

o+bn

## Kennisnetwerk OBN

# Risicoanalyse Bemersbeek

Advies van het OBN deskundigenteam Beekdallandschap met betrekking tot de geplande herstelmaatregelen in de Bemersbeek



# Risicoanalyse Bemersbeek

**Advies van het OBN deskundigenteam Beekdallandschap met  
betrekking tot de geplande herstelmaatregelen in de  
Bemersbeek**

R.C.M. Verdonschot – Wageningen Environmental Research, Wageningen University & Research  
A.T.W. Eysink - Bosgroepen



Deze adviesaanvraag is er een uit de serie kortlopende kennisprojecten. Met deze projecten wil het OBN beheerders en beleidsmakers direct en vraaggericht bijstaan in het beantwoorden van hun kennisvragen.

©2022 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Rapport Adviesvraag: OBN-2022-31-BE  
Driebergen, 2022

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van BIJ12 en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

*Wijze van citeren: Verdonschot, R.C.M. en Eysink, A.T.W. 2022. **Advies herstel Bemersbeek**. Rapport nummer OBN-2022-31-BE, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.*

Deze uitgave is online gepubliceerd op [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)

Samenstelling R.C.M Verdonschot – Wageningen Environmental Research,  
Wageningen University & Research  
A.T.W. Eysink – Bosgroepen

Illustraties Ralf Verdonschot, Fons Eysink

Foto voorkant Bemersbeek. Fotograaf: Ralf Verdonschot

Productie Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)  
Adres: Princenhof Park 7, 3972 NG Driebergen  
Telefoon: 0343-745250  
E-mail: info@vbne.nl

# Inhoud

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Samenvatting</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Summary</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1. Inleiding</b>   | <b>8</b>  |
| 1.1    Adviesvraag  | 8         |
| 1.2    Beknopte systeembeschrijving                                   | 8         |
| 1.3    Knelpunten   | 9         |
| 1.4    Herstelmaatregelen   | 12        |
| <b>2. Aandachtspunten naar aanleiding van de geplande maatregelen</b> | <b>14</b> |
| 2.1    Te suppleren materiaal   | 14        |
| 2.2    Ecologische risico's   | 16        |
| 2.3    Voorstel methode van suppleren                                 | 16        |
| 2.3.1    Hoe suppleren?   | 16        |
| 2.3.2    Houtpakketten  | 17        |
| 2.4    Inschatting ecologische effecten voorgestelde methode          | 19        |
| 2.4.1    Effecten op beekbegeleidende bomen                           | 19        |
| 2.4.2    Effecten op fauna  | 19        |
| <b>3. Monitoringsplan</b>   | <b>21</b> |
| <b>4. Slotoverwegingen</b>  | <b>23</b> |
| <b>5. Literatuur</b>  | <b>27</b> |
| <b>Bijlage 1</b>  | <b>28</b> |

# Samenvatting

Het OBN deskundigenteam beekdallandschap is door de Provincie Gelderland gevraagd advies uit te brengen over de geplande herstelmaatregelen in de Bemersbeek. Als gevolg van piekafvoeren heeft deze beek zich diep ingesneden met als gevolg sterke hydraulische stress en het verlies van habitat voor beekorganismen en daarnaast verdroging van het aanliggende beekdal. Verder heeft de beek in droge perioden te kampen met lage afvoeren en droogval. De geplande maatregelen omvatten het verondiepen van de beek middels suppletie en het plaatselijk verlengen van de loop.

Op basis van een veldbezoek en kennis van suppleties die eerder zijn uitgevoerd in Nederland worden aanbevelingen gegeven met betrekking tot het te suppleren materiaal en de te hanteren methode en wordt een inschatting gegeven van de effecten op de beek en beekbegeleidende gronden. Daarnaast wordt ingegaan op de wijze waarop monitoring kan worden uitgevoerd om de effecten van de maatregelen vast te stellen.

## *Te suppleren materiaal en aanpak suppletie*

Voor het ophogen van de beekbodem in de Bemersbeek heeft het de voorkeur lokaal materiaal te gebruiken met dezelfde korrelgrootteverdeling als nu in de beek aanwezig is, waarbij de verwachting is dat wat betreft nutriënten de verwachting dit geen extra negatieve effecten op de beek veroorzaakt dan die al aanwezig zijn. Vanuit het oogpunt van stabiliteit van de bedding is het van belang de grovere fracties te gebruiken, omdat deze tijdens afvoerpieken minder snel getransporteerd worden. Kanttekening bij deze aanpak is echter is de verwachting dat toepassen van grover materiaal een risico geeft op het in de bedding verdwijnen van de beek, waardoor deze droogvalt in tenminste het bovenstroomse gedeelte van het projectgebied. Daarom is de aanwezigheid van de fijne fracties in het suppletiemateriaal van belang om voldoende afdichting van de bodem te creëren dieper in het aangebrachte beddingsubstraat.

Gezien de soortenrijkdom van de beek betekent het gehele traject in één keer op hoogte brengen een aanzienlijk risico op het verlies van waardevolle (doel)soorten, zeker de weinig mobiele soorten en/of die in lage dichtheden voorkomen. De kolonisatiemogelijkheden zijn namelijk beperkt vanwege ongunstige omstandigheden bovenstrooms in de beek door periodieke droogval aldaar. Het is daarom zaak gefaseerd in ruimte en tijd te werk te gaan zodat de beekorganismen de mogelijkheid hebben zich aan te passen aan de veranderende omstandigheden. Waarschijnlijk sorteert daarom een combinatie van pleksgewijs passief (transporteerbaar fijner materiaal op de oever aanbieden) en actief inbrengen (dus pleksgewijs het grovere materiaal in de beek leggen) het meeste effect. Houtpakketten zijn het meest geschikt om in te zetten om het materiaal nog beter vast te houden in het traject.

Door een geleidelijke aanpak te volgen zijn de risico's van de suppletie voor de fauna waarschijnlijk gering, omdat het proces van aanzanding geleidelijk verloopt en er voldoende refugia overblijven van waaruit de gesuppleerde plekken opnieuw gekoloniseerd kunnen worden. Daarbij is het wel belangrijk dat in de gesuppleerde delen de oorspronkelijk aanwezige habitats (substraten) op korte termijn opnieuw gevormd worden. De houtpakketten zijn hierbij van groot belang omdat deze de benodigde structuurvariatie creëren.

## *Effecten flora en fauna*

Met het omhoog brengen van de bodem is het de verwachting dat de bomen die laag op de oevers staan op korte termijn afsterven door ofwel de vernatting ofwel bedekking van de stamvoet met zand. Aangezien de beekoever steil is gaat het om een beperkt aantal (maar wel oude) beuken en zomereiken. Dit hout kan mits het niet wordt verwijderd zorgen voor een natuurlijke aanvulling van de ingebrachte houtpakketten. Ook kan worden gedacht aan het gebruik van de bomen waarvan zeker is dat ze zullen afsterven als materiaal om de houtpakketten mee aan te leggen.

Kanttekening bij deze aanpak is echter is de verwachting dat toepassen van grover materiaal een risico geeft op het in de bedding verdwijnen van de beek, waardoor deze droogvalt in tenminste het bovenstroomse gedeelte van het projectgebied. Daarom is de aanwezigheid van de fijne fracties in het suppletie materiaal van belang om voldoende afdichting van de bodem te creëren dieper in het aangebrachte beddingsubstraat.

De mogelijkheid bestaat dat de beek na suppletie in de beekbedding verdwijnt wanneer te grof materiaal wordt gebruikt om de bedding op te vullen. Daarmee zouden de gesuppleerde trajecten ongeschikt worden voor de huidige fauna. Dit zou in het uiterste geval het beschikbare areaal voor de huidige levensgemeenschap sterk inkrimpen en beperken tot het meest benedenstroomse deel van de Bemersbeek waar geen maatregelen worden genomen. Dit risico moet goed in beeld worden gebracht alvorens tot suppletie overgegaan wordt, waarbij de exacte samenstelling van het opvulmateriaal van groot belang is.

#### *Monitoring*

Het inrichten van een meetnet is sowieso zeer belangrijk om de effecten van de maatregelen te kunnen bepalen op zowel de ecologie, de morfologie en de hydrologie. Het meeste inzicht in de effecten van de suppleties kan worden verkregen door zowel voor en na de ingreep te meten op zowel de locatie waar de maatregelen zijn uitgevoerd als in een controletraject om te corrigeren voor andere factoren.

#### *Het belang van een systeembenadering*

Tot slot is het belangrijk mee te nemen in de overwegingen dat ten eerste de nu voorgestelde maatregelen relatief ver benedenstrooms worden uitgevoerd, terwijl de oorzaak van de insnijding grotendeels gestuurd wordt door het bovenstroomse ontwateringsstelsel dat de haarvaten van het systeem vormt. Pas wanneer hier het water beter vastgehouden wordt kan duurzaam worden geborgd dat er niet opnieuw insnijdingen gaan optreden benedenstrooms. Ten tweede is het de vraag, gezien de diepe insnijding van de beek, of de voorgestelde suppletiehoeveelheden voldoende effect hebben om invloed uit te oefenen op de milieucondities in de beekbegeleidende gronden, of dat deze vooral een uitstralingseffect hebben naar benedenstrooms. Wanneer er een toekomstperspectief is om op landschapsschaal tot herstel over te kunnen gaan dan zou deze inrichting zich in eerste instantie moeten beperken tot no-regret maatregelen waarbij de eisen van de kwetsbare beekfauna nadrukkelijk in het oog worden gehouden. Door te experimenteren met kleine ingrepen gefaseerd in ruimte en tijd met hieraan gekoppeld een integrale monitoring van de hydrologische, morfologische en ecologische effecten ('vinger aan de pols') kan een goed beeld worden gevormd van de effectiviteit en ecologische impact, waarna bij positieve uitkomsten kan worden opgeschaald.

# Summary

The province of Gelderland requested advice from the OBN expertteam Beekdallandschap on planned restoration measures in the Bemersbeek. This stream is impacted by peak discharges, resulting in severe channel incision. As a consequence, hydraulic stress during flow peak in combination with the loss of instream habitat negatively impacts the stream fauna and the riparian zone suffers from lowered groundwater tables. During dry periods low flows and streambed drying further impact the stream ecosystem. To improve the conditions in the stream and stream valley measures are planned, comprising the raising of the stream bed by addition of sand and gravel and reconnecting old meanders and creating new meanders to increase the stream length.

Based on a field visit and experience with sand addition projects in other parts of the country recommendations are provided regarding the choice of sediment to be added and the method of addition of the material to the stream and the effects on the stream and stream ecosystem are assessed. Also, suggestions for monitoring are given.

## *Addition of sediment*

To raise the streambed of the Bemersbeek it is preferred to use local material with a similar grain size distribution as the streambed. When using local soil we expect no additional nutrient input to the stream system in comparison to the background levels already present. To prevent bed erosion sediment with large grain sizes (gravel) is preferred, because of its resistance to peak flows. Nonetheless, there is a risk of loss of all surface water to the interstitial zone when applying very coarse bed material. This especially holds for the upstream part of the study area. Also applying fine grained sediment together with the coarse material is therefore advisable to create an less permeable layer in the subsurface of the added substrate.

Given the high ecological value of the stream the risk of loss of species is considerable when too coarse bed material is used to raise the stream bottom, especially those who are not very mobile and/or occur in low population densities. Colonization potential from the upper reaches is low because of periodic streambed drying. Therefore, an approach which allows spatial and temporal differentiation of the impact so stream organisms could adapt to the changing conditions is preferable. To most suitable approach is likely a combination of local passive addition of transportable fine-grained material on the banks and active addition of coarse grained materials instream. Patches of dead woody debris can be used to retain the bed material within the reach.

With this gradual approach the risks of the addition for the fauna are expected to be small, because it leaves enough space in the form of refugia from which recolonisation could take place after the measures have been implemented. To boost the reestablishment of species it is important that the required microhabitats are reestablished relatively soon after the measures have been executed. Dead woody debris patches could be important facilitators of the process of instream habitat development and structural heterogeneity.

## *Effects on flora and fauna*

It is expected that raising the stream bottom leads to short-term die-off of trees close to the stream due to raised water levels or sand burial of the trunks. Given the steepness of the banks this only holds for a small number of trees, mainly old beech and oak trees. When not removed these trees could on the long-term add to the amount of dead woody debris in the stream, but the trees could also be used directly to create instream wood patches. A potential risk of the measures is the possibility of the loss of available surface water because of a shift towards subsurface flow due to the added coarse bed material. This leaves the reach unsuitable for the stream fauna and leads to a considerable decrease in available habitat area, given that only the stream stretch downstream of the reach where the measures were applied is expected to remain unaltered. It is important to assess this risk beforehand.

### *Monitoring*

Implementing a monitoring scheme is important to be able to assess the impact of the measures on the hydrology, morphology and ecology. By measuring before and after application of the measures in the impacted reach and an unimpacted control reach, to correct for other factors which might influence the changes in the measured parameters, the effects of the measures could be made clear.

### *The importance of an approach on the scale of the catchment*

Finally, it is important to consider that the planned measures are carried out relatively far downstream within the catchment, whilst the current incision is the result of hydrological degradation in the upstream part of the catchment. Only when water retention in this part of the catchment is improved, it could be prevented that bed erosion in the restored downstream part of the stream leads again to channel incision. Another important aspect is that, given the deep incision, if the proposed stream bottom rise is enough to positively affect the riparian zone in the restored reach, or if the effect is limited to the downstream part of the system only. When catchment-wide restoration is a future perspective, the current measures should have a no-regret character and keeping the requirements of the stream organisms clearly in mind. A small-scale approach which is spatiotemporally differentiated and which is monitored for hydrological, morphological and ecological effects could give an insight into the effectiveness as well as the ecological impact of the proposed measures, after which, when the results are positive, could be upscaled.



# 1. Inleiding

## 1.1 Adviesvraag

Het OBN deskundigenteam beekdallandschap is gevraagd advies uit te brengen over de geplande herstelmaatregelen in de Bemersbeek. Als voorbereiding hierop is nadere informatie over de voorgenomen maatregelen verstrekt door Harry Huijskes, Joris Ernst en Bas Klaver van de Provincie Gelderland in de vorm van een notitie (Huijskes, 2021) en een email met vragen die zijn voortgekomen uit gesprekken tussen de Provincie Gelderland en waterschap Rijn en IJssel. De volgende vragen worden hierin voorgelegd:

- Wat is de beste methode voor het ophogen van de beekbodem in relatie tot risicobeheersing (effecten omgeving, op de beeklevensgemeenschap, sterfte karakteristieke autochtone bomen en struiken enzovoorts)?
- Hoe brengen we grond in, welk materiaal kan het beste gebruikt worden (lithologie, voedselrijkdom), hoeveel dood hout?
- Moet je de beekbodem in 1 keer op hoogte brengen of is jaarlijks een beetje ophoging beter. Om de hoeveel meter moet je een houtpatch plaatsen. In het project komt veel grond vrij: voedselrijke humushoudende bovengrond. Kan dit gebruikt worden voor ophoging?
- Hoe kunnen we de risico's voor de karakteristieke beekfauna verkleinen? Hoe voorkomen we het lokaal uitsterven en verkleinen van de genenpool? Zijn er refugia in de omgeving, kunnen soorten desnoods een tijd gehouden worden in aquaria? Is het een idee om plaatselijk de oude geulen dieper dan nu voorgesteld uit te graven om daarmee ook refugia naast de beek te creëren?
- Hoe kunnen we het risico op (effecten van) regelmatige droogval na verondiepen verkleinen (krijgt de beek meer of dezelfde grondwatervoeding na verondiepen of valt de beek vaker droog)?
- Wat adviseert het DT over de inrichting van een meetnet voor het monitoren van effecten (hydrologisch, morfologisch en biologisch)?
- Moeten er nog extra maatregelen worden uitgewerkt voor het duurzaam behouden van karakteristieke soorten?

Op 24 juni 2022 zijn namens het deskundigenteam Ralf Verdonschot (Wageningen Environmental Research) en Fons Eysink (Bosgroepen) op veldbezoek geweest. Op basis van de bevindingen tijdens het veldbezoek en de verstrekte informatie is het voorliggende advies opgesteld.

## 1.2 Beknopte systeembeschrijving

De Osink-Bemersbeek is een zijbeek van de Boven Slinge. De beek ontstaat uit de samenvloeiing van de Schippersbeek/Schippersbach, Osinkbeek, Mensink Water Leiding, Veenhuis Waterleiding, Buitink Waterleiding, Esink Waterleiding en Kottense Veld Water Leiding. Het benedenstroomse deel (met hierin het projectgebied) wordt aangeduid als Bemersbeek (waar de Schippersbeek in de Osinkbeek komt). De Bemersbeek kan worden getypeerd als een permanente langzaam stromende bovenloop op zand (KRW-type R4). Gezien het relatief grote verval behoort de beek tot het subtype R4b. De beek is door de provincie Gelderland aangeduid als Plateaubek; een beek met vrij veel verval in een smal beekdal.

De Bemersbeek heeft de HEN-status (Hoogst Ecologisch Niveau water voor provincie Gelderland) en wordt beschouwd als ecologisch waardevol. Er komt een goed ontwikkelde macrofaunalevensgemeenschap voor, met op landelijke schaal zeldzame en kenmerkende macrofaunasoorten zoals de watermijten *Lebertia fimbriata*, *Parathyas pachystoma*, *Sperchon*

*squamosus* en *Sperchonopsis verrucosa*, de waterkever *Limnius volckmari*, de haften *Habrophlebia fusca* en *Paraleptophlebia submarginata*, de steenvlieg *Amphinemura standfussi*, de kokerjuffers *Beraeodes minutus*, *Ironoquia dubia*, *Limnephilus bipunctatus*, *Lithax obscurus* en *Potamophylax rotundipennis* (Bijlage 1). Dit zijn vooral soorten van (snel) stromend water met hierbij enkele soorten van veenbeken en doorstroommoerassen. In de meest recente periode (sinds 2010) zijn alleen macrofaunabemonsteringen uitgevoerd in het benedenstroomse deel van de Osink-Bemersbeek (Esinkweg, Meester Meinenweg). Dit overlapt met het plangebied, maar onbekend is wat de ecologische staat van de macrofaunalevensgemeenschappen verder bovenstrooms is. Ook de visgemeenschap van de beek herbergt verschillende karakteristieke stromingsminnende soorten met onder andere beekprik (*Lampetra planeri*) en serpeling (*Leuciscus leuciscus*).

### 1.3 Knelpunten

De status als HEN-beek betekent dat er voor het beekstelsel gestreefd wordt naar een zo hoog mogelijke ecologische kwaliteit en wordt ingezet op maatregelen die alle vormen van negatieve beïnvloeding terugdringen. Verschillende stressoren hebben momenteel invloed op het systeem. Het belangrijkste knelpunt wordt gevormd door hydromorfologische stress, die grote invloed heeft op het huidige functioneren van het beekstelsel. Door intensieve drainage van de bovenstroomse delen van het stroomgebied is de afvoerdynamiek groot, met piekafvoeren in natte situaties en lage afvoeren en droogval van trajecten in droge perioden. Deze hydrologische verstoring is het gevolg van een ver terug in de tijd gaand maar nog steeds voortschrijdend proces van hydrologische en morfologische verstoring in de vorm van ontwatering van de inzigtgebieden (vroeger ontsprong de beek in het Kottense Veen), vergraving en kanalisatie (tot halverwege 20<sup>ste</sup> eeuw), oeververdediging en intensief onderhoud (schoning) door het waterschap. De Bemersbeek voerde tijdens de droogte van 2018-2019 nog wat water (enkele liters per seconde), terwijl de bovenlopen bovenstrooms van de Buitinkweg droogvielen (Spikmans et al. 2020). Piekafvoeren komen vaak voor. Als gevolg van deze hoge afvoeren en vastlegging van de oevers heeft de beek zich sterk ingesneden. Het hoogteverschil ten opzichte van het maaiveld kan oplopen tot 2-3 meter (Figuur 1.1).



**Figuur 1.1.** De Bemersbeek ligt diep ingesneden in het landschap.

**Figure 1.1.** Incised stream channel of the Bemersbeek.



a



b



c

**Figuur 1.2.** Zandafzetting in een binnenbocht (a), afkalvende oever (b) en dynamische zandbedding (c) in de Bemersbeek.

**Figure 1.2.** Point bar sand body in a bend (a), bank erosion (b) and the dynamic sandbed substrate (c) in the Bemersbeek.

Tijdens piekafvoeren treedt erosie van de bedding op waardoor de beek langzaam verder insnijdt. Een kale minerale bedding en zandafzettingen geven aan dat er aanzienlijke sedimentverplaatsing kan optreden, mede afkomstig van de afkalvende oevers (Figuur 1.2). Het voor het ecosysteem functioneren van laaglandbeken essentiële organische materiaal, in de vorm van pakketten met bladeren en grove-fijne fragmenten, ontbreekt grotendeels door de hoge dynamiek. Wel is verspreid dood hout aanwezig (takken, stammen). Echter bereikt de bedekking van deze substraten nergens de onder natuurlijke omstandigheden optredende bedekking van circa 50% organisch materiaal. De pieken zorgen er wel voor dat een ander belangrijk element in de beek, grindbedden, vrij gespoeld worden. Deze fungeren als belangrijk habitatelement voor macrofauna en vissen (Figuur 1.3). Echter, wanneer veel zandverplaatsing optreedt bestaat de kans dat de grindbedden bedekt raken en daardoor (tijdelijk) hun functie als habitat kwijtraken.



**Figuur 1.3.** Grindbed in de Bemersbeek, dat bestaat uit natuurlijk bodemmateriaal gemengd met materiaal afkomstig van oeververdediging, waarvoor in het verleden bouwpuin is gebruikt.

**Figure 1.3.** Gravelbed in the Bemersbeek, which is composed of natural material as well as antropogenic structures used for bank protection.

Tenslotte speelt in het beekstelsel diffuse belasting met nutriënten vanuit aanliggende landbouwpercelen (zowel in Nederland als bovenstrooms vanuit Duitsland) een rol. Het effect hiervan wordt echter gemitigeerd door de zware beschaduwing in grote delen van de beek en is daardoor vooral zichtbaar in de open delen, waar massale vegetatieontwikkeling met voedselrijke soorten als rietgras en grote egelskop optreedt. Ook zijn er puntbronnen aanwezig, in de vorm diverse ondefinieerbare buizen (mogelijk drainage) die de beek in lopen en een regenwateroverstort (Meester Meinenweg), die invloed uit kunnen oefenen op het meest benedenstroomse gedeelte van de beek.

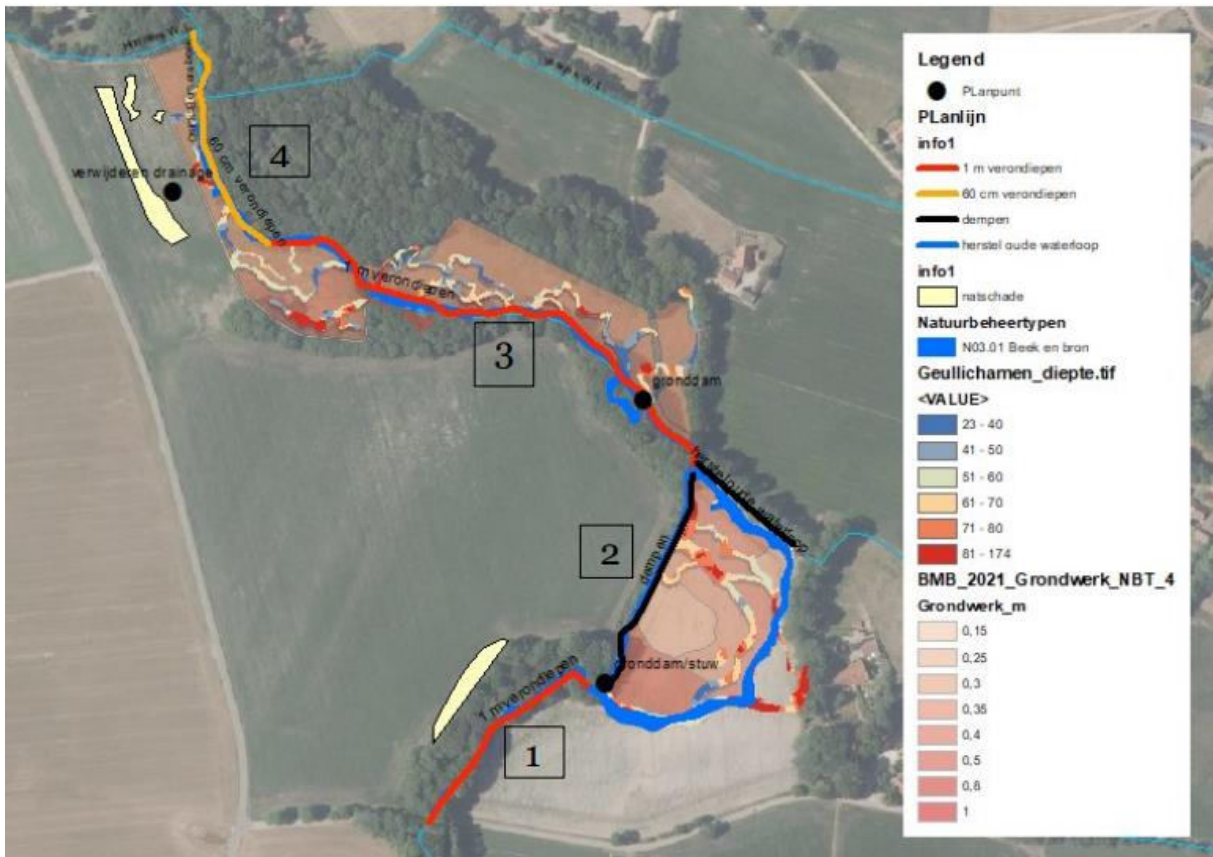
## 1.4 Herstelmaatregelen

De afgelopen jaren is een aantal maatregelen genomen om de toestand van de beek te verbeteren. Bovenstrooms in de Osink heeft verondieping en verkleining van het profiel plaatsgevonden, er is piekberging in natuurterreinen gerealiseerd of gepland (Schippersbeek 30 ha gerealiseerd, binnenkort 30 ha extra bij Schippersbeek en 21 ha ter hoogte Oost-Blankersweg) en nog er zijn op verschillende plekken bufferstroken aangelegd met bosaanplant om de beschaduwing van de beek te vergroten en in één traject (bovenstrooms Meester Meinenweg) zijn op een aantal plaatsen dikke stammen ingebracht (Figuur 1.4).



**Figuur 1.4.** Houtinbreng in de Bemersbeek door gebruik te maken van dikke stammen.  
**Figure 1.4.** Addition of dead woody debris in the Bemersbeek using logs.

De geplande maatregelen omvatten het verondiepen van de beek met 0,6-1 m middels zandsuppletie in combinatie met gronddammen en hout, het verlengen van de loop door een nieuwe loop te graven op de plek van een oude meander en de oude loop te dempen en het aantakken van een oude meander (Figuur 1.5; Huijskes 2021).



**Figuur 1.5.** Geplande maatregelen Bemersbeek (Huijskes 2021).  
**Figure 1.5.** Planned restoration measures in the Bemersbeek (Huijskes 2021).

## 2. Aandachtspunten naar aanleiding van de geplande maatregelen

### 2.1 Te suppleren materiaal

Voor het ophogen van de beekbodem in de Bemersbeek heeft het de voorkeur lokaal materiaal te gebruiken met dezelfde korrelgrootteverdeling als nu in de beek aanwezig is. Dit bestaat uit vooral matig tot uiterst grof zand (Figuur 2.1), met daarin ook kiezels en stenen. Juist het grovere materiaal is belangrijk voor de vorming van de grindbedden, die voor de fauna relevant zijn. Soorten als de kokerjuffer *Lithax obscurus* (voedselvoorziening, schraapt algen van stenen) (Figuur 2.2) en de beekprik (paai) zijn direct afhankelijk van het grind. Het zand, zeker de fijnere fracties, is zeer mobiel en daardoor dynamisch. Het vormt daardoor een milieu dat ongeschikt is voor veel soorten om in te leven, wat nog wordt versterkt door een gebrek aan voedsel. Veel soorten in dit type beken zijn daarom gebonden aan plekken met organisch materiaal (bladpakketten) en hout, welke meer stabiele structuren vormen met een goede voedselbeschikbaarheid (Figuur 2.2).

Een optie zou kunnen zijn het materiaal dat vrijkomt bij de maaiveldverlaging in traject 2 te gebruiken na verwijdering van de sterk doorwortelde toplaag. Deze aanpak is gevolgd bij de zandsuppletie van de Leuvenumse beek door Natuurmonumenten en Waterschap Vallei en Veluwe, waar plagzand (toplaag stuifzand, tot ca. 10 cm diep) van het naastgelegen Hulshorsterzand is gebruikt (Verdonschot et al. 2016). Dit materiaal was niet volledig mineraal, maar bevatte ook organisch materiaal/mos- en plantenresten. Dit heeft niet tot meetbare ecologische effecten geleid. Op de plek van inbrengen bedroeg het gemiddelde percentage organisch materiaal in het gesuppleerde materiaal 0,1%, de hoeveelheid stikstof (N) 0,19 g/kg en de hoeveelheid fosfor (P) 0,06 g/kg (Dos Reis Oliveira et al. 2019).



**Figuur 2.1.** Links matig tot zeer grof zand: 210  $\mu\text{m}$  tot 420  $\mu\text{m}$  (80%) en uiterst grof zand van 0,42 mm tot 2 mm (20%) tot minimaal 120 cm diep. Rechts boorgat tot een diepte van 120 cm droog (tot 40 cm stofdroog).

**Figure 2.1.** Left picture shows moderately coarse to very coarse sand: 210  $\mu\text{m}$  tot 420  $\mu\text{m}$  (80%) en extremely coarse sand of 0,42 mm tot 2 mm (20%) up to a depth of at least 120 cm. Right picture shows the drilling hole which was dry to a depth of 120 cm (no moisture up to 40 cm).



**Figuur 2.2.** Stenen en hout vormen belangrijke structuren voor de macrofauna.

**Figure 2.2.** Stones (left picture) and dead wood (right picture) form important structures for stream macroinvertebrates.

Wanneer materiaal van de maaiveldverlaging wordt gebruikt is wat betreft nutriënten de verwachting dat dit geen extra negatieve effecten op de beek veroorzaakt. Er vindt namelijk toch al uitspoeling van nutriënten plaats en het van bovenstrooms aangevoerde oppervlaktewater is eveneens voedselrijk. De verwachte effecten van extra nutriënten uit het in te brengen materiaal zijn daaraan ondergeschikt. Fosfaat wordt waarschijnlijk ook vastgelegd, of spoelt uit naar benedenstrooms. Het grootste risico bij verrijking met nutriënten uit het bodemmateriaal is dat in door de zon beschenen trajecten massale vegetatieontwikkeling optreedt, met name in combinatie met lage stroomsnelheden of stagnatie. Door de zware beschaduwing (>70% boven beek bedekt) van het systeem wordt dit gemitigeerd, omdat het gebrek aan licht ervoor zorgt dat planten in de beek niet tot ontwikkeling komen. We verwachten dat een effect van eventueel transport naar open trajecten in de Boven Slinge benedenstrooms verwaarloosbaar is ten opzichte van de al aanwezige concentraties in het watersysteem.

Vanuit het oogpunt van stabiliteit van de bedding kan de gedachte zijn juist de grovere fractie te gebruiken, omdat deze tijdens afvoerpieken minder snel getransporteerd wordt. Dit betreft de fractie 210  $\mu\text{m}$  tot 2 mm, aangevuld met grind van 16-32 mm op de meest steile hellingen, gezien de impact van piekafvoeren aldaar. Grofweg blijft alleen grover grind achter indien de stroomsnelheden regelmatig boven de 0,6 m/s komen. In hoeverre hiervan voldoende materiaal ter plekke aanwezig is moet worden uitgezocht. Kanttekening bij deze aanpak is echter is de verwachting dat toepassen van grover materiaal leidt — gezien de lage afvoer in droge perioden en het optreden van extreem droge zomers in de recente jaren — tot het in de bedding verdwijnen van de beek, waardoor deze droogvalt in tenminste het bovenstroomse gedeelte van het projectgebied. Dit leidt dan tot een verandering in het beekarakter van een permanente bovenloop (KRW-type R4) naar een droogvallende bovenloop (KRW-type R3). Met dit in gedachte is het toevoegen van juist de fijne fractie van groot belang om voldoende afdichting van de bodem te creëren dieper in het aangebrachte beddingsubstraat. Keileem/leemhoudende grond is overigens niet geschikt vanwege het hoge aandeel fijne fractie die bij piekafvoeren snel op transport gaat.

Een alternatief voor gebiedseigen materiaal gebruiken is het van elders aanvoeren van materiaal met de gewenste korrelgroottes. Deze aanpak is gevolgd bij de suppletie van het Anloerdiepje door waterschap Hunze en Aa's (Verdonschot 2021). Hiervoor is mineraal materiaal uit een zandwinning in de regio gebruikt, dat vervolgens machinaal is gemengd in de verhouding die al in de beekbedding aanwezig was.



## 2.2 Ecologische risico's

Wanneer simultaan en volledig uitgevoerd resulteren de voorgestelde suppletie maatregelen in het tijdelijk verdwijnen van circa 1 km geschikt traject (Esinkweg- Huiskamp waterleiding) voor een goed ontwikkelde macrofaunagemeenschap en visgemeenschap van laaglandbeken. Vergelijkbaar habitat blijft intact benedenstrooms (ca 0.6 km Huiskamp waterleiding – monding Boven Slinge) en bovenstrooms (ca 0.4 km, Buitinkweg – Esinkweg) van het maatregelentraject. Een deel van dit bovenstroomse traject valt tijdens droge zomers soms droog en is daardoor momenteel al minder geschikt voor rheofiele macrofauna en vissen. Nog verder bovenstrooms zijn omstandigheden ongunstig voor doelsoorten i.v.m. periodieke droogval en ontbreken substraatvariatie en beschaduwing. Dit wil zeggen dat door de maatregelen ongeveer 50% van de totale als geschikt ingeschatte trajectlengte tijdelijk verdwijnt.

Na de ingreep moet kolonisatie vanuit de bovenstrooms gelegen beektraject tussen de Buitinkweg en Esinkweg en benedenstrooms gelegen Huiskampwaterleiding optreden. Gezien de soortenrijkdom van de beek zou het gehele traject in één keer op hoogte brengen een aanzienlijk risico vormen voor het verlies van soorten, zeker diegene die in lage dichtheden voorkomen. Aangezien de hoeveelheid in te brengen materiaal vele malen de waterdiepte (bij normale afvoer) overschrijdt, verdwijnt de beek hierdoor namelijk enige tijd in zijn geheel. Door de diepe insnijding is van graduele land-waterovergangen, zijbeekjes of kwelstroompjes die als refugium kunnen dienen voor de macrofauna geen sprake. Alle macrofauna gaat daardoor in het te suppleren traject verloren. Het idee om de te dempen loop nog enige tijd eenzijdig open te houden na afdamming aan de bovenzijde om zo fauna te behouden is geen geschikte optie. Juist de kenmerkende fauna van de beek heeft namelijk stromend zuurstofrijk water nodig, een situatie die in een eenzijdig aangetakte loop niet gecreëerd kan worden.

Vissoorten die mobiel zijn, zoals de serpeling en kopvoorn, migreren tijdens de ingreep (mits langzaam, dus gefaseerd in ruimte en tijd uitgevoerd) waarschijnlijk naar de Boven Slinge en kunnen van daaruit relatief eenvoudig terugkeren na de maatregelen. Voor een weinig mobiele soort als de beekprik is dit waarschijnlijk moeilijker en ben je voor populatieherstel meer afhankelijk van bovenstroomse refugia. Terugkeer is overigens wel afhankelijk van de habitatgeschiktheid na uitvoering van de maatregelen en volgt de opbouw van substraatvariatie van de bedding. In de Leuvenumse beek werden in de maanden na de suppletie bermpjes en rivierdonderpadden aangetroffen in de pas gevormde pakketten van blad en takjes (Verdonschot et al. 2015). Deze waren waarschijnlijk afkomstig van populaties die aanwezig waren in de nabijheid (bovenstrooms) van de gesuppleerde plekken.

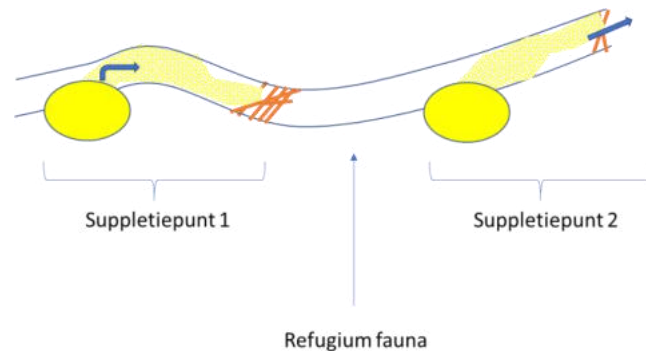
Op twee locaties in de te dempen waterloop werden op de oever kleine populaties bosbies aangetroffen (kwelindicator plantensoort), deze diep wortelende soort kan bij suppletie overleven mits grondwaterinvloed behouden blijft (beekherstel Springendalse beek, 2015).

## 2.3 Voorstel methode van suppleren

### 2.3.1 Hoe suppleren?

De werkwijze die is toegepast in het Anloërdiepje door met een hevel zand onder water in de beek aan te brengen over de hele lengte is te invasief in de Bemersbeek om hierboven genoemde redenen. De werkwijze van het suppletieproject in de Leuvenumse beek is meer passend (Van Dongen & Verdonschot 2014). Hierbij wordt het materiaal pleksgewijs op de lage delen en deels in de beek aangebracht, waarna het door de stroming zelf wordt verspreid. Deze passieve suppletiemethode was oorspronkelijk toegepast in de Leuvenumse beek (Figuur 2.3) om zo min mogelijk invasief te werk te gaan, maar werkte daar niet goed doordat de stroomsnelheid te laag

was tijdens afvoerpieken om het materiaal te transporteren. De stroomsnelheden en piekafvoeren in de Bemersbeek zijn veel groter, waardoor deze techniek meer kans van slagen heeft.



**Figuur 2.3.** Zandberg langs Leuvenumse beek (links) en werking van het principe (rechts), waarbij tijdens afvoerpieken materiaal naar benedenstrooms wordt verplaatst en wordt ingevangen door structuren op de beekbodem (in dit geval houtpakketten). De suppletieplekken moeten tenminste 50 m uit elkaar liggen, zodat de tussenliggende delen langzaam aanzanden en de fauna tijd krijgt zich aan te passen aan de veranderende omstandigheden.

**Figure 2.3.** Sand suppletion on the bank of the Leuvenumse beek (left picture) and schematic drawing of the suppletion mechanism (right picture). Sand is transported downstream during discharge peaks and is trapped by structures on the streambed, in this case dead woody debris. The patches are spaced at least 50 m apart resulting in a gradual increase in bottom height so the fauna could adjust to the new conditions.

Door afkalving van de zandbergen wordt de bodem langzaam opgehoogd, wat qua proces niet veel verschilt van de zandverplaatsingen die nu al in het systeem plaatsvinden. Tussen de bergen moet een afstand van tenminste circa 50 m worden aangehouden, zodat telkens een weinig beïnvloed 'refugium' aanwezig blijft dat langzaam aanzandt. De fauna krijgt hierdoor de tijd zich aan de veranderende omstandigheden aan te passen. Het zand moet hiervoor op de lagere delen in de ingesneden bedding worden gelegd, optimaal is op plekken waar het makkelijk meegenomen kan worden met het water. Waarschijnlijk is er niet genoeg ruimte om de totale hoeveelheid in een keer neer te leggen en moet de berg gedurende een aantal jaar worden aangevuld net zolang tot de gewenste hoogte is bereikt. Dit biedt ook mogelijkheden om bij te sturen mochten er onvoorziene effecten optreden.

Andersom kunnen de bergen ook (in een later stadium) actief in de beek geschoven worden mocht er niet voldoende transport optreden, wat ook de vervolgaanpak in de Leuvenumse beek was nadat passief transport niet tot voldoende ophoging leidde. Zeer grof en uiterst grof zand zal zich moeilijk laten verplaatsen. Grind 16-32 mm zal zonder meer fysiek op de beoogde plekken ingebracht moeten worden. De locaties waar grindbedden moeten worden gevormd moet dus vooraf gekozen worden, waarvoor de huidige situatie (riffles met grind, hoge stroomsnelheid, vaak knikpunten verhanglijn) een goede aanwijzing geeft.

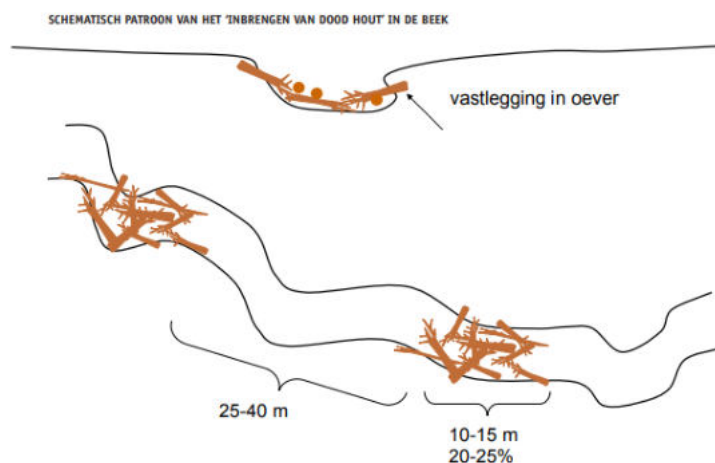
**Dit betekent dat waarschijnlijk een combinatie van pleksgewijs passief (transporteerbaar materiaal op de oever) en actief inbrengen (dus pleksgewijs grof materiaal in de beek leggen) het meeste effect sorteert.**

### 2.3.2 Houtpakketten

Om dit zand in het traject te houden zijn structuren op de beekbodem nodig. In het plan is voorgesteld te werken met gronddammen. Het nadeel hiervan is dat ze niet doorstroombaar zijn en daardoor stagnatie bovenstrooms van de dam kunnen veroorzaken. Stagnatie is schadelijk voor de stromingsminnende fauna en moet ten alle tijden vermeden worden. Een alternatief is te werken

met houtpakketten of grindbanken 16-32 mm of 32-60 mm. Deze pakketten of grindbanken hebben als voordeel ten opzichte van de gronddammen dat ze doorstroombaar zijn en daardoor zorgen voor het behoud van stroming in het totale traject. Bij grindbanken is het risico dat het water tijdelijk in de beekbodem verdwijnt.

De manier van plaatsing is beschreven door Verdonschot et al. (2012) (Figuur 2.4) en komt neer op ca. 20-30 pakketten per strekkende kilometer beek. Het gaat hierbij om pakketten met stammen (diameter >20 cm) en takken (diameter >5 cm) die verspreid worden aangebracht in het beektraject door een aantal stammen in de oever van de beek te steken om het pakket op zijn plek te houden, hiertussen in de beek stammen en takken aan te brengen en deze onderling te verweven (vlechtwerk). Bij voorkeur worden vertakte stammen en takken gebruikt, zoals kronen. Eventueel kan een stam dwars op de beekbodem worden gelegd in het pakket om als drempel te dienen. Er moet worden gestreefd naar een startbedekking van circa 20-25% hout, wat later vanzelf wordt aangevuld door inspoelend materiaal tot circa 50% bedekking. Wat betreft het soort hout hebben harde houtsoorten de voorkeur, zoals eik. Om oevererosie te voorkomen en omspoeling te voorkomen is het belangrijk dat de stroomdraad door het pakket blijft lopen en niet via de oever gestuurd wordt. Optimaal is wanneer ieder houtpakket minimaal 75% van de beekbreedte omvat, maar bij voorkeur de gehele breedte, en een oppervlakte beslaat van circa 10-15 m<sup>2</sup>. De afstand tussen houtpakketten moet ongeveer 25-40 m bedragen. Meer informatie over het inbrengen van hout is te vinden in Verdonschot et al. (2021).



**Figuur 2.4.** Protocol dead woody debris addition in streams (Verdonschot et al. 2012).

**Figure 2.4.** Protocol for dead woody debris addition in streams (Verdonschot et al. 2012).

Uit ervaringen in de Leuvenumse beek blijkt dat de houtpakketten na verloop van tijd aanzanden (Figuur 2.5). Belangrijk is dat er daarom geen schoning of onderhoud meer plaatsvindt in het traject, zodat de houtpakketten door invallend hout langzaam via de natuurlijke weg kunnen aangroeien. Immers is het hout een belangrijke structuur, die zowel direct habitatvormend is en indirect via het ontstaan van organisch materiaal pakketten door het invangen van bijvoorbeeld blad.



**Figuur 2.4.** Door zand bedekt houtpakket in de Leuvenumse beek.

**Figure 2.4.** Sand covered wood in the Leuvenumse beek.

## 2.4 Inschatting ecologische effecten voorgestelde methode

### 2.4.1 Effecten op beekbegeleidende bomen

Met het omhoog brengen van het waterpeil sterven de bomen die laag op de oevers staan op korte termijn af door ofwel de vernatting ofwel bedekking van de stamvoet met zand. Aangezien de beekoever steil is gaat het om een beperkt aantal (maar wel oude) beuken en zomereiken. Dit hout kan zorgen voor een natuurlijke aanvulling van de ingebrachte houtpakketten. Ook kan worden gedacht aan het gebruik van de bomen waarvan zeker is dat ze zullen afsterven als materiaal om de houtpakketten mee aan te leggen.

### 2.4.2 Effecten op fauna

De fauna van de Bemersbeek herbergt karakteristieke soorten voor de relatief snel stromende beken in de Achterhoek die als indicatoren worden beschouwd voor een goede ecologische kwaliteit (overzicht macrofauna Bijlage 1). Ook lijkt er sprake van een toename van deze soorten in de tijd (Lenssen et al. 2011).

Door een geleidelijke pleksgewijze aanpak te volgen zoals hierboven voorgesteld zijn de risico's van de suppletie voor de fauna waarschijnlijk gering, omdat het proces van aanzanding geleidelijk verloopt en er voldoende refugia overblijven van waaruit de gesuppleerde plekken opnieuw gekoloniseerd kunnen worden. In de Leuvenumse beek leidde deze aanpak niet tot het verdwijnen van soorten maar juist tot een toename van het aantal kenmerkende (veelal stromingsminnende) soorten (Dos Reis Oliveira et al. 2019). Een inschatting van de regionale zeldzaamheid van de aangetroffen soorten geeft daarnaast aan dat de kenmerkende soorten niet beperkt zijn tot de Bemersbeek alleen en in meer beken in het beheergebied voorkomen (Hop & Moonen 2021).

De suggestie bij de vragen om macrofauna in aquaria te houden tijdens de suppletie is weinig kansrijk, omdat de benodigde microhabitats eerst opnieuw gevormd moeten worden na de suppletie. Natuurlijke herkolonisatie heeft daardoor de voorkeur omdat dit meebeweegt met de

habitatontwikkeling. Daarbij is het wel belangrijk dat in de gesuppleerde delen de oorspronkelijk aanwezige habitats (substraten) op korte termijn opnieuw gevormd worden. Hiervoor zijn met name de houtpakketten van essentieel belang en moeten daarom van voldoende omvang zijn om structuurvariatie te creëren. De eerder vermelde afmetingen van houtpakketten zijn daarom van belang. Ook is het belangrijk dat in de gesuppleerde trajecten zich nieuwe grindbedden vormen of aangebracht moeten worden. Het gesuppleerde materiaal moet dus voldoende grof materiaal bevatten. Het uit de beek verwijderen van de huidige grindbedden (of andere substraten) en deze vervolgens terugleggen heeft weinig zin met de voorgestelde methode, omdat de beek geleidelijk en in een periode van meerdere jaren op hoogte komt.

Een groter risico wordt gevormd door de mogelijkheid dat de beek na suppletie in de beekbedding verdwijnt en daarmee de gesuppleerde trajecten ongeschikt worden voor de huidige fauna. Dit is vooral het geval bij toepassing van grof beddingsubstraat om de bodem op te hogen. Dit zou in het uiterste geval het beschikbare areaal voor de huidige levensgemeenschap sterk inkrimpen en beperken tot het meest benedenstroomse deel van de Bemersbeek waar geen maatregelen worden genomen. Dit risico moet goed in beeld worden gebracht alvorens tot suppletie overgegaan wordt. Echter, bij geen ingreep is er — in toekomstige perioden van extreme droogte — ook een risico dat de beek in de beekbedding verdwijnt en volledig droogvalt. Wel zal bij geleidelijke verondieping de drainagebasis in het bovenstrooms gelegen gebied langzaam verhoogd worden, wat weer positief doorwerkt op de watervoerendheid van het gesuppleerde traject. Geleidelijke bodemverhoging in combinatie met bovenstrooms extra water vasthouden kan het droogvalrisico tot een aanvaardbaar niveau inperken.

### 3. Monitoringsplan

Het inrichten van een meetnet is zeer belangrijk om de effecten van de maatregelen te kunnen bepalen op zowel de ecologie, de morfologie en de hydrologie. Het meeste inzicht in de effecten van de suppleties kan worden verkregen met het BACI-ontwerp (Van der Lee et al. 2022), wat staat voor het before (voor)- after (na), control (controle) - impact (maatregel) ontwerp (Stewart-Oaten et al. 1986, Smokorowskia & Randall 2017).

In dit ontwerp wordt in de tijd voor en na het uitvoeren van de maatregel gemeten. Deze metingen vinden plaats in zowel de maatregeltrajecten als in controletrajecten (Tabel 3.1). Kanttekening bij de controletrajecten is wel dat deze beïnvloed zouden kunnen worden door de maatregelen. Dit geldt zowel voor het meest benedenstroomse traject, vooral door sedimenttransport, als voor het bovenstroomse controletraject, door opstuwing. Toch is de impact op deze trajecten vele malen minder dan de gesuppleerde delen, waardoor ze toch waardevolle informatie kunnen leveren.

Deze opzet corrigeert zowel voor de uitgangssituatie in het traject waar de maatregel(en) worden uitgevoerd, als voor veranderingen die in de tijd optreden in het stroomgebied. Het meest effectief is een opzet met minimaal drie metingen (jaren) voorafgaand aan de maatregel en minimaal vier metingen na uitvoering. Dit is niet meer haalbaar gezien de planning van het project, waarbij de uitvoering waarschijnlijk in 2023 uitgevoerd gaat worden. Daarom is het zaak zo snel mogelijk met nulmetingen te starten.

**Tabel 3.1.** *Meetlocaties effectmonitoring Bemersbeek. De controletrajecten staan mogelijk onder invloed van de maatregelen.*

**Tabel 3.1.** *Reaches containing monitoring locations effect monitoring Bemersbeek. The control reaches are probably impacted by the planned measures.*

| Traject                   | Effect        |
|---------------------------|---------------|
| Esinkweg-Buitinkweg       | 'Controle'    |
| Maatregeltraject 1        | Zandsuppletie |
| Maatregeltraject 2        | Nieuwe loop   |
| Maatregeltraject 3        | Zandsuppletie |
| Maatregeltraject 4        | Zandsuppletie |
| Meester-Meinenweg-monding | 'Controle'    |

Tabel 3.2 geeft een overzicht van enkele belangrijke parameters die gemeten kunnen worden met de bijbehorende methodiek.

**Tabel 3.2.** *Potentiële meetmethoden die kunnen worden ingezet voor de effectmonitoring in de Bemersbeek.*

**Tabel 3.2.** *Potential monitoring techniques which could be applied in the Bemersbeek.*

| <b>Type</b> | <b>Parameters</b>   | <b>Methode</b>   |
|-------------|---|--|
| Macrofauna  | Soortensamenstelling en abundantie levensgemeenschap  | Standaard KRW macrofaunabemonstering   |
| Vis         | Soortensamenstelling, abundantie en lengteverdeling levensgemeenschap   | Standaard KRW visbemonstering<br>lijnvormige stromende wateren voor samenstelling visgemeenschap.<br>Nauwkeuriger bemonsteren van beekprik voor leeftijdsopbouw en populatiegrootte via RAVON<br>oppervlaktebemonsteringsmethode |
| Vegetatie   | Soortensamenstelling en bedekkingen beekbegeleidende vegetatie (om eventueel vernattingseffecten op flora vast te leggen) | Vegetatieopnamen in vaste proefvlakken   |
| Morfologie  | Dwarsprofielontwikkeling<br>Substraatsamenstelling<br>Lengteprofielontwikkeling (alleen nieuwe loop traject 3)            | Inmeten vaste punten op oevers en in de beek (zie Verdonschot et al. 2016)<br>Lengteprofiel aan de hand van dronebeelden in open terreindeel   |
| Hydrologie  | Grondwaterstand<br>Oppervlaktewaterstand  | Raai grondwaterbuizen<br>Waterpeil met divers  |

## 4. Slotoverwegingen

In het kader van de GGOR is voor het gebied Osink-Bemersbeek een systeemanalyse uitgevoerd (2010). De vastgestelde knelpunten hebben tot het formuleren van een maatregelenpakket geleid. De Osink en Schippersbeek zijn inmiddels deels hersteld of is dit gepland (middels verondiepen, extra retentie en water vasthouden op percelen), terwijl andere watergangen (bovenlopen Osinkbeek, Veenhuiswaterleiding en achterliggende afwateringen) nog een sterke invloed hebben op het drainageniveau en de afvoerdynamiek in het stroomgebied. Het door ons beschouwde deel van de Bemersbeek laat zien dat het sedimenttransport en daarmee de invloed van bovenstroomse piekafvoeren nog steeds groot is en door de diepe ligging van de beek ook het drainageniveau opvallend laag is. Bij een systeemgerichte benadering werk je van boven naar beneden om het afwentelen van de knelpunten, oftewel door de te lage drainagebasis (verdroging beekdal en beperkte watervoerendheid van de beek) en afvoerpieken in ieder deelsysteem bovenstrooms op te lossen.

De nu voorgestelde maatregelen worden relatief ver benedenstrooms uitgevoerd, terwijl de oorzaak van de insnijding toch grotendeels gestuurd wordt door het bovenstroomse ontwateringsstelsel dat de haarvaten van het systeem vormt (Figuur 4.1). Pas wanneer hier het water beter vastgehouden wordt kan duurzaam worden geborgd dat er niet opnieuw insnijdingen gaan optreden benedenstrooms. Dit kan worden gerealiseerd door bijvoorbeeld drainerende structuren te verwijderen, natuurlijke laagtes te laten inunderen en water langer in de watergang vast te houden middels bijvoorbeeld minder maaien of hout inbrengen. Goed in beeld brengen hoe het systeem op stroomgebiedsschaal functioneert is belangrijk om meer integraal maatregelen te kunnen inzetten.



**Figuur 4.1.** Links: Diepe insnijdingen van de bovenstrooms gelegen waterlopen hebben grote invloed op het systeem (drainerend effect en piekafvoeren). Rechts: Verondiepen en piekafvoeren afremmen als voorbeeld bovenstrooms.

**Figure 4.1.** Left picture: Deep channel incisions of upstream watercourses have a large impact on the hydrological conditions downstream (low flows and peak flows). Right picture: profile adjustment and peak flow reduction upstream as an example of stream restoration.

Gezien de diepe insnijding van de beek is het de vraag of de voorgestelde suppleties in traject 1, 3 en 4 alleen voldoende effect hebben om invloed uit te oefenen op de milieucondities in de beekbegeleidende gronden. Onze verwachting is dat de grondwaterstand niet voldoende stijgt om veranderingen in bijvoorbeeld de vegetatie in het dal te krijgen (Figuur 4.2). De zone waarin vocht- of kwelminnende soorten kunnen groeien neemt naar verwachting onvoldoende toe. Daarvoor lijkt het verschil tussen het beekniveau en het maaiveld ook na uitvoering van de maatregelen nog te groot en zou de ophoging dus feitelijk groter moeten zijn. Ook leidt het niet tot het ontstaan van



graduele nat-droog-gradiënten door de steilheid van de oevers en het grotendeels ontbreken van laagtes in het beekdal. Echter wanneer de effecten van het bovenstrooms meer water vasthouden en infiltreren begint door te werken op de drainagebasis benedenstrooms kan dit de effecten van de suppletie versterken en de realisatiekansen van de gewenste vegetatietypen vergroten.

In het deel waar de oude meander wordt hersteld liggen momenteel de grootste kansen. Wat de suppleties in ieder geval wel bewerkstelligen is de mogelijkheid de beek te verlengen via met name de nieuw te graven loop in traject 2, wat mogelijk kan leiden tot enige verlaging piekafvoeren benedenstrooms. Ook zijn in traject 2 mogelijkheden voor het ontstaan van nattere condities als gevolg van de voorgestelde aanleg van de klein gedimensioneerde loop in combinatie met maaiveldverlaging.



**Figuur 4.2.** Links: Beuken-Eikenbos met adelaarsvaren en in een zeer smalle zone op de beekoever meerstammige zwarte elzen (Beekbegeleidend bos met elementen van het vogelkersen-essenbos). Rechts: beekdalgrasland witbolfase met vooral droge soorten, als duizendblad, biggenkruid, schapezuring, gewoon struisgras, die op verschraling wijzen, maar vocht indicerende soorten ontbreken.

**Figure 4.2.** Left picture: Beech-oak forest with bracken ferns and a very narrow riparian zone with black alder. Right picture: stream valley meadow with species of dry grassland (yarrow, cat's ear, sheep's sorrel, common bent) which indicate a decrease in eutrophic conditions, but moisture indicating species are lacking.

Wat betreft de suppleties roept de voorgestelde aanpak de vraag op wat precies de te verwachten effecten zijn na realisatie van de geplande maatregelen en welke doelen er precies mee gehaald worden met betrekking tot zowel de water- als de landnatuur. Wat wordt nagestreefd, welke soorten profiteren van de maatregelen? Past de voorgestelde ingreep in termen van bodemhoogtes bij deze doelen? Een goede onderbouwing hiervan is essentieel om een afweging te kunnen maken. Ook speelt het op te zetten meetprogramma hierbij een cruciale rol, door goed te volgen wat er gebeurd kan eventueel ingegrepen worden mochten de ontwikkelingen anders verlopen dan verwacht. Hiermee wordt voorkomen dat onbedoelde negatieve effecten (bijvoorbeeld droogval) onomkeerbare veranderingen tot gevolg hebben.

De geplande beekaanpassing past goed in het voorgenomen systeemherstel in het stroomgebied van de Slinge. Eén van de maatregelen die in het 2<sup>de</sup> periode Natura2000-beheerplan Bekendelle is geformuleerd is het belang om juist in de bovenlopen de afvoerdynamiek te dempen, door bijvoorbeeld de beekbodem te verhogen, om zo de doelen voor grondwaterafhankelijke habitattypen in Bekendelle te kunnen realiseren (Provincie Gelderland 2022). Door water bovenstrooms vast te houden en langzaam af te geven worden de negatieve effecten van een te grote afvoerdynamiek (insnijding, verdroging) benedenstrooms tegen gegaan omdat het water veel gelijkmatiger wordt afgevoerd.

Ondanks de diepe ligging van de beek zijn de kwelindicerende soorten met uitzondering van bosbies op twee kleine locaties in het lage talud van de beek afwezig. De grondwatervoeding van de beek lijkt in het voorgestelde traject van verondiepen echter beperkt, wat het risico op droogval vergroot, en de verhoging van de beekbodem met een meter is onvoldoende om de grondwaterstanden in het beekdal zodanig te verhogen dat het tot een verbetering van de vochtige natuurwaarden zoals het vogelkers-essenbos zal leiden. De potenties voor vochtige en natte natuur lijken in dit traject van de Bemersbeek beperkt. Het beekbegeleidende oude Beuken-Eikenbos wijst bijvoorbeeld al op een lange historie van droge omstandigheden. Het ontwikkelen van een vochtig tot nat beekgrasland zal door de geringe grondwaterinvoer/kwelindicatie daarom niet heel kansrijk zijn. De voorgestelde beekomleiding en maaiveldverlaging in traject 2 is vooral accepteren en anticiperen op een verdroogd landschap. Wanneer er een toekomstperspectief is om op landschapsschaal tot herstel over te kunnen gaan dan zou deze inrichting zich daarom nu moeten beperken tot no-regret maatregelen en kunnen aanvullende maatregelen zoals bodemverhoging geleidelijk in de jaren daarna worden opgepakt, afhankelijk van de mate waarin bovenstrooms water wordt vastgehouden. Desalniettemin heeft de verondieping zeker een uitstralings-effect benedenstrooms, wat wel in de overweging meegenomen moet worden.

De focus zal vooral op de kwaliteit van het beekmilieu en de macrofauna moeten liggen. De risico's op verslechtering daarvan zijn duidelijk aanwezig. Daar komt bij dat voor de beekmacrofauna de afvoerdynamiek het grootste probleem is en niet zozeer de diepe insnijding. Wat dat betreft zou het dempen van deze dynamiek de hoogste prioriteit moeten hebben. De na de maatregelen toegenomen beeklengte door aantakking van de meander kan hierop een klein dempend effect hebben, maar dit is niet voldoende om de totale dynamiek terug te brengen tot een ecologisch wenselijk niveau. Hiervoor zijn hydrologische maatregelen in het complete bovenstroomse deel van het stroomgebied nodig die ervoor zorgen dat de piekafvoeren benedenstrooms sterk worden gedempt.

In ieder geval is een geleidelijke gefaseerde aanpak, waarbij de bodem van het totale traject over een periode van jaren op hoogte wordt gebracht belangrijk om de fauna voldoende kansen te bieden om de ingreep te overleven. Zo blijven er voldoende refugia over van waaruit de gesuppleerde plekken opnieuw gekoloniseerd kunnen worden. De houtpakketten zijn hierbij van groot belang omdat deze de benodigde structuurvariatie creëren in de vorm van verschillende substraten die als habitat dienen voor de fauna.

Hier komt bij dat niet duidelijk is of de beek na verondieping wel voldoende bestendig is tegen erosie. De verhanglijn van de beek wordt deels flauwer maar deels steiler en de beek blijft op een belangrijk deel van het traject toch nog vrij diep en smal. Alleen op de delen waar ook gegraven gaat worden is de beek wat ondieper en breder. De vraag is of met de afvoerpieken zoals ze optreden bij een geulvullend debiet niet veel te hoge stroomsnelheden heeft om het gesuppleerde materiaal met uitzondering van de grofste fractie op zijn plek te houden, omdat door de diepteligging de stromingsenergie niet middels inundatie van het beekdal verminderd kan worden. De bestendigheid van de bedding bij verschillende afvoeren moet daarom uitgebreider in beeld worden gebracht dan tot nu toe het geval is. Hierbij moeten de eisen van de macrofauna en vis in het oog worden gehouden, wat wil zeggen dat ook met hoge afvoeren voldoende substraatvariatie aanwezig moet blijven. Kan dit niet worden gerealiseerd dan zijn de voorgestelde maatregelen voor de situatie in het traject weinig zinvol en een risico voor de waternatuur door een mogelijk grotere kans op infiltratie en daarmee droogval na verondieping.

Tot slot willen we nog drie aanbevelingen meegeven voor het vervolg:

- Checken in hoeverre de knelpunten uit de systeemanalyse (2010) tot maatregelen en effecten hebben geleid.
- Nader uitzoeken welke van de deelsystemen bovenstrooms het meest bijdragen aan die piekbelasting en daarvoor aanvullende maatregelen nemen, zoals eerder genoemd.

- Lagere stroomsnelheden zijn zonder bovenstroomse maatregelen nauwelijks te verwachten. Experimenteren met kleine ingrepen (gefaseerd in ruimte en tijd) en integrale monitoring van de hydrologische, morfologische en ecologische effecten ('vinger aan de pols') is in deze situatie het beste alternatief.

## 5. Literatuur

Dos Reis Oliveira P.C., Kraak M.H.S., Verdonschot, P.F.M., Verdonschot R.C.M. (2019) Lowland stream restoration by sand addition: impact, recovery and beneficial effects on benthic invertebrates. *River Research and Applications* 35:1023-1033.

Hop. H., Moonen, B. (2021) Zeldzaamheid van de macrofauna van Nederlandse Binnenwateren op basis van de meetgegevens van de waterbeheerders. Rapportage Aqualysis Waterlaboratorium, Zwolle.

Huijskes, H. (2021) Advies ontwerp Bemersbeek. Notitie Provincie Gelderland, 16 maart 2021.

Lenssen J., Klutman, B., Nijboer, R., Boedeltje, G. (2011) Veranderingen in macrofauna door schoner water in beken van Oost-Gelderland. *De Levende Natuur* 112: 213-218.

Provincie Gelderland (2022) Bekendelle (63) Ontwerp-beheerplan Natura 2000-gebied. Provincie Gelderland, Arnhem.

Spikmans, F., Groen, M., de Vos, M. (2020) Beekprik in de Achterhoek in tijden van droogte en lozingen. *RAVON* 22: 9-13.

Smokorowski, K.E., Randall, R.G. (2017) Cautions on using the Before-After-Control-Impact design in environmental effects monitoring programs. *Facets* 2: 212-232.

Stewart-Oaten, A., Murdoch, W.W., Parker, K.R. (1986) Environmental impact assessment: "Pseudoreplication" in time?. *Ecology*, 67: 929-940.

Van der Lee, G.H. Bakker, A., Verdonschot, R.C.M. en Verdonschot P.F.M. (2022). Maatregel-effect-monitoring in oppervlaktewateren: ontwerp, analyse en bepaling van de ecologische effectiviteit van uitgevoerde maatregelen. Notitie KIWK, Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR.

Van Dongen, R., Verdonschot P. (2014) Advies 'Herstel Leuvenumse beek'. Advies OBN-06-BE. VBNE, Driebergen.

Verdonschot, R., Penning, E., Berends, K., Schoelynck, J., Reitsema, R., Verdonschot, P. (2021) Aangepast beheer en onderhoud en kleinschalige maatregelen in beken. OBN rapport nummer 2021/OBN243-BE, VBNE, Driebergen.

Verdonschot, R.C.M. (2021) Nulmeting macrofauna en vegetatie Anloërdiepje. Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.

Verdonschot, R.C.M., Dekkers, D.D., Besse-Lotoskaya, A.A. & P.F.M. Verdonschot (2016) Zandsuppletie in de Leuvenumse beek: monitoring van de fysische en biologische effecten 2014-2015. Zoetwatersystemen, Alterra Wageningen UR, Wageningen.

Verdonschot, P., Besse, A., De Brouwer, J., Eekhout, J., Fraaije, R. (2012). Beekdalbreed hermeanderen. STOWA rapport 2012-36, STOWA, Amersfoort.

# Bijlage 1

Macrofauna voorjaarsmonsters projectgebied periode 2010-2020. Afkortingen. Zeldzaamheid: ZA zeer algemeen, A algemeen, VZ vrij zeldzaam, Z zeldzaam, ZZ zeer zeldzaam. KRW: K kenmerkend, P positief dominant

| Taxon                             | Groep         | Zeldzaamheid (Hop & Moonen 2021) |           | Positieve indicatiewaarde KRW R4 | Esinkweg (OBB05) 2011 | Meester Meinenweg (OBB16) |      |      |      |
|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|------|------|------|
|                                   |               | REGIO                            | LANDELIJK |                                  |                       | 2014                      | 2017 | 2019 | 2020 |
| <i>Erpobdella octoculata</i>      | Bloedzuigers  | ZA                               | ZA        |                                  | 4                     | 2                         |      |      | 2    |
| Erpobdellidae                     | Bloedzuigers  | -                                | -         |                                  |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Glossiphonia complanata</i>    | Bloedzuigers  | ZA                               | ZA        |                                  | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Limnodrilus claparedianus</i>  | Borstelwormen | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    | 1    |
| <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>   | Borstelwormen | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    | 1    |
| Lumbriculidae                     | Borstelwormen | -                                | -         |                                  |                       |                           |      | 2    |      |
| <i>Nais elinguis</i>              | Borstelwormen | ZA                               | A         |                                  |                       |                           |      | 1    | 6    |
| <i>Ophidonais serpentina</i>      | Borstelwormen | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 2    |      |
| <i>Rhyacodrilus coccineus</i>     | Borstelwormen | VA                               | A         |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Tubifex tubifex</i>            | Borstelwormen | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| Tubificidae                       | Borstelwormen | -                                | -         |                                  |                       |                           | 1    | 2    |      |
| <i>Forelia variegator</i>         | Watermijten   | ZA                               | A         |                                  |                       |                           |      |      | 5    |
| <i>Hygrobates fluviatilis</i>     | Watermijten   | -                                | -         |                                  |                       |                           | 4    |      |      |
| <i>Hygrobates longipalpis</i>     | Watermijten   | -                                | -         |                                  |                       | 4                         |      |      |      |
| <i>Hygrobates longipalpis</i> [1] | Watermijten   | VA                               | VZ        |                                  |                       |                           |      |      | 7    |
| <i>Hygrobates longipalpis</i> [2] | Watermijten   | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 7    |      |
| <i>Hygrobates setosus</i>         | Watermijten   | ZA                               | A         | P                                | 23                    | 15                        | 18   | 48   | 16   |
| <i>Lebertia fimbriata</i>         | Watermijten   | A                                | VZ        | K                                |                       |                           |      | 6    |      |
| <i>Lebertia inaequalis</i>        | Watermijten   | ZA                               | ZA        |                                  | 8                     |                           | 3    | 12   | 5    |
| <i>Mideopsis crassipes</i>        | Watermijten   | ZA                               | A         | K                                |                       |                           |      | 3    | 3    |
| <i>Parathyas pachystoma</i>       | Watermijten   | Z                                | VZ        |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Sperchon clupeifer</i>         | Watermijten   | A                                | VA        | K                                |                       |                           | 10   | 7    | 4    |
| <i>Sperchon squamosus</i>         | Watermijten   | VA                               | VZ        | K                                | 3                     |                           |      |      |      |

| Taxon                                | Groep       | Zeldzaamheid (Hop & Moonen 2021) |           | Positieve indicatiewaarde KRW R4 | Esinkweg (OBB05) 2011 | Meester Meinenweg (OBB16) |      |      |      |
|--------------------------------------|-------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|------|------|------|
|                                      |             | REGIO                            | LANDELIJK |                                  |                       | 2014                      | 2017 | 2019 | 2020 |
| <i>Sperchonopsis verrucosa</i>       | Watermijten | A                                | Z         | K                                | 1                     |                           |      | 12   | 1    |
| <i>Torrenticola amplexa</i>          | Watermijten | A                                | VA        | K                                |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Wettina podagrica</i>             | Watermijten | A                                | VA        | K                                | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Gammarus</i>                      | Vlokreeften | -                                | -         |                                  |                       |                           | 130  |      |      |
| <i>Gammarus pulex</i>                | Vlokreeften | ZA                               | ZA        | P                                | 75                    | 75                        | 90   | 16   | 53   |
| <i>Gammarus roeseli</i>              | Vlokreeften | ZA                               | A         | P                                | 25                    | 60                        | 60   | 15   | 24   |
| <i>Asellus aquaticus</i>             | Pissebedden | ZA                               | ZA        |                                  |                       | 1                         | 1    | 1    | 1    |
| <i>Proasellus coxalis</i>            | Pissebedden | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    | 2    |
| <i>Proasellus meridianus</i>         | Pissebedden | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           | 1    |      |      |
| <i>Anacaena bipustulata</i>          | Kevers      | ZA                               | A         |                                  |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Dryops luridus</i>                | Kevers      | ZA                               | A         |                                  | 3                     |                           |      | 1    |      |
| <i>Elmis</i>                         | Kevers      | -                                | -         |                                  |                       |                           |      | 14   |      |
| <i>Elmis aenea</i>                   | Kevers      | ZA                               | VA        | K                                | 8                     | 6                         | 1    | 11   | 12   |
| <i>Elodes</i>                        | Kevers      | ZA                               | A         | P                                |                       |                           |      | 2    | 2    |
| <i>Elodes minuta</i>                 | Kevers      | -                                | -         | P                                |                       | 2                         | 1    |      |      |
| <i>Gyrinus substriatus</i>           | Kevers      | ZA                               | A         |                                  | 2                     |                           |      |      |      |
| <i>Limnius volckmari</i>             | Kevers      | VA                               | VZ        | K                                |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Oulimnius tuberculatus</i>        | Kevers      | ZA                               | VA        | K                                | 6                     | 1                         | 22   | 10   | 6    |
| <i>Platambus maculatus</i>           | Kevers      | A                                | VA        |                                  |                       | 1                         | 1    | 2    |      |
| <i>Centroptilum luteolum</i>         | Haften      | ZA                               | VA        | K                                |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Ephemera</i>                      | Haften      | -                                | -         |                                  |                       |                           |      | 2    | 2    |
| <i>Ephemera danica</i>               | Haften      | A                                | VA        | K                                | 7                     | 6                         | 2    | 1    | 7    |
| <i>Habrophlebia fusca</i>            | Haften      | ZA                               | VZ        | K                                | 3                     | 21                        | 2    | 18   | 16   |
| <i>Paraleptophlebia submarginata</i> | Haften      | A                                | Z         | K                                |                       |                           | 2    |      | 13   |
| <i>Micronecta</i>                    | Wantsen     | -                                | -         |                                  | 1                     |                           |      | 2    |      |
| <i>Nepa cinerea</i>                  | Wantsen     | A                                | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Sigara fossarum</i>               | Wantsen     | ZA                               | A         |                                  |                       | 1                         |      |      |      |

| Taxon                            | Groep        | Zeldzaamheid (Hop & Moonen 2021) |           | Positieve indicatiewaarde KRW R4 | Esinkweg (OBB05) 2011 | Meester Meinenweg (OBB16) |      |      |      |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|------|------|------|
|                                  |              | REGIO                            | LANDELIJK |                                  |                       | 2014                      | 2017 | 2019 | 2020 |
| <i>Velia</i>                     | Wantsen      | -                                | -         |                                  |                       | 1                         |      |      |      |
| <i>Velia caprai</i>              | Wantsen      | ZA                               | A         | K                                |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Aeshna cyanea</i>             | Libellen     | A                                | VA        |                                  |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Calopteryx</i>                | Libellen     | -                                | -         |                                  |                       |                           |      |      | 2    |
| <i>Calopteryx splendens</i>      | Libellen     | ZA                               | A         | P                                | 3                     | 2                         |      |      |      |
| <i>Platycnemis pennipes</i>      | Libellen     | ZA                               | A         | K                                | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Amphinemura standfussi</i>    | Steenvliegen | A                                | VZ        | K                                | 1                     | 10                        | 15   | 17   | 19   |
| <i>Nemoura</i>                   | Steenvliegen | -                                | -         |                                  |                       |                           |      | 51   |      |
| <i>Nemoura cinerea</i>           | Steenvliegen | ZA                               | A         | P                                | 30                    | 4                         | 20   | 133  | 69   |
| <i>Anabolia nervosa</i>          | Kokerjuffers | ZA                               | ZA        | P                                | 8                     | 3                         | 4    | 4    | 2    |
| <i>Athripsodes cinereus</i>      | Kokerjuffers | ZA                               | A         | P                                |                       |                           | 1    |      |      |
| <i>Beraeodes minutus</i>         | Kokerjuffers | A                                | VZ        | K                                | 1                     |                           |      |      | 1    |
| <i>Glyphotaelius pellucidus</i>  | Kokerjuffers | ZA                               | VA        | K                                | 1                     |                           |      |      | 3    |
| <i>Halesus</i>                   | Kokerjuffers | -                                | -         | K                                |                       |                           |      | 1    | 6    |
| <i>Halesus radiatus</i>          | Kokerjuffers | ZA                               | VA        | K                                | 20                    | 33                        | 40   | 14   | 11   |
| <i>Hydropsyche angustipennis</i> | Kokerjuffers | ZA                               | A         | K                                | 10                    | 2                         | 12   |      | 4    |
| <i>Ironoquia dubia</i>           | Kokerjuffers | ZA                               | VZ        | K                                |                       |                           | 1    |      | 1    |
| Leptoceridae                     | Kokerjuffers | -                                | -         |                                  |                       |                           |      | 1    | 1    |
| Limnephilidae                    | Kokerjuffers | -                                | -         |                                  |                       | 10                        | 5    | 3    | 2    |
| <i>Limnephilus</i>               | Kokerjuffers | -                                | -         |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Limnephilus bipunctatus</i>   | Kokerjuffers | VZ                               | ZZ        |                                  |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Limnephilus flavicornis</i>   | Kokerjuffers | ZA                               | A         |                                  | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Limnephilus lunatus</i>       | Kokerjuffers | ZA                               | ZA        |                                  | 2                     | 9                         |      | 1    | 1    |
| <i>Lithax obscurus</i>           | Kokerjuffers | A                                | Z         | K                                | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Lype</i>                      | Kokerjuffers | -                                | -         | K                                |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Lype phaeopa</i>              | Kokerjuffers | A                                | A         | K                                |                       |                           |      | 4    | 1    |
| <i>Lype reducta</i>              | Kokerjuffers | A                                | VA        | K                                |                       | 2                         | 1    |      |      |

| Taxon                                 | Groep        | Zeldzaamheid (Hop & Moonen 2021) |           | Positieve indicatiewaarde KRW R4 | Esinkweg (OBB05) 2011 | Meester Meinenweg (OBB16) |      |      |      |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|------|------|------|
|                                       |              | REGIO                            | LANDELIJK |                                  |                       | 2014                      | 2017 | 2019 | 2020 |
| <i>Mystacides azureus</i>             | Kokerjuffers | A                                | A         |                                  |                       | 2                         |      |      |      |
| <i>Mystacides niger</i>               | Kokerjuffers | ZA                               | A         |                                  |                       |                           |      | 2    |      |
| <i>Potamophylax rotundipennis</i>     | Kokerjuffers | ZA                               | VZ        | K                                | 1                     | 3                         | 1    |      |      |
| <i>Brillia longifurca</i>             | Vedermuggen  | A                                | VA        | K                                | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Conchapelopia melanops</i>         | Vedermuggen  | ZA                               | ZA        | P                                | 2                     |                           | 3    | 5    | 2    |
| <i>Diplocladius cultriger</i>         | Vedermuggen  | ZA                               | VA        |                                  | 2                     |                           |      | 1    |      |
| <i>Epoicocladius ephemerae</i>        | Vedermuggen  | A                                | VZ        | K                                |                       | 1                         |      |      |      |
| <i>Eukiefferiella claripennis</i>     | Vedermuggen  | A                                | VA        |                                  |                       |                           | 1    |      |      |
| <i>Macropelopia adaucta</i>           | Vedermuggen  | ZA                               | A         | P                                | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Macropelopia nebulosa</i>          | Vedermuggen  | A                                | A         |                                  |                       |                           | 1    |      |      |
| <i>Micropsectra atrofasciata gr.</i>  | Vedermuggen  | -                                | -         |                                  | 2                     |                           |      |      |      |
| <i>Microtendipes</i>                  | Vedermuggen  | -                                | -         |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Microtendipes pedellus</i>         | Vedermuggen  | ZA                               | VA        |                                  |                       | 3                         |      |      |      |
| <i>Microtendipes pedellus agg.</i>    | Vedermuggen  | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 23   | 35   |
| <i>Orthocladius (Euorthocladius)</i>  | Vedermuggen  | VZ                               | Z         |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Paracladopelma camptolabis</i>     | Vedermuggen  | VA                               | VA        |                                  | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Paracladopelma laminatum</i>       | Vedermuggen  | ZA                               | VA        |                                  | 2                     |                           |      | 1    | 1    |
| <i>Paracladopelma laminatum agg.</i>  | Vedermuggen  | -                                | -         |                                  |                       | 9                         |      |      |      |
| <i>Paracladopelma nigritulum</i>      | Vedermuggen  | A                                | VA        |                                  |                       | 1                         |      |      |      |
| <i>Paratanytarsus dissimilis agg.</i> | Vedermuggen  | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Paratrichocladius rufiventris</i>  | Vedermuggen  | A                                | A         |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Phaenopsectra</i>                  | Vedermuggen  | ZA                               | ZA        |                                  | 1                     |                           |      | 4    |      |
| <i>Phaenopsectra flavipes</i>         | Vedermuggen  | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      |      | 2    |
| <i>Polypedilum</i>                    | Vedermuggen  | -                                | -         |                                  |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Polypedilum convictum</i>          | Vedermuggen  | A                                | VA        | K                                | 6                     | 2                         |      | 9    | 9    |
| <i>Polypedilum pedestre</i>           | Vedermuggen  | A                                | VA        | K                                |                       | 1                         | 45   |      |      |
| <i>Polypedilum scalaenum</i>          | Vedermuggen  | ZA                               | A         | P                                |                       | 1                         |      |      |      |



| Taxon                                | Groep          | Zeldzaamheid (Hop & Moonen 2021) |           | Positieve indicatiewaarde KRW R4 | Esinkweg (OBB05) 2011 | Meester Meinenweg (OBB16) |      |      |      |
|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|------|------|------|
|                                      |                | REGIO                            | LANDELIJK |                                  |                       | 2014                      | 2017 | 2019 | 2020 |
| <i>Prodiamesa olivacea</i>           | Vedermuggen    | ZA                               | ZA        | P                                | 2                     |                           | 1    | 3    | 2    |
| <i>Rheocricotopus fuscipes</i>       | Vedermuggen    | ZA                               | VA        | P                                |                       | 1                         |      |      |      |
| <i>Rheotanytarsus</i>                | Vedermuggen    | ZA                               | A         | P                                |                       | 3                         | 3    | 1    | 2    |
| <i>Stempellina bausei</i>            | Vedermuggen    | VA                               | VA        |                                  |                       |                           |      | 3    |      |
| <i>Stictochironomus maculipennis</i> | Vedermuggen    | A                                | VZ        | K                                | 17                    |                           | 6    |      |      |
| <i>Stictochironomus pictulus</i>     | Vedermuggen    | A                                | VA        |                                  | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Tanytarsus palettaris</i>         | Vedermuggen    | VZ                               | Z         | K                                | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Tvetenia discoloripes</i>         | Vedermuggen    | A                                | VZ        | P                                |                       | 3                         | 8    |      |      |
| <i>Tvetenia discoloripes agg.</i>    | Vedermuggen    | ZA                               | VA        | P                                | 4                     |                           |      | 6    | 7    |
| Ceratopogonidae                      | Knutten        | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      |      | 3    |
| <i>Dicranota</i>                     | Langpootmuggen | ZA                               | A         | P                                | 1                     | 1                         |      |      |      |
| <i>Dicranota bimaculata</i>          | Langpootmuggen | -                                | -         | P                                |                       |                           | 2    |      |      |
| <i>Eloeophila</i>                    | Langpootmuggen | A                                | VA        |                                  |                       |                           | 2    | 1    | 1    |
| <i>Hexatoma</i>                      | Langpootmuggen | A                                | Z         |                                  | 3                     |                           |      |      |      |
| Psychodidae                          | Motmuggen      | -                                | -         |                                  |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Tabanus</i>                       | Dazen          | A                                | VZ        |                                  | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Simulium</i>                      | Kriebelmuggen  | -                                | -         |                                  | 5                     |                           |      | 9    | 16   |
| <i>Simulium venum</i>                | Kriebelmuggen  | ZA                               | VA        | K                                |                       | 3                         | 2    | 22   | 46   |
| <i>Pisidium</i>                      | Tweekleppigen  | -                                | -         |                                  |                       | 1                         |      |      | 4    |
| <i>Pisidium amnicum</i>              | Tweekleppigen  | ZA                               | A         |                                  | 1                     |                           |      |      |      |
| <i>Pisidium casertanum</i>           | Tweekleppigen  | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Pisidium henslowanum</i>          | Tweekleppigen  | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    | 2    |
| <i>Pisidium personatum</i>           | Tweekleppigen  | VZ                               | VZ        | K                                |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Pisidium supinum</i>              | Tweekleppigen  | A                                | A         |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Sphaerium corneum</i>             | Tweekleppigen  | ZA                               | ZA        |                                  |                       | 1                         |      |      |      |
| <i>Acroloxus lacustris</i>           | Slakken        | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    | 1    |
| <i>Ancylus fluviatilis</i>           | Slakken        | ZA                               | A         | K                                |                       |                           |      | 2    | 5    |

| Taxon                           | Groep   | Zeldzaamheid (Hop & Moonen 2021) |           | Positieve indicatiewaarde KRW R4 | Esinkweg (OBB05) 2011 | Meester Meinenweg (OBB16) |      |      |      |
|---------------------------------|---------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|------|------|------|
|                                 |         | REGIO                            | LANDELIJK |                                  |                       | 2014                      | 2017 | 2019 | 2020 |
| <i>Gyraulus albus</i>           | Slakken | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 2    |      |
| <i>Gyraulus crista</i>          | Slakken | A                                | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Hippeutis complanatus</i>    | Slakken | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 1    |      |
| <i>Planorbis carinatus</i>      | Slakken | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      |      | 1    |
| <i>Potamopyrgus antipodarum</i> | Slakken | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           |      | 14   | 2    |
| <i>Radix balthica</i>           | Slakken | ZA                               | ZA        |                                  |                       |                           | 1    | 2    |      |

**ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit**

**o+bn**

**Het Kennisnetwerk Ontwikkeling Beheer Natuurkwaliteit:**

- is een onafhankelijk en innovatief platform waarin beheer, beleid en wetenschap op het gebied van natuurherstel en -beheer samenwerken;
- ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit.