

# SYSTEEMGERICHTE ECOLOGISCHE STRESSANALYSE (SESA)

Doorontwikkeling en optimalisatie van de SESA laaglandbeken en toepassing op vier casussen

▶▶ KIWK 2022-37



Kennisimpuls  
**WATERKWALITEIT**

# SYSTEEMGERICHTE ECOLOGISCHE STRESSANALYSE (SESA)

Doorontwikkeling en optimalisatie van de SESA laaglandbeken en toepassing op vier casussen

▶▶ [KIWK 2022-37](#)

Jip de Vries,  
Ralf Verdonschot  
& Piet Verdonschot



## ▶▶ KIWK IN HET KORT

---

Dit rapport is geschreven in het kader van het project **Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit** van de Kennisimpuls Waterkwaliteit.

In de Kennisimpuls werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstituten aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders en andere partijen de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

**Kennisimpuls Waterkwaliteit.**

**Beter weten wat er speelt en wat er kan.**

## ▶▶ COLOFON

---

<b>Opdrachtgever</b>	Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK)
<b>Auteurs</b>	J. de Vries, R.C.M. Verdonschot, P.F.M. Verdonschot (correspondentie: <a href="mailto:jip.devries@wur.nl">jip.devries@wur.nl</a> )
<b>Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systemekennis ecologie en waterkwaliteit</b>	
Rijkswaterstaat/WVL	Marjoke Muller
HH De Stichtse Rijnlanden (vrz)	Nikki Dijkstra
Ws Amstel, Gooi en Vecht/Waternet	Gerard ter Heerdt
Ws De Dommel	Ineke Barten
Ws Vechtstromen	Gertie Schmidt
Ws Hunze en Aa's	Hermen Klomp
Ws Rivierenland	Arnold Osté
HH Hollands Noorderkwartier	Sandra Roodzand
PBL	Peter van Puijenbroek
Ws Limburg	Esther de Jong
Hoogheemraadschap van Delfland	Roger Meijs
STOWA	Bas van der Wal
<b>Vormgeving</b>	Shapeshifter.nl   Utrecht
<b>Coverfoto</b>	De Tongelreep, één van de casussen die uitgewerkt is in dit project (Ralf Verdonschot).
<b>STOWA-rapportnummer</b>	2022-37
<b>ISBN</b>	978.94.6447.267.7
<b>DOI</b>	<a href="https://doi.org/10.18174/571387">https://doi.org/10.18174/571387</a>
<b>Wijze van citeren</b>	De Vries, J., Verdonschot, R.C.M. & Verdonschot P.F.M. (2022). Systeemgerichte ecologische stressanalyse, Doorontwikkeling en optimalisatie van de SESA laaglandbeken en toepassing op vier casussen. Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.
<b>Trefwoorden</b>	Multistress-analyse, knelpuntenanalyse, scenario-analyse, macrofauna, laaglandbeken
<b>Copyright</b>	De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is kosteloos verkrijgbaar.
<b>Disclaimer</b>	Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteur(s) en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

## ▶▶ VOORWOORD

---

Om de oorzaken te achterhalen van het niet bereiken van de gewenste ecologische kwaliteit in laaglandbeken is een analyse nodig van de verschillende bronnen van stress binnen een stroomgebied, de route die deze stressoren afleggen vanaf de bronnen en de mate waarin ze bijdragen aan de totale stress op het ecosysteem. Een benadering om een diagnose van stressoren uit te voeren is de Systeemgerichte ecologische stress analyse (SESA, voorheen Stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse genoemd). Deze methode is erop gericht om het inzicht in de structuur, de samenhang tussen factoren en het ecologisch functioneren van aquatisch ecosystemen te vergroten.

Binnen dit KIWK-project zijn verschillende ontwikkelstappen doorgevoerd die bij het uitvoeren van de eerdere SESAs naar voren kwamen. Na deze stap heeft een analyse van vier stroomgebieden van verschillende waterschappen verspreid over de hogere zandgronden plaatsgevonden om de methodiek af te stemmen op een bredere toepassing. Dit betreft een beek in Limburg (Oostrumsche beek) en drie beken in andere delen van het land: Glanerbeek (Overijssel, Waterschap Vechtstromen), Hunze (Drenthe, Waterschap Hunze en Aa's) en de Tongelreep (Noord-Brabant, Waterschap de Dommel). Ter kalibratie is een afstemming van de resultaten op biologische scores van deze vier stroomgebieden uitgevoerd met betrekking tot de weging van stressorcategorieën. Hierdoor kon een optimaal lineair verband tussen de berekende cumulatieve stress-scores en de gemiddelde EKR-score voor de macrofauna worden bereikt. Opties voor verdere optimalisatie en aanscherping blijven uiteraard aanwezig, maar door de ontwikkeling van deze standaard kan de SESA methodiek nu ook generiek worden toegepast bij andere stroomgebieden op de hogere zandgronden.

**Dr. Nikki Dijkstra (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)**

*Voorzitter gebruikerscommissie 'Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit'*



## ▶▶ SAMENVATTING

---

Eén van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het verder ontwikkelen en toepasbaar maken van een instrumentarium voor het uitvoeren van ecologische systeemanalyses. Eerder is hiervoor de SESA-methodiek (Systeemgerichte ecologische stressanalyse) ontwikkeld en toegepast op de stroomgebieden van de Tungelroyse beek en de Grootte Molenbeek binnen het beheergebied van het waterschap Limburg.

SESA is een methode om op basis van de huidige ecologische toestand van een beek en de herstelpotentie knelpunten binnen een stroomgebied in kaart te brengen en te kwantificeren. Hieraan wordt vervolgens een streefbeeld gekoppeld en worden maatregelpakketten voorgesteld die nodig zijn om dit streefbeeld te bereiken. Door oorzaken te zoeken op de schaal van het stroomgebied en deze te bekijken over een langere tijdschaal wordt de werking van het systeem in beeld gebracht. Dit geeft een beter inzicht in waar de bronnen van de problemen in de beek te vinden zijn. Dit maakt het ingrijpen met maatregelen veel effectiever en maakt het daarnaast mogelijk gedifferentieerder te werk te gaan bij het herstellen van een beekstelsel. Tenslotte kunnen ook verschillende maatregelpakketten worden doorgerekend (scenario-analyses) en op hun effecten worden vergeleken.

De SESA-methodiek is in ontwikkeling. Dit document beschrijft verschillende ontwikkelstappen in de parameterisering, structuur en werking van de SESA wat betreft: 1) Aanvullingen op benodigde en beschikbare data, 2) Structurele aanpassingen in de berekeningen, bijvoorbeeld wat betreft de keuze van stressoren en een verdere onderbouwing van de stressorklassen, 3) Verbeterde afstemming van de wegen van stressorcategorieën.

Na doorvoering van de ontwikkelstappen heeft een analyse van vier stroomgebieden verspreid over de hogere zandgronden plaatsgevonden om de methodiek af te stemmen op een bredere toepassing. Hiervoor is een kalibratie uitgevoerd waarbij de SESA methodiek is toegepast op de Tongelreep (Waterschap de Dommel), de Oostrumsche beek (Waterschap Limburg), de Glanerbeek (Waterschap Vechtstromen) en de Hunze (Waterschap Hunze en Aa's). Met behulp van een afstemming van de resultaten op biologische scores van deze beken voor de macrofauna is de weg van stressorcategorieën aangepast, om uiteindelijk tot een gekalibreerde standaard te komen die in meerdere stroomgebieden kan worden toegepast. In deze kalibratie-stap zijn geen scenario-analyses uitgevoerd.

## ▶▶ INHOUD

---

	<b>Kennisimpuls Waterkwaliteit in het kort</b>	3
	<b>Voorwoord</b>	5
	<b>Samenvatting</b>	6
<b>1</b>	<b>INLEIDING EN DOEL</b>	8
1.1	Achtergrond	8
1.2	Overzicht van de algemene methodiek	8
<b>2</b>	<b>AANPASSINGEN IN DE SESA-METHODIEK</b>	11
2.1	Toevoegingen benodigde en beschikbare data	11
2.2	Aanpassingen en toevoegingen stressberekeningen	12
2.3	Afstemming van wegingen	14
<b>3</b>	<b>CASUSSEN LAAGLANDBEKEN</b>	16
3.1	Oostrumsche Beek	17
3.2	Glanerbeek	22
3.3	Hunze	26
3.4	Tongelreep	29
<b>4</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	33
<b>5</b>	<b>LITERATUUR</b>	34
	<b>BIJLAGE 1</b>	35

## ►► 1 INLEIDING EN DOEL

### 1.1 ACHTERGROND

Om de oorzaken te achterhalen van het niet bereiken van de gewenste ecologische kwaliteit in laaglandbeken is een analyse nodig van de verschillende bronnen van stress binnen een stroomgebied, de route die deze stressoren afleggen vanaf de bronnen en de mate waarin ze bijdragen aan de totale stress op het ecosysteem. Een benadering om een diagnose van stressoren uit te voeren is de Systeemgerichte ecologische stressanalyse (SESA, voorheen Stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse genoemd; Verdonschot *et al.* 2015). Deze is erop gericht om het inzicht in de structuur, de samenhang tussen factoren en het ecologisch functioneren van aquatisch ecosystemen te vergroten.

In een SESA worden de verschillende ecosysteemcomponenten in een compleet stroomgebied bekeken met de omgevingsfactoren die werken op verschillende schalen en relevant zijn voor het voorkomen van organismen. Zo brengt SESA ook de oorzaken van knelpunten in beeld. Met deze kennis kunnen combinaties van maatregelen worden bepaald die de stressoren aanpakken, rekening houdend met de werkingsschaal en positie in het hydrologische systeem. Omdat niet alles overal gerealiseerd kan worden door andere gebruiksfuncties, wordt met scenario's bepaald welk doelbereik (realistische streefbeeld) mogelijk is onder de te verwachten omstandigheden.

De SESA-methode is ontwikkeld in samenwerking met Waterschap Limburg en is eerder met succes toegepast op de laaglandbeken de Tungelroyse Beek en de Grootte Molenbeek (De Vries *et al.* 2019, Verdonschot *et al.* 2021) en is momenteel in ontwikkeling voor het stroomgebied van de Geul, wat een uitbreiding betreft naar de toepassing in heuvellandbeken (SESA-heuvellandbeken).

SESA was echter nog niet uitontwikkeld op basis van de resultaten in de twee genoemde Limburgse stroomgebieden. Aangezien het een methodiek in ontwikkeling betreft, bevat SESA onderdelen waar aanscherping of doorontwikkeling mogelijk is. Dit geldt voor het hele bereik van de methode, van de informatie-inwinning vooraf bij de waterbeheerders en voor de uiteindelijke stressberekeningen die met het model worden uitgevoerd.

Binnen de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) zijn stappen gemaakt met de doorontwikkeling van de SESA. Dit betreft drie onderdelen:

- 1) Aanvullingen op benodigde en beschikbare data,
- 2) Structurele aanpassingen in de berekeningen, bijvoorbeeld wat betreft de keuze van stressoren en een verdere onderbouwing van de stressorklassen,
- 3) Verbeterde afstemming van de wegingen van stressorcategorieën.

Om in de afstemming van wegingen tussen stressorcategorieën te voorzien is de SESA-methodiek toegepast op vier laaglandbeken ter kalibratie. Dit betreft een beek in Limburg (Oostrumsche beek) en drie beken in andere delen van het land: Glanerbeek (Overijssel, Waterschap Vechtstromen), Hunze (Drenthe, Waterschap Hunze en Aa's) en de Tongelreep (Noord-Brabant, Waterschap de Dommel). Een vijfde SESA is uitgevoerd voor de Kromme Rijn (Utrecht, Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden). Omdat dit een anders functionerend watersysteem betreft ten opzichte van de laaglandbeken wordt deze SESA apart gerapporteerd.

### 1.2 OVERZICHT VAN DE ALGEMENE METHODIEK

SESA biedt de mogelijkheid om op basis van de huidige toestand van een beekstelsel ecologische knelpunten binnen een stroomgebied in beeld te brengen en te kwantificeren. Vervolgens kan een haalbaar of realistisch streefbeeld (herstelpotentie) worden opgesteld en kunnen maatregelpakketten worden samengesteld die nodig zijn om dit streefbeeld te bereiken.



De SESA aanpak is in detail beschreven in de KIWK rapportage 'Ecologische systeembenadering en ecologische systeem-analyse' (Verdonschot & Verdonschot 2021). De onderstaande tekst vormt hiervan een beknopte samenvatting om een eerste indruk te geven van de methodiek.

### 1.2.1 De SESA methode

Om een SESA uit te voeren moeten eerst de grenzen van het stroomgebied, de beek en alle onderdelen daarvan afgebakend worden. Het stroomgebied is opgebouwd uit zijstroomgebieden en afwateringsgebieden die de beek van water voorzien. De direct aanliggende gronden worden als aparte zone beschouwd die invloed uitoefent op de beek: de (beekdal) bufferzone. Op basis van de kenmerken van het stroomgebied, zoals instroompunten van zijbeken, worden de beken in het stroomgebied opgedeeld in segmenten.

Daarnaast wordt de natuurlijke werking van het stroomgebied op hoofdlijnen beschreven. Dit is nodig, omdat grootschalige processen en factoren veel moeilijker door de mens te sturen zijn, zoals bijvoorbeeld de stromingsrichting van het grondwater of de samenstelling van de ondergrond. Deze eigenschappen zijn randvoorwaarde stellend, maar kunnen juist ook gebruikt worden bij het stellen van realistische doelen en het kiezen van de juiste maatregelen.

Vervolgens wordt het hydrologische systeem in beeld gebracht door een waterbalans van het stroomgebied op te stellen. Dit is essentieel voor de SESA omdat het zowel direct (via het bepalen van de afvoer) als indirect als de drager van stressoren invloed uitoefent op de ecologie.

De volgende stap is het zoeken naar de oorzaken achter de degradatie van de ecologische kwaliteit, oftewel het identificeren en lokaliseren van de stressoren. Voor de selectie van stressoren wordt gebruik gemaakt van de indeling van milieufactoren aan de hand van het 5S-Model (Verdonschot *et al.* 1998). De stressoren zijn in dit model gekoppeld aan de ecologische sleutelfactoren en opgedeeld naar de relevante schaalniveaus, rekening houdend met hun onderlinge hiërarchie. Als de waarde van een sleutelfactor bepaalde grenzen overschrijdt, bijvoorbeeld het wegvallen van de stroming in een beek in een periode met weinig afvoer, dan wordt die factor een stressor.

De stressoren zijn gegroepeerd naar schaal en aard in:

- Hydrologische stress, bepaald voor het gehele stroomgebied m.b.v. modellering
- Chemische stress (uit diffuse bronnen), bepaald voor het gehele stroomgebied op basis van het landgebruik
- Chemische stress (uit puntbronnen), bepaald voor het gehele stroomgebied op basis van informatie beschikbaar van betreffende puntbronnen
- Fysische stress, bepaald in en langs de beek op basis van veldmetingen
- Hydraulische stress, bepaald in de beek op basis van veldmetingen en door middel van modellering
- Morfologische stress, bepaald in en langs de beek op basis van veldmetingen
- Stress voortkomend uit het beheer en onderhoud, bepaald in en langs de beek op basis van het beheer dat gevoerd wordt

Iedere groep stressoren omvat meer of minder parameters waarmee de uiteindelijke stress op het ecosysteem wordt berekend. Omdat de berekening gebaseerd wordt op relatief kleine deelgebieden of beeksegmenten, kan makkelijk achterhaald worden waar de stress vandaan komt. Daarmee wordt het detailniveau geïntroduceerd dat nodig is voor een gedifferentieerde maatregelkeuze.

De stress die per parameter wordt bepaald, is vooraf op basis van literatuur gedefinieerd en omgezet naar een stressclassificatie. Een voorbeeld is de chemische stress uit diffuse bronnen. Omdat van stroomgebieden landgebruikskaarten beschikbaar zijn, is per deelgebied bekend welk landgebruik er plaatsvindt. Van ieder landgebruikstype is ook bekend hoeveel nutriënten er worden gebruikt, die vervolgens af- en uitspoelen naar de beek of het grondwater. Afhankelijk van het bodemtype is daarmee ook de nutriëntenbelasting van de beek te bepalen en om te zetten in een mate van stress.

Omdat modelmatig is berekend hoeveel water uit een bepaald gebied de beek bereikt en ook de filterfunctie van de beek bekend is kan de mate van stress die deze nutriënten opleveren gekoppeld worden aan de uiteindelijke bijdrage die dat deelgebied levert aan de totale stress in de beek. Hetzelfde kan worden gedaan voor bijvoorbeeld de toevoer van slib en toxische stoffen.

In de SESA wordt deze analyse voor alle parameters stroomgebiedsdekkend uitgevoerd, waardoor een ruimtelijk beeld kan worden gevormd van de mate van stress in verschillende delen van de beek.

### 1.2.2 Scenario's en maatregelpakketten

De methode voor het in beeld brengen van stressoren in de huidige situatie kan ook worden gebruikt om de effecten van scenario's met verschillende maatregelpakketten in beeld te brengen. Voorbeelden van scenario's zijn stroomgebiedsbrede maatregelen en diverse combinaties van lokale of in de beek genomen maatregelen. Het nemen van maatregelen die stressoren aanpakken heeft gevolgen voor de stressorscores in de berekeningen. Deze zijn aangepast door de stressoren en gebieden die door de maatregel worden beïnvloed naar rato op basis van maatregel-effect kennis of -expert inschatting te wijzigen. Er is bij de berekeningen uitgegaan van een gedeeltelijke of maximale effectiviteit op het moment van de effectbepaling. Voorbeelden zijn verbeterde landbouwtechniek waardoor de af- en uitspoeling van stoffen vermindert (circulaire landbouw), het ontwikkelen van bosstroken langs de beek, het dempen van piekafvoeren en het verhogen van de basisafvoer door het nemen van hydrologische maatregelen, zoals de ontwikkeling van doorstroommoerassen in de bovenlopen en meer benedenstrooms overstromingsvlaktes (vasthouden en bergen), en het saneren van puntbronnen (overstorten). De SESA resultaten leiden zo tot verbetering van het inzicht in de keuze van maatregelpakketten en tot een verdere concretisering van de streefbeelden, waardoor realistische doelen gesteld en gehaald kunnen worden.

Uit de resultaten van eerder doorgerekende scenario's in de Grote Molenbeek blijkt dat alleen beekdalbrede of stroomgebiedsbrede maatregelpakketten tot een daadwerkelijke ecologische verbetering lijken te leiden (Verdonschot *et al.* 2021). Is het de wens om overal in het stroomgebied de gestelde KRW-doelen te halen, dan zijn maatregelen nodig die gelijktijdig de hydrologie, morfologie en de chemie verbeteren. Dit zijn maatregelen die op een relatief groot schaalniveau inwerken op het systeem. De resultaten laten zien dat lokale maatregelen of eenzijdige maatregelpakketten die alleen bepaalde bronnen of hoofdgroepen van factoren aanpakken onvoldoende werken, omdat de andere stressoren die een rol spelen aanwezig blijven. Een voorbeeld daarvan was de aanpak van overstorten die onvoldoende bleek. Dat betekent niet dat individuele, kleinschaligere of lokale maatregelen totaal geen effect kunnen hebben, maar wel dat ze veel minder doorwerken op een grotere schaal binnen het beekstelsel of over een langere tijdschaal effect sorteren.

## ▶▶ 2 AANPASSINGEN IN DE SESA-METHODIEK

### 2.1 TOEVOEGINGEN BENODIGDE EN BESCHIKBARE DATA

Tijdens het opvragen van data voor de vier stroomgebieden bij de waterschappen kwam naar voren dat een deel van deze data niet eenvoudig beschikbaar was door een grote spreiding over systemen en personen. Maar ook doordat sommige gegevens simpelweg niet beschikbaar zijn (niet gemeten worden), of niet structureel verzameld en gevalideerd worden.

Gedurende het proces werd steeds duidelijker waar knelpunten in de data-inwinning lagen. Deze hebben geholpen om de datavraag nader te specificeren en de beschrijving van de benodigde data in de SESA-handleiding uit te breiden (toelichting in [Bijlage 1](#)).

Met verschillen in beschikbare en benodigde data is omgegaan door invoeropties voor het SESA-model afhankelijk te maken van de hoeveel informatie die er beschikbaar was. Wanneer er geen gemodelleerde of gemonitorde data beschikbaar was, kon data worden geïnterpoleerd of werd een inschatting gemaakt op basis van gebiedskennis. Wanneer dit ook niet mogelijk was, is de stressor niet meegenomen in de berekening. Hieronder worden de bevindingen per onderdeel toegelicht.

#### 2.1.1 Hydrologie

##### *Toelichting indeling stroomgebied*

De indeling van het stroomgebied in segmenten, (zij)stroomgebiedjes en bufferzones bleek verwarring op te leveren. Er is daarom uitgebreider toegelicht wat hiermee wordt bedoeld zodat de onderdelen van het stroomgebied correct toegewezen konden worden.

##### *Verschillen in hydrologische modelresultaten*

Bij het samenbrengen van data werd duidelijk dat het niet eenvoudig is om coherente hydrologische data aan te leveren. Daarbij gaat het om een inschatting van de afvoer per segment en de afstroming, drainage en kwel per gebied. Dit is een belangrijk onderdeel van de SESA-methodiek, daar deze hydrologische elementen drager zijn van de stress en daarmee de bijdrage en de verdeling door het stroomgebied wordt berekend.

Bij ieder waterschap werd hiervoor een ander hydrologisch model gebruikt, onder andere Tygron en Sobek (Waterschap Vechtstromen), IBRAHYM instrumentarium (Waterschap Limburg), MIPWA modelinstrumentarium, Sobek en SWAP/SWAT (Waterschap Hunze en Aa's), WALRUS en Sobek (Waterschap de Dommel). Door verschillen in mogelijkheden per model en in de resolutie van resultaten konden de gevraagde waarden in sommige gevallen slechts gedeeltelijk of helemaal niet berekend worden. Daarbij komt dat bekend is dat sommige van de gebruikte (grondwater)modellen niet goed aansluiten op de werkelijke situatie. Omdat er geen gemeenschappelijke aanpak mogelijk was, zijn de SESA's uitgevoerd met de aangeleverde gegevens. Dit heeft wel tot gevolg dat de verschillen kunnen doorwerken in de resultaten. We streven er naar om in de toekomst de voor een optimale uitvoering van SESA de benodigde hydrologische informatie wel onderling vergelijkbaar te verkrijgen door communicatie en standaardisatie van hydrologische output.

##### *Correctie voor overstorten en effluent in afvoerberekening*

Voor een correcte inschatting van de afvoerwaarden, met jaarlijkse piekafvoeren en basisafvoer, is het nodig om rekening te houden met RWZI's en overstorten, aangezien die een aanzienlijk deel kunnen bijdragen aan de afvoer. De benodigde hydrologische parameters zijn verder aangescherpt door uit te gaan van overschrijdingswaarden voor basisafvoer, zome-rafvoer en jaarlijkse piekafvoer.

##### *Afvoerverschil huidig t.o.v. referentie*

Eerder werd in de SESA gevraagd om een inschatting van de huidige versnelde afvoer ten opzichte van een referentiesituatie. Dit vereist een inspanning in hydrologische modellering en inzicht in het functioneren van een stroomgebied in een

dergelijke referentiesituatie. De mogelijkheden waren hiervoor beperkt en deze stressor is daarom niet meegenomen. Uiteraard gaat dit gepaard met verlies aan nauwkeurigheid van de berekening en daarom pleiten we ervoor dit in toekomst wel te berekenen om de inzichten in de systeemwerking te verbeteren.

### **2.1.2 Chemie**

Een andere categorie waarvoor data niet altijd beschikbaar bleek, betreft de categorie puntbronnen. De aanwezigheid van overstorten was meestal wel bekend, maar dat gold niet voor de overstortfrequentie en de verhouding overstortwater t.o.v. de basisafvoer. In zo'n geval is enkel de aanwezigheid van een overstortlocatie meegenomen.

### **2.1.3 Morfologie**

Voor morfologische stress is kennis van de situatie in de verschillende beektrajecten nodig, bijvoorbeeld betreffende het profiel, de substraatpatronen en oevervegetatie. Dit vraagt om dekkende karteringen van de hydromorfologie (bijv. een versimpelde Gewässerstrukturgütekartierung). Deze informatie bleek niet altijd voorhanden. In dat geval is een inschatting gemaakt op basis van kennis van gebiedsbeheerders en veldbezoeken.

## **2.2 AANPASSINGEN EN TOEVOEGINGEN STRESSBEREKENINGEN**

In de SESA-methodiek volgt op het verzamelen van de benodigde data, een classificering van deze stressoren op basis van de mogelijke impact op de ecologische status. Deze classificering is nodig om stressoren onderling vergelijkbaar te maken. De toewijzing van de scores voor stressklassen is eerder uitgevoerd bij de ontwikkeling van de SESA's voor de Tengelroyse beek en Grote Molenbeek. Deze classificatie is hier onaangepast overgenomen.

De geclassificeerde stressoren worden vervolgens gegroepeerd, waarna een cumulatieve stressor-score voor elk segment in het stroomgebied wordt berekend. Dit wordt gedaan op basis van bijdragen uit de afwateringsgebieden, bufferzones, zijbeken en bovenstrooms gelegen trajecten.

Hieronder wordt beschreven welke aanpassingen zijn gedaan in de berekening van stress per stressorcategorie.

### **2.2.1 (Geo)Hydrologische stress**

#### *Bovenstroomse aandeel in de afvoer per segment*

In de categorie hydrologie is het bovenstroomse aandeel van afvoer in de waterbalans duidelijker weergegeven, zodat deze kan worden meegenomen in de berekening van de doorwerking van de stress in het stroomgebied.

#### *Balanspost flux*

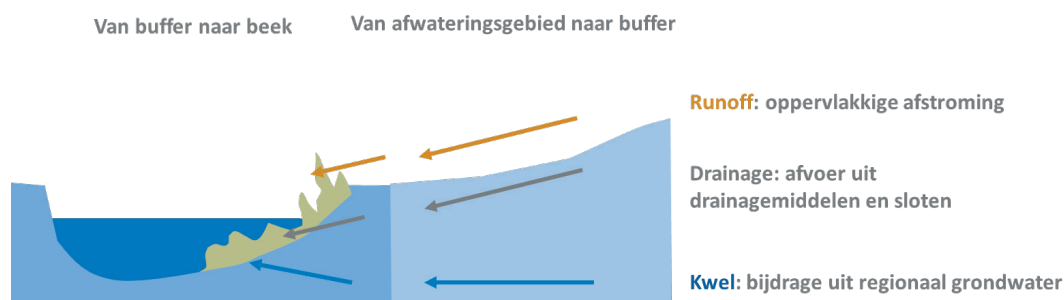
Voor de afwateringsgebieden en bufferzones is de term 'flux' niet meer meegenomen als balanspost. Uit samenspraak met hydrologen bleek dat deze resolutie aan data niet beschikbaar is binnen de meeste modellen waarmee wordt gewerkt. Ook wat dit onderdeel betreft zou de werking van SESA leiden tot meer betrouwbaarheid in de resultaten en verdient dit in de nabije toekomst aandacht.

#### *Overlap hydrologie bufferzone en afwateringsgebied*

Eerder werd de landgebruik-specifieke bijdrage van stress in de beekdalbufferzone tweemaal meegenomen, zowel in het afwateringsgebied en in de bufferzone zelf. Dit is nu expliciet onderscheiden, waarbij de bijdrage van oppervlakkige afstroming in bufferzones en afwateringsgebieden het zwaarst wordt gewogen (Figuur 2.1).

## FIGUUR 2.1

Een weergave van de benodigde hydrologische termen voor een berekening van de cumulatieve stress-score.



### Bypasses

In de stroomgebieden waarop de SESA-methode is toegepast, kwamen nieuwe situaties voorbij waarbij watergangen splitsen en weer samenkomen (zogenaamde bypasses). Hierbij is een onderscheid te maken tussen een bypass die enkel in pieksituaties afvoert en een bypass die het gehele jaar door watervoerend is. Binnen de SESA-methode is het niet mogelijk om de laatste mee te nemen, daar in de berekening wordt uitgegaan van een dendritische, cumulatieve structuur waar enkel trajecten worden toegevoegd. In deze gevallen is er een hoofdtraject aangewezen waardoor het merendeel van de afvoer stroomt, en is het andere traject meegenomen als zijbeek met een beperkte afvoer.

### 2.2.2 Chemische stress uit diffuse bronnen

#### Classificering landgebruik en bodem grensoverschrijdende delen stroomgebied

Voor stroomgebieden met grensoverschrijdende gebieden is er binnen de Nederlandse landgebruikskaart (LGN) geen complete data voorhanden (bijvoorbeeld voor de Glanerbeek). Voor deze gebiedjes is de Europese CORINE-dataset gebruikt. Hiervoor is de classificering van landgebruikstypes aangepast voor omzetting van de Europese landgebruiksklassen naar de klassen gebruikt worden binnen de SESA-methode. Er is in deze Europese indeling geen info beschikbaar over specifieke gewassen, wel is er extra informatie over de categorieën 'constructie, dump, ontginning', 'industriegebied', 'recreatiegebied' en 'vliegveld'. Ook voor bodemtextuur is voor grensoverschrijdende stroomgebieden een Europese (ESDAC) bodemtextuurclassificering gebruikt, die onderscheid maakt in de typen zand, leem, klei en veen.

#### Toevoeging bovenstroomse aandeel chemische stress uit diffuse bronnen

In de berekening van de chemische stress uit diffuse bronnen is naast de retentiefactor van het segment ook het bovenstroomse aandeel dat wordt toegevoegd aan het segment meegenomen.

### 2.2.3 Chemische stress uit puntbronnen

#### Detaillering effect overstorten

Overstorten zijn meer accuraat opgenomen. Naast de aanwezigheid is ook gekeken naar de frequentie van overstorten en de verhouding van de maximale afvoer van een overstort ten opzichte van de basisafvoer van een beektraject.

### 2.2.4 Overige stressorcategorieën

In de categorieën fysische, hydraulische, morfologische stress en beheer & onderhoud zijn geen aanpassingen aan berekeningen gedaan.

## 2.3 AFSTEMMING VAN WEGINGEN

Elke stressor is geïnclassificeerd op basis van de impact die deze heeft op de ecologische status, om deze onderling vergelijkbaar te maken. Daarbij wordt rekening gehouden met voor de ecologie belangrijke drempelwaarden (Verdonschot & Verdonschot, 2021).

De stressoren zijn vervolgens samengevoegd in de stressorcategorieën (geo)hydrologische stress, chemische stress uit diffuse bronnen, chemische stress uit puntbronnen, fysische stress, hydraulische stress, morfologische stress, en stress door beheer en onderhoud. Vervolgens krijgt de stressorcategorie een weging mee die de gevoeligheid van het ecosysteem voor elk van de categorieën weergeeft. Het gemiddelde van de gewogen stressorcategorieën geeft de relatieve cumulatieve stress weer die de ecologie in een specifiek segment ondervindt.

De weging van de stressorcategorieën is verder ontwikkeld, waarbij er een normalisatie is doorgevoerd om de verschillende categorieën vergelijkbaarder te maken en is er een kalibratie uitgevoerd om de onderlinge verhoudingen tussen categorieën te toetsen.

### 2.3.1 Normalisatie range stresscategorieën

In de laatste berekeningsstap van de cumulatieve stressscore wordt per segment en per stressorcategorie de bijdrage aan de cumulatieve stressscore berekend, waarna een gewogen gemiddelde van deze categorieën wordt genomen. In de SESA-methodiek was deze stap geïntegreerd, wat echter leidde tot een onduidelijk beeld van de bijdrage per categorie. Daarom is in de nieuwe versie van de methode de stressorange per stressorcategorie genormaliseerd tot 0-5. Daarmee kan bij de kalibratie van wegingen per categorie duidelijk worden gecommuniceerd over de hiërarchie en relatieve bijdrage per categorie.

### 2.3.2 Kalibratie met behulp van vier stroomgebieden

Wetenschappelijke literatuur over de hiërarchie van stressorcategorieën geeft nog een beperkt inzicht in hoe deze zich tot elkaar verhouden en duidt op een sterke afhankelijkheid van het specifieke toepassingsgebied, het watertype en de doelsoorten (Lemm *et al.*, 2020). Bij het onderling wegen van de stressorcategorieën is daarom eerst uitgegaan van wegingen op basis van eerdere toepassingen en expertkennis, aangepast aan de inschatting van de betrokken waterbeheerders. In toevoeging daarop zijn de resultaten vervolgens afgestemd met de gemeten biologische kwaliteit in de segmenten waar een biologisch meetpunt voorhanden was. Met deze informatie kunnen de wegingen worden gekalibreerd.

Als startpunt zijn de stressorcategorieën als volgt meegenomen, de eerdere toepassing van de SESA-methode in de Grote Molenbeek volgend: de groepen chemische diffuse stress, chemische stress uit puntbronnen, hydraulische stress en morfologische stress zijn meegenomen als het zwaarst wegend (weging 5). Fysische systeemstress en beheer en onderhoud is meegenomen als gemiddeld belangrijk (weging 3 en 2), terwijl (geo)hydrologische stress als minder belangrijk wordt gescoord (weging 1).

Vervolgens is de cumulatieve stress voor meerdere laaglandbeken van verschillende aard en van ruimtelijk wisselende kwaliteit berekend. Met behulp van een afstemming van de resultaten op biologische scores is deze weging telkens aangepast, om uiteindelijk tot een gekalibreerde standaard te komen die in meerdere stroomgebieden kan worden toegepast.

Bij de kalibratie zijn de berekende cumulatieve stress-scores voor de trajecten vergeleken met de gemiddelde en maximale EKR-score voor macrofauna en het aantal kenmerkende (K) en dominant positieve macrofaunataxa (P) op de monitoringspunten binnen deze trajecten. Monitoringspunten zijn telkens per traject samengevoegd en moesten meerdere malen bemonsterd zijn om mee te mogen doen in de kalibratie om een zo representatief mogelijk beeld te krijgen van de ecologische kwaliteit per traject. Het aantal monitoringspunten dat hiervoor bruikbaar was verschilde sterk per stroomgebied, van 3 punten (Glanerbeek) tot 33 punten (Oostrumsche Beek).

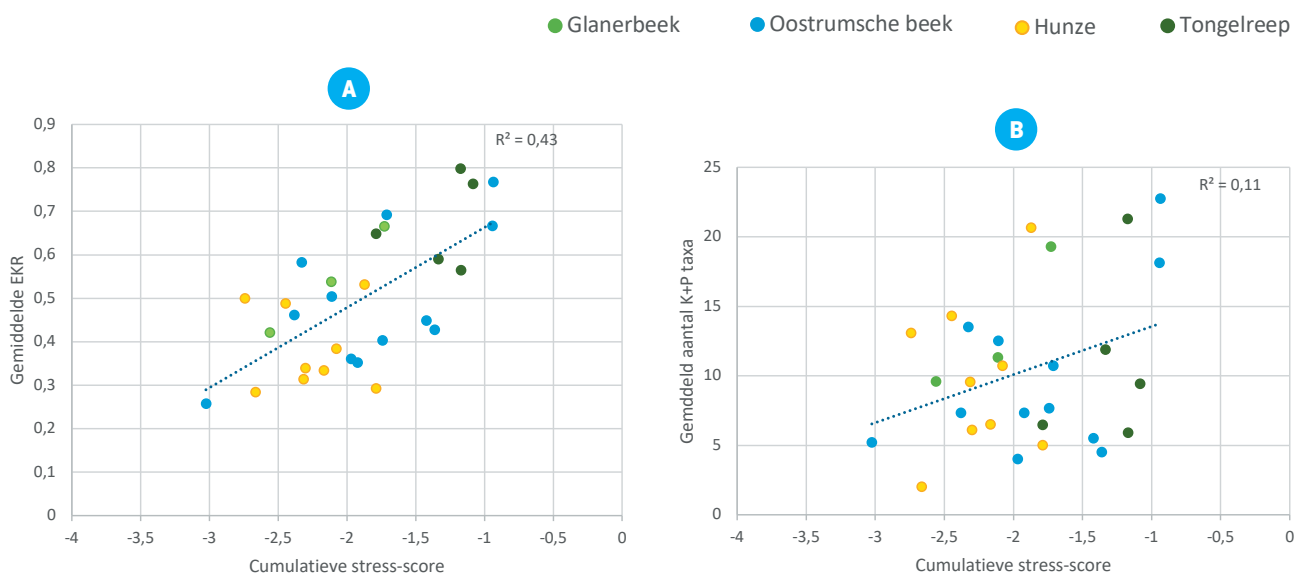


De wegenen van de stressorcategorieën zijn vervolgens zo gekozen dat de relatie tussen geobserveerde EKR-scores en berekende cumulatieve stressor-scores het sterkste is, d.w.z. er is gekozen voor het 'model' met de hoogste  $R^2$ , een maat voor de variabiliteit in de geobserveerde data die wordt verklaard door het model. De wegenen konden daarbij een waarde innemen tussen 0 en 10.

De geoptimaliseerde combinatie zag er als volgt uit: de groepen chemische diffuse stress, chemische stress uit puntbronnen en fysieke systeemstress kregen een lage weging mee (weging 2). Hydraulische stress en beheer en onderhoud zijn meegenomen als zwaarder wegend (weging 4 en 5). Morfologische stress is meegenomen als het zwaarst wegend (weging 10), terwijl (geo)hydrologische stress als minder belangrijk wordt gescoord (weging 1). Wanneer de berekende cumulatieve stress-score wordt vergeleken met de gemiddelde EKR-score is er een lineair verband te zien met een aanzienlijke hoeveelheid spreiding rondom de lijn (Figuur 2.2A). Voor het gemiddelde aantal K+P taxa is het patroon minder duidelijk (Figuur 2.2B). Vanwege een verschillend aantal mogelijke K+P taxa tussen de R-typen die hier zijn opgenomen (R3, R4, R5), varieert het gemiddeld aantal K+P taxa sterker en is het verband tussen het aantal taxa en de cumulatieve stress-score minder sterk.

## FIGUUR 2.2

A) Het verband tussen de berekende cumulatieve stress-scores en de gemeten gemiddelde EKR-score voor de optimale weging van stressor-categorieën. B) Het verband tussen de berekende cumulatieve stress-scores en het gemeten gemiddelde aantal K+P taxa voor de optimale weging van stressor-categorieën.



Verklaringen voor de spreiding kunnen liggen in de verschillen in de beschikbare data voor de stroomgebieden, waarmee er onderling dus ook verschillen zijn in de invloed van stressoren die worden meegenomen. De berekening geeft dan een minder precies beeld van de verdeling van de stress-scores over het stroomgebied. Er zijn voor maar een beperkt aantal trajecten biologische meetpunten beschikbaar voor een beperkt aantal jaren, waardoor kalibratie kan worden belemmerd.

### 2.3.3 Validatie

Om een validatie uit te kunnen voeren is een aparte dataset nodig. Deze was niet beschikbaar, aangezien de data gebruikt is voor kalibratie van de wegenen. Alternatief kan er met gebiedskennis van beheerders worden gekeken naar de juiste weergave van de abiotische stress-score per stroomgebied.

## ▶▶ 3 CASUSSEN LAAGLANDBEKEN

Waterbeheerders hebben data van vier laaglandbeekstroomgebieden beschikbaar gesteld om de abiotische analyse van de SESA op uit te voeren: Oostrumsche beek, Glanerbeek, Hunze en Tongelreep. Deze beken liggen in verschillende delen van Nederland en zijn daardoor verschillend van aard (niet wat betreft landelijk KRW-watertype, maar wel regionaal) en ecologische kwaliteit. Het voordeel van deze variatie is dat daardoor de werking van de methodiek over een groter deel van de stressorgradiënt kon worden bekeken.

Voor elk van de casussen zijn hieronder de gebied-specifieke invulling en resultaten te vinden. Er wordt per beektraject (segment) aangegeven wat de cumulatieve stress is en de mate van stress per stressorgroep. In [tabel 3.1](#) worden de verschillende stressorcategorieën toegelicht.

**TABEL 3.1**

*Overzicht van geografische eenheid, hoofdtype stress en stressor(groep)en.*

Geografische eenheid binnen stroomgebied	Stressorcategorie	Stressoren
Afwaterings- en zijstroomgebied, beekdalbufferzone	Hydrologische stress	Afspoeling (runoff)
		Uitspoeling (drainage)
		Kwel
Afwateringsgebied, beekdalbufferzones	Chemische stress (uit diffuse bronnen)	Nutriënten
		Slib
		Toxiciteit
Beek	Chemische stress (uit puntbronnen)	RWZI
		Overstort
		Waterinlaat
		Infrastructuur
		Spoor
		Industrie
Segment	Fysische stress (systeemvoorwaarden)	Overige
		Temperatuur
		Verhang
	Hydraulische stress	Beschaduwing
		Piekafvoeren
		Lage afvoer/stagnatie
		Droogval
		Stromingsvariatie
		Stuwing
	Morfologische stress	Profiel
		Substraat
		Oeverbegroeiing
	Beheerstress	Maaibeheer

### 3.1 OOSTRUMSCHE BEEK

#### 3.1.1 Achtergrond

De Oostrumsche beek is een permanente langzaam stromende laaglandbeek op zandbodem van circa 20 kilometer lang met een afwateringsgebied van circa 50 km<sup>2</sup>. De beek ligt in het beheergebied van het waterschap Limburg ter hoogte van de stad Venray. De beek ontspringt in het Peelgebied op voormalige hoogveenontginningen en watert af op de rivier de Maas. Twee grotere watergangen komen uit op de Oostrumsche Beek: De Breevennen en het Geysters ven. Beide hebben geen beekarakter. Bovenstrooms is de Oostrumsche beek geclassificeerd als een bovenloop van het KRW-type R4a, benedenstrooms vanaf de instroom van de Breevennen is de beek als watertype R5 (midden-benedenloop) geclassificeerd. In de bovenloop wordt water ingelaten uit de Helenavaart via de Grensloot. Benedenstrooms zijn watermolens aanwezig.

De omgeving bestaat vooral uit landbouwgebied, enkele bosgebieden (kleine broekbosfragmenten in het beekdal en een groter aaneengesloten bosgebied op het landgoed Geijsteren) en urbane kernen met woningen en bedrijventerreinen. De beek heeft de status 'sterk veranderd' en is grotendeels genormaliseerd en gekanaliseerd. Wel zijn bijvoorbeeld op het landgoed Geijsteren nog delen van de beek oorspronkelijk, waar bijvoorbeeld sterke meandering aanwezig is en de beek relatief hoge stroomsnelheden bereikt. Er zijn de afgelopen decennia een aantal beekherstelprojecten uitgevoerd, waarbij een meanderende loop is aangelegd met daarnaast een hoogwatergeul. De meanderende loop dient als vispassage voor een watermolen of stuw. Ter hoogte van het dorp Oostrum is een in- en uitlaat in een broekbos gemaakt, waarna de beek zijn eigen loop mocht vormen.

#### 3.1.2 Data-specificatie casus

Voor de bufferzone is een strook van variabele breedte genomen die correspondeert met de beekdalzone zoals vastgesteld door waterschap Limburg.

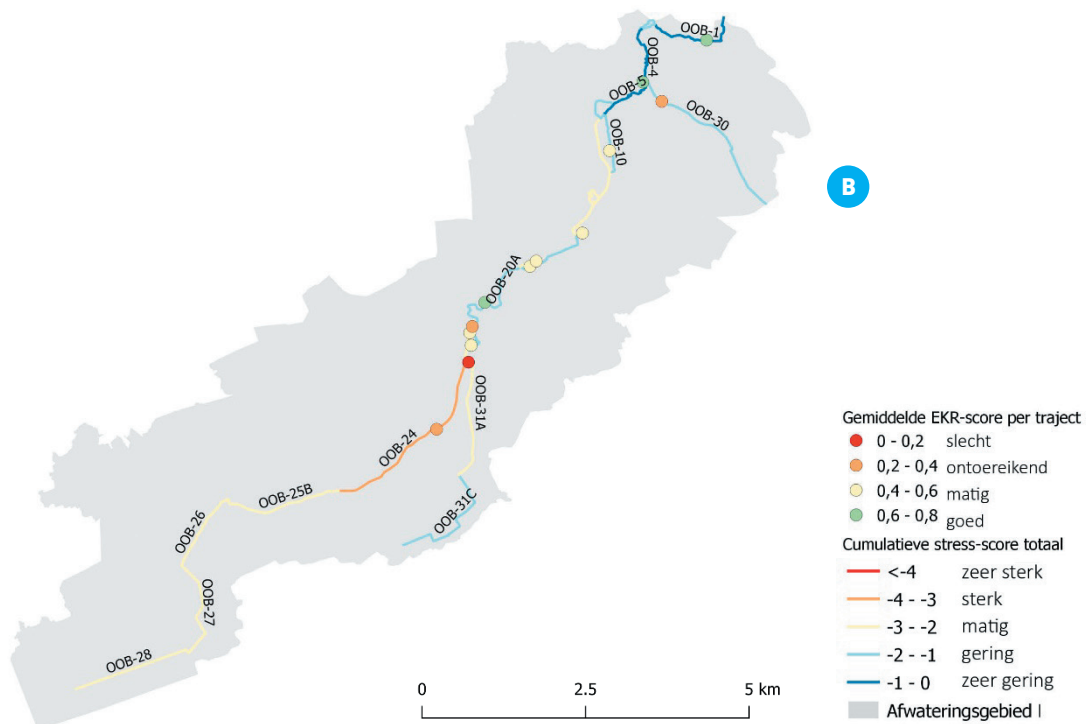
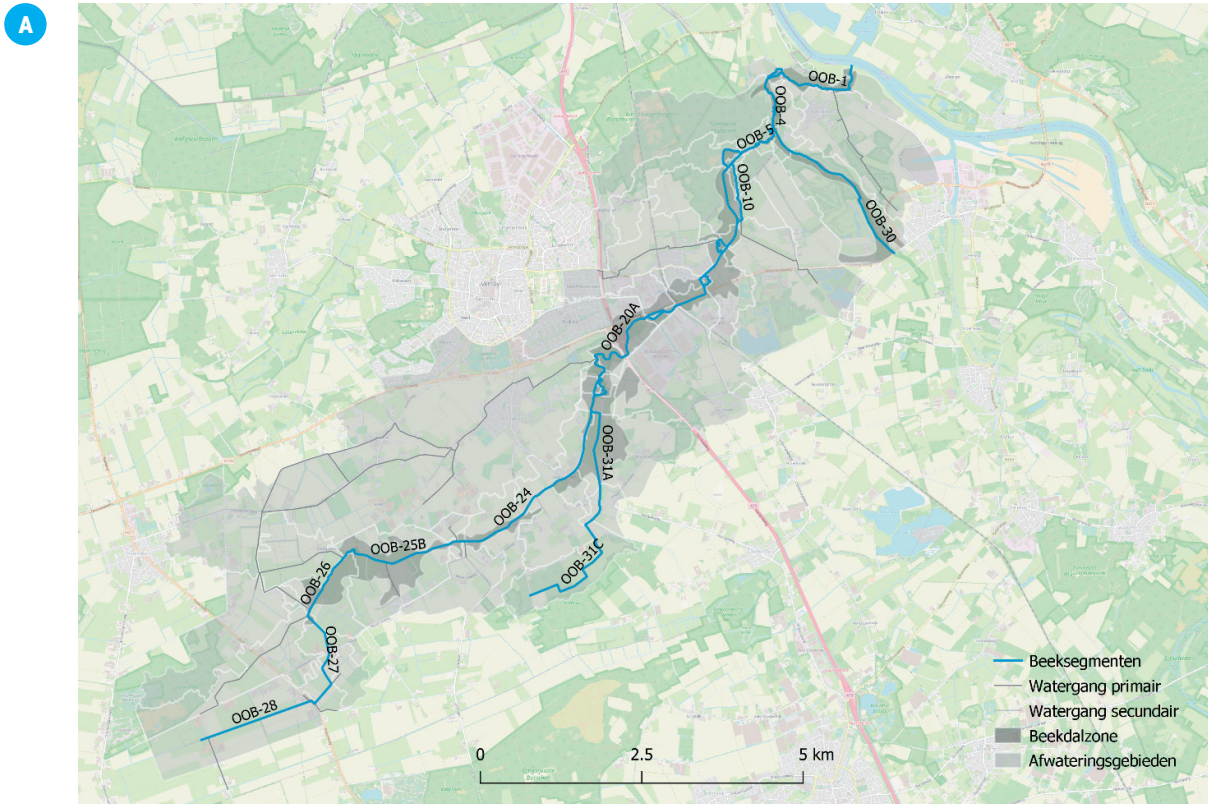
In de Oostrumsche beek treedt er zesmaal een splitsing in de beek op. Uit de aangeleverde afvoerdata van de trajecten bleek dat telkens één van de twee trajecten het merendeel van het water afvoert, terwijl het andere traject slechts de pieken afvoert. Omdat de SESA-methode een dendritische structuur aanneemt en geen parallelle trajecten kan doorrekenen, zijn deze trajecten opgesplitst. Het traject met het kleinere aandeel aan afvoer is meegenomen als zijbeek met een beperkte afvoer om toch de bijdrage van stress uit de omgeving mee te nemen.

#### 3.1.3 Resultaten abiotische analyse

De Oostrumsche beek ondervindt momenteel een variabele mate van stress, variërend van een sterke tot een zeer geringe stress afhankelijk van het traject (Figuur 3.1). De achterliggende bronnen van stress verschillen per traject, maar over het algemeen ondervindt de bovenloop relatief meer stress (matig tot sterk) ten opzichte van de benedenloop. De ruimtelijke verdeling van stressor-scores is per categorie weergegeven, wat in meer detail inzicht geeft in welke gebiedsdelen bij het kiezen van maatregelen aandacht behoeven (Figuur 3.2). De categorieën chemische diffuse stress, fysische systeemstress (beschaduwing, temperatuur), hydraulische stress (afvoerdynamiek, stroming) en morfologische stress (profiel, substraat, oevervegetatie) hebben verspreid over het gehele stroomgebied invloed en dan met name in de boven- en middenloop. (Geo)hydrologische stress (o.a. oppervlakkige afstroming) en chemische puntbronnen dragen lokaal bij, zowel in de bovenloop als in de zijbeken. Het ontbreken van beheer en onderhoud (intensiteit van maaien) draagt lokaal positief bij in de zijbeken.

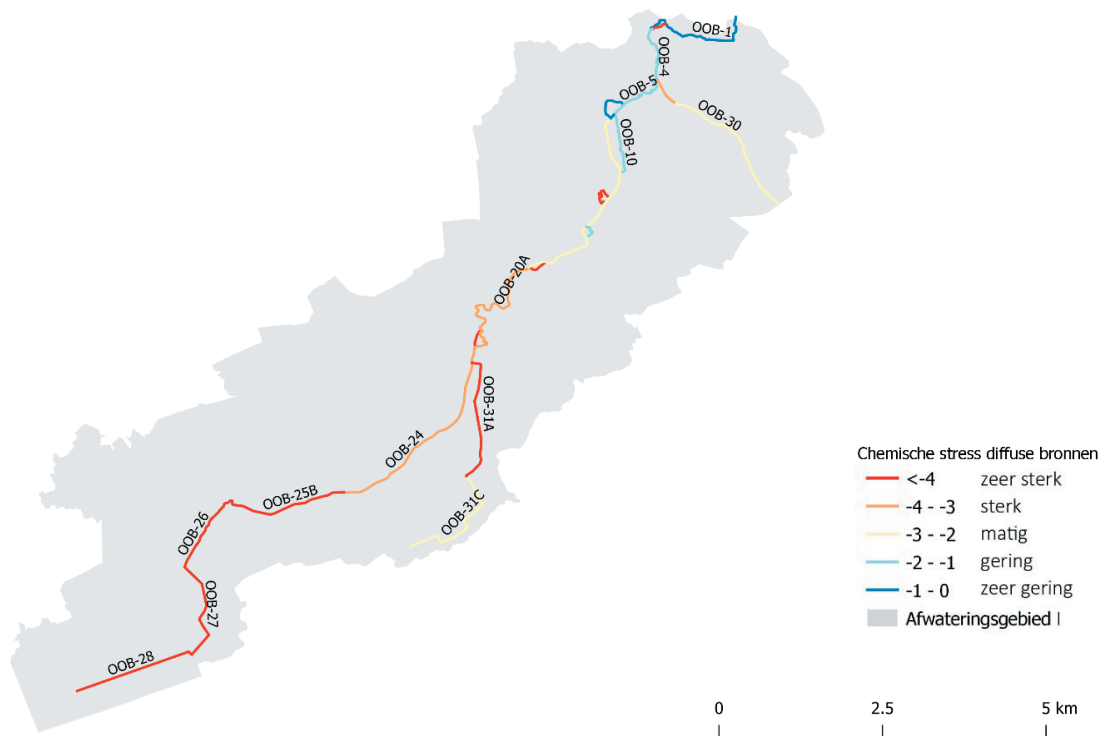
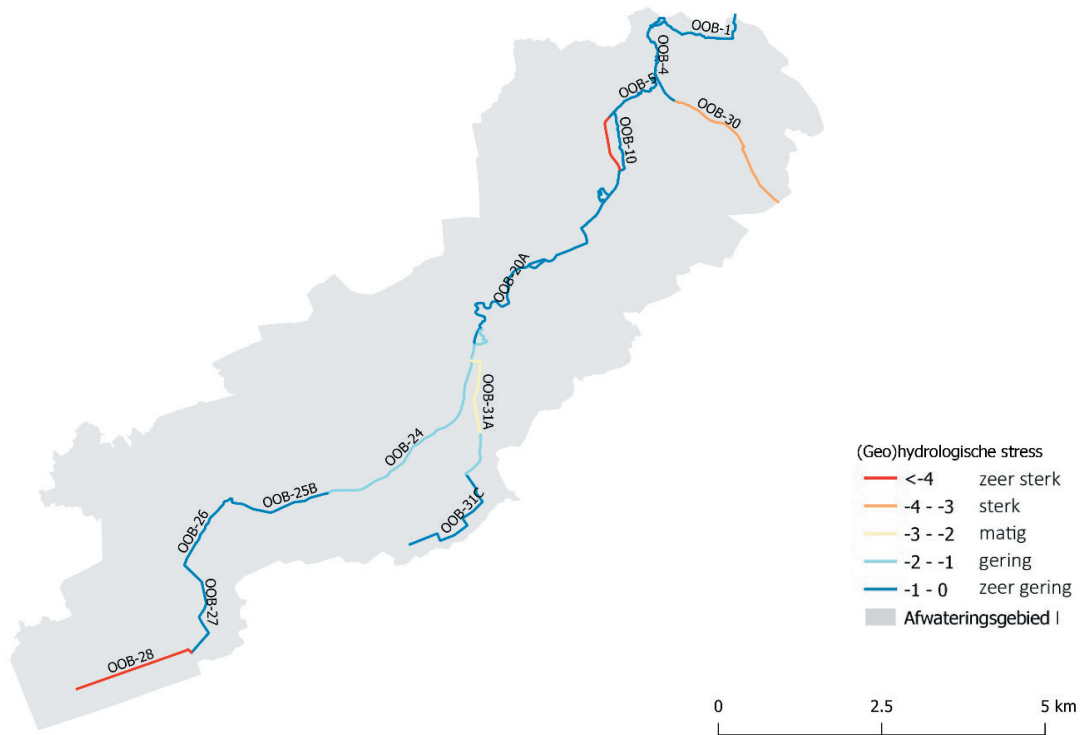
**FIGUUR 3.1**

Casus Oostrumsche beek met A) Overzicht van de Oostrumsche beek en omgeving en B) de totale cumulatieve stress-score zoals berekend met de gekalibreerde SESA-methode, inclusief de macrofauna-monitoringspunten met hun gemiddelde EKR-score ter vergelijking. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De locatie van de monitoringspunten is bij benadering als gevolg van de aggregatie van meetpunten die dicht bij elkaar lagen. De codes geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.

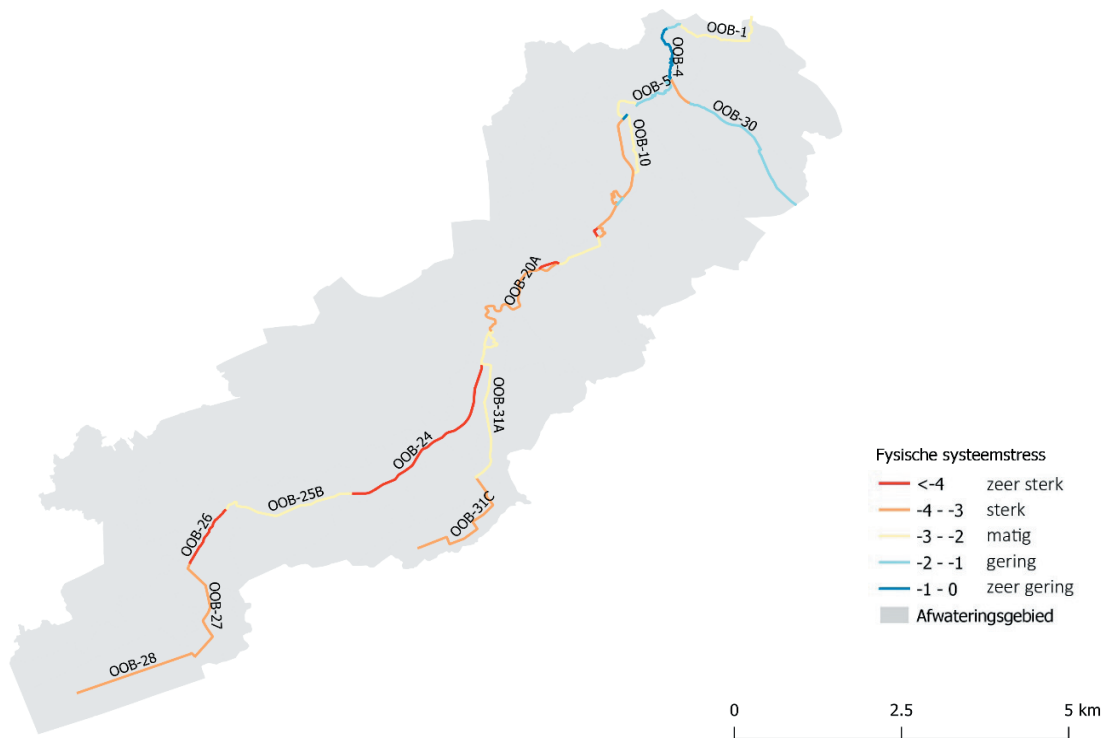
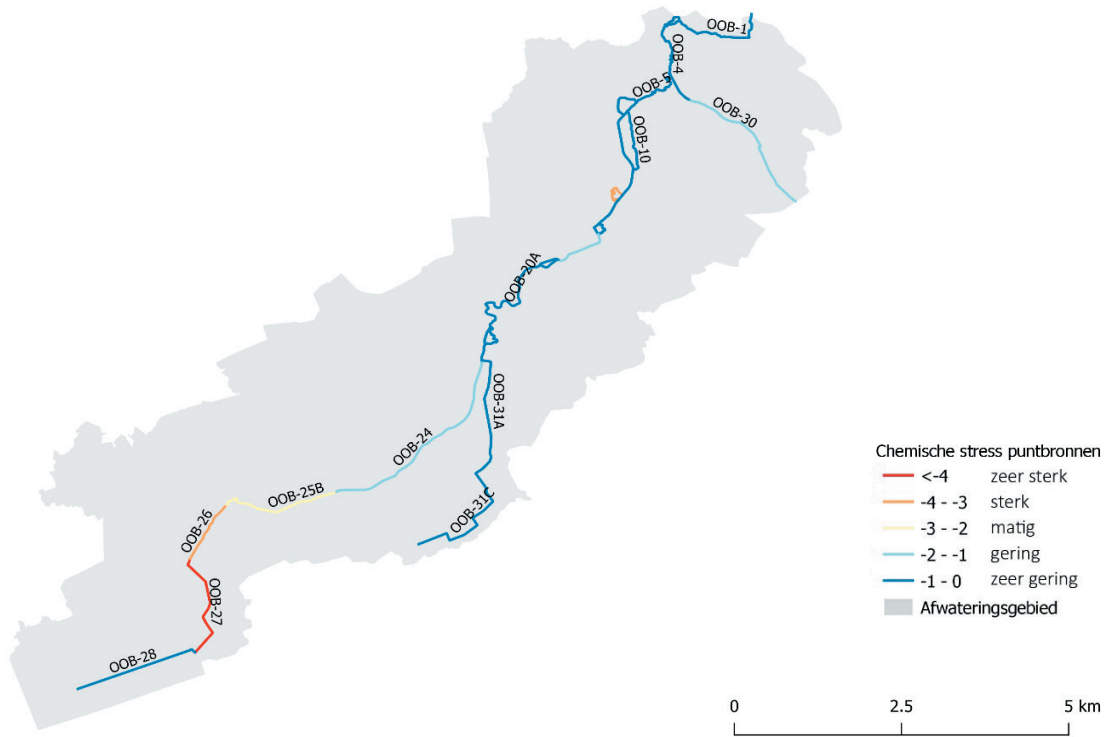


### FIGUUR 3.2

Met de SESA-methode berekende stress-scores per stressor-categorie in de Oostrumsche beek voor (geo)hydrologische stress en de chemische stress van diffuse bronnen. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De codes geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.

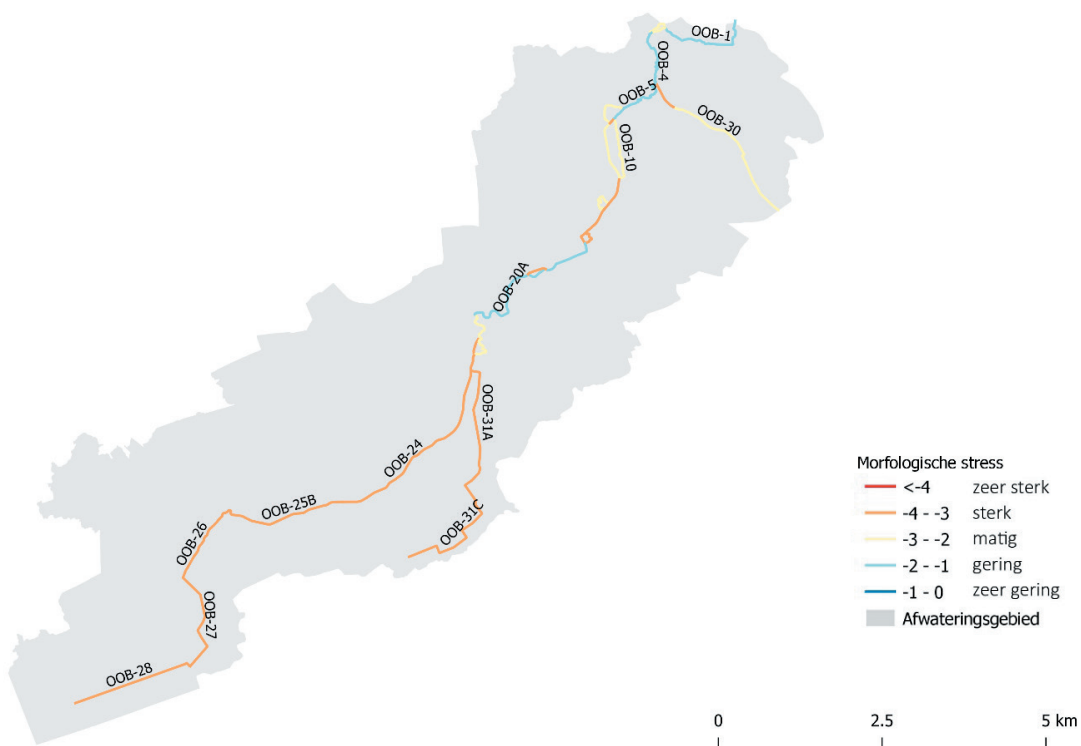
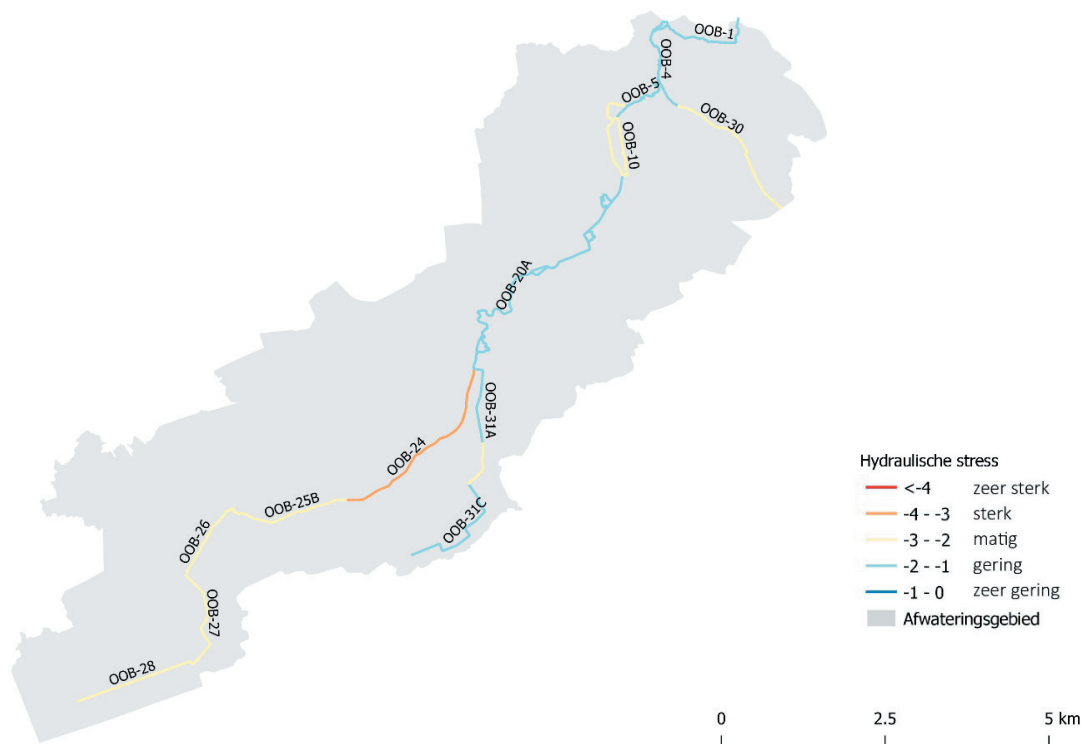


VERVOLG FIGUUR 3.2

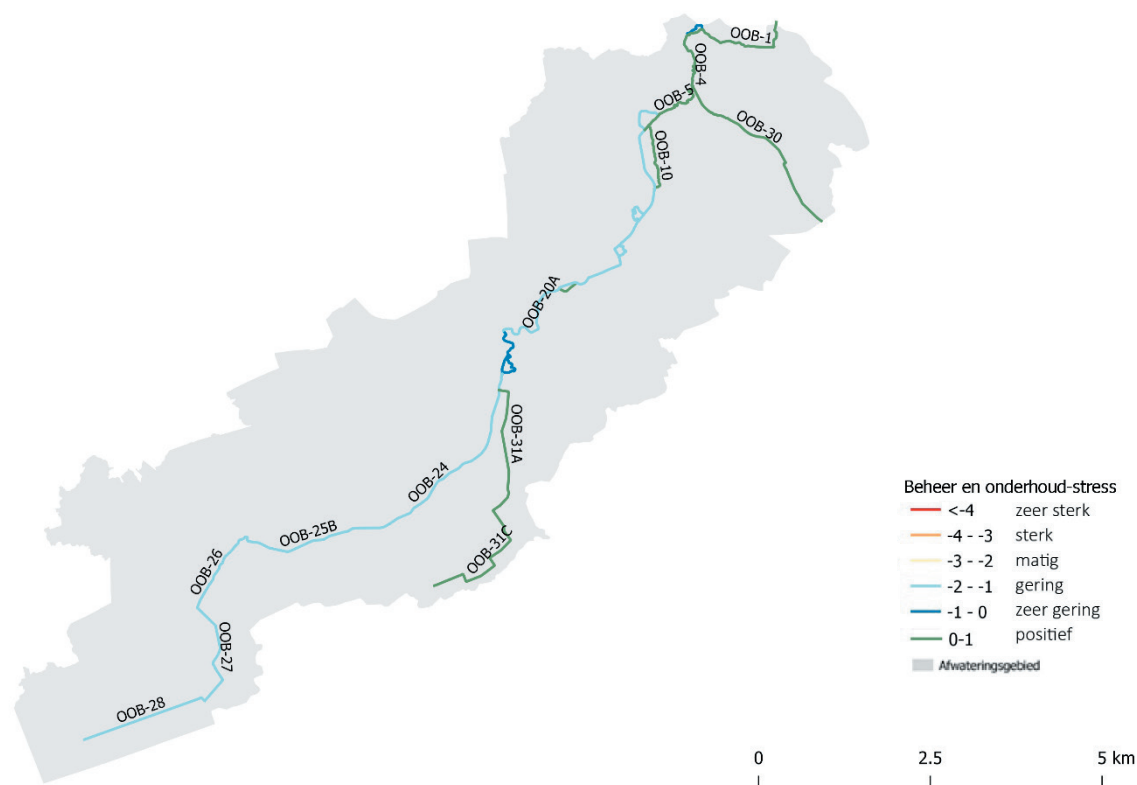




VERVOLG FIGUUR 3.2



## VERVOLG FIGUUR 3.2



## 3.2 GLANERBEEK

### 3.2.1 Achtergrond

De Glanerbeek (Waterschap Vechtstromen) is een langzaam stromende, gedeeltelijk genormaliseerde, gestuwde en gekanaliseerde beek op zandgrond en is een zijbeek van de Dinkel. De beek ontspringt in het Duitse gedeelte van het Aamsveen (Amtsvenn), wat net over de Nederlandse grens ligt. Het Nederlandse deel van de beek is ongeveer 9,1 km lang, het Duitse traject is met een lengte van circa 1,5 km aanzienlijk korter. De Glanerbeek kent verschillende zijbeken. Vanuit het westen wordt de Glanerbeek gevoed door verschillende waterlopen die hun oorsprong hebben op de stuwwal van Enschede, waaronder de Hoge Boekelerbeek. De belangrijkste rechtszijdige zijtak is de Flörbach. De oorsprong van deze beek ligt ten noordoosten van Alstätte ter hoogte van het Amtsvenn. De rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van Glanerbrug zorgt voor voeding met effluent. Bovenstrooms van dit inlaatpunt is de beek onvoldoende watervoerend in droge perioden in het zomerhalfjaar.

De Glanerbeek is een snel reagerend beekstelsel met relatief grote hoogteverschillen en een uitgebreid stelsel van lokale afwatering. De waterloop is veelal diep ingesneden in het maaiveld waardoor er weinig inundaties optreden, met uitzondering van het meest benedenstroomse traject nabij de Dinkel waar vaker inundaties optreden. De waterhuishouding in het stroomgebied is verstoord. Beekbodems zijn lokaal geërodeerd als gevolg van de combinatie hoge afvoeren en weinig ruimte voor het water in de breedte. Het stroomgebied kent vanwege een diepe drainagebasis en diepe detailontwatering een sterke ontwatering. Van nature was de bovenloop van de Glanerbeek een veenbeek die een diffuse afwatering vanuit het hoogveen verzorgde.

Het landgebruik in het stroomgebied is grotendeels landbouw, met verspreid natuurgebied en stedelijk gebied. In het beekdal is het karakter van het 'oude hoevenlandschap' nog op veel plaatsen min of meer herkenbaar. Op veel andere plaatsen is in de huidige situatie sprake van een 'modern' grootschalig landbouwlandschap. De bovenloop in het Amtsvenn heeft een natuurfunctie (N2000-gebied) en ook de benedenloop ligt deels in N2000-gebied (Dinkelland).

### 3.2.2 Data-specificatie casus

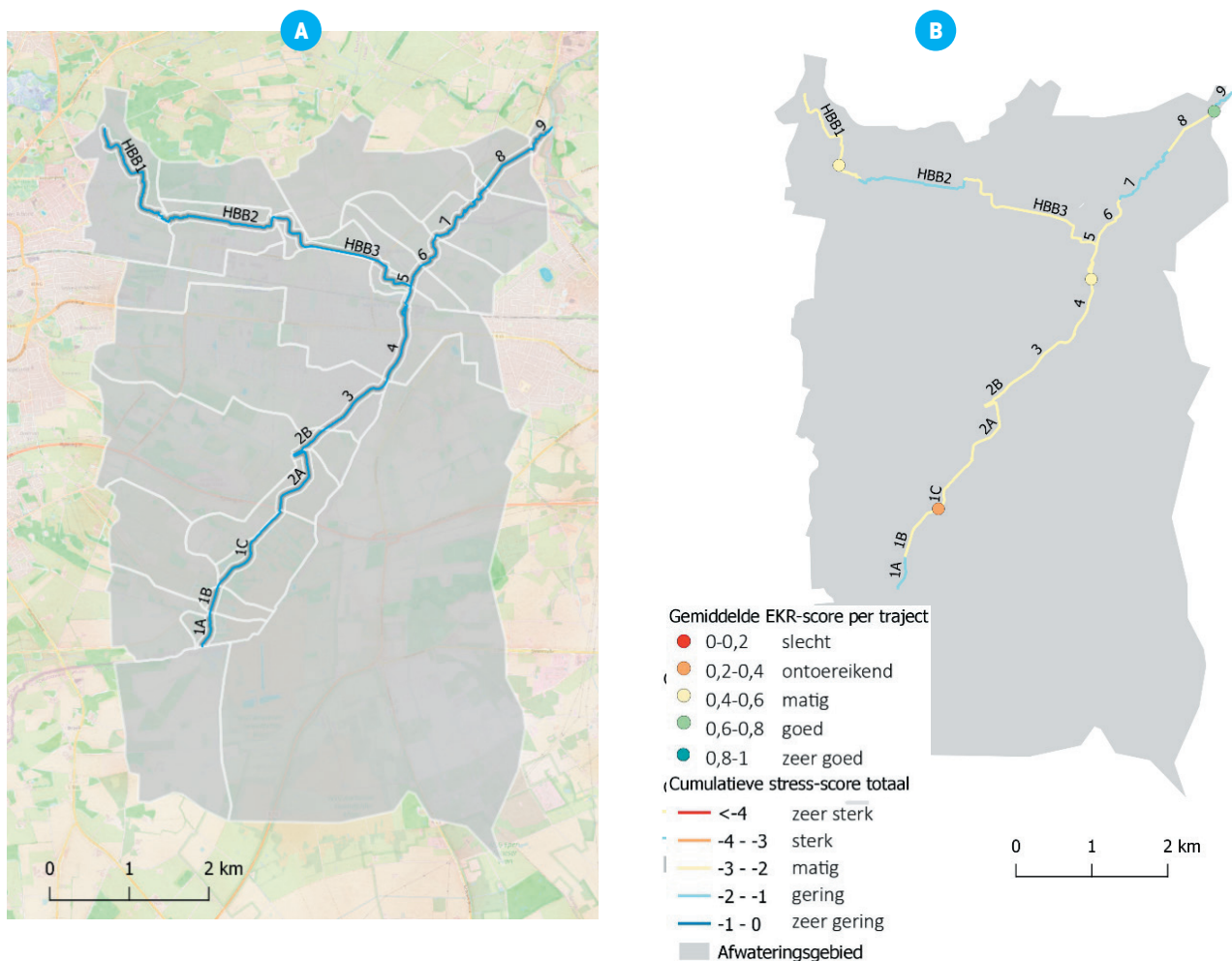
Voor de bufferzone is een strook van 50 m aan beide kanten van de beek genomen.

### 3.2.3 Resultaten abiotische analyse

De Glanerbeek ondervindt momenteel een matige tot geringe abiotische stress (Figuur 3.3). Er is weinig differentiatie te zien in cumulatieve stress-scores van trajecten binnen dit relatief kleine stroomgebied. Per stressorcategorie zijn er echter wel ruimtelijke verschillen te zien (Figuur 3.4). (Geo)hydrologische stress (o.a. oppervlakkige afstroming) en chemische stress van diffuse bronnen werken sterker bovenstrooms in de hoofdloop en de zijbeek. Chemische stress uit puntbronnen treedt verspreid door het stroomgebied op, meest belangrijk zijn een RWZI en een overstort. Er is relatief weinig tot geen fysieke systeem- (beschaduwing, temperatuur), hydraulische- (afvoerdynamiek, stroming) en beheer en onderhouds-stress (intensiteit van maaien). Morfologische stress (profiel, substraat, oevervegetatie) treedt juist meer in het benedenstroomse gedeelte op (hierbij opgemerkt dat het data uit 2020 betrof. In 2021 is traject 8 voor een groot deel gedempt. Langs de rechteroever is een nieuw, meanderend en natuurlijk ingerichte loop gegraven. Ook zijn delen van de trajecten 1A - 1C in 2021 heringericht (verondiept en voor een deel voorzien van een 2-fasenprofiel).

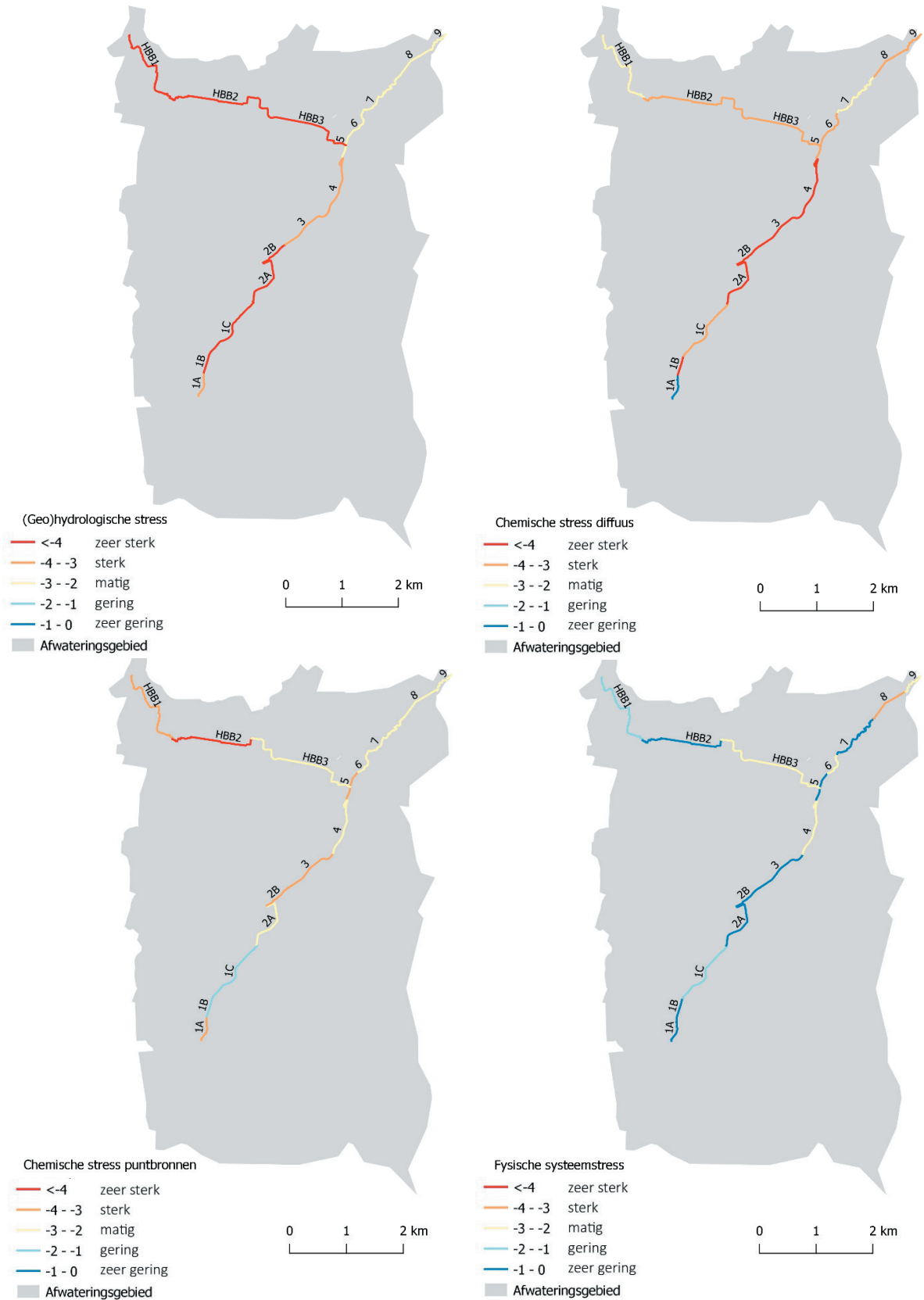
#### FIGUUR 3.3

Casus Glanerbeek met A) een overzicht van de Glanerbeek en omgeving, en B) de totale cumulatieve stress-score zoals berekend met de gekalibreerde SESA-methode, inclusief de ligging van de macrofauna-monitoringspunten met hun gemiddelde EKR-score ter vergelijking met de SESA stress-score. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De codes geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.

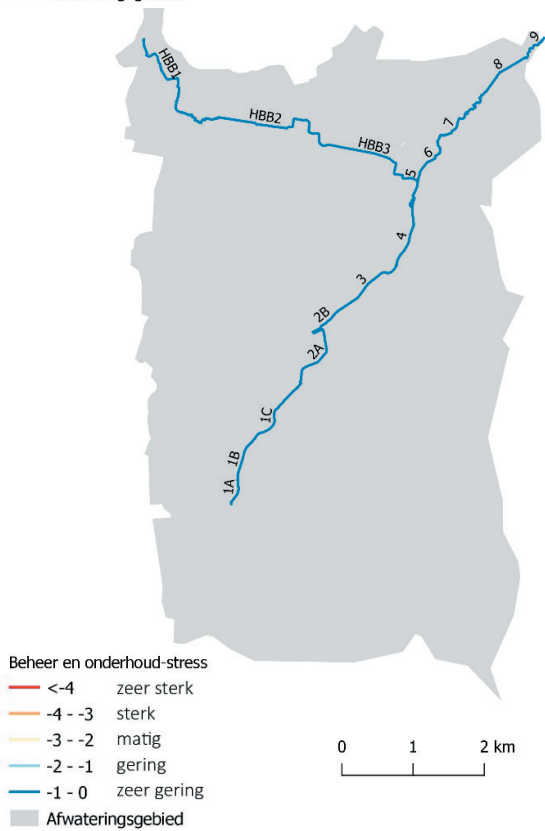
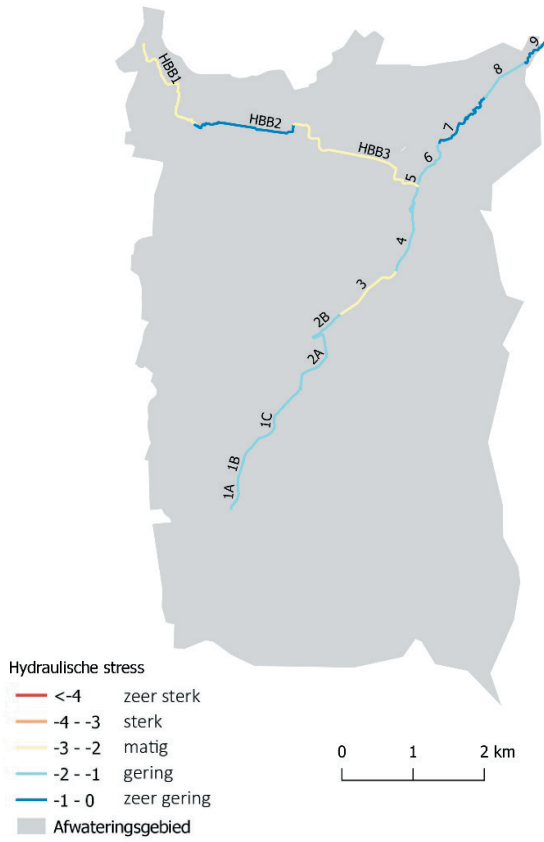


**FIGUUR 3.4**

Met de SESA-methode berekende stress-scores per stressor-categorie in de Glanerbeek voor (geo)hydrologische stress, chemische stress van diffuse bronnen en puntbronnen en de fysieke systeemstress. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De codes geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.



VERVOLG FIGUUR 3.4





### 3.3 HUNZE

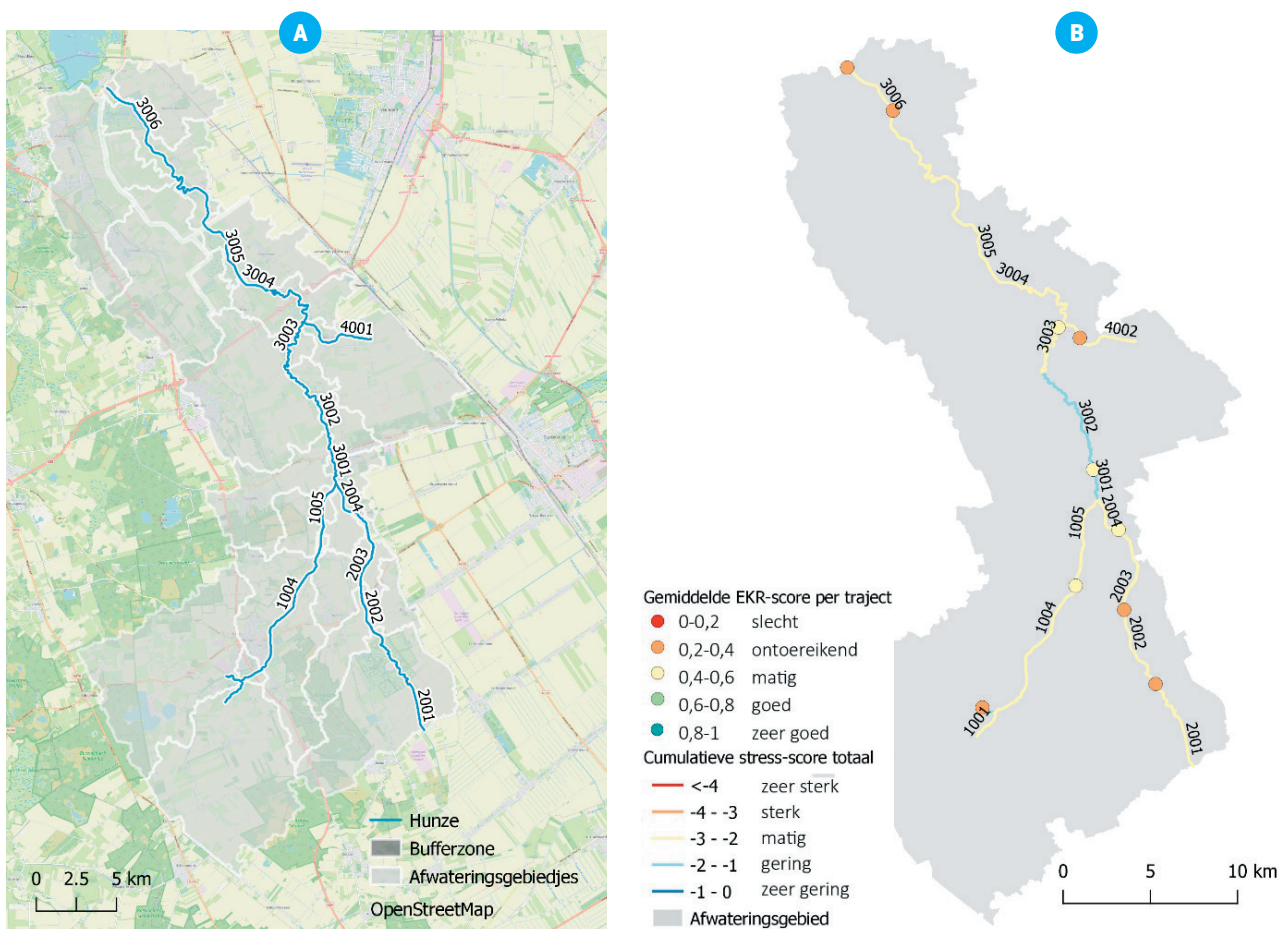
#### 3.3.1 Achtergrond

De Hunze is een langzaam stromende laaglandbeek op zand (KRW-type R5) in het beheergebied van waterschap Hunze en Aa's. De beek ontstaat uit het Voorste Diep op de Hondsrug en het Achterste Diep vanuit de voormalige veengebieden en mondt uit in het Zuidlaardermeer. Van oorsprong lag de beek in een uitgestrekt veengebied, maar dit is gereduceerd tot kleine fragmenten. Het beekdal wordt aan de westzijde door de Hondsrug begrensd, van waaruit grondwatervoeding plaatsvindt. Aan de oostzijde liggen de vlakke veenkoloniën, omdat het hoogveen daar is ontgonnen. Er vindt ook kunstmatige voeding in de vorm van effluent van RWZI Gieten en (benedenstrooms in de beek) inlaatwater uit IJsselmeer via Drentse kanalen plaats.

Voorheen was de Hunze gekanaliseerd en genormaliseerd. In het Hunzedal heeft de afgelopen decennia grootschalig beekherstel plaatsgevonden met als doel een zo natuurlijk mogelijke beek (hermeandering met klein profiel) en beekdal (moeras/broekbos) te ontwikkelen met de bijbehorende natte natuurtypen. De zone langs de beek heeft een natuurfunctie, de verder van de beek gelegen gronden zijn overwegend in agrarisch gebruik, met een kleiner aandeel bos en urbaan gebied. Op het benedenstroomse deel van de Hunze vindt recreatievaart plaats.

#### FIGUUR 3.5

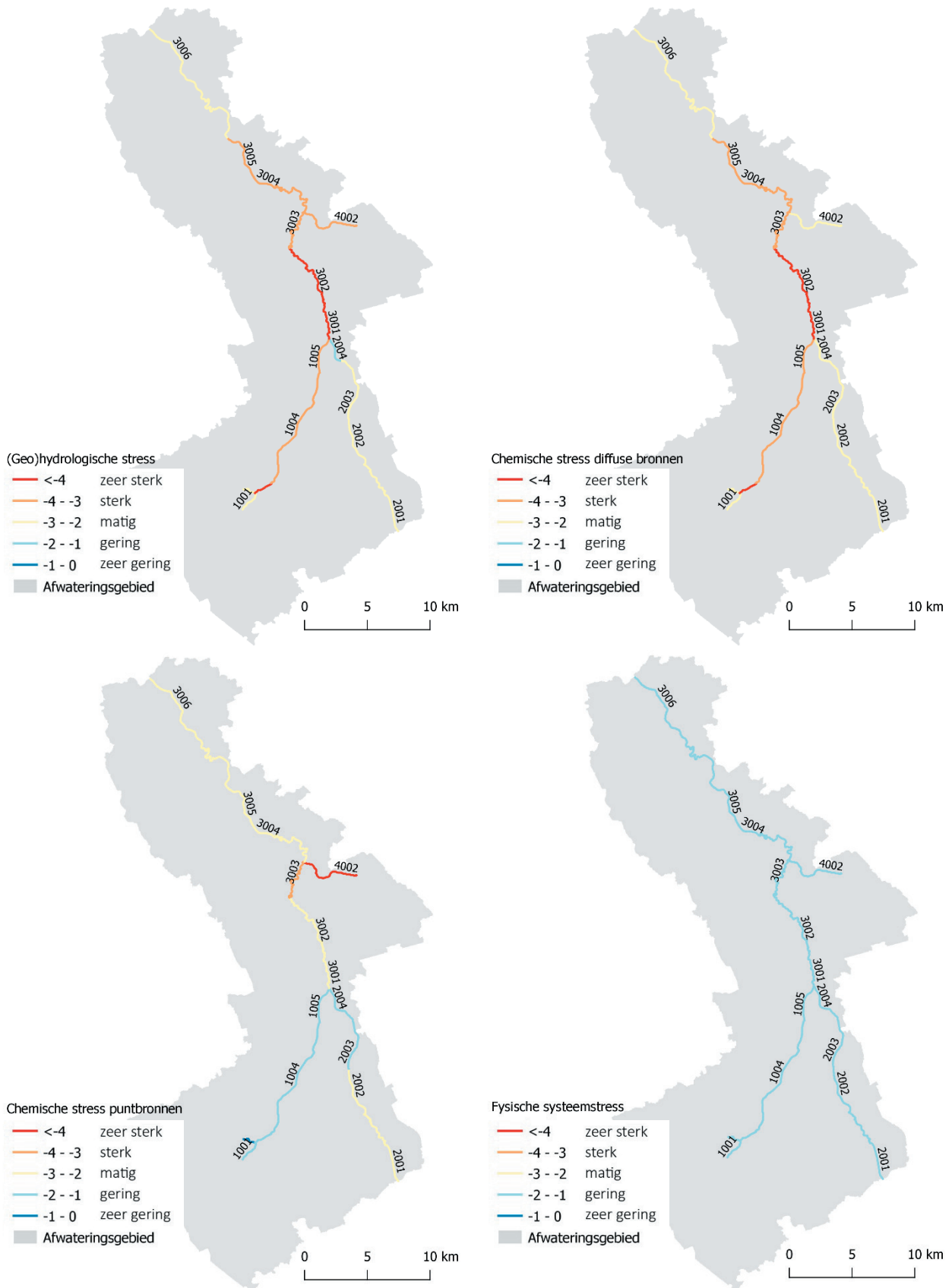
Casus Hunze met A) een overzicht van de Hunze en omgeving, en B) de totale cumulatieve stress-score zoals berekend met de gekalibreerde SESA-methode, inclusief de ligging van de macrofauna-monitoringspunten met hun gemiddelde EKR-score ter vergelijking met de SESA stress-score voor macrofauna. Locatie monitoringspunten bij benadering door aggregatie van dichtbij elkaar gelegen meetpunten. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De codes geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.



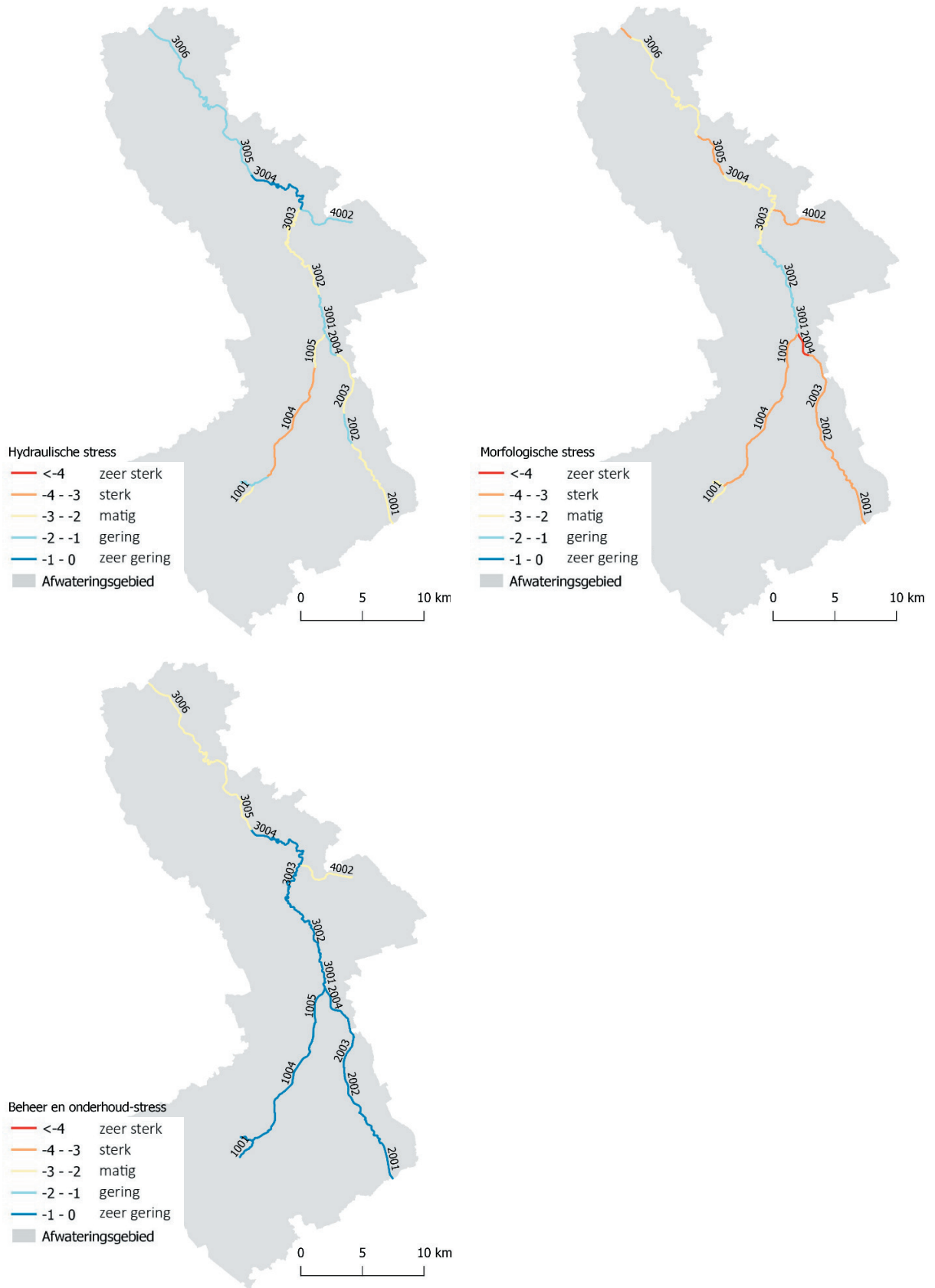


**FIGUUR 3.6**

Met de SESA-methode berekende stress-scores per stressor-categorie in de Hunze voor (geo)hydrologische stress, chemische stress van diffuse bronnen en puntbronnen en de fysische systeemstress. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De codes geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.



VERVOLG FIGUUR 3.6



### 3.3.2 Data-specificatie casus

Voor de bufferzone is een strook van 50 m aan beide kanten van de beek genomen.

### 3.3.3 Resultaten abiotische analyse

De Hunze ondervindt momenteel een matige tot geringe abiotische stress (Figuur 3.5). In het stroomgebied is weinig differentiatie te zien in cumulatieve stress-scores van individuele trajecten, waarbij de best scorende trajecten zich concentreren na de samenvloeiing van het Voorste Diep en Achterste Diep. Per stressorcategorie zijn er echter wel duidelijke ruimtelijke verschillen te zien (Figuur 3.6). (Geo)hydrologische stress (o.a. oppervlakkige afstroming) en chemische stress van diffuse bronnen werken sterker in op de middenloop van de Hunze. Chemische stress uit puntbronnen treedt op een enkele plek op. Er is relatief weinig fysische systeemstress (beschaduwing, temperatuur). Hydraulische- (afvoerdynamiek, stroming) en morfologische stress (profiel, substraat, oevervegetatie) treden voornamelijk in de bovenloop op. Beheer en onderhouds-stress (intensiteit van maaien) treedt juist meer benedenstrooms op.

## 3.4 TONGELREEP

### 3.4.1 Achtergrond

De Tongelreep is een langzaam stromende midden/benedenloop op zand (KRW-watertype R5) in het beheergebied van Waterschap de Dommel. Het stroomgebied heeft een oppervlakte van ca. 130 km<sup>2</sup> en een verval van ca. 64 m over een beeklengte van ca. 36 kilometer. Door dit relatief grote verhang ligt de stroomsnelheid hoog voor een laaglandbeek. De Tongelreep ontspringt in België (nabij het dorp Erpekom) en wordt daar Warmbeek genoemd. Op vier plekken wordt de Warmbeek gevoed door Maaswater dat via het Bocholt-Herentalskanaal wordt aangevoerd, slechts twee plekken zouden een beperkte invloed kunnen hebben op de Tongelreep, maar dit water bereikt de beek alleen indirect. Grondwater is dan ook de belangrijkste voeding. Na de abdij de Achelse Kluis (Belgisch-Nederlandse grens) stroomt de beek Nederland binnen, waarna de Haagbroekerloop in de Tongelreep stroomt. Vervolgens loopt de beek langs Valkenswaard en Aalst om zich in Eindhoven bij de Dommel te voegen. Ter hoogte van Valkenswaard bevinden zich visvijvers, die worden gevoed door de Tongelreep. Voor uitmonding in de Dommel stroomt de Tongelreep door de slibvang de Vleut. Deze slibvang is aangelegd om vervuild sediment af te vangen (cadmium, zink). Het stroomgebied bestaat voor bijna 40% uit natuurgebieden, het overige gebied is in landbouwkundig gebruik of is urbaan gebied.

### 3.4.2 Data-specificatie casus

Voor de bufferzone is een strook van 50 m aan beide kanten van de beek genomen.

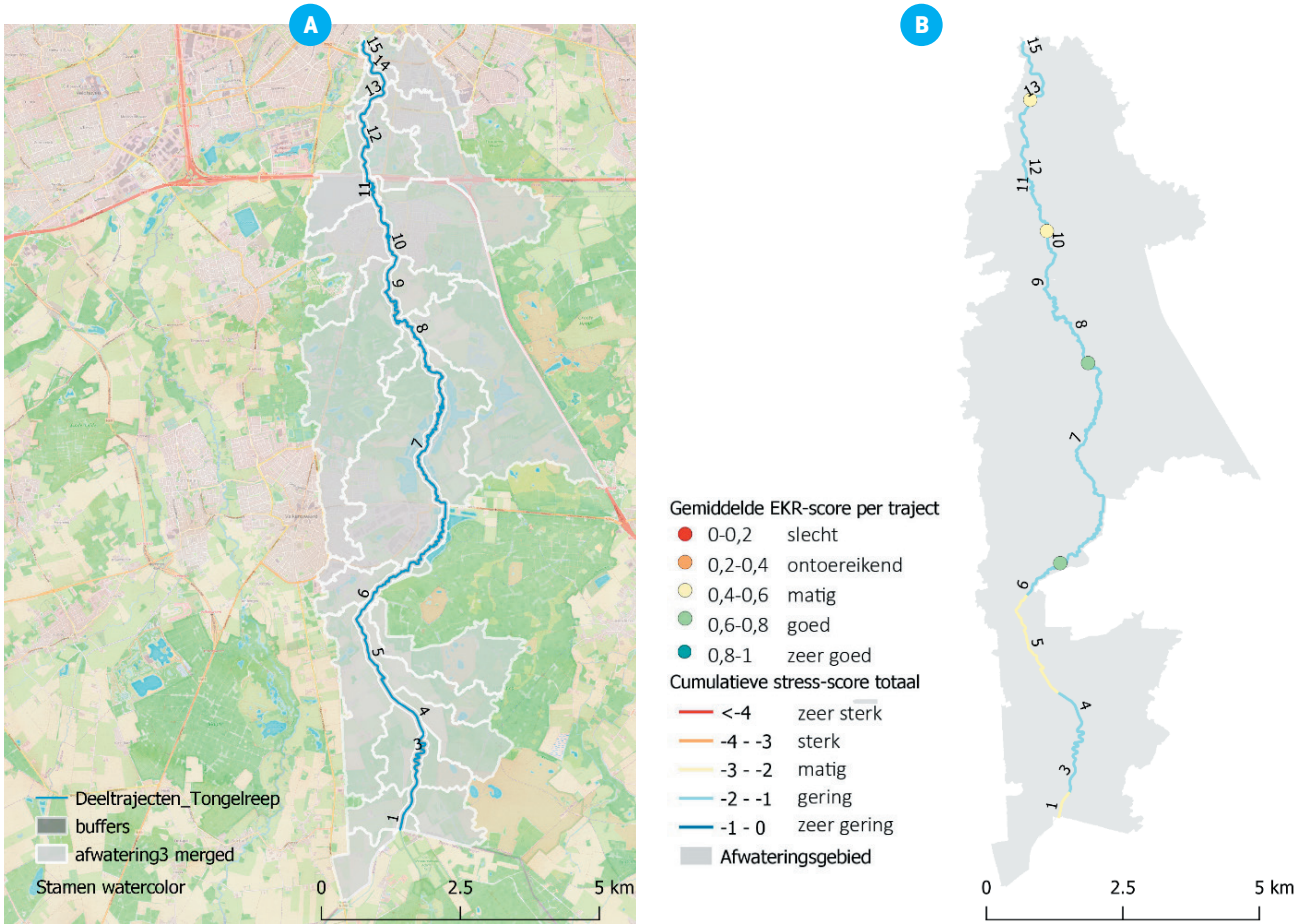
Voor de Tongelreep was het niet mogelijk om de drainage per gebied te bepalen. Van enkele percelen was bekend dat er gedraineerd wordt maar er was geen volledige kwantitatieve dataset beschikbaar. Ook de waarden voor oppervlakkige afstroming zijn niet apart onderscheiden. Dit betekent dat de categorie hydraulische stress hier vervalt.

### 3.4.3 Resultaten abiotische analyse

De Tongelreep ondervindt grotendeels een geringe abiotische stress, slechts enkele trajecten hebben een matige stress (Figuur 3.7). Dit wordt ook gereflecteerd in de relatief hoge EKR-waarden voor de macrofaunagemeenschap. Chemische stressoren zijn vooral bovenstrooms te zien, vanaf het inlaatpunt van water aan de grens van België (Figuur 3.8). Fysische systeemstress (beschaduwing, temperatuur) en morfologische stress (profiel, substraat, oevervegetatie) zijn in het centrale, herstelde deel van het stroomgebied zeer gering maar elders kunnen deze categorieën lokaal sterke stress opleveren. Hydraulische- (afvoerdynamiek, stroming) en beheer- en onderhouds-stress zijn nagenoeg afwezig.

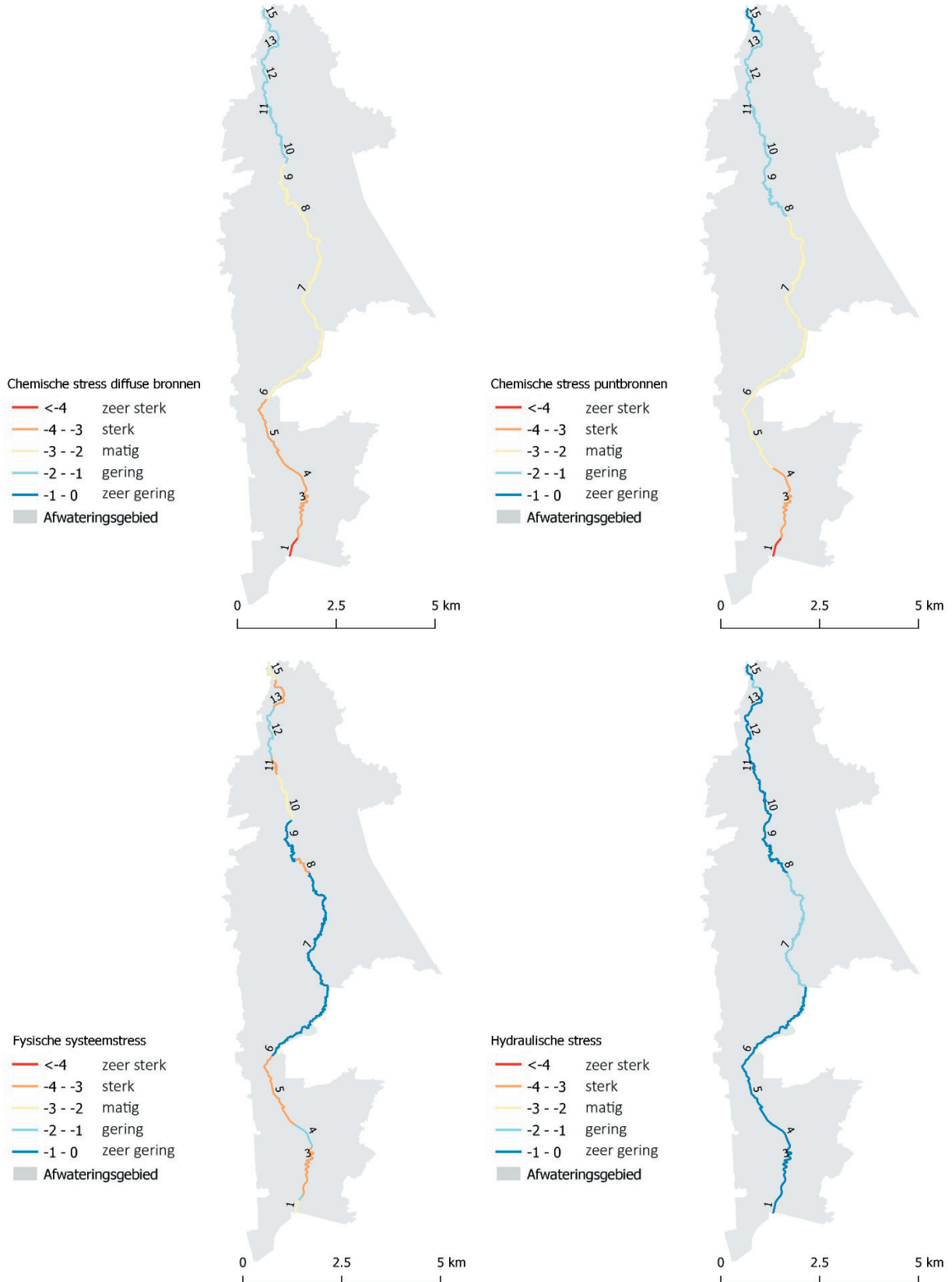
**FIGUUR 3.7**

Casus Tongelreep met A) een overzicht van de Tongelreep en omgeving, en B) de totale cumulatieve stress-score zoals berekend met de gekalibreerde SESA-methode, inclusief de ligging van de macrofauna-monitoringspunten met hun gemiddelde EKR-score ter vergelijking met de SESA stress-score voor macrofauna. Locatie monitoringspunten bij benadering door aggregatie van dichtbij elkaar gelegen meetpunten. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De nummers geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.

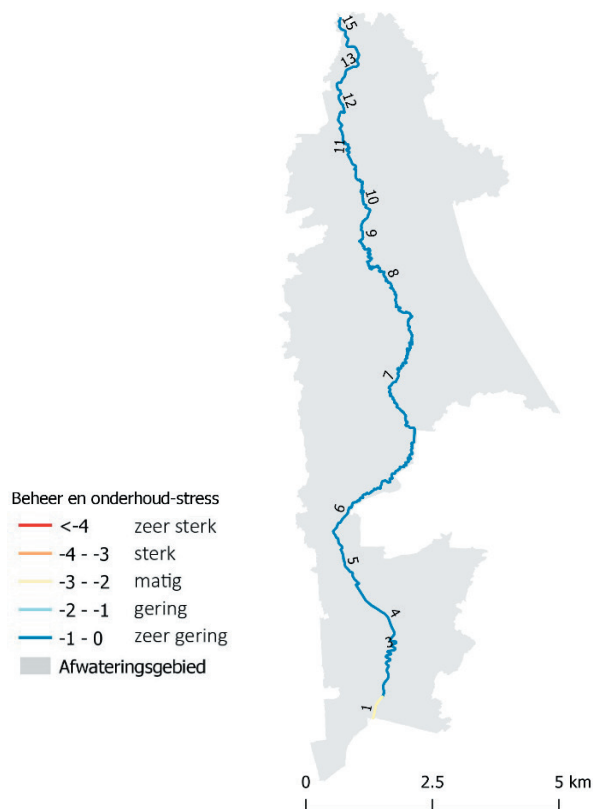
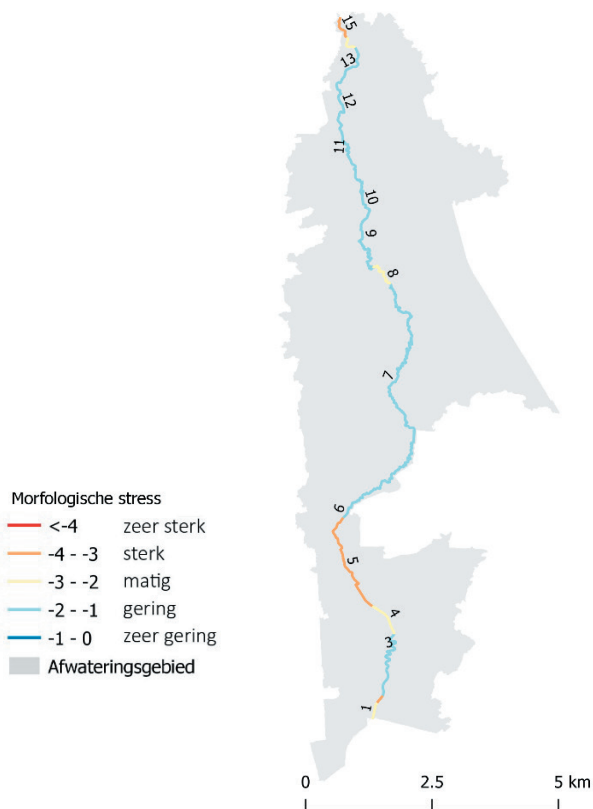


### FIGUUR 3.8

Met de SESA-methode berekende stress-scores per stressor-categorie in de Tongelreep voor de chemische stress van diffuse bronnen en puntbronnen, de fysische systeemstress en de hydraulische stress. De mate van stress is uitgedrukt in een stressscore, die geschaald is als zeer gering (-1 - 0), gering (-2 - -1), matig (-3 - -2), sterk (-4 - -3) en zeer sterk (-4 of kleiner). De nummers geven de indeling in de beek in segmenten weer, die gebruikt zijn voor de stress-berekening.



VERVOLG FIGUUR 3.8



## ►► 4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

---

De SESA-methode is recent ontwikkeld en nog maar op een beperkt aantal stroomgebieden - de laaglandbeken Tungelroyse Beek en de Grootte Molenbeek (De Vries *et al.* 2019, Verdonschot *et al.* 2021) - toegepast, waardoor op bepaalde onderdelen aanscherping of doorontwikkeling mogelijk was.

Binnen dit project zijn verschillende ontwikkelstappen die bij het uitvoeren van de eerdere SESAs naar voren kwamen, doorgevoerd. Na deze stap heeft een analyse van vier stroomgebieden van verschillende waterschappen verspreid over de hogere zandgronden plaatsgevonden om de methodiek af te stemmen op een bredere toepassing. Ter kalibratie is een afstemming van de resultaten op biologische scores van deze vier stroomgebieden uitgevoerd met betrekking tot de weging van stressorcategorieën, zodat een optimaal lineair verband tussen de berekende cumulatieve stress-scores en de gemeten gemiddelde EKR-score voor de macrofauna kon worden bereikt.

Uit de analyse en de discussies met de betrokkenen bij de casussen zijn een aantal nog nader te onderzoeken opties voor het model naar voren gekomen die in de toekomst kunnen worden uitgewerkt. Zo lijken specifieke stressoren onder- of overbelicht in de modelresultaten en kunnen in meer detail worden bekeken. Het gaat hierbij met name om de (organische) belasting vanuit RWZI's en de invloed van infrastructuur. Met meer gegevens kunnen deze bronnen van stress accurater in het model worden opgenomen. Het gaat hierbij om informatie over bijvoorbeeld de uitwerpfrequentie, de vormen van belasting en de vrachten die hierbij horen.

De berekende hydrologische parameters zijn afhankelijk van de grootte van het bijbehorende afwateringsgebied. Een groter gebied levert immers potentieel meer water. Er dient nog onderzocht te worden of met deze aanpak een correcte vergelijking tussen verschillende segmenten en/of afwaterings- en zijstroomgebieden gemaakt is. Ook de verhouding tussen de lengte van het segment t.o.v. de grootte van het afwateringsgebied speelt hierbij een rol. Corrigeren op lengte van segmenten verdient ook aandacht omdat bij de huidige aanpak de retentie met een standaardwaarde per segment wordt meegenomen. De vraag is of het niet beter is dit te relateren aan de segmentlengte.

De bijdrage van stress uit golfbanen en kassen zit deels in het landgebruik verweven. De indeling van landgebruik-types in Europese CORINE-dataset verschilt echter van de Nederlandse indeling, waardoor golfbanen, sportvelden en kassen niet meer expliciet worden onderscheiden. Hiervoor moet apart worden gekeken naar de bijdrage van deze typen landgebruik in de vorm van puntbronnen.

Ook moet nader onderzocht worden of door in de berekening van de effecten van diffuse bronnen (en mogelijk alle bronnen) een afstandscomponent op te nemen een accurater resultaat wordt behaald, omdat de processen dan onafhankelijk worden van de lengte van segmenten welke onderling (sterk) kunnen verschillen.

Er kan worden gekeken naar een methode om oppervlakkige afstroming van afwateringsgebiedjes niet alleen toe te wijzen op basis van enkel de oppervlakte per afwateringsgebied, maar hierbij ook het landgebruik, bodemtype en de terreinhelling te betrekken.

Tenslotte is het nuttig voor een toekomstige validatie (en voor een eventuele verdere kalibratie) om in toekomst meer biologische meetpunten beschikbaar te hebben. Dit vraagt om het inwinnen van meer data in de geanalyseerde en eventueel andere stroomgebieden wanneer er een SESA wordt uitgevoerd.

Ondanks de verschillende opties die nog nader kunnen worden onderzocht en aangescherpt heeft dit project geleid tot een met de momenteel beschikbare data zo goed mogelijk gekalibreerde standaard. De stroomgebieden die als casus zijn gebruikt vormen een doorsnede van de verschillende typen laaglandbeken die in Noord-, Oost- en Zuid-Nederland te vinden zijn, wat de weg vrijmaakt voor een generieke toepassing van de SESA-methode in andere stroomgebieden op de hogere zandgronden.



## ►► 5 LITERATUUR

---

- Lemm, J.U., Venohr, M., Globevnik, L., Stefanidis, K., Panagopoulos, Y., van Gils, J., Posthuma, L., Kristensen, P., Feld, C.K., Mahnkopf, J., Hering, D. and Birk, S. (2021), Multiple stressors determine river ecological status at the European scale: Towards an integrated understanding of river status deterioration. *Glob. Change Biol.*, 27: 1962-1975. <https://doi.org/10.1111/gcb.15504>
- de Vries, J., Kraak, M. H. S., Verdonschot, R. C. M., & Verdonschot, P. F. M. (2019). Quantifying cumulative stress acting on macroinvertebrate assemblages in lowland streams. *Science of the Total Environment*, 694, [133630]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133630>
- Verdonschot P.F.M. & Verdonschot R.C.M. (2021). Ecologische systeembenadering en ecologische systeemanalyse. Rapport Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwater- ecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 134 pp
- Verdonschot, P. F. M., Verdonschot, R. C. M., de Jong, E., Soetens, A., van Maanen, B., van Mil, J., Vreemans, N., & Verdonschot, F. (2021). Stroomgebiedsbrede Ecologische Systeem Analyse (SESA) : van het stroomgebied van de Groote Molenbeek. (Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research). Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/545036>
- Verdonschot P. F. M., Driessen J. M. C., Mosterdijk H. G. & Schot J. A. (1998). The 5-S-Model, an integrated approach for stream rehabilitation. In: H.O. Hansen & B.L. Madsen, *River Restoration '96, Session lectures proceedings*. International Conference arranged by the European Centre for River Restoration: 36-44. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Verdonschot, P. F. M., Verdonschot, R. C. M., & Besse-Lototskaya, A. A. (2015). ESF stromende wateren en stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse. H2O online, (28 augustus).

►► **BIJLAGE 1 - Toelichting bij de invoerdata die nodig is om een SESA uit te kunnen voeren**

Parametergroep	Subgroep	Parameter	Uitleg	Type invoer	Eenheid	Notitie	Voor welk type (deel) stroomgebied invullen?	Databron
Algemeen		Naam (deel)stroomgebied	Naam van het (deel)stroomgebied, bijv. Grote Molenbeek	Tekst	-	-	Alle	Afbakening waterschap
		Type (deel)stroomgebied	Typering van het (deel)stroomgebied.	Keuze drop down menu	-	Onderscheid: "Afwateringsgebied", "Zijstroomgebied", "Zijbeek" (laatste wordt behandeld als afwateringsgebied van hoofdbeeksegment)	Alle	Afbakening waterschap
		Segmentcode	Segmentcode van het (deel)stroomgebied	Tekst	-	Elk segment moet een unieke code krijgen	Alle	Afbakening waterschap
		KRW type	Watertype gedefinieerd volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW) watertypen	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "R1" t/m "R20"	Afwateringsgebied en zijbeek	Afbakening waterschap
		Stroomt af in	Segmentcode waarop dit (deel)stroomgebied afstroomt. Voor afwateringsgebieden is dit de segmentcode benedenstrooms (let op: het laatste segment stroomt nergens op af dus deze cel leeg laten). Voor de zijbeken is dit de segmentcode van de zijbeek benedenstrooms en bij het laatste segment van de zijbeek de segmentcode van het	Tekst	-	Tekst moet overeenkomen met segmentcodes kolom B (NB: let op hoofdletters, spaties etc.)	Alle	Afbakening waterschap

		afwateringsgebied van de hoofdbek waarop het afstroomt. Voor zijstroomgebieden is dit de segmentcode van het bijbehorende afwateringsgebied van de hoofdbek.						
Totale afvoer en aandeel afvoer	Totale afvoer per (deel)stroomgebied	Afwateringsgebied	Totale afvoer afwateringsgebied (excl. bufferzone) per tijdseenheid	Getal	m3	Positief	Afwateringsgebied	Hydrologische modellering waterschap
		Zijstroomgebied	Totale afvoer zijstroomgebied	Getal	m3	Positief	Zijstroomgebied	Hydrologische modellering waterschap
		Zijbeek	Totale afvoer zijbeek (excl. bufferzone)	Getal	m3	Positief	Zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
		Zijbeek op zijbeek	Totale afvoer zijbeek (excl. bufferzone)	Getal	m3	Positief	Zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
	Aandeel afvoer	Afwateringsgebied	Aandeel afvoer afwateringsgebied = Totale afvoer afwateringsgebied / Cumulatieve afvoer segment	Getal	-	Tussen 0 en 1	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
		Zijstroomgebied	Aandeel afvoer zijstroomgebied = Totale afvoer zijstroomgebied / Cumulatieve afvoer segment	Getal	-	Tussen 0 en 1	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
		Zijbeek	Aandeel afvoer zijbeek = Totale afvoer zijbeek / Cumulatieve afvoer segment	Getal	-	Tussen 0 en 1	Afwateringsgebied	Hydrologische modellering waterschap
		Zijbeek op zijbeek	Aandeel afvoer zijbeek op zijbeek = Totale afvoer zijbeek op zijbeek / Cumulatieve afvoer segment zijbeek	Getal	-	Tussen 0 en 1	Afwateringsgebied	Hydrologische modellering waterschap
		Beekdal- of bufferzone	Aandeel afvoer beekdalzone = Totale afvoer beekdalzone / Cumulatieve afvoer segment	Getal	-	Tussen 0 en 1	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap

Hydrologie	Hydrologie afwateringsgebied,	Runoff	De afvoer van neerslag (geen sneeuw) die niet snel genoeg kan infiltreren en bovendien niet kan worden geborgen op het maaiveld, naar het oppervlaktewaterlichaam	Getal	m3/d	Negatief; 0 indien afwezig	Alle	Hydrologische modellering waterschap
		Drainage	De afvoer van water via drainagemiddelen	Getal	m3/d	Negatief; 0 indien afwezig	Alle	Hydrologische modellering waterschap
		Kwel	De aanvoer van water vanuit het regionale Grondwater naar de bufferzone	Getal	m3/d	Negatief of positief	Alle	Hydrologische modellering waterschap
Hydrologie	Hydrologie beekdal- of bufferzone 50	Runoff	De afvoer van neerslag (geen sneeuw) die niet snel genoeg kan infiltreren en bovendien niet kan worden geborgen op het maaiveld, naar het oppervlaktewaterlichaam	Getal	m3/d	Negatief; 0 indien afwezig	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
		Drainage	De afvoer van water via drainagemiddelen	Getal	m3/d	Negatief; 0 indien afwezig	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
		Kwel	De aanvoer van water vanuit het regionale Grondwater naar de beek	Getal	m3/d	Negatief of positief	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
Chemie	Diffuse	landgebruik per hoofdbodemtype in afwateringsgebied	Het aandeel landgebruik per hoofdbodemtype in het gebied (bijv. aandeel agrarisch gras op klei)	Getal	-	Tussen 0 en 1, de som van alle waardes in een segment is 1	Alle. (voor afwateringsgebied en zijbeek excl. bufferzone)	GIS, bodemkaart ESDAC, landgebruikskartaart CORINE
Chemie	Diffuse	landgebruik per hoofdbodemtype in bufferzones	Het aandeel landgebruik per hoofdbodemtype in het gebied (bijv. aandeel agrarisch gras op klei)	Getal	-	Tussen 0 en 1, de som van alle waardes in een segment is 1	Afwateringsgebied en zijbeek	GIS, bodemkaart ESDAC, landgebruikskartaart CORINE
Chemie	Puntbronnen	RWZI	Aanwezigheid van lozing van rioolwaterzuivering	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Aanwezig" of "Afwezig"	Alle	Data waterschap
		Overstort: aantal/jaar	Aantal (frequentie) overstorten die ieder jaar optreden	Getal	-	Positief; 0 indien afwezig	Alle	Data waterschap

		Overstort: verhouding max overstort Q/ basisafvoer	Het volume van de maximale overstort t.o.v. de basisafvoer van het ontvangende water	Tekst of getal	-	"NA" indien data ontbreekt; "op droge watergang" als de overstort op droge watergang plaatsvindt; getal indien data van verhouding bekend	Alle	Data waterschap
		Waterinlaat	Aantal waterinlaten in (deel)stroomgebied	Getal	-	Positief; 0 indien afwezig	Alle	Data waterschap
		Infrastructuur	Aantal bermsloten in (deel)stroomgebied	Getal	-	Positief; 0 indien afwezig	Alle	Data waterschap
		Spoorsloot	Aantal spoorsloten in (deel)stroomgebied	Getal	-	Positief; 0 indien afwezig	Alle	Data waterschap
		Industrie	Aantal industrieterreinen in (deel)stroomgebied	Getal	-	Positief; 0 indien afwezig	Alle	Data waterschap
		Visvijver	Aantal visvijvers in (deel)stroomgebied	Getal	-	Positief; 0 indien afwezig	Alle	Data waterschap
Systeemvoorwaarden	Temperatuur	Temperatuur: maximum temperatuur per jaar	Jaarlijkse maximum watertemperatuur in de beek	Getal	oC	NA indien data ontbreekt; anders positief getal	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	Verhang	Verhang: hoogte boven	Hoogste punt van het betreffende beeksegment	Getal	m	Positief	Afwateringsgebied en zijbeek	AHN
		Verhang: hoogte beneden	Laagste punt van het betreffende beeksegment	Getal	m	Positief	Afwateringsgebied en zijbeek	AHN
		Verhang: lengte	Lengte van het betreffende beeksegment	Getal	m	Positief	Afwateringsgebied en zijbeek	AHN
	Beschaduwij	Beschaduwing: loodrechte projectiebladerde k	Loodrechte projectie van het bladerdek op de beek	Keuze drop down menu	%	Keuze uit: "0-20%", "20-40%", "40-60%", "60-80%" of "80-100%"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
Beekhydrologie	Afvoerdynamiek	basisafvoer	Basisafvoer in de beek (Overschrijding 330 dagen/jaar)	Getal	hoeveelheid/t ijd (bv m3/s)	Positief; alle afvoer in zelfde eenheid	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap

	jaarlijkse piekafvoer	Jaarlijkse piekafvoer in de beek (Overschrijding 1 dag/jaar)	Getal	hoeveelheid/t ijd (bv m3/s)	Positief; alle afvoer in zelfde eenheid	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
	zomerafvoer	Zomerafvoer in de beek (Overschrijding 200 dagen/jaar)	Getal	hoeveelheid/t ijd (bv m3/s)	Positief; alle afvoer in zelfde eenheid	Afwateringsgebied en zijbeek	Hydrologische modellering waterschap
Droogval	voorkomen droogval	Voorkomen droogval in de beek	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Niet", "Jaarlijks", "Niet Jaarlijks"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	aantal dagen droogval	Aantal dagen droogval in de beek	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "onbekend", "0", "1-7", "8-14", "15-21", "22-28", ">28"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
Stromingsvariatie	Stroming: stromingsvariatie	Stromingsvariatie in de beek	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "geen (volledig uniform)", "gering (lokaal een tweede stromingsbeeld)", "matig (3 stromingsbeelden, meestal 2 in geringe omvang)", "groot (3 stromingsbeelden, meestal 2 overal)", "zeer groot (4 stromingsbeelden, b.v. bergbeken)"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	Stroming: stroomkuilen	Stroomkuilen in de beek	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Geen stroomkuilen", "Aanzet tot stroomkuilen", "Stroomkuilen aanwezig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
Stuwwin	Stuwning: stuwen	Stuwen in de beek	Keuze drop down menu	-	Positief; 0 indien afwezig	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	Stuwning: vispassages	Vispassages in de beek	Keuze drop down menu	-	Positief; 0 indien afwezig	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	Stuwning: bodemvallen	Bodemvallen in de beek	Keuze drop down menu	-	Positief; 0 indien afwezig	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	Stuwning: lengte effect stuw	Lengte waarop de stuw in de beek effect heeft	Getal	m	Positief; Waarde wordt in huidige model niet gebruikt	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap



Beekmorfologie	Profiel	Profiel: breedtevariatie	Breedtevariatie van de beek	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "geen (overal normale breedte)", "gering (lokaal 2 typen)", "matig (regelmatig 2-3 typen)", "groot (vaak 2-3 typen; >20% beeklengte)" of "zeer groot (overal >3 typen; >20% beek)"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		Profiel: beschoeiing	Aanwezigheid van beschoeiing in de beek	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Tweezijdig", "Eenzijdig" of "Geen (incl. lokaal)"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		Profiel: beschoeiingstype	Eventueel beschoeiingstype	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Steen Structuurarm", "Hout Structuurarm", "Steen Structuurrijk", "Hout Structuurrijk" of "Geen / Zeer lokaal"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		erosieprofiel (> 20%)	Aanwezigheid van een erosieprofiel (> 20%)	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Gehele oeverhoogte geerodeerd", "Onderste deel van de oever geerodeerd" of "Geen of weinig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		type dwarsprofiel 1	Type dwarsprofiel van de beek aan de linkerkant	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Steil normprofiel", "Steil natuurlijk", "Tweefase", "Graduele overgang" of "Moeras/plasdras"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		type dwarsprofiel 2	Type dwarsprofiel van de beek aan de rechterkant	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Steil normprofiel", "Steil natuurlijk", "Tweefase", "Graduele overgang" of "Moeras/plasdras"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		oevervorm 1	Oevervorm van de beek aan de linkerkant	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Steil", "Flauw", "Hol" of "Onregelmatig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		oevervorm 2	Oevervorm van de beek aan de rechterkant	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Steil", "Flauw", "Hol" of "Onregelmatig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		kortste lengte (m)	Kortste lengte van het betreffende beeksegment	Getal	m	Positief	Afwateringsgebied en zijbeek	AHN

Substraat	aanwezigheid hout in het water	Aanwezigheid van hout in het water	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Geen of minder", "dunnere bomen of takken (5 - 10 per traject)" of "boom aanwezig (> 10 cm diameter)"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	basissubstraat aard (> 30%)	Eerste type basissubstraat aard (> 30%)	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Slib", "klei/leem of veen", "grind/steen", "zand" of "grove detritus"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	basissubstraat aard 2 (> 30%)	Tweede type basissubstraat aard (> 30%)	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Slib", "klei/leem of veen", "grind/steen", "zand" of "grove detritus"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	bladpakketten (> 25 %)	Aanwezigheid van bladpakketten (> 25 %)	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Aanwezig" of "Afwezig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	grindbedden aanwezig (aaneengesloten)	Aanwezigheid van aaneengesloten grindbedden	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Aanwezig" of "Afwezig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	zand/grindbanken (2-3 x zo ondiep)	Aanwezigheid van zand/grindbanken (2-3 x zo ondiep)	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Aanwezig" of "Afwezig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	watervegetatie percentage bedekking	Bedekking van de beek met watervegetatie	Keuze drop down menu	%	Keuze uit: "0-20%", "20-40%", "40-60%", "60-80%" of "80-100%"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
Oeverbegroeiing	bomen links in beekprofiel	Bomen links in beekprofiel	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Nee" of "Ja"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	bomen rechts in beekprofiel	Bomen rechts in beekprofiel	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Nee" of "Ja"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	dominante houtige oeverstructuur links	Dominante houtige oeverstructuur aan de linkerkant	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Geen", "solitaire bomen", "bomenrij" of "bos"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap

		dominante houtige oeverstructuur rechts	Dominante houtige oeverstructuur aan de rechterkant	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Geen", "solitaire bomen", "bomenrij" of "bos"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		houtige oeverstructuur links	Houtige oeverstructuur aan de linkerkant	Keuze drop down menu	%	Keuze uit: "0-20%", "20-40%", "40-60%", "60-80%" of "80-100%"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		houtige oeverstructuur rechts	houtige oeverstructuur aan de rechterkant	Keuze drop down menu	%	Keuze uit: "0-20%", "20-40%", "40-60%", "60-80%" of "80-100%"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		hoge (>1m) persistente kruidige oevervegetie	Aanwezigheid van hoge (>1m) persistente kruidige oevervegetie	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Aanwezig" of "Afwezig"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
Beekbeheer en onderhoud	Maaibeheer	Schoningsfrequentie watergang	Hoe vaak per jaar (frequentie) wordt de watergang geschoond?	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "0", "1", "2" of ">2" keer per jaar	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
		Sparen van vegetatiedelen	Wordt bij het maaien een significant percentage van de vegetatie (>20%) gespaard?	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Nee" of "Ja"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	Onde	Baggeren	Wordt de beek gebaggerd?	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Nee" of "Ja"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap
	Onde	Doorspoelen	Wordt de beek doorgespoeld?	Keuze drop down menu	-	Keuze uit: "Nee" of "Ja"	Afwateringsgebied en zijbeek	Data waterschap



Kennisimpuls  
**WATERKWALITEIT**