

Keylinks: Ecologische processen in sloten en beken



## Keylinks: Ecologische processen in sloten en beken

II De relatie tussen afvoerdynamiek, temperatuur en de populatiegroei van  
*Agapetus fuscipes*

R.C. Nijboer,  
M.W. Van den Hoorn,  
Tj.H. Van den Hoek,  
R. Wiggers,  
P.F.M. Verdonschot

Alterra-rapport 1069

Alterra, Wageningen, 2005

## REFERAAT

Nijboer, R.C., M.W. Van den Hoorn, Tj.H. Van den Hoek, R. Wiggers & P.F.M. Verdonschot, 2005. *Keylink: Ecologische processen in sloten en beken; II De relatie tussen afvoerdynamiek, temperatuur en de populatiegroei van Agapetus fuscipes*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1069. 175 blz.; 103 fig.; 32 tab.; 32 ref.

In dit onderzoek zijn de effecten van de sleutelfactoren afvoer, temperatuur en habitat op de populatiedichtheid en groei van de kokerjuffer *Agapetus fuscipes* onderzocht. Deze soort is een goede indicator voor relatief stabiele hydrologische omstandigheden in beken. De resultaten hebben laten zien dat hoge afvoerpieken een sterke daling van de populatiedichtheid van deze soort als gevolg hebben. Ook het habitat verandert sterk. Het habitat kan zich echter snel herstellen als de stroomsnelheid hoog is. De populatie herstelt zich echter pas een jaar later als een nieuwe generatie zich ontwikkelt. Als ieder jaar hoge afvoerpieken optreden zal de populatie op den duur verdwijnen. De watertemperatuur in de beken blijkt invloed te hebben op de groei en ontwikkeling. Bij hogere temperaturen verpoppen de dieren zich eerder in het seizoen. Dit kan van belang zijn, omdat het effect van afvoerpieken het grootste is als er veel immobiele poppen aanwezig zijn. De periode waarin een afvoerpiek optreedt is daarom bepalend voor het effect op de populatie. Tijdens een afvoerpiek treedt een kortstondige stijging van de watertemperatuur op. Dit heeft op *A. fuscipes* waarschijnlijk geen effect maar voor koud-stenotherme soorten kan dit desastreus zijn. Het beheer van beken moet zich richten op het voorkomen van grote afvoerpieken (meer dan acht keer de basisafvoer).

Trefwoorden: afvoer, hydrologie, beek, *Agapetus fuscipes*, zeldzame soorten, watertemperatuur, substraat, dynamiek

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 30,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1069. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

# Inhoud

Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	13
1.1 Hydrologische verstoring van aquatische systemen	13
1.2 Sleutelfactoren	13
1.3 Functioneren van ecosystemen	14
1.4 Doelstelling	15
1.5 Leeswijzer	16
2 Biologie en autecologie van <i>Agapetus fuscipes</i>	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Larvale groei	17
2.3 Poppen en adulten	19
2.4 Eieren	20
2.5 Het huisje	21
2.6 Voeding	23
2.7 Habitat en milieuomstandigheden	25
2.8 Drift en stroomopwaartse migratie	27
2.9 Aanpassing aan afvoerdynamiek	28
2.10 Dispersie	29
2.11 Conclusies	30
3 <i>Agapetus fuscipes</i> in Nederland: inventarisatie	33
3.1 Vroegere vindplaatsen	33
3.2 Huidige vindplaatsen	33
3.3 Karakterisering van het <i>Agapetus fuscipes</i> habitat	35
3.4 Het voorkomen in relatie tot de sleutelfactoren	36
3.5 Keuze veldwerklocaties	37
4 Materiaal & methoden	39
4.1 Bemonsteringsschema	39
4.2 Beschrijving van de locaties	39
4.3 Dataloggers	44
4.4 Kartering en bemonstering van de grindbedden	45
4.5 Dwarsprofiel en verval metingen	47
4.6 Chemische samenstelling van het water	48
4.7 Bemonstering van de grindbedden	48
4.8 Korrelgrootteanalyse	49
4.9 Complete macrofaunabemonstering	49
4.10 Bepaling van de ecologische kwaliteit	50
4.11 Digitalisering van de substraatpatronen	50
4.12 Berekening van de afvoer	50

4.13	Verwerking van de berekende afvoeren	53
4.14	Verwerking van de continue geregistreerde temperatuur	53
4.15	Groei-experiment	54
4.16	Experiment emergentie in relatie tot waterdiepte	56
5	Resultaten	59
5.1	Kwaliteit van de beken	59
5.1.1	Chemische samenstelling	59
5.1.2	Ecologische kwaliteit	61
5.2	Afvoer – habitatstabiliteit - populatiedichtheid	65
5.2.1	Afvoercharacteristieken	65
5.2.2	Substraatpatronen	76
5.2.3	Populatiedichtheid	91
5.3	Habitat in relatie tot de populatiedichtheid	98
5.3.1	Korrelgrootte	98
5.3.2	Populatiedichtheid per substraattipe	98
5.3.3	Substraatdynamiek	99
5.3.4	Dynamiek van het substraat in relatie tot <i>A. fuscipes</i>	107
5.3.5	Stroming	107
5.3.6	Diepte	108
5.3.7	Emergentie experiment	109
5.4	Temperatuur en groei	113
5.4.1	Watertemperatuur in de beken	113
5.4.2	Kopbreedtes	119
5.4.3	Groei bij verschillende temperaturen	120
5.5	Concurrerende soorten	123
6	Discussie	125
6.1	Waterkwaliteit en ecologische kwaliteit	125
6.2	De relatie tussen voorkomen, afvoer en grindbedstabiliteit	126
6.3	Substraatpreferentie van <i>A. fuscipes</i>	127
6.4	De relatie tussen groei en temperatuur	128
6.5	Temperatuurpieken	129
6.6	Biotische interacties	130
6.7	Problemen bij het onderzoek	130
6.7.1	Meetperiode	130
6.7.2	Afvoermetingen en -berekeningen	131
6.7.3	Gridcellen benadering	132
6.7.4	Bemonstering	133
6.8	Toepassingen in het waterbeheer	133
6.8.1	Normering	133
6.8.2	Beekherstel	134
	Referenties	137

## ***Bijlagen***

1	Locaties waar <i>Agapetus fuscipes</i> is aangetroffen	139
2	Potentiële locaties voor <i>Agapetus fuscipes</i>	143
3	Beschrijving van bezochte beken	145
4	Veldwerk protocol	153
5	Veldformulier	159
6	Berekende parameters en formules voor afvoerberekeningen	163
7	Chemische samenstelling van het beekwater	165
8	Macrofauna soortensamenstelling	167
9	Overige macrofauna taxa	171
10	Gemiddelde kopbreedte per beek	173
11	Resultaten temperatuursexperiment	175





## Woord vooraf

Dit rapport beschrijft de resultaten van het onderzoek uitgevoerd binnen het project 'Keylinks'. Keylinks is een Strategisch Expertise Ontwikkelingsproject van Alterra. Het project is uitgevoerd van 2001 tot en met 2004. In Keylinks zijn causale verbanden tussen soorten en sleutelfactoren in sloot- en beekecosystemen onderzocht. Sleutelfactoren zijn factoren die een directe invloed hebben op de overleving van de populatie van een soort, bijvoorbeeld het zuurstofgehalte. De sleutelfactoren worden beïnvloed door de milieu-omstandigheden in een oppervlaktewater. Menselijke verstoring, zoals eutrofiëring of hydromorfologische aantasting, kan de waarden van sleutelfactoren veranderen, waardoor sommige soorten verdwijnen en andere verschijnen. Dit heeft invloed op biotische interacties en op het functioneren van het ecosysteem als geheel.

Het uiteindelijke doel van het vergaren van kennis over relaties tussen sleutelfactoren en soorten is het verbeteren van monitoringsprogramma's, beoordelingssystemen, graadmeters en voorspellingstechnieken en het optimaliseren van normering en herstel van sloten en beken.

In de eerste fase van het project is literatuuronderzoek uitgevoerd om de sleutelfactoren nader te omschrijven en om een beeld te krijgen van mogelijke aanpassingen van soorten aan extreme waarden van deze factoren (Nijboer, 2004). Tevens zijn ideeën ontwikkeld voor de volgende fase van het onderzoek.

Het onderzoek dat is beschreven in dit rapport betreft veldmonitoring en laboratoriumexperimenten naar de relatie tussen de sleutelfactoren temperatuur, afvoerdynamiek, habitat en de populatiegrootte en groei van de kokerjuffer *Agapetus fuscipes*.

Een aantal mensen heeft aan dit project meegewerkt. We willen hun bedanken voor hun inzet. Ralf Verdonschot, Dorien Dekkers, Marie-Claire Boerwinkel, Ruud van Kats, Matthijs Bassie, Jennie van Iwaarden, Jasper Wijkamp en Dimitri Huntink hebben geholpen met het veldwerk en het tellen en opmeten van de kopbreedte van de kokerjuffers. Theo Jacobs, Rini Schuiling en Co Onderstal hebben de substraatpatronen gedigitaliseerd en bewerkt. Staatsbosbeheer, Stichting Geldersch Landschap en enkele particuliere eigenaren hebben het mogelijk gemaakt om veldwerk uit te voeren op hun terrein.



## Samenvatting

In dit onderzoek zijn de effecten van de sleutelfactoren afvoer, temperatuur en habitat op de populatiedichtheid en groei van de kokerjuffer *Agapetus fuscipes* onderzocht. Deze soort is een goede indicator voor relatief stabiele hydrologische omstandigheden in beken. *A. fuscipes* is een belangrijke soort in Nederlandse stromende wateren maar is in de laatste decennia in verspreiding afgenomen. De soort komt alleen voor in natuurlijke, stromende wateren met grindbedden. *A. fuscipes* is een insect (schietsmot) met meerdere levensstadia, waarvan het ei-, larve en popstadium in het water worden doorgebracht. Er zijn veel beken die geschikt lijken voor *A. fuscipes*, maar waar de soort niet voorkomt. De redenen hiervoor zijn niet duidelijk maar liggen waarschijnlijk in een te dynamische afvoer. De doelstelling van dit onderzoek was antwoord te geven op de volgende vragen:

- Hebben beken met verschillende afvoerpatronen een verschillende soortensamenstelling?
- Hebben afvoerpieken een directe invloed op de populatiedichtheid van *A. fuscipes*?
- Hebben afvoerpieken (langdurige) veranderingen in substraatpatronen tot gevolg?
- Wat is de relatie tussen substraatpatronen in een beek en de populatiedichtheid van *A. fuscipes*?
- Wat is de relatie tussen de temperatuur van een beek en de groei van *A. fuscipes*?
- Verandert de watertemperatuur tijdens een afvoerpiek?

Het grootste deel van het onderzoek is uitgevoerd in zes bovenloopjes waarin geen (Oude beek (slechte tak) en Platsbeek), een kleine (Strabekervloedgraaf en Oude beek (goede tak)) of een grote populatie (Seelbeek en Bunderbosbeek) *A. fuscipes* aanwezig was. Aanvullend zijn enkele laboratoriumexperimenten uitgevoerd om de relatie tussen temperatuur en groei en het uitvliegen bij verschillende diepten te kunnen bestuderen.

De complete soortensamenstelling is niet goed te relateren aan de afvoerdynamiek. Andere factoren spelen ook een belangrijke rol, zoals de aanwezigheid van vijvers, de waterkwaliteit en het substraat. Over het algemeen is de ecologische kwaliteit van de onderzochte beken hoog. Er komen veel zeldzame soorten voor. Alleen de Platsbeek heeft een sterk afwijkende soortensamenstelling die duidt op incidentele organische belasting.

In de zomer van 2002 zijn hoge afvoerpieken opgetreden, vooral in de Limburgse beken. Afvoerpieken waarbij de basisafvoer meer dan 8 keer overschreden wordt, kunnen een directe invloed uitoefenen op de populatiedichtheid, vooral als ze in de zomer plaatsvinden. In beken waarin regelmatig hoge afvoerpieken optreden is de populatiedichtheid van *A. fuscipes* kleiner dan in hydrologisch stabielere beken. In het tweede meetjaar was de afvoer stabiel in alle beken en zijn de populaties weer sterk gegroeid na de zomer.

Afvoerpieken hebben een sterk effect op de aanwezige grindbedden, die hierdoor vooral bedekt worden met zand. De snelheid waarmee herstel van de grindbedden optreedt, hangt af van de veranderingen die zijn opgetreden in het lengte- en dwarsprofiel van de beek en de stroomsnelheid in het traject. Als de stroomsnelheid hoog is, wordt het zand snel weer weggespoeld. Maar ook als het habitat zich snel herstelde bleef de populatiedichtheid van *A. fuscipes* laag. Dit betekent dat herkolonisatie vanuit eventuele schuilplaatsen of nog intacte habitats niet heeft plaatsgevonden. Herstel trad pas een zomer later, bij de nieuwe generatie op.

*A. fuscipes* komt alleen voor in beken met grindbedden. In de onderzochte beken is de soort behalve op kaal grind ook gevonden op grind dat bedekt was met een dun laagje ander substraat (zand, detritus of slib) en zelfs af en toe in het detritus. De soort is niet gevonden onder dikke lagen substraat of in het zand. De soort is vrij mobiel en niet gebonden aan plekken waar continu grind aanwezig is. Ook op dynamische plekken (die over de meetperiode regelmatig van substraat zijn veranderd) zijn veel exemplaren gevonden. Als pop lijkt de soort zich te aggregeren op stenen die zich vlak onder het wateroppervlak bevinden. Een laboratoriumexperiment heeft echter niet kunnen aantonen dat er een hoger emergentiesucces is als de poppen zich dichterbij het wateroppervlak bevinden. Ook de dieren op grotere diepte konden nog uitvliegen.

De watertemperatuur in een beek blijkt een effect te hebben op de groei en ontwikkeling van *A. fuscipes*. Dit is zowel in het veld als in een laboratoriumexperiment gebleken. In de beken waarin de temperatuur in het voorjaar, de zomer en de herfst hoger is, groeien de dieren sneller. Ze worden groter en verpoppen zich eerder. Hierdoor komen ook de larven van de nieuwe generatie eerder uit het ei. Deze kunnen aan het einde van de zomer al snel groeien en bouwen zo een voorsprong op ten opzichte van larven in andere beken.

Tijdens afvoerpieken kan ook de temperatuur sterk stijgen. Dit is echter een tijdelijk fenomeen. Zodra de afvoerpiek voorbij is, daalt de temperatuur weer. Op *A. fuscipes* heeft een temperatuurverhoging waarschijnlijk geen effect. De soort kan ook bij relatief hoge zomertemperaturen voorkomen. Het is niet duidelijk wat het effect van deze 'temperatuurschok' is op de andere soorten in de beken. Vooral in beken waarin de temperatuur laag en constant is, zoals in de Platsbeek, waar koud-stenotherme soorten voorkomen, kunnen dergelijke afvoerpieken door de temperatuurstijging desastreus zijn.

Het beheer en herstel van beeksystemen moet zich richten op het herstellen van de regionale hydrologie en waterstromen. Een natuurlijk infiltratiesysteem kan het optreden van hoge afvoerpieken voorkomen, doordat er sprake is van grondwaterberging. Versnelde afvoer van oppervlakkig water naar de beek moet voorkomen worden.

# 1 Inleiding

## 1.1 Hydrologische verstoring van aquatische systemen

De natuur in veel sloten en beken in Nederland is in de afgelopen eeuw sterk achteruitgegaan. Dit is voornamelijk het gevolg van grootschalige intensieve landbouw. Landbouw heeft er voor gezorgd dat de hydrologie in veel gebieden veranderd is door normalisatie en kanalisatie van beken en een omgekeerd peilregime in de sloten (in de zomer hoger dan natuurlijk, in de winter lager dan natuurlijk). In landbouwgebieden wordt een snelle afvoer van het water gerealiseerd door drainage. De grondwaterberging is verkleind waardoor de aanvoer van grondwater naar beken en sloten is afgenomen. Dit kan in droge perioden leiden tot verdroging en in natte perioden tot afvoerpieken.

De effecten van verstoring komen bij verschillende organismengroepen tot uiting. Het is echter niet duidelijk welke factoren er precies voor zorgen dat soorten verdwijnen en dat andere soorten in aantal toenemen. Macrofauna wordt als groep vaak door waterbeheerders gebruikt voor de beoordeling van de Nederlandse oppervlaktewateren. Veel macrofauna-onderzoeken die in Nederland zijn uitgevoerd, zijn tot nu toe van beschrijvende aard geweest. Bestaande gegevens hebben het echter niet mogelijk gemaakt om causale verbanden tussen milieuvariabelen en soorten eenduidig te achterhalen (Nijboer et al., 2003, Verdonschot & Nijboer, 2004).

## 1.2 Sleutelfactoren

Verstoringsfactoren hebben vaak niet een directe invloed op organismen maar ze veranderen de milieu-omstandigheden en daarmee andere factoren waaronder de sleutelfactoren. Sleutelfactoren zijn factoren die een directe invloed op het functioneren van soorten uitoefenen. Vaak zijn effecten van verstoring te herleiden tot verandering in één of enkele sleutelfactoren die voor de overleving van macrofaunasoorten van belang zijn. Dit zijn waarschijnlijk de factoren: zuurgraad, zoutgehalte, zuurstofgehalte, temperatuur, waterbeweging, voedsel, toxische stoffen, habitat en droogval.

Soorten zijn aangepast aan hun leefomgeving en daarmee aan de ranges van de sleutelfactoren in een oppervlaktewater. Soorten kunnen zich op verschillende manieren aan hun milieu aangepast hebben: morfologisch, fysiologisch, gedragsmatig of via aanpassingen in de levenscyclus. Niet alleen de methode van aanpassing maar ook de flexibiliteit van een soort kan belangrijk zijn, vooral in van nature dynamische systemen of bij plotselinge veranderingen in het milieu door menselijke activiteiten. Aanpassingen en flexibiliteit kunnen ook nadelig zijn doordat dit energie kost die anders gebruikt zou worden voor groei en reproductie. Dit betekent dat een soort op den duur toch kan verdwijnen ook al lijkt deze in eerste instantie bestand te zijn

tegen een bepaalde verstoring. Deze 'trade-off' is belangrijk in onderzoek waarin relaties tussen het voorkomen van soorten en verschillende typen verstoring worden bestudeerd.

Waarschijnlijk zijn alle aantastingen van aquatische ecosystemen via veranderende ecologische processen te herleiden tot veranderingen in één of meer van de sleutelfactoren. In veel onderzoeken komen deze sleutelfactoren echter niet (voldoende) tot uiting, doordat ze niet of niet op de juiste manier gemeten worden of doordat ze gemaskeerd worden door andere gecorreleerde variabelen. Naast de sleutelfactoren spelen biotische interacties een belangrijke rol. Deze interacties hebben hun effect op soorten via de sleutelfactoren.

### **1.3 Functioneren van ecosystemen**

Als de abiotische toestand van een ecosysteem verandert, bijvoorbeeld door menselijke ingrepen, leidt dit tot een verstoring van de ecologische processen. Veranderingen in ecologische processen zijn te herleiden tot veranderingen in sleutelfactoren, die direct macrofaunasoorten of interacties tussen soorten beïnvloeden. De meest gevoelige soorten zullen als eerste in aantal achteruitgaan of geheel verdwijnen. Dit hoeft echter nog geen groot effect op het hele ecosysteem te hebben. Het kan zo zijn dat de rol van de soort door een andere wordt overgenomen, doordat deze in aantal toeneemt. Als de rol van de soort die achteruitgaat, wordt overgenomen door een soort met dezelfde functie en vergelijkbare biotische interacties kan het effect alleen meetbaar zijn in verschuivingen in aantallen van deze soorten. Valt er echter een gat in het systeem, doordat de functie en de relaties van een soort die wegvalt niet wordt overgenomen dan kan het effect groot zijn. Als een soort een belangrijke functie heeft en deze soort verdwijnt, dan kan dat tot resultaat hebben dat het hele ecosysteem niet meer functioneert, waardoor ook andere soorten verdwijnen. In dat geval raakt het systeem uit balans en veranderen indirect andere factoren. Dit kan het geval zijn als de soort een grote rol in het systeem vervult, bijvoorbeeld in het voedselweb, doordat deze soort in grote aantallen als prooidier aanwezig is of de soort aan de top van de voedselketen staat. Doordat het netwerk van biotische interacties ineens stort, zullen ook veel veranderingen in de samenstelling van de levensgemeenschap optreden.

Grote veranderingen kunnen ook optreden door een massale toename van een soort die voordeel ondervindt van een veranderende sleutelfactor. Dit is vaak een soort met een andere functie dan de oorspronkelijke soorten of een ubiquistische soort die meerdere plekken in het systeem kan innemen. De functie van de nieuwe soort is beter aangepast aan de veranderde milieu-omstandigheden. Het gebeurt vaak dat specialistische soorten verdwijnen en meer algemene soorten die in grote aantallen voorkomen hiervoor terugkeren. Als dit niet gepaard gaat met een terugkoppelingsmechanisme (bijvoorbeeld toename van een predator die de massaal groeiende soort weer doet afnemen) kan dit leiden tot grote veranderingen in biotische interacties en in het functioneren van het ecosysteem.

## 1.4 Doelstelling

Binnen het concept over de relaties tussen verstoringsfactor, sleutelfactoren, soorten, biotische interacties en ecosysteem functioneren is onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen verstoring in de afvoerpatronen en het voorkomen van de indicatorsoort *Agapetus fuscipes*. Afvoerpieken zijn één van de belangrijkste verstoringen in beeksystemen. Door versnelde afvoer kunnen korte maar zeer hevige pieken optreden. Hierdoor kunnen de milieumomstandigheden tijdelijk of langdurig veranderen. Tijdelijk is er veel water- en substraatbeweging en kunnen dieren door de stroom meegesleurd worden. De temperatuur van het water kan ineens anders zijn en er kan een effect zijn op chemische samenstelling. Langdurigere effecten uiten zich in een verandering van de substraatpatronen. Grind kan bijvoorbeeld bedekt raken met zand. Zowel de directe veranderingen als de lange termijn veranderingen kunnen effecten hebben op soorten. In dit onderzoek zijn de effecten op de populatiedichtheid en groei van *A. fuscipes* onderzocht. Deze soort is een goede indicatorsoort voor relatief stabiele hydrologische omstandigheden. *Agapetus fuscipes* is een belangrijke soort in Nederlandse stromende wateren maar is in de laatste decennia in verspreiding afgenomen. De soort komt alleen voor in natuurlijke, stromende wateren met grindbedden. *Agapetus fuscipes* is een insect (schietsmot) met meerdere levensstadia, waarvan het ei-, larve en popstadium in het water worden doorgebracht. Er zijn veel beken die geschikt lijken voor *Agapetus fuscipes*, maar waar de soort niet voorkomt. De redenen hiervoor zijn niet duidelijk maar liggen waarschijnlijk in een te dynamische afvoer. De doelstelling van dit onderzoek was antwoord te geven op de volgende vragen:

- Hebben afvoerpieken een directe invloed op de populatiedichtheid van *A. fuscipes*?
- Hebben beken met verschillende afvoerpatronen een verschillende soortensamenstelling?
- Hebben afvoerpieken (langdurige) veranderingen in substraatpatronen tot gevolg?
- Wat is de relatie tussen substraatpatronen in een beek en de populatiedichtheid van *A. fuscipes*?
- Verandert de watertemperatuur tijdens een afvoerpiek?
- Wat is de relatie tussen de temperatuur van een beek en de groei van *A. fuscipes*?

Het grootste deel van het onderzoek is uitgevoerd in bovenloopjes waarin geen, een kleine of een grote populatie *A. fuscipes* aanwezig was. Aanvullend zijn enkele laboratoriumexperimenten gedaan om specifieke vragen te kunnen beantwoorden. Behalve naar de indicatorsoort *A. fuscipes* is onderzocht hoe de complete soortensamenstelling in beken met verschillende afvoerpatronen eruit ziet. Om een begin te maken met onderzoek naar biotische interacties is uit de complete soortensamenstelling bepaald welke soorten concurrerend zouden kunnen zijn voor *A. fuscipes*.

Betere kennis van het functioneren van aquatische ecosystemen kan leiden tot beter inzicht in hoe een systeem hersteld kan worden. De keuze van geschikte beheersmaatregelen is gemakkelijker als onderliggende processen bekend zijn. Verder

zullen de resultaten gebruikt kunnen worden voor normering. Er zal een beter inzicht zijn in de draagkracht van aquatische ecosystemen met name voor afvoerpieken zodat gericht normen voor overschrijdingen van de basisafvoer gesteld kunnen worden.

## **1.5 Leeswijzer**

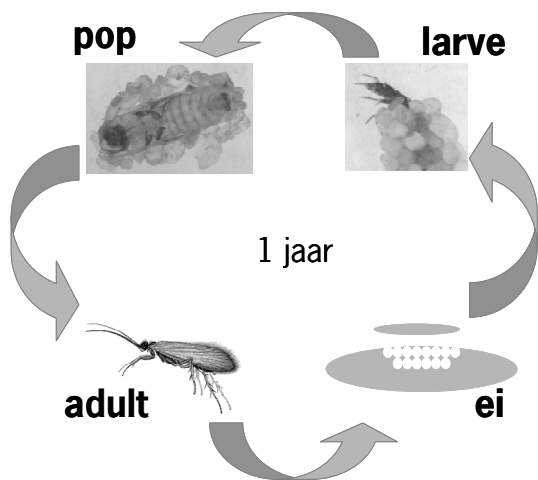
Als eerste is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de ecologische vereisten van de indicatorsoort *Agapetus fuscipes*. Hierbij is reeds bekende informatie verzameld. Dit heeft een beter inzicht opgeleverd over de levenscyclus van de soort en de kwetsbare momenten. Tevens zijn hierdoor duidelijk de kennishiaten aan het licht gebracht (hoofdstuk 2). Vervolgens is met behulp van bestaande gegevens en veldbezoeken bepaald waar in Nederland de soort voorkomt en in wat voor type beken de soort waargenomen kan worden. Dit is beschreven in hoofdstuk 3. Vervolgens is het onderzoek naar de relatie tussen deze soort en afvoerpatronen gestart. De methoden van het veld- en laboratoriumonderzoek zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de resultaten. In hoofdstuk 6 zijn de resultaten bediscussieerd en is beschreven wat de gevolgen zijn van de gevonden resultaten. In dit hoofdstuk is tevens de relatie gelegd met toepassingen in het waterbeheer.



## 2 Biologie en autecologie van *Agapetus fuscipes*

### 2.1 Inleiding

*Agapetus fuscipes* Curtis (Glossosomatidae) is een belangrijke soort in Nederlandse stromende wateren. De soort komt alleen voor in natuurlijk beken met grindbedden. Onder gunstige omstandigheden kan de soort hoge dichtheden bereiken. Becker (1990) heeft abundanties gevonden variërend tot 18770 larven /m<sup>2</sup> in de Breitenbach, een eerste orde bovenloop in Duitsland. In Nederland zijn veel beken die geschikt lijken voor deze soort, maar waar de soort niet is aangetroffen. De redenen hier voor zijn niet duidelijk. Om binnen het kader van herstelprojecten de ecologische toestand van beken te verbeteren, is het belangrijk om de voorwaarden te kennen waaronder de soort kan voorkomen. De relatie tussen de soort en de abiotische en biotische omstandigheden is hiervoor van belang. Daarnaast heeft *A. fuscipes* veel verschillende eisen omdat het drie belangrijke levensstadia kent. De larve leeft in het water op de bodem. Het dier verpopt zich eveneens in het water maar vaak vlak onder het wateroppervlak. Als adult vliegt het dier langs de beek. De adult keert terug naar het water om eipakketten af te zetten op stenen onder water (figuur 2.1). Gedurende al deze fasen zijn verschillende karakteristieken van de beek belangrijk voor de overleving.



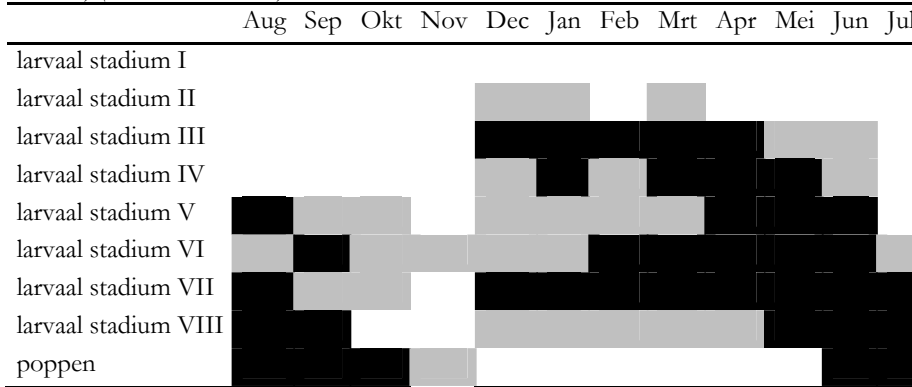
Figuur 2.1 Levenscyclus van *Agapetus fuscipes*.

### 2.2 Larvale groei

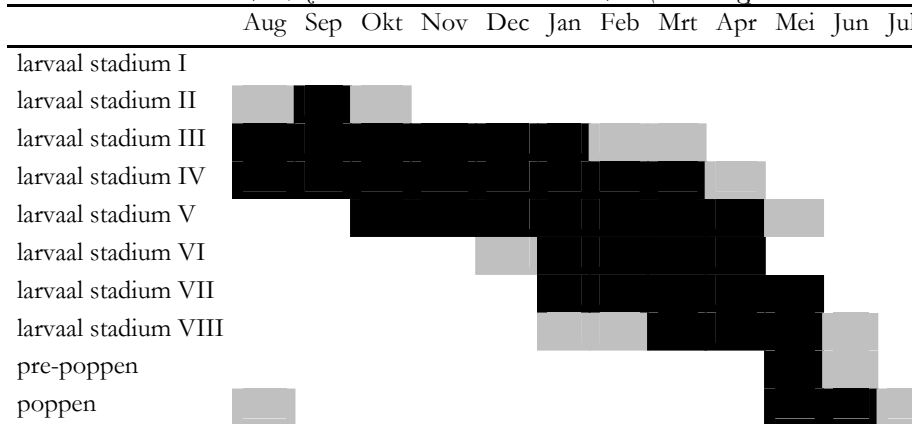
*A. fuscipes* is een univoltine soort (Whitehead, 1935; Illies, 1952; Dittmar, 1955; Mackereth, 1960; Thorup, 1963; Castro, 1975; Sangpradub et al., 1999; Iversen, 1976). Zeven larvale stadia werden door Sangpradub et al. (1999) geïdentificeerd. Dit is consistent met de bevindingen van Nielsen (1942) in Nederland. Castro (1975)

echter, heeft acht stadia in het laboratorium beschreven, maar kon het eerste stadium niet in het veld aantonen.

Tabel 2.1 Voorkomen van de larvale stadia en poppen gedurende een jaar (grijs = lage dichtheid, zwart = hoge dichtheid) (naar Iversen, 1976).



Tabel 2.2 Gemiddeld aantal individuen per larvaal stadium in maandelijkse monsters gedurende een jaar (grijs = minder dan 250 individuen/m<sup>2</sup>, zwart = meer dan 250 individuen/m<sup>2</sup>) (naar Sangpradub et al. 1999).



Iversen (1976) observeerde ook zeven stadia, met de breedte van de kopcapsules, vergelijkbaar met die gerapporteerd door Nielsen (1942). De zeven stadia van Iversen kwamen overeen met stadia II-VIII van Castro (1975) afgaand op de breedte van de kopcapsules. Iversen herkende twee, ten minste gedeeltelijk gescheiden cohorten (tabel 2.1). Eén cohort kwam uit het ei in juli, had een snelle groei gedurende 2-3 maanden en overwinterde als stadium VII. De individuen uit het andere cohorten kwamen uit het ei in november en overwinterden in stadium III of IV. Tweede stadium larven werden echter wel tot maart gevonden. De twee cohorten gingen in elkaar op in mei-juni en poppen werden gevonden van juni tot november. Aangezien Iversen de populatie maar gedurende 1 jaar heeft bestudeerd is het niet duidelijk of dit een jaarlijks terugkerend fenomeen is. Sangpradub et al. (1999) vonden maar één cohort (tabel 2.2). Deze auteurs vonden enkele tweede stadium larven gedurende de winter maar de meeste individuen overwinterden als stadium III of IV en ontwikkelden zich snel in het volgende voorjaar.

Thorup (1963) vond geen larven in september en slechts een paar larven in augustus. De eerste larven van de nieuwe generatie werden niet gezien voor november. Nielsen

(1942) liet zien dat de eerste larven van het eerste stadium veelvuldig voorkomen in oktober. Sangpradub et al. (1999) observeerden eerste stadium larven van augustus tot oktober. Deze auteurs vonden alleen tweede stadium larven gedurende de winter. De meeste individuen overwinterden als stadium III of IV en ontwikkelden zich snel in de daarop volgende lente.

Thorup (1963) suggereerde dat *A. fuscipes* een betrekkelijk lage initiële groeisnelheid heeft. De groeisnelheid neemt toe in de volgende lente. De groeisnelheid was al bestudeerd door Nielsen (1942) en hij verklaarde dat de soort een groeistop ondergaat in de wintermaanden, ondanks constante temperatuurcondities. Illies (1952) vond dat groei plaatsvindt in de periode van augustus tot juni-juli van het volgende jaar. De groei stopte half december en werd eind februari hervat. Thorup toonde een afgenomen groeisnelheid aan in de periode rond 1 december tot rond 7 februari (de minimum temperatuur was 4°C, het zomermaximum 11°C). Mackereth (1960) die een *A. fuscipes* populatie bestudeerde voor een periode van drie jaar, vond een gestage groei gedurende de winter van 1950-1951. Larven in de 1-2 mm grootteklasse werden door deze auteur niet meer gevonden na december. In het daaropvolgende seizoen werd echter geen of weinig groei gevonden in de wintermaanden en larven in de 1-2 mm grootteklasse werden gevonden tot april. De reden hiervoor was niet duidelijk. Temperatuurdata waren niet beschikbaar. Gedurende het eerste seizoen werden ook meer larven gevonden. Benedetto (1975) observeerde een winterslaap bij *A. fuscipes*.

Sangpradub et al. (1999) vonden een grote variatie in de grootte van stadium VII, hetgeen waarschijnlijk wordt veroorzaakt door morfologische verschillen tussen de seksen. Dit fenomeen is ook voor andere insectengroepen beschreven (Butler, 1984).

Kortom, larvale groei vindt vooral plaats direct na het uitkomen en in het volgende voorjaar. Maar de groeipatronen lijken flexibel en afhankelijk van de lokale omstandigheden, vooral de temperatuur. In de winter groeien de larven niet of heel langzaam. Dit wordt beïnvloed door licht en temperatuur. Afhankelijk van het cohort overwinteren larven in verschillende stadia.

### 2.3 Poppen en adulten

Prepoppen werden gevonden door Sangpradub et al. (1999) vanaf maart en de meeste larven hadden zich begin juni verpopt. Poppen werden door Thorup (1963) geobserveerd vanaf juni tot ver in oktober. In warme habitats kan de emergentieperiode al in februari starten zoals gevonden is in een beek in Zuid-Frankrijk waar de temperatuur gedurende een kwart van het jaar meer dan 15 °C bedroeg (Thibault, 1971). Dat de temperatuur de snelheid van de ontwikkeling van de poppen kan beïnvloeden is ook gevonden door Whitehead (1935) en Illies (1982).

De poppen bevinden zich vaak vlak bij de oever waar de stroomsnelheid lager is (Wagner, 1987) en meestal zijn ze te vinden op stenen die zich vlak onder het wateroppervlak bevinden. Een dalend waterniveau kan ertoe leiden dat poppen

boven water komen en uitdrogen (Nielsen, 1942). Een voordeel is echter dat de afstand die de uitkruipende poppen afdrijven slechts klein is (0.45-1.50 m). Ook kan een plek vlak onder het oppervlak gunstig zijn, omdat er relatief veel zuurstof aanwezig is.

Adulten zijn gevonden vanaf midden februari tot eind november (tabel 2.3). Ze vliegen vooral gedurende de dag (Crichton, 1974) en leven onder kruidige vegetatie op de beekoever (Nielsen, 1942). Adulten opgekweekt uit poppen in het laboratorium leefden slechts vier dagen. Paring vond de eerste dag plaats en het afzetten van de eieren één of twee dagen na het uitvliegen (Castro, 1975). Bij het zoeken van een partner en de paring wordt gebruik gemaakt van signalen door middel van trillingen (Ivanov & Rupprecht, 1992).

Samengevat, poppen zijn aanwezig van de lente tot in de herfst. Ze aggregeren op stenen vlak onder het wateroppervlak en/of bij de oever, waardoor er een risico is op uitdrogen bij verlaging van de waterstand maar minder risico bij het uitvliegen. Een volwassen vrouwtje heeft slechts korte tijd om te paren en eieren af te zetten. Gedurende deze periode moeten de omstandigheden in de omgeving van de beek geschikt zijn. De lange vliegperiode spreidt echter het risico van het afzetten van eieren. Adulten hebben vegetatie op de oever nodig.

Tabel 2.3 Vliegperiodes van *A. fuscipes*.

Referentie	Land	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Nielsen (1942)	Denemarken												
Thorup (1963)	Denemarken												
Schuhmacher & Schremmer (1970)	Duitsland												
Thibault (1971)	Frankrijk												
Anderson (1973)	Groot-Brittannië												
Castro (1975)	Duitsland												
Sode & Wiberg-Larsen (1993)	Denemarken												
Sangpradub et al. (1999)	Ierland												

## 2.4 Eieren

Andersen (1973) bestudeerde het ei-afzet gedrag van *A. fuscipes* in het veld, door het observeren van twee volwassen vrouwtjes die eieren afzetten op de bodem van een 20-25 cm diepe, langzaam stromende beek. De vrouwtjes bevonden zich in een soort luchtbel. Er zijn drie stappen:

1. De selectie van een klein steentje (deksteen) die vervolgens naar een grotere steen met een vlak oppervlak (basissteen) geslept wordt;
2. Het leggen van de eieren in een gelatineuze substantie op de grotere steen (6-10 mm diameter);
3. Het fixeren van de deksteen op het eipakket.

Vervolgens gaat het vrouwtje weer naar het oppervlak of legt een volgend eipakket. De vrouwtjes kunnen 15-20 minuten onder water blijven. Later heeft Fischer (1996) gevonden dat de vrouwtjes het water in duiken. Becker (1991) liet in het laboratorium zien dat vrouwtjes in staat zijn het aantal eieren dat ze leggen aan te passen aan de grootte van de deksteen (tot 3.15 mm diameter). De eieren waren altijd geheel bedekt door de deksteen, waardoor ze beschermd zijn tegen begrazing. Anderson (1973) nam een gemiddelde van 6 eipakketten per vrouwtje waar.

Eipakketten zijn tussen april en oktober gevonden in het veld (Anderson, 1973; Castro, 1975). Anderson vond alleen eieren in open water, bij een diepte van 5 tot 30 cm, op grind waar het periphyton bestaat uit diatomeeën of groenalgen. In juli was het aantal eipakketten het hoogste (11.2/30 cm<sup>2</sup>). Becker (1991) liet zien door bemonstering in het veld dat de dichtheid van eipakketten negatief gecorreleerd was met de stroomsnelheid en de waterdiepte. Eipakketten werden gevonden over het hele dwarsprofiel maar meer bij de oevers. Dit kan leiden tot uitdroging van de eieren bij afnemend waterniveau. Fischer (1998) beschreef dat eieren niet bestand zijn tegen uitdroging.

Eieren die verzameld waren in het veld in mei begonnen uit te komen na een maand terwijl eieren verzameld in het veld eind september 40 dagen nodig hadden om uit te komen (tabel 2.4, Castro, 1975). Dit betekent dat eieren van verschillende cohorten een verschillende ontwikkelingsperiode hebben. De ontwikkelingsperiode bleek ook afhankelijk te zijn van de watertemperatuur (47 dagen bij 7.5°C tot 25 dagen bij 12.5°C).

Kortom, eiafzetting vraagt om een aantal beekkenmerken: de aanwezigheid van basisstenen en dekstenen vlak bij elkaar, dus een heterogeen grindbed en een niet te hoge stroomsnelheid. Eieren worden vooral gevonden op ondiepe plaatsen die niet beschaduwd zijn en waar de stroomsnelheid laag is. Bij verlaging van de waterstand lopen de eieren het risico uit te drogen dus de waterstand moet redelijk constant zijn. De ontwikkelingsperiode van de eieren hangt af van de watertemperatuur. Door de lange periode waarin eieren worden afgezet, zijn de larven aan het begin van de winter ook van verschillende grootte.

*Tabel 2.4 Ontwikkelingsduur van de eieren uit verschillende cohorten (Castro 1975).*

datum waarop eieren zijn afgezet	25 mei	15 juni	16 juli	15 aug	15 sep	14 okt
ontwikkelingsduur (dagen)	37	30	28	26	34	44

## 2.5 Het huisje

Larven van de Glossosomatidae maken draagbare huisjes, hemisferisch van vorm. De huisjes zijn geheel gemaakt van kleine en grote zandkorrels (Cox & Wagner, 1989, Becker, 2001). Met de kop en poten door één van de twee openingen naar buiten gestoken beweegt de larve en graast deze voedsel van het substraat (Cox & Wagner, 1989). Beide openingen aan het ventrale oppervlak worden afwisselend gebruikt (Becker, 2001).

Becker (2001) vond een gemiddelde kokerlengte van  $7.2 \pm 0.5$  mm. De huisjes waren het breedst in het midden ( $4.2 \pm 0.2$  mm). Het drooggewicht van de huisjes bedroeg 53.5 mg. Het larvale drooggewicht van *A. fuscipes* bedroeg 1.18 mg, hetgeen laag is in vergelijking tot het gewicht van de koker. De larven dragen een zwaar huisje in vergelijking met andere grazende kokerjuffers zoals *Apatania fimbriata* en *Drusus annulatus*. Waringer (1989) suggereerde dat een zwaar huisje de energiekosten verlaagt, doordat het dier gemakkelijker op zijn plaats blijft, voornamelijk bij lage stroomsnelheden. Onder deze omstandigheden is de wrijvingsweerstand hoger dan de schuifspanning als gevolg van de waterstroming (Becker, 2001). Het relatief zware huisje kan dus voordelig zijn voor het schrapen op voedselvergaarplaatsen die bloot staan aan lage stroomsnelheden. Becker heeft *A. fuscipes* voornamelijk aangetroffen bij lage stroomsnelheden in de Breitenbach. Het verplaatsen van een zwaar mineraal huisje kost echter veel energie (Otto & Svensson 1980).

Het huisje heeft een groot volume in vergelijking met de omvang van de larve (Becker, 2001). Van larven van de Glossosomatidae is bekend dat zij hun zware huisjes kunnen verlaten om af te drijven tijdens ongunstige omstandigheden (Merrill, 1969). Het huisje van *A. fuscipes* bestaat voor een groot deel uit kleine korrels met een gemiddelde grootteklasse van 0.3 mm. De huisjes bestaan echter ook voor een belangrijk deel uit grotere korrels ( $> 1.4$  mm). *A. fuscipes* selecteert zandkorrels meer op omvang dan op gewicht (Hansell, 1968b). De soort gebruikt grotere korrels om de koepel te construeren dan de korrels waarmee de onderkant van het huisje wordt gemaakt. Zeer kleine korrels worden rond de ventrale openingen toegepast (Bohle & Fischer, 1983). Bohle & Fischer vonden dat slechts 14% van de korrels in de huisjes van *A. fuscipes* groter was dan 1.3 mm, maar deze korrels maakten 67% uit van het kokergewicht. Het organisch stofgehalte van de huisjes was laag (larvale biomassa : organisch stofgehalte was  $4.19 \pm 1.34$ ). De dieren hebben kleine gaten in de koepel van het huisje en de korrels in dit deel worden slechts met kleine hoeveelheden zijde bijgehouden. Alleen de bodem van het huisje is voorzien van een dikke laag zijde.

Na ieder larvaal stadium bouwt de larve een nieuw huisje (Hanna, 1961). Gedurende de bouw moet de larve zijn lichaam ver uit het oude huisje steken om zandkorrels voor het nieuwe huisje te kunnen verzamelen. Gedurende de bouw van een nieuw huisje en tijdens de vervelling is de larve dan ook kwetsbaar voor predatie (Otto & Svensson, 1980) en toxiciteit (McCahon et al., 1989), omdat de larve zich nog in het oude huisje bevindt welke niet goed meer is afgesloten.

De larven lichten de voorkant van hun huisje op wanneer zij over een horizontaal oppervlak bewegen. De achterkant sleept daarbij over het substraat. De aanhechtingskracht van een mineraal huisje aan het substraat is gerelateerd aan de stroefheid van het substraat (Waringer, 1989). De verschillen in wrijvingsweerstand van minerale huisjes op harde substraten is afhankelijk van de stroefheid van het substraat, het gewicht en de vorm van het huisje (de vorm bepaalt het oppervlak waarover het huisje in contact is met het substraat) en kan de kruipsnelheid en de grootte van de larven beïnvloeden (Becker 2001). *A. fuscipes* heeft een huisje met een groot contactoppervlak tussen het huisje en het substraat, waardoor de larve veel wrijving ondervindt maar ook beter bestand is tegen wegspoelen.

De larven hebben een habitat nodig waar een grote variatie aan zand/grindkorrels voorkomt. Het relatief zware huisje indiceert een voorkeur voor stromend water. Gedurende het bouwen van een nieuw huisje is de larve kwetsbaar voor predatie en vergiftiging en waarschijnlijk ook voor hoge afvoeren.

## 2.6 Voeding

*A. fuscipes* is een schrapper. Het dier leeft van de biofilm op stenen. Algen zijn in het algemeen onontbeerlijk in het voedselpakket van schrapers vanwege hun grote opname-efficiëntie in vergelijking met andere bronnen van voeding, zoals detritus (Benke & Wallace, 1980; Mattson, 1980; Lamberti & Moore, 1984; Smock & Roeding, 1986). Van *A. fuscipes* werd altijd aangenomen dat het algen als voornaamste voedingsbron gebruikte. Recentelijk is echter aangetoond dat detritus een belangrijke bron van voeding is voor deze soort. Becker (1990) analyseerde de maaginhoud van *A. fuscipes* larven. Hij vond 43% particulier organisch materiaal (POM) (<5 µm), 20% POM (>5 µm), 17 % diatomeeën, 7 % cyanobacteriën, 6% anorganisch materiaal en geen mossen. Slechts de stadia IV tot VII waren meegenomen in dit onderzoek. De consumptie van diatomeeën nam toe met de leeftijd van de larven, terwijl het aandeel cyanobacteriën en POM (>5 µm) afnam. Er bestond variatie tussen de seizoenen, waarbij *A. fuscipes* minder diatomeeën consumeerde in de herfst dan in de lente en zomer.

De larven legden duidelijk geen lange afstanden af op zoek naar periferyton dat hoogwaardig voedsel zoals algen bevatte. Zij moesten derhalve overleven met voedsel beschikbaar in hun beperkte graasplekken. Aangenomen wordt dat algenlevensgemeenschappen in een vroeg successiestadium blijven indien ze intensief begraasd worden. Kleine, snel groeiende diatomeeënsoorten worden gestimuleerd (bijvoorbeeld Lowe & Hunter, 1988). Deze soorten zouden hierdoor begunstigd worden, omdat de competitie voor licht en nutriënten klein is (Lamberti & Resh, 1983). Becker heeft inderdaad kleine diatomeeënsoorten gevonden in de maaginhoud van *A. fuscipes*. Sedimenterend detritus, dat algenontwikkeling zou kunnen hinderen, zou continu worden verwijderd. Dit lijkt de reden te zijn waarom *A. fuscipes* de enige soort was die in staat was om het aandeel geconsumeerde diatomeeën constant te houden in zowel de lente als de zomer. Ook Benedetto (1975) rapporteerde een aandeel diatomeeën van slechts 18% en een aandeel detritus van 82% in de maaginhoud van *A. fuscipes*. Iversen (1988) vond een relatieve hoeveelheid algen van 47%. In april, direct na een overstroming, migreerden de larven naar de oevers in de miro-habitats met lage stroomsnelheden en meer detritussedimentatie. Gedurende deze periode consumeerden zij minder diatomeeën en meer POM (<5µm).

Het feit dat *A. fuscipes* zich voornamelijk lijkt te voeden met detritus is niet naar verwachting, omdat de meeste schrapers specifiek naar hoogwaardig voedsel, zoals algen, lijken te zoeken. In preferentie-experimenten selecteerde de soort echter ook meer detritus dan algen. Becker (1994) gebruikte individuen uit de Breitenbach, een eerste orde beek, om de larvale respons op variaties in voedselkwaliteit te onderzoeken. *A. fuscipes* liet een voorkeur voor detritus zien (43% van de larven

bevond zich op het filter met detritus). In vergelijking met microalgen is fijne detritus een slechte voedselbron. Alleen de aangehechte micro-organismen, die een klein deel uitmaken van het totaalgewicht detritus, hebben een hoge voedingswaarde (Lamberti & Moore, 1984). In de Breitenbach kunnen larven van *A. fuscipes* worden gevonden op stenen bij lage stroomsnelheden (0.05-0.2 m/s), waar relatief veel detritus sedimenteert. Het is onbekend of *A. fuscipes* in staat is om te compenseren voor een slechtere voedselkwaliteit door een versnelde voedselopname, zoals wel wordt gevonden bij andere waterinsecten (Lamberti & Moore, 1984). Het is onbekend of *A. fuscipes* uit andere beken zich ook voornamelijk voedt met detritus. Het is mogelijk dat andere macrofaunasoorten die concurreren om algen in de Breitenbach, afwezig zijn in andere beken.

Tijdens het zoeken naar voedsel, lieten de larven een direct trial-and-error gedrag zien, waarbij het oppervlak van de tegels in de laboratoriumopstelling herhaaldelijk met de monddelen werd getest (Becker, 2001). Hierbij bewogen zij voorwaarts en probeerden ze het oppervlak af te schrapen. Bij afwezigheid van een biofilm, verlieten de larven de tegels na enkele minuten in een relatief rechte baan. De kruipsnelheid en tijd werden gemeten op drie verschillende typen substraat: glad, ruw en gemiddeld. De kruiptijd was het kortst op de gladde tegels, waarop een relatief grote afstand werd overbrugd met een relatief hoge kruipsnelheid. De larven bleven gedurende een langere periode op de gemiddelde oppervlakken en overbrugden significant kleinere afstanden met een lagere snelheid. De larven verbleven veel langer, met de laagste kruipsnelheid, op de ruwe tegels, maar overbrugden vergelijkbare afstanden op de ruwe als op de gladde tegels.

Cox & Wagner (1989) vonden twee verschillende soorten huisjes in het veld: nieuwe kokers die onlangs waren gebouwd en oude huisjes die al een aantal weken waren bewoond. De nieuwe huisjes zagen er schoon uit terwijl oude huisjes vuil waren en grauw van kleur ten gevolge van intensieve begroeiing van algen in de koker. Begroeiing met algen was niet aanwezig op de buitenkant van de huisjes. Er zijn geen larven waargenomen die hun huisjes verlieten om de buitenkant te begrazen. Ook zijn er geen larven gezien die de huisjes van hun soortgenoten begraasden. Cox & Wagner hebben schone en vervuilde huisjes geanalyseerd en toonden aan dat vervuilde huisjes gemiddeld  $0.27 \mu\text{g}/\text{mm}^2$  chlorofyl en schone huisjes  $0.04 \mu\text{g}/\text{mm}^2$  chlorofyl bevatten. De algenflora bestond grotendeels uit de diatomee *Achnanthes lanceolata*, coccoïde groenalgen en de blauwalg *Chamaesiphon incrustans*. Uit een uithongeringsexperiment bleek dat individuen met algen in het huisje langer overleefden en een hogere biomassa hadden. Dieren van een andere populatie die op een substraat leefden dat donkerder was, en dientengevolge ook donkere huisjes maakten, hadden geen algen en slechts een kleine hoeveelheid detritus in hun huisjes. In lichtgekleurde huisjes kon één derde van het invallend licht doordringen. Onder normale omstandigheden verplaatst *A. fuscipes* zich tijdens het grazen van epilithische algen (algen die leven op de stenen), maar het dier heeft ook de mogelijkheid om zich tijdens periodes van hoge stroomsnelheden aan het substraat te hechten. Omdat dit de normale manier van voedsel vergaren uitsluit, is het denkbaar dat de aanwezigheid van algen in het huisje een ecologisch voordeel oplevert en de larve in staat stelt om langer te overleven tijdens periodes van stress. Het is vreemd dat er geen algen op de



buitenkant van de huisjes groeien. Dode dieren worden snel overgroeid met algen. Becker (1990) beweerde dat diatomeeën binnen de larvale huisjes waarschijnlijk niet bijdragen aan het larvale voedsel, vanwege hun lage abundanties.

In conclusie, eutrofiëring van beken en verwijderen van beekbegeleidende vegetatie of hout en detritus uit de beek kan de verhouding tussen de verschillende voedselbronnen aanzienlijk veranderen. Maar dit hoeft voor de soort geen probleem te zijn, omdat deze gemakkelijk zijn dieet lijkt te kunnen aanpassen. Waarschijnlijk kan de soort overleven met een laag aandeel algen. De mogelijkheid het dieet aan te passen maakt het mogelijk om tijdelijk naar een ander deel of habitat van de beek te vluchten, bijvoorbeeld habitats vlakbij de oever of achter stenen waar de stroomsnelheid relatief laag is bij hoge afvoeren. Ook door het hebben van algen aan de binnenkant van het huisje kan de larve een tijdje zonder voedsel. Het is niet bekend of de dieren algen echt nodig hebben en hoe lang ze zouden kunnen overleven als alleen detritus beschikbaar is. Dit zou getest moeten worden in experimenten met dieren uit verschillende beken (met verschillen in de aandelen algen en detritus) en in verschillende seizoenen.

## 2.7 Habitat en milieuomstandigheden

*Agapetus fuscipes* is karakteristiek voor kleine beken van bronbeken tot snel stromende middenlopen (Moog, 1995; Schmedje & Colling, 1996) maar de soort komt ook voor in grote meren met een golfslagzone (Macan & Maudsley, 1969; Macan, 1980; Hynes & Yadav, 1985). Er is weinig informatie beschikbaar over de abiotische omstandigheden van de beken en meren waarin de soort is waargenomen (tabel 2.5). *A. fuscipes* leeft in heldere, natuurlijke beken op grind of stenen (Schmedje & Colling, 1996). Soms is de soort gevonden op macrofyten (bijvoorbeeld *Berula erecta*, Whitehead, 1935) of op detritus maar in dichte vegetatie komt de soort niet voor (Castro, 1975).

Individueen hoeven niet continu onder water te zijn. Soms worden exemplaren op stenen boven water gevonden (Thorup, 1963). Dit gebeurt vaak in ondiepe bronnen en bronbeken. Wood & Armitage (1999) vonden de soort alleen op schoon grind. Dit werd bevestigd door Castro (1975) die opmerkte dat de soort afwezig is als het grind is bedekt met slib of fijn detritus. Iversen (1973) nam waar dat *A. fuscipes* zeldzaam was in delen van de beek waar de bodem bedekt werd met bladpakketten. In de Breitenbach werd de soort vrijwel niet gevonden in delen waar matten van cyanobacteriën voorkwamen (Becker, 1990).

*A. fuscipes* komt voor bij lage en hoge stroomsnelheden (Nielsen, 1942) maar prefereert een matige stroomsnelheid; dichtheden namen af bij minder dan 0.14 m/s en meer dan 0.36 m/s (Moretti & Gianotti, 1962).

Tabel 2.5 Karakteristieken van de beken waarin *A. fuscipes* is waargenomen. Getallen tussen haakjes refereren naar beeknaam en literatuur: 1) Beek bij Puddletown, UK (Anderson 1973), 2) Aabach, Duitsland (Dittmar 1955), 3) Beek in de Provence, Frankrijk (Giudicelli 1973), 4) Mölle, beek in Duitsland (Illies 1952), 5) Rold Kilde, beek in Denemarken (Iversen 1973), 6) River Hull tributaries, Groot-Brittannië (Jones et al. 1977), 7) Windermere, meer in Groot-Brittannië (Lund 1972 in Macan 1980), 8) Ford Wood Beck, beek in Groot-Brittannië (Mackereth 1960), 9) Seelbeek, Nederland (Majecki et al. 1997), 10) Nant Gnyddon, beek in Groot-Brittannië (McCabon et al. 1989), 11) Fonti del Clitunno, beek in Italië (Moretti & Giannotti 1962), 12) Glenfinnish river, Ierland (Sangpradub et al. 1999), 13) Steinach, beek in Duitsland (Schubmacher & Schremmer 1970), 14) Breitenbach, Duitsland (Schwank 1981), 15) Stamperden, beek in Denemarken (Sode & Wiberg-Larsen 1993), 16) Le Lissuraga, beek in Frankrijk (Thibault 1971), 17) Driffield Trout Stream, Groot-Brittannië (Whitehead 1935).

diepte (m)	breedte (m)	temperatuur range (°C)	stroomsnelheid (m/s)	pH	hardheid	nutriënten	zuurstof	overige
0.1-0.2 (8)	<1 (14)	10 (okt-jan) (10)	0.5 (gem.) (13)	8.2 (10)	88.2 mg/l CaCO <sub>3</sub> (10)	fosfor 0.001 mg P l <sup>-1</sup> (1945-1963) & 0.012 mg P l <sup>-1</sup> (1970) (7)	9-12 mg/l (12)	eerste orde heuvellandbeek, onbeschadwd door grasland (14)
0.04-0.33 (11)	2 (8)	jaargemiddelde 8.5, zomer maximum 12-14 (13)	1-5 (17)	7.5-8.4 (17)	kalkbeek (1)		83-98 % (11)	kalkbeek, afvoerpieken komen voor (6)
	0.20-0.25 (1)	maximum 12 (2)	0.08-0.36 (11)	6.9-7.1 (12)	permanente hardhead van 4..3 & en tijdelijke hardheid 13.5° op Clarks Schaal (17)	0-0.022 mg/l orthofosfaat & 1.4-2.1 totaal stikstof (12)		EGV 13.9 mS/m (10)
	1.0-1.5 (15)	8-16.5 (28 juli-6 oktober) (15)		7-7.2 (11)	34-42 mg/l totale hardheid (12)			sterke steiging in waterniveau na zware neerslag, 'moorland' beek (8)
	<0.5 (17)	7 (okt & nov)-15 (juli) (17)						in beschaduwde oligosaprobe trajecten (13)
	0.5-2.10 (11)	15 (12.00 uur) (9)						beschaduwde bosbeek, constante afvoer, verval 9 m/km, spaarzame begroeiing met <i>Berula erecta</i> , <i>Mentha aquatica</i> (15)
		maximum 15 (4)						waterpeil stijding van een halve meter, onstabiele beekbodem, veel vegetatie (17)
		2.4-13.6 over een jaar (5)						3de orde zijbeek (12)
		5-15 over een jaar (12)						laag waterpeil, geen overstromingen (11)
		14.5-16 over een jaar (3)						
		5-19.9 (16)						
		12.3-13 over een jaar (11)						
		5-15 over een jaar (12)						
		14.5-16 over een jaar (3)						
		5-19.9 (16)						
		12.3-13 over een jaar (11)						

Organische belasting is een factor waardoor de soort wordt verstoord (Schuhmacher & Schremmer, 1970; Castro, 1975), waarschijnlijk door gevoeligheid voor lage zuurstof gehalten (Schuhmacher & Schremmer, 1970). Hoe hoger de watertemperatuur en hoe hoger het larvale stadium, des te hoger de zuurstofconsumptie van de larve is (Castro, 1975). Dit betekent echter niet dat kleinere larven lagere zuurstofgehalten kunnen tolereren. Een diapauze verlaagt het zuurstofgebruik. Poppen hebben een relatief hoog zuurstofgebruik. Dit kan verklaren waarom de soort zich verpopt in ondiep water of bij een hogere stroomsnelheid. Poppen zijn niet mobiel en hebben een stabiele zuurstofconditie nodig. Moog (1995) vond de soort kenmerkend voor xeno- tot oligosaproob water.

*A. fuscipes* kan worden aangetroffen in grote trajecten van beken. Veel auteurs hebben echter hogere dichtheden aangetroffen in bovenstroomse delen van beken (bijvoorbeeld Nielsen, 1942; Thorup, 1963; Illies, 1982; Becker, 1990). Verschillende factoren kunnen deze verspreiding in een beek verklaren. Schuhmacher & Schremmer (1970) suggereerden dat de soort afhankelijk is van koud water, ook in de zomer. Ze vonden de soort bij zomertemperaturen van 12-14 °C. Maar anderen hebben de soort bij hogere temperaturen gevonden (bijvoorbeeld Thibault, 1971). Waarschijnlijk is de soort tolerant voor hoge temperaturen zolang er voldoende zuurstof aanwezig is. Dit is goed mogelijk in schoon stromend water.

Licht en de aanwezigheid van beekbegeleidende vegetatie zijn variabelen die de temperatuur enigszins kunnen beïnvloeden maar deze variabelen zelf zijn ook van belang voor de verspreiding van de soort. Schuhmacher & Schremmer (1970) verzamelden de larven vooral in beschaduwde trajecten. Harrison et al. (2000) concludeerden dat de adulten duidelijk geassocieerd waren met bomen, ook al kwamen de adulten meer voor aan de bosrand dan in het bos zelf. Deze auteurs suggereerden dat *A. fuscipes* bos nodig heeft als adult om te schuilen tegen predatie, wind of uitdroging en als markeringspunten voor het vormen van zwermen zoals ook voor andere insecten gevonden is (Statzner, 1977; Sweeny, 1993; Collier & Smith, 1998). Er zijn echter geen beschrijvingen van het vormen van zwermen bij deze soort en in het lab is dit ook niet waargenomen. *A. fuscipes* gebruikt trillingen als signalen bij de paring en het zoeken van een partner (Ivanov & Rupprecht, 1992).

Het voorkomen van *A. fuscipes* is dus gerelateerd aan de aanwezigheid van schoon grind, beekbegeleidende vegetatie van kruiden of bomen en de afwezigheid van organische belasting. De soort kan bij verschillende temperaturen voorkomen en zich zowel in stromend als in stilstaand water met enige golfslag handhaven. Het is nog onduidelijk waarom de verspreiding van de soort soms beperkt is tot korte trajecten van een beek en in laaglandbeken tot bronnen en bronbeken.

## 2.8 Drift en stroomopwaartse migratie

Castro (1975) constateerde een sterke toename van het aantal individuen in de bron, de bronbeek en een verder benedenstrooms gelegen traject in de Breitenbach in het voorjaar. Müller (1970) liet ook zien dat in februari, maart en april de aantallen

‘driftende’ individuen extreem hoog waren. De soort laat ook stroomopwaartse migratie zien (Müller, 1970; Iversen, 1976; Williams & Williams, 1993). Williams & Williams (1993) concludeerden dat op de meest bovenstrooms gelegen locatie *A. fuscipes* 63.6 % van het verlies van individuen door drift compenseerde met stroomopwaartse migratie. Dit indiceert stroomopwaartse migratie voor verpopping.

De redenen voor drift en stroomopwaartse migratie zijn nog onbekend. Iversen (1976) dacht dat selectieve migratie de groei kan beïnvloeden. Williams & Williams (1993) vonden dat de dichtheid van larven bovenstrooms het grootst was, de larven zich er sneller ontwikkelden maar significant kleiner waren in hun laatste stadium dan op meer benedenstroomse plekken. Mogelijk was de populatie bovenstrooms voedsel gelimiteerd of de migratie heeft de dieren zoveel energie gekost dat dit ten koste ging van de groei. De positie in de beek en de dichtheid van de populatie leken beide invloed te hebben op de groei, biomassa en vruchtbaarheid.

Concluderend kan gesteld worden dat zowel drift als stroomopwaartse migratie voorkomen. De redenen voor beide zijn niet duidelijk. Drift en migratie zijn hoger bij hoge afvoer. Tevens was selectieve stroomopwaartse migratie voorafgaand aan de verpopping waargenomen, waarschijnlijk gerelateerd aan de aanwezigheid van meer ondiepe plekken bovenstrooms. De larven kunnen vanuit schuilplaatsen door migratie of drift andere locaties in een beek opnieuw koloniseren na verstoring bij afvoerpieken.

## 2.9 Aanpassing aan afvoerdynamiek

*A. fuscipes* komt zowel in beken met constante als dynamische afvoer voor (tabel 2.5). De soort is zelfs waargenomen in een beek waarin de afvoer hoog is in het voorjaar en die voor een groot deel droogvalt in de zomer en herfst (Mittelstädt et al., 1991). Wel was de dichtheid in deze beek relatief laag. Fluctuatie in afvoer kan ongunstig zijn door droogval, wat vooral de immobiele poppen en eieren beïnvloedt (Castro, 1975; Fischer et al., 1998) en afvoerpieken waardoor de larven beïnvloed worden (Whitehead, 1935). Giller et al. (1991) en Majecki et al. (1997) stelden dat de larven relatief weinig verstoord worden door afvoerpieken in vergelijking tot andere soorten macrofauna maar Jones et al. (1997) vonden juist dat *A. fuscipes* zeer gevoelig is voor afvoerpieken.

Gedurende afvoerpieken worden larven bedreigd door een hoge stroomsnelheid, bewegende stenen/grind en bedekking met zand of slib. De larven hebben echter een aantal aanpassingen. Als eerste kunnen ze migreren naar zones met een lage stroomsnelheid, bijvoorbeeld achter of onder stenen, terwijl ze normaal op de stenen zitten (Wagner, 1987) of van het midden van de beek naar de oevers (Becker, 1990). Ten tweede kunnen larven van de familie Glossosomatidae hun huisje verlaten en gaan drijven tijdens ongunstige omstandigheden (Merrill, 1969). Ten derde is de hoge populatiedichtheid een mechanisme om zich aan te passen aan sterk wisselende omstandigheden. Overlevende dieren kunnen de rest van de beek vanuit refugia weer koloniseren (Whitehead, 1935).

Bedekking met zand kan de populatiedichtheid doen afnemen (Wagner, 1987), doordat de dieren dood gaan of doordat ze migreren. De mogelijkheid om uit het zand te ontsnappen hangt af van de grootte en mobiliteit van de larve, de dikte van de zandlaag, de maat van de zandkorrels en de temperatuur en zuurstofconcentratie in het zand (Majecki et al., 1997). Tijdens een afvoerpiek beschermt het huisje het dier tegen beschadiging door stenen en grote zandkorrels die gaan bewegen. Bij lage temperatuur en een hoog zuurstofgehalte kan de larve onder het zand overleven. Een larve die door zand bedekt is kan het huisje verlaten, uit het zand klimmen en aan het oppervlak een nieuw huisje bouwen. Dit gebeurt vooral bij hoge temperatuur en laag zuurstofgehalte (Majecki et al., 1997).

Samengevat, droogval bedreigt vooral poppen en eieren. De larven hebben een aantal aanpassingen aan afvoerdynamiek, namelijk drift, migratie naar de oevers of luwe plekken en de mogelijkheid bedekking met zand te overleven. Deze aanpassingen gaan waarschijnlijk ten koste van de groei doordat er niet gegeten kan worden (Marchant & Hehir, 1999). Tijdens deze periode kunnen de larven wel gebruik maken van de aanwezige algen in de koker. Door de hoge populatiedichtheid zullen er altijd wel een aantal individuen overleven. Deze kunnen de rest van de beek weer vrij snel koloniseren, doordat de adulte vrouwtjes veel eieren leggen. De periode van afvoerpieken of droogval bepaalt mede het effect op de populatie. Droogval tijdens de vliegperiode is minder schadelijk dan wanneer er alleen larven zijn. Als de afvoerdynamiek wisselt tussen jaren kan de populatie zich in stabiele jaren weer herstellen en op die manier zeer lang standhouden in een beek. Als afvoerpieken te vaak voorkomen is er echter geen kans op herstel en zal de populatie uiteindelijk verdwijnen.

## 2.10 Dispersie

Verspreiding van soorten is erg belangrijk, vooral voor beekherstel. Beken die worden gerestaureerd, moeten opnieuw worden gekoloniseerd door soorten die een nieuw habitat zouden kunnen vinden in de beek. Als de soort niet in het stroomgebied van de herstelde beek voorkomt, is rekolonisatie afhankelijk van de immigratie van vrouwtjes van elders. Er moeten soms lange afstanden worden overbrugd. Het kolonisatiepotentieel hangt af van de verspreidingspotentie van de soorten, hetgeen afhangt van het gedrag en de vliegkracht van de vrouwtjes. Belangrijk is de verspreidingsafstand, de afstand die de soort zich normaal gesproken van zijn habitat waagt (Sode & Wiberg-Larsen 1993).

*A. fuscipes* heeft een laag verspreidingsvermogen. Usseglio-Polatera (1987) toonde aan dat wind een belangrijk effect had op de vliegrichting van Trichoptera. Adulten van deze orde vliegen voornamelijk tegen de wind in. Deze waarneming geldt niet voor *A. fuscipes*. Sode & Wiberg-Larsen (1993) deden onderzoek naar de verspreiding van deze soort. Van alle gevangen *A. fuscipes* exemplaren, werden slechts twee vrouwtjes gevangen in vallen die op 20 meter van de beek stonden. Tussen 81 en 90% van de totale vangst werd boven het beekoppervlak gevangen. Het aantal dat boven de

oevers vloog op 1-3 m van de beek was verwaarloosbaar. Ook Nielsen (1942) toonde aan dat adulten zich niet verder dan 1 m van hun beek waagden.

De vrouwtjes in het onderzoek van Sode & Wiberg-Larsen vertoonden ook geen voorkeur voor de richting waarin ze vlogen. Ongeveer evenveel vrouwtjes vlogen stroomopwaarts als stroomafwaarts. Vrouwtjes legden hun eieren meestal in dat deel van de beek waar ze oorspronkelijk vandaan kwamen.

Kortom, de kans dat de soort een nieuwe beek koloniseert is zeer laag. De rekolonisatietijd die nodig is na herstelmaatregelen hangt af van de afstand waarop nog een gezonde populatie van de soort voorkomt, de windrichting en toevallige verspreiding van individuen. Het is onbekend of de soort meer geneigd is zich actief te verspreiden als de omstandigheden in een beek minder gunstig worden of omgekeerd.

## 2.11 Conclusies

De ecologische vereisten van *A. fuscipes* verzameld uit de literatuur laten zien dat de soort inderdaad een goede indicator is voor natuurlijke beken, omdat de soort gevoelig is voor organische belasting of een hoge frequentie van afvoerpieken. Ondanks dat soms exemplaren op andere substraten zijn gevonden, is het duidelijk dat de soort grindbedden nodig heeft, bedekt met algen en detritus, waarmee de soort zich voedt. Voor het afzetten van eieren zijn de aanwezigheid van basis- en dekstenen van belang. Zand is nodig in verschillende korrelgroottes voor de bouw van de koker. Al deze substraattypen moeten samen aanwezig zijn in een beektraject. De soort wordt vaak gevonden in bovenstroomse delen van beken. De reden hiervoor kan zijn de temperatuur, concurrentie met andere soorten meer benedenstrooms, de stroomsnelheid, de diepte, het zuurstofgehalte, het type grindbed, de aanwezigheid van beekbegeleidende vegetatie of een combinatie van deze factoren. Experimenten onder gecontroleerde omstandigheden kunnen meer duidelijkheid verschaffen. Adulten worden vaak gevonden in beschaduwde delen, larven in beschaduwde en open trajecten en eieren vooral in de open delen.

De soort is gevoelig voor organische belasting (een laag zuurstofgehalte en slibbedekking), droogval en afvoerpieken. De gevoeligheid voor stress hangt af van het stadium waarin het dier verkeert en de aanpassingen die het heeft (tabel 2.6). Daarom is het seizoen waarin organische belasting, droogval of een afvoerpiek optreedt bepalend voor het effect op de populatie. Omdat eieren en poppen aan het substraat vastzitten, zijn ze kwetsbaar voor droogval. Als delen van de beek in de zomer uitdrogen is dit erger dan wanneer dit in de herfst gebeurt. De larven kunnen zich verplaatsen naar andere delen van de beek waar het dieper is en nog water aanwezig is. De larven kunnen droogval overleven zolang het niet de gehele beek betreft en de periode niet te lang duurt en adulte vrouwtjes zijn in staat om de eieren af te zetten op een plek waar nog voldoende water aanwezig is.

Larven zijn kwetsbaar voor afvoerpieken, vooral de kleine larven kunnen gemakkelijk door de stroming meegesleurd worden. De grotere larven kunnen zich beter aan het substraat vasthouden. Maar grotere larven zijn ook in het nadeel omdat ze meer zuurstof verbruiken, zodat ze minder gemakkelijk kunnen overleven onder een laag zand. Larven kunnen afvoerpieken overleven door migratie, drift, omhoog klimmen uit een laag zand. Het is niet bekend in welke mate ze precies afvoerpieken kunnen tolereren.

Tabel 2.6 Kwetsbaarheid van de stadia van *A. fuscipes* (- niet kwetsbaar, + kwetsbaar, ++ zeer kwetsbaar) voor verstoringfactoren.

stadium	afvoer- pieken	zand- bedekking	droogval	organische belasting	afwezigheid van beekbegeleidende vegetatie
eieren	-	+	++	+	-
eerste larvale stadia	++	+	+	+	-
latere larvale stadia	+	++	+	++	-
poppen	-	+	++	++	-
adulten	+	-	+	-	++

Ook het effect van organische belasting hangt af van het stadium waarin de individuen verkeren. Er zijn twee belangrijke aspecten: een verlaging van het zuurstofgehalte en de bedekking van het grindbed met slib. Het effect van een laag zuurstofgehalte hangt af van het stadium en het seizoen. In de winter kunnen de dieren in diapauze zijn, waardoor het zuurstofverbruik laag is. Het effect is dan veel minder sterk dan in de lente als de dieren snel groeien en meer zuurstof verbruiken. Vooral de poppen hebben een hoog zuurstofverbruik. Waarschijnlijk worden ze daarom vaak in ondiep water aangetroffen, ondanks het hogere risico op uitdroging.

De belangrijkste strategie van de soort berust op het instandhouden van een grote populatiedichtheid. Gedurende hydrologische verstoring kan altijd een klein deel van de populatie overleven, de rest van de beek weer koloniseren en zich reproduceren. In dit licht bezien heeft organische belasting een veel groter effect dan een afvoerpiek omdat dieren hieraan niet kunnen ontsnappen. Alleen adulten die op dat moment buiten de beek leven kunnen zorgen voor het afzetten van nieuwe eieren en het overleven van de populatie. Als een te laag zuurstofgehalte optreedt gedurende een periode dat er geen adulten zijn, kan dit desastreus zijn voor de hele populatie.

Veel auteurs hebben de soort alleen op schoon grind aangetroffen. De bedekking met slib is nadelig voor de soort. Waarschijnlijk verandert hierdoor de beschikbaarheid van algen omdat de hoeveelheid licht op het grind afneemt. De soort kan het dieet aanpassen aan het seizoen en de beschikbaarheid van algen en detritus maar het is niet duidelijk hoe lang de soort van detritus alleen kan leven.

Temperatuur is een belangrijke factor omdat het waarschijnlijk de levenscyclus stuurt en de ontwikkelingssnelheid bepaalt. Ontwikkeling van de larven en de eieren gaat sneller als de temperatuur hoger is. Bij een hoge zomertemperatuur treedt emergentie sneller op. Een hogere watertemperatuur kan ook nadelig zijn. De dieren groeien snel en overwinteren in een later stadium. Hierdoor hebben ze meer zuurstof nodig, wat ze kwetsbaar kan maken tijdens verstoring.

Doordat de soort een laag dispersievermogen heeft, zijn de mogelijkheden nieuwe beken te koloniseren beperkt. Ook een beek die na verstoring weer hersteld is kan lange tijd niet door de soort gerekoloniseerd worden als de afstand tot een gezonde populatie groot is.

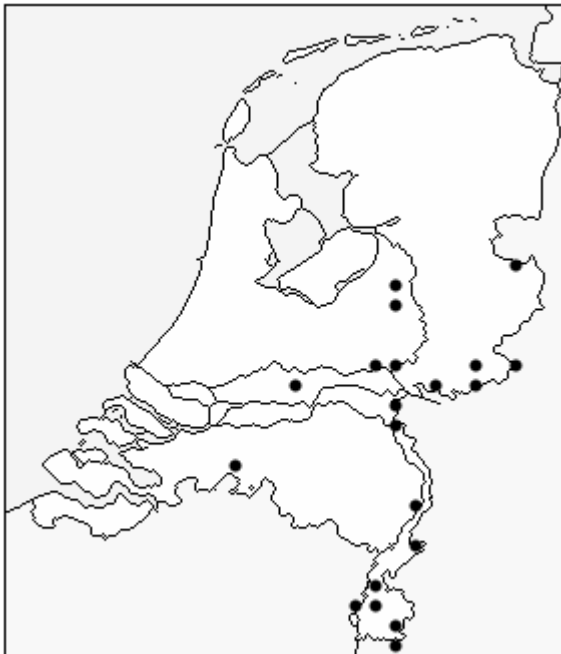
*A. fuscipes* heeft dus een aantal aanpassingen aan verstoring in beken. Door een hoge populatiedichtheid te handhaven kan de soort perioden van stress overleven. Als de frequentie van verstoring te hoog is, zal de populatie echter achteruitgaan. Er zijn echter nog veel vragen omtrent afvoerpieken en de relatie met de populatiedichtheid van *A. fuscipes*, ondanks dat dit een van de belangrijkste bedreigingen is voor de soort. Dispersie is beperkt. Afwezigheid van een soort in een op het oog geschikte beek kan veroorzaakt worden doordat de soort de beek nooit heeft kunnen koloniseren.



### 3 *Agapetus fuscipes* in Nederland: inventarisatie

#### 3.1 Vroegere vindplaatsen

Om te bepalen waar in Nederland *A. fuscipes* voorkomt, is in bestaande gegevens en literatuur gezocht naar waarnemingen van deze soort. Hiervoor zijn de databestanden gebruikt van de bekentypologie (Verdonschot & Nijboer 2001) en de Limnodata (STOWA). Alle waarnemingen zijn uit deze databases geëxtraheerd. Aan deze waarnemingen zijn toegevoegd de waarnemingen verzameld door Higler (pers. med.) indien het waarnemingen betrof in beken die nog niet in de databestanden gevonden waren. Het betreft vaak gegevens uit literatuur. Het overzicht met vroegere vindplaatsen is te vinden in bijlage 1. Hieruit is gebleken dat de soort voorkomt in vijf gebieden in Nederland: Limburg, Twente, de Achterhoek, de Veluwe en het Rijk van Nijmegen (figuur 3.1). Er is 1 waarneming bekend uit Noord-Brabant in de Reusel en 1 waarneming uit de Linge bij Beesd.



Figuur 3.1 Voorkomen van *Agapetus fuscipes* in Nederland (op basis van reeds beschikbare gegevens).

#### 3.2 Huidige vindplaatsen

Uit het overzicht met beken waarin *A. fuscipes* gevonden is, is een groot aantal beken geselecteerd om te bekijken of de soort nog steeds aanwezig is. Tevens zijn beken geselecteerd waar wel geschikt habitat aanwezig is maar waar de soort recentelijk niet (meer) is aangetroffen. Dit is gedaan met behulp van de bekentypologie dataset door

te selecteren op beken met een hoog percentage grind of stenen als substraat. Deze beken zijn opgenomen in bijlage 2.

De beken waarin *A. fuscipes* was aangetroffen, zijn bezocht met als doelstelling het in beeld brengen van:

- Het type beek waarin de soort voorkomt;
- Het traject van de beek waarin de soort zich bevindt;
- Het type stenen waarop de soort voorkomt;
- De positie op de stenen die de soort inneemt;
- Welke soorten als concurrenten van *Agapetus fuscipes* beschouwd kunnen worden.

De beken die geselecteerd zijn als potentiële habitats voor *A. fuscipes* zijn bezocht om te kijken of en in welke mate de soort er voorkomt, en zo niet, waarom de soort afwezig zou kunnen zijn. Bijlage 3 geeft een beschrijving van alle bezochte beken.

Tabel 3.1 Overzicht van de aanwezigheid van *A. fuscipes* in de bestudeerde beken Alleen de beken met een geschikt habitat van grof grind en/of stenen zijn opgenomen, N=Rijk van Nijmegen, V=Veluwe, A=Achterhoek, L=Limburg, T=Twente).

Grote <i>A. fuscipes</i> populatie	Kleine <i>A. fuscipes</i> populatie	Geen <i>A. fuscipes</i> , wel grindbedden
Springendalse beek (T)	't Peeske (A)	Kersbergbeek (T)
Filosofenbeek (N)	Oude beek (V)	Mosbeek (T)
Beekhuizense beek (V)	Molenbroekerbeek (L)	Hazelbekke (T)
Seelbeek (V)	Strabekervloedgraaf (L)	't Ribbert (T)
Roozendaalse beek (V)	Hemelbeek (L)	Hoge Venterink (T)
Belletterbeek (L)	Rode beek (L)	Paasberg west (T)
Schaeberggrub (L)	Hulsbergerbeek (L)	Linderbeek (T)
Hermensbeek (L)		Lage Kavikbeek (T)
Nutbeek (L)		Ruenbergerbeek (T)
Landeusbeek (L)		Stroinksbeek (T)
Bunderbosbeek (L)		Snijdersveerbeek (A)
Kingbeek (L)		Mariëndaal (V)
		Duno (V)
		Hemelse berg (V)
		Zweiersdalbeek (V)
		Loenense beek (V)
		Koppelsprengen (V)
		Nieuwe beek (V)
		Pangelderbeek (V)
		Frederik Bernard beek (V)
		Koude beek (V)
		Beek Uddelerweg (V)
		Watervalderbeek (L)
		Platsbeek (L)
		Paardenbeek (L)
		Jagersbeek (L)

De huidige vindplaatsen van *A. fuscipes* zijn opgenomen in tabel 3.1 en ingedeeld naar grootte van de populatie. Tevens zijn potentieel geschikte beken in deze tabel opgenomen. Er zijn weinig beken waar nog een grote populatie aanwezig is. Uit een groot aantal beken waar wel grindbedden voorkomen en *A. fuscipes* is aangetroffen in het verleden bleek de soort verdwenen te zijn. Vooral in Twente en op de Veluwe is

een groot aantal beken met geschikt habitat waar de soort niet voorkomt. In Limburg zijn nu nog de meeste beken met *A. fuscipes* aangetroffen.

### 3.3 Karakterisering van het *Agapetus fuscipes* habitat

- Uit de veldbezoeken is veel kennis opgedaan omtrent het habitat van de soort. Deze paragraaf geeft de belangrijkste conclusies.
- Het beektype: *Agapetus fuscipes* komt voor in specifieke gebieden in kleine bovenloopjes. De diepte van de beken varieert. De soort kan zich op grotere diepte bevinden (gevonden tot twintig cm) maar kan ook boven water zitten. De beekjes hebben als kenmerkende eigenschappen dat ze grindbedden hebben met grof grind gecombineerd met kleine stenen. Beken met alleen zeer fijn grind hebben vaak geen *Agapetus*. *Agapetus* komt niet voor in droogvallende beken.
- Het beektraject: De soort bevindt zich altijd vlakbij de bron, op een kort traject. In bronkoppen zitten vooral poppen, in de bronbeken zitten vooral larven. In de bronkoppen zelf is de soort ook waargenomen maar alleen bij snel uittredend water.
- Het substraat: De soort is voornamelijk op stenen gevonden maar ook op takken en soms zelfs op bladeren (detritus). De soort komt op kleine stenen (grof grind) tot grote stenen voor. De dichtheden per steen verschillen van één individu tot grote aantallen. De larven zitten meestal verspreid op een steen terwijl de poppen aggregeren; ze zitten pop aan pop naast elkaar.
- De positie op de stenen: De larven zijn overal op stenen gevonden, zowel bovenop als aan de zijkant. Op grote stenen zijn de poppen een aantal malen aan de voorzijde van de steen in de stroming gevonden. Vaak bevinden de poppen zich in ondiep water, vlak onder het wateroppervlak, waardoor het soms gebeurt dat ze boven water uit steken. Zolang ze vochtig blijven, lijken ze hier tegen te kunnen maar er zijn ook geheel verdroogde exemplaren aangetroffen.
- Concurrerende soorten: *Ancylus fluviatilis* is in veel beken over grote trajecten aangetroffen maar juist weinig op plekken met veel *A. fuscipes*. Op een beschaduwde, donkere plek in de Frederik Bernardbeek is *A. fluviatilis* in hoge aantallen gevonden. Dit suggereert dat deze soort ook van detritus kan leven. *Silo pallipes* komt meer benedenstrooms voor. In de beken waar de soort bovenstrooms aangetroffen werd, bevond de soort zich op diepere plekken met snel stromend water. Het lijkt erop dat de soort bij hogere stroomsnelheid voorkomt dan *A. fuscipes*. *Hydropsyche sp.* is ook meer benedenstrooms gevonden in dieper, snelstromend water. Deze soort lijkt verstoring beter te kunnen tolereren dan *A. fuscipes*. Een andere groep die vaak op de stenen gevonden wordt, soms samen met *A. fuscipes*, soms in hetzelfde traject maar op andere stenen, zijn de Simuliidae (kriebelmuggen). Vooral als er sprake is van lichte belasting van de beek kunnen deze soorten in grote aantallen voorkomen. Het is niet duidelijk of *A. fuscipes* hierdoor wordt beïnvloed. Simuliidae gebruiken een andere voedselbron maar ze gebruiken wel hetzelfde habitat.

### 3.4 Het voorkomen in relatie tot de sleutelfactoren

Het onderzoek gaat er vanuit dat de sleutelfactoren temperatuur, zuurstof, stroming, voedsel en habitat voor beekdieren van belang zijn. Hoe zijn nu de bevindingen uit de veldbezoeken en de resultaten uit het literatuuronderzoek te koppelen aan deze sleutelfactoren?

- De relatie met **temperatuur** is onduidelijk, de soort lijkt bij verschillende watertemperaturen voor te komen. Continue metingen in verschillende beken zullen dit moeten uitwijzen. Wellicht is een plotselinge verandering van temperatuur bijvoorbeeld door een afvoerpiek niet gunstig voor de organismen. De soort is zowel in open als in beboste trajecten aangetroffen.
- Over de relatie met het **zuurstof**gehalte is aan de hand van de veldbezoeken niet veel te zeggen. Alleen in duidelijk organisch belaste systemen kwam de soort niet voor. Maar in deze beken ligt vaak een laagje slib op de stenen waardoor de dieren ook geen geschikt habitat ter beschikking hebben. Of wisselend zuurstofgehalte bijvoorbeeld tijdens afvoerpieken een rol speelt, moet onderzocht worden.
- De **stroomsnelheid** moet hoog genoeg zijn voor de aanwezigheid van grind, maar al te hoge stroomsnelheid wordt vaak gemeden. Op plekken waar het water het snelst stroomt bevindt zich vaak *Silo pallipes*. Of *A. fuscipes* daar dan niet voorkomt vanwege de hoge stroomsnelheid of vanwege concurrentie is niet duidelijk. Experimenten in veld en lab kunnen dit verder duidelijk maken. Mate en duur van waterstandswisselingen lijken vooral van belang tijdens het verpopingsstadium omdat het dier dan immobiel is en zich vlak onder het wateroppervlak bevindt. Verder is het al dan niet voorkomen van afvoerpieken van belang omdat de dieren met zand bedekt kunnen raken, wegspoelen of een verandering in zuurstofgehalte of temperatuur niet aankunnen.
- **Voedsel:** Uit het literatuuronderzoek kwam al naar voren dat de soort vooral een detritusetter is. Slechts een enkele keer werd de soort in het detritus gevonden. De soort komt vooral op stenen voor, wat duidt op het eten van algen of zeer fijne detritusdeeltjes. Beide typen voedsel zijn waarschijnlijk onderdeel van het menu.
- *Agapetus fuscipes* is gebonden aan hard substraat, vooral grind en stenen maar soms ook op takken of oeverbeschoeiing. De grootte van de stenen lijkt niet direct van belang. Maar voor verpoping lijkt het gunstig als het oppervlak van de stenen zich vlak onder het wateroppervlak bevindt. Het lijkt alsof poppen daarom vaak hoge stenen uitkiezen. Jonge larven komen op allerlei stenen voor, zelfs op grind. De adult heeft stenen nodig om de eieren op af te zetten en een deksteentje om de eieren mee af te dekken. De larven en poppen gebruiken een bepaalde korrelgrootte voor de bouw van de huisjes. Het dier heeft dus in verschillende levensstadia een verschillend **habitat** nodig en gebruikt grind en zand van verschillende korrelgroottes.
- **Biotische interacties** lijken zich vooral te uiten in concurrentie met andere macrofaunasoorten. De soorten die vaak ook op de stenen zijn gevonden zijn: *Ancylus fluviatilis*, *Silo pallipes*, *Lithax* sp. en *Similiidae*. Soms komen exemplaren van *A. fuscipes* samen met deze concurrenten voor maar vaak vormen de soorten een patroon dat samenhangt met het traject of de plek in de beek. Dit vraagt om nader onderzoek naar de verspreiding van deze soorten binnen een beek.

### 3.5 Keuze veldwerklocaties

Voor de uitvoering van het veldonderzoek zijn twee reeksen van drie beken gekozen met telkens een beek met een grote populatie van *A. fuscipes*, een beek met een kleine populatie van *A. fuscipes* en een beek zonder *A. fuscipes* maar die ogenschijnlijk wel geschikt is. De drie beken in een reeks zijn in hetzelfde gebied gelegen. In deze drie beken zal gedurende anderhalf jaar veldwerk worden uitgevoerd waarbij de afvoer wordt gemeten, grindbedden worden gekarakteriseerd en fysische en chemische variabelen worden gemeten (zie verder de volgende hoofdstukken).

#### Reeks 1: Zuid-Limburg

1. Bunderbosbeek: Een goede blanco situatie met veel *A. fuscipes*. Het traject in het bos voor de tunnel heeft een zeer hoge dichtheid *A. fuscipes*, in het traject vlak na de tunnel komen weinig exemplaren voor, het traject verderop na de huizen heeft weer een grote populatie.
2. Strabekervloedgraaf: Deze beek heeft enkele *A. fuscipes*-individuen, maar plaatselijk. Waarschijnlijk komen piekafvoeren voor en er is wellicht sprake van rioolwateroverstort.
3. Platsbeek: Deze beek bevat grote grindbedden, er komen bijzondere soorten voor maar *A. fuscipes* is afwezig.

#### Reeks 2: Veluwe

1. Seelbeek: Deze beek is zeer geschikt als blanco beek. Er is een grote *A. fuscipes* populatie. De beek ligt in het bos en langs tuinen. Er is veel grind aanwezig.
2. Oude beek goede tak: De drie kleine takjes van deze beek verschillen van elkaar. Er is één takje met *A. fuscipes*, de populatie is echter klein in vergelijking met die in de Seelbeek.
3. Oude beek slechte tak: Deze tak van de Oude Beek heeft ook grindbedden maar in mindere mate. Er is geen *A. fuscipes* gevonden.



## 4 Materiaal & methoden

### 4.1 Bemonsteringsschema

Er zijn twee beekreeksen van elk drie beken gekozen waarvan 1 op de Veluwe en 1 in Zuid-Limburg (zie paragraaf 3.5). Beide reeksen bestaan uit een beek zonder *Agapetus fuscipes*, een beek met een grote *Agapetus fuscipes* populatie en een beek met een *Agapetus fuscipes* populatie van intermediaire grootte.

In iedere beek zijn twee dataloggers geplaatst waarmee elke 15 minuten waterhoogte, temperatuur en zuurstofgehalte zijn geregistreerd. Elke 14 dagen is er een bezoek aan de beken gebracht. Tijdens dit veldbezoek zijn per beek twee grindbedden gekarteerd en per grindbed zijn drie grindmonsters genomen om de dichtheid van de *Agapetus fuscipes* populatie te bepalen. Op de locaties van de grindmonsters zijn waterdiepte en stroomsnelheid bepaald. Op een vaste locatie ter hoogte van de dataloggers is per beek een dwarsprofiel ingemeten waarmee het debiet kan worden berekend. Op deze locatie is ook een watermonster genomen. Tijdens het veldbezoek zijn ook de beide dataloggers uitgelezen en is ter hoogte van de zuurstof-temperatuurmeter met behulp van een veldmeter een handmatige meting verricht van het zuurstofgehalte, de zuurstofverzadiging en de watertemperatuur. Het veldwerkprotocol en het veldwerk formulier zijn respectievelijk opgenomen in bijlagen 4 en 5.

Alle metingen zijn gedurende 14 maanden uitgevoerd. Na dit eerste 'meetjaar' is gedurende nog een jaar de waterhoogte gemeten en zijn de grindbedden 4 keer bemonsterd om de grootte van de *A. fuscipes* populatie te bepalen. Tijdens dit tweede meetjaar zijn ook per beek twee volledige macrofaunabemonsteringen uitgevoerd om een beeld te krijgen van de totale soortensamenstelling en de ecologische kwaliteit van de beken.

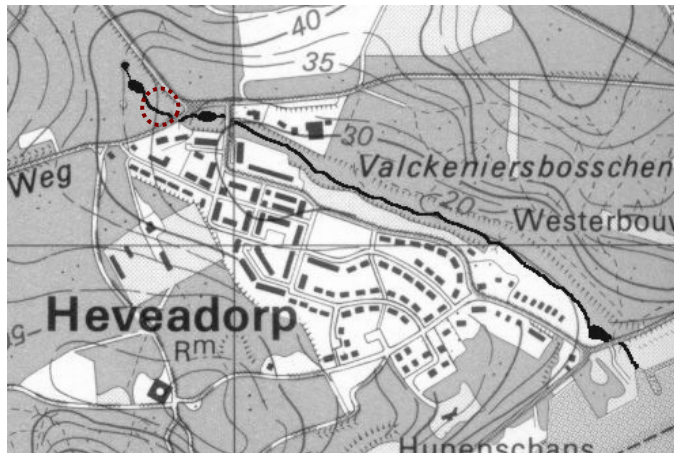
### 4.2 Beschrijving van de locaties

Alle beken zijn te karakteriseren als bovenlopen met een constante watervoering en hebben vergelijkbare dimensies. Met uitzondering van de Seelbeek ondervinden alle beken duidelijke kwel vanuit de oevers. De Veluwse beken (Seelbeek, Oude beek) liggen op de stuwwal van de Zuidoost Veluwe en de Limburgse beken (Bunderbosbeek, Strabekervloedgraaf en Platsbeek) liggen in het heuvelland van Zuid-Limburg.

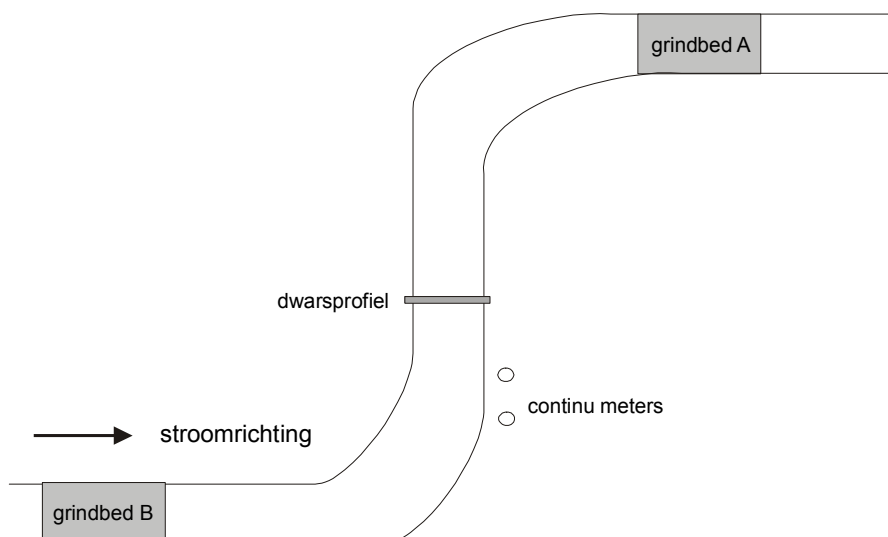
#### ***Seelbeek***

De Seelbeek is een brongevoede bovenloop met een grote *Agapetus fuscipes* populatie. De Seelbeek ligt op de zuidelijke Veluwerand ten noorden van Heveadorp (figuur 4.1) op circa 35 m +NAP en heeft een verval van circa 2.5 %. De beekbreedte in het onderzoekstraject ligt tussen de 0.6 en 1.3 m en de gemiddelde diepte is 2-7 cm. Bovenstrooms van het onderzoekstraject bevindt zich een vijver. De twee

grindbedden liggen op circa 25 m van elkaar en tussen de beide grindbedden zijn de dataloggers geïnstalleerd (figuur 4.2). Hier is ook het dwarsprofiel geplaatst. Het gehele onderzoekstraject ligt in het bos. Coördinaten: 183.88/443.21.



Figuur 4.1 Topografische kaart van de Seelbeek. Het onderzoekstraject is omcirkeld.



Figuur 4.2 Schematische weergave van het onderzoekstraject in de Seelbeek.

### **Oude beek (goede tak)**

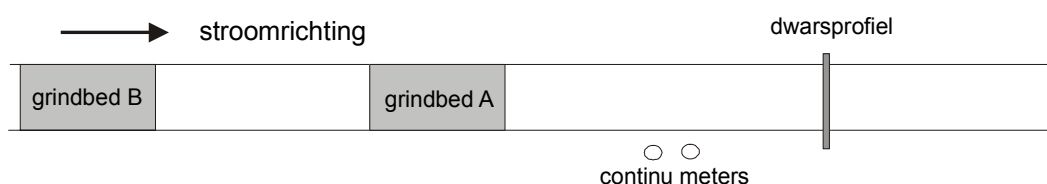
De Oude beek (goede tak) is een brongevoede bovenloop met een intermediaire *Agapetus fuscipes* populatie. De beek ontspringt aan de noordwestzijde van Beekbergen (figuur 4.3) en heeft een verval van circa 0.6 %. Het onderzoekstraject ligt op circa 25 m + NAP. De beek heeft een duidelijke oorsprong in de vorm van een vergraven helocreen broncomplex. De gemiddelde beekbreedte in het onderzoekstraject ligt tussen 0.4 en 1.3 m. De gemiddelde diepte is 5-10 cm. De twee grindbedden liggen op circa 20 m van elkaar (figuur 4.4). De dataloggers zijn enkele meters benedenstroomse van het benedenstroomse grindbed geïnstalleerd. Ook is hier het dwarsprofiel geplaatst. Het gehele onderzoekstraject ligt in een houtwal die omgeven



is door extensief beweide graslanden. In de oevers van de beek zijn meerdere bron- en kwellocaties. Coördinaten: 194.03/464.06.



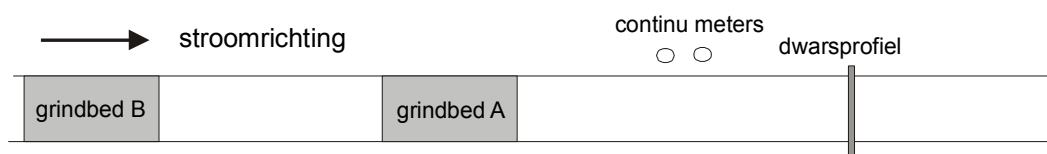
Figuur 4.3 Topografische kaart van de Oude beek (goede tak en slechte tak). Beide onderzoekstrajecten zijn omcirkeld. De bovenste cirkel betreft de goede en de onderste cirkel de slechte tak.



Figuur 4.4 Schematische weergave van het onderzoekstraject in de Oude beek (goede tak).

#### **Oude beek (slechte tak)**

De Oude beek (slechte tak) is een kwel- en sprenggevoede bovenloop zonder *Agapetus fuscipes* populatie. De beek ontspringt vlak bij de goede tak (figuur 4.3) en heeft een vergelijkbaar verval. De beek heeft geen duidelijke bron, maar begint als samenvloeiing van enkele in een agrarisch gebied gelegen kwel sloten. De gemiddelde beekbreedte in het onderzoekstraject ligt tussen de 1.0 en 1.2 m. De gemiddelde diepte is 2-7 cm. De twee grindbedden liggen op circa 3 m van elkaar (figuur 4.5). De dataloggers zijn enkele meters benedenstrooms van het benedenstroomse grindbed geïnstalleerd. Ook is hier het dwarsprofiel geplaatst. Het gehele onderzoekstraject ligt in een houtwal die omgeven is door extensief beweide graslanden. Coördinaten: 194.08/464.04.

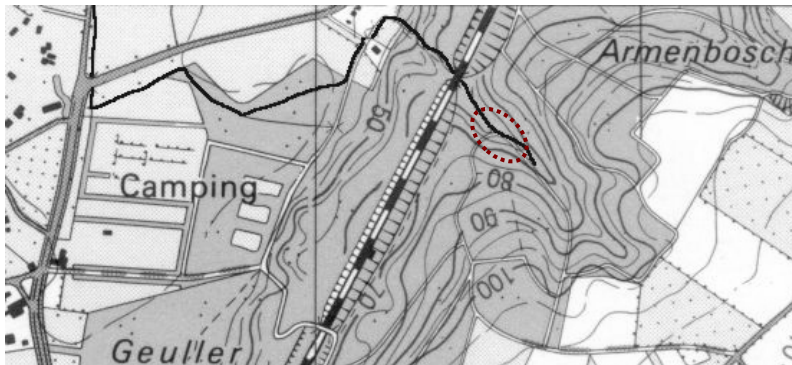


Figuur 4.5 Schematische weergave van het onderzoekstraject in de Oude beek (slechte tak).

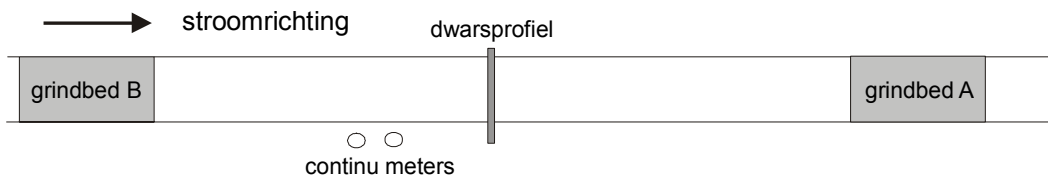
#### **Bunderbosbeek**

De Bunderbosbeek is een bron- en kwelgevoede bovenloop met een grote *Agapetus fuscipes* populatie en ontspringt tussen Geulle en Bunde op de rand van het plateau terras (figuur 4.6). Het onderzoekstraject ligt op circa 85 m+ NAP en heeft een verval van circa 10 %. De gemiddelde beekbreedte in het onderzoekstraject ligt tussen 0.4 en 2.0 m. De gemiddelde diepte is 2-4 cm. De twee grindbedden liggen op

circa 50 m van elkaar. De dataloggers zijn enkele meters benedenstrooms van het bovenstroomse grindbed geïnstalleerd (figuur 4.7). Ook is hier het dwarsprofiel geplaatst. Het gehele onderzoekstraject ligt in het bos. Coördinaten: 180.28/324.83.



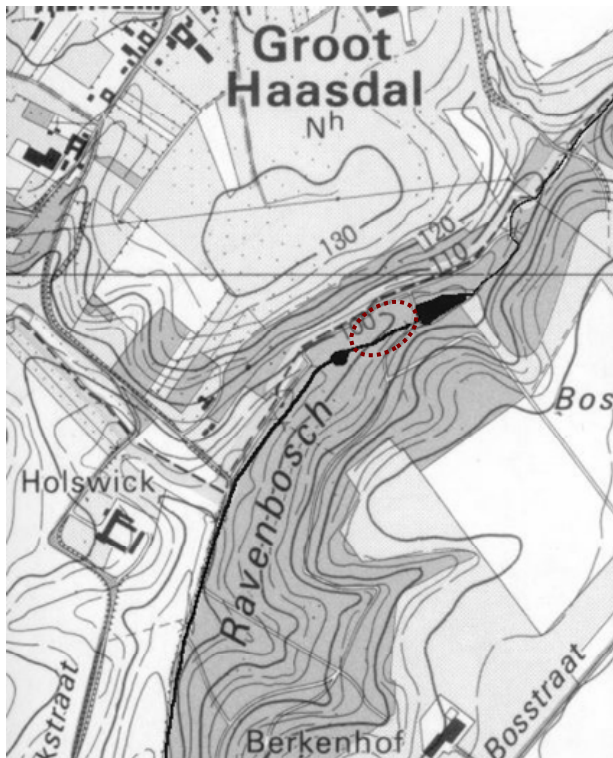
Figuur 4.6 Topografische kaart van de Bunderbosbeek. Het onderzoekstraject is omcirkeld.



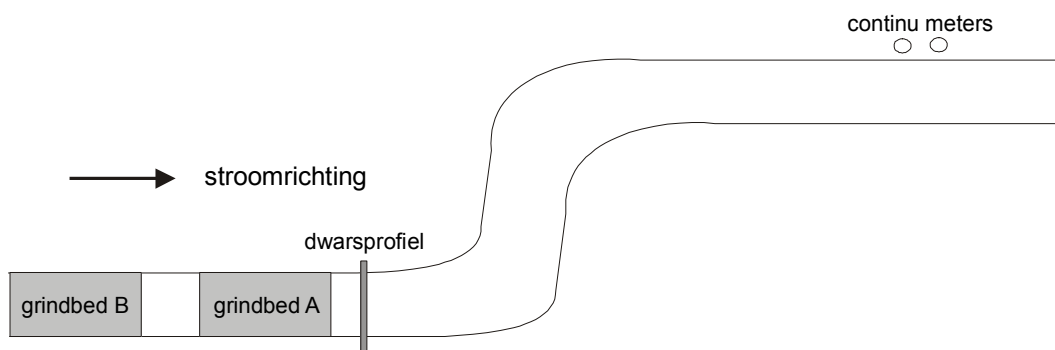
Figuur 4.7 Schematische weergave van het onderzoekstraject in de Bunderbosbeek.

### **Strabekervloedgraaf**

De Strabekervloedgraaf is een grotendeels bron- en kwelgevoede bovenloop met een intermediaire *Agapetus fuscipes* populatie en ontspringt ten zuidoosten van Groot Haasdal (figuur 4.8). Het onderzoekstraject ligt op circa 100 m+ NAP en heeft een verval van circa 3 %. De gemiddelde beekbreedte in het onderzoekstraject ligt tussen 0.4 en 1.2 m. De gemiddelde diepte is 1-5 cm. De twee grindbedden liggen op circa 8 m van elkaar. In eerste instantie waren de dataloggers direct benedenstrooms van het benedenstroomse grindbed geïnstalleerd. Nadat deze locatie te gevoelig voor vandalisme bleek te zijn, is de meetlocatie enkele tientallen meters stroomafwaarts geplaatst. Het dwarsprofiel is wel direct benedenstrooms van het benedenstroomse grindbed geplaatst (figuur 4.9). Het gehele onderzoekstraject ligt in het bos. Zowel bovenstrooms als benedenstrooms van het onderzoekstraject stroomt de beek door een vijver. Coördinaten: 185.65/321.90.



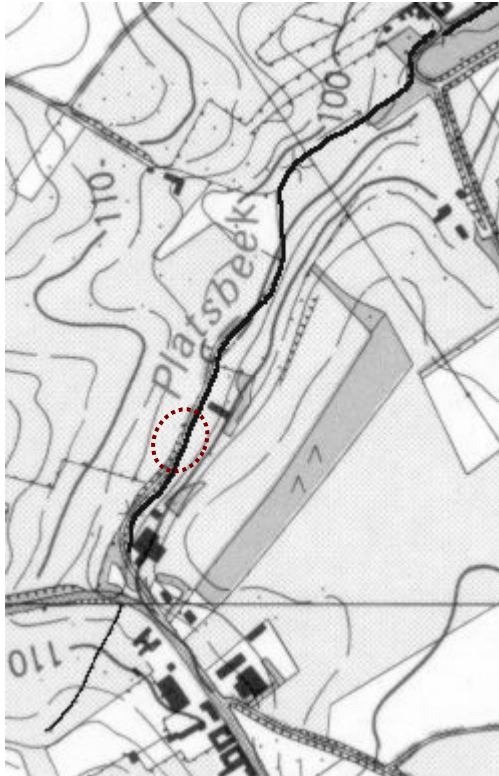
Figuur 4.8 Topografische kaart van de Strabekervloedgraaf. Het onderzoekstraject is omcirkeld.



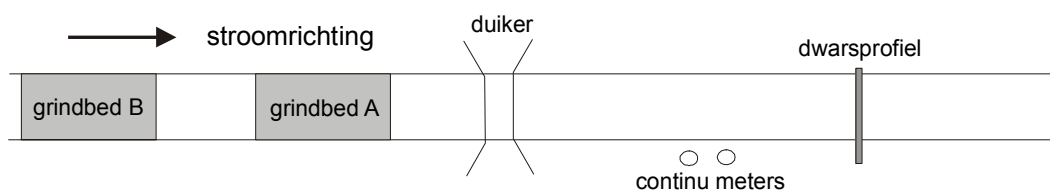
Figuur 4.9 Schematische weergave van het onderzoekstraject in de Strabekervloedgraaf.

### **Platsbeek**

De Platsbeek is een kwelgevoede bovenloop die ontspringt uit een complex van kwel sloten aan de noordwestrand van het dorp Aalbeek (figuur 4.10). De beek bevat geen *Agapetus fuscipes*. Het onderzoekstraject ligt op circa 100 m+ NAP en heeft een verval van circa 3 %. De gemiddelde beekbreedte in het onderzoekstraject ligt tussen 0.4 en 1.6 m. De gemiddelde diepte is 2-4 cm. De twee grindbedden liggen op circa 20 m van elkaar. De dataloggers zijn circa 20 meter benedenstrooms van het benedenstroomse grindbed geïnstalleerd. Ook is hier het dwarsprofiel geplaatst (figuur 4.11). Het onderzoekstraject is grotendeels omgeven door een houtwal. Coördinaten: 187.40/ 324.18.



Figuur 4.10 Topografische kaart van de Platsbeek. Het onderzoekstraject is omcirkeld.

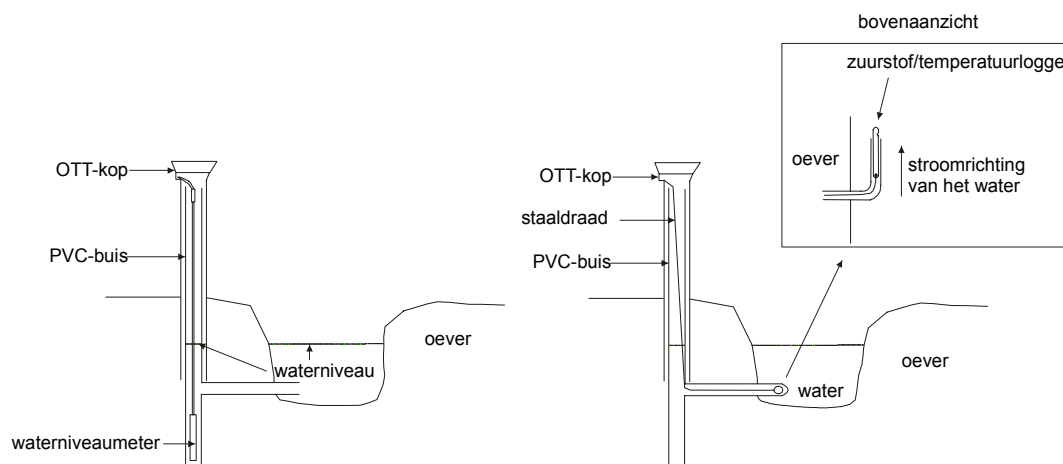


Figuur 4.11 Schematische weergave van het onderzoekstraject in de Platsbeek.

### 4.3 Dataloggers

In de oevers van de beken zijn op ongeveer 0.5 m vanuit de oever 2 pvc peilbuizen ingegraven. De buizen hebben een totale lengte van circa 1.40 m en een doorsnede van 5 cm. Op circa 80 cm vanaf de bovenzijde is met behulp van een T-stuk een horizontale pvc-pijp gemonteerd zodat er een dwarsverbinding naar de beek is gecreëerd. Het op deze wijze ontstane systeem van communicerende vaten zorgt ervoor dat de waterstandswisselingen in de beek corresponderen met het waterniveau in de peilbuizen. De peilbuizen zijn zo ingegraven dat de onderzijden van de horizontale pvc-pijpen van de dwarsverbindingen ter hoogte van de beekbodem uit de oever steken. Het pvc gedeelte dat zich boven de dwarsverbinding bevindt, is tegen vandalisme beschermd met behulp van een roestvrijstalen omhulsel. De bovenzijden van de peilbuizen zijn afgesloten met een afsluitbare deksel van de firma OTT-Messtechnik.

In 1 peilbuis is een waterniveaumeter gehangen die continu het waterniveau in de peilbuis registreert (figuur 4.12). In de andere peilbuis is een staalkabel aangebracht die aan de binnenzijde van de peilbuis is bevestigd en door de dwarsverbinding uitmond in de beek. De dwarsverbinding van deze peilbuis is verder uitgebreid met een hoekstuk van 90 ° en een extra stukje pijp van circa 20 cm. In dit extra stukje pijp is aan de staalkabel een zuurstof-temperatuurmeter bevestigd (figuur 4.12).



Figuur 4.12 Schematische weergave van de waterhoogtemeter (links) en de gecombineerde temperatuur/zuurstofmeter (rechts) in de veldopstelling.

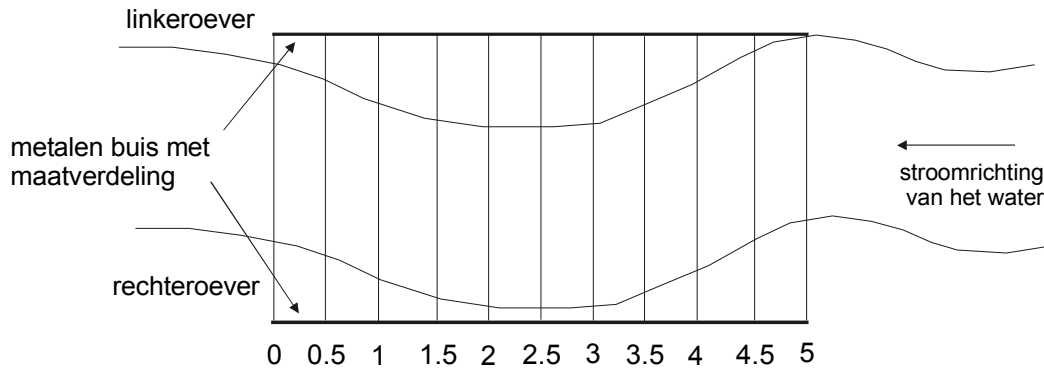
De gebruikte waterniveau-meter is de mini-Troll model ssp-100 (In-Situ inc). Deze barometrisch gecompenseerde waterniveau-meter bezit een druksensor voor de range van 0-103 kPa wat overeenkomt met circa 11 meter waterkolom. De nauwkeurigheid over het gehele bereik is 0.2 %. Het waterniveau wordt gegeven in meters.

De gebruikte zuurstof-temperatuurmeter is de OTD-Diver (Van Essen Instruments). Deze OTD-diver heeft een sensor die is voorzien van een speciale coating. De coating wordt korte tijd belicht en de aanwezige concentratie zuurstof in het water bepaalt het fluorescerende gedrag van deze coating. Door de duur en de intensiteit van de fluorescentie te meten kan de OTD-Diver de zuurstofconcentratie in de range van 0 tot 20 mg/l bepalen met een nauwkeurigheid van  $\pm 0.1$  mg/l. Naast de zuurstofsensoren bevat de OTD-Diver een temperatuursensor met een nauwkeurigheid van 0.1 °C en een niet barometrisch gecompenseerde druksensor. Beide dataloggers zijn met de bijgeleverde Windows-applicaties geprogrammeerd en uitgelezen. Het gehanteerde meetinterval voor beide meters was 15 minuten. Gedurende elk veldbezoek zijn de beide meters uitgelezen en schoongemaakt wanneer dat nodig bleek te zijn.

#### 4.4 Kartering en bemonstering van de grindbedden

Per beek zijn twee trajecten van 5 meter lengte gekozen waarin zich grindbedden bevonden. De vier hoekpunten van de trajecten zijn met behulp van paaltjes in de

oevers gemarkeerd. Tijdens de veldbezoeken zijn de paaltjes in de lengterichting onderling verbonden met een metalen buis waarop om de 0.5 m een markering is aangebracht. Op deze wijze is op beide oevers een maatverdeling verkregen waarmee een permanent denkbeeldig raster over het traject kan worden gelegd (figuur 4.13).



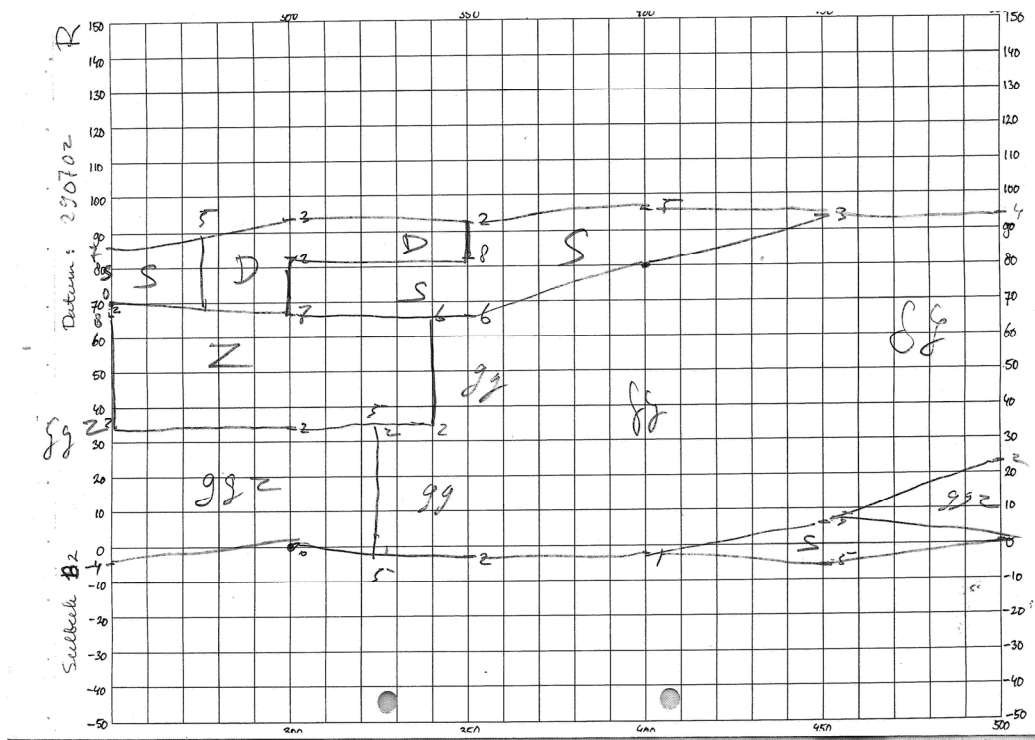
Figuur 4.13 Opstelling voor kartering van de substraten in een 5 m traject van de beek.

Door een lat met een maatverdeling (in cm) dwars op de beide buizen te leggen, zijn de locaties van de substraatovergangen binnen het grindbed nauwkeurig aangegeven. De substraatovergangen zijn genoteerd op een papier met rasterverdeling, zodat een plattegrond van het grindbed is verkregen (figuur 4.14). In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de onderscheiden substraten.

Tabel 4.1 Opgenomen substraten.

basissubstraten	code	mengsubstraten	code
zand	z	grof grind slib	ggs
grof grind	g	grof grind detritus	ggd
fijn grind	fg	grof grind zand	ggd
grof detritus, blad en takken	d	fijn grind slib	fgs
slib of fijn detritus	s	fijn grind detritus	fgd
oever	oev	fijn grind zand	fgd

De onderscheiden basissubstraten staan links in de tabel. Wanneer een grindsubstraat bedekt is met een ander substraat maar het grind is nog wel herkenbaar is dit grindsubstraat als mengsubstraat aangemerkt. De grens tussen grof en fijn grind ligt rond de 5 mm. Wanneer zowel grindkorrels < 5 mm als grindkorrels > 5 mm zijn aangetroffen, is het desbetreffende substraat genoteerd als grof grind.



Figuur 4.14 Voorbeeld van een ingetekend substraatpatroon van een 5 m traject.

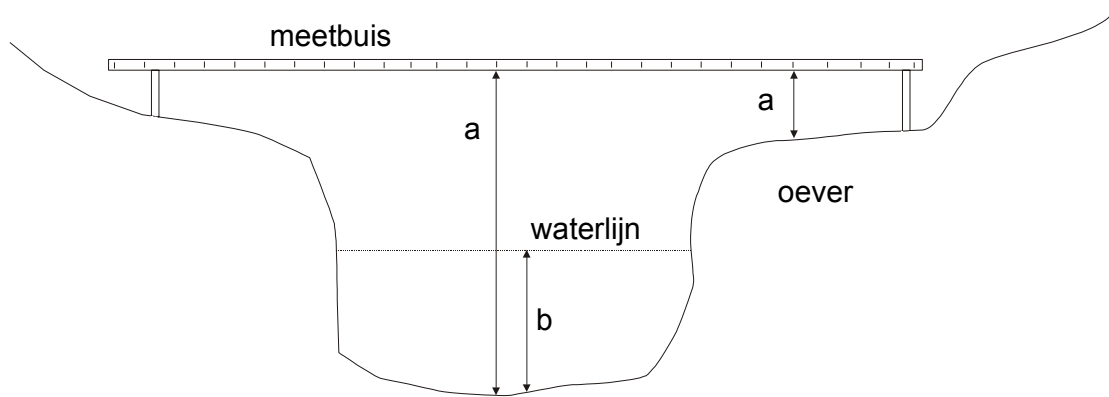
## 4.5 Dwarsprofiel en verval metingen

In de directe nabijheid van de dataloggers is elke 2 weken een dwarsprofiel ingemeten. Hiertoe is een permanente meetplek ingericht door aan weerszijden van de beek een paaltje te slaan waarover een buis met maatverdeling kan worden gelegd. Met behulp van deze maatverdeling is om de 10 cm de waterdiepte en om de 20 cm de stroomsnelheid (3 herhaalde metingen) gemeten. Nabij het dwarsprofiel zijn met een WTW oxy 330 zuurstofmeter het zuurstofgehalte, de zuurstofverzadiging en de watertemperatuur gemeten en is een watermonster genomen.

Om de continue geregistreerde waterhoogten om te kunnen rekenen naar afvoeren is aan het einde van de meetperiode op de exacte locatie van de waterniveaumeter met behulp van een buis met schaalverdeling het dwarsprofiel ingemeten (figuur 4.15). Hiertoe is de buis waterpas en dwars over de beek gelegd en is voor het gehele profiel de om de 10 cm de afstand tussen de bodem en de buis opgemeten (a). Op die locaties waar de beek water voerde is tevens de afstand van de beekbodem naar het wateroppervlak gemeten (b).

Met behulp van de tweewekelijkse dwarsprofielmetingen is per opnamedatum de afvoer berekend. Voor deze berekening is de 'mid-section methode' toegepast, zoals beschreven in het Handboek debietmeten in open waterlopen (Stowa 1994).

Met behulp van een slang van 10 m is ter hoogte van de waterniveaumeter het waterlijnverhang gemeten. Hiertoe is de slang 5 m bovenstrooms van de meter in het water gelegd en afgerold tot 5 m benedenstrooms van de waterniveaumeter. De slang is vervolgens helemaal gevuld met water en het benedenstroomse uiteinde is zover boven water gehouden totdat er geen water meer uit stroomde. Door nu de afstand tussen het wateroppervlak en de bovenzijde van waterkolom in de slang te meten is het waterlijn-niveaoverschil over 10 meter bepaald.



*Figuur 4.15 Meting van het dwarsprofiel ter plekke van de waterhoogtemeter.*

#### **4.6 Chemische samenstelling van het water**

De watermonsters zijn na de bemonstering direct op het laboratorium ingevroren. Per beek is van iedere maand een watermonster geanalyseerd op calcium, chloride, carbonaat, totale hardheid, waterstofcarbonaat, kalium, magnesium, totaal stikstof Kjeldahl, natrium, ammonium, nitriet, nitraat, ortho-fosfaat, totaal fosfaat, sulfaat en ijzer. De analyses zijn uitgevoerd door het Hydron Advies & Diensten uit Utrecht. Het laboratorium van Hydron Advies & Diensten heeft een operationeel kwaliteitssysteem dat is gebaseerd op NEN-EN-ISO/IEC 17025 en het overgrote deel van de analyses zijn geaccrediteerd door STERLAB.

Van de overige watermonsters zijn alleen de pH en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) bepaald in het laboratorium.

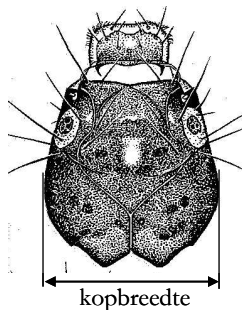
#### **4.7 Bemonstering van de grindbedden**

Bij elk veldbezoek zijn na de kartering binnen de grindtrajecten drie grindmonsters genomen. Hierbij zijn de aanwezige dieren samen met het grind verzameld. De exacte locaties van de bemonsteringen, het substraattype, de stroomsnelheid (3 herhaalde metingen) en de waterdiepte zijn genoteerd. De monsters zijn genomen met een monsterschep met een monsteroppervlak van 45 cm<sup>2</sup>. Bij het bemonsteren is alleen de grindlaag meegenomen, niet het onderliggende substraat.



Na bemonstering zijn de monsters overgebracht in kleine afsluitbare plastic bakjes en gedurende 1 nacht onder beluchting bewaard bij 5 °C. Hierna zijn de monsters gezeefd over een zeef met een maaswijdte van 0,16 mm en zijn ze boven een lichtbak uitgezocht. Alle *Agapetus fuscipes* en andere macrofauna die van nature op stenige substraten voorkomt, zijn geconserveerd in 70 % ethanol. *A. fuscipes* is gescheiden van de overige macrofauna opgeslagen. De aantallen van de niet opgeslagen macrofaunataxa zijn per taxonomische hoofdgroep genoteerd. De grindmonsters die in de periode van 11 februari 2002 tot en met 3 juni 2002 zijn genomen, zijn op korrelgrootte geanalyseerd.

Van alle *Agapetus fuscipes* die verzameld is tijdens de tweewekelijkse grindbemonsteringen is met behulp van een meetoculair de maximale kopbreedte (figuur 4.16) bepaald. De metingen zijn verricht bij een vergroting van 50 maal. Het meetoculair is bij deze vergroting met behulp van een objectmicrometer geijkt.



Figuur 4.16 Kop van *Agapetus fuscipes* met daarin aangegeven de gemeten kopbreedte.

#### 4.8 Korrelgrootteanalyse

Voor de korrelgrootteanalyse is het grind bij 100 °C gedroogd in een droogstoof en per grindbed samengevoegd. Hierna zijn de samengevoegde monsters gefractioneerd volgende de Wentworth-classificatie (Wentworth, 1922). In deze classificatie is elke korrelgroottefractie 2 maal de voorgaande. Voor de analyse is gebruik gemaakt van een set zeven met een doorsnede van 20 cm. De gebruikte maaswijdten zijn: 1, 2, 4, 8, 16 en 32 mm. De monsters zijn gefractioneerd door ze 20 minuten te laten schudden op een schudapparaat. Stenen met een diameter > 32 mm zijn met een liniaal opgemeten om in te kunnen delen in de klassen 32-64 mm of 64-128 mm.

#### 4.9 Complete macrofaunabemonstering

Er is twee maal van alle beken een inventariserend macrofaunamonster genomen. De bemonsteringen zijn uitgevoerd met een micro-macrofaunaschep (Tolkamp, 1980). Naar gelang de grindvariatie in de beek zijn er van het grind 3 tot 4 scheppen genomen. Van zand zijn 2 scheppen genomen en van de organische substraten in

totaal 3. De grindmonsters zijn apart van de overige habitats bewaard en ook apart verwerkt.

De monsters zijn vanuit het veld naar het laboratorium vervoerd in plastic emmers en zijn gedurende 1 nacht bij 5 °C onder beluchting bewaard. De monsters zijn gespoeld over een 1 en 0.25 mm zeef en vervolgens uitgezocht. Voor de gevolgde procedure voor het bemonsteren van macrofauna, het spoelen en uitzoeken van een macrofaunamonster en het determineren van macrofauna wordt verwezen naar de standaardwerkvoorschriften (Alterra SWV-301 t/m 304). De dieren zijn voor zover mogelijk gedetermineerd tot op soort. Voor iedere soort is de zeldzaamheidsklasse opgezocht in Nijboer & Verdonschot (red., 2001).

#### **4.10 Bepaling van de ecologische kwaliteit**

Met behulp van de complete macrofaunamonsters is de ecologische kwaliteit van de beken bepaald. Hiervoor is het AQEM beoordelingsprogramma gebruikt (Vlek, 2003, Vlek et al., 2004). Dit programma berekent de ecologische kwaliteitsklasse voor een monster (hiervoor worden de soortensamenstelling en de abundanties van de soorten gebruikt) aan de hand van een aantal indexen. De uiteindelijke kwaliteit kan variëren van klasse 1 (slechte ecologische kwaliteit) tot klasse 5 (hoge ecologische kwaliteit).

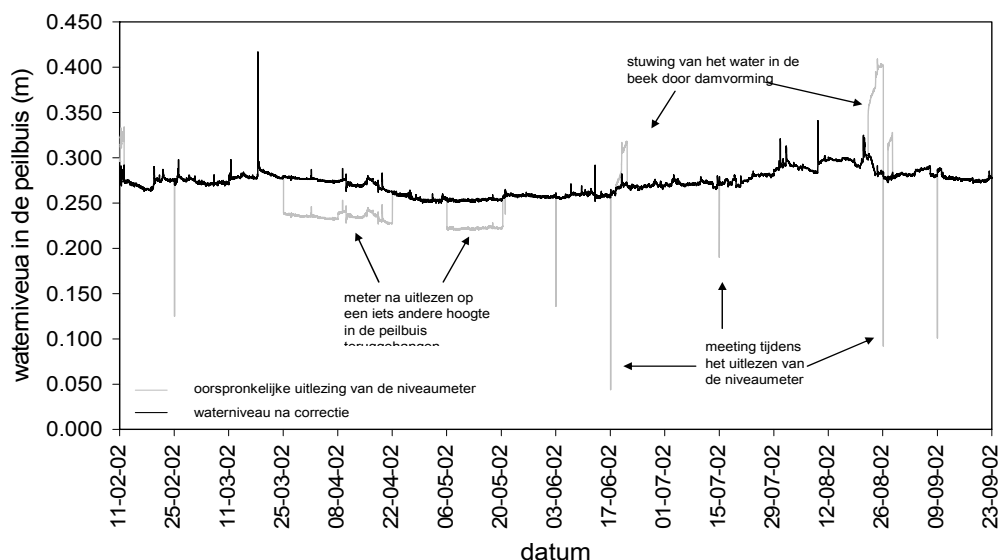
#### **4.11 Digitalisering van de substraatpatronen**

De plattegronden die in het veld van de grindbedden zijn gemaakt, zijn op juistheid en volledigheid gecontroleerd en daarna overgetekend op millimeterpapier. Op deze nieuwe plattegronden zijn ook de exacte locaties van de grindmonsters ingetekend. Deze plattegronden ingescand zijn in ArcInfo gedigitaliseerd en in ArcGrid is een raster van gridcellen toegevoegd (cellen van 10 bij 10 cm beekbodempoppervlak). De output van ArcGrid is ingelezen in een Access-database zodat er eenvoudig berekeningen konden worden uitgevoerd. Per grindbed zijn de oppervlakken per substraat per opname berekend. Per grindbed is vervolgens per cel bepaald wat het meest voorkomende substraat was en hoe vaak een cel tijdens de meetperiode van substraat wisselde. Hierdoor zijn per grindbed meer en minder stabiele zones aan te wijzen.

#### **4.12 Berekening van de afvoer**

Alle waterniveaugegevens zijn uitgezet tegen de tijd. Met behulp van deze grafische presentatie zijn discontinuïteiten in het algemene patroon opgespoord en gecorrigeerd. Veel voorkomende discontinuïteiten waren: meetfouten die ontstonden, doordat de meter metingen verrichtte terwijl het apparaat werd uitgelezen, kleine verschuivingen in het basisniveau die optraden, omdat het niet altijd goed mogelijk was om de meter op exact dezelfde hoogte in de peilbuis terug te

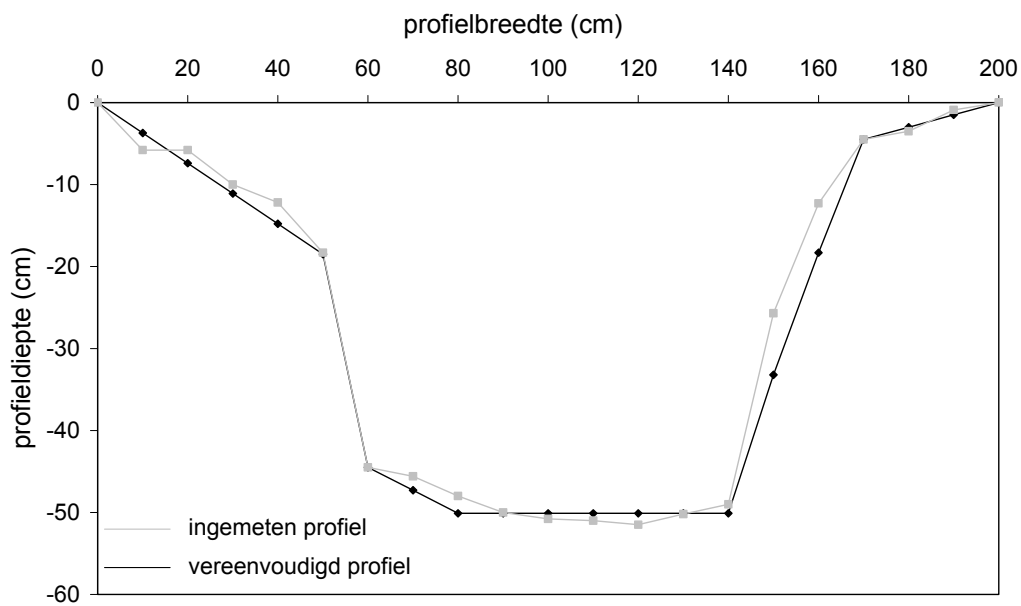
hangen of door stuwung in de beek (bijvoorbeeld door de vorming van dammetjes) zodat er geen eenduidige relatie meer bestond tussen waterniveau en afvoer (figuur 4.17).



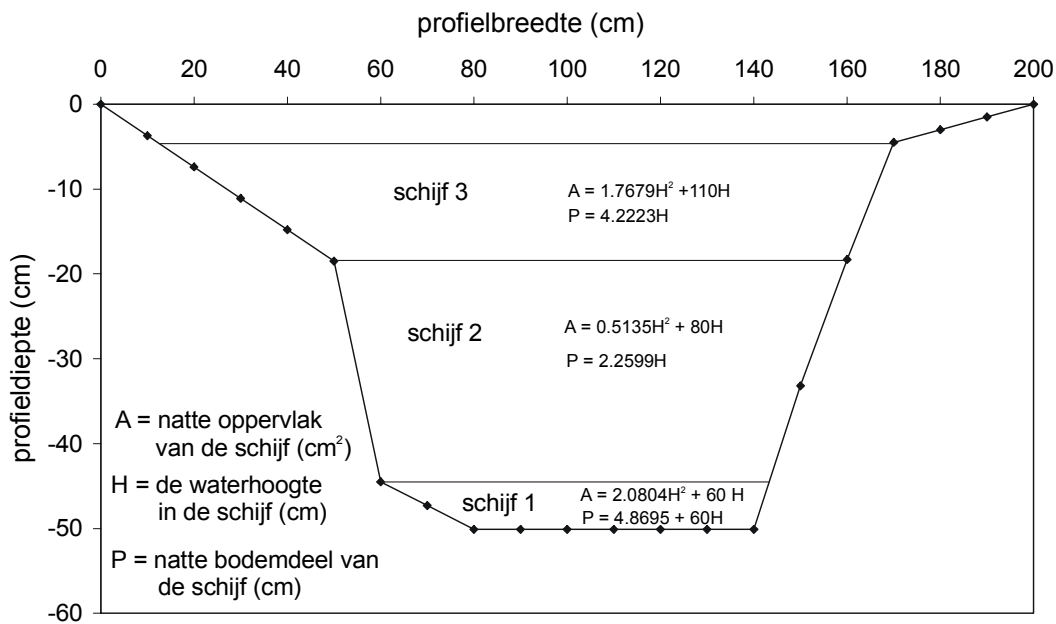
Figuur 4.17 Correcties in gemeten waterhoogtes.

Om de gecorrigeerde waterhoogtes om te rekenen naar afvoeren is gebruik gemaakt van de “Slope Area methode” zoals beschreven in het handboek Hydrometry (Boiten, 2000). Deze methode maakt gebruik van de volgende parameters: de ruwheidsfactor van Manning, de natte doorsnede, de hydraulische straal en het waterlijnverhang. Om voor de gehele meetperiode de natte doorsnede en de hydraulische straal te kunnen reconstrueren, zijn alle dwarsprofielen die op de locatie van de waterniveaumeter zijn gemeten grafisch uitgezet en vervolgens geschematiseerd. Dit houdt in dat het van nature grillige verloop van de bodem en oever is teruggebracht tot een vereenvoudigd profiel dat is te ontleden rechthoekige en driehoekige componenten waarvan het oppervlak eenvoudig is te berekenen (figuur 4.18).

Afhankelijk van het profiel is elk profiel ingedeeld in twee tot vijf schijven waarbinnen een eenduidig verband bestaat tussen het waterniveau en de natte doorsnede (figuur 4.19). In de praktijk betekent dit dat elke schijf is te ontleden in een rechthoek en twee (eenmaal drie) driehoeken. Door nu bij vijf verschillende waterhoogten binnen een schijf het natte oppervlak te berekenen is per schijf middels een regressieanalyse de relatie tussen de natte doorsnede en het waterniveau in de schijf berekend. Er is gebruik gemaakt van een tweedegraads polynoom vergelijking, omdat deze vergelijking de relatie altijd met een  $R^2$  van 1 beschrijft en er zo geen negatieve waarden kunnen ontstaan bij hele lage waterniveaus. Per schijf is ook de relatie berekend tussen het waterniveau in een schijf en het daarbij behorende contactoppervlak met bodem en oever. Deze natte perimeter is nodig om de hydraulische straal te kunnen berekenen.



Figuur 4.18 Gemeten en vereenvoudigd dwarsprofiel.



Figuur 4.19 Bepaling van schijven en berekening van de waterhoogte, het natte oppervlak en het natte bodemdeel per schijf.

Het waterniveau dat de dataloggers registreren is het waterniveau in de peilbuis waarin de meters zijn geplaatst. Dit waterniveau in de peilbuis moet worden teruggerekend naar waterniveau in het gemodelleerde profiel van de beek. Door nu de afvoer die bepaald is op de dag van de dwarsprofielmeting te vergelijken met de eerder gemeten afvoeren kan er een meetdag worden gevonden met een vergelijkbare

afvoer. Op die meetdag is de gemeten waterhoogte gelijk gesteld aan de waterhoogte in het gemodelleerde profiel dat gemeten is op de dag van de meting van het dwarsprofiel. De correctie die op die meetdag is uitgevoerd is voor de gehele meetperiode doorgerekend. Per beek is aan de hand van de gecorrigeerde waterhoogte de mate van vulling per schijf bepaald. Vervolgens is de totale natte doorsnede en de totale hydraulische straal per meting berekend. De zo berekende afvoer is vergeleken met de incidenteel gemeten afvoeren. Door aanpassing van de ruwheidfactor is de berekende afvoer zo goed mogelijk aangepast aan de gemeten afvoeren. Zie bijlage 6 voor een overzicht van de gebruikte formules en parameters.

#### 4.13 Verwerking van de berekende afvoeren

De gegevensreeksen van de berekende afvoeren zijn aan de hand van de veldbezoeken opgedeeld in 31 periodes. Deze periodes geven de hydrologie weer tussen twee grindbedopnamen in en starten om 8:00 op de dag van een grindbedopname en lopen tot 8:00 uur op de dag van de volgende grindbedopname. Deze periodes beslaan in principe een tijdsperiode van 14 dagen (1344 waarnemingen), maar zijn incidenteel wel eens een dag langer of korter wanneer een veldbezoek een dag eerder of later plaatsvond.

Van de gehele meetperiode is de mediane afvoerwaarde bepaald. Vervolgens is per deelperiode onderzocht hoe vaak de afvoer deze mediane waarde over- en onderschrijdde. Ook is de mate van over- en onderschrijding bepaald. Hiertoe zijn 16 over- en onderschrijdingsklassen gedefinieerd (tabel 4.2). Vervolgens is voor elke periode bepaald hoe vaak de afvoer in een bepaalde klasse terecht kwam.

Tabel 4.2 Over- en onderschrijdingsklassen voor de afvoer.

overschrijdingsklasse		onderschrijdingsklasse	
code	grenzen	code	grenzen
OV1	$\geq$ mediaan en $<$ 1.5 x mediaan	ON1	$\leq$ mediaan en $<$ 0.75 x mediaan
OV2	$\geq$ 1.5 x mediaan en $<$ 2 x mediaan	ON2	$\leq$ 0.75 x mediaan en $<$ 0.5 x mediaan
OV3	$\geq$ 2 x mediaan en $<$ 4 x mediaan	ON3	$\leq$ 0.5 x mediaan en $<$ 0.25 x mediaan
OV4	$\geq$ 4 x mediaan en $<$ 8 x mediaan	ON4	$\leq$ 0.25 x mediaan en $<$ 0.125 x mediaan
OV5	$\geq$ 8 x mediaan en $<$ 16 x mediaan	ON5	$\leq$ 0.125 x mediaan en $<$ 0.0625 x mediaan
OV6	$\geq$ 16 x mediaan	ON6	$\leq$ 0.0625 x mediaan

#### 4.14 Verwerking van de continue geregistreeerde temperatuur

Net als bij de waterniveaugegevens zijn alle temperatuurgegevens uitgezet tegen de tijd om discontinuïteiten op te sporen en te corrigeren. De enige discontinuïteiten bleken incidentele metingen van de luchttemperatuur te zijn die geregistreerd waren tijdens het uitlezen van de meter. Deze waarden zijn uit de dataset verwijderd en vervangen door het gemiddelde van de meting een kwartier eerder en een kwartier later.

De gegevenreeksen van de temperatuur zijn vervolgens in dezelfde perioden ingedeeld als de metingen van de waterhoogte. Voor de analyse van de gegevens is de minimum, gemiddelde en maximum dagtemperatuur berekend. Tevens is de fluctuatie per dag bepaald.

#### 4.15 Groei-experiment

De vier veldbeken waarin *A. fuscipes* voorkomt hebben een verschillend verloop in temperatuur. Ook verschillen het tijdstip van emergentie van *A. fuscipes* en de grootte van de individuen. Om te onderzoeken of deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in watertemperatuur of wellicht een andere oorzaak hebben, is een groei-experiment uitgevoerd. In dit experiment is onderzocht of er een relatie bestaat tussen de watertemperatuur en de groeisnelheid van *Agapetus fuscipes*. Dit experiment is uitgevoerd in een kunstbekenlaboratorium. Hierin staan zes kunstbeeksystemen van 3 m lang en 20 cm hoog (figuur 4.20) opgesteld. Elk systeem bestaat uit 4 stroomgoten van 15 cm breed waarin de stroomsnelheid en het waterniveau afzonderlijk kunnen worden geregeld. Elke stroomgoot is verdeeld in 16 vakken van 15 bij 15 cm. Van elke beek kan de temperatuur worden ingesteld in de range van ca. 8 °C tot ca. 20 °C. Onder de beken bevindt zich een voorraadbak waarin water zit dat door 4 pompen in de goten kan worden rondgepompt. Wanneer het water de goten weer verlaat wordt het opgevangen in de voorraadbak. Elk systeem is voorzien van een waterverdeelstuk, dat ter hoogte van elke goot een kraan bevat, zodat elke goot afzonderlijk van water kan worden voorzien. Aan beide zijden van het waterverdeelstuk bevindt zich een kraan die als bypass dient. Een lager debiet kan worden verkregen door een pomp uit te schakelen, of door het overtollige water via een bypass in de voorraadbak te laten stromen. Aan het einde van de stroomgoten loopt het water weer terug in de voorraadbak. Het water in de voorraadbak wordt op temperatuur gehouden door gekoeld water vanuit een waterkoelbak door koelspiralen te pompen. Een uitgebreide beschrijving en handleiding van de kunstbeken staat beschreven in Van den Hoorn (2004).



Figuur 4.20 Het kunstbekenlaboratorium.

Alle kunstbeken zijn voorzien van een laagje gewassen zand van circa 5 cm dik. Op dit zand is grind aangebracht met een korrelgrootte van 0.5 tot 3 cm. De 4 meest bovenstroomse units zijn door middel van een schuifje met gaas afgescheiden van de rest van de stroomgoot. Dit deel van de stroomgoot is ingericht als voedselcompartiment. In dit voedselcompartiment bevindt zich een litterbag met bladeren en een plant van de soort *Berula erecta*. Verder is elk voedselcompartiment geënt met ca. 25 *Gammarus pulex* individuen. Het blad en de dode delen van de plant worden door de *Gammarus pulex* omgezet in fijn organisch materiaal dat zich verder op in de kunstbeek afzet en als voedsel dient voor *Agapetus fuscipes*. Door de aangelegde grindbedden te mengen met grind uit de onderzochte veldbeken zijn de aangelegde grindbedden geënt met fyto-benthos die van nature voorkomt in beken waarin *Agapetes fuscipes* leeft. Voordat het experiment startte zijn de kunstbeken gedurende enkele weken gestabiliseerd. Gedurende deze periode is de watertemperatuur op 12 ° C ingesteld. Zowel gedurende de stabilisatieperiode als gedurende het experiment is het lichtregime elke vrijdag gelijk gesteld aan de actuele astronomische daglengte. De stroomsnelheid in elke goot is ingesteld op ca. 10 cm/s.

Op 2 december 2002 is in de Oude beek en de Seelbeek *Agapetus fuscipes* verzameld en op 9 december in de Strabekervloedgraaf en de Bunderbosbeek. In het laboratorium zijn de individuen van *Agapetus fuscipes* per beek verdeeld over 8 deelmonsters van elk 50 individuen. Hiervoor zijn de dieren eerst ingedeeld in drie op het oog onderscheiden grootteklassen en zijn van iedere klasse voor iedere beek evenveel dieren in de deelmonsters gedaan. Van de 8 deelmonsters zijn er 6 gebruikt voor het experiment en zijn er 2 gebruikt om de gemiddelde kopbreedte van de startpopulatie te bepalen. Door middel van loting is bepaald welke deelmonsters zijn gebruikt voor het bepalen van de kopbreedte van de startpopulatie en welk deelmonster er in welke kunstbeek terecht is gekomen. De dieren zijn op stenen in het tweede vak na het voedselcompartiment geplaatst. Nadat alle goten van alle beken waren voorzien van *Agapetus fuscipes* is per dag de temperatuur 0.2 °C gewijzigd totdat de uiteindelijke temperatuur was bereikt. In tabel 4.3 is een overzicht gegeven van de opzet van het experiment.

Tabel 4.3 Opzet van het temperatuur-groei experiment.

kunstbeek	temperatuur (°C)	goot 1	goot 2	goot 3	goot 4
1	8	bu	st	se	og
2	12	st	bu	se	og
3	16	se	og	st	bu
4	8	og	st	bu	se
5	12	se	st	bu	og
6	16	bu	og	se	st

Gedurende de looptijd van het experiment zijn de beken elke werkdag gecontroleerd en zijn de gaasjes van de schuifjes die aan het begin en het einde van het experimentele gedeelte van de kunstbeek staan regelmatig schoongemaakt. Op het moment dat de eerste *Agapetus fuscipes* poppen werden gesignaleerd zijn alle *Agapetus fuscipes* individuen verzameld en is van alle individuen de kopbreedte bepaald. Dit was op 11 februari 2003.

#### 4.16 Experiment emergentie in relatie tot waterdiepte

*Agapetus fuscipes* komt in Nederland voornamelijk voor in relatief snelstromende bovenloopjes van beken. De poppen bevinden zich vooral op stenen vlak onder het wateroppervlak. Wanneer de dieren uit de pop kruipen en op zoek gaan naar een boven het water uitstekende structuur om uit te vliegen lopen ze het risico met het water mee te worden gesleurd om pas ver van hun eigenlijke habitat daadwerkelijk uit te kunnen vliegen. Om inzicht te krijgen in de invloed van waterdiepte, stroomsnelheid en emerse structuren op het emergentiesucces van *Agapetus fuscipes* is een aantal poppen onder verschillende omstandigheden ingezet en is twee maal per dag het aantal adulten geteld.

Het experiment is gedeeltelijk uitgevoerd in het kunstbekenlaboratorium en gedeeltelijk in een klimaatcel. In het kunstbekenlaboratorium is geëxperimenteerd met stroomsnelheid, waterniveau en emerse structuren. In de klimaatcel is geëxperimenteerd in aquaria en in dit experiment is gekeken naar grotere waterdiepten en emerse structuren.

Stenen met een vergelijkbaar aantal poppen zijn geplaatst in negen aquaria, waarvan drie zonder structuren, drie met een schuine oever en drie met een tak (tabel 4.4). Iedere groep van drie aquaria bestond uit een aquarium met poppen die zich vlak boven het wateroppervlak bevonden (maximaal 1 cm), een aquarium met poppen die zich vlak onder het wateroppervlak bevonden (1 a 2 cm) en een aquarium met poppen die zich op grotere diepte (20 cm) bevonden. De dieren bevonden zich in alle aquaria op dezelfde afstand van de tak of schuine oever. De aquaria zijn belucht en geplaatst in de klimaatkamer bij 20 °C. Iedere dag is het aantal volwassenen dat is uitgevlogen in ieder aquarium geteld. De volwassenen zijn gevangen en losgelaten in de ronde kunstbeek voor het opkweken van larven.

Tabel 4.4 Experimentele opzet van het emergentie-onderzoek in de aquaria.

structuur	diepte	serie	aantal poppen
met tak	ondiep (3 cm)	a	18
met tak	matig diep (6 cm)	a	22
met tak	diep (9 cm)	a	27
met tak	zeer diep (30 cm)	a	28
met tak	ondiep (3 cm)	b	28
met tak	matig diep (6 cm)	b	24
met tak	diep (9 cm)	b	23
met tak	zeer diep (30 cm)	b	27
zonder tak	ondiep (3 cm)	a	22
zonder tak	matig diep (6 cm)	a	19
zonder tak	diep (9 cm)	a	32
zonder tak	zeer diep (30 cm)	a	28
zonder tak	ondiep (3 cm)	b	25
zonder tak	matig diep (6 cm)	b	35
zonder tak	diep (9 cm)	b	31
zonder tak	zeer diep (30 cm)	b	29



In de kunstbeken is eveneens het emergentiesucces bij verschillende diepten met en zonder uitkruipstructuren (takken) bepaald. In drie kunstbeeksystemen zijn takken geplaatst in iedere goot, in de andere drie kunstbeeksystemen niet. De twee groepen van drie kunstbeken bestonden uit 1 kunstbeek met grote diepte (2 goten met stenen met poppen op de bodem en 2 goten met stenen met poppen vlak onder het wateroppervlak), een beek met matige diepte (2 goten met stenen met poppen vlak onder de waterspiegel en 2 goten met stenen met poppen op de bodem) en een beek met een kleine diepte (2 goten met de stenen met poppen net boven het wateroppervlak en 2 goten met de stenen met poppen net onder het wateroppervlak). De stroomsnelheid was circa 10 cm/s in alle kunstbeeksystemen. In tabel 4.5 is een overzicht gegeven van de opzet van het kunstbeek experiment.

*Tabel 4.5 Experimentele opzet van het emergentie-onderzoek in de kunstbeken.*

beek	goot	uitkruipstructuur	diepte	plaats poppen	aantal poppen
1	1	nee	ondiep (3 cm)	net boven water	30
1	2	nee	ondiep (3 cm)	net onder het wateroppervlak	32
1	3	nee	ondiep (3 cm)	net onder het wateroppervlak	18
1	4	nee	ondiep (3 cm)	net boven water	19
2	1	nee	diep (9 cm)	op de bodem	32
2	2	nee	diep (9 cm)	net onder het wateroppervlak	29
2	3	nee	diep (9 cm)	op de bodem	24
2	4	nee	diep (9 cm)	net onder het wateroppervlak	24
3	1	nee	matig diep (6 cm)	op de bodem	27
3	2	nee	matig diep (6 cm)	net onder het wateroppervlak	33
3	3	nee	matig diep (6 cm)	op de bodem	21
3	4	nee	matig diep (6 cm)	net onder het wateroppervlak	32
4	1	ja	ondiep (3 cm)	net boven water	38
4	2	ja	ondiep (3 cm)	net boven water	14
4	3	ja	ondiep (3 cm)	net onder het wateroppervlak	15
4	4	ja	ondiep (3 cm)	net onder het wateroppervlak	28
5	1	ja	matig diep (6 cm)	net onder het wateroppervlak	14
5	2	ja	matig diep (6 cm)	net onder het wateroppervlak	42
5	3	ja	matig diep (6 cm)	op de bodem	27
5	4	ja	matig diep (6 cm)	op de bodem	26
6	1	ja	diep (9 cm)	net onder het wateroppervlak	32
6	2	ja	diep (9 cm)	net onder het wateroppervlak	16
6	3	ja	diep (9 cm)	op de bodem	17
6	4	ja	diep (9 cm)	op de bodem	25



## 5 Resultaten

### 5.1 Kwaliteit van de beken

#### 5.1.1 Chemische samenstelling

Er is een duidelijk verschil in de chemische samenstelling van het water tussen de Veluwe en de Limburgse beken (tabel 5.1, bijlage 7). De beken in Limburg liggen op een ondergrond waar zich kalk in de bodem bevindt. De pH is hierdoor iets hoger, de hardheid is hoger en de gehalten van sommige macroionen is hoger. Dit resulteert ook in een hoger elektrisch geleidingsvermogen. Tussen de beken binnen een regio zijn kleinere verschillen waarneembaar. Zo is de waterkwaliteit van de Seelbeek waarschijnlijk iets slechter dan van de Oude beek. Het chloridegehalte is hoger, het EGV is hoger en de sulfaat- en stikstofgehalten zijn hoger. In de goede tak van de Oude beek is het totaal fosfaatgehalte opvallend hoog. Dit is in de slechte tak en in de Seelbeek veel lager. In Limburg heeft de Platsbeek de hoogste nutriëntengehalten. De Bunderbosbeek heeft het hoogste EGV wat duidt op hogere gehalten aan ionen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit een hoger calcium-, sulfaat- en chloridegehalte.

Tabel 5.1 Gemiddelde waarden voor chemische variabelen over het eerste meetjaar (maandelijks metingen). Voor variabelen waarbij waarden onder de detectielimiet vielen is de maximum waarde gegeven (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

gemiddelde	Se	Og	Os	Bu	St	Pl
pH	6.9	7.0	6.9	7.2	7.3	7.2
EGV ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	342	193	207	702	558	683
calcium, opgelost (mg/l)	33.0	18.0	20.8	98.0	77.9	92.2
chloride (mg/l)	25.5	14.2	16.5	51.0	26.2	35.5
totale hardheid, opgelost (mmol/l)	1.03	0.56	0.64	2.94	2.44	2.97
waterstofcarbonaat (mg/l)	30.6	26.3	29.5	95.4	116.8	157.9
kalium, opgelost (mg/l)	1.5	2.5	3.3	1.4	1.5	3.1
magnesium, opgelost (mg/l)	5.0	2.8	3.0	12.0	12.2	16.3
natrium, opgelost (mg/l)	16.9	10.1	10.3	13.1	12.4	10.2
nitraat (mgn/l)	11.1	6.6	7.0	18.3	17.9	19.2
sulfaat (mg/l)	40.0	14.6	17.7	118.9	75.1	75.6
maximum	se	og	os	bu	st	pl
nitriet (mgn/l)	0.052	0.015	0.009	0.005	0.045	0.010
orthofosfaat (mgp/l)	0.018	0.023	0.023	0.083	0.014	0.030
ijzer, opgelost (mg/l)	0.007	0.022	0.017	0.029	0.013	0.012
totaal fosfaat, opgelost (mgp/l)	0.090	1.840	0.302	0.064	0.085	0.403
ammonium (mgn/l)	0.111	0.043	0.062	0.111	0.103	0.037
totaal stikstof kjeldahl (mgn/l)	0.99	0.93	0.85	0.85	0.86	2.30
carbonaat (mg/l)	<2	<2	<2	<2	<2	<2

Tabel 5.2 Ecologische kwaliteitsklasse en resultaten voor de afzonderlijke indexen voor de monsters uit de zes beken bepaald met het beoordelingsstelsel AQEM (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

	Se maart '03	Se dec '03	Og maart '03	Og dec '03	Os maart '03	Os dec '03	Bu maart '03	Bu dec '03	St maart '03	St dec '03	Pl maart '03	Pl dec '03
Ecologische kwaliteitsklasse	5 hoog	4 goed	5 hoog	5 hoog	4 goed	4 goed	5 hoog	5 hoog	3 matig	5 hoog	2 ontoereikend	2 ontoereikend
Saprobie preferentie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- oligosaproob [%]	41.26	44.69	36.43	38.59	28.61	23.88	42.47	41.93	27.30	39.21	19.37	14.72
- alpha-mesosaproob [%]	5.78	3.07	10.13	8.67	19.67	20.08	5.38	5.12	30.26	17.97	23.79	32.70
Duitse Saprobie Index	1.28	1.24	1.21	1.23	1.52	1.55	1.31	1.37	1.51	1.44	1.81	2.17
ASPT (Average score per Taxon)	5.36	5.15	6.00	5.93	5.73	5.80	5.94	6.05	5.75	5.72	5.08	4.43
Zonatie preferentie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- [%] hyporhithraal	6.85	3.96	11.58	7.47	17.85	18.39	8.72	9.26	17.48	17.20	22.00	24.03
- [%] litoraal	3.48	1.58	3.35	3.06	9.14	8.55	2.34	1.68	9.38	15.07	8.56	8.28
Microhabitat preference	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- [%] Type Psammaal	18.24	14.93	19.02	13.48	21.02	20.06	16.83	10.74	25.89	25.02	21.88	22.33
- [%] Type Akaal+Litoraal+Psammaal	66.78	76.79	64.48	79.61	56.98	63.24	64.51	71.36	38.10	53.70	54.49	61.42
Taxonomische groep (aantal taxa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- EPT/Diptera	0.39	0.29	0.38	0.57	0.50	0.40	0.52	0.57	0.46	0.46	0.17	0.21
- EPT-taxa [%]	18.92	17.07	18.61	26.67	22.03	20.41	25.53	27.42	19.23	22.00	9.09	11.11
- Oligochaeta + Diptera/totaal taxa	51.35	63.42	55.81	55.56	55.93	59.18	53.19	53.23	44.23	52.00	68.18	70.37

### 5.1.2 Ecologische kwaliteit

Alleen de Bunderbosbeek en de Oude beek (goede tak) hebben een hoge ecologische kwaliteit voor beide monsters (maart en december, tabel 5.2). De Seelbeek heeft een hoge ecologische kwaliteit in maart maar een goede ecologische kwaliteit (klasse 4) in december. In de Strabekervloedgraaf is de kwaliteit in maart juist lager, klasse 3 (matig) terwijl deze beek in december een hoge ecologische kwaliteit heeft. De slechte tak van de Oude beek heeft constant een iets lagere ecologische kwaliteit, klasse 4 (goed). Dit wordt veroorzaakt doordat de saprobie iets hoger is dan in de goede tak. De Platsbeek heeft duidelijk een slechtere ecologische kwaliteit. Beide monsters scoren klasse 2 (ontoereikend). Waarschijnlijk is de Platsbeek organisch belast. Dit blijkt uit het feit dat er weinig taxa zijn die oligosaprobie indiceren. De Duitse Saprobie Index scoort voor deze beek hoog. Verder zijn er relatief weinig EPT (Ephemeroptera, Plecoptera en Trichoptera) taxa aanwezig. In de Strabekervloedgraaf zijn er in het maart monster relatief veel taxa die op een  $\alpha$ -mesosaproob milieu duiden.

De totale soortensamenstelling van de complete macrofaunamonsters is opgenomen in bijlage 8. Bijlage 9 bevat aanvullende taxa uit de grindbedmonsters. Als naar het aantal waargenomen taxa in de complete macrofaunamonsters gekeken wordt blijkt dat het totale aantal taxa in de Bunderbosbeek, de Strabekervloedgraaf en de Oude beek (slechte tak) meer dan vijftig is, terwijl de Seelbeek 40 taxa heeft en de Platsbeek en Oude beek (goede tak) beide 36 taxa hebben (tabel 5.3). Het aantal taxa reflecteert dus niet direct de ecologische kwaliteit berekend met AQEM. De grootste verschillen tussen de beken zijn te vinden in de aantallen Diptera (vliegen- en muggenlarven), Chironomidae (muggenlarven) en Trichoptera (kokerjuffers). Dit zijn de groepen met de hoogste aantallen taxa. Opvallend zijn de Bivalvia (tweekleppigen) en Gastropoda (slakken) in de Strabekervloedgraaf. Het betreft vooral verschillende soorten *Pisidium* (erwtmosselen). Dit is de enige beek waarin Hirudinea (bloedzuigers) voorkomen maar het aantal is laag. Heteroptera (wantsen) komen alleen in de Platsbeek voor maar er zijn slechts drie exemplaren gevangen. Verder valt op dat Plecoptera (steenvliegen) ontbreken in de Platsbeek en de Seelbeek en dat Ephemeroptera (eendagsvliegen) niet gevonden zijn in de Platsbeek en de Oude beek (goede tak).

De Platsbeek heeft duidelijk een ander type macrofaunagemeenschap als naar de abundanties per taxonomische groep gekeken wordt (tabel 5.4). De aantallen Chironomidae en Oligochaeta zijn hoog in vergelijking tot de andere beken, terwijl de abundanties van bijna alle andere groepen juist erg laag zijn. Dit kan duiden op organische belasting. In de Strabekervloedgraaf komen ook veel Chironomidae voor naast hoge aantallen Crustacea (*Gammarus sp.*) en Bivalvia. Dit duidt op een hoog productief systeem met veel natuurlijk organisch materiaal. De Bunderbosbeek heeft een evenwichtiger soortensamenstelling. Alleen de aantallen Crustacea springen eruit. Ten opzichte van de andere beken zijn vooral de hoge aantallen Plecoptera en Ephemeroptera opvallend. De Veluwe beken lijken onderling veel meer op elkaar dan de Limburgse beken. De Seelbeek en beide takken van de Oude beek hebben hoge aantallen *Gammarus sp.* (Crustacea) en verder een redelijk aantal Chironomidae. Het aantal Diptera is in de slechte tak van de Oude beek duidelijk lager dan in de

andere twee beken, terwijl in de goede tak het aantal kevers laag is. Het aantal Trichoptera is hoog in de Seelbeek, matig in de goede tak en laag in de slechte tak van de Oude beek. Een dergelijke gradiënt is ook in de Limburgse beken te vinden voor Trichoptera.

Tabel 5.3 Aantal taxa per taxonomische hoofdgroep en beek (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

Taxonomische groep	Se	Og	Os	Bu	St	Pl
Bivalvia	1	2	3	2	5	1
Chironomidae	15	17	18	12	17	12
Coleoptera	1	1	1	2	3	1
Crustacea	1	1	1	1	1	1
Diptera (excl. Chironomidae)	6	4	6	12	10	8
Ephemeroptera	1		1	4	1	
Gastropoda					2	
Heteroptera						1
Hirudinea					1	
Hydracarina	3	3	4	5	1	2
Oligochaeta	1	3	7	3	1	4
Plecoptera		1	1	1	1	
Trichoptera	5	7	10	8	8	4
Tricladida	2	1	1	1	3	2
totaal	36	40	53	51	54	36

Tabel 5.4 Totaal aantal individuen per taxonomische groep in de zes beken (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

Taxonomische groep	Se	Og	Os	Bu	St	Pl
Bivalvia	89	28	88	26	7116	35
Chironomidae	455	404	334	221	1036	1019
Coleoptera	51	5	39	48	111	2
Crustacea	1286	1248	1235	2548	3473	632
Diptera (excl. Chironomidae)	328	396	38	414	221	45
Ephemeroptera	3		1	193	8	
Gastropoda					70	
Heteroptera						3
Hirudinea					10	
Hydracarina	13	10	23	25	1	7
Oligochaeta	8	124	32	6	7	291
Plecoptera		2	15	236	16	
Trichoptera	979	535	121	733	443	33
Tricladida	24	46	21	285	119	46

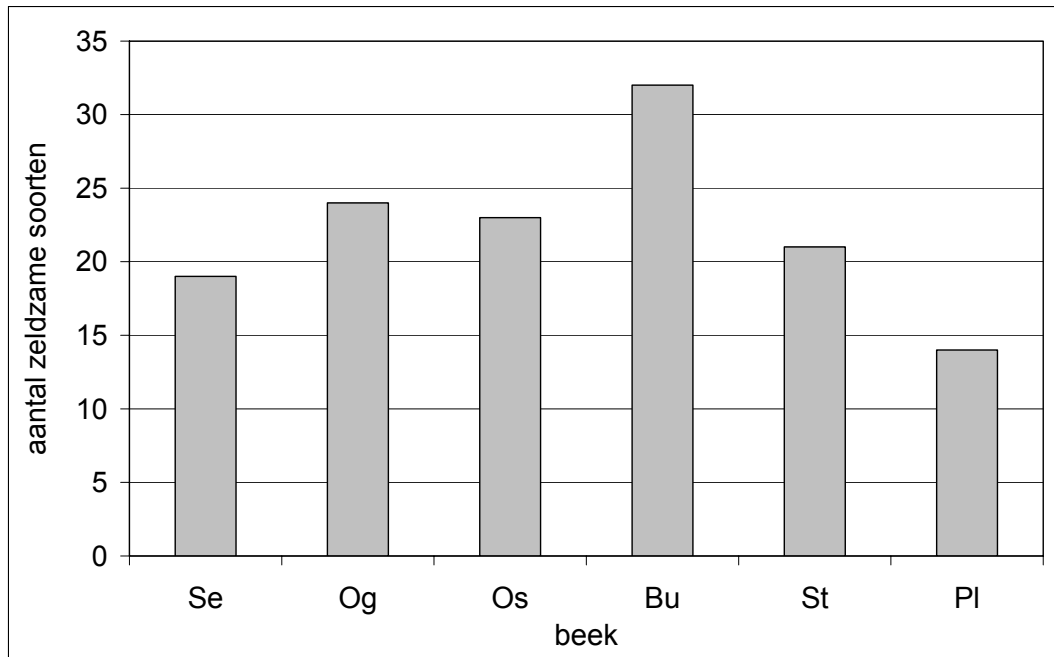
Dat de aantallen Trichoptera vooral bepaald worden door de aantallen *A. fuscipes* blijkt wel uit tabel 5.5 waarin voor iedere beek de vijf dominantste taxa genoemd zijn voor grind en overige habitats. In de Seelbeek en de Bunderbosbeek is *A. fuscipes* de meest voorkomende soort op het grind. In de Oude beek (goede tak) en de Strabekervloedgraaf komt deze soort op de tweede plaats na *Gammarus sp.* Opvallend is dat in de Seelbeek en de Oude beek (goede tak) ook in de overige habitats *A. fuscipes* één van de vijf dominantste soorten is. In de overige habitats is *Gammarus sp.*

het meest voorkomende taxon, behalve in de Strabekervloedgraaf waar *Pisidium sp.* de hoogste abundanties heeft en de Platsbeek waar de eerste plaats ingenomen wordt door *Micropectra gr. notescens*. In de beken waarin *A. fuscipes* voorkomt blijken Simuliidae eveneens hoge aantallen te hebben op het grind. In de beken zonder *A. fuscipes* zijn de dominante soorten vooral Chironomidae en Oligochaeta (Platsbeek) of Chironomidae en Trichoptera (Oude beek, slechte tak).

Tabel 5.5 De 5 meest dominante taxa in de zes beken per habitat in aflopende volgorde van 1 (meest dominant) naar 5 (minst dominant) (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

beek, habitat	1	2	3	4	5
Se, grind	<i>Agapetus fuscipes</i>	<i>Gammarus sp</i>	<i>Simulium sp</i>	<i>Simulium costatum</i>	<i>Sericostoma personatum</i>
Se, overig	<i>Gammarus sp</i>	<i>Eukiefferiella discoloripes</i> agg	<i>Micropectra sp</i>	<i>Agapetus fuscipes</i>	<i>Simulium sp</i>
Og, grind	<i>Gammarus sp</i>	<i>Agapetus fuscipes</i>	<i>Simulium sp</i>	<i>Simulium gr ornatum</i>	<i>Eukiefferiella brevicar</i> agg
Og, overig	<i>Gammarus sp</i>	<i>Simulium sp</i>	<i>Agapetus fuscipes</i>	<i>Prodiamesa olivacea</i>	<i>Lumbriculidae</i>
Os, grind	<i>Gammarus sp</i>	<i>Eukiefferiella brevicar</i> agg	<i>Chaetocladius gr piger</i>	<i>Silo nigricornis</i>	<i>Chaopteryx villosa</i>
Os, overig	<i>Gammarus sp</i>	<i>Micropectra sp</i>	<i>Pisidium sp</i>	<i>Micropectra gr notescens</i>	<i>Elodes sp</i>
Bu, grind	<i>Agapetus fuscipes</i>	<i>Simulium sp</i>	<i>Gammarus sp</i>	<i>Dugesia gonocephala</i>	<i>Simulium costatum</i>
Bu, overig	<i>Gammarus sp</i>	<i>Dugesia gonocephala</i>	<i>Nemoura marginata</i>	<i>Sericostoma personatum</i>	<i>Polypedilum scalaenum</i>
St, grind	<i>Gammarus sp</i>	<i>Agapetus fuscipes</i>	<i>Pisidium sp</i>	<i>Ancylus fluvialis</i>	<i>Dugesia gonocephala</i>
St, overig	<i>Pisidium sp</i>	<i>Gammarus sp</i>	<i>Pisidium personatum</i>	<i>Micropectra gr notescens</i>	<i>Pisidium subtruncatum</i>
Pl, grind	<i>Gammarus sp</i>	<i>Lumbriculidae</i>	<i>Stylodrilus heringianus</i>	<i>Chaetocladius gr piger</i>	<i>Prodiamesa olivacea</i>
Pl, overig	<i>Micropectra gr notescens</i>	<i>Gammarus sp</i>	<i>Chaetocladius gr piger</i>	<i>Micropectra sp</i>	<i>Tubificidae juv. met haren</i>

Het aantal zeldzame soorten verschilt sterk tussen de beken (figuur 5.1). Tussen de habitats zijn geen verschillen; op het grind zijn 41 zeldzame soorten gevonden, in de overige habitats zijn 42 zeldzame soorten gevonden. De Bunderbosbeek heeft het hoogste aantal zeldzame soorten (32), gevolgd door de Oude beek (goede en slechte tak). De Strabekervloedgraaf en de Seelbeek hebben een lager aantal zeldzame soorten. In de Platsbeek is het aantal zeldzame soorten het allerlaagste (14).



Figuur 5.1 Aantal zeldzame soorten (zeer zeldzaam, zeldzaam en vrij zeldzaam, Nijboer & Verdonschot (red.), 2001) per beek (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

Er zijn een aantal vondsten gedaan van zeer zeldzame soorten (tabel 5.6). Het betreft twee watermijten: *Atractides nodipalpis pennatus* en *Aturus scaber rotundus*. *Aturus scaber rotundus* is een rheofiele watermijt. Deze soort kwam in enkele Zuid-Limburgse beken voor maar is recent niet meer aangetroffen in Nederland (Smit & Van der Hammen, 2000). Deze soort is niet alleen in Limburg (Strabekervloedgraaf) maar ook op de Veluwe (Seelbeek) aangetroffen. Ook *Atractides nodipalpis pennatus* is in Nederland zeer zeldzaam en alleen gevonden in Zuid-Limburg. Van deze soort is twee keer een exemplaar gevonden in de Bunderbosbeek. In de Bunderbosbeek zijn verder twee bijzondere kokerjuffers *Wormaldia occipitalis* en *Chaetopteryx major* gevonden. Beide komen voor in bronnen en bronbeken. Ze zijn vooral in Zuid-Limburg gevonden. *Nemoura marginata*, een zeer zeldzame steenvlieg is in de Bunderbosbeek veel aangetroffen maar ook enkele keren in de Strabekervloedgraaf. Van *Elmis maugetii* is slechts 1 exemplaar gevonden in de Bunderbosbeek. Deze kever is ook volgens Drost et al. (1992) zeer zeldzaam. Er zijn enkele oude vondsten bekend van rond 1900 uit Zuid- en Midden-Limburg. In 1957 is de soort nog één keer bij Brunssum gevonden. De soort is rheofiel en bewoont met mos begroeide stenen in midden- en benedenlopen met snel stromend water en een goede waterkwaliteit (Drost et al., 1992).

*Crenobia alpina* is een koud stenotherme soort die voorkomt in bronnen en bronbeken met een zeer constante temperatuur. Acht exemplaren van deze soort zijn aangetroffen in de Platsbeek. Verder is in de Platsbeek *Thienemannia sp.* gevonden evenals in de Bunderbosbeek, Seelbeek en Oude beek (goede tak). Het is niet zeker of het in de beken dezelfde soort betreft. Het genus *Thienemannia* heeft een klein



aantal zeer zeldzame soorten. De slechte tak van de Oude beek heeft één zeer zeldzame soort, namelijk de mug *Micropsectra junci*.

Tabel 5.6 Abundanties (aantal individuen per monster) per habitat (gr=grind, ov=overig) en bemonsteringsdatum van zeer zeldzame soorten in de zes beken (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

taxonnaam	Se 23-3 gr	Se 23-3 ov	Se 8-12 ov	Og 23-3 ov	Os 23-3 ov	Os 17-12 ov	Bu 15-3 gr	Bu 15-3 ov	Bu 16-12 gr	Bu 16-12 ov	St 16-12 gr	St 16-12 ov	Pl 15-3 gr	Pl 15-3 ov	totaal
<i>Atractides nodipalpis pennatus</i>							1	1							2
<i>Aturus scaber rotundus</i>	1	1									1				3
<i>Chaetopteryx major</i>							18			4					22
<i>Crenobia alpina</i>													8		8
<i>Elmis maugetii</i>									1						1
<i>Micropsectra junci</i>					6	5									11
<i>Nemoura marginata</i>							19	23	8	101	1	15			167
<i>Thienemannia sp</i>			1	1			10		1					3	16
<i>Wormaldia occipitalis</i>									1						1

## 5.2 Afvoer – habitatstabiliteit - populatiedichtheid

### 5.2.1 Afvoercharacteristieken

Alle beken hebben een lage afvoer. De afvoer van de Bunderbosbeek, de Strabekervloedgraaf en de Seelbeek zijn vergelijkbaar. Van de Limburgse beken heeft de Platsbeek de hoogste afvoer. Deze is ongeveer 2 keer zo hoog als de afvoer in de Bunderbosbeek en Strabekervloedgraaf. De afvoer van de Oude beek goede tak is het hoogste, deze is twee tot drie keer zo hoog als in de andere beken (tabel 5.7).

Voor alle beken behalve de Bunderbosbeek geldt dat de afvoer in het eerste meetjaar (maart 2002 tot en met februari 2003) hoger is dan in het tweede meetjaar (maart 2003 tot en met februari 2004). Dit kan verklaard worden door de relatief natte zomer van 2002 en de droge zomer van 2003. Dit effect is in de Bunderbosbeek niet waargenomen.

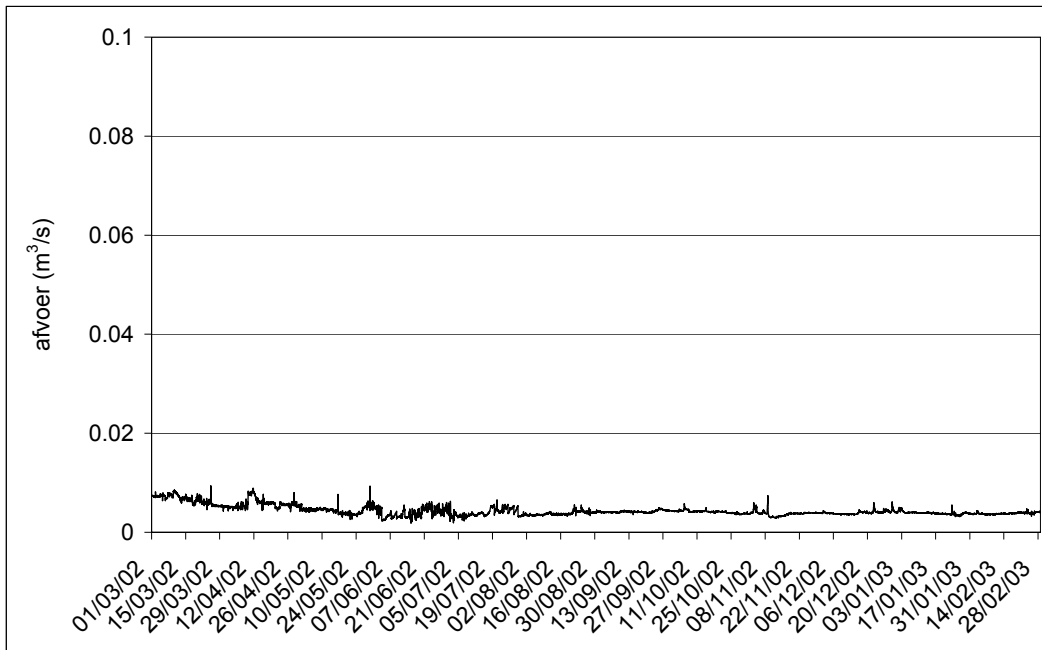
Tabel 5.7 Mediane, gemiddelde en totale afvoer per jaar voor de zes beken in beide jaren.

Beek/jaar	mediaan (m <sup>3</sup> /s)	afvoer	
		gemiddelde (m <sup>3</sup> /s)	totaal (m <sup>3</sup> )
Seelbeek meetjaar 1	0.0041	0.0044	137458
Seelbeek meetjaar 2	0.0035	0.0035	110999
Oude beek goede tak meetjaar 1	0.0150	0.0159	502298
Oude beek goede tak meetjaar 2	0.0131	0.0137	432959
Oude beek slechte tak meetjaar 1	0.0066	0.0068	213896
Oude beek slechte tak meetjaar 2	0.0048	0.0052	165513
Bunderbosbeek meetjaar 1	0.0034	0.0033	105639
Bunderbosbeek meetjaar 2	0.0035	0.0038	121362
Strabekervloedgraaf meetjaar 1	0.0036	0.0041	129613
Strabekervloedgraaf meetjaar 2	0.0035	0.0037	118133
Platsbeek meetjaar 1	0.0074	0.0076	239333
Platsbeek meetjaar 2	0.0068	0.0069	216298

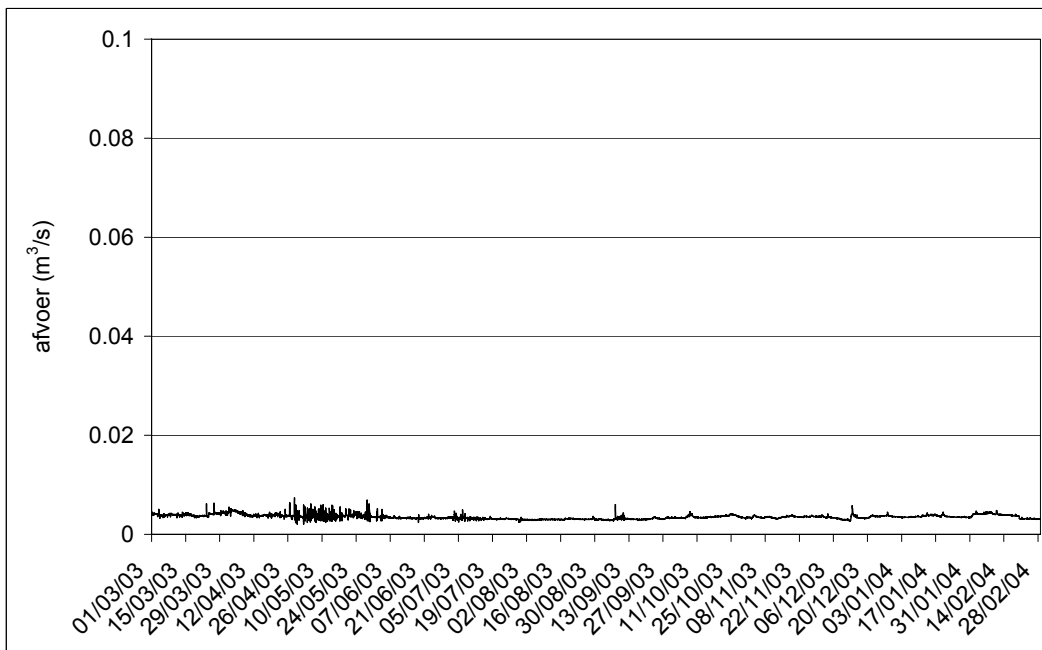
De Seelbeek is van alle beken de beek met de meest constante afvoer (figuur 5.2 en 5.3). Er treden nauwelijks afvoerpieken op, ook niet in de perioden waarin in de andere beken hoge afvoeren waargenomen zijn. Dit geldt voor meetjaar 1 en 2.

De afvoer in de Oude beek (goede tak) is over de gehele periode hoger dan in de slechte tak (figuur 5.4 en 5.5). De afvoer schommelt meer en er zijn twee extreem hoge afvoerpieken waargenomen. De meeste afvoerpieken treden op hetzelfde moment op als in de Oude beek (slechte tak); maart 2002, juni-augustus 2002, november 2002 en januari 2003. De afvoerpieken in de goede tak zijn waarschijnlijk minder extreem dan de figuur doet vermoeden. In deze beek worden vaak dammen gevormd, met name bij afvoerpieken waardoor de waterstand snel stijgt. Ook hier is in het tweede meetjaar te zien dat de afvoer stabiel is (figuur 5.5). Er zijn nauwelijks afvoerpieken.

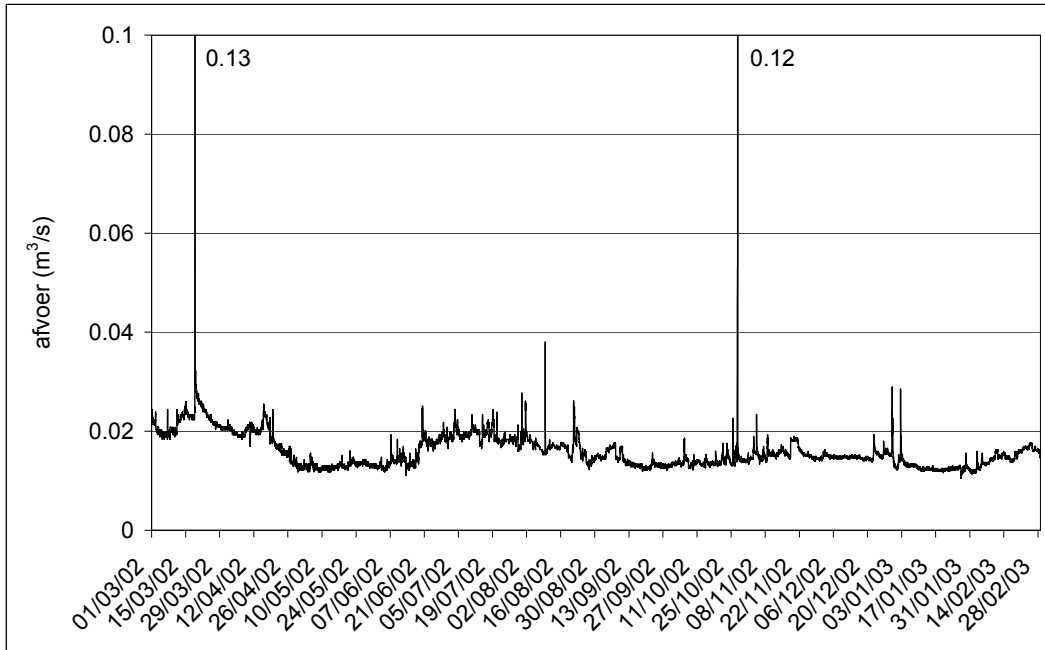
De Oude beek (slechte tak) vertoont een onregelmatig afvoerpatroon. Er zijn veel kleine en enkele grotere afvoerpieken vooral in het eerste meetjaar (figuur 5.6). In het begin van de metingen is de hoogste piek opgetreden (maart 2002). In augustus komen relatief hoge pieken voor en in maart 2003. In het tweede meetjaar (figuur 5.7) is de afvoer regelmatiger. Er zijn minder pieken en de pieken zijn lager.



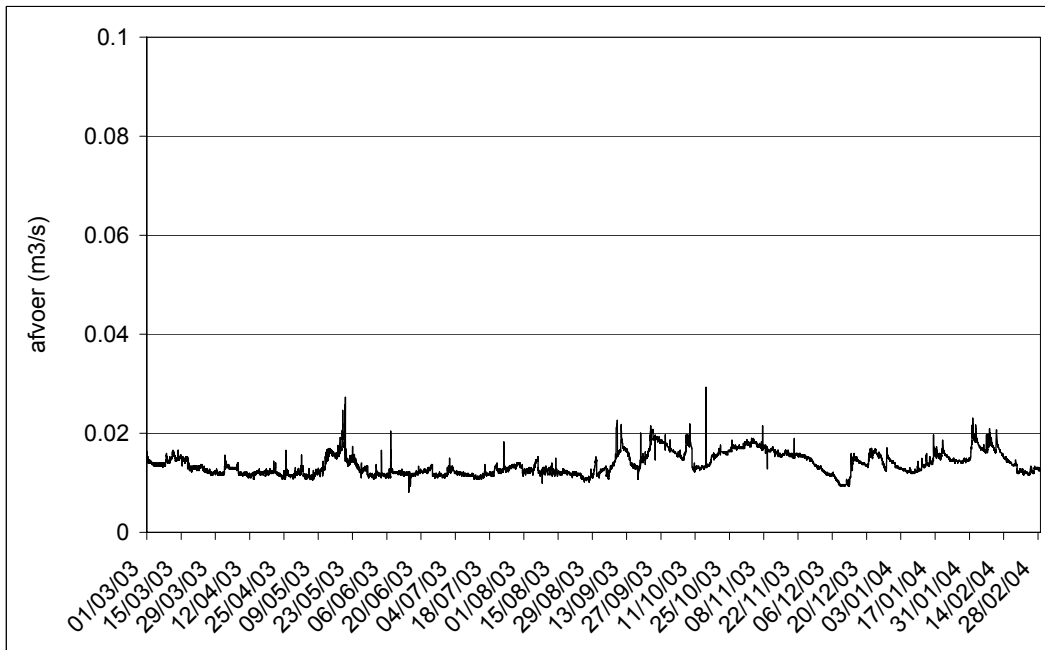
Figuur 5.2 Afvoer Seelbeek meetjaar 1.



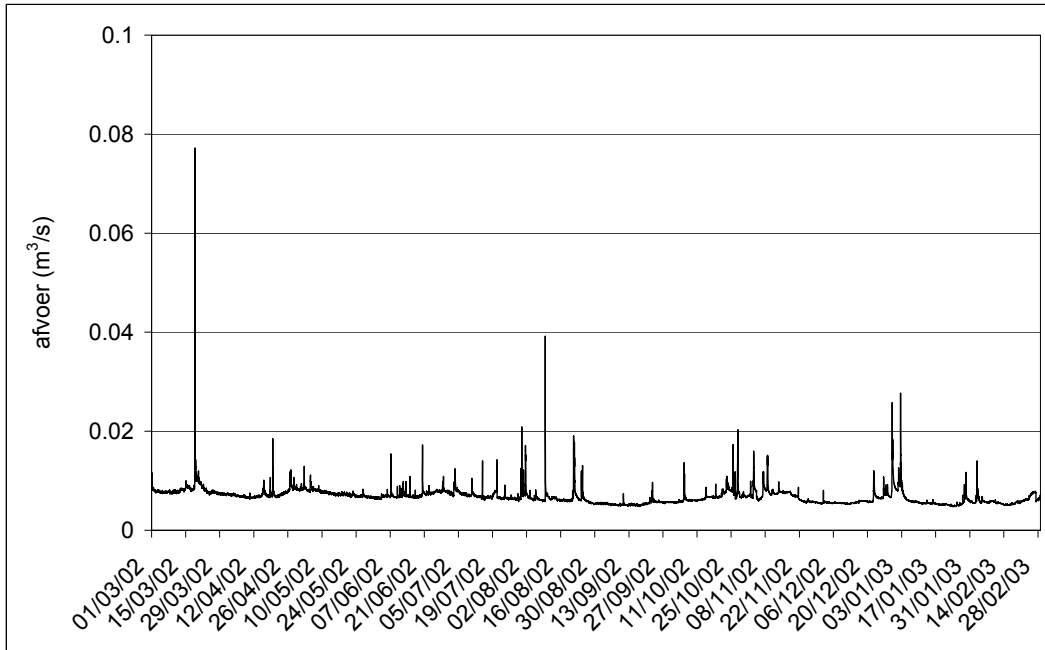
Figuur 5.3 Afvoer Seelbeek meetjaar 2.



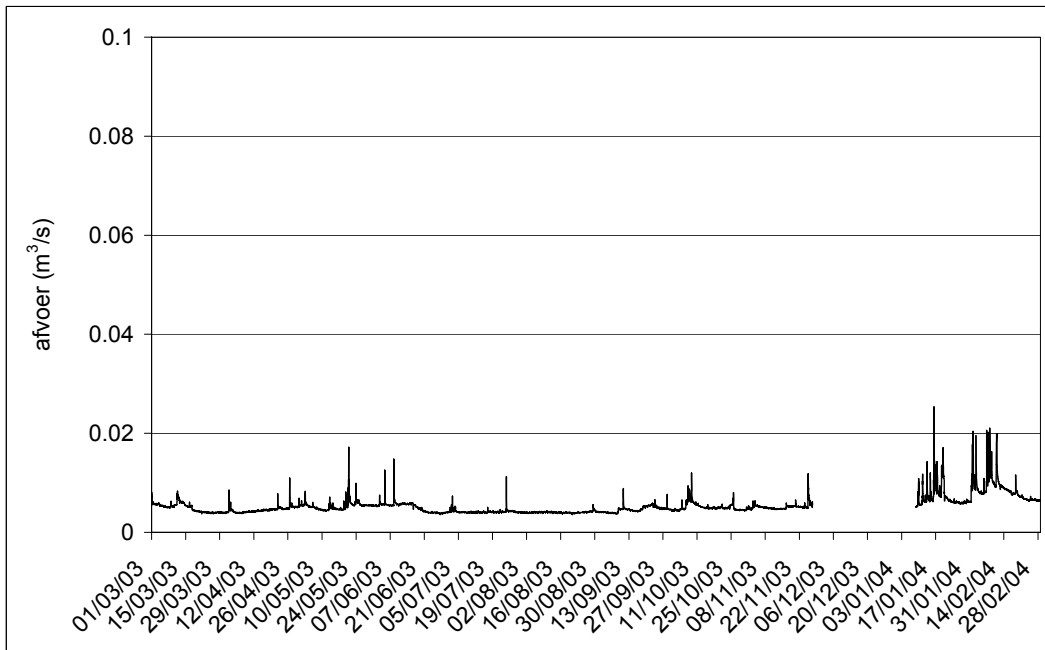
Figuur 5.4 Afvoer Oude beek (goede tak) meetjaar 1.



Figuur 5.5 Afvoer Oude beek (goede tak) meetjaar 2.



Figuur 5.6 Afvoer Oude beek (slechte tak) meetjaar 1.



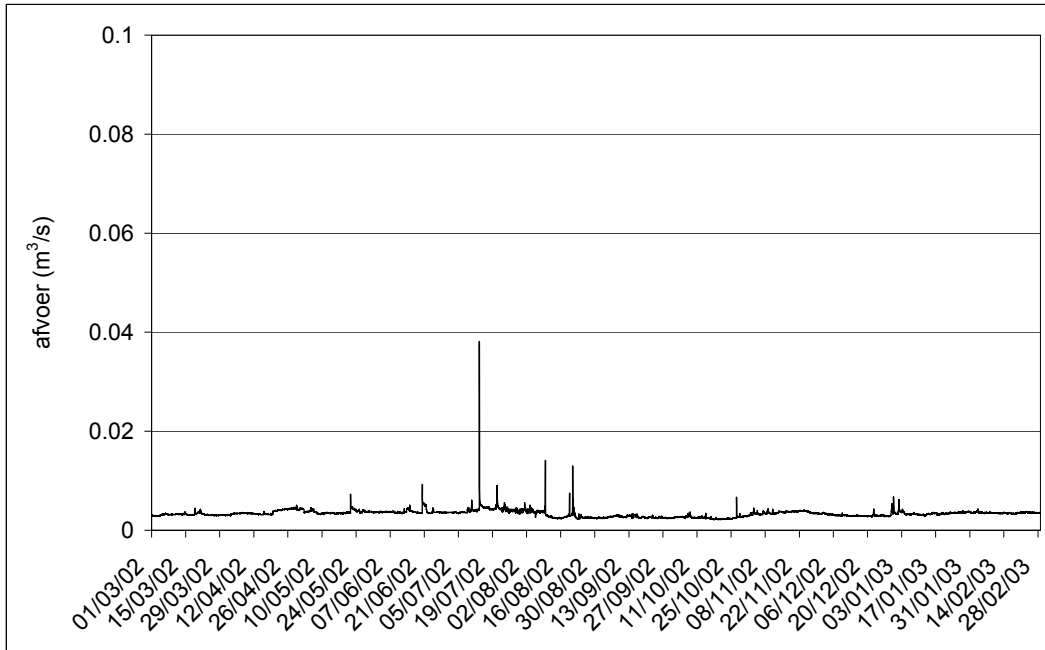
Figuur 5.7 Afvoer Oude beek (slechte tak) meetjaar 2.

In de Bunderbosbeek is het aantal pieken laag. De beek heeft over het algemeen een constante lage afvoer. In meetjaar 1 is een aantal pieken gemeten (figuur 5.8). Pieken traden op vanaf mei. De grootste afvoerpiek heeft plaatsgevonden in juli. Deze afvoerpiek werd gevolgd door enkele minder hoge pieken in augustus. De rest van het eerste meetjaar bleef de afvoer laag en constant. Dit zette zich door gedurende het tweede meetjaar waarin de afvoer zeer constant is (figuur 5.9). Er komen in jaar 2 nauwelijks verhoogde afvoeren voor.

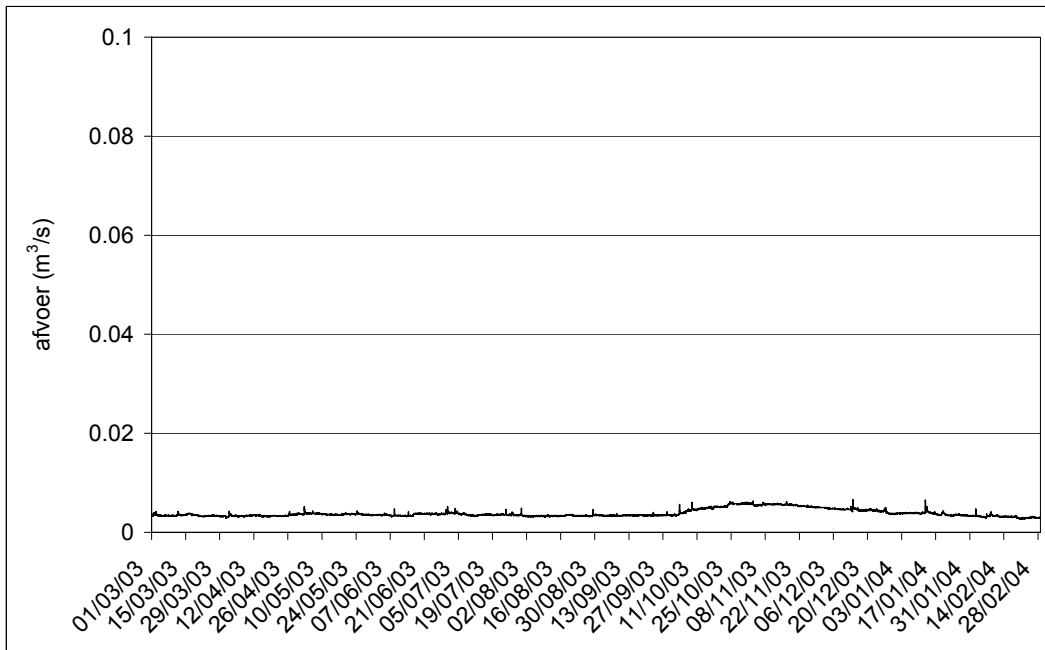
Het afvoerpatroon van de Strabekervloedgraaf ziet er totaal anders uit. In deze beek wisselt de afvoer sterk (figuur 5.10). Het aantal pieken is hoger dan in de Bunderbosbeek. In mei treden de eerste afvoerpieken op maar deze zijn klein. De grote pieken volgen in juli en augustus. De grote afvoerpiek in juli vindt in dezelfde periode plaats als in de Bunderbosbeek. Ook in de Strabekervloedgraaf wordt deze piek gevolgd door enkele pieken in augustus waarvan opnieuw een afvoerpiek van vergelijkbare hoogte als de eerste piek. Dit in tegenstelling tot de Bunderbosbeek waar de piek eind augustus duidelijk lager is dan de grote afvoerpiek in juli. Na de zomer blijft de afvoer in de Strabekervloedgraaf instabiel. In november en januari komen perioden voor waarin meerdere afvoerpieken gemeten zijn. Ook deze beek heeft in het tweede meetjaar een constantere afvoer (figuur 5.11). Er komen nog wel pieken voor maar deze zijn veel lager dan in meetjaar 1. De hoogste pieken vinden dan plaats in mei en januari.

De Platsbeek heeft de hoogste afvoerpieken vergeleken met alle andere beken. De hoogste pieken gedurende meetjaar 1 zijn nog drie keer zo hoog als in de goede tak van de Oude beek (figuur 5.12). De periode waarin de meeste pieken optreden komt in sommige gevallen overeen met de andere twee Limburgse beken. De eerste piek is pas gemeten in juni. In juli werd tegelijkertijd met de afvoerpieken in de andere twee beken een grote afvoerpiek waargenomen. Ook in de Platsbeek werd deze afvoerpiek gevolgd door lagere pieken in augustus. Begin november was er nog een afvoerpiek. Dit was ook waargenomen in de Strabekervloedgraaf en in mindere mate in de Bunderbosbeek. Opvallend is dat in de Platsbeek ook in het tweede meetjaar hoge afvoerpieken optraden (figuur 5.13). Dit gebeurde echter niet in de zomer zoals het jaar ervoor maar in oktober, december en januari.

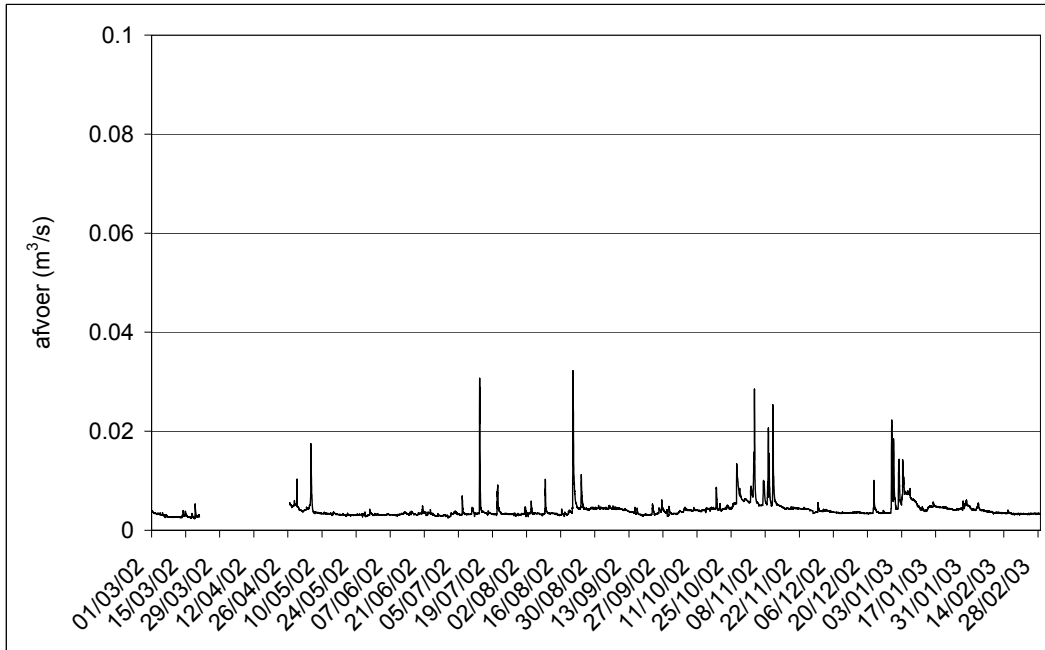
Alle afvoerpatronen weerspiegelen zich in de figuren 5.14 t/m 5.17 waarin het aantal keren dat de mediane afvoer met een bepaalde factor is overschreden is weergegeven. Hieruit blijkt opnieuw dat in het tweede meetjaar veel minder overschrijdingen optreden dan in het eerste jaar. Dit geldt voor alle beken. Een overschrijding van meer dan 16 keer de basisafvoer komt alleen voor in de Platsbeek in het eerste meetjaar (figuur 5.16). Een overschrijding van 8-16 keer de basisafvoer komt voor in meer beken in het eerste meetjaar: Platsbeek, Strabekervloedgraaf, Bunderbosbeek, Oude beek (goede en slechte tak). In het tweede meetjaar wordt deze overschrijdingsklasse alleen bereikt in de Platsbeek (figuur 5.17). Over het algemeen blijkt dat in het tweede meetjaar de hoogste overschrijdingsklasse een klasse lager is dan in het eerste meetjaar voor alle beken. Op de Veluwe is de Seelbeek het meest constant met een hoogste klasse van 2-4 keer de basisafvoer (figuur 5.14). Beide takken van de Oude beek hebben even hoge overschrijdingen maar in de slechte tak is het aantal hogere overschrijdingen hoger.



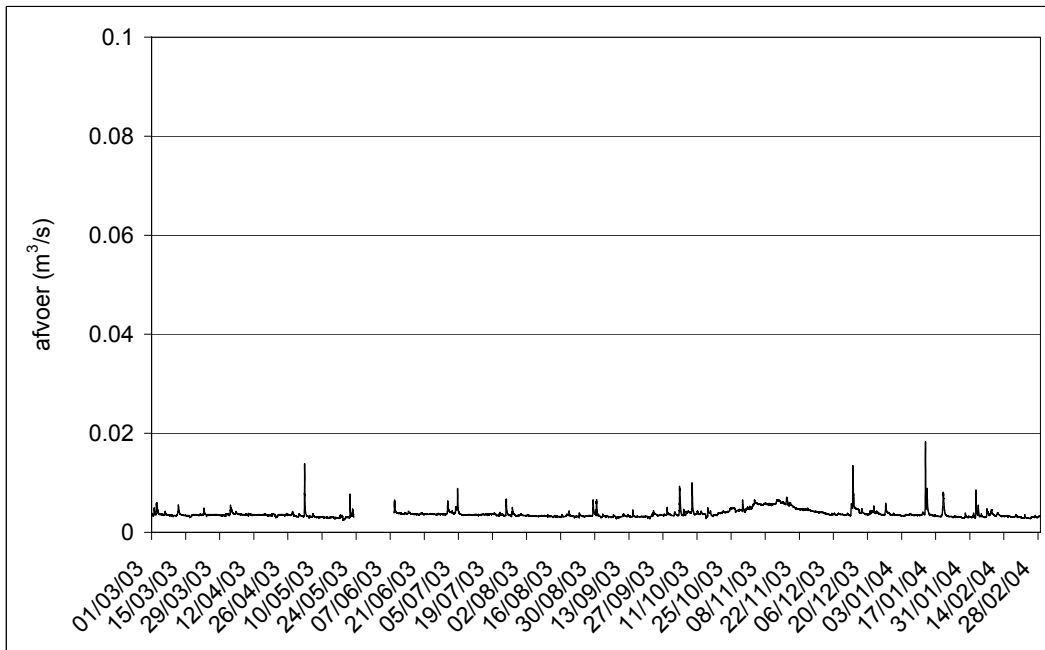
Figuur 5.8 Afvoer Bunderbosbeek meetjaar 1.



Figuur 5.9 Afvoer Bunderbosbeek meetjaar 2.

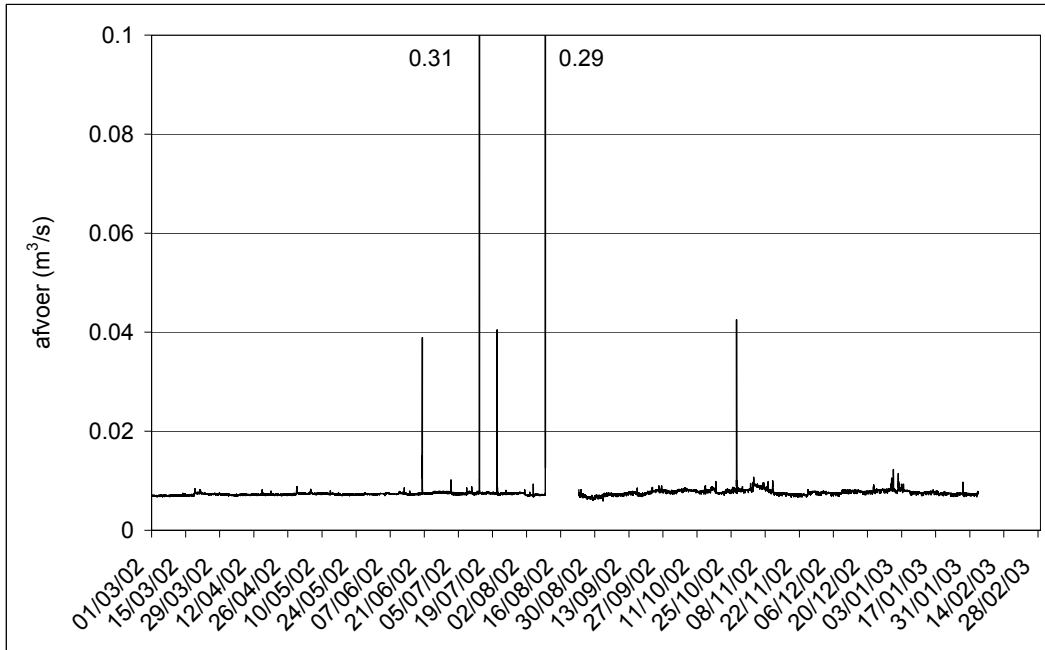


Figuur 5.10 Afvoer Strabekernloedgraaf meetjaar 1.

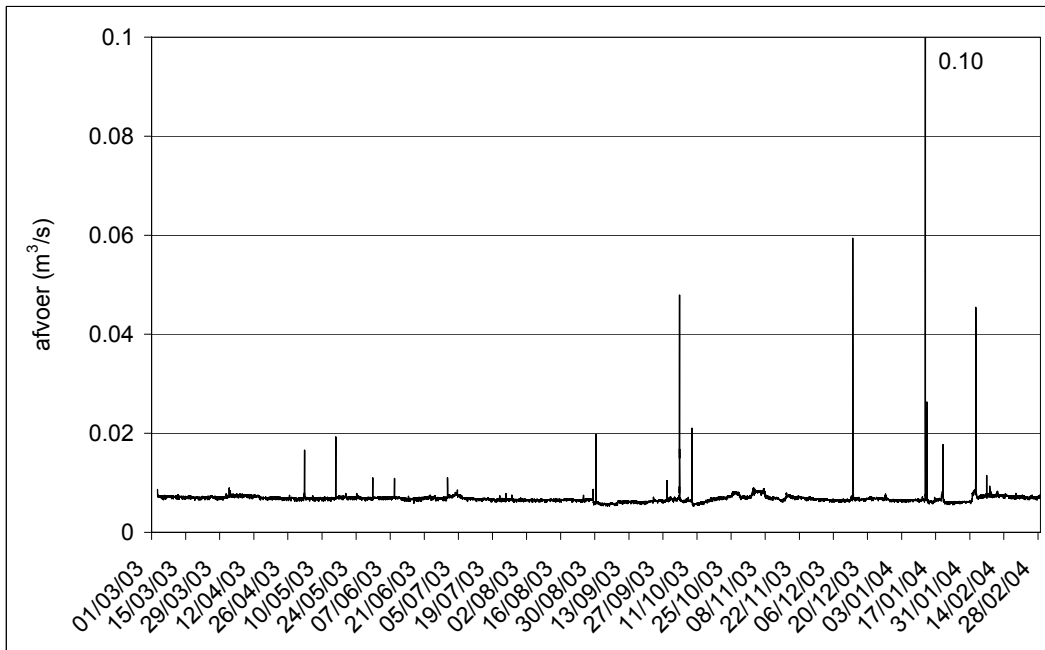


Figuur 5.11 Afvoer Strabekernloedgraaf meetjaar 2.

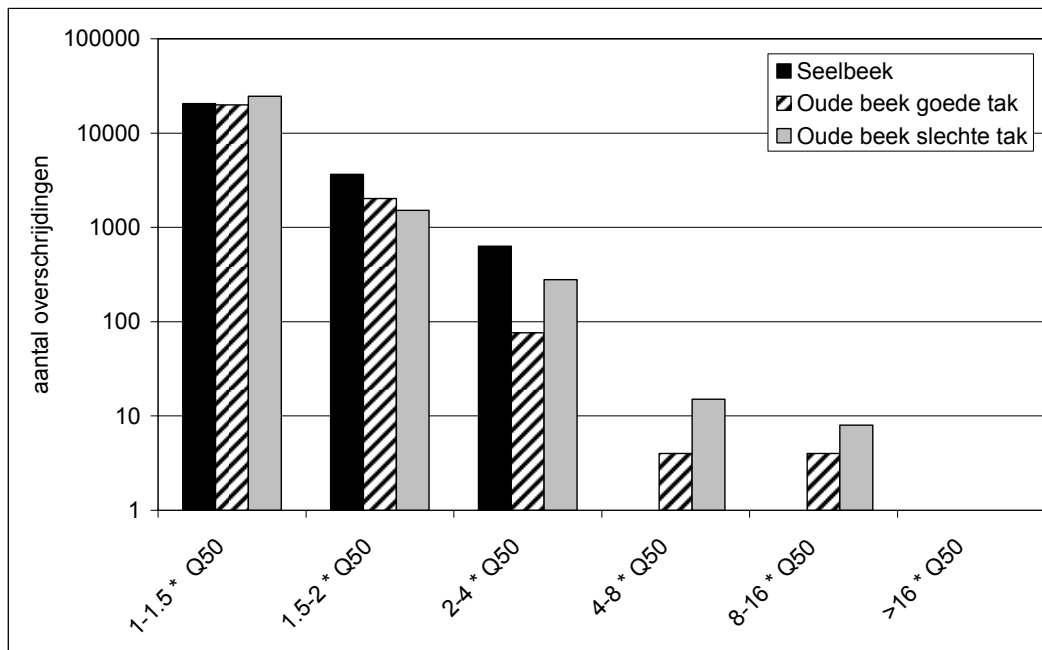




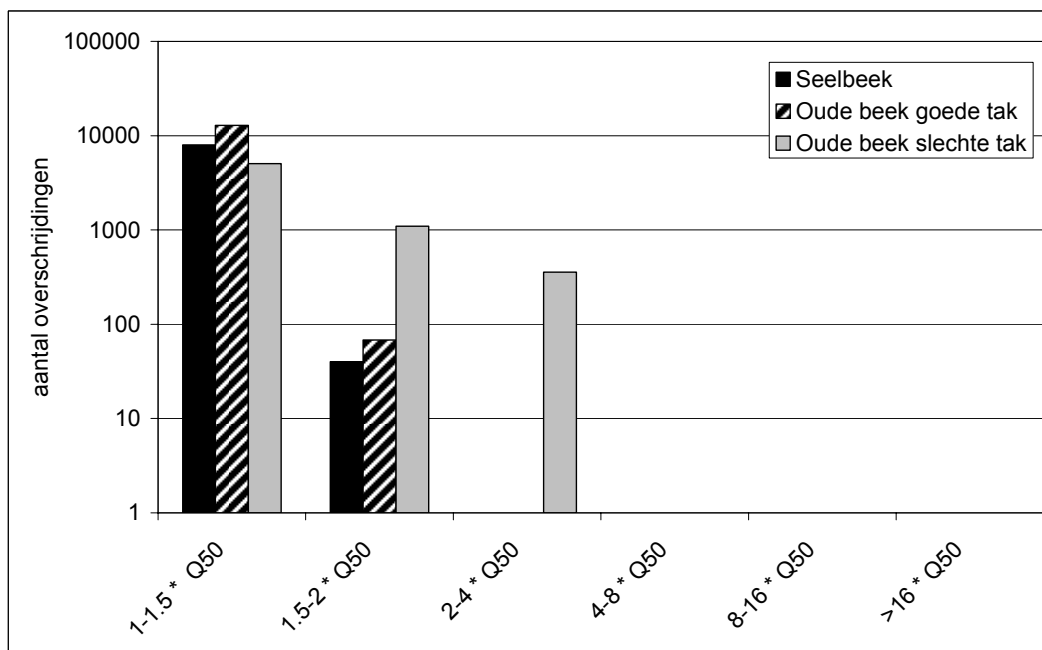
Figuur 5.12 Afvoer Platsbeek meetjaar 1.



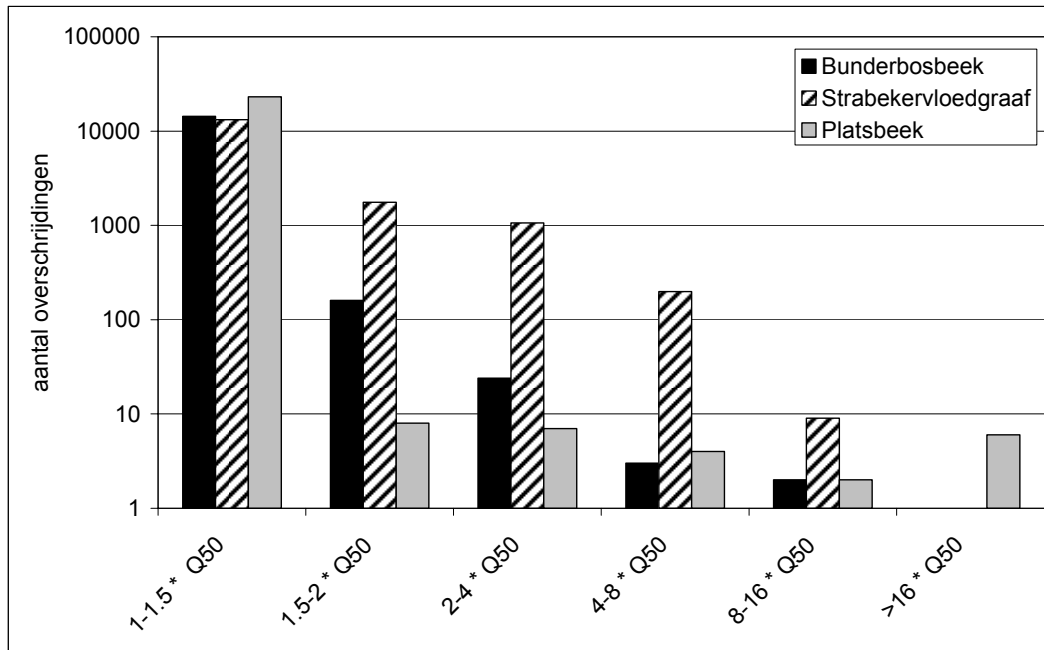
Figuur 5.13 Afvoer Platsbeek meetjaar 2.



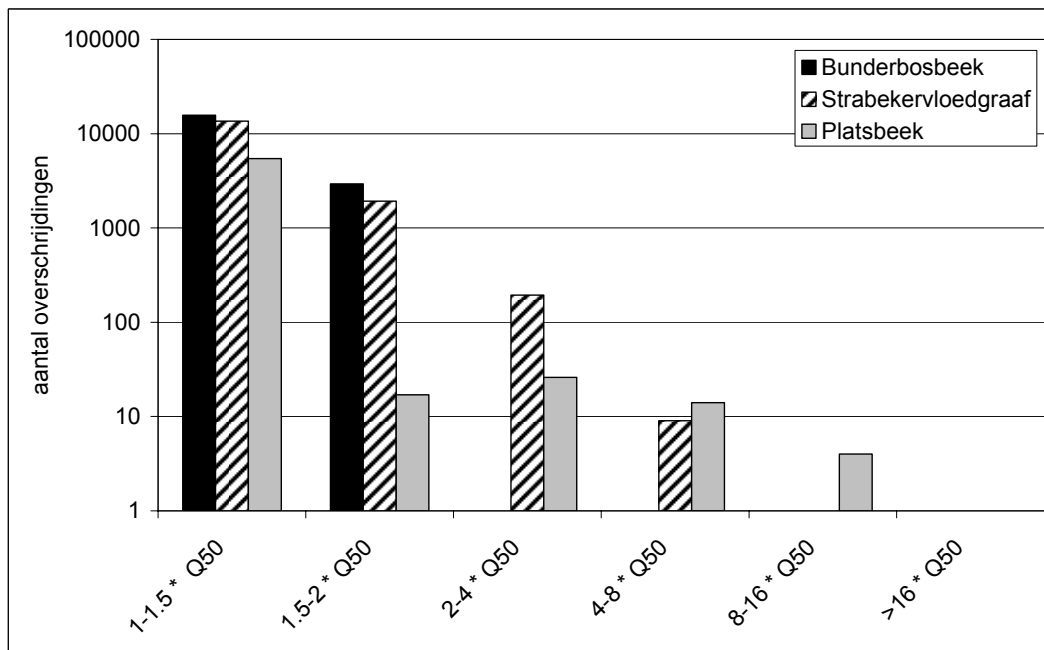
Figuur 5.14 Aantal overschrijdingen van Q50 klassen voor de beken op de Veluwe in meetjaar 1.



Figuur 5.15 Aantal overschrijdingen van Q50 klassen voor de beken op de Veluwe in meetjaar 2.



Figuur 5.16 Aantal overschrijdingen van Q50 klassen voor de beken in Limburg in meetjaar 1.



Figuur 5.17 Aantal overschrijdingen van Q50 klassen voor de beken in Limburg in meetjaar 2.

In het tweede meetjaar wordt alleen in de slechte tak nog de klasse 2-4 keer de basisafvoer bereikt. Het aantal overschrijdingen is dan ook lager dan in het eerste meetjaar (figuur 5.15).

In de Limburgse beken is het aantal overschrijdingen in de lagere klassen lager dan in de beken op de Veluwe (figuur 5.16). De Bunderbosbeek heeft de minste overschrijdingen; het aantal neemt snel af naarmate de overschrijdingen groter worden. Het feit dat er hoge overschrijdingen plaatsvinden is opmerkelijk als gekeken wordt naar het tweede meetjaar waarin overschrijdingen groter dan 2 keer de basisafvoer uitblijven (figuur 5.17).

In de Strabekervloedgraaf is het aantal afvoerpieken veel hoger in alle klassen behalve de laagste. Afvoeren van 8-16 keer de basisafvoer komen nog 9 keer voor in het eerste meetjaar. In het tweede meetjaar bereikt de afvoer niet meer dergelijke hoge waarden maar is het aantal pieken in de lagere klassen nog steeds hoog.

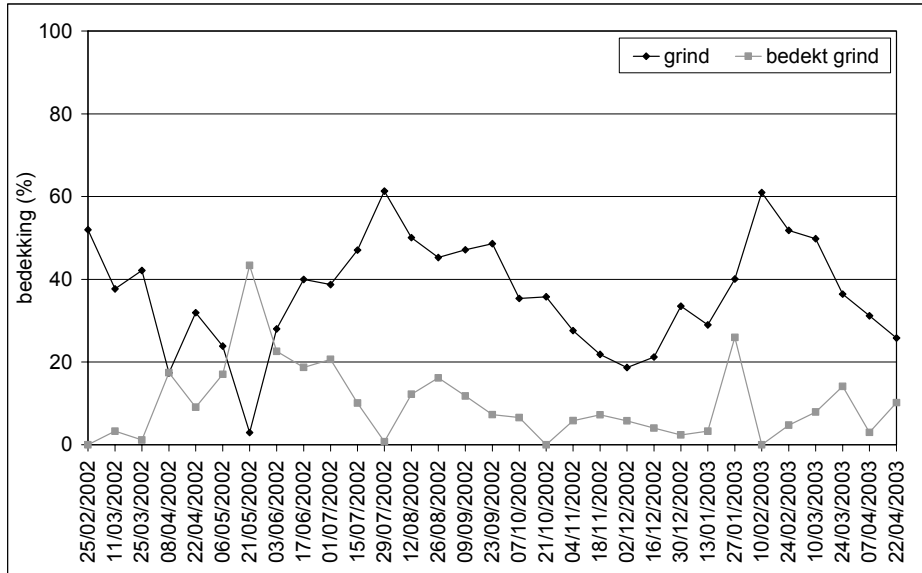
De Platsbeek heeft het laagste aantal afvoerpieken in de lagere klassen maar de meeste in de hoogste klassen. Ook in het tweede meetjaar zijn in deze beek hoge pieken (klasse 8-16 keer basisafvoer) waargenomen.

## 5.2.2 Substraatpatronen

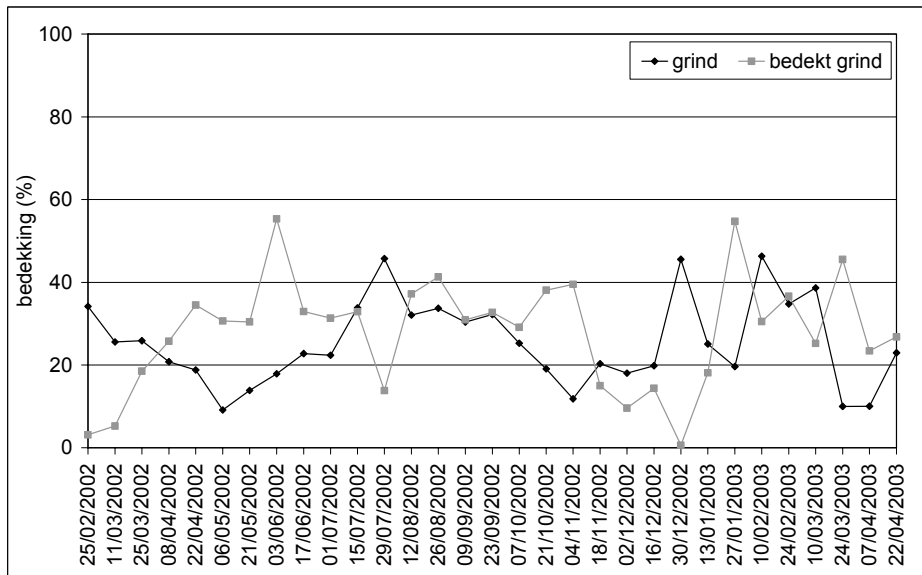
De afvoerpatronen in een beek hebben invloed op de grindbedden en andere substraten. De grootte van de grindbedden verandert door het jaar en afhankelijk van de afvoer. In de Seelbeek blijkt dat in grindbed A (figuur 5.18) het bedekkingspercentage kaal grind over het algemeen hoger is dan in grindbed B (figuur 5.19). Op enkele momenten gedurende het meetjaar wordt het grind in beide grindbedden bedekt met een laagje van een ander substraat; de opvallendste momenten zijn mei 2002 en januari 2003. Deze momenten blijken samen te vallen met (kleine) afvoerpieken in de beek (figuur 5.2). In het voorjaar zijn er relatief veel kleine pieken. In beide grindbedden neemt het percentage kaal grind af. In grindbed A wordt het grind voornamelijk bedekt door slib (figuur 5.20), in grindbed B door zand (figuur 5.21). Na mei neemt de bedekking met kaal grind weer toe tot een maximum op 29 juli 2002 voor beide grindbedden. De periode hiervoor is de afvoer constanter geweest. Eind juli, begin augustus waren er weer kleine afvoerpieken en neemt de bedekking met kaal grind weer af. In de herfst (vanaf september) wordt het grind bedekt door detritus waardoor de bedekking met kaal grind afneemt tot december. Daarna verdwijnt het detritus langzaam en neemt het percentage grind weer toe. In januari zijn er nog kleine afvoerpieken waardoor weer schommelingen optreden in de bedekkingen van grind en grind dat bedekt is met ander substraat.

In de Oude beek (goede tak) zijn de pieken en dalen in bedekking met kaal grind zijn voor beide grindbedden verschillend. Hierdoor is de substraatbedekking minder duidelijk te relateren aan afvoerpieken. Grindbed A lijkt wel te reageren op de afvoer (figuur 5.22 en 5.4). Grindbed B is over het algemeen veel stabielier dan grindbed A (figuur 5.23). Twee keer wordt het grind bedekt met substraat, in juni 2002 en maart

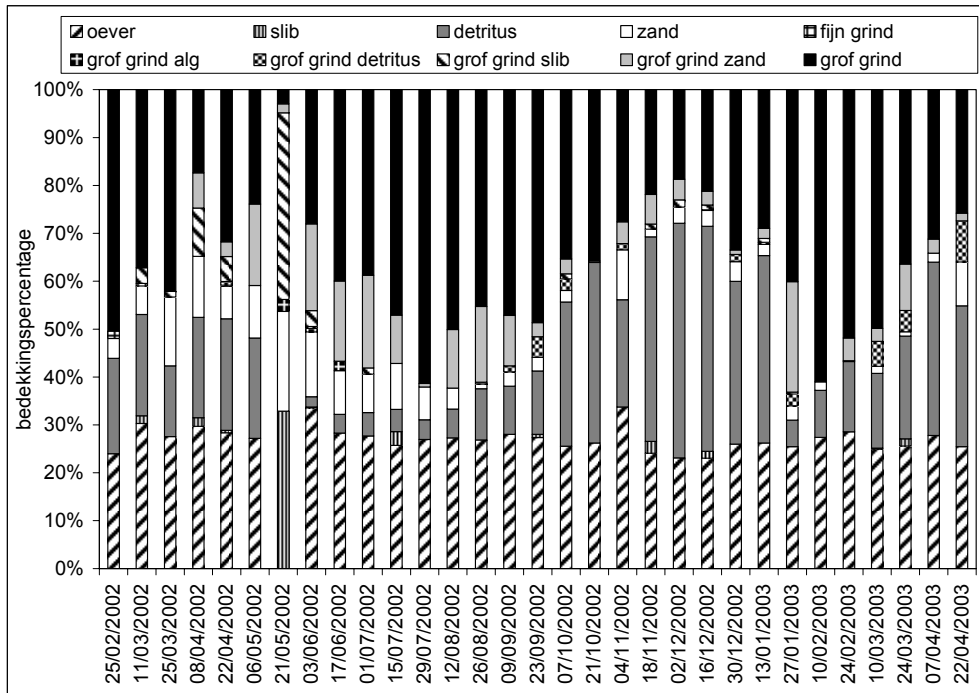
2003. In beide gevallen is er geen sprake van een afvoerpiek. In beide gevallen wordt het grind bedekt met zand (figuur 5.25). De bedekking met detritus in de herfst is op beide grindbedden veel lager dan in de Seelbeek (in het bos gelegen) en de hoeveelheid detritus is sneller weer afgenomen (figuur 5.24 en 5.25). Op grindbed B is slechts in één opname (begin november 2002) veel detritus waargenomen.



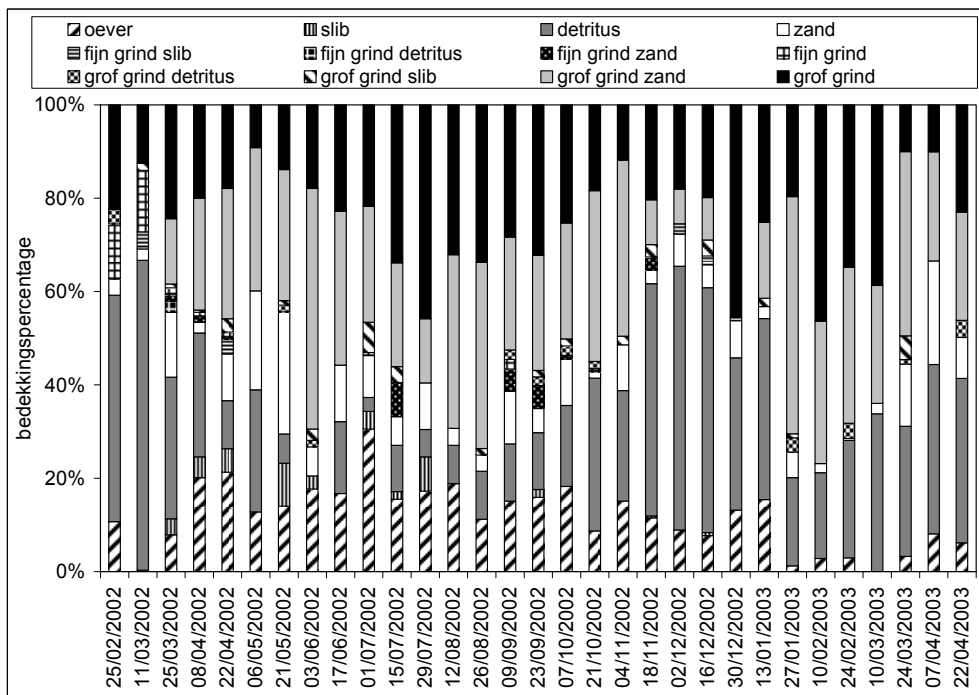
Figuur 5.18 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Seelbeek, grindbed A.



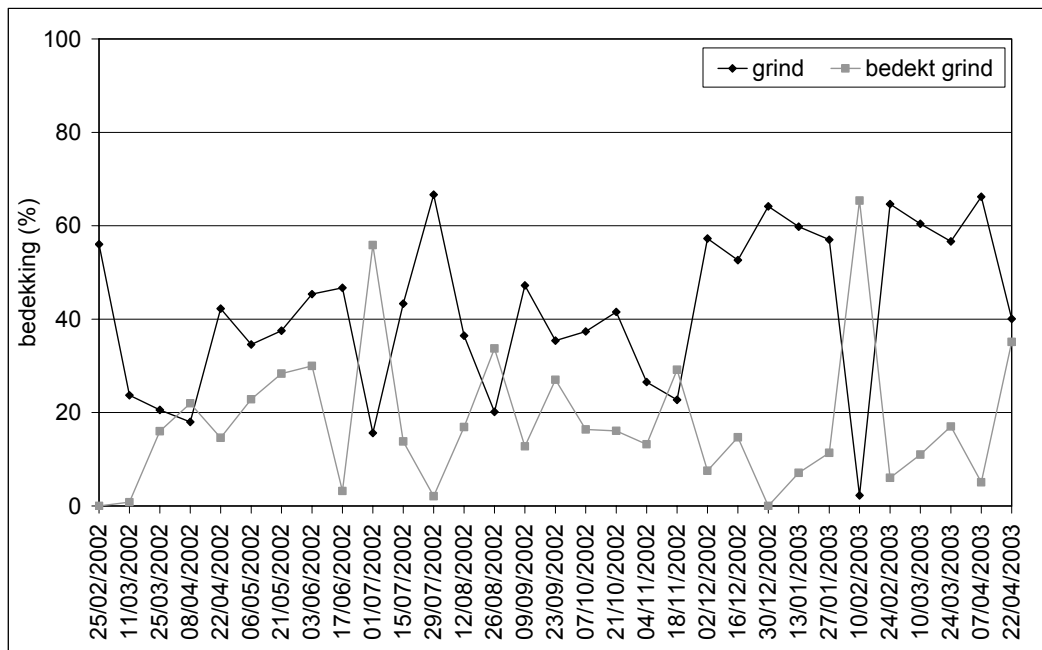
Figuur 5.19 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Seelbeek, grindbed B.



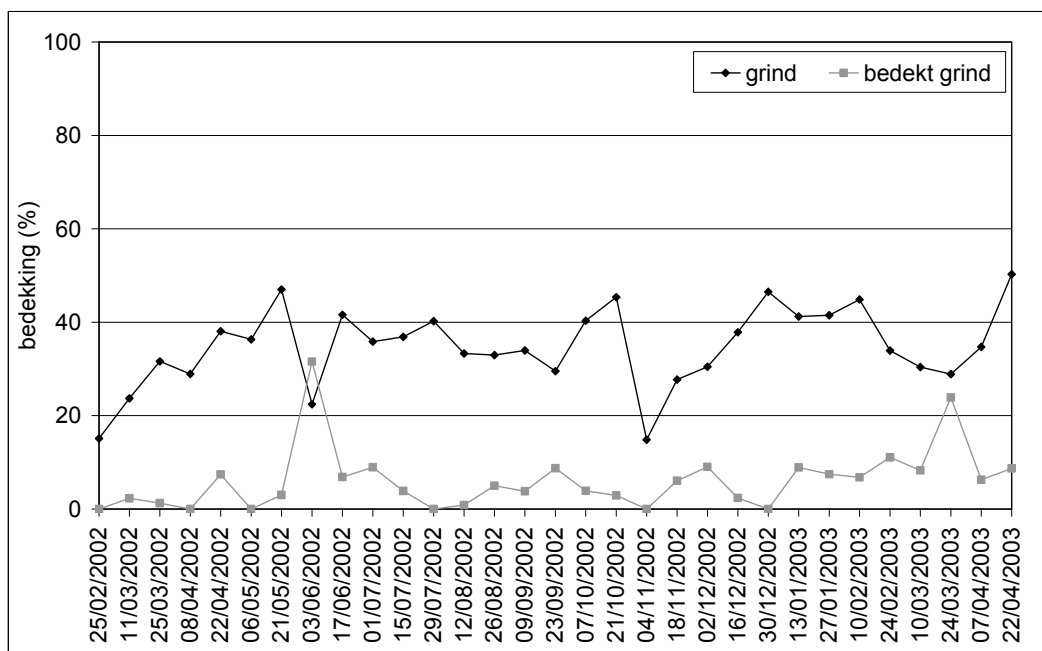
Figuur 5.20 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Seelbeek, grindbed A.



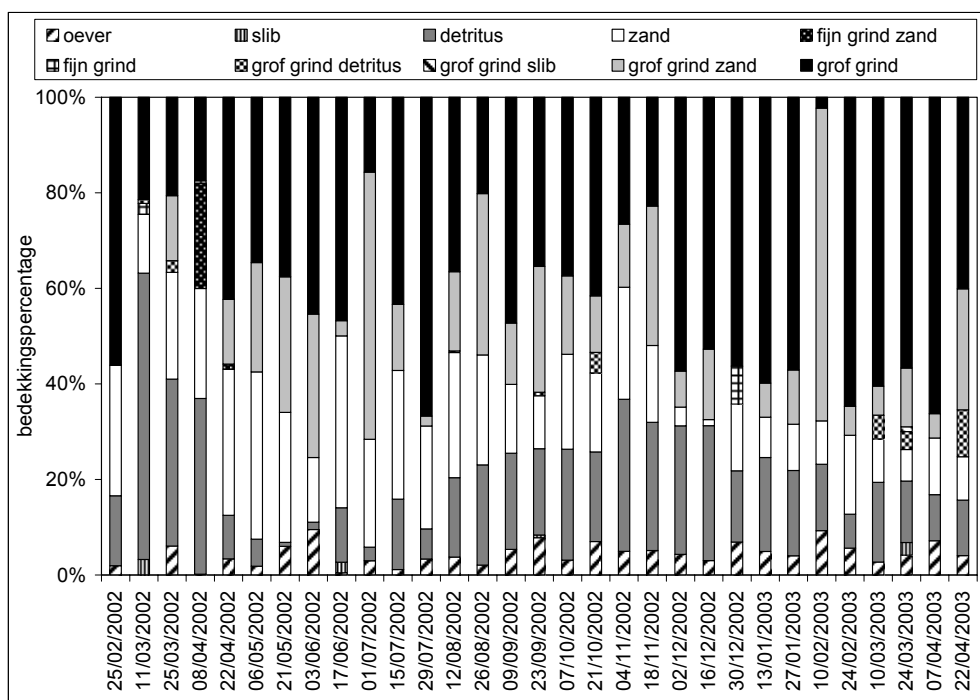
Figuur 5.21 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Seelbeek, grindbed B.



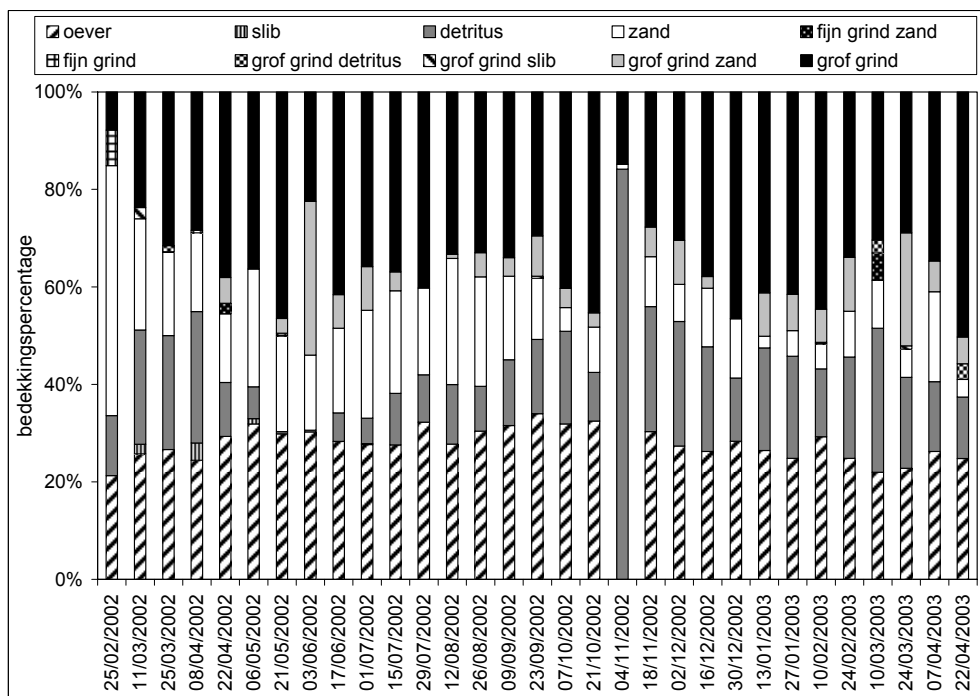
Figuur 5.22 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Oude beek goede tak, grindbed A.



Figuur 5.23 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Oude beek goede tak, grindbed B.

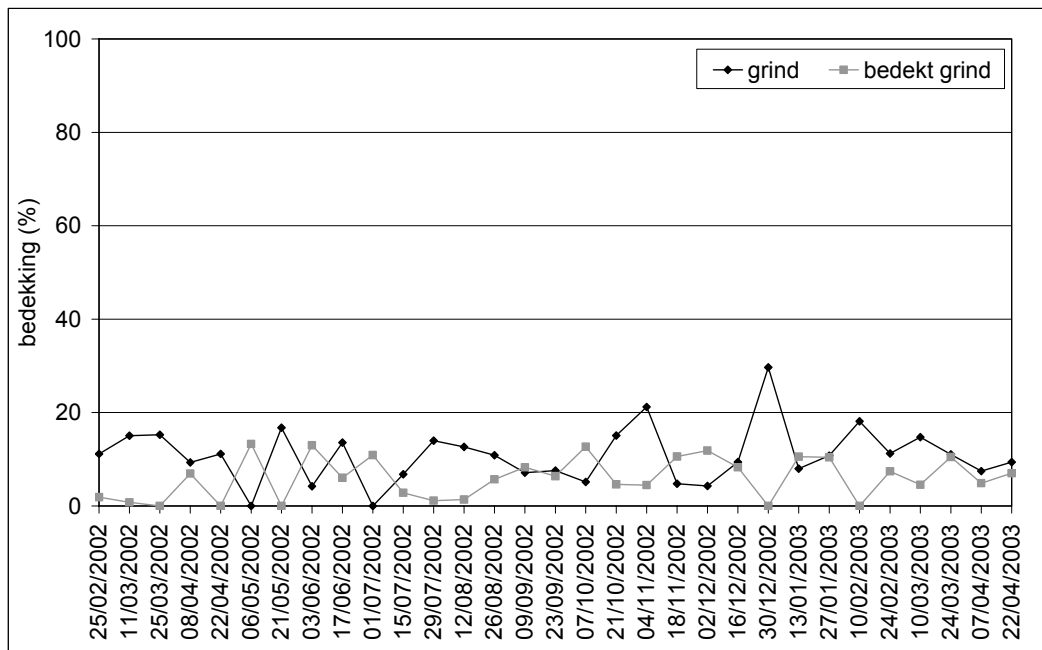


Figuur 5.24 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Oude beek goede tak, grindbed A.

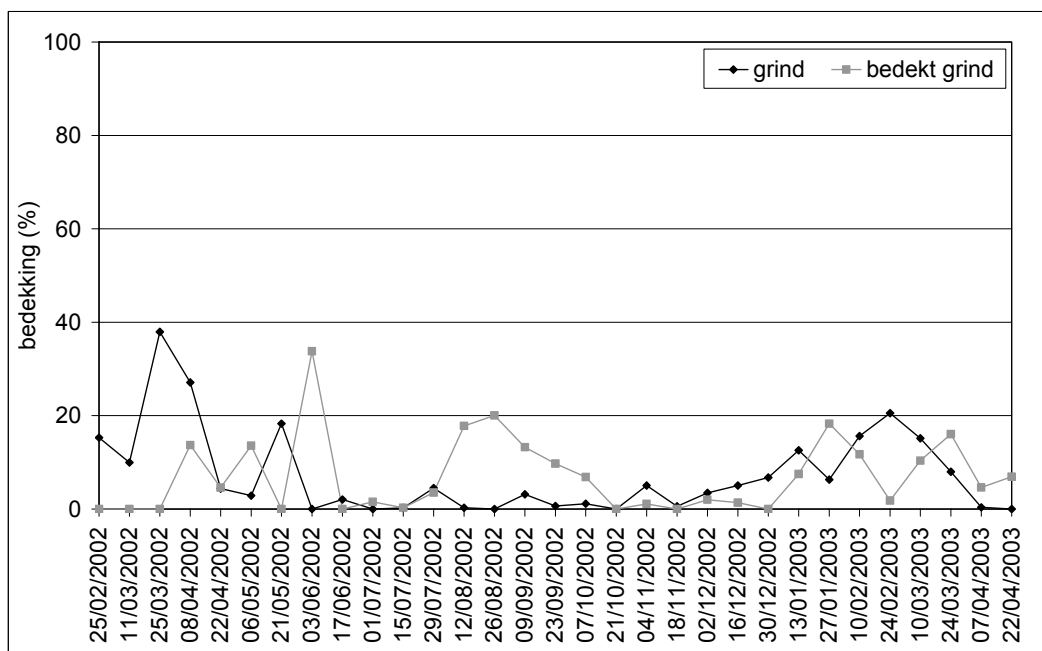


Figuur 5.25 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Oude beek goede tak, grindbed B.

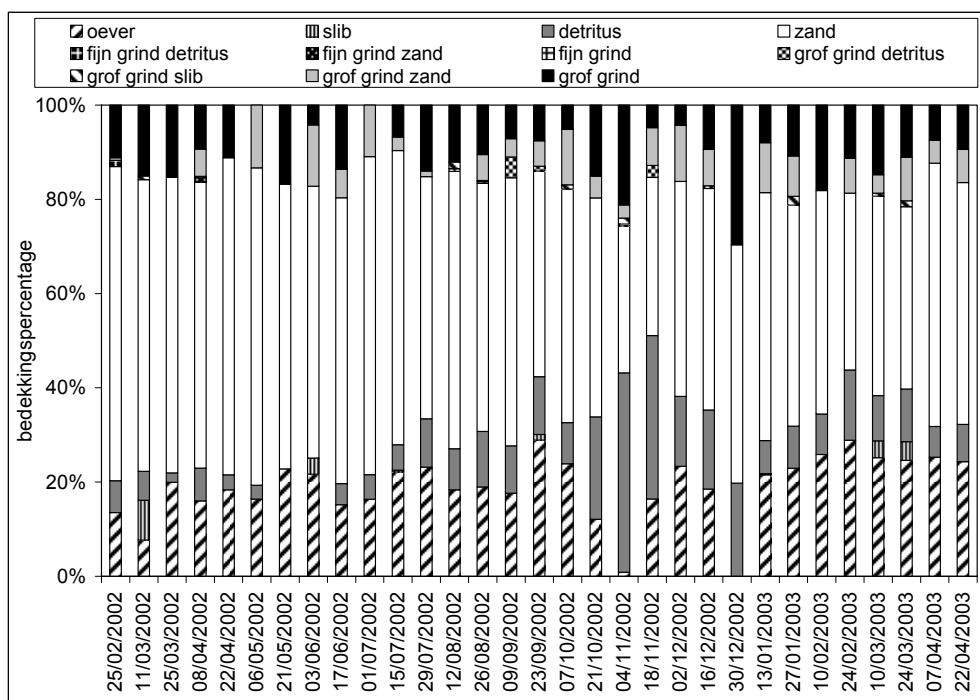




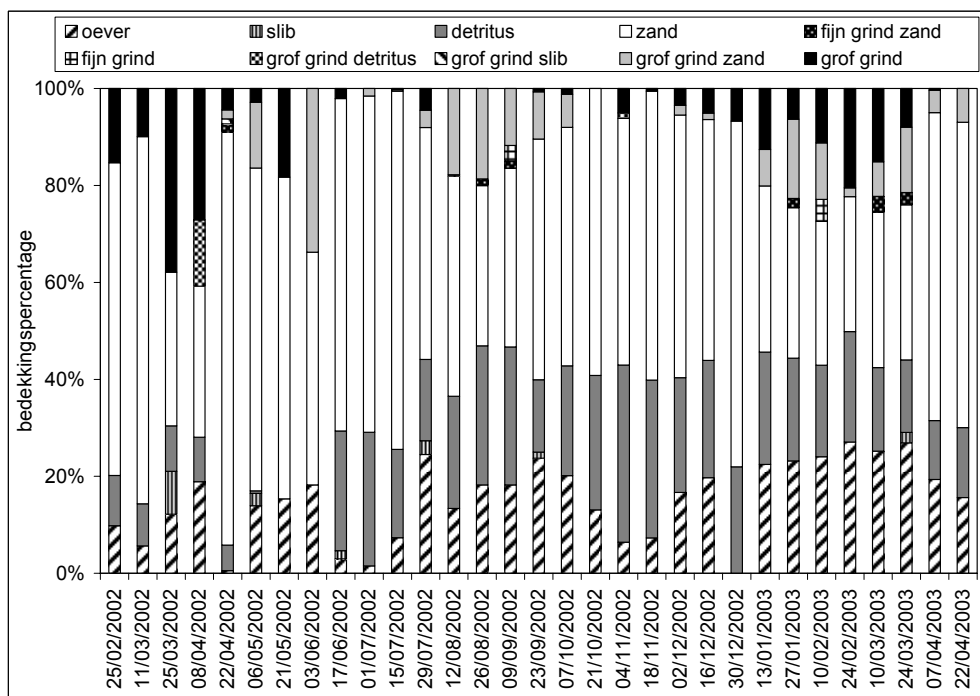
Figuur 5.26 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Oude beek slechte tak, grindbed A.



Figuur 5.27 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Oude beek slechte tak, grindbed B.



Figuur 5.28 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Oude beek slechte tak, grindbed A.



Figuur 5.29 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Oude beek slechte tak, grindbed B.

In de slechte tak van de Oude beek is het percentage grind over het algemeen veel lager (figuur 5.26 en 5.27). Zand heeft in deze beek de hoogste bedekking in beide 'grindbedden' (figuur 5.28 en 5.29). Er is wel grind aanwezig want het percentage grind is een enkele keer bijna 40% (figuur 5.29). Schommelingen in de bedekking van het grind met zand vinden in grindbed A en B over het algemeen tegelijkertijd plaats. Niet in alle gevallen zijn deze schommelingen direct te relateren aan afvoerpieken (figuur 5.6). Vaak treedt bedekking met zand enige tijd na een afvoerpiek op. Waarschijnlijk wordt zand afgezet als de afvoer weer een tijdje lager geweest is. Het lijkt erop dat in deze beek juist tijdens en vlak na een afvoerpiek het meeste grind zichtbaar is. Blijkbaar wordt bij een hoge afvoer het zand van het grind gespoeld. Het grootste deel van de meetperiode was het grind echter bedekt met een dikke laag zand. Ook in deze tak speelt detritus een marginale rol. Gedurende een lange periode is het aanwezig maar niet in hoge percentages.

In de Bunderbosbeek heeft het percentage bedekking met kaal grind een duidelijke relatie met de afvoer (figuur 5.30 en 5.8). In beide grindbedden is een duidelijke afname van kaal grind te zien tegelijkertijd met een toename van grind bedekt met ander substraat na de grote afvoerpiek in juli 2002 (figuur 5.30 en 5.31). Maar ook de kleinere afvoerpieken in het voorjaar worden gevolgd door een afname van de bedekking kaal grind. Na de afvoerpieken van augustus is het percentage grind weer hoog in grindbed A. Dit is slechts van korte duur want het grind wordt vanaf begin september bedekt met een grote hoeveelheid detritus (figuur 5.32). Begin januari is het detritus grotendeels verdwenen en neemt de bedekking van kaal grind weer toe. In grindbed B is de bedekking met detritus slechts gedurende twee opnamen (eind oktober en begin november 2002) hoog (figuur 5.33). Daarna is het vrij snel weer verdwenen. Hierdoor blijft in grindbed B de bedekking met grind vrijwel constant hoog. Dit komt waarschijnlijk doordat de stroomsnelheid in grindbed B hoger is dan in grindbed A (tabel 5.8).

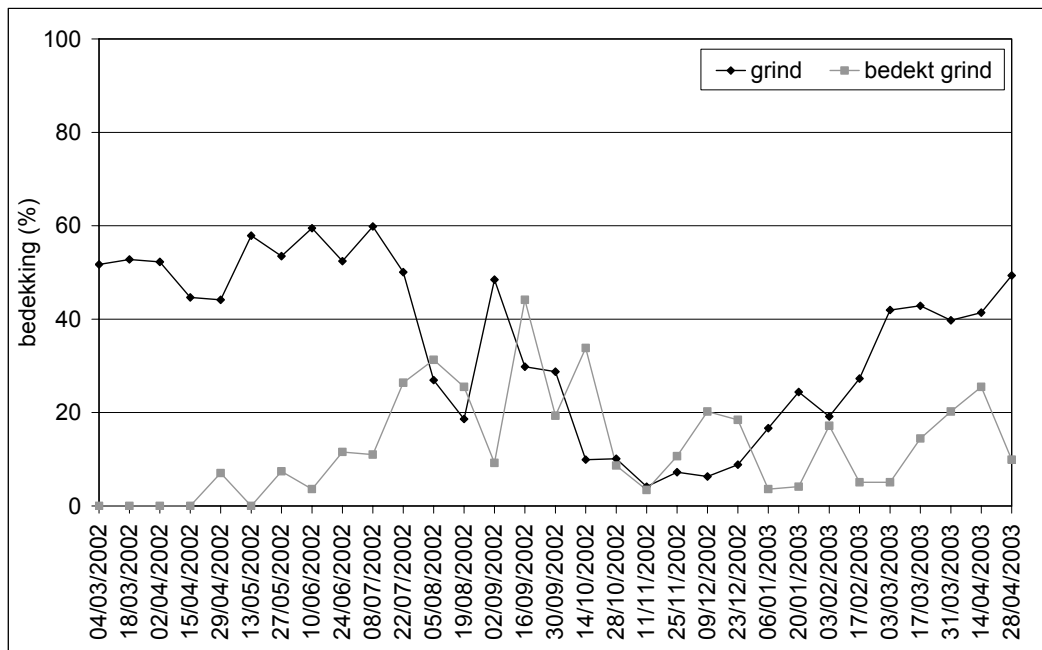
*Tabel 5.8 Gemiddelde stroomsnelheid en diepte voor de grindbedden in de zes beken.*

beek	grindbed	gemiddelde stroomsnelheid (m/s)	gemiddelde diepte (cm)
Seelbeek	A	0.23	3.0
Seelbeek	B	0.21	4.4
Oude beek (goede tak)	A	0.33	8.4
Oude beek (goede tak)	B	0.33	9.8
Oude beek (slechte tak)	A	0.28	5.9
Oude beek (slechte tak)	B	0.22	5.4
Bunderbosbeek	A	0.27	3.0
Bunderbosbeek	B	0.33	3.5
Strabekervloedgraaf	A	0.28	2.9
Strabekervloedgraaf	B	0.19	3.7
Platsbeek	A	0.21	3.2
Platsbeek	B	0.17	3.3

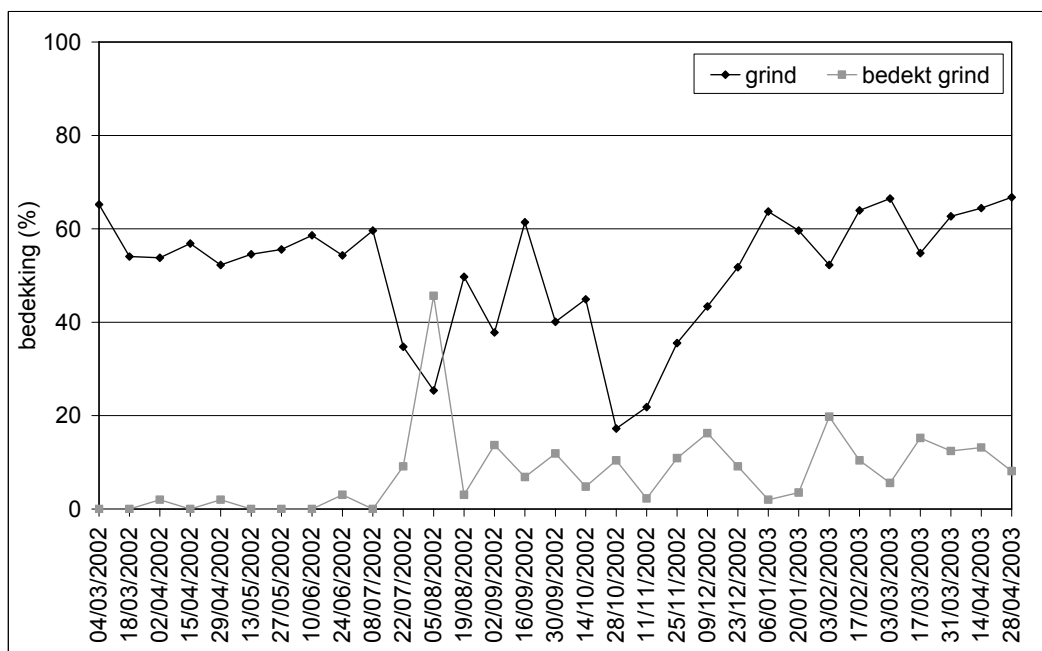
Ook in de Strabekervloedgraaf is het effect van de hoge juli afvoerpiek duidelijk te zien in de grindbedden maar de afname is nog geen 10 % (figuur 5.34 en 5.35). De afname is dus veel minder dan in de Bunderbosbeek. Het effect van kleinere afvoerpieken is minder duidelijk. Tijdens de grote afvoerpiek in de zomer is vooral

slib en zand op het grind afgezet (figuur 5.36 en 5.37). In juli en augustus blijft het percentage kaal grind nog relatief laag maar in september is het weer flink toegenomen (ongeveer 80% in grindbed A en 70% in grindbed B). In de tweede helft van oktober wordt het grind bedekt door detritus maar dit is begin november alweer verdwenen.

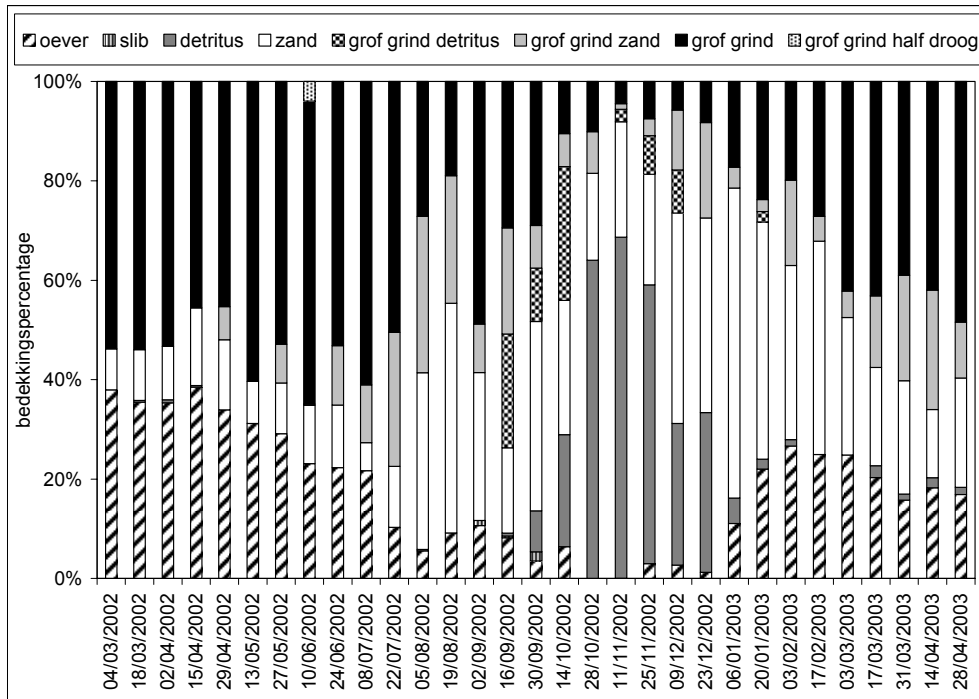
In de Platsbeek vertonen beide grindbedden grote schommelingen (figuur 5.38 en 5.39). Deze zijn vooral te wijten aan het feit dat er regelmatig een laag slib of fijn detritus op het grind aanwezig is. De eerste afvoerpiek in juni heeft ervoor gezorgd dat het bedekkingspercentage kaal grind toenam (24 juni 2002). De grote afvoerpiek in juli veroorzaakte een afname van de bedekking met kaal grind. Een groot deel van het grind werd bedekt met zand in beide grindbedden (figuur 5.40 en 5.41). Daarna herstelde het grind zich weer.



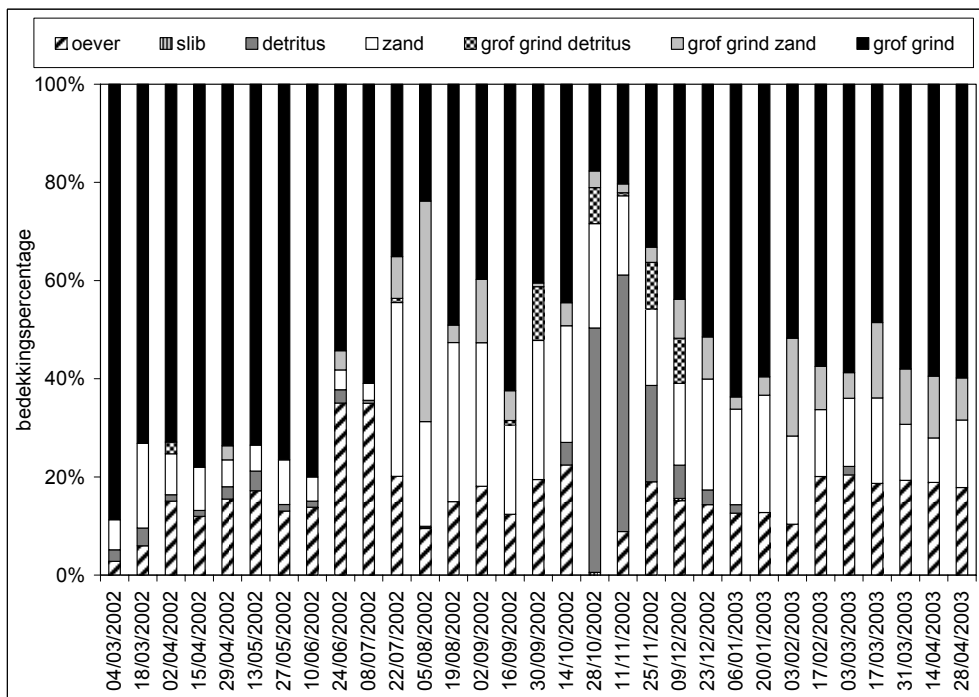
Figuur 5.30 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Bunderbosbeek, grindbed A.



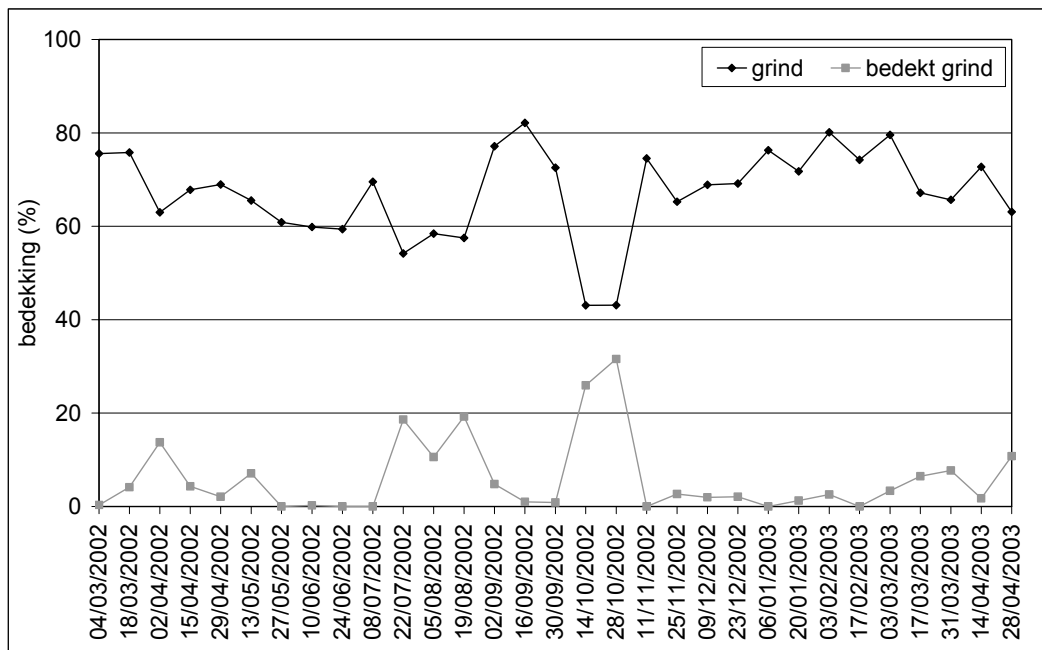
Figuur 5.31 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Bunderbosbeek, grindbed B.



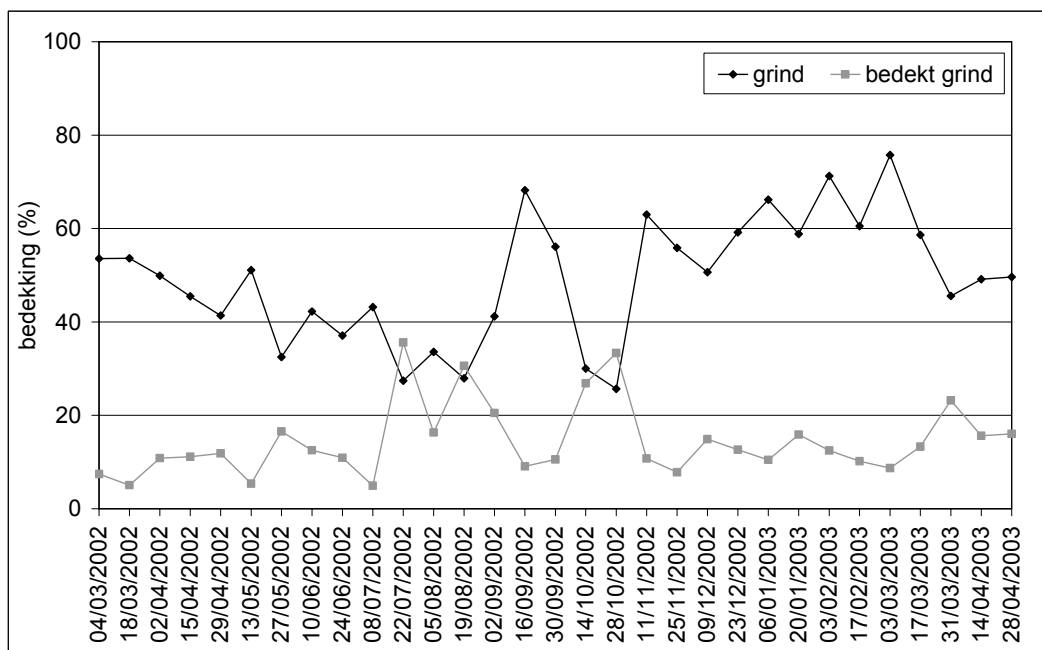
Figuur 5.32 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Bunderbosbeek, grindbed A.



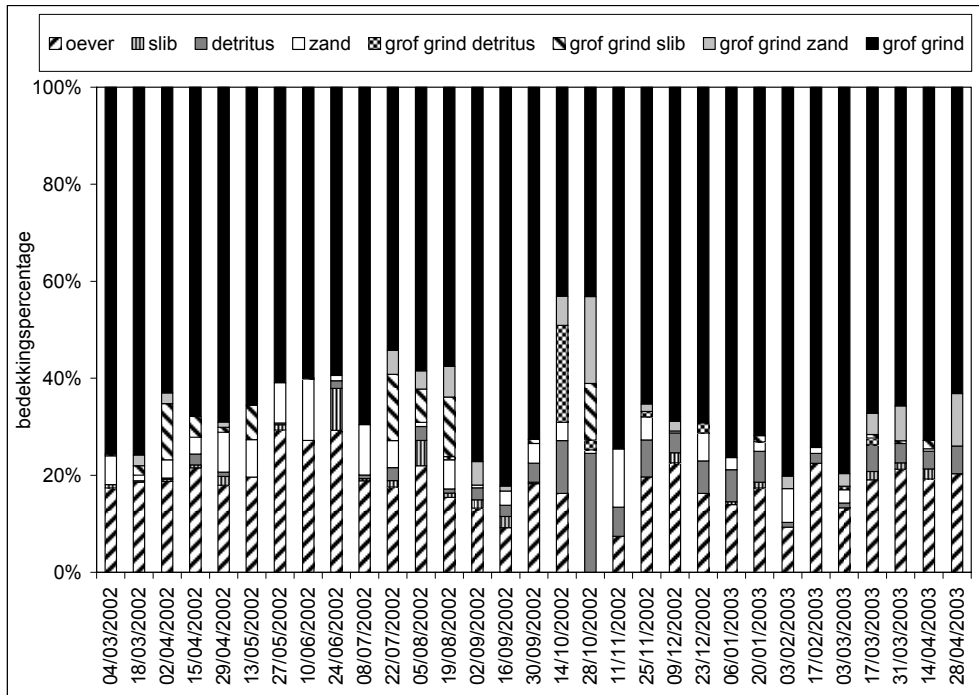
Figuur 5.33 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Bunderbosbeek, grindbed B.



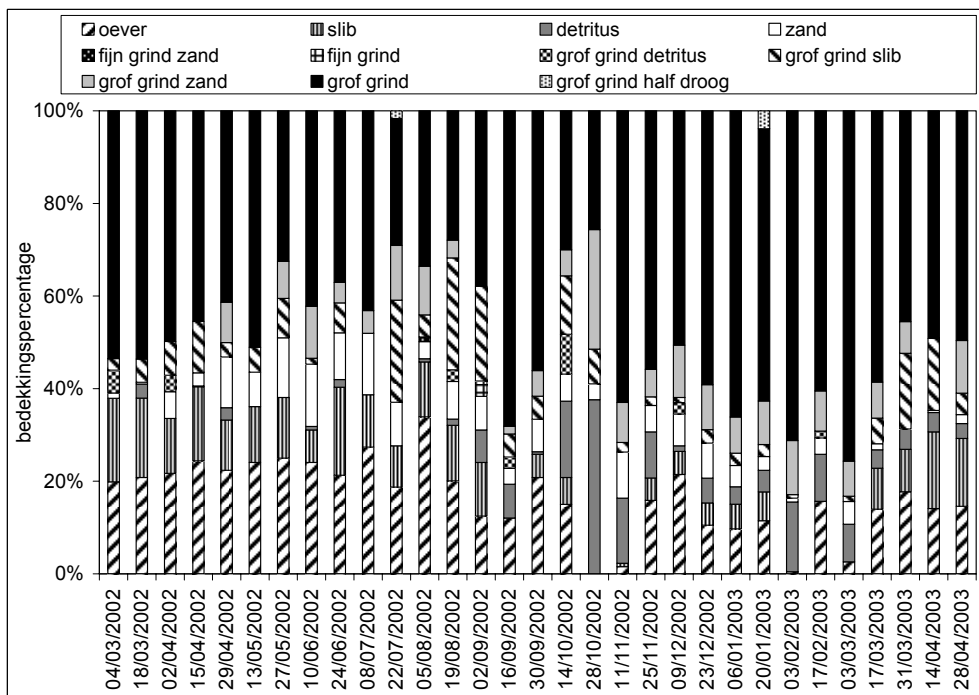
Figuur 5.34 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Strabekervloedgraaf, grindbed A.



Figuur 5.35 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Strabekervloedgraaf, grindbed B.

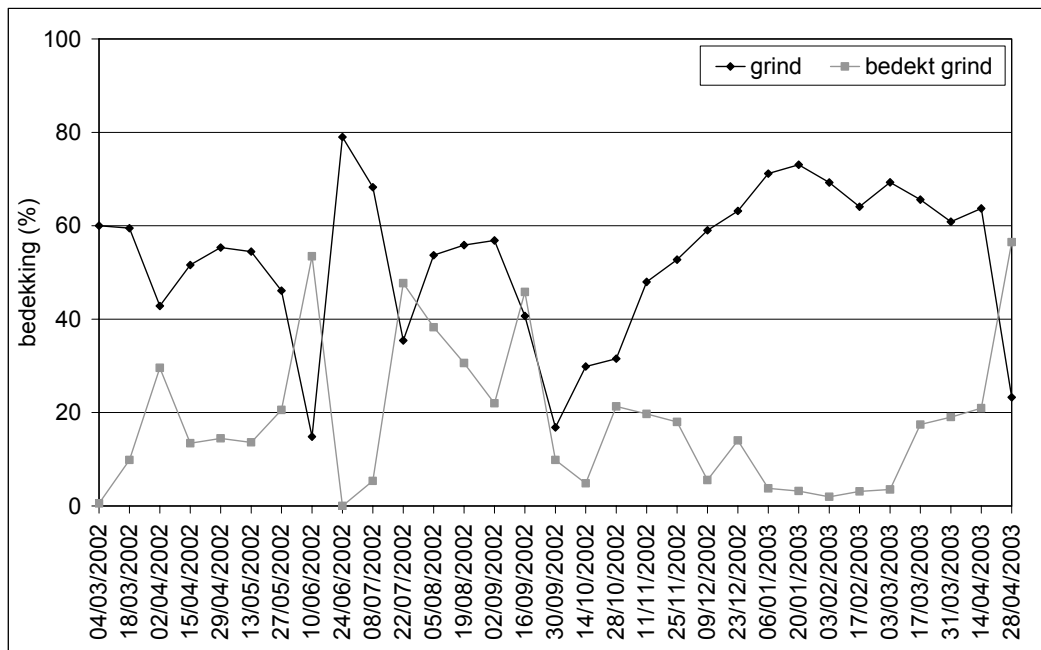


Figuur 5.36 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Strabekervloedgraaf, grindbed A.

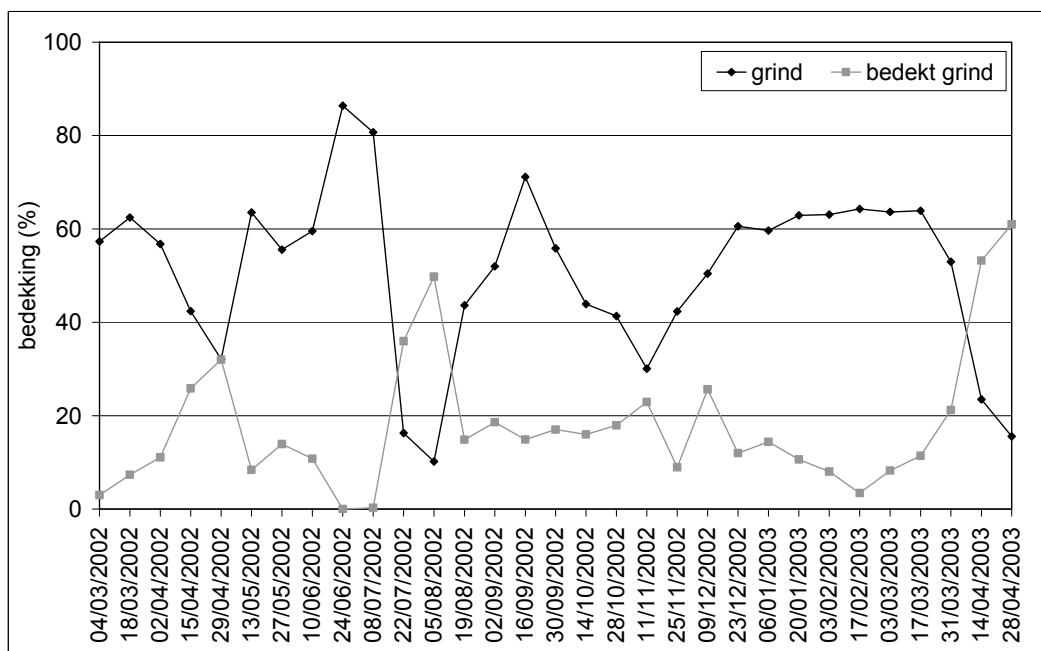


Figuur 5.37 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Strabekervloedgraaf, grindbed B.

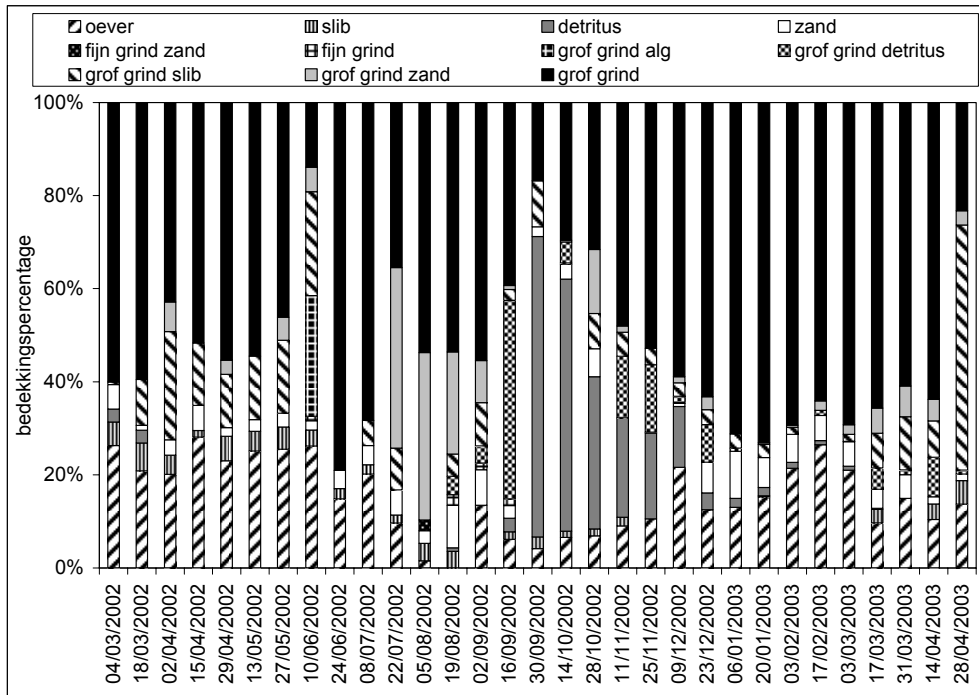




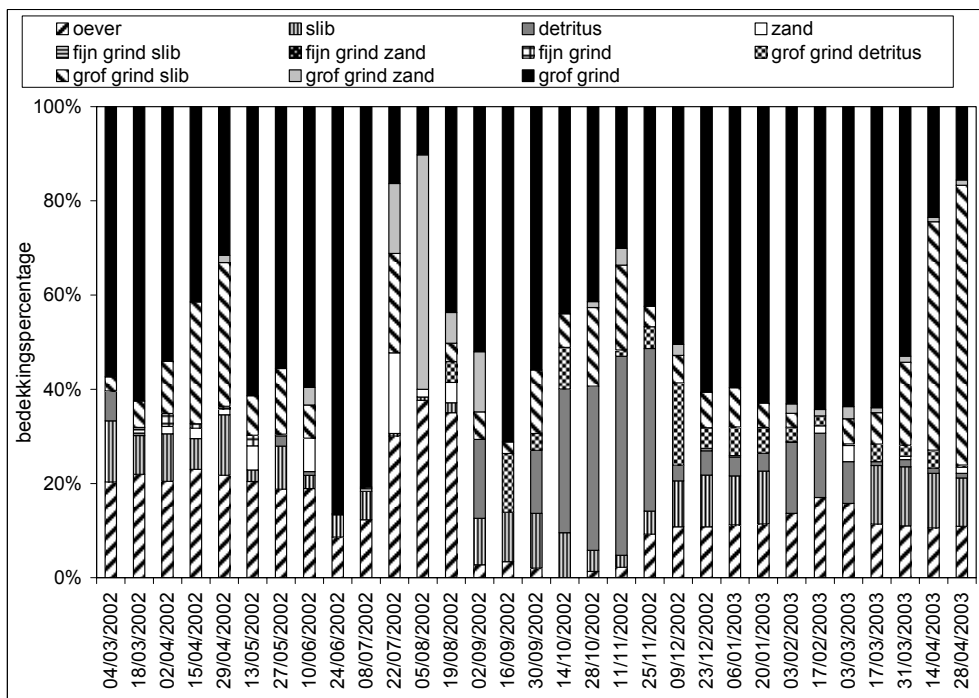
Figuur 5.38 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Platsbeek, grindbed A.



Figuur 5.39 Bedekking grind versus de bedekking grind met daaroverheen een laagje van een ander substraat (grind daaronder nog zichtbaar): Platsbeek, grindbed B.



Figuur 5.40 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Platsbeek, grindbed A.



Figuur 5.41 Bedekkingspercentage per substraat gedurende het eerste meetjaar (om de week opgenomen): Platsbeek, grindbed B.

De tweede hoge afvoerpiek in augustus had niet hetzelfde effect als de eerste. Het percentage kaal grind bleef toenemen tot begin september (grindbed A) en half september (grindbed B). Daarna werd het grind voor een deel bedekt met detritus. Deze bedekking verdween langzaam weer totdat de bedekking kaal grind weer hoog was (eind december 2002). In het voorjaar van 2003 is in beide grindbedden weer een toename van slib op het grind te zien (figuren 5.38 t/m 5.41). Dit is niet te relateren aan de afvoer, want in maart en april 2003 is de afvoer constant laag geweest.

### 5.2.3 Populatie-dichtheid

De populatie-dichtheid van *A. fuscipes* volgt over het algemeen de stabiliteit van de afvoer in de beken. De beken met de meest onregelmatige afvoer en de meeste hoge afvoerpieken, de Oude beek (slechte tak) en de Platsbeek bleken nauwelijks individuen van *A. fuscipes* te bevatten (tabel 5.9). In de Platsbeek zijn een keer 3 individuen aangetroffen op 9 december 2002. Dit is vreemd, aangezien verder nooit *A. fuscipes* is gevonden in deze beek. Vooral omdat de waarneming plaatsvond in december en niet in de nazomer/herfstperiode waarin adulten zich hebben kunnen verspreiden en eieren afzetten maakt deze waarneming niet erg betrouwbaar. Toch is de kans dat tijdens het verzamelen van de monsters dieren van een andere beek in het Platsbeekmonster terecht zijn gekomen klein omdat deze beek altijd als eerste bemonsterd werd.

In de slechte tak van de Oude beek zijn vaker *A. fuscipes* larven aangetroffen. Dit is goed mogelijk omdat deze tak in verbinding staat met de goede tak, waarin een gezonde populatie aanwezig is. In maart 2004 zijn de hoogste aantallen gevonden. Waarschijnlijk komt dit doordat in het tweede jaar de afvoer in deze tak veel constanter is dan in het jaar ervoor. Het feit dat in de goede tak een populatie aanwezig is die eenvoudig de slechte tak kan koloniseren duidt op ongeschiktheid van de slechte tak voor deze soort. Waarschijnlijk is de continue bedekking van een groot deel van de grindbedden met een dikke laag zand hiervoor de oorzaak.

Tabel 5.9 *Agapetus fuscipes* aangetroffen in de Oude beek (slechte tak) grindbed A (OsA) en B (OsB) en de Platsbeek grindbed A (PLA).

grindbed	datum	stadium	aantal
OsA	30-Dec-02	larve	1
OsA	11-Jun-03	larve	1
OsA	08-Sep-03	larve	2
OsA	08-Dec-03	larve	2
OsA	23-Mar-04	larve	9
OsA	23-Mar-04	pop	5
OsB	07-Oct-02	larve	1
OsB	10-Feb-03	larve	1
OsB	23-Mar-04	larve	1
PLA	09-Dec-02	larve	3

Tabel 5.10 Totaal aantal exemplaren per stadium aangetroffen in grindbedden A en B van de Seelbeek (Se), Oude beek (goede tak) (Og), Bunderbosbeek (Bu) en Strabekervloedgraaf (St).

	SeA	SeB	OgA	OgB	BuA	BuB	StA	StB
eipakket	5	10	6	6	22	6	28	14
larve	1648	1981	1267	1608	1107	877	535	336
leeg huisje	849	938	160	137	30	81	33	9
leeg monster	4	9	17	9	24	32	18	21
pop	27	5	20	102	88	15	81	110
prepop	3		2	1	4	2	4	8

Uit tabel 5.10 blijkt dat de populatie het grootste is in de Seelbeek, gevolgd door de Oude beek (goede tak), de Bunderbosbeek en Strabekervloedgraaf. Opvallend is het dat het aantal poppen dat gevonden is in de Seelbeek relatief laag is. In de Bunderbosbeek is het aantal keren dat in een monster geen *A. fuscipes* is aangetroffen het hoogst (56 lege monsters).

Tabel 5.11 laat zien dat in het eerste jaar vooral eipakketten gevonden zijn in de Veluwe beken en het tweede jaar vooral in Limburg waar het totale aantal het grootste was. Eipakketten zijn gevonden van half juni tot eind september, zowel op de Veluwe als in Limburg.

Tabel 5.11 Gevonden eipakketten in de vier beken (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf).

datum	Se	Og	Bu	St	totaal
01-Jul-02		1			1
29-Jul-02		1			1
12-Aug-02	2	3			5
09-Sep-02	1				1
23-Sep-02	2	5			7
11-Jun-03	10				10
16-Jun-03			23	42	65
08-Sep-03		2			2
15-Sep-03			5		5
Totaal	15	12	28	42	97

Figuren 5.42 t/m 5.49 laten de populatiedichtheid gedurende de meetperiode zien. Voor alle vier beken geldt dat de patronen van beide grindbedden op elkaar lijken. In Seelbeek, Bunderbosbeek en Strabekervloedgraaf is in het tweede meetjaar de populatie groter. Er zijn toen meer larven gevonden dan in het jaar ervoor. Dit hangt waarschijnlijk samen met de constantere afvoer in het tweede meetjaar.

In de Seelbeek is de populatiedichtheid groot in het voorjaar van 2002 (figuur 5.42 en 5.43). Vanaf het late voorjaar neemt het aantal larven af. Deze afname is niet terug te zien in een toename van het aantal poppen. Er zijn in deze beek weinig poppen gevonden zoals al eerder was geconstateerd. Vanaf september neemt het aantal larven weer toe. De allerkleinste larven worden waarschijnlijk niet gevonden in de monsters en door de spreiding in het afzetten van eipakketten neemt het aantal tot november toe. Daarna neemt het aantal weer langzaam af. Deze piek in november is ook in het tweede meetjaar waargenomen. Er zijn in de Seelbeek geen hoge

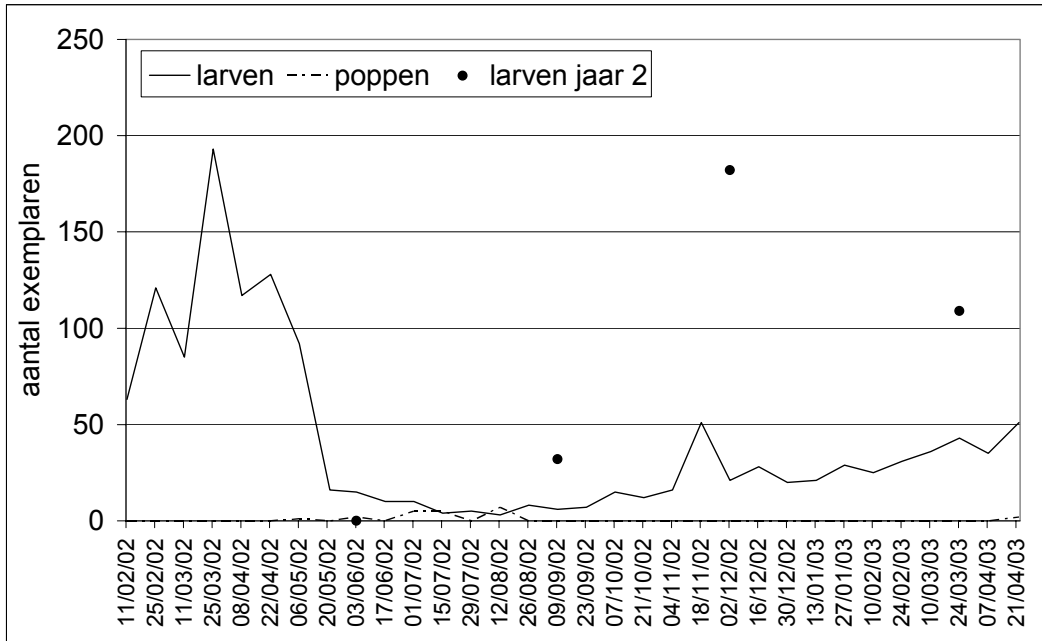
afvoerpieken geweest dus deze zijn niet te relateren aan de populatiedichtheid. Toch zijn er in het tweede jaar meer individuen aangetroffen. Het aantal afvoer overschrijdingen was in het tweede jaar veel lager dan in het eerste jaar (figuur 5.14 en 5.15). Dit zou de hogere populatiedichtheid kunnen verklaren.

De populatiedichtheid in de Oude beek (goede tak) laat een ander patroon zien (figuur 5.44 en 5.45). In deze beek is de populatie minder groot in het voorjaar van 2002 dan in het voorjaar van 2003 en 2004. De grote afvoerpiek in maart zou dit veroorzaakt kunnen hebben. Het zou kunnen dat in deze beek ook voor deze periode (niet gemeten) al hoge pieken zijn opgetreden. Ook in deze beek is de populatie het grootst in november. Daarna heeft een sterke afname plaatsgevonden, vooral in grindbed A. Dit kan worden veroorzaakt door een aantal afvoerpieken in november, waarbij een deel van de grindbedden bedekt werd door zand (figuur 5.24 en 5.25). Het tweede meetjaar resulteerde alleen voor deze beek niet in hogere aantallen individuen.

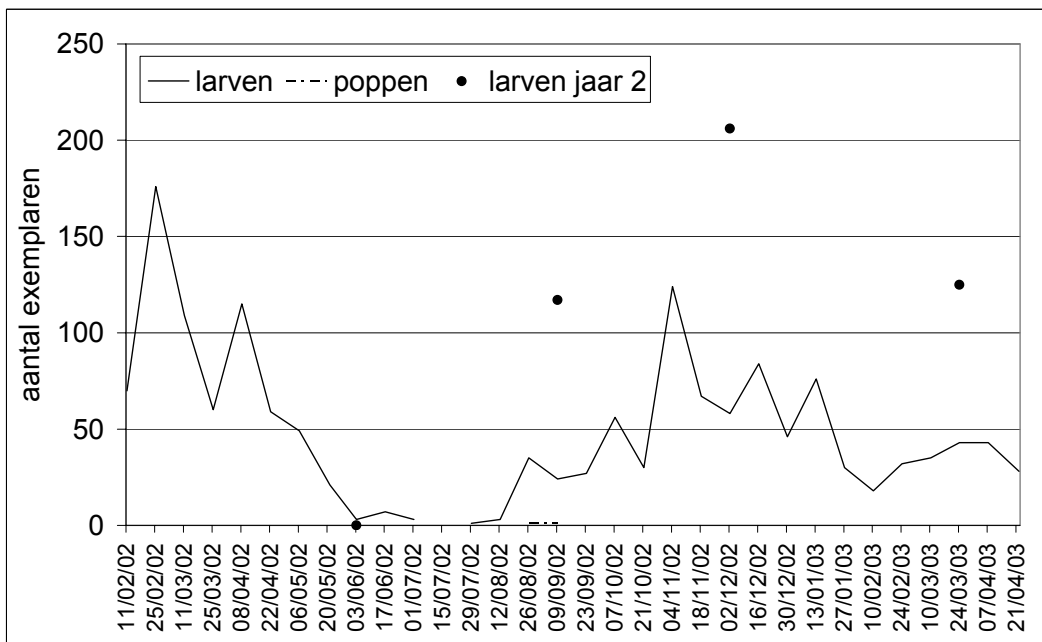
De aantallen waren vergelijkbaar met het jaar ervoor, ondanks een lager aantal afvoer overschrijdingen. Dit zou betekenen dat afvoerpieken in deze beek niet zo'n groot effect hebben gehad gedurende de meetperiode. Dit was ook al te zien in de grindbedden waarvan veranderingen niet altijd te relateren zijn aan de afvoerpatronen. Ook in deze beek is het aantal poppen dat gevonden is relatief laag.

In beide Limburgse beken, de Bunderbosbeek en de Strabekervloedgraaf is de populatiedichtheid duidelijk afgenomen na de hoge afvoerpieken in juli en augustus (figuur 5.46 t/men 5.49). De afvoerpieken vallen precies in de periode dat de dichtheid aan larven van nature ook laag is. Deze afname van het aantal larven in de zomer is namelijk ook te zien in de Seelbeek en de Oude beek (goede tak). Het valt echter op dat na de zomer het aantal erg laag blijft in de Bunderbosbeek en de Strabekervloedgraaf, terwijl in de Veluwe beken het aantal weer toeneemt doordat zich een nieuwe generatie ontwikkelt. In het tweede meetjaar zijn veel meer larven gevonden in de Bunderbosbeek en de Strabekervloedgraaf. Dit wijst erop dat door de afvoerpieken in het eerste meetjaar de populatiedichtheid sterk afgenomen is. In de Bunderbosbeek zijn na de afvoerpiek in juli geen larven en poppen gevonden gedurende 6 weken. Vanaf oktober neemt het aantal weer enigszins toe maar de dichtheid blijft laag (veel lager dan in het eerste voorjaar) gedurende de winter en het tweede voorjaar (2003).

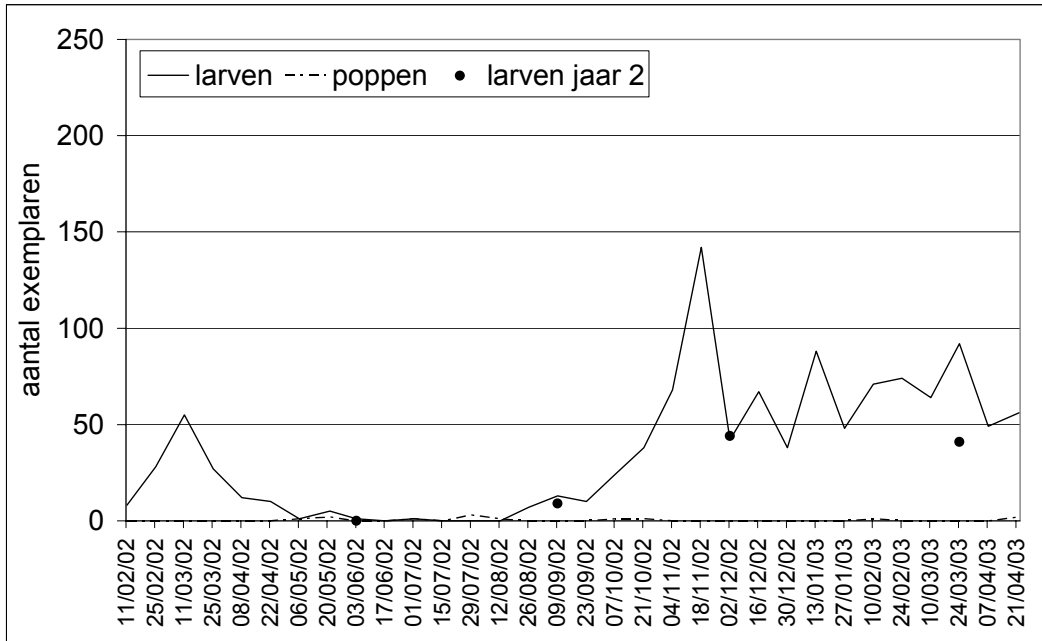
In de Bunderbosbeek zijn poppen gevonden vanaf begin mei, in de Strabekervloedgraaf al vanaf begin april. In de Strabekervloedgraaf neemt het aantal poppen alweer af voor de afvoerpiek van juli (figuur 4.48 en 4.49). Dit betekent dat tijdens de afvoerpiek veel dieren als adult of eipakket aanwezig zijn. Het aantal larven en poppen is voor de afvoerpiek al laag maar daalt door de afvoerpiek verder. Opvallend is dat op 5 augustus het aantal larven weer hoog is in beide grindbedden. Echter, de tweede hoge afvoerpiek in augustus wordt gevolgd door een tweede afname in het aantal larven tot bijna nul. Ook in deze beek neemt het aantal vanaf oktober weer enigszins toe. De rest van de winter en het volgende voorjaar blijft het aantal laag. Maar in het voorjaar van 2002 was de populatiedichtheid eveneens laag. Dit in tegenstelling tot de Bunderbosbeek waar de populatiedichtheid in het voorjaar van 2002 veel hoger was dan in 2003.



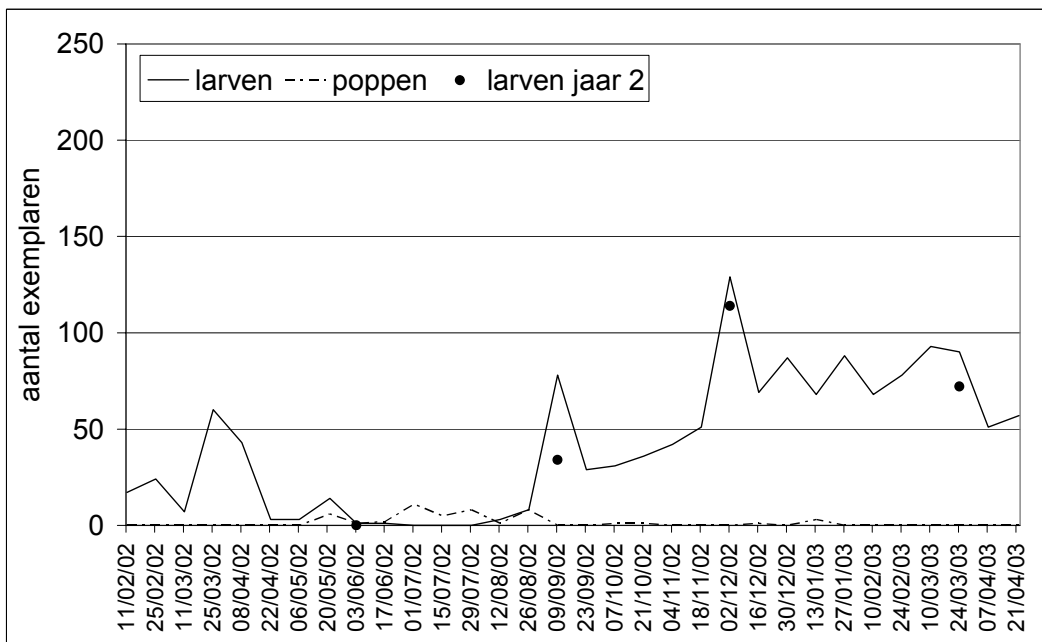
Figuur 5.42 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed A van de Seelbeek. De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.



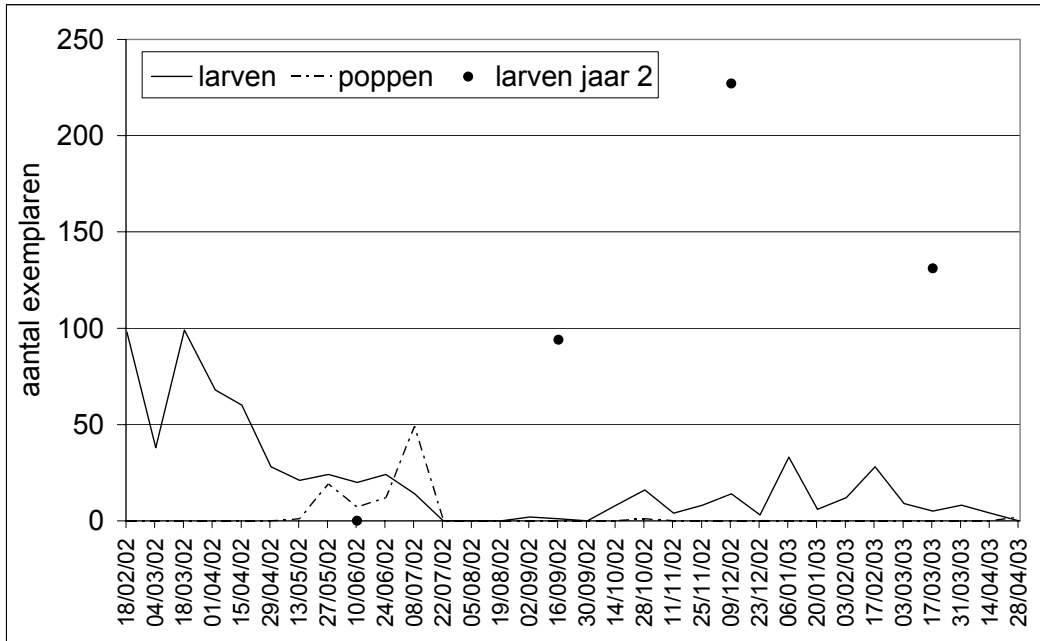
Figuur 5.43 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed B van de Seelbeek. De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.



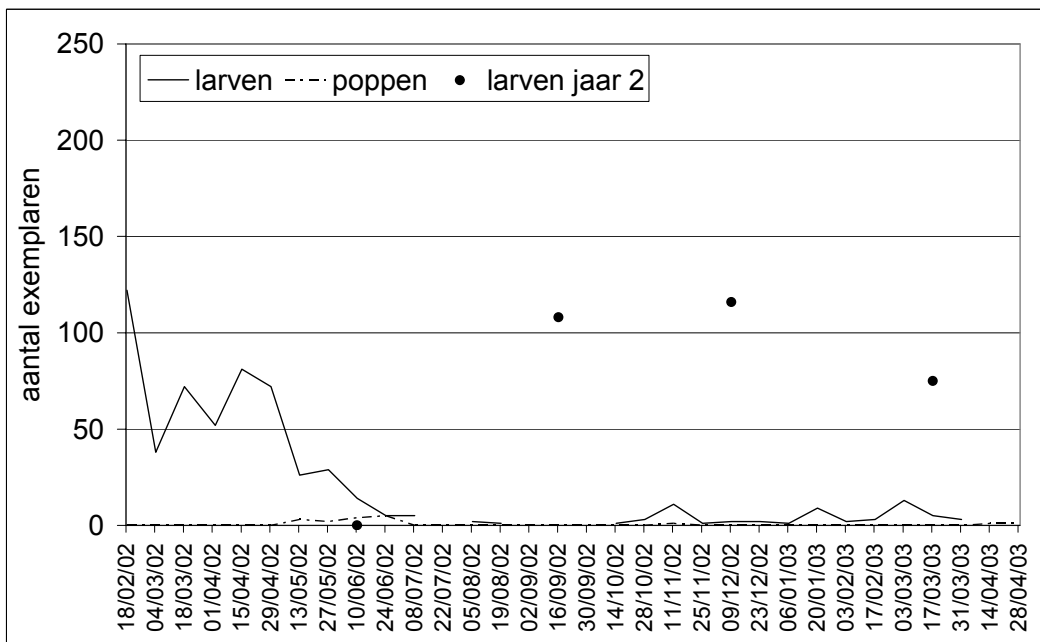
Figuur 5.44 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed A van de Oude beek (goede tak). De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.



Figuur 5.45 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed B van de Oude beek (goede tak). De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.

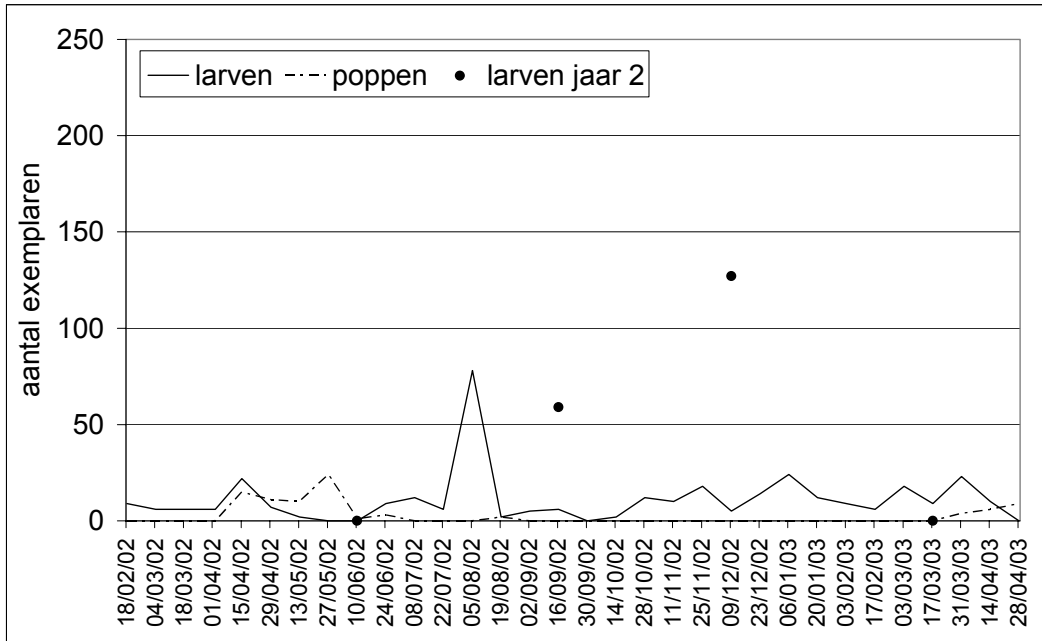


Figuur 5.46 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed A van de Bunderbosbeek. De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.

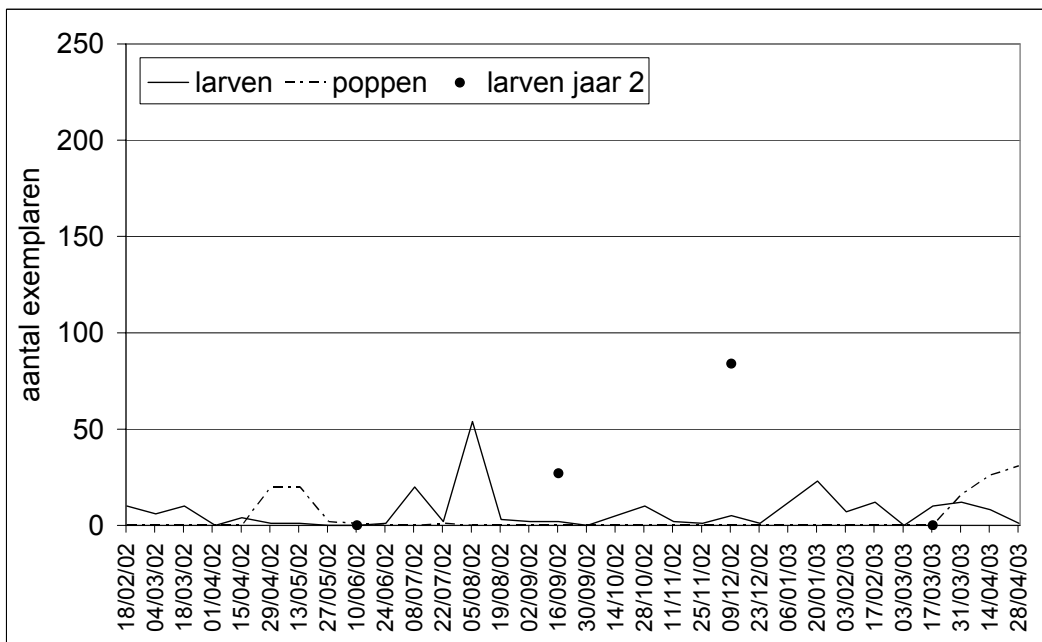


Figuur 5.47 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed B van de Bunderbosbeek. De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.





Figuur 5.48 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed A van de Strabekervloedgraaf. De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.

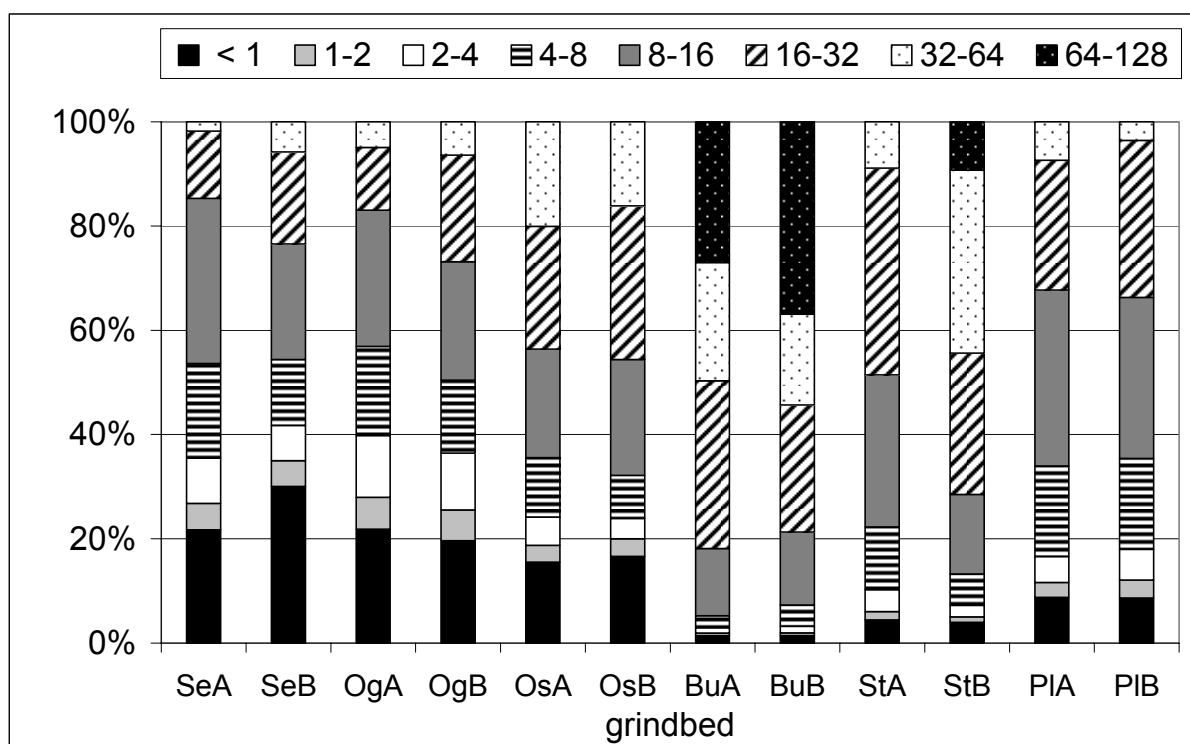


Figuur 5.49 Totaal aantal larven en poppen gevonden per bemonstering in grindbed B van de Strabekervloedgraaf. De aantallen larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (larven jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiedichtheid tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.

## 5.3 Habitat in relatie tot de populatiedichtheid

### 5.3.1 Korrelgrootte

In alle beken is grind van verschillende grootte aanwezig (figuur 5.50). De meeste stenen van de hoogste klasse zijn gevonden in de Bunderbosbeek. Ook in de Strabekervloedgraaf komen dergelijke grote stenen voor. In de andere beken ontbreken deze. Fijner grind beslaat een groter aandeel in de beken op de Veluwe. De kleinste klassen bevatten het grootste aandeel grind in de Oude beek (goede tak) en de Seelbeek. In de slechte tak van de Oude beek komen relatief veel grote stenen voor in vergelijking met de goede tak. Het totale aandeel grind is in deze beek echter laag.



Figuur 5.50 Korrelgrootte van het grind in acht klassen (mm) (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

### 5.3.2 Populatiedichtheid per substraattyp

Uit tabel 5.12 blijkt dat larven van *A. fuscipes* in veel verschillende substraattypen gevonden zijn. De aantallen variëren maar zijn niet goed te relateren aan de verschillende substraattypen doordat de aantallen monsters per substraattypen te sterk verschillen. Wel valt een aantal dingen op. Larven worden gevonden op fijn en grof grind. Ze komen ook voor als het grind bedekt is met een dun laagje slib, detritus of zand. Als de laag zand te dik is zijn de aantallen erg laag (zand met 1.5 of 2.5 cm zand). Als het zand van het grind afspoelt, keren de larven snel weer terug (het aantal op fijn grind dat de voorgaande opname nog bedekt was met zand is niet

bijzonder laag, namelijk 14). De larven komen ook voor op stenen die geheel of half boven water uitsteken. De larven zitten dan ook zelf boven water. In de Seelbeek zijn ook larven aangetroffen in de oeverzone op bladpakketten.

De poppen en eipakketten lijken wel een voorkeur te hebben voor grof grind. Vaak zijn veel poppen tegen elkaar aan op grotere stenen gevonden. Beide komen wel voor op grof grind waar een laagje zand op ligt. Dit kan worden veroorzaakt door hun immobiliteit. Waarschijnlijk is het grind na de vestiging van poppen of het afzetten van eipakketten door het zand bedekt. Eipakketten zijn niet gevonden op stenen die zich (gedeeltelijk) boven water bevonden. Wel waren op dergelijke stenen poppen aanwezig.

Tabel 5.12 Gemiddeld aantal larven, poppen en eipakketten en de gemiddelde kopbreedte van de larven per substraat.

substraat nieuw	gemiddeld aantal per monster			gemiddelde kopbreedte (mm)
	eipakketten	larven	poppen	
fijn grind		14		0.24
fijn grind (vorige opname zand)		16		0.36
fijn grind met slib		83		0.22
fijn grind met zand		21		0.19
grof grind	4	15	4	0.27
grof grind - deels droog		25	9	0.31
grof grind met algen		2		0.23
grof grind met detritus		13		0.25
grof grind met slib		10		0.26
grof grind met zand	3	10	1	0.27
grind met 1.5 cm zand		2		0.19
grind met 2.5 cm zand		2		0.23
plekje grof grind met zand in zandbed		10		0.35
steen		6	10	0.33
steen boven water		12	42	0.39
steen half boven water		17		0.34
zand op grind		13		0.36

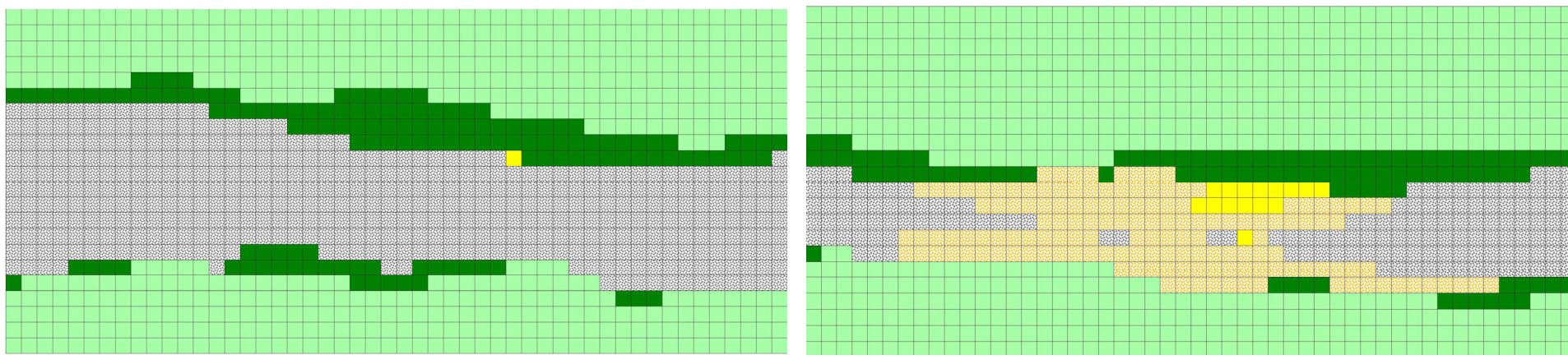
In tabel 5.12 zijn ook de gemiddelde kopbreedtes per substraat gegeven. Deze variëren maar zijn waarschijnlijk sterker afhankelijk van het seizoen dan van het substraat waarop de dieren voorkomen. Bovendien zijn de dieren vrij mobiel waardoor de kopbreedte niet te relateren is aan het substraat waarop ze gevonden zijn.

### 5.3.3 Substraatdynamiek

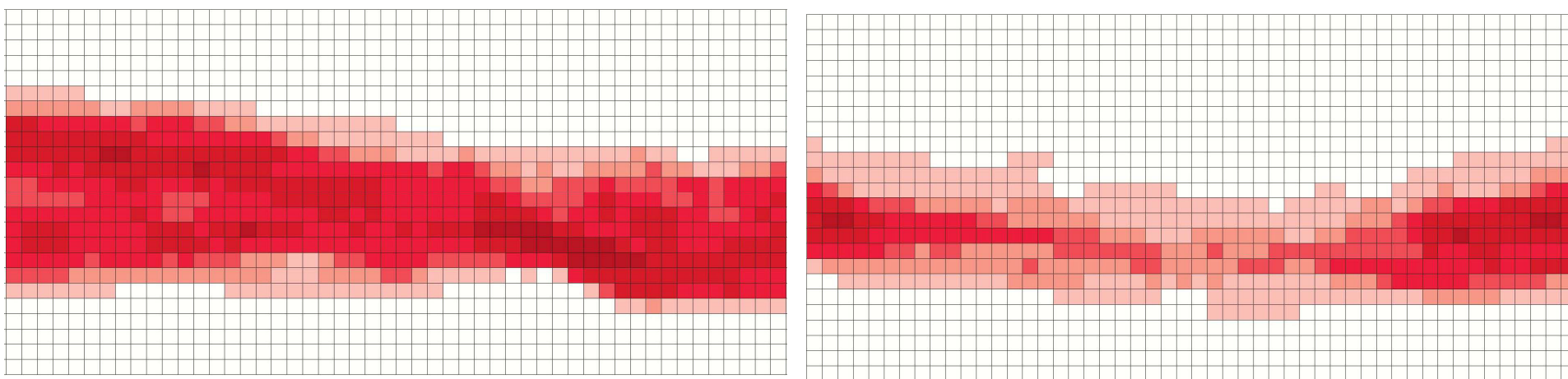
Figuur 5.51 en 5.52 laten zien dat in grindbed A van de Seelbeek meer grind voorkomt gedurende een langere periode dan in grindbed B, waar een groot deel van het grind regelmatig bedekt is door zand. Over het algemeen geldt dat het grindbed langs de oevers minder stabiel is, daar valt het droog en verandert dan in de categorie oever of ligt detritus. In de goede tak van de Oude beek (figuur 5.54) is het grind in beide grindbedden stabiel, in de meeste opnamen is het waargenomen. Alleen langs de oevers wordt het grind vaak bedekt door zand (figuur 5.53). In de slechte tak van de Oude beek is zeker grind aanwezig (figuur 5.56), vooral in grindbed B maar dit grind wordt vaak bedekt door een dikke laag zand (figuur 5.55) waardoor het slechts

bij enkele opnamen is waargenomen. In grindbed A is grind in een groot deel van het grindbed over de hele periode afwezig.

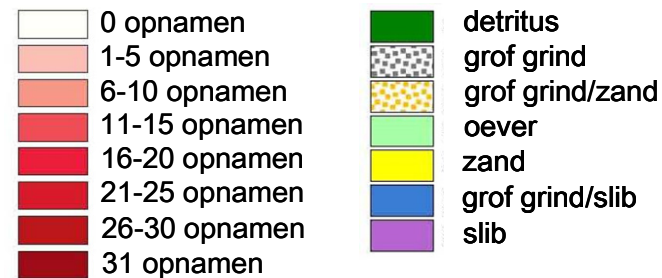
In de Bunderbosbeek is grindbed B veel stabiel dan grindbed A (figuur 5.58); in de meeste cellen is grind het meest waargenomen substraat. In grindbed A is een deel van het grind vaak bedekt door zand (figuur 5.57), vooral na de afvoerpieken in de eerste zomer. De Strabekervloedgraaf heeft de meest stabiele grindbedden van alle beken (figuur 5.59 en 5.60). Grote delen hebben als meest waargenomen substraat grind en dit grind is in veel cellen in meer dan twintig van de opnamen aanwezig. Vooral grindbed A is erg stabiel. Ook de Platsbeek bevat veel grindcellen waarin grind het meest waargenomen substraat is maar in deze beek zijn de grindbedden iets minder stabiel dan in de Strabekervloedgraaf (figuur 5.61 en 5.62).

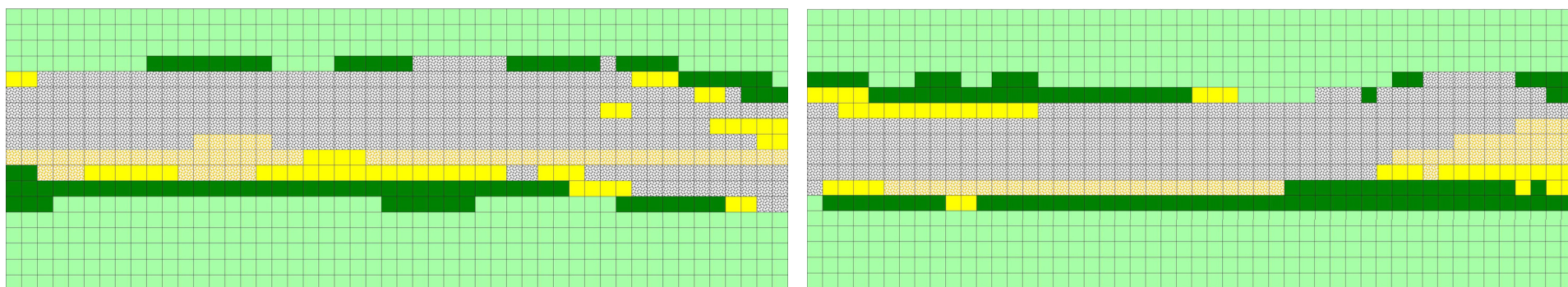


Figuur 5.51 Meest voorkomende substraat per gridcel: Seelbeek, grindbed A (links) en B (rechts).

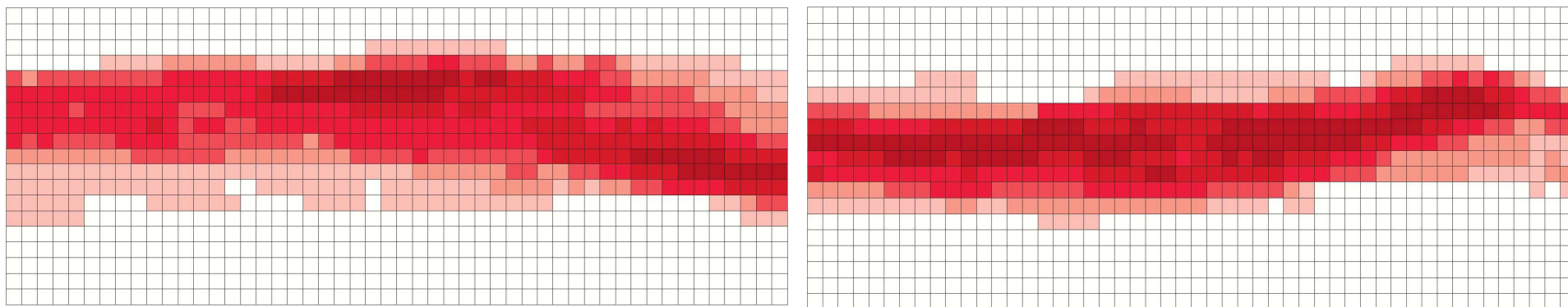


Figuur 5.52 Aantal tweewekelijkse opnamen waarin grind waargenomen is per gridcel: Seelbeek, grindbed A (links) en B (rechts)



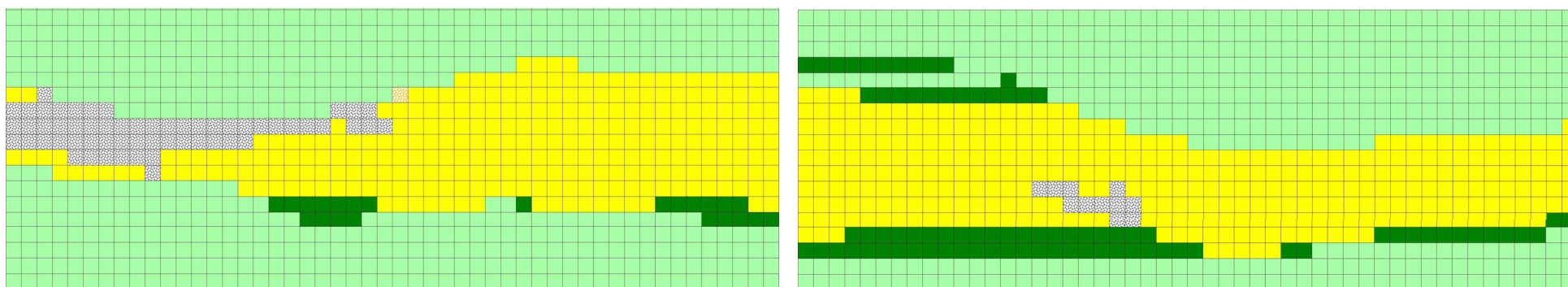


Figuur 5.53 Meest voorkomende substraat per gridcel: Oude beek (goede tak), grindbed A (links) en B (rechts).

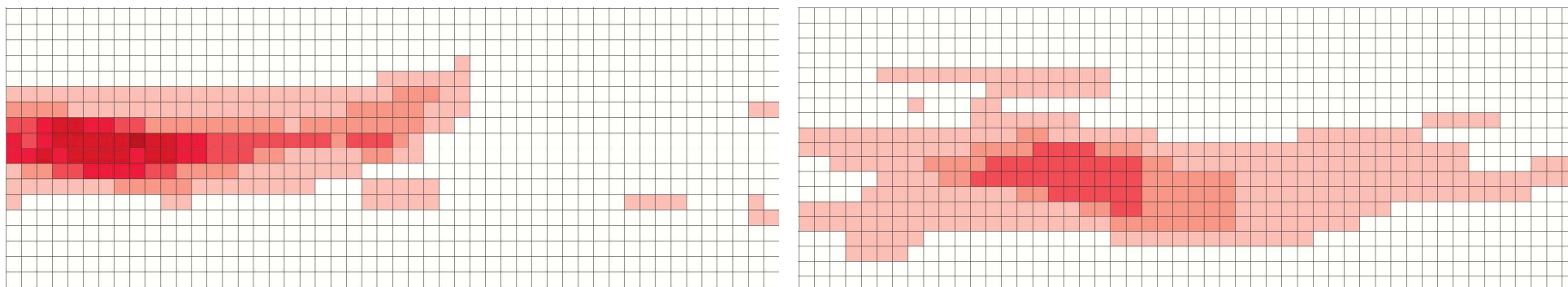


Figuur 5.54 Aantal tweevekelijkse opnamen waarin grind waargenomen is per gridcel: Oude beek (goede tak), grindbed A (links) en B (rechts).

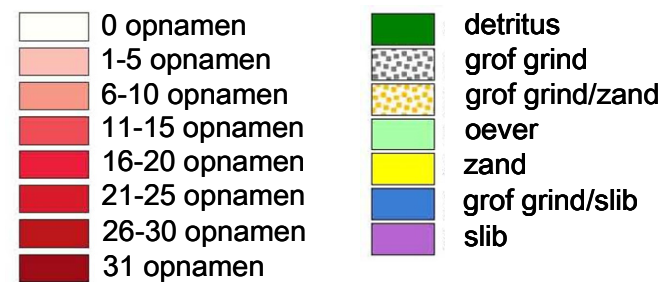


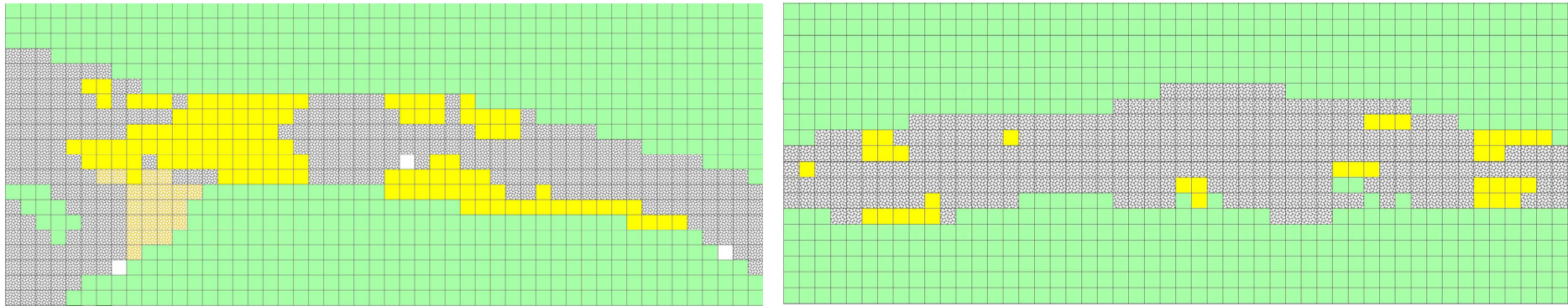


Figuur 5.55 Meest voorkomende substraat per gridcel: Oude beek (slechte tak), grindbed A (links) en B (rechts).

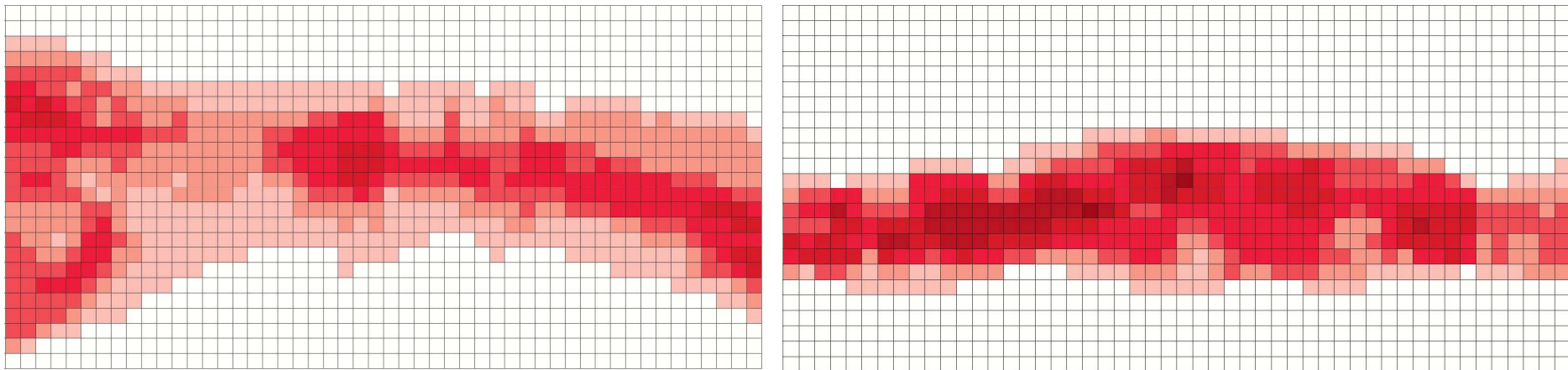


Figuur 5.56 Aantal tweewekelijkse opnamen waarin grind waargenomen is per gridcel: Oude beek (slechte tak), grindbed A (links) en B (rechts)

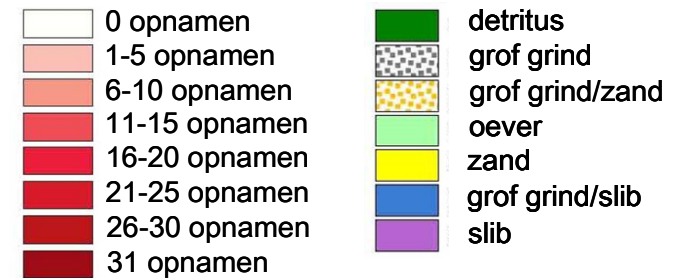




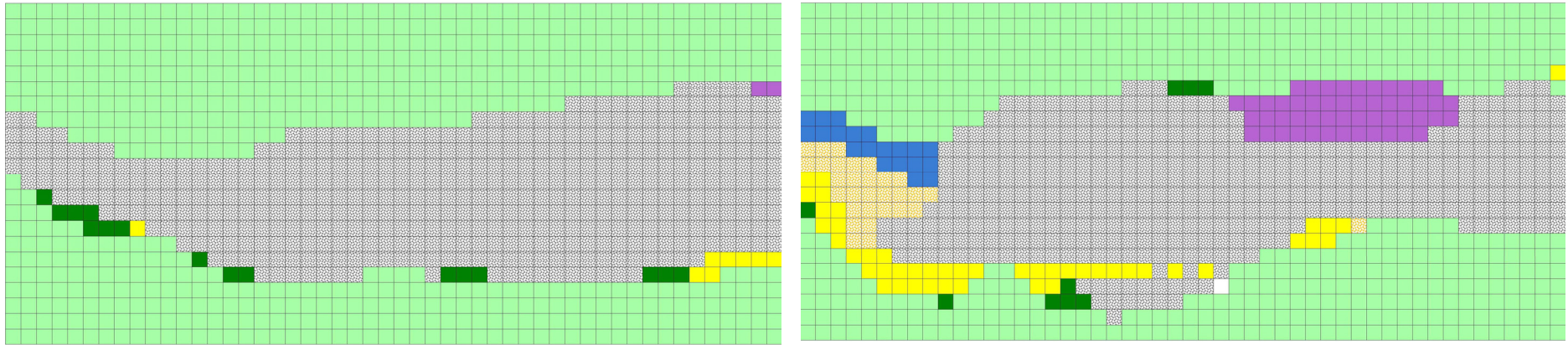
Figuur 5.57 Meest voorkomende substraat per gridcel: Bunderbosbeek, grindbed A (links) en grindbed B (rechts).



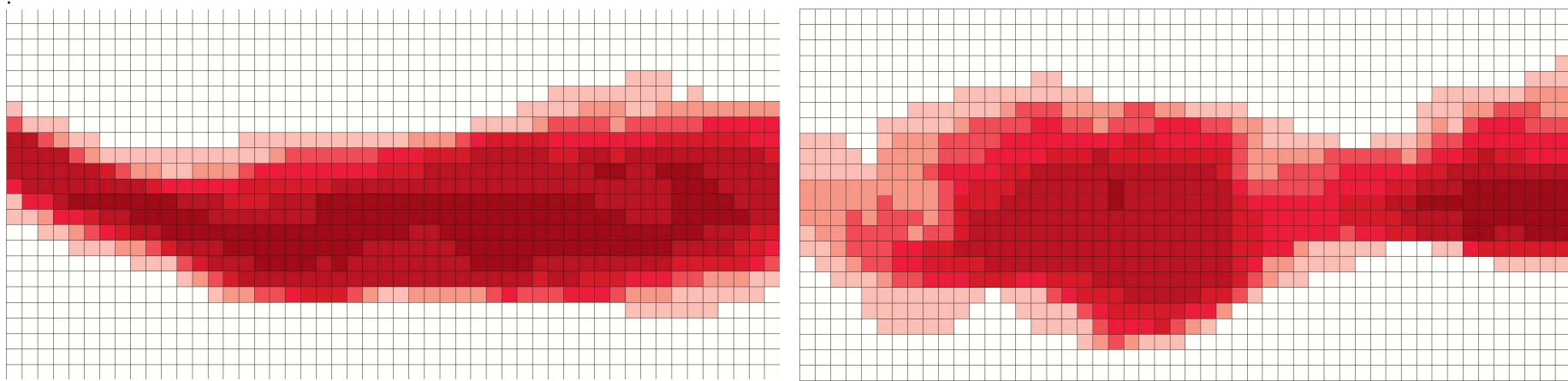
Figuur 5.58 Aantal tweevakelijkse opnamen waarin grind waargenomen is per gridcel: Bunderbosbeek, grindbed A (links) en B (rechts).



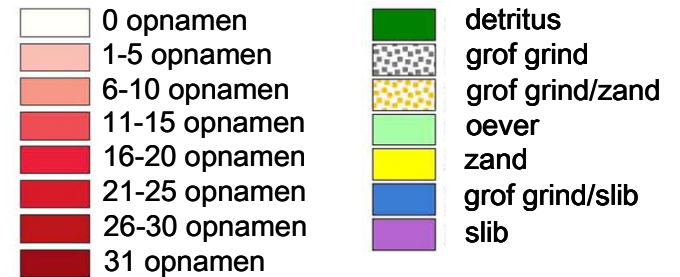


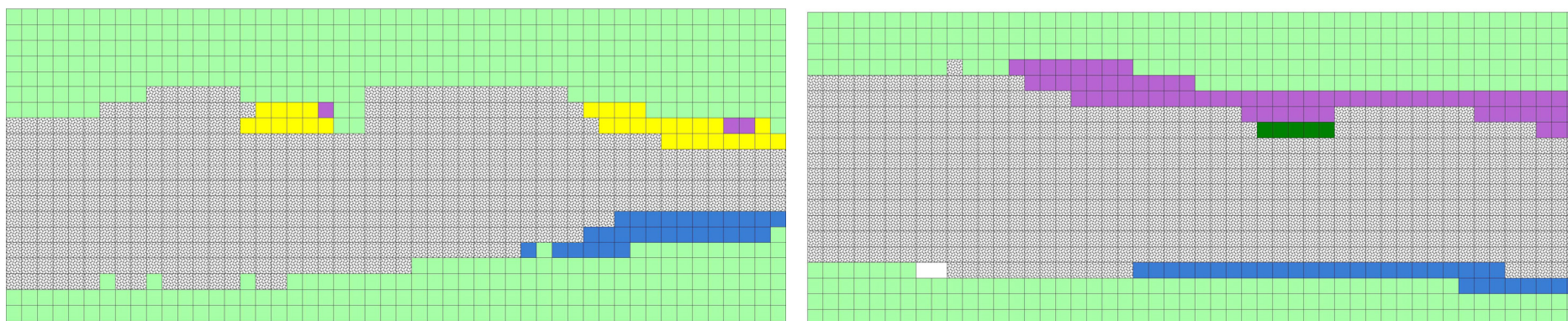


Figuur 5.59 Meest voorkomende substraat per gridcel: Strabekervloedgraaf, grindbed A (links) en B (rechts)

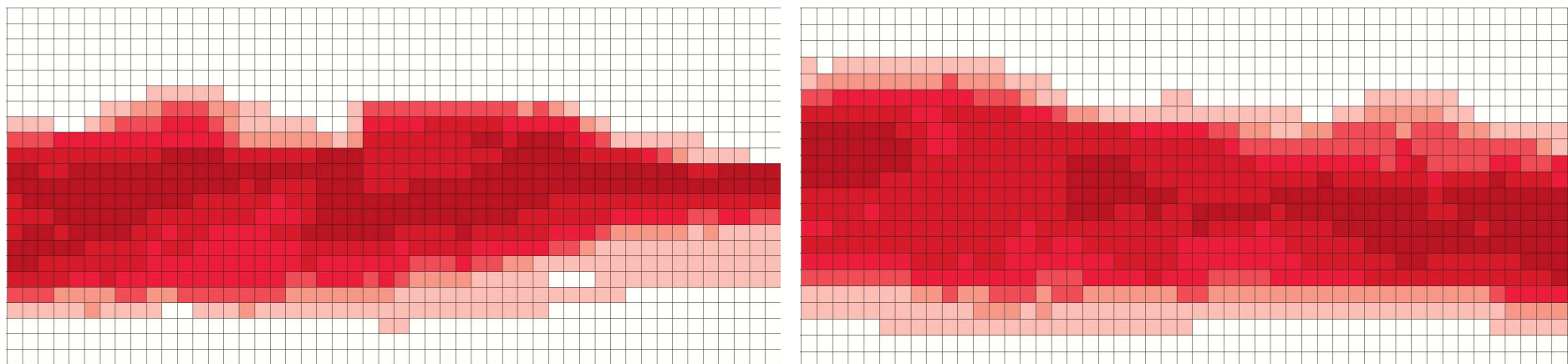


Figuur 5.60 Aantal tweevakelijkse opnamen waarin grind waargenomen is per gridcel: Strabekervloedgraaf, grindbed A (links) en B (rechts).

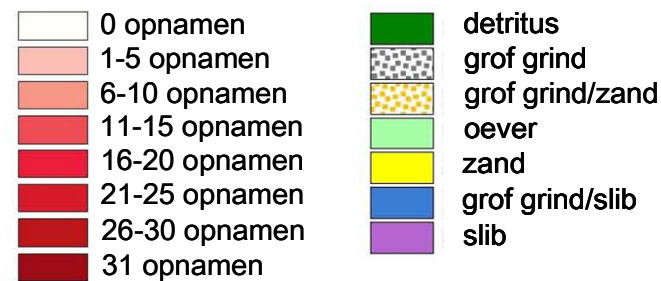




Figuur 5.61 Meest voorkomende substraat per gridcel: Platsbeek, grindbed A (links) en B (rechts)



Figuur 5.62 Aantal tweevakelijkse opnamen waarin grind waargenomen is per gridcel: Platsbeek, grindbed A (links) en B (rechts).



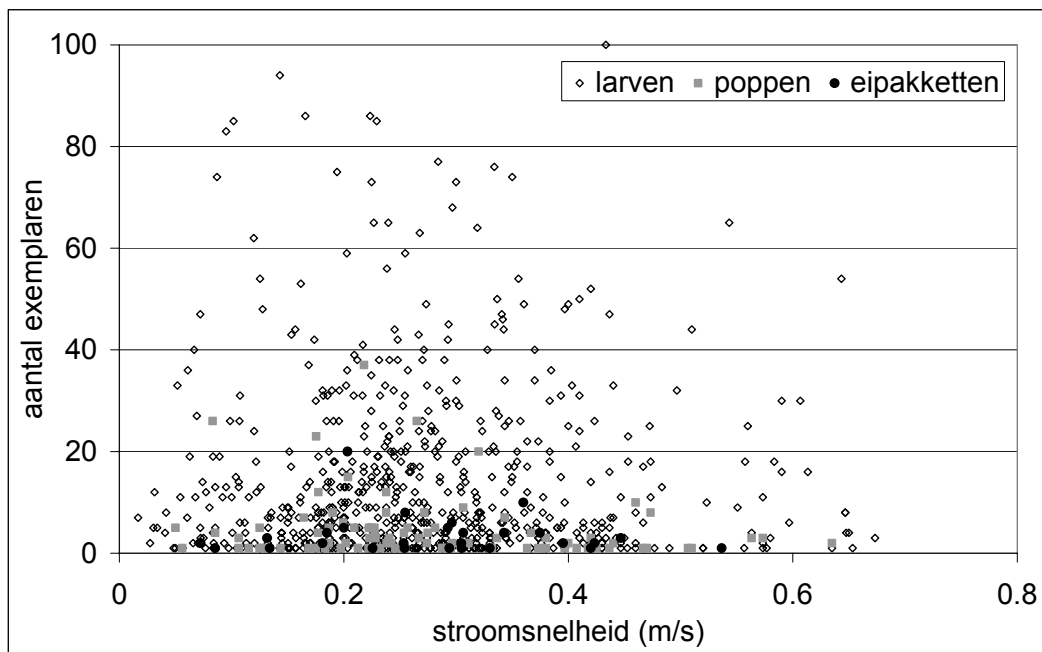
### 5.3.4 Dynamiek van het substraat in relatie tot *A. fuscipes*

Voor ieder grindmonster is bepaald in welke gridcel het genomen is. Hierdoor kon de dynamiek van de gridcellen gekoppeld worden aan het aantal *A. fuscipes* dat gevonden was op die plek. Tabel 5.13 laat zien dat er geen relatie is tussen het gemiddelde aantal *A. fuscipes* gevonden in een gridcel (in de meeste gridcellen is maar 1 monster genomen, het maximum aantal monsters was 3 voor enkele gridcellen) en het aantal keren dat deze gridcel (grof of fijn) grind bevatte. Het bleek ook dat er geen relatie was tussen het aantal *A. fuscipes* in een gridcel en het aantal keer dat de gridcel van substraat is veranderd (correlatiecoëfficiënt 0.1).

Tabel 5.13 Gemiddelde en standaarddeviatie van het aantal *A. fuscipes* gevonden in monsters in gridcellen binnen een stabiliteitsklasse van 1 tot en met 7.

klasse	aantal keer grind	aantal monsters	gemiddeld aantal <i>A. fuscipes</i>	Standaard deviatie
1	1-5	21	18	21
2	6-10	41	13	15
3	11-15	57	10	11
4	16-20	130	13	16
5	21-25	114	16	17
6	26-30	97	11	14
7	31	41	6	7

### 5.3.5 Stroming

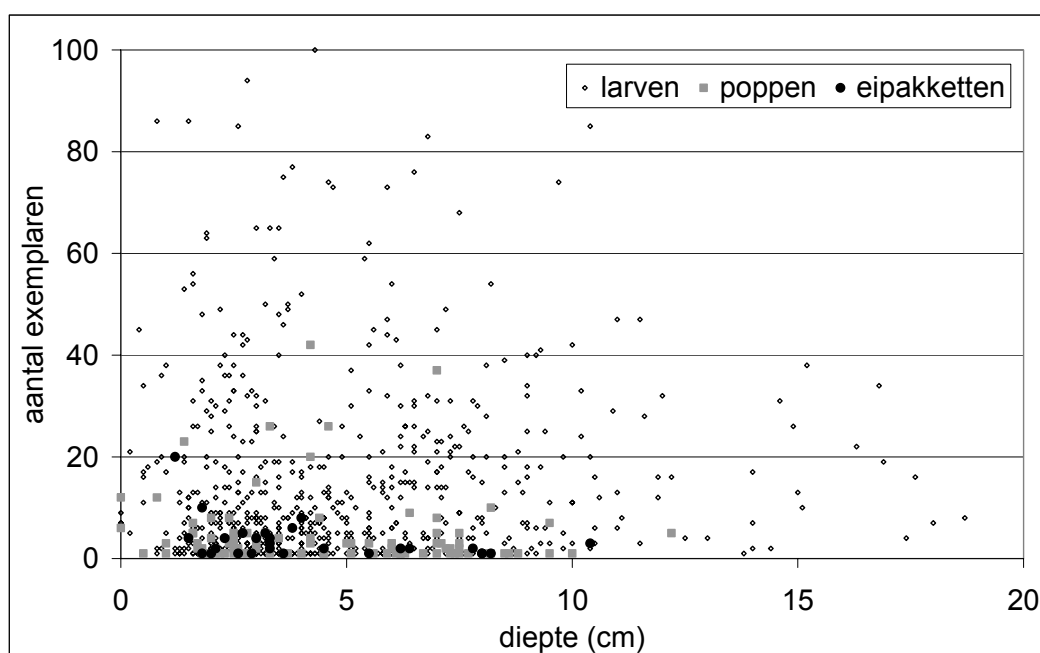


Figuur 5.63 Aantal larven, poppen en eipakketten van *A. fuscipes* uitgezet tegen de gemiddelde stroomsnelheid (over drie of vier metingen) op het monsterpunt.

Zowel de larven als de poppen en de eipakketten zijn wat betreft hun voorkomen in de beek niet gerelateerd aan de stroomsnelheid (figuur 5.63). De correlatiecoëfficiënt was 0.01 voor de relatie tussen het aantal larven en de stroomsnelheid. Over de hele range komen de drie stadia voor. De aantallen zijn ook niet hoger of lager bij bepaalde stroomsnelheden. De maximum gemeten stroomsnelheid was 93 cm/s. Hierbij zijn 4 larven gevonden. Ook de kopbreedtes bleken niet gerelateerd te zijn aan de stroomsnelheid.

### 5.3.6 Diepte

Ook tussen diepte en het aantal larven, poppen en eipakketten is geen duidelijke relatie (figuur 5.64). Het lijkt erop dat er in dieper water geen poppen voorkomen of eipakketten worden afgezet maar dit wordt veroorzaakt doordat water dieper dan 12 cm vooral in de winter en het voorjaar (t/m april) voorkomt in de Oude beek (goede tak). Op dat moment zijn er ook geen poppen of eipakketten aanwezig. Het aantal larven lijkt in water dieper dan 10 cm over het algemeen lager te zijn. Echter bij 29 cm diepte is een monster genomen met 27 *A. fuscipes* larven. Bij uitvoering van een regressie analyse bleek er geen aflopende lijn te zijn. De correlatiecoëfficiënt was voor de relatie tussen diepte en het aantal larven slechts 0.068. Ook de kopbreedte bleek niet aan de diepte gerelateerd te zijn.

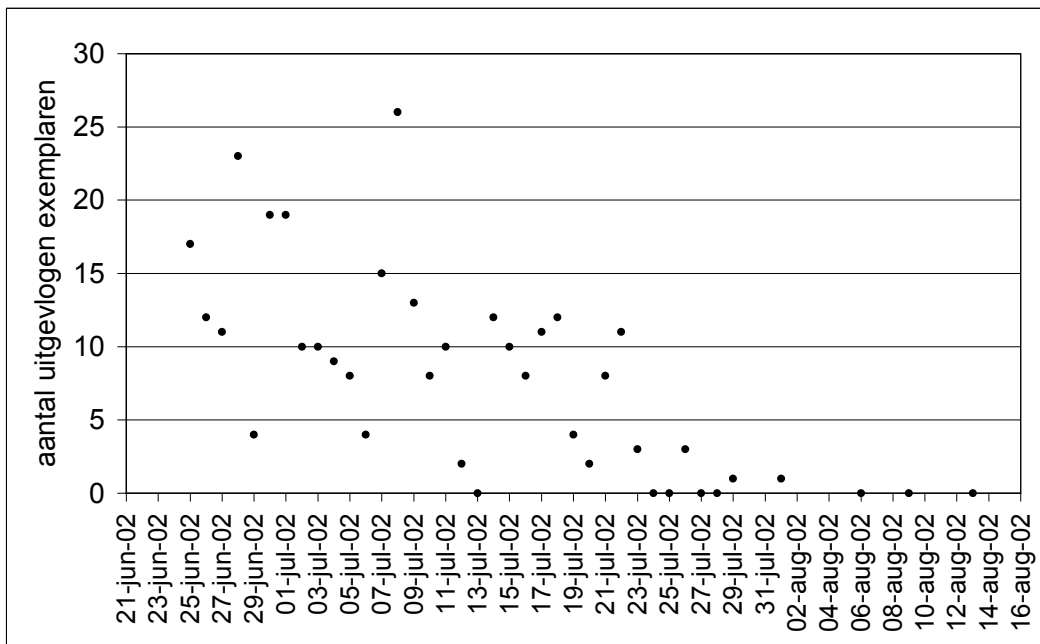


Figuur 5.64 Aantal larven, poppen en eipakketten uitgezet tegen de diepte op het monsterpunt.

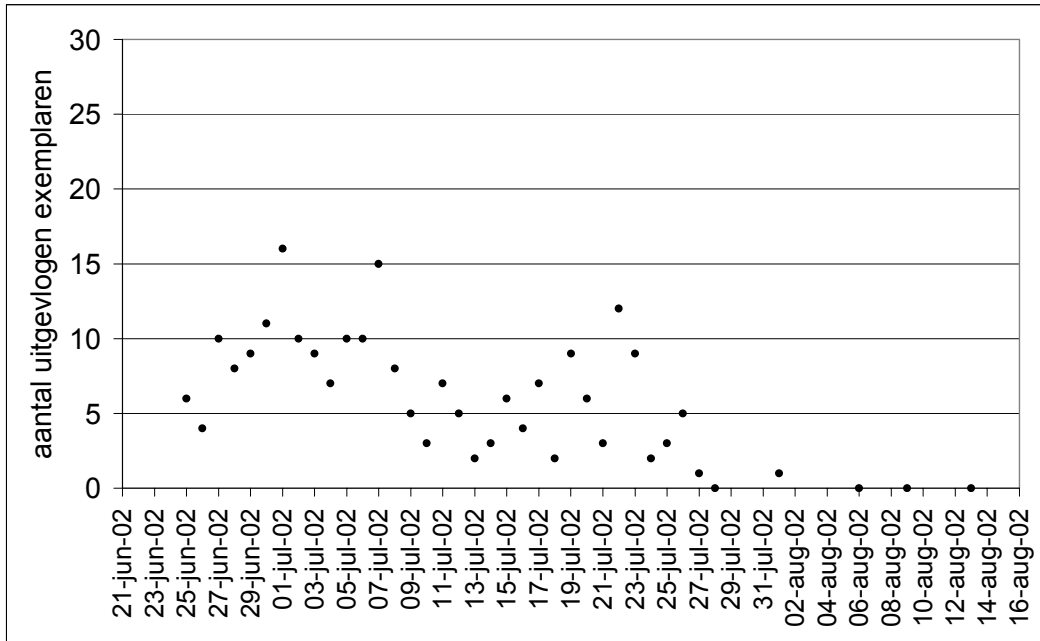
### 5.3.7 Emergentie experiment

Uit de bemonsteringen in het veld is gebleken dat larven zich vaak verzamelen op grote stenen vlak onder of soms zelfs boven het wateroppervlak om te gaan verpoppen. Om te testen of er een relatie is tussen de diepte, de positie van de stenen en het emergentiesucces is een experiment uitgevoerd waarbij poppen in verschillende situaties geplaatst werden en het uitvliegsucces is gemeten.

Figuren 5.65 en 5.66 laten voor kunstbeken en aquaria zien dat het ongeveer 6 weken duurt voordat de meeste dieren uitgevlogen zijn. Dit wordt verklaard doordat de poppen uit het veld zich in verschillende stadia bevinden. Sommige poppen kwamen al na enkele dagen uit, andere pas weken later.

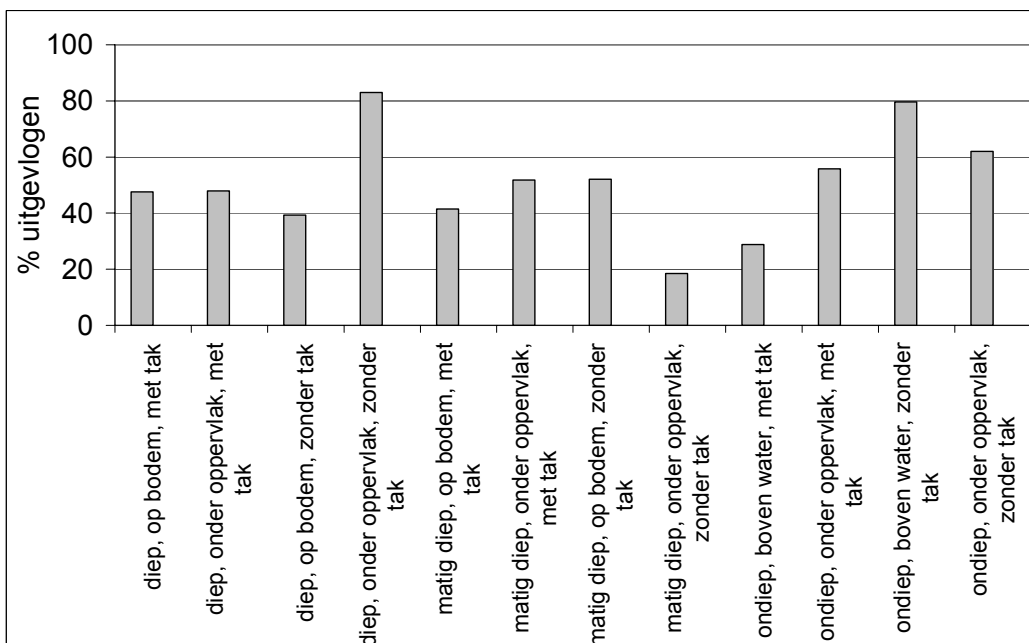


Figuur 5.65 Aantal uitgevlogen exemplaren per dag in de kunstbeken.

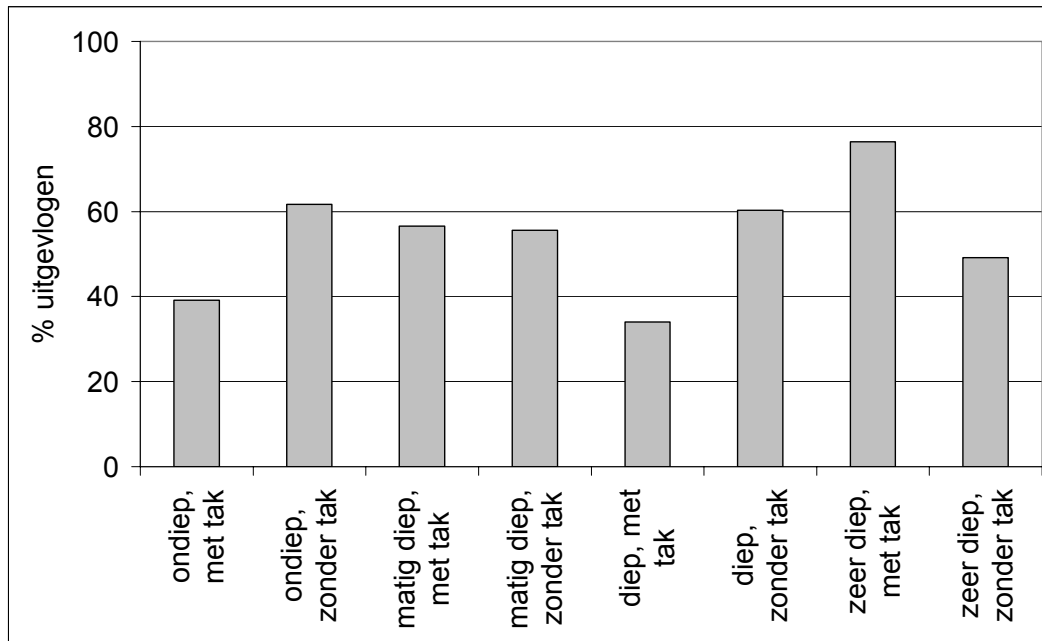


Figuur 5.66 Aantal uitgevlogen exemplaren in de aquaria.

Figuur 5.67 en figuur 5.68 laten de resultaten zien voor de experimenten in kunstbeken respectievelijk aquaria. Uit beide figuren blijkt dat diepte, de aanwezigheid van uitkruipstructuren en de positie van de stenen (op de bodem, onder het wateroppervlak of boven het wateroppervlak) geen invloed hebben op het uitvliessucces van *A. fuscipes*.



Figuur 5.67 Percentage uitgevlogen dieren bij verschillende omstandigheden in de kunstbeken.



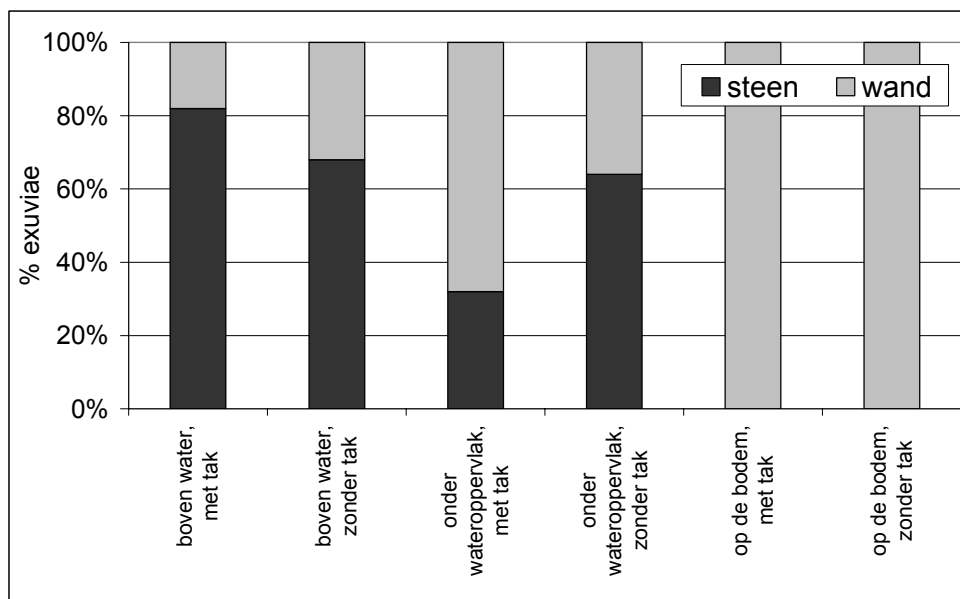
Figuur 5.68 Percentage uitgevlogen dieren bij verschillende omstandigheden in de aquaria.

Het feit dat het toevoegen van takken geen effect heeft blijkt wel uit de resultaten van het exuvia onderzoek (tabel 5.14). Veel exuvia zijn op de wand van de kunstbeken aangetroffen of op de steen waarop ze als pop zaten. Hieruit blijkt dat uitkruipstructuren niet nodig zijn. De dieren kunnen via de oever uit de beek kruipen.

Tabel 5.14 Aantal exuvia van *A. fuscipes* gevonden op ieder substraat

substraat	aantal
gaas	1
wateroppervlak	8
steen	105
tak	1
wand	172

Waarschijnlijk hebben de dieren voorkeur voor het uitkruipen op de steen waarop ze als pop gevestigd zijn. Als de steen echter niet boven het oppervlak uitsteekt is dit niet mogelijk. Dit blijkt uit figuur 5.69. Als de stenen op de bodem liggen kruipen alle dieren uit via de wand. De aanwezigheid van takken als uitkruipstructuur bleek geen invloed te hebben.



Figuur 5.69 Percentage exuviae gevonden op de steen en op de wand bij verschillende situaties in de kunstbeken.

Als gekeken wordt naar het vak waarin de exuviae gevonden zijn (tabel 5.15) dan blijkt dat meer exuviae stroomafwaarts van het oorspronkelijke vak (vak 8) gevonden zijn dan bovenstrooms. Het aantal exuviae benedenstrooms van het startvak (vak 8) is het grootste bij matige diepte. De meeste stroomafwaarts gevonden exuviae bevonden zich in vakken 9 t/m 12. Dit betekent dat de dieren niet meer dan 60 cm stroomafwaarts verplaatst zijn. In sommige gevallen zijn exuviae bovenstrooms gevonden. Het betrof telkens slechts 1 of 2 exemplaren. Alleen in diep water, waarbij de steen geplaatst was op de bodem, zijn 6 exuviae bovenstrooms gevonden, waarvan vier in vak 7.

Tabel 5.15 Vak waarin de exuviae in de verschillende kunstbeken gevonden zijn (t.b. = totaal aantal exuviae aangetroffen benedenstrooms van vak 8 waarin de poppen geplaatst zijn).

diepte	plaats poppen	vak nr															t.b.
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
diep	onder oppervlak						3	4									7
diep	onder oppervlak	1			1	10											0
diep	op de bodem				2	4	9	2		1	1					1	14
diep	op de bodem		1	1	4	11	1									1	2
matig diep	onder oppervlak	1				1	10	11	3	3	1						28
matig diep	onder oppervlak						1	2	2	3							8
matig diep	op de bodem				1	1	3	5	8		1	2					19
matig diep	op de bodem			2			6	9	3	3							21
ondiep	boven water							3									3
ondiep	boven water						1	3	1	1				2	1		8
ondiep	onder oppervlak		1		1	3	4	4									8
ondiep	onder oppervlak							1	1	1	2					2	7



## 5.4 Temperatuur en groei

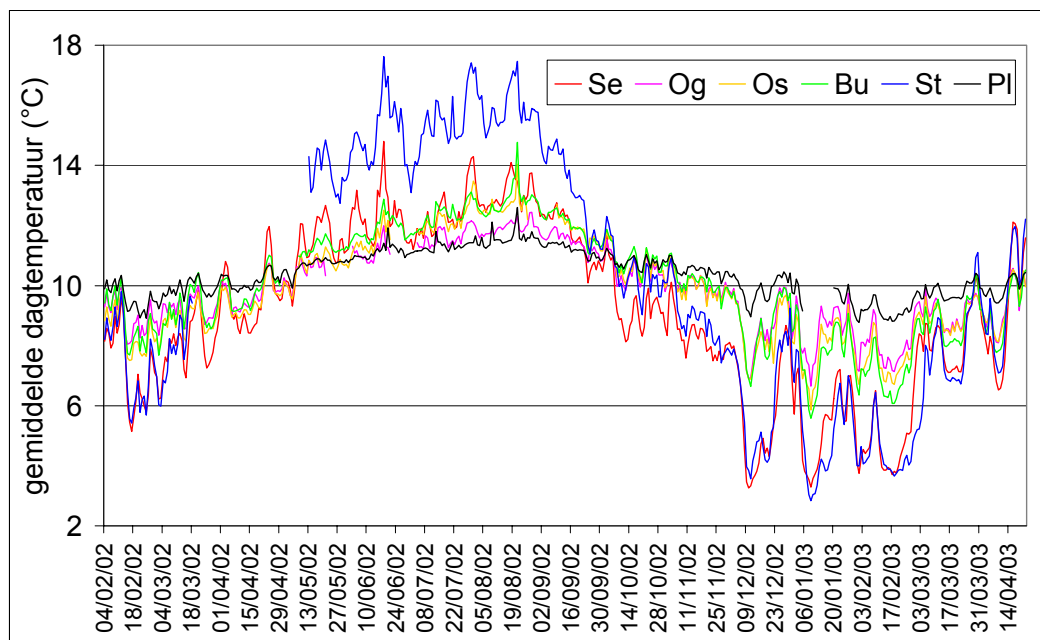
### 5.4.1 Watertemperatuur in de beken

Afhankelijk van de luchttemperatuur en de herkomst van het beekwater is de temperatuur van het beekwater meer of minder constant. De laagste temperatuur is waargenomen in de Strabekervloedgraaf (2.3 °C), gevolgd door de Seelbeek met een minimum temperatuur van 3.0 °C (tabel 5.16). In beide beeksystemen bevinden zich vijvers waardoor het water verder kan afkoelen dan normaal in een beek het geval is. De hoogste temperaturen zijn gemeten in de Limburgse beken, Bunderbosbeek (18.9 °C), Strabekervloedgraaf (19.9 °C) en Platsbeek (20.6 °C). De gemiddelde dagtemperaturen zijn over het algemeen ook iets hoger in Limburg dan op de Veluwe. De dagfluctuaties zijn laag (gemiddeld ongeveer 0.2 °C). De maximum dagfluctuatie is waargenomen in de Platsbeek (9.4 °C) op 9 augustus 2002 (minimum 11.1 en maximum 20.6 °C). De maximum temperatuur op deze dag is precies op het tijdstip van de afvoerpiek waargenomen.

Figuur 5.70 laat zien dat de gemiddelde dagtemperaturen het hoogste zijn voor de Strabekervloedgraaf. In de winter heeft deze beek samen met de Seelbeek de laagste temperaturen. In de Seelbeek wordt de temperatuur in de zomer alleen minder hoog. Deze is vergelijkbaar met de temperatuur in de Oude beek (slechte tak) en de Bunderbosbeek, zij het dat in de Seelbeek de pieken hoger en de dalen lager zijn. De Oude beek (goede tak) en de Platsbeek hebben de meest constante temperatuur over het jaar gezien. De gemiddelde dagtemperaturen zijn in deze beken in de zomer het laagste en in de winter het hoogste. Dat dit een vertekend beeld geeft blijkt uit tabel 5.16 waarin aangegeven is dat de dagfluctuatie in de Platsbeek hoog is en de maximum temperatuur ook hoog kan zijn. Over het jaar gezien is de gemiddelde dagtemperatuur dus vrij constant maar op een dag kan de temperatuur sterk schommelen.

Tabel 5.16 Gemiddelde, minimum en maximum over het jaar van de gemiddelde, minimum en maximum dagtemperatuur.

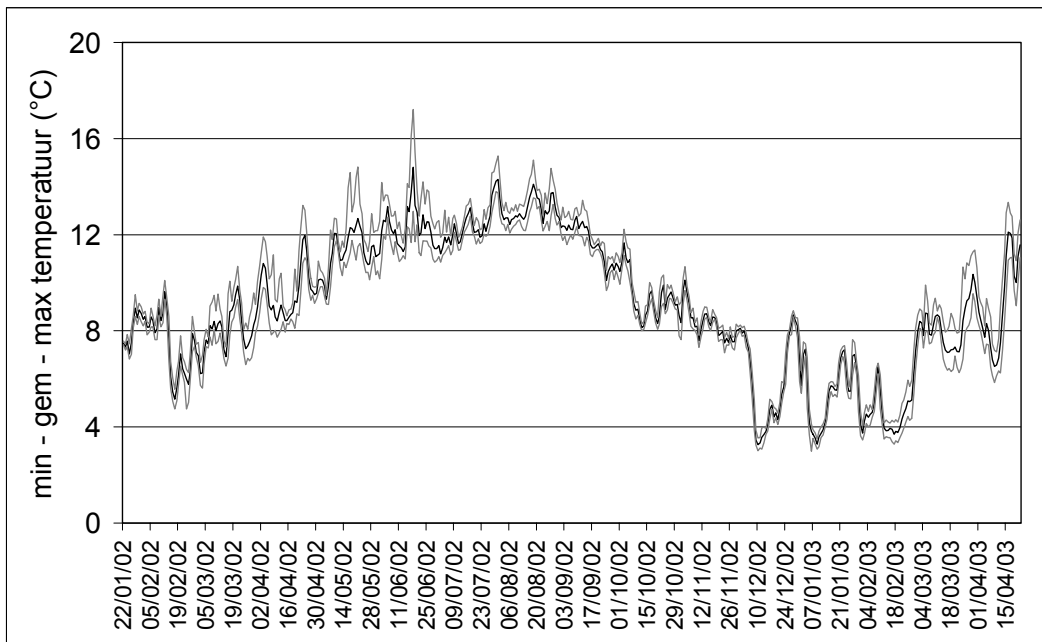
Datum	gem	min	max	max-min
<b>Seelbeek</b>				
gem	9.1	8.6	9.7	1.1
min	3.3	3.0	3.5	0.2
max	14.8	13.8	17.2	4.4
<b>Oude beek (goede tak)</b>				
gem	9.9	9.2	10.8	1.6
min	6.7	6.4	7.1	0.2
max	12.4	11.9	14.2	5.1
<b>Oude beek (slechte tak)</b>				
gem	9.8	9.1	10.7	1.6
min	5.9	4.3	6.4	0.2
max	14.0	12.8	18.3	6.4
<b>Bunderbosbeek</b>				
gem	10.1	9.6	10.6	1.0
min	5.6	5.2	5.9	0.1
max	14.8	13.5	18.9	6.0
<b>Strabekervloedgraaf</b>				
gem	10.1	9.4	11.0	1.7
min	2.8	2.3	3.3	0.3
max	17.6	16.7	19.9	5.2
<b>Platsbeek</b>				
gem	10.4	10.0	10.9	0.9
min	8.8	7.5	9.0	0.1
max	12.6	11.7	20.6	9.4



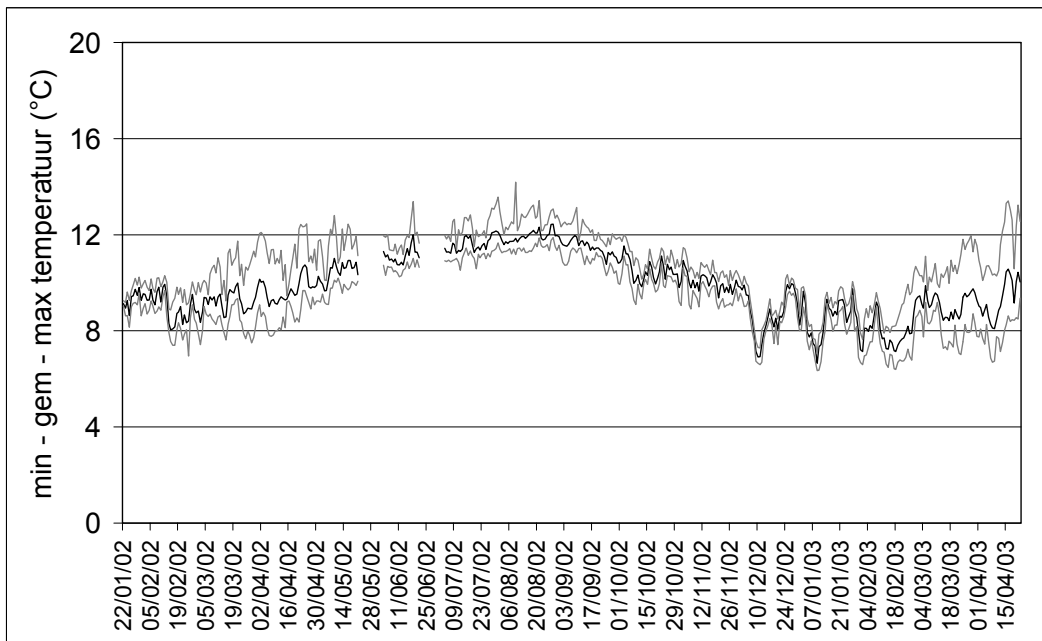
Figuur 5.70 Gemiddelde dagtemperatuur voor de zes beken (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Os=Oude beek (slechte tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf, Pl=Platsbeek).

Figuur 5.71 laat de minimum, gemiddelde en maximum dagtemperatuur zien voor de Seelbeek gedurende de hele meetperiode. Er is een groot verschil tussen winter en zomertemperaturen in deze beek. In de winter wisselt de temperatuur sterker dan in de zomer maar in de zomer zijn de verschillen tussen minimum, gemiddelde en maximum het grootste wat betekent dat er meer fluctuatie is op een dag. De temperatuur loopt van ongeveer 4 °C in de winter tot 13 °C in de zomer. De Oude beek (goede tak) vertoont een veel constanter temperatuurpatroon wat betreft verschillen tussen dagen en seizoenen (figuur 5.72). De verschillen tussen winter en zomer zijn veel kleiner (7-12 °C). De dagfluctuaties zijn over het algemeen wel groter dan in de Seelbeek maar er treden geen extreme pieken op. In de slechte tak van de Oude beek is de temperatuur door het jaar heen vergelijkbaar met die in de goede tak maar vooral in de zomer kan de temperatuur hogere dagmaxima bereiken (5.73). Er treden enkele temperatuurspieken op, vooral in juli en augustus wanneer ook een aantal afvoerpieken optreedt. In de winter zijn de dagminima lager dan in de goede tak.

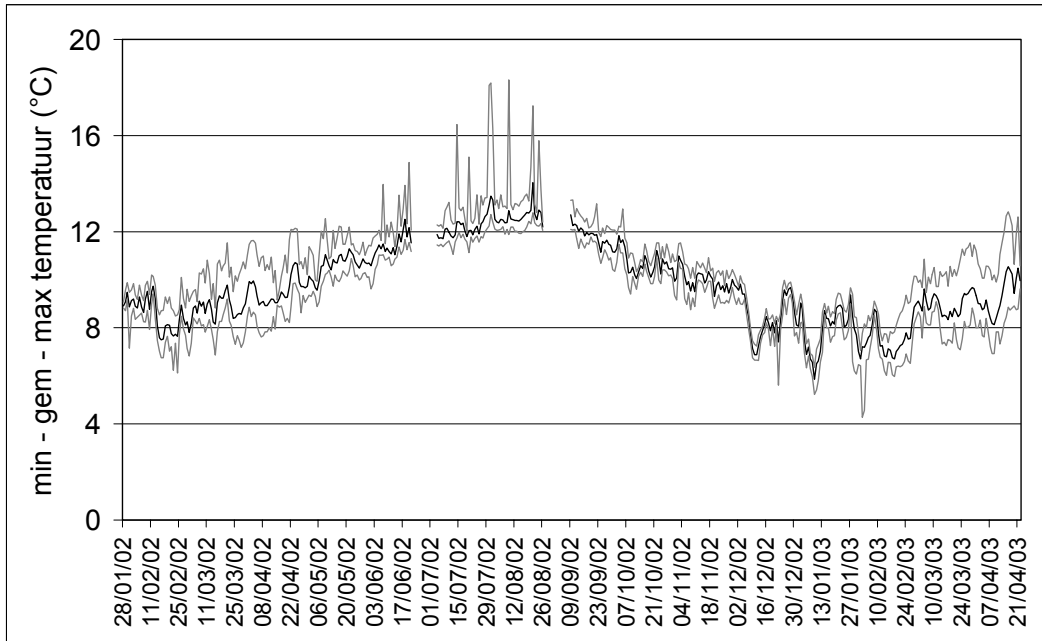
De Bunderbosbeek heeft eveneens een vergelijkbaar temperatuursverloop met de Oude beek maar iets lagere temperaturen in de winter en in de zomer een klein aantal temperatuurspieken waarbij de maximum dagtemperatuur bijna 19 °C kan bereiken (figuur 5.74). Deze pieken blijken samen te vallen met de hoge afvoerpieken in de zomer van 2002 (figuur 5.8). In de Strabekervloedgraaf komen de grootste verschillen voor tussen zomer en wintertemperaturen (4-16 °C). Ook op een dag fluctueert de temperatuur meer dan in bijvoorbeeld de Bunderbosbeek (figuur 5.75). De Platsbeek heeft een zeer constante temperatuur (5.76). De verschillen tussen zomer en winter zijn zeer klein (9-11 °C). Ook de verschillen tussen minimum en maximum dagtemperatuur zijn over het algemeen niet groot. Opvallend zijn de temperatuurspieken die in de zomerperiode optreden. Zes keer bereikt de maximum dagtemperatuur een zeer hoge waarde terwijl de gemiddelde dagtemperatuur slechts een kleine verhoging laat zien. Dit betekent dat deze hoge temperaturen gedurende een zeer korte periode op de dag voorkomen. Als deze figuur naast figuur 5.12 wordt gelegd dan blijkt dat de temperatuurpieken precies samenvallen met de afvoerpieken.



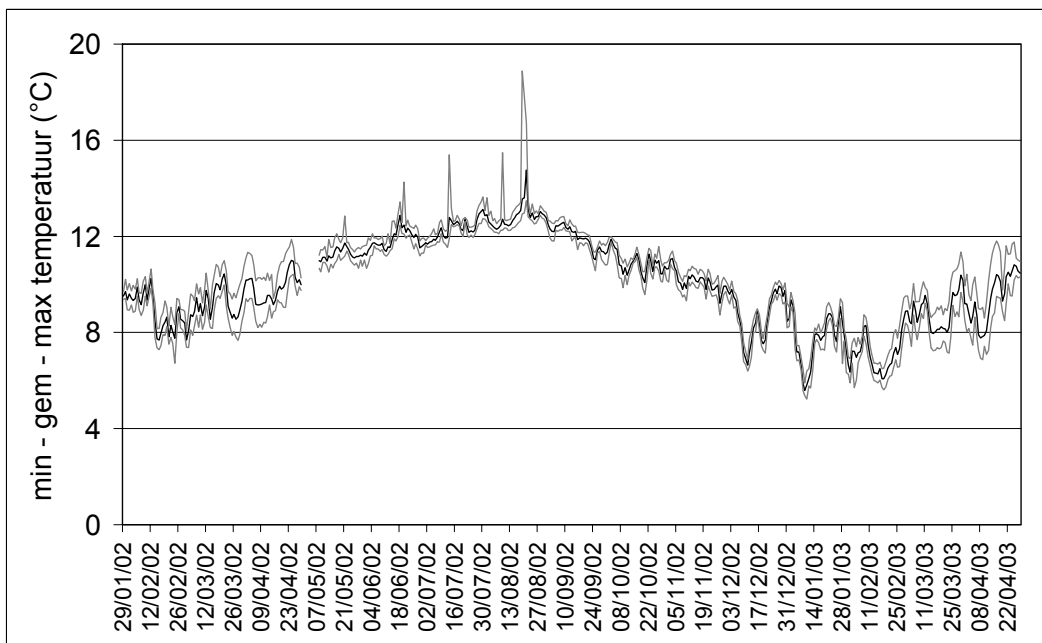
Figuur 5.71 Minimum, gemiddelde en maximum dagtemperaturen in de Seelbeek.



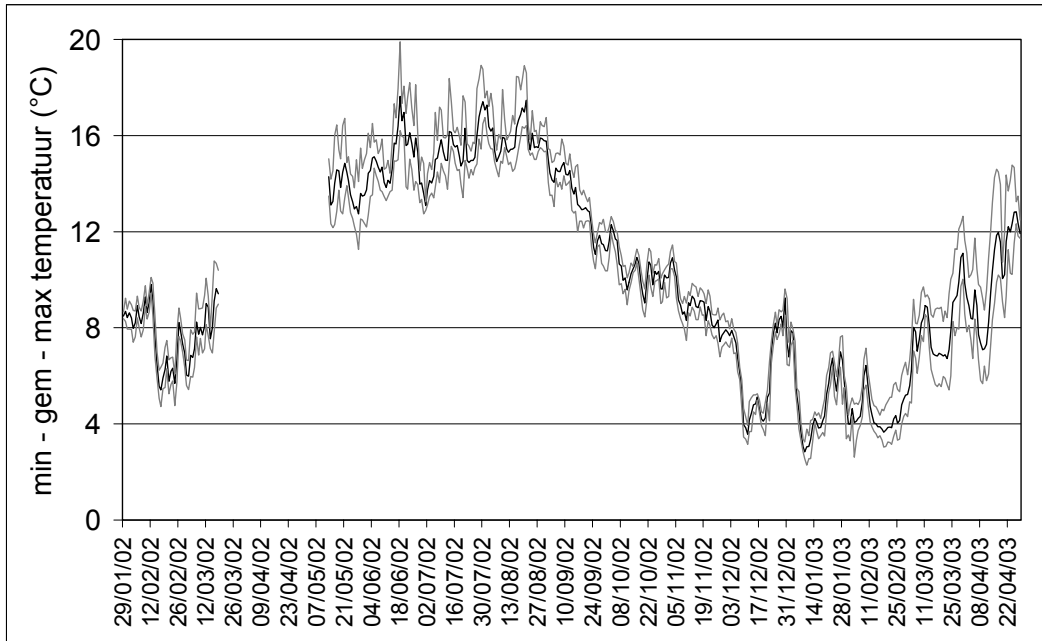
Figuur 5.72 Minimum, gemiddelde en maximum dagtemperaturen in de Oude beek (goede tak).



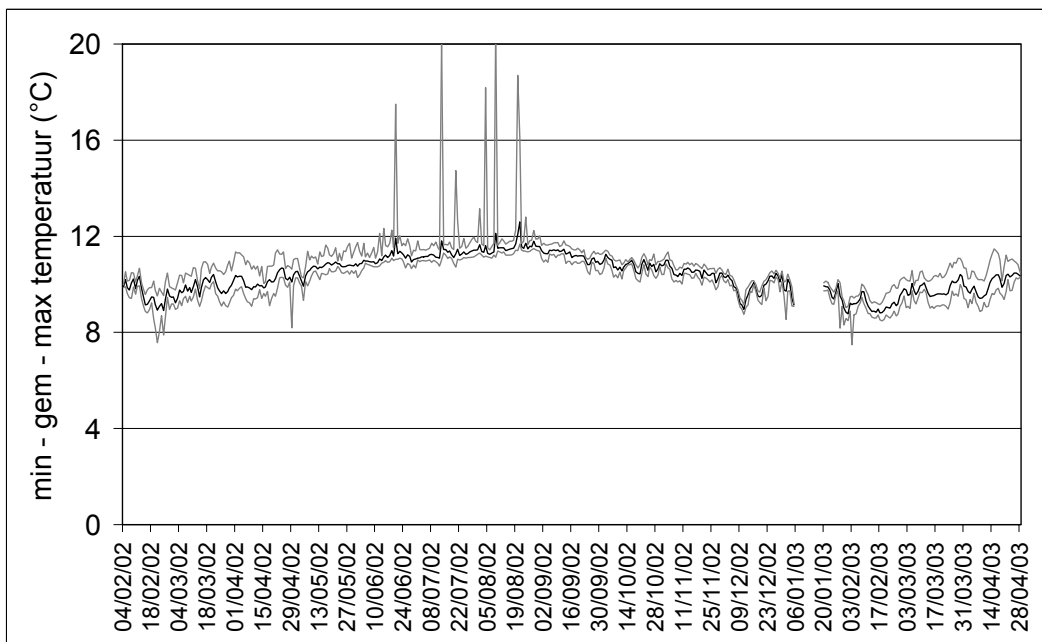
Figuur 5.73 Minimum, gemiddelde en maximum dagtemperaturen in de Oude beek (slechte tak).



Figuur 5.74 Minimum, gemiddelde en maximum dagtemperaturen in de Bunderbosbeek.



*Figuur 5.75 Minimum, gemiddelde en maximum dagtemperaturen in de Strabekervloedgraaf.*



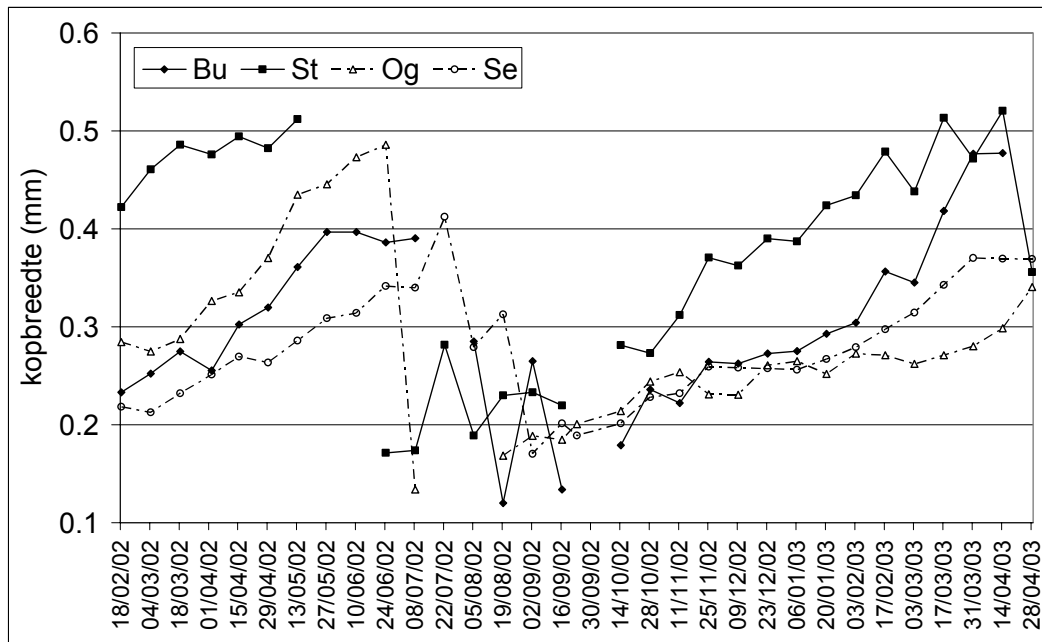
*Figuur 5.76 Minimum, gemiddelde en maximum dagtemperaturen in de Platsbeek.*

## 5.4.2 Kopbreedtes

Tabel 5.17 Gemiddelde, minimum en maximum kopbreedte per beek (de gemiddelde kopbreedtes zijn significant verschillend tussen alle beken  $P < 0.01$ , voor Bu-Og is  $P 0.02$ ).

beeknaam	gemiddelde	minimum	maximum
Seelbeek	0.260	0.100	0.500
Oude beek (goede tak)	0.270	0.102	0.556
Bunderbosbeek	0.275	0.099	0.540
Strabekervloedgraaf	0.320	0.100	0.576

De gemiddelde kopbreedte van de *A. fuscipes* individuen verzameld in de Strabekervloedgraaf is duidelijk hoger dan in de andere beken. De Seelbeek heeft de kleinste dieren. De minimum kopbreedtes zijn in alle beken gelijk. De maxima lopen iets uiteen, waarbij de dieren in de Strabekervloedgraaf het grootste worden. Het verschil in het gemiddelde is echter het grootst. Dit betekent dat de dieren gedurende een langere periode een grotere kopbreedte hebben in de Strabekervloedgraaf (tabel 5.17).



Figuur 5.77 Gemiddelde kopbreedte per bemonstering voor Bunderbosbeek (Bu), Strabekervloedgraaf (St), Seelbeek (Se) en Oude beek (goede tak) (Og).

Dit blijkt ook uit figuur 5.77 waarin te zien is dat de dieren bijna gedurende het gehele jaar in de Strabekervloedgraaf veel groter zijn dan in de andere beken. In alle beken starten de dieren met dezelfde minimum kopbreedte van ongeveer 0.1 mm (tabel 5.17). In de Strabekervloedgraaf worden deze jonge dieren echter eerder aangetroffen dan in de andere beken, namelijk al in juni. De dieren groeien vervolgens zeer snel, waardoor ze vrijwel vanaf het begin een voorsprong hebben. In november neemt het verschil nog toe door een sterkere groei in de Strabekervloedgraaf. De dieren verpoppen zich eerder in het voorjaar, waardoor de

nieuwe generatie zich eerder kan ontwikkelen. De snelle groei in de zomer kan te maken hebben met de hoge temperaturen van het water in deze beek. Maar ook de beschikbaarheid van voedsel zou een rol kunnen spelen.

De kopbreedtes in de andere drie beken zijn vanaf augustus, wanneer de eerste nieuwe larven gevonden worden, langere tijd vergelijkbaar. Vanaf februari lopen de kopbreedtes uiteen. Dit is te zien in 2002 en 2003. In 2003 hebben de dieren in de beken op de Veluwe de laagste kopbreedtes in het voorjaar maar in 2002 was dat niet het geval. In dat voorjaar waren de larven in de Bunderbosbeek kleiner dan die in de Oude beek (goede tak). In het algemeen waren de kopbreedtes op de vier monsterdata in 2003/2004 vergelijkbaar met de waarden in 2002/2003 (bijlage 10).

Het bleek niet mogelijk om de groei per twee weken te bepalen en te relateren aan de temperatuur met behulp van de veldgegevens omdat de variatie tussen de individuen groot is. Doordat telkens een steekproef genomen wordt, kan de gemiddelde kopbreedte een bemonstering later lager zijn dan de voorgaande bemonstering. Hierdoor zou de groei negatief zijn. Dit weerspiegelt niet de werkelijkheid. Groei kan beter bepaald worden onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden. Daarom is een temperatuurexperiment uitgevoerd.

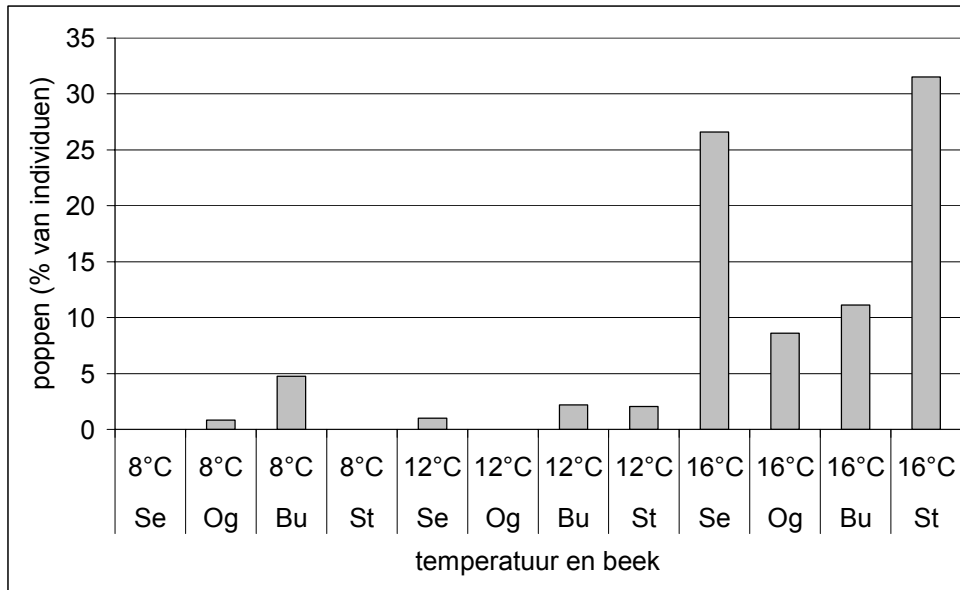
### 5.4.3 Groei bij verschillende temperaturen

Larven uit de Seelbeek, Oude beek (goede tak), Bunderbosbeek en Strabekervloedgraaf zijn bij verschillende temperaturen in het laboratorium opgekweekt om te bepalen of verschillen in groei verklaard kunnen worden door temperatuursverschillen. Iedere combinatie van temperatuur en beek van herkomst is in duplo bestudeerd. Allereerst is getest of deze duplo's dezelfde resultaten opleverden. Tabel 5.18 laat zien dat dit inderdaad zo is. Voor alle beken geldt dat de twee goten met dezelfde temperatuur dieren met dezelfde gemiddelde kopbreedte bevatten. Alleen voor de Oude beek (goede tak) is de P-waarde 0.05 bij 8 °C, wat erop duidt dat de gemiddelde kopbreedtes in beide goten relatief veel van elkaar verschillen. Omdat dit echter een uitzondering is, is er in de volgende stappen vanuit gegaan dat de duplo's vergelijkbaar zijn en daarom zijn de kopbreedtes van de duplo's samengevoegd.

*Tabel 5.18 P-waarde voor t-toets voor significantie van verschillen tussen de gemiddelde kopbreedte van dieren uit twee goten met dezelfde temperatuur en afkomstig uit dezelfde beek (als de P-waarde groter is dan 0.05 kunnen de gemiddelde kopbreedtes uit de twee goten als gelijk beschouwd worden).*

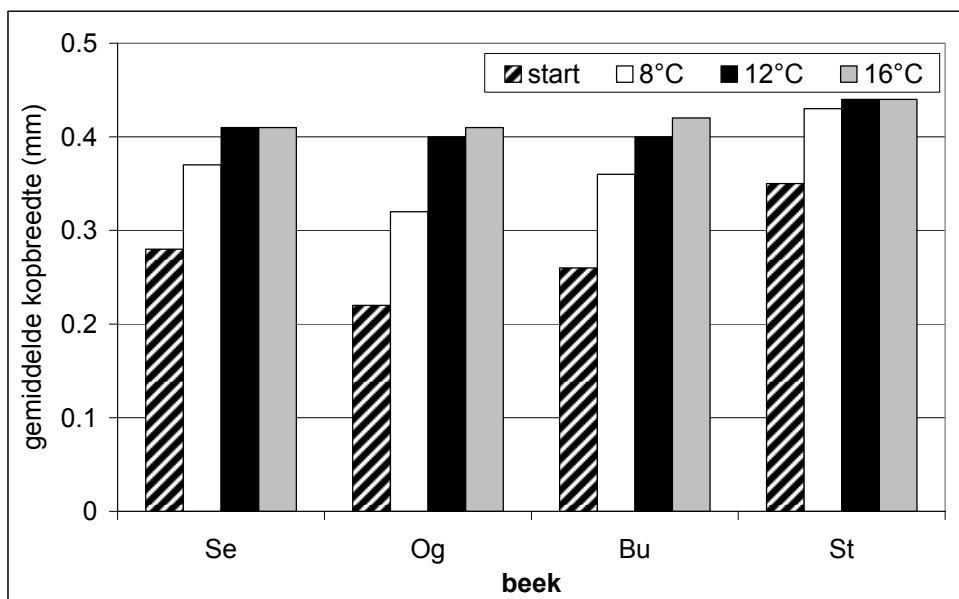
beek van herkomst	8°C	12°C	16°C
Bunderbosbeek	0.13	0.49	0.09
Oude beek (goede tak)	0.05	0.72	0.85
Seelbeek	0.34	0.53	0.77
Strabekervloedgraaf	0.75	0.26	0.77





Figuur 5.78 Percentage poppen (inclusief prepoppen en 1 adult) bij verschillende temperaturen en dieren uit verschillende beken (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf).

Figuur 5.78 laat zien dat het aantal poppen duidelijk hoger is bij 16 °C dan bij 8 en 12 °C. Vooral in de Strabekervloedgraaf en in de Seelbeek is het aandeel poppen hoog (zie ook bijlage 11).



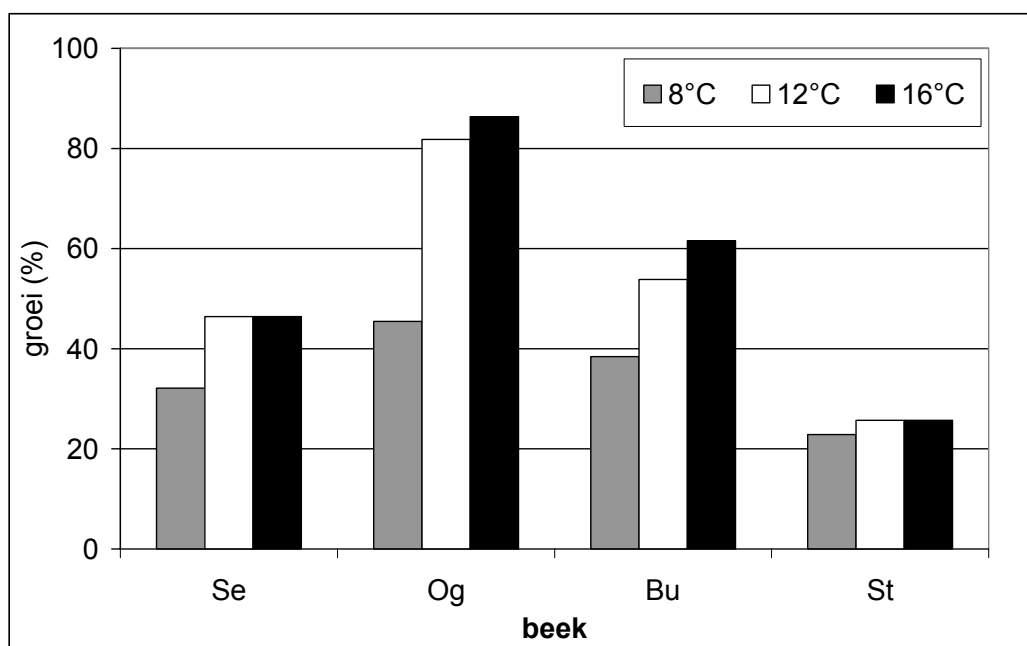
Figuur 5.79 Gemiddelde kopbreedte van de startpopulatie en de dieren aan het einde van het experiment bij drie temperaturen (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf).

Figuur 5.79 laat zien dat de gemiddelde kopbreedte toeneemt bij toenemende temperatuur. Groei vindt altijd plaats, ook bij de laagste temperatuur (8 °C) is de gemiddelde kopbreedte hoger dan bij de startpopulatie het geval was. Een hogere

temperatuur leidt in het algemeen echter tot een hogere gemiddelde kopbreedte. Het verschil tussen 8°C en 12 °C is echter groter dan tussen 12 °C en 16 °C. Dit blijkt ook uit tabel 5.19. De verschillen tussen 8 en 12 °C zijn voor drie beken significant, voor 12 en 16 °C is dit voor geen van de beken het geval. De Strabekervloedgraaf laat geen significant verschil in gemiddelde kopbreedte zien tussen 8 en 12 °C maar wel tussen 8 en 16 °C. Dit bleek ook al uit figuur 5.79 waarin te zien is dat de dieren al een grote kopbreedte bereiken bij 8 °C. De kopbreedte van de startpopulatie was voor deze beek ook hoger dan voor de andere beken. Ook aan het einde van het experiment hebben de dieren uit de Strabekervloedgraaf een grotere gemiddelde kopbreedte dan de dieren uit de andere beken. Dit was ook al gebleken uit waarnemingen in het veld (figuur 5.77).

Tabel 5.19 P-waarde voor significante verschillen tussen kopbreedtes bij twee verschillende temperaturen bepaald met een t-toets (als de P-waarde groter is dan 0.05 kunnen de gemiddelden als verschillend beschouwd worden).

Beek	start-8 °C	8 °C-12 °C	12 °C-16 °C	8 °C-16 °C
Seelbeek	0	0	0.85	0
Oude beek (goede tak)	0	0	0.15	0
Bunderbosbeek	0	0	0.08	0
Strabekervloedgraaf	0	0.35	0.12	0.04



Figuur 5.80 Groei in percentage toename kopbreedte ten opzichte van de kopbreedte van de startpopulatie uit dezelfde beek bij verschillende temperaturen in de kunstbeken (Se=Seelbeek, Og=Oude beek (goede tak), Bu=Bunderbosbeek, St=Strabekervloedgraaf).

De dieren in de Strabekervloedgraaf vertonen relatief de kleinste groei (figuur 5.80). Dit komt doordat de dieren al bij het inzetten van het experiment een grote kopbreedte hadden. De groei is bij 8 °C duidelijk vertraagd. In de Seelbeek en de Strabekervloedgraaf groeien de dieren bij 12 °C even snel als bij 16 °C . Wel is in de Seelbeek de groei veel hoger dan in de Strabekervloedgraaf. Blijkbaar is er een

maximum kopbreedte waarna de dieren gaan verpoppen. Dit verklaart ook het hoge aantal poppen in de Strabekervloedgraaf. De dieren met een lage gemiddelde kopbreedte bij het begin van het experiment (Oude beek en Bunderbosbeek) groeien sneller waardoor de uiteindelijke kopbreedtes bij de twee hoogste temperaturen vergelijkbaar zijn met die van de Seelbeek. Bij 8 °C blijft de kopbreedte lager in de Oude beek maar niet in de Bunderbosbeek, ondanks een snellere groei in de Oude beek.

## 5.5 Concurrerende soorten

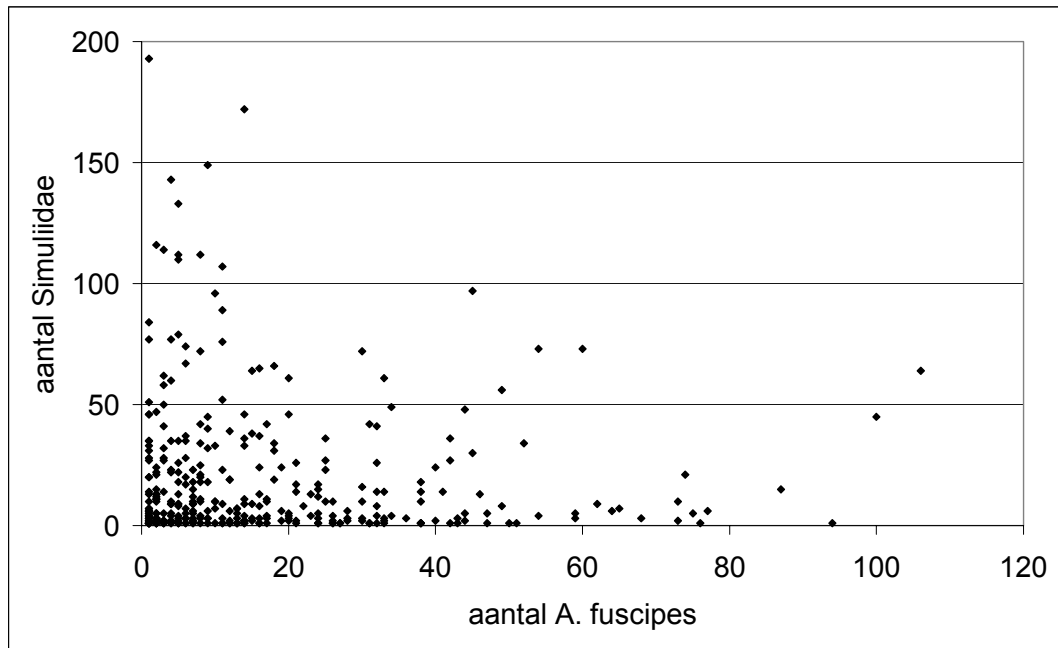
Uit de soortensamenstelling bleek dat in de beken waarin *A. fuscipes* voorkomt ook Simuliidae vaak in hoge aantallen aanwezig zijn. Simuliidae (kriebelmuggen) komen veelvuldig voor op de stenen waarop ook *A. fuscipes* gevonden wordt. Om te onderzoeken of deze soorten elkaar beïnvloeden is getest of het aantal *A. fuscipes* in een monster gerelateerd is aan het aantal Simuliidae in een monster. Voor deze analyse zijn alleen de monsters van de Seelbeek, Oude beek (goede tak) en Bunderbosbeek gebruikt (648 monsters), omdat in deze beken beide taxa regelmatig voorkwamen. De familie Simuliidae is niet altijd volledig tot op soort gedetermineerd, daarom zijn de abundanties van alle taxa binnen deze groep samengevoegd. Van de 648 monsters zijn er 340 monsters waarin beide taxa gezamenlijk voorkomen (tabel 5.20). De dieren komen door elkaar voor en worden ook vaak samen op een steen waargenomen. Uit tabel 5.21 blijkt dat de abundanties van Simuliidae en *A. fuscipes* niet beïnvloed worden door de aanwezigheid van het andere taxon. Ook figuur 5.81 laat zien dat er geen verband is tussen beide taxa. Wel lijken bij extreme aantallen van één van beide de aantallen voor het andere taxon laag te zijn. De correlatiecoëfficiënt is echter zeer laag, namelijk 0.05.

Tabel 5.20 Aantal monsters waarin *A. fuscipes* of Simuliidae of beide aanwezig zijn.

Aanwezigheid	aantal monsters
geen <i>A. fuscipes</i> of Simuliidae	54
<i>A. fuscipes</i>	527
Simuliidae	407
<i>A. fuscipes</i> en Simuliidae	340
Totaal	648

Tabel 5.21 Gemiddelde abundanties van *A. fuscipes* en Simuliidae bij aan- en afwezigheid van het andere taxon (als de P-waarde kleiner is dan 0.05 zijn de gemiddelden verschillend).

	gemiddelde abundantie Simuliidae	gemiddelde abundantie <i>A. fuscipes</i>	P-waarde t-test
met <i>A. fuscipes</i>	22.6		0.63
zonder <i>A. fuscipes</i>	25.6		
met Simuliidae		16.8	0.73
zonder Simuliidae		16.3	



*Figuur 5.81 Aantal individuen van Simuliidae uitgezet tegen het aantal individuen A. fuscipes in een monster.*

## 6 Discussie

### 6.1 Waterkwaliteit en ecologische kwaliteit

Uit de chemische samenstelling van het water in de zes beken blijkt dat de waterkwaliteit op de tijdstippen van monsternamen goed was. De ecologische kwaliteit bevestigt dit patroon voor alle beken behalve voor de Platsbeek waar de ecologische kwaliteit laag was. In deze beek is de soortensamenstelling heel anders dan in de overige beken. Chironomidae en Oligochaeta waren dominant. De resultaten van het AQEM beoordelingssysteem en de soortensamenstelling duiden beide op de aanwezigheid van organische belasting. Dit is in de chemische samenstelling van het water niet terug te vinden. Wel was er altijd relatief veel slib in de beek aanwezig. Regelmatig was het grind bedekt met een laagje zeer fijn slib. Waarschijnlijk vindt af en toe tijdens afvoerpieken, overstort van regen/rioolwater plaats, tijdens afvoerpieken, waardoor de waterkwaliteit tijdelijk slecht is. Op de momenten van afvoerpieken is de waterkwaliteit echter niet bepaald. Omdat gevoelige soorten zelfs door kortdurende lage zuurstofgehalten kunnen verdwijnen, verandert de soortensamenstelling. Na deze afvoerpieken bezinkt waarschijnlijk het slib. Dit blijft gedurende lange tijd aanwezig, waardoor soorten die gebruik maken van slib als voedingsbron sterk in aantal kunnen toenemen. Hierdoor ontstaat een hoog productief systeem met soorten die tolerant zijn voor tijdelijk lage zuurstofgehalten. Het is dus de vraag of *A. fuscipes* in deze beek afwezig is vanwege de fysische effecten van afvoerpieken of vanwege de verandering in de chemische samenstelling van het water gedurende hoge afvoeren. Aangezien in de literatuur is aangetoond dat de soort zeer gevoelig is voor organische belasting kan dit ook een zeer belangrijke reden zijn voor het ontbreken van deze soort. In een laboratoriumexperiment zou getest moeten worden of dit in de Platsbeek de oorzaak is voor het niet aanwezig zijn van *A. fuscipes*.

Ook de Strabekervloedgraaf bleek een hoog productief systeem te zijn. Er is veel organisch materiaal, want er komt heel veel *Gammarus sp.* voor en de abundanties van Chironomidae zijn eveneens hoog. Het hoge aantal Bivalvia hangt hier ook mee samen. Het organisch materiaal uit de vijvers kan zorgen voor een grote beschikbaarheid van voedsel in de beek, doordat het beekwater door de vijvers heen spoelt. Het beektraject waarin gemeten is, ligt tussen twee vijvers in. Opvallend is wel dat in de Seelbeek, waar het beekwater eveneens een bovenstrooms gelegen vijver passeert, de soortensamenstelling heel anders is. Waarschijnlijk komt dit door het andere karakter van de vijvers. De vijver in de Seelbeek is minder diep en groot en bevat veel minder slib. De vijver wordt waarschijnlijk gevoed door koud kwelwater. Wel is in deze vijver veel blad aanwezig. De vijvers in de Strabekervloedgraaf bevatten een dikke sliblaag, waardoor de beek saprober is dan de Seelbeek. Dit blijkt ook uit het hoge aantal soorten dat  $\alpha$ -mesosaprobie indiceert in de Strabekervloedgraaf, vooral in het voorjaar. Er komen in deze beek echter ook gevoelige soorten voor wat erop duidt dat de kwaliteit toch goed moet zijn. Het aantal soorten dat oligosaprob water indiceert is ook hoog. Deze zijn waarschijnlijk

beperkt tot de beektrajecten en kunnen niet in de vijvers voorkomen. De kwaliteit was in december zeer goed en in maart matig. Waarschijnlijk wordt de lage kwaliteit in maart veroorzaakt door het voorkomen van soorten afkomstig uit de vijvers in het beektraject. Het is goed mogelijk dat in maart soorten uit de vijvers zich verplaatsen naar de beek, waardoor relatief veel stilstaand water soorten en soorten van een  $\alpha$ -mesosaproob milieu aanwezig zijn en de kwaliteit met het AQEM beoordelingssysteem lager uitvalt. In de Strabekervloedgraaf is verder een stabiele populatie *A. fuscipes* aanwezig, dus er kan geen sprake zijn van saprobe omstandigheden waarbij het grind bedekt wordt met slib en het zuurstofgehalte sterk daalt. Op het grind in deze beek is over het algemeen weinig slib aangetroffen. Wel is slib gevonden op de luwe delen waar de stroomsnelheid laag is. De bedekking met slib is in het voorjaar echter niet hoger dan in de andere seizoenen.

## 6.2 De relatie tussen voorkomen, afvoer en grindbedstabiliteit

Er was duidelijk een relatie tussen de populatiegrootte van *A. fuscipes* en de mate van optreden van afvoerpieken in de beken. De beken waarin vaker hoge afvoerpieken optreden, hebben een kleinere populatie *A. fuscipes* of de soort ontbreekt. Ook in de tijd was het effect van afvoerpieken te zien in een afname van de populatiedichtheid na hoge afvoerpieken. In de zomer van 2002 zijn veel pieken opgetreden in alle beken. De hoge afvoerpieken waren vaak regionaal en zichtbaar in bijvoorbeeld alle drie de Limburgse beken. In andere gevallen kwamen ook pieken voor in één beek. De grote afvoerpieken in de zomer hebben tot een sterke reductie van de populatie geleid. Het effect van de afvoerpieken bleek sterk afhankelijk te zijn van het stadium waarin de meeste exemplaren verkeerden. In de Strabekervloedgraaf kon de populatie zich na de eerste piek nog herstellen, waarschijnlijk doordat adulten na de piek eieren afgezet hebben. Een tweede afvoerpiek heeft echter gezorgd voor een blijvende daling van de populatiedichtheid. De aanwezigheid van veel poppen en weinig larven heeft waarschijnlijk geleid tot de sterke reductie van de populatie in de Bunderbosbeek na de eerste afvoerpiek. Poppen zijn niet mobiel en kunnen zich niet verplaatsen naar luwe plekken. Op de Veluwe zijn afvoerpieken niet in de zomer opgetreden en daar is dan ook geen populatie-afname zichtbaar als direct gevolg van een afvoerpiek. Wel is de populatie in het (hydrologisch stabiele) jaar erna groter in de Seelbeek. In de Oude beek (goede tak) is dit niet zo maar daar traden ook in het tweede meetjaar afvoerpieken op.

Tot de tweede zomer zijn de populaties klein gebleven. Pas na de tweede zomer is de populatiedichtheid weer sterk toegenomen. Het tweede meetjaar werd gekenmerkt door grote hydrologische stabiliteit, er traden veel minder en lagere afvoerpieken op dan in het eerste jaar. Het blijkt wel dat in de beken waarin de meeste hoge afvoerpieken optreden de populatie in het algemeen kleiner is dan in de stabielere beken. Hoge afvoerpieken hebben vooral een bedekking van grindbedden met ander substraat, meestal zand, tot gevolg. Hoe lang dit zand blijft liggen hangt af van de stroomsnelheid en de veranderingen die zijn opgetreden in het lengte- en dwarsprofiel van de beek (bijvoorbeeld door de vorming van dammen). In de Bunderbosbeek is gebleken dat het grindbed waar de stroomsnelheid het hoogste

was zich het snelste weer herstelde. Toch is de populatie in beide grindbedden sterk afgenomen. Dus ondanks herstel van het habitat kan de populatiedichtheid niet meteen weer toenemen maar herstelt deze zich pas bij de volgende generatie. Dit betekent dat de dieren niet verdwijnen door verandering van het habitat maar waarschijnlijk door de kracht van de afvoerpiek zelf. Het migreren naar luwe oeverzones of het overleven van bedekking met een laag zand, zoals dit in de literatuur is beschreven (hoofdstuk 2) is waarschijnlijk alleen mogelijk bij kleine afvoerpieken. Het zou ook zo kunnen zijn dat een korte bedekking met een laag zand toch al fataal is. Dit zou in experimenten verder onderzocht moeten worden.

Waarschijnlijk is in hele beektrajecten de populatiedichtheid sterk afgenomen. Anders zou misschien herkolonisatie vanuit intact gebleven habitats of schuilplaatsen vrij snel op kunnen treden. Het zou echter ook zo kunnen zijn dat verspreiding van dieren in de beek vooral optreedt als de larven gaan verpoppen en adulten de eieren afzetten, zodat herstel pas optreedt bij de start van de nieuwe generatie. Een andere optie is dat de dieren alleen actief migreren naar een ander beektraject als er een tekort is aan voedsel. Dit zal niet het geval zijn als nog maar een kleine populatie aanwezig is. Het is waarschijnlijk dat in de gehele beek de populatie sterk in aantal afgenomen is.

### **6.3 Substraatpreferentie van *A. fuscipes***

Er bleek geen duidelijke relatie te zijn tussen het aantal individuen *A. fuscipes* dat gevonden werd en het bemonsterde substraat. De soort heeft grindbedden nodig maar is ook gevonden in detritus. Op grind dat bedekt is met een dun laagje van een ander substraat zijn regelmatig veel individuen aangetroffen. Zolang het grind niet helemaal met een dikke laag bedekt is komt de soort er gewoon voor. Aangezien de aantallen ook geen relatie vertoonden met de mate van dynamiek van de plek waarop ze gevonden zijn, blijken ze mobiel. Waarschijnlijk verplaatsen ze zich regelmatig en kunnen ze eenvoudig een nieuw geschikt habitat bereiken. Hierdoor is het ook moeilijker om een relatie te leggen tussen het substraat en het voorkomen van de soort. Het is mogelijk dat individuen die tijdens de bemonstering op een substraat verzameld zijn daar alleen maar passeerden. Om dit te onderzoeken zou onderzoek in langere beektrajecten moeten plaatsvinden.

Ook is het aantal individuen niet gerelateerd aan de diepte en de stroomsnelheid. Bij vrijwel alle voorkomende diepten en stroomsnelheden zijn individuen gevonden. In een laboratoriumexperiment is aangetoond dat de larven en poppen ook zonder stroming kunnen overleven als er voldoende zuurstof aanwezig is (Bassie, 2002). In het veld zijn wel vaak poppen vlak onder het wateroppervlak gevonden maar dit is in de resultaten uit de bemonsteringen niet terug te zien. Wellicht vallen de poppen die zich vlak onder het oppervlak bevinden in het veld meer op. Alleen bij grotere diepten (> 10 cm) komen nauwelijks poppen voor. Op het uitvliegsucces blijkt de diepte geen effect te hebben. Tijdens de experimenten vlogen niet minder dieren uit als de diepte groter was. Ook de stroomsnelheid had geen duidelijke invloed op het emergentiesucces. Alleen in diep water vlogen meer dieren uit bij een lage

stroomsnelheid in combinatie met een positie vlak onder het oppervlak. In matig diep water werden er bij een hoge stroomsnelheid meer exuviae op de wand dan op de steen gevonden. Exuviae werden vooral in diep water bij hoge stroomsnelheid verder stroomafwaarts gevonden. Het zou dus kunnen dat de poppen zich vaak vlak onder water bevinden om het risico op afdrijven laag te houden maar er kunnen ook andere redenen zijn, zoals een constanter zuurstofgehalte vlak onder het oppervlak.

#### 6.4 De relatie tussen groei en temperatuur

De kopbreedtes van de individuen van *A. fuscipes* waren in de Strabekervloedgraaf duidelijk hoger dan in de overige beken. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hoge gemiddelde dagtemperaturen in de Strabekervloedgraaf van april tot eind september. In de winter zijn de temperaturen in deze beek juist lager dan in de andere beken maar in deze periode groeien de dieren waarschijnlijk langzamer. Dit is ook gevonden in literatuur (hoofdstuk 2). Nadat de eieren zijn uitgekomen in de zomer, een proces dat ook sneller plaatsvindt bij hogere temperatuur, kunnen de larven zich snel ontwikkelen in de Strabekervloedgraaf. Hierdoor zijn de larven vanaf het begin groter dan in de andere beken. Voor de winter hebben ze al een flinke voorsprong. Deze voorsprong wordt door de dieren in de andere beken niet meer ingehaald. Ook in het voorjaar zijn de *A. fuscipes* individuen groter dan in de andere beken waardoor hun ontwikkeling het eerste voltooid is. De eerste poppen waren dan ook te vinden in de Strabekervloedgraaf (begin april). Het blijkt dus dat *A. fuscipes* niet gevoelig is voor sterke wisselingen tussen zomer en wintertemperatuur. De soort heeft juist voordeel van hoge zomertemperaturen.

De verschillen tussen de kopbreedtes in de andere beken zijn veel minder groot, evenals de verschillen tussen de temperaturen. Ook in de Seelbeek was de temperatuur in de winter laag maar de kopbreedtes in het voorjaar bleken niet gerelateerd te zijn aan de temperatuur in januari en februari, want in het tweede jaar waren de dieren in het voorjaar veel groter dan in het eerste voorjaar, ondanks de lagere temperaturen in de maanden ervoor. In de Seelbeek, Strabekervloedgraaf en Oude beek was wel te zien dat de dieren in het voorjaar, vanaf februari als de temperatuur toeneemt sneller gaan groeien. In de Strabekervloedgraaf was deze 'groeisput' niet te zien, waarschijnlijk doordat veel van de dieren al een relatief grote kopbreedte hadden.

Het is niet duidelijk wat de invloed is van de hoeveelheid voedsel op de groei van *A. fuscipes*. In de Strabekervloedgraaf zou het voedselaanbod hoger kunnen zijn door de aanwezigheid van de vijvers. De soortensamenstelling duidt hier ook op. Dit zou naast de temperatuur een reden kunnen zijn waardoor de groei zo snel optreedt. Een andere oorzaak voor de aanwezigheid van grote individuen kan zijn dat de dichtheid van de populatie in deze beek het laagste is. Hierdoor is per individu meer voedsel beschikbaar. Het is echter niet zeker of voedsel in dit geval limiterend is. Dit is wel eerder in onderzoek aangetoond (hoofdstuk 2). Het is ook de vraag of de grotere dieren bijvoorbeeld ook meer eieren leggen. Dit is echter niet terug te vinden in de populatiedichtheid.



Door het uitvoeren van het temperatuurexperiment is in ieder geval wel vastgesteld dat temperatuur een belangrijke rol speelt. De kopbreedte van de dieren bleek aan het einde van het experiment groter te zijn naarmate de temperatuur in de kunstbeek hoger was. Ook waren er bij hogere temperatuur veel meer poppen. Vooral het verschil tussen 8 en 12 °C enerzijds en 16 °C anderzijds was groot. De dieren afkomstig uit de verschillende beken reageerden wel verschillend op de temperatuursgradiënt. De groei was het sterkste bij de dieren uit de Oude beek en de Bunderbosbeek. Dieren uit de Seelbeek en de Strabekervloedgraaf vertoonden minder groei. Hiervoor zijn een aantal verklaringen mogelijk. Ten eerste waren de kopbreedtes van de startpopulaties voor de dieren uit de Seelbeek en de Strabekervloedgraaf het hoogste. Hierdoor was de groei relatief het laagste omdat de kopbreedte een maximum heeft. Daarna gaat het dier zich verpoppen. Bij de dieren uit deze beken zijn dan ook de meeste poppen aangetroffen. Vooral in de Oude beek en de Bunderbosbeek is het verschil tussen groei van *A. fuscipes* bij 8 °C versus 12 en 16 °C groot. Aangezien in de vier beken de temperatuur in de winter rond de 8 °C schommelt zal de groei in het veld in de winter vertraagd zijn. Bij stijgende temperaturen bijvoorbeeld door klimaatverandering zullen de dieren sneller gaan groeien en eerder in het seizoen gaan verpoppen. Hierdoor verschuift de levenscyclus. Dit kan van belang zijn voor de kwetsbaarheid voor verstoringen, zoals afvoerpieken.

## 6.5 Temperatuurpieken

De temperatuur van het water bleek sterk toe te nemen tijdens afvoerpieken. Dit was zo in de meeste beken. Het water tijdens een afvoerpiek is vooral oppervlakkig afstromend water, dat een hogere temperatuur heeft dan het grondwater wat normaal het grootste aandeel van het beekwater is. Vooral in de Platsbeek traden hoge temperatuurpieken op tegelijkertijd met afvoerpieken. Deze beek heeft behalve tijdens de afvoerpieken de meest constante en lage temperatuur. Hier is dan ook de koud stenotherme soort *Crenobia alpina* gevonden. Deze soort kan alleen voorkomen in beken met een zeer constante lage temperatuur. Het is de vraag of dergelijke soorten een plotselinge temperatuurstijging kunnen overleven. De *Crenobia alpina* individuen zijn gevangen tijdens het tweede meetjaar waarin de afvoerpieken minder hoog waren en vooral in de winter optraden. Waarschijnlijk wordt temperatuur van het beekwater dan veel minder beïnvloed doordat de temperatuur van het oppervlakkig afstromende water gedurende een afvoerpiek zich aanpast aan de luchttemperatuur, die in de winter laag is. In het eerste jaar is de soort niet gevonden maar dit hoeft niet te betekenen dat de soort niet aanwezig was. Het is ook mogelijk dat de soort het beektraject tijdens de gunstigere omstandigheden in het tweede meetjaar opnieuw gekoloniseerd heeft, wellicht vanuit bovenstrooms gelegen delen of vanuit kwelzones in de oever.

## 6.6 Biotische interacties

Uit de overzichten met dominante soorten per beek is gebleken dat naast *A. fuscipes* Simuliidae veelvuldig op het grind voorkomen. Maar uit de analyse van de relatie tussen Simuliidae en *A. fuscipes* is gebleken dat er geen verband is tussen de aantallen van beide taxa in een monster. De aanwezigheid van een groot aantal Simuliidae op het grind heeft blijkbaar geen nadeel voor *A. fuscipes*. De taxa kunnen door elkaar en beide in hoge aantallen voorkomen. Dit kan verklaard worden doordat beide taxa verschillend voedsel gebruiken. Simuliidae filteren voedingsstoffen uit het water en *A. fuscipes* schraapt algen en detritus van het grind. In principe hoeven ze elkaar dus niet te beïnvloeden. De bezetting van het habitat door een van beide taxa is blijkbaar niet zo groot dat er geen plaats meer is voor de ander. Beide soorten zijn vrij mobiel en kunnen zich eenvoudig verplaatsen. Hierdoor kunnen ze elkaar gemakkelijk vermijden.

Andere dominante soorten spelen nauwelijks een rol *Gammarus sp.* komt in de meeste beken met een grote *A. fuscipes* populatie veel voor maar deze soort zwemt rond en voedt zich met grotere detritus partikels. Dus ook deze soort is waarschijnlijk geen concurrent. De enige soort die deels van hetzelfde voedsel gebruik maakt is *Ancylus fluviatilis*. Deze soort graast algen van het grind maar komt alleen in de Strabekervloedgraaf voor. De aantallen zijn niet erg groot, dus waarschijnlijk wordt de dichtheid van de populatie *A. fuscipes* hierdoor niet beïnvloed.

Kortom, *A. fuscipes* lijkt in de bemonsterde beken nauwelijks last te hebben van concurrentie met andere soorten op het grind. Dit kan een van de redenen zijn waardoor de soort in zulke grote aantallen voor kan komen. Naast concurrentie kan predatiedruk nog een rol spelen. Naar het effect van predatie zou specifiek onderzoek uitgevoerd kunnen worden maar waarschijnlijk is de invloed beperkt. Zolang de dieren echter in hun huisje zitten zijn ze niet erg kwetsbaar (zie ook literatuurverwijzingen in hoofdstuk 2).

## 6.7 Problemen bij het onderzoek

### 6.7.1 Meetperiode

Tijdens dit onderzoek is gedurende twee jaar de afvoer gemeten en het grind bemonsterd. Dat meerjarige monitoring nodig is, is duidelijk naar voren gekomen doordat er zeer grote verschillen waren in de afvoer en de populatiegrootte van *A. fuscipes* in het eerste en het tweede meetjaar. Het eerste jaar was zeer dynamisch wat betreft de afvoer. Er is veel neerslag gevallen waardoor in de zomer een aantal grote pieken is opgetreden. Het tweede jaar was veel rustiger en de afvoer in alle beken was veel stabiel. De populatie was in het tweede meetjaar weer hersteld. Om lange termijn effecten te kunnen meten is echter langjarige monitoring noodzakelijk. Kennis omtrent de frequentie van jaren met veel afvoerpieken ontbreekt. Het is de vraag of afvoerpieken zoals deze in 2002 gemeten zijn vaker voorkomen of dat dit uitzonderlijk was. Het zou natuurlijk ook zo kunnen zijn dat het tweede meetjaar

extreem droog was en dat daardoor de afvoer veel stabiel was dan normaal. Om de populatie goed te kunnen volgen zijn vier bemonsteringen per jaar voldoende. De afvoer moet echter continu gemeten worden.

### 6.7.2 Afvoermetingen en -berekeningen

Het continu meten van afvoer en temperatuur leverde goed bruikbare gegevens op. Het tijdsinterval van 15 minuten was voldoende om het verloop van beide variabelen te bepalen. Het is gebleken dat afvoerpieken vaak kort duren. Zonder continue dataloggers zou het niet mogelijk zijn deze pieken te registreren. Vanwege de korte duur is een interval langer dan een half uur niet voldoende. Aanbevolen wordt om in vervolgonderzoeken dan ook een meetinterval van een kwartier te blijven aanhouden.

Het installeren van de meetopstellingen moet goed gebeuren. Hierbij moet terdege rekening gehouden worden met vandalisme. De meters moeten in een stevige oever ingegraven worden.

Na het uitlezen van de meters moet er goed op gelet worden dat de meters precies even diep in de buis gehangen worden als voor het uitlezen het geval was. Het corrigeren van fouten die hierdoor ontstaan is mogelijk maar kost veel tijd en levert toch een zekere onnauwkeurigheid op. Soms ontstonden verkeerde metingen doordat de meter zich tijdens een meting niet in de buis bevond doordat deze net uitgelezen werd. Deze fout is echter eenvoudig te herstellen en het is het niet waard om in het veld telkens te wachten totdat de meting voorbij is. Een ander probleem is de vorming van dammen in de beek. Dammen ontstaan vaak tijdens een afvoerpiek als takken en ander materiaal verplaatst wordt. Als een dam ontstaat en aanwezig blijft na de afvoerpiek kan gedurende langere tijd een hogere waterhoogte gemeten worden, terwijl de afvoer alweer gedaald is. Dammen zijn in dit onderzoek meteen weer verwijderd, omdat ze anders de afvoermetingen beïnvloeden. Ze zijn echter onderdeel van een natuurlijk systeem en ze beïnvloeden de substraatpatronen. Het berekenen van de afvoer uit de waterhoogtemetingen brengt onzekerheden met zich mee:

- Het profiel dat (in geschematiseerde vorm) gebruikt is voor de berekening van het debiet is slechts eenmaal opgemeten aan het einde van de meetperiode en vervolgens geëxtrapoleerd naar de periode (van anderhalf jaar) ervoor en de periode erna (ongeveer jaar). Het zou beter zijn om dit profiel vaker op te meten om zo een beter gemiddelde te krijgen maar dit kost veel tijd, niet alleen wat betreft de metingen maar ook wat betreft de berekeningen. Het alternatief is het plaatsen van een vaste meetstuw. Dit heeft de voorkeur omdat het nauwkeurigere afvoergegevens oplevert;
- Controle van de gemeten waterstanden met behulp van het ijkoog was niet altijd mogelijk vanwege de afstand tussen het ijkoog en de waterniveaumeter. Wanneer de afstand te groot is (bijvoorbeeld in de Bunderbosbeek) dan kunnen dammen, en het natuurlijk verval ervoor zorgen dat het waterniveau op de beide locaties

- niet hetzelfde is. De afstand van het ijkoog tot de waterniveaumeter hangt af van de beschikbaarheid van een geschikt bevestigingspunt (bijvoorbeeld een boom);
- De methode die gebruikt is om de afvoer te berekenen stelt allerlei voorwaarden waaraan niet geheel is voldaan. Zelfs als aan alle voorwaarden is voldaan heeft de methode nog een onzekerheid van ongeveer 20 %. De methode is echter geschikt gebleken om afvoerpatronen tussen beken te vergelijken en om overschrijdingen van de basisafvoeren te bepalen.

### 6.7.3 Gridcellen benadering

De benadering met een raster van gridcellen om de substraatpatronen in beeld te brengen heeft veel mogelijkheden geboden voor het bepalen van veranderingen in het substraat in de tijd en de ruimte. Vooral het digitaliseren zorgt ervoor dat eenvoudig oppervlaktes van substraten en dynamieufactoren berekend kunnen worden. Er kleven echter ook een paar nadelen aan deze benadering. De nauwkeurigheid hangt sterk af van de nauwkeurigheid waarmee in het veld gemeten wordt. Als scheef naar de beekbodem gekeken wordt treedt er al snel een afwijking van een aantal centimeter op. Het is niet mogelijk om het intekenen op minder dan vijf centimeter nauwkeurig uit te voeren. Een mogelijkheid zou zijn om een instrument te gebruiken om de plaats van het substraat loodrecht op de meetlat te projecteren maar dit zal de benodigde tijd voor een substraatopname aanzienlijk vergroten. Verder is het natuurlijk de vraag of een opname eens per twee weken voldoende is om veranderingen te kunnen meten. Het kan gebeuren dat een afvoerpiek zorgt voor een complete omwoeling van het substraat of bedekking van het grind met zand of een ander substraat. Dit kan echter van korte duur zijn. Na een afvoerpiek kan de situatie zich vrij snel herstellen doordat bijvoorbeeld het zand weer van het grind afspoelt. In deze situaties wordt bij de volgende opname weer hetzelfde substraat waargenomen als bij de opname daarvoor maar is er in de tussentijd veel veranderd. Deze effecten worden nu gemist. Om kortdurende veranderingen in het substraat waar te nemen moeten andere technieken gebruikt worden, bijvoorbeeld het plaatsen van sedimentvallen om de bedekking met sediment te bepalen of het verven van grind zodat de mate van omwoeling bepaald kan worden. Een andere mogelijkheid is een online registratie van afvoergegevens. Als de afvoer een bepaalde waarde overschrijdt kan via het internet een waarschuwing gestuurd worden, zodat een beek zo snel mogelijk bezocht kan worden. De substraatopname kan dan snel na de afvoerpiek gemaakt worden.

Toch zijn met de in dit onderzoek uitgevoerde benadering al relaties tussen afvoer, substraat en populatiedichtheid van *A. fuscipes* naar voren gekomen. Waarschijnlijk zijn vooral de grote veranderingen van belang en was de gebruikte methode hiervoor nauwkeurig genoeg.

#### 6.7.4 Bemonstering

Het aantal individuen van *A. fuscipes* in de monsters varieerde sterk. Aangezien er geen relatie bleek te zijn met stroomsnelheid, diepte, of de dynamiek van het substraat hangt dit dus samen met toeval. De dieren zijn vrij mobiel en kunnen zich dus gemakkelijk verplaatsen. Effecten van grote afvoerpieken zijn duidelijk waargenomen, omdat deze effect hebben op de gehele populatie maar effecten van kleinere afvoerpieken zijn niet te onderscheiden van natuurlijke variatie (door habitatverschillen) of onnauwkeurigheid in de bemonstering. Dit is te ondervangen door of meer monsters te nemen of door zeer gericht te bemonsteren. Dat laatste betekent dat de plek van monstername wordt gekozen met het oog op de doelstelling van het onderzoek. Voor het effect van afvoerpieken zou bijvoorbeeld altijd hetzelfde substraat bij ongeveer dezelfde stroomsnelheid bemonsterd moeten worden, zodat verschillen in habitat geen rol spelen. Tijdens deze studie zijn telkens drie monsters genomen waarvan twee duidelijk in het grindbed en één op de rand van het grindbed of in grind bedekt met een laagje met ander substraat. Deze bemonsteringswijze is gekozen om ook een relatie te kunnen leggen tussen het aantal individuen en het habitat (substraat, diepte en stroomsnelheid). Maar om de relatie tussen het aantal individuen en het substraat te testen zou van ieder substraat een voldoende aantal monsters genomen moeten worden op dezelfde dag. Hierbij moeten andere factoren, bijvoorbeeld de stroomsnelheid constant zijn. Dan is een betere vergelijking mogelijk. Hetzelfde geldt voor de relatie met stroomsnelheid. In dat geval moeten monsters over een gradient van stroomsnelheden genomen worden waarbij het substraat hetzelfde is. Door dergelijke onderzoeken in verschillende beken uit te voeren kan bestudeerd worden of er een algemene relatie is of dat er verschillen zijn tussen beken. Ook in het laboratorium zouden dergelijke relaties goed onderzocht kunnen worden, doordat andere factoren constant gehouden kunnen worden.

### 6.8 Toepassingen in het waterbeheer

#### 6.8.1 Normering

De belangrijkste vraag voor de toepassing van de resultaten in dit onderzoek is natuurlijk hoe vaak en hoeveel mag de afvoer de basisafvoer overschrijden? Deze vraag is niet eenduidig te beantwoorden. Een absoluut getal voor een maximum afvoer is niet te geven. Dit verschilt per beek, omdat iedere beek een andere basisafvoer heeft. Daarom is het beter om hiervoor overschrijdingsklassen te gebruiken. In een stabiele beek vinden overschrijdingen van meer dan twee keer de basisafvoer niet plaats in een droog jaar. In een nat jaar komen overschrijdingen tot vier keer de basisafvoer voor. Hiervan zijn de effecten op *A. fuscipes* niet groot. Grotere overschrijdingen (>4 keer de basisafvoer) kunnen wel effecten teweegbrengen. Afvoerpieken groter dan vier keer de basisafvoer doen de populatiegrootte zeker afnemen. In de Strabekervloedgraaf is de populatie het kleinste, ondanks het feit dat de grindbedden heel stabiel zijn. In deze beek treden vaak afvoerpieken op van meer dan vier keer de basisafvoer, ook nog in het tweede

meetjaar. Als de afvoerpieken groter zijn dan acht keer de basisafvoer neemt de populatiedichtheid zeer sterk af. Dergelijke pieken moeten dus voorkomen worden. *A. fuscipes* is echter een soort die zich op een aantal manieren aan afvoerpieken aan kan passen. Waarschijnlijk zijn er andere soorten die gevoeliger zijn voor afvoerpieken. Daarom is het niet verstandig om de norm voor afvoerpieken te bepalen aan de hand van de resultaten voor alleen deze soort. In feite zou eerst onderzocht moeten worden welke soort het meest gevoelig is en dan bepaald moeten worden hoe hoog een afvoerpiek kan zijn, voordat een te groot effect op de populatie optreedt.

## 6.8.2 Beekherstel

De Platsbeek bleek de beek met de slechtste kwaliteit te zijn. Waarschijnlijk is hier sprake van organische belasting tijdens rioolwateroverstorten. Een overstort kan ook de zeer hoge afvoerpieken verklaren. Toch komen in deze beek een aantal bijzondere soorten voor. De soort *Crenobia alpina* is zeer zeldzaam maar gevonden in deze beek. Om dergelijke soorten meer kans te geven en de mogelijkheid te bieden voor het voorkomen van meer zeldzame soorten is het belangrijk dat een eventuele rioolwateroverstort zo snel mogelijk verwijderd wordt. Deze beek kan zich dan ontwikkelen tot een zeer waardevol systeem met veel bijzondere soorten. De beek heeft voldoende grindbedden voor de aanwezigheid van een populatie *A. fuscipes* maar ook andere soorten die gebonden zijn aan een redelijke stroomsnelheid kunnen de beek dan koloniseren. Eventueel kunnen dan bijzondere soorten in de beek uitgezet worden om het kolonisatieproces te versnellen.

Ook in de slechte tak van de Oude beek komt geen *A. fuscipes* voor. Dit is waarschijnlijk niet te wijten aan de waterkwaliteit of belasting maar eerder aan het ontbreken van voldoende grind en het voorkomen van kleine afvoerpieken. Er is veel zandtransport waardoor het aanwezige grind gedurende het grootste deel van het jaar bedekt is met zand. De kwaliteit is goed, één klasse lager dan in de goede tak door de aanwezigheid van meer soorten die een  $\alpha$ -mesosaproob milieu indiceren. De herkomst van het water is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak voor zowel de meer wisselende afvoer als de sterker fluctuerende temperatuur in vergelijking tot de goede tak. De beek ontstaat uit een aantal greppels in landbouwgebied, waardoor de grondwaterinvloed kleiner is en de invloed van oppervlakkig afstromend water groter. Toch is het aantal zeldzame taxa in de slechte tak vergelijkbaar met het aantal in de goede tak. Er komt zelfs een zeer zeldzame soort voor. Herstel van deze beek kan plaatsvinden door de landbouw in het brongebied op te heffen of te extensiveren zodat een hoger grondwaterpeil gehandhaafd kan worden en/of drainage verwijderd kan worden. Of het mogelijk is de afvoer te vergroten bijvoorbeeld door het dempen van sloten in het brongebied zal nader onderzocht moeten worden. Als de afvoer niet vergroot wordt, zullen grindbedden zich niet uitbreiden.

De Bunderbosbeek, Strabekervloedgraaf, Seelbeek en Oude beek (goede tak) moeten goed beschermd worden. De beken bevatten veel bijzondere en zeldzame soorten en hebben een hoge ecologische kwaliteit. Aangezien het aantal beken in Nederland dat

deze kwaliteit heeft zeer laag is, is het van groot belang om deze systemen in stand te houden. Ze kunnen dienen als bron voor soorten om andere beken die hersteld worden weer te koloniseren. Bovendien kan onderzoek in deze beken veel informatie opleveren over de referentietoestand (hydromorfologie, chemie, soortensamenstelling en ecologische processen) voor andere beken.





## Referenties

- Anderson N.H. 1974. The eggs and ovoposition behaviour of *Agapetus fuscipes* Curtis (Trich., Glossosomatidae). Entomologist's Mon. Mag. 109: 129-131.
- Bassie, M. 2002. Sturende factoren voor de kokerjuffer *Agapetus fuscipes*. Afstudeerverslag studie Milieutechnologie, Saxion Hogeschool IJsselmeer, 48 pp + bijlagen.
- Becker G. 1990. Comparison of the dietary composition of epilithic trichopteran species in a first-order stream. Arch. Hydrobiol. 120 (1): 13-40.
- Becker G. 1994. Food preference by five trichopteran scrapers. Hydrobiologia 273: 171-178.
- Becker G. 2001. Larval size, case construction and crawling velocity at different substratum roughness in three scraping caddis larvae. Arch. Hydrobiol. 151 (2): 317-334.
- Bohle H.W. & Fischer M. 1983. Struktur und Entstehung der Larven- und Puppengehäuse einiger Glossosomatidae und Rhyacophilidae, insbesondere bei *Synagapetus iridipennis* (Trichoptera: Rhyacophilidae). Entomol. Gener. 9: 17-34.
- Boiten W. 2000. Hydrometry. IHE Delft lecture note series, Balkema, Rotterdam, 2000. 246 pp.
- Butler M.G. 1984. Life histories of aquatic insects. In: Resh V.H. & Rosenberg D.M. (eds.): The ecology of aquatic insects. Praeger Scientific, New York, pp 24-55.
- Castro L.B. 1975. Ökologie und Produktionsbiologie von *Agapetus fuscipes* Cur. im Breitenbach 1971. Arch. Hydrobiol. Suppl. 45: 305-375.
- Cox E.J. & Wagner R. 1989. Does *Agapetus fuscipes* cultivate algae in its case? Hydrobiologia 175: 117-120.
- Dittmar H. 1955. Ein Sauerlandbach. Arch. Hydrobiol. 50: 305-552.
- Drost, M.B.P., Cuppen, H.P.J.J., Van Nieuwerkerken, E.J. & Schreijer, M. (eds.), 1992. De waterkevers van Nederland. Uitgeverij K.N.N.V., Utrecht.
- Hansell M.H. 1968. The selection of house building materials by the caddis-fly larva, *Agapetus fuscipes* Curtis. Rev. Comp. Animal 2: 91-102.
- Illies J. 1952. Die Mölle. Faunistisch-ökologische Untersuchungen an einem Forellenbach im Lipper bergland. Arch. Hydrobiol. 46: 424-612.
- Iversen T.M. 1973. Decomposition of autumnshed beech leaves in a springbrook and its significance for the fauna. Arch. Hydrobiol. 72: 305-312.
- Iversen T.M. 1976. Life cycle and growth of Trichoptera in a Danish spring. Arch. Hydrobiol. 78 (4): 482-493.
- Macan T.T. & Maudsley R. 1969. II. Lakes. 2. Europe. Fauna of the stony substratum in lakes in the English Lake District. Verh. Internat. Verein. Limnol. 17: 173-180.
- Macan T.T. 1980. Changes in the fauna of the stony substratum of lakes in the English Lake District. Hydrobiologia 72: 159-164.
- Mackereth J.C. 1960. Notes on the Trichoptera of a stony stream. Proc. Roy. Entomol. Soc., London (A) 35: 17-23.

- Nielsen A. 1942. Über die entwicklung und Biologie der Trichopteran mit besonderer Berücksichtigung der Quelltrichopteran Himmerlands. Arch. Hydrobiol. Suppl. 17: 255-631.
- Nijboer R.C. 2004. Keylinks: Ecologische processen in sloten en beken. I. Theoretisch concept en aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Intern rapport, Alterra, Wageningen.
- Nijboer R.C. & Verdonschot P.F.M. (red.) 2001. Zeldzaamheid van de macrofauna van de Nederlandse binnenwateren. Themanummer 19, Werkgroep Ecologisch Waterbeheer/Alterra, Wageningen, 84pp.
- Sangpradub N., Giller P.S. & O'Connor J.P. 1999. Life history patterns of stream-dwelling caddis. Arch. Hydrobiol 146: 471-493.
- Stowa, 1994. Handboek debietmeten in open waterlopen. Utrecht, Stowa, Stowa-rapport 94-12. 158 pp.
- Thorup J. 1963. Growth and life-cycle of invertebrates from Danish springs. Hydrobiologia 22: 55-84.
- Tolkamp H.H. 1980. Organism-substrate relationships in lowland streams. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen. 211 pp.
- Van den Hoorn M.W. 2004. Keylinks: Ecologische processen in sloten en beken. III Calibratie van de kunstbeeksystemen. Intern rapport, Alterra, Wageningen, 101 pp.
- Vlek H.E., Verdonschot P.F.M. & Nijboer R.C. 2003. De ontwikkeling van een op macrofauna gebaseerd beoordelingssysteem voor Nederlandse beken in Europees verband. Alterra-rapport 827, Alterra, Wageningen, 115pp.
- Vlek H.E., Verdonschot P.F.M. & Nijboer R.C. 2004. Towards a multimetric index for the assessment of Dutch streams using benthic macroinvertebrates. Hydrobiologia 516: 173-189.
- Waringer J.A. 1989. Resistance of a cased caddis larva to accidental entry into the drift: the contribution of active and passive elements. Freshwat. Biol. 21: 411-420.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. J. Geol. 30: 377-392.
- Whitehead H. 1935. An ecological study of the invertebrate fauna of a chalk stream near Great Driffield, Yorkshire. J. Anim. Ecol. 4: 58-78.

## Bijlage 1 Locaties waar *Agapetus fuscipes* is aangetroffen

database	gebied	locatie omschrijving	datum	x	y	aantal
Alterra	Limburg	Belleterbeek bron	13-mrt-80	193900	308610	65
Alterra	Limburg	Belleterbeek voor Heimansgroeve	13-mrt-80	193870	308500	33
STOWA	Limburg	Berghorsterbeek	10-mrt-82	180200	325000	31
Alterra	Limburg	Bron Aalsbeek Leemhorst	11-jul-95	207780	370770	11
STOWA	Limburg	Bron Aalsbeek Leemhorst Oost-Rietweg	11-jul-95	207780	370770	8
STOWA	Limburg	Bron Molenbeek dal Kiek-Jansberg	21-mei-97	192120	417550	49
STOWA	Limburg	Bunderbosbeek	19-feb-82	179800	324100	24
Alterra	Limburg	Bunderbosbeek - bron spoor	19-feb-82	179700	323600	1
Alterra	Limburg	Bunderbosbeek - zijloop spoor	19-feb-82	180200	324800	15
Alterra	Limburg	Bunderbosbeek - zijloop spoor	19-feb-82	179900	323900	16
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bron	01-mei-81	181000	328530	69
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bron	16-nov-82	181000	328530	116
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bron	01-mei-81	180990	328400	1
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bron trappetje	16-jun-80	181000	328500	4
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bron trappetje	03-feb-82	181000	328500	312
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bronloopje	01-mei-81	181000	328530	33
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bronloopje	16-jun-80	180600	328100	65
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bronloopje	16-nov-82	181000	328530	212
Alterra	Limburg	Hemelbeek - bronloopje	03-feb-82	181000	328530	251
Alterra	Limburg	Hemelbeek - zuidtak Broekhoven	16-nov-82	180670	327200	11
Alterra	Limburg	Hemelbeek bron trappenbeek	16-jun-80	181000	328470	1
Alterra	Limburg	Hemelbeek/Spoerbeek	09-feb-82	180820	327560	26
Alterra	Limburg	Hemelbeek/Spoerbeek - bronnetjes	16-nov-82	180870	327670	9
Alterra	Limburg	Hemelbeek/Spoerbeek - bronnetjes	09-feb-82	180870	327670	16
Alterra	Limburg	Hemelbeek/Spoerbeek - bronnetjes	07-mei-81	180870	327670	21
Alterra	Limburg	Hemelbeek/Spoerbeek (Poort Broekhoven)	16-nov-82	180730	327320	8
Alterra	Limburg	Hermensbeek Elzet	01-apr-80	194140	311390	36
Alterra	Limburg	Kingbeek	06-mei-81	182400	337500	197
Alterra	Limburg	Kingbeek - 100m stroomafwaarts van de bron	06-mei-81	182700	336200	9
Alterra	Limburg	Kingbeek - benedenstrooms bron	06-mei-81	182700	336200	46
Alterra	Limburg	Kingbeek - broekstraat	06-mei-81	182400	337800	25
Alterra	Limburg	Kingbeek - bron	06-mei-81	182700	336100	3
Alterra	Limburg	Kingbeek (Hitsberg)	06-mei-81	182600	337240	11
Alterra	Limburg	Kingbeek bronnen	26-jun-95	182750	336400	11
STOWA	Limburg	Kingbeek voor uitstroom kasteel	24-jun-98	182650	337140	7
Alterra	Limburg	Landeus na bronvijver	17-mrt-80	192090	311290	15
Alterra	Limburg	Landeus voor instromende zijtak	17-mrt-80	192250	311320	6
Alterra	Limburg	Molenbroekerbeek voor Wolfhagerbeek	22-feb-80	197990	308200	16
Alterra	Limburg	Nutbron Broek	25-mei-81	192420	310780	15
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	07-mei-87	206220	350360	2
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	28-mei-80	206220	350360	9
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	10-sep-82	206220	350360	9
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	06-okt-81	206220	350360	27
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	14-mei-82	206220	350360	35
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	17-sep-80	206220	350360	75
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	28-sep-84	206220	350360	93
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	16-sep-83	206220	350360	108
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	11-mei-84	206220	350360	150
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	02-jun-83	206220	350360	191
Alterra	Limburg	Rodebeek (Rothenbach)	20-mei-85	206220	350360	258

database	gebied	locatie omschrijving	datum	x	y	aantal
STOWA	Limburg	Rodebeek M	23-mrt-82	207600	351100	13
Alterra	Limburg	Rodebeek M - Creyhof achter hotel	23-mrt-82	208800	351300	5
STOWA	Limburg	Schaeberggrub	25-mei-81	193200	311000	84
Alterra	Limburg	Schaeberggrub – bronnen	25-mei-81	193270	311010	6
Alterra	Limburg	Schaeberggrub Kleeberg	25-mei-81	193120	311130	11
Alterra	Limburg	Schaeberggrub Kleeberg	01-apr-80	193120	311130	20
STOWA	Limburg	Strabekervloedgraaf	26-feb-80	184920	320010	1
Alterra	Limburg	Strabekervloedgraaf na vijvers	28-feb-80	185530	321840	1
Higler	Limburg	Vloedbeek	1934		zuid- limburg eishok	
Higler	Limburg	Walsbeek	27-aug-79	Bunde	32 21 eishok	
Higler	Limburg	Walsbeek	27-aug-79	Bunde	32 21	
STOWA	Limburg	Watervalderbeek	04-mrt-80	182000	322000	15
Alterra	Limburg	Watervalderbeek Raarveld	04-mrt-80	182540	322510	270
Alterra	Limburg	Watervalderbeek rechterzijloop bron	04-mrt-80	182090	322620	17
Alterra	Limburg	Zavelbeek zijbeek - Geulle	10-mrt-82	180000	324500	24
Alterra	Noord-Brabant	Reusel				
STOWA	Noord-Brabant	Valkenburgse Leij	31-mei-00	117360	393960	6
Alterra	Regge & Dinkel	Springendal Bron Noord	20-mei-92	256550	495120	13
Alterra	Regge & Dinkel	Springendal Bron Noord	21-sep-92	256550	495120	40
Alterra	Regge & Dinkel	Springendal Noord bronbeek benedenloop	20-mei-92	256950	495000	1
Alterra	Regge & Dinkel	Springendal Noord bronbeek benedenloop	21-sep-92	256950	495000	43
Alterra	Regge & Dinkel	Springendal Noord bronbeek middenloop	21-sep-92	256800	495100	57
Alterra	Regge & Dinkel	Springendal Zuid bronbeek middenloop	20-okt-92	256800	494900	2
Alterra	Rijn & IJssel	't Peeske, Beek	07-sep-92	210850	435150	1
Alterra	Rijn & IJssel	Beekhuizerbeek Beekhuizense weg Beekhuizen	16-apr-96	196280	447550	1
Alterra	Rijn & IJssel	Beekhuizerbeek, Den Bruyl, Velp	16-apr-96	196020	446750	37
Alterra	Rijn & IJssel	De Spreng, Stokkum Eltense weg	01-okt-92	210450	432600	10
Alterra	Rijn & IJssel	De Spreng, Stokkum Eltense weg	15-jun-92	210450	432600	50
Alterra	Rijn & IJssel	Rozendaalse beek	17-apr-96	195750	444940	12
STOWA	Rijn & IJssel	Rozendaalse beek Koningsberg Rozendaal	10-mrt-97	194550	446700	7
Alterra	Rijn & IJssel	Rozendaalse beek, Koningsberg, Rozendaal	17-apr-96	194850	446700	3
Alterra	Rijn & IJssel	Snijdersveerbeek, Hondorpweg Aalten	19-apr-96	237800	435400	1
Alterra	Rijn & IJssel	Zilverbeek, Ligterinkweg Barlo	23-okt-96	238500	441600	1
Alterra	Rivierenland	Filosofenbeek – bij zandvang - Beek	04-sep-96	193200	426200	2
STOWA	Rivierenland	Filosofenbeek – bij zandvang - Beek	20-apr-94	193200	426200	7
Alterra	Rivierenland	Filosofenbeek – bij zandvang - Beek	20-apr-94	193200	426200	9
STOWA	Rivierenland	Kasteelselaan (wasstraat) - Beek	18-aug-97	190920	427450	9
Alterra	Rivierenland	Kasteelselaan (wasstraat) - Beek	05-okt-94	190920	427450	10
STOWA	Rivierenland	Kasteelselaan (wasstraat) - Beek	18-apr-94	190920	427450	25
STOWA	Rivierenland	Kasteelselaan (wasstraat) - Beek	14-apr-97	190920	427450	31
Alterra	Rivierenland	Kasteelselaan (wasstraat) - Beek	18-apr-94	190920	427450	36
Alterra	Rivierenland	Kasteelselaan (wasstraat) - Beek	14-apr-97	190920	427450	52
STOWA	Rivierenland	Kasteelselaan (wasstraat) - Beek	07-apr-99	190920	427450	68
STOWA	Rivierenland	Linge - Blauwe huisbrug Veerweg - Beesd	24-apr-95	141100	432500	8
Alterra	Rivierenland	Oorsprong	10-okt-94	191650	426750	11
Alterra	Rivierenland	Oorsprong	25-sep-95	191650	426750	21
Alterra	Rivierenland	Oorsprong	18-apr-94	191650	426750	37
Alterra	Rivierenland	Oorsprong	18-apr-95	191650	426750	59
STOWA	Rivierenland	Oorsprong - Beek	18-apr-94	191650	426750	22
STOWA	Rivierenland	Oorsprong - Beek	07-apr-99	191650	426750	57

database	gebied	locatie omschrijving	datum	x	y	aantal
STOWA	Rivierenland	Refter - Beek	20-apr-94	190700	427550	24
Alterra	Rivierenland	Refter - Beek	20-apr-94	190700	427550	34
Alterra	Rivierenland	Wylerberg - beekje uit muur - Beek	18-apr-94	192900	426400	52
Alterra	Rivierenland	Wylerberg - bij oude wasplaats - Beek	20-apr-94	193000	426350	57
Alterra	Rivierenland	Wylerberg - bij oude wasplaats - Beek	05-okt-94	193000	426350	81
STOWA	Rivierenland	Wylerberg - bij wasplaats - Beek	20-apr-94	193000	426350	34
STOWA	Rivierenland	Wylerberg - bij wasplaats - Beek	05-okt-94	193000	426350	65
STOWA	Rivierenland	Wylerberg-beekje uit muur-Beek	18-apr-94	192900	426400	26
Alterra	Tolkamp	Ratumse beek	1977	252500	444500	211
Alterra	Tolkamp	Snijdersveerbeek, Hondorpweg Aalten	1976	237800	435400	13
Higler	Veluwe	Beekbergense beek	1985/1986	bergen	Beek- eishok 18 22	veel
Higler	Veluwe	Beekbergense beek	1985/1986	bergen	Beek- eishok 18 22	veel
Higler	Veluwe	Beekbergense beek	11-apr-79	Apel- doorn	eishok 18 22	
STOWA	Veluwe	Hemelseberg	01-jan-81	185600	443800	2
STOWA	Veluwe	Hemelseberg-bronbeek	01-jan-81	186600	443000	2
STOWA	Veluwe	Hemelseberg-Bronbeek Oosterbeek	01-jan-81	185630	443410	10
Higler	Veluwe	Hoge Oorsprong	sep-85	Renkum	eishok 20 21	1
Higler	Veluwe	Hoge Oorsprong	okt-85	Renkum	eishok 20 21	3
Higler	Veluwe	Hoge Oorsprong	apr-86	Renkum	eishok 20 21	91
Higler	Veluwe	Hoge Oorsprong	mei-86	Renkum	eishok 20 21	107
Higler	Veluwe	Hoge Oorsprong	jun-86	Renkum	eishok 20 21	4
STOWA	Veluwe	Seelbeek bronbeekje in brongebied	29-mei-96	183810	443210	1
STOWA	Veluwe	Seelbeek Heveadorp	06-mei-86	184000	443200	2
STOWA	Veluwe	Seelbeek Heveadorp achter Valkenier	29-mei-96	183980	443200	5
STOWA	Veluwe	Slijpbeek Arnhem westelijke tak	11-jun-91	187700	444450	1
STOWA	Veluwe	Smallerse beek	26-jun-80	195400	477160	1
STOWA	Veluwe	Smallerse beek Emst	08-okt-86	193700	480110	1
STOWA	Veluwe	Smallerse beek Emst	22-mei-80	193700	480110	9
STOWA	Veluwe	Smallerse beek Emst	08-okt-86	193650	481600	1
STOWA	Veluwe	Smallerse beek Emst	26-jun-80	193650	481600	33
STOWA	Veluwe	Smallerse beek Emst	28-apr-86	193650	481600	55
STOWA	Veluwe	Zweiersdal Oosterbeek	12-okt-94	186050	443640	6
Alterra	Veluwe-Vallei	Smallerse beek, bovenloop uit "de rieten"	01-okt-86	193700	480200	1
Alterra	Veluwe-Vallei	Smallerse beek, bovenloop uit "de rieten"	01-apr-86	193700	480200	59
Alterra	Veluwe-Vallei	Zweiersdalbeek, middenloop Oosterbeek	01-okt-94	186050	443640	12



## Bijlage 2 Potentiële locaties voor *Agapetus fuscipes*

gebied	locatie omschrijving	x	y	aantal taxa	stromings-indicatoren	subtype	stroom-snelheid	grind (%)	steen (%)
Regge & Dinkel	Hazelbeek Boakenkampsweg Wg 6-1-3-1	253.65	493.92	52	18	24a	0.26	30	1
Regge & Dinkel	Mosbeek, Bergweg , Wg 6-1-2	253.3	496.13	49	16	24a	0.25	45	5
Regge & Dinkel	Hoge Venterinkbeek Bovenloopje	260.95	479.6	36	8	24c	0.05	38	0
Regge & Dinkel	Tankenbergr-West Bovenloopje Weerslerbeek	261.58	482.97	24	11	24c	0.1	20	0
Regge & Dinkel	Lagekavikbeek, Middenloop Zijweg Hanhofweg	265.47	483.58	51	15	24a	0.4	37	11
Regge & Dinkel	Bloemenbeek, Beuningstraet Molthoveres	264.7	482.43	37	9	24a	0.2	16	5
Regge & Dinkel	Ruenbergerbeek Luyerswag	266.91	475.11	90	30	verwijderd	0.2	10	20
Regge & Dinkel	Stroinksbeek, Groenelaan	258.74	467.52	36	6	verwijderd	0.1	59	0
Regge & Dinkel	Furstenbuschbeek (Zijbeek V.Hornebecke)	273.9	468.25	51	17	verwijderd	0.1	25	5
Veluwe	Zijbeek Oude Garderense Weg	0	0	12	5	verwijderd	0.18	0	25
Veluwe	Hierdense Beek Bij "De Beek", Middenloop	0	0	17	6	verwijderd	0.3	0	25
Veluwe	Smallertse Beek, Bovenloop Uit "De Rieten"	0	0	32	13	24a	0.3638	0	25
Veluwe	Smallertse Beek, Bovenloop Uit "De Rieten"	0	0	24	12	verwijderd	0.3638	0	25
Veluwe	Oude Beek, Na Ruytersmolen, Bovenloop	0	0	25	11	24b	0.3125	0	25
Veluwe	Pangelerbk, Benedenloop	0	0	48	7	6	0.3821	0	25
Veluwe	F23, Sijpelbeek, Achterweg Doornspijk	0	0	40	6	6	0.18	50	0
Veluwe	F3, Andhuizerbeek Nunspeet Benedenl.	0	0	39	5	verwijderd	0.2507	0	25
Veluwe	Vreeweg-Beek Nunspeet	0	0	32	4	verwijderd	0.3833	0	25
Veluwe	A13, Klaarbeek Epe, Benedenloop	0	0	31	10	verwijderd	0.2375	0	25
Veluwe	A231, Verloren Bk Zandpad Parr Veenw	0	0	28	10	3a	0.35	0	25
Veluwe	Rode Beek, Bovenloop	0	0	30	8	3a	0.3829	0	25
Veluwe	F12, Hierdense Beek, Benedenloop	0	0	38	13	verwijderd	0.25	0	25
Veluwe	G25, Veldbeek Beulenkampersteeg	0	0	27	8	verwijderd	0.25	0	25
Veluwe	Papenbeek	0	0	28	8	7	0.2071	0	25
Veluwe	G33, Volenbeek Bij Engersteeg, Middenloop	0	0	25	9	verwijderd	0.23	0	25
Veluwe	F12, Hierdense Beek, Benedenloop	0	0	30	12	24b	0.4	0	25
Veluwe	B12, Nieuwe Bk Vaassen Botterdweg	0	0	17	8	3b	0.425	0	25
Veluwe	B8, Hattemse Molenbeek Botterdweg 3 Vaassen	0	0	17	7	verwijderd	0.3688	0	33
Veluwe	Noordelijke Horsthoekerbk, Op Cascade Rakhorst	0	0	20	8	verwijderd	0.4	0	33
Veluwe	F23, Sijpelbeek, Achterweg Doornspijk	0	0	57	3	6	0.06	50	0





## Bijlage 3 Beschrijving van bezochte beken

### ***Rijk van Nijmegen (25 juni 2001)***

Filosofenbeek: In de Filosofenbeek zit *A. fuscipes* alleen in de bronkop in ondiep water dat zeer langzaam stroomt. Verder benedenstrooms komt *Lithax* voor op de stenen en ontbreekt *A. fuscipes*. *A. fuscipes* zit op verschillende typen stenen, glad en ruw en komt voor over het hele dwarsprofiel van de bron. Veel exemplaren zaten op stenen die boven water uitstaken maar ze zagen er wel vochtig uit.

De volgende beken waren niet goed bereikbaar: Oorsprong (Beek), beek bij de Rafter (Beek), beek bij Kasteelselaan (Beek), beek bij oude wasplaats (Beek).

### ***Achterhoek (25 juni 2001)***

't Peeske: 't Peeske is een bron met veel grind en zeer ondiep langzaam stromend water. Het bronbeekje komt uit in een vijver, waarna de beek verder stroomt. *A. fuscipes* komt samen voor met *Hydropsyche*, en slak, en *Ancylus fluviatilis*. In het bronbeekje komt *A. fuscipes* vooral voor langs de oever en minder in het midden waar het wat harder stroomt. *Ancylus fluviatilis* zit wel veel in het midden van het bronbeekje. Benedenstrooms van de vijver is *A. fuscipes* geheel afwezig. De watertemperatuur is daar hoger. Daar komt ook *Ancylus fluviatilis* niet meer voor, wel nog *Hydropsyche*. Naast *A. fuscipes* is *Tinodes assimilis* gevonden, deze soort heeft een langwerpiger huisje en bevond zich voornamelijk in de feitelijke bron, half boven water.

Snijdersveerbeek: De Snijdersveerbeek is sterk achteruitgegaan, er is geen *A. fuscipes* meer gevonden, de beek is verslibt en ingesneden. De beek ligt tussen twee weilanden in, in een houtwal. Er is nog wel her en der grind aanwezig. Vroeger was *A. fuscipes* hier veelvuldig aanwezig. Zat er een andere soort op de stenen?

Beekhuizerbeek (Den Bruyl): In de Beekhuizerbeek bevond *A. fuscipes* zich in de beekbovenloop onder water bij redelijke stroomsnelheid. De verspreiding in Beekhuizerbeek is nog onduidelijk, nog bij bron kijken.

### ***Limburg (29 juni 2001)***

Molenbroekerbeek: Klein beekje dat voor groot deel langs de weg loopt. Er komen twee zijtakken uit het weiland, een van deze takken wordt gevoed door een zeer modderige bron zonder grind. Hier zijn geen exemplaren gevonden. Enkele exemplaren nabij de weg samen met *Silo*. Enkele exemplaren in de tweede tak in het weiland aan de andere kant van de kruising maar de bron was niet bereikbaar, ook niet via de andere kant.

Belletterbeek: Bron is pijp uit steenconstructie met mossen. Reuzenpaardestaart eromheen. Zeer veel *A. fuscipes*, maar geen *Silo*. Benedenstrooms nabij de Geul wel *Silo pallipes* en *Hydropsyche* en *Ancylus fluviatilis* maar geen *A. fuscipes*.

Schaeberggrub: Smal beekje ondiep (naast huis met hond). Veel *A. fuscipes* nabij duiker onder de weg door *A. fuscipes* zit overal in het beekje. *Glossiphonia* komt eveneens op de stenen voor.

Hermensbeek: Onverharde weg (auto door beek). Benedenstrooms voornamelijk *Silo* met *Hydropsyche*, ook *Ancylus fluviatilis*. Bovenstrooms in dichtbegroeide deel

ongeveer 20 m vanaf de weg de eerste *A. fuscipes* samen met *Silo*, verderop nog meer *A. fuscipes*. Bron was niet bereikbaar.

Nutbeek: Nutbeek nabij Geul wel weer *Silo*, *Hydropsyche* en *Ancylus fluviatilis* maar geen *A. fuscipes*. Bronnen Nutbeek rijk aan *A. fuscipes*, enkele *Silo*-individuen en ook *Ancylus fluviatilis*. Bronnen gelegen langs SBB wandelpad.

Landeus beek: Bij brug benedenstrooms in oeverzone veel *A. fuscipes* terwijl in sneller stromende diepe geul in het midden *Silo* en *Hydropsyche* voorkomen. Meer bovenstrooms snelstromende bergbeek wel *Silo*, *Hydropsyche* en *Ancylus fluviatilis* maar geen *A. fuscipes*.

Strabekervloedgraaf (datum): De Strabekervloedgraaf is een lange beek gelegen in een heuvelachtig bos met twee grote slibbige troebele vijvers. Waarschijnlijk is er sprake van rioolwateroverstort op de beek. Er zijn veel grindbedden in de beek met *Ancylus fluviatilis*, *Silo*, *Glossiphonia*, *Hydropsyche* en nog een slak. De beek is ingesneden, de afvoer was tijdens het bezoek laag maar er zijn indicaties voor de aanwezigheid van piekafvoeren. Af en toe is een enkele *A. fuscipes* gevonden. Slechts op een paar stenen bevonden zich een aantal dieren bij elkaar. Soms aan de voorkant, soms aan de achterkant van de steen. Benedenstrooms bij de weg zijn meer exemplaren gevonden. Waarschijnlijk is het waterpeil hier stabiel. Het water was 0-4 cm diep. *A. fuscipes* bevond zich in de stroomgeul. De temperatuur was 16.0 graden. De stenen werden tevens bewoond door veel Simuliidae.

Watervalderbeek: De watervalderbeek is een klein bovenloopje stromend door een gekapte ruige vlakte. Vrijwel het grootste gedeelte is open. Er is een zandvang aanwezig. Af en toe is er een grindbed met *Ancylus fluviatilis*, *Simulium*, eendagsvliegen en enkele individuen van *Hydropsyche*. De beek houdt op bij het begin van het weiland. In deze beek is geen *A. fuscipes* aangetroffen. Vroeger is de soort hier wel gevonden.

Bunderbosbeek: Dit is een zeer mooie natuurlijke beek. De beek bevindt zich bij een spoorwegonderdoorgang. Door deze tunnel stroomt de beek en kunnen voetgangers onder het spoor door wandelen. De beek zit vol met *A. fuscipes*. Er zijn dan ook veel grindbedden met grind en stenen aanwezig. In de tunnel komt geen *A. fuscipes* voor. Het grootste deel van deze bovenloop loopt door het bos. Er zijn veel stenen, er is veel grind en overhangende vegetatie in het hele traject. *A. fuscipes* bevindt zich overal op de stenen, ook boven water. De soort toont geen voorkeur voor een bepaalde plaats op de stenen of in het dwarsprofiel. Naast *A. fuscipes* komen kriebelmuggen en platwormen voor op de stenen. De temperatuur van het water bedroeg 11.5 graden voor de spoorwegtunnel, na de tunnel en de rij huizen is de temperatuur 14 graden. Na de tunnel komen in het eerste traject minder exemplaren *A. fuscipes* voor en is de soort samen met *Silo* aangetroffen. Verderop na de huizen is het aantal *A. fuscipes* weer hoger (ook zeer veel kleine larven) en is *Silo* weer verdwenen. Er is geen sprake van insnijding van de beek of van piekafvoeren. De beek is eveneens goed bereikbaar aan de andere kant van de tunnel bij de huizen.

Hemelbeek: Ook deze beek bevindt zich bij een spoortunnel voor voetgangers. De temperatuur van het water was 12 graden. De beek stroomt hard en bevat zeer veel grote stenen. In de beek zelf bevindt zich geen *A. fuscipes*. Ook in de eerste zijtakken, bij de tunnel is de soort niet gevonden. Wel is *A. fuscipes* aangetroffen in twee zeer kleine bronachtige zijtakjes van de hoofdgeul. In deze kleine

bronloopjes is wat grind aanwezig. De exemplaren werden niet in aantallen bij elkaar aangetroffen. In de beek zelf komen *Silo*, *Hydropsyche* en Simuliidae voor op de stenen. De afvoer is hoog maar er zijn waarschijnlijk geen pieken.

Kingbeek: De bron van deze beek bevindt zich vlak naast het Julianakanaal (gescheiden van de beek door een dijk). De bron wordt waarschijnlijk gevoed met water dat onder de dijk door opkwelt. De bron bevat kroos. Op de bodem ligt veel grind, dat heel regelmatig van grootte is en regelmatig verspreid is over de gehele breedte van de bron. De beek loopt het bos in. Vanaf de bosrand komt veel *A. fuscipes* voor. In de open bron wordt het grind bevolkt door vele slakken (*Radix peregra/ovata*). In de bron was geen *A. fuscipes* aanwezig. De beek stroomt redelijk snel, de temperatuur was 11 graden en het water was 5 cm diep. In de beek werd *A. fuscipes* gevonden op veel stenen over de hele breedte van de beek, ook in het vrijwel stilstaande deel vlakbij de bosrand. In het bos werden ook enkele exemplaren van *Silo* gevonden.

Rode beek: De rode beek is bezocht vlak bij de grens met Duitsland, in het dorp Rotenbach. De beek heeft grindbedden met regelmatig grind maar ook met grote delen zand. Het is een relatief brede en diepe beek, in vergelijking met de bovenloopjes van de Kingbeek en de Bunderbosbeek. Het water is licht troebel, er kan dus sprake zijn van organische belasting. Het water stroomt redelijk snel.

#### ***Limburg (14 september 2001)***

Hulsbergerbeek (datum): De Hulsbergerbeek is een smal bovenloopje dat door een jong essenbos stroomt. De beek is vlakbij een niet meer in gebruik zijnde waterzuiveringsinstallatie gelegen. De bodem is vooral bedekt met zand, her en der is een klein grindbed aanwezig. Het grind is erg fijn. Er liggen veel takken over de beek heen. In het bos is geen *A. fuscipes* gevonden. Wel in het traject van de beek vlak na de voormalige zuiveringsinstallatie. Daar bevonden zich enkele exemplaren. Dit deel van de beek bevat grotere stenen en grind. Er is in een gedeelte van het traject sprake van slibafzetting op de stenen.

Platsbeek (datum): De platsbeek is gelegen naast een zandpad met aan de ene kant een weiland en aan de andere kant enkele huizen. Het is een breder bovenloopje. Over het hele dwarsprofiel van de beek bevindt zich veel grind. Er komt geen *Apapetus* voor, wel *Silo*, Simuliidae en eendagsvliegen. In deze beek zou *A. fuscipes* wel verwacht kunnen worden.

Paardenbeek (datum): Dit zeer kleine bovenloopje bevindt zich tussen twee weilanden in. Het is een onbeschaduwd milieu, door het ontbreken van bomen maar de bovenloop is wel deels overgroeid met grassen. In de beek zijn veel kevers en keverlarven aangetroffen (*Elodes*, *Stenelmis*). Deze soorten duiden erop dat de beek droogvalt. Veel andere diergroepen ontbraken wat droogval bevestigt. Er was geen *A. fuscipes* aanwezig, maar de aanwezigheid van deze soort is ook niet te verwachten in een droogvallend systeem.

Jagersbeek (bij aanduiding bron op kaart) (datum): Deze beek ligt vlakbij de Paardenbeek. Het kleine bovenloopje stroomt diep onder het maaiveld naast een bietenakker. De bron ligt verderop in het bos. De beek bevat veel grindbedden met grind en stenen van verschillende grootte en zou een potentieel habitat voor *A. fuscipes* kunnen zijn. De soort is echter niet gevonden. Op de stenen bevonden zich veel Simuliidae. Stroomopwaarts moet nog gezocht worden naar *A. fuscipes*.

Ravenbergse beek (datum): Niet bereikbaar vanwege wielervedstrijd.

### **Twente (2 juli 2001)**

Springendalse beek: *A. fuscipes* zit vanaf de samenkomst van Noord- en Zuidtak stroomopwaarts in de Zuidtak tot net voorbij de eerste zijtak. In de zijtakken komt de soort niet voor, ook als er wel grind aanwezig is. In de Noordtak komt de soort voor tot de steile instroom net voorbij het huis. Verder stroomopwaarts is nog niet gekeken. Stroomafwaarts van de bronvijver is bij de brug alleen heel fijn grind en is de soort niet gezien. Hier is niet verder gekeken. In de zuidtak heeft de soort zich sterk uitgebreid. Deze komt op grote stenen in hoge aantallen voor, op kleine stenen zit vaak maar 1 exemplaar. Er is een steen gevonden waarop de exemplaren boven water zaten. Dit was in de Zuidtak. Andere soorten die samen met *A. fuscipes* op de stenen voorkwamen waren *Dugesia gonocephala* en *Nemurella pictetii*. Beide soorten zaten vrijwel allemaal aan de onderkant van de stenen. Er zijn geen slakken en nauwelijks andere kokerjuffers op de stenen gevonden.

Campingbeek: Deze beek, gelegen in het bos is een smal bovenloopje. De beek voert weinig water. Er zijn geen grindbedden in de beek, op de bodem is een laag slib afgezet. Het is duidelijk dat deze beek geen potentieel habitat voor *A. fuscipes* vormt.

Kersbergbeek: Deze beek ligt langs een wandelpad. Bij het infopaneel kan de bron eenvoudig bereikt worden. De bron heeft een grindig bovenloopje. De beek is lastig bereikbaar door de vele brandnetels, die de beek beschaduwden. Verderop langs de weg, vlak voor de boerderij heeft de beek nog grindbedden. Er is echter geen *A. fuscipes* aanwezig. Waarschijnlijk is er te weinig grind van verschillende grootte aanwezig.

't Ribbert: 't Ribbert is een open beek, gelegen in een weiland. Het grootste deel van de bodem is bedekt met slib, er is wel wat grind aanwezig maar waarschijnlijk niet genoeg voor *A. fuscipes*.

Hazelbekke: weinig grind aanwezig.

Mosbeek: weinig grind aanwezig.

### **Twente (9 oktober 2001)**

Hoge Venterink: Beek in het bos, liggend in Natuurmonumenten gebied. De beek is beschaduwd en ingesneden. Het kleine stroompje bevat weinig dieren. Het lijkt alsof de beek droogvalt, de stroming is gering. Waterstand wisselt in ieder geval sterk. Plaatselijk is de beek wel geschikt, er zijn grindbedden. De bron van de beek ligt in een weiland.

Tankenbergrug: Mooi bronbeekje maar zandig. Vroeger was er een bronvijver, deze is nu weg, de kuil is volgegroeid met goudveil. Er is te weinig grind aanwezig om voor *A. fuscipes* geschikt te zijn.

Paasberg west: Zandig beekje met hier en daar wat grind. Er is veel slibafzetting. *Chaetopteryx* komt voor in deze beek.

Tilligter beek: Deze beek heeft twee takken. Beide zijn zandig, langzaam stromend en bevatten bijna geen grind.

Linderbeek: Plaatselijk heeft deze beek grind, verder veel zand en slib. De grindbedden lijken geschikt. Er komen echter zeer weinig dieren voor in de beek.

- Bloemenbeek: Ook deze beek heeft weinig dieren. Het grootste deel bestaat uit zand. Soms is er fijn grind aanwezig maar niet grof genoeg om geschikt te zijn.
- Lage Kavikbeek aan de Losserse Dijk: Deze beek heeft zand met grindbedden en een beetje slib. Er zijn weinig dieren, alleen enkele exemplaren *Gammarus* en *Ancylus fluviatilis* aangetroffen.
- Arboretumbeek/Poortbultenbeek: Ook in deze beek zijn nauwelijks dieren aangetroffen. De grindbedden die aanwezig zijn, zijn niet geschikt omdat het grind allemaal van dezelfde grootte en fijn is.
- Ruenbergerbeek: Bovenstrooms bevat de beek vooral zand, benedenstrooms verslibde stenen.
- Stroinksbeek: In het weiland is de beek een smal geultje, in het bos heeft de beek mooie grindbedden maar weinig dieren. Er ligt slib op de stenen. Er is een steenvlieg en er zijn kleine kokerjuffers aangetroffen.

### ***Veluwe (1 oktober 2001)***

- Beekhuizense beek: Bovenstrooms richting sprengkop geen grind. Het is een moerassig gebied met zand. Er komt geen *A. fuscipes* voor. *A. fuscipes* is wel verspreid aangetroffen bij het opgeleide deel (beek ligt op dijkje) net buiten het dorp. In het dorp bij doodlopende weg met enkele huizen voor ingang Natuurmonumenten zijn veel exemplaren aangetroffen. Hier en in het opgeleide deel is veel grind aanwezig.
- Roozendaalse beek: Een deel van de Roozendaalse beek is onlangs hersteld. In dit deel is een flauwe oever gemaakt en is grind in de beek aangebracht. *A. fuscipes* heeft zich in dit deel sterk uitgebreid na het herstel. De soort komt massaal op de stenen voor. Het herstelde traject bevindt zich na het kasteel nabij een basisschool.
- Oude Beek: De beek nabij Engeland heeft 3 takken die samenkomen. De middelste tak heeft grind met ijzerner slag. Er zijn drie vijvers/poelen in noordelijk weiland gegraven waarin veel ijzerrijk kwelwater aanwezig is. Deze tak lijkt geschikt maar heeft geen *A. fuscipes*. De noordelijke tak heeft grind en redelijk veel exemplaren *A. fuscipes*. De zuidelijke tak is organisch en klein. De takken liggen aan de weg tegenover het huis waarachter een datalogger voor het NOP project was opgesteld.
- Loenense beek (V15): Ten oosten van Loenen aan de Horstweg. De beek heeft een klein grindbedje na een duiker verder veel zand en slib.
- Oosthuizer Spreng: Mooie vegetatiebeek met veel *Potamogeton natans*. De beek ligt aan de weg langs het Apeldoorns kanaal en komt in het kanaal uit. Er is ijzerrijk kwelwater.
- Oude beek (V19): Het benedenstroomse deel van de Oude beek komt uit in het Apeldoorns Kanaal. Er zijn bronplekken langs de beek met veel grind met daarop *Lithax*. Iets verderop heeft het beekje veel grindbedden en vegetatiepakketten (kleine watereppe). Er zijn veel napjesslakken in de hoofdtak samen met *Lithax*.
- Oude beek (V20/V21): Iets bovenstrooms, ten noordoosten van Beekbergen is de beek opgeleid en bevat deze voornamelijk zand met slib en planten.
- Koppelsprengen: Nabij de sprengkop heeft de beek wel grindbedden. Er is weinig fauna aanwezig. De stenen zijn wit, dus niet begroeid met algen. Langs de oevers komt een blauwalg voor. Er zijn veel kleine zijtakjes. Er is geen *Apapetus*.

- Nieuwe beek (V17): Beek in open veld, in kleinschalig agrarisch gebied. De beek is helder en heeft veel grind. Op het grind zijn *Lithax*, *Gammarus*, *Ancylus fluviatilis* en *Hydropsyche* aangetroffen. Er kwam geen *A. fuscipes* voor alhoewel de beek wel geschikt leek voor deze soort.
- Andhuizerbeek (V1): Beek in poldergebied. De beek stroomt langzaam, is helder maar heeft te weinig grind.
- Pangelderbeek (V6): Langzaam stromende beek tussen weilanden. De beek heeft af en toe een grindbed en bestaat verder uit zand.
- Vreewegbeek (V9): Polderbeek, net als de vorige twee helder, langzaam stromend. De beek heeft zand met vegetatie en fijn grind.
- Frederik Bernardbeek (V2): Weg loopt langs boerderij en kruist eerst de Hierdense Beek. Daarna kruist hij de Frederik Bernard Beek. Tussen de rodondendrons in een tuin van groot landgoed heeft de beek veel grind. Het is erg donker. Er is geen *A. fuscipes*, wel *Lithax* en *Hydropsyche*.
- Koude beek (V5): Vlak na de stuw bevindt zich grind, verder is de bodem bedekt met zand en detritus. Het grind is bewoond door *Lithax* en *Hydropsyche*.
- Zijbeek Garderense weg (V10): Groot grindbed met fijn grind, verder veel zand.
- Beek aan de Uddelerweg: Deze beek heeft veel grindbedden. De beek heeft erg veel *Asellus*.
- Zandbeken: De volgende beken hebben als substraat vrijwel alleen zand eventueel samen met organisch materiaal. Omdat grind ontbreekt zijn deze beken niet geschikt voor onderzoek naar *A. fuscipes*:
- Koppelsprengen, deel van dit beekstelsel ten zuiden van de snelweg
  - Soerense beek, bovenstrooms van Laag Soeren
  - Eerbeekse beek, nabij N786
  - Vrijenberger Spreng, nabij N786, AVO gebouw
  - Papegaaibeek, in Wenum aan de hoofdweg
  - Geelmolensche beek, aan Gortelseweg
  - Hartensche Molenbeek, aan Gortelse weg en bovenstrooms
  - Smallertse beek (V22), nabij de Rieten is de beek een slootachtig smal zandgootje. De tak bij Schaveren heeft ook zand
  - Horsthoeker beek, bij N794 is de beek een rechte goot met veel zand, planten en ijzerkwel
  - Sprengen, de sprengen ten oosten van Heerde
  - Hattumse beek
  - Molencatense beek (V16)
  - Egelbeek (V12), bij tuincentrum, huis met grote vijver, zand met planten
  - Hattumse Molenbeek (V13), zeer troebele beek, waarschijnlijk rioolwateroverstort
  - Verloren beek (V24)
  - Klaarbeek (V14), troebel roodbruin slib, snelstromend
  - Noordelijke Horsthoekerbeek (V18), langzaamstromend, zand met slib
  - Hierdense beek (V3 en V4), alleen grind bij waterval, verder alleen zand
  - Zijbeek Kleine Kolonie (V11)

***Veluwe (9 oktober 2001)***

Mariëndaal (V30/31): Beek met mooie grindbedden, voor *A. fuscipes* geschikt. Er zijn weinig dieren in de beek. Recreatie in het gebied is een nadeel.

V26/V32: Beide beken hebben vijvers en vallen soms bovenstrooms droog.

Seelbeek (V28/29): Veel fijn grind. Goede voorbeeldbeek met *A. fuscipes*. Zwart grind in hele beek. Beek is zeer geschikt voor het plaatsen van een datalogger.

Duno (V25): Vijvers met betongoten.





## Bijlage 4 Veldwerk protocol

### *Dwarsprofiel*

Meten van links naar rechts (benedenstrooms van de meetstok gaan staan), begin en einde van de waterlijn noteren (= afstand in dwarsprofiel waarop diepte 0 is). Iedere 10 cm de diepte meten en iedere 20 cm de stroomsnelheid minstens in drievoud. Het dwarsprofiel bevindt zich op de volgende plaatsen:

- Seelbeek: 1 m benedenstrooms van de meters
- Oude beek goede tak: 1 m stroomafwaarts van de meters
- Oude beek slechte tak: benedenstrooms van de meters bij de instroom vanuit de vijver (op de hoek)
- Platsbeek: paar meter stroomafwaarts van de dataloggers in het diepere stuk.
- Strabekervloedgraaf: net stroomafwaarts van grindbed a
- Bunderbosbeek: bij dataloggers

### *Ijkoog*

Afstand midden van de schroef of de spijker (in Bunderbosbeek) tot het wateroppervlak meten. Het ijkoog is te vinden op de volgende posities in de beken:

- Seelbeek: 3 m bovenstrooms van de meters in boomwortel linkeroever
- Oude beek goede tak: 0.5 m stroomafwaarts van dwarsprofiel
- Oude beek slechte tak: onder grote boom bovenstrooms van de meters in dezelfde oever
- Platsbeek: tussen dataloggers en dwarsprofiel in linkeroever (kant meters) in boomwortel
- Strabekervloedgraaf: bij dataloggers (nader invullen)
- Bunderbosbeek: in boomwortel aan rechteroever bovenstrooms van grindbed b.

### *Grindbedopnamen*

Let op vanaf welke oever gemeten moet worden (links of rechts stroomopwaarts kijkend), staat vermeld op het veldformulier. Iedere 50 cm over dwarsprofiel substraten meten. Indien een substraat ergens eindigt dit ook aangeven. Lijnen intekenen. Coördinaten erbij schrijven als het niet een tiental is. Codes in de vakken zetten: gg (grof grind), fg (fijn grind), z (zand), d (detritus, takken of blad), s (slib of heel fijn detritus). Combinaties van grind met een laagje van iets anders zijn mogelijk maar dit geldt niet voor de andere substraten. (dus niet zand met detritus maar wel ggs of fgz). Plaats van de grindbedden:

- Oude beek goede tak: bovenstrooms van de dataloggers,
- Oude beek slechte tak: bovenstrooms van de dataloggers voor en na uitstroom van de tweede vijver
- Seelbeek: grindbed a bij ingang bij de straathoek beek volgen, dan 1 m bovenstrooms van boomstam over de beek. Grindbed b bovenstrooms van de meters en het betonnen bouwsel.
- Bunderbosbeek: grindbed a bij boomstam over beek benedenstrooms van dataloggers, grindbed b bovenstrooms van dataloggers

- Strabekervloedgraaf: beide grindbedden vlak na elkaar bovenstrooms van de dataloggers.
- Platsbeek: beide grindbedden bovenstrooms van de duiker (net bovenstrooms van de dataloggers). Grindbed a begint bij de boom na de eerste uitrit van het weiland.

### ***Monstername***

Voor selectie van plekken kijken naar verschillen tussen vorige grindbedopnamen en huidige. In dynamische en stabiele grindplekken monsters. Indien geen verandering is opgetreden monsters variëren over lengte- en dwarsprofiel.

Let op: de afstand op het dwarsprofiel moet gemeten worden vanuit de juiste oever (zie grindbedopnamen) en vanaf de stok (dus niet vanaf de oever!!!). Als de stok al weg is het meetlint tussen de paaltjes spannen.

### ***Uitlezen dataloggers***

Start de laptop op. Kies engelse windows versie (niet de vga mode). Log in. Voor de waterhoogtemeter klik op winsitu, klik op compoort 1, klik op de minitroll, klik op de running test (met het rode lopende mannetje ervoor), klik op extract, klik op view, klik op de knop met het excel teken en sla de gegevens op als excel bestand onder c:\keylinks data beken. Geef een bestandsnaam met daarin de datum, de beeknaam en de meter (waterhoogte). Sluit winsitu door op alt f4 te drukken. Klik vooral niet op de knop met stop. De datalogger houdt dan op met meten.

Voor de zuurstofmeter klik op enviromon, klik op de knop uitlezen data (linksboven) en sla de data op onder c:\keylinks data beken. Geef het bestand een naam met de beeknaam, de datum en de meter (zuurstof). Sluit het programma met alt f4. Sla geen wijzigingen op.

### ***Gegevensopslag: dataloggers***

De dataloggers worden uitgelezen met de lap-top. Alle uitgelezen files staan onder c:\keylinks beken data. Er zijn 3 excel files (waterhoogte) en 3 csv files (zuurstof, temperatuur en waterhoogte). Haal de zes files van de laptop (bijvoorbeeld alle zes in een zip file via een floppy) en zet ze onder w:\rebi\keylinks data\dataloggers\nieuw. Let op, je moet de lap-top opstarten in windows NT workstation version 4.00 English. Als de files gekopieerd zijn naar de pc en alles klopt verwijder ze dan van de lap-top.

Open de zes files en de drie laatste files van de betreffende beken (Limburg of Veluwe). Kijk in de file van een beek vanaf welk record moet worden toegevoegd. Voeg toe, eerst uit de zuurstof, temp, waterhoogte file. Dit is de .csv file. Alle gegevens staan in 1 kolom. Deze moeten gesplitst worden. Dat gebeurt met data, tekst naar kolommen, vaste breedte, ;, voltooiën. Kopieer alle kolommen in de file van de betreffende beek. Kopieer vervolgens de nieuwe records uit de waterhoogtefile. Hiervan alleen de laatste kolom (waterhoogte) opnemen. Wel even controleren of de juiste waterhoogte bij de juiste tijd staat. Kopieer vervolgens de laatste regel van de overige kolommen naar beneden. Pas op hier staan formules in, dus niet zelf dingen invoeren.

Pas nu de grafieken aan met de nieuwe gegevens. Ga hiervoor op het blad van de grafiek staan. Klik met je rechtermuisknop op de grafiek en kies brongegevens. Klik vervolgens op de juiste kolommen (als je de hele kolommen selecteert (met control) worden vanzelf alle gegevens inclusief de nieuwe meegenomen). Dit is altijd de kolom 'datum en tijdgetal' en zuurstof, temperatuur of waterhoogte. De grafiek wordt automatisch bijgewerkt. Als alle gegevens zijn aangevuld en de grafieken zijn bijgewerkt sla dan de file op met een nieuwe naam (beeknaam en datum t/m wanneer het is bijgewerkt). Verwijder de files die van de lap-top kwamen en de oude files van de drie beken.

### ***Gegevensopslag: veldformulieren***

De gegevens worden ingevuld in de access database. Stop de veldformulieren in de ordner (paperclip per beek) achter een tabblad met de datum en het gebied.

Beekgegevens (pagina 1): Voer de gegevens in in het formulier 'beekgegevens'. Ga met de pijltjes onder aan het formulier naar een nieuw record (na alle reeds ingevulde records). Let op dat je geen dingen intypt over een ander record heen. Voer de code van de beek (pl=platsbeek, bu=bunderbosbeek, st=strabekervloedgraaf, se=seelbeek, og=oude beek goede tak, os=oude beek slechte tak) in. Na het invoeren van een gegeven ga je met enter automatisch naar het volgende vakje. De volgorde van de vakjes is gelijk aan de volgorde van de gegevens op het veldformulier. Kies de juiste datum uit de lijst. Vul de gegevens in. Als je na het laatste vakje enter doet gaat het formulier vanzelf naar het volgende lege record en kun je de volgende beek invullen. Controleer in de tabel 'gegevens per beek' of alle gegevens juist ingevuld zijn.

Dwarsprofiel (pagina 2): Voer de dwarsprofielen in in het formulier 'dwarsprofiel'. Dit formulier bestaat uit twee subformulieren, zodat je de locatie en de datum alleen hoeft in te vullen als je met een nieuwe beek begint. Ga eerst met het onderste pijltje (van het buitenste formulier) naar het eerste lege record (aan het einde). Vul helemaal bovenin, dus in het buitenste formulier de beekcode en de datum in. Ga vervolgens naar afstand dwarsprofiel met de muis of door een aantal keer enter te toetsen. Voer de afstand tot de linkeroever in (deze begint altijd daar waar de diepte 0 is, dus de waterlijn). Toets enter en vul de diepte en eventueel de stroomsnelheden in. Geef aan met welke stroomsnelheidsmeter is gemeten (pagina 1 van het veldformulier, standaard is dit de korte kabel en is enter genoeg). Vul op deze manier alle afstanden, diepten en stroomsnelheden in. Om naar de volgende beek te gaan moeten beekcode en datum opnieuw worden ingevoerd. Controleer in de tabel 'dwarsprofiel' of alle gegevens juist ingevuld zijn.

Monsterpunten (pagina 3): Ook dit formulier bestaat uit twee subformulieren. In het buitenste wordt alleen de datum ingevuld. In het binnenste formulier worden de monsterpuntcodes (twee letters voor de beek, 1 letter voor het grindbed, a of b en een cijfer voor het monster, 1, 2 of 3) ingevoerd samen met de afstand op lengte en dwarsprofiel, diepte, stroomsnelheden, oever van waaruit gemeten is en het bemonsterde substraat (in codes). Controleer in de tabel 'monsterlocaties' of alles juist is ingevoerd.

### ***Gegevensopslag: grindbedopnamen***

De grindbedden worden in het veld ingetekend. Omdat ze per computer verwerkt gaan worden moeten deze 'kladjes' precies worden overgetekend op millimeterpapier.

Ieder grindbed heeft een vast 'nulpunt' op het milimeterpapier. Kijk hiervoor naar de tekeningen van de vorige keer. Teken ook de monsterslocaties in op de kaarten. Deze staan op het veldformulier pagina 3. Een monsterpunt wordt aangegeven met een kruisje met daarbij de monstercode. Geef links van de tekening de beekcode, het grindbed, het nummer en de datum. Controleer of ieder vak voorzien is van de substraatcode en of alle vakken afgesloten zijn. Stop de originelen in de blauwe map en maak kopieën voor in de grindbedopnamenmap.

### ***Route naar de beken in Zuid-Limburg***

Via Nijmegen naar Venlo. Dan richting Maastricht via Tegelen. Na Roermond de A2 richting Eindhoven volgen tot Maaseik, Ittervoort. Dan eraf en richting Maastricht. Op de snelweg naar Maastricht de afslag Heerlen, Aken nemen, vervolgens de afslag Nuth. Na de afslag links en meteen weer rechts, langs de benzinepomp. De hoofdweg door het dorp volgen. Het dorp uitrijden, weg volgen. Bij het bord Schimmert, rechtsaf, meteen weer rechtsaf. Aan het einde van deze weg de zandweg in. Daar is de Platsbeek.

Dezelfde weg terug tot het einde, daar rechtsaf richting Schimmert. Richting Meersen aanhouden. Op een gegeven moment linksaf voor de watertoren, langs het witte huis met torentje. Bij het kapelletje met herten linksaf. Deze weg volgen. In bocht naar rechts de weg links naar boven. Aan het einde linksaf, parkeerplaats voor de Strabekervloedgraaf.

Weer terug naar de hoofdweg, deze naar links verder vervolgen. De snelweg op richting Meersen, dus de eerste afslag er weer af. Bij de rotonde linksaf. Over het spoor, rechtsaf langs het spoor en weer de weg volgen over het spoor. Weg volgen naar links tot het einde van het dorp (nog een keer een scherpe bocht naar links). Dan de bordjes Bunde volgen. Bunde helemaal doorrijden tot een t-splitsing. Dan rechtsaf richting Geulle. De weg volgen. Bij het tweede witte huis de kleine zandweg in naar de Bunderbosbeek.

De hoofdweg ver vervolgen (naar rechts vanuit zandpad). De hoofdweg verder volgen, Geulle doorrijden. Na Geulle richting Stein / Elsloo kiezen. Weg volgen (dijk van het Julianakanaal is aan de linkerhand). Rechtsaf Elsloo in, boven aan linksaf (dit is ongeveer 340 graden linksaf). Einde weg linksaf, direct weer linksaf richting Meers, brug over (na  $\pm 200$  m), na brug rechts richting Meers aanhouden. Weg volgen. Kleine Meers inrijden, linksaf en na  $\pm 50$  m weer rechtsaf en bij stopbord weer rechts. Kleine Meers uitrijden en weg volgen (dijk van Julianakanaal aan rechterhand). Voor beeld (=borstbeeld van een of andere man) linksaf. Onderaan rechtsaf (weg langs boerderij met grote groene deuren). Weg volgen met dijk aan de rechterhand.

Urmond inrijden (=rechtsaf). In Urmond rechtdoor blijven rijden totdat rechtdoor doodlopend wordt, dan linksaf. Einde van de weg weer links (=Raadhuisstraat = weg met bloembakken op de weg). Aan het einde 'andere richtingen' volgen en vervolgens linksaf richting Obbicht. Voor café en Nattenhoven rechtsaf. Aan het einde van de weg even rechts en meteen weer links. Weg volgen tot de Kingbeek.

### ***Route naar de beken op de Veluwe***

A50 richting Apeldoorn, afslag Beekbergen. Beekbergen volgen. In het dorp meteen na het witte restaurant linksaf.

Terug over A50, afslag Wageningen, Oosterbeek nemen. Na de afslag linksaf. Bij bord Doorwerth rechtsaf. Door Doorwerth heen, aan het einde bij de rotonde rechtsaf. Na het bos rechtsaf. Links is een parkeerplaats.



## Bijlage 5 Veldformulier

naam onderzoeker:	
-------------------	--

afstand ijkpunt- wateroppervlak (cm) (meten tot midden van de schroef)	
---	--

metingen fysisch/chemisch (op plaats van datalogger, zuurstofmeter eerst ijken!)		
variabele	waarde	tijdstip (op minuut nauwkeurig)
zuurstofgehalte (mg/l)		
zuurstof (%)		
temperatuur (°C)		
nr zuurstofmeter: .....		

uitlezen dataloggers			
meter	uitleestijdstip (uur en minuten)	gel vervangen ja/nee	schoongemaakt ja/nee
waterhoogtemeter			
zuurstofmeter			

watermonster (op plaats van datalogger, indien mogelijk onder water nemen en onder water de dop op de literfles doen)	
code op fles	

stroomsnelheidsmeter	korte / lange kabel
----------------------	---------------------

Beeknaam:

Datum:

Dwarsprofiel afvoer en waterbodemhoogtemeting (op plaats van datalogger)					
afstand tot linker oever (str. opw. kijkende) (cm)	diepte (cm) gemeten elke 10 cm	stroomsnelheid (m/s) gemeten elke 20 cm, minstens in triplo			
	0				
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					
110					
120					
130					
140					
150					
160					
170					
180					
190					
	0				

afstand van begin en einde waterlijn (diepte 0) voor begin en einde van het profiel invullen!

Beeknaam:

Datum:



monster	code	positie op lengteprofiel (in cm vanaf benedenstrooms gemeten)	positie op dwarsprofiel (in cm vanaf oever, stroomopw. Kijkend)	diepte (cm)	stroomsnelheid (m/s) meting 1	stroomsnelheid (m/s) meting 2	stroomsnelheid (m/s) meting 3	stroomsnelheid (m/s) meting 4	oever (l of r)	substraat
grindbed a, monster 1										
grindbed a, monster 2										
grindbed a, monster 3										
grindbed a, monster 4										
grindbed b, monster 1										
grindbed b, monster 2										
grindbed b, monster 3										
grindbed b, monster 4										

totaal bestede tijd:
problemen:

<p>opmerkingen</p> <p>fysisch (stabiliteit habitats, dammen et cetera)</p> <p>chemisch (valt er iets op aan het water?)</p> <p>biologisch (is er iets bijzonders aan de hand met een soort?)</p> <p>Positie van <i>A. fuscipes</i> op de stenen:</p> <p>overig</p>
--

Beeknaam:

Datum:



## Bijlage 6 Berekende parameters en formules voor afvoerberekeningen

		Bu	St 1	St 2	Pl	Se	Og	Os
Schijf 1	formule A (cm)	$y = 2.1739x^2 + 10x$	$y = 1.5959x^2 + 20x$	$y = 2.6778x^2 + 20x$	$y = 1.2969x^2 + 10x$	$y = 8.3333x^2 + 30x$	$y = 2.0804x^2 + 60x$	$y = 0.5085x^2 + 50x$
	Maximale A waarde (m2)	0.0092	0.0231	0.0144	0.0340	0.0216	0.0401	0.1918
	formule P (cm)	$y = 4.7858x + 10$	$y = 4.014x + 20$	$y = 5.9084x + 20$	$y = 3.5789x + 10$	$y = 17.697x + 30$	$y = 4.8695x + 60$	$y = 2.264x + 50$
	Maximale P waarde (m)	0.3201	0.4930	0.4659	0.5581	0.9371	0.8727	1.1679
	niveautraject (cm)	< 4.6	< 7.3	< 4.5	< 12.8	< 3.6	< 5.5	< 29.5
Schijf 2	formule A (cm)	$y = 1.9737x^2 + 40x$	$y = 3.4045x^2 + 50x$	$y = 2.8864x^2 + 44.1x$	$y = 2.928x^2 + 43.2x$	$y = 3.7203x^2 + 91x$	$y = 0.5135x^2 + 80x$	$y = 1.1786x^2 + 100x$
	Maximale A waarde (m2)	0.2461	0.0962	0.0417	0.0998	0.1027	0.2427	0.1631
	formule P (cm)	$y = 4.9076x + 10$	$y = 7.5365x + 10$	$y = 7.4019x$	$y = 6.7208x$	$y = 8.2125x + 61$	$y = 2.2599x$	$y = 3.1084x + 30$
	Maximale P waarde (m)	1.4054	0.9290	0.4885	0.8401	0.6899	0.5876	0.7352
	niveautraject (cm)	4.6 - 31.2	7.3 - 18.3	4.5 - 11.1	12.8 - 25.3	3.6 - 12	5.5 - 31.6	29.5 - 43.5
Schijf 3	formule A (cm)	$y = 0.6629x^2 + 140x$		$y = 1.697x^2 + 80x$	$y = 0.2993x^2 + 116.4x$	$y = 1.4506x^2 + 153.53x$	$y = 1.7679x^2 + 110x$	$y = 2.6429x^2 + 133x$
	Maximale A waarde (m2)	0.4158		0.0282	0.1713	0.0555	0.2835	0.1594
	formule P (cm)	$y = 2.5315x$		$y = 4.2551x$	$y = 2.0895x$	$y = 4.0271x$	$y = 4.2223x$	$y = 5.815x + 33$
	Maximale P waarde (m)	0.6683		0.1404	0.2967	0.1409	0.5911	0.9115
	niveautraject (cm)	31.2 - 57.6		11.1 - 14.4	25.3 - 39.5	12 - 15.5	31.6 - 45.6	43.5 - 50.5
Schijf 4	formule A (cm)			$y = 1.4104x^2 + 110x$	$y = 0.8596x^2 + 124.9x$	$y = 0.098x^2 + 166.44x$		
	Maximale A waarde (m2)			0.2781	0.2007	0.3079		
	formule P (cm)			$y = 3.7351x + 20$	$y = 2.7553x$	$y = 2.1172x$		
	Maximale P waarde (m)			0.9508	0.4023	0.3874		
	niveautraject (cm)			14.4 - 34.5	39.5 - 54.1	15.5 - 33.8		
Schijf 5	formule A (cm)			$y = x^2 + 170x$	$y = 2.1127x^2 + 150x$			
	Maximale A waarde (m2)			0.1800	0.2556			
	formule P (cm)			$y = 2.8284x$	$y = 4.8835x$			
	Maximale P waarde (m)			28.2840	0.6935			
	niveautraject (cm)			34.5 - 44.5	54.1 - 68.3			
Ruwhf. 1	waarde	0.23	0.15	0.30	0.11	0.17	0.03	0.08
	traject (meting nummer)	1-18438 & 28790 - 43565	1-4797	8353-15158	1-42979	1-11405	1-18029	1-4717 & 16624 - 25950
Ruwhf 2	waarde	0.34		0.24		0.23	0.05	0.06
	traject (meting nummer)	8439-28789		15159-32522		11406 - 43672	18030-43663	4718 - 16623
Ruwhf 3	waarde			0.14				0.1100
	traject (meting nummer)			32523-43559				25951 - 43081
Verval	waarde (m/m)	0.0469	0.0167	0.0053	0.0100	0.0092	0.0061	0.0081



## Bijlage 7 Chemische samenstelling van het beekwater

Chemische samenstelling van het beekwater in Bunderbosbeek (Bu), Strabekervloedgraaf (St), Platsbeek (Pl), Seelbeek (Se), Oude beek (goede tak) (Og), Oude beek (slechte tak) (Os). Voor variabelen waarvoor waarden onder de detectielimiet (dl) voorkomen zijn geen gemiddelden en minima opgenomen.

beek	parameter	Nitriet (mgN/l)	Orthofosfaat (mgP/l)	Ijzer, opgelost (mg/l)	totaal fosfaat, opgelost (mgP/l)	Ammonium (mgN/l)	Totaal stikstof Kjeldahl (mgN/l)	Carbonaat (mg/l)	pH	EGV ( $\mu$ S/cm)	Calcium, opgelost (mg/l)	Chloride (mg/l)	Totale hardheid, opgelost (mmol/l)	Waterstofcarbonaat (mg/l)	Kalium, opgelost (mg/l)	Magnesium, opgelost (mg/l)	Natrium, opgelost (mg/l)	Nitraat (mgN/l)	Sulfaat (mg/l)
	detectielimiet	<0.002	<0.005	<0.005	<0.02	<0.03	<0.2	<2											
bu	aantal < dl	14		14		12	13	12											
bu	gem								7.2	702	98.0	51.0	2.94	95.4	1.4	12.0	13.1	18.3	118.9
bu	max	0.005	0.083	0.029	0.064	0.111	0.85		7.4	896	112.0	55.8	3.34	129.0	2.0	13.8	15.0	20.3	133.0
bu	min								7.0	522	83.2	42.5	2.19	64.0	1.1	2.9	10.1	16.0	110.0
bu	N	17	17	16	17	17	17	12	15	15	17	17	17	17	17	17	17	17	17
st	aantal < dl	1	4	11	8	8	5	12											
st	gem			0.008					7.3	558	77.9	26.2	2.44	116.8	1.5	12.2	12.4	17.9	75.1
st	max	0.045	0.014	0.013	0.085	0.103	0.86		7.5	735	90.0	29.4	2.77	152.0	2.3	13.6	13.3	22.0	81.1
st	min								7.0	437	64.8	18.3	2.14	84.0	0.9	8.8	9.0	13.2	68.0
st	N	17	17	16	17	17	17	12	15	15	17	17	17	17	17	17	17	17	17
pl	aantal < dl	7		15	6	11	15	12											
pl	gem								7.2	683	92.2	35.5	2.97	157.9	3.1	16.3	10.2	19.2	75.6
pl	max	0.010	0.030	0.012	0.403	0.037	2.30		7.3	960	107.0	38.5	3.41	203.0	4.1	18.7	11.5	20.9	81.0
pl	min								7.0	545	66.4	26.6	2.27	101.0	2.2	13.1	7.9	14.2	70.7
															17	17	17	17	17

beek	parameter	Nitriet (mgN/l)	Orthofosfaat (mgP/l)	Ijzer, opgelost (mg/l)	totaal fosfaat, opgelost (mgP/l)	Ammonium (mgN/l)	Totaal stikstof Kjeldahl (mgN/l)	Carbonaat (mg/l)	pH	EGV (µS/cm)	Calcium, opgelost (mg/l)	Chloride (mg/l)	Totale hardheid, opgelost (mmol/l)	Waterstofcarbonaat (mg/l)	Kalium, opgelost (mg/l)	Magnesium, opgelost (mg/l)	Natrium, opgelost (mg/l)	Nitraat (mgN/l)	Sulfaat (mg/l)
	detectielimiet	<0.002	<0.005	<0.005	<0.02	<0.03	<0.2	<2											
se	gem								6.9	342	33.0	25.5	1.03	30.6	1.5	5.0	16.9	11.1	40.0
se	max	0.052	0.018	0.007	0.090	0.111	0.99		7.5	438	38.7	27.4	1.19	38.0	1.8	5.5	18.3	13.6	42.0
se	min								6.7	226	30.0	16.4	0.90	26.0	1.1	3.6	11.3	7.3	36.8
se	N	16	16	16	16	16	16	11	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
og	aantal < dl	14	5	13	10	14	11	13											
og	gem								7.0	193	18.0	14.2	0.56	26.3	2.5	2.8	10.1	6.6	14.6
og	max	0.015	0.023	0.022	1.840	0.043	0.93		7.3	209	21.1	15.6	0.65	34.0	3.3	3.1	19.7	17.6	15.8
og	min								6.8	168	8.4	3.9	0.25	19.0	0.6	1.0	2.4	1.5	6.7
og	N	18	18	18	18	18	18	13	14	14	18	18	18	18	18	18	18	18	18
os	aantal < dl	6	5	14	8	10	6	12											
os	gem								6.9	207	20.8	16.5	0.64	29.5	3.3	3.0	10.3	7.0	17.7
os	max	0.009	0.023	0.017	0.302	0.062	0.85		7.2	275	25.9	17.6	0.78	41.0	3.7	3.5	11.4	7.7	18.8
os	min								6.6	110	17.9	11.3	0.53	25.0	2.2	2.1	7.0	5.1	14.9
os	N	17	17	17	17	17	17	12	15	15	17	17	17	17	17	17	17	17	17

## Bijlage 8 Macrofauna soortensamenstelling

*Abundanties van macrofauna taxa per deelmonsters (grind en overige habitats) gemiddeld over beide monsterdata.*

taxonnaam	Bu		St		Pl		Se		Og		Os		totaal
	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	
aantal taxa	46	45	48	50	27	40	27	43	31	45	32	51	
Dugesia gonocephala	112	173	57	27	9	29							406
Dugesia lugubris/polychroa			7	4									11
Polycelis felina			9	10			3	17	3	43	4	17	93
Polycelis nigra/tenuis			4	1			1	3					5
Crenobia alpina					8								8
Ancylus fluviatilis			66	3									69
Radix sp			1										1
Pisidium sp		14	191	4859	4	19	5	32	1	18	3	58	5204
Pisidium casertanum				27									27
Pisidium obtusale obtusale				13						2		3	18
Pisidium personatum	1	10	9	1171	1	11	16	36	1	6		22	1284
Pisidium subtruncatum	1		46	799								2	848
Musculium lacustre				1									1
Glossiphonia complanata			3	7									10
Nais communis												4	4
Nais elinguis						3							3
Tubificidae juv met haren		2	3	3	11	60	2	5	9	11	1	1	108
Tubificidae juv zonder haren				1	1								2
Tubifex tubifex					2	22						4	28
Aulodrilus japonicus												12	12
Enchytraeidae	1										1		2
Lumbriculidae	1	1			61	51			19	48	4		185
Stylodrilus heringianus	1				38	42			14	22	3	1	121
Lumbricidae								1		1	1		3
Sperchon setiger	6	7											13
Sperchon squamosus	1											2	3
Sperchon thienemanni	4	3											7
Lebertia inaequalis						1							1
Lebertia lineata	1	2			2	3		8					16
Lebertia stigmatifera		1								4		11	16
Lebertia fimbriata										4		8	12
Hygrobates sp							1						1
Hygrobates fluviatilis										1			1
Atractides nodipalpis pennatus	1	1											2
Wetina podagrica								2				1	3
Aturus scaber rotundus			1				1	1					3
Asellus aquaticus												1	1
Proasellus meridianus			1	3									4
Gammarus sp	171	2377	499	2970	89	543	572	714	380	868	154	1080	10417

taxonnaam	Bu		St		Pl		Se		Og		Os		totaal
	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	
Baetidae							1	1					2
Baetis sp	6										1		7
Baetis rhodani	11	4	6	2									23
Baetis vernus								1					1
Heptageniidae	26												26
Ecdyonurus lateralis	39	13											52
Heptagenia sp		9											9
Rhithrogena sp	43	4											47
Rhithrogena iridina	38												38
Nemoura marginata	27	124	1	15									167
Nemurella pictetii										2		15	17
Velia caprai						3							3
Agabus/ Ilybius sp						1							1
Elmis sp			20	4			9	4					37
Elmis aenea			2										2
Elmis maugetii	1												1
Limnius sp			6										6
Limnius volckmari			1										1
Elodes sp	22	25	6	72		2		38	1	4	1	38	209
Tipula sp	2	1											3
Limoniidae		1											1
Pedicia sp			1				1						2
Dicranota sp	3	1	1	2	1	15	10	10	4	13	6	1	67
Eloeophila sp		6		4	1	17	3	4		9	3	3	50
Pilaria gr discicollis			1	3									4
Pilaria gr filata					2		2	2				1	7
Rhypholophus sp		2				2							4
Lipsothrix remota				1									1
Psychodidae	12					4						2	15
Ptychoptera lacustris		53		38									91
Dixa gr maculata	6	7						1		2			16
Simulium sp	205	7	5			1	141	76	197	111	10		753
Simulium gr vernalis											1		1
Simulium costatum	59	14	7				42	31					153
Simulium gr ornatum	2		4						54		7		67
Apsectrotanytus trifascipennis				1									1
Conchapelopia melanops			4	1				10					15
Krenopelopia sp												1	1
Macropelopia sp						2						2	4
Macropelopia nebulosa						1							1
Procladius sp								1					1
Zavrelimyia sp						2						1	3
Odontomesa fulva												2	2
Prodiamesa olivacea		3		1	12	39		2	1	55	1	28	142
Brillia modesta		2		1	3	19		43	1	4	1	9	83
Chaetocladius gr piger	9	32	2	1	37	178		2	31	5	14	12	323
Corynoneura lobata		1	23			1	1	6	36	16	3	9	94
Eukiefferiella claripennis	2		1				1			2	4		10
Eukiefferiella	2				1	1			38	1	29		69



taxonnaam	Bu		St		Pl		Se		Og		Os		totaal
	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	
brevicalcar agg													
Eukiefferiella discoloripes agg	3	11	7	1			1	163	2	1	1	3	190
Heleniella ornaticollis	1									9			10
Heterotrissocladius marcidus							1			1		9	11
Nanocladius rectinervis			4										4
Orthocladius sp									1				1
Parametriocnemus stylatus	1	10	2	1			1	7			1		23
Rheocricotopus fuscipes		1	9		7	5	1	28	3	19	2	10	85
Thienemannia sp	11					3		1		1			16
Chironomus sp						1						1	2
Microtendipes gr chloris			2	1									3
Paracladopelma nigrifula										30		3	33
Paratendipes albimanus				1			1						2
Polypedilum sp		3	7	5	1	1	1	2	4	14	8	2	48
Polypedilum scalaenum		89		7	1	6	1	2		42		30	178
Polypedilum pedestre			12										12
Micropsectra sp	1	6		37	4	99		145	1	30		73	396
Micropsectra apposita			1										1
Micropsectra bidentata									1	4		2	7
Micropsectra fusca										3			3
Micropsectra junci												11	11
Micropsectra notescens						5			1	5			11
Micropsectra gr notescens		9	10	855	10	580		24		41		56	1585
Rheotanytarsus sp			33	2									35
Stempellinella sp		2											2
Ceratopogonidae	3	3	3	147	1		4	1	1	5		3	171
Thaumalea testacea	4												4
Odontomyia angulata	10												10
Oxycera sp	1												1
Chelifera sp				1		1					1		3
Chrysops sp				3									3
<i>Agapetus fuscipes</i>	485	13	313	4	1		740	134	368	55	8		2121
Hydropsyche angustipennis			54	1									55
Adicella reducta									1				1
Mystacides sp				1									1
Limnephilidae	2	49				1		7	1	1	3	8	72
Glyphotaenius pellucidus				1								1	2
Limnephilus lunatus												3	3
Chaetopteryx major		22											22
Chaetopteryx villosa											12	4	16
Halesus sp										2		1	3
Halesus radiatus												1	1
Micropterna lateralis				5	1	6	6	7	2		4		31

taxonnaam	Bu		St		Pl		Se		Og		Os		totaal
	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	grind	ander	
Wormaldia occipitalis	1												1
Plectrocnemia conspersa	2		6	2	1	21		9	2	14		36	76
Lype reducta								3		5		4	11
Tinodes sp			1										1
Tinodes assimilis	19					2							21
Crunoecia irrorata		7											7
Sericostoma personatum	13	119	9	19			28	45	15	30	8	16	301
Silo nigricornis									36	4	12		49
Silo pallipes		1	20	3									20

## Bijlage 9 Overige macrofauna taxa

*Taxa die niet gevonden zijn in de complete macrofaunamonsters maar wel in de tweevakelijkse grindbedmonsters (f = frequentie, aantal keer gevonden, a = gemiddelde abundantie).*

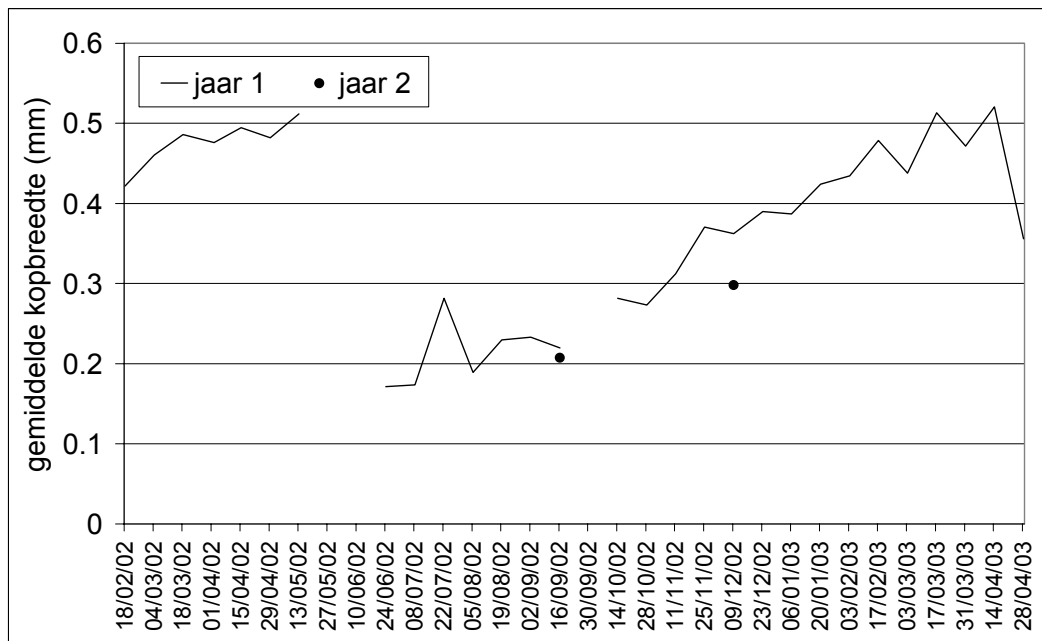
soortnaam	Bu	Bu	Og	Og	Os	Os	Se	Se	St	St
	f	a	f	a	f	a	f	a	f	a
Beraea maurus (z)	1	1								
Erpobdella octoculata									1	1
Gammarus fossarum									1	8
Gammarus pulex					1	3				
Mystacides nigra									1	1
Nemoura cinerea					1	1				
Potamophylax nigricornis (z)	3	1								
Radix ovata/peregra soortsgroep					1	2	5	2	2	2
Silo papilles (z)									2	1
Simulium noelleri (vz)							2	2		
Simulium ornatum	3	2	21	4	2	2	8	2	9	3
Simulium venum							1	1		
Simulium venum			3	1	2	1				



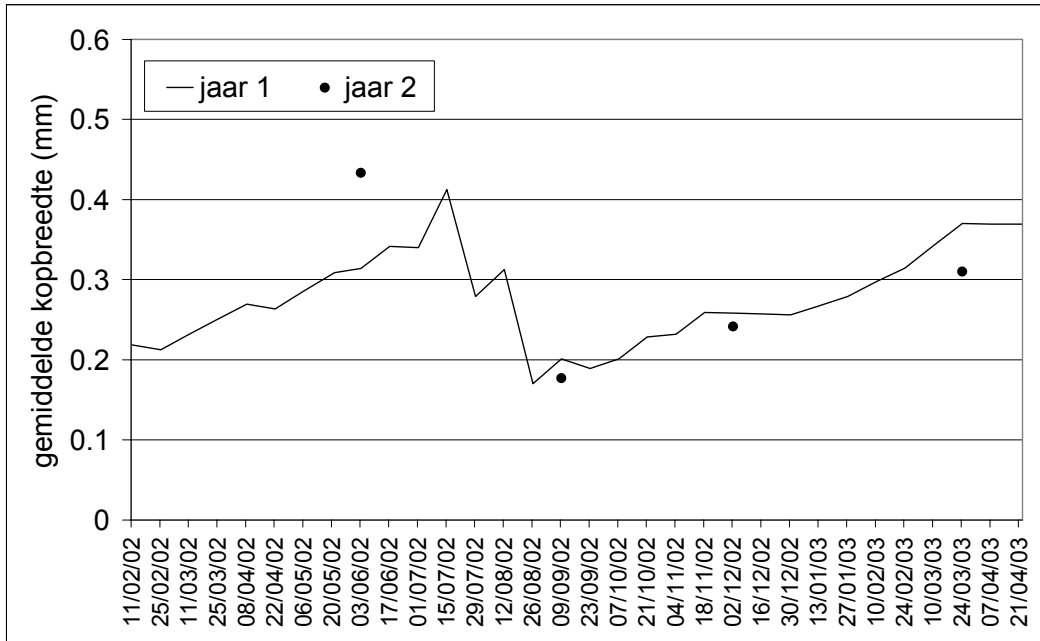
## Bijlage 10 Gemiddelde kopbreedte per beek



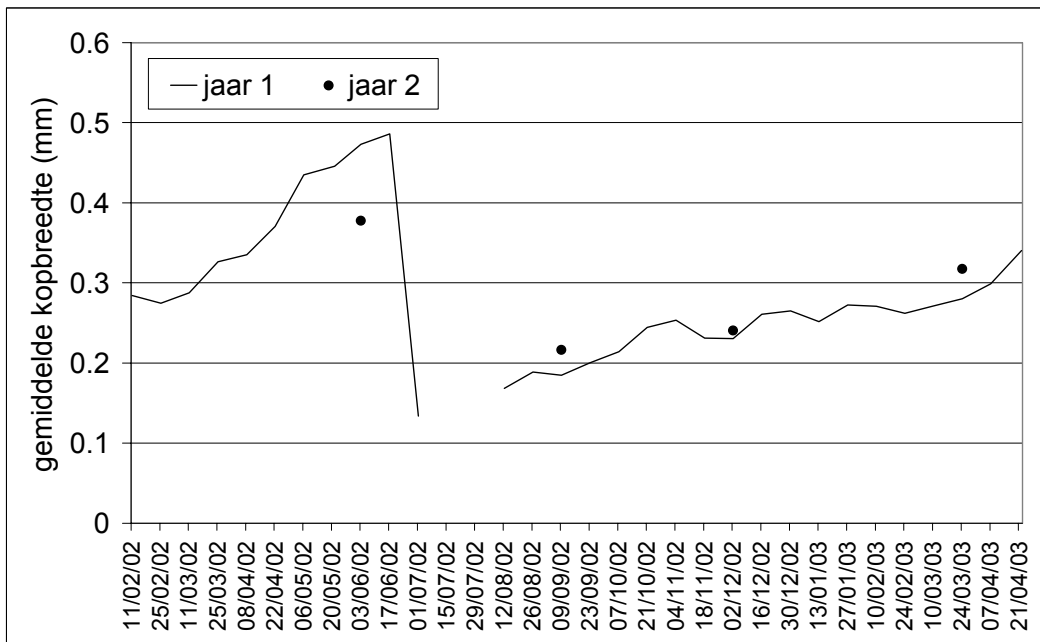
Gemiddelde kopbreedte van *A. fuscipes* per opnamedatum voor meetjaar 1 en meetjaar 2: Bunderbosbeek. De gemiddelde kopbreedte van de larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiegroei tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.



Gemiddelde kopbreedte van *A. fuscipes* per opnamedatum voor meetjaar 1 en meetjaar 2: Strabekervloedgraaf. De gemiddelde kopbreedte van de larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiegroei tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.



Gemiddelde kopbreedte van *A. fuscipes* per opnamedatum voor meetjaar 1 en meetjaar 2: Seelbeek. De gemiddelde kopbreedte van de larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiegroei tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.



Gemiddelde kopbreedte van *A. fuscipes* per opnamedatum voor meetjaar 1 en meetjaar 2: Oude beek (goede tak). De gemiddelde kopbreedte van de larven die gevonden zijn in het tweede meetjaar (jaar 2) tijdens de vier opnamen zijn geplot op de dichtsbij gelegen datum in het jaar ervoor, zodat de populatiegroei tussen de twee meetjaren vergeleken kan worden.

## Bijlage 11 Resultaten temperatuursexperiment

*Aantal individuen per stadium per temperatuur en beek van herkomst.*

beek	temperatuur (°C) in de kunstbeek	stadium	aantal individuen
Bunderbosbeek	8	adult	1
Bunderbosbeek	8	larve	80
Bunderbosbeek	8	pop	3
Bunderbosbeek	12	larve	89
Bunderbosbeek	12	pop	2
Bunderbosbeek	16	larve	73
Bunderbosbeek	16	pop	8
Bunderbosbeek	16	prepop	1
Oude beek (goede tak)	8	larve	122
Oude beek (goede tak)	8	pop	1
Oude beek (goede tak)	12	larve	91
Oude beek (goede tak)	16	larve	85
Oude beek (goede tak)	16	pop	5
Oude beek (goede tak)	16	prepop	3
Seelbeek	8	larve	108
Seelbeek	12	larve	99
Seelbeek	12	pop	1
Seelbeek	16	larve	69
Seelbeek	16	pop	25
Strabekervloedgraaf	8	larve	100
Strabekervloedgraaf	12	larve	96
Strabekervloedgraaf	12	pop	1
Strabekervloedgraaf	12	prepop	1
Strabekervloedgraaf	16	larve	63
Strabekervloedgraaf	16	pop	29