden, is het reliëf binnen de regio geleidelijk afgevlakt. Het resultaat is een golvend landschap met een lichte daling in noordelijke richting. In het oosten van de regio is het reliëf overwegend vlak, met een zwakke, geleidelijke helling naar het noorden.



score



BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**LAGE INFILTRATIE**

De regio heeft een lage infiltratiecapaciteit. De bovenste toplaag bestaat overwegend uit zandleem. In het noorden zijn meer zandige afzettingen terug te vinden.

Leembodems hebben een fijnere structuur, waarbij de bodemdeeltjes kleiner zijn dan zandkorrels. Door deze fijnere structuur dringt water minder snel door in de ondergrond. Tegelijk zorgen de specifieke eigenschappen van leem ervoor dat water beter wordt vastgehouden dan in zandige bodems. Het water sijpelt vervolgens door naar diepere lagen, wat de aanvulling van het grondwater bevordert. Wanneer leembodems echter eenmaal zijn uitgedroogd, is het moeilijker om ze opnieuw vochtig te krijgen dan zandbodems.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



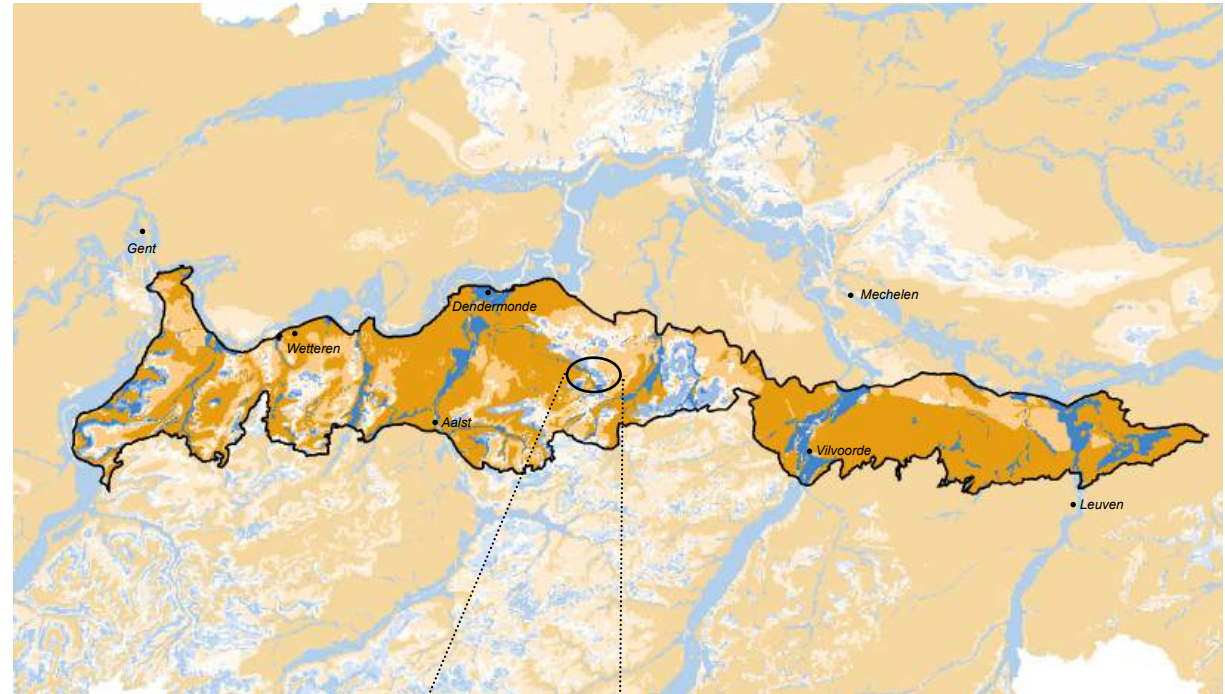
hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**DIKKE WATERVOERENDE LAAG**

Door de afwisseling van watervoerende zandlagen en ondoordringbare kleilagen, en door de uitschuring van de riviervalleien varieert de dikte van de watervoerende laag. Dit is goed zichtbaar op de kaart, vooral aan de westelijke zijde.

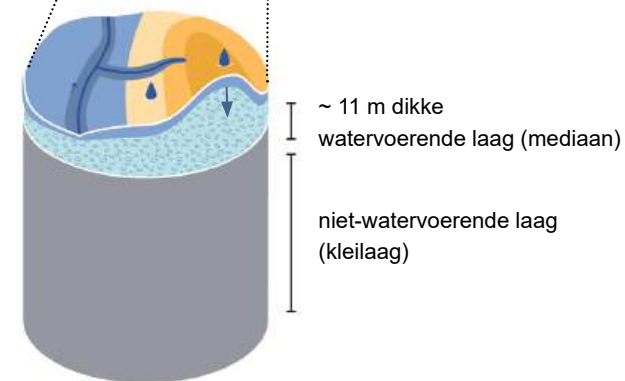
In de riviervalleien, zoals die van de Dender, Zenne en Dijle, zien we op de kaart een blauwe kleur die wijst op een dunne watervoerende laag. Deze is ontstaan doordat fijne kleideeltjes tijdens overstromingen pas worden afgezet in de komgronden, waar de stroomsnelheid afneemt. Die afzettingen zorgen voor een minder waterdoorlatende rivierbodem binnen een dikker watervoerend pakket

Daarnaast onderscheiden we doorlopende blauwe en witte lijnen op de kaart. Hier komt de kleilaag aan het oppervlak, waardoor grondwater via kwel aan de oppervlakte kan treden. De oranje gronden liggen bovenop deze kleilagen en kunnen heel wat grondwater bevatten. De watervoerende laag van deze regio kent een mediaandikte van 11 meter.



score -afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m



doorgronding midden-vlaamse
overgangsgebieden

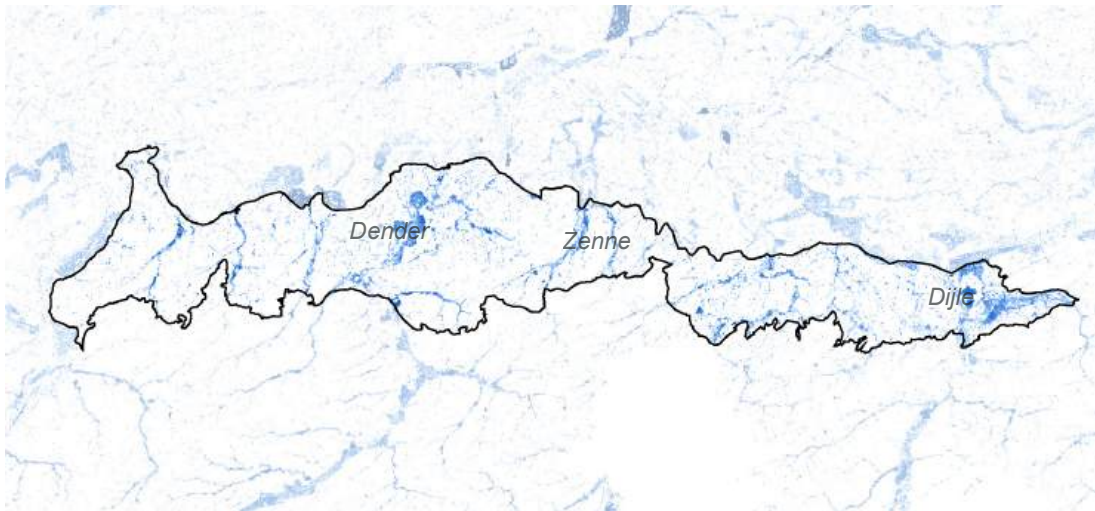
KLIMAATIMPACT**GROTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

Bij zware regenval kan het water aanvankelijk snel infiltreren in de zandleemlagen, maar vervolgens stagneren boven de ondoordringbare kleilagen. Door de aanwezigheid van deze weinig doorlatende kleilaag kan de grondwaterstand in de winter- en voorjaarsperiode sterk stijgen, wat leidt tot een verzadigde en natte bodem.

Door deze reeds natte gronden, in combinatie met afstromend water uit de hoger gelegen zuidelijke regio's, kunnen er mogelijk overstromingen voorkomen in de valleien.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een toename van 23 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van de Dender (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

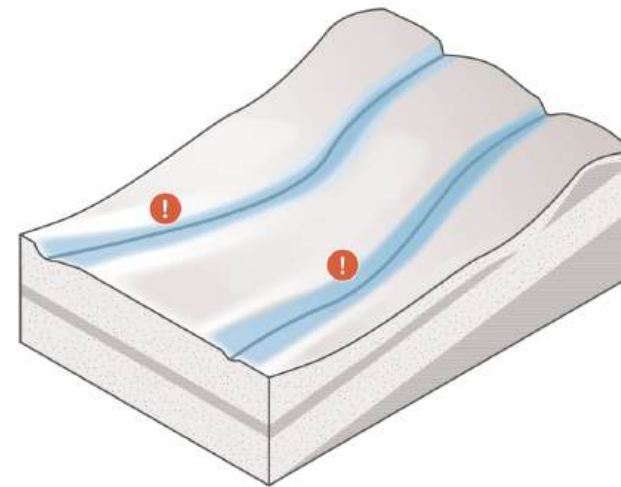


overstroombaar gebied

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- Bodemerosie door intensieve landbouw tast de bodemstructuur aan en verhoogt de afspoeling van water en sediment.
- ...



overstromingsgevoeligheid

Door de hoge grondwaterstand in de winter- en voorjaarsperiode in combinatie met afstromend water uit de hoger gelegen zuidelijke regio's, kunnen er mogelijk overstromingen voorkomen in de valleien

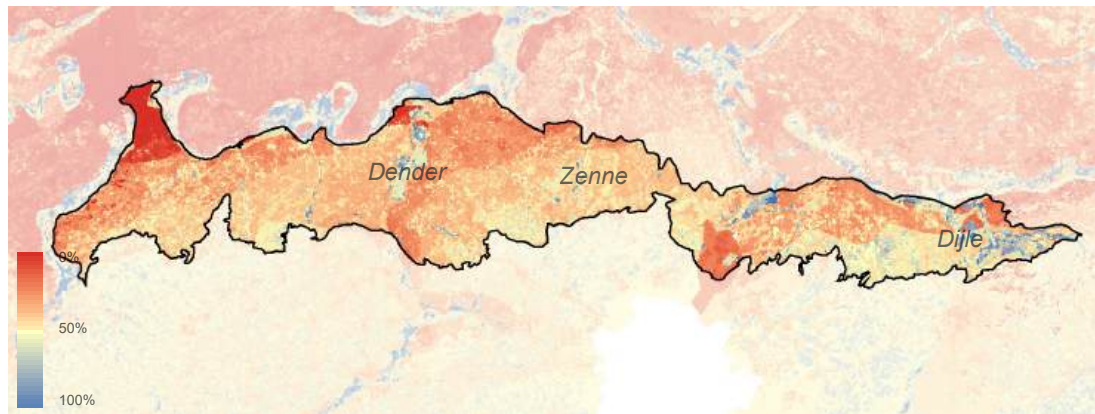
GEVOELIG VOOR DROOGTE

Leem heeft een gemiddeld vermogen om water vast te houden: het houdt meer vocht vast dan zandbodems, maar minder dan kleibodems. Op de kaart is duidelijk te zien dat de regio een overgangsgebied vormt, met een meer zandige bodem ten noorden, die ook meer droogtegevoelig is dan de lemige bodems ten zuiden.

Bij het juiste gebruik van de lemige bodem kunnen de effecten van droogte relatief lang uitgesteld worden. Toch kunnen deze gronden in de zomer tijdelijk uitdrogen, doordat er weinig regionale aanvoer van water uit de ruimere omgeving is. De stroombanen zijn namelijk relatief kort, waardoor er vanuit het grondwater slechts beperkte hoeveelheden water kunnen worden aangevoerd.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Zenne een toename van 16 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

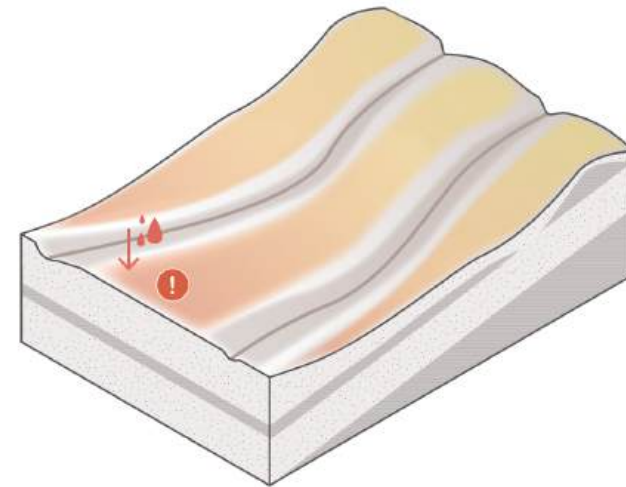


relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve landbouw vraagt veel water en leidt tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen vermindert de capaciteit van het landschap om water op te vangen, vertraagt de infiltratie en verlaagt de natuurlijke schaduwwerking, waardoor uitdroging toeneemt.
- ...



droogte

De zandige bodems ten noorden zijn meer droogtegevoelig dan de lemige bodems in het zuiden.

GEMIDDELDE OPWARMING EN AFKOELING BODEM

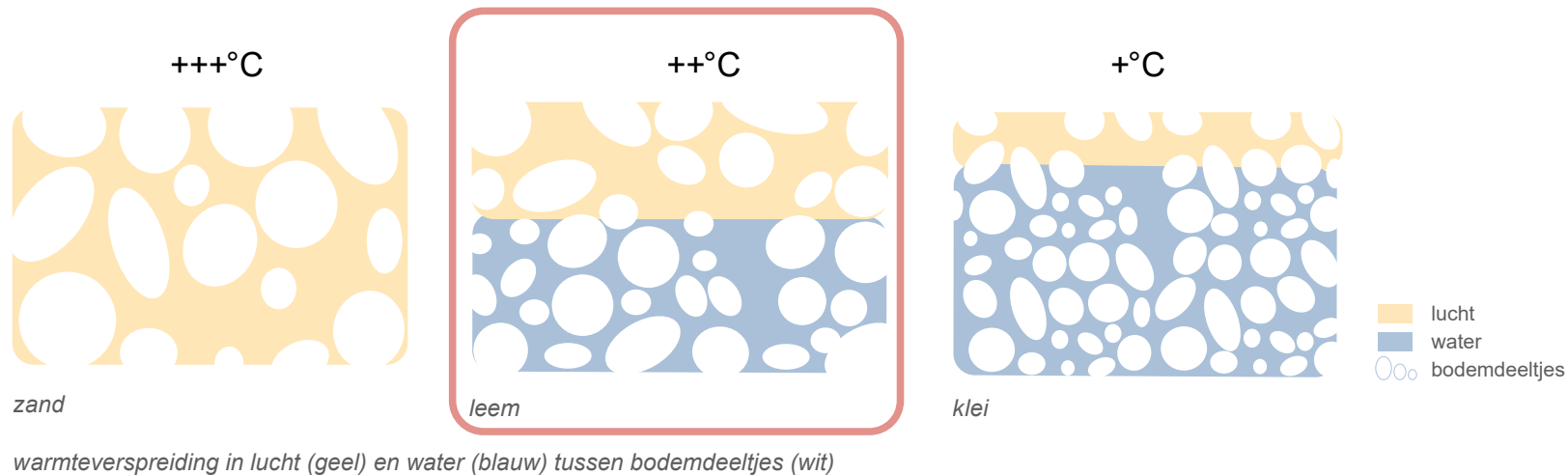
Lemige gronden warmen trager op in vergelijking met zand, maar sneller dan klei. De hoeveelheid water tussen de leemdeeltjes ligt hoger dan die van zand. Dit komt omdat de openingen tussen de leemdeeltjes kleiner zijn. Het water zal de luchttemperatuur overnemen, deels verdampen en verspreiden naar diepere waterlagen. Door het geleiden van de temperatuur zijn de grondtemperaturen minder intens dan zandgrond en is de opwarming trager. Als de luchttemperatuur 's nachts daalt, dan is het water tussen de leemdeeltjes nog warm. Maar door de blootstelling aan koudere lucht geeft het water ook hier haar warmte af.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Demer een stijging van 17 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- De afname van bos en permanente graslanden vermindert de schaduwwerking, natuurlijke verkoeling en waterbuffering, waardoor het landschap sneller uitdroogt.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen beperkt de schaduw en verdamping, wat bijdraagt aan een droger microklimaat.
- Bodemverdichting en de afname van organisch materiaal verminderen het waterbergend vermogen van de bodem en zorgen ervoor dat deze sneller opwarmt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

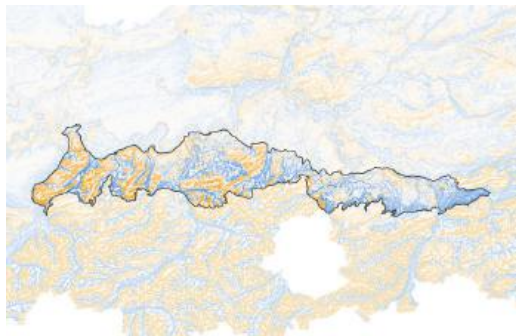
- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



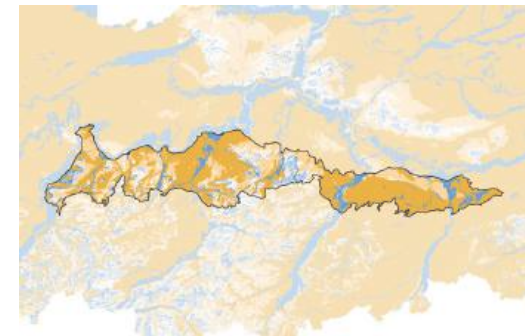
- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)



- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

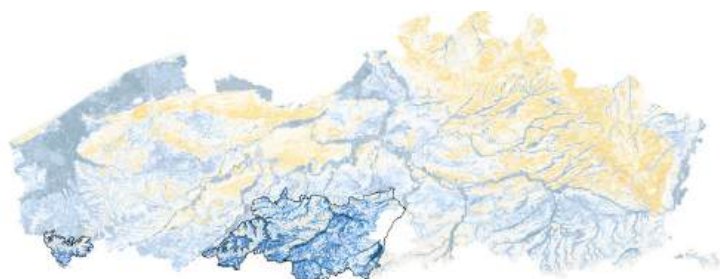


- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

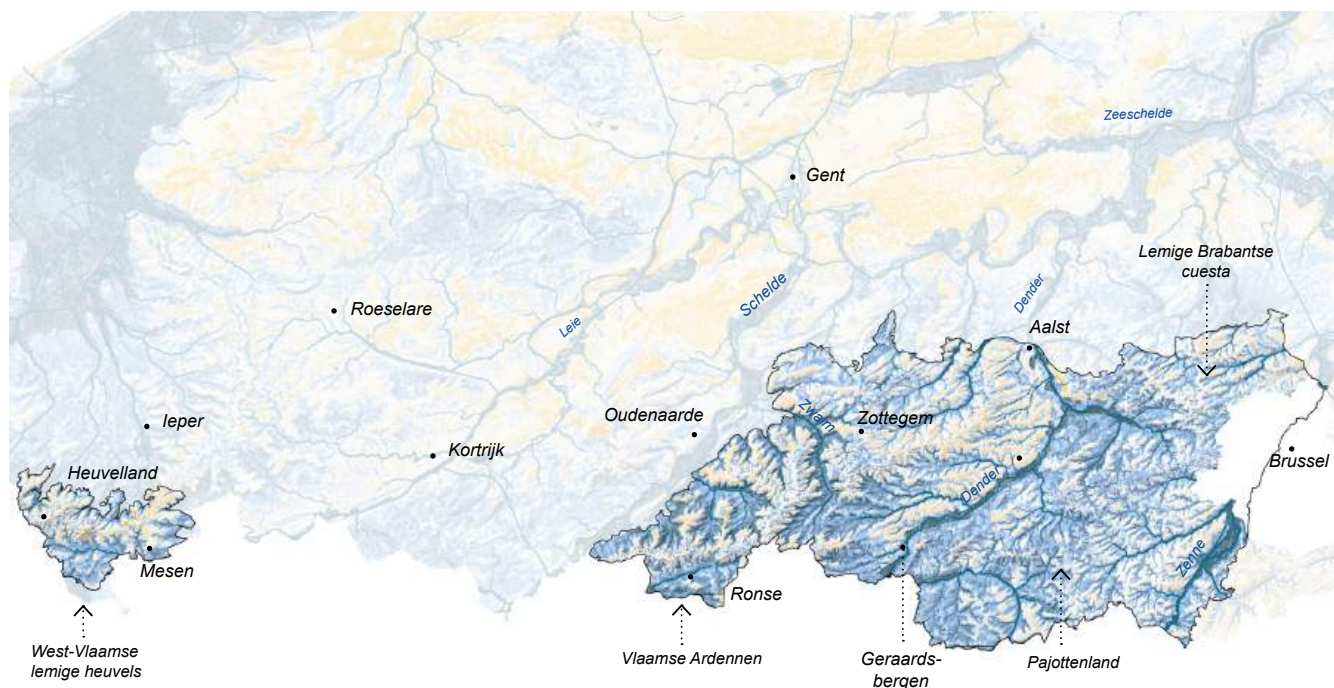
08 - ZUIDWESTELIJKE HEUVELZONE

SITUERING



De regio wordt gekenmerkt door hoge heuvels met steile hellingen, bestaande uit een afwisseling van kleiige en zandige lagen die miljoenen jaren geleden afgezet werden toen de Noordzee het land afwisselend verder en minder ver overspoelde. Deze afwisseling van watervoerende zand- en ondoordringbare kleilagen zorgt voor het voorkomen van bronlijnen langsheen de hellingen. Het grondwater dat hier bovenkomt vormt de bron voor rivieren zoals de Kemmelbeek, Zwalm, en Maarkebeek. Het landschap werd sterk ingesneden door rivieren tijdens de ijstijden, toen de zeespiegel veel lager stond. Bovenop de hellingen is nog een pakket met vruchtbare leem te vinden, die in de laatste ijstijd aangewaaid kwamen vanuit de toendra-achtige vlakke die tot diep in het Noordzeebekken reikte.

Opvallend is de opsplitsing van de regio in twee delen. De West-Vlaamse Heuvels, met het Heuvelland en de Zuid-Vlaamse Heuvels met daarin het Pajottenland en de Vlaamse Ardennen. De heuvelrug met getuigenheuvels (momenteel tot ~150 mTAW boven de zeespiegel) die oorspronkelijk mogelijk doorliep tussen beide zones is doorsneden door de riviervalleien van de Schelde en de Leie. In het oostelijke deel van de ecoregio, ter hoogte van het Pajottenland bereiken de heuveltoppen slechts hoogtes van 90 à 100 mTAW, maar zijn ze nog steeds opgebouwd uit een gelijkaardige afwisseling van zandige en kleiige lagen.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

blauwe grond

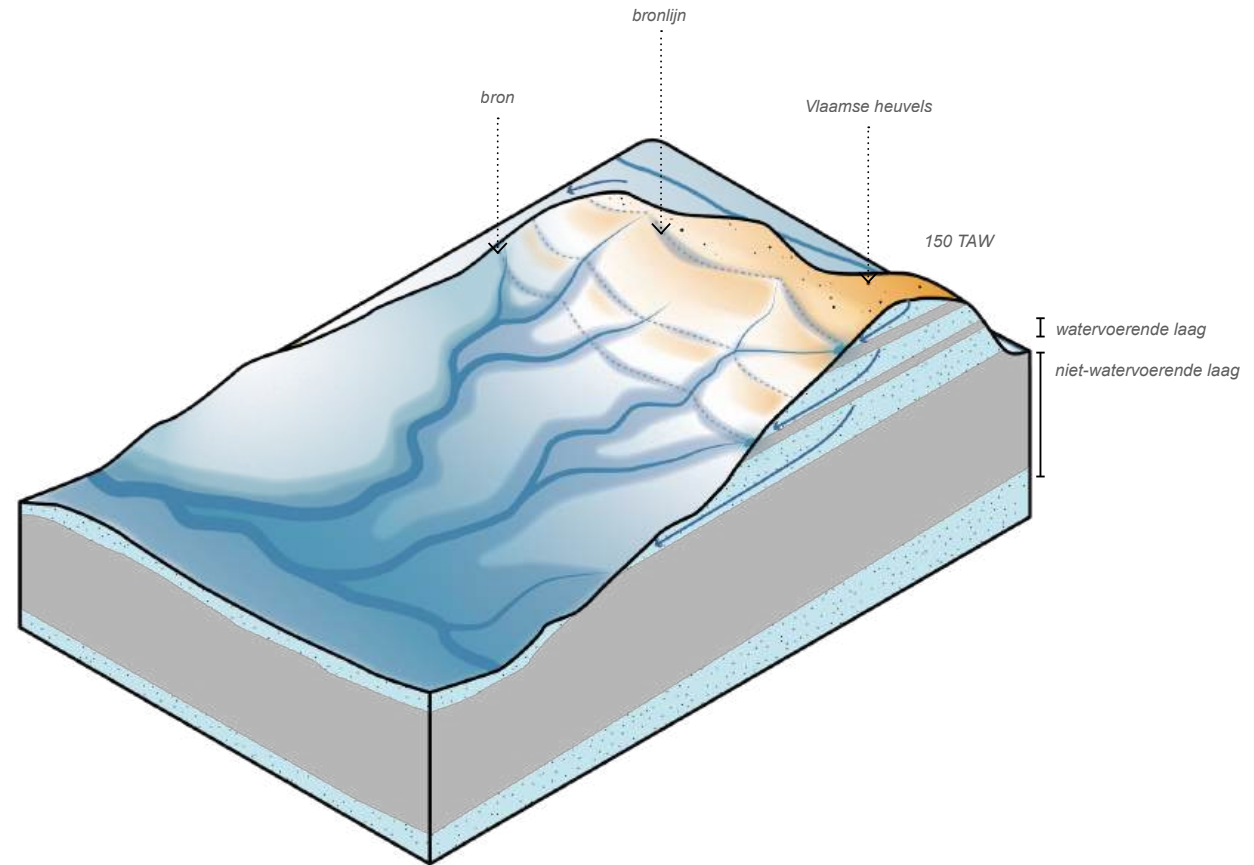
WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

De heuvelachtige regio wordt gekenmerkt door een opeenvolging van heuvelruggen, afgewisseld met diep ingesneden beekdalen.

Het sterk geërodeerde landschap bestaat uit een afwisseling van lemig-zandige en kleiige lagen. Deze afwisseling van watervoerende zandlagen en minder doorlatende kleilagen zorgt voor het ontstaan van talrijke bronnen. Deze “lasagne” van verschillende lagen is het best zichtbaar op de hoogste toppen, de zogenaamde getuigenheuvels, die door een laag ijzerzandsteen minder geërodeerd zijn. Waar de ijzerzandsteenlagen zijn weggespoeld, profileren deze plateaus zich als open akker- en kouterlandschappen.

Vanaf de natuurlijke brongebieden treedt het water vaak naar buiten in halfronde, komvormige uithollingen in de valleiwand, waarbij het bronwater centraal ontspringt. Het water stroomt verder via een dicht en sterk vertakt netwerk van waterlopen naar lager gelegen gebieden. Deze kenmerkende beekvalleien vertonen een asymmetrisch profiel, met een flauwe helling aan de ene zijde en een steile wand aan de andere. Deze vorm is ontstaan tijdens de laatste ijstijd, toen verschillen in zoninstraling en sneeuwophoping op noord- en zuidgerichte hellingen leidden tot een ongelijke mate van erosie.

De hoger gelegen delen van het heuvellandschap staan onder invloed van tijdelijk stuwwater. Alleen langs de benedenloop van de beekjes zijn gronden te vinden die onder invloed staan van permanent grondwater op relatief geringe diepte. Het verval van de beken is overal voldoende om een goede en snelle afwatering te waarborgen.



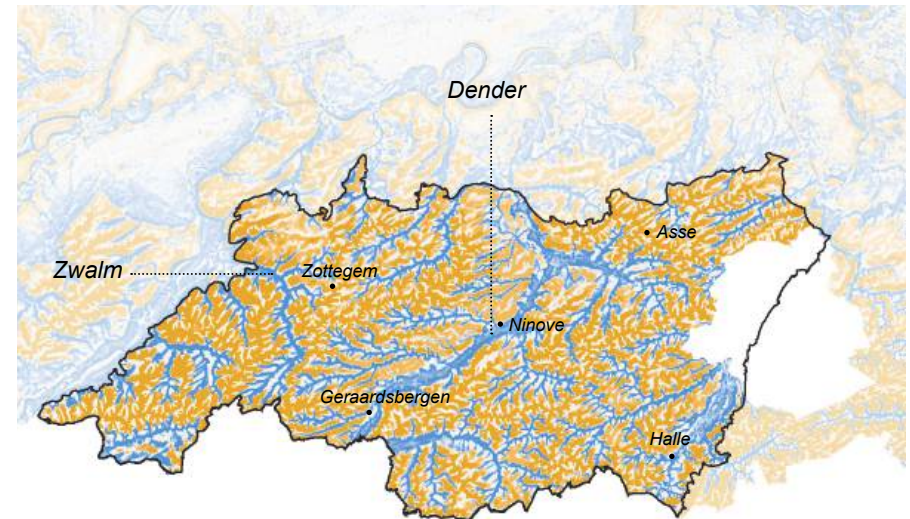
RELIËF DOORGRONDEN

GROTE RELIËFVERSCHILLEN

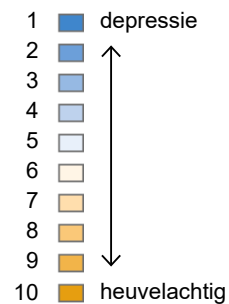
Het landschap van deze regio kent grote hoogteverschillen, met hellingen die lokaal sterk hellen en een uitgesproken reliëf vormen. Het sterk geërodeerde landschap bestaat uit een afwisseling van heuvelruggen en plateaus (geel), en sterk ingesneden valleien (blauw). De vele kleilagen die voorkomen in alle heuvels doorheen het gebied zorgen ervoor dat de heuvels weerstand kunnen bieden tegen erosie, omdat de vette klei minder eenvoudig wegspoelt. De plastische kleien kunnen echter ook als glijvlak fungeren wat bij vochtige omstandigheden tot grote grondverschuivingen kan leiden.

Het ontstaan van de hoogste heuveltoppen van de Vlaamse Ardennen en het Heuvelland blijft vooralsnog grotendeels in mysterie gehuld. Bovenop de lasagne van klei- en zandlagen is bovenaan nog een zandig pakket te vinden dat in een kustnabije omgeving gevormd werd. Het is rijk aan vuursteenkeien en er werden dikke ijzerzandsteenbanken in gevormd.

Door de grovere zandige samenstelling dan de omliggende zanden erodeerden deze minder snel dan het omliggende zand. Door de verkitting van het ijzer in de zanden werd de erosiebestendigheid nog versterkt en groeiden deze plaatsen uit tot echte heuvels. De harde ijzerzandsteen die we vandaag op de toppen van deze Vlaamse heuvels vinden, staat bekend als bergsteen. Deze is donkerbruin, zwaar, vaak grofkorrelig en bevat tal van vuursteenkeien. Her en der moet de bergsteen uiteindelijk toch toegeven aan de natuurkrachten, maar het typerende reliëf blijft overeind. De Vlaamse Heuvels met hun bergstenen toppen tonen de weerstand aan dit proces.



score



BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN

LAGE INFILTRATIE

De regio heeft een lage infiltratiecapaciteit. De bovenste toplaag bestaat overwegend uit lemig zand, (licht) zandleem en leem. Leembodems hebben een fijnere structuur, waarbij de bodemdeeltjes kleiner zijn dan zandkorrels. Door deze fijnere structuur dringt water minder snel door in de ondergrond. Tegelijk zorgen de specifieke eigenschappen van leem ervoor dat water beter wordt vastgehouden dan in zandige bodems. Het water sijpelt vervolgens door naar diepere lagen, wat de aanvulling van het grondwater bevordert. Wanneer leembodems echter eenmaal zijn uitgedroogd, is het moeilijker om ze opnieuw vochtig te krijgen dan bijvoorbeeld zandbodems.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



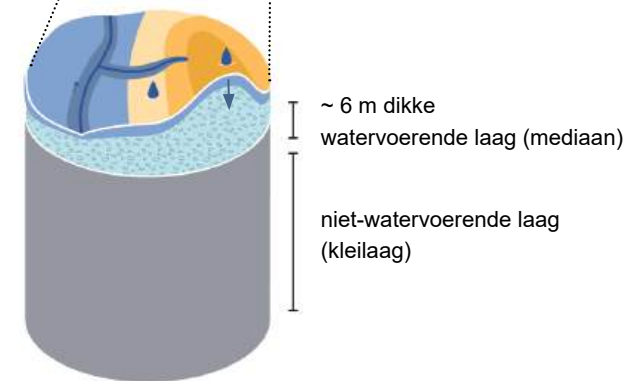
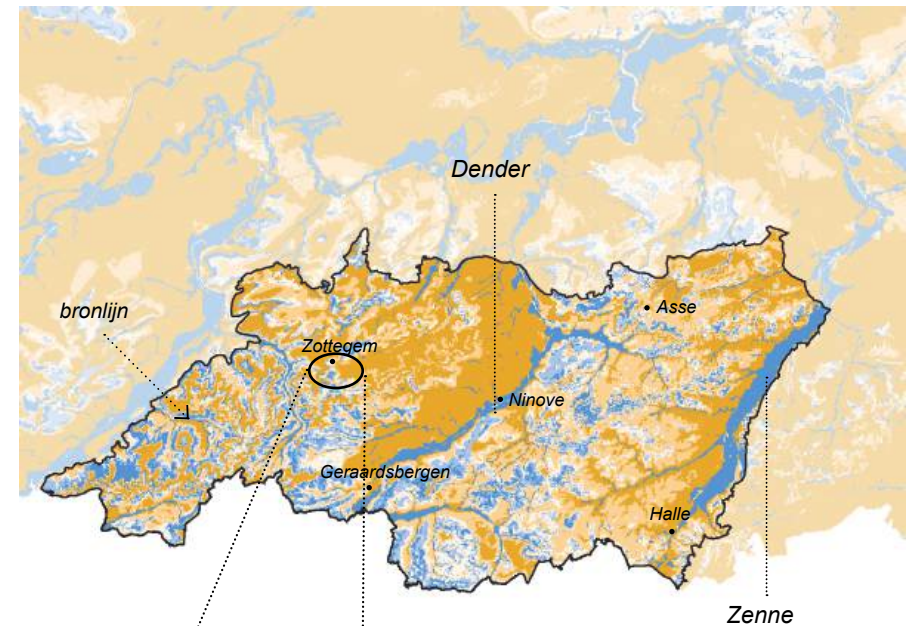
hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**GEMIDDELDE WATERVOERENDE LAAG**

Door de afwisseling van watervoerende zandlagen en ondoordringbare kleilagen en de uitschuring van de riviervalleien varieert de dikte van de watervoerende laag. Dat toont de kaart goed.

Eerst en vooral zien we de blauwe gronden in de riviervalleien, zoals de Dender en de Zenne. De kleideeltjes die door overstroming en de afname van de stroomsnelheid in de vallei terechtkomen, zorgen voor een minder waterdoorlatende rivierbodem binnen een dikker watervoerend pakket.

Vervolgens ontwaren we doorlopende blauwe lijnen die het reliëf volgen, dit zijn bronlijnen. De kleilaag komt hier aan het oppervlak, waardoor grondwater uit de bodem kan komen. De oranje en witte gronden liggen als een kussentje bovenop deze kleilagen en kunnen heel wat grondwater bevatten. Dit grondwater zoekt de weg van de minste weerstand en stroomt er langs de bronlijnen uit. Toch is er ook grondwater dat door de kleilaag dringt en in de volgende zandlaag terechtkomt. Zo kan het zijn dat er nog een bronlijn lager op de helling kan liggen, wanneer het een volgende kleilaag tegenkomt. De mediaandiepte van de kleilaag ligt op 6 meter.



doorgrondsneede zuidwestelijke heuvelzone

afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m

KLIMAATIMPACT**GROTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID
BENEDENSTROOMS**

Bij zware regenval kan het water aanvankelijk snel door de zandige leemlagen infiltreren, maar vervolgens stagneren boven de ondoordringbare kleilagen. Deze 'lasagne-structuur' van afwisselende zandige en kleiige lagen veroorzaakt opwellend grondwater via bronnen, wat plaatselijk voor natte gebieden kan zorgen en afglijding van hellingen in brongebieden met bronamfitheaters als gevolg. Daarnaast zorgen de hoge reliëfverschillen in de regio voor een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot erosie op de hellingen en overstromingen in de valleien. Overstromingsgevoelige gebieden in de regio zijn de Zwalmvallei, Doubebeek, de Dendervallei en de Zennevallei.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

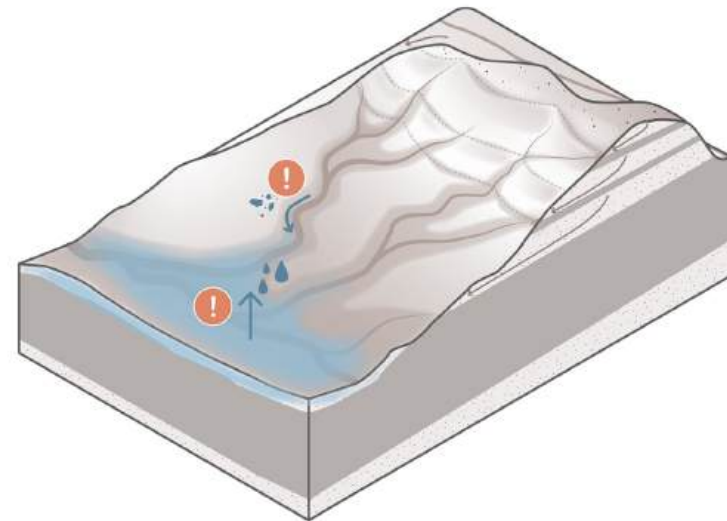
De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een sterke toename aan waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen. Binnen het afstroomgebied van de Zwalm kan dit mogelijk toenemen met 9 cm, terwijl in het intermediair afstroomgebied van de Dender zelf een toename van 50cm in waterdiepte wordt verwacht (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- Het verlies van natuurlijke overstromingsgebieden door omzetting naar landbouw- of woongebied vermindert de capaciteit van het landschap om overtollig water tijdelijk vast te houden.
- Bodemerosie door intensieve landbouw tast de bodemstructuur aan en verhoogt de afspoeling van water en sediment.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen verlaagt de weerstand tegen afstroming en erosie, waardoor water sneller wegstroomt bij hevige neerslag.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

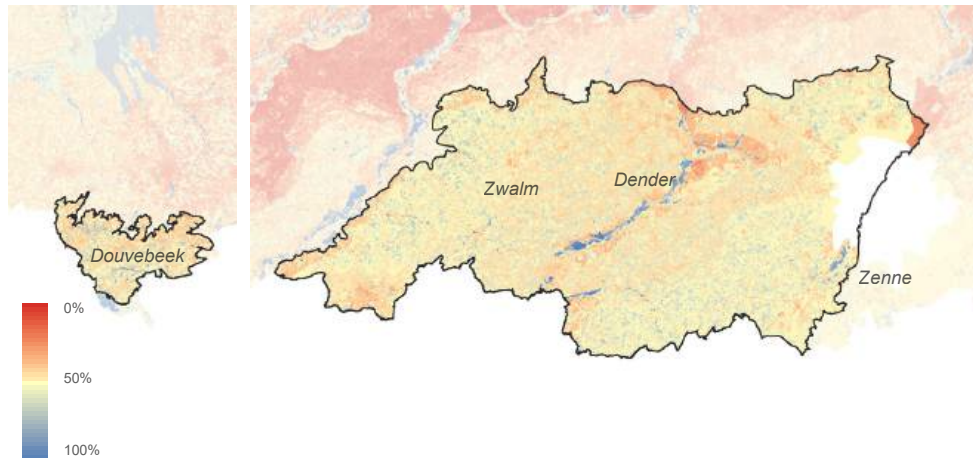
De hoge reliëfverschillen in de regio zorgen voor een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot erosie op de hellingen en overstromingen in de valleien.

LAGE DROOGTEGEVOELIGHEID

Leem heeft een gemiddeld vermogen om water vast te houden: het houdt meer vocht vast dan zandbodems, maar minder dan kleibodems. Op de kaart kleurt de regio relatief geel (gemiddeld bodemvocht) in vergelijking met andere regio's. Bij het juiste gebruik van de bodem kunnen de effecten van droogte relatief lang uitgesteld worden. De Dendervallei springt er op de kaart uit als een gebied met een hoog bodemvochtgehalte, door de hogere grondwaterstanden en de aanvoer van grondwater uit de omgeving.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

De duur van droogteperiodes zal toenemen. Voor de afstroomzone van de Zwalm wordt een toename van slechts 4 droogtedagen per jaar voorspeld. Ook in de Dendervallei zien we een beperkte toename van de droogteduur (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

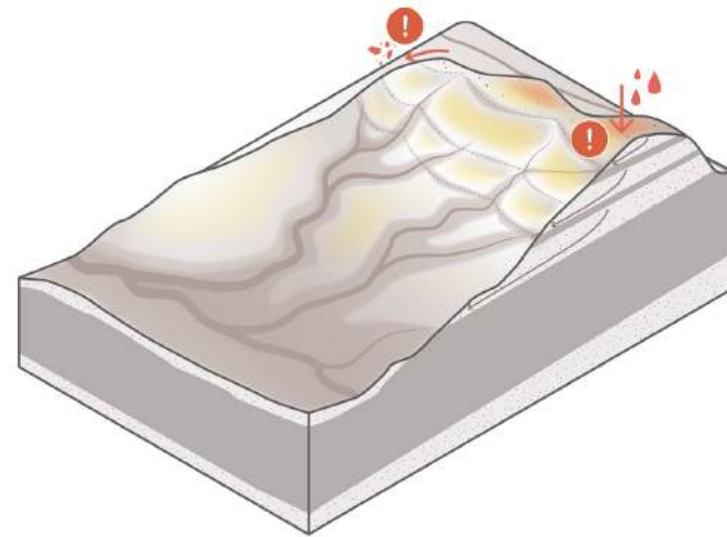


relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve landbouw vraagt veel water en leidt tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen vermindert de capaciteit van het landschap om water op te vangen, vertraagt de infiltratie en verlaagt de natuurlijke schaduwwerking, waardoor uitdroging toeneemt.
- ...



droogte

De heuveltoppen kennen een lager bodemvochtgehalte en zijn dus meer droogtegevoelig ten opzichte van de valleien.

GEMIDDELDE OPWARMING EN AFKOELING BODEM

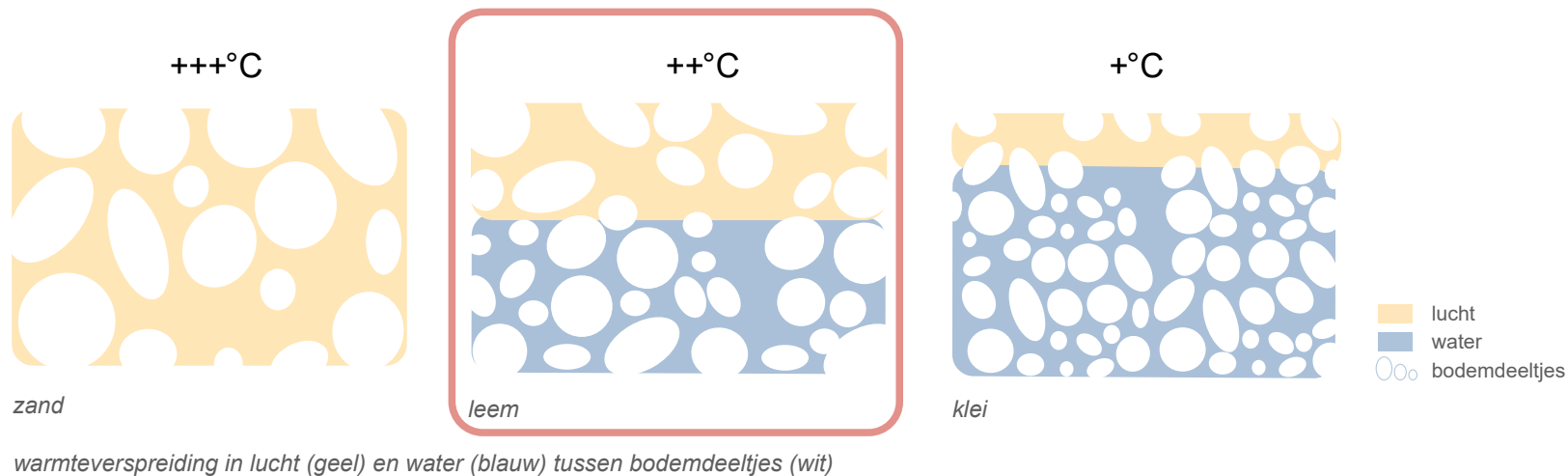
Lemige gronden warmen trager op in vergelijking met zand, maar sneller dan klei. De hoeveelheid water tussen de leemdeeltjes ligt hoger dan die van zand. Dit komt omdat de openingen tussen de leemdeeltjes kleiner zijn. Het water zal de luchttemperatuur overnemen, deels verdampen en verspreiden naar diepere waterlagen. Door het geleiden van de temperatuur zijn de grondtemperaturen minder intens dan zandgrond en is de opwarming trager. Als de luchttemperatuur 's nachts daalt, dan is het water tussen de leemdeeltjes nog warm. Maar door de blootstelling aan koudere lucht geeft het water ook hier haar warmte af.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Dender een stijging van 15 hittegolfdagen per jaar. Als de luchttemperatuur stijgt dan stijgt ook de grondtemperatuur. Er is te weinig onderzoek gebeurt om hiervan het effect te kennen (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- De afname van bos en permanente graslanden vermindert de schaduwwerking, natuurlijke verkoeling en waterbuffering, waardoor het landschap sneller uitdroogt.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen beperkt de schaduw en verdamping, wat bijdraagt aan een droger microklimaat.
- Bodemverdichting en de afname van organisch materiaal verminderen het waterbergend vermogen van de bodem en zorgen ervoor dat deze sneller opwarmt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

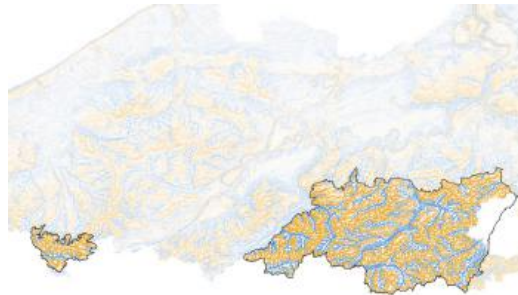
oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

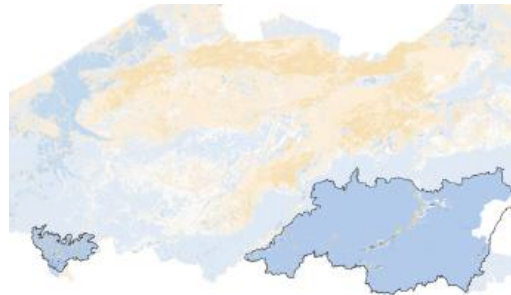


- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

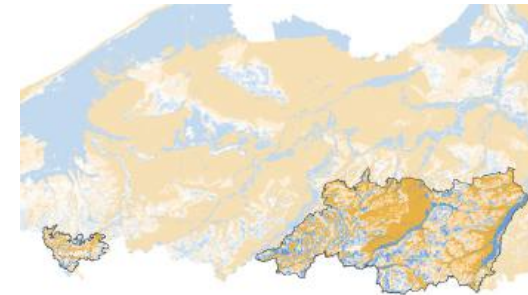


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zand/leem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

09 - ZUIDOOSTELIJKE HEUVELZONE

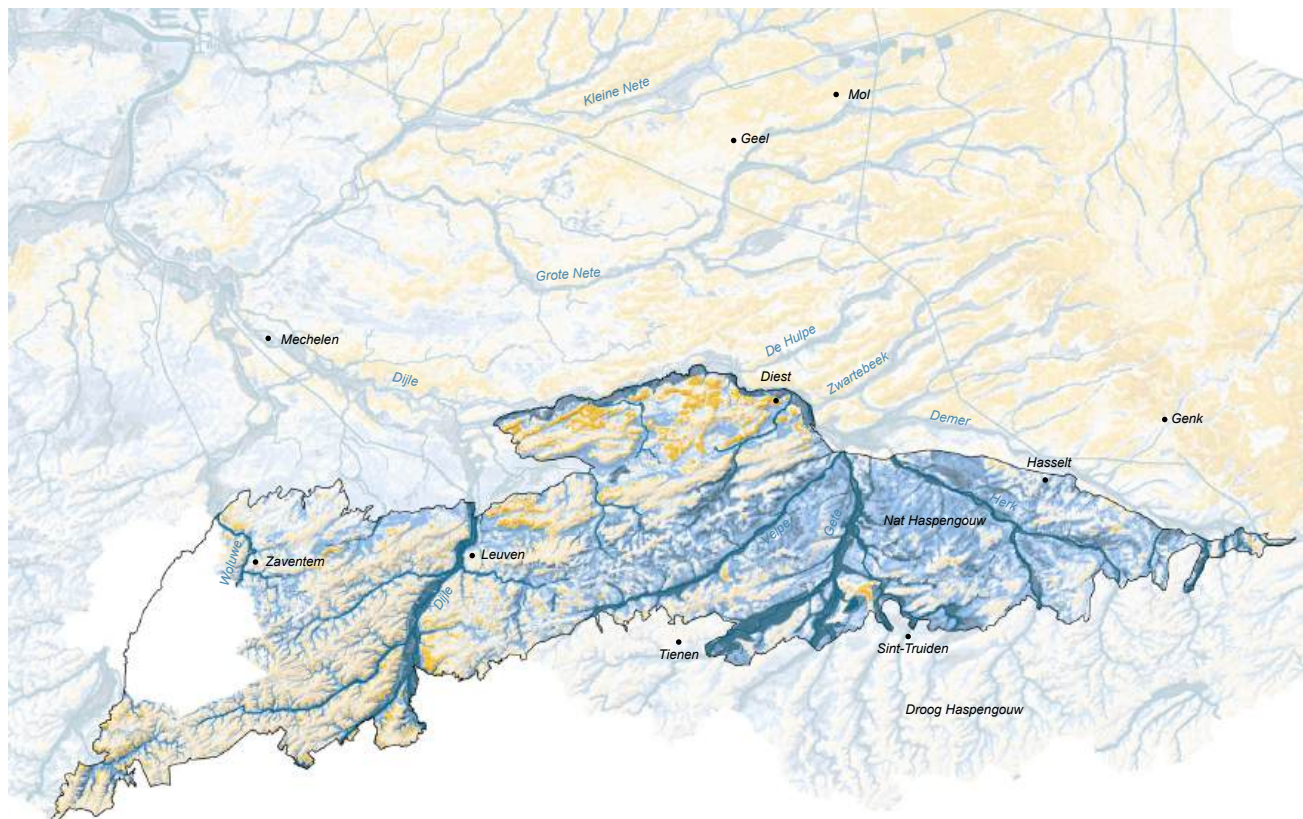
SITUERING



Hét kenmerk van de ecoregio van de zuidoostelijke heuvelzone is het heuvelachtige landschap met lemige bodems. In het noordelijke deel van het gebied, in het Hageland, zijn de meest uitgesproken heuvelruggen te vinden, met hun karakteristieke zuidwest-noordoost oriëntatie. De leem verschilt van die in de Haspengouwse Leemstreek ten zuiden van de zuidoostelijke heuvelzone, door een hoger zand- en een lager kleigehalte. In het westen van de regio bevinden zich de beste infiltratiegebieden. Daar sijpelt het water door de leem en de onderliggende dikke zandlagen. In het oosten vinden we nat Haspengouw, waar een ondiepe kleilaag (de Boom-aquitard) vlak onder het oppervlak ligt. Deze slecht doorlatende laag belemmert de infiltratie van water in de bodem. Ten zuiden van deze regio ontbreekt deze kleilaag, en spreekt men van droog Haspengouw (zie ecoregiofiche krijt-leemgebieden).

Het heuvelachtige karakter wordt voornamelijk bepaald door de Hagelandse heuvels in het noorden en het sterk golvende reliëf in het westen, dat is uitgesneden door rivieren zoals de Dijle. In het oosten kent de regio een vlak tot licht golvend landschap.

De regio telt een beperkt en weinig vertakt hydrografisch netwerk. Enkele grotere rivieren, waaronder de Dijle, Gete, Velpe en Herk, doorkruisen het landschap en zorgen voor de afwatering binnen de regio.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

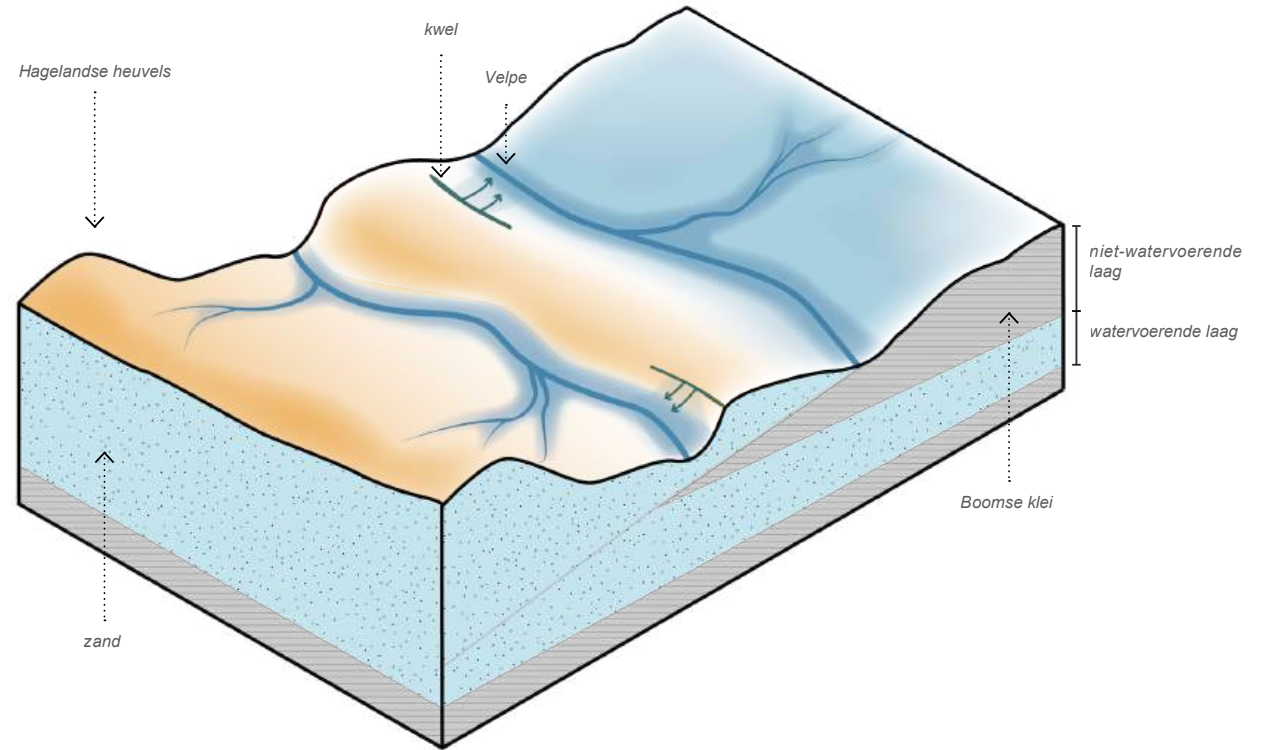
blauwe grond

WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Wanneer een regendruppel neerkomt op de Hagelandse heuvels in het westen, infiltreert hij langzaam in het ijzerhoudende zand. Daar begint zijn reis naar de lager gelegen depressies, waar hij als ijzerrijke kwel aan de oppervlakte komt. Wanneer het water niet infiltreert maar afstroomt, wordt het eveneens verrijkt met ijzer voordat het de depressies bereikt.

In het oosten blijft het water langer aan de oppervlakte door een ondiepe kleilaag die verhindert dat een druppel de diepere ondergrond binnendringt, waarna het zijn weg zoekt via een dichter vertakt netwerk van beken.

Deze regio kent samengevat een watersysteem bestaande uit heuvels en reliëfrijke gebieden met tussenliggende depressies. Dit zorgt voor een afwisseling tussen infiltratie en kwelvorming. Het systeem ondersteunt bijzondere soortenrijke graslanden, die echter kwetsbaar zijn tijdens periodes van extreme droogte.



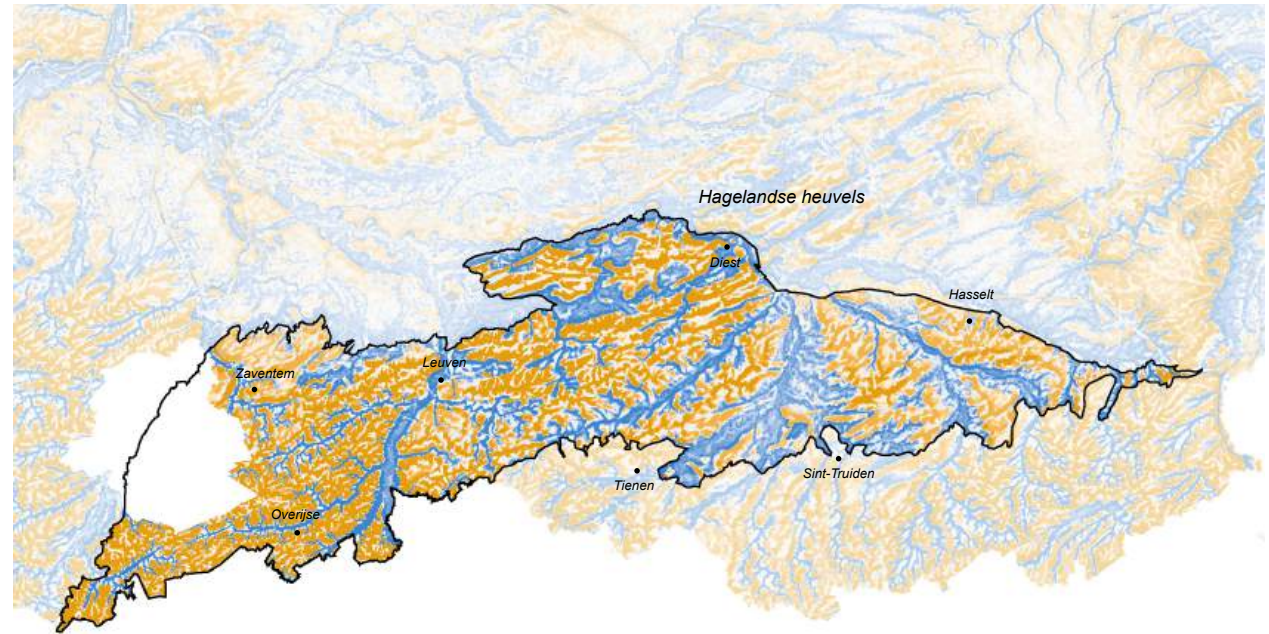
RELIËF DOORGRONDEN

GROTE RELIËFVERSCHILLEN

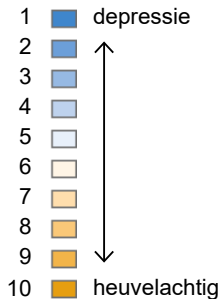
Het heuvelachtige karakter wordt voornamelijk bepaald door de Hagelandse heuvels in het noorden en het sterk golvende reliëf in het westen. In het oosten kent de regio een vlak tot licht golvend landschap.

De Noordzee trok in de voorbije 20 miljoen jaar geleidelijk noordwaarts terug, waardoor de oudste reliëfelementen in het zuiden van Vlaanderen liggen. In deze regio zijn ze terug te vinden in het noorden, namelijk de Hagelandse heuvels. Deze kenden ongeveer 10 miljoen jaar geleden hun oorsprong, toen sterke getijdenstromingen de huidige langwerpige zuidwest-noordoost oriëntatie van de heuvels bepaalden. Bij het terugtrekken van de Noordzee reageerde het aanwezige ijzer in het zand met zuurstof, waardoor het zand tot erosiebestendige ijzerzandsteen aaneengekit werd en de heuvels de tand des tijds konden doorstaan. Ook oudere Noordzee-afzettingen laten hun sporen na in het gebied, zoals de Boomse Klei van de diepere zee zo'n 30 miljoen jaar geleden – die in het oostelijk deel van het gebied nu een ondiepe ondoordringbare kleilaag vormt. In het westelijke gebied, tussen Leuven en Brussel, is dan weer het Brussel Zand te vinden dat daar een dik zandpakket vormt in de heuvelzone. Het Brussel Zand werd, gelijkaardig aan het Diest Zand van het Hageland, in een woelige zee met sterke getijdenstromingen afgezet, maar dan 45 miljoen jaar geleden.

Het sterk wisselende reliëf is het resultaat van diepe rivierinsnijdingen tijdens het terugtrekken van de zee, voornamelijk tijdens de afgelopen ijstijden. Hierdoor ontstond een duidelijke afwisseling tussen depressies en heuvelachtig gebied. Aan de oostelijke zijde van de regio zijn de insnijdingen minder diep, door de aanwezigheid van de ondiepe kleilaag.



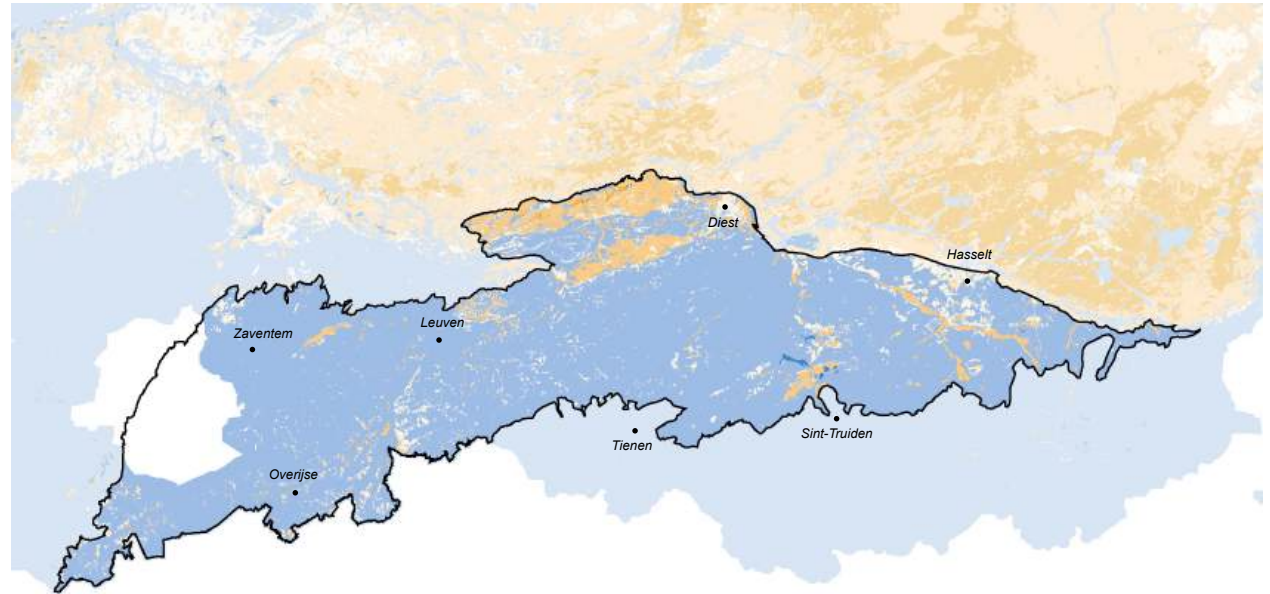
score



BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**LAGE INFILTRATIE**

De regio heeft een lage infiltratiecapaciteit. De bovenste, dunne toplaag bestaat overwegend uit zandleem en leem. In het noorden zijn zandlemige tot lemig zandige bodems te vinden. Leembodems hebben een fijnere structuur, waarbij de bodemdeeltjes kleiner zijn dan zandkorrels. Door deze fijnere structuur dringt water minder snel door in de ondergrond. Tegelijk zorgen de specifieke eigenschappen van leem ervoor dat water beter wordt vastgehouden dan in zandige bodems. Het water sijpelt vervolgens door naar diepere lagen, wat de aanvulling van het grondwater bevordert. Wanneer leembodems echter eenmaal zijn uitgedroogd, is het moeilijker om ze opnieuw vochtig te krijgen dan zandbodems.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwaterafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid



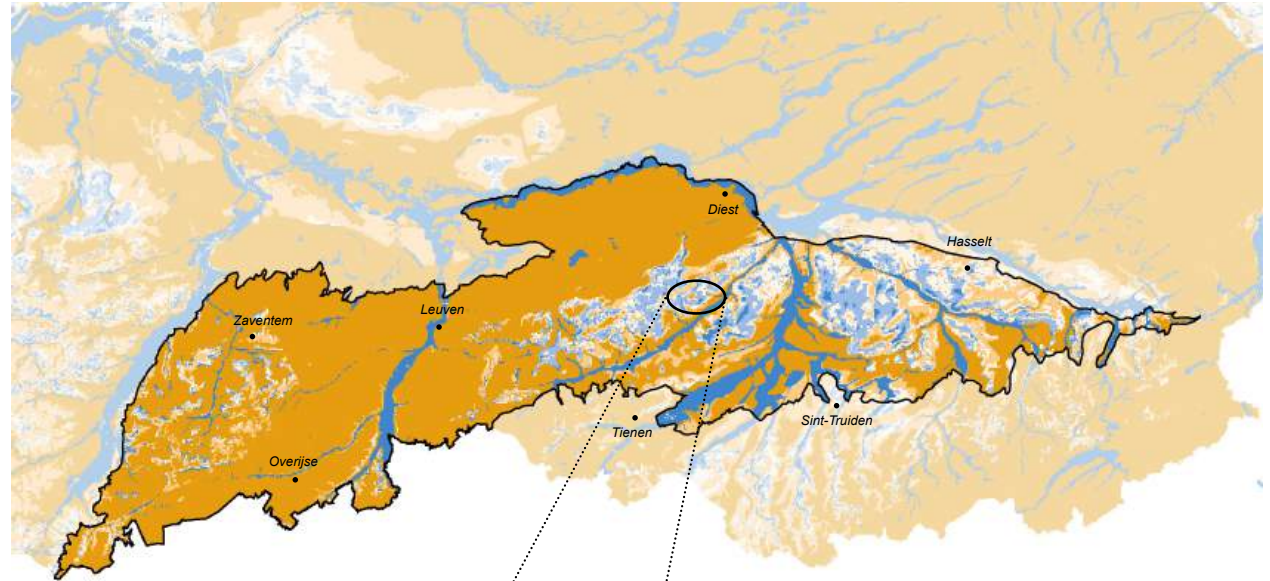
hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**DIKKE TOT DUNNE WATERVOERENDE LAAG**

Onder de lemige bodem vinden we in het westen en noorden van de regio dikke zandlagen in de ondergrond. Daaronder ligt een kleilaag die de infiltratie van water naar diepere lagen vertraagt. Onder de Hagelandse heuvels bevindt de grondwatertafel zich het diepst, vaak meer dan 10 meter onder het maaiveld, terwijl die elders in de regio gemiddeld slechts 1,25 meter diep ligt. De regio kent een watervoerende laag met een mediaandikte van 21 meter.

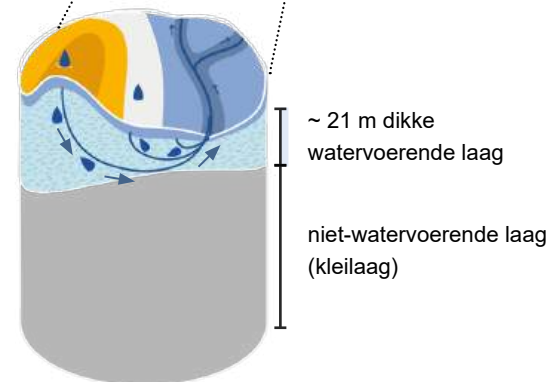
In het oosten is de watervoerende laag veel dunner door de aanwezigheid van de ondoordringbare Boomse Klei. Deze klei werd ongeveer 30 miljoen jaar geleden afgezet, toen de Noordzee grote delen van het land overstroomde.

De donkerblauw aangeduide delen op de kaart zijn de riviervalleien. In deze valleien komen minder doorlatende lagen voor binnen een dikker watervoerend pakket. Indien het water infiltreert, wordt het snel afgevoerd naar de naastgelegen rivier,



score -afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m



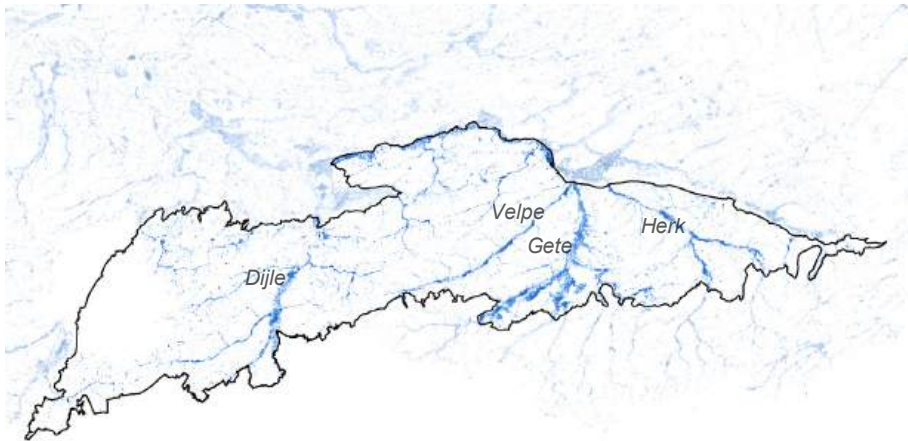
doorgrondsede zuidoostelijke heuvelzone

KLIMAATIMPACT**GEMIDDELDE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

In het westen van de regio zorgt de combinatie van een zandige ondergrond en een lemige bodem voor een goed doorlatend watersysteem. In het oosten daarentegen komen vaker kleiige lagen ondiep voor, waardoor veel (zand)leemgronden te maken krijgen met tijdelijke wateroverlast. Wateroverlast treedt vooral op tijdens natte periodes, terwijl diezelfde gronden in droge periodes juist snel last hebben van watertekort.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

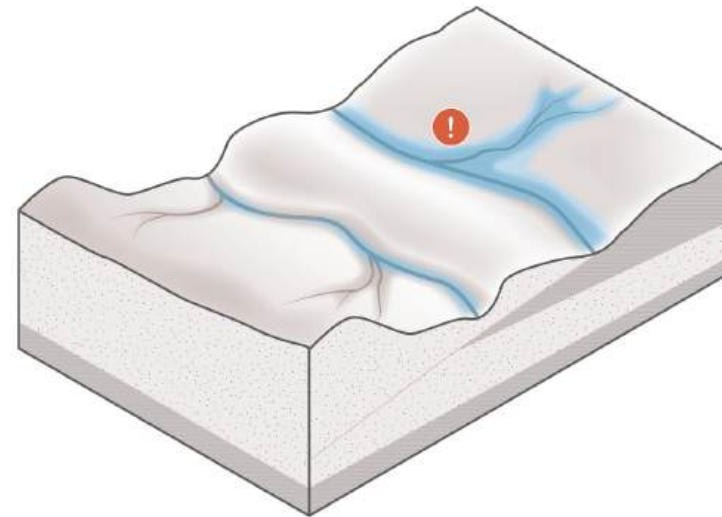
De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een toename van 10 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van de Velpe (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

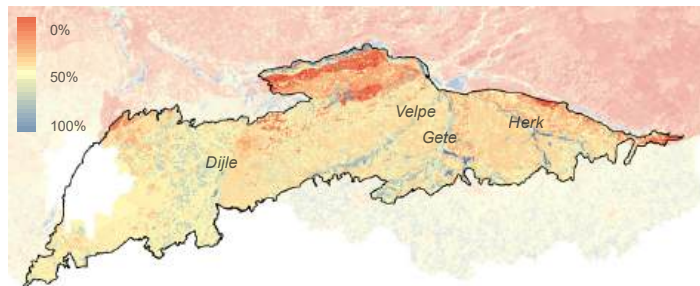
In het oosten komen vaker kleiige lagen ondiep voor, waardoor veel (zand)leemgronden te maken krijgen met tijdelijke wateroverlast. Dit is voornamelijk te zien in de valleien.

BEPERKTE DROOGTEGEVOELIGHEID

Op de kaart kleurt de regio relatief geel (gemiddeld bodemvocht) in vergelijking met andere regio's. Dit wijst op het voorkomen van leem. Leem heeft een gemiddeld vermogen om water vast te houden: het houdt meer vocht vast dan zandbodems, maar minder dan kleibodems. Bij het juiste gebruik van de bodem kunnen de effecten van droogte relatief lang uitgesteld worden. De Hagelandse heuvels springen op de kaart eruit als een gebied met een laag bodemvochtgehalte, wat te verklaren is door de zandige ondergrond en de ongehinderde drainage als gevolg van een diep gelegen grondwatertafel. De zandige bodem houdt minder vocht vast dan leem en is dus droogtegevoeliger. Wanneer leembodems echter eenmaal zijn uitgedroogd, is het moeilijker om ze opnieuw vochtig te krijgen dan zandbodems.

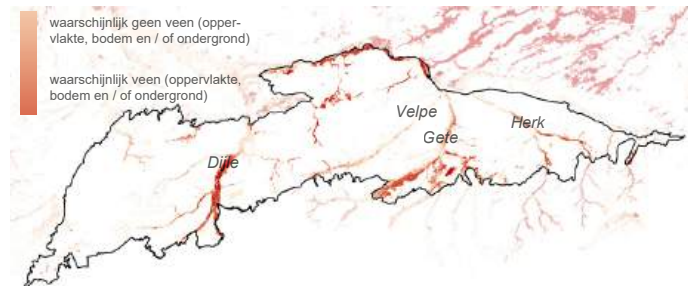
Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Dijle een toename van 18 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).



relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 (Klimaatportaal, n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

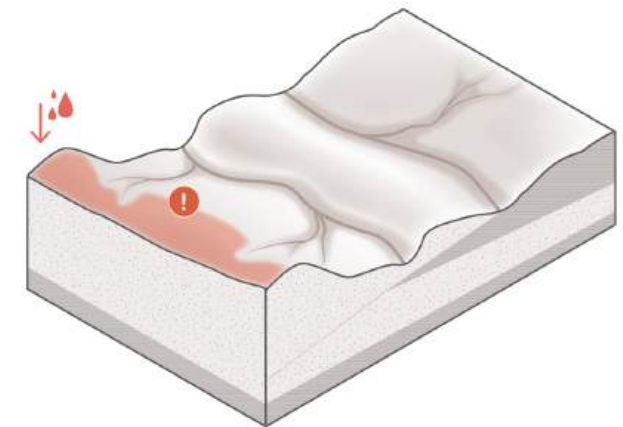


veenwaarschijnlijkheid

Veenwaarschijnlijkheid (DOV). Waarschijnlijkheid van het voorkomen van veen als oppervlakteveen, in het bodemprofiel en/of in de ondiepe ondergrond (1.5–10 m). De kaart toont de waarschijnlijkheid van het voorkomen van ten minste één van deze drie types veen.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve landbouw vraagt veel water en kan leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en het vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- ...



droogte

De Hagelandse heuvels kennen een laag bodemvochtgehalte, wat te verklaren is door de zandige ondergrond en de ongehinderde drainage als gevolg van een te diep gelegen grondwatertafel.

GEMIDDELDE OPWARMING EN AFKOELING

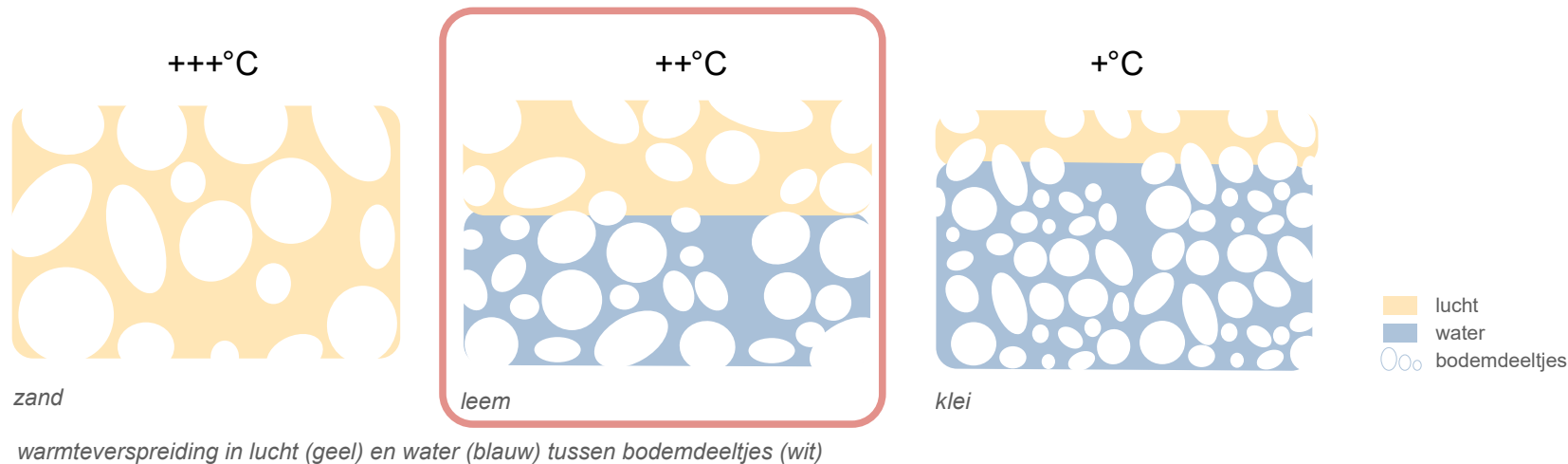
Lemige gronden warmen trager op in vergelijking met zand, maar sneller dan klei. De hoeveelheid water tussen de leemdeeltjes ligt hoger dan die van zand. Dit komt omdat de openingen tussen de leemdeeltjes kleiner zijn. Het water zal de luchttemperatuur overnemen, deels verdampen en verspreiden naar diepere waterlagen. Door het geleiden van de temperatuur zijn de grondtemperaturen minder intens dan zandgrond en is de opwarming trager. Als de luchttemperatuur 's nachts daalt, dan is het water tussen de leemdeeltjes nog warm. Maar door de blootstelling aan koudere lucht geeft het water ook hier haar warmte af.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Dijle een stijging van 8 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- De afname van bos en boomrijke gebieden vermindert de schaduwwerking, natuurlijke verkoeling en waterbuffering, waardoor het landschap sneller uitdroogt.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen beperkt de schaduw en verdamping, wat bijdraagt aan een droger microklimaat.
- Bodemverdichting en de afname van organisch materiaal verminderen het waterbergend vermogen van de bodem en zorgen ervoor dat deze sneller opwarmt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

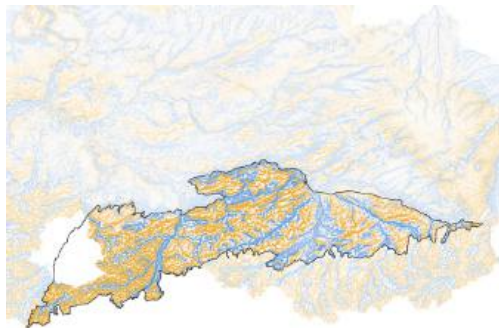
oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.



- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

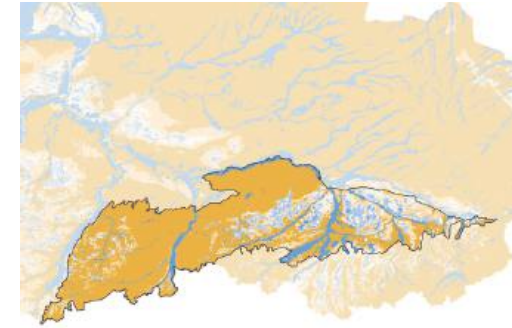


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

10 - KRIJT-LEEMGEBIEDEN

SITUERING

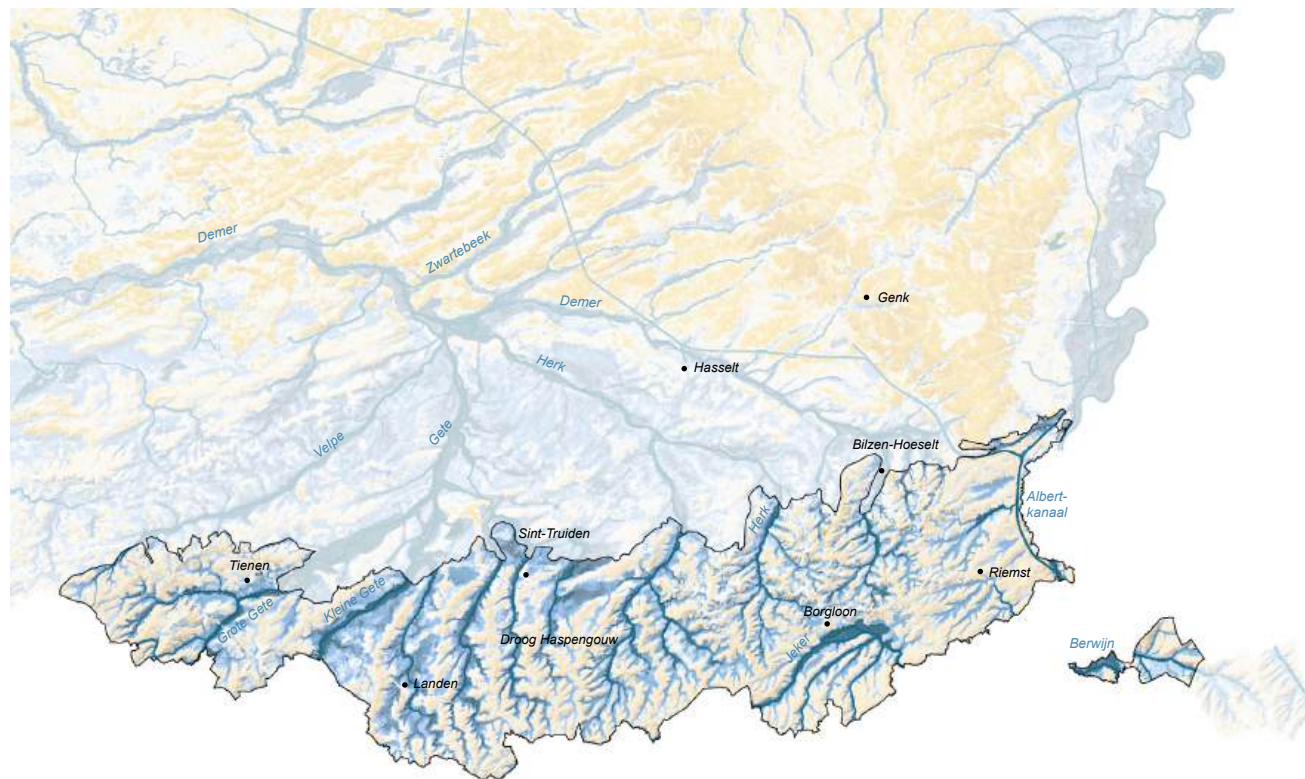


Het kenmerk van de krijt-leemstreek zijn de vruchtbare leembodems. Deze leem, aangevoerd door noorden- tot noordwestenwinden tijdens de ijstijden, vormt op sommige plekken een pakket van meer dan 25 meter dik. De onderliggende krijtlaag, goed doorlatend en rijk aan kalk, zorgt samen met de leemlaag voor een uiterst vruchtbare bodem met een diepe grondwatertafel. We spreken hier van Droog Haspengouw.

Die combinatie maakt dat de regio overwegend in gebruik is als akkerland en voor fruitteelt. Waar het krijt aan de oppervlakte komt ontstaan uitdagende kleiige bodems die zowel erg droog als erg nat kunnen zijn. In die gebieden zijn typisch weides of fruitboomgaarden te vinden.

Op het einde van het Tertiair, toen de zee zich geleidelijk terugtrok, sneden rivieren het landschap sterk in. Tijdens de ijstijden kreeg erosie vrij spel en werd een sterk golvend reliëf gevormd. Door de wisselende samenstelling en erosiegevoeligheid van het leempakket ontstond een landschap van plateaus, hellingen en ingesneden dalen.

De grote waterlopen in de regio zijn de Grote en Kleine Gete, de Herk, Mombeek, Winterbeek, Demer en Jeker.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

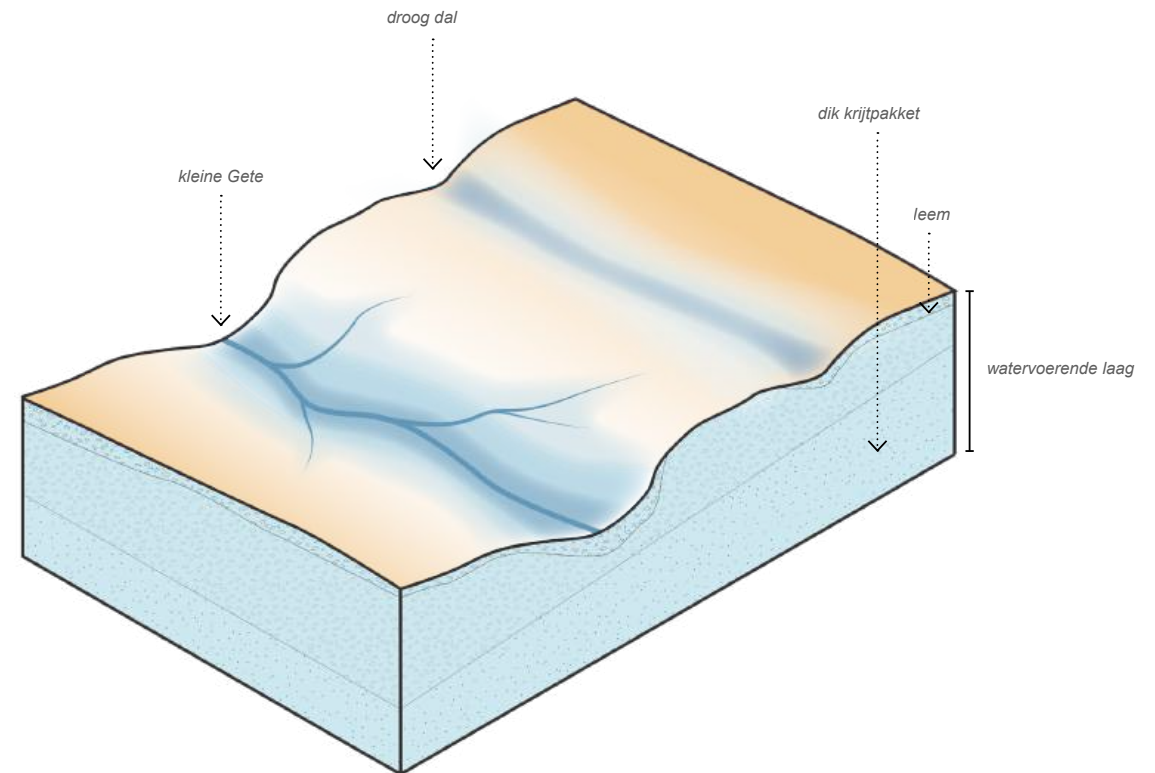
blauwe grond

WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Als een regenwaterdruppel op een plateau in de krijt-leemstreek valt, infiltreert hij langzaam in de bodem en zakt hij door het dikke leempakket heen tot hij terechtkomt in de onderliggende watervoerende laag: het doorlatende krijt. Daar begint zijn langzame reis door de ondergrond.

Niet alle druppels vinden echter die weg, sommige komen terecht in de dalen en stromen rechstreeks af naar de rivieren. De Grote en Kleine Gete, net als de Herk, Mombeek, Winterbeek en Demer, stromen van zuid naar noord en voeren water af richting het Scheldebekken. In het oosten van de regio vinden we waterlopen zoals de Jeker terug die uitmonden in de Maas. De Jeker heeft zich in de voorbije honderdduizenden jaren geleidelijk ingesneden in het dikke krijtpakket. Naast deze actieve rivieren komt er ook een netwerk van droge dalen voor die vaak een uitgesproken assymetrie vertonen, met een flauwe helling aan de ene zijde en een steile wand aan de andere. De droge dalen zijn gevormd tijdens de ijstijden, toen regen en smeltwater door de permanent bevroren ondergrond niet in de bodem kon infiltreren. Het water stroomde oppervlakkig af en erodeerde daarbij een netwerk van kleine dalen.

De grondwatertafel ligt in deze regio vaak diep, door het dikke en zeer goed doorlatende krijtpakket onder de leemlaag, in combinatie met de uitgesproken hoogteverschillen in het landschap. Enkel in de valleien komt het grondwater dicht bij het maaiveld. De grondwatertafel onder de heuveltoppen reageert traag op weersomstandigheden, waarvan de invloed over de tijd wordt uitgemiddeld. Ze stijgt tijdens langere periodes die natter zijn dan gemiddeld en daalt tijdens langere droge periodes. Het diepe grondwater vormt een belangrijke watervoorraad die duurzaam moet worden beheerd.



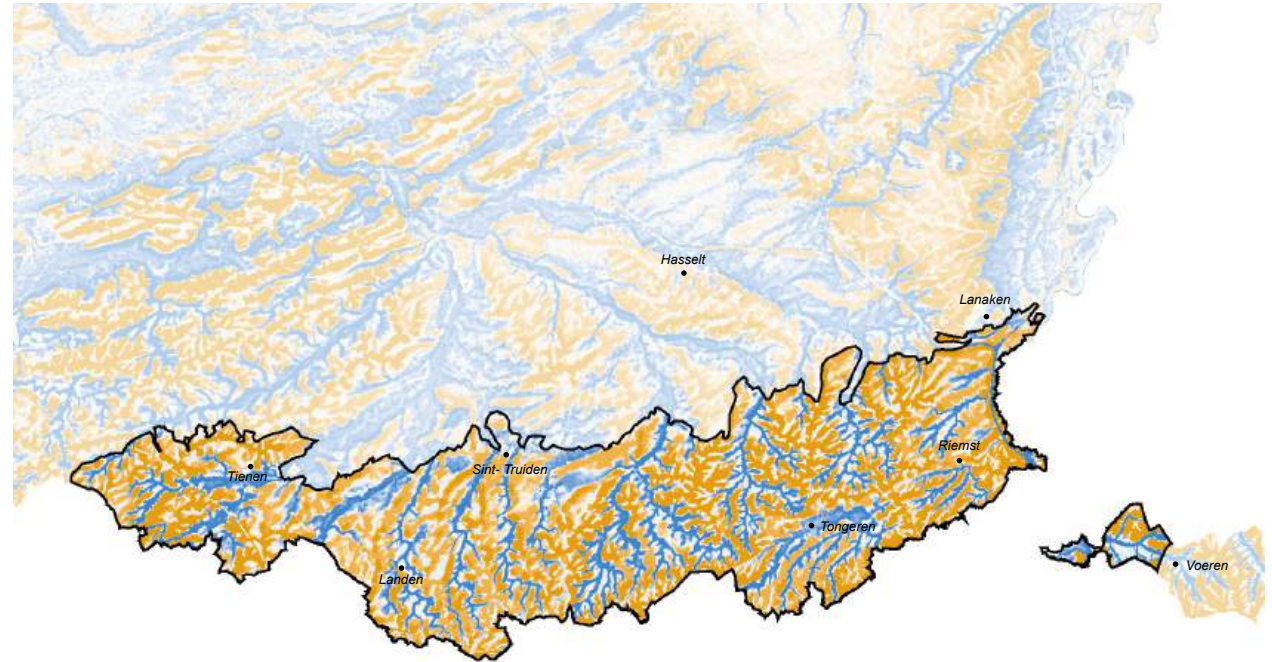
RELIËF DOORGRONDEN

GROTE RELIËFVERSCHILLEN

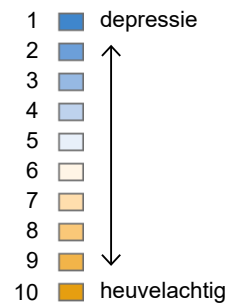
Het reliëf in de krijt-leemstreek is sterk golvend en weerspiegelt de dynamiek van duizenden jaren aan geologische processen. Tijdens de ijstijden werd het landschap gevormd door erosie, waarbij de wisselende gevoeligheid van de bodem, een landschap vormde van plateaus, hellingen en uitgesneden dalen.

Een opvallend kenmerk van het reliëf zijn de asymmetrische valleien. Deze ontstonden onder invloed van verschillen in sneeuwbedekking en de snelheid van het smelten op de hellingen. Er bevond zich meer sneeuw op de noordoostelijke gerichte flanken, die trager smolten dan de zuidwest gericht hellingen. Hierdoor erodeerde het vele smeltwater bij het afstromen de zuidwestelijke hellingen en schuurde de hellingen steiler uit.

Deze geologische processen hebben een systeem van natuurlijke hoogteverschillen gecreëerd dat vandaag een cruciale rol speelt in de waterinfiltratie. De plateaus functioneren als belangrijke infiltratiezones vanwege de diep gelegen grondwatertafel, terwijl in de valleien de grondwatertafel juist ondiep is.



score

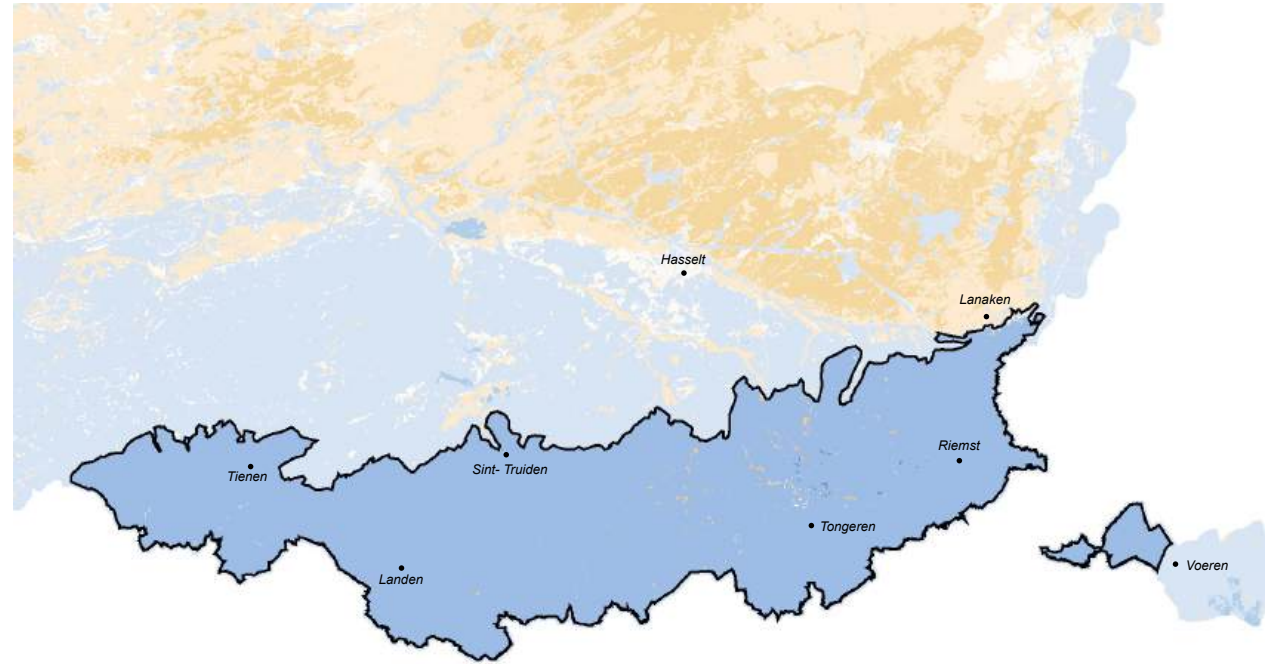


BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN**LAGE INFILTRATIE**

De regio heeft een lage infiltratiecapaciteit, dankzij de dikke leemlaag (tot wel 25m). Leembodems hebben een fijnere structuur, waarbij de bodemdeeltjes kleiner zijn dan zandkorrels. Door deze fijnere structuur dringt water minder snel door in de ondergrond. Tegelijk zorgen de specifieke eigenschappen van leem ervoor dat water beter wordt vastgehouden dan in zandige bodems. Het water sijpelt vervolgens door naar diepere lagen, wat de aanvulling van het grondwater bevordert. Wanneer leembodems echter eenmaal zijn uitgedroogd, is het moeilijker om ze opnieuw vochtig te krijgen dan zandbodems.

In het noorden van de regio worden de bodems zandiger van aard. Deze meer zandemige afzettingen, laten water sneller infiltreren maar houden het minder goed vast.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwater tafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid

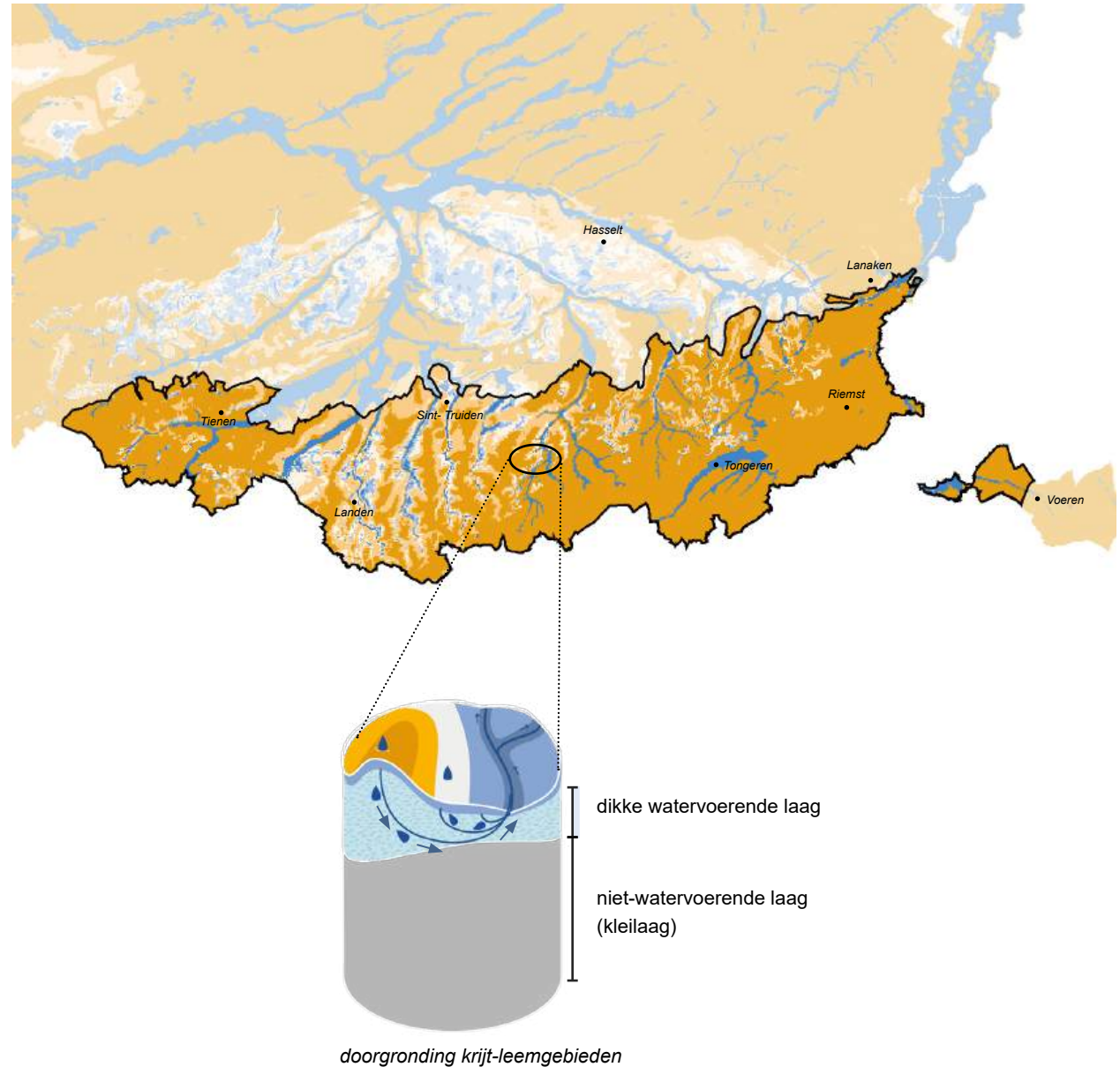


hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**BIJZONDER DIKKE WATERVOERENDE LAAG**

Zowel de leemlaag als de onderliggende ondergrond in de krijt-leemstreek zorgen voor een goede verticale drainage. Vooral in het oosten van de regio is er een dikke watervoerende laag, doordat het leempakket rust op een sterk doorlatende krijtlaag. Hierdoor kan infiltrerend regenwater gemakkelijk worden afgevoerd naar diepere grondwaterlagen.

De enige blauw gekleurde zones op de kaart zijn de riviervalleien, centraal in de regio. In deze valleien komen minder doorlatende lagen voor binnen een dikker watervoerend pakket.



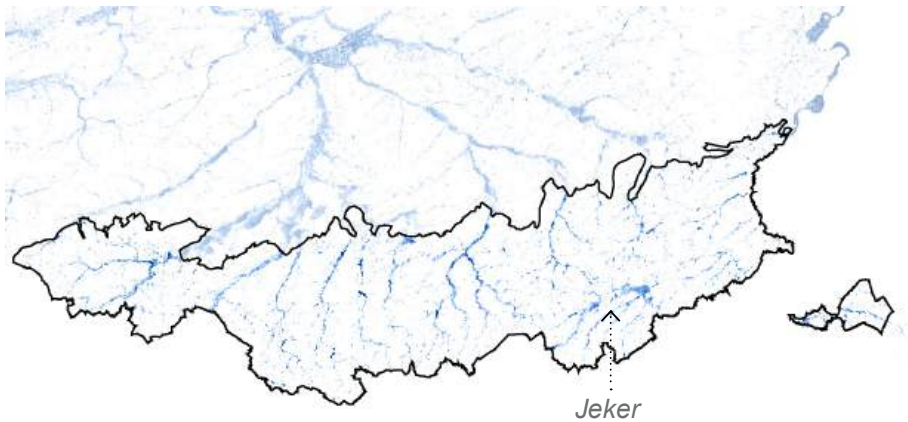
KLIMAATIMPACT**BEPERKTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

In deze regio zijn de dikke ondergrondse krijtpakketten kenmerkend. Deze zorgen voor een hoge infiltratiecapaciteit, wat betekent dat regenwater relatief snel door de ondergrond kan sijpelen en de regio beperkt overstromingsgevoelig is.

Door de hoge reliëfverschillen in de regio is er een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot erosie op de hellingen en lokale overstromingen in de valleien.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

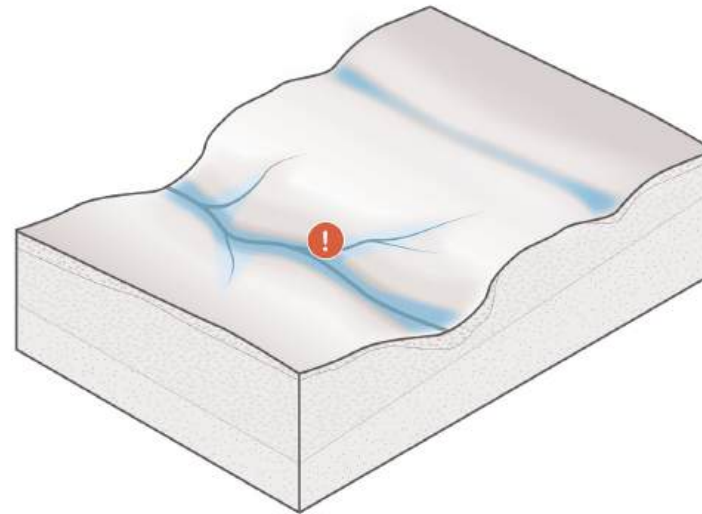
Volgens de prognoses op het Klimaatportaal wordt tegen 2050 een toename van 1 cm in waterdiepte bij wateroverlast verwacht in het afstroomgebied van de Jeker (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Bodemerrosie door intensieve landbouw tast de bodemstructuur aan en verhoogt de afspoeling van water en sediment.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen verlaagt de weerstand tegen afstroming en erosie, waardoor water sneller wegstroomt bij hevige neerslag.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

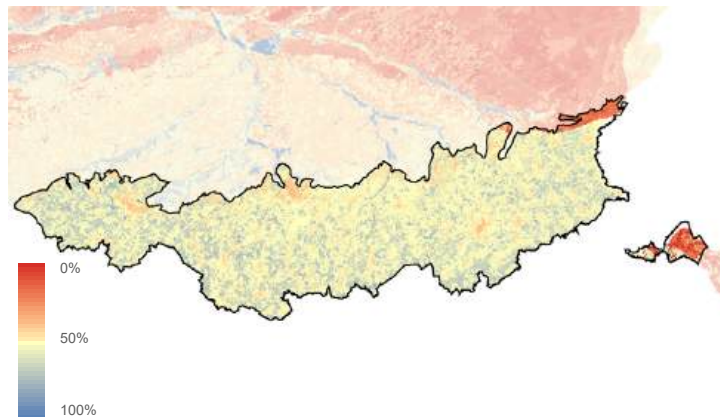
Door de hoge reliëfverschillen in de regio is er een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot lokale overstromingen in de valleien.

BEPERKTE DROOGTEGEVOELIGHEID

Leem heeft een goed vermogen om water vast te houden: het houdt meer vocht vast dan zandbodems, maar minder dan kleibodems. Op de kaart kleurt de regio relatief geel (gemiddeld bodemvocht) in vergelijking met andere regio's. Bij het juiste gebruik van de bodem kunnen de effecten van droogte relatief lang uitgesteld worden. De lemige Maasterrassen in het zuidoosten van de regio springen er op de kaart uit als een gebied met een laag bodemvochtgehalte, en dus een grote droogtegevoeligheid.

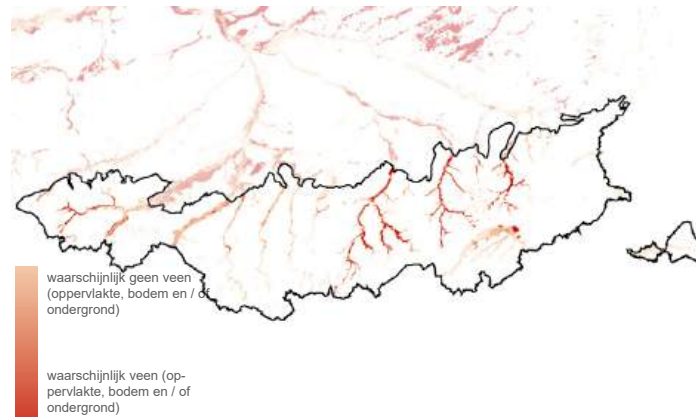
Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Jeker een toename van 17 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).



relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 (Klimaatportaal, n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

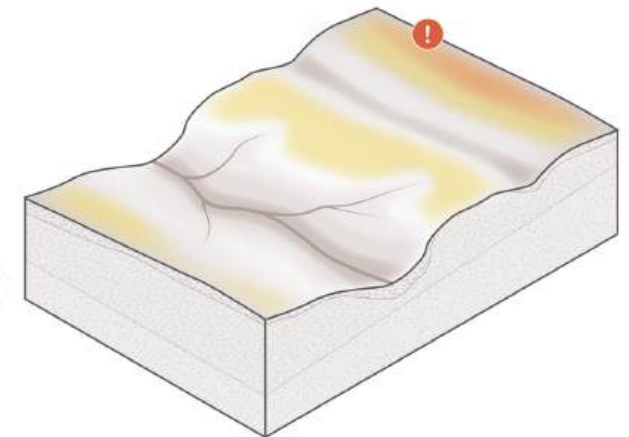


veenwaarschijnlijkheid

Veenwaarschijnlijkheid (DOV). Waarschijnlijkheid van het voorkomen van veen als oppervlakteveen, in het bodemprofiel en/of in de ondiepe ondergrond (1.5–10 m). De kaart toont de waarschijnlijkheid van het voorkomen van ten minste één van deze drie types veen.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve landbouw vraagt veel water en leidt tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- Het verdwijnen van kleine landschapselementen vermindert de capaciteit van het landschap om water op te vangen, vertraagt de infiltratie en verlaagt de natuurlijke schaduwwerking, waardoor uitdroging toeneemt.
- ...



droogte

Door de hoge reliëfverschillen in de regio is er een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot lokale overstromingen in de valleien.

GEMIDDELDE OPWARMING EN AFKOELING

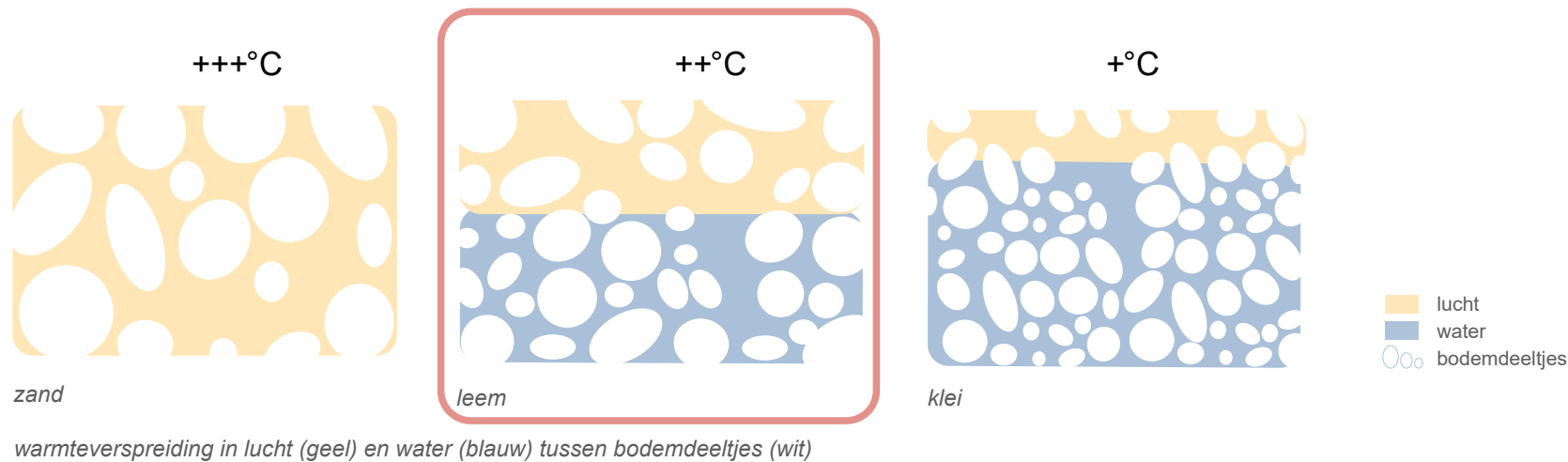
Lemige gronden warmen trager op in vergelijking met zand, maar sneller dan klei. De hoeveelheid water tussen de leemdeeltjes ligt hoger dan die van zand. Dit komt omdat de openingen tussen de leemdeeltjes kleiner zijn. Het water zal de luchttemperatuur overnemen, deels verdampen en verspreiden naar diepere waterlagen. Door het geleiden van de temperatuur zijn de grondtemperaturen minder intens dan zandgrond en is de opwarming trager. Als de luchttemperatuur 's nachts daalt, dan is het water tussen de leemdeeltjes nog warm. Maar door de blootstelling aan koudere lucht geeft het water ook hier haar warmte af.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Jeker een stijging van 15 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van bossen en kleine landschapselementen leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- Bodemverdichting en de afname van organisch materiaal verminderen het waterbergend vermogen van de bodem en zorgen ervoor dat deze sneller opwarmt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

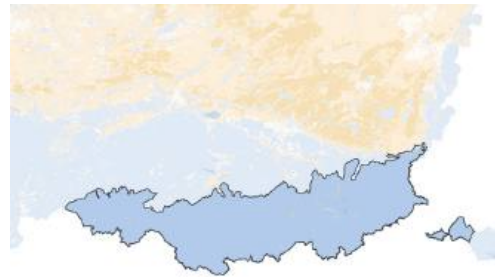


- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

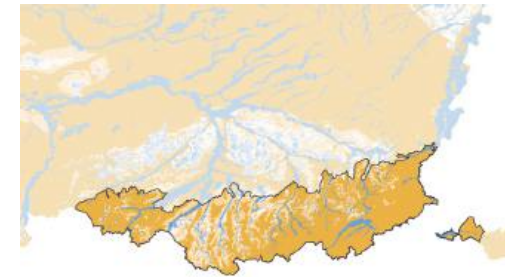


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zand/leem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

11 - KRIJTGEBIEDEN

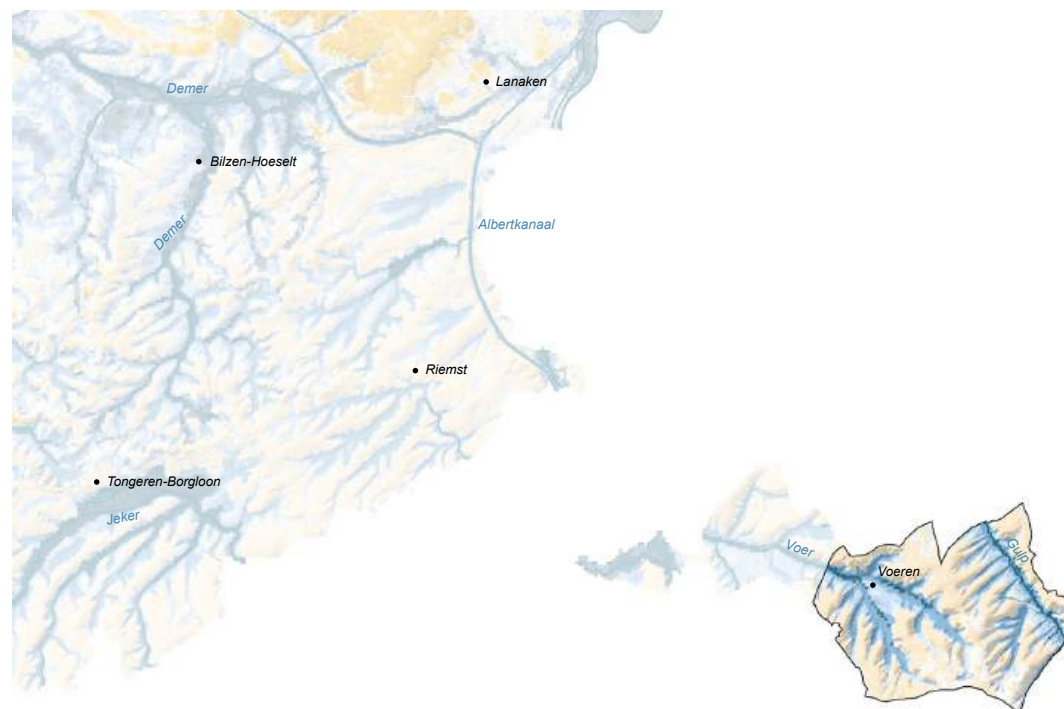
SITUERING



Hét kenmerk van de Krijtgebieden is het dikke krijtpakket dat de regio heeft gevormd. Dit massieve krijtsubstraat is een opeenstapeling van microscopische kalkskeletjes die ongeveer 70 miljoen jaar geleden werden afgezet in een subtropische zee en is lokaal meer dan 200 meter dik. Het werd in de loop der tijd tot wel 100 meter diep ingesneden door rivieren zoals de Voer, Gulp en Geul. Het resultaat is een uitgesproken golvend landschap.

Het dikke krijtpakket is bedekt met een dun laagje leem, dat tijdens de laatste ijstijd door de wind vanuit het noordoosten werd aangevoerd. Door erosie en menselijke ingrepen is er vandaag slechts een beperkte dikte van deze leemlaag overgebleven.

Het krijtpakket laat water goed door en zorgt voor een efficiënte drainage van de bodems in de regio. Hierdoor ontstaan karakteristieke droge hellingen. Bij extreme weersomstandigheden is de regio dan ook sterk gevoelig voor droogte.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

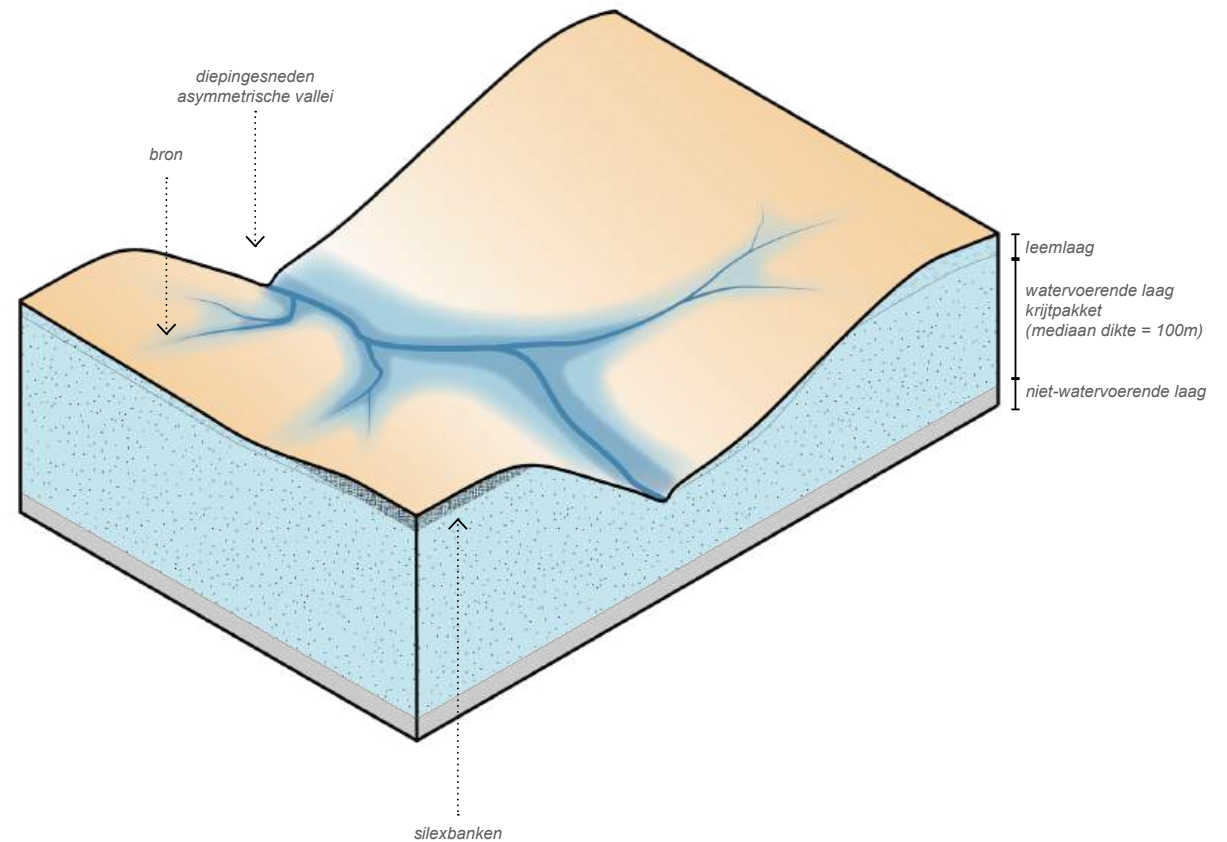
blauwe grond

WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Als een regenwaterdruppel op de Krijtgebieden valt, infiltreert hij in de bodem en komt hij terecht in de dikke watervoerende laag: het krijtpakket. De druppel stroomt langzaam door het krijt en draagt zo bij aan een belangrijke watervoorraad voor de regio. Op plekken waar het krijt sterk is ingesneden, komt het water via talloze bronnen weer aan de oppervlakte.

Wanneer de regenwaterdruppel niet infiltreert stroomt het water af in één van de parallelle noordzuid stromende beken zoals de Berwijn, de Voer, de Geul of de Gulp, die uiteindelijk uitmonden in de Maas.

De grondwatertafel bevindt zich voornamelijk op grote diepte behalve in de valleigebieden met een permanente waterloop.



RELIËF DOORGRONDEN

GROTE RELIËFVERSCHILLEN

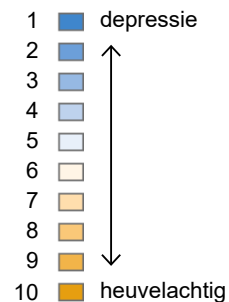
Het reliëf van de Krijtgebieden speelt een bepalende rol in het landschap en het watersysteem van de regio. De streek vormt een plateau aan de voet van de Ardennen met een gemiddelde hoogte van 220 meter, dat door de rivieren Voer, Gulp en Geul diep is ingesneden. Deze insnijdingen, die lokaal tot 100 meter reiken, geven de regio een uitgesproken golvend karakter, gekenmerkt door asymmetrische valleien.

Deze grote reliëfverschillen ontstonden tijdens de ijstijden van de afgelopen 2 miljoen jaar, toen de zeespiegel tot 100 m lager was. Het landschap werd toen blootgesteld aan intensieve erosie. In deze periode boden de vuursteenbanken, ook wel silexbanken genoemd, het meeste weerstand tegen de krachten van wind en water. Silexbanken zijn harde lagen van vuursteen die ontstaan doordat een bestanddeel van vuursteen zich ophoopt en kristalliseert binnen de kalksteenlagen. Deze harde gesteentelagen, soms tot 15 meter dik, bleven als relictten achter op de plateaus en heuveltoppen.

Het hoogste punt van de regio bevindt zich bij Hagelstein, met een hoogte van 281 meter boven zeeniveau. Hiermee vormt het niet alleen het hoogste punt van de streek, maar ook van heel Vlaanderen.



score



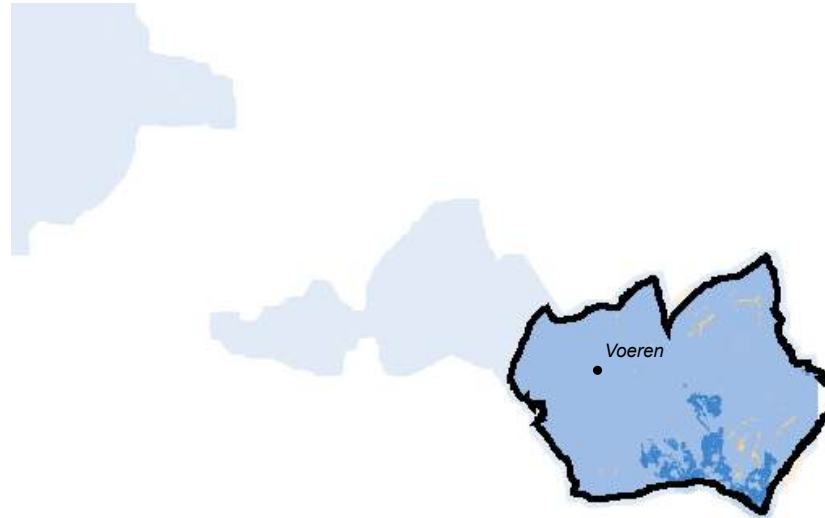
BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN

LAGE INFILTRATIE

De regio heeft een lage infiltratiecapaciteit. De bovenste toplaag bestaat overwegend uit leem, voornamelijk aanwezig op de plateaus en op de zacht hellende valleihellingen. Leembodems hebben een fijnere structuur, waarbij de bodemdeeltjes kleiner zijn dan zandkorrels. Door deze fijnere structuur dringt water minder snel door in de ondergrond. Tegelijk zorgen de specifieke eigenschappen van leem ervoor dat water beter wordt vastgehouden dan in zandige bodems. Het water sijpelt vervolgens door naar diepere lagen, namelijk naar het dikke krijtpakket, dat een zeer doorlatende laag vormt.

Op de steile hellingen is het type bodem sterk afhankelijk van de geologische lagen die dagzomen.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid

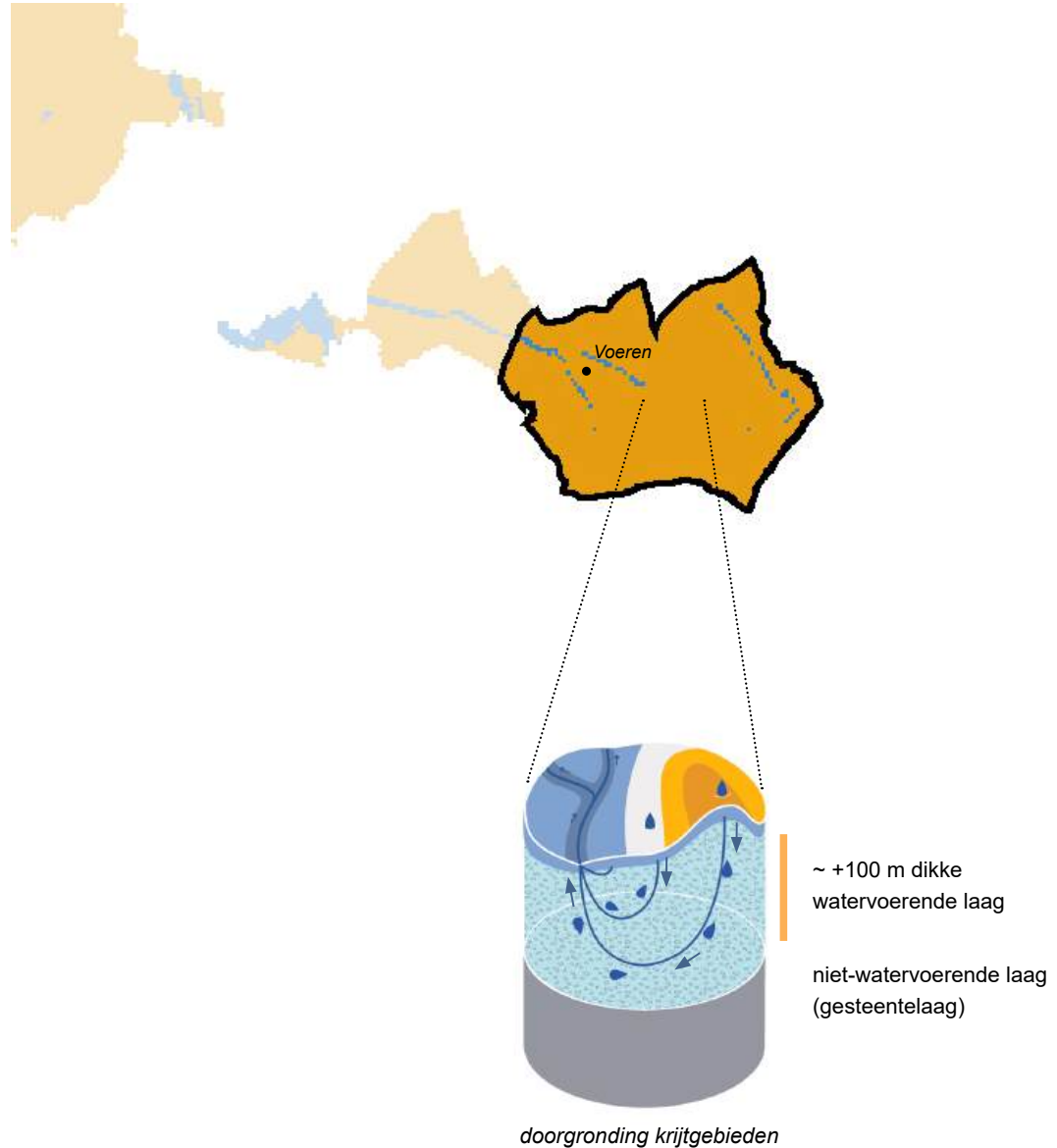


hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**BIJZONDER DIKKE WATERVOERENDE LAAG**

De diepere ondergrond in deze regio bestaat voornamelijk uit dikke pakketten krijt. Dit dik krijtpakket vormt een dikke, watervoerende laag met een mediaandikte van meer dan 100 meter. Vervolgens treffen we weinig doorlatende gesteentelagen aan die de diepere infiltratie van water vertragen. De grote diepte van deze krijtlaag resulteert in een zeer grote ondergrondse waterberging.

De enige blauw aangeduide delen op de kaart zijn de riviervalleien. In deze valleien komen minder doorlatende lagen voor binnen een dikker watervoerend pakket.



score -afstand maaiveld tot niet watervoerende laag (aquitard)

- 2 0 - 0.5 m diep
- 4 0.5 - 2 m diep
- 6 2 - 4 m diep
- 8 4 - 10 m diep
- 10 > 10 m

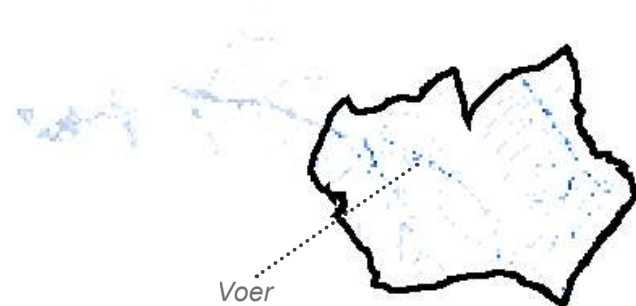
KLIMAATIMPACT**BEPERKTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

In deze regio zijn de dikke ondergrondse krijtpakketten kenmerkend. De krijtpakketten hebben een goede waterdoorlatendheid wat betekent dat regenwater relatief snel door de ondergrond kan sijpelen en de regio beperkt overstromingsgevoelig is.

Door de hoge reliëfverschillen in de regio is er een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot erosie op de hellingen en lokale overstromingen in de valleien.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

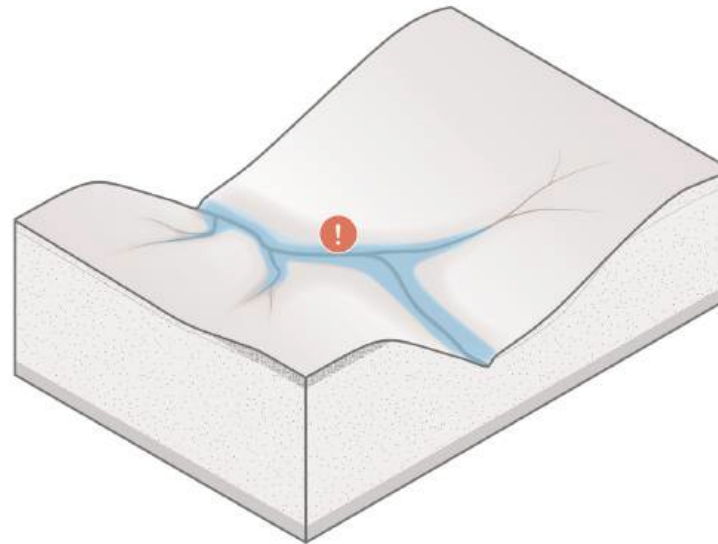
De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 slechts een toename van 3 cm in waterdiepte wordt verwacht bij overstromingen in het afstroomgebied van Voer (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

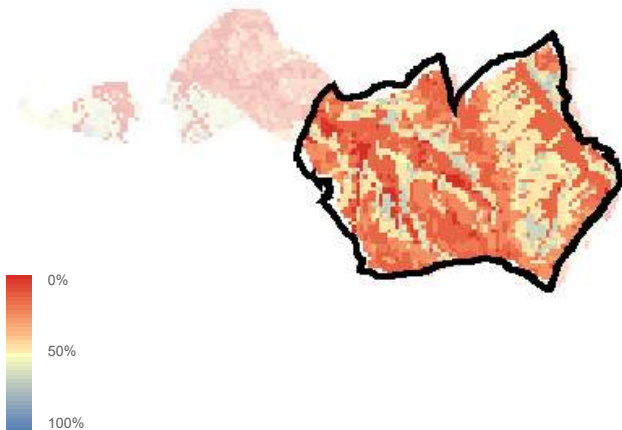
Door de hoge reliëfverschillen in de regio is er een versnelde afvoer van water naar de lager gelegen delen. Bij hevige regenval kan dit leiden tot lokale overstromingen in de valleien.

GEVOELIG VOOR DROOGTE

De leembodem is relatief dun waardoor vooral de onderliggende krijtlagen de droogtegevoeligheid bepalen. Krijt heeft een beperkte capaciteit om water vast te houden. Water zakt snel door naar diepere lagen, waardoor de bodem snel uitdroogt. Dit maakt de regio gevoelig voor droogte. Over het algemeen heeft de regio een lage hoeveelheid bodemvocht, wat de droogtegevoeligheid verder vergroot. Op basis van de informatie op het KlimaatPortaal (kaart relatief bodemvocht) wordt de vallei van de Voer gekenmerkt met de grootste droogtegevoeligheid. in vergelijking met de rest van de regio.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in droge periodes steeds groter. Ook de hydrologische droogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Voer een toename van 15 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

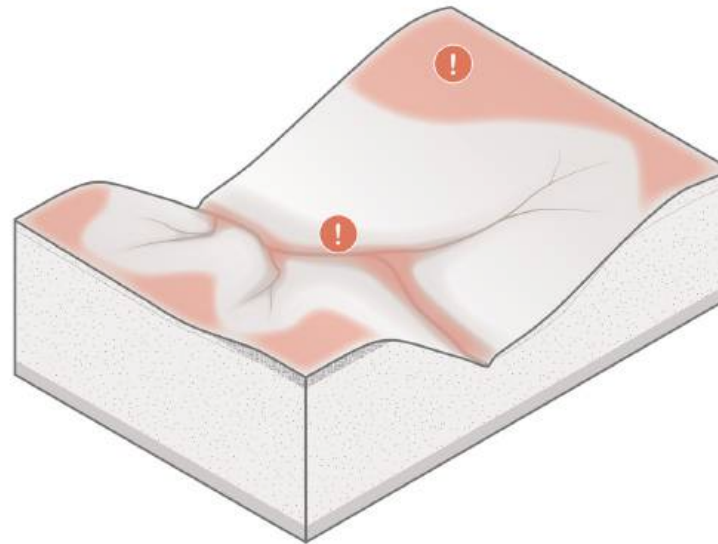


relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve grondwaterwinning verlaagt de natuurlijke grondwaterstand, waardoor minder water beschikbaar blijft voor natuur en landbouw.
- Intensieve veehouderij en landbouw vragen veel water en leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- ...



droogte

De leembodem is relatief dun waardoor vooral de onderliggende krijtlagen de droogtegevoeligheid bepalen. Krijt heeft een beperkte capaciteit om water vast te houden. Water zakt snel door naar diepere lagen, waardoor de bodem snel uitdroogt.

SNELLE OPWARMING EN AFKOELING

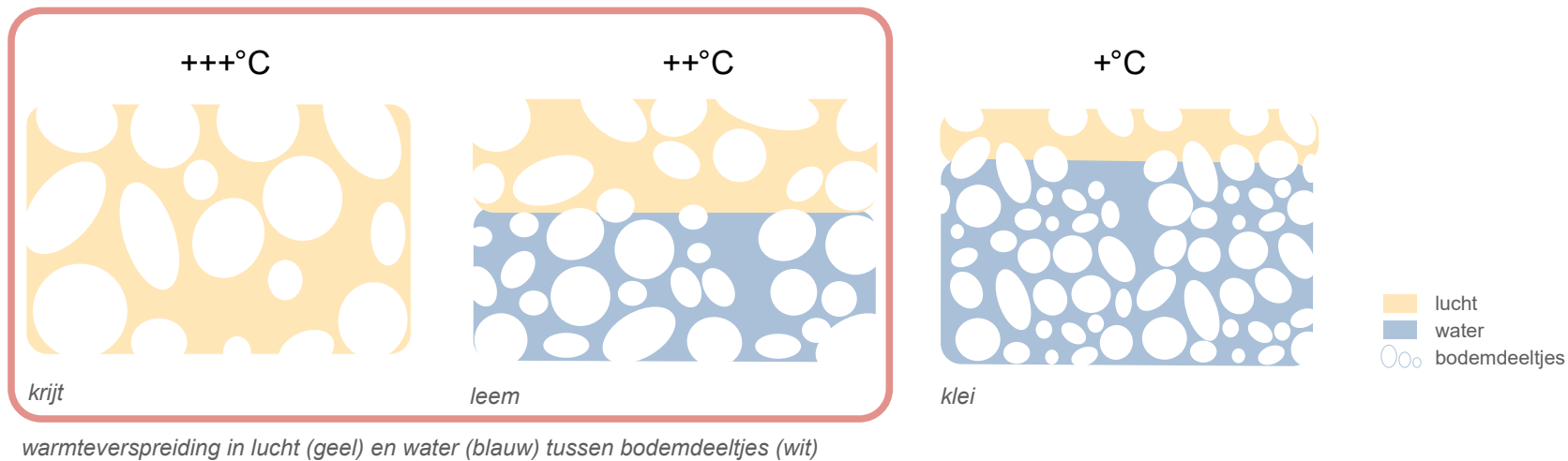
Er is een beperkte leemlaag als toplaag. Deze toplaag warmt trager op in vergelijking met zand, maar sneller dan klei. Onder deze toplaag bevindt zich krijt wat snel opwarmt omdat er meer lucht dan water tussen het krijt zit. De opgewarmde lucht verhoogt de temperatuur snel. Door het gebrek aan water kan deze warmte niet verdampen. Dit kan de oppervlaktetemperaturen snel en intens verhogen tijdens warme dagen. Wanneer de luchttemperatuur en straling van de zon 's nachts verdwijnt kan de grond echter sneller afkoelen dan bv. klei waar veel water en dus ook warmte tussen de korrels zit.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Voer een stijging van 14 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van bossen en boomrijke gebieden leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.

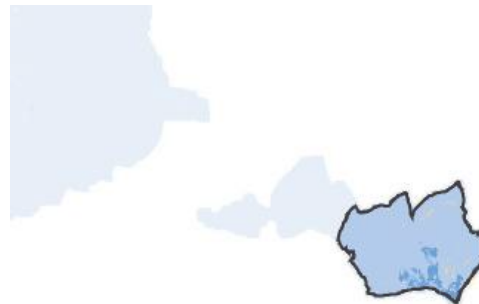


- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap, vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.

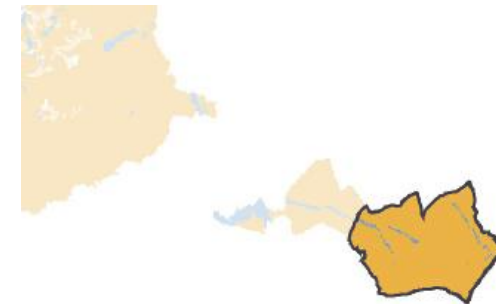


- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zand/leem)
- lage infiltratiesnelheid (zwarte klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

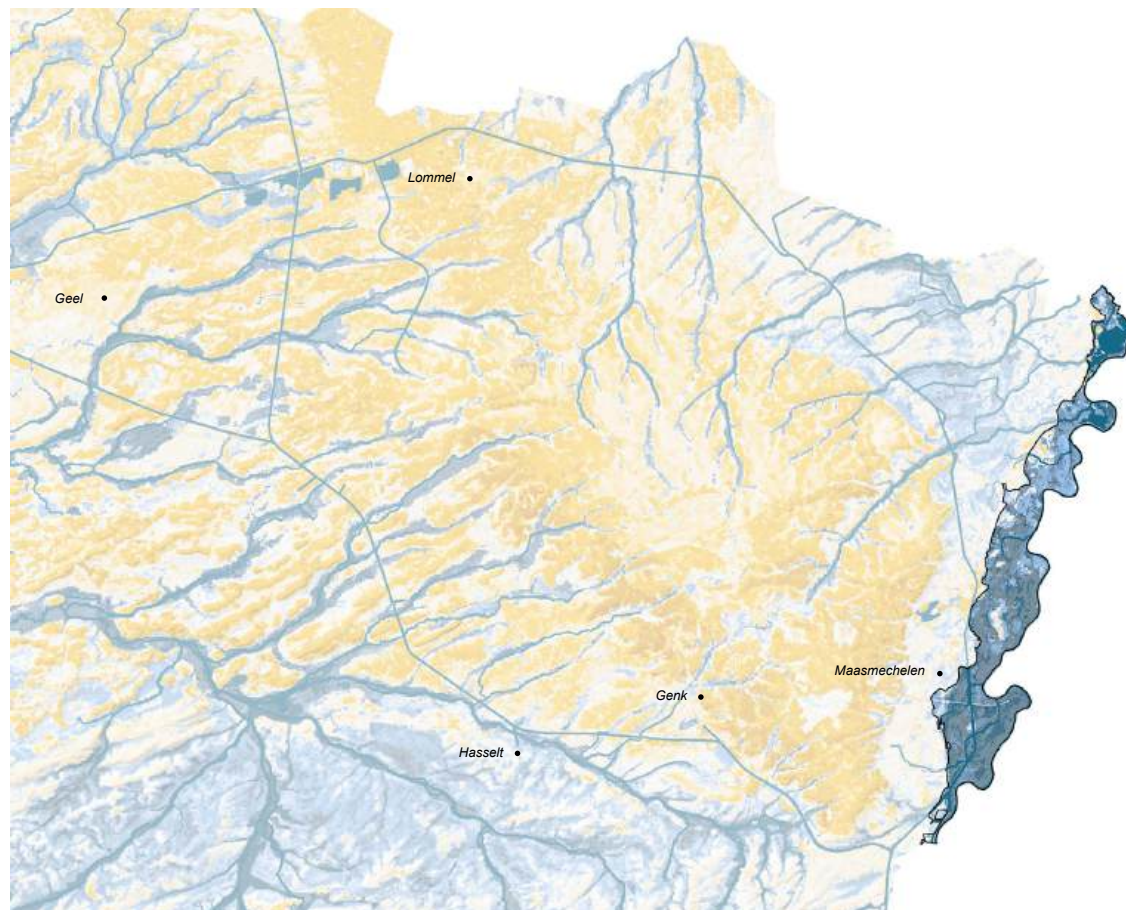
12 - GRINDRIVIEREN

SITUERING



De vorming van deze regio werd sterk beïnvloed door de Maas, een regenrivier die voornamelijk wordt gevoed door de Belgische Ardennen. Door het relatief grote hoogteverschil in het stroomgebied heeft de Maas een hoge stroomsnelheid. Dit zorgt ervoor dat de rivier grind en zand over grote afstanden meevoert.

Het grind werd voornamelijk meegevoerd en afgezet tijdens de ijstijden, toen de zeespiegel veel lager was en de stroomsnelheid nog hoger. Tijdens de ijstijden sneed de Maas zich in, in haar eigen grindafzettingen, waardoor rivierterrassen ontstonden. Deze terrassen zijn nog steeds zichtbaar in het landschap.



DOORGRONDKAART

oranje grond

witte grond

blauwe grond

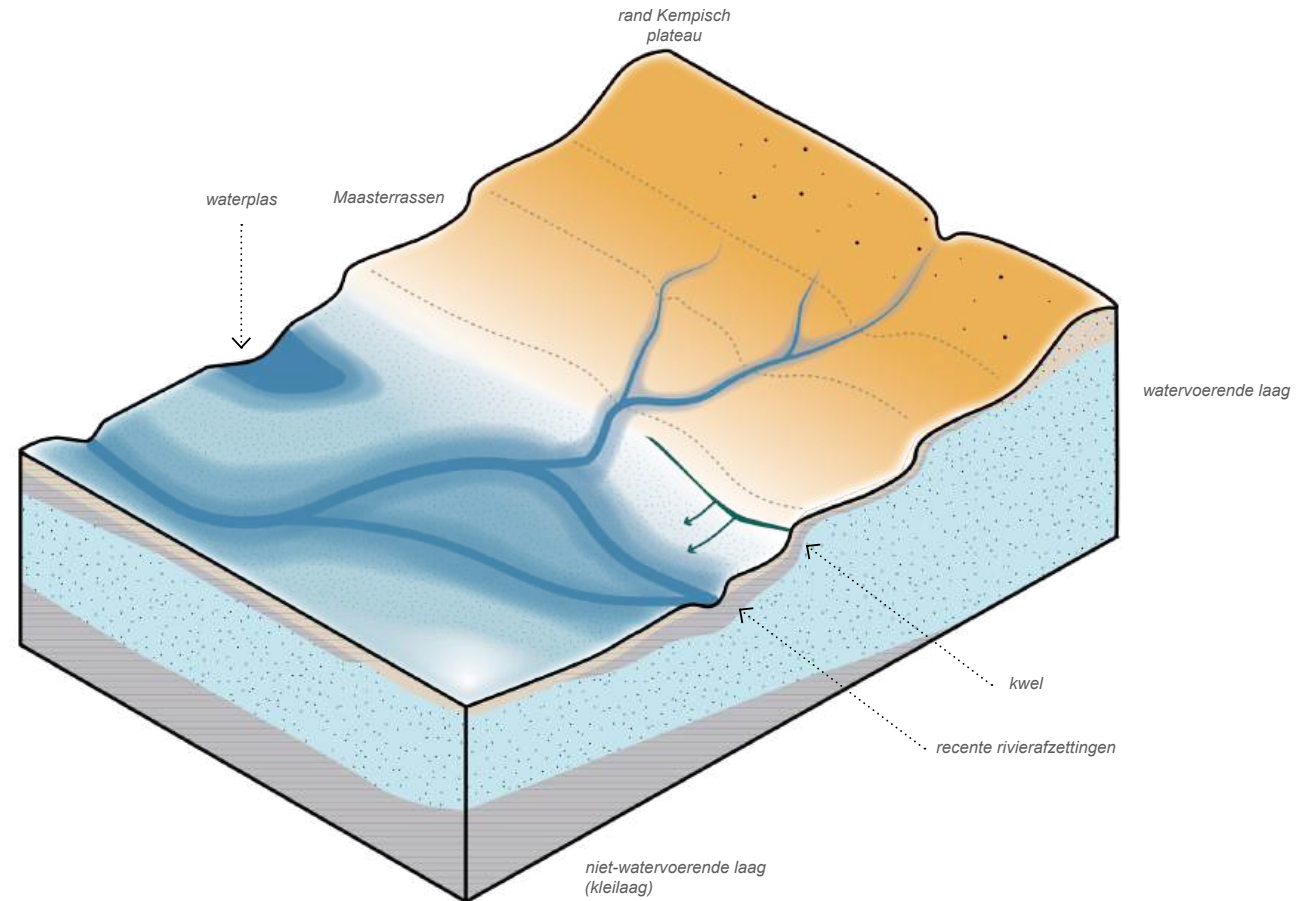
WERKING EN UITDAGINGEN WATERSYSTEEM

Hoewel de bron van de Maas in Frankrijk ligt, vormen de Belgische Ardennen een belangrijke bron van regenwater die de Maas voedt. Een ander deel van het water stroomt vanaf het Kempisch Plateau via geulen en kleinere beekjes naar de Maas. In deze gebieden sijpelt regenwater ook de bodem in. Een deel ervan verzamelt zich in de grindlagen en komt via kwelzones langzaam weer aan de oppervlakte.

Door het grote hoogteverschil in haar stroomgebied heeft de Maas een hoge stroomsnelheid. Deze kracht stelt de rivier in staat om grof sediment, zoals grind, te verplaatsen, al gebeurde dit voornamelijk tijdens de ijstijden.

De Maas is niet alleen een typische regenrivier, maar ook een belangrijke bron van drinkwater voor zowel België als Nederland. Daarnaast speelt ze een grote rol in de scheepvaart en vormt ze op verschillende plaatsen de grens tussen België en Nederland.

Het landschap wordt verder gekenmerkt door grote waterplassen, zoals de Herenlaakplas en de Spanjaardplas, die zijn ontstaan door grindontginning en tegenwoordig vaak worden gebruikt voor recreatie.



RELIËF DOORGRONDEN

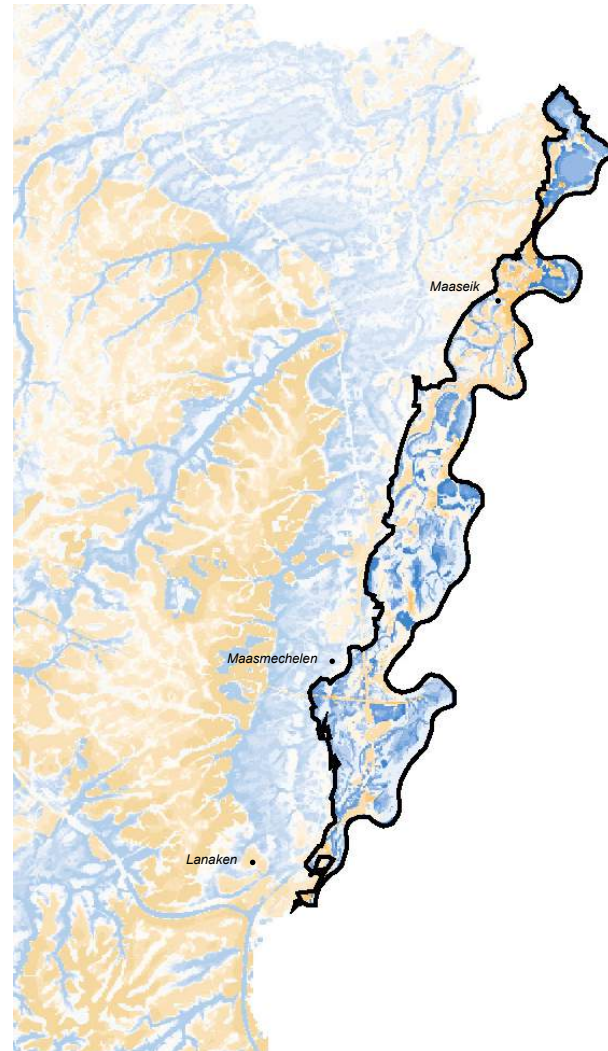
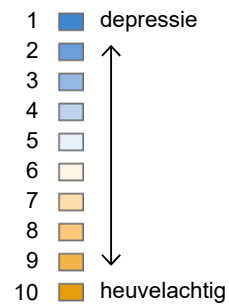
BEPERKTE RELIËFVERSCHILLEN

De Maas heeft zich in verschillende fasen ingesneden in haar eigen grindbed, waardoor de huidige Maasvallei is ontstaan. Dit grindbed ziet eruit als een driehoekige puinkegel, ook wel bekend als het Kempisch Plateau. Dit plateau ontstond tijdens de ijstijden, toen de zeespiegel tot wel 100 meter lager lag dan vandaag, en het landschap werd gevormd door diepe rivierinsnijdingen. In Limburg stroomden toen zowel de Rijn als de Maas, die grote hoeveelheden grof zand, grind en zelfs rotsblokken aanvoerden vanuit de Vogezen en de Ardennen. Al dat puin werd afgezet in een waaierachtige vorm, waarvan het hooggelegen Kempisch Plateau nu nog een restant is. Door herhaalde afzettingen van grind, gevolgd door nieuwe insnijdingen, ontstonden de zogenaamde Maasterrassen.

De huidige overstromingsvlakte van de Maas is vrij vlak, maar wordt gekenmerkt door diep ingesneden dalen van oude Maasarmen. Opvallend is een plotselinge stijging van het reliëf met drie meter. Deze steile rand markeert de overgang tussen de overstromingsvlakte en het hogere terrasniveau.

Het natuurlijke reliëf van de vallei is op verschillende plaatsen sterk gewijzigd door menselijke ingrepen, voornamelijk door grindontginning.

score



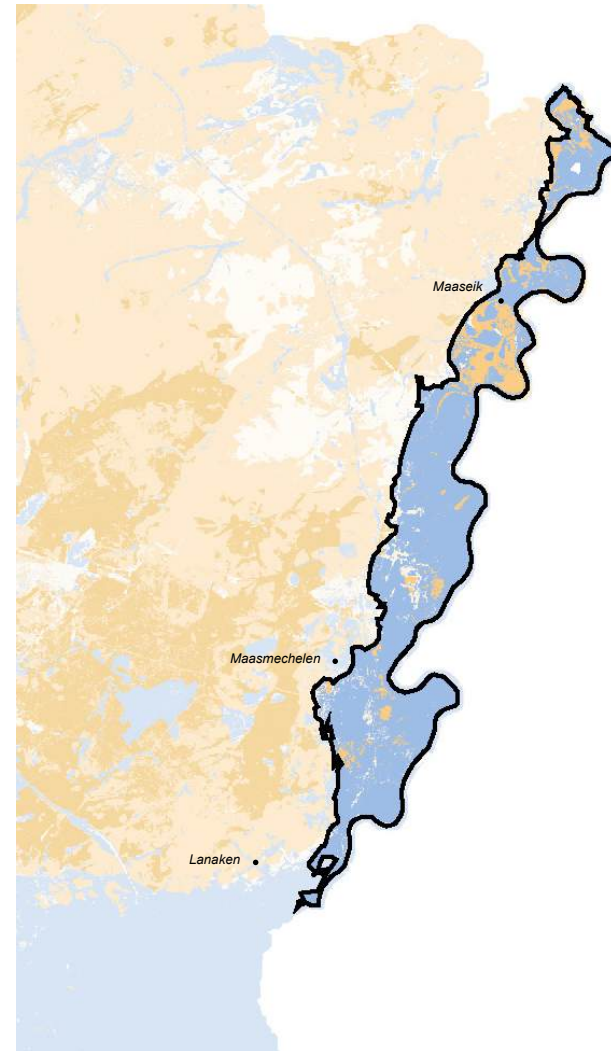
BODEM (1.5M) - DOORGRONDEN

LAGE INFILTRATIE

De regio heeft een lage infiltratiecapaciteit. De bovenste laag bestaat uit recente rivierafzettingen van de Maas, die meestal zandleem, leem of klei bevatten. Deze fijnere materialen zijn minder doorlatend, waardoor water minder gemakkelijk in de ondergrond kan doordringen.

Onder deze afzettingen bevindt zich een dikke grindlaag, die op sommige plaatsen tot wel 12 meter dik is. In bepaalde gebieden ligt het Maasgrind dicht aan de oppervlakte. Grind heeft relatief grote korrels, wat leidt tot grotere poriën. Deze poriën maken het mogelijk dat water snel in de bodem zakt, wat resulteert in een hoge infiltratiesnelheid op plaatsen waar het grind aan de oppervlakte komt.

Infiltratie wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, bodemstructuur, textuur, het vochtgehalte van de bodem en de diepte van de grondwatertafel. Binnen deze fiches richten we ons enkel op de invloed van de bodemtextuur op het infiltratieproces.



score

- 2 ■ zware klei
- 4 ■ zandleem en leem
- 6 ■ licht zandleem
- 8 ■ lemig zand en klei
- 10 ■ zand

lage infiltratiesnelheid

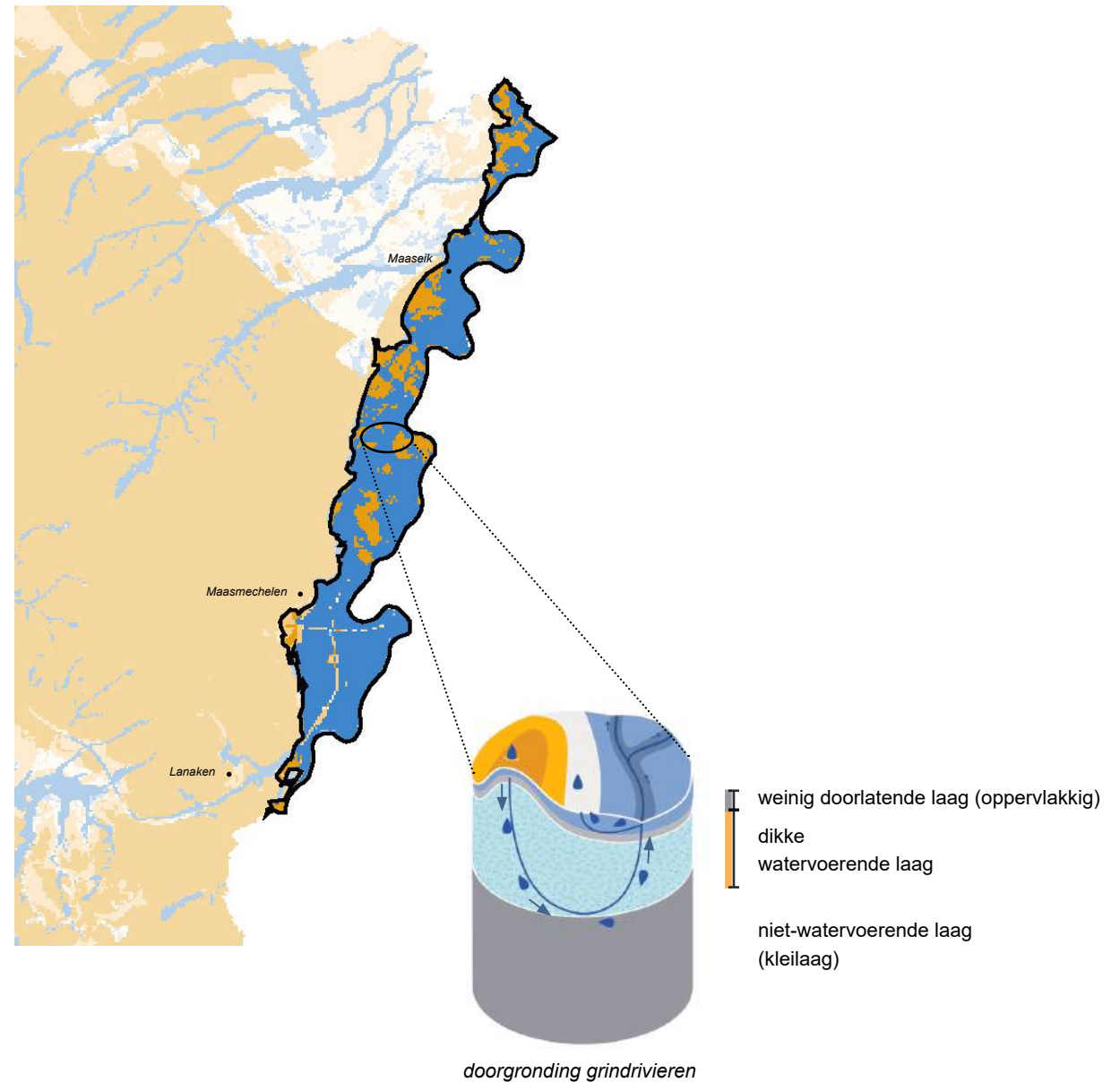


hoge infiltratiesnelheid

ONDERGROND - DOORGRONDEN**DUNNE WATERVOERENDE LAAG**

De recente rivierafzettingen zorgen voor een oppervlakkige weinig doorlatende laag van slechts enkele meters dik, met daaronder een dik pakket van riviergrint. Dit dikke pakket is goed waterdoorlatend en kan veel water stockeren. Door de weinig doorlatende rivierafzettingen bovenaan is de regio minder geschikt voor grootschalige ondergrondse waterberging, tenzij het water rechtsreeks in de onderliggende dikke watervoerende laag kan geïnfilteerd worden.

Het grondwater bevindt zich doorgaans op een diepte van circa 1,25 meter. In bepaalde gebieden, zoals bij oude rivierarmen, kan het grondwater zelfs tot aan de oppervlakte komen.



KLIMAATIMPACT**GROTE OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID**

Wateroverlast komt vooral voor op de vlaktes langs de Maas. Neerslag die op hoger gelegen gebieden valt, stroomt af richting de rivier. Daarnaast wordt de Maas gevoed door regenval die stroomopwaarts in de Ardennen valt. Omdat de Maas een regenrivier is, hangt de hoeveelheid water sterk af van de regenval in de gebieden stroomopwaarts.

De mens heeft door de jaren heen zowel winter als zomerdijken gebouwd om zich te beschermen tegen mogelijke overstromingen.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

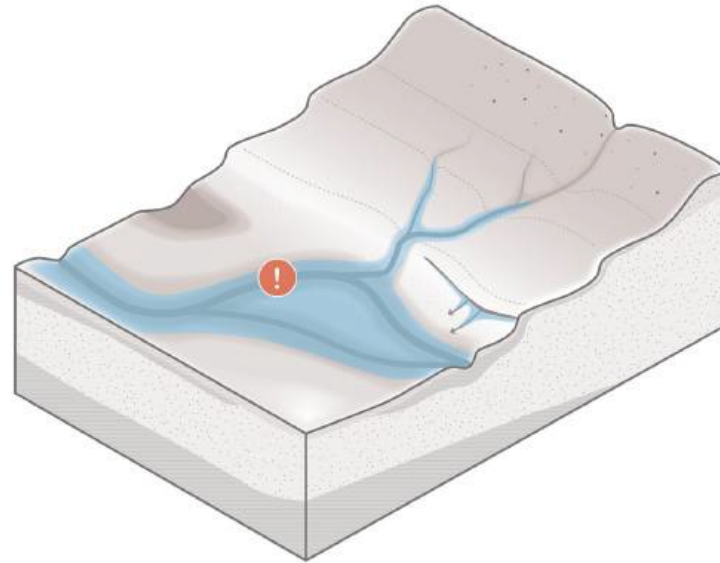
De prognoses op het klimaatportaal laten zien dat tegen 2050 een stijging van 3cm wordt verwacht bij wateroverlast in het afstroomgebied van de Maas (Vlaams gemiddelde - 28cm toename in waterdiepte; bron: klimaatportaal, impacttool).

**overstroombaar gebied**

Overstroombaar gebied pluviaal - fluviaal, toekomst (Waterinfo, 2023)

Menselijke invloeden die de kans op overstromingen vergroten:

- Verharding van het landschap zorgt voor snellere afstroming en minder waterinfiltratie.
- Het rechte trekken van beken zorgt voor een snellere waterafvoer en leidt tot hogere piekdebieten bij hevige regenval.
- De aanleg van een fijnmazig grachtensysteem versnelt de afvoer van water, waardoor het minder kans krijgt om in de bodem te sijpelen.
- Uitbreiding van verstedelijking in valleigebieden vermindert de natuurlijke ruimte voor wateropvang en verhoogt het risico op overstromingen.
- ...

**overstromingsgevoeligheid**

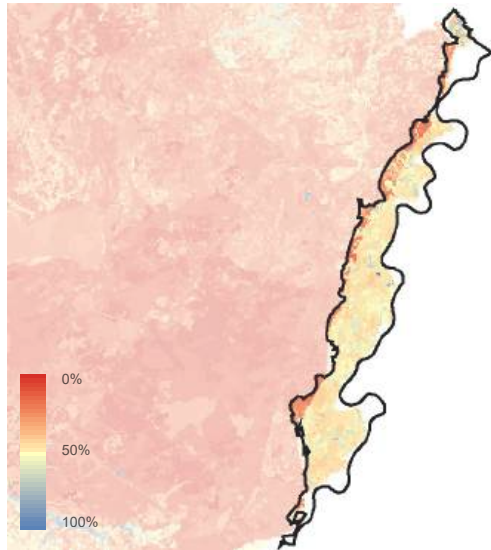
Wateroverlast komt vooral voor op de vlaktes langs de Maas. Neerslag die op hoger gelegen gebieden valt, stroomt af richting de rivier. Daarnaast wordt de Maas gevoed door regenval die stroomopwaarts in de Ardennen valt.

GEMIDDELDE DROOGTEGEVOELIGHEID

De toplaag van klei en leem houdt water goed vast, waardoor deze bodems niet snel uitdrogen. Aan de andere kant zijn ze slecht doorlatend, wat betekent dat de grondwatertaf slechts traag wordt aangevuld. Op sommige plaatsen reiken grindpakketten tot aan het oppervlak, hier kan water juist snel infiltreren. Deze grindlagen drogen echter ook sneller uit, omdat ze weinig water kunnen vasthouden door de hoge doorlatendheid van deze grindlaag.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Door klimaatverandering zullen neerslagperiodes korter en intenser worden, wat leidt tot meer oppervlakkige afstroming en minder effectieve aanvulling van de grondwatertafel. Hierdoor wordt het watertekort in drogeperiodes steeds groter. Ook de hydrologische doogte-duur zal toenemen. Zo wordt in de afstroomzone van de Maas een toename van 14 droogtedagen per jaar verwacht (Vlaams gemiddelde 14 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

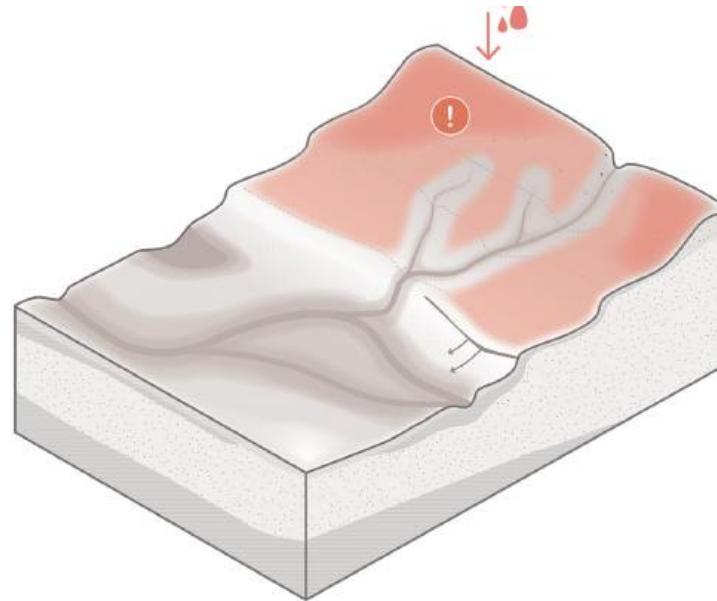


relatief bodemvocht

Relatief bodemvocht - 2050 t2 ([Klimaatportaal](#), n.d.): Het relatief bodemvochtminimum voor een droogte-periode die statistisch gezien om de 2 jaar voorkomt, onder een klimaat te verwachten in 2050. De zones met de laagste relatieve bodemvochtgehalten (rode kleur) kunnen weinig vocht vasthouden en zijn zeer droogtegevoelig. Ze vallen snel terug op lage hoeveelheden bodemvocht.

Menselijke invloeden die droogtegevoeligheid vergroten:

- Intensieve grondwaterwinning verlaagt de natuurlijke grondwaterstand, waardoor minder water beschikbaar blijft voor natuur en landbouw.
- Intensieve veehouderij en landbouw vragen veel water en leiden tot verdichting van de bodem, waardoor infiltratie en vochtvasthoudend vermogen afnemen.
- Versnelde waterafvoer via drainage en aangepaste waterlopen zorgt ervoor dat regenwater sneller wegstroomt, waardoor er tijdens droge periodes minder water beschikbaar is.
- ...



droogte

De Maasterrassen en de rand van het Kempisch plateau kent een hogere droogtegevoeligheid dan de maasvallei.

TRAGE OPWARMING EN AFKOELING

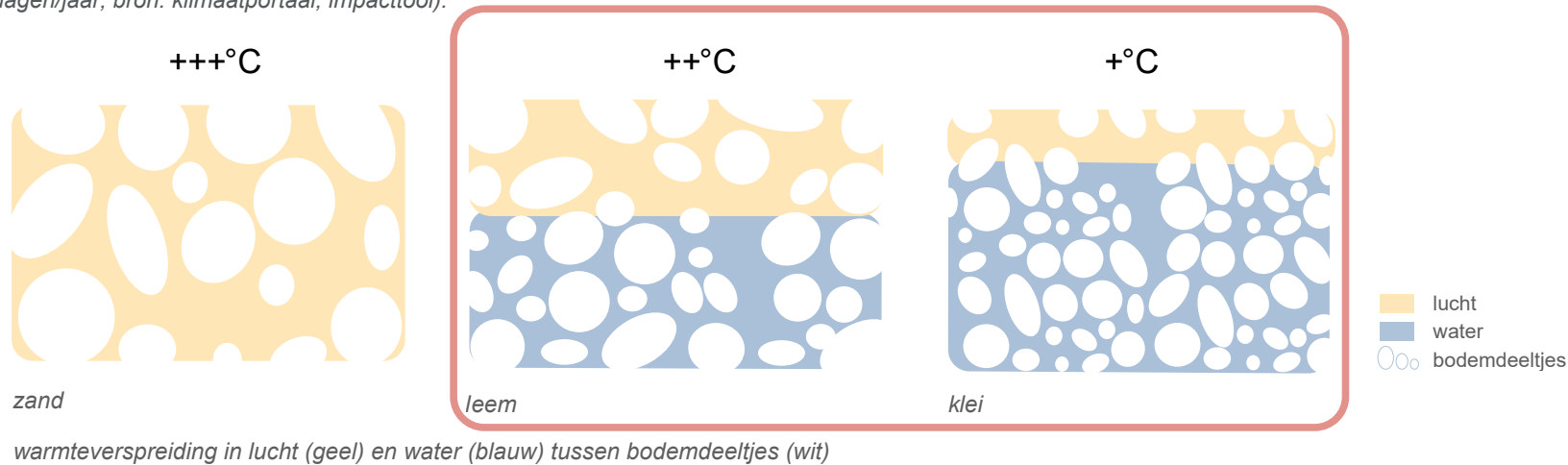
De Maas en de vele ontginingsplassen dragen bij aan verdamping, wat een verkoelend effect heeft op de omgeving. De bovenste bodemlaag bestaat uit kleiige en lemige afzettingen afkomstig van de Maas. Deze gronden warmen langzamer op in vergelijking met zand omdat ze meer water kunnen ophouden tussen de kleinere klei- en leemkorrels. Het water warmt minder snel op dan lucht, en kan de warmte ook eenvoudiger doorgeven aan de diepere waterlagen. Kleibodems koelen hierdoor ook het langzaamst af, omdat het water de warmte slechts traag afgeeft aan de atmosfeer. Dit zorgt voor een stabielere bodemtemperatuur en beschermt de bodem tegen grote temperatuurschommelingen. Hierdoor is de regio minder gevoelig voor hitte. Daarnaast zijn er veel grindpakketten aanwezig; deze warmen snel op, maar verliezen hun warmte ook snel.

Hoe evolueert deze ecoregio in 2050?

Tegen 2050 wordt een sterke toename in het aantal hittegolfdagen verwacht. Zo voorspelt men in de afstroomzone van de Maas een stijging van 18 hittegolfdagen per jaar. Daarnaast wordt verwacht dat de bodem tegen 2050 mogelijk 3°C warmer zal zijn (Vlaams gemiddelde 15 dagen/jaar; bron: klimaatportaal, impacttool).

Menselijke invloeden die hittestress versterken:

- Verharding van het landschap vermindert de infiltratie van regenwater en zorgt ervoor dat meer warmte wordt vastgehouden.
- Afname van bossen en boomrijke gebieden leidt tot minder schaduw en natuurlijke verkoeling, waardoor de bodem sneller opwarmt en uitdroogt.
- ...



HOE ZET JE JOUW GROND OPTIMAAL IN TEGEN HITTE, DROOGTE EN WATEROVERLAST?

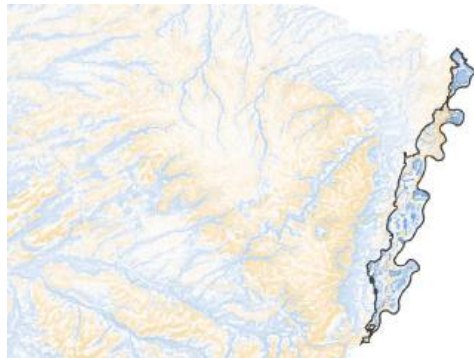
oranje gronden

witte gronden

blauwe gronden

1 - HOOGTEVERSCHIL

- ☐ **hooggelegen gebied**
Hou water vast op het hoogste punt, zodat het maximaal in de bodem kan infiltreren en afstroming wordt beperkt.
- ☐ **hellend gebied**
Hou afstromend water op de helling tegen om overstromingen stroomafwaarts te voorkomen.
- ☐ **laaggelegen gebied**
Zorg voor meer ruimte voor water, zodat de waterpeilen bij overstromingen verlaagd worden.



- hooggelegen gebied
- hellend gebied
- laaggelegen gebied

Topographic Position Index klimaatportaal
(relatieve positie van een locatie in een landschap,
vergeleken met zijn omgeving)

2 - INFILTRATIESNELHEID

- ☐ **hoge infiltratiesnelheid**
Beperk verdamping, zodat meer water kan infiltreren en in de bodem kan worden vastgehouden, om opwarming van de grond te beperken.
- ☐ **gemiddelde infiltratiesnelheid**
Verhoog het bodemleven, zodat meer water in de bodem wordt vastgehouden en de opwarming van de grond wordt beperkt.
- ☐ **lage infiltratiesnelheid**
Hou de bodem vochtig, om uitdroging en oververhitting van de grond tegen te gaan.



- hoge infiltratiesnelheid (zand)
- gemiddelde infiltratiesnelheid (licht zandleem)
- lage infiltratiesnelheid (zware klei)

Ksat op basis van bodemdatabank (Ksat is de afkorting voor "verzadigde hydraulische geleidbaarheid / saturated hydraulic conductivity". Dit verwijst naar de snelheid waarmee water door de bodem stroomt).

3 - DIKTE WATERVOERENDE LAAG

- ☐ **dikke watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden over de hele ecoregio en een grote buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **gemiddelde watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en bronnen te voeden in het stroomgebied van de beek en een middelmatige buffer te vormen tegen periodes van droogte.
- ☐ **dunne watervoerende laag**
Hou grondwater in de ondergrond vast, om rivieren en gronden in de directe omgeving heel het jaar van grondwater te voorzien en een kleine buffer te vormen tegen periodes van droogte.



- dikke watervoerende laag (>6 m)
- gemiddelde watervoerende laag (2-6 m)
- dunne watervoerende laag (0-2 m)

diepte van het maaiveld tot de eerste kleilaag of niet-watervoerende laag

