

# WATER VASTHOUDEN EN VERTRAGEN IN HET GEULDAL

NATUUR INZETTEN TEGEN WATEROVERLAST EN DROOGTE



H+N+  
S+ +



23 oktober 2023

## VOORWOORD

Zuid-Limburg is een bijzonder stukje Nederland, o.a. door zijn afwisselende landschap met hoge plateaus, steile hellingen en talloze dalen. De streek is geliefd bij bewoners en bezoekers. Maar hoe aantrekkelijk en lieflijk het landschap meestal ook is, als het stevig regent kan de sfeer snel omslaan. Beken treden buiten hun oevers, overstromen have en goed, en richten grote schade aan. Modderstromen verergeren het probleem.

De schrik zit er na het noodweer in de zomer van 2021 bij veel inwoners van het Geuldal (inclusief zijbeken zoals de Gulp) nog goed in. Het was niet de eerste keer dat zij geconfronteerd werden met overstromingen, waterschade in huizen, water op wegen en over de velden, en het is zeker niet de laatste keer. Door klimaatverandering zullen extreem nat weer en extreem droog weer steeds vaker voorkomen, zoals blijkt uit de recent verschenen KNMI-klimaatscenario's. Dit vraagt dringend om maatregelen.

Dit rapport laat voor het Geuldal zes oplossingsrichtingen zien. Ze hebben betrekking op:

1. Meer opvang van regenwater door de begroeiing
2. Meer absorptie van regenwater door de bodem
3. Langer verblijf van grondwater in de bodem en meer wateropname door de diepe ondergrond
4. Vertragen van afstromend water in ruw terrein
5. Vertragen en vasthouden van water dat is verzameld in zijbeken en droogdalen
6. Vertragen van de beek en ruimte geven aan natuurlijke overstromingsvlaktes

### Waarom is dit nodig?

Op veel plekken is het huidige landschap niet meer in staat om de grote hoeveelheden regenwater goed te verwerken. Dorpen en steden zijn vaak zó betegeld en geasfalteerd dat water niets anders kan dan kolkend door de straten afstromen. Na een droge periode zijn ook in het buitengebied (akker)bodems nauwelijks nog in staat om water goed op te nemen. Schaalvergroting heeft het probleem verder verergerd: op grote, hellende percelen, zonder bomen, struiken en ruigten is de rem op water verdwenen. Dat geldt ook voor percelen die met greppels of ondergrondse buizen worden gedraineerd. Het dichtbevolkte dal waar het snel afstromende water samenkomt, is de dupe.

### Wat kunnen we doen?

We kunnen natuur inzetten om het water op te vangen en te vertragen. Door aanpassingen in inrichting en gebruik kan het landschap weer meer regenwater opnemen, opslaan en vertraagd afgeven. We noemen dat 'natuurlijke sponswerking'. Om deze aanpak onder de aandacht te brengen en op steeds meer plekken toe te passen, hebben verschillende natuurorganisaties de handen ineengeslagen en de organisatie NATUURKRACHT opgericht.

De coalitie NATUURKRACHT nodigt provincie, gemeenten, waterschap, grondeigenaren, bedrijven, burgers, plannenmakers en ontwerpers uit om veel meer gebruik te maken van de oplossingen die de natuur aanreikt en samen aan de slag te gaan om de kansen voor natuurlijke maatregelen uit te werken en te realiseren. Dit in opdracht

van NATUURKRACHT gemaakte studierapport van Bureau Strooming, H+N+S Landschapsarchitecten en Acacia Water geeft inzicht in het landschap en in wélke natuurlijke maatregelen wáár ingezet kunnen worden voor méér waterveiligheid.

Deze natuurlijke (ruimtelijke) maatregelen sluiten aan bij andere belangrijke opgaven voor het Geuldal zoals landschapskwaliteit, biodiversiteit, drinkwaterzekerheid, droogtebestrijding, vastleggen van koolstof, tegengaan van hellingerosie en inspoeling van meststoffen. Ook daarom zijn natuurlijke maatregelen de moeite én ruimte waard.

Namens,

Cindy Burger, Natuurmonumenten

Esther Blom, ARK Rewilding Nederland

Wilfred Alblas, Stichting het Limburgs Landschap

Ton Hermanussen, Natuur en Milieufederatie Limburg

Maarten Bruns, WWF Netherlands



# **WATER VASTHOUDEN EN VERTRAGEN IN HET GEULDAL**

**NATUUR INZETTEN TEGEN WATEROVERLAST EN DROOGTE**



H+N+

S+ +



# INHOUD

1. BUIEN BETER BERGEN (NATUURKRACHT)	6
2. WATER- & KLIMAATUITDAGINGEN	10
3. BODEM- & WATERSYSTEEM	14
4. ONTGINNING EN HUIDIG LANDGEBRUIK	20
5. DE REIS VAN HET WATER	26
6. WERKEN MET DE NATUUR	30
7. KLIMAAT- EN TOEKOMSTBESTENDIG STROOMGEBIED	52
8. RESULTATEN MODELBEREKENINGEN	56
9. NAAR EEN NATUURKRACHTIG GEULDAL (NATUURKRACHT)	64



Het Geuldal, een uniek stukje Nederlands landschap.

# 1. BUIEN BETER BERGEN

**Dit rapport gaat over het inzetten van natuur, ofwel natuurkracht om wateroverlast in het Geuldal te voorkomen of te verminderen. De bodem en ondergrond, het bodemleven en de vegetatie spelen hierbij een hoofdrol. Hoe de 'levende natuur' en de 'niet-levende natuur' in interactie met elkaar bijdragen aan waterberging, wordt hieronder beschreven.**

## 1.1 Natuurkracht in een notendop

### Bocagelandschap

Het Zuid-Limburgse landschap kenmerkt zich door hoge plateaus, steile hellingen en talloze dalen mét en zonder beekjes. Karakteristiek is ook de afwisseling van (kleine) bossen en open gebieden met graslanden, akkers en boomgaarden. Het geheel is dooraderd met struweelhagen en heggen. Het is een bocagelandschap, waarin de variatie in bodem en (kalk)gesteente een karakteristieke flora en fauna heeft opgeleverd.

### Bodem als levende spons

De bodem speelt een grote rol bij de waterhuishouding, evenals het leven erin en erop. Een bodem ontwikkelt zich in de loop van de tijd. Hoe langer een gebied begroeid is, des te meer leven én buffercapaciteit een bodem heeft. Afgevallen bladeren en afgestorven planten (en dieren) voorzien de bodem van organische stof. Dit is materiaal dat water goed absorbeert en tevens een voedselbron is voor bodemdieren, die met hun graafgangen de bodem luchtig maken.

In een gezonde bodem leven vele tienduizenden dieren per kubieke meter, waaronder wormen, geleedpotigen en ondergronds levende zoogdieren. Samen zorgen ze dat regenwater diep in de bodem kan trekken. Plantenwortels helpen mee de bodem poreuzer te maken. Ze doorboren een vaste bodem, zorgen voor kieren, en als ze afsterven laten ze lege ruimtes achter. Hoe dieper en uitgebreider de wortels, des te groter het absorptievermogen. Ook schimmeldraden leveren een belangrijke bijdrage aan het ondergrondse ecosysteem, dat zo een mega-spons vormt. Planteneters (groot én klein) vormen in dit natuurlijke systeem ook een belangrijke schakel. Ze zorgen met hun natuurlijke mest voor extra veel half afgebroken plantenmateriaal, dat door de bodem wordt opgenomen. De hoeven van grazers versnellen het onderwerken van organisch materiaal. Dit komt de bodem, het bodemleven, de planten én het absorptievermogen ten goede.

De bodem in het Geuldal bestaat op veel plekken uit leem. Dit maakt hem kwetsbaar voor verharding door regeninslag gevolgd door felle zon. De harde toplaag die ontstaat (slemp), neemt nauwelijks water op. De bodemspons heeft altijd bescherming nodig van planten om goed te functioneren.

### Vegetatie als buffer en rem

De vegetatie beschermt de bodem, voedt het bodemleven, consumeert zélf water uit de bodem en verdampt water via de bladeren, én vangt als eerste de regendruppels op, nog vóóordat deze überhaupt de bodem bereiken. Een gelaagde bosvegetatie, met een boom-, struik- kruid- en

moslaag kan zéér veel neerslag opvangen. Structuurrijke graslanden met struiken, struweelhagen en ruigten onderscheppen eveneens veel water. Hoe minder vegetatielagen, hoe minder opvang. Regendruppels die eenmaal op de grond terecht zijn gekomen, hebben even tijd nodig om in te trekken. Bij zeer stevige buien kan de bodem de regenval nauwelijks bijbenen. Steile hellingen, zoals in het Geuldal, werken dan in het nadeel. Water dat niet meteen de bodem intrekt gaat namelijk stromen. In zo'n situatie is de begroeiing wederom van belang. Deze biedt weerstand aan oppervlakkig afstromend water. Hoe dichter en ruiger (ruwer) de lage vegetatie, des te meer het water vertraagt, en des te meer tijd voor infiltratie. Infiltratie betekent ook dat in de bodem een watervoorraad wordt aangelegd voor drogere tijden.

Ook in het vlakkere dal werkt de vegetatie als rem. Als in een natuurlijke rivier- of beekdalvlakte een overstroming plaatsvindt, remmen bomen, struiken en (ruige) graslanden het water af. Ook omgevallen bomen en beverdammen doen dat. Door de weerstand ontstaat opstuwning en kan ter plekke een grote hoeveelheid water tijdelijk worden geparkeerd. Het effect is dat dorpen verder stroomafwaarts langs de beek minder water tegelijk te verwerken krijgen.

### Meandering

Overstromingen tasten het ecosysteem in de dalvlakte niet aan. Het vele water geeft juist een impuls, mede omdat het natuurlijke meanderingsproces door de kracht van het water in gang wordt gezet. Het zorgt voor steeds nieuwe bochten in de beek, nieuwe geulen en dode beekarmen. Omgevallen bomen en beverdammen stimuleren dit proces. Het voordeel van een dynamische beek ten opzichte van een vastgelegde (rechte) beekloop in hydrologisch opzicht is dat er meer ruimte ontstaat voor het water. Tevens stroomt een beek met bochten trager dan een rechte beek.

### Bodem, ondergrond en reliëf

De manier waarop regenwater zich van nature door het landschap beweegt, wordt ook in grote mate beïnvloed door de niet-levende natuur, zoals bodem, gesteente en morfologie van het landschap (zie hoofdstuk 3). Elk type ondergrond heeft zijn eigen doorlaatbaarheid (infiltratiecapaciteit, absorptievermogen). Daarnaast speelt de steilheid van de hellingen een grote rol, zoals hierboven al is aangegeven.

### Microreliëf door dieren

Als de morfologie 'tegenzit' (steile hellingen) dan kan ook microreliëf, veroorzaakt door fauna, helpen bij de afremming van water. Denk hierbij aan obstakels zoals mierenhopen. Ze komen veel voor in extensief begraaide graslanden. Ook betreding door grazers zorgt voor onregelmatigheden. De pootafdrukken vormen ontelbaar veel mini-waterbuffers, waarin water rustig kan wegzinken. Ze ontstaan met name in het nattere winterhalfjaar als de bodem zacht is, bijvoorbeeld bij extensieve jaarrond begrazing. De mate van betreding moet uiteraard beperkt zijn omdat anders de vegetatie bezwijkt.

De waterhuishouding wordt kortom bepaald door de wisselwerking tussen de levende natuur, de niet-levende natuur én zoals we in dit rapport ook gaan zien door menselijk ingrijpen (zie hoofdstuk 4). Het verbeteren van de waterhuishouding in de Natuurkracht benadering legt de nadruk op het beter benutten van die eerste twee (zie hoofdstuk 5 t/m 7).

### 1.2 Studierapport in een notendop

In dit studierapport gaan Bureau Stroming, H+N+S Landschapsarchitecten en Acacia Water vanuit hydrologisch perspectief dieper op de Natuurkracht-benadering in. Het hele landschap van het Geuldal wordt daarvoor onder de loep genomen. Het rapport beschrijft, analyseert en berekent. Het laat zich lezen als een handboek 'Natuurlijk Waterbeheer'. Voor overheden, grondeigenaren, bedrijven, inwoners en ont-



werpers beantwoordt het rapport de vraag wélke maatregelen wáár in het Geuldal kunnen worden toegepast en wát dat oplevert. Daarmee is het rapport een uitnodiging om aan de slag te gaan in (nieuwe) natuur-gebieden, landbouwgebieden en in stedelijke gebieden.

### Leeswijzer

De studie begint als een ontdekkingsreis door het Geuldal. Hoofdstuk 2 duidt de belangrijkste opgaven: de water- en klimaatuitdagingen.

Hoofdstukken 3 en 4 verkennen de bijzondere eigenschappen van het Geuldal. Hoofdstuk 3 gaat in op het bodem- en watersysteem, terwijl hoofdstuk 4 de ontginning en het huidig landgebruik belicht. Ook zaken die in eerste instantie niet zichtbaar zijn of weinig bekend, komen voorbij. Zaken zoals ondergrondse drainages, kunstmatige beken die vanuit de hellingmoerassen naar de beekdalen zijn getrokken, ondiepe stroombanen die lang niet altijd water voeren en daarom moeilijk herkenbaar zijn, of de invloed van de mens op het Geuldal, al sinds de prehistorie.

De studie gaat verder met de reis van de regendruppel. Hoofdstuk 5 beschrijft de weg die een regendruppel aflegt van het moment dat deze ergens in het stroomgebied van de Geul valt, totdat deze bij Voulwames wordt overgedragen aan de Maas. Deze regendruppel doorloopt daar- in een aantal fasen, waarin de natuur steeds op een andere manier het water afremt. Deze kennis kan vervolgens worden ingezet om in het hele landschap te snelle afstroming te voorkomen. Hoofdstuk 5 licht toe welke maatregelen (ingrepen) in aanmerking komen.

De reis door het Geuldal wordt hervat met een toolbox, een koffer vol maatregelen. Hoofdstuk 6 plaatst de maatregelen uit hoofdstuk 5 in de context van het landschap met zijn bossen, akkers, graslanden, graften, beken, (holle) wegen, steden en dorpen. Hoe zijn ze toepasbaar in of langs de verschillende landschappelijke eenheden?

Hoofdstuk 7 zoomt uit. Het geeft aan waar deze maatregelen naast elkaar in het hele stroomgebied van de Geul (het best) kunnen worden toegepast. Een optimaal resultaat voor de waterhuishouding en landschappelijke kwaliteit staat daarbij voorop. Het raakvlak met biodiversiteit, recreatie en landbouw komt hier aan de orde.

Na deze uitgebreide verkenningstocht volgt de vraag in welke mate de voorgestelde natuurlijke oplossingen bijdragen aan het verminderen van wateroverlast. Hoofdstuk 8 presenteert de resultaten van modelberekeningen. De modelstudie kwantificeert het effect van een aantal natuur-ge-relateerde ingrepen op piekafvoeren en basisafvoeren.

Met een terugblik op deze studie en een vooruitblik op wat ons te doen staat, sluit de coalitie NATUURKRACHT in hoofdstuk 9 dit rapport tenslotte af.



Het Geuldal tijdens de hoogwatergolf van juli 2021.

# 2. WATER- EN KLIMAATUITDAGINGEN

In een natuurlijk watersysteem wordt regenwater opgevangen, op diverse plekken tijdelijk geborgen, deels doorgegeven aan het (diepe) grondwater en grotendeels geleidelijk afgevoerd. Hierdoor worden neerslagpieken en tussenliggende droge periodes gebufferd, en is het voor de natuurlijke vegetatie zelden te nat of te droog. In de loop der tijd hebben we het landschap en het watersysteem aangepast aan onze menselijke behoeften, zie ook hoofdstuk 4. Dit geldt uiteraard ook voor het Geuldal. Zo voeren we, om het land beter en vroeger in het jaar te kunnen bewerken, het water versneld af. Om de bereikbaarheid te verbeteren leggen we wegen en weggoten aan. Omdat deze ondoorlatend zijn voor water fungeren ze tijdens buien als verlengstuk van het rivier- en bekensysteem; ze voeren het regenwater versneld af. We worden mede door klimaatverandering steeds vaker geconfronteerd met de keerzijde hiervan: grote neerslaghoeveelheden leiden sneller tot overstromingen en droge periodes worden langer en intenser. Dit levert helaas ook steeds meer schade op. De overstromingen van zomer 2021 en de droge zomers van de afgelopen jaren zijn daar pijnlijke voorbeelden van.

We beseffen daarom steeds meer dat er iets aan ons gemodificeerde watersysteem moet veranderen. We moeten het water langer vasthouden en vertraagd afvoeren. Hoe verder stroomopwaarts richting de haarvaten van het systeem we dit doen, hoe effectiever het werkt. Daar zijn de te bergen watervolumes immers nog relatief bescheiden, vergeleken met stroomafwaarts, waar de watermassa een optelsom is van waterstromen uit verschillende deelgebieden.

Zodoende is er stroomopwaarts voldoende ruimte om water te bergen. Juist wanneer er nog niet zoveel kuub per hectare geborgen moeten worden, is de natuur uitstekend in staat om dit te doen. Dan laten waterberging en natuur zich ook goed combineren met andere functies. Verder stroomafwaarts, waar de watervolumes stapelen, zijn bergingsruimte en combinatiemogelijkheden doorgaans alleen mogelijk in de dalvlakte.

## 2.1 De hoogwatergolf van 14 juli 2021 nader bekeken

De hoogwatergolf in de Geul volgde op een uitzonderlijke hoeveelheid neerslag die in enkele dagen tijd in Zuid-Limburg en het aangrenzende deel van België en Duitsland viel. Voor een deel kwam al dit water ook in die periode tot afvoer. De belangrijkste conclusies uit onderzoek naar dit neerslagevent (Bureau Strooming, 2021 en Deltares, 2022) en het verloop en herkomst van de afvoergolf in de Geul vormen het vertrekpunt voor deze studie.

### Waar kwam het water vandaan?

De belangrijke oorzaak voor de extreme hoogwatersituatie was de combinatie van grote hoeveelheden neerslag in het hele stroomgebied, een lange duur van de neerslagperiode en de voor zo'n langdurige bui relatief hoge intensiteit (5 – 10 mm/uur, met uitschieters tot meer dan 30 mm/uur). Hierdoor leverden vooral gebieden met een geringe infiltratiecapaciteit veel water en stapelden de waterstromen uit de verschillende deelgebieden zich op. Belangrijk verschil met andere situaties van

wateroverlast in het Heuvelland is dat die meestal veroorzaakt worden door extreme buien waarbij de neerslagintensiteit kan oplopen tot 100 mm/uur, maar dan gedurende een veel kortere tijd en bovendien in een klein deel van het stroomgebied.

Het meeste water dat uiteindelijk in het dalgebied terecht kwam was afkomstig uit het Waalse deel van het stroomgebied. Zo'n 65 - 75% van het water in de golf was uit dit gebied afkomstig, dat zelf 52% van het Geul-stroomgebied beslaat.

Binnen het Waalse deel was vervolgens weer het meest bovenstroomse deel (bovenstrooms van Kelmis) de hoofdleverancier van water. Opvallend genoeg is het areaal van dit deel slechts 20% van het totale stroomgebied, maar leverde het tijdens de golf 50% van de totale afvoer.

#### **De bergingscapaciteit van het Geuldal**

De mate waarin water wordt vastgehouden, wordt van nature sterk bepaald door het geologische en geomorfologische karakter van de ondergrond en bodem (zie hoofdstuk 3). Daarnaast heeft de mens het landschap en daarmee de bergingscapaciteit beïnvloed; het aandeel verhard (stedelijk) oppervlak en het type landgebruik speelt een grote rol (zie hoofdstuk 4).

Zelfs tijdens de extreme neerslagperiode van 2021 bereikte nog altijd een fors deel van het regenwater niet de beek omdat het in de bodem werd vastgehouden. In het Waalse gedeelte werd ruim de helft van het water (50 - 65%) tijdelijk vastgehouden en pas ná het neerslagevent afgevoerd. In het Nederlandse deel was dit zelfs meer dan driekwart (80-85%). Het stroomgebied van de Geul heeft dus veel capaciteit om water te bergen, maar het was niet genoeg om een grote overstroming te voorkomen. Het ligt voor de hand om nu op zoek te gaan naar gebieden en typen van landgebruik, waarbij meer regenwater tijdelijk kan worden vastgehouden en vertraagd kan worden afgevoerd.

#### **De impact van verhard en verdicht terrein**

De bergingscapaciteit van de bodem is groot, maar door verdichting en verharding van het terrein krijgt het water niet de kans om goed in de bodem te trekken. Bij verhard oppervlak (wegen, bebouwd oppervlak, etc.) is dat maar al te duidelijk. Maar ook akkers met gewassen die pas laat kiemen (zoals maïs) nemen veelal onvoldoende water op. Dit omdat de bodem eerder in de zomer vaak verslempd (dichtslaat onder invloed van regen en zon), daarnaast is bodemleven en organische stof vaak minimaal aanwezig. In deze gebieden gaat, naarmate de neerslagintensiteit toeneemt, een steeds groter deel over het land afstromen en het is dan binnen korte tijd (minder dan een uur) in het dal en in de beek.

Het verhard oppervlak in het Geuldal heeft een groot deel van het water in de hoogwatergolf geleverd (Stroming, 2021). In het begin van de hoogwatergolf was waarschijnlijk vrijwel al het water afkomstig van verharde oppervlakken. Naarmate de tijd vorderde nam het aandeel van andere waterstromen, die langer onderweg zijn, toe.

#### **Bergende capaciteit van de dalvlakte**

Een bijzonder effectieve reductie van de hoogwatergolf is uitgegaan van de dalvlakte van de Geul. Deze vlakte is in Nederland relatief breed en daarom kon een groot areaal overstroomd. Dat heeft de hoogte van de piek sterk gereduceerd. Uit de waterstandsgegevens blijkt dat ten tijde van het passeren van de piek er zoveel water in de dalvlakte werd geborgen dat de hoogwatergolf daardoor vrijwel niet meer is toegenomen in de hoogte, maar alleen nog in de duur. Zonder deze bufferende werking van de dalvlakte van de Geul was de waterstand in Valkenburg en Meerssen nog veel hoger geworden.

#### **Bergende capaciteit van natuurgebieden**

De neerslagintensiteit was op bepaalde momenten zo hoog dat zelfs in natuurlijke, extensief begraasde, graslanden en bossen her en der het water oppervlakkig is gaan afstromen. Niettemin was de opnameca-

paciteit en vertraging van het bebladerde kronendak, de eventuele on-dergroei, de strooisellaag en de bodem in staat om de neerslag zover te vertragen dat natuurgebieden veel minder aan de hoogwatergolf hebben bijgedragen.

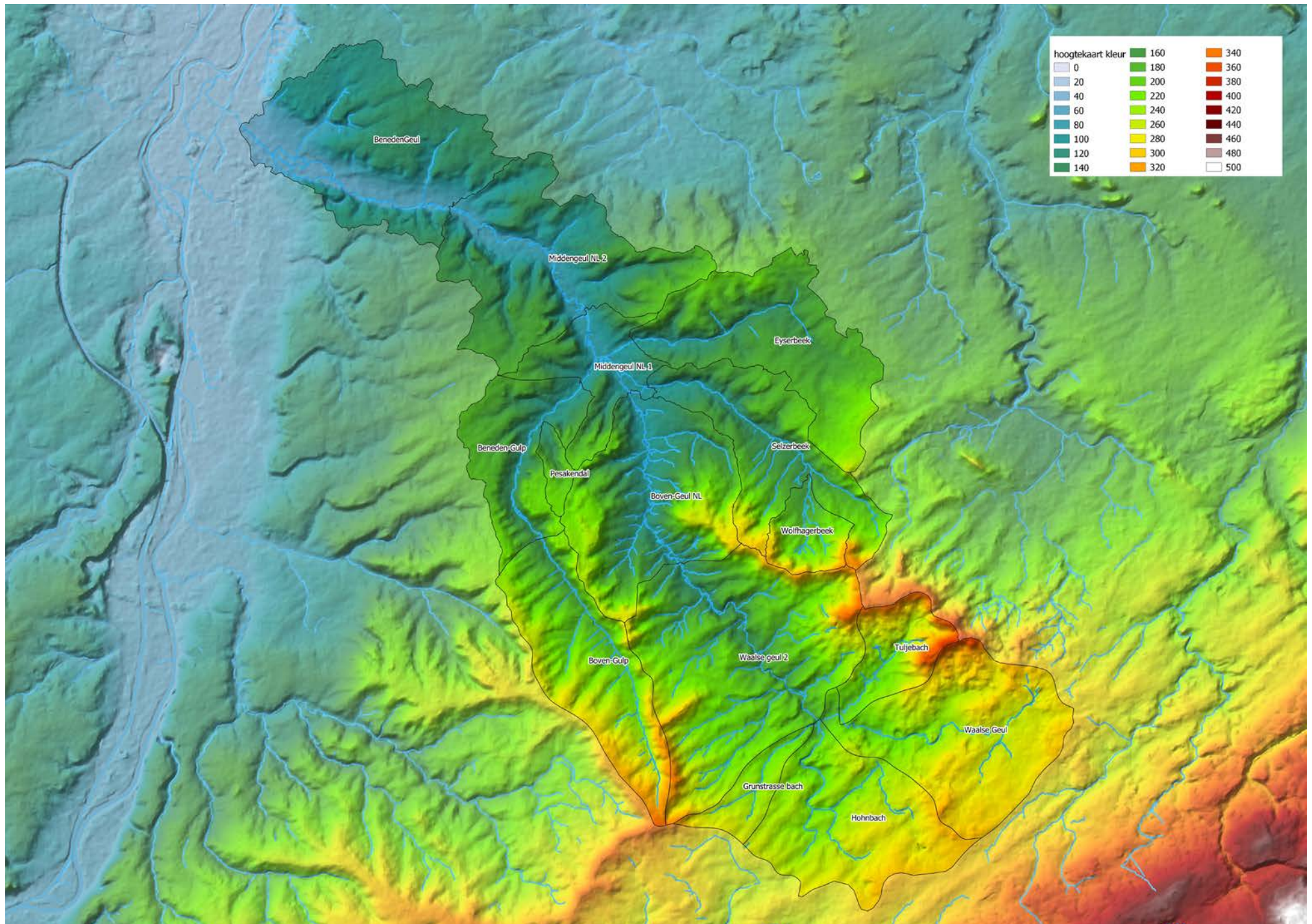
## 2.2 Natuurlijke oplossingen tegen klimaatverandering

Het neerslagevent op 14 juli 2021 was een uitzonderlijke gebeurtenis die door klimaatverandering frequenter zal optreden. Ook kortdurende intense neerslag zorgt nu al periodiek voor veel overlast en schade. Daarnaast vormen de droge zomers een probleem dat mede door klimaatverandering steeds vaker zal optreden.

Zowel voor langdurige regen, korte piekbuien als droogte is het vertragen van de reis die een regendruppel aflegt van het moment dat deze valt totdat deze het stroomgebied verlaat de belangrijkste oplossing. In een natuurlijk landschap zorgen vegetatie, bodem, bodemleven en morfologie ervoor dat deze regendruppel wordt opgevangen, kan infiltreren en geleidelijk kan afstromen, waardoor zowel hoge als lage afvoeren in de tijd worden gespreid en zowel afvoerpieken als droogte worden gedempt (zie ook hoofdstuk 5).

De natuur is dus van huis uit een goede afvoerregulator en daarmee een probaat middel tegen wateroverlast, overstromingen en droogte. Deze natuurkracht kan in het huidige Geuldal nog beter worden benut om tot een beter functionerend, veerkrachtiger watersysteem en landschap te komen. Een landschap met bijkomende voordelen voor o.a. biodiversiteit, koolstofopslag, stikstofreductie, temperatuur regulatie, ecotoerisme en economie.

Natuurlijke oplossingen kunnen hierbij goed verweven worden in het bestaande cultuurlandschap. Het is de uitdaging om deze op de juiste plek in te zetten en in te passen in het heuvellandschap (zie hoofdstuk 6).



Hoogtekaart van het stroomgebied van de Geul, die zich insnijdt in de rand van middelgebergte van de Ardennen en de Eifel.

# 3. BODEM- EN WATERSYSTEEM

In dit hoofdstuk wordt het stroomgebied van de Geul aan de hand van een serie kaarten nader verkend. Hoe zit het gebied en met name het watersysteem in elkaar? En wat zijn de lokale verschillen? Hoe kunnen we daar met natuurlijke maatregelen tegen hoogwater het beste op inspelen?

## 3.1 Landschap in lagen

Geologie, bodem, reliëf, watersysteem, landgebruik en vegetatie zijn de belangrijkste factoren die de snelheid van de reis van een regendruppel door het stroomgebied bepalen. Deze basiskenmerken zijn in dit hoofdstuk in kaart gebracht en geven een goed inzicht in de opbouw van het stroomgebied.

### Stroomgebied van de Geul

De Geul ontspringt aan de noordflank van één van de Midden-Europese middelgebergten, dat zowel de Ardennen als de Eifel omvat. Het stroomgebied reikt tot over de Nederlandse grens naar onze buurlanden België en een klein stukje Duitsland. Dit vormt een uitdaging, vraagt om samenwerking en een grensoverschrijdende benadering. De regen van juli 2021 kwam vanuit het noorden en veroorzaakte uitzonderlijke hoogwaters in alle rivieren die aan de noordflank van dit gebergte ontspringen (Ahr, Geul, Roer en Vesdre).

Het Stroomgebied van de Geul is ruim 33.400 ha groot waarvan 52,4% in Nederland ligt, 42,4% in België en 5,2% in Duitsland. Van de bron nabij Hausset op de Duits-Waalse grens tot aan de monding in de Maas

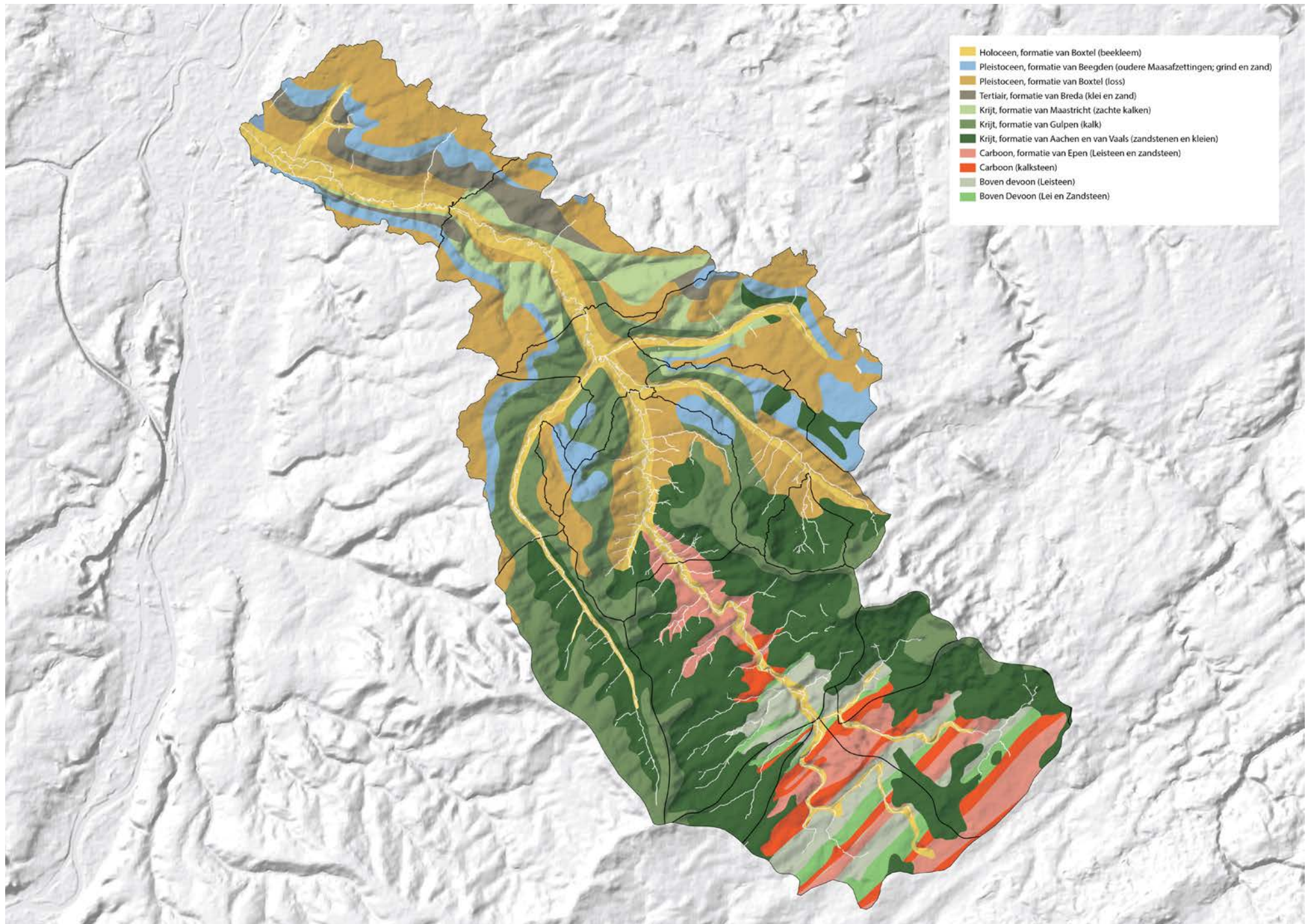
bij Itteren is de Geul ca 60 km lang. In de figuur is het lengteprofiel door het dal weergegeven van de Geul en de drie grootste zijbeken. De Gulp is hiervan de langste met een lengte van 17,5 km, de Selzerbeek en Eyserbeek zijn ongeveer 10 km lang. De Geul ontspringt op ca 280 m hoogte en overbrugt een hoogteverschil van 240 m tot aan de Maas, de Gulp ontspringt nog iets hoger op 315 m.

### De geologische ondergrond

De geologische ondergrond van het Geuldal kent een grote variatie, met zeer oude gesteenten in de bovenstroomse delen van het Geul stroomgebied en jongere gesteenten verder stroomafwaarts.

Het meest stroomopwaartse deel van het stroomgebied (Wallonië) bestaat grotendeels uit zeer oude paleozoïsche gesteenten uit het Devoon en Carboon. In het benedenstroomse deel van het Waalse Geuldal komen ze ook nog voor, maar zijn ze beperkt tot het dal zelf. Ook net over de grens in het Nederlandse Geuldal zijn deze gesteenten nog over een klein oppervlak te vinden. Het zijn vooral zandsteen, lei en harde kalksteen die vrijwel geen water doorlaten.

Middel-oude (mesozoïsche) gesteenten uit het Krijt-tijdperk, bestaan uit zachtere kalkstenen, zandstenen en kleiige zandsteen. De bekende zachte mergelkalk van Maastricht die in de flanken van het Beneden-Geuldal te vinden is, behoort hiertoe. Deze goed doorlatende gesteenten zijn een soort geologische spons.



De geologische kaart van het Geuldal laat een duidelijke tweedeling zien van oude, slecht doorlatende gesteenten in het zuiden en jongere, goed doorlatende gesteenten in het noorden van het gebied.



Dit in contrast met de meer compacte en hardere Gulpense kalk en het zogenaamde Aker Groenzand. Ze zijn te vinden aan de oppervlakte in een groot deel van het Waalse en Vlaamse deel van het stroomgebied. In Nederland dagzomen ze vooral in de flanken van de dalen. Hogerop op de plateaus zijn ze ook aanwezig maar liggen ze onder dikke jongere lagen. Deze gesteenten laten vrijwel geen water door, omdat alleen de dunne bodemlaag die de ondergrond bedekt goed in staat is om water op te nemen. Daardoor doet de ondergrond hier meer denken aan een vaatdoek dan aan een spons.

Jongere afzettingen uit het Tertiair en Kwartair (Pleistoceen) zijn vooral zanden en kleien, waarbij de oudere afzettingen uit het Tertiair nog wel compact zijn en weinig water doorlaten. De jongere Pleistocene afzettingen hebben echter een losse opbouw en laten water makkelijk door. Tot de Pleistocene lagen behoren ook de grindlagen die de oer-Maas heeft afgezet en de löss die in de ijstijden door de wind is aangevoerd. De afzettingen uit deze periode vinden we vrijwel uitsluitend in het Nederlandse deel van het stroomgebied, stroomopwaarts van Valkenburg op de plateaus maar stroomafwaarts van Valkenburg ook in de flanken. Löss is in principe goed doorlatend, op enige diepte kunnen zogenaamde briklagen ontstaan, die compacter zijn, waardoor de doorlatendheid afneemt.

De jongste afzettingen in het gebied zijn de lemige beekafzettingen uit het Holoceen die in de dalvlaktes liggen. Ze zijn vaak enkele meters dik en door de Geul en haar zijbeken afgezet in de loop van de afgelopen duizenden jaren (zie ook 4.1). We vinden ze overal in de dalvlaktes, het meest in het hele Nederlandse deel van het stroomgebied waar de vlaktes honderden meters breed zijn, maar ook in het Vlaamse Gulpdal en het Waalse Geuldal, maar daar gaat het steeds om kleine oppervlakten, vlak naast de beek. Deze lemige bodems zijn slecht doorlatend.

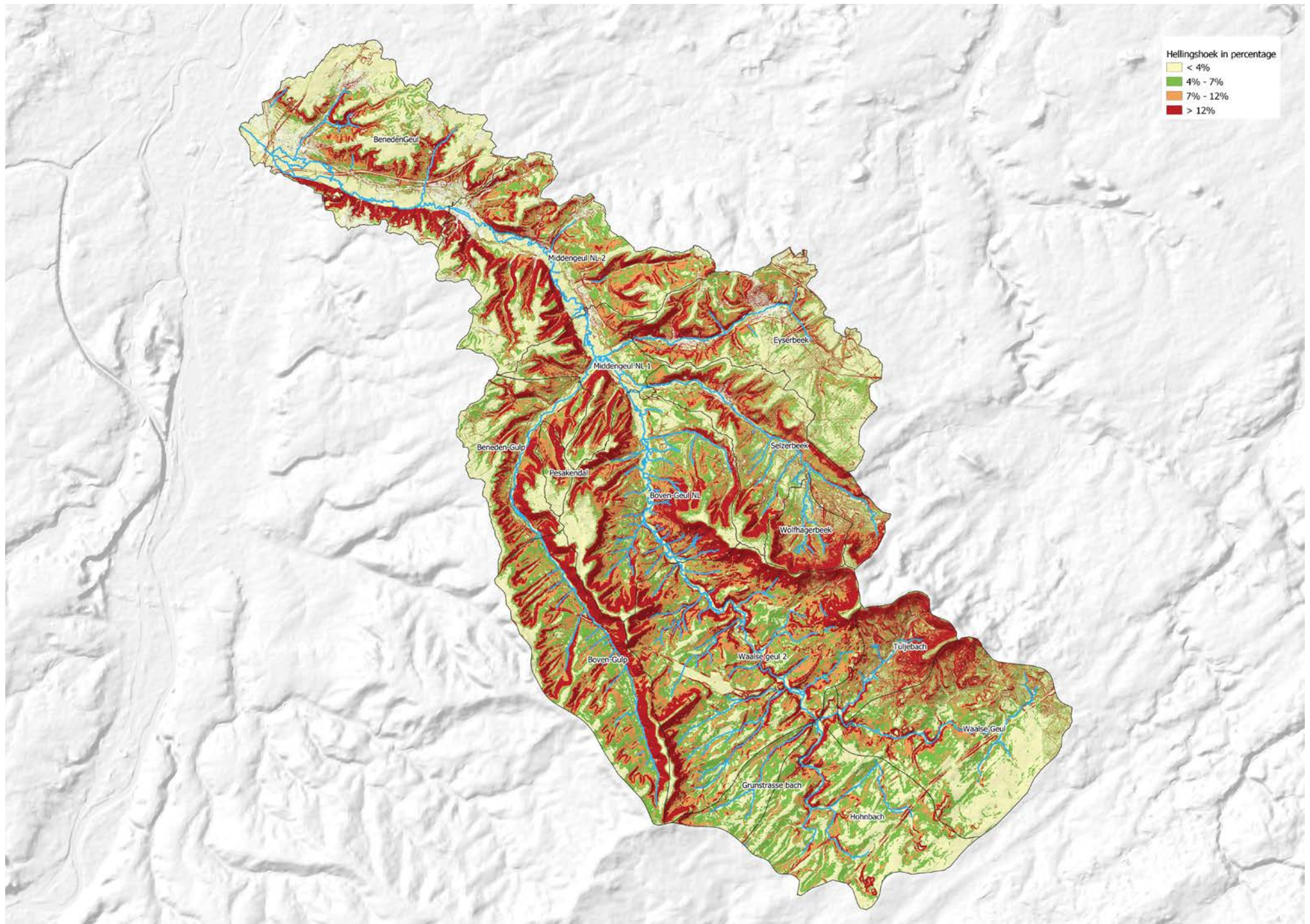
### De ondergrond – bodems

Door erosie en verwerking van het vaak vaste materiaal in de geologische ondergrond is aan het aardoppervlak een laag ontstaan, met een dikte van enkele decimeters tot een meter of meer, van los materiaal, die de bodem wordt genoemd. Deze bodem kan bestaan uit losse stenen, zand en leem of een mengsel daarvan. De dikte en de structuur van de bodem zijn heel belangrijk voor de hoeveelheid water die erin vastgehouden kan worden. Met name van belang is de hoeveelheid organische stof die de bodem bevat. Hoe meer organische stof, hoe beter de bodem in staat is om als een spons grote hoeveelheden water op te nemen.

### Reliëf

De erosie van de ondergrond verloopt op de ene plaats sneller dan op de andere, waardoor er reliëf ontstaat. Er blijkt bij het reliëf een duidelijk verband te zijn met de geologische ondergrond zoals hierboven beschreven. In de oude, harde gesteenten in het meest stroomopwaartse deel van het Geuldal zijn de dalen niet diep ingesleten en is de hellingsgraad van de flanken van het dal vaak niet meer dan 7%. Alleen in het onderste deel van het dal is het daar wat steiler. De flauwste hellingen vinden we op de hoogste delen in het Geulstroomgebied, op de stroom-scheiding naar de aangrenzende stroomgebieden van de Vesdre en Roer.

Waar de ondergrond verder stroomafwaarts uit kalk- en zandsteen bestaat uit het Krijttijdperk en kleien uit het Tertiair, is het reliëf veel sterker en vinden we de steile overgangen vanaf het plateau naar het dal. In de hellingen zelf zijn er vaak kleine welvingen waarvan de holle delen als stroombanen kunnen gaan functioneren als water oppervlakkig gaat afstromen. Wat verder opvalt is dat bij veel dalen de op het zuid(west)en geëxponeerde flanken veel steiler zijn dan die op de tegenoverliggende hellingen. Waar tenslotte, vooral in het Nederlandse deel van het Geuldal, de Maasgrinden en Löss uit het Pleistoceen aan de oppervlakte liggen, is er vaak nauwelijks reliëf op de plateaus en slechts een gering verhang op flanken.



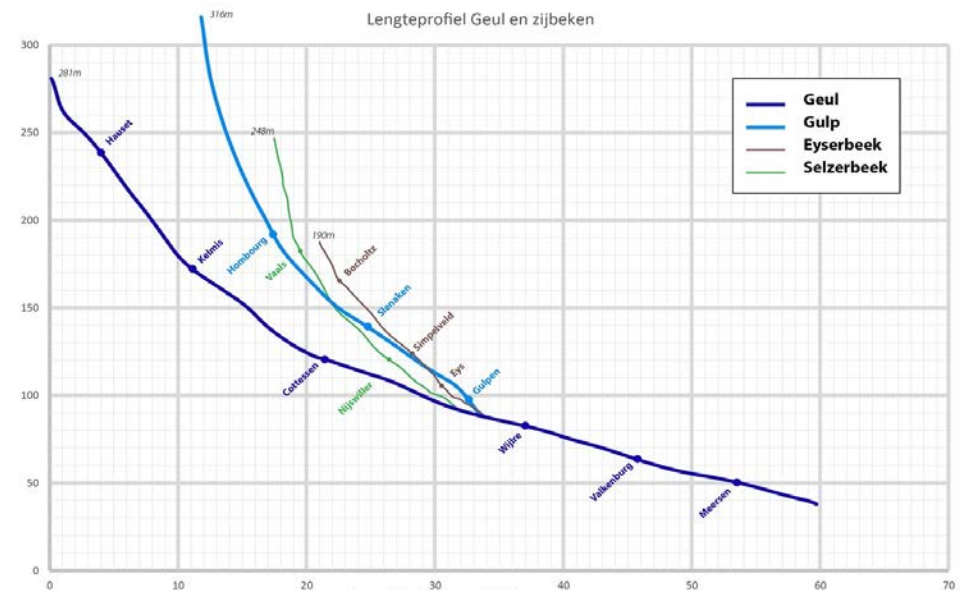
De hellingskaart van het Geuldal laat zien dat de Geul en haar zijbeken zich met name in de jongere gesteenten diep heeft ongesneden en lokaal steile hellingen (> 12%) vormt.

### 3.2 Oppervlaktewater systeem

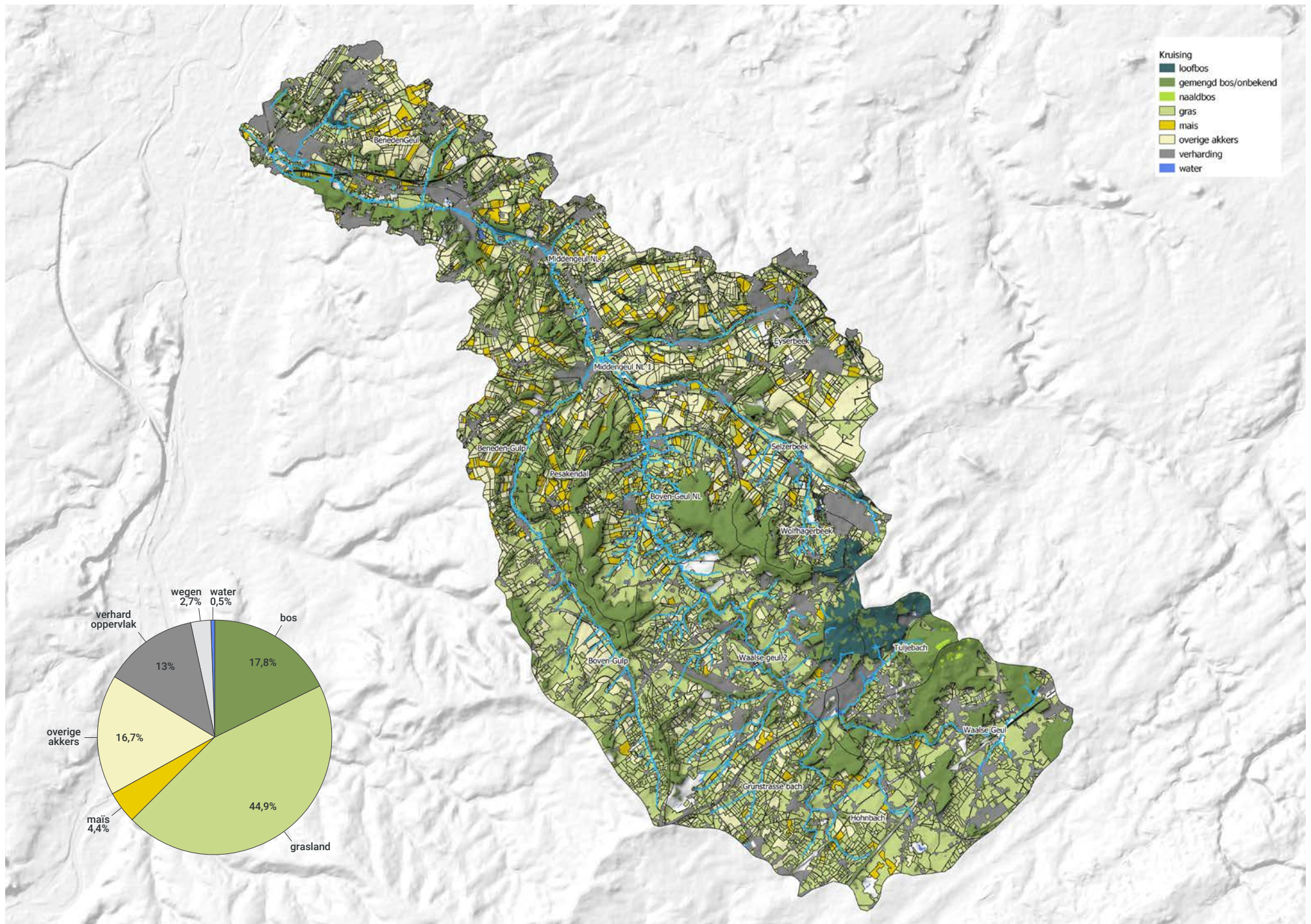
Door verschillen in doorlatendheid heeft de geologische ondergrond ook invloed op het oppervlaktewaterstelsel. In het Waalse deel van het stroomgebied waar de massieve leien, zandstenen en harde kalkstenen dicht onder de oppervlakte liggen, is er naast de Geul een uitgebreid netwerk van zijbeekjes.

Dit geldt ook voor gebieden die waar de relatief ondoorlatende Groenzanden (Krijt) of Tertiaire kleien dagzomen.

In de andere ondergronden, zoals de zachtere gesteenten uit het krijttijdperk, is het aantal beken al veel geringer en vinden we ze alleen in de dalen die relatief diep in de omgeving zijn ingesneden. In de goed doorlatende Pleistocene zanden, grinden en löss tenslotte liggen nergens zijbeken. Toch vinden we hier wel dalen, zogenaamde droogdalen, die zijn ontstaan toen er een ijstijd heerste en er in deze dalen wel water stroomde. Het water stroomt er nu ondergronds en komt niet meer aan de oppervlakte.



Lengteprofiel van de Geul en haar drie voornaamste zijbeken



Het huidige landgebruik in het Geuldal laat in het noorden relatief veel (mais)akkers zien en in het zuiden meer grasland. Bos bevindt zich met name op de steile hellingen en hoge ruggen.

# 4. ONTGINNING EN HUIDIG LANDGEBRUIK

Het heuvellandschap waarvan het Geuldal onderdeel uitmaakt wordt al zo'n 7.000 jaar door mensen bewerkt. Daarbij zijn de beken en de beekdalen altijd van groot belang geweest voor de afwatering en bevoeiing van landbouwgrond, het leveren van vis en energie en het leveren van water voor kasteelgrachten.

## 4.1 Van natuur- naar cultuurlandschap

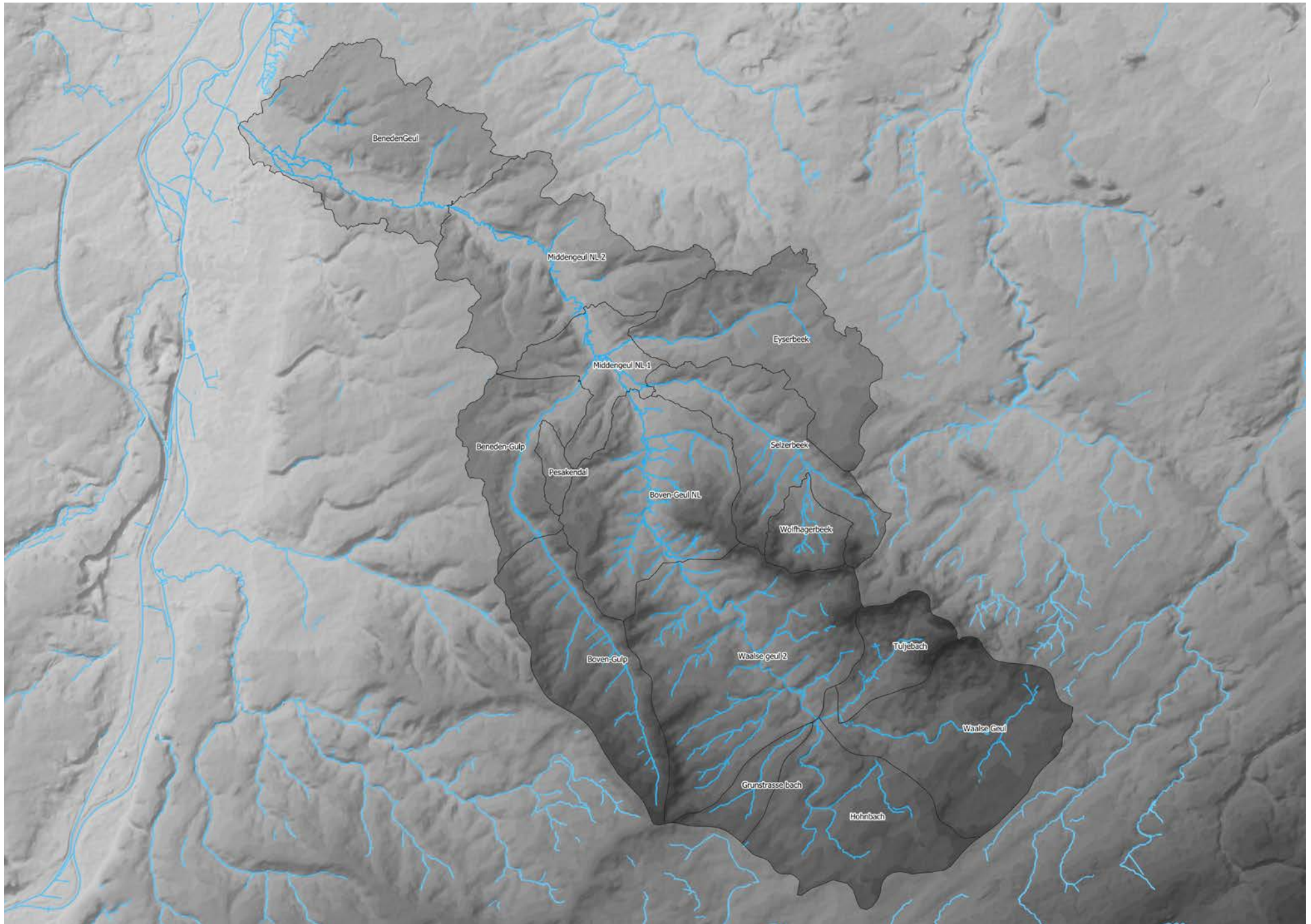
De beekdalen bestonden aanvankelijk uit moerasbossen (met voornamelijk elzen, wilgen en essen) op grindbodems, waardoor het water in de breedte zijn weg zocht. Het huidige beeld in de meeste beekdalen is een meanderende smalle beekloop die zich in de lössgrond heeft ingesneden. Die löss is afgespoeld materiaal afkomstig van de hellingen. Deze heeft vooral vanaf de Romeinse tijd de beekdalen opgevuld. De afspoeling door oppervlakkig afstromend regenwater vond plaats na boskap voor de landbouw. Uitbreiding van landbouwpercelen in de Middeleeuwen alsook schaalvergroting en het verwijderen van graften in de vorige eeuw versterkten de processen van erosie en sedimentatie. Het uiteindelijke resultaat is een soms meters dik leempakket in de beekdalen waarin de beek zich diep heeft ingesneden.

Door deze snelle sedimentatie stopte ook de oorspronkelijk op grote schaal voorkomende veenvorming in de beekdalen. Het is goed om te beseffen dat dit zo natuurlijk aandoende beeld van een door het grasland meanderende beek niet de natuurlijke situatie is. Daarnaast werden sommige beektrajecten later ook rechtgetrokken en werden greppels

gegraven om de natte weide- en hooilanden in het beekdal beter te ontwateren. Ook werden visvijvers, molenbeken en grachten aangelegd.

Bovenin het watersysteem is eveneens veel veranderd. Ook hier maakten veen- en moerasgebieden ooit de dienst uit, waardoor landbouwkundig gebruik onmogelijk was. De mens heeft deze moerassen echter stelselmatig ontwaterd, door in het verlengde van de bovenloop van de beken greppels te graven. Door de tijd heen zijn deze gegraven beeklopen er natuurlijker uit gaan zijn, waardoor we geneigd zijn te denken dat de beken altijd al doorliepen tot bovenin de stroomgebieden. Maar het oorspronkelijke, natuurlijke landschap zag er dus tot in de haarvaten wezenlijk anders uit.

Het stroomgebied van de Geul is in vergelijking met veel andere Nederlandse en Belgische regio's slechts op beperkte schaal verstedelijkt. Uitgestrekte stedelijke gebieden komen hier niet voor, de verstedelijking is hier meer versnipperd. Kleinere stadjes en dorpjes zijn echter overal in het gebied te vinden. Met name in de tweede helft van de 20e eeuw hebben bebouwing en verharding (waaronder veel verharde wegen) gezorgd voor een sterke toename van de afvoersnelheid van regenwater. Daarnaast heeft met name op de plateaus en de flauwe hellingen een flinke schaalvergroting van de landbouw plaatsgevonden. Veel kleinschalige akkers en graslanden zijn daarbij ingeruild voor met name grootschalige intensief gebruikte hooilanden, weilanden en (maïs) akkers.



Stroomgebied van de Geul met zijn waterlopen en deelstroomgebieden.

Naast het landgebruik is ook het watersysteem zelf ingrijpend veranderd. Met name de bovengrondse (greppels, gegraven beken) en ondergrondse drainages (buizen en slangen) hebben ervoor gezorgd dat grondwater, kwelwater en regenwater sneller hun weg naar de beek vinden.

Ook is in de loop der eeuwen het areaal bos sterk afgenomen, waardoor het ‘regenwater onderscheppend vermogen’ van het landschap is afgenomen. Al deze veranderingen hebben ertoe geleid dat het watersysteem sneller en het landschap droger is geworden.

#### 4.2 Huidig landgebruik

In het stroomgebied van de Geul bestaat het landgebruik uit een afwisseling van: bossen, grasland, akkerland, oppervlaktewater en verhard oppervlak. Bij het akkerland is het goed om onderscheid te maken tussen maïs en andere gewassen, en bij het verhard oppervlak tussen bebouwde gebieden en wegen. De oppervlakten van de verschillende grondgebruiksvormen zijn in de tabel per deelstroomgebied weergegeven.

Het areaal verhard oppervlak (inclusief de wegen) beslaat in het hele Geuldal ca. 16%, maar kan oplopen tot 20% van het areaal van een deelstroomgebied. In het Nederlandse deel van het stroomgebied is er relatief veel akkerland. Maïsakkers zijn er het meest in Nederland. Grasland komt overal veel voor, het meest in de Belgische delen van het stroomgebied, maar ook in de bovenloop van de Geul en het Gulpdal in Nederland. Het areaal bos is in het Waalse Boven-Geuldal het grootst, met 25%. In de overige deelstroomgebieden varieert het van 15 tot 20%; alleen bij de Eyserbeek bedraagt het bosareaal slechts 5%.

De wegen fungeren tijdens een periode met intensieve neerslag als een verlengstuk van de waterwegen, omdat het water dat er op valt direct over de weg wordt afgevoerd (zie ook hoofdstuk 2). Dit geldt niet alleen

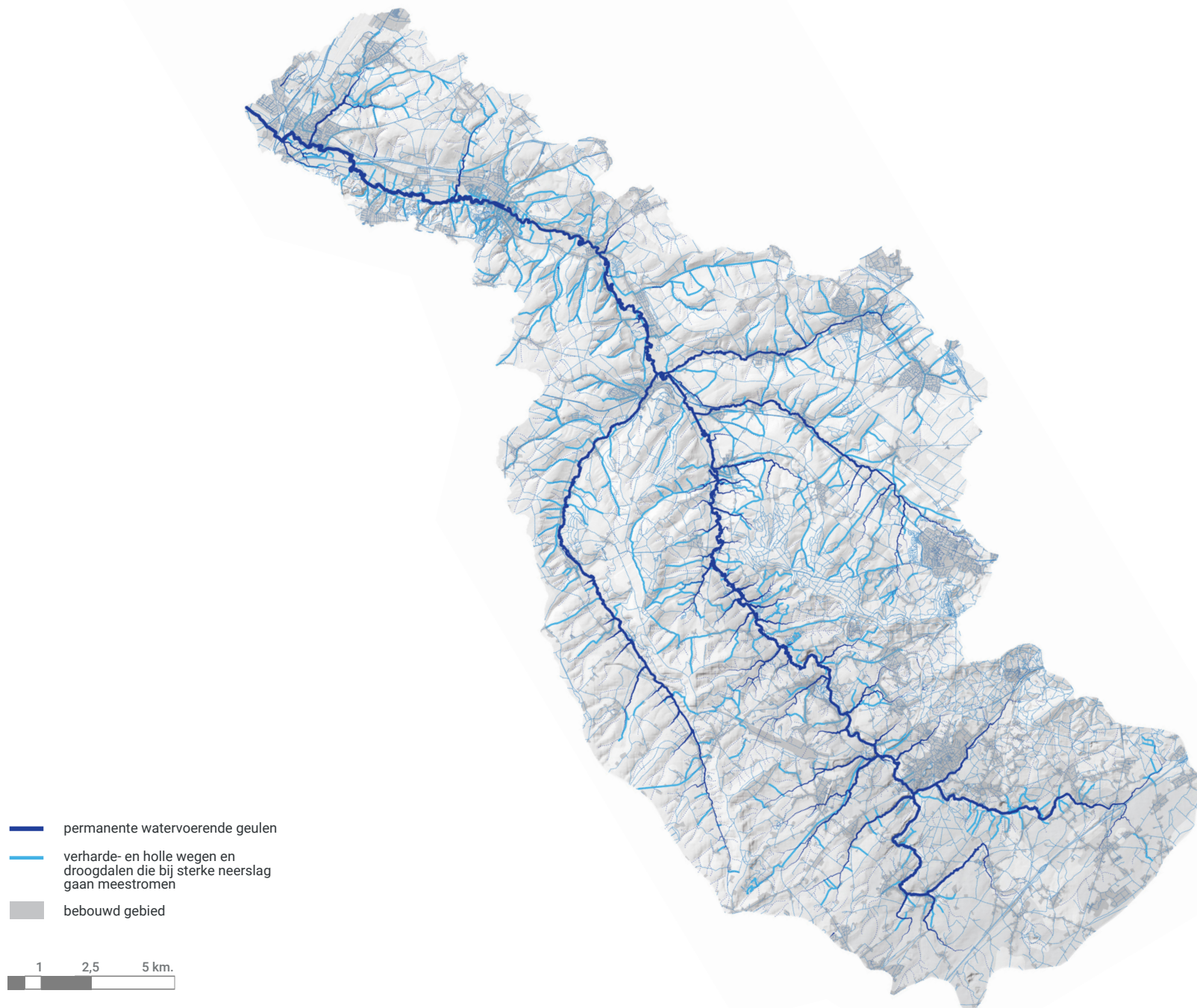
voor verharde wegen, ook van de onverharde wegen stroomt tijdens regenval veel water af. In het Geuldal ligt per hectare ca. 30 tot 40 m verharde en onverharde weg, terwijl het beeksysteem per hectare vaak maar 5 tot 10 m lang is. De rol die wegen tijdens piekbuien vervullen in het snel doorvoeren van het water is dus veel groter dan die van de beken.

#### 4.3 Huidig watersysteem

De geologische diversiteit van het stroomgebied (zoals in hoofdstuk 3 reeds beschreven) is bepalend voor het watersysteem, vooral met betrekking tot de infiltratiecapaciteit. De vooral aan Nederlandse zijde dagzomende mesozoïsche kalk- en zandstenen en pleistocene zand- en lössgronden zijn over het algemeen goed doorlatend, terwijl de vooral richting België voorkomende oude paleozoïsche gesteenten, het Vaalser groenzand en de in de beekdalen afgezette leemlagen juist slecht doorlatend zijn.

De geologie werkt ook door in de morfologie. Deze bestaat grofweg uit plateaus, hellingen doorsneden door (droog-)dalen en dalvlaktes. De steilste delen van het stroomgebied (> 12%, zoals de Benedengeuldal) bestaan doorgaans uit relatief goed doorlatende gesteenten en bodems, ook groeit hier doorgaans een weelderige vegetatie (bos en ruige graslanden). Daardoor zijn dit niet per definitie de terreindelen die bij een neerslagevent het meeste water aan het beekdal leveren. Veel vlakere delen (< 7% zoals het Bovengeuldal) van het stroomgebied worden juist gekenmerkt door relatief ondoorlatende gesteentelagen en dunne bodems (met name in het Waalse deel) of door de aanwezigheid van akkers (veelal laat kiemende voerdermaïs) en/drainagebuizen. Daardoor zijn het vaak juist de minder steile hellingen die een relatief grote bijdrage leveren aan wateroverlast en overstroming.

Wanneer we het over het watersysteem hebben, dan kijken we vaak vooral naar het oppervlaktewater ofwel de permanent watervoeren-



Kaart van het 'hybride watersysteem' dat bij intensieve neerslag zowel regenwater afvoert via de beken, als via de droogdalen, holle wegen en verharde wegen.

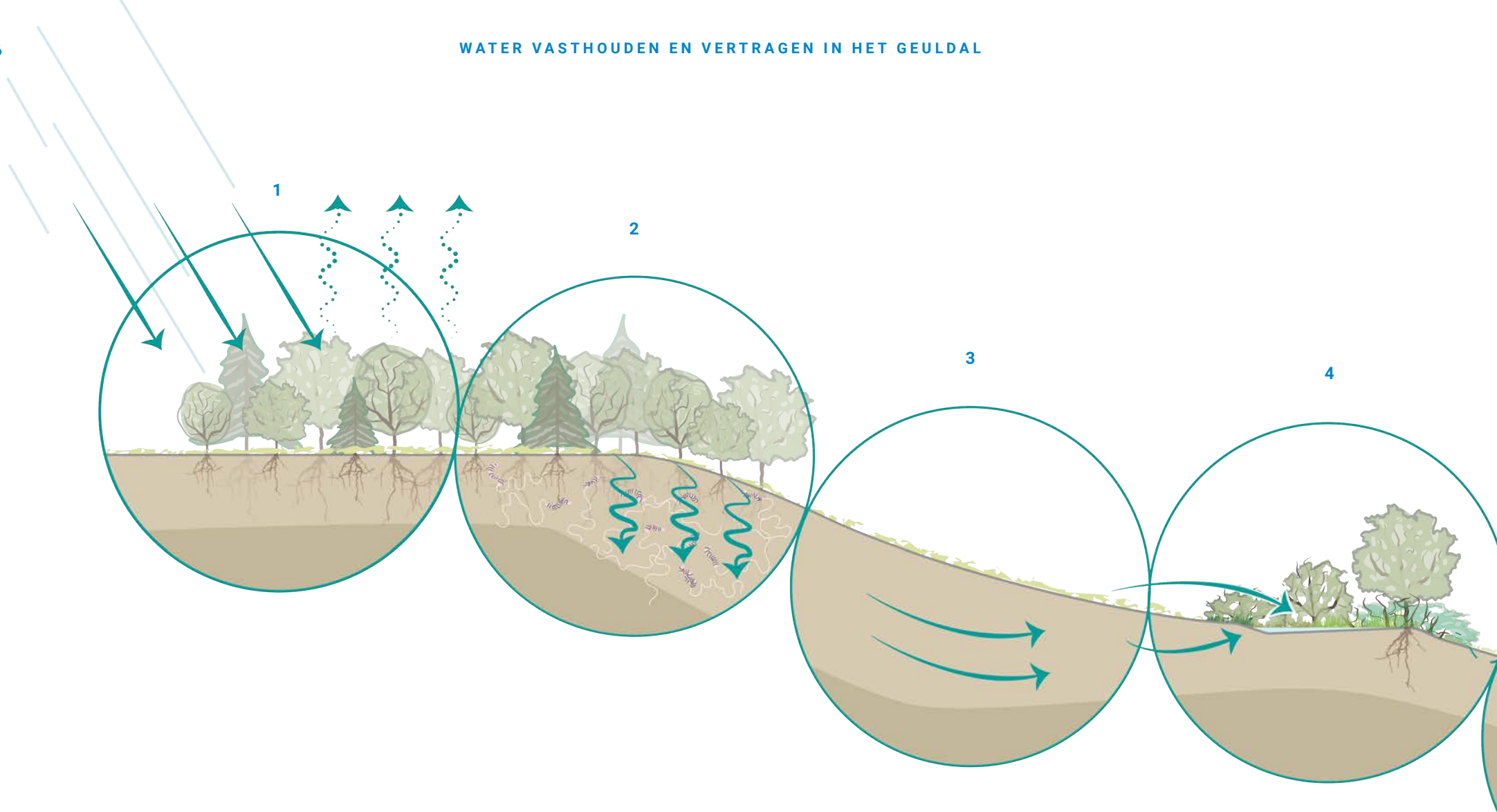


de beken. Dit is echter slechts een beperkt deel van het watersysteem, dat we als het ‘snelle watersysteem’ zouden kunnen karakteriseren, omdat water dat eenmaal de beek bereikt relatief snel uit het stroomgebied wordt afgevoerd. Over hellingen afstromend water (dit gebeurt eigenlijk alleen tijdens piekbuien of zeer langdurige neerslagevents) en met name grondwater bewegen veel langzamer door het stroomgebied. Een aparte categorie wordt gevormd door natuurlijke en onnatuurlijke elementen van het watersysteem die alleen bij kleine of grotere neerslaghoeveelheden watervoerend zijn: verharde wegen, drainagebuizen en droogdalen. Zij maken in watervoerende toestand dus onderdeel uit van het snelle watersysteem.

Een niet onbelangrijk onderdeel van het watersysteem is de vegetatie. Deze vangt met name in het zomerhalfjaar veel neerslag op, welke deels via verdamping en transpiratie (door vegetatie uitgeademde waterdamp) weer wordt teruggegeven aan de atmosfeer en deels vertraagd via takken en stammen op de bodem terecht komt, waar het meer tijd heeft om te infiltreren. Eveneens in de zomermaanden speelt de vegetatie een belangrijke rol in het ‘droogmalen’ van de bodem waardoor deze meer ruimte krijgt om neerslag op te nemen.

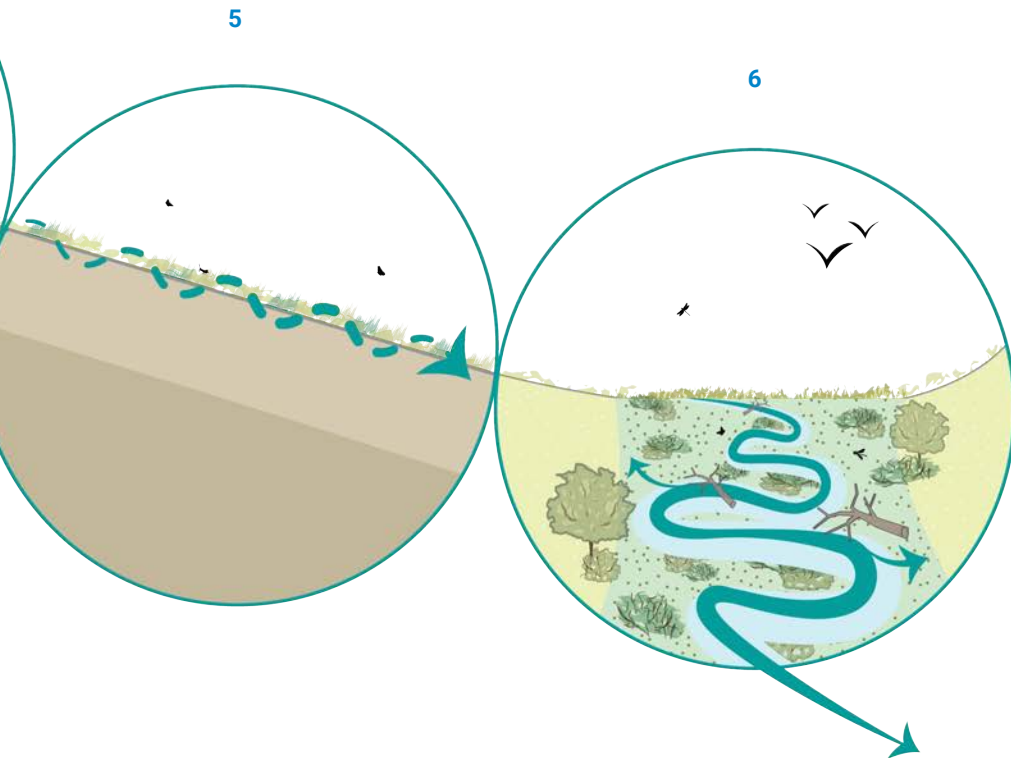
#### 4.4 Kunstmatig watersysteem: drainage, wegen, verharding en gegraven beeklopen

Zoals hierboven al wordt beschreven heeft het natuurlijke watersysteem in de vorm van verharding (wegen, maar ook bebouwing), kale akkers en boven- en ondergrondse drainage van landbouwpercelen een aantal ‘prothesen’ gekregen die het water in belangrijke mate versnellen. Hiermee is door menselijk toedoen een hybride watersysteem ontstaan waarbij het netwerk van geconcentreerde en snelle afstroming groeit naarmate er meer neerslag valt. Deze kunstmatige extensies vormen een belangrijke schakel in het versnellen van de reis van de regendruppel door het stroomgebied en daarmee het ontstaan van overstromingen, wateroverlast en droogte.



De reis van het water door het landschap, inclusief de mogelijkheden om deze te vertragen.

# 5. DE REIS VAN HET WATER

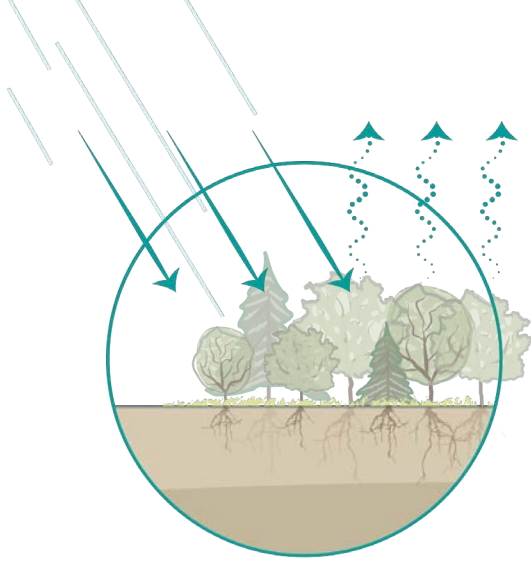


De in de vorige hoofdstukken beschreven zaken zijn sterk bepalend voor het hydrologisch functioneren van het Geuldal. De hydrologie van het Geuldal is in zichzelf zeer complex, maar laat zich stapsgewijs vertalen in de reis die een regendruppel aflegt vanaf het moment dat de druppel het aardoppervlak nadert totdat hij het gebied via het watersysteem verlaat.

Regenwater maakt een reis door het landschap en onderweg:

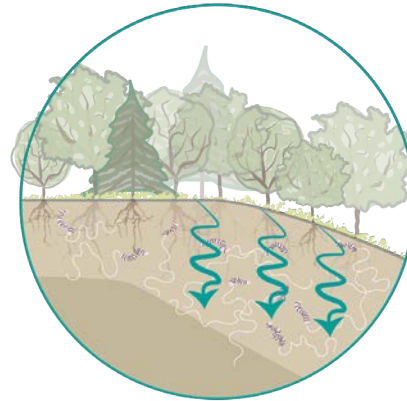
1. wordt het water onderschept door de vegetatie,
2. zijgt het water weg in de bodem,
3. stroomt het ondergronds door de bodem af en komt (deels) weer boven de grond,
4. spoelt water oppervlakkig af over het land,
5. concentreert het zich in geulen, holle wegen en droogdalen,
6. bereikt het water de beek en stroomt af door de bedding van de beek.

In elk van deze zes fases kan het water door de natuur worden vertraagd. Het reisschema van een regendruppel van bron tot monding volgend, is op de volgende pagina's weergegeven hoe de vertragingstechnieken eruitzien.



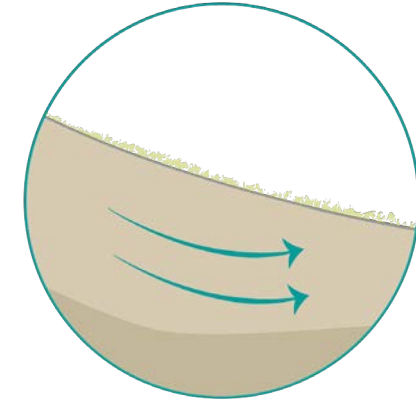
### 5.1 Regen onderscheppen voordat het de bodem raakt

Een regendruppel die uit de hemel valt, zal zelden direct in het oppervlaktewater terecht komen. In een natuurlijk landschap of in een zomers cultuurlandschap zal deze druppel waarschijnlijk ook niet op de bodem vallen, maar eerst de vegetatie raken. De reis van een regendruppel begint vaak dus op een blad of een tak, waar deze blijft liggen en verdampt, of langs de boomstam naar het wortelstelsel wordt geleid. Een bos dat uit meerdere vegetatielagen is opgebouwd, vertraagt de druppel het meest. Waar een gelaagde, structuurrijke vegetatie ontbreekt of waar de begroeiing zelfs geheel afwezig is, is het nodig dit te herstellen.



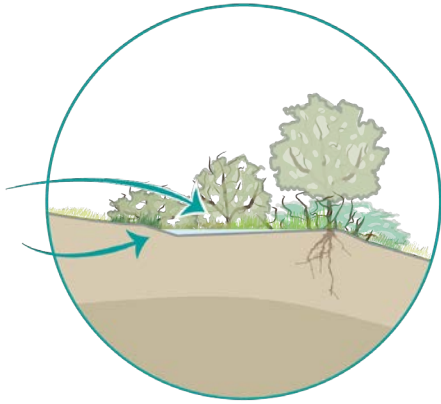
### 5.2 Inzijgen in de bodem

Het deel van het water dat tijdens een regenbui toch op de grond komt zal, na zich eventueel verzameld te hebben in een plas, in de bodem infiltreren. De infiltratiecapaciteit is afhankelijk van bodemsoort en bodemgebruik. De steilte van de helling heeft daarnaast op de kans dat het water gebruik maakt van de infiltratiecapaciteit van de bodem. Naarmate er meer vegetatie is, ligt er een dikkere strooisel- en humuslaag en bevat de bodem meer organische stof die het water goed absorbeert. Waar verharde en sterk verdichte oppervlakken de infiltratiecapaciteit vertragen, of zelfs tot nul reduceren, gaat de neerslag direct over in oppervlakkige afstroming. Hier moeten maatregelen worden genomen die de bodeminfiltratie bevorderen, aangezien de snelle oppervlakkige afstroming de belangrijkste oorzaak van wateroverlast is.



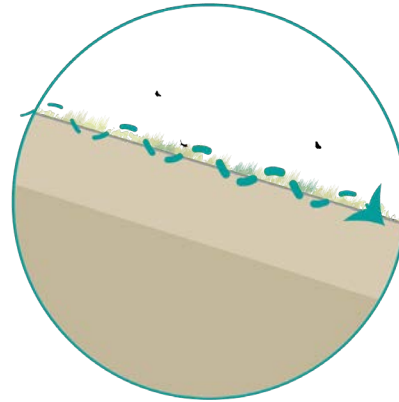
### 5.3 Bergen in de ondergrond

Water dat eenmaal in de bodem is geïnfiltreerd, zal de reis ondergronds traag voortzetten. Hoe langer het water in de bodem onderweg is, hoe trager de reis verloopt. Waar de mens met drainages het water versneld uit de bodem afvoert, is verwijdering van drainage en dichtgooien van greppels een oplossing. Wegen die zich insnijden in watervoerende bodemlagen werken eveneens als een drainerende greppel. Zo'n insnijding moet dan ook voorkomen of hersteld worden.



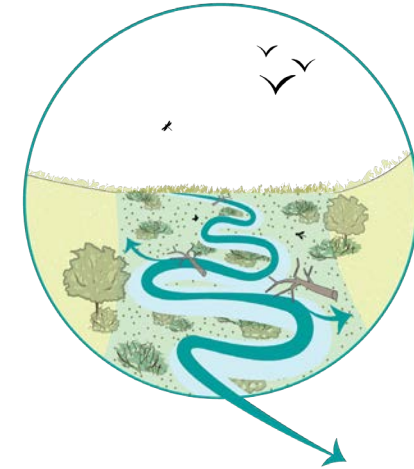
#### 5.4 Oppervlakkig afstromend water opnieuw de bodem in leiden

Neerslag die niet of nauwelijks de gelegenheid krijgt om in de bodem te infiltreren, zoekt zijn weg langs de helling naar beneden. Vaak concentreert het water zich op de helling al in ondiepe laagtes die van boven naar beneden volgen? (de zogenaamde ondiepe stroombanen). Microreliëf of ruwe vegetatie kunnen dit oppervlakkige afstromen vertragen. Waar natuurlijke ruwheid door microreliëf en vegetatie ontbreekt of ontoereikend werkt, moet gepoogd worden om het oppervlakkig afstromende water ergens op de helling op te vangen en het opnieuw te laten inzigen.



#### 5.5 Spreiden van toegestroomd water

Water dat langs de helling afstroomt verzamelt zich in ondiepe geulen en stroombanen. Stroombanen uit alle richtingen leiden het water in korte tijd naar een dal. Het toegestroomde water komt van nature tot rust in een (vochtig) dal waarin zich een weelderige, ruige moerasvegetatie heeft ontwikkeld. Het water sijpelt hier traag en breed doorheen. Waar zo'n doorstroommoeras ontbreekt, concentreert het water zich tot een krachtige, snelstromende beek. Het is belangrijk dat het punt waarop het water een beek vormt zo laag mogelijk komt te liggen.



#### 5.6 Vertragen van beekwater in de dalvlakte

Water dat via de kleinere zijdalen eenmaal in de beek van het hoofddal is aangekomen stroomt veel sneller dan toen het nog ondergronds, over het ruige maaiveld of door het doorstroommoeras stroomde. Dit is een natuurlijk gegeven. Enige natuurlijke vertraging ondervindt het water van de meanders en van de grindbanken met vegetatie in de bedding. Bij een overstroming krijgt het water relatief veel meer weerstand van de grond en de vegetatie op de oevers. Waar een beek(traject) is rechtgetrokken of waar de beek bij hoge waterafvoeren niet de kans krijgt de dalvlakte in te stromen, ontstaat een gevaarlijke situatie met extreem hoog en snelstromend water. Herstel van meanders en meanderingsprocessen zorgt voor meer veiligheid. Dat geldt ook voor het toelaten van opstuwning van de beek door omgevallen bomen of beverdammen in natuurgebieden, waardoor daar de dalvlakte kan overstromen.



Voorbeeld van beekherstel in het bovenstroomse deel van de Gulp, waarbij de beek weer de gehele breedte van de dalvlakte kan innemen.

Natuurlijke oplossingen bezitten de kracht om de waterafvoer te vertragen. Daarmee gaan ze niet alleen wateroverlast maar ook wattertekorten en modderstromen tegen. Bovendien voegen natuurlijke oplossingen andere kwaliteiten aan het landschap toe, denk aan het vergroten van de biodiversiteit en de toeristische aantrekkelijkheid. Ook kan met natuurlijke ruimtelijke maatregelen meer koolstof worden vastgelegd, kan hittestress verminderd worden en kan een bufferzone worden gevormd langs waardevolle natuur tegen ongewenste input van stikstof of andere stoffen. Natuurlijke oplossingen benaderen het landschap integraal, waar technische oplossingen ontworpen zijn om één doel te dienen. Bovendien blijven deze maatregelen ook bij zeer intensieve neerslag (lang) effectief en aanvullend op elkaar. Tegelijkertijd dragen ze bij aan droogtebestrijding en aan de bestrijding van hellingerosie. Bovenstroomse, natuurlijke maatregelen zijn dus effectief, doorgaans subtiel inpasbaar én betrouwbaar.

De zes principes uit hoofdstuk 5 volgen de reis van de regendruppel van bovenin het landschap naar beneden. Ze hebben daarmee betrekking op specifieke delen van het landschap. Allereerst de plateaus en hun randen bovenin het stroomgebied, met daaronder de steile en flauwere hellingen, welke veelal zijn doorsneden door droogdalen. Daarnaast de haarvaten ofwel de koppen van het bekenstelsel met daaronder de boven- en benedenlopen van beken. En tot slot de menselijk artefacten: de verharde wegen en steden. Voor elk van deze landschappelijke zones zijn maatregelen gedefinieerd om het regenwater te vertragen met natuurlijke oplossingen.

# 6. WERKEN MET DE NATUUR

## Maatregelen op de plateaus

Het stroomgebied van de Geul is in feite een door beken ingesneden plateau. Plateaus zijn nooit helemaal vlak. Aan de zijkanten, waar ze langzaam overgaan in hellingen, worden ze steeds steiler en wordt het risico dat regenwater oppervlakkig afstromend snel de beek bereikt groter. Dit speelt met name bij overgangen naar droogdalen, waar zowel het grondwater als eventueel oppervlakkig afstromend water zich gaat concentreren. Daarom is het belangrijk dat ook hier gewerkt wordt aan absorptie en afremming van het water.

Op de vlakkere delen is het daarvoor belangrijk dat de bodem zich goed kan ontwikkelen en niet verslempd. Voldoende organische stof, zorg voor het bodemleven, grote terughoudendheid met pesticiden en vermijden van kale akkers zijn hier de voornaamste maatregelen. Deze maatregelen hebben dus vooral betrekking op landgebruik en -beheer. Het zijn geen inrichtingsmaatregelen, daarom worden ze in dit hoofdstuk niet tot in detail uitgewerkt.

## Maatregelen op de hellingen

Op de hellingen, van de plateaurand tot onderin het dal worden afhankelijk van de positie in het landschap vier maatregelen onderscheiden:

1. Bosontwikkeling langs de plateaurand;
2. Steile hellingen (>12%): akkers omzetten naar natuurlijk grasland;
3. Matig steile hellingen (7-12%): ontwikkelen infiltratiestroken langs akkerranden en graslanden;
4. Grasland op matig steile hellingen en flauwe hellingen (4-12%): verwijderen drainage, ontwikkeling van struwelen en extensivering landgebruik.

## Maatregelen in de beekdalen

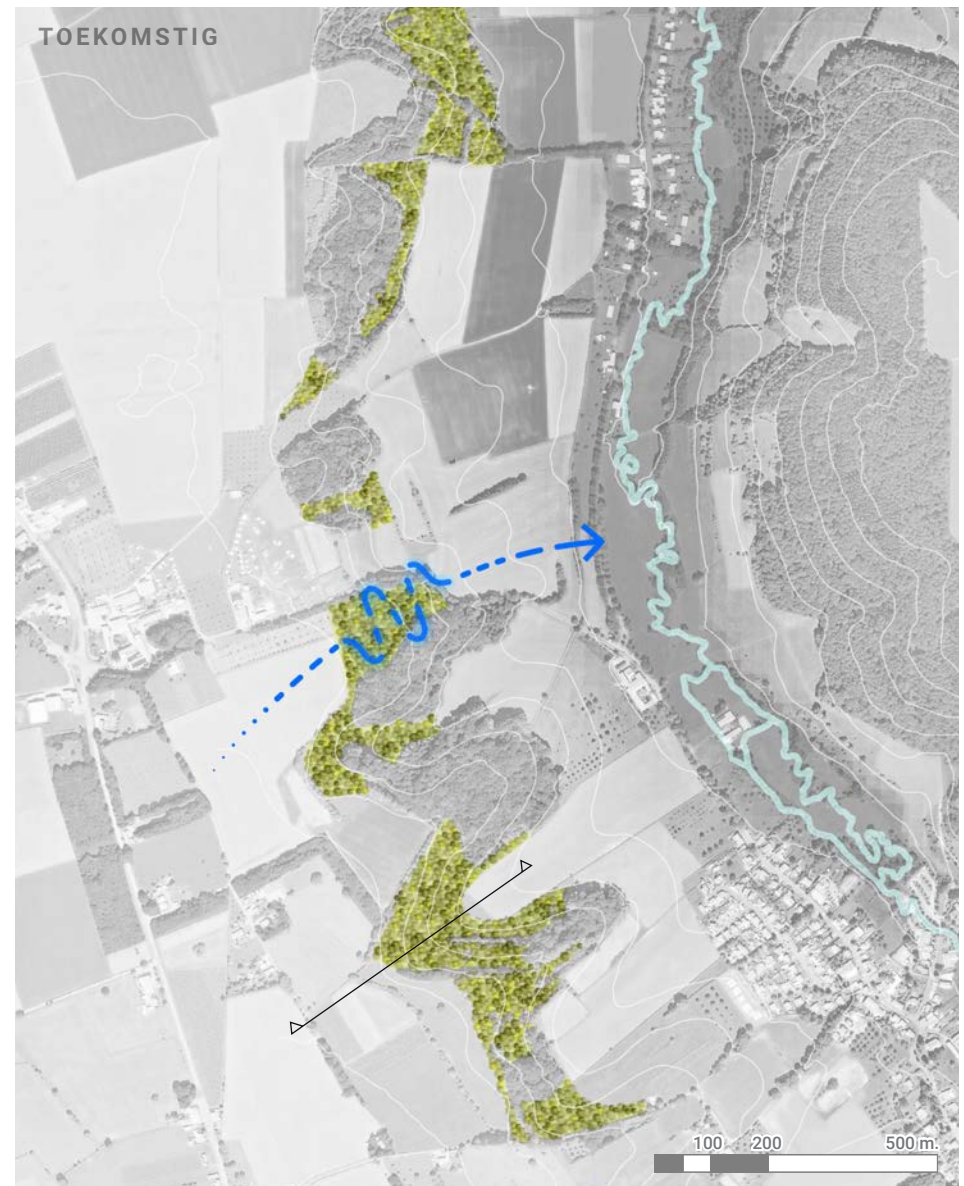
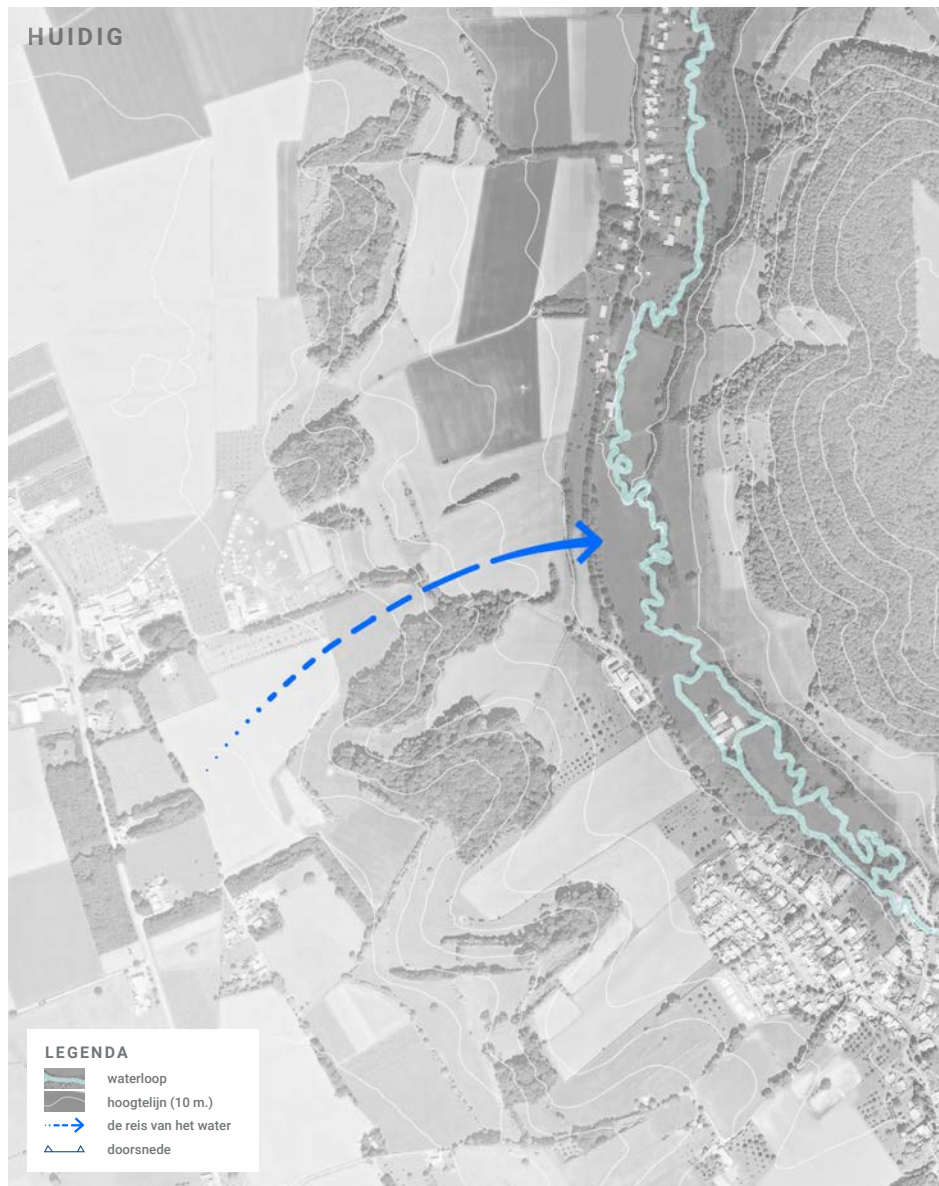
Ook in de beekdalen zijn de maatregelen sterk afhankelijk van de positie in het watersysteem: helemaal bovenin het stroomgebied, in de klei- nere, bovenstroomse zijbeken of in het brede dal benedenstrooms. Drie type maatregelen worden onderscheiden:

5. Helemaal boven in het stroomgebied: vergroten sponswerking van de bodem door dempen van gegraven beekextensies en ontwikkelen doorstroommoeras;
6. Smalle bovenstroomse beken: water eerder de dalvlakte op sturen door verondiepen beekbodem, ontwikkeling beverbiotoop (beverdammen), dood hout en hermeanderen;
7. Brede, benedenstroomse beekdalen: ruimte reserveren voor meandering en overstromingsvlakten, overstromingsvlakte verruwen door vegetatieontwikkeling om stroming af te remmen.

## Maatregelen ten aanzien van verharde oppervlakten

Verharding in het stroomgebied zorgt voor een grote versnelling van de afstroming. Waar mogelijk dient verharding vervangen te worden door materiaal waarin het regenwater kan infiltreren. Voor met name de wegen is dit geen oplossing en zal gekeken moeten worden hoe het over of langs de weg afstromende water zo goed mogelijk kan worden opgevangen in het aangrenzende landschap in bijvoorbeeld wadi's.

8. Verharde wegen: water van de weg leiden en laten infiltreren;
9. Water in holle wegen: eruit leiden en waar mogelijk vertagen;
10. Stedelijke gebieden: infiltratiecapaciteit vergroten door verwijdering en vergroening verhard oppervlak.



Vertragen van het water door nieuwe bossen te ontwikkelen.



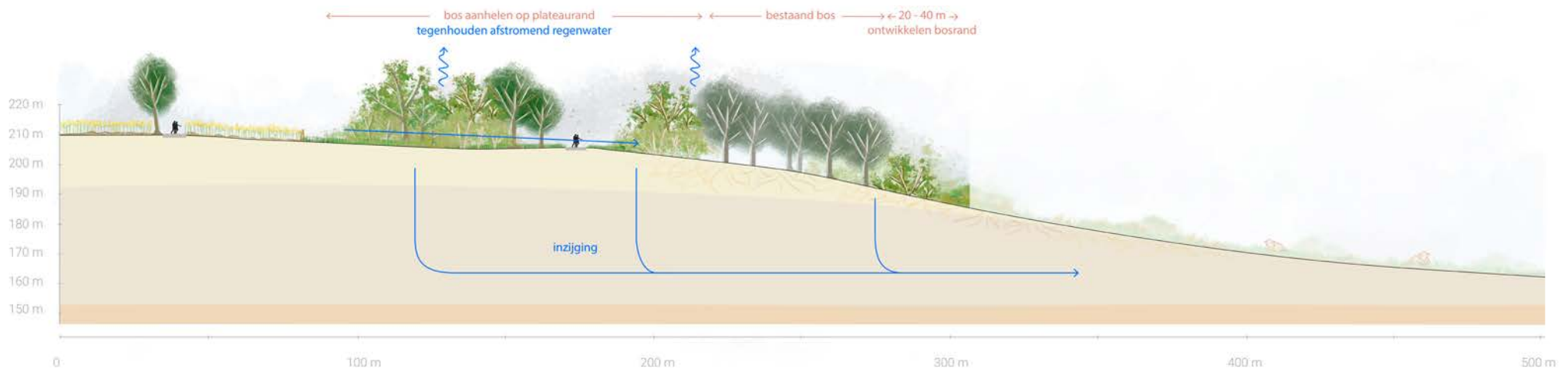
## 6.1 ONTWIKKELING VAN NIEUWE BOSSEN



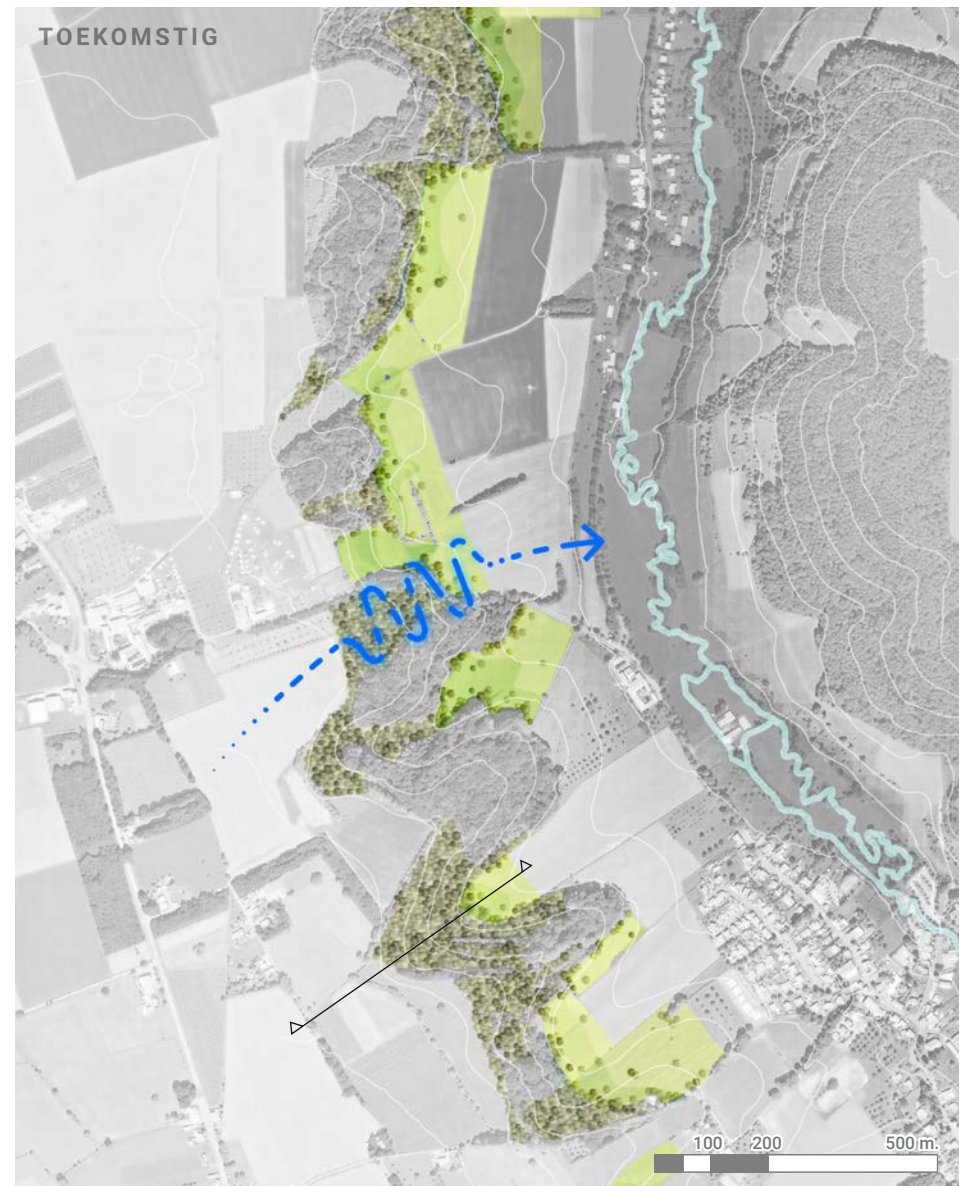
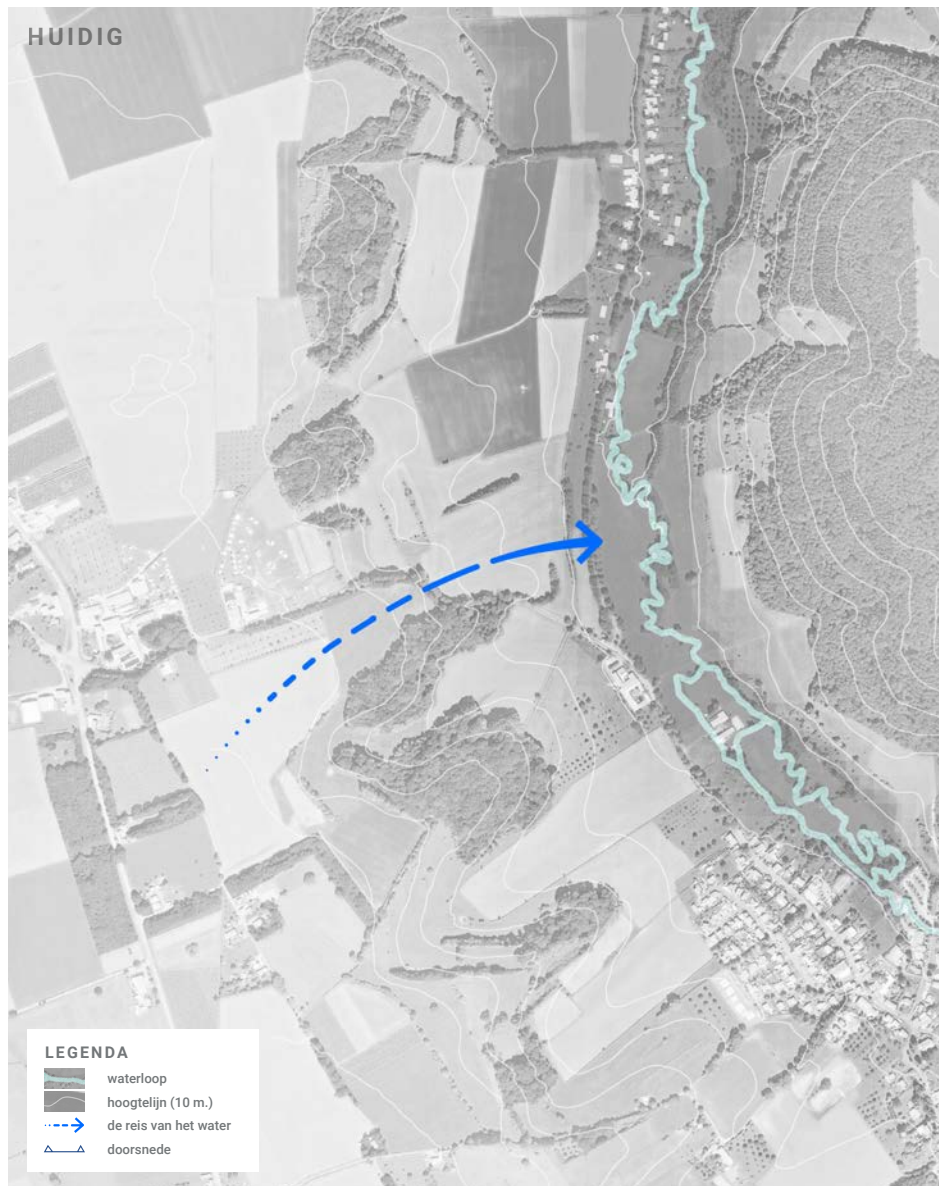
Voorbeeld van de huidige situatie met steile hellingen in Slenaken (© Google Street View).

Een goed ontwikkeld loofbos is als geen ander landgebruik in staat om regenwater af te vangen, te laten verdampen en de bodem in te leiden. Als natuurlijke maatregel tegen overstromingen, wateroverlast én droogte staat bosontwikkeling dan ook met stip op één. De maatregel is eigenlijk overal effectief, maar hoe verder stroomopwaarts hoe beter. Het Zuid-Limburgse heuvellandschap wordt doorgaans gekenmerkt door bossen bovenaan steile hellingen. Hier is de ondergroei van bossen goed in staat om het van de plateaus afkomstige water op te vangen en te voorkomen dat het de hellingen afstroomt.

De keuze om ontwikkeling van aaneengesloten boscomplexen vooral te situeren op de randen van de plateaus heeft ook een positief effect op de beleving van het Heuvellandschap. Door bomen als het ware nog een twintigtal meters bovenop de helling te zetten, sorteren zij het effect dat de onderliggende hellingen langer en hoger lijken dan dat zij in werkelijkheid zijn. Het voor Nederlandse begrippen unieke reliëf wordt daarmee dus visueel versterkt.



Doorsnede van nieuw ontwikkelde bossen.



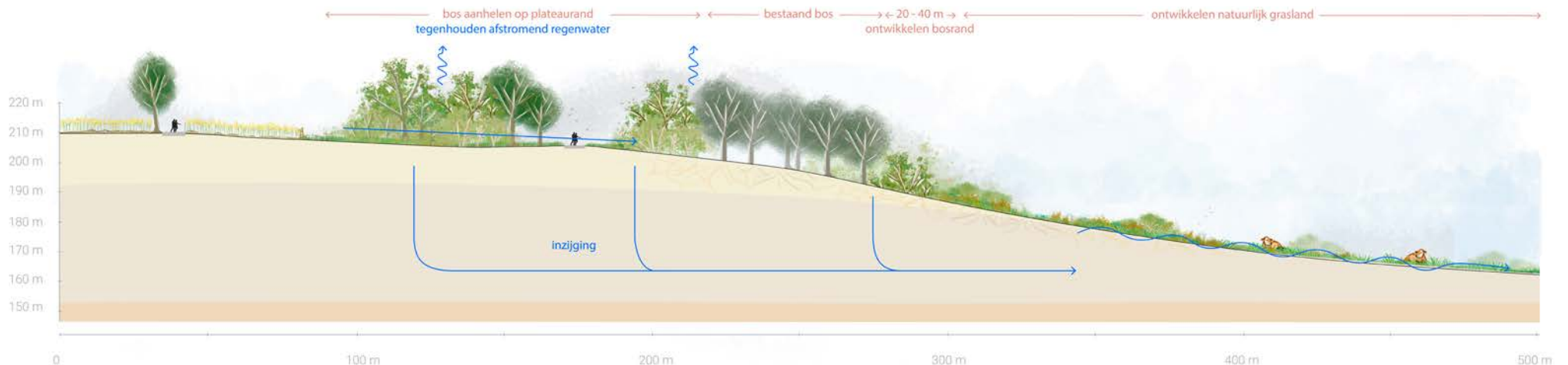
Vertragen van het water door akkers naar natuurlijk grasland om te zetten.

## 6.2 AKKERS OMZETTEN NAAR NATUURLIJK GRASLAND

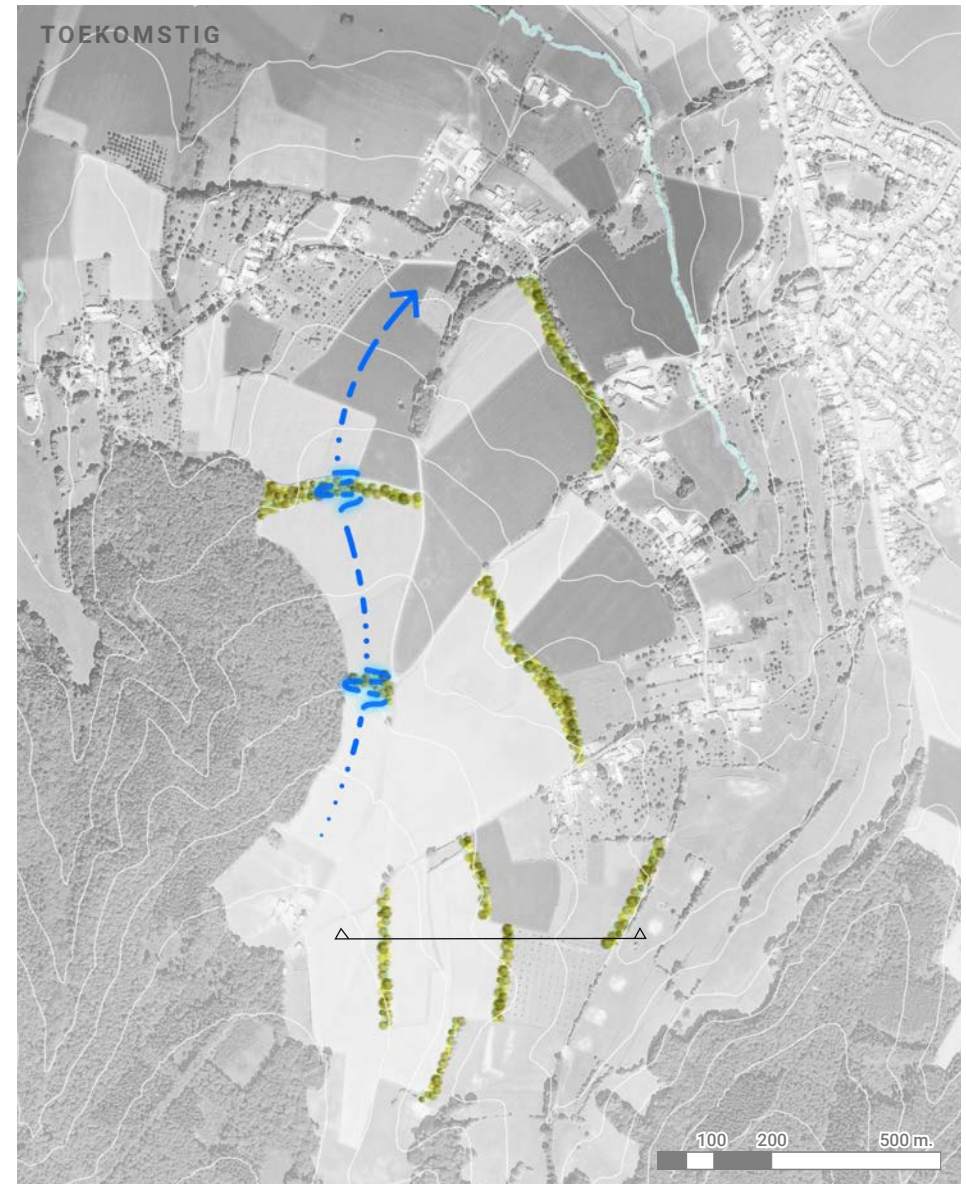


Voorbeeld van natuurlijk grasland op een steile helling.

Hoe steiler een helling, hoe sneller regenwater oppervlakkig zal afstromen. Akkers op steile hellingen kunnen ware snelwegen zijn van oppervlakkig afstromend water. Bovendien zorgen ze dan voor modderoverlast op wegen en in beken, voor opslibbing in waterbuffers en bij grote overstromingen voor vervuiling en stank in gebouwen. Met name zorgen kiemende gewassen zoals maïs ervoor dat de bodem in de zomer nog lang kaal blijft. Dit zorgt voor structuurbederf in de bodem (verslamping) en een grotere kans op snelle oppervlakkige afvoer op plateaus en zeker op hellingen. Graslanden zorgen doorgaans voor meer ruwheid en een betere infiltratie, ook houden ze de bodem op zijn plek. Op steile hellingen is het daarom de opgave om het gehele terrein zoveel mogelijk te verruven met natuurlijk, structuurrijk grasland. Dit vormt een landschappelijk ensemble met het erboven gelegen bos: een natuurlijke overgang van grasland, via zoom- en mantelvegetatie naar de rand van het bos. Deze bosrand is ook de plek waar grote zoogdieren zich graag ophouden. Dit geldt niet in de laatste plaats voor de mens. Hier kan dus een treffende combinatie worden gemaakt met de ontwikkeling van een recreatief wandelpadennetwerk, dat de mooiste uitzichten over de dalen biedt.



Doorsnede van een verruwend landschappelijke ensemble op een steile helling.



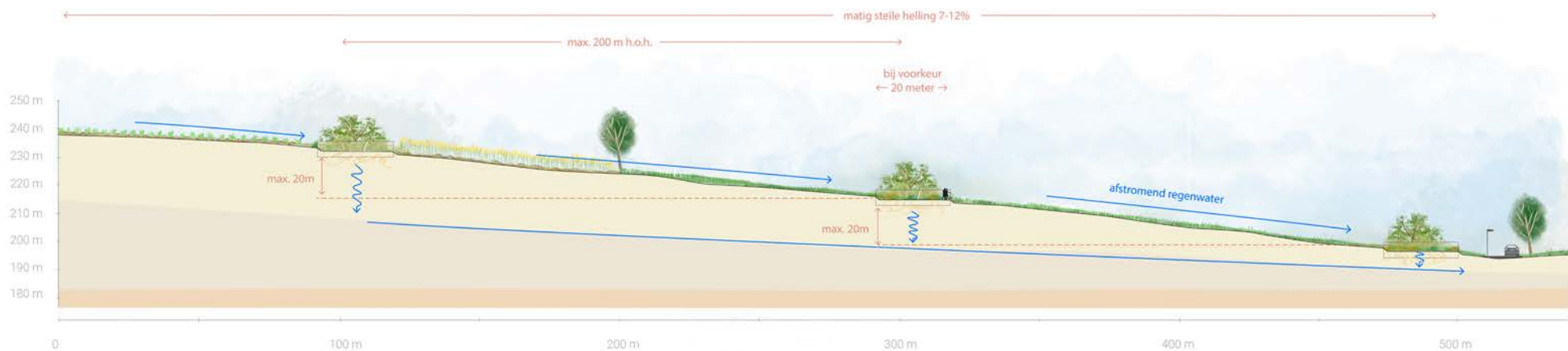
Vertragen van het water door infiltratiestroken te ontwikkelen.

## 6.3 ONTWIKKELEN INFILTRATIE-STROKEN

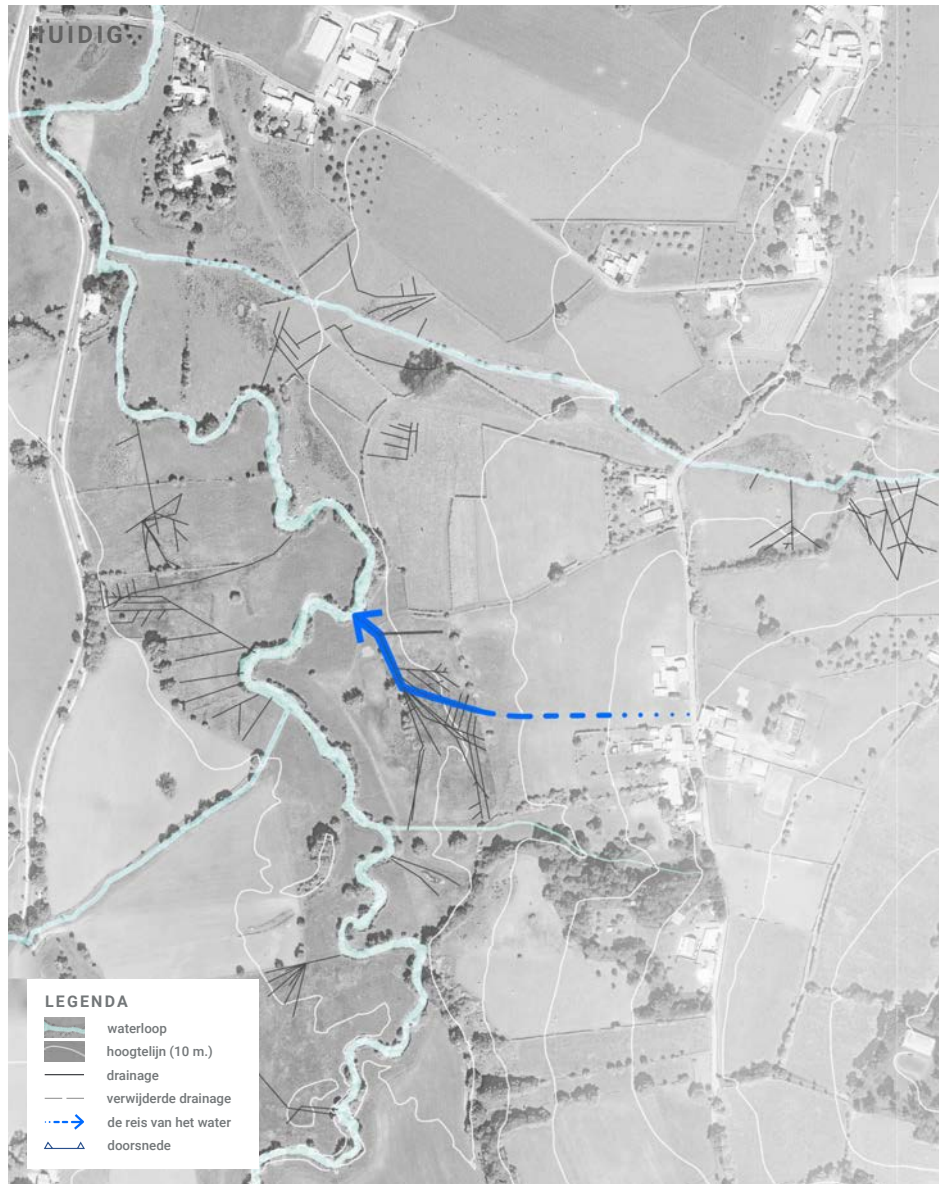
Op matig steile hellingen met akkers en eenvormige agrarische graslanden kan het huidige gebruik op een verstandige manier gecontinueerd worden als percelen worden afgewisseld met 10 tot 20 meter brede infiltratiestroken, parallel aan de hoogtelijnen. Deze stroken zijn aanzienlijk vlakker dan de helling waarin ze liggen en zijn begroeid met een dichte vegetatie. Hierdoor wordt oppervlakkig afstromend regenwater afgeremd, opgevangen en kan het water via het wortelstelsel van de vegetatie goed infiltreren. De onderlinge afstand tussen deze infiltratiestroken staat daarbij in relatie tot steilte van de helling en de infiltratiecapaciteit. Infiltratiestroken zijn het meest effectief wanneer zij worden ontwikkeld aan de onderzijde van akkers en (dus) ook boven door het akkergebied lopende wegen. Met dat laatste wordt voorkomen dat regenwater over de weg versneld wordt afgevoerd, zijn ze makkelijk te beheren, bieden ze schaduw aan recreatief verkeer en leiden ze de blik naar het uitzicht over het dal.



Doorsnede van een infiltratiestrook.



Doorsnede van infiltratiestroken op een matig steile helling.



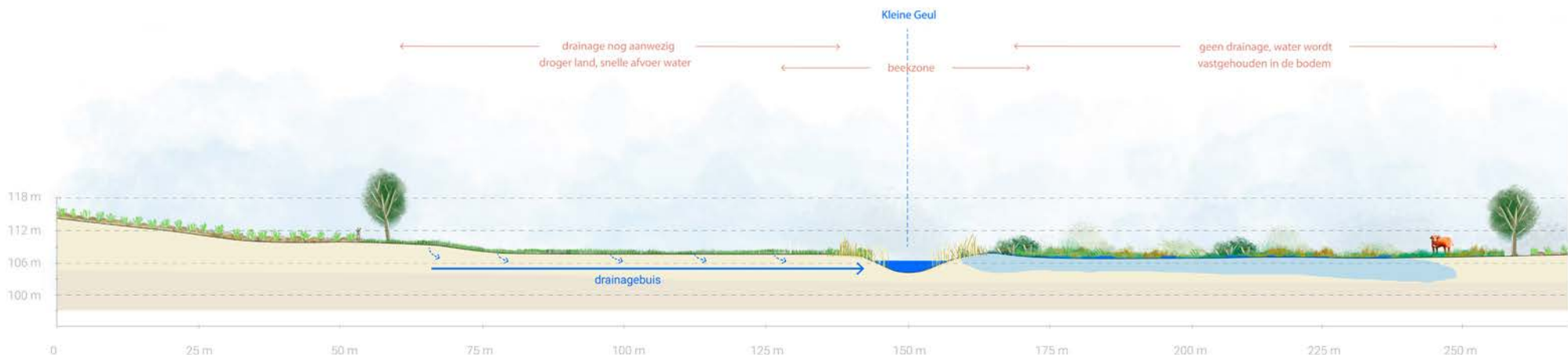
Vertragen van het water door ondergrondse drainage te verwijderen.

## 6.4 VERWIJDEREN VAN ONDERGRONDSE DRAINAGE



Voorbeeld van een grasland kort na de verwijdering van de drainage (© Natuurmonumenten).

In relatief vlakke, slecht doorlatende bodems worden productiegraslanden en akkers vaak voorzien van ondergrondse drainagesystemen. Dit zorgt voor versnelling van de waterafvoer, waardoor het land eerder in het jaar toegankelijk is. Wanneer we deze terreinen vervangen door structureel rijk grasland, met biologisch gezonde bodems, dan is deze kunstmatige drainage niet langer nodig. Het verwijderen van drainage en het laten uitmonden van eventuele (resterende) geconcentreerde oppervlakkige afstroming is daarom op deze terreinen een goede maatregel. De terreinen blijven dan weliswaar in het voorjaar langer nat, maar in de zomer drogen ze minder snel uit. Bij continuering van het agrarisch gebruik verdient het aanbeveling om dit te zoneren en daarbij de natuurlijke gradiënt op het perceel (bovenin relatief droog, onderin nat) goed te benutten.



Doorsnede van een landschap met ondergrondse drainage en verwijderde ondergrondse drainage.



Vertragen van het water door gegraven beekextensies te dempen.

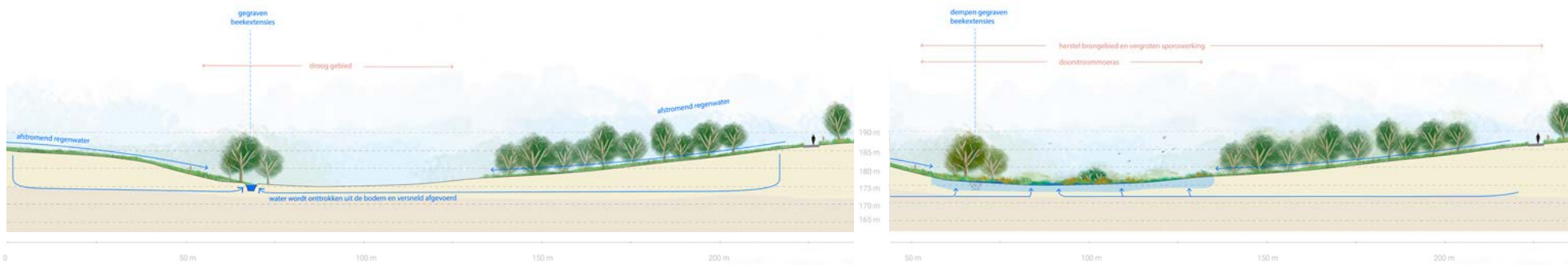


## 6.5 DEMPEN VAN GEGRAVEN BEEKEXTENSIES

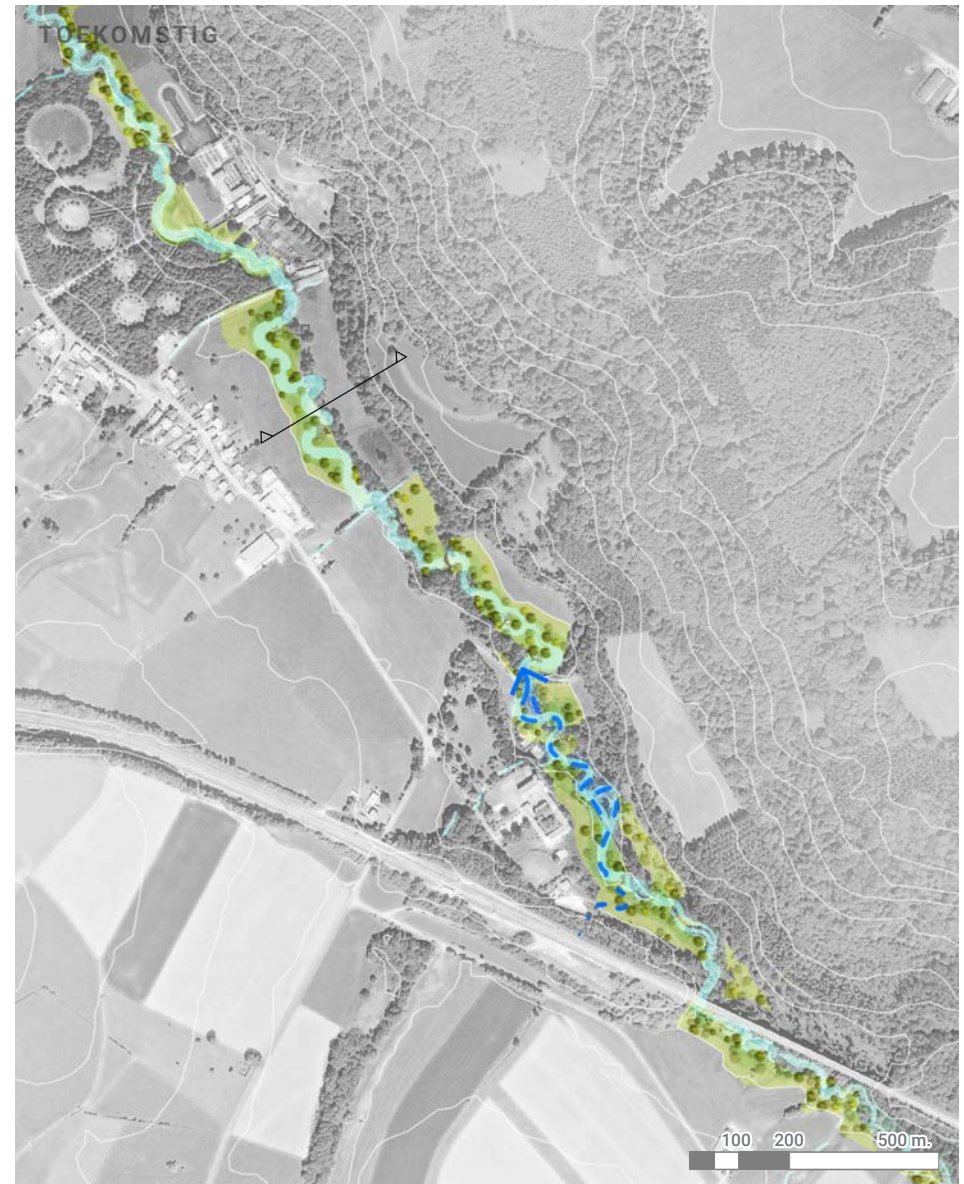
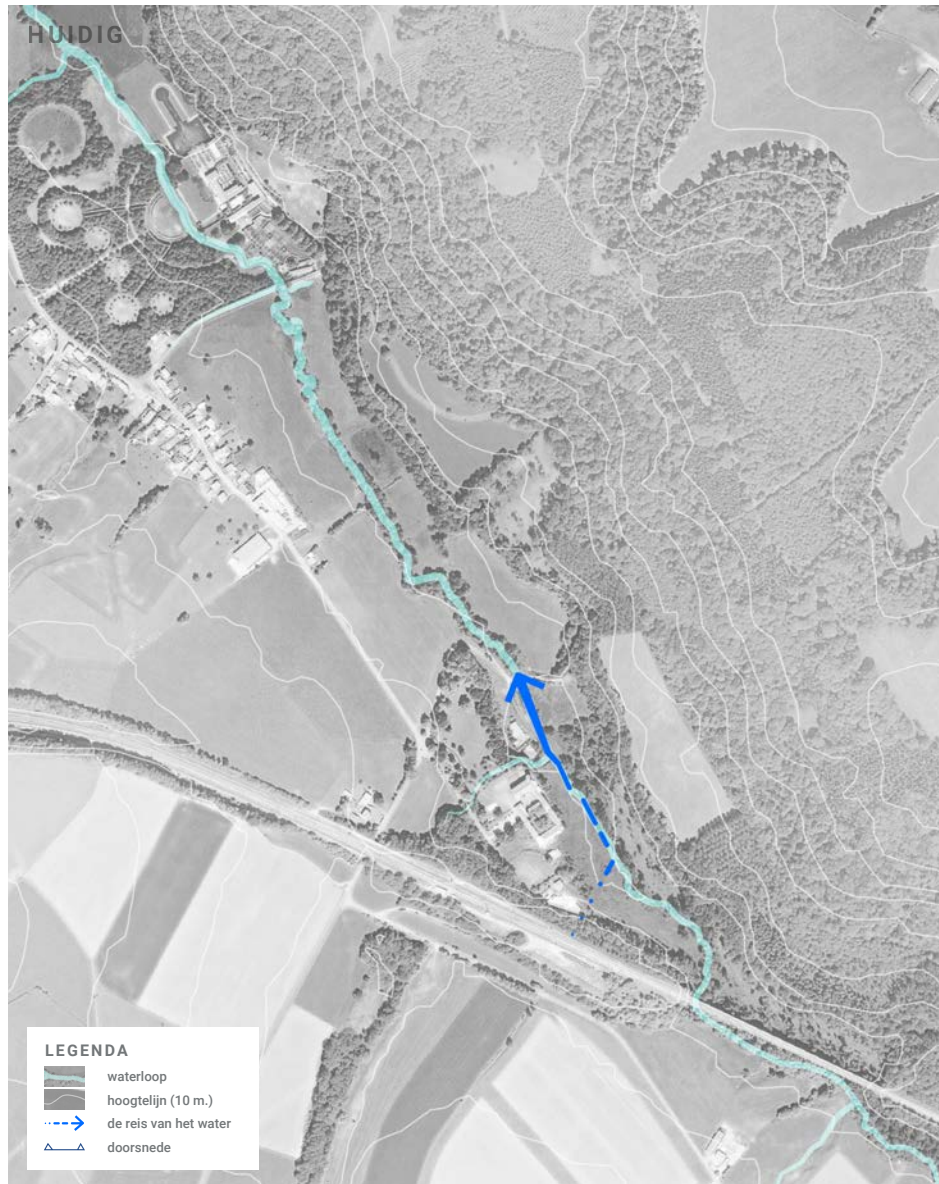


Voorbeeld van een natter, natuurlijker en gevarieerder landschap.

In de vlakkere bovenstroomse uiteinden van beekdalen kan het aan de oppervlakte tredende grondwater van nature maar moeilijk weg. Dit zijn van oudsher natte gronden, vaak gekenmerkt door veenvorming. Om ze te kunnen bewerken zijn deze gronden gedraineerd, vaak door de kopen van de beken kunstmatig te verlengen. Het lijkt dan vaak of de beek gewoon doorloopt, maar soms verradt het hoekige verloop dat dit in feite drainagegeulen zijn. Deze zorgen daarmee niet alleen voor de (beoogde) verdroging van het gebied, maar ook voor een onnatuurlijk snelle afstroming van regenwater. Door op deze plekken de gegraven beekextensies te dempen en bronmoeras te ontwikkelen kan deze ontwikkeling omgedraaid worden. Het landschap wordt dan langzaam weer natter, natuurlijker en gevarieerder. Dit biedt weliswaar minder agrarisch perspectief (gericht op opbrengstmaximalisatie), maar juist meer landschappelijke kwaliteit. Dit past goed bij een transitie naar verbrede landbouw inclusief recreatieve ontwikkeling.



Doorsnede van een landschap met een gegraven beekextensie en een landschap waar de gegraven beekextensie gedempt is.



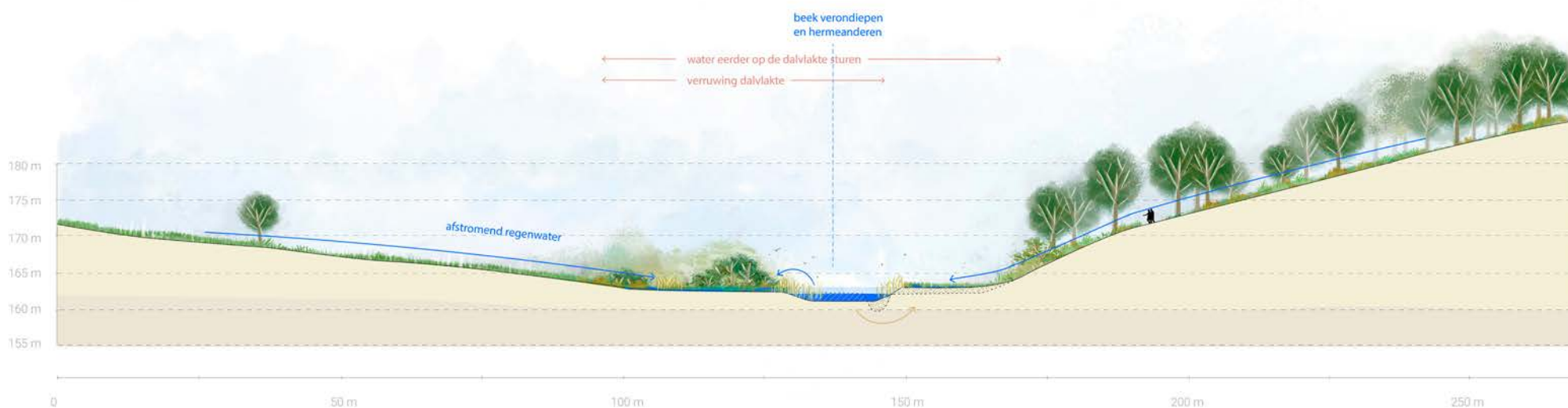
Vertragen van het water door bovenstroomse beeklopen te verondiepen, verbreden en verruwen.

## 6.6 VERONDIEPEN, VERBREDE EN VERRUWEN BOVENSTROOMSE BEEKLOPEN



Langs de bovenloop van de beken is het beekdal nog relatief smal, is de beek soms vastgelegd of ‘aan de kant geschoven’ om de schaarse ruimte agrarisch te kunnen gebruiken en heeft deze zich op die locatie vervolgens vaak diep ingesneden. Door deze bovenstroomse beekdalen te laten verwilderen (verbreden en verondiepen beekbodem, dode bomen en beverdammen niet opruimen en de beek weer opnieuw over de breedte van de dalvlakte laten meanderen) wordt het water over een grotere breedte verspreid en vertraagd. Eigenlijk proberen we hier zoveel mogelijk de natuurlijke situatie te herstellen, waarbij bovenstroomse beekdalen veelal doorstroomde moerasbossen waren (zie ook hoofdstuk 4).

Voorbeeld van een diep ingesneden en rechtgetrokken beek in de bovenloop die is verondiept, verbreed en verruwd.



Doorsnede van een verondiepte, verbrede en verruwde beekloop.



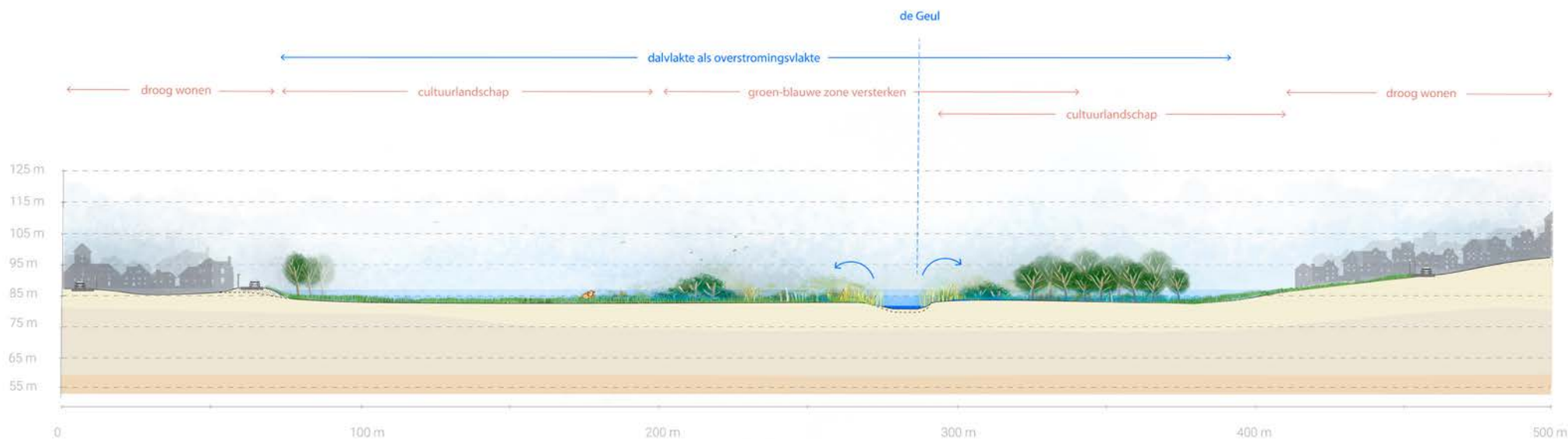
Vertragen van het water door de bergingscapaciteit van de dalvlakte te benutten.

## 6.7 BERGINGSCAPACITEIT DALVLAKTE BENUTTEN

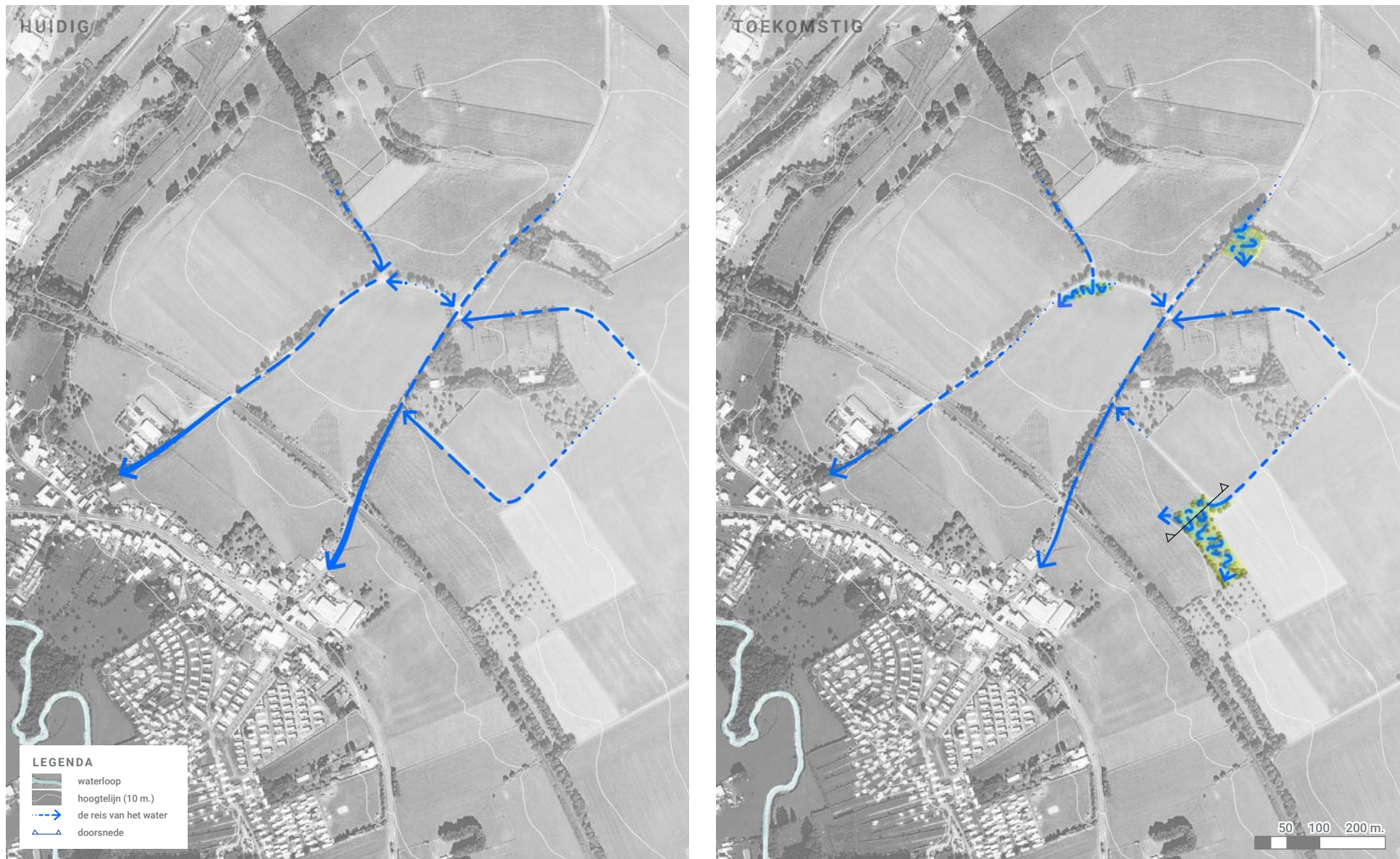


Voorbeeld van vegetatie die kan worden ingezet om stroming in de dalvlakte verder te vertragen.

Verder stroomafwaarts (grofweg vanaf Gulpen) krijgt de Geul meer ruimte en vertoont deze een brede dalvlakte. Deze heeft in 2021 goed gefunctioneerd als waterberging, maar daarbij uiteraard ook veel wateroverlast veroorzaakt. Rekening houdend met bebouwing en andere kwetsbare objecten kan vegetatieontwikkeling worden ingezet om de stroming over de dalvlakte verder te vertragen. Stroomopwaarts van deze maatregel wordt het water licht opgestuwd, waardoor de waterstanden hier zullen stijgen. Stroomafwaarts worden de waterstanden juist lager. Deze maatregel heeft dus een vergelijkbaar effect als de aanleg van dammen, maar werkt subtieler en biedt meekoppelkansen met ecologische verbindingen en landschapsontwikkeling. Hierbij dienen uiteraard met name de niet-bewoonde delen benut te worden, zoals het Geuldal stroomopwaarts van Epen, het gebied tussen Mechelen, Partij en Schin op Geul, en tussen Valkenburg en Meerssen de gebieden In-gendael en Meerssenerbroek.



Doorsnede van een dalvlakte als overstromingsvlakte.



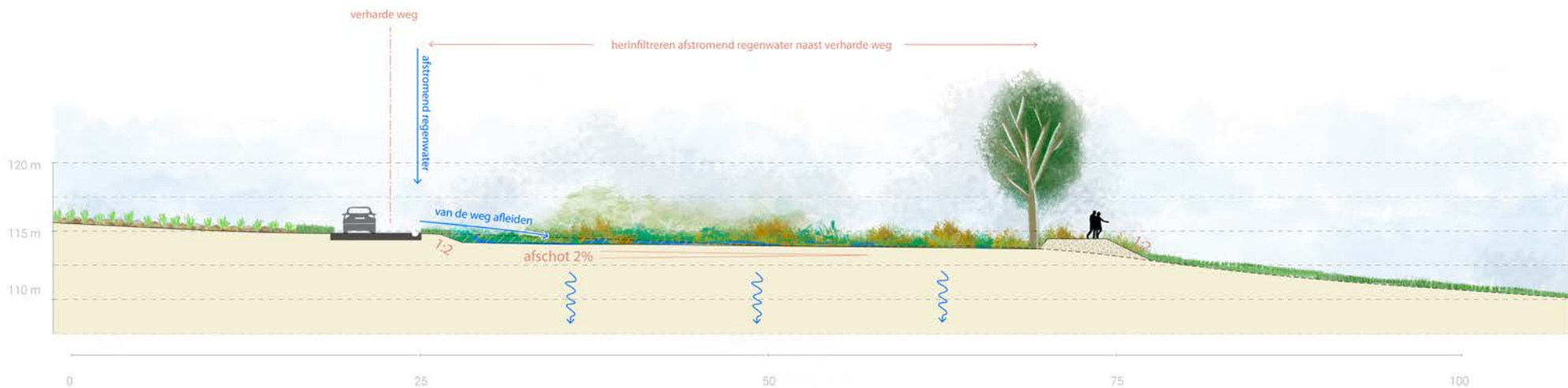
Vertragen van het water door wegbermen te benutten.

## 6.8 WEGBERMEN BENUTTEN

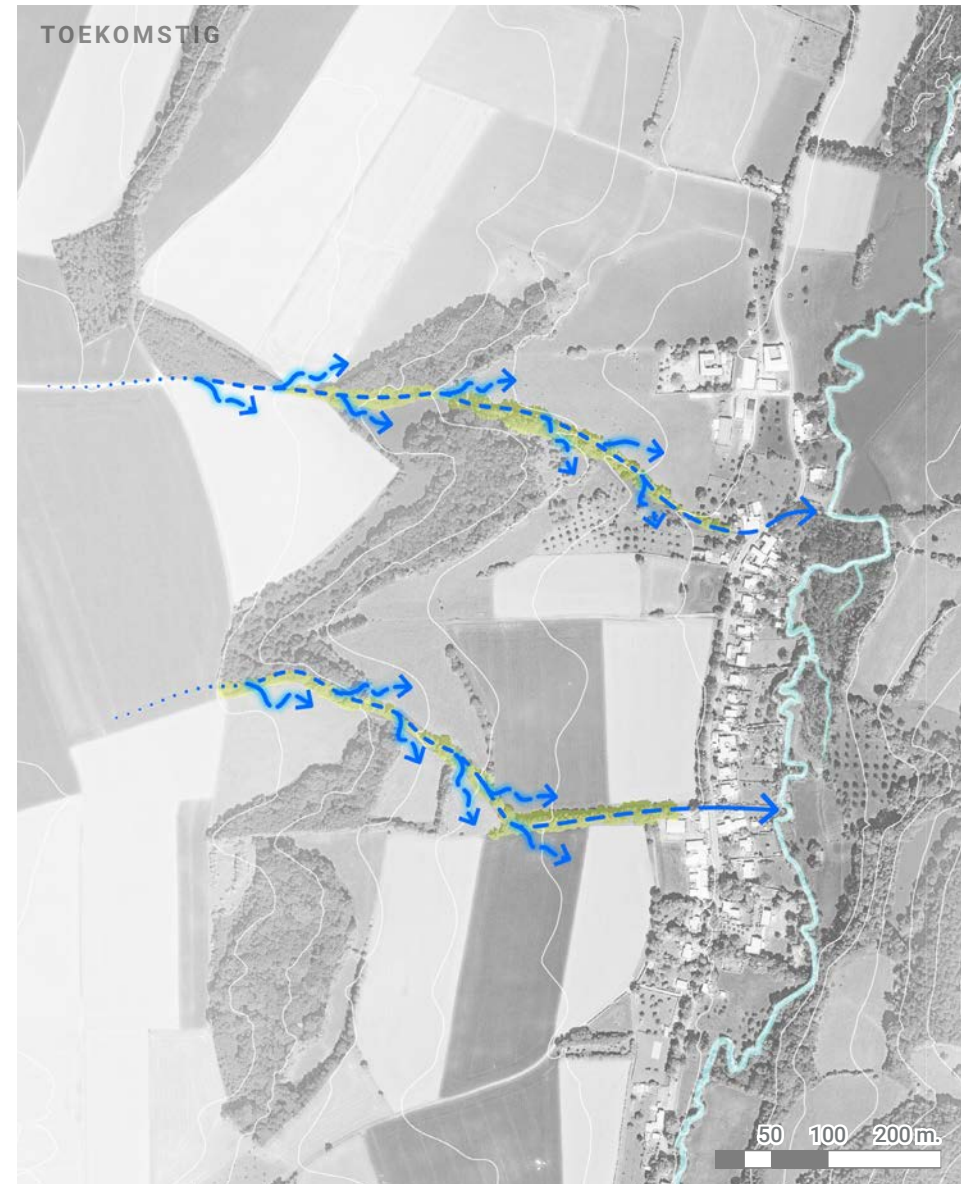
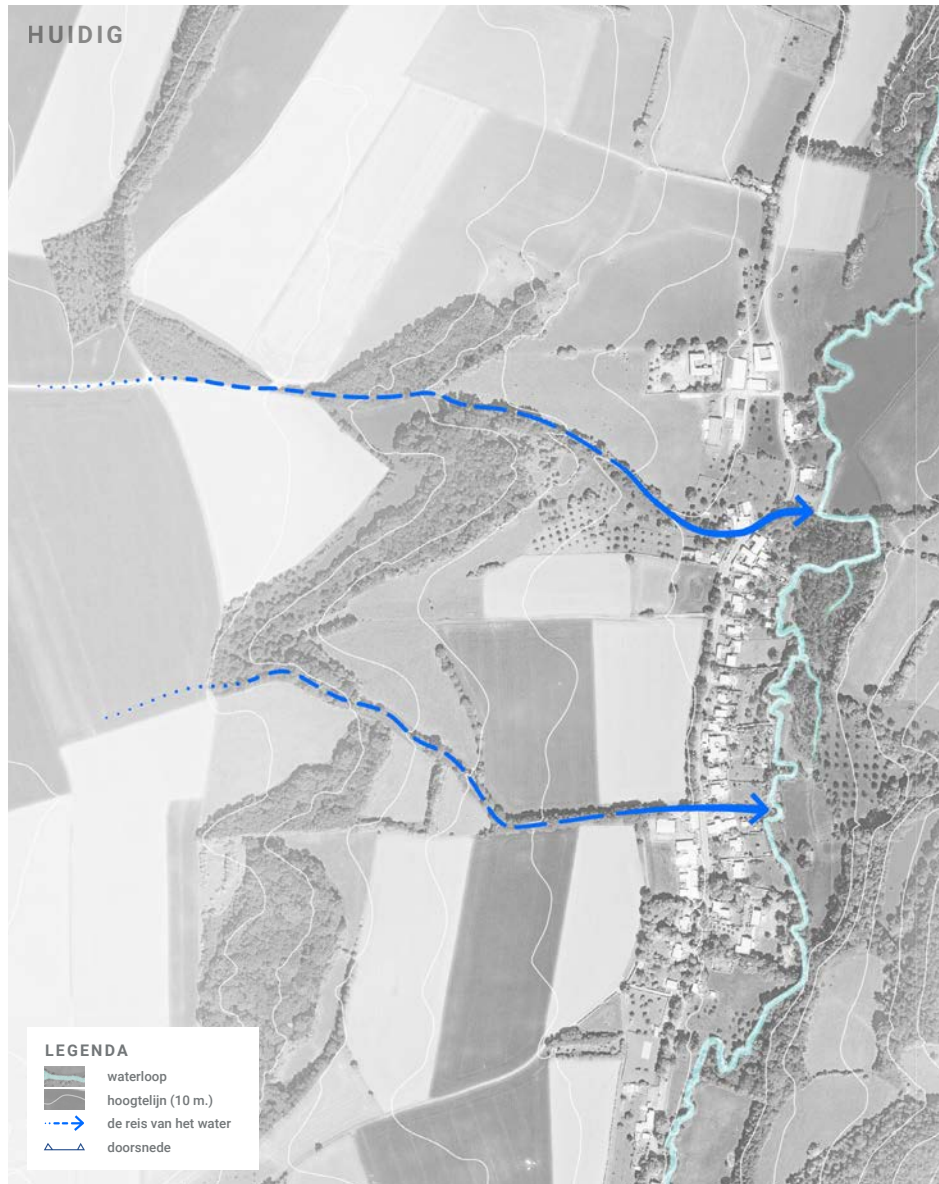


Voorbeeld van regenwater dat van de weg afgeleid wordt en naast de weg wordt opgevangen (© Bureau Stroming).

Zoals aangegeven vormen verharde wegen een belangrijk onderdeel van de hoogwaterproblematiek. Ze gaan bij regenval fungeren als extensies van het oppervlaktewatersysteem, waardoor water sneller wordt afgevoerd en de afvoerpiek hoger wordt. Er moet dus zoveel mogelijk voorkomen worden dat grondwater of oppervlakkig afstromend water wordt ‘aangesneden’ door deze wegen. Infiltratiestroken (zie 6.3) kunnen daarin een belangrijke rol spelen. Als het water eenmaal over de weg naar beneden stroomt, dan moet dit zo snel mogelijk van de weg afgeleid worden en naast de weg worden opgevangen. Bij voorkeur niet in de vorm van een waterbuffer (die het water doorgaans slechts een etmaal vast kan houden) en niet in de vorm van een sloot, maar als natuurlijke brede vegetatiestrook waarin het water zo snel mogelijk in de bodem infiltreert. Lang niet overal in het landschap is ruimte om dit water op te vangen en de bodem en ondergrond zijn niet overal even geschikt om water te laten infiltreren. Het inpassen van deze maatregel is dus bij uitstek een ontwerpogave die om maatwerk vraagt.



Doorsnede van een wegberm die wordt benut om afstromend regenwater te herinfiltreren.



Vertragen van het water door de holle wegen te herprofilen.



## 6.9 HERPROFILEREN HOLLE WEGEN

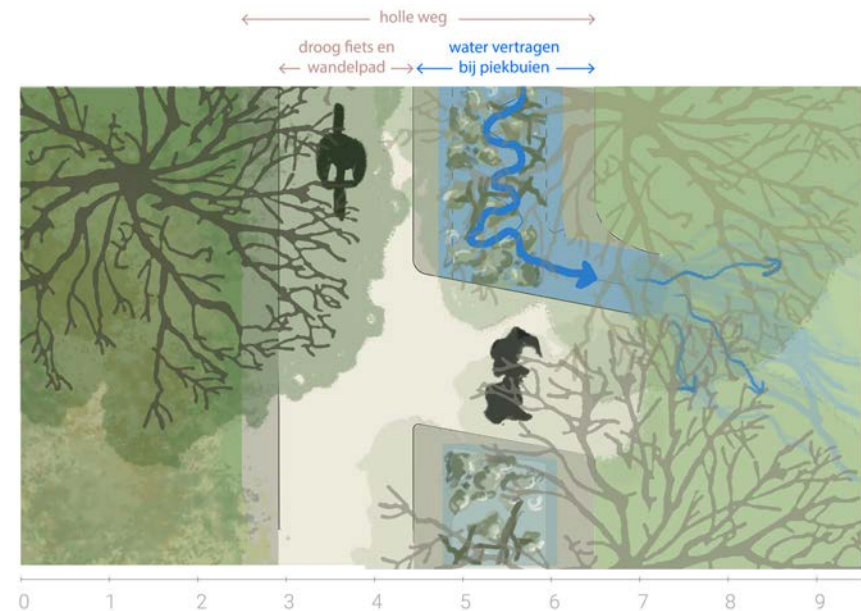


Voorbeeld van de huidige situatie holle wegen in Beutenaken (© Komoot).

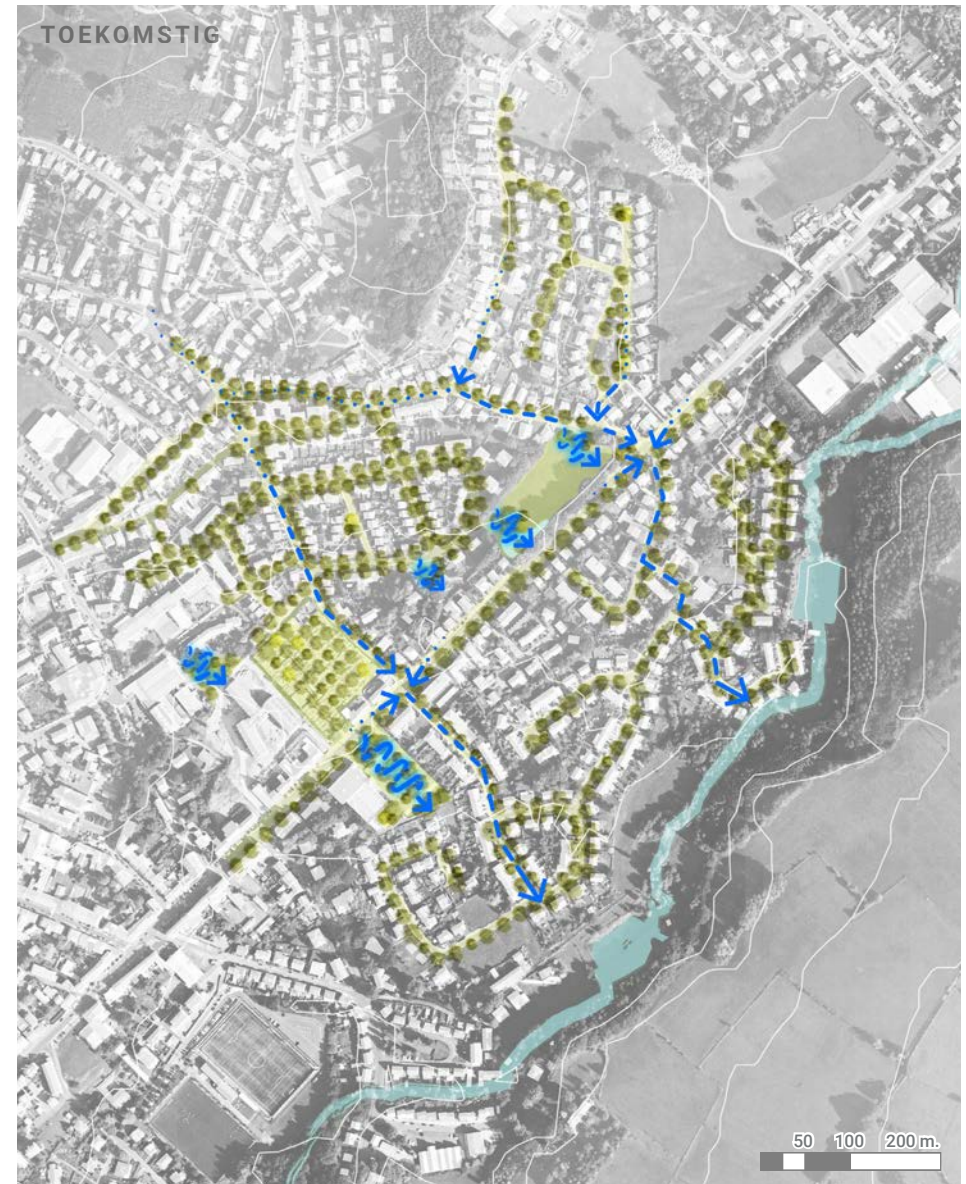
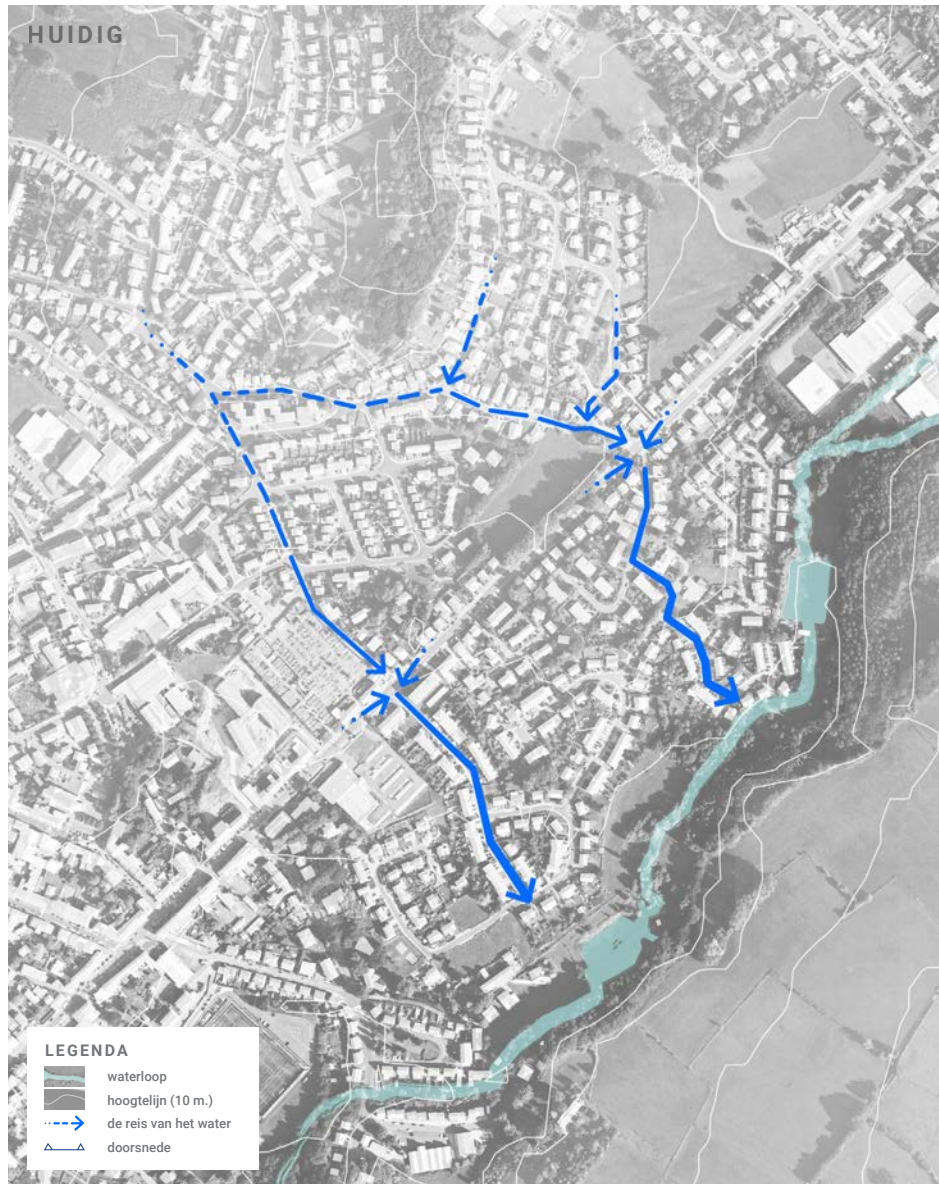


Doorsneden van het herprofilen van de holle wegen.

Ook onverharde holle wegen zijn een belangrijke bron van snelle afvoer van water én sediment. Deze holle wegen snijden zich steeds dieper in het landschap, waarmee hun waterafvoerende werking verder wordt vergroot. De afstroming vindt hier geconcentreerd plaats en laat zich daarom moeilijk vertragen. Op voorkomende locaties is het echter mogelijk om het water uit de holle weg te leiden, richting bossen of velden. Daarmee worden deze watergoten als het ware afgekoppeld. Daarnaast is het denkbaar om het profiel van wateroverlast veroorzakende holle wegen aan te passen. Onverharde holle wegen hebben doorgaans een profiel dat qua breedte is afgestemd op een landbouwvoertuig (ca. 3 meter). Door dit profiel waar mogelijk aan te passen naar een onverharde wandel- en fietsstrook gecombineerd met een groene, lageregelegen strook voor het water kan de afvoersnelheid beperkt worden. Met name deze laatste optie dient nader onderzocht en uitgetest te worden.



Bovenaanzicht van hoe water uit holle wegen geleid kan worden.



Vertragen van het water door het stedelijk brongebied in groene sponzen te veranderen.



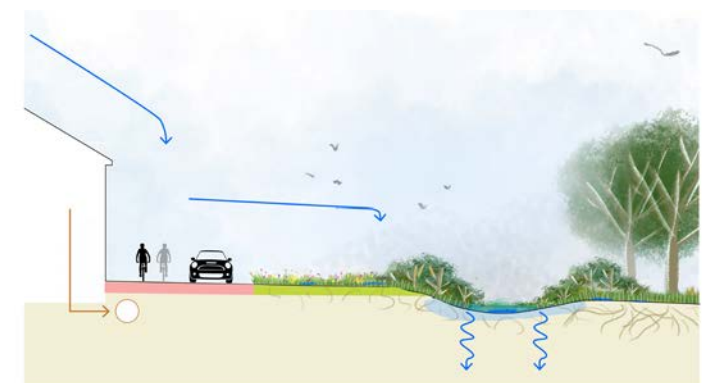
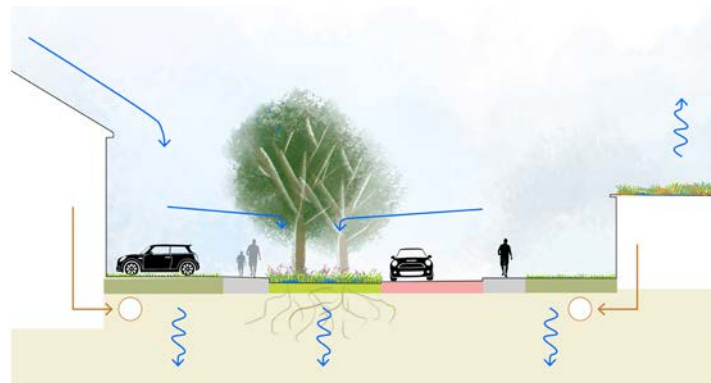
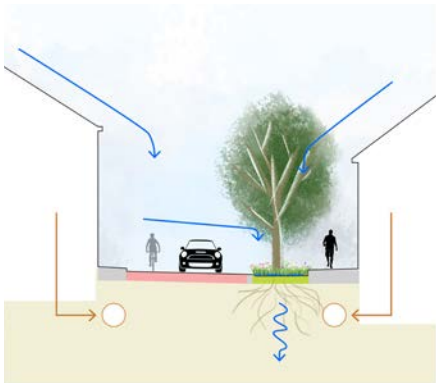
Huidige situatie Kelmis met opvallend veel verhard oppervlak (© Google Street View).



Voorbeeld van een stedelijk brongebied als groene spons (© Bureau Stroming).

## 6.10 STEDELIJKE BRONGEBIEDEN VERANDEREN IN GROENE SPONZEN

In het Geuldal liggen een aantal steden en dorpen met opvallend veel verhard oppervlak (straten, trottoirs en parkeerplaatsen) en relatief weinig stedelijk groen. Neerslag kan de bodem niet indringen en stroomt versneld af naar de beek. Dit verharde oppervlak van stedelijke gebieden heeft een aanzienlijke bijdrage geleverd aan de piekafvoer. Hier liggen kansen voor een dubbelslag: ten eerste het veraangenamen van het stadsklimaat door verharding zoveel mogelijk te vervangen door stedelijk groen en andere goed infiltrerende oppervlakten. Ten tweede daarmee meteen de waterhuishouding direct stroomafwaarts van de stad te verbeteren. Direct stroomafwaarts liggen ook kansen om het overtollige water op te vangen in natuurlijke waterbuffers, die tevens kunnen fungeren als aantrekkelijk stedelijk uitloopgebied en een groene overgang naar het soms grootschalige en intensieve agrarische landschap.



Doorsneden van het stedelijk gebied als groene spons.

## WATER VASTHOUDEN EN VERTRAGEN IN HET GEULDAL



Overzichtskaart die aangeeft hoe het stroomgebied van de Geul eruit zou kunnen zien wanneer alle maatregelen consequent toegepast en op de juiste plaats ingepast worden.

# 7. KLIMAAT- EN TOEKOMSTBESTENDIG STROOMGEBIED

**De in het vorige hoofdstuk beschreven maatregelen zijn ieder individueel toepasbaar, maar laten zich ook combineren. De effectiviteit van (combinaties van) maatregelen is sterk afhankelijk van de plek in het landschap waar deze worden toegepast. Soms ligt dit voor de hand: het dichtmaken van gegraven beeklopen speelt uitsluitend bovenin het stroomgebied, en infiltratiestroken hebben vooral effect op steilere hellingen.**

Om voor alle maatregelen te duiden waar zij het meest effectief bijdragen aan een natuurlijk en veilig watersysteem hebben we in dit hoofdstuk in kaart gebracht hoe een ideale (hydrologische en landschappelijke) gecombineerde toepassing van de maatregelen eruitziet. Dit is vervolgens ook de basis voor de hydrologische doorrekening van de maatregelen, welke in het volgende hoofdstuk zal worden toegelicht.

## 7.1 Toepassing in het landschap

In de hoofdstukken 5 en 6 is bij de beschrijving van de hydrologische principes en de ingrepen al geduid op welke landschappelijke eenheden (plateaurand, helling, beekdal) zij betrekking hebben. Op bijgaande kaart is aangegeven waar in het stroomgebied deze eenheden zich bevinden en waar de bijbehorende maatregelen kunnen worden toegepast. Je zou de kaart ook kunnen zien als: hoe ziet het landschap van het Geuldal eruit als alle beschreven maatregelen consequent worden toegepast. Het resultaat is dan niet alleen een beter functionerend watersysteem, maar ook een in meerdere opzichten aantrekkelijker en gezonder landschap. Natuurlijke oplossingen zorgen voor meervoudige waardencreatie, iets wat technische maatregelen

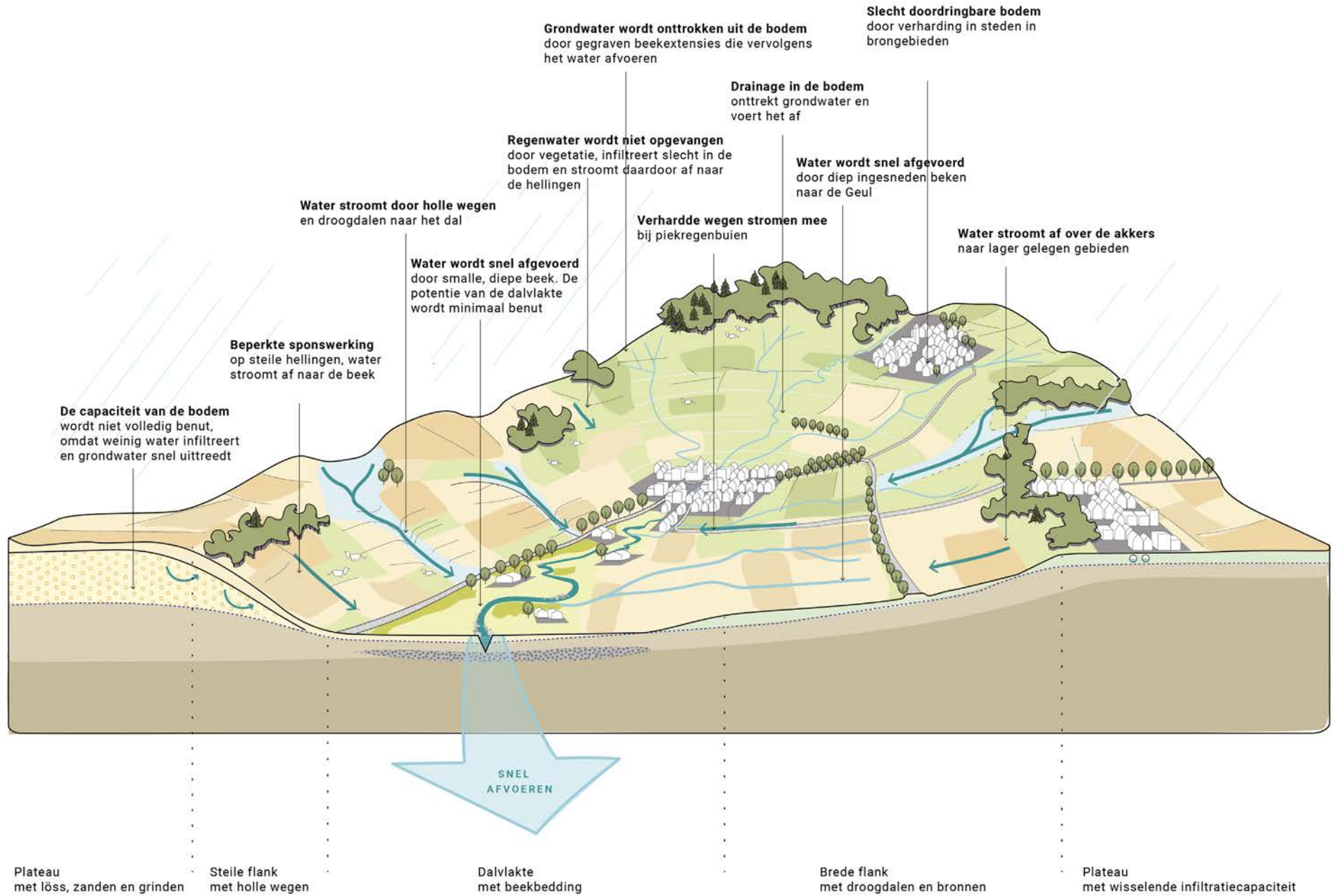
doorgaans niet kunnen bieden. Kosten-baten afwegingen van natuurlijke oplossingen moeten daarom ook altijd in dat licht bekeken worden.

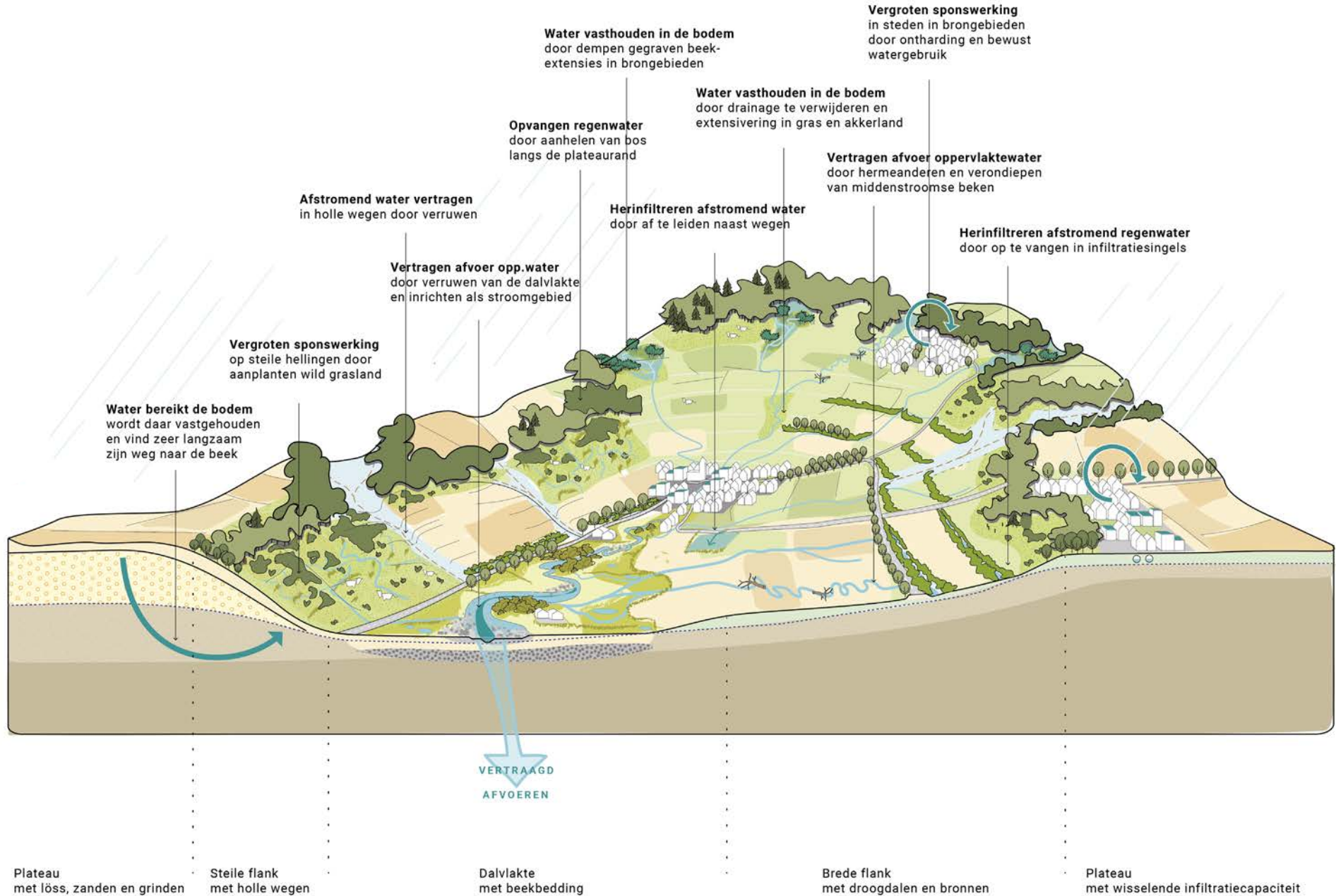
## 7.2 Bijdrage aan andere functies en opgaven

Welke andere functies profiteren mee met zo'n hydrologisch beter functionerend Geul-stroomgebied? De koppeling met de natuur en biodiversiteit is natuurlijk snel gelegd. Zeker wanneer maatregelen in samenhang met elkaar worden toegepast, ontstaan waardevolle landschaps-ecologische structuren (lijnvormig en vlakvormig). Deze vormen leefgebieden en trekroutes voor flora en fauna.

Met de verbetering van de landschaps-ecologische waarde stijgt ook de belevingswaarde, de recreatieve waarde en de economische waarde van het landschap. Er kunnen allerlei eco-toeristische ontwikkelingen op inspelen, van voet- en fietspaden tot dag- en verblijfsrecreatie.

Veel maatregelen lijken in eerste instantie op gespannen voet te staan met de landbouw. De maatregelen nemen nu eenmaal ruimte in die momenteel vaak nog in agrarisch gebruik is. Maar de realiteit is ook dat agrariërs aan de slag moeten met stikstofreductie en landbouwtransitie, overstappen op andere vormen van voedselproductie en dat sommigen hun bedrijf beëindigen. Ontwikkelingen als productie voor de lokale markt, regeneratieve landbouw en voedselbossen zijn de kinderschoenen langzaam ontgroeid en zullen een steeds groter deel van ons landschap in beslag gaan nemen. Ook in het Geuldal. Deze nieuwe landbouwvormen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan een natuurlijker en veiliger watersysteem.



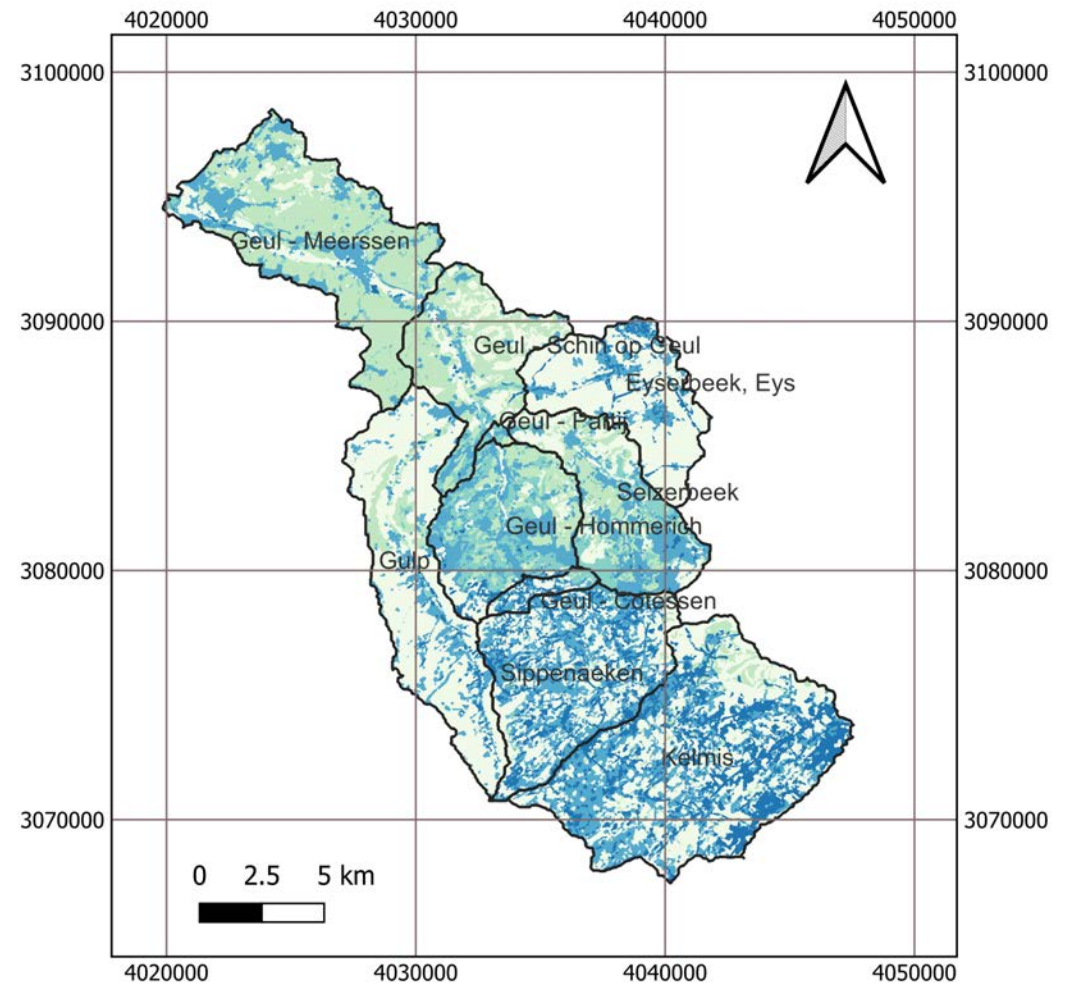


Representatieve uitsnede van het Geuldal in de toekomstige situatie, wanneer door toepassing van de maatregelen de waterproblematiek is aangepakt.

### Legenda

Jaarlijks gemiddelde oppervlakkige afvoer  
2013-2022  
mm

- 0 - 10
- 10 - 50
- 50 - 100
- 100 - 250
- >250



Jaarlijks gemiddelde oppervlakkige afvoer (mm) in het Geul stroomgebied op basis van neerslag – afvoerprocessen die samenhangen met bodemgesteldheid, hellingspercentage en landgebruik.



# 8. RESULTATEN MODELBEREKENINGEN

**De in het vorige hoofdstuk beschreven maatregelen zijn ieder individueel toepasbaar, maar laten zich ook combineren. De effectiviteit van (combinaties van) maatregelen is sterk afhankelijk van de plek in het landschap waar deze worden toegepast. Soms ligt dit voor de hand: het dichtmaken van gegraven beeklopen speelt uitsluitend bovenin het stroomgebied, en infiltratiestroken hebben vooral effect op steilere hellingen.**

## 8.1 De opbouw van het SWAT+ model in het Geulstroomgebied

SWAT+ wordt wereldwijd gebruikt om hydrologische effecten van maatregelen te duiden. Door het definiëren van unieke combinaties van hellingspercentage, bodem en landgebruik maakt dit model het mogelijk om veranderingen op schaal van het Geul stroomgebied (met een oppervlakte van 339 km<sup>2</sup>) door te rekenen. Het model is in staat om zowel voor een heel stroomgebied als voor kleine deelgebieden effecten van maatregelen te kwantificeren.

Vanuit het model kunnen ruimtelijke analyses van afvoerprocessen worden gemaakt, zoals het berekenen van de jaarlijks gemiddelde oppervlakkige afvoer (mm).

SWAT+ werkt met zogenaamde HRU's (Hydrologic Response Units), waarmee unieke combinaties van hellingklasse, bodemsoort en landgebruik worden samengesteld. Het stroomgebied van de Geul is op deze manier opgedeeld in een mozaïek van ruim 39.000 HRU's (zie volgende

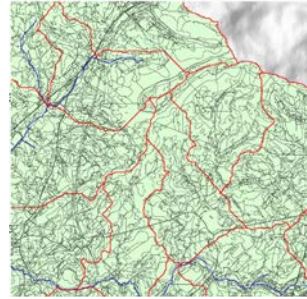
pagina). De effecten van natuurlijke maatregelen worden bepaald door de unieke kenmerken van de geselecteerde HRU's aan te passen, de effecten op de afvoer te berekenen en ze vervolgens te vergelijken met de huidige situatie.

In het SWAT+ model is het watersysteem opgedeeld in 168 substroomgebieden (zie volgende pagina). Het aantal en de grootte van deze gebieden zijn zodanig geoptimaliseerd om de effecten van kleinschalige maatregelen in bovenstroomse waterlopen goed te kunnen doorrekenen met een beperkte rekentijd.

Om het model goed in te stellen (ook wel kalibratie genoemd) is gebruik gemaakt van meetgegevens afkomstig van zeven meetpunten in het stroomgebied van de Geul. Door de modelberekeningen en de bekende meetgegevens met elkaar in lijn te brengen, kon het model fijngeslepen worden. De betreffende meetpunten lagen verspreid in het stroomgebied: Kelmis, Sippenaeken, Gulp, Selzerbeek, Eyserbeek, Schin op Geul en Meerssen.

De effecten van maatregelen worden vervolgens geanalyseerd in vijf deelstroomgebieden (Kelmis, Sippenaeken, Gulp, Selzerbeek en Eyserbeek) en benedenstrooms in Schin op Geul en Meerssen, die samenvalen met de locaties waar afvoergegevens van bekend zijn.

Net als ieder model levert het SWAT+ model een vereenvoudigde weergave van de werkelijke processen die zich afspeelen bij neerslag en



### Legenda

#### Stroomgebied De Geul

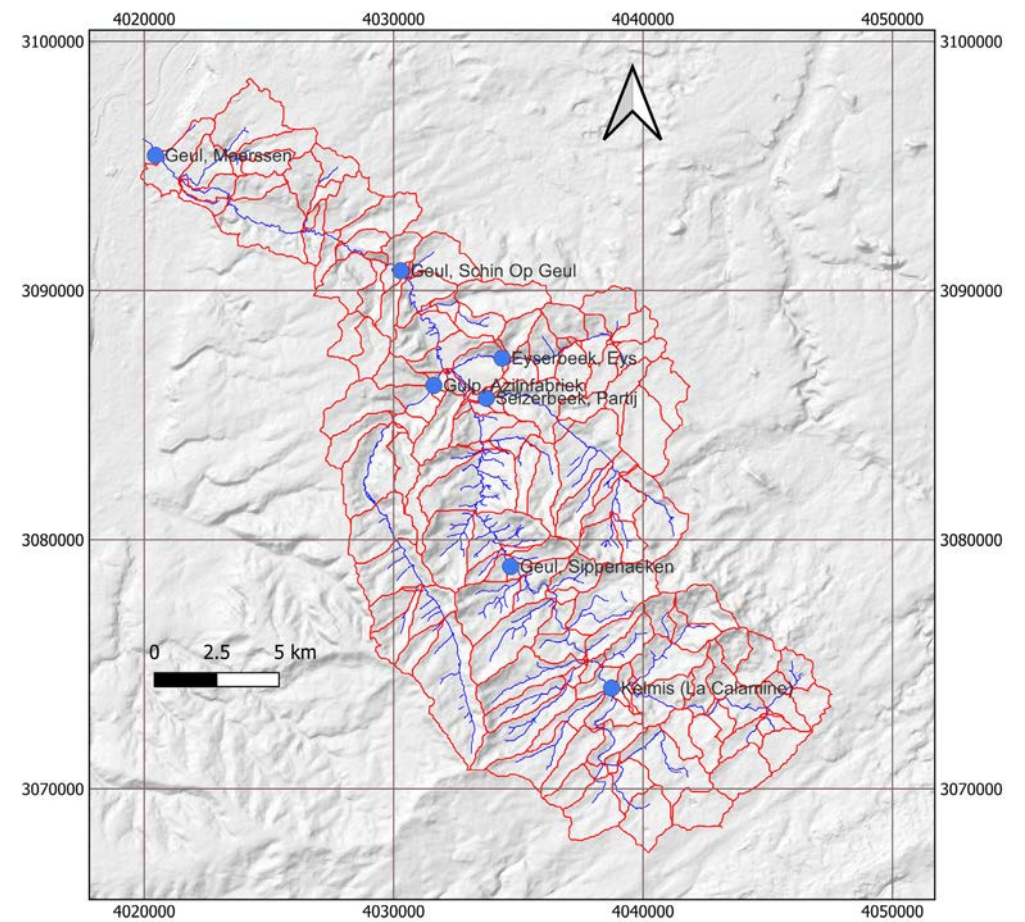
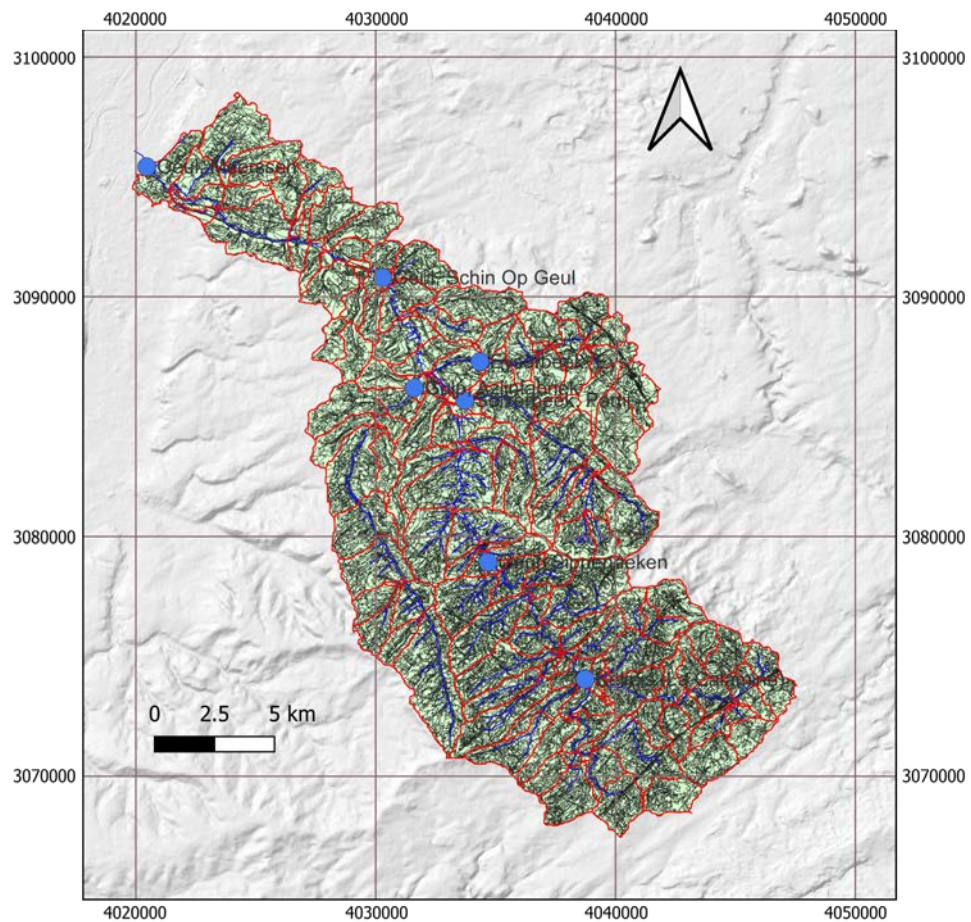
— Waterlopen

#### Substroomgebieden

□ Substroomgebied

● Meetpunten voor afvoer

■ HRUs



Het stroomgebied van de Geul is voor de modellering onderverdeeld in 168 substroomgebieden en meer dan 39.000 hydrologische response units (HRU's).

De 168 substroomgebieden met daarin de meetpunten weergegeven waar afvoergegevens bekend zijn. Deze meetpunten vormen de benedenstroomse grens van de vijf deelstroomgebieden waar de effecten van natuurlijke maatregelen zijn gemodelleerd.

afvoer. Eén van de beperkingen is dat iedere unieke HRU in het model afwatert op een watergang. In werkelijkheid bestaat er ook oppervlakkige afstroming van water tussen bovenstroomse en benedenstroomse gebieden zonder dat het in een watergang komt of waar het weer wordt geïnfiltrerd in de bodem. Dit maakt het minder nauwkeurig om maatregelen door te rekenen waarbij watergangen worden verwijderd, zoals het dempen van gegraven beekextensies.

Tevens is er een scheiding in het model van de processen op de hellingen die tot afstroming leiden en die in de waterlopen. In het model is dat eenrichtingsverkeer: water van de dalvlakte stroomt naar de waterloop, maar het is niet zo dat bij hoog water de rivier uit zijn oevers treedt en dus in de dalvlakte beland. In het model zijn er twee aanpassingen voor dit scenario. Als eerst is de ruwheid van de dalvlakte verhoogd, waardoor minder water (direct) naar de rivier loopt en meer water zal infiltreren. De tweede aanpassing is dat de ruwheid van de waterloop zelf verhoogd is overeenkomstig met voorkomen van vertraagende elementen in de waterloop. Hierdoor worden pieken vertraagd en (wat) uitgesmeerd.

### 8.2 Gemodelleerde natuurlijke maatregelen

Met het opgebouwde model voor het hele stroomgebied van de Geul zijn de meest kansrijke beschreven natuurlijke maatregelen doorgerekend in de deelstroomgebieden. Daarbij is steeds uitgegaan van maatregelen die passen bij de aard van zo'n deelstroomgebied, dus niet alle maatregelen zijn overal toegepast, maar selectief. In de tabel is weergegeven in welk deelstroomgebied de natuurlijke maatregelen zijn gemodelleerd.

Voor iedere maatregel zijn de effecten op piekafvoeren geanalyseerd op zowel een lange tijdschaal als voor het neerslag event van juli 2021. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat bij de kalibratie bleek dat het model moeite heeft extreme piekafvoeren goed te benaderen. De oorzaak daarvoor is dat ze nu eenmaal zeer sporadisch voorkomen.

Natuurlijke maatregel	Deelstroomgebied				
	Kelmis	Sippenaeken	Gulp	Selzerbeek	Eyserbeek
Ontwikkeling van hellingbossen op akkers (6.1a)	X	X	X	X	X
Ontwikkeling van natuurlijk grasland op maisakkers (6.2a)	X	X	X	X	X
Ontwikkeling van hellingbossen op productiegrasland (6.1b)	X	X	X	X	X
Ontwikkeling van natuurlijk grasland op productiegrasland (6.2b)	X	X	X	X	X
Ontwikkelen infiltratiestroken op akkers (6.3)				X	
Dempen van gegraven beekextensies (herstel bovenstroomse draslanden 6.5)	X	X	X		
Verondiepen, verbreden en verruven bovenstroomse beeklopen en dalvlakte (6.6)	X	X	X		
Water van verharde wegen leiden (6.8)	X	X			X
Stedelijke gebieden veranderen in groene sponzen (6.10)	X	X	X	X	X

De negen verschillende natuurlijke oplossingen zoals ze in de modelberekening per simulatie zijn geïmplementeerd en doorgerekend op effecten op de afvoer.

### 8.3 Resultaten

Het model berekent voor vrijwel alle maatregelen een significant positief effect op de afvoercharacteristieken. Het regenwater wordt langer vastgehouden en langzamer doorgegeven, waardoor de afvoerpiek kleiner wordt. Dit effect is op de locatie waar de maatregel wordt toegepast het grootst en wordt stroomafwaarts kleiner vanwege toestromend water vanuit delen van het stroomgebied waarop de maatregel niet is toegepast. Het effect van één type maatregel toegepast in één van de vijf deelstroomgebieden is daardoor uiteindelijk nauwelijks terug te zien in de afvoercharacteristiek aan het eind van het stroomgebied bij Meerssen.

Per natuurlijke maatregel worden hierna de belangrijkste bevindingen besproken. In de discussie daarna wordt nog nader ingegaan op deze resultaten.

#### Ontwikkeling van hellingbossen op akkers

In het stroomgebied van de Geul is 3,2% van het oppervlak gecategoriseerd als akkers op hellingen steiler dan 10%. Daarbij zijn de verschillen per deelstroomgebied groot: tussen 10 en 15% van het areaal in de Eyserbeek, Selzerbeek en Gulp en minder dan 5% in Kelmis en Sippenaeken.

Het omzetten van steile akkers in hellingbos levert voor de Gulp en Selzer-

beek reducties op van 2 tot 4% van de hogere dagelijkse afvoeren. Zowel in de deelgebieden als bij Meerssen werd de piekafvoer van juli 2021 met maximaal 0,4% gereduceerd.

#### Ontwikkelen van natuurlijk grasland of hellingbos op maïsakkers

De oppervlakte aan maïs vormt 4,3% van de totale oppervlakte van het stroomgebied, waarbij de oppervlakten in de Selzerbeek, Eyserbeek en Gulp rond de 5% schommelen en de oppervlakten in deelstroomgebieden Kelmis en Sippenaeken rond de 1,5%.

Er is een beperkt effect gemodelleerd bij de omzetting van maïsakkers in natuurlijk grasland op de piekafvoeren in de deelstroomgebieden en de benedenstroomse piekafvoeren. Deze maatregel heeft een reductie van 0,2 tot 0,6% voor de piekafvoer van juli 2021 in Meerssen ten gevolg. In de deelstroomgebieden zijn de effecten vergelijkbaar qua orde grootte, waarbij de maatregel in de Gulp het meeste effect sorteert met piekafvoeren die verminderde tussen 1 en 4%.

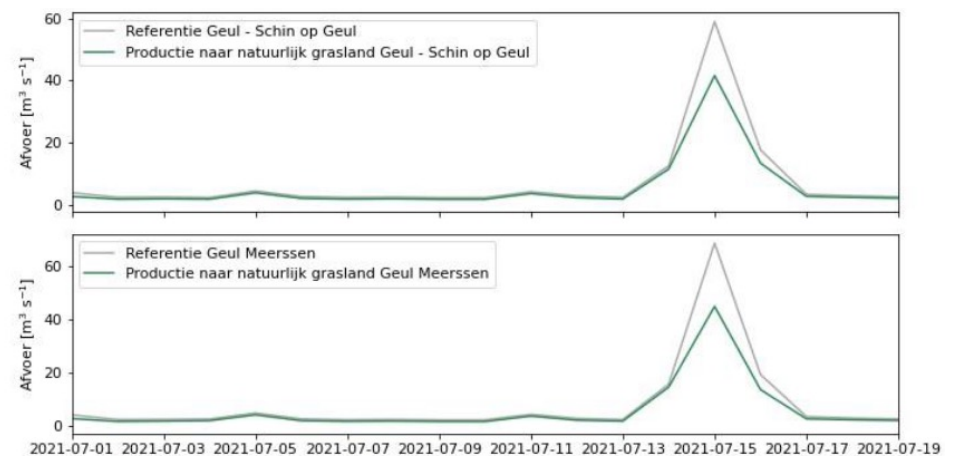
#### Ontwikkeling van hellingbossen op productiegrasland

Productiegrasland is als landgebruik dominant in alle deelstroomgebieden met een gemiddeld bedekkingspercentages van 44%. Het omzetten van productiegrasland in natuurlijk bos heeft een grote reductie van de afvoeren tot gevolg. Over het bereik van de 90 tot 98-percentiel van de dagelijkse afvoeren bij Schin op Geul en Meerssen werden over de hele periode 2002-2023 reducties van rond 30% bereikt. De omzetting van productiegrasland naar natuurlijk bos heeft een duidelijk effect op de verlaging van de piekafvoer in juli 2021 in deelstroomgebieden en de Geul bij Meerssen. Voor Schin op Geul en Meerssen werden reducties bereikt van 59 m<sup>3</sup>/s en 68 m<sup>3</sup>/s in het referentiescenario naar 39 m<sup>3</sup>/s en 43 m<sup>3</sup>/s na omzetting naar natuurlijk grasland. Dit komt overeen met aanzienlijke reducties van 34% en 37% in de meest extreme afvoer bij Schin op Geul en Meerssen.

#### Ontwikkeling van natuurlijk grasland op productiegrasland

Ook het omzetten van productiegrasland in natuurlijk grasland leidt tot een aanzienlijke reductie van de dag- en piekafvoeren. Over het bereik van de 90 tot 98-percentiel dagelijkse afvoeren bij Schin op Geul en Meerssen worden over de hele periode 2002-2023 reducties van rond 29 tot 36% bereikt na omzetting in natuurlijk grasland. Voor Schin op Geul en Meerssen werden vergelijkbare reducties in de extreme piekafvoer van 15 juli 2021 gerealiseerd, namelijk van respectievelijk 59 m<sup>3</sup>/s en 68 m<sup>3</sup>/s in het referentiescenario, naar 42 m<sup>3</sup>/s en 45 m<sup>3</sup>/s in het scenario na omzetting naar natuurlijk grasland. Dit komt overeen met reducties van 29% en 34% in de meest extreme afvoer bij Schin op Geul en Meerssen.

De omzetting van productiegrasland naar natuurlijk grasland heeft duidelijk een verlaging van de piekafvoer in juli 2021 tot gevolg in de deelstroomgebieden, met uitzondering voor die van de Gulp en de Eyserbeek. Voor de Eyserbeek is dat verklaarbaar want daar is het areaal grasland beperkt, bij de Gulp is er juist wel veel grasland en is niet verklaarbaar waarom het daar minder is.



Gemodelleerde verschillen in afvoer (m<sup>3</sup>/s) bij het omzetten van productiegrasland naar natuurlijk grasland tijdens het neerslag event van juli 2021.

### Ontwikkelen van infiltratiestroken op akkers

Als gevolg van de implementatie van infiltratiestroken in de Selzerbeek neemt de piekafvoer van juli 2021 licht af van 9,8 m<sup>3</sup>/s naar 9,3 m<sup>3</sup>/s. De effecten van deze maatregel zijn onderschat omdat de infiltratie van oppervlakkige afvoer uit hoger gelegen gebieden in de graften niet gekwantificeerd kan worden zonder een meer gedetailleerde studie te doen naar de mate van afstroming van de bovenstroomse HRU's.

### Dempen van gegraven beekextensies (herstel bovenstroomse draslanden)

In SWAT+ kunnen bestaande waterlopen niet worden verwijderd, wat de kern is van deze maatregel. Om het effect van het dempen van beekextensies te kunnen modelleren is de waterloop vergroot in de breedte, verminderd in diepte en verruwd met vegetatie. Deze aanpassing leidt in deze modelstudie tot een verhoging van de piekafvoeren voor de kleine waterlopen in de kleinste beekjes bovenstrooms. De maatregel heeft weinig effect op de hoogste piekafvoer in de deelstroomgebieden. De resultaten zijn niet in lijn met eerder onderzoek en veldwaarnemingen, waar een duidelijke afname van piekafvoeren werd geconstateerd. Op een wat grotere schaal van een dalvlakte concludeerde een studie in Duitsland dat herstel van bovenstroomse draslanden effectief zijn bij het verminderen van overstromingsrisico's en het verhogen van de basisafvoer.

### Verondiepen, verbreden en verruwen bovenstroomse beeklopen en dalvlakte

Het omzetten van de bestaande bovenstroomse dalvlakte naar een dalvlakte met een meer natuurlijk karakter geeft een vertraging in de snelheid van afvoer in de beek en een verhoogde berging. In deze studie zijn aanleg van natuurlijke dalvlakten gesimuleerd in de grotere waterlopen van de substroomgebieden van de Gulp, Kelmis en Sippenaeken.

Natuurlijke dalvlakten zorgen in alle deelstroomgebieden voor een lichte daling in de maandelijkse dagafvoeren. In Selzerbeek neemt

afvoer bij de hoogste afvoeren door deze maatregel af met 2 tot 5%, in Eyserbeek met 1 tot 4% en in de Gulp met ongeveer 1%. De maatregelen hebben geen noemenswaardig effect heeft op de benedenstroomse piekafvoeren (minder dan 1% reductie) bij het hoogwater in juli 2021.

### Water van verharde wegen leiden

De verhoogde infiltratie van neerslag afstromend op wegen heeft in de deelstroomgebieden een klein effect (< 1%) op zowel de dagelijkse afvoeren op de langere tijdschaal als de piekafvoeren van juli 2021. De belangrijkste oorzaken zijn het geringe areaal wegen in de stroomgebieden (<1%) en de beperkingen in het model om wegen tijdens piekbuien de eigenschappen mee te geven van verlengde beken. Hierdoor wordt niet meegenomen dat wegen ook oppervlakkig en ondergrondse waterstromen aantrekken van elders tijdens langdurige neerslag.

### Stedelijke gebieden veranderen in groene sponzen

De vergroening van stedelijk gebied zorgt voor een daling van dagelijkse piekafvoeren in alle deelgebieden met de sterkste dalingen in de stroomgebieden Eyserbeek (18 ± 4%), De Selzerbeek (10 ± 7%) en het meest bovenstroomse deel van het Waalse Geuldal waar ook Kelmis in ligt (6 ± 5%). De reducties lijken een seizoenskarakter te hebben met de hogere waarden in de zomerperiode.

Het vergroenen van stedelijk gebied heeft volgens het model bij een hoogwater zoals in juli 2021 met name effect op de piekafvoer van de Eyserbeek. Deze neemt met 39% af van 2,6 m<sup>3</sup>/s naar 1,6 m<sup>3</sup>/s (gemiddelde dagafvoeren). Voor de overige gebieden bedroeg de reductie in deze piekafvoer maximaal 7%.

## 8.4 Discussie

De opbouw van het SWAT+ model voor het Geuldal maakt het mogelijk om neerslag-afvoer processen in het hele stroomgebied gedetailleerd te modelleren. Het bouwwerk dat is opgezet is uniek in de mate van

detaillering en staat stevig gefundeerd, maar heeft nog wel verdere inrichting. Een nadeel van deze wijze van modellering is de complexiteit en grootte van het model en de daarbij horende lange rekentijden.

Uit de resultaten blijkt dat het een uitdaging is om een veelheid aan relatief kleinschalige natuurlijke maatregelen, die ingrijpen op verschillende hydrologische processen, voor een heel stroomgebied goed te modelleren. Toch is het mogelijk hieruit te leren om met beperkte aanpassingen in het model de werkelijkheid beter te benaderen. In de huidige studie is gekeken naar de verschillen in de afvoeren uit deelstroomgebieden voor en na toepassing van interventies. Door beter te kijken naar neerslag afvoerprocessen op een kleinere schaal kunnen kleinschalige maatregelen beter worden onderzocht. Dit geldt bijvoorbeeld voor de maatregelen herstel bovenstroomse draslanden, water van wegen onderscheppen, infiltratiestroken aanleggen en natuurlijke dalvlakten. De bijdragen van dergelijke maatregelen op de reductie van piekafvoeren zijn in de huidige modelberekening onderschat.

Bij de resultaten van de berekeningen valt een aantal zaken op:

1. Met name bij de ingrepen die op kleine schaal zijn toegepast zijn de resultaten beperkt, terwijl bij maatregelen die op grote schaal zijn toegepast de effecten wel significant zijn. Zo is het model niet in staat om wegen tijdens piekbuien de eigenschappen mee te geven van verlengde beken. Hierdoor wordt niet meegenomen dat wegen ook oppervlakkig en ondergrondse waterstromen aantrekken van elders tijdens langdurige neerslag. Ook hydrologische processen bij het herstel van bovenstroomse draslanden, vergroenen van steden en beheer van natuurlijke dalvlakten zijn nog niet in overeenstemming met de werkelijkheid.

Het opgebouwde SWAT+ model is (nog) niet goed instaat deze maatregelen op waarde te schatten, maar er zijn verbetermogelijkheden die kunnen worden onderzocht.

2. In de berekening is gewerkt met dagwaarden, wat tot gevolg heeft dat momenten van oppervlakkige afstroming niet nauwkeurig worden berekend. Het maakt voor oppervlakkige afstroom namelijk veel uit of 30 mm regen valt in 1 of 2 uur of verspreid over de dag. In het tweede geval is er nauwelijks oppervlakkige afvoer, in het eerste juist wel. Wat opvalt bij de resultaten is dat maatregelen die gericht zijn op het onderscheppen van de oppervlakkige afvoer, zoals herstel draslanden, groene steden en afvangen afvoer van wegen, minder opleveren dan de maatregelen die invloed hebben op de tragere waterstromen vanuit het stroomgebied. Maatregelen die tragere afvoeren beïnvloeden, zoals verandering van landgebruik, komen wel goed uit het model. We verwachten dat bij het werken met uurwaarden het model laat zien dat alle maatregelen meer water zullen vertragen tijdens piekbuien.
3. Maatregelen die de grondwaterstand verhogen, zoals het in moeras omzetten van bovenstroomse dalen, leiden tot een beperkte verhoging van de afvoer. Doordat het porie volume niet meer beschikbaar is voor het regenwater komt het water in het dal eerder tot afstroom met een hogere afvoer tot gevolg. Dit is het gevolg van het niet goed kunnen verwerken van de veranderde eigenschappen van dalbodem in het model. SWAT+ gaat altijd uit van een waterloop in het dal, ook als deze er niet is. Vermoedelijk is het nog niet goed gelukt om de bedding zodanig aan te passen dat deze op een doorstroommoeras gaat lijken. Voor een vergelijkbare analyse in de Kyll (Eifel) is dat enkele jaren terug wel gelukt en daar leverde dit een lokale reductie op van ca 30% van de piekafvoer. Ook veldmonitoring in Hunsrück-Hochwald (Eifel) laat een reductie zien van de piekafvoer en verhoging van de basisafvoer na moerasvorming. Om beter te kunnen bepalen of dit ook van toepassing is op de Geul zouden kleinschaliger modellen van sub-stroomgebieden opgezet moeten worden, waardoor de lange rekentijd van het huidige grootschalige model geen beperking meer vormt, en dient er naar de ruimtelijke en temporele

variatie in het stroomgebied gekeken worden in samenhang met het debiet vanuit het stroomgebied.

4. In de invoer van de neerslaggegevens zijn gebeurtenissen met veel neerslag (de extremen) zeer schaars, terwijl naar verwachting juist bij deze gebeurtenissen de effecten van natuurlijke maatregelen het grootst zijn. Daar komt bij dat het model moeite heeft om de hoogte van de piekafvoer te bepalen op dagen met een hoge afvoer. Mogelijk heeft dit ook geleid tot een onderschatting van de effecten van vooral de maatregelen die invloed hebben op de oppervlakkige afvoer of die slechts een klein areaal beslaan.

### 8.3 Aanbevelingen

1. Het verdient aanbeveling om de maatregelen die een klein oppervlak beslaan nader te onderzoeken in het huidige voor de Geul opgebouwde SWAT+ model. Dit kan door deelgebieden, zoals Kelmis of De Gulp, eruit te lichten als aparte modellen met kortere rekentijden en meer gedetailleerde kalibratie. Hierdoor kan kritisch gekeken worden naar hoe de hydrologische processen van dit type maatregelen in het huidige model zijn verankerd. Tevens kan de werking van natuurlijke maatregelen op een kleinere schaal (die van een hydrologische unit of een sub stroomgebied) gemodelleerd worden. Hiermee kan de potentiële effectiviteit van kleinschalige maatregelen beter worden onderbouwd.
2. Het verdient aanbeveling om maatregelen die de grondwaterstand beïnvloeden (zoals herstellen van drassige gronden) en maatregelen waarbij er interactie is tussen de waterloop en het land (zoals natuurlijke dalvlakte) in SWAT+ beter in overeenstemming te laten komen met de werkelijke situatie. Dit kan wederom door eerst op kleine schaal te modelleren met weinig rekentijd, waardoor de hydrologische processen beter aansluiten bij de werkelijkheid en dit vervolgens op te schalen.

3. Het verdient aanbeveling om een kleine tijdperiode met uur-waarden voor neerslag en afvoer te modelleren. Hiermee komen neerslagintensiteit en snelle waterstromen (oppervlakkige afstroming) beter uit het model. Dit zorgt ervoor dat kleinschalige maatregelen die snelle afvoeren beïnvloeden betere resultaten geven.
4. Tot slot verdient het aanbeveling om met name voor natuurlijke maatregelen veldproeven op te zetten en goede metingen te verrichten om modelresultaten te staven met veldmetingen. Ook kan het helpen te inventariseren of er in nabijgelegen stroomgebieden in de Ardennen en Eifel dergelijke hydrologische metingen zijn gedaan. Met name in Duitsland wordt veel gemeten bij aanpassingen van het landgebruik of in het watersysteem.

Dit modelonderzoek kan worden gezien als een startpunt om natuurlijke maatregelen in het heuvelland op (hydrologische) waarde te schatten. De modelresultaten geven inzicht in de effectiviteit van bepaalde maatregelen wanneer deze op een deel van het stroomgebied worden toegepast. Deze rapportage biedt daarmee bouwstenen voor planvorming en uitvoering. Op basis van de resultaten kunnen strategieën ontwikkeld worden voor de toepassing van natuurlijke oplossingen, met een goede balans tussen kosten en baten. Ook kan voor de uitvoering van één maatregel op een bepaalde plek een eerste inschatting worden gegeven van het effect van deze maatregel op de waterhuishouding.



Een natuurlijk Geuldal: ruige graslanden die het water vasthouden en langzaam doorgeven aan het watersysteem (© Bob Luijks).

De studie van Bureau Stroming, H+N+S Landschapsarchitecten en Acacia Water geeft aan dat een natuurlijker landschap het Geuldal veiliger maakt. Het laat ook zien met welke natuurlijke maatregelen wij de kans op overstromingen van de Geul en de Gulp kunnen verkleinen. De gepresenteerde maatregelen hebben oog voor de kwaliteit van het Geuldal, dat een uniek landschap vormt met een bijzondere geomorfologie en waardevolle natuur. Dat maakt deze studie inspirerend en motiverend.

Zeer verhelderend in deze studie is de reis van de regendruppel op weg naar de Geul, die nauwgezet wordt gevolgd. Deze reis biedt aanknopingspunten voor maatregelen om met behulp van de natuur water te vertragen en vast te houden. Met 'natuur' wordt in dit verband niet alleen een natuurlijk landschap bedoeld, maar ook natuurlijke processen en het gebruik maken van de waterbergende capaciteit van de begroeiing, een natuurlijk functionerende bodem of de geologische ondergrond. Al deze elementen spelen een rol bij het vertragen van de reis van het water.

Wat het rapport ook haarscherp laat zien is dat het oorspronkelijke, natuurlijke watersysteem alles al in zich had om water te bergen, langzaam door te geven en geleidelijk af te voeren, waardoor neerslagpieken en tussenliggende droge periodes gebufferd werden. Dit systeem hebben wij mensen eeuwenlang met technieken bewerkt om water versneld af te voeren. Tal van oude, kunstmatige ingrepen worden nu amper nog



# 9. NAAR EEN NATUURKRACHTIG GEULDAL

als zodanig herkend. Het meest sprekende voorbeeld hiervan zijn de kleine, zogenaamde beekjes in de heuvels, die in feite geen beken zijn, maar ontwateringsslootjes, die gaandeweg gingen slingeren. Mooie stroompjes, maar zeker niet bevorderlijk voor het bovenstrooms vasthouden van water.

Waardevol aan de studie van Acacia Water is dat er voor het éérst voor het héle stroomgebied van de Geul een grensoverschrijdend, gedetailleerd model is gebouwd. Lokale verschillen in bodem, gesteente, reliëf, infrastructuur, landgebruik en type begroeiing zijn in het model verwerkt. Zo'n grensoverschrijdend model is van groot belang, want tijdens het hoogwater van 2021 kwam nota bene vanuit België het meeste water. Het ontwikkelde model kan een grote hulp worden om de effectiviteit van maatregelen door te rekenen. De planvorming kan hierop worden gebaseerd. De eerste (tijdrovende) berekeningen zijn er, en de verwachting is dat er in de toekomst nog veel meer mee gerekend kan worden. Het model vraagt wel nog om een verdere inrichting. Daarnaast zal bij de berekeningen ook gewerkt moeten gaan worden met uurwaarden van neerslag in plaats van met dagwaarden, om het effect van hoosbuien op snelle afstroom beter te benaderen. Voorts is het wenselijk om voor natuurlijke maatregelen ook veldproeven op te zetten en goede metingen te verrichten om de modelresultaten te staven met de veldmetingen. Het is dus nodig om met partners deze modelstudie nog verder uit te werken.

## 9.1 Wat staat ons verder te doen?

Onder de noemer NATUURKRACHT willen wij, als verenigde natuurorganisaties, samen met grondeigenaren, bewoners, bedrijven, gemeenten, waterbeheerders en ontwerpers aan de slag om de kansen en 'meekoppelkansen' voor natuurlijke maatregelen verder in beeld te brengen, uit te werken en vooral ook te realiseren. Uiteraard zullen wij ook zelf onze eigendommen in het Geuldal inzetten om natuurlijke maatregelen mogelijk te maken. Als coalitie NATUURKRACHT willen we per slot van rekening een beweging op gang brengen.

Het is van belang dat natuur- en waterbeheerders de aansluiting (blijven) zoeken met sectoren als toerisme, landbouw, waterwinning en wonen. Al deze sectoren bereiden zich voor op een toekomst, die in het teken staat van klimaatverandering, omgevingskwaliteit, voedselproductie, duurzaamheid, leefbaarheid en een gezonde economie. We zullen samen richting moeten geven aan de noodzakelijke transformatie voor een toekomstbestendig landschap. Niet alleen omdat oplossingen van verschillende vraagstukken vaak overlappend zijn of als puzzelstukjes logisch in elkaar grijpen, maar ook om tijdig stil te staan bij oplossingen die tegenstijdig zijn of lijken, en om deze met een frisse, constructieve blik te benaderen.

Kansen uitwerken tot concrete uitvoeringsplannen en projecten, vraagt om een kwaliteitskader, waaraan plannen en projecten zorgvuldig getoetst zouden moeten worden. Dit nog nader uit te werken kader zal

de leidende principes voor de ruimtelijke aanpak van hoogwater in het Geuldal kort en krachtig moeten beschrijven. Het zal steeds moeten waarborgen dat zaken als natuur- en landschapskwaliteit, authenticiteit, cultuurhistorie en charme van het gebied niet over het hoofd worden gezien en geen geweld worden aangedaan. Naast ruimtelijke kwaliteit zal ook de doeltreffendheid van maatregelen om wateroverlast (en droogte) te beperken scherp voor ogen gehouden moeten worden.

## 9.2 Drie principes

Bij het uitvoeren van maatregelen houden wij ons zo veel mogelijk aan onderstaande principes:

1. Beschadig de natuur niet
2. Benut de kracht van de natuur om wateroverlast en droogte te bestrijden
3. Help de natuur om zich aan te passen aan klimaatverandering

## 9.3 Zes vragen als leidraad

Om per plek de meest passende, meest doeltreffende natuurlijke maatregel te ontwikkelen, moeten we volgens de coalitie Natuurkracht beginnen met het stellen van zes kernvragen:

1. Kan de begroeiing hier zorgen voor meer opvang van regenwater?
2. Kan de bodem hier meer regenwater absorberen?
3. Kan het grondwater hier langer in de bodem blijven en kan er meer in de diepe ondergrond worden opgenomen?
4. Kan het oppervlakkig afstromende water hier worden vertraagd?
5. Kan het samengestroomde water hier worden vastgehouden en vertraagd?
6. Kan de beek hier worden vertraagd en kan hier ruimte worden gegeven aan natuurlijke overstromingsvlaktes voor afremming en berging van water?

## 9.4 Samenvatting 'water natuurlijk vertragen'

De meest natuurlijke antwoorden op de vraag 'hoe dan?' vatten we hieronder samen.

### 1. Meer opvang van regenwater door begroeiing

Wie optimaal gebruik wil maken van wateropvang door bovengrondse plantendelen, zorgt jaarrond voor een (weelderige) begroeiing met bij voorkeur meer lagen. Het is overal toepasbaar: op plateaus, hellingen en in dalen. Natuurlijke, structuurrijke bossen en structuurrijke (ruige) extensief begraasde natuurgraslanden (of een mozaïek daarvan) zijn bij uitstek voorbeelden van vegetatie die jaarrond een rol vervult bij de wateropvang. In allerlei vegetatietypes, landbouwgebieden en stedelijke gebieden, kan het principe van meer wateropvang door planten worden toegepast.

### 2. Meer absorptie van regenwater door de bodem

Wie goed absorberende bodems wil ontwikkelen, doet dat door ontstening en ontwikkeling van bodems vol leven. Het is overal toepasbaar: op plateaus, hellingen en dalen, in stedelijke omgeving, landbouwgebieden en natuurgebieden. Natuurlijke bossen en extensief begraasde natuurgraslanden (of een mozaïek van beide) zijn wederom voorbeelden van een bodem die ál deze kwaliteiten heeft. In allerlei typen natuurgebieden, landbouwgebieden of stedelijke gebieden, kan het principe van meer wateropvang door goede bodemzorg en/of ontstening worden toegepast. Goede bodemzorg betekent zorg voor organische stof, bescherming van het bodemoppervlak door begroeiing en bescherming van bodemleven tegen schadelijke stoffen en schadelijke bodembewerking.

### 3. Grondwater in de bodem houden en opname door de diepe ondergrond

Wie het waterbergende vermogen van de bodem en de diepere ondergrond maximaal wil benutten maakt de bodem vrij van drainages. Het water vindt dan zijn natuurlijke, trage weg naar beneden. Kenmerkend voor het Geuldal in met name het Nederlandse deel van het stroomgebied is dat de diepere (geologische) ondergrond een groot waterbergend

vermogen heeft. Vanaf pakweg Kelmis neemt de doorlatendheid van de ondergrond toe. Richting Beneden-Geuldal komen steeds dikkere mergellagen en uiteindelijk zelfs forse zandpakketten voor, alle met een grote infiltratiecapaciteit.

Wie de natuurlijke bergingscapaciteit van de ondergrond beter wil benutten, zoekt dus voor wateropvang (in wadi's e.d. of in ruige natuur) zoveel mogelijk de locaties met een ondergrond van mergel, grind en zand, en dan de plekken waar doorlatende lagen dicht aan de oppervlakte komen. Op de ene plek is dat van nature (steilere hellingen, dolines), op andere plekken is dat door afgravingen (mergelgroeves, grindputten). Ook in droogdalen komen vaak goed doorlatende lagen voor.

#### 4. Vertraging van afstromend water in ruw terrein

Wie afstromend water wil vertragen zodat het meer tijd krijgt om in de bodem te dringen of later aan te komen in het dal, moet al hoog op de hellingen beginnen. Dat kan onder meer door op (bollende) plateau-randen, structuurrijke loofbossen en natuurlijke, structuurrijke, ruwe graslanden te ontwikkelen. Eenmaal over de hellingen afstromend, kan het water nog steeds worden vertraagd, alvorens het in een dal, grub of laagte samenkomt. Op de steilste hellingen (steiler dan 12%) zijn, net als op de plateauranden, vlakdekkende loofbossen en natuurlijke, ruige graslanden (zeer extensief begraasd) zinvol om voldoende remkracht bieden. Op iets vlakkere hellingen kunnen onderbrekingen in de vorm van brede hagen, graften, singels een natuurlijke oplossing bieden. Op de vlakste hellingen (vlakker dan 7%) kan grasland volstaan. Liggen er drainages in de hellingen, dan zullen deze verwijderd moeten worden om snelle ondergrondse afstroom te stoppen. Behalve vegetatie kunnen ook oneffenheden van de bodem (zoals pootafdrukken) meehelpen om water te vertragen en te laten infiltreren.

#### 5. Vertragen en vasthouden van samengestroomd water

Wie water dat zich in laagtes, kleine droogdalen en zijbeekdalen heeft verzameld, op natuurlijke wijze wil vertragen en vasthouden, kan een

mozaïek ontwikkelen van broekbossen, natte bronweides en moerasvegetaties met grote moerasplanten zoals riet, zeggen en lisdodden. Omgevallen (omgewaaide, omgeknaagde, omgezakte) bomen versterken het effect van afremming.

Door plantengroei en overige natuurlijke processen ontstaat een 'traag' doorstroommoeras. In nagenoeg alle (zij)dalletjes en brongebieden in het Geuldal en Gulpdal die redelijk vlak zijn, liggen kansen. De vegetatie vermindert bovendien de erosiekracht van het water en voorkomt diepe insnijding. Waar diepe insnijding aan de orde is kan de beekbodem worden opgehoogd en waar drainages liggen kunnen deze verwijderd worden.

#### 6. Vertragen van de beek en water afremmen in de overstromingsvlakte

Eenmaal in de beek heeft de natuur nog steeds de kracht om van 'snel water' weer 'traag water' te maken. Wie de beek wil vertragen zorgt voor weerstand van vegetatie in de bedding (bijvoorbeeld op grindbanken), beverdammen, omgevallen bomen en voor een bochtig (meanderend) verloop van de bedding. Meer weerstand en vertraging kan ook worden bereikt door een diep ingesneden beek breder en ondieper te maken. Als een zijbeek van de Geul wordt vertraagd en opgestuwd, ontlast dit de Geul. De hoogwaterpiek in de Geul wordt dan verlaagd. Met het vertragen van water bezinkt meegekomen slib. Dit vermindert de overstromingsschade, die behalve aan water zeker ook te wijten is aan slib. Bij zeer hoge waterafvoeren kan een natuurlijke dalvlakte (overstromingsvlakte) water opvangen en vertragen.

Wie ruimte wil geven aan water in een natuurlijke dalvlakte zal dit zo veel mogelijk planologisch moeten verankeren (ruimtelijke ordening). Waar oevers sterk zijn opgehoogd en beken diep zijn ingesneden, zal plaatselijke verlaging van de oevers en/of ophoging van de beekbodem helpen om de beek eerder te laten uittreden. Breed afstromend water is trager en wordt verder geremd door ruwe vegetatie. Beekdalnatuur is overstromingstolerant; het ligt dan ook voor de hand om in de beekdalen meer ruimte te reserveren voor natuur. Waar beekoevers en dalvlaktes zijn volgebouwd ontstaan problemen.



## COLOFON

<b>Product</b>	Water vasthouden en vertragen in het Geuldal — Natuur inzetten tegen wateroverlast en droogte
<b>Opdrachtgever</b>	Natuurkracht (Natuurmonumenten, ARK Rewilding Nederland, Natuur- en Milieufederatie Limburg, Het Limburgs Landschap en WWF Netherlands)
<b>Datum</b>	23 oktober 2023
<b>Projectnummer</b>	2802
<b>Auteurs</b>	H+N+S landschapsarchitecten: Jasper Hugtenburg, Marijne Kreulen en Floor Hartveld Bureau Stroming: Jos de Bijl en Alphons van Winden Acacia Water: Maarten van Waterloo Natuurkracht: Hettie Meertens en Jos Rademakers
<b>Copyright</b>	Alle foto's door Hettie Meertens, tenzij anders vermeld.



**H+N+**  
**S+ +**

**H+N+S**

**Landschapsarchitecten**

**Bezoekadres**

Soesterweg 300

3812 BH

Amersfoort

**Postadres**

Postbus 1603

3800 BP

Amersfoort