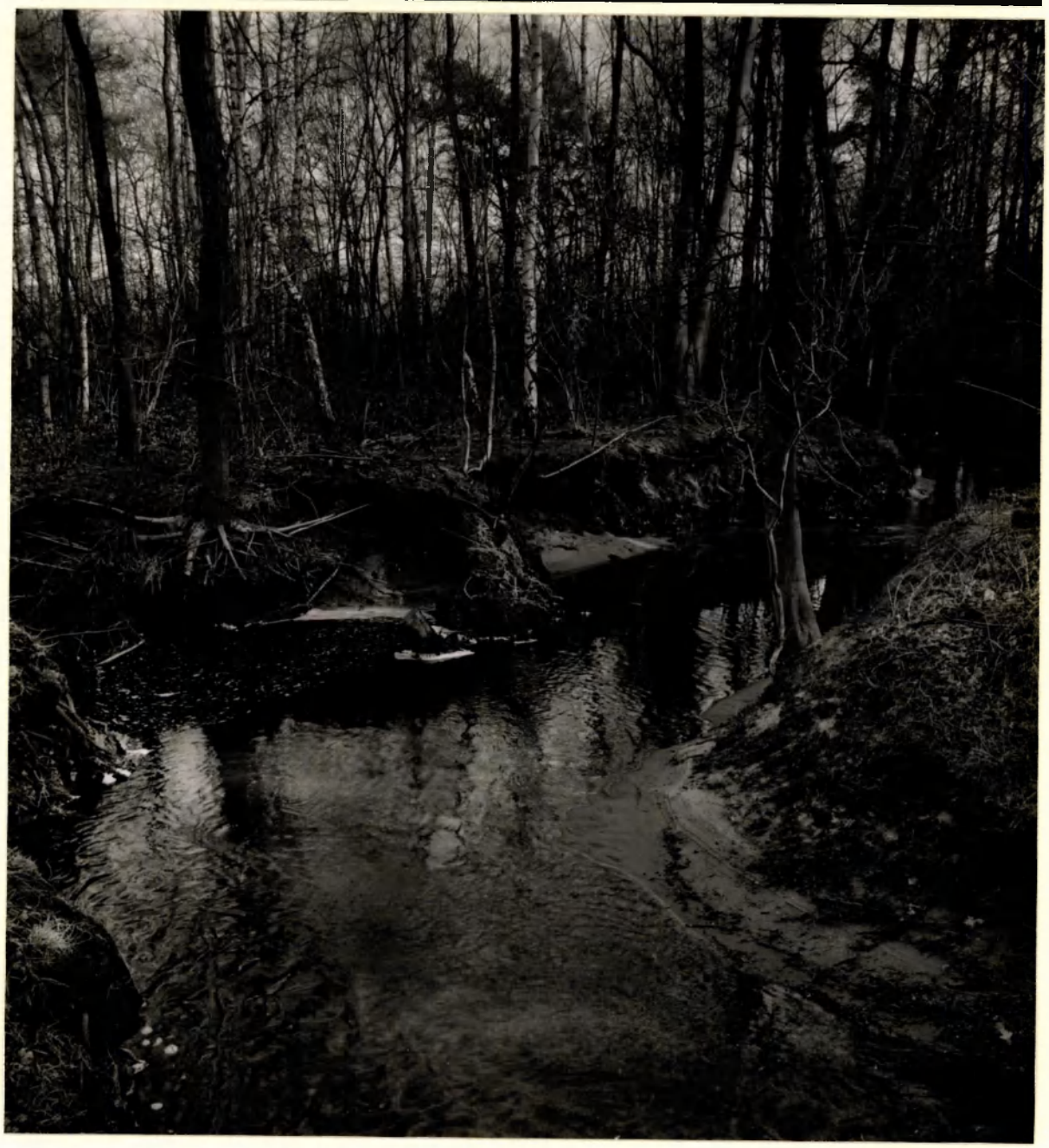
BEEKHERSTEL ALS VOORWAARDE VOOR MACROFAUNALEVENSGEMEENSCHAPPEN IN BEEKDALSYSTEMEN

Een onderzoek naar de overeenkomsten en verschillen tussen de gereguleerde middenloop van de Elsbeek en de natuurlijke bovenloop van de Springendalse beek



M.G. Boute
juni 1993,
Leersum

BEEKHERSTEL ALS VOORWAARDE VOOR MACROFAUNALEVENSGEMEENSCHAPPEN IN BEEKDALSYSTEMEN

Een onderzoek naar de overeenkomsten en verschillen tussen de gereguleerde middenloop van de Elsbeek en de natuurlijke bovenloop van de Springendalse beek

Martin G. Boute
Student aan de Rijkshogeschool IJselland te Deventer afdeling HTO, studierichting Milieuchemie
Geschreven in opdracht van het IBN-DLO afdeling Aquatische Ecologie, sectie macrofauna, Broekhuizerlaan 2, 3956 ZR Leersum
Juni 1993

219001

VOORWOORD

Het onderhavig rapport is voortgekomen uit de vierde-jaars afstudeerstage, een periode beslaand van vijf maanden, welke verricht is in het kader van de studie Milieuchemie aan Rijkshogeschool IJselland afdeling HTO te Deventer.

Dit rapport is mede dankzij de medewerking en steun van enkele zeer bereidwillige mensen tot stand gekomen. Tot hen wil ik dan ook een woord van dank richten.
In de eerste plaats mijn stagebegeleider dhr. Piet Verdonschot, die met gepaste enthousiasme, inzet, critische beschouwingen en kennis van zaken het onderzoek in goede heeft geleid. Mw. Joke Schot ben ik niet minder dank verschuldigd voor de wijze waarop zij mij met de beginselen van het determinatieproces vertrouwd heeft gemaakt. Geduld en een gewillig oor waren altijd aanwezig. Beiden hebben de keuze tot het volgen van een universitaire vervolgstudie in de aquatische oecologie, onbewust gestimuleerd en vergemakkelijkt. Mijn dank.

Niet in de laatste plaats wil ik de summiere inbreng (maar toch!) van dhr. Wim van de Hoek hier even vermelden. Erkentelijkheid is op z'n plaats.
Tenslotte ben ik dank verschuldigd aan al diegenen die direct dan wel indirect een bijdrage hebben geleverd aan dit uiteindelijke resultaat in de vorm van een onderzoeksrapport.

INHOUDSOPGAVE

	VOORWOORD	ii
	SAMENVATTING	v
1	**INLEIDING**	7
	1.1 Achtergrond	7
	1.2 Doel- en probleemstelling	8
	1.3 Onderzoeksopzet en rapportopbouw	9
2	**BESCHRIJVING VAN DE BEKEN**	11
	2.1 De Springendalse beek	11
	2.2 De Elsbeek	13
3	**MATERIAAL EN METHODEN**	14
	3.1 Veldprocedure	14
	3.1.1 Substraatmetingen	14
	3.1.2 Substraatmonstername	15
	3.1.3 Selectie van habitattypen voor macrofauna-onderzoek	15
	3.1.4 Veldclassificatie van de habitattypen	16
	3.1.5 Macrofauna monsternamemethode	17
	3.2 Laboratoriumprocedure	19
	3.2.1 Uitzoeken macrofauna	19
	3.2.2 Substraatanalyses	20
	3.2.3 Determineren van macrofauna	23
	3.2.4 Sedimentvrachtbepaling	24
	3.2.5 Organische stofbepaling	25
	3.3 Gegevensverwerking	26
4	**RESULTATEN**	28
	4.1 Substraatbedekkingspercentages	28
	4.2 Afvoerpatroon en sedimentvracht	30
	4.3 Macrofauna-substraatrelaties	33
	4.4 Substraatdynamiek	38
	4.4.1 Verticaal	38
	4.4.2 Horizontaal	41
5	**CONCLUSIES**	49

GERAADPLEEGDE LITERATUUR 52

BIJLAGEN
1. Voorbeeld standaardtekening (Springendalse beek 8/2/1993) 54
2. Rasterpatroon van de Springendalse beek 55
3. Rasterpatroon van de Elsbeek 56
4. Specificatiegegevens van de Ott-stroomsnelheidsmeter (type C1) 57

SAMENVATTING

In het kader van de natuurontwikkeling in Nederlandse beeksystemen is onderhavig onderzoek uitgevoerd. Deze natuurontwikkeling heeft tot doel het herstellen van onder andere de benthische macrofaunalevensgemeenschappen in laaglandbeken. Hiertoe dient de relatie te worden vastgelegd tussen de hydrologie en macrofaunalevensgemeenschappen in een natuurlijke en een gereguleerde beek. Een geschikte onderzoeksparameter is het substraat (c.q. habitat van de macrofauna) in een beek. Dit substraat vormt de intermediair tussen de hydrologie en de macrofauna, en is de factor die het eerst aan veranderingen onderhevig is als gevolg van een gewijzigd afvoerpatroon (gereguleerde beek). Factoren die in relatie staan tot, of van invloed zijn op het substraat zijn onderzocht; de verschillen voor de twee beken zijn uiteindelijk in beeld gebracht. De doelstelling is het verkrijgen van inzicht in de rol die substraatsamenstelling, -structuur en -dynamiek spelen met betrekking tot de groepen en aantallen van macrofauna die het substraat bezetten.

In een representatief traject van de beek zijn intensief metingen van fysische parameters verricht. De metingen zijn in een permanent kwadraat waar een raster op geprojecteerd is verricht. Onder de parameters bevindt zich de bepaling van de substraatdynamiek aan de hand van substraatanalyses (korrelgroottefractie, organische stofbepaling), dieptemetingen (horizontale substraatdynamiek) en bedekkingspercentages alle in relatie tot het habitat. Voor de macrofauna-substraatrelaties is de diversiteit aan substraattypen over 200 m geïnventariseerd, zijn substraatmonsters genomen en is de macrofauna tot op hoofdgroep, familie, geslacht of soort gedetermineerd. Naast voorgaande onderdelen zijn ook het debiet en de sedimentvracht bepaald ter karakterisering van het afvoerpatroon.

De resultaten geven een continu afvoerpatroon voor de Springendalse beek en een discontinu afvoerpatroon voor de Elsbeek te zien. De sedimentvracht vertoont een patroon parallel aan het debiet. Ten opzichte van de Springendalse beek is de substraatdynamiek (horizontaal en verticaal) in de Elsbeek groter en de zijn wijzigingen en variatie in substraatoppervlak en -typen sterker aanwezig. In beide beken overheerst het substraattype zand. Het oppervlak aan instabiele substraten is in de Elsbeek groter en dientengevolge is de rijkdom aan macrofaunasoorten kleiner. Over het algemeen geldt voor beide beken, dat macrofauna-aantallen en -rijkdom toenemen met de substraatvolgorde zand, grind, (kiezel)stenen, slib, detritus en blad. Stabiele substraattypen herbergen een grotere individuen- en soortenrijkdom dan instabiele vormen. De individuenrijkdom is voor sommige soorten groter in de Elsbeek (Oligochaeta; borstelwormen en Diptera; muggen) en voor andere in de Springendalse beek (Plecoptera; steen- of oevervliegen en Trichoptera; kokerjuffers, schietmotten). Bepaalde groepen/soorten komen in de Elsbeek wel voor (Hydracarina; watermijten, Gasteropoda; slakken, Asellus sp.; zoetwaterpissebedden) en in de Springendalse beek niet. Groepen/soorten die specifiek in de Springendalse beek vóórkomen zijn Plecoptera, Dugesiidae (platwormen), Sialidae (slijkvliegen) en Gammarus sp. (zoetwatervlokreeften). Grove minerale substraattypen zijn in die delen van de beek gesitueerd waar een hoge stroomsnelheid aanwezig is. De samenstelling biedt de mogelijkheid tot het vasthouden van fijne en grove detritus in de interstitiële ruimten. Fijne minerale substraattypen zijn in beekgedeelten met een lage stroomsnelheid, nabij de beekoever, in binnenbochten en voor en/of achter opstakels van takken en bladeren, present. Hier bevinden zich ook de plaatsen waar opgehoopte detritus in een vrij stabiele

vorm aanwezig is.

De hydrologische dynamiek van de Elsbeek is ten opzichte van de Springendalse beek groter en dientengevolge is de substraatdynamiek in de Elsbeek groter, het oppervlak aan instabiele substraten groter, de populatie micro-organismen op de substraten kleiner, en de macrofaunarijkdom kleiner.

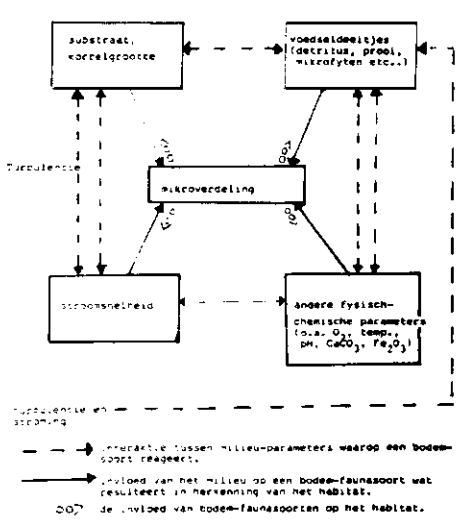
1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Door ontginning, regulatie van de waterhuishouding, intensief grondgebruik, bemesting, atmosferische belasting, aanvoer van gebiedsvreemd water en waterwinning zijn nog slechts delen van de oorspronkelijke beeksystemen bewaard gebleven (4-5% van de totale beeklengte in Nederland). Deze ingrepen oefenen een grote invloed uit op met name de hydrologie van een beeksysteem en daarmee ook op de (macrofauna)levensgemeenschappen in de beken zelf (Verdonschot, 1992).

Op het bovenstaande is in het NBP (Natuurbeleidsplan) de aandacht gevestigd door te spreken over natuurontwikkeling in Nederlandse beeksystemen. Natuurontwikkeling heeft tot doel het herstellen van de beekdallevensgemeenschap. Een IBN-project dat een bijdrage levert aan dit herstel is getiteld: "Aquatisch-ecologische aspecten van natuurontwikkeling en natuurgerichte normstelling in beekdalsystemen". Het onderhavig onderzoek maakt deel uit van dat IBN-project.

Voor het realiseren van herstel van beekdalevensgemeenschappen is het in de eerste plaats noodzakelijk om de relatie vast te leggen tussen de hydrologie en de macrofaunalevensgemeenschappen van een beeksysteem. Daartoe is onderzoek aan het substraat (c.q. habitat van de macrofauna), die de intermediair vormt tussen de hydrologie en de macrofauna, gedaan. Het substraat is uiteindelijk de resultante van een groot aantal fysische factoren (fig. 1) en is voor de macrofauna van groot ecologisch belang. Het substraat is de primaire factor, die bepaalt of de macrofauna zich kan vestigen en floreren of dat de macrofauna geen habitat kunnen vinden en dus een gewisse dood tegemoet gaan. Het is dan ook de vooraanstaande parameter inzake de studie naar de verspreiding van macrofauna over de verschillende habitattypen die in een beek aangetroffen kunnen worden (Tolkamp, 1980). Onder macrofauna worden de met het blote oog zichtbare ongewervelde dieren zoals insektelarven, wormen, bloedzuigers, slakken en kreeftachtigen verstaan.



Figuur 1. Algemene relaties tussen milieuparameters en de microverdeling van benthische beekmacro-fauna

Omdat de substraatsamenstelling, -structuur en -distributie de componenten zijn die het eerst aan veranderingen onderhevig zijn als gevolg van gewijzigde stroomsnelheid en debiet (natuurlijke beek versus verstoorde beek), is met dit onderzoek een bijdrage geleverd aan de kwantificering van de fysische hoofdfactoren (met name de hydraulica) in het aquatische deel van het Nederlandse laaglandbeekmilieu ten behoeve van beekrestauratie, natuurontwikkeling en natuurgerichte normstelling (Kraal, 1993; Tolkamp, 1980).

De substraattypen die meegenomen zijn in dit onderzoek dienen representatief te zijn voor de beek en moeten ook gevormd zijn door de ruimtelijke en tijdelijke variatie in het afvoerpatroon van de beek (Springendalse beek ↔ Elsbeek). Deze variatie heeft gevolgen voor de samenstelling van de benthische macrofauna in de beek en in het beekdal. Onder invloed van het afvoerpatroon en de vorm van de beekloop, in wisselwerking met erosie en sedimentatie, zijn de basiscomponenten gerangschikt in substraatpatronen met karakteristieke eigenschappen zoals samenstelling (onder andere deeltjesgrootte), structuur (ruimtelijke variaties), stabiliteit, poreusheid en dynamiek (ten Cate & Schmidt, 1985).

In de onderzochte beken bestaat het bodemmateriaal meestal uit zand met soms lichte aanmenging van grind of met een laagje organisch materiaal op het zand. Uiteindelijk bepaalt de hydraulica (op microsysteemniveau) in sterke mate de aanwezigheid en verdeling van habitattypen in een beek en daarmee de aanwezigheid van de macrofauna. Beken worden van nature op locale schaal als gevolg van de werking van het afstromende water gekenmerkt door de aanwezigheid van een mozaïek aan habitattypen. Zo vormen ingevallen blad en takken op sommige plaatsen dammetjes. Deze dammetjes beïnvloeden het stromingspatroon, waardoor plaatselijk stroomversnellingen ontstaan met als gevolg grind- en/of zandsubstraten, terwijl in dode hoeken (stilstaand of langzaam stromend water) plekken met afzettingen van slib en/of fijn organisch materiaal ontstaan. Ingevallen takken zorgen voor de vorming van bladpakketten. Al deze ontstaanswijzen en vormen van substraattypen oefenen een grote invloed uit op de aanwezigheid en verspreiding van de macrofauna (Verdonschot et al, 1993).

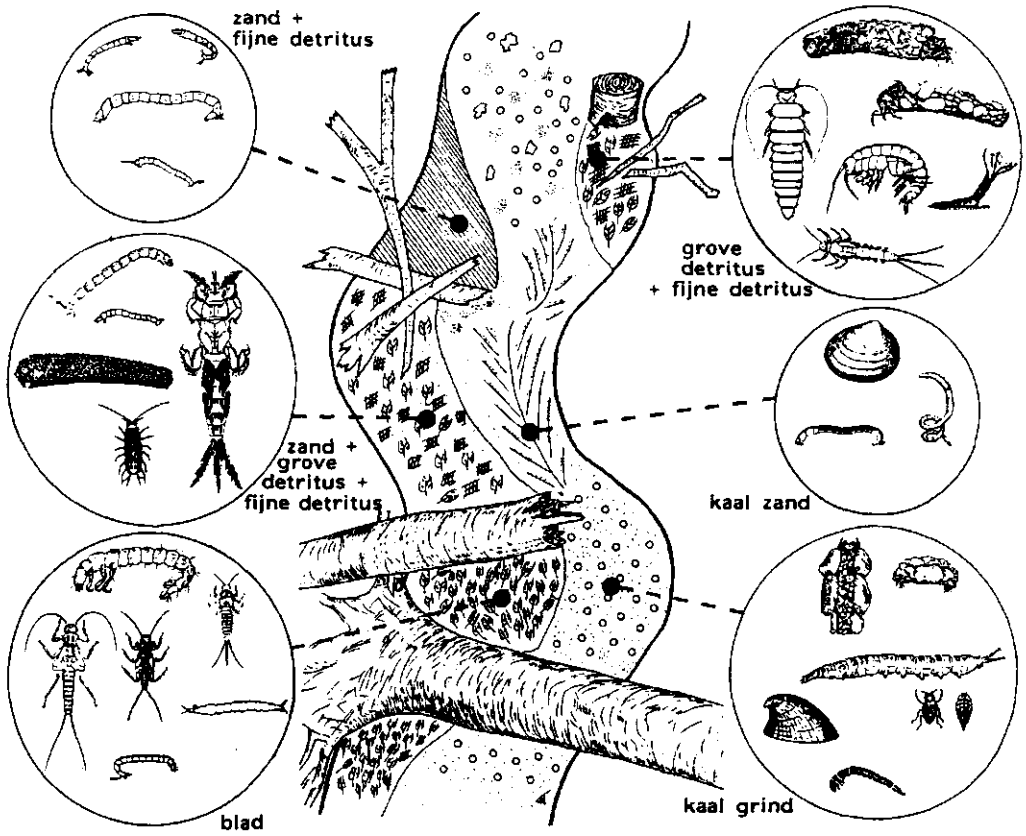
1.2 Doel- en probleemstelling

Beekherstel is alleen mogelijk als de hydrologie van het stroomgebied in haar oorspronkelijke staat wordt teruggebracht. Om dat te bereiken zal de relatie tussen hydrologie en levensgemeenschap vastgelegd moeten worden. Hiertoe is onderzoek uitgevoerd in twee laaglandbeken en wel in de beekbovenloop van de Springendalse beek en in de middenloop van de Elsbeek (Overijssel) (Verdonschot, 1992). Juist deze beken zijn voor onderzoek uitverkozen, omdat ze een duidelijk van elkaar afwijkend afvoerpatroon hebben en de mate van hydrologische beïnvloeding (kanalisatie, normalisatie, regulatie) binnen het stroomgebied verschilt.

De Springendalse beek is een bronbeek, wat inhoudt dat de beek voornamelijk gevoed wordt door grondwater en dientengevolge de afvoer regelmatig en constant is. Hier wordt een substraatpatroon aangetroffen, dat als stabiel mag worden gekenmerkt. Hiertegenover staat de reeds van nature sterk onregelmatige en discontinue afvoer van de Elsbeek. De Elsbeek is een regenbeek met als gevolg een sterk in de tijd, verticaal en horizontaal wisselend substraatpatroon. De pieken in afvoer en perioden van geen watervoering worden alleen maar versterkt door de hydrologische beïnvloeding van de waterhuishouding van de beek.

De vraagstelling van dit onderzoek luidt: "Welke overeenkomsten en verschillen bestaan er tussen een hydrologisch dynamische beek, de Elsbeek, en een hydrologisch meer constante beek, de Springendalse beek". Deze overeenkomsten en verschillen zijn belicht door het substraat als primair onderzoeksobject te gebruiken.

Doelstelling van het onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de rol die substraatsamenstelling , -structuur en -dynamiek spelen met betrekking tot de aantallen en soorten aan macrofauna die het substraat bewonen. Een nevendoel is komen tot het vastleggen van een zo groot mogelijke diversiteit aan substraattypen met de hieraan gekoppelde macrofaunasamenstelling in de Springendalse beek en de Elsbeek (fig. 2). Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan het onderzoek ten behoeve van de natuurontwikkeling in beeksystemen.



Figuur 2. Habitatdifferentiatie met de daaraan gerelateerde macrofauna-organismen in een beeksysteem (Verdonschot & Tolkamp, 1983).

1.3 Onderzoeksopzet en rapportopbouw

Om te komen tot een onderbouwd antwoord op de vraagstelling, is de volgende opzet gehanteerd:

- Het uitverkiezen van twee beken met een verschil in hydrologische dynamiek. De ene beek is in de oorspronkelijke staat aanwezig met een continu afvoerpatroon (Springendalse beek). Hiertegenover staat de verstoorde beek door regulatie, kanalisatie en normalisatie (Elsbeek).

- Inventariseren van de diversiteit aan substraattypen in de bovenloop van de Springendalse beek en de middenloop van de Elsbeek over een beeklengte van circa tweehonderd meter.
- Substraatmonstername, uitzoekprocedure en determinatie van de macrofauna.
- Het nemen van beekbodemmonsters zo dicht mogelijk bij de plaats van het corresponderende macrofaunamonster voor de karakterisering aan de hand van korrelgroottefracties en het organische stofgehalte.
- Het intensief meten van fysische factoren in een representatief traject van beide beken alle in relatie tot het habitat van macrofauna. Parameters die in relatie staan tot, of van invloed zijn op substraatfactoren als dynamiek, structuur en samenstelling zijn in het transect gemeten. Het gaat om kwantificering van substraatpatronen, het afvoerpatroon, diepte (≡ verticale substraattoe- of afname), korrelgrootteanalyses, organische stofbepalingen en sedimentvrachtbepalingen.

Met deze onderzoeksopzet als basis, is de volgende rapportindeling tot stand gekomen. Eerst is een beknopte uiteenzetting van de twee in dit onderzoek betrokken beken gegeven. Geologie, waterhuishouding en kenmerken, met nadruk op de hydrologische verschillen, komen respectievelijk voor de Springendalse beek en voor de Elsbeek aan bod. Hierop volgend zijn de gehanteerde materialen en methoden beschreven. Selectie van monsterpunten, monsternamemethode, uitzoekprocedure van macrofauna, substraatanalyses en macrofaunadeterminatie zijn onderdelen die de revue passeren. Weergave, bespreking en interpretatie van de resultaten is verzorgd in het gelijknamige hoofdstuk gevolgd door conclusies. Bij de bespreking van de resultaten is gepoogd, zoals reeds eerder vermeld om de enorme hoeveelheid aan data verkregen tijdens de veld- en laboratoriumwerkzaamheden, op een zodanige wijze te verwerken dat uiteindelijk de meest relevante verschillen tussen de twee beken naar voren komen in tabel- of grafiekvorm. Het onderscheid tussen de beken is gebaseerd op basis van:
(variërend en discontinu) afvoerpatroon --> (verschil in) substraatdynamiek --> aantal en soorten macrofauna.

2 BESCHRIJVING VAN DE BEKEN

In het kader van het beekherstel vindt kwantificering plaats van die factoren die onder invloed van beekverstoring wijzigen. Ter realisering is onderzoek verricht in een natuurlijke en in een meer verstoorde beek.

Het onderzoek is feitelijk uitgevoerd in de beekbovenloop en -middelloop van twee laaglandbeken te weten respectievelijk de Springendalse beek (gemeente Ootmarsum) en de Elsbeek (gemeente Losser). Beide beken zijn gesitueerd in Twente, Overijssel (fig. 3, pag. 12).

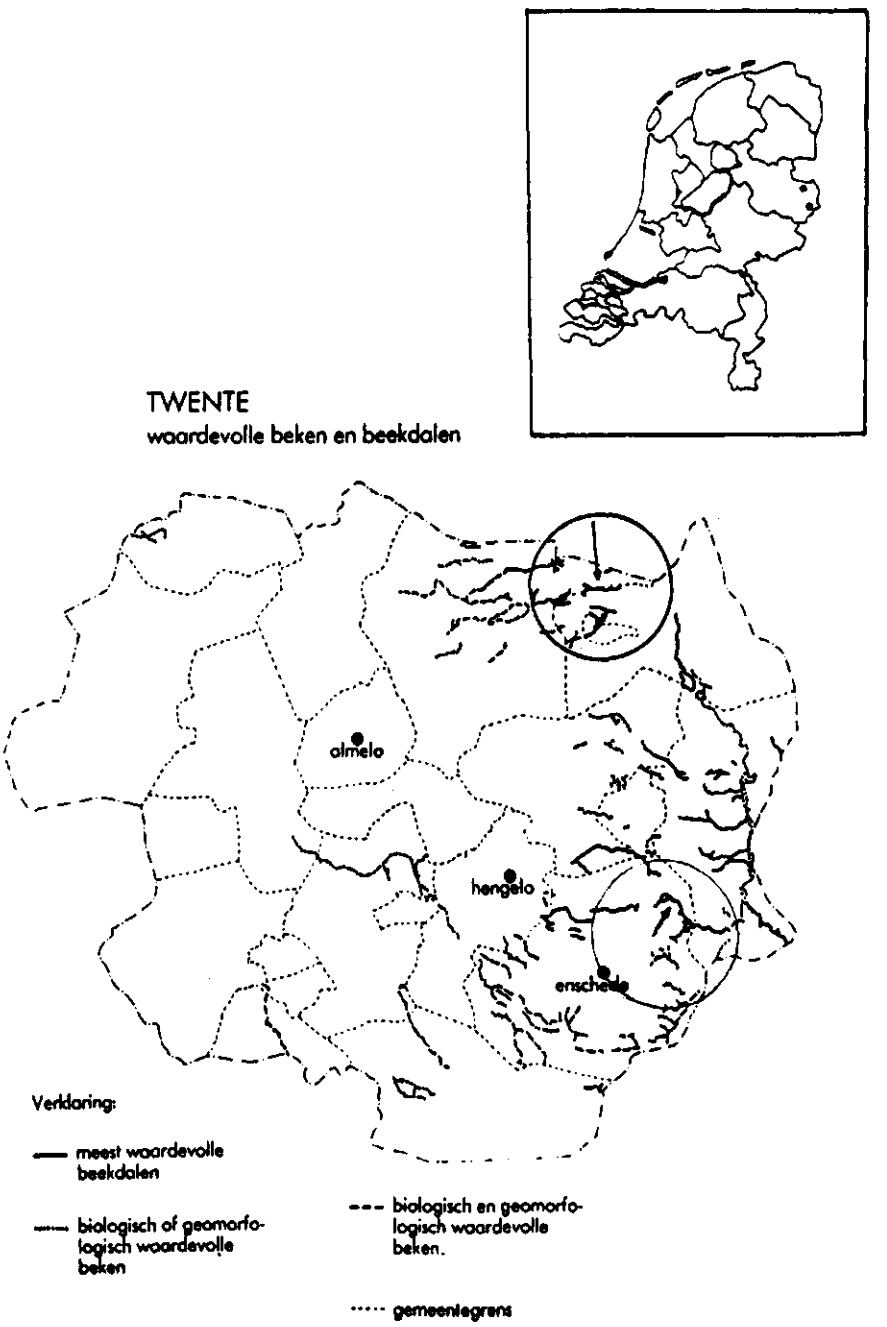
2.1 De Springendalse beek

De Springendalse beek (totale lengte circa 5.400 m) stroomt ten noorden van Ootmarsum van west naar oost in één van de erosiedalen aan de oostflank van de noord-zuid lopende stuwwal van Ootmarsum. De erosiedalen op de flanken van de stuwwal zijn ontstaan in het begin van het Weichselien (begin van het tijdvak Pleistoceen, periode Kwartair) door de toen optredende smeltwatererosie. De stuwwal van Ootmarsum vormt het infiltratiegebied van het beeksysteem. De circa 70 m hoge stuwwal bestaat uit tertiaire klei en keileem. Ten noorden van Ootmarsum zijn ook zandige formaties meegestuwd. Het pakket van fijne dekzanden op de kleilagen is maximaal 2 m dik. Het water van de Springendalse beek stroomt vanuit een aantal bronnen (kwelwater) met zijbeken door natuurreservaat 'Het Springendal" en mondt vervolgens uit in de Hollander Graven. De Hollander Graven mondt op zijn beurt weer uit in de Dinkel (Hoek, 1992).

De beek ontspringt op de stuwwal vanuit een tiental bronnen die kleine snelstromende bronbeekjes voeden. Deze helocrene bronnen (of diffuse bronnen waar diffuus water aan het oppervlak door een dunne zandlaag uittreedt) worden gevoed door grondwater en liggen voornamelijk in landbouwgronden buiten of aan de rand van het natuurgebied. Bekend is dat binnen enkele uren na een hevige regenbui de Springendalse beek zijn maximale waterstand bereikt. Het water in de bronnen stroomt heel regelmatig en heeft een constante temperatuur (8-12 °C). De vanuit de bronnen ontspringende bronbeekjes vormen vrij snel twee bovenloopjes, die elk afzonderlijk door een smal erosiedal stromen. Na samenvloeiing van beide bronbeekjes stroomt de beek door een steeds breder wordend beekdal. Na ongeveer 150 m stroomt water vanuit een kleine kwelvijver (0.15 ha) in de hoofdstroom. Ongeveer 200 m verder is de hoofdstroom zuidelijk aangetakt met een frequent droogvallende (regenafhankelijke) waterloop die als afvoer fungeert van een aantal zuidelijk gelegen graslandpercelen (Hoek, 1992). Na dit punt wordt de Springendalse beek gevoed door een grote kwelvijver (0.55 ha). Dit is tevens het punt van waar de inventarisatie van habitatttypen over een lengte van circa 200 m tot aan de Blauwe weg is gestart. Ongeveer 100 m na de voeding door de grote kwelvijver is het transect gesitueerd waarin de metingen aan substraatdynamiek zijn verricht.

Het verhang in de bovenloop is 12.5 m/km beek. Dit zorgt voor een goede doorstroming en een optimale zuurstofhuishouding. De temperatuur vertoont in de maanden jauari tot en met mei vrij constant (5-9 °C) verloop. Wat de waterkwantiteit betreft vinden ontwatering en waterwinning in de bovenloop niet en in de benedenloop wel plaats. Kanalisatie (rechttrekken van de beek, lengteverandering), regulatie (met behulp van

stuwen en dergelijke de afvoer van het water veranderen) en normalisatie (dwarsprofiel veranderen) zijn factoren die absoluut niet van toepassing zijn op de bovenloop van de beek.



Figuur 3. Ligging van de Springendalsebeek (noordelijk deel van Twente) en de Elsbeek (ten noordoosten van Enschede).

Vandaar dat dit deel van de beek (nog) een zeer waardevol karakter bezit. Voor de benedenloop geldt juist het tegenovergestelde. Voor de waterkwaliteit is de verdeling van het stromingsgebied in functionele bestemmingseenheden binnen het stroomgebied van de beek belangrijk. Deze verdeling is voor de bovenloop als volgt: grasland 10%, akkerland 40%, stedelijk 1% en bos- en natuurgebied 50%. De beek voert gedurende het gehele jaar water. Uit de chemische samenstelling van het water blijkt dat de beek beïnvloed wordt door de landbouwgronden (Verdonschot et al, 1993).

2.2 De Elsbeek

De Elsbeek (totale lengte circa 5.900 m) ontspringt in het, op de oostflank van de stuwwal tussen Oldenzaal en Enschede gelegen, Oldenzaalse Veen en stroomt ten zuidwesten van Losser. De Elsbeek mondt direct onder Losser uit in de Dinkel. In de derde ijstijd (tijd Saalien, tijdvak Pleistoceen, periode Kwartiar) werden de in het oerstroomdal van de Dinkel aanwezige tertiaire kleilagen en préglaciale zand- en grindlagen door het landijs opgestuwd tot hoge ruggen: de stuwwallen van Oldenzaal en Ootmarsum (waar de Springendalse beek ontspringt). Na het afsmelten van het landijs begon de modellering en inslijping van de huidige beekdalen. Dit basispatroon werd in de loop van de laatste ijstijd (het Weichselien) door processen als erosie en verstuiving verder verfijnd (Verdonschot et al, 1993).

Regenbeken worden gekenmerkt door droogvalling. Hoewel droogvalling voor regenbeken een natuurlijk verschijnsel is wordt hier de duur van de droogvalling onder andere sterk beïnvloed door de waterwinning van Losser. De mate van kanalisatie (sterk), normalisatie (aanwezig) en regulatie (aanwezig) in de bovenloop maken dat deze periode van droogvalling langduriger is geworden en dat pieken in de afvoer sneller ontstaan en weer afnemen. Ontwatering van omringende landbouwgronden op de beek draagt bij aan de vergroting van piekafvoer. Het transect waarin onderzoek van substraatdynamiek is verricht ligt op circa 2.400 m van het uitmondingspunt in de Dinkel. De Kennebroeksweg loopt op circa 25 m van het transect dwars over de beek.

Andere kenmerken van de bovenloop van de Elsbeek zijn: een verhang van 2.5 m/km beektraject, een vrij grillig temperatuurverloop in de maanden januari tot en met mei (3-10 °C) en de volgende verdeling van de functionele bestemmingseenheden van het stroomgebied: grasland 37%, akkerland 17%, stedelijk gebied 6% en bos- en natuurgebied 40% (Verdonschot et al, 1993).

3 MATERIAAL EN METHODEN

3.1 VELDPROCEDURE

3.1.1 Substraatmetingen

Metingen aan substraatdynamiek (verschuiving, verplaatsing, toename, afname) in tijd en plaats (verticaal en horizontaal) zijn uitgevoerd in een specifiek daarvoor bestemd traject van de beek met een permanent kwadraat waarop een rasterpatroon geprojecteerd is als hulpmiddel. De lengte van het traject is zodanig gekozen dat in het traject een erosie- en een depositiezone (kom- en duinvormen, schuivend en stabiel zand), dus de gewenste substraatdynamiek aanwezig is. Het traject waar met behulp van een permanent kwadraat de metingen zijn verricht, is op basis van de volgende criteria en eisen gekozen:

- vergemakkelijken van de schatting (en weergave) van substraatbedekkingspercentages binnen elke cel van het raster en voor realisering van het uitvoeren van metingen op vastgelegde meetpunten;
- traject moet representatief zijn voor de beek;
- op korte afstand moet een variatie aan substraattypen bestaan;
- geen directe bovenstroomse of in het traject vóórkomende menselijke of dierlijke verstoringen van de beekbodem;
- de uit te zetten herkenningspunten mogen niet zichtbaar zijn vanaf de openbare weg;
- de mogelijkheid tot het direct van de oever af werken;
- redelijke afstand bereikbaar met de auto;
- de mogelijkheid tot het aanbrengen van een ijkpunt voor meting van fluctuaties in de waterspiegel;
- toestemming van de grondeigenaar.

Substraatpatroonopnamen, diepte metingen en het maken van een standaardtekening van het bovenaanzicht van het beektraject zijn de werkzaamheden die in het permanent kwadraat zijn uitgevoerd. Andere fysische parameters (met betrekking tot de hydraulica) die direct of indirect in het permanent kwadraat intensief (twee-wekelijks) zijn gemeten, zijn stroomsnelheid, korrelgrootte-analyses en organische stofbepalingen, alle in relatie tot het substraat c.q. habitat van macrofauna.

De substraatpatroonopnamen zijn zoals gezegd verkregen door de metingen uit te voeren in een zogenaamd permanentkwadraat waarop een rasterpatroon is geprojecteerd. Het raster voor de Springendalse beek bestaat uit vlakken van 25 x 25 cm (bijlage 2). Om het raster zichtbaar te maken op het beektraject zijn enkele hulpmiddelen gebruikt. Op de snijpunten van de lijnen is de waterdiepte gemeten en het substraat geschat met behulp van een peilstok met sjabloon. Dit sjabloon meet 15 x 15 cm en is gebruikt voor het inschatten van de substraatbedekkingspercentages. De stroomsnelheid is gemeten op de rasterpunten van de lijnen waar de piketpaaltjes staan (drie lijnen). Deze piketpaaltjes dienen voor het definitief vastleggen van het rasterpatroon. De exacte plaats van de paaltjes is zodanig dat zij (Verdonschot, 1992):

- de middelste rasterdwarslijn van het rasterpatroon aangeven;
- ook bij hoogwater op de oever staan;

- zo dicht mogelijk bij de beek staan;
- met het voorste en achterste paaltje (ten opzichte van het middelste paaltje) op dezelfde oever op één lijn staan;
- zodanig staan dat de lijn tussen de drie paaltjes op een oever haaks staat op de middellijn.

De stroomsnelheid is op drie lijnen dwars op de beek gemeten (rasterdwarslijnen A, G en M). Deze lijnen hebben een onderlinge afstand van 1.5 meter, en op deze lijnen is om de 25 cm gemeten. De meest betrouwbare stroomsnelheidsmetingen worden verkregen op 0.4 van de diepte gerekend vanaf de bodem (of 0.6 van de diepte gerekend vanaf het wateroppervlak) (Gordon et al, 1992). Dit is noodzakelijk, omdat de stroomsnelheidsverdeling in stromende wateren een parabolische afname met de diepte vertoont. Merk op dat alle metingen zijn uitgevoerd in lijnen dwars op de beek, waarbij benedenstrooms is begonnen ter voorkoming van verstoring van het bodemprofiel. Dieptemetingen zijn op alle rasterdwarslijnen van het raster gedaan.

Het raster voor de Elsbeek bestaat uit vlakken van 50 x 50 cm (bijlage 3). Het sjabloon meet 25 x 25 cm. De afstand tussen de drie rasterdwarslijnen (A, E en I aangegeven door piketpaaltjes) is twee meter en op deze lijnen is om de 50 cm gemeten.

Het afvoerpatroon en de gemiddelde natte breedte tussen beide beken is verschillend. Daarom is gekozen voor afwijkende afmetingen van de rastervlakken (kleinere of grotere eenheden) en daaruit volgend voor het complete rasterpatroon dat geprojecteerd is op het permanent kwadraat. Schaalvergroting of -verkleining is het gevolg.

Een standaardtekening van het bovenaanzicht van het traject, vallend binnen het rasterpatroon met daarin zo nauwkeurig mogelijk aangegeven de diverse substraattypen komvormen en duinen, is twee-wekelijks vervaardigd (voorbeeld standaardtekening bijlage 1). Deze tekening dient als steun bij de interpretatie van de gegevens. Tevens zijn de wijzigingen in substraattypen globaal met behulp van eerder gemaakte standaardtekeningen bekeken.

3.1.2 Substraatmonstername

Met behulp van laboratoriumanalyses (korrelgrootte- en organische stofbepalingen) van de substraatmonsters is de substraatdynamiek bekeken. Per beek zijn elke vier weken, voor zover mogelijk op dezelfde plaats, in totaal zes substraatmonsters genomen. Met steekbuis (ϕ 4.4 cm) is het beoogde substraat gestoken waarna de troffel (metselaarsgereedschap) voor afsluiting onder de steekbuis is geschoven. Het teveel aan monster (tot aan 2 cm; inhoud $\pi r^2 h$ = 30.4 ml x ρ_{zand} g/ml 1.6 = 48.7 gram) is zorgvuldig uit de steekbuis gelaten en het overblijvende deel is in een monsterbakje (plantencontainer) gedeponeerd. Het monsterbakje is afgesloten en voorzien van datum monstername, naam van de beek en het monsternummer. De karakterisering van het substraatmonster is door het aangeven van de monsternamelocatie met nummer in de standaardtekening vastgelegd. Vervolgens zijn de substraatmonsters naar het lab getransporteerd en zo snel mogelijk gedroogd in de stoof en geanalyseerd. Op de volgende data zijn substraatmonsters genomen: 25/1/1993, 8/2/1993, 8/3/1993 en 5/4/1993.

3.1.3 Selectie van habitattypen voor macrofauna-onderzoek

Voor het vastleggen van de relatie tussen macrofauna en het substraat is begonnen met een inventarisatie van de diversiteit aan substraattypen (c.q. habitattypen of micromilieus)

in beide beken. Deze inventarisatie is over een lengte van circa honderd meter beneden- en bovenstrooms van het traject voor onderzoek van substraatdynamiek uitgevoerd. Substraattypen die mogelijk verstoord worden, zijn buiten beschouwing gelaten. Alleen substraattypen die representatief zijn voor de beekloop zijn meegenomen.

3.1.4 Veldclassificatie van de habitattypen

De geïnventariseerde substraattypen zijn aan de hand van de aan het oppervlak van het stroombed dominerende korrelgroottefracties gekarakteriseerd. Veelal handelt het om combinaties van diverse korrelgroottefracties met verschillende vormen en hoeveelheden van organische detritus (fijne, grove). Merk op dat de substraattypen op een dusdanige wijze worden vermeld, dat eerst het dominante bestanddeel is genoemd, gevolgd door de bestanddelen die in een steeds mindere mate vóórkomen. Voor de Springendalse beek leverde de inventarisatie de volgende substraattypen (of combinaties) op, lopend van mineraal naar organisch:

1. Keien + kiezelstenen aangemengd met stabiel zand en grof grind (kaal) (Sp□2.9/3/93)
2. Kiezelstenen + grof grind aangemengd met fijn grind en stabiel zand (kaal) (Sp□3.22/2/93)
3. Kaal stabiel zand (voornamelijk fijn zand + mediair zand) (Sp□3.8/2/93)
4. Fijne detrituslaag (0.5 cm) op instabiel zand (deels drooggevallen) (Sp□1.8/2/93)
5. Fijne detritus + slib (1 cm) op instabiel zand (Sp□2.8/2/93)
6. Fijne detritus op stabiel zand (Sp□1.9/3/93)
7. Slib (1 cm) op instabiel zand (Sp□3.9/3/93)
8. Grove detritus + fijne detritus (Sp□1.22/2/93)
9. Bladpakket (Sp□2.22/2/93)

De resultaten voor de Elsbeek;

1. Fijn grind + grof grind aangemengd met stabiel zand (E□3.22/3/93)
2. Kaal stabiel zand aangemengd met fijn en grof grind (E□3.5/4/93)
3. Kaal instabiel zand (E□2.22/3/93)
4. Fijne detritus- + sliblaag (<0.5 cm) op stabiel zand aangemengd met fijn + grof grind (E□1.22/3/93)
5. Sliblaag (0.5 cm) op instabiel zand (E□1.5/4/93)
6. Samenhangend geheel ("kluwe") van wortels op instabiel zand aangemengd met fijn grind (E□2.5/4/93)
7. Bladmateriaal + grove detritus (opgehoopt even onder het wateroppervlak) (E□1.19/4/93)

Bij deze resultaten zijn enkele opmerkingen geplaatst:

- De toevoeging "kaal" aan bepaalde substraattypen duidt op het niet aanwezig zijn van organisch materiaal op de minerale substraatvorm.
- Substraattype nr. 7 (code E□1.19/4/93) is niet tijdens de eigenlijke inventarisatie (9/3/93) van de substraattypen in de Elsbeek gelocaliseerd, maar is in feite bij toeval ontdekt na een periode van hoge afvoer met als gevolg de transport van veel (organisch) materiaal. Het substraat is gevormd door ophoping van organisch achter enkele takken in de nabijheid van het wateroppervlak. Uit bovenstaande volgt dat het substraat nog geen bestaansduur van enige betekenis kon hebben, wat

ook z'n weergave zou kunnen en moeten hebben op de aanwezige macrofauna.

- De gebruikte codes voor aanduiding van het macrofaunamonster geven het volgende weer:
  E = Elsbeek;
  Sp = Springendalse beek;
  □ = macrofaunamonster
  1 = nr. van het monster op de betreffende monsterdatum;
  8/2/93 = datum van monstername.
- Per datum van monstername zijn maximaal drie macrofaunamonsters genomen om de monsters binnen twee weken uit te kunnen werken.
- De minerale substraattypen zijn gekarakteriseerd door middel van korrelgrootte-analyses en organische stofbepalingen. Voor de monsters die volledig uit organisch materiaal bestaan is volstaan met een veldkarakterisering. De benamingen die hiervoor gebruikt zijn hebben de volgende betekenis:
  - bladpakket = opgehoopte of lagen van bladeren; de bladeren, van allochtone oorsprong, zijn nog volledig intact of deels uiteengevallen;
  - grove detritus = kleinere delen van bladeren, bladskeletten, takjes, vruchtdelen, schors, bast, zaadcapsules, delen van hogere planten etcetera;
  - fijne detritus = fijn organisch materiaal, in een vergevorderde staat van ontbinding (bijvoorbeeld uitwerpselen van macrofauna). Vaak amorf, licht bruin van kleur en kleiner dan 0.05 mm (Tolkamp, 1980);
  - slib = zeer fijn (microscopisch klein) organisch materiaal. Deeltjes onderscheid is moeilijk te maken. Kleur is donker bruin als gevolg van het bereiken van de maximale ontbindingsgraad. Merk op dat het onderscheid tussen fijne detritus en slib in veldsituaties soms moeilijk vast te stellen is.
- In die gevallen waar detritus en/of slib de bovenlaag van het substraat vormt, is aan de hand van de indrukken verkregen tijdens de actuele monstername bepaald hoe het onderliggende, niet zichtbare, substraat qua samenstelling en stabiliteit in elkaar steekt.

3.1.5 Macrofauna monsternamemethode

Door de diversiteit aan substraattypen, vaak op een zeer kleine schaal, is het noodzakelijk om gebruik te maken van een monstername-apparaat dat op deze schaal betrouwbare monsters van het gewenste substraat neemt. Een geschikt apparaat daarvoor is de zogeheten micro-macrofaunaschoffel (fig. 4 pag. 18).

Dit monstername-apparaat is gemaakt van roestvrijstaal. De afmetingen bedragen 10 cm breed, 10 cm hoog en 15 cm diep. In de achterkant en in de zijkanten zijn enkele ronde openingen aanwezig die met nylongaas met een maaswijdte van 0.5 mm overtrokken zijn. Een afneembaar handvat is aan de achterzijde bevestigd. Verstelbare vleugels zijn aan beide zijkanten aangebracht met als doel om de bemonsterde diepte te standaardiseren. De algemene aanname is dat macrofauna zich ophoudt in het bovenste laagje van het substraat. Hier vanuit gaande zijn de verstelbare vleugels van de micro-macrofaunaschoffel op een monsternamediepte van 2 cm ingesteld.

De schoffel is onder een hoek van ongeveer 30-45 graden in het substraat gestoken, vervolgens licht achterover gekanteld tot de gewenste diepte bereikt is en de schoffel in een horizontale positie in het substraat is aangebracht. Wanneer dat moment bereikt is,

3.2 Laboratoriumprocedure

3.2.1 Uitzoeken macrofauna

Het uitzoeken van macrofauna is de dag na monstername direct gestart. Binnen 48 uur zijn de drie monsters uitgezocht. Verstorende factoren als mortaliteit onder en eventueel predatie tussen de organismen spelen binnen deze 48 geen rol. Van opgetreden zichtbare mortaliteit van enig omvang gedurende transport en opslag is geen sprake geweest.

Om het uitzoeken te vergemakkelijken is het het substraatmonster (met aanwezige macrofauna) verdeelt in fracties door het uit te spoelen over vier zeven in de volgorde van maaswijdten: 2.0 mm, 0.85 mm, 0.50 mm en 0.30 mm. Dit uitspoelen vindt plaats in het natte laboratorium van het IBN te Leersum in een speciaal daarvoor bestemde spoelbak met zandvang. Het substraatmonster is uit de emmer op de bovenste van de vier zeven gespoeld. Het monster is uitgespoeld tot er geen materiaal meer uit de onderste zeef komt. Tijdens het uitspoelen is er scherp op gelet dat de zeven (voornamelijk de 0.30 mm-zeef) niet verstopt raken waardoor monstermateriaal (en dus macrofauna) verloren kan gaan. De zeeffracties zijn per zeef in witte fotobakken overgespoeld voor het eigenlijke uitzoeken.

Tijdens het uitzoeken zijn enkele diergroepen uitgesplitst over meerdere potjes. Oligochaeta (borstelwormen behorend tot de gelede wormen groep) dienen in formaline 4% te zijn geconserveerd en Hydrachnellae (watermijten behorend tot de geleedpotigen-groep) in een Koenike-oplossing. Koenike-vloeistof bestaat uit twee delen azijnzuur (CH_3COOH), vijf delen glycerine ($\equiv$ glycerol, $C_3H_8O_3$) en drie delen water. De overige organismen zijn in 70% alcohol geconserveerd. Turbellaria (platwormen) en Hirudinea (bloedzuigers) zijn levend gedetermineerd, omdat ze na conservering moeilijk of niet meer te determineren zijn (Higler, 1976; Verdonschot, 1991).

Het zeer grove (minerale) materiaal (bladeren, kiezelstenen, keien, zeer grove detritus) afkomstig uit de bovenste zeef (2.0 mm), is eerst grondig geïnspecteerd op aanwezige macrofauna. Het fijnere materiaal is in kleine porties uitgezocht in witte fotobakken tot alle dieren verzameld zijn. Om de in het laatste deel van een fractie (vaak zand) nog aanwezige macrofauna te verzamelen, is flink schudden van het materiaal een gedegen middel. Na het schudden is direct het waterige deel van het monster afgeschonken in een andere fotobak en uitgezocht. Wanneer dit enkele malen herhaald is, bespoedigt dat het uitzoeken. Als uiteindelijk drie maal een "nul" gevonden is (geen dieren), is dat monster (of deel er van) afgerond.

Het uitzoeken van een substraatmonster is afgesloten met een niet onbelangrijk deel namelijk het etiketteren. Een volledig etiket bevat de volgende informatie:

Inst	: Instelling
coll. nr.	: collectienummer
datum	: datum monstername
plaats	: plaats aanduiding monstername
punt nr.	: monsterpuntnummer
coörd.	: stafkaartcoördinaten
opm. monster	: opmerkingen bij het monster
verz.	: monsternamepersoon
de	: persoon die de determinatie heeft uitgevoerd

3.2.2 Substraatanalyses

Korrelgrootte-analyses zijn uitgevoerd om de substraatdynamiek in het transect te kwantificeren, en voor de karakterisering van de uit minerale bestanddelen bestaande substraatmonsters bestemd voor macrofauna-onderzoek. Voor dezelfde doeleinden, aangevuld met eventuele bevindingen ten aanzien van de voorkeur van macrofauna voor de hoeveelheid organisch stof in het substraat, zijn organische stofbepalingen verricht. Beide bepalingen zijn voor monsters die grotendeels of volledig uit organisch materiaal bestaan niet gedaan. Hier is volstaan met de registratie van de aard en samenstelling van het materiaal tijdens de monstername.

Ter bepaling van de korrelgroottefracties is het substraatmonster gedroogd, gewogen en gefractioneerd. De fracties zijn vervolgens gewogen (bovenwegen Mettler PC 440 op 0.01 g nauwkeurig) en de percentages zijn berekend van de fracties ten opzichte van het gewicht van het gehele substraatmonster.

Tabel 1. De gebruikte korrelgroottefracties met de karakterisering (naar Wenthworth)

	Phi-waarde	Zeefmaat (mm)	Phi index van de fractie	Naam van de fractie	Q1MdQ3 index	substraat-klasse
128-256	-7	lineaal	$\bar{8}$	keien		
64-128	-6	lineaal	$\bar{7}$	keien	$\bar{x}\bar{x}\bar{x}$	1
32-64	-5	lineaal	$\bar{6}$	grote kiezelstenen	$\bar{x}\bar{5}x\&\bar{x}\bar{4}x$	2
16-32	-4	16 (rond)	$\bar{5}$	kleine kiezelste-nen	$\bar{x}\bar{3}x$	3
8-16	-3	8 (rond)	$\bar{4}$	grof grind	$\bar{x}\bar{2}x$	4
4-8	-2	4 (vierk)	$\bar{3}$	mediair grind	$\bar{x}\bar{1}x$	5
2-4	-1	2 (vierk)	$\bar{2}$	fijn grind	$\bar{x}1x$	6
1-2	0	1 (vierk)	$\bar{1}$	zeer grof zand	$\bar{x}xx$	7
0.5-1	1	0.5 (vierk)	1	grof zand	1xx	8
0.250-0.5	2	0.250 (vierk)	2	mediair zand	22x	9
0.125-0.250	3	0.125 (vierk)	3	fijn zand	23x	10
0.063-0.125	4	0.063 (vierk)	4	zeer fijn zand	33x	11
<0.063	5-10	opvangbakje	0	silt en lutum	3xx	12

Het drogen van het monster is in een droogstoof (Heraeus type T340) bij een temperatuur van 105 °C bewerkstelligd. De minimale droogtijd is ongeveer 12 uur waarna het substraatmonster uit de stoof is gehaald en bij kamertemperatuur tot handwarm is afgekoeld. Voordat het fractioneren van het substraatmonster plaats vindt, is eerst gecontroleerd of het daadwerkelijk droog is, afgaande op de mate van klontering door met een puntig voorwerp door het monster te roeren. Deze controle is noodzakelijk, omdat zelfs de aanwezigheid van 1% vocht in het monster adhesieve krachten veroorzaakt tussen deeltjes kleiner dan 1 mm; een gevolg is dat deeltjes gaan klonteren en in de zeef achterblijven die eigenlijk gepasseerd diende te zijn. Scheve verhoudingen tussen de

fracties is het gevolg.

Na het afkoelen en de controle is het substraatmonster gefractioneerd met behulp van ee zeefschudmachine (Haver & Boecker type EML200). De fracties zijn zodanig gekozen dat gebruik is gemaakt van de Wentworthschaal in mm (Gordon et al, 1992; Tolkamp, 1980) (tabel 1 pag. 20).

De voor handelsdoeleinden beschikbare zeven zijn voorzien van maaswijdten die in een meetkundige reeks oplopen en corresponderen met de korrelgrootteklassen als weergegeven in tabel 1. De Wentworthclassificatie is gebruikt, omdat dan de mogelijkheid bestaat om de meetkundige korrelgrootteclassificatie, waarin elke korrelgrootte-fractie tweemaal de waarde van de voorgaande is, om te zetten in een rekenkundige reeks reeks waarvan de termen toe- of afnemen met een gelijk verschil (klasse-interval = 1). De term die hiervoor gebruikt is, is de zogenaamde phi (Φ)-schaal waar phi gelijk is aan de negatieve logaritme (basis 2; $\log_2(2) = 1$) van de korrelgrootte in mm. Omdat de meeste rekenmachines alleen voorzien zijn van een basis 10 of natuurlijke logaritme is vergelijking 1 gebruikt om de fracties weergegeven in mm om te rekenen naar de bijbehorende phi-waarde.

$$\log_a n = \frac{\log_e n}{\log_e a} \rightarrow \log_2 n = \frac{\log_{10} n}{\log_{10} 2} = \frac{\log_{10} n}{0.30103} \qquad (1)$$

voorbeeld:

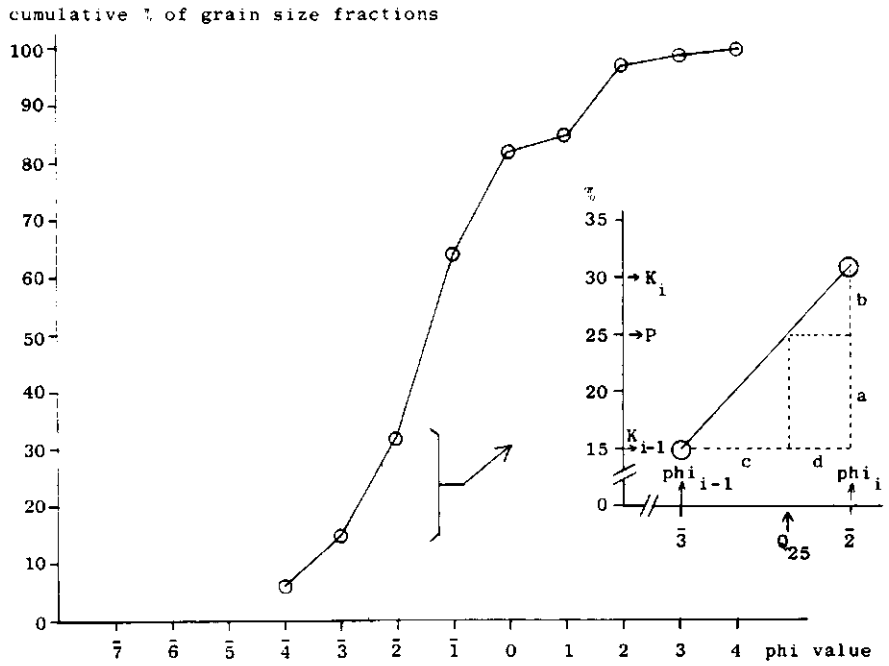
$$-\log_2 0.125 = \frac{-0.90309}{0.30103} = +3$$

Een algemeen gebruik is dat de kleinste zeefmaaswijdte 4Φ (0.063 mm) en de grootste -6Φ (64 mm) is. Dit zou een serie van elf zeven opleveren ware het niet dat de zeef met een maaswijdte van 16 mm (-4Φ) de zeef is met de grootste maaswijdte die aanwezig is. Het aantal zeven is daardoor op negen gekomen. Een serie van zeven zeven, alle voorzien van een edelstalen rand en zeefbodem, is gebruikt om de fijne fractie van een substraat te fractioneren (Gordon et al, 1992).

De zeefschudmachine beweegt het stel zeven (maximaal vijf stuks 0.063-0.125-0.250-0.5-1.0 mm + opvangbakje voor de fractie <0.063 mm) in een horizontale, licht rondgaande beweging. Door periodiek abrupt een pauze in te lassen is het materiaal op de zeven herverdeeld. De tijdsduur tussen deze korte onderbrekingen is ingesteld met de knop voor het instellen van de vibration period (= intervalschakelaar op 50). Overige instellingen zijn de vibration intensity op 8 en de timer op 20 minuten. Na het inschakelen van de timer start het schudproces. Deeltjes groter dan 1 mm zijn met de hand gezeefd (gebruikte zeefmaten: 2 mm, 4 mm, 8 mm en 16 mm met ronde mazen). Na beëindiging van het schudproces zijn de fracties per zeef verzameld en het gewicht per fractie is bepaald. Wanneer de fracties bepaald en weer in het monsterbakje (plantencontainer) gedaan zijn, is een controle uitgevoerd of de som der fracties overeenkomt met het gewicht van het gehele monster dat voor het fractioneren bepaald is. De procedure is afgesloten met het invoeren van de data in een spreadsheet (Symphony) voor bewerking en interpretatie.

Wanneer in de tekst verwezen is naar een bepaalde korrelgroottefractie, dan is van de desbetreffende fractie de laagste waarde bedoeld die overeenkomt met de zeefmaat die de

fractie vastgehouden heeft. Zo geldt bijvoorbeeld voor de 2-4 mm-fractie de 2 mm als de zeefmaat die deze fractie vastgehouden heeft, en voor de 0.063-0.125 mm-fractie de 0.063 mm als de bijbehorende zeefmaat. Soms is in plaats van de fractie de phi-eenheid gebruikt. Dus voor phi = 2 is de corresponderende fractie de 2-4 mm-fractie (tabel 1 pag. 20).



Figuur 5. Voorbeeld van een cumulatieve frequentie curve waarin de fracties als percentage tegen de -log$_2$ van de korrelgrootte in mm (phi-waarde) zijn uitgezet. Het inzetje geeft de berekening van een kwartielwaarde (hier Q25) met behulp van lineaire interpolatie van de cumulatieve percentages naar het volgende hele phi-getal weer. Er is gebruik gemaakt van de formule a/(a+b) = c/(c+d); | c+d | = 1 (Tolkamp, 1980).

Voor de beschrijving van sedimenten kan gebruik worden gemaakt van weergave van de dominante korrelgroottefractie of van de massaverhoudingen tussen de korrelgroottefracties. De resultaten kunnen ook weergegeven worden in een histogram waar voor elke fractie het percentage van het totaal wordt gegeven. Maar wanneer substraatmonsters met elkaar vergeleken moeten worden, wat hier het geval is, is de weergave in een cumulatieve frequentie curve, waarin de fracties met phi-waarden zijn aangeduid, de beste methode (Gordon et al, 1992). Uit deze cumulatieve frequentie curves zijn de eerste kwartielwaarde (Q25 of Q1), de tweede kwartielwaarde (de mediaan, Q50 of Md) en de derde kwartielwaarde (Q75) afgeleid. De definitie van het kwartiel is als volgt: elk van de waarden die de helften, door de mediaan gevormd, middendoor delen (van Dale, 1984). Met deze drie kwartielwaarden is het mogelijk om sedimentmonsters nauwkeurig te karakteriseren en te vergelijken. Het is overigens ook mogelijk om de drie kwartielwaarden met de onderstaande formule (2), die afgeleid is van de cumulatieve sediment curve, te berekenen (Tolkamp, 1980) (fig. 5 pag. 22).

$$Q_p = phi_{i-1} + \frac{p - K_{i-1}}{K_i - K_{i-1}} \qquad (2)$$

waarbij:
p = 25, 50 of 75 dat staat voor Q25, Q50 of Q75 (gebruikt als Q1, Md en Q3 wanneer de waarden afgerond zijn);
K_i = cumulatieve percentage van die korrelgrootte waar de 25%, 50% of 75% limiet is overschreden;
K_{i-1} = cumulatieve percentage van die korrelgrootte voordat de 25%, 50% of 75% limiet is overschreden.Op de beschreven twee wijzen kan de Q1MdQ3-index bepaald worden (Tolkamp, 1980). In dit onderzoek zijn de Q1MdQ3-indexen met behulp van de cumulatieve frequentie curves bepaald. In enkele gevallen is ter vergelijking met beide methoden (grafiek en formule) gewerkt.

In deze index is de waarde 0 gereserveerd voor de fijnste fractie (silt en lutum) in plaats van de waarde 10, en alle phi-waarden groter dan 0 zijn vervangen door het daarop volgende gehele getal. Dit houdt in dat volgens dit systeem de fractie-index (de vervangende phi-waarde) voor de fracties groter dan 1-2 mm is berekend aan de hand van de negatieve logaritme (basis 2; $\log_2$) van de hoogste grenswaarde van een fractie (d.i. voor de 4-8 mm-fractie gedaan met de waarde 8). Voor de fracties kleiner dan 1 mm is de berekening van de phi-waarde met de laagste grenswaarde van een fractie (d.i. voor de 0.125-0.250 mm-fractie de waarde 0.125) verricht.

3.2.3 Determineren van macrofauna

Lege huizen van slakken (Gastropoda) en kokertjes van kokerjuffers/schietmotten (Trichoptera) zijn wel verzameld (voor controle onder de microscoop), maar niet in de resultaten verwerkt. Na nauwkeurig onderzocht te zijn op de aanwezigheid van dieren zijn de lege huisjes en kokertjes voor verder onderzoek buitengesloten. Delen van organismen zijn wel onderzocht en waar mogelijk op naam gebracht maar niet meegenomen in de resultaten. Dit verschijnsel is waargenomen onder de hoofdgroepen Crustacea (kreeftachtigen), Gastropoda (slakken), Coleoptera (kevers en keverlarven) en Oligochaeta (borstelwormen).

De determinatie is verricht met de meest recente sleutels en beschrijvingen van macrofaunagroepen. Tabel 2 (pag. 24) geeft het niveau aan waarop de diverse macrofaunagroepen zijn gedetermineerd.

Voor determinatie is een stereomicroscoop gebruikt (Wild Heerbrugg) met vergrotingswaarden van 6, 12, 25 en 50 x 10 (respectievelijk vergrotingen van 60 x, 120 x, 250 x en 500 x). Het te veel aan alcohol in het conserveringsflesje met macrofauna, is eerst afgeschonken. Vervolgens is het overblijvende deel aan alcohol met alle macrofauna licht geschud en in kleine hoeveelheden overgeschonken in een petrischaaltje (ϕ 4 cm) voor determinatie. De diverse hoofdgroepen zijn vervolgens van elkaar gescheiden en na geteld te zijn verzameld in kleine conserveringsbuisjes. Tijdens dit scheiden en tellen van individuen, waarbij elk individu scherp is bekeken, zijn aantekeningen gemaakt met betrekking tot determinatie van individuen tot op familie-, geslacht- of soortniveau. Deze aantekeningen zijn in een later stadium weer bruikbaar bij de interpretatie van substraat-macrofaunarelaties waar de verschillen tussen soorten onderling (binnen één familie of geslacht) reeds ver uit elkaar kunnen liggen.

Tabel 2. Determinatieniveau voor de diverse macrofaunagroepen

macrofauna	determinatieniveau				
(klasse/orde)	klasse	orde	familie	geslacht	soort
Tricladida					x
Oligochaeta	x				
Hirudinea					x
Diptera		x[1]			
Amphipoda				x	
Isopoda				x	
Hydrachnellae		x			
Plecoptera		x			
Ephemeroptera		x			
Trichoptera		x			
Gastropoda	x				
Megaloptera					x
Collembola		x			
Araneida		x			
Coleoptera		x			

[1] wanneer veel organismen van één familie in een monster zaten is daar een aantekening van gemaakt

De indeling van de aquatische macrofauna is als volgt:

	voorbeeld: 1	2
PHYLLUM	ANNELIDA	ARTHROPODA
klasse	Oligochaeta	Insecta
subklasse		
orde		Diptera
suborde		
familie	Tubificidae	Simuliidae
subfamilie		
geslacht	Tubifex	Simulium
soort	Tubifex Tubifex	Simulium ornatum
ondersoort		
variëteit		

3.2.4 Sedimentvrachtbepaling

De sedimentvracht is gedefinieerd als de massa van het residu na filtratie van een liter (beek)water over een filter met een retentie van 7 μm. De sedimentvracht is uitgedrukt in gram/liter (beek)water.

De procedure start met het vouwen van een filter (Whatman nr. 52, ϕ 240 mm) tot een trechtervorm. Het filter is vervolgens op 0.01 gram nauwkeurig gewogen op een bovenweger (Mettler PC 440) en in een glazen trechter gedaan. De trechter met filter is

op een hoog model bekerglas (1 liter) geplaatst. Het watermonster is goed geschud, 1 liter is precies afgemeten en in delen over het filter gegoten. Het bekerglas, dat geijkt is met behulp van een 1 liter maatkolf, dient enige malen nagespoeld te zijn om ook werkelijk al het materiaal mee te nemen in het filtratieproces. Is het totale monster gefiltreerd dan het filter met inhoud dichtgevouwen en enkele dagen (drie tot zes) ter opdroging weg zetten. Tijdens dit drogen is minstens eenmaal per dag het gewicht van het filter met sediment bepaald. Op het punt aanbelandt, dat het gewicht constant blijft (meestal na vijf dagen) is dit als eindgewicht genoteerd.

Voor beide beken is elke twee weken een monster voor bepaling van de sedimentvracht genomen. De monsternamedata zijn: 25/1/1993, 8/2/1993, 22/2/1993, 8/3/1993, 22/3/1993, 5/4/1993 en 19/4/1993.

3.2.5 Organische stofbepaling

Voor de karakterisering van substraatmonsters ten behoeve van macrofauna-onderzoek en onderzoek van substraatdynamiek is het organische stofgehalte bepaald. NEN 5754 is als leidraad gehanteerd. Voor gebruik van deze norm moet het gehalte aan delen kleiner dan of gelijk aan 2 μm (in % m/m) en het gehalte aan vrij ijzer uitgedrukt als Fe_2O_3 (in % m/m) indien dit gehalte hoger is dan 5%, bekend zijn. Deze gegevens zijn nodig om in een later stadium, bij de berekening van het gehalte aan organisch stof (W_{os}) correcties toe te kunnen passen. Het is noodzakelijk om voor het aan kleimineralen en aan vrij ijzer (Fe_2O_3) gebonden water te corrigeren, omdat dit water bij de voorbehandeling in de stoof (bij 105 °C, reeds verricht voor de korrelgrootte-analyse) niet verloren gaat.

De werkwijze is als volgt:

- gloeien van de gloeischalen + deksels (2 uur) --> afkoelen tot handwarm --> verder afkoelen in exicator (45 minuten) --> massa bepalen (m_0)
- breng circa 5.00 gram van het stoofdroge monster over in de gloeischaal --> massa bepalen (m_2)
- gloeischaal + monster (en deksel) in een snelverasser (type SVD 95) plaatsen en 3 uur laten gloeien bij een temperatuur van 550 °C --> gloeischaal + monster (en deksel) afkoelen tot handwarm --> verder afkoelen in exicator (45 minuten) --> massa bepalen (m_3)

Vervolgens is het gloeiverlies (W_{gv}) berekend met de volgende formule:

$$W_{gv} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_0} \times 100\% \qquad (3)$$

De berekening van het gehalte aan organisch stof gaat als volgt:

$$W_{os} = W_{gv} - 0.07 \times \rho(\leq 2\mu m) - 0.12 \times \rho(Fe_2O_3) \qquad (4)$$

Met het deel [- 0.07 x $\rho(\leq 2\mu m)$ - 0.12 x $\rho(Fe_2O_3)$] uit de formule als correctieterm. Uit de korrelgrootteanalyses blijkt, dat de fractie < 0.063 mm (63 μm) voor alle monsters waarden geeft die verwaarloosbaar zijn voor verwerking in de formule. Voor twee substraatmonsters zijn waarden verkregen die voor de correctie in aanmerking komen. De grootste waarde van de 63 μm-fractie is 12% (m/m); de op één na grootste waarde van de 63 μm-fractie is 8.9% (m/m). Deze waarden duiden op het belang van de correctie. Maar

er moet niet vergeten worden dat het om de 2 μm-fractie gaat en niet om de 63 μm-fractie. De vraag is dan hoeveel van het bekende gewicht van de 63 μm-fractie ingenomen is door de 2 μm-fractie. Wanneer dit maximaal 1% is van de massa (!) van de 63 μm-fractie (en dus niet van de massafractie in %) is toepassing van een correctie niet nodig.

Correctie voor het ijzergehalte is niet nodig. Beken als de Springendalse beek en de Elsbeek worden niet of nauwelijks gevoed door ijzerhoudend (kwel en/of regen) water. Uit onderzoek van ten Cate & Schmidt, (1985) blijkt het ijzergehalte (Fe^{3+}) in de Springendalse beek te variëren tussen 0.00 en 0.200 mg/L en in de Elsbeek tussen 0.100 en 0.375 mg/L. Het gloeiverlies bepaalt direct het organische stofgehalte.

3.3 Gegevensverwerking

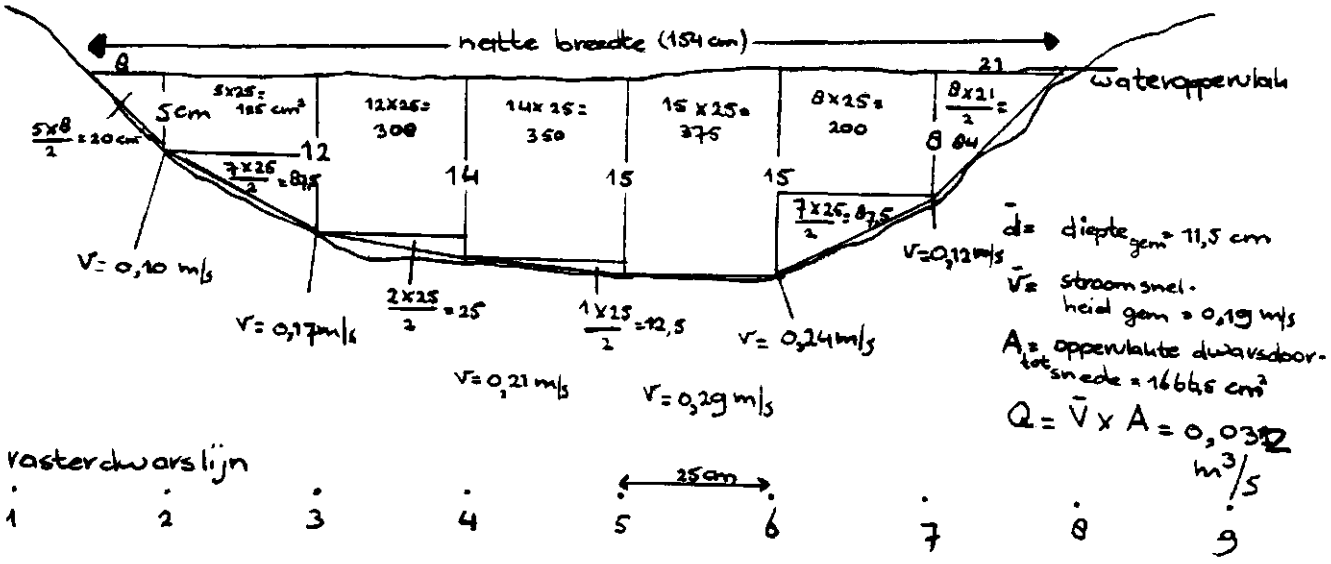
De gegevens afkomstig van de veld- en laboratoriumwerkzaamheden zijn verwerkt met behulp van een spreadsheetprogramma (Symphony). Elke afzonderlijke groep van gegevens zoals substraatpatroonopnamen, dieptemetingen, stroomsnelheidsmetingen, sedimentvrachtbepalingen, organische stofbepalingen, korrelgrootteanalyses, gegevens van determinatie (soorten en aantallen) en de veldkarakterisering van de substraattypen is in een apart bestand verwerkt. De bestandsnaam refereert rechtstreeks naar de inhoud ervan. Tevens is in de bestanden een scheiding aangebracht tussen gegevens afkomstig van de Springendalse beek en gegevens afkomstig van de Elsbeek, wat eveneens terugkomt in de naamgeving van de bestanden.

De belangrijkste bewerkingen bestonden voor de korrelgroottefracties uit de omzetting van ingevoerde gewichten in grammen naar de bijbehorende cumulatieve frequentie curves en vervolgens de bepaling van de Q1MdQ3-index. Met de Q1MdQ3-index is uiteindelijk een mineraal substraatmonster gekarakteriseerd. Dieptegegevens, opgemeten van waterspiegel tot beekbodem, zijn op basis van de veldformuliergegevens ingevoerd en omgezet tot dieptegegevens ten opzichte van het ijkpunt, zodat vergelijking van gegevens mogelijk is. De waterspiegel fluctueert immers ook.

De stroomsnelheid, in het veld met een Ott-stroomsnelheidsmeter (type C1 10.152) die het aantal omwentelingen van het schoepje (3 mm of 5 mm ϕ) telde, is met formules (vermeld in de specificatiegegevens van de stroomsnelheidsmeter, bijlage 4) omgerekend van het aantal omwentelingen per 50 seconden naar de stroomsnelheid in meter/seconde (m/s). De debietwaarden zijn verkregen zoals in figuur 6 (pag. 27) is uiteengezet. Voor dit model, waarin de vorm van de beekbodem een rol speelt in de uitkomst van het oppervlak van de dwarsdoorsnede (A) van de beek, is welhaast een exacte benadering te geven door het rechthoekmodel als berekeiningsmethode te nemen. Hiervoor is een gemiddelde diepte en een natte breedte van de beek nodig. Deze waarden zijn tijdens de veldprocedure verzameld. Met deze gegevens is het oppervlak (A) berekend. In combinatie met de stroomsnelheidsmetingen (V) is het debiet bepaald met de formule $Q = V \times A$ met Q in kubieke meters per seconde (m^3/s), V in meters per seconde (m/s) en A in vierkante meters (m^2).

Macrofaunagegevens zijn in een matrixvorm uiteengezet. De andere optie bestond uit het weergeven in staafdiagrammen. Als een nadeel kwam naar voren, dat ten opzichte van een in aantal dominante groep de overige groepen in een staafdiagram wegvallen. Voor weergave van macrofauna-aantallen is juist het duidelijk visualiseren van de exacte aantallen een vereiste. Tevens is voor de bespreking de matrixvorm overzichtelijker,

omdat regelmatig informatie aangehaald wordt uit de matrix.



Figuur 6. Berekening van het debiet

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 Substraatbedekkingspercentages

De resultaten van de substraatbedekkingspercentages zijn per opnamedatum voor het gehele transect in tabel 3 en 4 weergegeven.

Tabel 3. Percentage bedekking per substraattype in de Elsbeek

substraat-type	datum opname					
	8/2/93	22/2/93	8/3/93	22/3/93	5/4/93	25/1&19/4/93
zand	70.0	81.1	39.1	31.1	17.3	GEEN
mediair grind	11.6	4.2				ZICHT
grof grind		6.3				OP DE
fijn grind	2.7	2.1	10.0	6.2	2.3	BEEK-
grove detritus	1.2	2.9	0.9		5.6	BODEM
fijne detritus	0.6	1.1			10.1	ALS
detritus	2.4	0.3				GEVOLG
slib	2.3		43.5	55.0	62.3	VAN
blad		2.3	4.5	1.6		DE
takken		0.5		0.4	0.6	HOGE
wortels	6.5	2.1		2.9	1.3	AFVOER
steen	0.8					
takjes&bladeren				2.7		
vegetatie	2.0	1.3	2.0	0.2	0.6	
totaal bedekkings-oppervlak (in cm^2)	41.400	38.625	34.368	34.201	33.314	

Voor beide beken geldt, dat het substraattype zand overheerst. In de Elsbeek is als gevolg van de lage afvoer vanaf 8/3/93 een afzetting van slib zichtbaar. Dit verschijnsel is verder stroomafwaarts van het transect ook duidelijk waarneembaar en houdt aan (met een toename) tot de volgende periode van hoge afvoer (19/4/93) wanneer het slib weer is afgevoerd. Het slib bedekt het zand en grind. Wanneer de stroomsnelheid laag is als gevolg van een lage afvoer neemt in het algemeen het oppervlak aan bezinksel van organisch materiaal toe, hoewel dit voornamelijk uit slib bestaat omdat hele bladeren of delen daarvan niet aanwezig zijn in de beek tijdens deze periode van het jaar (eind van de winter en begin van de lente). De verwachte toename van fijne en grove detritus tijdens de periode van lage afvoer blijft dan ook uit. Op 5 april is een toename van fijne en grove detritus te zien, wat een interpretatiefout kan zijn.

Gerealiseerd moet worden dat het slib op alle substraattypen aanwezig is en het fijne en grove detritus onzichtbaar maakt bij de schatting van de substraatbedekkingspercentages. Neemt de stroomsnelheid toe dan vindt eerst transport van het slib plaats waardoor het onderliggende fijne en grove detritus zichtbaar wordt.

De diversiteit aan substraattypen varieert voor de 5 opnamedata van 6 tot 11 verschillende typen. De variatie in grootte van het opnameoppervlak is voor de Elsbeek groter als gevolg van de sterk wisselende afvoer. Gevolg is het verschil van de totale bedekking door de substraattypen. De variatie genomen over de hele opnameperiode is voor de Elsbeek ruim 8.000 cm^2 en voor de Springendalse beek ruim 4.000 cm^2. In deze cijfers is de hoge afvoer op 19/4/93 niet verwerkt, omdat er transport van zeer veel materiaal plaats had en de beekbodem niet zichtbaar was.

Tabel 4. Percentage bedekking per substraattype in de Springendalse beek

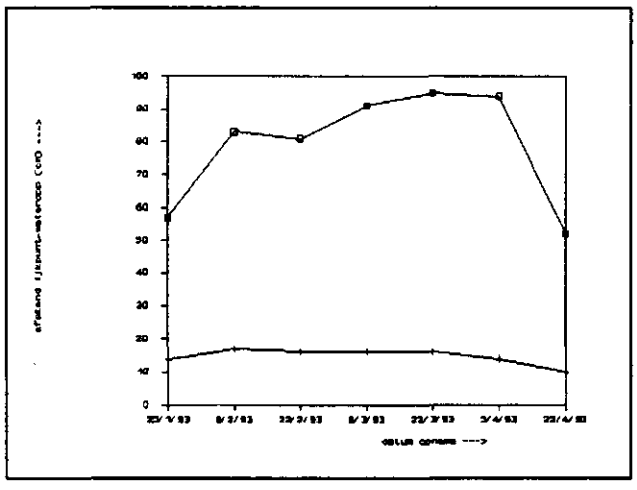
substraat-type	datum opname					
	8/2/93	22/2/93	8/3/93	22/3/93	5/4/93	19/4/93
zand	79.0	70.0	62.4	60.1	70.6	70.6
mediair grind						
grof grind	0.5	2.0	0.7			
fijn grind				12.9		
detritus	0.1	2.1	7.6	1.4	2.7	5.0
blad	2.0	9.7	17.8	5.4	11.1	8.1
takken	2.5	5.3	1.8	2.6	1.1	7.1
wortels	2.3	0.1		3.9	3.2	2.9
steen						
takjes&bladeren	13.5	10.2	9.8	13.8	11.3	6.3
vegetatie						
totaal bedekkings-oppervlak (in cm^2)	22.276	24.407	23.162	26.708	24.944	25.135

In de Springendalse beek zijn geen grote verschuivingen of verschillen in de opnameperiode van substraattypen te zien. Op verschillende data is wel fijne detritus en geen grove detritus aanwezig (en vice-versa); waarschijnlijk is dit geen gevolg van een gewijzigd afvoerpatroon en dientengevolge een wijzigend erosie- en sedimentatiepatroon, maar ontstaan door de verschillende interpretatie in het veld door de diverse personen. Het vóórkomen van slib is gedeeltelijk terug te voeren op hetzelfde verschijnsel; gedeeltelijk, omdat op 8/3/93 toch een toename van organisch materiaal was waar te nemen (ruim 4.5% slib), een gevolg van de relatief lage afvoer rond deze opnamedatum. Dit heeft een geringe slibafzetting tot gevolg. Daarom is in de tabel het fijne detritus, grove detritus en het slib onder één kopje namelijk detritus geplaatst. De overige substraattypen vertonen een constant oppervlak. De diversiteit aan substraattypen varieert van 6 tot 8 verschillende

typen in de Springendalse beek. Hierin zit een kleinere variatie dan in de Elsbeek. Dit verschil in aantal zegt overigens weinig, omdat het aantal waargenomen substraattypen afhankelijk is van de waarnemer in kwestie. Een verschil in het aantal typen tussen beide beken zou als gevolg van het relatief constante afvoerpatroon in de Springendalseeek en het meer dynamische afvoerpatroon in de Elsbeek ontstaan kunnen zijn. De substraattypen zijn aan minder wisselingen onderhevig (stabielere situatie) en de kans op de vorming van verschillende substraattypen is kleiner.

Uit de gegevens blijkt tot en met 22/3/93 een vorm van grind aanwezig te zijn (fijn of grof). Op 22/3/93 is veel fijn grind (meer dan 12%) aanwezig; onder deze 12% is misschien een deel grof grind aanwezig, wat gewoonweg te weinig is geweest om in het veld mee te nemen alszijnde meer dan 10% bedekkingsoppervlak van het sjabloon (15 x 15 cm). Desondanks dit is een periode van hoge afvoer nodig geweest om het grind "bloot" te leggen. Uit de debietgegevens (fig. 9) blijkt een periode van relatief hoge afvoer vooraf te gaan aan het ontstaan van het grindbed. Het debiet fluctueert tussen 0.036 m^3/s op 8/3/1993 en 0.029 m^3/s op 22/3/1993 en laat een stijging zien vanaf 8/2/1993. Het eroderende karakter is toegenomen en heeft de op het grind aanwezige kleinere deeltjes getransporteerd. De afname van fijne detritus en slib, en de toename van zand versterken deze stelling.

4.2 Afvoerpatroon en sedimentvracht

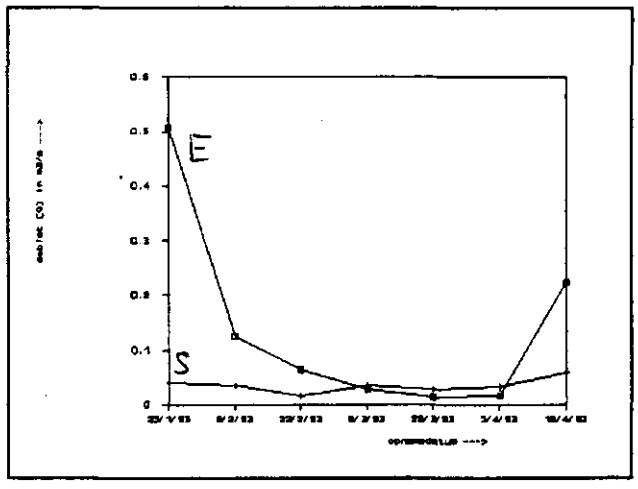


Figuur 7. Fluctuaties in het niveau van het wateroppervlak voor de Springendalse beek en de Elsbeek

Uit deze grafiek is duidelijk het verschil in variatie van het afvoerpatroon af te lezen. De Springendalse beek heeft een veel constanter afvoerpatroon dan de Elsbeek. Voor de Springendalse beek is de variatie (in de afstand van ijkpunt tot het wateroppervlak) 7 cm over een periode van vier maanden. De variatie voor de Elsbeek is 43 cm met twee maal een zeer lage afvoer (25 januari 1993, 57 cm en 19 april 1993, 52 cm). Dat dit verschil zijn weerslag heeft op de beekdallevensgemeenschappen (feitelijk de habitatstructuur, -samenstelling en het mozaïekpatroon) is zeker.

De debietwaarden bevestigen het verschil in hydrologische dynamiek tussen de twee beken (debietgrafiek fig. 8). Een discrepantie tussen de twee grafieken is waar te nemen wanneer de fluctuatie in waterniveau wordt vergeleken met de variatie in debiet op gelijke opnamedata. Het debiet van de Springendalse beek neemt tussen 8/2/1993 en 22/2/1993 af van 0.035 m^3/s naar 0.017 m^3/s. Het waterniveau neemt eveneens af (van 17 naar 16 cm ten opzichte van het ijkpunt). Vervolgens neemt het debiet op 8/3/1993 toe van 0.017 m^3/s naar 0.036 m^3/s, dat ruim een verdubbeling is, terwijl het waterniveau een constante waarde van 16 cm (ten opzichte van het ijkpunt) te zien geeft waar een duidelijke verhoging verwacht zou mogen worden. Een sluitende verklaring (afleesfouten buitengesloten) is niet te geven. Een ander opvallend feit, en tegenstijdig aan het voorgaande is, dat tussen de twee data waarop sprake is van een "piekafvoer" (25/1/1993 en 19/4/1993) een verschil van 4 cm in waterniveau bestaat. De twee piekafvoerwaarden geven een verschil in debiet van 0.017 m^3/s. Deze waarde komt toevalligerwijs overeen met de verdubbeling in debietwaarde in het voorgaande, alleen nu geeft de stijging van het waterniveau een reële waarde te zien.

At random zijn voor beide beken enkele controles uitgevoerd ten aanzien van de afwijking in waarden tussen de twee verschillende berekeningsmethoden van het debiet (3.3.1). Afwijkingen in de orde van grootte van 5.0 * 10^{-4} m^3/s (0.5 liter/seconde) zijn daaruit voortgekomen.



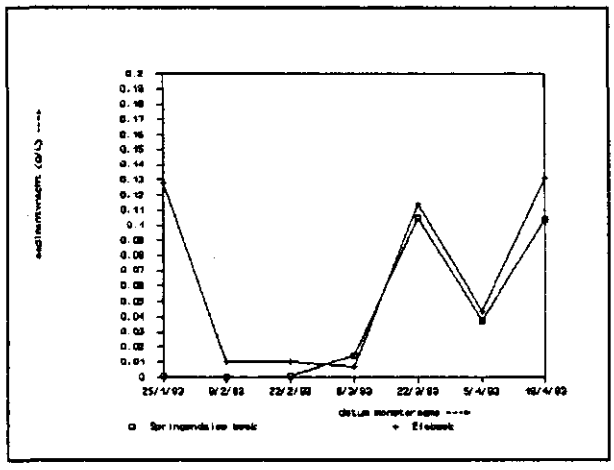
Figuur 8. Debietverloop voor de Springendalse beek en de Elsbeek

Op 25 januari is het debiet voor de Elsbeek ruim 12 keer zo groot als op de overeenkomstige datum voor de Springendalse beek. Na een relatieve periode van droogte naderen de debietwaarden van beide beken elkaar, tot uiteindelijk het debiet van de Elsbeek op drie opnamedata onder de waarden van de Springendalse beek duikt. Het debiet voor de Elsbeek schommelt dan rond waarden van 0.015 m^3/s (22/3/1993) tot 0.028 m^3/s (8/3/1993), met waarden maximaal een factor 30 kleiner dan op 25 januari. Het debiet voor de Springendalse beek fluctueert tussen een "piekafvoer"waarde van

0.059 m^3/s (19/4/1993) en een "dalafvoer"waarde van 0.017 m^3/s (22/2/1993). Een factor 4 is hier het verschil tussen minimum en maximum.

De behandeling van het filter, zowel voor als na de filtratie, als voorgeschreven in Gordon et al, (1992) waarbij het filter voor en na filtratie in de stoof (bij 105 °C) wordt gedaan leverde geen betrouwbare informatie op. Het is zelfs regelmatig voorgekomen, dat het filter met sediment een lager gewicht te zien gaf dan het "lege" filter. Van deze methode is afgezien en het filter is voor en na filtratie niet behandeld in de oven; dit geldt voor de resultaten vanaf 22/2/1993. Voor deze datum zijn slechts enkele waarden verzameld. Ontbrekende waarden zijn vervangen door een laagste grenswaarde (0.01 g/ℓ voor de Elsbeek; 0.001 g/ℓ voor de Springendalse beek) gerelateerd aan een verwachte hoeveelheid (op basis van de verkregen getallen) sedimentvracht. Voor de Springendalse beek is op 25/1/1993 een vervangende waarde ingevuld; op 8/2/1993 en 22/2/1993 is voor de Elsbeek een vervangende waarde ingevuld.

De grafiek van de sedimentvracht laat een onlogisch verloop van de sedimentvracht zien mede door de gewijzigde behandelingsmethode van het filter na enkele proefexperimenten. Gerelateerd aan de debietwaarden uit figuur 9 pagina 28 lopen de waarden voor de Elsbeek op 25/1/1993 en 19/4/1993 parallel aan de piekafvoer. Een piekwaarde in de sedimentvracht op 22/3/1993 voor beide beken is onverklaarbaar. Het debiet voor beide beken rond deze datum is laag (circa 0.020 m^3/s) en een dergelijke toename in sedimentvracht lijkt niet reëel. Voor de Springendalse beek mag op basis van het relatief constante afvoerpatroon een dergelijk patroon terug worden gezien in het verloop van de sedimentvracht. Maar daar is geen sprake van. De waarden voor de sedimentvracht van beide beken lijken elkaar te volgen.



Figuur 9. Verloop van de sedimentvracht voor de Springendalsebeek en Elsbeek

4.3 Macrofauna-substraatrelaties voor de Springendalse beek en de Elsbeek

De resultaten van de macrofaunadeterminatie staan in tabel 5, 6 en 7. Voor de Springendalse beek zijn de substraatmonsters bestaande uit minerale delen of organisch materiaal van elkaar gescheiden. Dit dient voor de overzichtelijkheid. In de tabel staan onder het substraattype met code de classificatie van het minerale substraattype aan de hand van Q1MdQ3-index en het organische stofgehalte in procenten. De aanduiding "nvt" (niet van toepassing) verwijst naar het ontbreken van mineraal materiaal in het substraattype en dientengevolge de classificatie aan de hand van de index.

Tabel 5. Groepen en aantallen van macrofauna in organische substraatmonsters afkomstig uit de Springendalse beek

macrofauna groepen	substraattype met monstercode					
	Sp□1.8/2 fd/gd 334, 7.02%	Sp□2.8/2 slib/fd op st za 333, 0.82%	Sp□2.22/2 bladpakket nvt	Spo1.22/2 fd-gd poeltje nvt	Sp□1.9/3 fd op st za 334, 2.61%	Sp□3.9/3 slib op st za 333, 3.74%
Dugesiidae	2	7	17	12	1	0
Gammaridae	15	116	55	669	17	25
Plecoptera	3	6	169	1	1	1
Diptera	118	13	38	16	42	19
Araneida	1	0	0	0	0	0
Trichoptera	4	1	4	4	0	2
Coleoptera	5	0	2	0	1	0
Oligochaeta	9	0	1	0	27	4
Collembola	1	0	0	0	1	0
Sialidae	0	0	0	1	0	0
Erpobdellidae	0	0	0	1	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	2	0
	158	143	286	704	92	51

verklaring van de gebruikte afkortingen:
fd = fijne detritus; gd = grove detritus
fg = fijn grind; gg = grof grind
st za = stabiel zand
ma-ze = matig tot zeer
org.mat. = organisch materiaal

De aanwezigheid van Dugesiidae (platwormen; voornamelijk Turbellaria, Dugesiidae, Dugesia gonocephala) in de natuurlijke beekbovenloop van de Springendalse beek geeft de zeer goede gesteldheid van de beek aan. Deze soort is een indicatororganisme voor ongestoorde beken en is beperkt in vóórkomen tot Midden- en Zuid-Limburg en Springendal in Twente (Higler & Sinkeldam, 1981). In de Elsbeek komen ze niet voor. Verder is de aanwezigheid van Dugesiidae in substraattypen bestaande uit organisch materiaal

dominant, hoewel 9 individuen in het minerale substraat van zeer grof grind en keien vóórkomen. Het zijn predatoren die een belangrijke rol spelen ten aanzien van prooidieren als wormen (Oligochaeta), insektenlarven (voornamelijk Chironomidae) en Gammarus (Higler & Sinkeldam, 1981).

Tabel 6. Groepen en aantallen van macrofauna in de minerale substraatmonsters afkomstig uit de Springendalsebeek

macrofauna-groep	substraattype met monstercode		
	Sp□3.8/2 stabiel za 223, 0.61%	Sp□3.22/2 ma-ze gg 542, 2.17%	Sp□2.9/3 ze gg-kei 555, 5.15%
Dugesiidae	0	1	9
Gammaridae	0	0	1
Plecoptera	0	3	9
Diptera	6	18	40
Araneida	0	0	0
Trichoptera	0	0	3
Coleoptera	0	0	0
Oligochaeta	0	0	1
Collembola	0	0	0
Sialidae	0	0	0
Hirudinea	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0
	6	22	63

In het algemeen bezitten de substraattypen (deels) bestaand uit organisch materiaal de grootste diversiteit en aantallen aan macrofauna. Dit gaat grofweg op voor beide beken. Rijkdom aan soorten en aantallen neemt globaal toe voor de substraatvolgorde zand, grind, stenen, slib, detritus en blad. Aantallen van honderd of meer individuen van één groep komen in de Springendalse beek alleen voor in organische substraattypen. Uitschieters zijn de 669 van het geslacht Gammarus (kreeftachtigen, Crustacea, Amphipoda, Gammaridae) in het volledig uit fijne en grove detritus bestaande monster (Sp□1.22/2/93) uit de Springendalse beek, en de 169 Plecoptera (steen- of oevervliegen) in het bladpakket (Sp□2.22/2). Voor de Elsbeek zijn de 152 en de 201 Oligochaeta (borstelwormen) in respectievelijk monsters bestaande uit een slib + fijne detrituslaag op mineraal materiaal (E□1.22/3/93) en een complex van wortels met vegetatie verankerd in stabiel zand aangemengd met fijn grind (E□2.5/4/93) uitschieters.

In de Springendalse beek geeft het aantal van 669 van het geslacht Gammarus (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae) in het substraatmonster bestaande uit geaccumuleerde fijne en grove detritus in een poeltje met lichte doorstroming (Sp□1.22/2), de voorkeur van de soorten van het geslacht Gammarus aan ten aanzien van bladdelen (en ander organisch

materiaal) met de aanwezige microflora en bacteriën als voedsel (ook Sp□2.8/2 slib en fijne detritus, Sp□2.22/2 bladpakket, Sp□3.9/3 slib). Tevens zijn beschutte plaatsen met een lage stroomsnelheid favoriet. Soorten van het geslacht Gammarus zijn verknippers van bladdelen en leven in feite van de microflora en bacteriën die op de afgestorven bladdelen leven. Hoe verder de bladdelen verknipt zijn, hoe groter het oppervlak is voor bezetting door de microflora en bacteriën. Een gevolg is een toenemend voedselaanbod en een groeiend aantal Gammarus.

Wanneer dergelijke substraattypen niet aanwezig zijn, zoekt Gammarus interstitiële ruimten, speciaal die ruimten waar detritus is opgehoopt, in minerale substraattypen op waar de stroomsnelheid is gereduceerd. Hieronder vallen minerale substraattypen bestaande uit korrelgroottefracties groter dan 8 mm (Tolkamp, 1980).

In de Springendalse beek is het fijne detritus en grove detritus substraatmonster, geaccumuleerd in een poeltje met zeer lichte doorstroming, het monster met het grootste aantal aan macrofauna (totaal 704). Het substraattype bevat een diversiteit van 7 macrofaunagroepen, wat refereert naar de goede milieuomstandigheden. Gammarus levert een bijdrage van 95% aan het totale aantal.

Een groot aantal Plecoptera (169) is in de Springendalse beek alleen in een substraattype als een bladpakket aangetroffen. Plecoptera (voornamelijk Nemoura cinera (Higler & Sinkeldam, 1981)) prefereren een zeer zuurstofrijke omgeving. Bladpakketen zijn daarvoor de aangewezen plaats, omdat er een constante doorstroming aanwezig is en de zuurstof volledig ten goede kan komen aan de Plecoptera. Het soort speelt een belangrijke rol bij de omzetting van bladeren (shredder). In het algemeen zijn bladpakketten gevormd in aanwezigheid van een hoge stroomsnelheid, dat weer zorgt voor voldoende zuurstof toevoer.

In de Elsbeek bevat het substraat bestaande uit een complex van levende wortels met vegetatie verankerd in het stroombed het grootste aantal Plecoptera, namelijk 22. De zuurstofhuishouding en de stabiliteit van het substraat zijn hier waarschijnlijk debet aan. Dit substraat is overigens het substraat in de Elsbeek met de grootste diversiteit en rijkdom (11 macrofaunagroepen en 385 exemplaren) aan macrofauna.

Hirudinea (bloedzuigers) is met 1 exemplaar vertegenwoordigd in een substraatmonster bestaande uit fijne en grove detritus (Sp□1.22/2). Het gaat om het soort Erpobdella octoculata (Hirudinea, Erpobdellidae), dat dikwijls in stromende wateren is aangetroffen, bij verontreiniging zelfs in grote aantallen. Ze concentreren zich op plaatsen waar veel prooidieren makkelijk te vergaren zijn. Substraatvoorkeur gaat uit naar bladophopingen langs oevers en grotere stenen (Higler & Sinkeldam, 1981).

Het monster Sp□2.9/3 bestaande zeer grof grind, kiezelstenen en keien heeft als dominante groep Diptera. Binnen de Diptera-groep is de dominante soort Simulium sp. (Diptera, Simulidae, Simulium). Simulium is in staat om een hoge stroomsnelheid te weerstaan door zich vast te hechten aan het onderliggende harde substraat. Het voedsel wordt vergaard door fijne deeltjes (organisch materiaal) uit het stromende water te filteren

("filterfeeders") (Tolkamp, 1980). Ze verblijven het liefst in minerale substraten in combinatie met detritus. Opvallend is het hoge gehalte aan organische stof (5.15%) in dit substraattype. Dit geeft aan, dat ondanks de aanwezige stroomsnelheid in de beek organisch materiaal achterblijft in de interstitiële ruimten en spleten wat overlevings- en vestigingskansen biedt aan specifieke soorten.

Een ander substraat waar Simulium sp. de dominante soort is van de Diptera, is het bladpakket (Sp□2.22/2). Hieruit blijkt dat ook bladdelen voldoende houvast bieden om de hoge stroomsnelheid te weerstaan en hun filterfunctie uit te kunnen oefenen.

Tabel 7. Groepen (soorten) en aantallen van macrofauna in de substraatmonstersafkomstig uit de Elsbeek

macrofauna-groep	substraattype met monstercode						
	E□1.22/3 slib/fd-laag za+fg/gg 233, 0.51%	E□2.22/3 zeer insta-biel zand 223, 0.44%	E□3.22/3 fg + lichte slibafzetti 431, 0.87%	E□1.6/4 slib+gd in diepe kom 1.82%	E□2.6/4 wo+veg op st za/fg n	E□3.6/4 stabiel za met fg+gg , 0.34%	E□1.19/4 opgehoopt org.mat nvt
Asellidae	0	0	0	1	2	0	1
Plecoptera	2	0	2	0	22	0	3
Diptera	42	36	76	11	107	47	37
Trichoptera	0	0	0	1	3	0	0
Coleoptera	0	0	0	0	1	0	19
Oligochaeta	162	9	101	17	201	31	39
Collembola	0	0	0	0	1	0	16
Hirudinea	2	0	0	1	1	0	0
Ephemeroptera	1	0	0	1	10	0	1
Gasteropoda	0	0	0	0	1	2	1
Hydrachnellae	8	1	1	6	36	1	0
	207	46	179	38	385	81	117

In de Elsbeek komen macrofaunagroepen als Gammaridae (Crustacea, Amphipoda), Plecoptera, Turbellaria en Trichoptera (kokerjuffers, schietmotten) niet of minder voor dan in de Springendalse beek. Van de macrofaunagroep Crustacea komt alleen het geslacht Asellus voor (Isopoda, Asellidae) in tegenstelling tot het geslacht Gammarus in de Springendalse beek. Asellus is een indicatororganisme voor vervuilde en/of gekanaliseerde (rechtgetrokken) beken; daarentegen is Gammarus een indicatororganisme voor schone en natuurlijke beken. Het vóórkomen van de verschillende families (Gammarus, Asellus) in de twee verschillende beken is daarmee onderbouwd. Overigens is het aantal Asellus in de Elsbeek gering (totaal 4 verdeeld over 3 substraattypen) en is een voorkeur voor een bepaald substraattype moeilijk op te maken. In kleine aantallen geeft Asellus geen kwaliteitsindex (Moller Pillot, 1971). De voorkeur lijkt uit te gaan naar organische substraattypen. Uit bevindingen van Verdonschot & Tolkamp, 1983, bevindt Asellus zich voornamelijk in substraattypen bestaande uit zand + fijne en grove detritus. Voedselvoorkeur gaat uit naar plantaardig en dierlijk materiaal. Het zijn knippers en voeden zich met dode dieren (aaseters) (Verdonschot, 1991).

Voor alle substraattypen in de Elsbeek is de populatiedichtheid van Oligochaeta en Diptera het grootst. Dit refereert naar de aanwezige dynamiek in de beek die er voor zorgt dat de populatie aan Oligochaeta en Diptera vrij constant blijft en alle andere soorten relatief snel verdwijnen. Alleen Oligochaeta en Diptera zijn blijkbaar bestand tegen de heersende instabiliteit, doordat ze in staat zijn om fysische aanpassingen te plegen. Tevens is de zuurstofbehoefte van deze soorten in het algemeen gering, zodat ze zich diep in het minerale of organische substraat (zand, grind, detritus) kunnen ophouden en de instabiliteit van het substraat als gevolg van de hydrologische dynamiek vermijden.

Opmerkelijk is het enige substraatmonster (E□1.19/4) waar Collembola (springstaarten) met een aanzienlijk aantal van zestien vóórkomt. Collembola is dan wel een algemene groep, maar het opvallende is dat het substraatmonster zich vlak onder het wateroppervlak bevond. Met de wetenschap, dat het habitat van Collembola-adulten het wateroppervlak en de groep semi-aquatisch is (Verdonschot, 1991), is het niet onwaarschijnlijk dat de onder de zestien examplaren een aantal Collembola-adulten van het wateroppervlak afkomstig is. Dit verschijnsel was waar te nemen tijdens het uitzoeken. De adulten zijn zeer moeilijk te onderscheiden van hun larvale soortgenoten, zeker wanneer een adult levenloos op de bodem van een uitzoekbak ligt. Het voedsel voor Collembola-larven bestaat uit algen en het vergaren van detritus (Verdonschot, 1991). Onder de overige substraatmonsters, zowel voor de Elsbeek als voor de Springendalse beek, zijn slechts drie monsters (E□2.5/4, Sp□1.8/2 en Sp□1.9/3) die een exemplaar van deze groep bevatten. Het zijn wel substraattypen (fijne + grove detritus, fijne detritus op stabiel zand en een complex geheel van wortels en vegetatie), waar Collembola op basis van voedselkeur verwacht mag worden.

Gastropoda (slakken) zijn in de Elsbeek aanwezig (E□2.5/4, E□3.5/4 en E□1.19/4) en ontbreken in de Springendalse beek. De afwezigheid van Gasteropoda in de Springendalse beek houdt naast de primaire factor stroming vermoedelijk verband met de lage zuurgraad variërend van 6.5-6.9; de zuurgraad in de Elsbeek varieert tussen de 8.0 en 8.3 (ten Cate & Schmidt, 1985; Higler & Sinkeldam, 1981). Het habitat van Gastropoda is zoet voornamelijk stilstaand en langzaam stromend of open water met veel waterplanten. Van enig voorkeur voor een bepaald substraattype is in de Elsbeek geen sprake. Het zijn wel substraattypen waar de mogelijkheid aanwezig is om de luwte op te zoeken (complex van wortels en vegetatie (E□2.5/4), zand met grind (E□3.5/4) en geaccumuleerd organisch materiaal achter enkele takken (E□1.19/4)) en op die manier de hoge afvoeren van de Elsbeek te ontwijken. Het voedsel bestaat uit algen en detritus en wordt verzameld door het substraat af te schrapen. Zowel in een mineraal substraattype als in organische substraattypen komen Gastropoda voor.

In de Elsbeek is het substraatmonster bestaande uit een complex geheel van wortels en vegetatie het monster met het grootste aantal aan macrofauna namelijk 385, waarvan Oligochaeta een bijdrage leveren van 54% en Diptera van 28% aan het totaal.

Diptera komen in alle substraattypen in beide beken voor. Aantallen variëren van 6 in vrij stabiel zand (Sp□3.8/2), tot 118 in een mengsel van fijne en grove detritus (Sp□1.-8/2). Gelet op de meeste larven in welk type substraat, lijkt de voorkeur uit te gaan naar organische substraattypen, hoewel dit voor elke familie binnen de Diptera (totaal 22) verschillend kan zijn.

Chironomini larven (Diptera, Chironomidae) nemen in alle monsters het grootste aandeel van de Diptera voor hun rekening en uit voorgaande onderzoeken (Tolkamp, 1980; Verdonschot & Tolkamp, 1983) is gebleken dat Chironomini larven een mengsel van zand met detritus of alleen detritus preferen. Sommige soorten zijn ook in schuivend zand gevonden, wat indiceert dat deze larven zich ook kunnen voeden met de microbiële groei op fijne minerale substraten, of met de diatomeeën (kiezelwieren) die in dergelijke substraten aanwezig kunnen zijn (Tolkamp, 1980).

In verhouding tot de andere substraatmonsters bevatten de monsters E□2.5/4 en E□3.5/4 relatief veel larven van de Diptera familie Ceratopogonidae. De overeenkomst tussen deze twee substraattypen is de aanwezigheid van een stabiele situatie van zand en fijn grind. Naast Ceratopogonidae zijn Chironomini abundant aanwezig. Wessenberg-Lund, (1948) en Higler, (1978) toonden aan dat Chironomini tot het voedselpakket behoort van Ceratopogonidae. Een determinatietabel of -sleutel is (nog) niet beschikbaar voor deze familie, maar de verschillen ten aanzien van habitatvoorkeur zijn waarschijnlijk op soortniveau aanzienlijk.

4.4 Substraatdynamiek

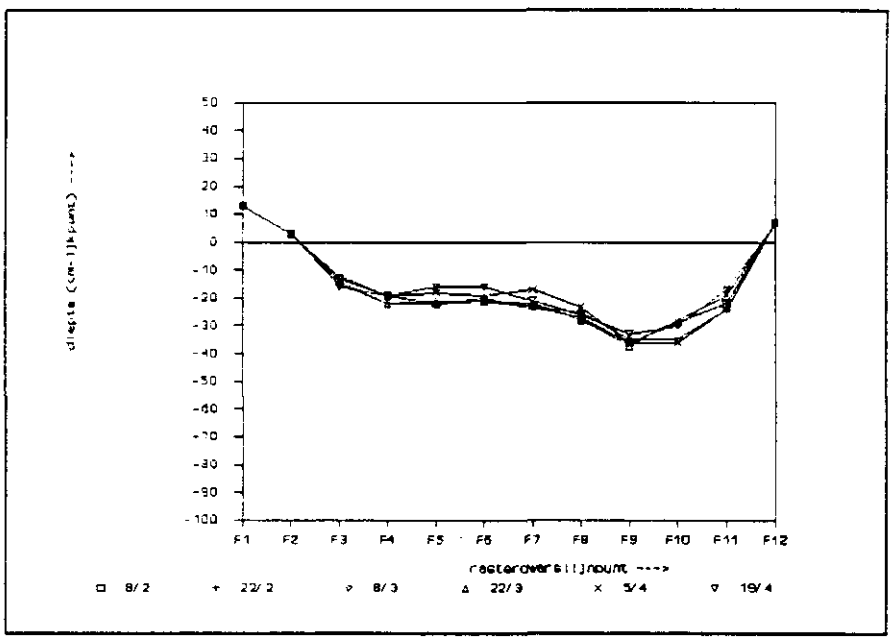
4.4.1 Verticale substraatdynamiek

De substraatdynamiek in verticale richting is in een transect voor beide beken onderzocht door periodiek dieptemetingen uit te voeren op de rasterdwarslijnen van het permanent kwadraat. Na omzetting tot waarden ten opzichte van het ijkpunt is een vergelijking per opnamedatum mogelijk en zijn uitspraken gedaan ten aanzien van de substraatdynamiek.

Voor alle rasterdwarslijnen van het permanent kwadraat (A t/m M voor de Springendalse beek en A t/m I voor de Elsbeek) is een dergelijke grafiek als hierboven geproduceerd van alle dieptemetingen. Voor de bespreking is een lijn van de Springendalse beek genomen waar een depositiezone ("duin") en een erosiezone ("kom") aanwezig zijn. Dit wil niet zeggen, dat in dergelijke zones ook uitsluitend depositie dan wel erosie plaatsvindt. Afhankelijk van het afvoerpatroon (hoog of laag) vindt er in meer of mindere mate erosie dan wel depositie plaats, maar de resultante slaat naar de kant uit van één van beide processen. De komvorm duidt op een uitschurende werking van beekwater, en een duinvorm duidt op aanwezige sedimentatieprocessen.

De vorm van de beekbodem springt duidelijk naar voren met een opvallend verschil in vorm en diepte. Voor de Springendalse beek is de beekbodem over het hele transect op deze wijze opgebouwd, met op rasterdwarslijnen A t/m G een waarneembaar onderscheid tussen depositie- en erosiezone en op rasterdwarslijnen H t/m M een vrij vlak geheel zonder een duidelijk onderscheid. In de Elsbeek is de komvorm het duidelijkst geaccentu-

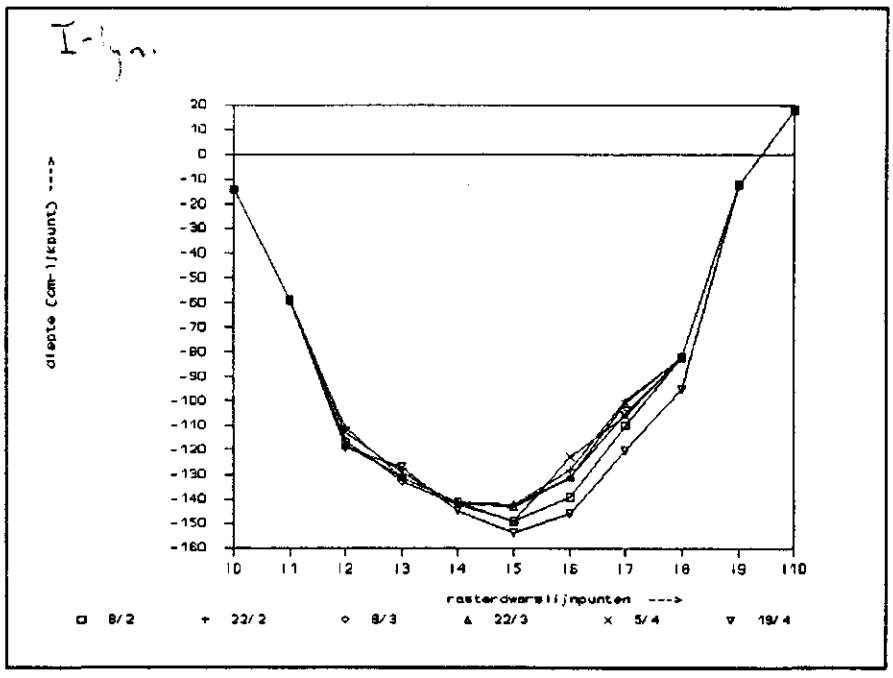
eerd op rasterdwarslijn I. Lopend van I naar A is een geleidelijk afnemende vorm van kom en diepte zichtbaar.



Figuur 10. Verticale substraatdynamiek op rasterdwarslijn F van de Springendalse beek.

Uit de grafiek van één rasterdwarslijn (F) van de Springendalse beek is op te maken waar ongeveer de sedimentatiezone (tussen 100 (F4) en 200 cm (F8) lengte van de lijn) en de erosiezone (tussen 200 (F8) en 275 (F11) cm) zich bevinden.

Deze kom (figuur 11 pag. 40) vertoont op basis van de standaardtekeningen (voorbeeld standaardtekening bijlage 1) en dieptemetingen een zichtbare variatie in omvang en diepte gedurende de periode van opname. Na een periode van hoge afvoer (8-2-1993 en 19-4-1993) nemen de omvang en de diepte van de kom als gevolg van de toegenomen uitschurende werking gemiddeld toe. Rasterdwarslijn I loopt in het transect door het centrum van de kom en geeft de maximale diepte weer. De grafiek wijst op een verticale wisseling die het grootst is vanaf het meetpunt I4 (150 cm). Voor dit punt is de verticale wisseling minder groot. Het varieert tussen de 5 en 8 cm. Na I4 zijn de wisselingen groter, variërend van 7 cm op I5 tot 24 cm op punt I5 en 19 cm op I6. Deze waarden zijn verkregen door de maximale variatie uit de waarden (grafiek) te halen en niet door twee opnamedata met elkaar te vergelijken. De variatie vanaf I5 is waarschijnlijk groter, omdat dit deel van de kom gesitueerd is in de nabijheid van een bocht in de beek. Het beekwater dat met kracht uit de bocht komt, passeert dit deel van de kom als een buitenbocht, en heeft op die plaats een grotere uitschurende werking dan in de binnenbocht. Rasterdwarslijn I is de eerste lijn na de bocht waar metingen zijn gedaan. Op de lijnen die volgen na lijn I, en dus verder verwijderd zijn van de bocht, is de afname van de variatie globaal waar te nemen.



Figuur 11. Verticale substraatdynamiek op rasterdwarslijn I van de Elsbeek

Wanneer alle grafieken geïnterpreteerd en vergeleken zijn blijkt dat verticale substraatwisselingen in de Elsbeek in sterkere mate optreden dan in de Springendalse beek. Aangaande de Elsbeek bereikt de komvorm maximale dieptewaarden tijdens of na hoge afvoerperioden (25/1-1993, 8/2/1993 en 19/4/1993) en minimale dieptewaarden tijdens de tussenliggende lage afvoerperiode. Erosie en sedimentatie hebben duidelijk invloed op de vorm van het beekprofiel. Voor de Springendalse beek is het logische verband tussen dynamiek in afvoer en wijziging in bodemprofiel niet op te maken. Dit kan een gevolg zijn van kleinere en minder langdurige wijzigingen in het afvoerpatroon. Deze fluctuaties zijn dan "over het hoofd gezien" met de tweewekelijkse opname. De variatie in gegevens is dermate groot op basis van de grafieken, dat deze variatie waarschijnlijk niet alleen veroorzaakt is door natuurlijke processen als erosie en sedimentatie in de beek. Deze factor, alszijnde de natuurlijke en ook werkelijk aanwezige verticale substraatverschuivingen met uitsluitsel aangaande concrete waarden, blijft in dit onderzoek onbeantwoord.

Enkele mogelijke wijzigingen ten aanzien van de gehanteerde methode voor het verkrijgen van meer betrouwbare gegevens zijn hier vermeld. De gehanteerde methode voor meting aan substraatverschuivingen is als gevolg van het gebruik van hulpmiddelen voor het zichtbaar maken van het raster op het beektraject nogal tastbaar. Als een nadeel is gebleken dat met de losse hulpmiddelen het onmogelijk is, hoe precies en nauwkeurig er ook gewerkt is, om op exact dezelfde plaats te meten als tijdens voorgaande opnamedagen. Een afwijking van enkele centimeters in meetlocatie levert ten aanzien van de substraatverschuivingen in verticale richting dusdanig grote variaties op (correlatie met verschillen in substraatdynamiek op microschaal niveau), dat het doen van concrete en gedetailleerde uitspraken moeilijk is. Variatie in gegevens is tevens in de hand gewerkt

door de verschillende personen die de metingen hebben verricht. Ten eerste zet ieder persoon het raster op zijn of haar eigen wijze, met de fouten daarbij behorend, uit en ten tweede is de wijze waarop de waarnemingen in het beektraject zijn gedaan (dieptemetingen, substraatbedekkingspercentages) niet gelijk. Met dit laatste refereer ik bijvoorbeeld naar het scheef aflezen van de meetlat voor dieptemetingen. Een afwijking is daarmee snel verkregen; elimatie van deze foutenmarge wordt verkregen als de metingen door één en dezelfde persoon uitgevoerd worden. Een andere mogelijke verbetering voor meting van de verticale substraatverschuivingen in de Elsbeek, is het werken vanaf een minder steile beekoever, waardoor het inmeten van de exacte meetpunten op de rasterdwarslijnen makkkelijker is. Tijdens de metingen is stroomopwaarts gewerkt om de beekbodem niet te verstoren.

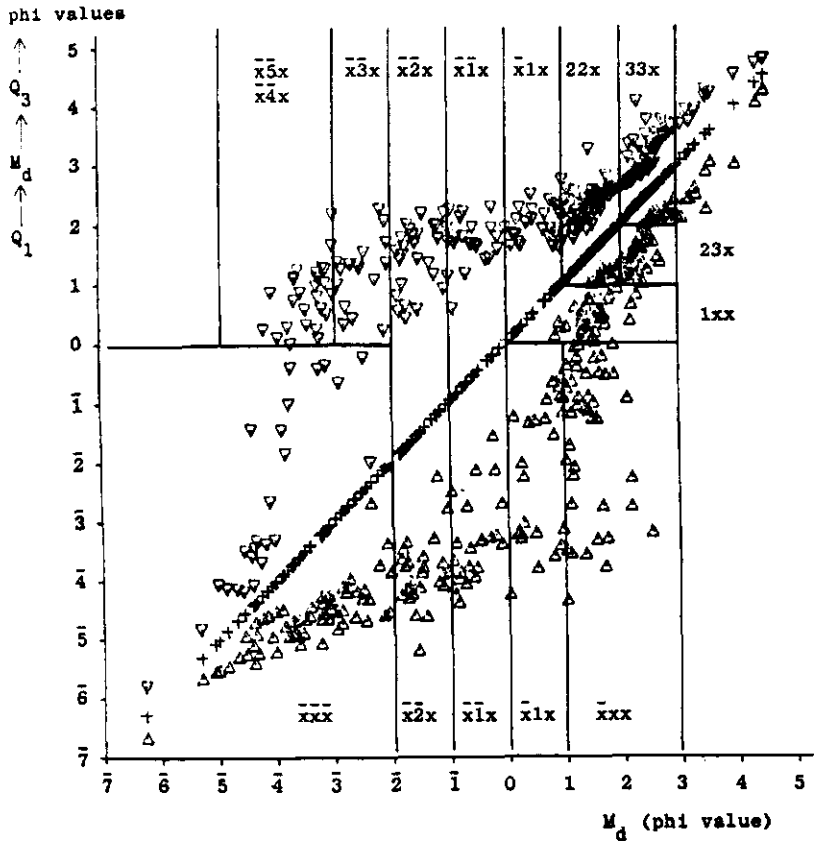
4.4.2 Horizontale substraatdynamiek

Figuren 13 en 14 geven voor beide beken het traject aan waarin intensief metingen van fysische parameters is verricht. In de figuren zijn de waarden voor de karakterisering van de substraattypen vermeld. Het gaat om de Q1MdQ3-index en het organische stofgehalte vermeld in procenten. Met de afgeronde eerste kwartielwaarde (Q1), de mediaan (Q2 of Md) en de derde kwartielwaarde (Q3) zijn de minerale substraatmonsters geclassificeerd (Doeglas, 1968). De substraatklassen zijn aangegeven in de Q1MdQ3-grafiek in figuur 12 (pag. 42). 11 klassen (van minerale substraattypen) zijn onderscheiden. De grafiek dient van onder naar boven gelezen te worden. De Md-waarden zijn op de 45 graden-lijn tussen de x-as en y-as weergegeven. De Q1 en Q3 zijn respectievelijk onder en boven deze lijn aangegeven. Dit houdt in dat Q1 en Q3 op de y-as afgelezen moeten worden, terwijl Md op beide assen bepaald kan worden.

Onderzoek van Tolkamp (1981) heeft uitgewezen, dat beken gesitueerd in het oosten van het land alle dezelfde grafiekvorm ten aanzien van de minerale substraatsamenstelling geven als in figuur 12 (pag. 42). Om de betrouwbaarheid te checken is in het onderzoek van Tolkamp een groot aantal beekbodemmonsters genomen is de Q1MdQ3 bepaald en is deze geprojecteerd in een grafiek. Het resultaat was een grafiek die volledige overlap vertoonde met de grafiek in figuur 12 (pag. 42).

De klasse-indeling van de minerale substraattypen is weergegeven in tabel 1 op pagina 20. Het rechter deel van de grafiek in figuur 12 met Md-waarden groter dan 3 wordt gevormd door de kleine hoeveelheden mineraal materiaal in organische substraattypen. Hier zijn de klassen 12 tot en met 14 gesitueerd zoals Tolkamp (1980) ze onderscheidde voor onderzoek aan substraattypen in relatie met de macrofauna. In dit onderzoek is voor de substraatdynamiek geen gebruik gemaakt van de klassen 12 tot en met 14. De substraatmonsters voor de beschrijving van de substraatdynamiek bestonden altijd grotendeels uit mineraal materiaal met eventueel daarop een laagje organisch materiaal. Dit blijkt ook uit de organische stofgehalten voor de diverse substraatmonsters uit het transect in figuur 13 en 14; in de Elsbeek is de hoogste waarde 11.52%, in de Springendalse beek 16.91%. Overigens is voor de karakterisering van macrofaunamonsters ook geen gebruik gemaakt van klassen 12 tot en met 14. De substraatmonsters bestonden uit kaal mineraal

materiaal, mineraal materiaal met een laagje detritus (slib, fijne en grove detritus) of volledig uit organisch materiaal.



Figuur 12. Q1MdQ3-grafiek met weergegeven de te onderscheiden minerale substraatklassen (11). xxx geeft de Q1MdQ3-index voor elke substraatklasse weer (Tolkamp, 1980).

Voor de bespreking zijn in de figuren enkele hoofdvormen in de beekbodemstructuur die gedurende de opnameperiode altijd aanwezig waren ingetekend. Het gaat om vormen als ribbelzand, een zandbank, een stroomgeul (kom) en ingebed grind. Wijzigingen in omvang, diepte en eventueel structuur zijn met deze weergave niet zichtbaar. Het is een grof gemiddelde van de vorm over de periode waarin veranderingen op zijn getreden. Een gevolg hiervan is, dat de locatie van een substraatmonster, in het "niets" lijkt te vallen. Dit geldt met name voor substraatmonsters die op een helling of een duin van een stroomgeul of een zandbank zijn genomen. Dergelijke plaatsen zijn geselecteerd voor monstername door de instabiliteit die aan dergelijke plekken gerelateerd is (bestaat uit schuivend zand). Horizontale verschuivingen zijn op dergelijke plaatsen beter waar te nemen dan elders. Ingetekende punten als wortels, een vlier of een stammetje zijn bruikbaar als herkenningspunten.

Uit de ligging en intensiteit van de genomen substraatmonsters is op te maken waar de nadruk in het transect ligt. Voornamelijk de bodem van de stroomgeul, de helling of duin van de stroomgeul, ribbelzand (met veel of weinig detritus), de helling van de zandbank

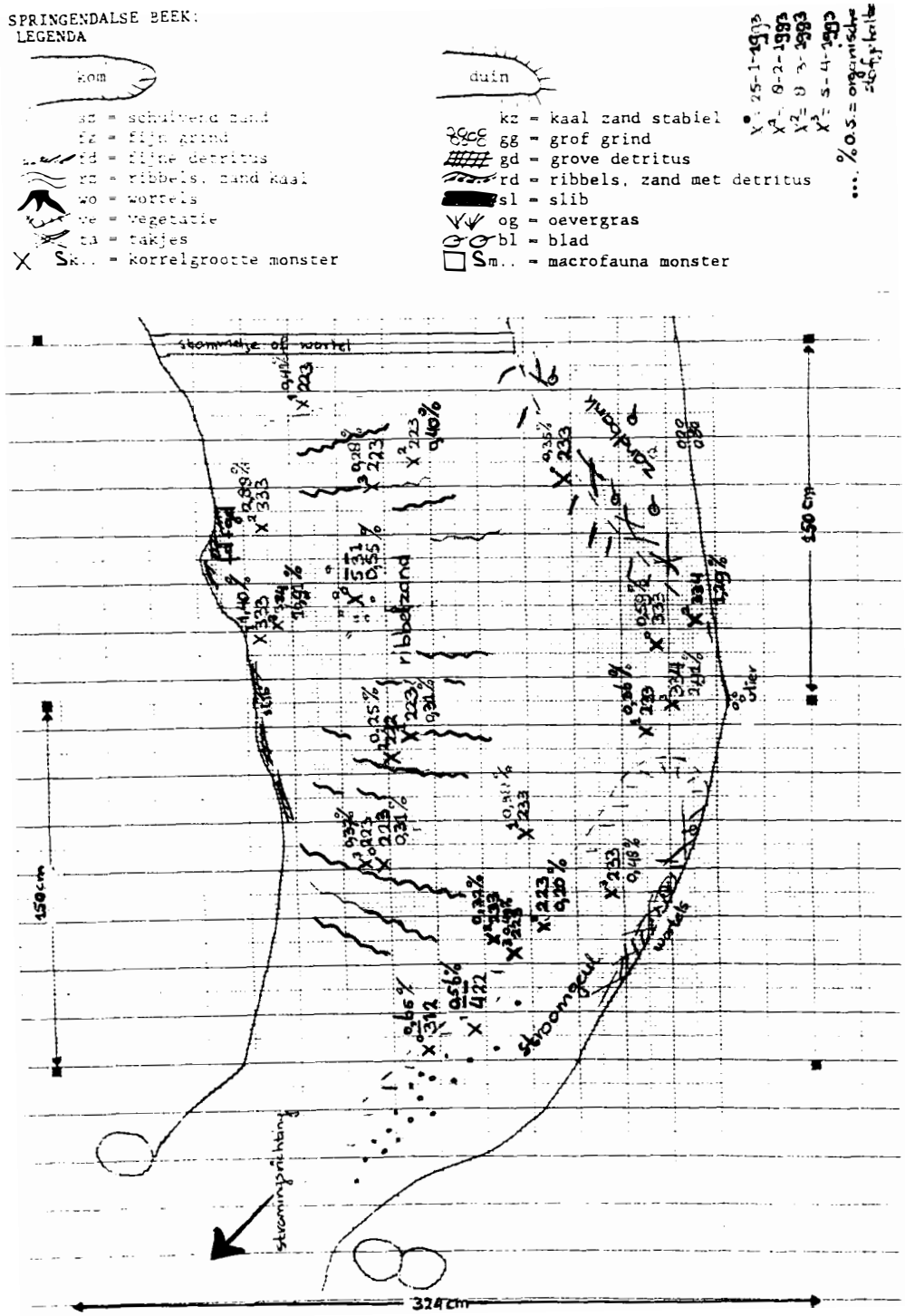
en diverse vormen van detritus (met minerale ondergrond) zijn onderzocht op substraatdynamiek.

Uit de substraatmonsters genomen in de stroomgeul blijkt voor in de geul het substraat uit fijn zand (X^3, 223) te bestaan (Wentworth, 1922; Tolkamp, 1980). Verder de geul volgend in stroomopwaartse richting is mediair zand (X^2, 223), grof grind (X^1, $\tilde{4}\tilde{2}2$) en zeer grof zand (X^0, $\tilde{3}12$) aanwezig. Het tweede en het laatste substraatmonster van de geul liggen in de tekening op de helling van de geul. Tijdens de monstername op respectievelijk 8/2/1993 en 25/1/1993 waren de monsters in het diepere gedeelte van de kom gesitueerd; dit is op basis van de standaardtekeningen vastgesteld. Het organische stofgehalte is voor de vier substraatmonsters zeer laag (respectievelijk 0.48%, 0.20%, 0.56% en 0.65%). De eroderende werking heeft in het midden van de stroomgeul de grootste kracht. Dit is ook waarneembaar op basis van de grindstrook die vanaf dat punt aanwezig is. De afname in kracht is niet uit dit gegeven te halen. De substraatmonsters (3) die ook werkelijk afkomstig zijn van de overgangssituatie tussen de stroomgeul en het hoger gelegen duinplateau (met voornamelijk ribbelzand), geven fijn (X^1 en X^3, 233) of mediair zand (X^2, 223) als karakterisering. Het substraatmonster van 8/2/1993 (X^1) geeft aan, dat de omvang van de stroomgeul op die datum groter is dan op latere data, wat een gevolg kan zijn van de hoge afvoer omstreeks deze datum. Het substraat op de helling (van stroomgeulbodem omhoog naar het duinplateau) en op de duin is van een fijner type dan het substraat in het midden van de stroomgeul. Hier ondervindt het substraat minder invloed van de stroming. Het sedimentatieproces vervult hier een meer vooraanstaande rol. Overigens blijven dergelijke plaatsen als een helling en een duin instabiele situaties. De karakterisering geeft een klein verschil aan tussen het substraat van de helling (mediair zand) en het substraat van de duin (fijn zand). De helling ligt meer in de nabijheid van de erosiezone (stroomgeul) dan de duin en staat onder een grotere invloed van de erosie. De helling van de zandbank bestaat uit fijn zand (X^0, 233) en zeer fijn zand (X^2, 334; X^3 334). De substraatmonsters van fijn zand waren tijdens de monstername bedekt met detritus, dat een stabiele situatie indiceert. De organische stofgehalten bevestigen het geheel (2.91% en 1.29%). De stabiele situatie, waarin sedimentatie overheerst, is ook te zien aan de plaats van het substraatmonster genomen op 5/4/1993. De helling is ten opzichte van voorgaande data aangeslibd. Toename van organische stof, een fijner mineraal substraattype en een relatief lage afvoer duiden op de stabiele situatie waarin aanslibbing met fijner mineraal materiaal kan plaatsvinden.

Ribbelzand neemt gedurende de gehele opnameperiode het grootste deel van het transectoppervlak in beslag. Ribbelzand is een vrij stabiel substraattype. Achter de ribbels bevindt zich dan ook vaak een kleine hoeveelheid detritus. De aanwezigheid van detritus op een mineraal substraat duidt in de meeste gevallen op een (tijdelijk) stabiele situatie. Ribbelzand vertoont horizontale verschuiving, maar dat is in hoofdzaak beperkt tot het bovenste laagje substraat. De substraatkarakterisering aan de hand van de Q1MdQ3-index weerspiegelt de homogeniteit in de loop der tijd. Alle 6 substraatmonsters van het ribbelzand zijn geclassificeerd als mediair zand (22x). Het organische stofgehalte varieert van 0.25% (X^2, in het midden van de beek) tot 0.40% (X^1, nabij het stammetje). De homogeniteit blijkt ook uit de organische stofgehalten. De aanwezigheid van een klein

grindbed, gesitueerd in een uitspoelkom (niet in de tekening) op 25/1/1993, is een gevolg van de periode van hoge afvoer. De stroomgeul is op 8/2/1993 niet meer aanwezig als gevolg van een afname in stroomsnelheid en dus een versterking van het sedimentatieproces. Het grindbed is geclassificeerd alszijnde een substraat bestaande uit kleine kiezelstenen (X^0, $\bar{5}\bar{3}1$). De verschuiving in substraattype van kleine kiezelstenen naar het ribbelzandpatroon bestaande uit mediair zand heeft zich in tenminste twee weken voltrokken.

De substraatmonsters genomen in het detritusgedeelte (bovenin figuur 13) geven de stabiele situatie weer aan de hand van het hoge organische stofgehalte (1.40%-16.91%) met een maximale waarde op 5/4/1993. Het aanhouden van een lange periode van lage afvoer leidt tot een sterke ophoping van organisch materiaal op dit punt van het transect. De minerale substraatkarakterisering geeft een eenduidige waarde namelijk zeer fijn zand (33x), dat alleen in zeer stabiele situaties kan ontstaan.



Figuur 13. Het transect van de Springendalse beek met weergave van de locatie van de diverse substraatmonstersen de hoofdvormen in het stroombed. De substraatmonsterszijn met de minerale classificatie aan de hand van de Q1MdQ3-index, en het organische stofgehalte vermeld.

Gegevens van substraatmonsters van opnamedatum 25/1/1993 ontbreken voor de Elsbeek, omdat na deze opnamedatum het raster waarin de metingen plaatsvinden is verlegd (3/2/1993). De verlegging van het raster is puur uit praktische overwegingen verricht. Voor de bespreking blijven gegevens van 3 opnamedagen over, te weten 8/2/1993, 8/3/1993 en 5/4/1993.

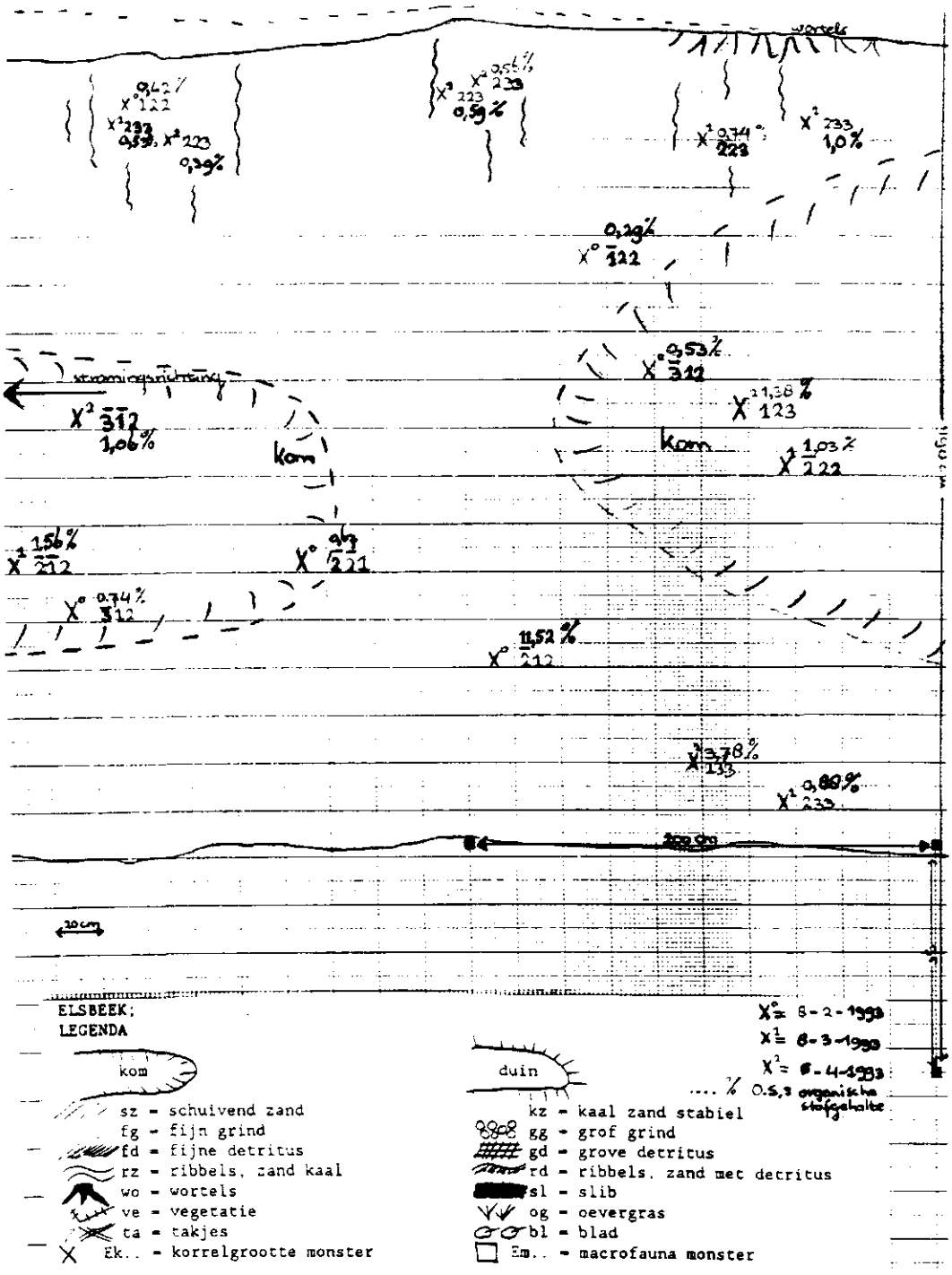
De substraatmonsters genomen op 8/2/1993 (X^0) geven een verkeerde indicatie van de locatie in het transect (figuur 14). De in het transect rechts gelegen kom had op deze datum een omvang die met een uitloper reikte tot in de links gelegen kom. Het substraatmonster dat ogenschijnlijk in de linker kom ligt (X^0, $\bar{2}\bar{2}1$, 0.67%) was op de desbetreffende datum bemonsterd alszijnde liggend in de uitloper van de rechter kom in een fijn grindbed. Zo geven de andere substraatmonsters van deze datum tevens de grote omvang van de kom aan. De twee substraatmonsters van deze datum die boven en onder de kop van de rechtsgelegen kom zijn vermeld (X^0, $\bar{2}12$, 11.52%; X^0, $\bar{1}22$, 0.29%), vormden op de desbetreffende datum de boven- en ondergrens (helling naar vlakke gedeelte) van de kom. Het substraatmonster op de tekening gelegen tussen de twee kommen, lag op een helling met een laagje grove detritus. Opmerkelijk is de classificatie als zeer grof zand ($\bar{x}xx$) met toch een hoog percentage organische stof (11.52%). Het zeer grove zand duidt op een instabiele situatie, en het organische stofgehalte geeft een stabiele situatie aan. Uit de debietwaarden is een sterke daling vanaf 25/1/1993 te zien. Aanslibbing van grove detritus is hieruit te verklaren. In de periode liggend tussen 8/2/1993 en 8/3/1993 moet dit proces zich sneller hebben voltrokken dan dat er sedimentatie van fijn mineraal materiaal heeft plaats gehad. Normaliter staat de helling van een kom voor een instabiele situatie. Het minerale materiaal vertoont op dergelijke locaties een schuivend karakter. De substraatmonsters in de rechter kom geven voor 8/2/1993 en 8/3/1993 zeer grof zand als classificatie en bezitten geen hoog organische stofgehalte (X^0, $\bar{3}12$, 0.53%; X^1, $\hat{2}22$, 1.03%) als gevolg van het eroderende karakter in de kom. De organische stofgehalten laten wel een lichte stijging zien in de periode van lage afvoer (8/3/1993 t/m 5/4/1993). Uit de substraatpatroonopnamen (4.1) is de bedekking door slib in de lage afvoerperiode gememoreerd. Met de toename van organische stof is tevens fijn mineraal materiaal afgezet. Het substraatmonster X^2, 123, 1.38% (grof zand) geeft dat aan.

Het deel van het transect waar ribbelzand is gesitueerd geeft evenals in de Springendalse beek een stabiele situatie weer. De karakterisering geeft de homogeniteit aan voor het ribbelzand over de hele lengte van het transect. Mediair (22x) en fijn zand (23x) is de classificatie voor het ribbelzand. De organische stofgehalten vertonen constante waarden variërend tussen 0.39% (X^2, 223 midden ribbelzandzone) en 1.0% (X^2, 233 geheel rechts ribbelzandzone). Het substraatmonster van 8/2/1993 (X^0) geeft een ander beeld namelijk grof zand (122). De hoge afvoer aanwezig voor deze opnamedatum (0.506 m^3/s) heeft een sterker eroderend karakter in dit gedeelte van het transect veroorzaakt.

De linkerkom (stroomgeul) bestaat voornamelijk uit grove minerale substraattypen. In het grindbed is de classificatie voor de twee substraatmonsters genomen in de kom (X^1, $\bar{2}\bar{1}2$; X^2, $\bar{3}\bar{1}2$) gelijk namelijk mediair grind ($\bar{x}\bar{1}x$). Het substraatmonster van 8/2/1993 (X^0, $\bar{3}12$), genomen aan de rand van de kom, geeft zeer grof zand als classificatie. De organische stofgehalten laten een toenemende waarde zien in de loop van de lage afvoerperiode waarin een bedekking door slib heeft plaatsgevonden. Duidelijk is dat

bedekking door slib geen grote verschuivingen te zien geeft in organische stofgehalten. Hoogstens enkele procenten toename is het verschil.

Het gedeelte rechts onder in het transect, waar gedurende de opnameperiode voornamelijk slib en detritus aanwezig was, bestaat uit fijn zand (22x). De twee substraatmonsters in dit deel van het transect geven een stabiele situatie aan, hoewel op 8/3/1993 (X^1) veel minder organisch materiaal aanwezig is (0.88%) ten opzichte van 5/4/1993 (X^2, 3.78%). Dit verschil is te verklaren uit de aanwezigheid van voornamelijk slib als organisch materiaal op 8/3/1993 en slib en fijne en grove detritus op 5/4/1993. Het aanhouden van een zeer lage afvoer veroorzaakt een toename van organisch materiaal in dit beekgedeelte waar de stroomsnelheid relatief laag is.



Figuur 14. Het transect van de Elsbeek met weergave van de locatie van de diverse substraatmonsters en de hoofdvormen aanwezig in het stroombed. De substraatmonsters zijn met de minerale classificatie aan de hand van de Q1MdQ3-index, en het organische stofgehalte vermeld.

5 CONCLUSIES

▸ De soortenrijkdom is in de Springendalse beek in het algemeen groter dan in de Elsbeek.

▸ Soortenrijkdom en individuenrijkdom nemen toe voor de substraatvolgorde zand, grind, (kiezel)stenen, slib, detritus en blad.

▸ De dominante macrofaunagroepen in de Elsbeek zijn Oligochaeta en Diptera. In alle substraattypen nemen zij het grootste aandeel voor hun rekening. In de minerale substraatmonsters is het percentage Oligochaeta en Diptera meer dan 95% van het totaal. In de (deels) organische substraatmonsters varieert het percentage van 65% tot 94%.
De substraattypen van de Springendalse beek bevatten een grotere verscheidenheid aan soorten met voor elk substraatmonster een andere beeld aangaande de dominante macrofaunagroep(en).

▸ Het verschil in hydrologische dynamiek tussen de twee beken levert een afwijkend mozaïekpatroon van substraattypen op. De Elsbeek heeft een onregelmatig afvoerpatroon en vertoont tijdens afvoerpieken een eroderend karakter. Hierbij worden de langzaam stromende tot stilstaande beekgedeelten het meest verstoord. Volgen deze afvoerpieken elkaar snel op dan ontstaat een zeer dynamisch systeem. Het eroderende karakter overheerst, met als gevolg weinig slib en detritus, en voornamelijk kaal en onbegroeide minerale substraattypen. Naarmate het afvoerpatroon constanter is (Springendalse beek) vormt zich een meer stabiel substraat waar micro-organismen de kans en de tijd hebben om zich te vestigen en te groeien. Dit geeft macrofauna, die echter veelal niet direct van het organisch materiaal leven maar van de op dit materiaal groeiende micro-organismen, meer de mogelijkheid om de habitat te bezetten (Brinkhurst et al, 1972). De micro-organismen bestaan uit bacteriën, diatomeëen en dierlijke micro-organismen.
Eroderende gedeelten in een beek bevatten substraattypen die gekenmerkt worden door de instabiliteit en slechte voedselomstandigheden. Hieraan zijn de aantallen macrofauna gerelateerd. Sedimentatiezone's kunnen, indien ze stabiel zijn, rijkere omstandigheden opleveren. Uit onderzoeken van Tolkamp (1980) en Petran (1977) blijken instabiele zandbodems bewoond te worden door met name Oligochaeta (voornamelijk Tubificidae, Tubifex), Chironomidae en enkele andere Diptera en Hydrachnellae. Deze waarnemingen zijn in dit onderzoek onderbouwd en bevestigd. Hiertegenover staan de stabiele zandbodems die rijker zijn in soorten en aantallen van macrofauna.

▸ Substraattypen zoals grind, kiezelstenen en keien ontstaan alleen op plaatsen waar de stroomsnelheid hoog is; dientengevolge is het zuurstofgehalte hoog en de hoeveelheid detritus gering. Fijnere substraattypen komen samen met ophoping van fijne en grove detritus in lage stroomsnelheidsgebieden voor. De zuurstofomstandigheden zijn op dergelijke plaatsen meestal minder gunstig (Tolkamp, 1980). Bladpakketten vormen een speciaal habitat waar het zuurstofgehalte, stroomsnelheid en de hoeveelheid fijne detritus sterk variëren afhankelijk van de plaats in de beek.

▸ Specifieke soorten die wel in een natuurlijke beek (Springendalse beek) zijn aangetroffen ontbreken in een verstoorde beek als de Elsbeek. Het handelt om de macrofauna Dugesia gonocephala (Turbellaria, Dugesiidae), Sialis sp. (Megaloptera, Sialidae), Simulium sp. (Diptera, Simulidae) en Gammarus pulex (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae). Deze soorten zijn gerelateerd aan een natuurlijk, ongestoord beekmilieu met de daaraan gekoppelde habitatdistributie.

▸ Macrofaunagroepen die in de hydrologisch verstoorde middenloop van de Elsbeek vóórkomen zijn Hydracarina, Gasteropoda en Asellus sp. (Crustacea, Isopoda, Asellidae). Deze groepen ontbreken in de Springendalse beek en geven aan dat ze de voorkeur geven aan een dynamische omgeving. Gasteropoda zullen de langzaam stromende en stilstaande beekgedeelten op zoeken om de dynamiek te ontwijken.

▸ Macrofaunagroepen die zowel in de middenloop van de Elsbeek als in de bovenloop van de Springendalse beek vóórkomen zijn Trichoptera, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Oligochaeta, Collembola en Hirudinea.
Trichoptera en Plecoptera zijn sterker vertegenwoordigd in de Springendalse beek.
Ephemeroptera, Diptera, Oligochaeta, Collembola, Coleoptera en Hirudinea zijn in de Elsbeek sterker vertegenwoordigd.

▸ De substraatsamenstelling is een belangrijke factor die verantwoordelijk is voor de verschillende samenstelling van benthische macrofauna in de diverse substraattypen. De beekbodem van natuurlijke laaglandbeken bestaat uit een grote variatie aan substraattypen. De minerale samenstelling en hoeveelheid en aard van detritus van de diverse substraattypen wijzigen onder invloed van de stroomsnelheid in ruimte en tijd.

▸ De aanwezigheid van detritus in de diverse afbreekstadia in/op beekhabitats, is sterk afhankelijk van de stroomsnelheid en korrelgrootte van het minerale substraat waar de detritus op achter blijft. De stroomsnelheid is verantwoordelijk voor de constante herverdeling van de detritus over de beekbodem en de diverse substraattypen. Grove minerale substraattypen, die vaak gesitueerd zijn in de delen van de beek met een hoge stroomsnelheid, houden zowel fijne als grove detritus in de interstitiële ruimten en spleten vast. Fijne minerale substraattypen ontstaan in gebieden met een lage stroomsnelheid in de buurt van de beekoever en aan de voor- en achterzijde van obstakels als takken met blad en ander materiaal in de beek, en in binnenbochten (convexe oever). Op deze plaatsen zijn de grootste hoeveelheden opgehoopte fijne en grove detritus aanwezig.

▸ Het substraat in het transect van de Springendalse beek bestaat voornamelijk uit een uniforme laag van zeer fijn (33x), fijn (23x) en mediair zand (22x). In de stroomgeul (kom) is een grover type aanwezig. Het varieert van mediair zand (23x) in het begin van de geul tot grof grind (x2x) op de bodem van de geul. Ribbelzand, dat als vrij stabiel mag worden gekarakteriseerd, bestaat voor de hele opnameperiode uit mediair zand (22x). Het zeer stabiele zand tussen de stroomgeul en zandbank met blad, bestaat uit zeer fijn zand (33x). Op deze plaats, waar de stroomsnelheid weinig tot geen invloed uitoefent op het substraat, is zeer fijn zand gesedimenteerd en is aan weinig tot geen veranderingen onderhevig.

▸ In de Elsbeek duiden de twee kommen (stroomgeulen) op de grotere eroderende werking en hydrologische dynamiek ten opzichte van de Springendalse beek waar in het transect een stroomgeul van kleinere afmetingen aanwezig is. De kommen bestaan uit zeer grof zand (31x) tot grof grind (x2x). Na een periode van lage afvoer is een wijziging in substraatsamenstelling van zeer grof zand (31x, 22x) naar grof zand (12x) in één van beide kommen zichtbaar. In de andere kom is geen wijziging opgetreden.
Ribbelzand vertoont ook hier, evenals in de Springendalse beek, een zeer stabiel karakter. Over de hele lengte van het transect is voor dit type mediair (22x) of fijn zand (23x) de karakterisering.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Brinkhurst, R.O., K.E. Chua & N.K. Kaushik, *Interspecific interactions and selective feeding by tubificid oligochaetes*, z.pl., 1972.

Cate, L. ten & G. Schmidt, *Macrofaunagemeenschappen in beekbovenlopen*, Leersum, 1985.

Clegg, J., *Pond Life*, 4e editie, London, 1992.

Dresscher, H.G.N. & L.W.G. Higler, *De Nederlandse Bloedzuigers (Hirudinea)*, 2e herziene editie, z.pl., 1982 (Wetenschappelijke Medelingen nr. 154).

Elliott, I.M., *A key to British freshwater Megaloptera and Neuroptera*, z.pl., 1977.

Flooren, M.W.J., *Syllabus Aquatische Ecologie studierichting Milieuchemie*, Deventer, 1992.

Gledhill, T., D.W. Sutcliffe, & W.D. Williams, *A key to British freshwater Crustacea: Malacostraca*, z.pl., 1976 (Scientific Publication No. 32).

Gordon, N.D., T.A. McMahon & B.L. Finlayson, *Stream Hydrology: An introduction for Ecologists*, Brisbane etc., 1992.

Heersink, A., *Rekenen aan meanders: Een fysische benadering van meanderende beken*, Arnhem, 1992.

Higler, L.W.G., *Inleiding tot de kennis van de ongewervelde zoetwaterdieren en hun milieu*, 2e druk, z.pl., 1977 (Wetenschappelijke Mededeling nr.103).

Higler, L.W.G. & J.A. Sinkeldam, *Hydrobiologische waarnemingen in Springendal (Ootmarsum)*, Leersum, 1981, (RIN-rapport 81/16).

Hoek, D., *Nutriëntenbelasting in de beekbovenloop van de Springendalse beek: Een onderzoek naar de waterkwaliteit van een Twentse bronbeek in bestuurskundig alsmede civieltechnisch perspectief*, z.pl., 1992.

Kraal, H. et al, *De toekomst van beekdalen; besturen van stromen*, Utrecht, 1993.

Leentvaar, P., P.J. Schroevers, L.W.G. Higler, & K. Kersting, *Cursus Ecologie 1977/1978 Syllabus Hydrobiologie*, Leersum, 1977.

Macan, T.T., *A guide to freshwater invertebrate animals*, London et al, 1959.

Macan, T.T., *A key to the nymphs of the British species of Ephemeroptera*, z.pl., 1961 (Scientific Publication No. 20).

Malmqvist, B. & C. Otto, *The influences of substrate stability on the composition of stream benthos: an experimental study*, Copenhagen, 1987.

Moller Pillot, H.K.M., *Faunistische beoordeling van de verontreiniging in laaglandbeken*, Tilburg, 1971.

Needham, J.G. & P.R. Needham, *A guide to the study of Fresh-water Biology, 5e herziene editie*, San Francisco, 1962.

NEN-voorschrift 5754, *Bodem; bepaling van het gehalte aan organische stof in grond volgens de gloeiverliesmethode*, 1e druk, z.pl., 1992.

Reynoldson, T.B., *A key to the British species of freshwater Triclads (Turbellaria, Paludicola)*, 2e herziene editie, z.pl., 1978.

Tolkamp, H.H., *Organism-substrate relationships in lowland streams*, Wageningen, 1980.

Verdonschot, P.F.M., *Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel*, Leersum, 1990.

Verdonschot, P.F.M., *Inleiding tot de de systematiek en ecologie van aquatische macrofauna*, Leersum, 1993.

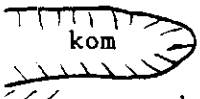
Verdonschot, P.F.M. & H.H. Tolkamp, *De rol van dood hout in stromend water*, 1983 (Ned. Bosbouwtijdschrift 55).

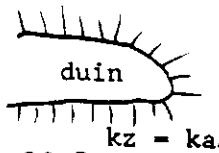
Verdonschot, P.F.M., J.A. Schot, & M.R. Scheffers, *Potentiële ecologische ontwikkelingen in het aquatische deel van het Dinkelsysteem: onderdeel van het NBP-project Ecologisch onderzoek Dinkelsysteem*, Leersum, 1993.

Waterschap Regge en Dinkel en de Consulent Natuur Milieu en Faunabeheer (NMF) in de provincie Overijssel, *Integraal waterbeheersplan Snoeijinksbeek*, z.pl., 1991.

BIJLAGEN

RINGENDALSE BEEK; Datum: 8-2-1992 ..... - - - - waterlijn
GENDA

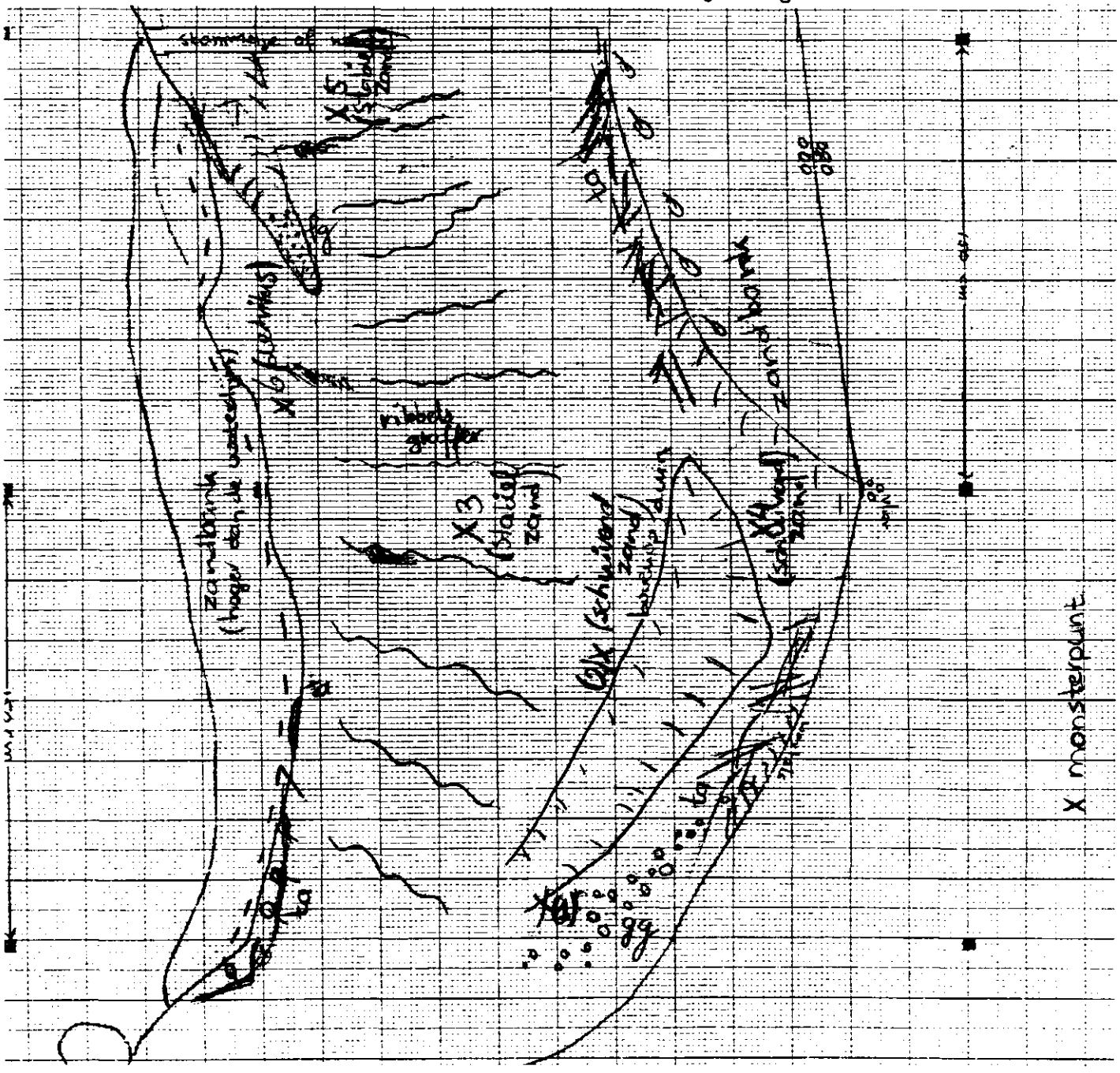


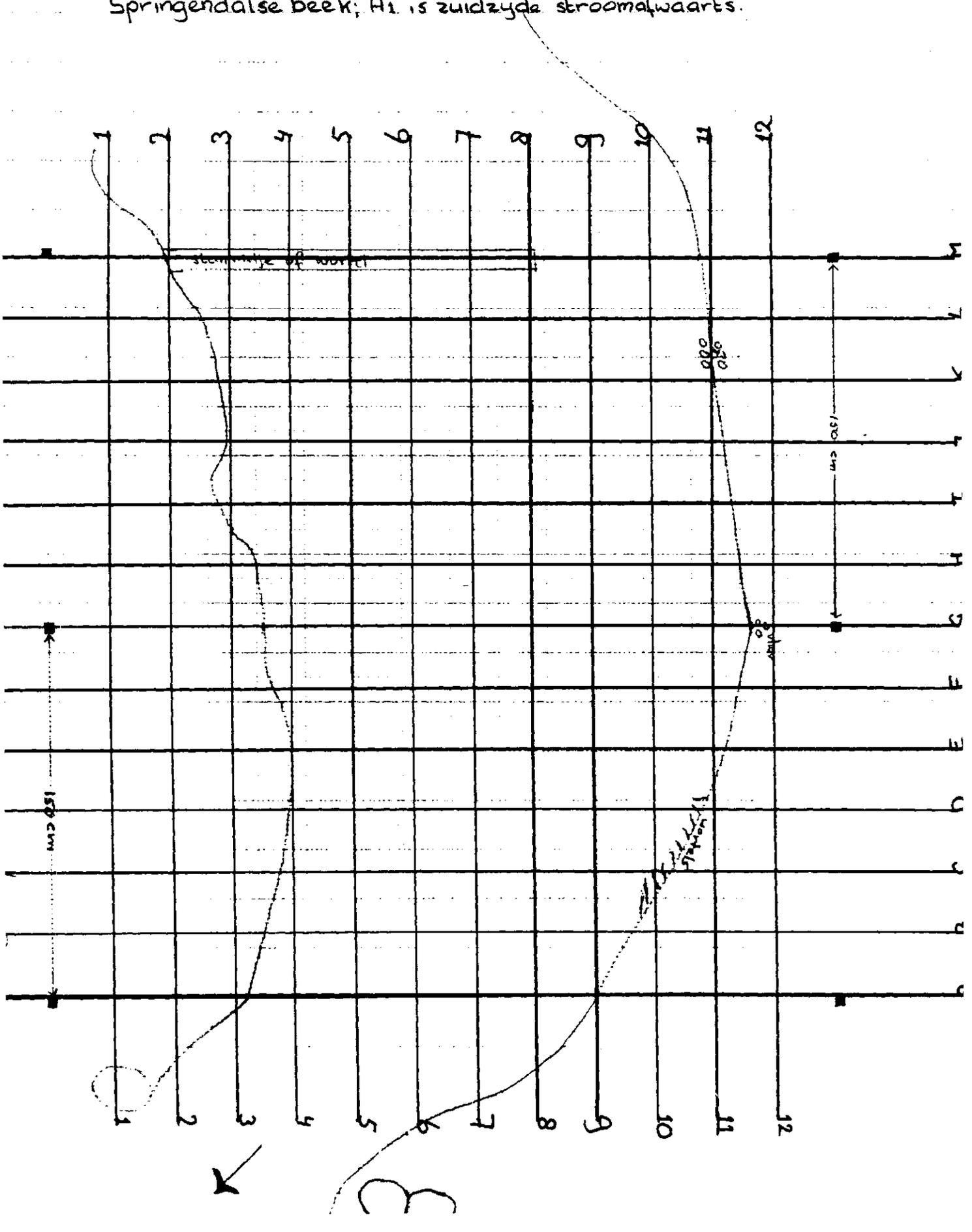


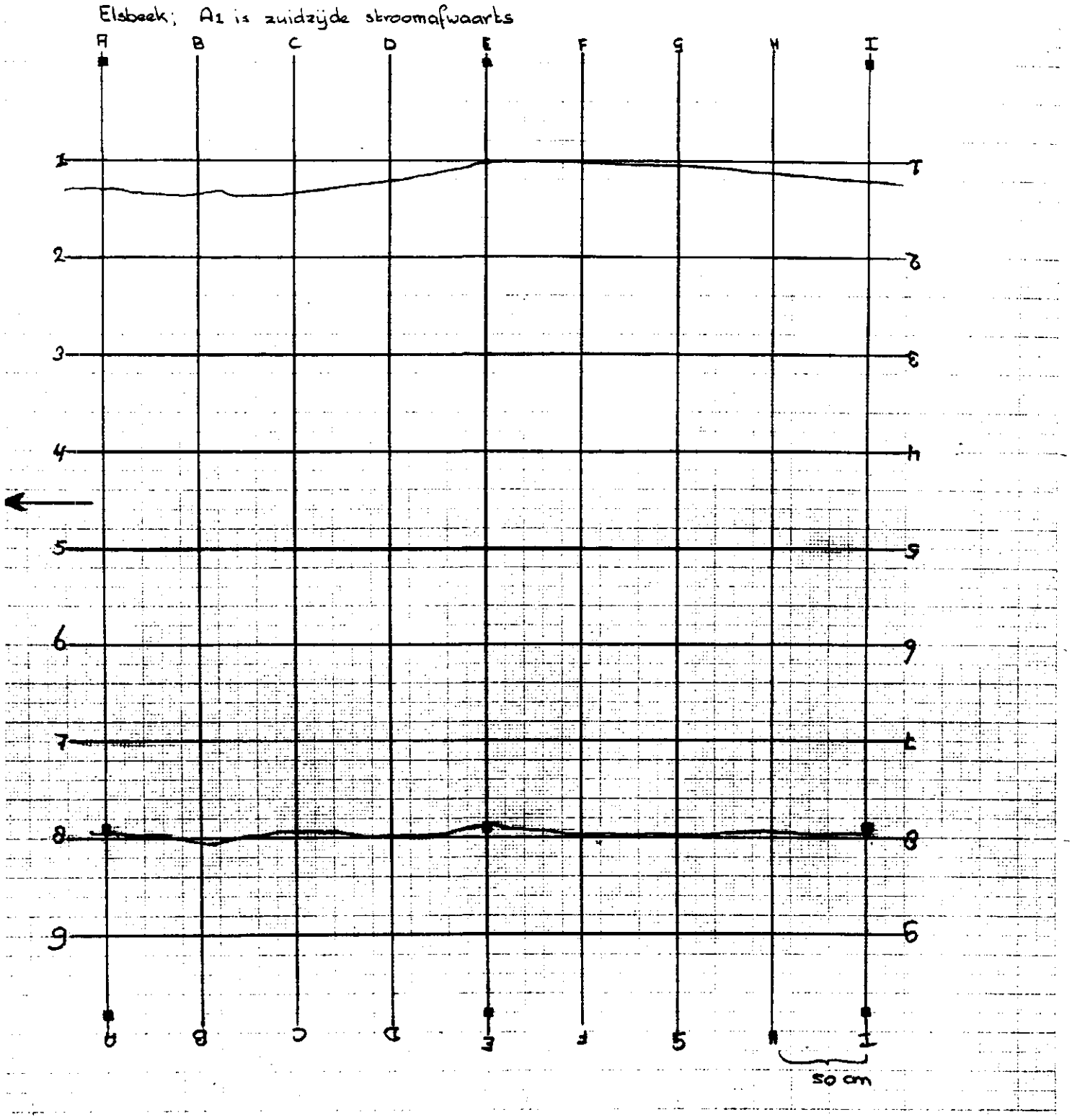
sz = schuivend zand
fg = fijn grind
fd = fijne detritus
rz = ribbels, zand kaal
wo = wortelen
ve = vegetatie
ta = takjes
Sk.. = korrelgrootte monster

kz = kaal zand stabiel
gg = grof grind
gd = grove detritus
rd = ribbels, zand met detritus
sl = slib
og = oevergras
bl = blad
Sm.. = macrofauna monster

ef de waargenomen substraten aan met de tekentjes en voorzie de vlakjes van de iste lettercode. Aanwezigheid van bijzonderheden duidelijk aangeven.




Springendalse beek; A1 is zuidzijde stroomafwaarts.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
150 cm
150 cm


Elsbeek; A1 is zuidzijde stroomafwaarts
A
B
C
D
E
F
G
H
I
1
2
3
4
5
6
7
8
9
50 cm

KOENDERS INSTRUMENTS B.V.
Franciscusweg 251 - Postbus 4016 - 1200 LA Hilversum Tel. 035 - 236400 - Fax. 035 - 235972

Calibratiecertificaat

Levering aan : IBN-DLO

Voor OTT-Molen Nr.: 15497 Type: C1 '10.152'

Calibratiemethode : BARGO

Bevestigingswijze : aan stang 9mm

Als **V** de waterstroomsnelheid in m/sec. is en **N** het bijbehorende aantal schoepomwentelingen per seconde, dan geldt voor:

Schoep, Doorsnede 50 mm, Spoed 0,250 m, Nr 3-15497

voor **N<**	1,29	**V=** 0,2308 n + 0,036
voor **N>**		
voor **N<**		**V=**
voor **N>**	1,29	**V=** 0,2525 n + 0,008

Schoep, Doorsnede 30 mm, Spoed 0,050 m, Nr 5-114471

voor **N<**	2,44	**V=** 0,0458 n + 0,067
voor **N>**		
voor **N<**		**V=**
voor **N>**	2,44	**V=** 0,0544 n + 0,046

Hilversum, 19 februari 1992

KOENDERS INSTRUMENTS B.V.

.....