

## **Systeemanalyse biedt concrete handvatten voor beheer na herinrichting beekstelsysteem**

*Sebastiaan Schep (Witteveen+Bos), Bert Hidding (hoogheemraadschap van Delfland, voorheen Witteveen+Bos), Steven Verbeek (STOWA, voorheen waterschap Noorderzijlvest)*

**Eind 2014 is de herinrichting van de bovenlopen van het Peizerdiep afgerond. Deze studie laat zien dat een systeemanalyse kan zorgen voor een goed onderbouwd en communiceerbaar verhaal rondom doelen, maatregelen, beheer en monitoring. Verder tonen we aan dat een systeemanalyse tot gedegen inzichten leidt, ook als er weinig informatie over een gebied voorhanden is. Er is veel winst te behalen door mensen en kennis bij elkaar te brengen en dwarsverbanden te leggen in de systeemanalyse.**

Waterschap Noorderzijlvest is verantwoordelijk voor het waterkwaliteitsbeheer van het oppervlaktewater in haar beheergebied. Voor een juiste invulling van dit beheer is een goed begrip van het hydrologisch en ecologisch functioneren van de watersystemen belangrijk. Om deze reden heeft het waterschap ingenieursbureau Witteveen+Bos gevraagd een systeemanalyse uit te voeren van de recent heringerichte bovenlopen van het Peizerdiep. Er was vooral behoefte aan kennis over hoe het nieuwe systeem in de praktijk zal gaan functioneren.

### **Systeemanalyse**

Kennis over de werking van watersystemen is bij veel waterbeheerders gefragmenteerd. Hydrologen zijn geïnteresseerd in wateraanvoer en piekafvoeren. Ecologen oordelen over de ecologische toestand. Het doel van een watersysteemanalyse is integraal begrip te krijgen van het hydrologisch én ecologisch functioneren van watersystemen. Een systeemanalyse brengt relevante kennis bij elkaar en helpt de beschikbare informatie te ordenen. De systeemanalyse is zo opgezet dat er een logische relatie is tussen doelen, maatregelen, beheer en monitoring.

Een goede systeemanalyse voldoet aan de volgende kenmerken.

- er wordt gewerkt van grof naar fijn:
  - stroomgebied als basis. Vervolgens onderscheiden we relevante deelgebieden;
  - grote tijdsbasis. We gebruiken variaties in klimaat en beheer voor duiding;
  - informatie: alle informatie kan van belang zijn, maar in beginsel onbetrouwbaar. Informatie wordt gecombineerd en geconfronteerd en er worden dwarsverbanden gelegd;
- er wordt onderscheid gemaakt tussen voorwaarden, processen en toestanden:
  - dit helpt om causale relaties te leggen (zie kopje 'ecologische sleutelfactoren');
- er wordt uitgegaan van een zekere hiërarchie in voorwaarden. Zo is de geohydrologische context (naast inlaat) bepalend voor de mate van stroming in droge perioden;
- kritisch omgaan met modellen. Modellen helpen in de context van de analyse bij het vergroten van het begrip, maar zijn ongeschikt om de werkelijkheid te simuleren.

## Ecologische sleutelfactoren

Vanuit de ervaring met systeemanalyses in stilstaande wateren is het raamwerk van de ecologische sleutelfactoren (ESF's) voor stilstaande wateren ontwikkeld [1, 2]. Recent zijn ook ESF's voor stromende wateren gedefinieerd [3]. De ESF-methodiek vormt een praktisch kader voor het uitvoeren van een systeemanalyse. Met elke ESF wordt een combinatie van voorwaarden, processen en toestanden in beeld gebracht. ESF's representeren idealiter onafhankelijke voorwaarden die bepalend zijn voor het ecologisch functioneren van stromende wateren. De water- en sedimentbeweging (proces) is bijvoorbeeld via stroming en substraatvariatie bepalend voor de aanwezigheid van soorten in beken (toestand) en afhankelijk van het dalverhang en de sedimentsamenstelling (voorwaarden). Deze factoren moeten daarom in samenhang worden beschouwd.

In de uitwerking voor het Peizerdiepsysteem zijn niet alle ESF's, maar wel de hiervoor genoemde belangrijkste factoren voor stromend water uitgewerkt.



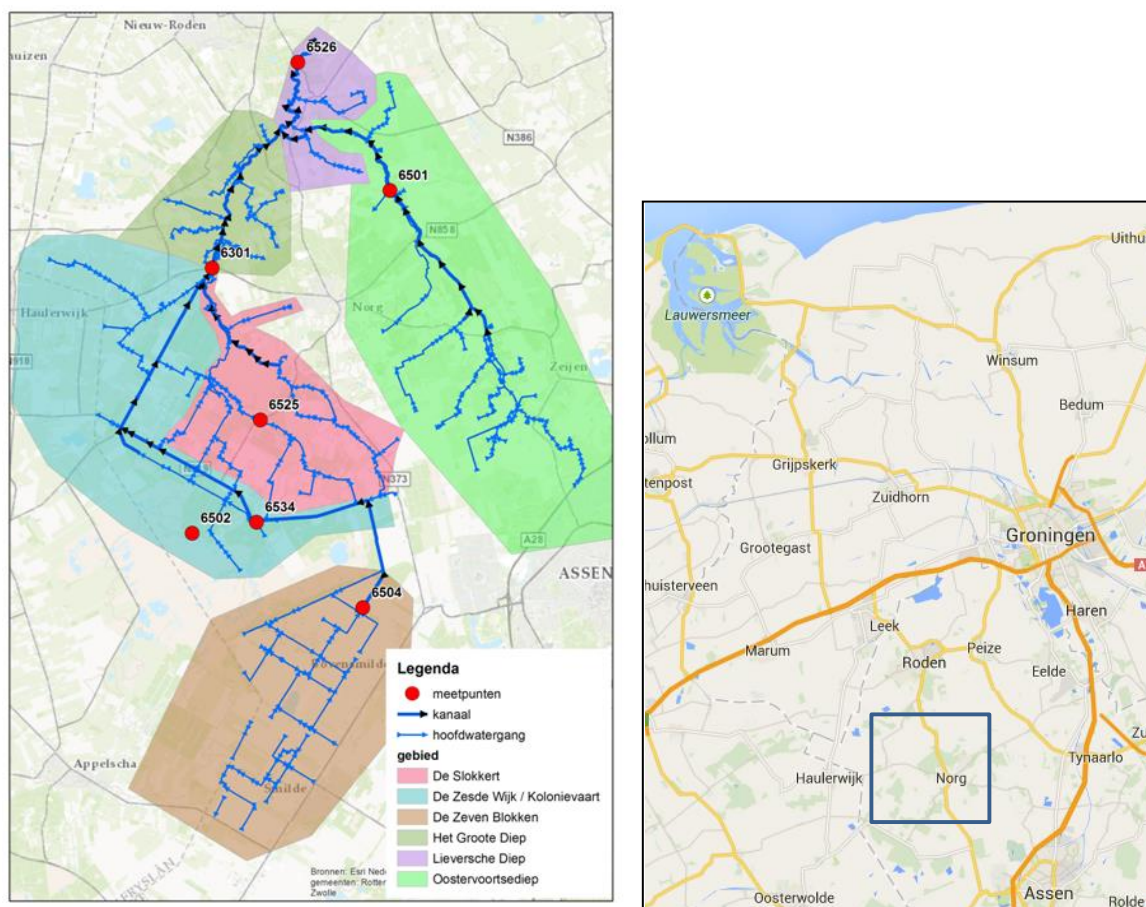
Afbeelding 1. ESF's voor stromende wateren; links geordend in een stroomgebied, rechts geordend naar hiërarchie [3]

## Systeemanalyse Peizerdiep

Het Peizerdiepsysteem is een beekdal in het noorden van Drenthe. Het heeft twee takken die vanaf het Drents Plateau in noordelijke richting lopen (zie afbeelding 2). De oostelijke tak, het Oostervoortsche Diep, is rond 2008 heringericht. De westelijke tak, bestaande uit de Slokkert en het Grootte Diep, is in 2014 onder handen genomen. De eerste ervaringen met het Oostervoortsche Diep zijn gebruikt in de projecten die daarna uitgevoerd zijn.

Voor de systeemanalyse van het heringerichte Peizerdiep is uitgegaan van het gedachtegoed van de systeemanalyse, zoals dat voor stilstaande wateren is ontwikkeld [2] en zijn de resultaten vervolgens langs de ESF's voor stromende wateren in ontwikkeling [3] gelegd. Er zijn in deze systeemanalyse ook uitspraken gedaan over de te verwachten hydrologische en ecologische ontwikkeling, gelet op de hydromorfologische voorwaarden. Hiervoor is vooral gebruik gemaakt van de kennis uit het Handboek Geomorfolologisch Beekherstel [4].

Bij de analyse is enerzijds uitgegaan van beschikbare gebiedskennis, beheerderservaringen, metingen en modellen rond geomorfologie, afvoerregime, waterchemie en ecologie van het gebied en anderzijds van beschikbare wetenschappelijke kennis. Vervolgens is gezocht naar een logische en hiërarchische ordening van voorwaarden. Op grond van de resultaten zijn concrete adviezen voor een betere monitoring geformuleerd.



Afbeelding 2. De heringerichte bovenlopen van het Peizerdiep. Het Oostervoortsche Diep (lichtgroen), het meest oostelijk gelegen deel, is al in 2008 heringericht. De overige delen in 2014. Het Grote Diep ligt ten noorden van meetpunt 6301 (grijsgroen).

Omdat het Peizerdiep net heringericht is waren er ten tijde van deze studie geen metingen van de nieuwe ecologische toestand. Om deze reden is voor deze analyse uitgegaan van gegevens die verzameld zijn vóór de voltooiing van de herinrichting. Deze gegevens vertellen dus iets over het oude systeem. Aan de hand van gegevens van het eerder heringerichte Oostervoortsche Diep zijn belangrijke risico's na herinrichting geïdentificeerd.

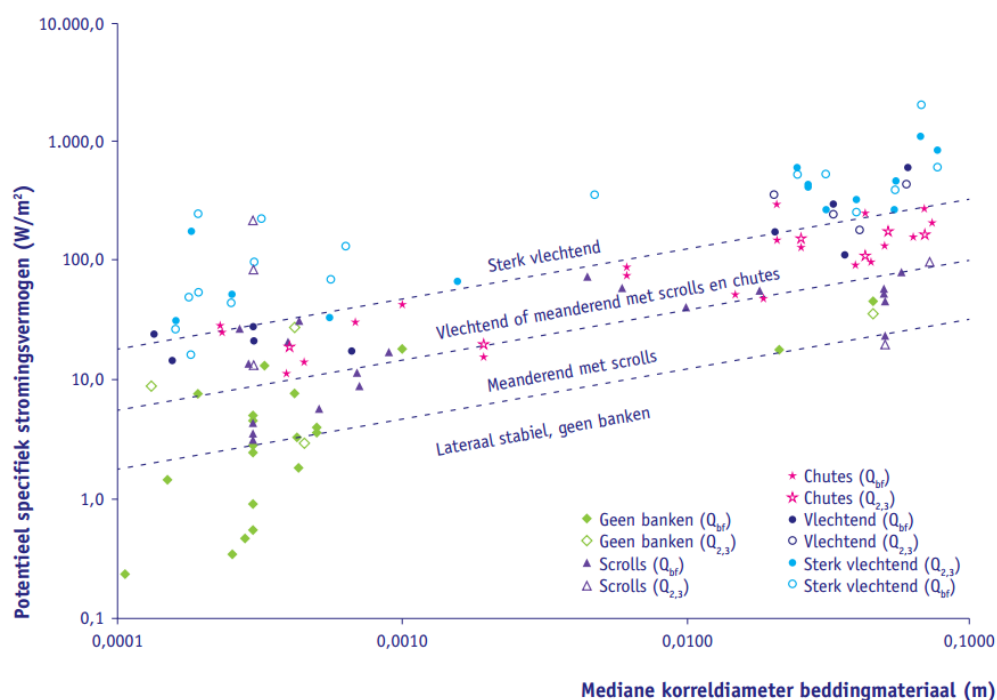
Ten behoeve van de systeemanalyse is het studiegebied opgedeeld op grond van de (geo-)hydrologie en de inrichting, omdat te verwachten viel dat de deelgebieden hydrologisch en ecologisch

verschillend functioneren. De resultaten hebben vooral betrekking op het deelgebied Grote Diep. Hier zijn de potenties voor beekminnende soorten het grootst.

Achtereenvolgens is het volgende bepaald:

- wat valt hydromorfologisch te verwachten van deze beek: gaat deze zich actief verplaatsen en zal er sprake zijn van actieve meandering? Hiervoor is gebruik gemaakt van de inzichten uit het Handboek Geomorfologisch Beekherstel [4];
- wat valt ecologisch te verwachten: vormt deze beek een goed milieu voor beekminnende soorten? Hiervoor is gebruik gemaakt van inzichten uit onder andere Beken stromen, Leidraad voor ecologisch beekherstel [5]. Er is een beschouwing gemaakt van de stroming in droge en natte perioden, de nutriëntenherkomst en -gehalten in het systeem en de bereikbaarheid voor onder andere vis;

Of er sprake zal zijn van actieve meandering hangt af van algemene beekdalkarakteristieken, zoals de geulvormende afvoer en de terreinhelling en sedimentkarakteristieken als korrelgrootte. De potentie is bepaald met een stabiliteitsdiagram ([4], zie afbeelding 3). Op grond van de kenmerken van het Grote Diep achten wij het onwaarschijnlijk dat er actieve meandering op zal treden.

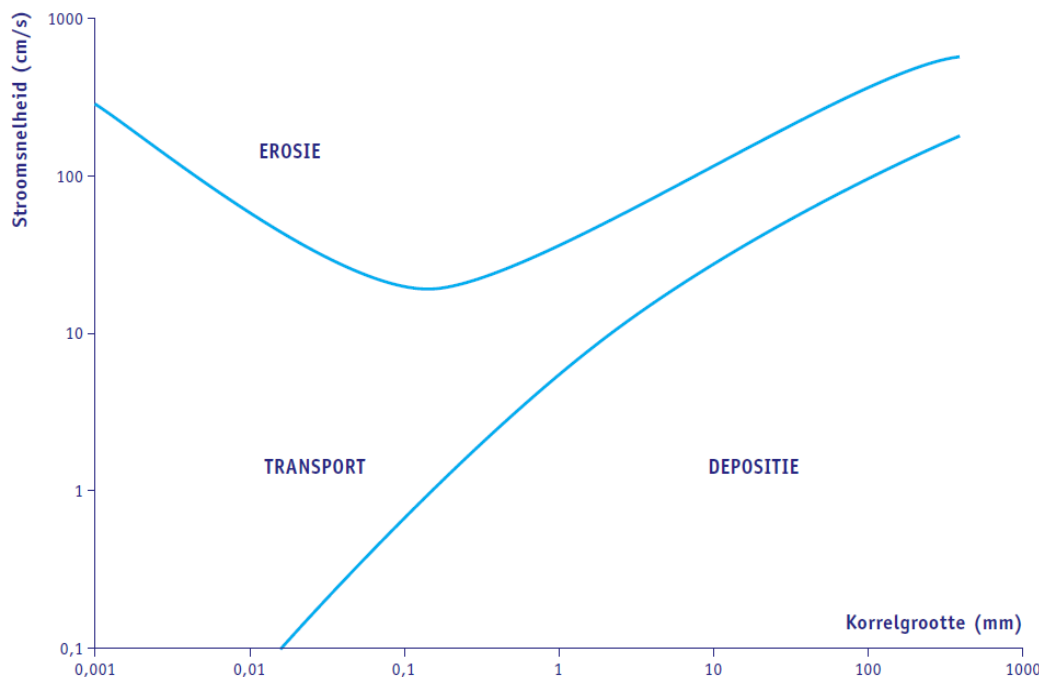


Afbeelding 3. Stabiliteitsdiagram voor morfologische geultypen. Het potentiële specifieke stromingsvermogen (y-as) is uitgezet tegen de mediaan van de korrelgrootte van het beddingmateriaal (x-as). De diagonale lijnen markeren de overgangen tussen de verschillende geultypen [4]

Een andere vraag was of er op korte termijn dynamiek verwacht mag worden in het dwarsprofiel. Dit hangt af van de inrichting in relatie tot de stromingsenergie in het beekdal. Beken hebben afhankelijk van de geulvormende afvoer een karakteristieke breedte en diepte. Als de geul na herinrichting krappert is dan de karakteristieke breedte en diepte, zal deze zich verbreden en verdiepen. De

dimensies van het heringerichte Grootte Diep zijn in dit opzicht krap. Op grond hiervan valt te verwachten dat de beek zich door erosie zal verbreden.

Dat er op korte termijn enige dynamiek verwacht mag worden, volgt ook uit een analyse op basis van stroomsnelheid bij de geulvormende afvoer en korrelgrootte van het beddingmateriaal. In een Hjulström-diagram wordt middels twee curves onderscheid gemaakt in kritische stroomsnelheden (afbeelding 4). Fijn zand (korreldiameter ~0,1 mm) kan bijvoorbeeld worden geërodeerd bij stroomsnelheden vanaf zo'n 20 cm/s, terwijl voor fijner en grover materiaal hogere stroomsnelheden nodig zijn. Wanneer de stroomsnelheid daalt tot onder de depositiecurve, is er sprake van sedimentatie. Uit de analyse volgt dat de stroomsnelheid in het Peizerdiep bij hogere afvoeren voldoende is voor enige erosie van de zandige bodems en oevers. De stroomsnelheid neemt dan op meerdere plaatsen toe tot meer dan 50 cm/s. Op grond hiervan is de verwachting dat de heringerichte beek zich op een aantal plaatsen zal verbreden. Door de verbreding neemt de stroomsnelheid af en wordt de energie na verloop van tijd onvoldoende voor verdere dynamiek. Wat de uiteindelijke beekdimensies worden is onbekend en afhankelijk van de precieze beddingsamenstelling en vegetatieontwikkeling.



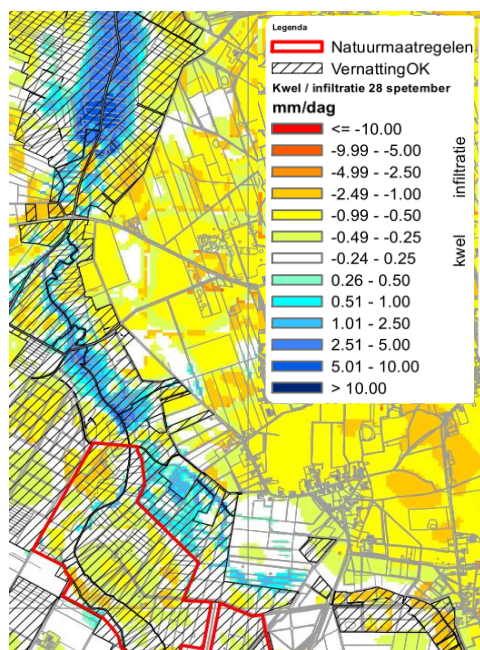
Afbeelding 4. Hjulström-diagram met erosie, transport en afzetting van sediment gerelateerd aan korrelgrootte (horizontale as) en stroomsnelheid (verticale as). Het diagram geldt voor water dat over een los sedimentoppervlak stroomt. De bovenste curve geeft de ondergrens voor erosie van het sedimentoppervlak, de onderste de bovengrens voor sedimentafzetting. In de zone tussen beide curves kan sediment in transport blijven [4]

Uit bovenstaande valt te concluderen dat er in de eerste jaren veranderingen zullen plaatsvinden door erosie en sedimentatie, tot er sprake is van een geomorfologisch evenwicht [4]. Recent is in het veld waargenomen dat de beek zich inderdaad op een aantal locaties aan het verbreden is met als gevolg erosie van oevers (zie afbeelding 5).



*Afbeelding 5. Een jaar na herinrichting is in het Grootte Diep plaatselijk oevererosie zichtbaar.*

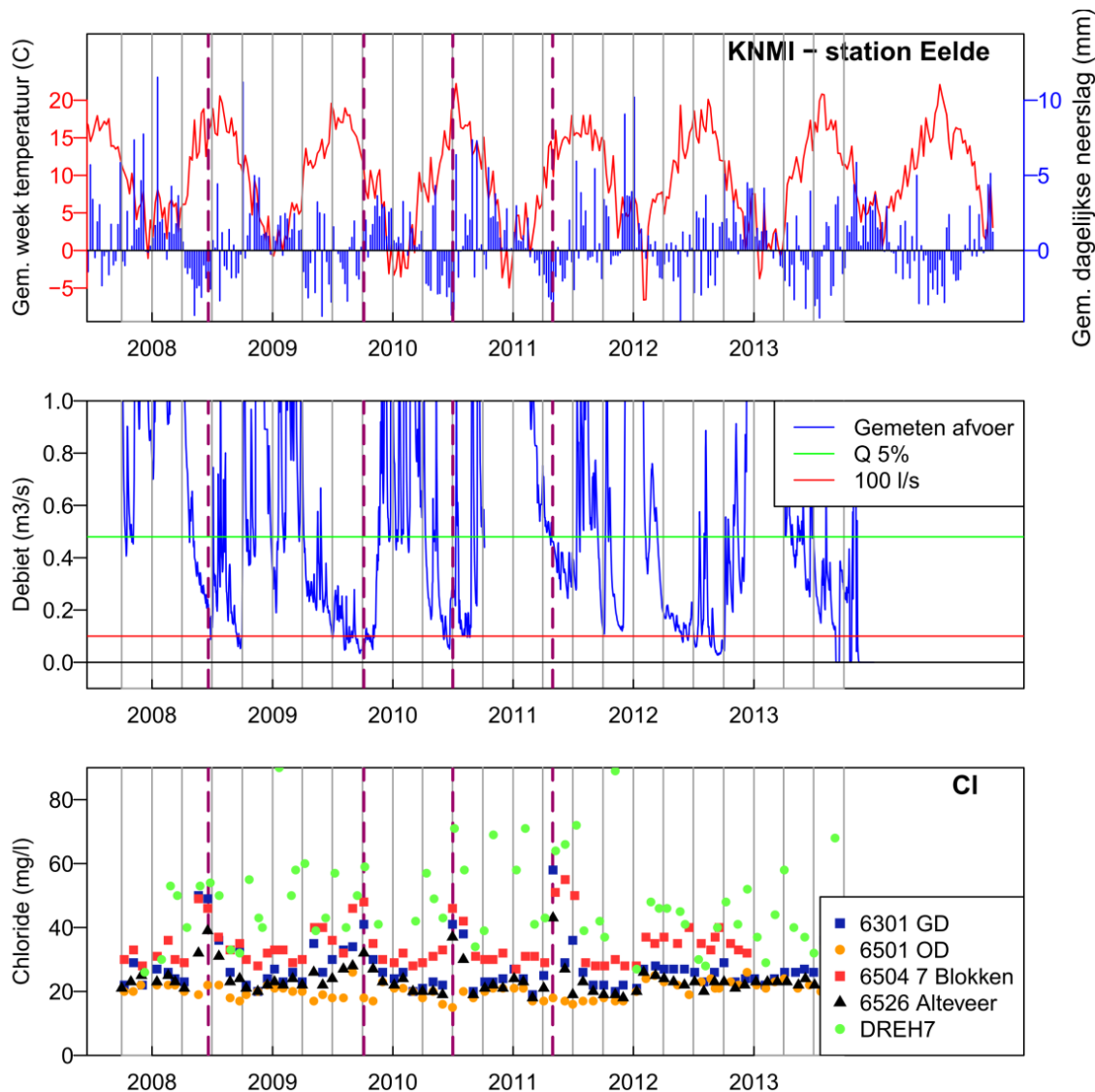
Of de heringerichte beek geschikt is voor beekminnende soorten hangt vooral af van de stroomsnelheden in zowel droge als natte perioden. Deze soorten zijn gebaat bij een gedempte afvoerdynamiek (o.a. [5]). Voor stroming in droge perioden is de aanwezigheid van voldoende grondwater belangrijk. Net als in veel andere beekdalen is de invloed van grondwater sterk veranderd door verregaande ingrepen ten behoeve van landbouw en bewoning in het beekdal. De grondwaterbijdrage in het Peizerdiep is ingeschat aan de hand van eerdere studies met het grondwatermodel MIPWA [6], [7], het hydrologisch model SOBEK [8] en aan de hand van debiet- en chloridemetingen in het oppervlaktewater (zie afbeelding 6 en 7).



Afbeelding 6. Kwel (blauw) en infiltratie (geel-rood) rondom De Slokkert en een deel van het Grootte Diep [6]

#### **Belangrijkste bevindingen:**

- de debietmetingen laten zien dat er benedenstrooms van het Grootte Diep altijd stroming is (afbeelding 7);
- de modelresultaten (afbeelding 6) laten zien dat de bijdrage van grondwater het grootst is ter hoogte van het Grootte Diep. Bovenstrooms van het Grootte Diep is deze bijdrage veel beperkter;
- lage afvoeren gaan gepaard met verhoogde chlorideconcentraties, karakteristiek voor inlaatwater uit de Drentse Hoofdvaart (afbeelding 7, groene blokken). De beheerder bevestigt het beeld dat er voorheen veel water werd ingelaten. De chlorideconcentraties laten verder zien dat de bijdrage van grondwater benedenstrooms van het Grootte Diep het grootst is. Dit komt overeen met de resultaten uit het geohydrologisch model.



Afbeelding 7. Temperatuur en neerslag voor weerstation Eelde vergeleken met lage debieten ter hoogte van de Alteveerstuw en de chlorideconcentratie op een aantal meetpunten. De gestreepte lijnen geven vier droge perioden weer, waarin inlaatwater tijdelijk overal in het watersysteem dominant wordt (hoog chloride). In het Oostervoortsche Diep (6501 OD) is dit niet het geval

Op grond van deze analyse is geconcludeerd dat er in het heringerichte Peizerdiep bovenstrooms water moet worden ingelaten uit de Drentse Hoofdvaart om het waterpeil in droge perioden te handhaven. Daarnaast kan met de inlaat voor de stroming worden gezorgd die gewenst is voor het herstel van beekminnende soorten.

Om piekafvoeren tegen te gaan is demping van de afvoer in de beek en het beekdal van belang. De demping is door de herinrichting vergroot door verhoging van de weerstand (langere weg, smallere loop en kleinere waterdiepte) en doordat er overstromingsgebieden zijn ingericht. Verdere vegetatieontwikkeling in en langs de beek zorgt bovendien voor een verdere demping van de afvoer. Een groot deel van het stroomgebied heeft echter zijn landbouwkundige functie behouden. Hevige neerslag leidt dan ook nog altijd tot hoge afvoeren. Op basis van modelresultaten is geschat dat de herinrichting zorgt voor een reductie van de piekafvoeren met circa 30% [8].



Ten slotte zijn de nutriëntenconcentraties in het Peizerdiep geanalyseerd en is onderzocht wat de belangrijkste bronnen in het stroomgebied zijn. In het Groote Diep zijn de concentraties P-totaal vaak hoger dan 0,1 mg/l. Zulke hoge P-concentraties kunnen tot overmatige plantengroei in grote delen van het gebied leiden. Dit zien we bijvoorbeeld in het eerder heringerichte Oostervoortsche Diep en in de Slokkert (afbeelding 8 en 9). In het Groote Diep verwachten we dat door het bovenstrooms inlaten van water en het geringe dwarsprofiel de stroming in droge perioden voldoende zal zijn om plantengroei te beperken en lage zuurstofconcentraties te voorkomen. Met extensief beheer kan de plantengroei zo nodig in de gewenste richting worden gestuurd.



*Afbeelding 8. Overmatige groei van waterplanten in een eerder ingericht deel van het Oostervoortsche Diep (2014)*



*Afbeelding 9. Een jaar na herinrichting is sprake van overmatige groei van waterplanten in de Slokkert (2015)*

Op de plekken waar overmatige groei van waterplanten plaatsvindt, zal maaibeheer noodzakelijk zijn om de doorstroming en afvoer te garanderen. Maaibeheer moet dan zodanig uitgevoerd worden dat de doorstroming gegarandeerd is maar er tegelijkertijd voldoende habitatvariatie is. Een handreiking voor dergelijk beheer is gedaan door Buis [9]. De beek wordt zodoende geschikt gehouden voor zuurstofminnende macrofauna en vis, terwijl problemen met de afvoer voorkomen worden.

#### **Verhouding tot de ESF's voor stromende wateren**

Bovenstaande analyse is goed te plaatsen in het stelsel van ecologische sleutelfactoren. De beschouwing van hydromorfologische condities past onder de ESF's afvoerdynamiek (ESF1), grondwater (ESF2) en natte doorsnede (ESF6). Naar de mening van de auteurs zijn dit de belangrijkste ESF's en moeten deze drie integraal worden beschouwd, omdat ze met elkaar verweven zijn. De drie ESF's geven gezamenlijk een beeld van de stromingscondities bij lage en hoge afvoeren.

De ESF's nutriënten (ESF4) en verspreiding (ESF3) zijn beknopt beschouwd. Deze ESF's zijn ondergeschikt aan de ESF's 1, 2 en 6. De wijze waarop nutriënten (ESF4) tot expressie komen in het watersysteem hangt af van de stromingscondities. Verspreiding (ESF3) wordt pas relevant als de habitatcondities, zoals stromingscondities en nutriënten op orde zijn. In het Peizerdiep vormt vismigratie nog wel een belangrijk knelpunt. Hetzelfde geldt waarschijnlijk voor de kolonisatie door gewenste andere soorten, zoals waterplanten en macrofauna omdat brongebieden op grote afstand van het heringerichte watersysteem liggen [10].

Er is geen expliciet onderscheid gemaakt tussen ESF's die van toepassing zijn op het gehele stroomgebied en ESF's die alleen van toepassing zijn op trajecten. De ESF's zijn in onze ogen toepasbaar op elk denkbaar schaalniveau, van stroomgebied tot standplaats. Zowel de geohydrologie (een stroomgebied-ESF) als de inrichting (een traject-ESF) van het stroomgebied vormen belangrijke voorwaarden voor het hydrologisch en ecologisch functioneren van het stroomgebied. De geohydrologie en inrichting kunnen op verschillende ruimtelijke schalen worden geanalyseerd. Dit is ook de gedachte achter de ESF's voor stilstaande wateren.

### **Conclusie**

De systeemanalyse van het Peizerdiep heeft verschillende concrete handvatten opgeleverd. Op grond van de systeemanalyse verwachten we geen actieve meandering maar wel enige dynamiek. Beheerders weten beter wat ze mogen verwachten en hoe ze daarmee om kunnen gaan: maaibeheer kan terughoudend worden toegepast, omdat de vegetatie in en om de beek hydrologisch niet tot problemen leidt en bijdraagt aan een betere ecologische kwaliteit. Ten tweede is inlaat uit de Drentse Hoofdvaart soms nodig voor de benodigde stroming in de zomer. Ten slotte weet het waterschap nu beter welke kennishiaten er bestaan en welke monitoring gewenst is.

De gehanteerde aanpak is breder toepasbaar en levert een concrete bijdrage aan de verdere ontwikkeling van ESF's voor stromende wateren. Hiermee wordt vorm gegeven aan een methode waarmee doelen en maatregelen voor de KRW kunnen worden opgesteld en geëvalueerd, gestoeld op systeembegrip. Met deze kennis kunnen de inrichting en het beheer van beken in de toekomst beter worden afgestemd op geomorfologische en hydrologische voorwaarden en ecologische potenties.

Momenteel zijn de ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren vooral gebaseerd op wetenschappelijke inzichten. Onze invulling van de systeemanalyse met ESF's richt zich juist op de beheerpraktijk. We willen met deze bijdrage waterbeheerders dan ook aanmoedigen met de sleutelfactoren aan de slag te gaan. Zodoende kunnen ervaringen met de toepassing teruggekoppeld worden, waarmee de ESF's worden aangescherpt. Wij hopen dat de hier gepresenteerde studie hier op eenzelfde wijze aan heeft bijgedragen.

*Dit artikel is het derde en laatste deel uit een serie die STOWA samen met diverse partijen schreef over de ecologische sleutelfactoren. Eerdere delen zijn respectievelijk [hier](#) en [hier](#) terug lezen.*

### **Referenties**

1. Schep, S. (red), Moria, L., Geest, G. van, Ouboter, M. (2011). De stoplichtenmethodiek: toepassing in stilstaande wateren. Rapport Waternet.
2. STOWA. (2014). Ecologische Sleutelfactoren, begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. Rapport 2014-19, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort..
3. Reeze, B. en Buijse T. (2015). Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren; een methodiek in ontwikkeling. Rapport 2015-W06, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
4. STOWA (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Leidraad voor een stapsgewijze en integrale ontwerpaanpak. Rapport 2015-02, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.

5. Verdonschot, P. et al. (red.) (1995). Beken stromen. Leidraad voor ecologisch beekherstel. Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, subgroep Beekherstel, WEW-06. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA 95-03, Utrecht. 1-236, 1995.
6. Aquaflux (2011). Geohydrologisch onderzoek De Slokkert. MIPWA grondwatermodelberekening. Dienst Landelijk Gebied.
7. Aquaflux (2012). Geohydrologisch onderzoek Groote Diep. MIPWA grondwaterberekening. Dienst Landelijk Gebied.
8. Arcadis (2013). Dimensionering Groote Diep, Rapportage SOBEK berekeningen. Dienst Landelijk Gebied Noord.
9. Buis, K., V. Verschoren, J. Schoelynck en Meire, P. (2014). Modelleren van beken met waterplanten; de weerstand van vegetatie tegen stroming. Platform beek- en rivierherstel, Arnhem, 17 april 2014, presentatie.
10. Brederveld RJ, Jaehnig SC, Lorenz AW, Brunzel S & Soons MB (2011) [Dispersal as a limiting factor in the colonization of restored mountain streams by plants and macroinvertebrates.](#) *Journal of Applied Ecology* 48: 1241-1250.