



# Nulmeting macrofauna bronbeken Noorbeemden

Ralf C.M. Verdonchot en Jip de Vries



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH





# Nulmeting macrofauna bronbeken Noorbeemden

Ralf C.M. Verdonschot en Jip de Vries

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van Natuurmonumenten.

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, juni 2023

---

Gereviewd door:

Dr. H.A.G. Woolderink, Onderzoeker Geomorfologie en Landschapsvorming (WENR)

Akkoord voor publicatie:

K. Andeweg, teamleider team Water en Voedsel

Rapport 3266  
ISSN 1566-7197

De bronbeken in de Noorbeemden zijn diep ingesneden. Dit heeft verdroging en het verlies van graduele land-waterovergangen tot gevolg, wat doorwerkt op de ecologische kwaliteit van beek en beekdal. Om het systeem te herstellen, is beekbodemverhoging van de bronbeken als maatregel in beeld. Dit heeft echter als risico dat populaties macrofauna in de beek verdwijnen wanneer er niet voldoende herkolonisatiemogelijkheden aanwezig blijven in de omgeving. Dit onderzoek is erop gericht via een quickscan in beeld te brengen welke ecologische waarden de bronbeken in de Noorbeemden hebben op basis van het voorkomen van macrofauna. Ook is er een koppeling gemaakt met de milieuomstandigheden in de bronbeken. Er zijn 22 locaties onderzocht op macrofauna, op basis waarvan kan worden geconcludeerd dat het risico voor het verlies van macrofaunapopulaties door het ophogen van de beekbodem in de bronbeken van de Noorbeemden minimaal is. Aanvullend worden adviezen gegeven over de uitvoering van de beekbodemophoging en wordt een toekomstperspectief geschetst waarin duurzaam systeemherstel centraal staat.

Streams in the Noorbeemden near the village of Noorbeek (South Limburg, the Netherlands) have deeply incised channels, resulting in stream and stream valley drying and the loss of gradual riparian land-water-interfaces. Sediment addition is proposed as a restoration measure, but this might be harmful for macroinvertebrate populations inhabiting these streams if insufficient opportunities for recolonization remain within the watershed. This research provides an overview of the occurrence of macroinvertebrates in the streams of the Noorbeemden based on a quick scan in which 22 sites within the watershed were sampled. The ecological status of the sites is assessed based on the recorded assemblages and related to stream environmental variables. Based on the outcome of the study it is concluded that the risk of losing specific populations of macroinvertebrate taxa is little. Additionally advice is given on how the sediment addition could be carried out and a perspective is outlined focused on restoration on the watershed scale.

Trefwoorden: beekherstel, macrofauna, heuvelland, piekafvoeren, beekbodemophoging

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/631585> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>5</b>
<b>Woord vooraf</b>	<b>7</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
<b>2 Methode</b>	<b>16</b>
2.1 Selectie meetpunten	16
2.2 Bemonstering	18
2.3 Verwerking van de macrofaunamonsters	18
2.4 Analyse van de gegevens	18
<b>3 Resultaten</b>	<b>19</b>
3.1 Totale taxonrijkdom en taxa kenmerkend voor bronnen	19
3.2 Vergelijking taxonsamenstelling waterschapsmonsters 2009 en de monsters genomen in dit onderzoek	23
3.3 Overeenkomsten in macrofaunasamenstelling tussen meetpunten en de relatie met de milieuomstandigheden in de bronbeken	26
<b>4 Advies aanpak bodemophoging op basis van bevindingen macrofaunaonderzoek en kennis van andere suppletieprojecten</b>	<b>29</b>
4.1 Zijn voldoende overlevingskansen voor de macrofauna voorzien in het ontwerp?	29
4.1.1 Toewijzing refugia voor macrofauna	29
4.1.2 Transplanteren beddingsubstraat	29
4.2 Hoe wordt zorg gedragen voor voldoende substraatheterogeniteit na ophoging van de bodem van de bronbeken?	30
4.2.1 Herstel organische substraatheterogeniteit	30
4.2.2 Herstel minerale substraatheterogeniteit	30
4.2.3 Aanpak overgangen tussen bronbeken en de Noor met een groot verhang	30
4.3 Is er een effect op de stroomsnelheid te verwachten na het ophogen van de bodem?	31
4.4 Toewerken naar systeemherstel?	32
<b>5 Conclusies</b>	<b>33</b>
<b>Literatuur</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 1 Meetpunten in beeld</b>	<b>36</b>

---

---

# Verantwoording

Rapport: 3266

Projectnummer: 5200047855

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie:      Onderzoeker Geomorfologie en Landschapsvorming (WENR)

naam:         Dr. H.A.G. Woolderink

datum:        04-05-2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam:         K. Andeweg

datum:        01-06-2023





---

# Woord vooraf

De diepe insnijding van beken in het heuvelland is een groot probleem, omdat dit negatief doorwerkt op het functioneren van zowel de beken zelf als de aanliggende beekdalen. Het ophogen van de beekbodem door sediment in te brengen, is een beekherstelmaatregel die de insnijding kan verminderen of zelfs teniet kan doen. Echter heeft deze ingreep grote consequenties voor het leven in de beek en dient daarom zorgvuldig uitgevoerd te worden. Hiervoor is kennis nodig over het voorkomen van beekorganismen op de schaal van het beekstelsel, zodat er voldoende mogelijkheden voor herkolonisatie van de opgehoogde trajecten aanwezig blijven wanneer de maatregel uitgevoerd wordt.

In deze rapportage beschrijven we welke ecologische waarden de bronbeken in de Noorbeemden hebben op basis van een quickscan van het voorkomen van macrofauna. Natuurmonumenten is hier voornemens enkele ingesneden bronbeken op te vullen of te verondiepen, om zo de negatieve hydrologische en ecologische effecten van de diepe insnijdingen tegen te gaan. Aanvullend worden in de rapportage adviezen gegeven over de uitvoering van de beekbodemoophoging van de bronbeken en wordt een toekomstperspectief geschetst waarin duurzaam systeemherstel van het hele beekstelsel centraal staat.

We willen Marina Fijten en Corine Geuijen (Natuurmonumenten), Roel Dijkema (Wageningen Universiteit) en Hessel Woolderink (WENR) bedanken voor het meedenken over het onderzoek en hun aanvullingen op deze rapportage. Daarnaast willen we Monique Korsten van Waterschap Limburg bedanken voor het aanleveren van de macrofaunamonitoringsdata van de Noor.



---

# Samenvatting

## Aanleiding

De bronbeken in de Noorbeemden zijn door terugschrijdende erosie vanuit de heuvellandbeek de Noor en door piekafvoeren als gevolg van oppervlakkige afspoeling vanaf de bovenliggende hellingen diep ingesneden. Deze bronbeken zijn deels van natuurlijke oorsprong en deels vergraven of gegraven als afwatering van het beekdal. De insnijdingen hebben grote effecten op het ecologisch functioneren van het systeem, dat zich bijvoorbeeld uit in verdroging van de bronnen en bronbeken en de aanliggende gronden en het verdwijnen van graduele land-waterovergangen tussen beek en beekdal.

Om verdere degradatie van het systeem een halt toe te roepen, is Natuurmonumenten voornemens de beekbodem van een aantal diep ingesneden bronbeken op te hogen om zo de natuurlijke situatie met diffuus langs de dalflank en op de dalbodem uittredende bronnen en kalkmoerassen te herstellen. Het ophogen van de beekbodem heeft echter een directe impact op de macrofauna in de bronbeken, omdat het oorspronkelijke beddingsubstraat wordt bedekt met sediment. In de bronbeken in de Noorbeemden komen veel karakteristieke soorten van bronnen en heuvellandbeken voor.

Om te voorkomen dat populaties lokaal verdwijnen door de ingreep is een ruimtelijk gefaseerde aanpak nodig, die ervoor zorgt dat er voldoende herkolonisatiemogelijkheden aanwezig blijven in het gebied. Natuurmonumenten heeft Wageningen Environmental Research gevraagd te onderzoeken welke ecologische waarden de bronbeken in de Noorbeemden hebben op basis van het voorkomen van macrofauna op basis van een macrofauna-quickscan. Deze informatie kan worden gebruikt om in te kunnen schatten waar het ophogen van de beekbodem van de bronbeken kan worden uitgevoerd zonder de populaties van aanwezige macrofauna op de langere termijn te schaden.

## Methode

Er zijn 22 meetpunten geselecteerd in de bronbeken. Dit betreft locaties in alle bronbeken waar beekbodempophoging door middel van opvullen of verondiepen (uitvullen) van de loop is beoogd, controlelocaties waar geen ingrepen zijn gepland en aanvullend drie punten in de Noor. In maart 2023 zijn op de meetpunten macrofaunamonsters genomen en zijn de milieuomstandigheden op de locaties gekarakteriseerd.

## Resultaten

In totaal zijn 42 taxa verdeeld over 12.542 individuen aangetroffen op de 22 bemonsterde locaties, waarvan 25 taxa als kenmerkend voor bronbeken kunnen worden aangeduid. Ruimtelijk gezien waren taxonrijke locaties en locaties armer aan taxa gelijkmatig over de Noorbeemden verdeeld, zowel wat betreft het totaal aantal taxa als het aantal taxa kenmerkend voor bronnen. De gemiddelde aantallen taxa op de controle- en impactlocaties waren vergelijkbaar. Op één taxon na werden alle taxa op de impactlocaties ook op de controlelocaties gevonden. De controlelocaties bevatten veel meer taxa die niet op de impactlocaties zijn aangetroffen, 14 taxa in totaal, waarvan 10 taxa kenmerkend voor bronnen.

De macrofaunasamenstelling van de beken wordt gestuurd door de beekafvoer, waarbij er een duidelijk onderscheid is tussen de levensgemeenschappen in grotere, snelstromende bronbeken met veel stenen en grind als beddingsubstraat en de langzaam stromende bronbeken met meer fijn organisch materiaal. Daarnaast onderscheiden de levensgemeenschappen van bronbeken met kalktuf zich van de bronbeken waarin dit verschijnsel niet optreedt.

Een vergelijking tussen de macrofaunasamenstelling in monsters genomen op verschillende momenten in de tijd indiceert een achteruitgang van de macrofauna in de bronbeken, waarbij vooral de dichtheden lager zijn dan in het verleden. De achteruitgang betreft relatief veel taxa representatief voor beken met veel stroming en van bronmilieus, wat lijkt te wijzen op een effect van lagere beekafvoeren en het verdwijnen van hydropetrische omstandigheden. Een relatie met verdroging en insnijding van de bronbeken ligt hierbij voor

---

de hand en is tevens een aanwijzing dat niks doen op de langere termijn kan leiden tot verdere degradatie van de levensgemeenschappen in de bronbeken.

### **Aanvullende adviezen ten aanzien van beoogde aanpak beekbodempophoging Noorbeemden**

Beekbodempophoging zorgt via begraving voor een directe en acute impact op de macrofauna. Herstel van de levensgemeenschap is daardoor afhankelijk van herkolonisatie. Dit onderzoek laat zien dat op de controle- en de impactlocaties vergelijkbare aantallen kenmerkende bronsoorten voorkomen en dat juist op de controlelocaties kenmerkende taxa voor bronnen voorkomen die niet op de impactlocaties worden aangetroffen. Hiermee biedt het huidige ontwerp voldoende kolonisatiepotentieel om nieuwe populaties in de opgehoogde trajecten op te bouwen.

Omdat de bronbeken waar geen ingrepen zijn voorzien verspreid over het beekdal liggen, is de te overbruggen afstand voor organismen beperkt, in de ordegrootte van tientallen tot enkele honderden meters. Dit is ruim binnen de overbrugbare afstand voor organismen die zich door de lucht verplaatsen. Omdat in het beoogde ontwerp geen verbindingen verdwijnen, blijft de connectiviteit tussen de bronbeken onderling behouden en deze wordt mogelijk zelfs verbeterd, omdat water over grotere oppervlakten afstroomt na de verondieping. Dit biedt daarmee mogelijkheden voor de ongewervelden die zich niet door de lucht kunnen verplaatsen.

Aanvullend vergroot het voorstel om de toplaag van de beekbodem uit de beek te nemen en na de ingreep terug te plaatsen de overlevingskansen voor de macrofauna. Naast dit directe voordeel heeft het transplanteren van de bodem ook tot gevolg dat de ontwikkeling van microhabitats en daarmee het ontstaan van habitatheterogeniteit sneller verloopt, omdat materiaal als stenen, takjes en bladeren met daarop al aangroei direct teruggebracht wordt in de beek. Daarnaast wordt de macrofauna op deze manier van voedselbronnen en schuilplaatsen voorzien.

Daarnaast is een langduriger effect het verdwijnen van habitatelementen van de beekbedding die de soorten nodig hebben om te leven en hun levenscyclus te doorlopen, bijvoorbeeld direct als voedsel, om voedsel op te verzamelen of als hecht- en schuilplaats. Er kan hierbij onderscheid worden gemaakt tussen organische en minerale substraten.

Omdat de bronbeken waar ophoging is beoogd alle in het bos liggen, worden organische substraten, zoals blad en takken, weer op natuurlijke wijze aangevuld. Dit kan worden versneld door na de ophoging alvast structuur aan te brengen in de vorm van takken, waarmee blad kan worden ingevangen.

Voor minerale substraten geldt dat op de samenstelling gestuurd kan worden via de keuze van het in te brengen materiaal. Uitgangspunt hierbij is lokaal materiaal te gebruiken met dezelfde korrelgrootteverdeling als nu in de beek aanwezig is voor het ophogen van de beekbodem. In de bronbeken in de Noorbeemden gaat het hierbij om deklaagmateriaal met een heterogene samenstelling van löss, zand, grind en vuursteen, wat lokaal zou moeten worden verzameld. De bodemtransplantatie zorgt ervoor dat de oorspronkelijke toplaag teruggebracht wordt, wat van belang is voor bijvoorbeeld de kalktufafzettingen die anders een lange tijd nodig zouden hebben om zich opnieuw te vormen.

Na ophoging van de beekbodem wordt de verhanglijn van de bronbeken in de Noorbeemden over grote delen vlakker en komt de beek nabij het maaiveld te liggen. Door de afname van het verhang en de mogelijkheid om over een grotere breedte af te stromen, zorgt het ophogen van de beekbodem voor een verlaging van de maximale stroomsnelheid in met name de momenteel sneller stromende ingesneden bronbeken en afwateringsgeulen. Van het verdwijnen van stroming is geen sprake, de stroomsnelheid wordt over het geheel genomen lager, gedempter en gelijkmatiger, al kan een grotere afvoer als gevolg van een verhoogde drainagebasis de verlaging van de stroomsnelheid beperkt houden. De verwachting is dat met name soorten van bronnen en kalkmoerassen profiteren van de nieuwe situatie.

Momenteel is het hoogteverschil tussen de bronbeken in de Noorbeemden en de Noor dusdanig groot dat het ophogen van de beken in de overgangszone van de dalbodem naar de diep ingesneden Noor (de knik in de verhanglijn) niet mogelijk is met enkel het suppleren van lokaal materiaal. Dit zou onherroepelijk leiden tot erosie van het suppletiemateriaal. Als oplossing zijn cascades met drempels van boomstammen beoogd om



---

het hoogteverschil te overbruggen. Vanuit het perspectief van de macrofauna is dit een passende oplossing, omdat het houtoppervlak gemakkelijk passeerbaar is en zo geen barrière vormt. Ook kunnen stammen direct als habitat worden gebruikt door de macrofauna, zeker als zich daar mossen op vestigen.

#### **Toekomstperspectief: het belang van systeemherstel**

Uiteindelijk kan de beoogde ingreep leiden tot herstel van een groot oppervlak aan graduele land-waterovergangen zoals deze in het verleden ook in het dal aanwezig moeten zijn geweest. Het is de verwachting dat hiervan zowel de aquatische macrofauna profiteert, door een toename van beschikbare habitat, alsmede de terrestrische natuur, via een verbetering van de omstandigheden voor vochtige alluviale bossen (bronbos Carici remotae-Fraxinetum).

Het steeds dieper insnijden van de Noor belemmert echter volledig herstel van het systeem-functioneren van de Noorbeemden, omdat de drainerende werking van de diep ingesneden Noor doorwerkt op de bronbeken. Het voorkomen van verdere insnijding is daarom van groot belang. Eventueel zou het ophogen van de beekbodem van de Noor een oplossingsrichting zijn, die zorgt voor een hogere drainagebasis in het deel van het beekdal dicht bij de Noor, waardoor hier een natuurlijkere hydrologische gradiënt naar de beek ontstaat met grondwaterstanden dicht bij het maaiveld. Dit is echter een maatregel die niet alleen een technische uitdaging is vanwege de diepe insnijding, maar daarnaast ook niet in isolatie kan worden uitgevoerd. Het is namelijk alleen een duurzame oplossing als parallel aan het verhogen van de beekbodem ook de maatregelen in het afwateringsgebied worden geïntensiveerd, namelijk het saneren van de overstort bij Noorbeek en het terugdringen van de oppervlakkige afspoeling naar de beek om zo nieuwe beddingerosie in de Noor te voorkomen.



# 1 Inleiding

In het N2000-gebied de Noorbeemden bij het dorp Noorbeek op het plateau van Margraten in Zuid-Limburg ligt een groot aantal bronnen en bronbeken op de dalbodem en dalflanken van het beekdal van de Noor. De ondergrond bestaat er uit een deklaag van löss en grindhoudende Pleistocene rivierafzettingen van verschillende dikte met daaronder kalksteen en Vaalser Groenzand. Het Groenzand is slechter doorlatend dan het bovenliggende kalksteen en vormt daarmee de basis van het watervoerende kalksteenpakket, waaruit de bronnen en de Noor gevoed worden. Dit leidt in een deel van de bronnen tot karstverschijnselen, waardoor in sommige bronbeken een dunne laag kalkafzetting (kalktuf) aanwezig is (Figuur 1.1). Het bovenliggende dalflank- en dalopvullingsmateriaal heeft door verspoeling een heterogene opbouw, waardoor zich preferente stroombanen hebben gevormd met een verschillende intensiteit in watervoerendheid. De afvoer verschilt daardoor per bronbeek: op korte afstand van elkaar in het dal zijn zowel bronbeken waar het water doorheen sijpelt als snelstromende bronbeken met een aanzienlijke afvoer aan te treffen.



**Figuur 1.1** Kalktufbron in de Noorbeemden.

De meeste bronnen in de Noorbeemden treden op dit moment geconcentreerd uit als puntbronnen op de hellingen van het dal van de Noor (akrocrenen) met scherp afgebakende bronbeken, een vorm die mede is ontstaan door het vergraven van de oorspronkelijke bronnen en bronbeken en het graven van extra afwateringsgeulen ten behoeve van agrarisch gebruik van het dal in het verleden (De Mars et al., 2021). In deze rapportage noemen we alle loopjes in de Noorbeemden bronbeken, ongeacht de oorsprong.

Veel bronbeken in de Noorbeemden hebben zich inmiddels diep ingesneden, tot wel 1 meter onder maaiveld (Figuur 1.2a). De Noor, de bovenloop waarin de bronbeken uitmonden, ligt nog veel dieper ingesneden (enkele meters), met als gevolg terugschrijdende erosie in de bronbeken. Lokaal wordt de insnijding nog eens versterkt door het optreden van piekafvoeren, die ontstaan door oppervlakkige afspoeling van water tijdens hevige regenval vanaf de graslanden op de bovenliggende dalflanken.



De huidige situatie staat in scherp contrast met het oorspronkelijke natuurlijke systeem dat in het dal van de Noor aanwezig was, waarbij het water meer diffuus (helocreen) op de dalbodem uittrad en er kalkmoerassen vormde. Lokaal is dit diffuse bronkarakter ook nu nog in het dal terug te vinden (Figuur 1.2b).



a



b

**Figuur 1.2** Een bronbeek die zich heeft ingesneden door terugschrijdende erosie en piekafvoeren als gevolg van oppervlakkige afspoeling van de graslanden op de dalflanken bij hevige regenval (a) en de natuurlijke situatie in de Noorbeemden, waarbij het water diffuus afstroomt over maaiveld (b).

Bij voortschrijdende insnijding is de verwachting dat het functioneren van de bronnen en bronbeken en de kwaliteit van de aanliggende gronden met vochtig alluviaal bos steeds verder achteruitgaat (De Mars et al., 2021). Dit is het gevolg van een steeds verdere verdroging door wegzijging van het grondwater naar de diep gelegen Noor en de grotere ingesneden bronbeken. Naast het verdrogende effect verdwijnen ook de graduele overgangen tussen water en land, met als gevolg dat organismen die hier afhankelijk van zijn in aantal afnemen. Om verdere degradatie van het systeem een halt toe te roepen, is Natuurmonumenten



---

voornemens de beekbodem van een aantal diep ingesneden afwateringsgeulen en bronbeken op te hogen, waardoor de natuurlijke situatie zoals afgebeeld in Figuur 1.2b kan worden hersteld. Het ophogen van de beekbodem heeft echter een directe impact op de organismen in de beek, omdat het oorspronkelijke beddingsubstraat wordt bedekt met sediment.

Ondanks de insnijdingen zijn de bronnen en bronbeken in de Noorbeemden ecologisch waardevol, omdat ze een soortenrijke levensgemeenschap bevatten die kenmerkend is voor dit watertype, met o.a. soorten gebonden aan lage gedempte watertemperaturen (koudstenotherm), hoge stroomsnelheden (rheofiel), grind en stenen (lithofiel), de aanwezigheid van een dunne waterfilm (hygropetrisch) en begroeiingen met aquatische mossen. De ecologische kwaliteit van deze bronnen en bronbeken wordt als goed beoordeeld (KRW macrofaunamaatlat R2) en herbergt diverse voor Nederland bijzondere macrofaunasoorten, zoals de platworm *Crenobia alpina* en de kokerjuffer *Plectrocnemia brevis* (Provincie Limburg, 2020). Om te voorkomen dat populaties van deze soorten lokaal verdwijnen door de ingreep, is een ruimtelijk gefaseerde aanpak nodig die ervoor zorgt dat voldoende herkolonisatiemogelijkheden aanwezig blijven in het gebied. Hiervoor is het nodig in beeld te hebben welke waarden er aanwezig zijn. Momenteel is deze kennis beperkt tot twee biologische meetpunten van waterschap Limburg in de bronbeken.

Naar aanleiding hiervan heeft Natuurmonumenten Wageningen Environmental Research gevraagd te onderzoeken welke ecologische waarden de bronbeken in de Noorbeemden hebben op basis van het voorkomen van macrofauna. Deze informatie kan worden gebruikt om in te kunnen schatten waar het ophogen van de beekbodem van de bronbeken kan worden uitgevoerd zonder de populaties van aanwezige macrofauna op de langere termijn te schaden. Ook heeft Natuurmonumenten gevraagd suggesties aan te dragen voor de uitvoering van de beekbodemophoging op basis van ervaringen in eerdere suppletieprojecten in andere delen van Nederland (o.a. Verdonschot et al., 2016).

## 2 Methode

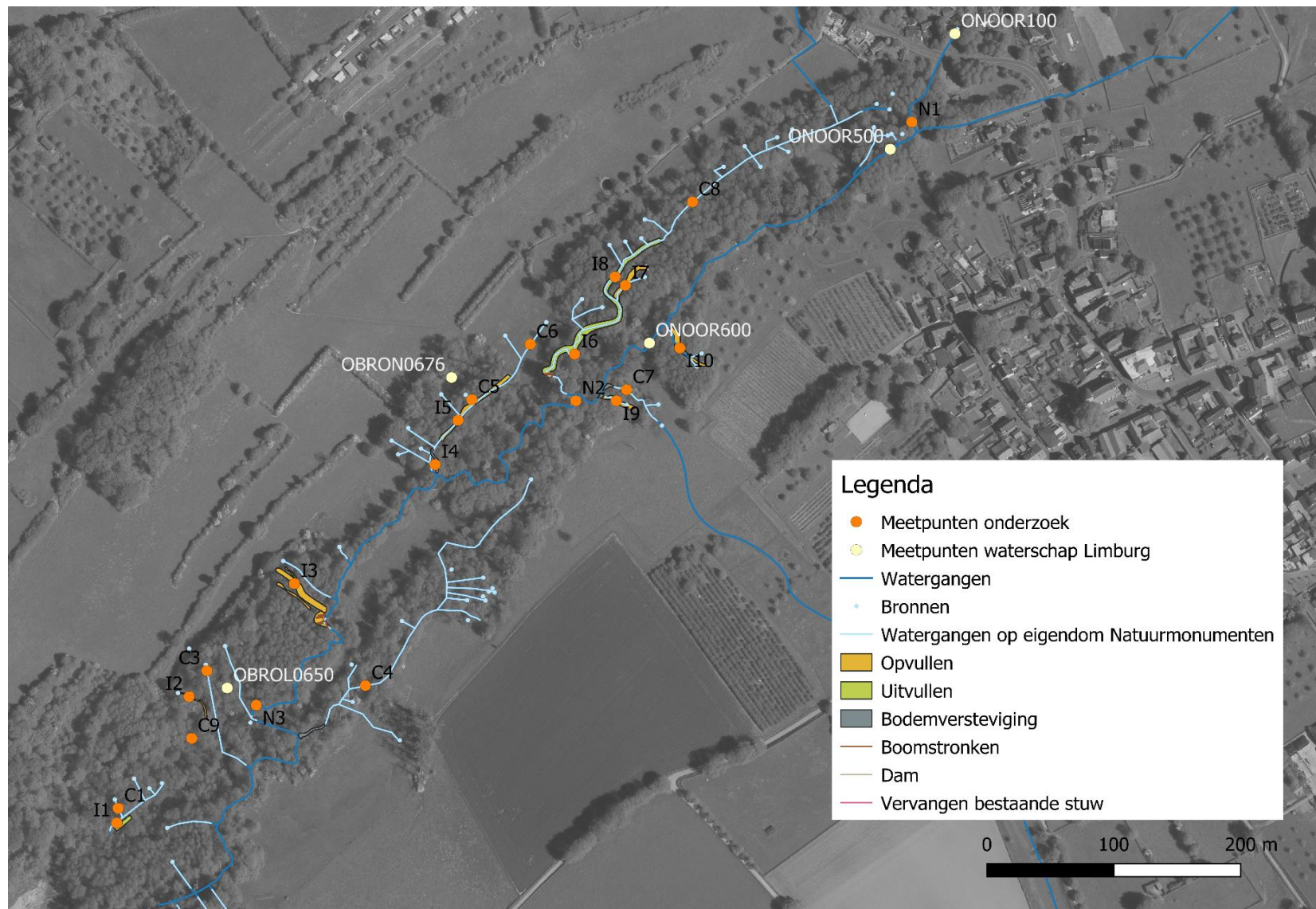
### 2.1 Selectie meetpunten

Op 23 november 2022 is het gebied bezocht en zijn in samenspraak met de projectgroep 22 meetpunten geselecteerd (Figuur 2.1, Tabel 2.1). Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen locaties die in aanmerking zouden kunnen komen voor beekbodempophoging – in de vorm van het opvullen of verondiepen/uitvullen van de loop (impact) – en een selectie van controlelocaties waar geen ingrepen worden gedaan. Daarnaast zijn aanvullend drie punten in de Noor bemonsterd (bovenloop, KRW-type R17) om een beeld te krijgen van de overeenkomsten en verschillen met de bronbeken (bronbeek, KRW-type R2). Alle potentiële bodempophoginglocaties zijn opgenomen in het meetprogramma.

**Tabel 2.1** Meetpunten macrofaunaonderzoek.

Meetpunt	Toelichting (maatregel)	x	y
C1	Geen maatregelen, kalktuf	183989	308490
C2	Geen maatregelen	184067	308396
C3	Geen maatregelen	184059	308602
C4	Geen maatregelen	184184	308590
C5	Geen maatregelen, kalktuf	184268	308823
C6	Geen maatregelen, slenk in grasland	184314	308868
C7	Geen maatregelen	184390	308831
C8	Geen maatregelen	184442	308984
C9	Geen maatregelen, helocreen moeras	184047	308547
I1	Verondiepen	183988	308478
I2	Opvullen	184045	308581
I3	Opvullen	184128	308673
I4	Diep ingesneden, opvullen steile overgang	184239	308770
I5	Opvullen	184257	308806
I6	Verondiepen	184349	308860
I7	Opvullen	184389	308916
I8	Verondiepen	184381	308923
I9	Opvullen	184382	308822
I10	Opvullen	184432	308865
N1	Noor benedenstrooms Sint-Brigidabron, bovenstrooms overstort	184615	309049
N2	Noor	184350	308822
N3	Noor	184098	308574

Daarnaast ligt een aantal macrofaunameetpunten van waterschap Limburg (Bron: Monique Korsten, Waterschap Limburg) in het stroomgebied van de Noor, die grotendeels aansluiten bij de geselecteerde meetpunten van dit onderzoek (Figuur 2.1). In de Noorbeemden gaat het om een bronloop (Noor zijtak 15.003TA, waterschapscode OBROL0650), corresponderend met meetpunt C3 en een bron (Noor zijtak 15.003PH waterschapscode OBRON0676) corresponderend met meetpunt C5. Beide punten zijn in maart 2009 en 2021 bemonsterd. In de Noor ligt een meetpunt dat sinds 1984 en vanaf 1989 jaarlijks bemonsterd wordt, meestal in mei (Noor grens, waterschapscode ONOOR500). Dit meetpunt ligt benedenstrooms van de overstort, tussen de meetpunten N1 en N2. Ook zijn er in juli 1984 en mei 1985 tweemaal monsters genomen in de Sint-Brigidabron (waterschapscode ONOOR100), bovenstrooms van meetpunt N1. Ten slotte is de Noor na zijtak 15.003HB in mei 2017 eenmalig bemonsterd (waterschapscode ONOOR600), bovenstrooms van meetpunt N2.



**Figuur 2.1** Ligging meetpunten macrofauna. Meetpuntcodes die horen bij dit onderzoek zijn aangegeven in zwarte letters: C1-9: controlelocaties bronbeken, I1-10: impactlocaties bronbeken, N1-3: locaties in de Noor. Meetpuntcodes van waterschap Limburg (vijf locaties) zijn aangegeven met witte letters en starten met O.

---

## 2.2 Bemonstering

In het veld is op de locaties telkens een representatief traject van 10 m beeklengte gekozen, dat ongestoord was door bijvoorbeeld betreding of zoelen van wilde zwijnen. Hierbinnen is driemaal een vaste oppervlakte bemonsterd van 0,25 bij 0,25 m, verdeeld over de dominante substraten in de beek. Afhankelijk van de waterdiepte en stroomsnelheid is voor het verzamelen van de macrofauna een micro-macrofaunaschoffel (ondiep water, weinig stroming) of een Surber-sampler (dieper water, stroming) gebruikt (maaswijdte 1 mm). Het verzamelde materiaal is per locatie samengevoegd en in emmers meegenomen naar het laboratorium voor verdere verwerking.

Er zijn daarnaast op de meetpunten veldparameters gemeten om de aangetroffen samenstelling van de macrofauna te kunnen relateren aan een karakterisering van de milieumomstandigheden op de locaties. Het gaat hierbij om fysisch-chemische veldparameters (watertemperatuur, zuurstofgehalte, geleidbaarheid, zuurgraad), dimensies (breedte, waterdiepte), stroomsnelheid, beschaduwing, aandeel drooggevalle bedding, aanwezigheid van kalktuf-afzettingen, substraatsamenstelling (percentage bedekking van stenen, grind, kalktuf, leem, blad, grove detritus, fijne detritus/slib, takken) en de aanwezigheid van vegetatie (percentage bedekking van mossen, emerse vegetatie (watereppe) en drijvende vegetatie (kroos)).

De bemonsteringen hebben plaatsgevonden op 6 maart 2023. De beekafvoeren waren ten tijde van de bemonstering laag. De Sint-Brigidabron was drooggevalle, net zoals (delen van) de bronbeken in de Noorbeemden.

## 2.3 Verwerking van de macrofaunamonsters

In het laboratorium zijn de macrofaunamonsters levend volledig uitgezocht. Alle dieren zijn geteld en op naam gebracht tot op het toepassingsniveau in een macrofauna-quickscan. Voor dit onderzoek is dit genusniveau voor de meeste taxonomische groepen, met uitzondering van Diptera en Oligochaeta, die op familieniveau zijn gedetermineerd. Omdat determineren in de uitzoekbak in veel gevallen niet mogelijk was, zijn de dieren indien nodig geconserveerd en onder de binoculair op naam gebracht.

## 2.4 Analyse van de gegevens

Het totaal aantal taxa en het aantal taxa kenmerkend voor bronnen (afgeleid van macrofauna indicatorlijst KRW type R2; Van der Molen et al., 2013) is vergeleken tussen de controle- en impactlocaties en ook met de locaties in de Noor. Daarnaast is specifiek gekeken naar de aanwezigheid van unieke taxa op de impactlocaties ten opzichte van de andere locaties, omdat deze dieren mogelijk onder druk zouden kunnen komen te staan bij het ophogen van de impactlocaties.

Om de monsters in de context van de waterschapsbemonsteringen te plaatsen is er een vergelijking gemaakt tussen de samenstelling van de twee monsters genomen in de Noorbeemden door het waterschap en de monsters van dezelfde bronbeken uit dit onderzoek. De waterschapsmonsters uit de Noor zijn niet vergeleken vanwege een verschil in locatie en het moment van bemonstering gedurende het jaar. Om een vergelijking mogelijk te maken, is het taxonomisch niveau van de taxa in de waterschapsmonsters aangepast aan het taxonomisch niveau gehanteerd in de quickscan.

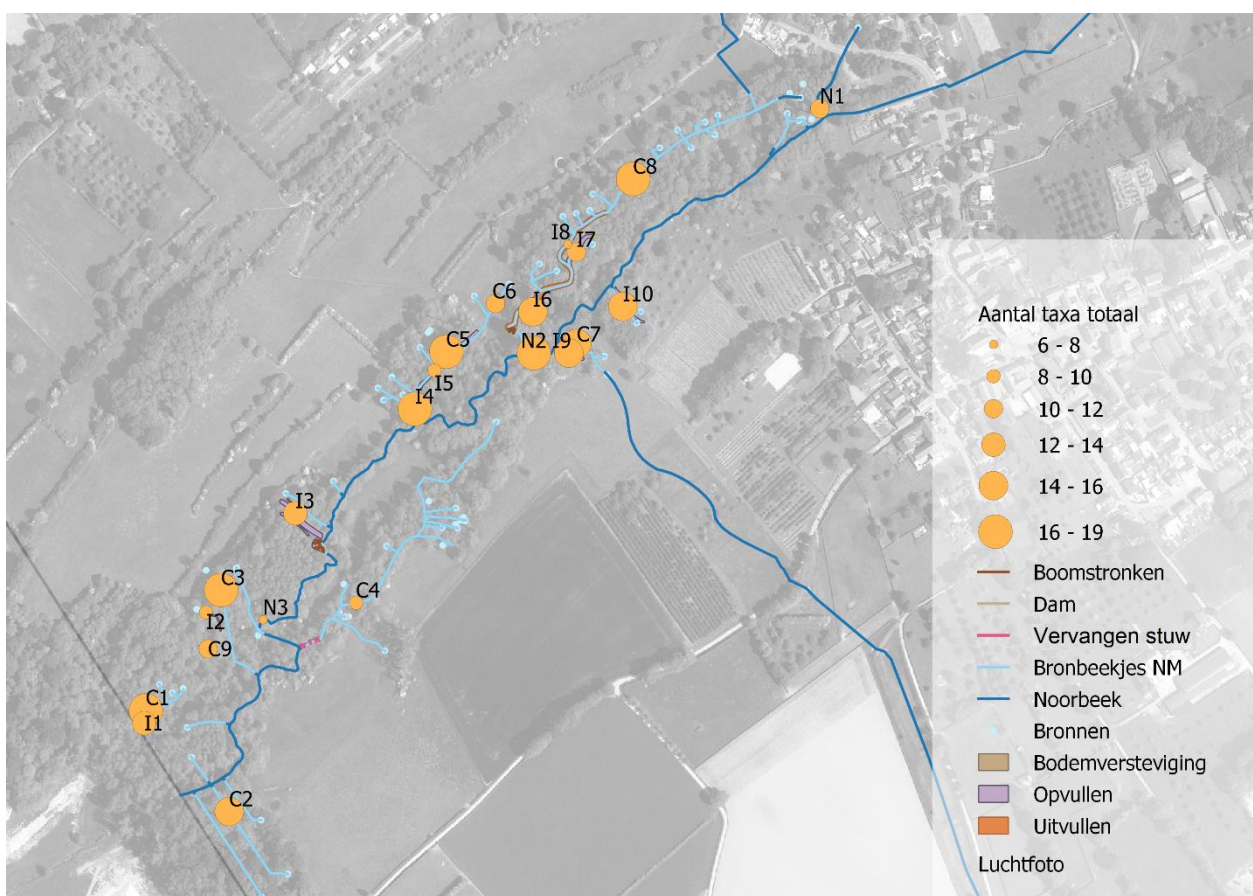
Om een beeld te krijgen van de relatie tussen de taxonsamenstelling en de milieugegevens van de bronbeken is een multivariate analyse uitgevoerd in het programma CANOCO for Windows 5.15. Er is gebruikgemaakt van de Principal Components Analysis (PCA) om de taxonsamenstelling van de monsterlocaties te analyseren. Om de patronen in macrofaunasamenstelling op de monsterpunten te kunnen interpreteren, zijn de milieuvariabelen in de analyse meegenomen als zogenoemde 'supplementaire variabelen'. Dit wil zeggen dat de ligging van de monsterpunten in het ordinatiediagram alleen bepaald wordt door de macrofaunasamenstelling en niet door de milieuvariabelen, maar dat deze wel in het diagram geprojecteerd worden op basis van hun waarde op de verschillende monsterpunten.



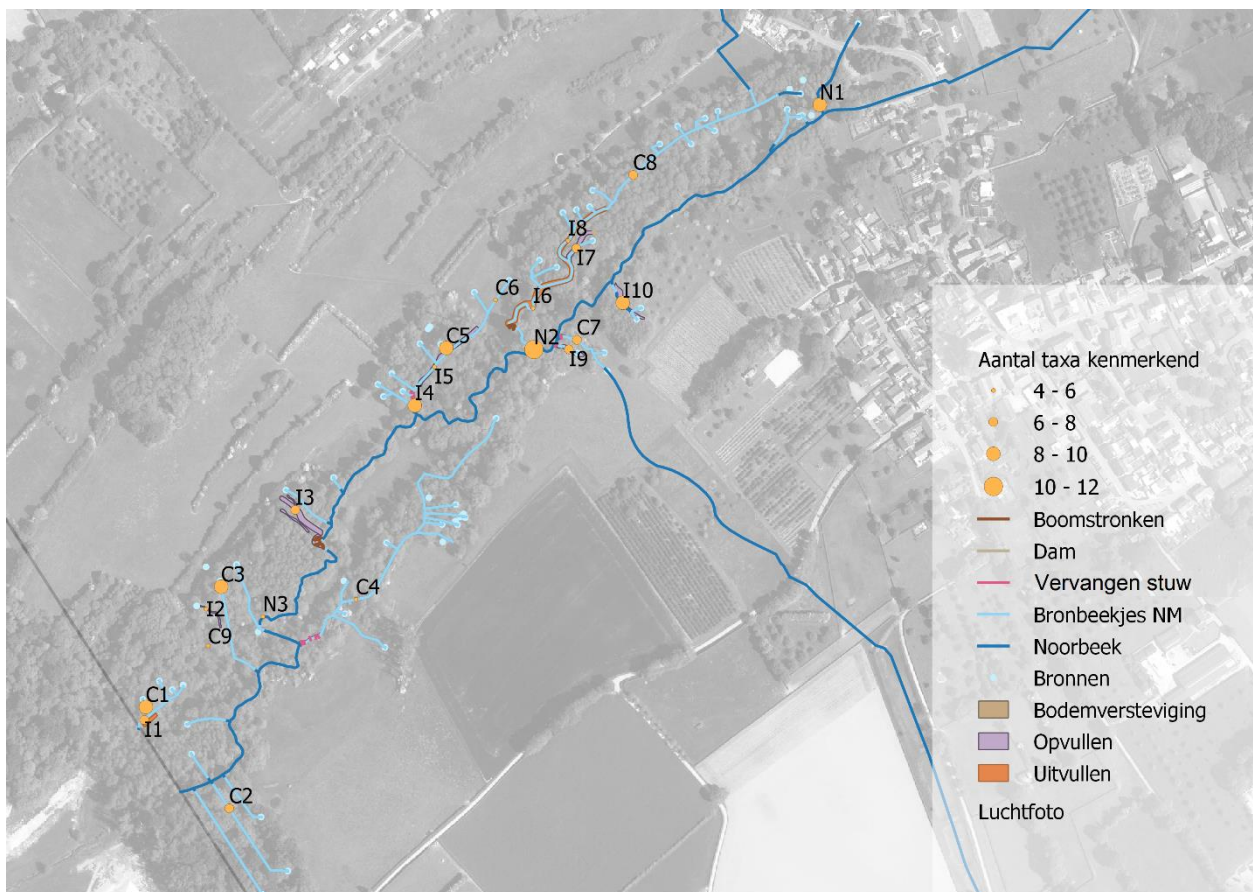
## 3 Resultaten

### 3.1 Totale taxonrijkdom en taxa kenmerkend voor bronnen

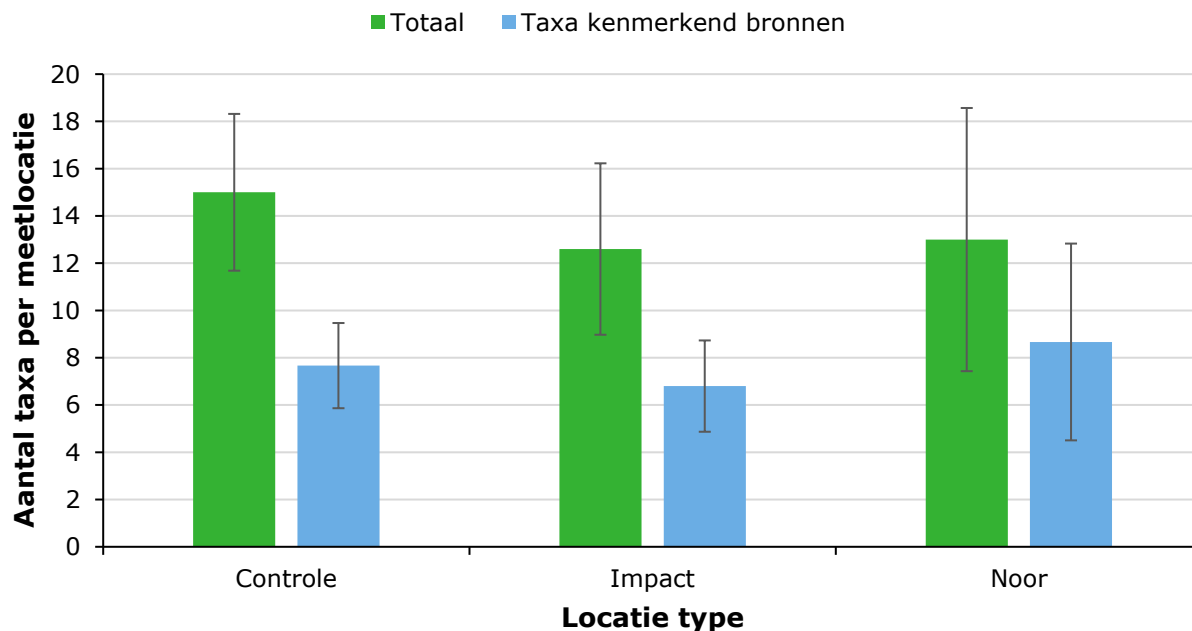
In totaal zijn 42 taxa verdeeld over 12.542 individuen aangetroffen op de 22 bemonsterde locaties, waarvan 25 taxa als kenmerkend voor bronbeken kunnen worden aangeduid (Tabel 3.1). Het rijkste punt lag in de Noor (locatie N2) en bevatte 19 taxa, waarvan 12 kenmerkend voor bronnen. Dit werd direct gevolgd door de kalktufbron controlelocatie 1, met 19 taxa en 10 taxa kenmerkend voor bronnen. Het armste punt was een ingesneden bronbeekje (impactlocatie 8) en bevatte 6 taxa, waarvan 4 kenmerkend voor bronnen. Ruimtelijk gezien waren zowel de taxonrijke locaties als de locaties armer aan taxa gelijkmatig over de Noorbeemden verdeeld, zowel wat betreft het totaal aantal taxa als het aantal taxa kenmerkend voor bronnen (Figuur 3.1, 3.2). Een directe vergelijking tussen de gemiddelde aantallen taxa op de controle- en impactlocaties en de monsterpunten in de Noor liet zien dat de aantallen per locatie vergelijkbaar waren (Figuur 3.3). Het aantal unieke taxa, taxa die slechts op de controlelocaties of alleen op de impactlocaties zijn aangetroffen, verschilde wel duidelijk tussen de controle- en impactlocaties (Tabel 3.1). Het enige taxon dat niet op de controlelocaties te vinden was en wel op één impactlocatie was het taxon Empididae, wat overigens geen specifiek taxon kenmerkend voor bronnen is. Dit was tevens ook het enige monster waarin dit taxon aanwezig was. Ter vergelijking: op de controlelocaties zijn maar liefst 14 taxa aangetroffen die niet op de impactlocaties werden gevonden, waarvan 10 taxa als kenmerkend voor bronnen kunnen worden beschouwd. Slechts 3 taxa waren uniek voor de Noor ten opzichte van alle controle- en impactlocaties in de bronbeken van de Noorbeemden, de bloedzuiger *Glossiphonia*, de beekkever *Limnius* en de kokerjuffer *Drusus*.



**Figuur 3.1** Totaal aantal taxa aangetroffen op de meetpunten waar ophoging is beoogd (I) en die waar geen ingrepen zijn gepland (C) in de Noorbeemden en Noor (N).



**Figuur 3.2** Aantal taxa kenmerkend voor bronnen en bronbeken aangetroffen op de meetpunten waar ophoging is beoogd (I) en die waar geen ingrepen zijn gepland (C) in de Noorbeemden en Noor (N).



**Figuur 3.3** Gemiddeld aantal taxa ( $\pm 1$  standaarddeviatie) totaal en kenmerkend voor bronnen op de monsterpunten in de bronbeekjes waar maatregelen beoogd zijn (Impact,  $n=10$ ) en waar dit niet het geval is (controle,  $n=9$ ) en ter vergelijking monsterpunten in de Noor ( $n=3$ ). Tussen de controle- en impactlocaties was geen significant verschil in het totale aantal taxa (Mann-Whitney U test,  $Z = -1.48$ ,  $p = 0.138$ ) en het aantal kenmerkende taxa voor bronnen en bronbeken (Mann-Whitney U test,  $Z = -0.91$ ,  $p = 0.363$ ). Gezien het lage aantal meetpunten in de Noor is deze groep meetpunten niet vergeleken.

**Tabel 3.1** Macrofauna-meetlocaties in de Noorbeemden en Noor op 6 maart 2023, verzameld in de bronbeekjes met een micro-macrofaunaschoffel of Surber-sampler door de dominante substraten te bemonsteren.

Taxon	Nederlandse naam	Kenmerkend bronnen	Abundantie per meetlocatie																						
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	N1	N2	N3	
<i>Glossiphonia</i>	Bloedzuigers																							1	
<i>Oligochaeta</i>	Borstelwormen		2	1			1	4	227	2	2	1	2							1					
<i>Dugesia</i>	Platwormen	K		1	2			17	3	6		2	2	9		13	5	12	1	1	2	103			
<i>Polycelis</i>	Platwormen	K						16																	
<i>Dendrocoelum</i>	Platwormen		1																						
<i>Atractides</i>	Watermijten	K				1	1				1										1	3			
<i>Lebertia</i>	Watermijten	K		2	8	2			4	1	3	2	9	10	5	1	1	5		3	14	17	1	1	
<i>Sperchon</i>	Watermijten	K			1				2	10		1	2		1					1	1	5	2		
<i>Wettina</i>	Watermijten	K								1													1		
Hydridae	Poliepen									1															
<i>Gammarus</i>	Vlokreeften		86	93	237	490	187	694	32	552	177	102	149	166	835	254	978	481	894	105	188	102	2310	366	
Chironomidae	Vedermuggen		73	20	20	1	13	4	33	12	144	147	39	141	11	298	16	10		14	45	5	26	2	
Dixidae	Meniscusmuggen	K	1				1	4										1			3	1			
Ceratopogonidae	Knutten		2	3	12		2	3	9		3	2		2	2	4	5			1	1			3	
Empididae	Dansvliegen																4						1		
Limoniidae	Steltmuggen		3	1	1		4			1				2	3	1	1			1	3				
Pediciidae	Tandmuggen		1	2			1		1	1	2	2			2	8	2						1		
Psychodidae	Motmuggen						3	1							1			1							
Ptychopteridae	Glansmuggen		12	40	4	2	5			7		1		4	17		17	9		7				2	
Simuliidae	Kriebelmuggen			1						2					4		1							11	
<i>Limnius</i> (adult)	Beekkevers	K																						1	
<i>Elodes</i> (larve)	Moerasweekschilden	K	11	2	3		30	2		4	8	1		3	13	5		7		5	7	4			
<i>Hydrocyphon</i> (larve)	Moerasweekschilden	K					1																		
<i>Baetis</i>	Haften								4																
<i>Nemoura</i>	Beeksteenvliegen	K	4	1	6	2	10				3	1	5	2	1		1	17			9				
<i>Nemurella</i>	Beeksteenvliegen	K		7	7		40	1	149	6			9	5						16			1		
<i>Beraea</i>	Kokerjuffers	K					1																		
<i>Agapetus</i>	Kokerjuffers	K	1																			107			
<i>Silo</i>	Kokerjuffers	K				1																5	2		
<i>Crunoecia</i>	Kokerjuffers	K	6	1	3										1						4				
<i>Chaetopteryx</i>	Kokerjuffers	K							5																
<i>Drusus</i>	Kokerjuffers	K																					6		
<i>Potamophylax</i>	Kokerjuffers	K					1		1						3		1		2			1	7	9	

Taxon	Nederlandse naam	Kenmerkend bronnen	Abundantie per meetlocatie																					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	N1	N2	N3
<i>Wormaldia</i>	Kokerjuffers	K	2																					
<i>Plectrocnemia</i>	Kokerjuffers	K	1		1			4	12	7		5	2	6	9		3	3	2	2	6	1	14	14
<i>Lype</i>	Kokerjuffers	K	1		2									1					7				1	
<i>Tinodes</i>	Kokerjuffers	K	2																					
<i>Rhyacophila</i>	Kokerjuffers	K				2																	4	
<i>Sericostoma</i>	Kokerjuffers	K	11	7	23	13	9		1	2	4	1		12	18	1	2	2	1	10	6		21	5
Limnephilidae (indet.)	Kokerjuffers				12						1													
Sphaeriidae	Erwtmosselen		9	8	5		1	3	113	17	1	1		14	3		21	36	5	3	55		6	
Totaal			19	16	17	9	18	12	15	17	12	14	9	13	18	9	15	12	6	15	15	12	19	8
Totaal kenmerkend			10	7	10	6	9	6	8	8	5	7	6	7	9	4	6	7	4	8	10	10	12	4

---

## 3.2 Vergelijking taxonsamenstelling waterschapsmonsters 2009 en de monsters genomen in dit onderzoek

De waterschapsmonsters op locatie OBROL0650 en OBRON0676 waren met respectievelijk 31 taxa (1235 individuen) en 34 taxa (1496 individuen) in 2009 en 29 taxa (1037 individuen) en 24 taxa (697 individuen) in 2021 rijker dan de monsters genomen in dit onderzoek op dezelfde plekken (C3 en C5; Tabel 3.2). Hier werden respectievelijk 17 taxa (347 individuen) en 18 taxa (311 individuen) aangetroffen. Een directe vergelijking tussen de monsters wordt bemoeilijkt door de meer dan driemaal grotere monsterlengte van de waterschapsmonsters. Dit geeft niet alleen hogere abundanties omdat meer oppervlakte beekbodem is bemonsterd, maar verhoogt daarmee ook de kans op het aantreffen van nieuwe taxa. Dit geldt met name voor taxa die in lage dichtheden voorkomen.

Verschillen in de relatief talrijk voorkomende taxa kunnen echter wel een aanwijzing geven voor veranderingen in de afgelopen jaren. Uit de vergelijking blijkt dat veel taxa in aantal lijken te zijn afgenomen (OBROL0650 40,5% lagere abundantie in 2021 dan in 2009, OBRON0676 50,0% lagere abundantie). Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de taxa *Atractides*, *Dugesia*, *Pediciidae*, *Stratiomyidae*, *Psychodidae*, *Elodes*, *Potamophylax* en *Tinodes* of ze zijn zelfs in zijn geheel niet meer aangetroffen in de recente jaren, zoals *Thaumaleidae*, *Simuliidae*, *Helophorus* en *Elmis* (OBROL0650 21,6% wel gevonden in 2009, niet in 2021; OBRON0676 29,4% niet gevonden). Daar stond tegenover dat 16,2% (OBROL0650) en 20,5% (OBRON0676) van de taxa in aantal is toegenomen in 2021 ten opzichte van 2009. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld *Ceratopogonidae*. Op locatie OBROL0650 werd ten slotte ook een aantal taxa aangetroffen die er niet eerder waren gevonden (16,2%), waaronder *Wormaldia* en *Ernodes*.

Veel relatief veelvoorkomende taxa waar de aantallen lager waren in 2021 of die in zijn geheel niet meer zijn aangetroffen, zijn voor bronnen kenmerkende taxa en stromingsindicatoren. Dit is een indicatie van degradatie van de bronbeken. Het gaat bijvoorbeeld om taxa representatief voor beken met relatief hoge stroomsnelheden (*Elmis*, *Simuliidae*) en voor bronnen en hygropetrische milieus (*Tinodes*, *Dugesia*, *Thaumaleidae*). Dit zou kunnen wijzen op een effect van lagere beekafvoeren. Een koppeling met verdroging en insnijding van de bronbeken ligt hierbij voor de hand en is tevens een aanwijzing dat niks doen op de langere termijn kan leiden tot verdere degradatie van de levensgemeenschappen in de bronbeken.

**Tabel 3.2** Vergelijking taxonsamenstelling tussen de macrofaunamonsters genomen door waterschap Limburg in maart 2009 en 2021 op twee punten in de Noorbeemden en de monsters die in dit onderzoek zijn genomen in dezelfde beken in maart 2023. Er is een verschil in monsterlengte tussen de waterschapsmonsters en de monsters in dit onderzoek (5 m vs. 1,5 m). De laatste kolom geeft aan of een taxon in dit onderzoek op ten minste een van de bemonsterde locaties is aangetroffen (x). De indicatie voor bronmilieus en snelle stroming (rheofiel) zijn afgeleid van Verberk et al. (2012) op basis van de in de monsters voorkomende soorten met een score van meer dan 5 van de 10 punten voor de desbetreffende klasse en de rheofilie-classificatie zoals gehanteerd door waterschap Limburg.

Taxonnaam	Nederlandse naam	Indicator		Meetpunt						Aangetroffen totale onderzoek 2023
				OBROL0650		C3	OBRON0676		C5	
		Bron	Stroming	2009	2021	2023	2009	2021	2023	
<i>Glossiphonia</i>	Bloedzuigers	-	-	0	0	0	3	0	0	x
<i>Oligochaeta</i>	Borstelwormen	-	-	3	2	0	12	14	1	x
<i>Crenobia</i>	Platwormen	1	1	0	0	0	1	0	0	-
<i>Dugesia</i>	Platwormen	1	1	150	40	2	20	15	0	x
<i>Atractides</i>	Watermijten	-	1	23	1	0	4	2	1	x
<i>Lebertia</i>	Watermijten	-	1	29	2	8	4	2	0	x
<i>Sperchon</i>	Watermijten	-	1	6	2	1	10	8	0	x
<i>Gammarus</i>	Vlokreeften	1	1	665	726	237	552	140	187	x
Chironomidae	Vedermuggen	-	-	15	15	20	194	70	13	x
Dixidae	Meniscusmuggen	1	-	22	48	0	45	40	1	x
Ceratopogonidae	Knutten	-	-	2	8	12	4	7	2	x
Empididae	Dansvliegen	-	-	0	0	0	1	0	0	x
Pediciidae	Tandmuggen	-	1	10	2	0	12	0	1	x
Limoniidae	Steltmuggen	-	-	0	2	1	11	27	4	x
Syrphidae	Zweefvliegen	-	-	1	0	0	0	0	0	-
Stratiomyidae	Wapenvliegen	-	1	23	8	0	41	25	0	-
Psychodidae	Motmuggen	-	-	42	4	0	47	78	3	x
Ptychopteridae	Glansmuggen	-	-	55	41	4	95	10	5	x
Thaumaleidae	Bronmuggen	1	-	10	0	0	1	0	0	-
Tipulidae	Langpootmuggen	-	-	2	1	0	7	6	0	-
Simuliidae	Kriebelmuggen	-	1	0	0	0	18	0	0	x
<i>Limnius</i> (adult)	Beekkevers	-	1	2	0	0	0	0	0	x
<i>Elmis</i> (adult)	Beekkevers	1	1	9	0	0	0	0	0	-
<i>Helophorus</i> (adult)	Spinnende waterkevers	-	-	3	0	0	1	0	0	-
<i>Hydraena</i> (adult)	Waterkruipers	-	-	0	1	0	0	0	0	-
<i>Laccobius</i> (adult)	Spinnende waterkevers	-	-	0	1	0	0	0	0	-
<i>Elodes</i> (larve)	Moerasweek-schilden	-	1	168	33	3	118	95	30	x
<i>Hydrocyphon</i> (larve)	Moerasweek-schilden	-	-	0	0	0	0	0	1	x



Taxonnaam	Nederlandse naam	Indicator		Meetpunt						Aangetroffen totale onderzoek 2023
				OBROL0650		C3	OBRON0676		C5	
		Bron	Stroming	2009	2021	2023	2009	2021	2023	
Nemoura	Beeksteenvliegen	1	1	6	34	6	121	80	10	x
Nemurella	Beeksteenvliegen	-	-	0	0	7	0	0	40	x
Beraea	Kokerjuffers	1	1	1	0	0	1	15	1	x
Crunoecia	Kokerjuffers	1	1	7	2	3	29	30	0	x
Potamophylax	Kokerjuffers	1	1	11	4	0	0	0	1	x
Adicella	Kokerjuffers	1	1	0	0	0	1	0	0	-
Ernodes	Kokerjuffers	1	1	0	1	0	0	0	0	-
Wormaldia	Kokerjuffers	1	1	0	1	0	1	0	0	x
Plectrocnemia	Kokerjuffers	1	1	18	36	1	41	9	0	x
Lype	Kokerjuffers	-	1	1	2	2	13	5	0	x
Tinodes	Kokerjuffers	-	-	13	2	0	13	0	0	x
Rhyacophila	Kokerjuffers	-	1	1	0	0	0	0	0	x
Sericostoma	Kokerjuffers	-	1	24	14	23	66	12	9	x
Limnephilidae (indet.)	Kokerjuffers	-	-	2	2	12	1	5	0	x
Sphaeriidae	Erwtenmosselen	-	1	1	0	5	6	1	1	x
Osmylus	Gaasvliegen	-	1	0	2	0	2	1	0	

---

### 3.3 Overeenkomsten in macrofaunasamenstelling tussen meetpunten en de relatie met de milieumstandigheden in de bronbeken

Er is gebruikgemaakt van de Principal Components analysis (PCA) om de taxonsamenstelling van alle monsterlocaties te analyseren. De ordinatie laat een duidelijke groepering van de monsterpunten zien langs de eerste twee ordinatie-assen (Figuur 3.4). Om de interpretatie van de groepen te vergemakkelijken, zijn de in het veld gemeten milieuv variabelen (Tabel 3.3) in het diagram geprojecteerd. Deze gegevens oefenen echter geen invloed uit op de ligging van de monsterpunten, deze is enkel op de taxonsamenstelling gebaseerd.

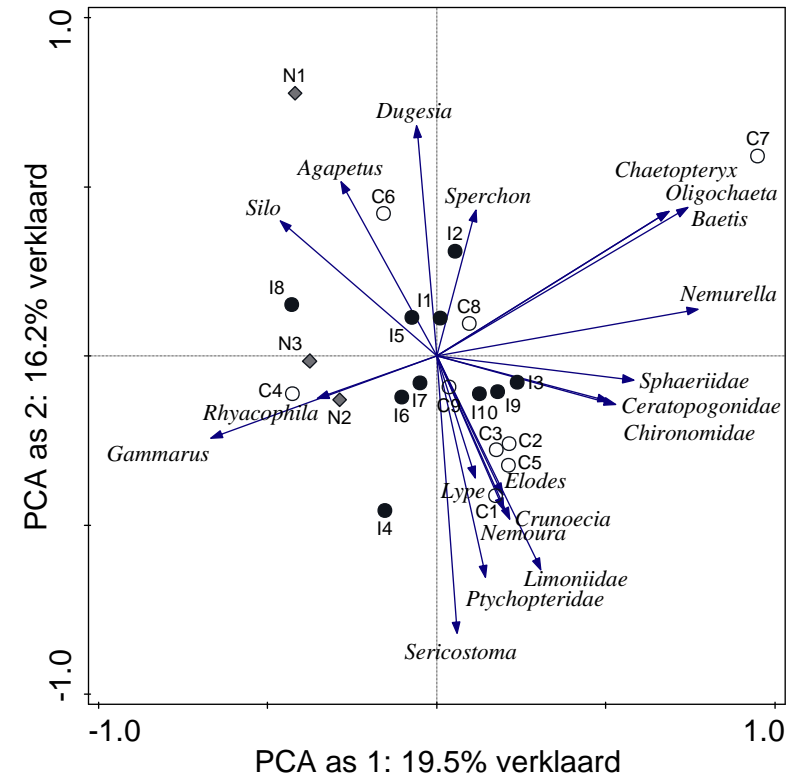
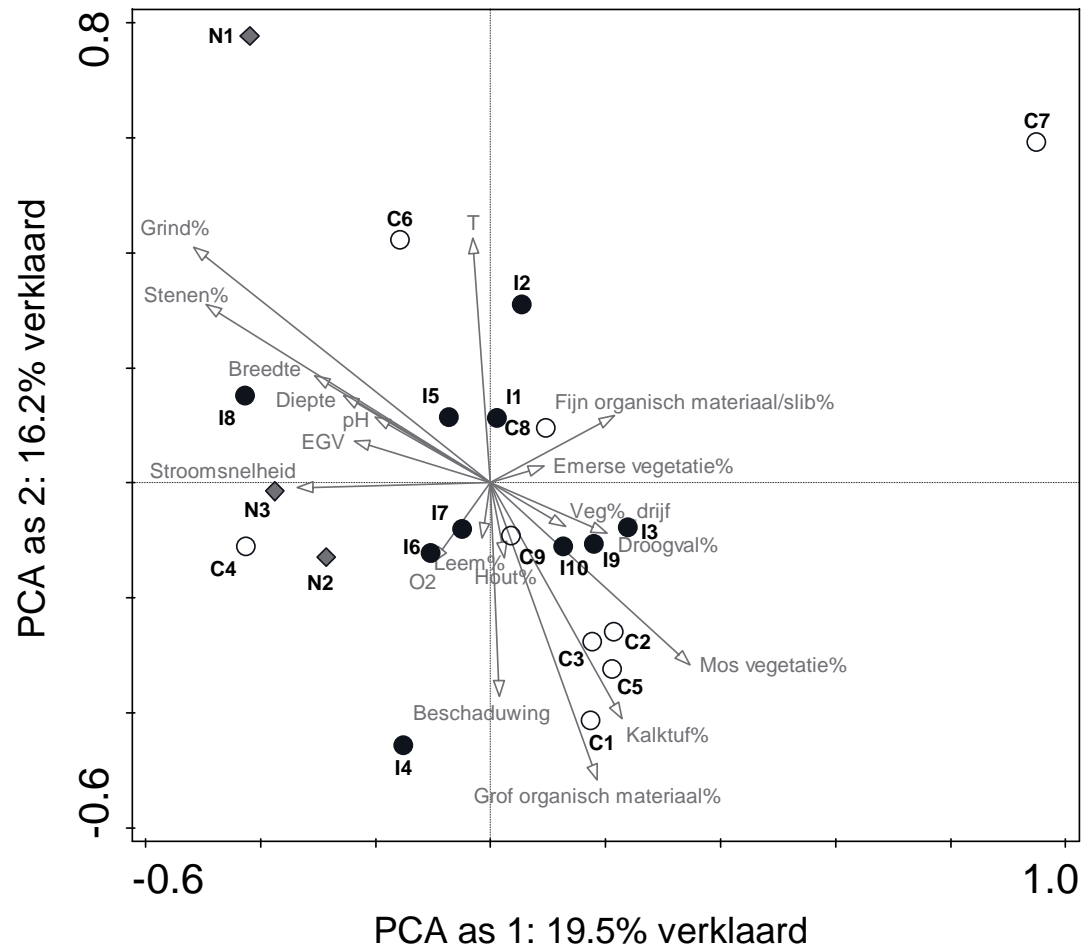
Langs de eerste ordinatie-as is er een onderscheid zichtbaar tussen een groep punten die de meetlocaties omvatten in de Noor en bronbeken in de Noorbeemden met een relatief hoge stroomsnelheid, grotere dimensies en de aanwezigheid van grindbedden en stenen. Beekafvoer lijkt hier een dominante sturende factor. Karakteristiek voor deze gradiënt volgen, zijn onder andere het voorkomen van de kokerjuffer *Rhyacophila* en een hoge abundantie van *Gammarus*, terwijl de aantallen van de steenvlieg *Nemurella*, erwtenmosselen (Sphaeridae), vedermuggen (Chironomidae) en knutten (Ceratopogonidae) juist lager liggen dan op andere punten. Deze tweede groep heeft haar zwaartepunt in voorkomen en abundantie juist in de langzamer stromende bronbeken waar daarnaast depositie van fijn organisch materiaal optreedt.

Langs de tweede ordinatie-as onderscheiden zich de kalktufbronnen, waar een hoge bedekking van kalktufafzettingen, mossen in de beek en veel grof organisch materiaal aanwezig is. Opvallend is de relatief lage watertemperatuur, dit is waarschijnlijk het gevolg van de lage afvoer van deze bronnen (sijpelend water, hygropetrisch milieu) waardoor de luchttemperatuur veel invloed had op de watertemperatuur (sterke grondwatervoeding leidt in de winter tot een hogere temperatuur dan de luchttemperatuur). Karakteristieke taxa zijn hier onder andere hoge aantallen van de kokerjuffers *Sericostoma*, *Crunoecia* en *Lype*, larven van de moerasweekschildkever *Elodes* en glans- en steltmuggen (Ptychopteridae en Limoniidae).

Het punt N1 in het meest bovenstroomse deel van de Noor dicht bij de Sint-Brigidabron wijkt wat betreft taxonsamenstelling duidelijk af van de andere punten door een sterke dominantie van onder andere de kokerjuffer *Agapetus* en de platworm *Dugesia* en valt daardoor ver buiten de puntenwolk. Het punt C7 wijkt ook af, deze bronbeek stond ten tijde van de bemonstering onder invloed van ingespoelde mest en kenmerkte zich door een dominantie van zoetwaterborstelwormen (Oligochaeta).

**Tabel 3.3** Milieugegevens meetlocaties bronbeken Noorbeemden en Noor gemeten op 6 maart 2023.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	N1	N2	N3
Watertemperatuur (°C)	5.7	6.2	7.3	8.8	4.8	8	9.8	8	5.2	5.5	8.2	5.7	7.1	7	7.2	9.9	7.7	10.1	6.9	8.3	8.3	7.4
DO (mg/L)	11.0	11.8	11.0	10.4	11.1	9.6	8.3	10.2	11.7	11.3	10.9	11.2	10.5	10.5	10.5	4.0	9.7	4.5	10.3	10.0	9.7	11.1
Geleidbaarheid (µS/cm)	690	773	706	725	665	696	734	714	707	710	735	737	746	710	742	727	727	739	722	744	781	776
Zuurgraad (pH)	8.2	8.9	7.7	8.1	8.6	8.1	7.7	9.7	8.8	8.3	8.2	8.7	8.3	8.0	9.0	8.3	9.3	7.6	8.2	9.1	7.8	7.7
Waterbreedte (cm)	140	100	160	125	60	60	120	150	80	70	120	110	60	80	90	80	130	80	70	190	230	220
Waterdiepte (cm)	1	2	1	7	0.5	8	8	2	1	3	1	1	6	4	6	1	5	6	0.5	2	13	8
Stroomsnelheid (cm/s)	6	11	5	24	4	4	24	5	4	9	4	4	24	25	18	8	23	16	4	8	29	56
Droogval (% bedding)	70	30	70	10	90	0	30	10	70	30	60	90	30	50	20	70	20	10	90	90	30	20
Leem (% bedekking)	10	50	40	50	5		35	20	10	20	35	5	30	40	20	20	40	10	5	5	30	10
Grind (% bedekking)				10				4			4		4	4			4			70	20	60
Stenen (% bedekking)				5							10						4			10	4	20
Kalktuf (% bedekking)	40	4	5		50				4	4												
Grove detritus (% bedekking)	35	35	20	20	20		10	10	20	25	20	5	20	5	5	10	10	20	30	10	25	5
Fijne detritus en slib (% bedekking)	10	5	30	10	15	100	50	50	70	50	10	85	45	50	70	65	45	55	50	4	5	
Takken (% bedekking)	5	10	5	10	10		5	10	4	5	20	5	5	5	5	5	5	15	15	5	20	5
Mossen (% bedekking)	4		4		4				4		4	4						4				
Emerse vegetatie (% bedekking)					4			30	4													
Kroos (% bedekking)																		4				
Beschaduwning (klasse)	40-70	70-100	70-100	40-70	40-70	0-10	40-70	70-100	70-100	40-70	70-100	70-100	70-100	70-100	40-70	70-100	70-100	70-100	70-100	40-70	70-100	70-100



**Figuur 3.4** Principal Components Analysis (PCA) ordinatie-as 1 en -as 2 op basis van de taxonsamenstelling van de monsterpunten in de Noorbeemden waar ophoging is beoogd (I1-10) en waar geen ingrepen zijn beoogd (controle C1-9). Ook zijn drie punten in de Noor toegevoegd (N1-3). De bijbehorende supplementaire milieuv variabelen van de locaties zijn aangeven met pijlen, zoals aandeel bedekking substraten en de stroomsnelheid, waarbij de richting van de pijl een toename van de variabele op de monsterpunten corresponderend met een verandering in taxonsamenstelling laat zien. In het rechter diagram zijn de taxa weergegeven, waarbij net zoals bij de milieuv variabelen geldt dat een hogere abundantie correspondeert met de richting van de pijl.

---

## 4 Advies aanpak bodemophoging op basis van bevindingen macrofaunaonderzoek en kennis van andere suppletieprojecten

### 4.1 Zijn voldoende overlevingskansen voor de macrofauna voorzien in het ontwerp?

#### 4.1.1 Toewijzing refugia voor macrofauna

Het ophogen van de beekbodem heeft een directe impact op het leven in de beek, omdat het oorspronkelijke beddingsubstraat bedekt wordt en organismen daarbij worden begraven. Om te voorkomen dat een populatie van een bepaalde soort uit het gebied verdwijnt, moet er altijd gewerkt worden met refugia binnen het beekstelsel, vergelijkbare trajecten waar geen suppletie plaatsvindt en die ook niet op een andere manier negatief worden beïnvloed door de ingreep (Van Dongen & Verdonschot, 2014; Verdonschot & Eysink, 2022). Deze refugia dienen als bron van kolonisten voor de gesuppleerde trajecten. Als refugia kunnen de bovenstroomse delen van een beekstelsel dienen, maar ook zijbeken of parallelle beektakken. Van laaglandbeken is bekend dat deze aanpak leidt tot snelle herkolonisatie door de lokale fauna (Dos Reis Oliveira et al., 2019).

In de Noorbeemden is voorzien dat zowel niet aangepakte bovenstroomse trajecten van bronbeken die worden opgehoogd (C1, C4, C5, C6, C8) als parallel gelegen bronbeken waar geen ingrepen zijn beoogd (C3, C7, C9) als refugia kunnen dienen. Dit onderzoek laat zien dat op de controle- en de impactlocaties vergelijkbare aantallen kenmerkende bronsoorten voorkomen en dat juist op de controlelocaties kenmerkende taxa voor bronnen voorkomen die niet op de impactlocaties worden aangetroffen. Hiermee biedt het huidige ontwerp voldoende kolonisatiepotentieel om nieuwe populaties in de opgehoogde trajecten op te bouwen. Omdat de bronbeken waar geen ingrepen zijn voorzien verspreid over het beekdal liggen, is de te overbruggen afstand voor organismen beperkt, in de ordegrrootte van tientallen tot enkele honderden meters. Ter vergelijking, de meeste verplaatsingen van volwassen beekinsecten spelen zich af binnen een afstand tot 1 km van de beek (Tonkin et al., 2014) met een uitloop naar circa 5 km (Sundermann et al., 2011). De afstanden binnen het dal van de Noor vallen hier ruim binnen. De dieren verplaatsen zich zowel parallel aan de beek, boven het water of door de oevervegetatie, of lateraal van de beek af. Ongewervelden die niet kunnen vliegen of meeliften (bijv. watermijten), moeten gebruikmaken van het netwerk van watergangen. Omdat in het beoogde ontwerp geen verbindingen verdwijnen, blijft de connectiviteit tussen de bronbeekjes behouden en wordt mogelijk zelfs verbeterd, omdat water over grotere oppervlakten afstroomt na de verondieping.

#### 4.1.2 Transplanteren beddingsubstraat

In kleine ondiepe beeksystemen, zoals bronbeken, geeft aanvullend het transplanteren van het beddingsubstraat een impuls aan de kolonisatie, een methode die ook veel wordt toegepast bij de translocatie van macrofauna van een donorbeek naar een herstelde beek om de kolonisatie van bepaalde soorten of gemeenschappen te faciliteren (Clinton et al., 2022). In het geval van het verondiepen, betekent dit dat de toplaag (bovenste centimeters) van de bedding voorzichtig uit de beek wordt geschept. Dit materiaal wordt tijdens de werkzaamheden verspreid uitgestort op landbouwplastic en op de kant bewaard (bedekt met landbouwplastic). Het is belangrijk dat het substraat vochtig blijft en slechts in maximaal enkele centimeters water staat (vergelijkbaar met protocol transport macrofaunamonsters voor biologische bemonstering; Bijkerk, 2010). Het dieper onder water zetten van het substraat is niet nodig en vaak zelfs schadelijk, omdat dit het risico op slechte zuurstofomstandigheden en daardoor sterfte vergroot. Dit geldt zeker voor systemen als bronnen en bovenlopen, omdat de levensgemeenschap veel organismen bevat die hygropetrisch leven (in een waterfilm). Wel is het belangrijk dat de opslag kortdurend is (uren) en de temperatuur niet te hoog oploopt (in de schaduw bewaren, niet op een hete zomerdag uitvoeren).



---

Het op een grondzeil op de kant zetten van de toplaag van de beekbodem en deze in te pakken tot de werkzaamheden gereed zijn, is nu voor alle te suppleren bronbeken in de Noorbeemden voorzien en biedt daarmee goede overlevingskansen voor de macrofauna. Naast een direct voordeel voor de dieren heeft het transplanteren van de bodem ook als gevolg dat de ontwikkeling van microhabitats en daarmee habitatheterogeniteit (zie 4.2) sneller verloopt, omdat materiaal als stenen, takjes en bladeren met daarop al aangroei (biofilm) direct teruggebracht wordt in de beek. Deze gemeenschap van o.a. algen, bacteriën en schimmels die op het materiaal groeit, vormt bijvoorbeeld een belangrijke voedselbron voor de macrofauna. Daarnaast zorgt het materiaal voor voldoende schuilmogelijkheden om te ontkomen aan predatoren.

## 4.2 Hoe wordt zorg gedragen voor voldoende substraatheterogeniteit na ophoging van de bodem van de bronbeken?

Naast het directe en acute effect door begraving is een langduriger effect voor de beekorganismen het verdwijnen van habitatelementen van de beekbedding die de soorten nodig hebben om te leven en hun levenscyclus te doorlopen, bijvoorbeeld direct als voedsel, om voedsel op te verzamelen of als hecht- en schuilplaats (Verdonschot & Eysink, 2022). Er kan hierbij onderscheid worden gemaakt tussen organische en minerale substraten.

### 4.2.1 Herstel organische substraatheterogeniteit

Omdat de bronbeken waar ophoging is beoogd alle in het bos liggen, worden organische substraten, zoals blad en takken, weer op natuurlijke wijze aangevuld (Verdonschot et al., 2016). Hier kan actief op gestuurd worden door de werkzaamheden bijvoorbeeld voor de bladval in de herfst af te ronden en actief direct na de ophoging alvast structuur aan te brengen (takken), om bijvoorbeeld ingevallen blad in te vangen (Van Dongen & Verdonschot, 2014). De vorming van andere organische habitattypen gaat vervolgens vanzelf: ingevallen blad wordt gefragmenteerd (mechanisch door stroming, biologisch door micro-organismen en macrofauna) waardoor grof en fijn organisch materiaal ontstaat dat wordt afgezet op stromingsluwe plekken. De organische substraatheterogeniteit keert hierdoor op korte termijn (enkele maanden tot een jaar) grotendeels in de opgehoogde beken terug (Verdonschot et al., 2016).

### 4.2.2 Herstel minerale substraatheterogeniteit

Voor minerale substraten geldt dat op de samenstelling gestuurd kan worden via de keuze van het in te brengen materiaal (korrelgrootte sortering, actief inbrengen stenen, grind). Uitgangspunt is lokaal materiaal te gebruiken met dezelfde korrelgrootteverdeling als nu in de beek aanwezig is voor het ophogen van de beekbodem (Verdonschot & Eysink, 2022). In de bronbeken in de Noorbeemden gaat het hierbij om deklaagmateriaal met een heterogene samenstelling van löss, zand, grind en vuursteen, wat lokaal zou moeten worden verzameld. Door erosie- en sedimentatieprocessen ontstaat een nieuwe verdeling van het beddingmateriaal met een vergelijkbare samenstelling als de uitgangssituatie. De eerdergenoemde bodemtransplantatie kan ook worden ingezet om specifieke substraattypen terug te brengen, zoals in dit geval bijvoorbeeld de kalktufafzettingen die anders een lange tijd nodig zouden hebben om zich opnieuw te vormen.

### 4.2.3 Aanpak overgangen tussen bronbeken en de Noor met een groot verhang

In de overgangszone van de dalbodem naar de diep ingesneden Noor (de knik in de verhanglijn) is het verhang dusdanig groot dat het niet mogelijk is om de oorspronkelijke substraatsamenstelling toe te passen en daarmee voldoende erosiebestendigheid van de bedding te bereiken om terugschrijdende erosie tegen te gaan. In een aantal bronbeken is in het verleden gewerkt met verticale schotstuwjes in de uitstroom van de beek om verdere terugschrijdende erosie tegen te gaan en stroomopwaarts sedimentatie te stimuleren. Het succes hiervan op de lange termijn blijkt wisselend, omdat de meeste schotten in de loop van de tijd door onderspoeling onbruikbaar zijn geworden. Vanuit het oogpunt van macrofauna kunnen schotten daarnaast de connectiviteit van de bronbeken met de Noor hinderen, omdat de verticale metalen oppervlakten een

---

barrière kunnen vormen voor macrofauna die zich alleen via de beek kunnen verplaatsen. Als oplossing voor de bronbeken zijn cascades met drempels van boomstammen beoogd om het hoogteverschil te overbruggen. Het voordeel van boomstammen ten opzichte van de verticale schotten is dat het houtoppervlak makkelijker passeerbaar is voor ongewervelden, die zich door de waterfilm op de stam kunnen bewegen. Ook kan de stam direct als habitat worden gebruikt door de macrofauna, zeker als zich daar mossen op vestigen.

Aandachtspunt is het voorkomen van onderspoeling van de stammen. Hierop moet de korrelgroottefractie van het te suppleren materiaal worden aangepast. Mogelijk is de aanpak van de Mosbeek in Twente bruikbaar (ophoging tot 80 cm), die bestand is tegen stroomsnelheden tijdens piekafvoeren van ten minste 60 cm/s (Verdonschot & Eysink, 2022). Hier is de opbouw stenen (circa 63 mm) en grof grind (fractie 16-32 mm) als beschermende toplaag, met daaronder grof zand om de bedding stabiel te houden (fractie 210 µm tot 2 mm). Kanttekening bij het gebruik van deze grove fracties is het risico op het in de bedding verdwijnen van de beek (grote interstitiële ruimtes), waardoor de beek in de cascade droog kan vallen. Daarom moet ook voldoende fijne fractie aangebracht worden om voldoende afdichting van de bodem te creëren dieper in het aangebrachte beddingsubstraat. Om de optimale samenstelling te bepalen, is het belangrijk goed te weten hoe de afvoer zich gedraagt in de bronbeken tijdens piekafvoeren (welke stroomsnelheden worden bereikt?) op de plekken waar cascades zijn beoogd. Hieruit moet blijken of de aanpak van de Mosbeek bruikbaar is in de Noorbeemden of dat moet worden ingezet op meer erosiebescherming van de bedding.

### 4.3 Is er een effect op de stroomsnelheid te verwachten na het ophogen van de bodem?

Stroming is een bepalende factor voor de levensgemeenschap in beken; snelstromende beken bevatten andere soorten dan langzaam stromende beken, waarbij een breed scala aan aanpassingen voorkomt om in snelstromende milieus te kunnen leven. Uit de metingen bleek dat er variatie in gemiddelde stroomsnelheden voorkomt in de verschillende bronbeken en afwateringsgeulen, waarbij zowel zeer langzaam stromende (stroomsnelheid ca. 5 cm/s) als sneller stromende (stroomsnelheid ca. 25 cm/s) delen te vinden zijn (de steile overgang tussen de Noor en de zijbeken uitgezonderd). Deze stroomsnelheden zijn relatief laag voor beken in Zuid-Limburg en ook ten opzichte van de Noor, waar lokaal de stroomsnelheid boven de 50 cm/s ligt en een 'pool-riffle' structuur aanwezig is met hard stromende ondiepe delen gedomineerd door stenen en grind, afgewisseld door diepere kommen met minder stroming en een fijnkorrelige bodem. De stroomsnelheid van 50 cm/s wordt beschouwd als een typologische grens waarbij snelstromende beken zich onderscheiden van langzaam stromende beken.

De combinatie van de hoeveelheid grondwatervoeding, de dimensies en de structuur van de bedding en het verhang zorgt voor het behalen van een bepaalde stroomsnelheid. In een ingesneden smalle bedding worden hogere stroomsnelheden bereikt dan in een beek waar het water bij maaiveld over een grotere breedte afstroomt en hierdoor stromingsenergie verloren gaat. Door een afname van het verhang en de mogelijkheid om over een grotere beddingbreedte af te stromen, zorgt het ophogen van de beekbodem voor een verlaging van de stroomsnelheid in met name de momenteel sneller stromende ingesneden bronbeken en afwateringsgeulen. Dit stroomsnelheidsremmende effect wordt nog eens versterkt bij afvoerpieken, waarbij de beek nog verder de breedte op kan zoeken, omdat deze naar maaiveld is gebracht.

Omdat de stroomsnelheden in de bronbeken en afwateringsgeulen op dit moment al te laag zijn om deze te rekenen tot het type snelstromende beken (dit geldt alleen voor de Noor zelf), is het de verwachting dat een verlaging van de stroomsnelheid niet tot grote ecologische effecten leidt, omdat sterk stromingsminnende organismen (rheobiont, zoals de kokerjuffer *Rhyacophila*) niet in deze wateren aangetroffen worden. De stroming zal overigens niet volledig verdwijnen, de stroomsnelheid wordt alleen gedempter en gelijkmatiger, waarschijnlijk vergelijkbaar met de situatie in bijvoorbeeld C1 en C9 die bij het maaiveld liggen. De bronbeken en afwateringsgeulen krijgen meer een bronkarakter dan een beekkarakter, wat beter past bij de natuurlijke situatie in het dal van de Noor. Dit betekent maximaal een teruggang van circa 25 cm/s naar circa 5 cm/s. Mogelijk blijft de stroomsnelheid overigens hoger door een vergroting van de afvoer wanneer een hogere drainagebasis gerealiseerd kan worden. Binnen het waargenomen bereik is een verlaging van de stroomsnelheid niet schadelijk voor soorten van bronbeken, deze zijn waarschijnlijk juist gebaat bij het

---

regelmatiger en minder gepiekt worden van de afvoer (Verdonschot, 2000). Ten slotte zorgen kleinschalige veranderingen in het verhang en structuren zoals wortels en takken op microschaal voor stromingsvariatie, waarbinnen soorten met een voorkeur voor meer of minder stroming de optimale plekken opzoeken. Het faciliteren van het ontstaan van deze structuurvariatie, waarvoor in paragraaf 4.2 handvatten zijn aangedragen, is daarom belangrijk.

## 4.4 Toewerken naar systeemherstel?

Locatie C9 geeft een goede indruk van de situatie na het ophogen van de beekbodem, waarbij het uitgetreden grondwater diffuus over het maaiveld afstroomt via verschillende ondiepe loopjes (helocreen; Figuur 1.2b). Via de beoogde bodemophogingen op verschillende plekken in de Noorbeemden is de verwachting dat deze situatie zich op veel meer plaatsen zal gaan voordoen, wat leidt tot herstel van een groot oppervlak aan graduele land-waterovergangen zoals deze in het verleden ook in het dal aanwezig moeten zijn geweest. Het is de verwachting dat hiervan zowel de aquatische macrofauna profiteert, door een toename van beschikbaar habitat, als de terrestrische natuur, via een verbetering van de omstandigheden voor vochtige alluviale bossen (bronbos *Carici remotae-Fraxinetum*).

De steeds diepere insnijding van de Noor belemmert echter volledig herstel van het systeem-functioneren van de Noorbeemden, omdat de drainerende werking hiervan blijft doorwerken op de bronbeken waardoor op termijn de watervoerendheid steeds verder wordt verminderd (De Mars et al., 2021). Er zijn in de Noor de afgelopen jaren verschillende maatregelen genomen om de piekafvoeren te reduceren en de waterkwaliteit te verbeteren via het saneren van rioolwateroverstorten, de aanleg van een bergbezinkbassin en regenwaterbuffers. Ook wordt door middel van het inbrengen van hout geprobeerd de beekbodem te beschermen tegen verdere insnijding en eventueel ophoging met sediment te bewerkstelligen. Tot nu toe is er echter nog steeds sprake van insnijding. Prioriteit is dan ook te voorkomen dat de Noor zich nog verder insnijdt, wat mogelijk kan worden bewerkstelligd door de bodem te beschermen tegen erosie door bijvoorbeeld een toplaag met stenen en daaronder grind aan te brengen (zie paragraaf 4.2.3).

Om een meer geleidelijke natuurlijke hydrologische overgang tussen de Noor en de Noorbeemden te creëren met het grondwater tot vlak onder maaiveld over de hele gradiënt zou het structureel ophogen van de beekbodem van de Noor een oplossingsrichting zijn. Los van de uitdagingen bij de technische uitvoerbaarheid (gezien de diepe insnijding van de Noor) is dit een maatregel die niet in isolatie kan worden uitgevoerd. Het is namelijk alleen een duurzame oplossing als parallel aan het verhogen van de beekbodem ook de maatregelen in het afwateringsgebied worden geïntensiveerd. Dit heeft als doel de frequentie en omvang van piekafvoeren te minimaliseren en daarmee nieuwe erosie in de bedding van de Noor tegen te gaan. Hiervoor moet worden ingezet op het saneren van de rioolwateroverstort bij Noorbeek en het verder terugdringen van de oppervlakkige afspoeling vanuit de omgeving.

---

## 5 Conclusies

**Op basis van het onderzoek kan worden geconcludeerd dat het risico op het verlies van macrofaunapopulaties door het ophogen van de beekbodem in de bronbeken van de Noorbeemden minimaal is.**

De beoogde aanpak zorgt ervoor dat er voldoende kolonisatiepotentieel in het gebied aanwezig blijft in de directe omgeving, zowel vanuit bovenstrooms gelegen, niet aangepakte delen van de opgehoogde bronbeken als de in zijn geheel niet aangepakte parallel gelegen bronbeken.

Kenmerkende bronmacrofauna wordt zowel in de bronbeken waarin beekbodemverhoging is beoogd als in de bronbeken waar geen ingrepen worden uitgevoerd, aangetroffen. De aantallen taxa aangetroffen in de groepen beken met en zonder geplande ophoging beken bleken vergelijkbaar. Echter, de groep bronbeken waar geen maatregelen zijn beoogd, bleken aanzienlijk meer unieke kenmerkende taxa te bevatten.

Daarnaast is de afstand tussen de beoogde op te hogen bronbeken en de niet aangepakte trajecten klein, enkele tientallen tot honderden meters. Dit is makkelijk overbrugbaar voor aquatische insecten met een vliegend volwassen stadium en voor de andere taxa via verbindingen met andere bronbeken. De inschatting is dat kolonisatie van de opgehoogde beken hierdoor snel kan verlopen.

Aanvullend vergroot de beoogde toepassing van beekbodemtransplantaties de directe overlevingskansen van de macrofauna verder, zowel direct als indirect, via het geven van een impuls aan de ontwikkeling van de habitatheterogeniteit van de beekbodem.

Ten slotte worden bronbeken met veel kalktufafzetting, waar veel kenmerkende bronsoorten zijn gevonden, niet opgehoogd.

**Kern van de aanpak voor de macrofauna is in de beek het behoud van habitatheterogeniteit door de wisselwerking tussen continue stroming, in combinatie met een beddingsubstraat dat uit verschillende substraattypen bestaat. De manier waarop de ophoging wordt uitgevoerd, is hierbij sturend. Daarnaast is de ontwikkeling van graduele land-waterovergangen tussen beek en bos van groot belang, wat voor een groter habitatareaal zorgt voor macrofauna die specifiek in deze semi-terrestrische milieus voorkomt. Deze ontwikkeling wordt met de beoogde maatregelen geïnitieerd.**

Bij de bodemophoging moet het uitgangspunt zijn om lokaal materiaal te gebruiken met dezelfde korrelgrootteverdeling als nu in de beek aanwezig is, de bodembovenlaag met een heterogene samenstelling van löss, zand, grind en vuursteen. De beoogde beekbodemtransplantatie helpt mee de oorspronkelijke diversiteit aan materialen te behouden en langzaam vormende structuren zoals kalktufafzettingen te behouden.

In de overgangszone naar de diep ingesneden Noor is dit waarschijnlijk onvoldoende om beddingerosie te weerstaan. Hiervoor zijn aanvullende maatregelen nodig. De voorgestelde inzet van stammen als drempels is voor macrofauna geschikt, omdat dit geen sterke barrièrewerking geeft en zelfs als habitat kan dienen.

### **Systeemherstel is nodig**

Een vergelijking tussen de monsters genomen door waterschap Limburg in twee bronbeken en de monsters genomen in dit onderzoek op verschillende momenten in de tijd geeft aanwijzingen voor een achteruitgang van de macrofauna in de Noorbeemden die gerelateerd kan worden aan degradatie van het bronmilieu door de insnijdingen via verdroging. Niks doen betekent daarmee een risico op verdere degradatie. Via de beoogde bodemophogingen in de Noorbeemden is het de verwachting dat het areaal helocene bronnen, waarbij water diffuus over het maaiveld afstroomt via verschillende ondiepe loopjes, sterk zal toenemen. Het

---

is de verwachting dat hiervan zowel de aquatische macrofauna profiteert door een toename van beschikbaar habitat als de terrestrische natuur, via een verbetering van de omstandigheden voor vochtige alluviale bossen (bronbos *Carici remotae-Fraxinetum*).

Het steeds verder insnijden van de Noor belemmert echter volledig herstel van het systeem-functioneren van de Noorbeemden, omdat de drainerende werking hiervan blijft doorwerken op de bronbeken waardoor op termijn de watervoerendheid wordt verminderd, ondanks de voorgenomen maatregelen (De Mars et al., 2021). Een systeemaanpak is daarom nodig, waarbij in ieder geval het stoppen van de insnijding en eventueel het ophogen van de beekbodem van de Noor een oplossingsrichting zou zijn, ten minste wanneer dit gecombineerd wordt met het reduceren van de piekafvoeren in de beek middels het verder verminderen van oppervlakkige afspoeling en het saneren van overstorten.



---

# Literatuur

- Clinton, S.M., Hartman, J., Macneale, K.H., Roy, A.H. (2022) Stream macroinvertebrate reintroductions: A cautionary approach for restored urban streams. *Freshwater Science* 41: 507-520.
- 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.
- Provincie Limburg (2002) Handboek streefbeeld en natuur en water in Limburg. Natuurbalans-Limes Divergens, Nijmegen.
- Sundermann, A., Stoll, S., Haase, P. (2011) River restoration success depends on the species pool of the immediate surroundings. *Ecological Applications* 21:1962-1971.
- Tonkin, J.D., Stoll, S., Sundermann, A., Haase, P. (2014) Dispersal distance and the pool of taxa, but not barriers, determine the colonisation of restored river reaches by benthic invertebrates. *Freshwater Biology* 59: 1843-1855.
- Van der Molen, D.T., Pot, R., Evers, C.H.M., van Herpen, F.C.J., van Nieuwerburgh, L.L.J. (2018) Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027. STOWA rapportnummer 2018-49, Amersfoort.
- Van der Molen, D.T., Pot, R., Evers, C.H.M., Buskens, R., van Herpen, F.C.J. (2013) Referenties en maatlatten voor overige wateren (Geen KRW-waterlichamen). STOWA rapportnummer 2013-14, Amersfoort.
- Van Dongen, R., Verdonschot, P. (2014) Advies 'Herstel Leuvenumse beek'. Advies OBN-06-BE, Driebergen.
- Verberk, W.C.E.P., Verdonschot, P.F.M., Van Haaren, T., Van Maanen, B. (2012) Milieu- en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwatermacrofauna. Stowa rapport 2012-19, Stowa, Amersfoort.
- Verdonschot, R.C.M., Eysink, A.T.W. (2022) Advies herstel Bemersbeek. Rapport nummer OBN-2022-31-BE, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.
- 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. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Verdonschot, P.F.M. (2000) Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 1, Bronnen. Achtergronddocument bij het handboek Natuurdoeltypen in Nederland. Rapport EC-LNV nr. AS-01. Expertisecentrum LNV, Wageningen.



---

## Bijlage 1 Meetpunten in beeld



*Locatie C1*



*Locatie C2*



*Locatie C3*



*Locatie C4*





*Locatie C5*



*Locatie C6*



*Locatie C7*



*Locatie C8*





*Locatie I1*



*Locatie I2*



*Locatie I3*



*Locatie I4*





*Locatie I5*



*Locatie I6*



*Locatie I7*



*Locatie I8*





*Locatie I9*



*Locatie I10*



*Locatie C9*



*Locatie N1*





*Locatie N2*



*Locatie N3*

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3266  
ISSN 1566-7197



---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---



To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3266  
ISSN 1566-7197

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

