

## Watersysteemanalyse Koningsdiep met ecologische sleutelfactoren

Roy Laseroms (LWRO), Bart Reeze (Bart Reeze Water & Ecologie) en Roelof Veenigen (Wetterskip Fryslân)

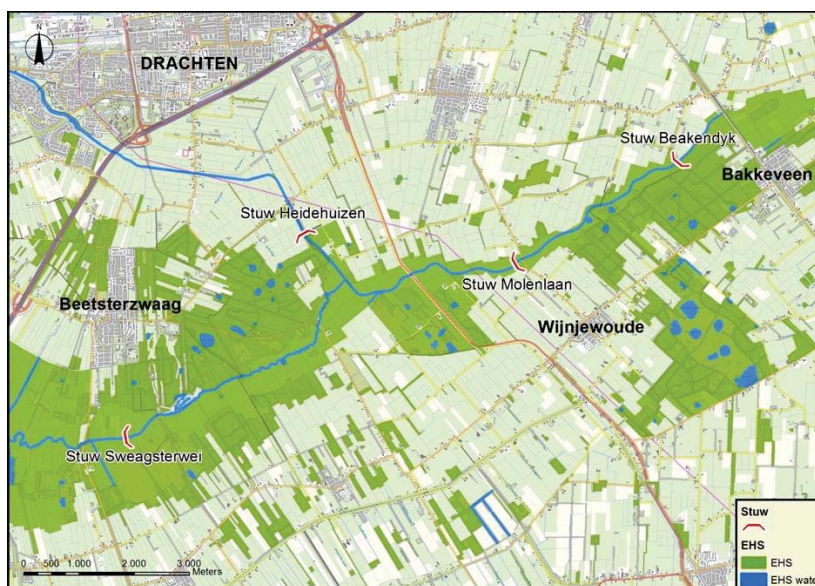
Een watersysteemanalyse moet inzicht geven in de actuele situatie en ecologische potenties van het Koningsdiep. Dynamische processen staan hierbij centraal [1]. Hierbij is een eigen raamwerk van ecologische sleutelfactoren gebruikt. Dit raamwerk bevat de belangrijkste sturende factoren voor de ecologische toestand van stromende wateren. Met hydrologische modelberekeningen zijn ze gekwantificeerd. De watersysteemanalyse laat zien dat de gestelde KRW-doelstellingen niet kunnen worden gerealiseerd. Daarvoor is de afvoerdynamiek te groot en het verhang te gering. Er zijn wel andere mogelijkheden voor herstel. De watersysteemanalyse geeft handvatten om goede keuzes te maken.

### Het Koningsdiep

Het Koningsdiep, De Tjonger en De Linde zijn beken in het beheergebied van Wetterskip Fryslân die vanaf het Drents-Friese plateau in zuidwestelijke richting afwateren. Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn ze getypeerd als watertype R5: langzaamstromende middenloop/benedenloop op zand.

In de huidige situatie hebben de beken weinig kenmerken meer van een stromend water en zijn ze ‘sterk veranderd’. Ten opzichte van de oorspronkelijke situatie zijn ze met elkaar verbonden door kanalen, is het dwarsprofiel steeds fors verbreed en verdiept, wordt het waterpeil gereguleerd door stuwen en ’s zomers wordt water aangevoerd. De waterkwaliteit is matig tot slecht.

Van de drie beken heeft het Koningsdiep op het eerste gezicht de beste potenties voor ecologisch herstel. Er is sprake van een duidelijk beekdal, het beekdal wordt omzoomd door enkele natuurgebieden en een deel van het Koningsdiep heeft nog een kronkelend profiel. De verbinding tussen de bovenloop en de benedenloop van het Koningsdiep en het Verbindingskanaal dat water afvoert in noordelijke richting spelen daarbij een belangrijke rol (afbeelding 1).



Afbeelding 1. Stroomgebied van het Koningsdiep en het Verbindingskanaal

### **Aanleiding en doel**

In 1999 formuleerde de Gebiedscommissie Koningsdiep als een van de hoofddoelen voor het Koningsdiep: 'herstel van de natuurlijke hydrologie' [2]. Uitgaande van dit doel is een Raamplan [3] opgesteld waarin het gekanaliseerde gedeelte van Bakkeveen tot het Verbindingskanaal bij Heidehuizen zou worden omgevormd tot een meer natuurlijke beek, die weer door een aaneengesloten natuurgebied zou stromen. Er werd 500 hectare landbouwgrond in het dal begrensd als nieuwe natuur binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). De boven-, midden- en benedenloop van de beek zouden weer aan elkaar gekoppeld worden. Bij nadere beschouwing in 2013 bleken de kwaliteitsdoelen uit de KRW niet haalbaar met dit Raamplan [4]. Voor de stroomgebiedsbeheerplannen van 2027 moet nu worden bepaald wat nog mogelijk is.

Dit artikel beschrijft de watersysteemanalyse, bedoeld om inzicht te krijgen in de processen die zich in het watersysteem afspelen, de effecten van de plannen te bepalen en de potenties van alternatieven te onderzoeken.

### **Ecologische toestand van het Koningsdiep**

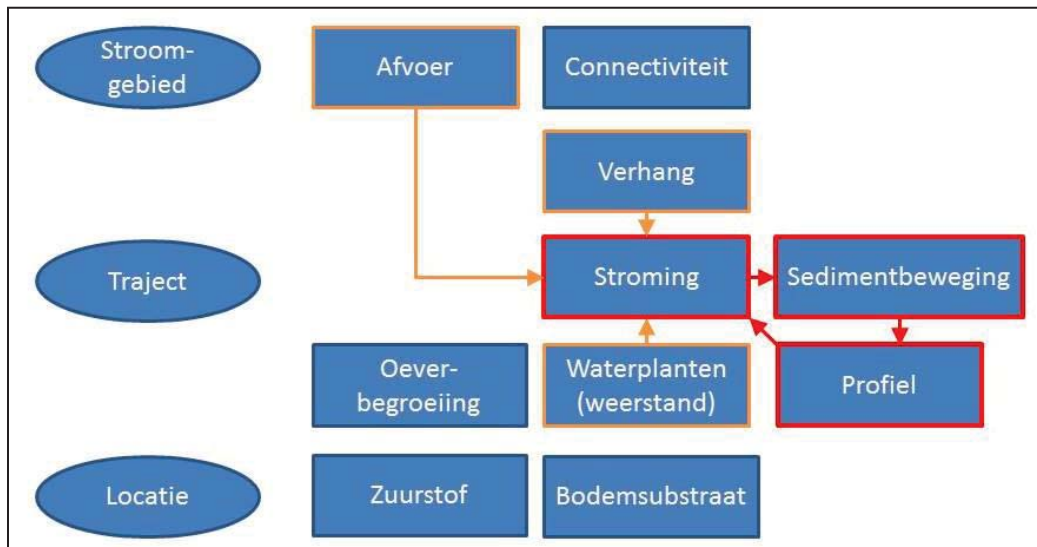
De ecologische toestand wordt bepaald aan de hand van 1) biologische kwaliteitselementen, 2) biologie-ondersteunende stoffen en 3) specifieke verontreinigende stoffen.

Van de biologische kwaliteitselementen voldoet er niet één aan de doelstelling (GEP, Goed Ecologisch Potentieel). De score voor macrofyten ligt nog vrij dicht bij de doelstelling (kwaliteitsoordeel 'matig') maar dit is niet het geval voor macrofauna en vissen (kwaliteitsoordeel 'ontoereikend' resp. 'slecht'). De biologie-ondersteunende stoffen zijn in orde, met uitzondering van fosfaat; hiervoor wordt de norm overschreden ('matig'). Van de specifiek verontreinigende stoffen voldoet kobalt niet aan de norm, maar dit levert naar verwachting geen ecologische risico's op.

Uit een nadere analyse van de biologische meetgegevens blijkt dat de karakteristieke planten en dieren voor stromend water nagenoeg ontbreken in het Koningsdiep. In het water komen planten en vissen voor die algemeen zijn voor vaarten met voedselrijk water. Er zijn diverse indicatoren aanwezig die wijzen op een verstoring van de saprobie (zuurstofhuishouding) en trofie (voedselrijkdom). Bovendien wijst de macrofauna op het ontbreken van blad als substraat en de aanwezigheid van planten en slib (zij het niet dominant).

### **Ecologische sleutelfactoren (ESF)**

Het denken over watersysteemanalyses voor stromende wateren is nog volop in ontwikkeling [5]. Voor de watersysteemanalyse van het Koningsdiep is gebruik gemaakt van een, op basis van processen, door de auteurs zelf ontwikkeld raamwerk van ecologische sleutelfactoren (zie afbeelding 2). Dit raamwerk is gebaseerd op de LBL-mededeling Ecologisch Beekherstel [6], houdt rekening met verschillende schaalniveaus zoals die worden onderscheiden binnen het Europese project REFORM (stroomgebied, traject en locatie) en omvat alle 'S'-en uit Beken Stromen [7].



Afbeelding 2. Ecologische sleutelfactoren beken, met in rood het 'hydromorfologisch complex' en in oranje de conditionerende factoren

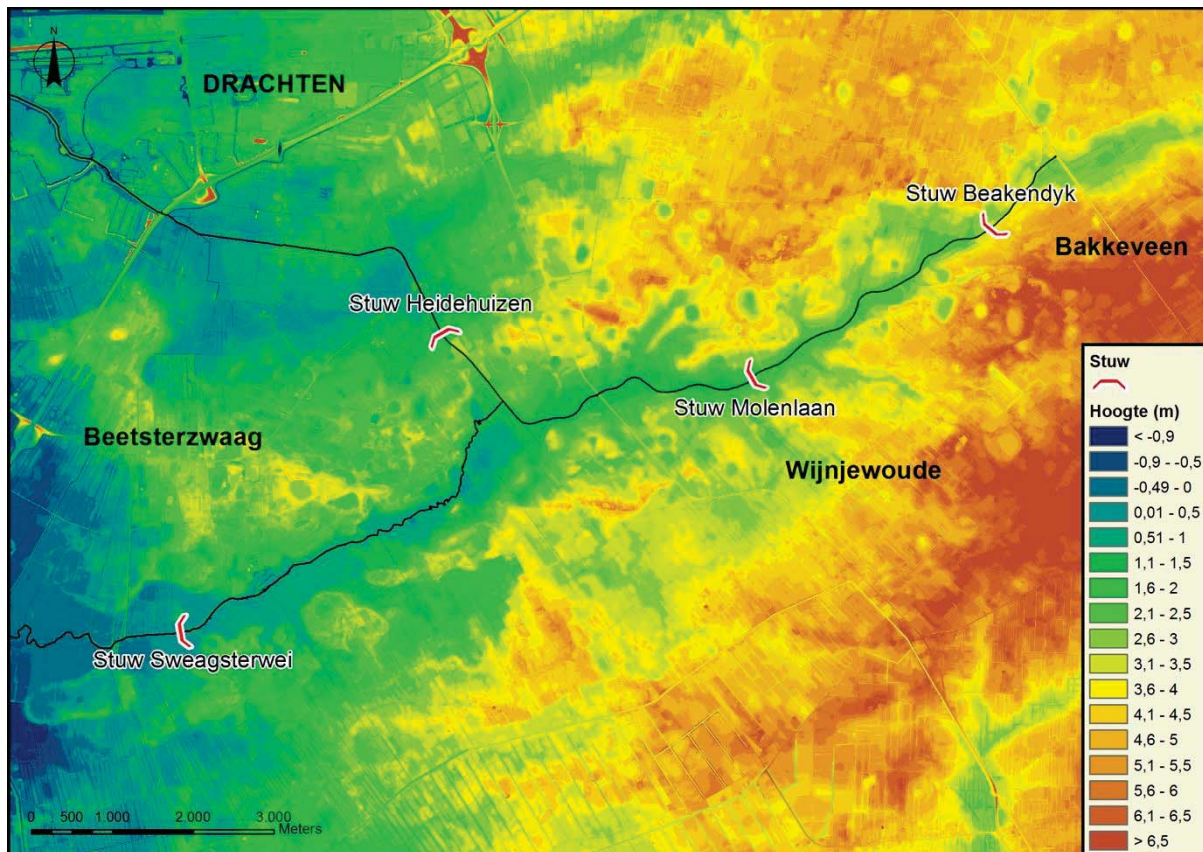
Stroming speelt een centrale rol in het raamwerk. Een toename van stroming leidt tot hogere zuurstofgehalten en een divers bodemsubstraat met zand, grind, bladpakketten, hout, etc., waar onder meer rheofiele (stroomminnende) macrofauna- en vissoorten van profiteren. Daarnaast leidt meer stroming tot minder slib op de bodem. Deze combinatie verhindert de kieming en een uitbundige groei van waterplanten en leidt tot een andere soortensamenstelling.

De drie sleutelfactoren in het rood (stroming, sedimentbeweging en profiel) zijn sterk gerelateerd en vormen de kern van het raamwerk. Deze sleutelfactoren worden als één sleutelfactor beschreven: het hydromorfologisch complex. Met de oranje pijlen is aangegeven welke sleutelfactoren dit hydromorfologisch complex beïnvloeden. Ook tussen de overige sleutelfactoren bestaan diverse relaties. Deze relaties zijn ten behoeve van het overzicht weggelaten.

Het belangrijkste kenmerk van de sleutelfactoren zoals ze hier worden gehanteerd, is dat ze 'dynamisch' van aard zijn, dus veranderlijk in tijd en ruimte. Ze moeten dan ook 'dynamisch' worden beschreven, dus als functie van ruimte en tijd. Voor een aantal sleutelfactoren is hiervoor gebruik gemaakt van kwantitatieve analyses en hydraulische modellen.

### Kenmerken van het stroomgebied

Het stroomgebied van het Koningsdiep met het kenmerkende reliëf en verhang is ontstaan door opstuwing van het landijs en de uitschuring door het smeltwater. Het Koningsdiep stroomt in zuidwestelijke richting af van het hoger gelegen plateau. De huidige beek ligt nog wel in de beekdalbodem maar niet meer in de oorspronkelijk bedding. Bovendien is het Verbindingskanaal aangelegd, waardoor het Koningsdiep in twee trajecten is opgeknipt. Het maaiveld is door de mens sterk veranderd. Er hebben ophogingen en egalisatie van de gronden langs de beek plaatsgevonden en door vervening zijn lager gelegen delen en putten ontstaan. Toch is daarnaast nog sprake van oorspronkelijk reliëf, zoals de pingoruïnes.



Afbeelding 3. Hoogteligging van het beekdal van het Koningsdiep

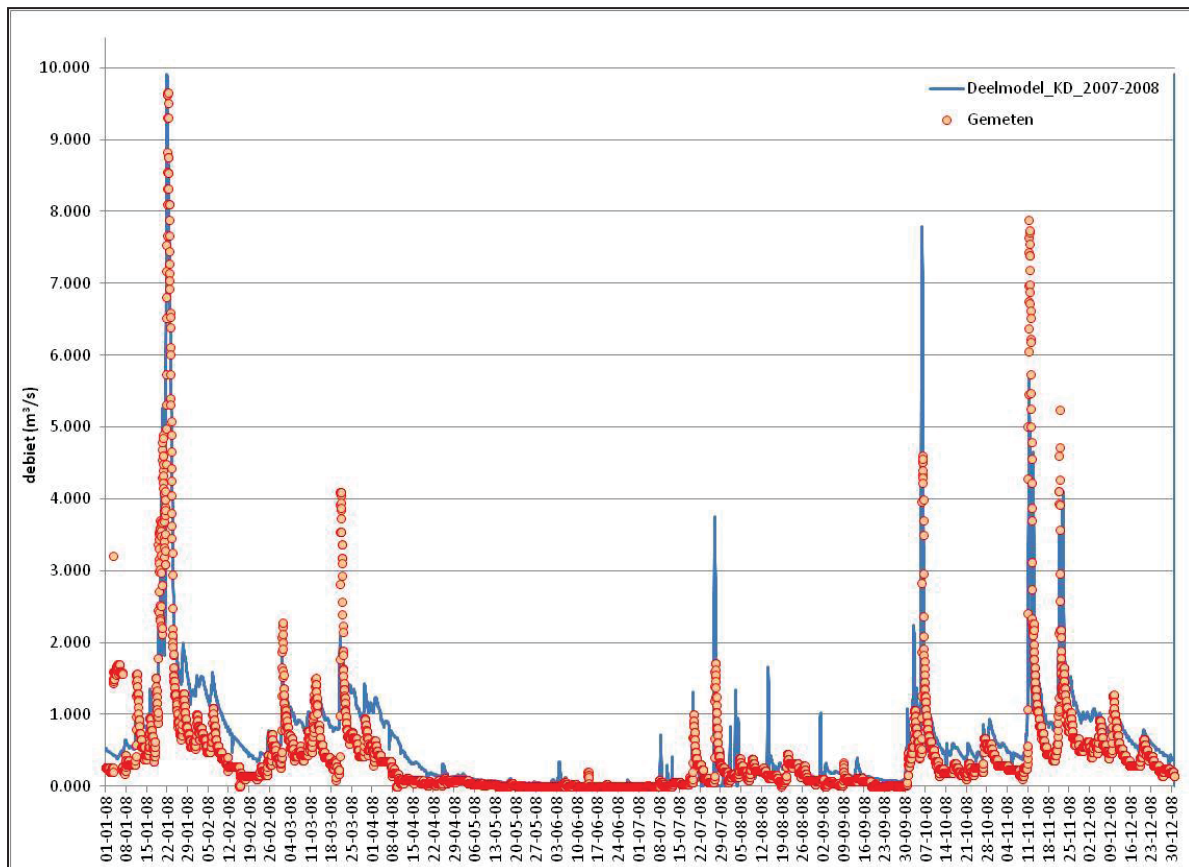
De geologie is van grote invloed geweest op de bodemopbouw en de (geo)hydrologie in het stroomgebied van het Koningsdiep. De bovenste laag bestaat uit dekzanden op de flanken en fluvioperiglaciale afzettingen in het beekdal. Daaronder bevindt zich een laag keileem met een sterk variërende dikte en weerstand. In de smalle beekdalbodem bevindt zich een dunne laag Holocene afzettingen van veen en beekleem. De keileem en beekleem vormen een slecht doorlatende scheidende laag.

Door de gevarieerde ligging en de helling van de keileemlaag, de aanwezige lagen veen en beekleem is moeilijk te bepalen of, waar en hoeveel oppervlakkige afstroming over de keileemlaag in de richting van het beekdal plaatsvindt. Lokaal kan de keileemlaag stagnatie veroorzaken waardoor het zeer nat is, maar elders kunnen ook plekken zijn waar het water snel over de keileemlaag afstroomt. De hydrologische relaties tussen hogere en lagere gebieden vormen nog een grote uitdaging. Hiervoor moet goed worden gekeken naar de lokale situatie.

In hoofdlijnen treedt infiltratie op in de hoog gelegen dekzandruggen en de beekdalflanken en treedt kwel op in de beekdalbodem. Op kleinere schaal zijn er lokaal echter relevante verschillen. Er zijn te weinig (recente) meetgegevens van stijghoogten om een duidelijk beeld te krijgen van het functioneren van het grondwatersysteem en de relatie met het oppervlaktewater. Bovendien zijn bij veel peilbuizen geen gegevens van de bodemopbouw beschikbaar. Ook zijn de meetreeksen vaak zodanig beperkt dat niet goed kan worden bepaald hoe de grondwaterstanden fluctueren en of er sprake is van seizoensinvloeden. Hierdoor is het moeilijk om locaties aan te wijzen waar (diepe) kwel kan optreden.

## Afvoer (dynamiek)

Uit de fluctuaties van het debiet bij stuw Heidehuizen blijkt dat de afvoerdynamiek in de boven- en middenloop groot is (afbeelding 4). Er zijn veel kortstondige pieken tot maximaal 10 m<sup>3</sup>/s die worden afgewisseld door lange perioden waarin er vrijwel geen afvoer is. De hoogste pieken tot maximaal 10 m<sup>3</sup>/s treden op in de winterperiode en met name in december en januari. Uit de grafiek blijkt ook dat de basisafvoer (trage afvoer als gevolg van sterk vertraagde afstroming en het grondwater) gering is. In de winter bedraagt de basisafvoer minder dan 0,5 m<sup>3</sup>/s en in de zomer is er langdurig helemaal geen afvoer.



Afbeelding 4. Debiet op basis van peilmetingen (rood) en het SOBEK-model (blauw) bij stuw Heidehuizen in 2008

Het watersysteem van het Koningsdiep is zo ingrijpend gereguleerd en beheerd dat er geen sprake is van een natuurlijke afvoer en afvoerpatroon. Er is een grote afvoerdynamiek met hoge pieken bij grote neerslaghoeveelheden in de winters en diepe dalen bij langdurige droge perioden. Duidelijk is dat de basisafvoer zeer laag is en het gebied gevoelig is voor verdroging. Zonder wateraanvoer zouden veel waterlopen zomers droogvallen en zou het debiet van het Koningsdiep in droge perioden nog lager zijn. De grote afvoerdynamiek kan worden verklaard door het landgebruik met de bijbehorende ontwatering en snelle waterafvoer. Daarnaast speelt de ondergrond een grote rol.

## Verhang

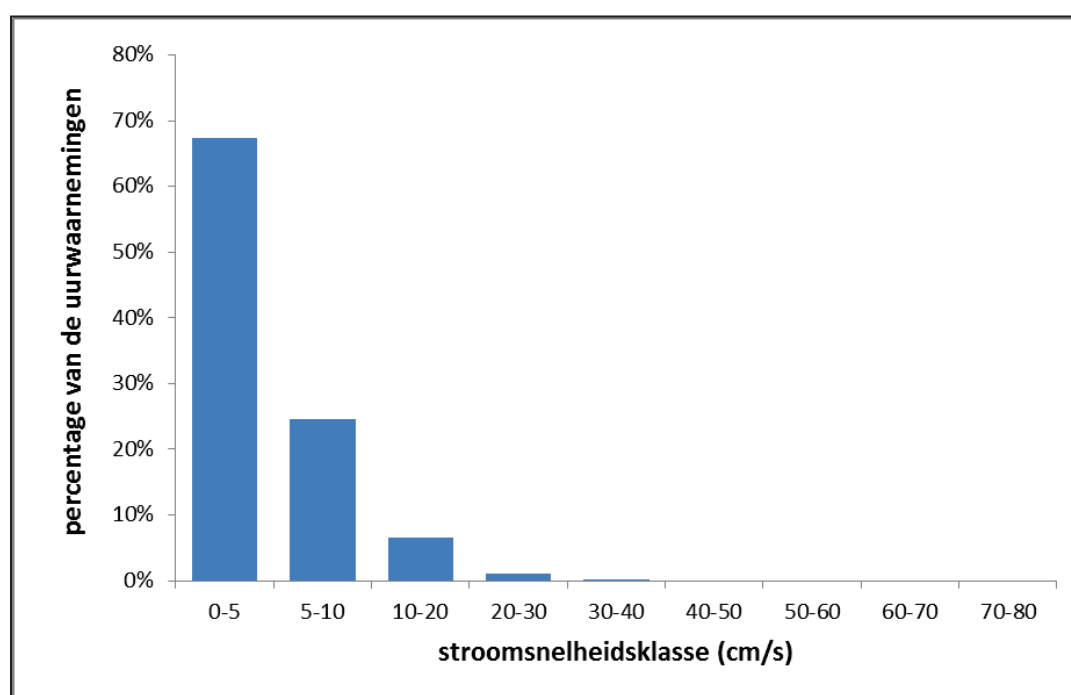
Het verhang is de helling van het oppervlak waarin de geul zich vormt (dalhelling). Het verhang is samen met de afvoer, de weerstand (o.a. door waterplanten) en het profiel bepalend voor de

stroming (zie afbeelding 2). Uit de analyse van het Koningsdiep blijkt dat er sprake is van een (dal)verhang van enkele decimeters per kilometer (0,2-0,3 m/km). Dit verhang is relatief klein. Dit betekent dat een afname van de afvoer, een toename van de groei van waterplanten of een groot profiel snel zullen resulteren in het wegvallen van stroming.

### Stroming, sedimentbeweging en profiel

Het hydromorfologisch complex omvat de sleutelfactoren stroming, sedimentbeweging en profiel. Deze drie sleutelfactoren zijn onderling sterk verbonden en worden gezamenlijk besproken.

Om inzicht te krijgen in de stroomsnelheden zijn modelberekeningen verricht met het door het waterschap aangeleverde SOBEK-model. Daaruit blijkt dat de stroomsnelheden in het Koningsdiep over het algemeen onder de 10 cm/s liggen. In feite is er alleen in het deeltraject benedenstrooms Beakendyk een zichtbare stroming.



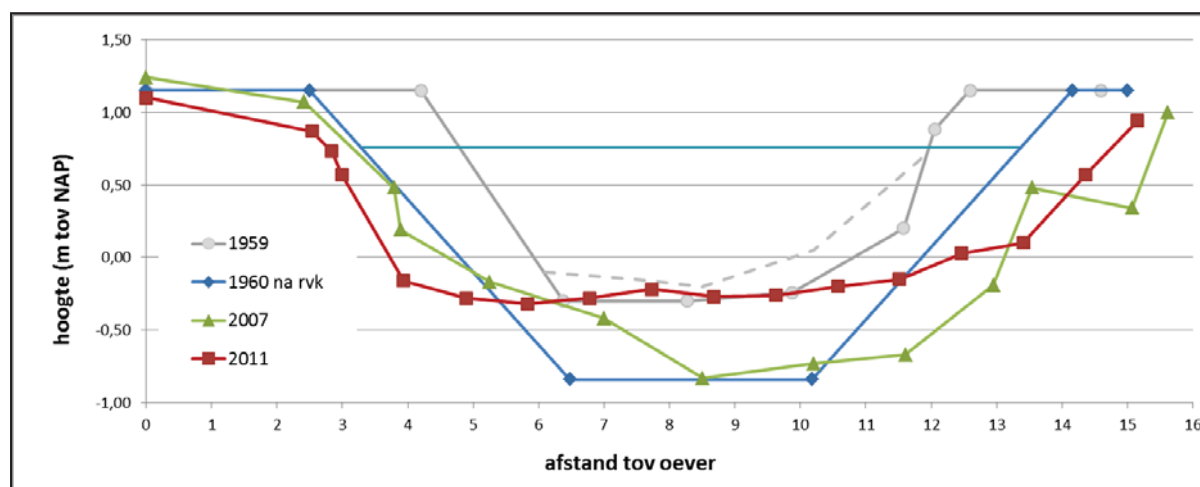
Afbeelding 5. Frequentieverdeling van de stroomsnelheid bij Molenlaan in 2008

Ook bij hoge piekafvoeren zijn de stroomsnelheden vrijwel overal lager dan 40-50 cm/s. Dit is de stroomsnelheid waarbij fijn zand getransporteerd kan worden door de waterstroom, wat belangrijk is voor de morfodynamiek (erosie en sedimentatie) in de beek. Er zijn maar weinig deeltrajecten waar enigszins hogere stroomsnelheden kunnen voorkomen.

Het sedimenttransporterend vermogen is ook berekend en is zeer gering. Hierdoor is er geen bodemtransport en treedt vrijwel overal uitsluitend sedimentatie op. Bij piekafvoeren zal nog wel zwevend/spoeltransport van de fijnste zandfracties en vooral van slib plaatsvinden, maar zodra de afvoer weer afneemt zal dit weer bezinken. De bedding bestaat hierdoor vrijwel constant uit fijn zand en vooral slib.

De stroming wordt mede bepaald door het dwarsprofiel (zie afbeelding 2). In afbeelding 6 is een voorbeeld van de profielveranderingen van het Koningsdiep in de laatste jaren weergegeven (groen en rood). Tevens zijn het profiel van vóór en na de ruilverkaveling weergegeven (respectievelijk grijs

en blauw). Uit deze profielen is op te maken dat de beek fors is verbreed en verdiept. Hierdoor is de stroming afgenomen. Meer recent lijkt de beek zichzelf te hebben verbreed en verondiept in een poging een nieuw evenwicht te vinden in de beddingdimensies (de b/d-ratio).



Afbeelding 6. Indicatie van de profielverandering van het Koningsdiep. Het huidige waterpeil bedraagt 0,55 m+NAP

### Overige sleutelfactoren

Een groot deel van het Koningsdiep is inmiddels optrekbaar voor vissen. Desondanks vormen de aanwezige stuwen nog een obstakel voor sedimenttransport. Verder is het onwaarschijnlijk dat in de omgeving bronpopulaties van kenmerkende soorten voorkomen.

Er is relatief weinig informatie beschikbaar over de waterplantengroei en –ontwikkeling. Op basis van de beschikbare informatie vindt de meeste plantengroei plaats op het traject De Poasen – stuw Sweachsterwei; hier moet in de zomerperiode rekening worden gehouden met weerstand als gevolg van waterplantengroei. Op het traject Bakkeveense vaart – De Poasen is er waarschijnlijk minder plantengroei, vooral benedenstrooms van de brug Opper Haudmare.

Het merendeel van de oeverbegroeiing bestaat uit een open, vooral grazige vegetatie. Slechts op enkele plaatsen komt bos voor op de oever. Het zuurstofgehalte duikt op verschillende locaties onder de 5 mg/l. Soms treden nog lagere gehalten op. De bedding bestaat grotendeels uit een uniform mengsel van matig fijn zand en slib. Ter hoogte van De Poasen komt een dikke sliblaag voor in combinatie met hout in de waterloop.

### Relatie met de ecologische toestand

Samenvattend leiden de aanwezigheid van keileem, beekleem en het oppervlakkige waterlopenstelsel tot grote piekafvoeren en een lage basisafvoer. In combinatie met het geringe verhang, de overgedimensioneerde bedding en stuwen resulteert dit doorgaans tot zeer lage stroomsnelheden en tot een uniforme bodemsamenstelling door sedimentatie van fijn zand en vooral slib.

De resultaten van de watersysteemanalyse stemmen goed overeen met de beschreven ecologische toestand. Het ontbreken van voor stromend water kenmerkende soorten kan verklaard worden door de aanwezigheid van een uniform substraat van fijn zand en slib. De huidige stromingscondities zijn onvoldoende om een gevarieerd bodemsubstraat te laten ontstaan. Daarnaast ontbreken blad

en hout als voedingsbron en substraat voor macrofauna en vissen door de afwezigheid van opgaande oeverbegroeiing. Ook wat betreft de zuurstofhuishouding komt het beeld goed overeen. De aanwezigheid van diverse indicatoren voor een verstoorde zuurstofhuishouding komen overeen met de gemeten (lage) zuurstofgehalten. Deze worden veroorzaakt door het ontbreken van voldoende stroming en zuurstofconsumptie door de (plaatselijk dikke) slibbodem en waterplanten ('s nachts).

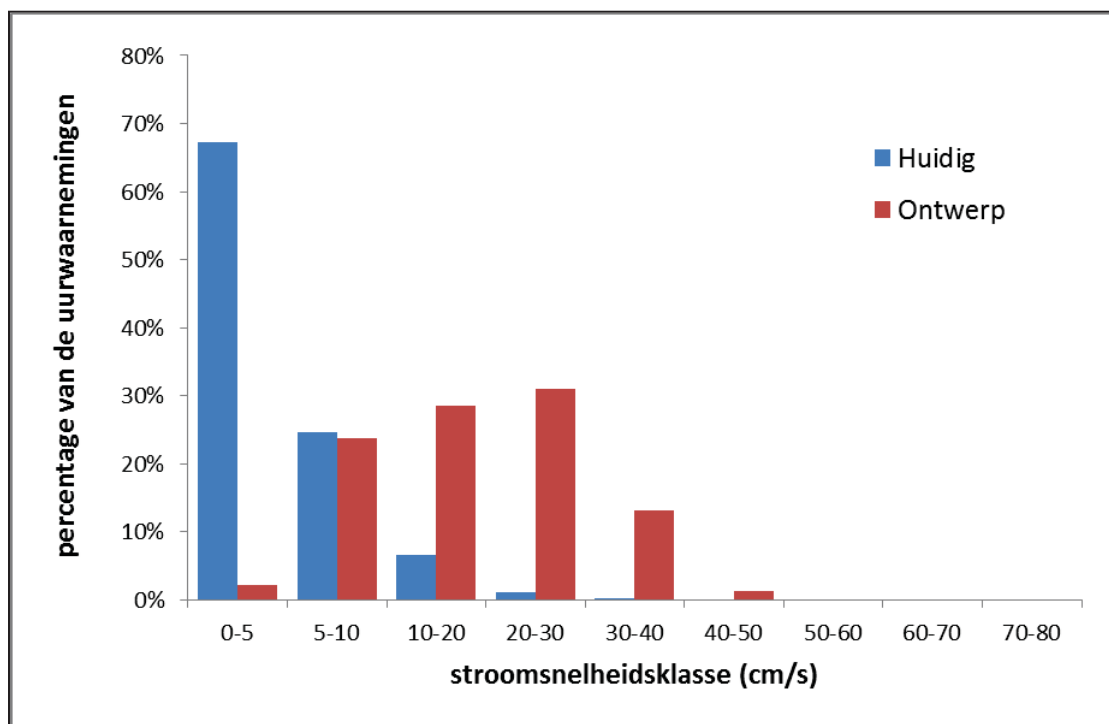
### **Effecten van mogelijke maatregelen**

Dat de biologische toestand overeen stemt met de resultaten van de watersysteemanalyse geeft voldoende vertrouwen om te onderzoeken welke maatregelen kunnen leiden tot een betere ecologische toestand. Om zicht te krijgen op de ecologische potenties van het Koningsdiep zijn diverse maatregelen doorgerekend en geëvalueerd aan de hand van de ecologische sleutelfactoren. De meeste maatregelen waren gericht op het vergroten van de stroming door beïnvloeding van de afvoer (op deeltrajecten) of verkleinen van het dwarsprofiel.

Op dit moment is vooral de herinrichting van het traject tussen Bakkeveen en De Poasen actueel. Hier worden de mogelijkheden verkend om het Koningsdiep te versmallen en te verondiepen [7]. Uit doorrekening van het voorstel blijkt dat de stroomsnelheden vooral bij de (dan opgeheven) stuw Molenlaan verbeteren (zie afbeelding 7). Hier is het verhang het grootst en worden de stroomsnelheden hoger dan in de huidige situatie. Op andere locaties met minder verhang is het beeld ongunstiger. Bovendien zijn de stroomsnelheden gedurende het grootste deel van de zomer nog steeds lager dan 10 cm/s. Uit ervaringen elders in het land is gebleken dat dit voor beken van dit watertype (KWR-watertype R5) eerder in de orde van 20-30 cm/s zou moeten liggen. [6]

Ook voor de andere onderzochte maatregelen geldt dat de stromingscondities niet voldoende verbeteren. De voornaamste knelpunten zijn de hoge piekafvoeren, de lage afvoeren in de zomerperiode en het geringe verhang. Hierdoor zullen de stroomsnelheden met de bijbehorende morfologische processen niet leiden tot een gevarieerd bodemsubstraat en stabiele habitatmozaïeken met bijbehorende levensgemeenschappen van langzaam stromende laaglandbeken.





Afbeelding 7. Frequentieverdeling van de stroomsnelheid ter hoogte van de - fictief opgeheven - stuw Molenlaan gebaseerd op 2008

### Consequenties voor watertypering, doelen en maatregelen

Met deze uitkomsten lijkt het streefbeeld van stromende wateren (R5) niet goed aan te sluiten bij de situatie in het Koningsdiep. Het watersysteem neigt eerder in de richting van een zogenaamde 'moerasbeek' dan in de richting van een stromend watertype. Een moerasbeek komt voor in ontginningslandschappen met een beperkt verhang. In de oorspronkelijke situatie ontwikkelden zich hier veengebieden en was sprake van sponswerking en een trage (oppervlakkige) waterafvoer. Bij de ontginning van deze gebieden werden waterlopen gegraven die in de loop van de tijd steeds groter moesten worden om de toegenomen wateraanvoer te kunnen verwerken. De waterlopen worden goed onderhouden, omdat ze anders dichtgroeien en weer zouden verdwijnen. Deze omstandigheden vertalen zich in een levensgemeenschap die afwijkt van het voor watertype R5 beschreven streefbeeld. Op dit moment wordt een KRW-beschrijving voor het watertype 'moerasbeek' voorbereid. Het is nog onduidelijk hoe dit type gedefinieerd gaat worden en of het geschikt zal zijn als referentie voor het Koningsdiep. Als de abiotische omstandigheden van de moerasbeek aansluiten bij de situatie in het Koningsdiep, ligt het voor de hand om doelen en maatregelen te ontleen aan dit nieuwe watertype.

### Conclusies

Uit bovenstaande toepassing is gebleken dat een watersysteemanalyse op basis van ecologische sleutelfactoren bijdraagt aan een beter begrip van het functioneren van het watersysteem en van de samenhang tussen de biotische en de abiotische processen.

Mede door de aanwezigheid van keileem, leem en klei en het oppervlakkige waterlopenstelsel is er vanuit het grondwater weinig toestroming naar het Koningsdiep. Daardoor zijn de piekafvoeren te groot en de basisafvoer te laag. In combinatie met het geringe verhang, de overgedimensioneerde bedding en de stuwen resulteert dit uiteindelijk in een uniforme samenstelling van het

beddingmateriaal. Het is niet goed mogelijk dit te veranderen door middel van herinrichtingsmaatregelen. Het ligt daarom voor de hand de doelen en ambities nog eens goed te bestuderen. Een moerasbeek behoort hier wel tot de mogelijkheden. Om te bepalen welke levensgemeenschappen van stromende wateren zich dan exact kunnen ontwikkelen is nader onderzoek nodig. Zoals wij in dit artikel hebben aangetoond vormt de watersysteemanalyse een geschikt instrument voor de afweging van strategieën en de formulering van realistische maatregelen voor verbetering.

*Dit artikel is het tweede in een driedelige serie over watersysteemanalyse met ecologische sleutelfactoren (ESF).*

### Referenties

1. Reeze, B. en Laseroms, R. (2016). *Watersysteemanalyse Koningsdiep op basis van ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren*. Ecofide, Weesp.
2. Altenburg, W., Klunder, W. , Seip, M. en Weusthuis, C. (2004). *Voorontwerp-gebiedsvisie ROM Koningsdiep*. Gebiedscommissie Koningsdiep, Beetsterzwaag. 56p. Juli 2004.
3. Landinrichtingscommissie Koningsdiep (2007). *Landinrichting Koningsdiep. Eerste uitvoeringsmodule 2007-2011*. Dienst Landelijk Gebied, Assen.
4. Werkgroep beekdalherstel Koningsdiep (2013). *Verkenning beekdalherstel Koningsdiep*. 21 maart 2013.
5. STOWA (2015). *Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren, een methodiek in ontwikkeling*. STOWA, Amersfoort. Rapportnummer 2015-W-06.
6. Laseroms, 1996. *Ecologisch beekherstel*. Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Utrecht. LBL-mededeling 208.
7. Verdonschot, P. (red.) (1995). *Beken stromen. Leidraad voor ecologisch beekherstel*. STOWA, Utrecht. STOWA-rapport 95-03. WEW-rapport 06. ISBN 90.74476.26.0.