Piet.

Bronnen in Het Springendal

De relatie tussen de temporele variatie in abiotische omstandigheden en de kolonisatie door macro-evertebraten in de helocrene bronnen van Het Springendal

Hans Visser
Wageningen, Juni 2001

Wageningen UR

Bronnen in Het Springendal

De relatie tussen de temporele variatie in abiotische omstandigheden en de kolonisatie door macro-evertebraten in de helocrene bronnen van Het Springendal

MSc Thesis project Environmental Sciences

In opdracht van:
Team Zoetwaterecosystemen, afdeling Ecologie en Milieu
Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte

Begeleiders:
E. Peeters, Leerstoelgroep Aquatische Ecologie en Waterkwaliteitsbeheer
Wageningen Universiteit
P. Verdonschot, Team Zoetwaterecosystemen, afdeling Ecologie en Milieu
Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte

Rapportnummer: 011/2001

Hans Visser
Wageningen, Juni 2001

GEGEVENS UITSLUITEND VOOR INTERN GEBRUIK
OVERNAME SLECHTS TOEGESTAAN NA OVERLEG MET BEGELEIDERS

2200471

Summary

In the winter of 1998 rehabilitation works were carried out in the upper reaches of the Springendal brook, a river valley situated in the east of County Overijssel in the Netherlands. The aims of these works were to restore the natural hydrology of the spring system and reduce the nutrient losses to the groundwater from agricultural lands in the infiltration area. Following the rehabilitation works, two new helocrene spring areas developed on a former cornfield. The objectives of this study were (a) to describe the development of abiotic conditions and the macroinvertebrate community in these new springs over the last two years and (b) to determine which factors played an important role in this development process.

The flow in both spring areas was found to be low, resulting in a slow flowing, shallow layer of water in one and still water in the other. The air temperature and the vegetation in the springs had a strong influence on the physical properties of the water. Annual water temperature values ranged from 0-25 °C and oxygen concentrations from 2 to 20 mg/l. Daily water temperature fluctuations were the biggest during summer, daily oxygen fluctuations were the biggest during winter. The pH and conductivity ranged from 5.6-9.4 and 106-396 µS/cm respectively. The chemical composition of the water was relatively stable during summer, but showed increased changes in winter, as the flow from the shallow groundwater systems increased after heavy rainfall.

During the past two years 137 taxa were recorded, most of which belonged to the Chironomidae, other Diptera and Coleoptera families. Many of the first colonisers belonged to the Chironomidae (midges) family, which can colonise new habitats rapidly and reach high numbers in a short period because of the presence of adults throughout the year, habitat and feeding preferences and their short lifecycles. With the emergence of larvae of Coleoptera (beetles), Heteroptera (true bugs), Ephemeroptera (mayflies), Trichoptera (caddisflies) and Odonata (dragonflies) in the summer and autumn of '99, species diversity increased rapidly. The adults of these species have a high flight capacity and the arrival of taxa generally appeared to coincide with the time of adult flight periods. Species with a poor dispersal capacity by air such as Hydracarina (water mites), Gastropoda (snails and slugs) and Tricladida (flatworms) colonised the springs by the second year and were collected in relatively low numbers.

Multivariate analyses indicated that during the first 6 months (Mar.-Sept.'99) the development of the substratum played an important role in the evolution of the macroinvertebrate community. From September '99 onwards, water temperature played a key role in the development of the community which was related to the lifecycle of the macroinvertebrates. Other environmental factors such as water current and conductivity hardly influenced the community structure in time, but did cause spatial differences in macroinvertebrate composition among the springs. Macrophytes influenced both temporal and spatial patterns in community structure, species composition and trophic functions.

Most of the recorded species are considered tolerant of a wide variety of ecological conditions. Some of the species collected however, were characteristic for helocrene springs in the region. The abiotic conditions in the new springs did not comply with the environmental conditions in the reference springs elsewhere in the region. With the succession to a climax spring forest, both abiotic conditions and the macroinvertebrate community would be expected to gradually change towards a more stable environment and a characteristic spring community. Further rehabilitation measures are needed to increase the flow and water current to meet the hydrological conditions in the reference spring.

Samenvatting

Eind 1998 is er in het infiltratie- en brongebied van de Springendalse Beek, een beekdal in noordoost Twente, een aantal herinrichtingsmaatregelen uitgevoerd met als doel de natuurlijke hydrologie en de voedselarme omstandigheden van het bronsysteem te herstellen. Na het nemen van deze maatregelen zijn er twee nieuwe broncomplexen ontstaan op een voormalige maisakker. In deze studie is onderzocht hoe het jaarlijkse en dagelijkse verloop in abiotische omstandigheden er in de nieuwe bronnen uit zag, hoe de macrofaunagemeenschap zich heeft ontwikkeld vanaf maart 1999 en welke factoren daarbij een belangrijke rol hebben gespeeld.

Het debiet in beide bronnen was laag, hetgeen leidde tot een dun laagje stromend water en een stilstaande bronpoelhabitat. Dit had tot gevolg dat omgevingsfactoren grote invloed hadden op de abiotische omstandigheden in de bronnen. De watertemperatuur fluctueerde door het jaar van 3 tot 25 °C en zuurstofconcentraties van 2 tot 20 mg/l. De dagelijkse fluctuaties in watertemperatuur waren het grootst in de zomermaanden, de fluctuaties in zuurstofconcentraties waren het grootst in de wintermaanden. De chemische watersamenstelling was in de zomermaanden relatief constant, maar vertoonde grotere fluctuaties in de wintermaanden vanwege de toestroming van recent geïnfiltreerd grondwater via ondiepe stroombanen. De pH fluctueerde van 5.6 tot 9.4 en de EGV van 106 tot 396 µS/cm gedurende het jaar.

In de afgelopen twee jaar werden er 137 taxa aangetroffen waarvan de meeste tot de Chironomidae, overige Diptera en Coleoptera families behoorden. De eerste kolonisators waren vooral Chironomidae, die vanwege de korte levenscyclus en levenswijze snel kunnen koloniseren, het schaarse voedsel benutten en hoge abundanties bereiken. Met het aantreffen van larven van Coleoptera, Heteroptera, Ephemeroptera, Trichoptera en Odonata in de zomer en het najaar van '99 nam de soordiversiteit snel toe. De adulten van deze soorten hebben een groot verspreidingsvermogen en het verschijnen van deze soorten in deze tijd van het jaar hield sterk verband met de levenscyclus van deze soorten. Soorten met een gering verspreidingsvermogen via de lucht zoals Hydracarina, Gastropoda en Tricladida koloniseerden pas in het tweede jaar en werden slechts in lage abundanties aangetroffen. Uit de analyses bleek dat tijdens de eerste 6 maanden vooral de habitatontwikkeling een grote invloed had op de macrofaunagemeenschap. Vanaf september '99 had de watertemperatuur een belangrijke invloed die gerelateerd was aan de levenscyclus van de macrofauna. Andere milieufactoren zoals stroming en EGV hadden weinig invloed op macrofaunasamenstelling in de tijd, maar leidde wel tot onderlinge verschillen in samenstelling en abundanties tussen de bronnen. De aanwezigheid van vegetatie had zowel invloed op het temporele verloop in soortensamenstelling als de ruimtelijke verschillen.

Enkele soorten die nu in de nieuwe bronnen zijn aangetroffen, zijn kenmerkend voor matige voedselrijke helocrene bronnen in Overijssel. De bronnen voldoen echter nog niet aan de fysisch-chemische, landschappelijke en biologische kenmerken van het na te streven brontype. Met de successie naar een elzenbronbos zal het gebied zich langzaam ontwikkelen tot een climaxstadium, waarbij de fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater een grotere constantie zullen vertonen en de bronnen de uiterlijke kenmerken zullen hebben van het streefbeeld. Het debiet en de stroomsnelheid dienen echter te worden verhoogd om aan het streefbeeld te voldoen.

Voorwoord

Deze afstudeerscriptie vormt de afsluiting van mijn MSc Environmental Sciences opleiding aan de Wageningen Universiteit en is uitgevoerd in opdracht van het team Zoetwater-ecosystemen, afdeling Ecologie en Milieu van het Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte in Wageningen.

Ik wil de mensen die hebben meegeholpen bij het tot stand komen van dit rapport ontzettend bedanken voor hun hulp. Als eerste; Erwin Stamsnijder, Jeroen Grondman, Jeroen Haas, Patricia Berns, Martin en Jannie voor hun hulp bij de 36-uursmetingen onder de winterse omstandigheden. Edwin Peeters, Piet Verdonschot en Rebi Nijboer voor hun begeleiding en hulp bij de bewerkingen van de gegevens. John Beijer voor zijn hulp bij de chemische bepalingen. Peter Jansen voor zijn hulp bij het bewerken van de gegevens voor de herkomst bepaling van het bronwater en zijn aanvullende commentaar. Tjeerd Harm van den hoek, Harry van den Heuvel, Nico Jaarsma en Carolien van Rhenen voor hun hulp bij het determineren van de macrofauna en Martin van den Hoorn voor zijn hulp bij de dataloggers. En tenslotte mijn vader voor het verzorgen van het tekenwerk met ekoline.

Hans Visser

INHOUDSOPGAVE

Summary
Samenvatting

Voorwoord

1. Inleiding 8

2. Gebiedsbeschrijving 11
   2.1 Ligging 11
   2.2 Geologie 12
   2.3 Bodemtypen 12
   2.4 Hydrologie 12
   2.5 Landgebruik 13
   2.6 Springendal problematiek en oplossingen 13
   2.7 Bronnen in Het Springendal 14

3. Methoden en materialen 15
   3.1 Monsterpunten 15
   3.2 Fysisch-chemisch onderzoek 15
   3.3 Meetmethoden en materialen 16
   3.4 Herkomst van het bronwater 16
   3.5 Biologisch onderzoek 17
   3.6 Abiotiek en biota 17

4. Abiotische eigenschappen bronwater 18
   4.1 Inleiding 18
   4.2 Debiet en stroomsnelheid 18
   4.3 Substraat type 19
   4.4 Watertemperatuur 19
   4.5 Zuurstof 21
   4.6 Zuurgraad 23
   4.7 EGV 24
   4.8 Macro-ionen 26
   4.9 Voedingsstoffen 29
   4.10 Metalen 31
   4.11 Herkomst van het bronwater 32
      4.11.1 Inleiding 32
      4.11.2 Vergelijking grondwater – bronwater 34
      4.11.3 Conclusies herkomst bronwater 34
   4.12 Temporeel verloop abiotische eigenschappen bronwater 36
   4.13 Chemische samenstelling en verontreiniging 37

5. Resultaten en discussie: het kolonisatieproces en de levensgemeenschap 39
   5.1 Inleiding 39
   5.2 Soortendiversiteit en abundanties 39
   5.3 Habitat en beweging 41
   5.4 Voedingsstrategie en trofisch niveau 43
   5.5 Stromingsvoorkeur 45

5.6 Ordinatie 46
5.7 Discussie 49
5.7.1 Ontwikkeling levensgemeenschap 49
5.7.2 Soortensamenstelling en kolonisatie 50
5.7.3 Milieufactoren en kolonisatie 51
5.7.4 Biologische interacties en kolonisatie 52
5.7.5 Onderlinge verschillen tussen de nieuwe bronnen 52

6. Streefbeeld en toekomstverwachting 54
6.1 Inleiding 54
6.2 Het EKOOstreefbeeld 54
6.3 Vergelijking noordbron (referentiebron) met nieuwe bronnen 57
6.4 Toekomstperspectief 59
6.5 Lange termijn effect: verzuring 61

7. Conclusies en aanbevelingen 63

Literatuurlijst 66

BIJLAGEN:

BIJLAGE 1: Beschrijving bronnen
BIJLAGE 2: Neerslagoverschot en luchttemperatuur
BIJLAGE 3: Jaaroverzicht fysisch-chemische eigenschappen bronwater
BIJLAGE 3A: Fysisich-chemische basisgegevens jaaroverzicht
BIJLAGE 4: Dagoverzicht fysisch-chemische eigenschappen bronwater
BIJLAGE 4A: Fysisch-chemische basisgegevens 36-uursmetingen
BIJLAGE 5: Overzicht datalogger resultaten
BIJLAGE 6: Neerslag, EGV en waterhoogte
BIJLAGE 7: Fysisch-chemische resultaten Bassie et al. (2000)
BIJLAGE 8: Overzicht ruimtelijke variatie EGV
BIJLAGE 9: Overzicht peilbuislocaties en grondwaterchemie
BIJLAGE 10: EC-IR diagrammen
BIJLAGE 11: Dwarsdoorsnede noordbron: grond- en bronwatersamenstelling
BIJLAGE 12: Soortenlijst per bron
BIJLAGE 13: Abundantie per familie
BIJLAGE 14: Habitatvoorkeur
BIJLAGE 15: Bewegingsgedrag
BIJLAGE 16: Trofische niveau's
BIJLAGE 17: Voedingswijze
BIJLAGE 18: Stromingsvoorkeur
BIJLAGE 19: Overzicht streefsoorten volgens Nijboer (1999)

1. Inleiding

Bronnen worden aangeduid als plaatsen waar grondwater op natuurlijke wijze uittreedt. In laaggelegen, weinig geaccidenteerde landen zoals Nederland zijn bronnen weinig voorkomende landschapselementen. Zij komen voor in het pleistocene deel van Nederland en lokaal langs de binnenduinrand en zijn gelegen op de hellingen van stuwwallen en terrassen, vooral daar waar waterstagnerende bodemlagen in de ondergrond voorkomen.

De kwaliteit van veel bronnen is de laatste decennia sterk achteruitgegaan als gevolg van de intensivering van het landgebruik, zoals de landbouw, urbanisatie en drinkwaterwinning. Hierdoor is de natuurlijke hydrologie en de grondwater-samenstelling van veel bronsystemen verstoord. De degradatie van de bronnen heeft vervolgens geleid tot het zeldzamer worden van karakteristieke bronorganismen in Nederland (Eysink 1997). Om de specifieke flora en fauna te behouden is het van belang dat brongebieden beschermd en zoveel mogelijk hersteld worden.

In 1998 is er in het infiltratie- en brongebied van de Springendalse beek, een beekdal in noordoost Twente, een aantal herinrichtingsmaatregelen uitgevoerd met als doel de natuurlijke hydrologie en de voedselarme omstandigheden van het bronsysteem te herstellen. Na het verwijderen van de drainage, het dempen van de sloten en het ontgraven van de geëgaliseerde bovengrond tot aan het oorspronkelijke maaiveld, zijn er twee nieuwe broncomplexen ontstaan die voorheen verder stroomafwaarts lagen.
Als één van de eerste projecten gericht op het herstel van het bronsysteem in Nederland, biedt dit project de mogelijkheid om na te gaan welke fysisch-chemische en biologische processen een belangrijke rol spelen bij het herstel van de bronnen. Door de ontwikkeling te volgen van de macrofauna en de abiotische omstandigheden, wordt het mogelijk de successie in de bronnen te beschrijven onder bepaalde abiotische condities. De resultaten van dit herstelproject kunnen vervolgens dienen als referentie en inspiratie voor andere herstelprojecten.

Het koloniseren van deze bronnen door karakteristieke bronsoorten en andere macrofauna soorten is afhankelijk van de interactie tussen abiotische en biotische factoren. De abiotische componenten zoals de fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater en het substraat vormen belangrijke basisvoorwaarden en bepalen in grote mate of een soort de nieuwe bronnen kan koloniseren. De biologische en aut-ecologische eigenschappen van de macrofauna bepalen vervolgens of en wanneer, de soort zich kan vestigen onder de heersende abiotische omstandigheden (Wallace 1990, Mackay 1992).
Omdat verscheidene fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater van grote invloed kunnen zijn op de levensgemeenschap en deze tot nu toe nauwelijks zijn beschreven is er voor gekozen om deze studie vooral te richten op de abiotische omstandigheden in de bronnen en vervolgens te kijken naar de relatie tussen de abiotische omstandigheden en de levensgemeenschap tijdens het kolonisatieproces. Hierdoor vormt deze studie een aanvulling op de eerdere onderzoeken door Arends (2000) en Berns (2000) waarbij de nadruk werd gelegd op het beschrijven van de levensgemeenschap tijdens het kolonisatieproces.

Het hoofdkenmerk van alle processen in bronnen is de constantie in de tijd (Odum 1971). De fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater vertonen gedurende het jaar veelal een constant verloop, waarvan het debiet, de watertemperatuur en de chemische samenstelling de belangrijkste zijn (Maas 1959; Hendrix 1990;Verdonschot 2001). Het verloop van deze eigenschappen over de afgelopen twee jaar is te verdelen in een seizoensverloop en een dagelijks verloop, welke beide een invloed kunnen uitoefenen op de bronlevensgemeenschap (Hynes 1970). Om het verloop van de fysisch-chemische variabelen te kunnen beschrijven en verklaren dient de herkomst van het bronwater bekend te zijn. De herkomst is afhankelijk van de hydro-geologische opbouw van het gebied. Zo hebben de omvang en de aard van het infiltratiegebied een belangrijke invloed op de samenstelling, de hoeveelheid en de verblijftijden van het (grond-)bronwater. TNO heeft in 1998 reeds een studie verricht naar de hydro-geologische situatie in Het Springendal, waaruit naar voren kwam dat het gebied een zeer complexe hydrologie had als gevolg van een complexe bodemopbouw. De fysisch-chemische kenmerken, de mate van constantie en de herkomst van het bronwater zijn echter niet beschreven door TNO en met deze studie zal worden getracht in deze ontbrekende kennis te voorzien. Door vervolgens de ecologische eigenschappen en milieuvoorkeuren van de macrofaunagemeenschap te onderzoeken die zich in de afgelopen twee jaar heeft gevestigd, kan worden bepaald welke rol de abiotische kenmerken van de bronnen hebben gespeeld tijdens het kolonisatieproces. Door tenslotte de fysisch-chemische ranges en de levensgemeenschap te toetsen aan het streefbeeld opgesteld door Gerven et al. (1997) en een natuurlijke bron elders in het Springendal, kan het succes van de maatregelen worden geëvalueerd en kan een voorzichtige voorspelling over de toekomstige ontwikkeling worden gedaan.

Doelstelling

De hoofddoelstelling van dit onderzoek is het verkrijgen van meer inzicht in de fysisch-chemische omstandigheden van de bronnen in het Springendal en in de relatie tussen de temporele aspecten van abiotische omstandigheden en het koloniseren van de bronnen door de macrofauna.

Hoofdvraag

Tijdens dit onderzoek staat de volgende vraag centraal:
Welke jaarlijkse en dagelijkse variatie treedt er op in fysische en chemische variabelen van de helocrene bronnen in het Springendal en wat is het effect daarvan op het kolonisatieproces door de macrofauna?

Deelvragen

- Hoe ziet het jaarlijkse en dagelijkse verloop eruit van chemische en fysische hoofdvariabelen?
- Waar komt het bronwater vandaan?
- Welke taxonomische groepen zijn er aangetroffen in de afgelopen twee jaar en wat zijn hun autecologische eigenschappen?
- Welke factoren hebben een belangrijke invloed gehad op het verloop van de kolonisatie?

- Wat zijn de fysisch-chemische en biologische kenmerken van het streefbeeld en de referentiebron?
- Wat zijn de overeenkomsten en verschillen tussen de nieuwe bronnen en het streefbeeld en de referentiebron?
- Welke ontwikkeling zal het gebied mogelijk doorlopen en hoe reageren de abiotische hoofdvariabelen en de levensgemeenschap daar op?

Het rapport is als volgt opgebouwd:
In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de ligging en de abiotiek van het onderzoeksgebied en de Springendal problematiek. In hoofstuk 3 komen de methoden en materialen aan bod die tijdens deze studie zijn gebruikt. Hoofdstuk 4 beschrijft de fysisch-chemische kenmerken van de bronnen. In hoofdstuk 5 komt het kolonisatieproces en de relatie tussen abiotiek en biota aan de orde. In hoofdstuk 6 worden de fysisch-chemische ranges en de macrofaunasamenstelling getoetst aan het streefbeeld en een natuurlijke bron elders in het Springendal. Tenslotte volgen in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.

2. Gebiedsbeschrijving

2.1 Ligging

De Springendalse beek ontspringt op de oostflank van het stuwwallencomplex nabij Ootmarsum in het oosten van Overijssel bij de Duitse grens (Figuur 1 geeft een detail van het gebied). Het totale stroomgebied van de Springendalse beek beslaat ongeveer 485 ha, waarvan het grootste gedeelte (346 ha) tot het natuurreservaat "Het Springendal" behoord. De beek is 5.5 km lang en kent een verval van 40 m (TNO 1999). De Springendalse beek mondt uit in de "Hollander graven", die op zijn beurt weer afwatert op de Dinkel. De onderzochte bronnen zijn gelegen in het bovenstroomse deel van het stroomgebied op de flank van de stuwwal.

Fig. 1: Ligging en detailkaart van Het Springendal

2.2 Geologie

De laatste twee ijstijden hebben een belangrijke rol gespeeld in de landschapsvorming van dit gebied. Tijdens het Saalien (voorlaatste ijstijd) zijn onder invloed van het landijs, tertiaire afzettingen opgestuwd tot de huidige stuwwalcomplexen. Deze tertiaire afzettingen worden gekenmerkt door hun slechte doorlatendheid. De gestuwde tertiaire afzettingen zijn in z'n geheel bedekt met een dunne laag fluvioglaciale afzettingen en grondmorene (Formatie van Drente). Toen er tijdens het Weichselien (laatste ijstijd) geen plantendek aanwezig was vanwege de kou, kon de erosie vat krijgen op het reliëfrijke landschap dat in het Saalien was ontstaan. Het smeltwater transporteerde grote hoeveelheden zand en grind waardoor erosiedalen ontstonden. Het dal werd deels weer opgevuld met helling- en fluvioperiglaciale afzettingen. Tijdens een koude en droge periode aan het einde van het Weichselien, is er door de wind een laagje dekzand (Formatie van Twente) afgezet in het dal. Pas in het warmere en nattere Holoceen ontstonden er als gevolg van de combinatie van veel neerslag en de slecht doorlatende bodem, bronnen in het Springendal en is er een beekje gaan stromen (TNO 1999)

2.3 Bodemtypen

In het stroomgebied van de Springendalse beek worden vooral podzolgronden aangetroffen. Het betreft hier met name leemarm en zwak lemig fijn zand, maar er worden tevens grofzandige bodems met grind op de flanken aangetroffen. In de bodem van het infiltratiegebied van de zuidelijke bovenloop komt keileem voor, beginnend tussen de 40 – 120cm diep. Elders in het beekdal zijn de leemlagen dieper aanwezig. De (nieuwe) zuidelijke bronnen zijn gelegen in een veldpodzolgrond, waar leemlagen in het zandige pakket voorkomen (TNO1999). Nabij de beek bevinden zich beekeerdgronden en venige beekdalgronden, waaruit de noordelijke bronnen ontspringen.

2.4 Hydrologie

De Springendalse beek ontspringt op de flanken van de stuwwal. Het water concentreert zich in twee smalle bovenlopen, de noordelijke en zuidelijke bovenloop die na circa 600 meter samenkomen en de Springendalse beek vormen. De noordelijke bovenloop wordt gevoed door een nagenoeg ongeschonden broncomplex. De zuidelijke bovenloop ontspringt uit een drietal broncomplexen en ontvangt daarnaast water uit het afwateringsstelsel van het landbouwgebied. De bronnen ontvangen hun water vanuit het hoger gelegen infiltratiegebied, welke voor de noordelijke tak ongeveer 63 ha en voor de zuidelijke tak 48 ha bedraagt (TNO 1999).

In het zuidelijke infiltratiegebied functioneert de goed doorlatende zandlaag als een neerslag-reservoir dat afwatert over de slechtdoorlatende klei- en keileemlagen. Door de heterogene verdeling van kleilagen is de bodemopbouw in zijn geheel slecht doorlatend, waardoor het grondwater vrij langzaam stroomt en de grondwaterspiegel relatief ondiep is. De goed doorlatende zandgronden in het noordelijke infiltratiegebied zorgen voor een meer constante infiltratie naar het grondwater en een regelmatige toevoer van grondwater naar de bronnen. Door het steile verhang wordt de grondwaterspiegel aangesneden, waardoor bronnetjes ontstaan (TNO 1999).

2.5 Landgebruik

Het landschap van het Springendal bestaat uit bos- en landbouwgebieden. Deze bos- en landbouwgronden zijn relatief jong. In de periode 1850 –1900 was heide de meest voorkomende vegetatie in het dal, waarbij in de omgeving van de huidige zuidelijke bronnen vooral natte heide voorkwam. Rond 1900 waren grote delen van het noordelijke infiltratiegebied al bebost en zijn in de jaren vijftig de natte heidevelden omgevormd tot weide en akkerbouwpercelen (Jalink 1997). Het grondgebruik in het voedingsgebied van het noordelijke broncomplex bestaat tegenwoordig uit bos met de functie natuur. Het grondgebruik in het voedingsgebied van het zuidelijke broncomplex is voornamelijk agrarisch. De agrarische percelen zijn veelal zwaar bemest en gedraineerd en worden gebruikt als weidegronden. In 1997 heeft SBB een van de agrarische percelen aangekocht in het voedingsgebied van het zuidelijke broncomplex (zie volgende paragraaf).

2.6 Springendal problematiek en oplossingen

De Springendalse beek en het natuurreservaat zijn de laatste decennia onderhevig aan degradatie als gevolg van verdroging, verzuring en eutrofiering. Als gevolg van de verdroging is de voeding van veel bronnen en bronbossen verminderd en is de nalevering vanuit deze bronnen naar de bovenlopen gereduceerd. De belangrijkste oorzaak is de verstoorde hydrologie van het stroomgebied. Het draineren van de landbouwgronden in het inzijgingsgebied heeft een versnelde afvoer van water tot gevolg, waardoor minder water zal infiltreren, de bronnen minder water ontvangen en de beek onnatuurlijk hoge piekafvoeren vertoont. Normalisatie en beekuitdieping benedenstrooms hebben tot gevolg dat de beek zich via terugschrijdende erosie in het achterliggende keileemplateau en onderliggende gestuwde formaties aan het insnijden is. Hierdoor zal de beek het hele dal sterker draineren. De intensieve bemesting van de landbouwgronden in het infiltratiegebied heeft tot gevolg dat het grond- en oppervlaktewater verhoogde nutriëntenconcentraties bevat. De bovenstaande problemen hebben geleid tot het verdwijnen van de typische bron- en beeksoorten (van Gerven et al. 1997).

In navolging van het plan van aanpak is er een aantal maatregelen genomen. Het betreft hier onder andere:

- ⇒ Het geleidelijk ophogen van de beekbodem d.m.v. boomstammetjes.
- ⇒ Het aanleggen van een retentiebekken, om zowel waterafvoer- als nutriëntenpieken te dempen.
- ⇒ Het aankopen en herinrichten van perceel Weersink, een zwaar bemeste maïsakker gelegen in het inzijgingsgebied.
- ⇒ Het verminderen van nutriëntenverliezen vanuit de landbouw.

Vooral het aankopen en herinrichten van de maïsakker is belangrijk geweest voor de zuidelijke broncomplexen, aangezien deze akker een belangrijk deel van zowel het infiltratiegebied als het brongebied vormt. Na de aankoop is de teeltlaag gedeeltelijk afgegraven, zijn de drains verwijderd, is het eerste jaar rogge geteeld om de aanwezige voedingsstoffen aan de bodem te onttrekken en wordt er een gedeeltelijk maaibeheer toegepast. Deze maatregelen hebben tot doel de toestroming van voedselarm grondwater naar het beekdal en een meer gelijkmatige afvoer van oppervlaktewater te realiseren (Gerven et al. 1999). Na de herinrichtingsmaatregelen is er een aantal nieuwe bronnen ontstaan in het midden en aan de voet van de voormalige maïsakker, die voorheen meer benedenstrooms waren gesitueerd.

2.7 Bronnen in het springendal

In het voedingsgebied van de twee bovenloopjes bevinden zich 9 bronnen en broncomplexen (figuur 2). De noordelijke bovenloop ontspringt uit een puntbron (noordbron II = nbrII), waarna stroomafwaarts een helocreen broncomplex (noordtak = ntak) en een helocrene bron (noordbron) de beek verder van water voorzien. De zuidtak ontspringt nabij een helocrene bron (zuidbronII = zbrII), waarna de beek verder nog water ontvangt uit twee zijstroompjes die worden gevoed door het retentiebekken, de bosbron en onland bron. De nieuwe bronnen (zuidbron, bospoel en waterranonkelpoel, resp. zbr, bosp en wtrranpoel) die zijn ontstaan op de voormalige maïsakker, staan niet direct in verbinding met de zuidtak. Het betreft hier helocrene bronnen waarbij het grondwater over een groot, zwak hellend oppervlak uittreedt, waardoor een moerassig gebied ontstaat. De bospoel en waterranonkelpoel liggen solitair in het landschap, de zuidbron en het aangrenzende bronbeekje worden gescheiden van de zuidelijke bovenloop door het retentiebekken. Een aantal van deze bronnen maakt deel uit van het reguliere monitoringsprogramma dat Alterra startte nadat de herstelmaatregelen waren uitgevoerd. Het gaat hier om de zuidbron en het aangrenzende bronbeekje ZBE, de bospoel en de waterranonkelpoel. Sinds de zomer van 2000 vormt ook de noordbron onderdeel van het van het reguliere monitoringsprogramma. Een meer gedetailleerde omschrijving van de bronnen is opgenomen in bijlage 1.

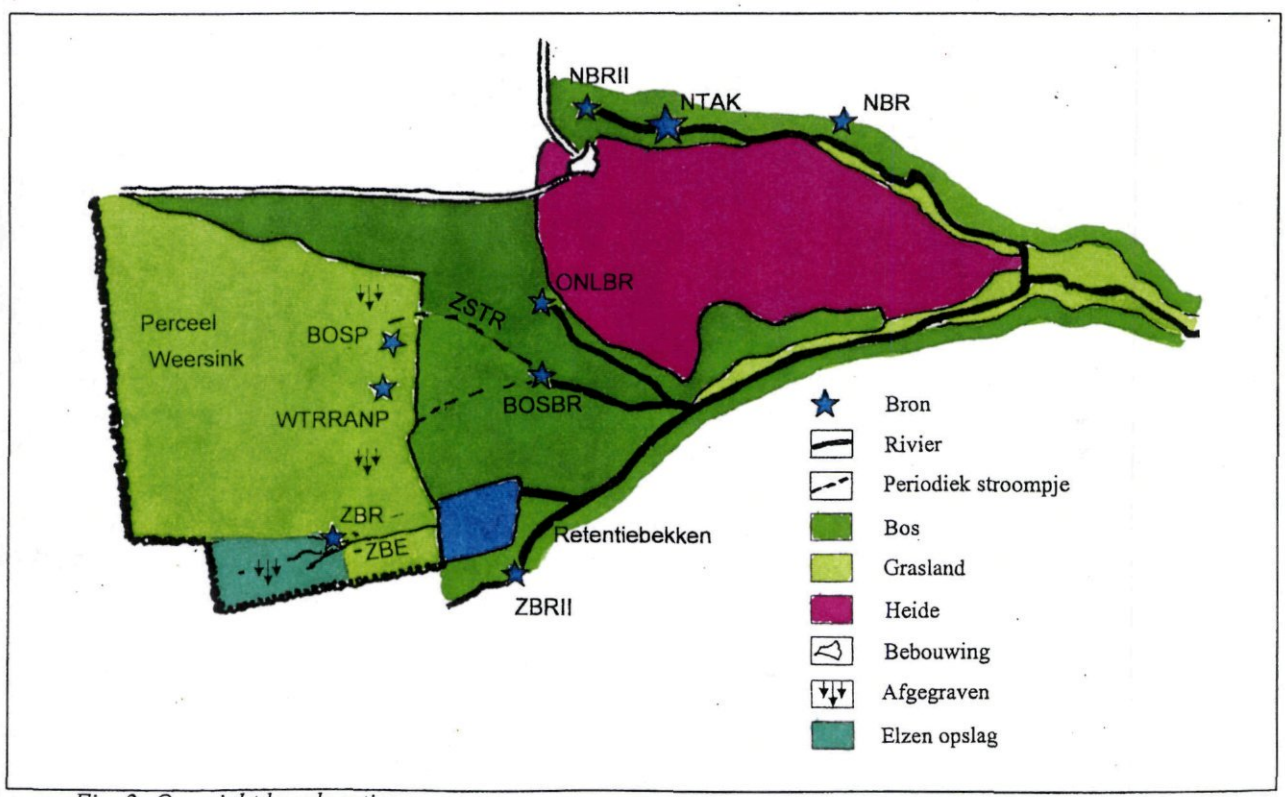


Fig. 2: Overzicht bronlocaties

3. Methoden en Materialen

3.1 Monsterpunten

Om het verloop van de fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater en de macrofaunagemeenschap te bepalen zijn vijf bronnen geselecteerd. Dit zijn: noordbron (nbr), noordtak (ntak), zuidbron (zbr), bosbron (I = instroompunt en II uitstroompunt) en de bospoel (bosp). De noordbron, zuidbron en bospoel zijn geselecteerd omdat van deze bronnen een tijdreeks van fysisch-chemische en biologische gegevens aanwezig was. De noordtak en de bosbron zijn regelmatig onderzocht om een beeld te krijgen van de ruimtelijke en temporele variatie van fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater als gevolg van de complexe bodemopbouw en het verschil in de bodemateriaal tussen de noord- (zand) en zuidflank (zand en leem). Noordbron II, zuidbron II en de onlandbron waren geen vast onderdeel van de monitoring in het kader van deze studie, maar zijn tenminste eenmalig bemonsterd voor een verdere onderbouwing van de ruimtelijke variatie in fysisch-chemische eigenschappen van uittredend grondwater. De waterranonkelpoel was inmiddels verdwenen, maar de fysisch-chemische en biologische gegevens zijn wel gebruikt in deze studie.

3.2 Fysisch-chemisch onderzoek

De geselecteerde bronnen zijn acht maal bemonsterd op de volgende fysisch-chemische variabelen: water- en luchttemperatuur, EGV, pH, zuurstof en zuurstofverzadiging, alkaliniteit, de macro-ionen Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, S^{2-}, de metalen Fe^{2+}, Al^{3+}, Zn, Mn en Cu en de nutriënten NO_3-N, NH_4-N en PO_4-P. De metingen zijn verricht op 18 september, 10 en 17 oktober, 16 en 20 november, 8 en 19 december 2000 en 12 januari 2001. Op basis van deze gegevens en eerdere onderzoeken door Verberk (1999), Bassie et al. (2000) en Berns (2000), kon het tweemaandelijks verloop en het bereik van de fysisch-chemische variabelen over de periode maart 1999 - september 2000 worden bepaald.

Om het dagelijkse verloop en ranges van de verschillende fysisch-chemische variabelen vast te stellen zijn er drie 36-uurs metingen uitgevoerd. Deze metingen hebben tot doel het verloop over 24 uur vast te stellen. De extra 12 meeturen zorgen voor een overlap in de dagmetingen, zodat de betrouwbaarheid van de gegevens gecontroleerd kan worden. Om 36 uur achter elkaar te meten was organisatorisch niet mogelijk, maar met 14 uur, 32 uur en 31 uur is eveneens een beeld verkregen van het dagelijks verloop in fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater. De eerste 36-uurs meting werd verricht op 10 oktober (7.30 – 21.30h), gevolgd door 16 en 17 november (6.30 – 14.30h) en 11 en 12 januari (7.30 – 15.00h).

Gedurende de 36-uursmetingen zijn volgende variabelen gemeten: water- en luchttemperatuur, EGV, pH, zuurstof en zuurstofverzadiging. Tijdens de 1^e meting werd er met intervallen van 1 uur gemeten, deze intervallen zijn verlaagd tot 1,5 uur bij de 2^e meting en 2 uur bij de laatste meting, omdat de fluctuaties in de tijd slechts beperkt waren. Tijdens de 1^e en 3^e meting zijn er om de twee uur watermonsters genomen voor de chemische bepalingen. Tijdens de 2^e meting is over grotere intervallen gemonsterd om te bepalen of grotere intervallen hetzelfde beeld gaven als korte meetintervallen.

Om een meer gedetailleerd beeld te krijgen van het dagelijkse verloop van de watertemperatuur, EGV en waterhoogte zijn dataloggers geplaatst in de zuidbron, de bospoel en de noordbron. De dataloggers registreerden met tijdsintervallen van 15 minuten. Helaas zijn door een fout in de programmatuur de resultaten van de zuidbron verloren gegaan.

3.3 Meetmethoden en -materialen

De EGV, temperatuur, zuurstof, zuurstofverzadiging en de pH zijn in het veld bepaald. Voor het bepalen van het EGV is gebruik gemaakt van de WTW Conductometer – I. Het zuurstofgehalte en de verzadigingswaarde is bepaald met de Oxi 320 Set-I + zuurstofsensor CellOx 325. De pH is gemeten met een WTW Microprocessor pH 196-I, waarbij deze standaard na 5 minuten werd afgelezen. De watertemperatuur is bepaald met de temperatuur-sonde van de zuurstofmeter. De ongefiltreerde watermonsters zijn na bemonstering ingevroren en in een tweetal meetrondes geanalyseerd door het laboratorium van Bodemkunde en Plantenvoeding van de Wageningen Universiteit.

De concentraties van de macro-ionen en metalen zijn bepaald met ICP-AES (methode beschreven in Houba et al. 1999). Het chloride gehalte is bepaald met behulp van een MARIUS Chlor-o-Counter, type II. Hierbij wordt via een elektrochemische reactie het aanwezige chloride als AgCl neergeslagen. Wanneer het chloride op is ontstaat kortsluiting en is het eindpunt van de titratie bereikt (Houba et al. 1999). De alkaliniteit of het zuurbindend vermogen (ZBV) is titrimetrisch bepaald door aan 100 ml monster 0.1 n HCl toe te voegen tot pH 4.1 is bereikt. De hoeveelheid toegevoegd zuur is een maat voor de alkaliniteit. Gewerkt is met een automatische titratieburet van Metrohm. De gehaltes aan voedingsstoffen (NO_3-N, NH_4-N en PO_4-P) zijn gemeten met het Segmented-flow analysis (SFA) system. Hierbij worden de stoffen gemeten met een auto-analyzer volgens de CaCl2-methode.

3.4 Herkomst van het bronwater

Om de herkomst van het bronwater te bepalen is gebruikt gemaakt van twee methoden: Van Wirdum-driehoeken en Maion-diagrammen. Er is voor gekozen om de Maion-diagrammen in de resultaten op te nemen, omdat er bij deze methode gebruik wordt gemaakt van een groter aantal chemische variabelen (tabel 1). Hierdoor worden fouten bij de herkomstbepaling door grondwaterverontreiniging zoveel mogelijk ondervangen. Verder bood deze methode ook de mogelijkheid om de resultaten te presenteren als aandelen atmoclien (recentelijk geïnfiltreerd ondiep grondwater), verontreinigd (veelal verontreinigd diep grondwater) en lithoclien (diep grondwater). Dit was niet mogelijk met de Van Wirdum-driehoeken, maar de uitkomsten van deze methode dienden ter ondersteuning van de Maion resultaten.
Naast de fluctuaties gedurende het jaar in de bronwatersamenstelling is ook een vergelijking gemaakt tussen het ondiepe grondwater en bronwater in de noordbron, zuidbron en bospoel, om te onderzoeken in hoeverre deze overeenkwamen.

Tabel 1: methoden en gebruikte variabelen

Methode	Gebruikte variabelen
Van wirdum-driehoeken	I.R (Ca-Cl), EGV
Maion-diagrammen	Ca, Mg, K, Na, Cl, S, HCO3, pH, EGV

3.5 Biologisch onderzoek

De macrofaunagegevens van de zuidbron, bospoel, waterranonkelpoel en de noordbron zijn de afgelopen twee jaar verzameld in het kader van monitoringsprogramma van Alterra. De monsters werden binnen 5 dagen uitgezocht en vervolgens gedetermineerd. Voor het spoelen van de monsters, het uitzoeken en het determineren van de macrofauna is gebruik gemaakt van de standaard protocollen van Alterra. Om te onderzoeken hoe de levensgemeenschap zich de afgelopen twee jaar heeft ontwikkeld zijn er overzichten gemaakt van de taxonomische groepen en de ecologische eigenschappen van de aangetroffen macrofauna (habitatsvoorkeur, bewegingsgedrag, voedingswijze en trofisch niveau en stromingsvoorkeur) tijdens het kolonisatieproces. Deze eigenschappen waren voornamelijk afkomstig uit Verdonschot (1990). Ontbrekende ecologische eigenschappen zijn voor de belangrijkste soorten aangevuld met literatuurgegevens. Indien de eigenschappen van het genus wel bekend waren, maar op taxa niveau niet, zijn de eigenschappen van het genus voor de taxa gebruikt.

3.6 Abiotiek en biota

Na het beschrijven van de omgevingsvariabelen en de levensgemeenschap zijn beide aan elkaar gekoppeld met behulp van CANOCO. Dit programma biedt de mogelijkheid om de factoren aan te geven die een grote invloed hebben op de samenstelling van de levensgemeenschap.
Als eerste is er een standaard Decorana uitgevoerd om de totale variatie in de dataset te bepalen (lengte gradient > 3 dus unimodaal responsiemodel; Jongman et al. 1987). Hierbij is gebruik gemaakt van de optie "downweighting of rare species". Hierdoor wordt er aan zeldzame soorten minder gewicht toegekend bij de berekeningen. Verder is er gebruik gemaakt van de optie "logaritmische transformatie". Vervolgens is er een directe CCA uitgevoerd waarbij de abiotische variabelen aan de biotische variabelen werden gekoppeld. Voor ontbrekende waarden van de omgevingsfactoren zijn de gemiddelde waardes gebruikt over de periode '99-'00. De fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater zijn verder aangevuld met de factoren tijd (aantal dagen vanaf 16 maart 1999), schaduw (0,1), stroming (1= geen, 2=matig, 3=snel) en de voornaamste substraatkenmerken mineraal (0,1), detritus (0,1), emergente en submerse planten (beide 0,1). Met behulp van de variatie-inflatiefactor is nagegaan welke variabelen een covariatie vertonen met andere variabelen. Alleen de factor tijd bleek een grote covariatie te vertonen met de watertemperatuur en mineraal. Deze factor is daarom bij de overige bewerking komen te vervallen.

De analyse plaatst de monsters met overeenkomstige abiotische en biotische kenmerken dicht bij elkaar in een multidimensionale ruimte en de monsters die sterk van elkaar verschillen ver uit elkaar. Het resultaat wordt weergegeven in een ordinatiediagram. Afzonderlijk gelegen monsterpunten binnen het ordinatiediagram worden verwijderd, waardoor ook de meer overeenkomende monsters als het ware uit elkaar getrokken zodat ook de verschillen tussen de meer overeenkomende monsters duidelijker worden (Nijboer 1999). Tijdens het afsplitsen van monsterpunten werden de bijdragen bepaald van individuele en gegroepeerde omgevingsvariabelen (water- en substraateigenschappen) aan de variatie in de levensgemeenschap. Met behulp van een Monte Carlo permutatie test (199 permutaties) is nagegaan in hoeverre de variatie in soortensamenstelling significant verklaard kon worden door de individuele en gegroepeerde omgevingsvariabelen.

4. Abiotische kenmerken bronwater

4.1 Inleiding

Bronnen kunnen worden voorgesteld als punten waar grondwater, afkomstig uit meerdere (diepe en ondiepe) stroombanen, geconcentreerd uittreedt. Omdat grondwater zich langzaam door de ondergrond verplaatst en niet wordt blootgesteld aan atmosferische veranderingen zoals oppervlaktewateren, heeft grondwater meestal een constante chemische samenstelling en stabiele fysische kenmerken.
In dit hoofdstuk komen de verschillende fysisch-chemische variabelen in het bronwater aan bod die tijdens de afgelopen twee jaar en/of de onderzoeksperiode zijn gemeten. Er wordt per variabele zowel in gegaan op de onderlinge verschillen tussen de bronnen als het temporele verloop, die beide zoveel mogelijk worden verklaard. In de laatste paragraaf worden de onderlinge verschillen en het temporele verloop in fysisch-chemische kenmerken als een geheel bediscussieerd.

4.2 Debiet en stroomsnelheid

De stroomsnelheid en het debiet in de noordbron zijn eenmalig gemeten en bedroegen resp. 0.068 m/s en 0.002m^3/s. In de zuidbron en de bosbronI kon de stroomsnelheid niet worden gemeten vanwege het te dunne laagje water, maar de stroming was hier zeer gering. Het debiet en de stroomsnelheid in bosbronII zijn niet gemeten maar liggen in de buurt van het debiet in de noordbron. In de bospoel werd geen stroming waargenomen. Ondanks het geringe debiet, zijn de zuidbron en de bospoel wel permanent watervoerend. BosbronI en de waterranonkelpoel zijn intermitterende bronpunten, die vanaf het najaar tot het voorjaar watervoerend zijn en daarna droogvallen.

De duur en de mate van veranderingen in het debiet zijn afhankelijk van de netto-neerslag per seizoen, de hydro-geologie van het gebied en de stroombaanlengte. In de zomer is het debiet niet bepaald, maar deze zal enigszins lager zijn geweest omdat de grondwaterstand onder invloed van de verdamping daalt. Hierdoor neemt de hydraulische gradiënt af en daardoor vermindert de aanvoer naar de bronnen. Er blijft echter altijd een gradiënt bestaan zodat de bronnen altijd grondwater zullen afvoeren. De neerslag die in de nazomer en herfst valt dient als aanvulling van de bodemvoorraad, waarbij de grondwaterstand zal stijgen. Met het stijgen van de grondwaterstand in de winter zal de hydraulische gradiënt weer toenemen en daarmee ook de aanvoer naar de bronnen. Dit proces was duidelijk waar te nemen aan de voet van de voormalige maïsakker. In 1999 ontstond daar naast de reeds aanwezige bospoel, de waterranonkelpoel en deze verdween weer in eind mei, toen het neerslagoverschot inmiddels had plaatsgemaakt voor een neerslagtekort (bijlage 2). Op 20 november 2000 trad er aan de voet en halverwege de helling op grote schaal water uit, waarbij een stroompje ontstond (ZSTR) dat in de bosbron uitmondde (figuur 2). Dit stroompje was op 19 december weer verdwenen. Op basis van veldwaarnemingen tijdens de andere monsterdagen was het duidelijk dat dit stroompje vaker watervoerend was. Ook datalogger gegevens wezen op een regelmatig verhoogd uittreden van grondwater rondom en in de bospoel als gevolg van neerslag, waarbij het waterniveau binnen een dag met 2,5 cm steeg als gevolg van 15 (5 januari) en 8 (24 januari) mm neerslag (bijlage 6). De waterhoogte in de noordbron vertoonde nauwelijks een reactie op de neerslag.

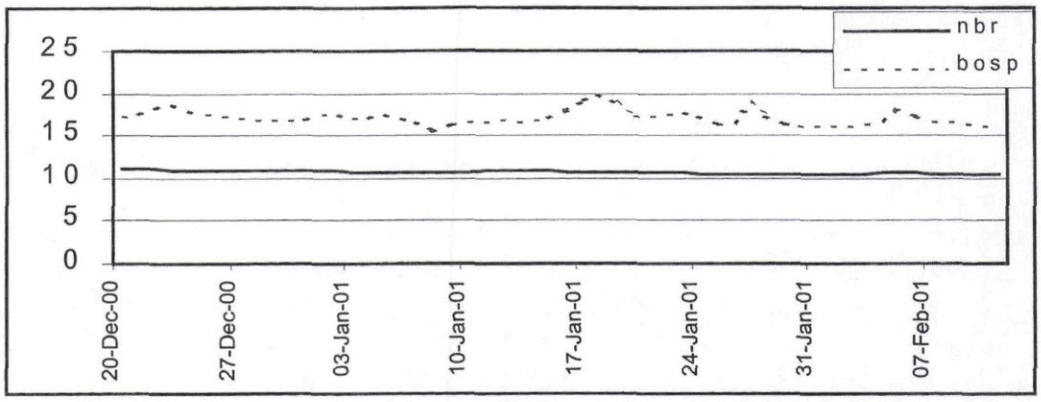


Fig. 3: Datalogger resultaten daggemiddelde waterhoogte in de noordbron en bospoel

4.3 Substraat type

De bronnen verschilden onderling sterk in substraattypen. Het substraat in de zuidbron bestond voor het grootste deel uit fijn organisch materiaal (90% van totale oppervlak) dat bedekt was met een laagje ijzerhydroxide. Verder waren er emergente planten aanwezig (10%). De bospoel had een fijn organisch substraat op de bodem en er groeien submerse en emergente waterplanten (resp. 30 en 50 % van het totale oppervlak) langs de randen en in de bron en had de grootste diversiteit aan microhabitats. De noordbron bestond voor het grootste gedeelte uit fijn organisch materiaal, dat bedekt is met een laag onverteerd blad (grove organische fractie). Bovenstaande verschillen tussen de zuidelijke bronnen en noordelijke bron zijn het gevolg van de landschappelijke situering en de omliggende begroeiing. De bosrijke omgeving van de noordbron zorgt voor de aanvoer van (grof) organisch materiaal en onderdrukt door de beschaduwing de groei van waterplanten. De beschaduwing en de lage pH vertragen de mineralisatiesnelheid hetgeen een dik organisch pakket tot gevolg heeft.

De percentages van de verschillende fracties zullen seizoensverschillen vertonen. Zo zal in het najaar de fractie grof organisch in de noordbron groter zijn vanwege de bladval. De fractie submerse en emergente waterplanten was in de winter lager dan in de zomer. Deze veranderingen in percentages zijn in het kader van dit onderzoek overigens niet kwantitatief bepaald.

4.4 Watertemperatuur

Een zeer karakteristieke eigenschap van bronwater is de vrijwel constante temperatuur. Het grondwater is namelijk door de bovenliggende afzettingen geïsoleerd waardoor sterke temperatuurschommelingen van de lucht weinig invloed hebben op de watertemperatuur. In tegenstelling tot de kenmerkende constantheid in watertemperatuur vertoonden de nieuwe bronnen grotere dagelijkse en jaarlijkse fluctuaties. De gemiddelde jaartemperatuur lag in de nieuwe zuidelijke bronnen rond de 12 °C. De noordelijke bronnen hadden een gemiddelde temperatuur van 9.5 °C welke overeenkwam met de gemiddelde temperatuur elders gevonden in de bronnen van Nederland (Maas 1959). De watertemperatuur was significant aan de buitenlucht gerelateerd. De hoogste temperaturen (tot 25 °C) werden gemeten in de zomer en de laagste (0 °C) in januari. De bospoel was tijdens de laatste 36-uursmeting bevroren. De noordbron vertoonde in verhouding tot de nieuwe zuidelijke bronnen een kleinere fluctuatie (9.2 °C). Ook de noordtak en de bosbron vertonen kleinere jaarlijkse fluctuaties (bijlage 3).

De mate van fluctuatie hangt o.a. samen met het debiet, de waterdiepte, het contactoppervlak met de buitenlucht, de luchttemperatuur en de directe instraling van zonlicht (Giller & Malmqvist 1998). In de zuidbron zorgden het uittreden over een groot oppervlak en het dunne laagje water voor een groot contact met de buitenlucht waardoor het bronwater de overeenkomstige temperatuur volgde. De grote mate van instraling vanwege het ontbreken van beschaduwing, versterkte de opwarming van het water. De luchttemperatuur en instraling van zonlicht hebben ook een grote invloed op de temperatuur van het stilstaande water in de bospoel. De noordbron, noordtak en de bosbronII hadden in verhouding tot de overige bronnen een groter debiet, een hogere stroomsnelheid en zijn gelegen in het bos (beperkte invloed zonlicht) waardoor deze bronnen minder werden opgewarmd.

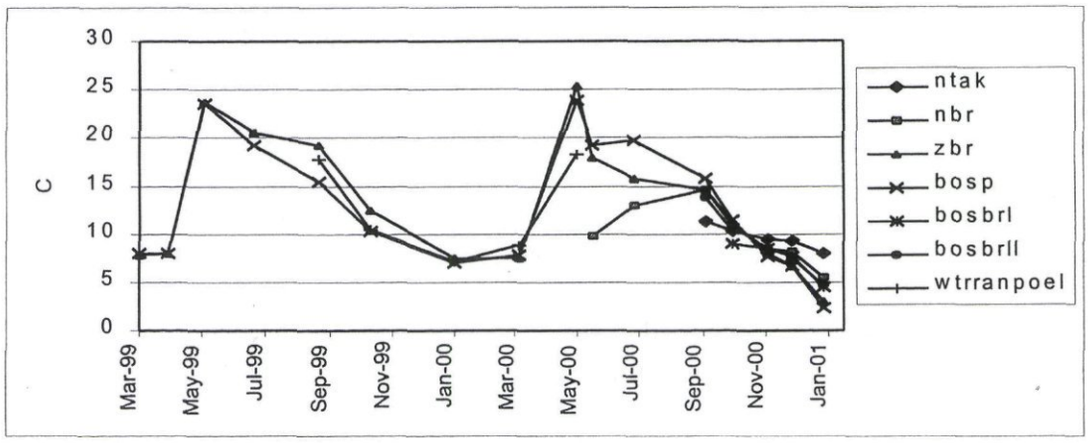


Fig. 4: Jaarlijks verloop bronwater temperatuur

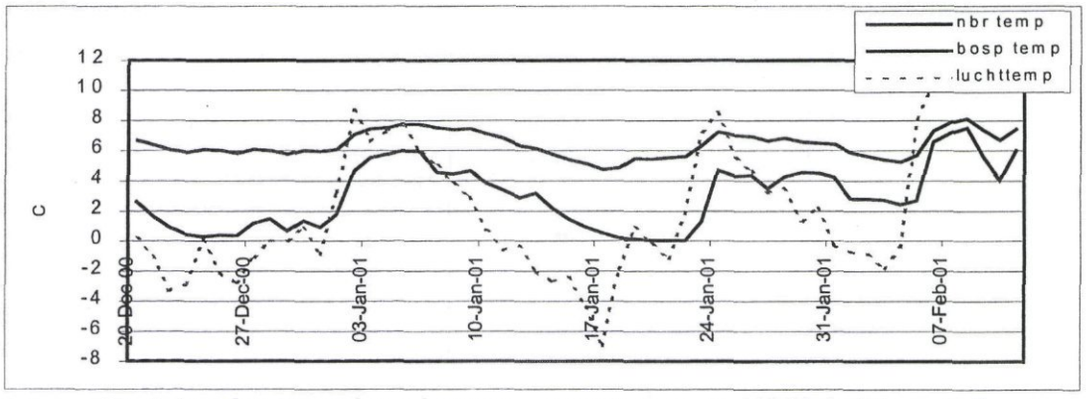


Fig. 5: Datalogger resultaten bronwatertemperatuur en gemiddelde luchttemp. in Twente

In de zuidbron en de bospoel werden tevens grotere dagfluctuaties in water-temperatuur gemeten dan in de overige bronnen (figuur 6). De gemiddelde dagfluctuatie voor deze bronnen bedroeg resp. 3.8 en 4.8 °C (bijlage 4). De dagfluctuatie was het kleinst in de noordtak (gem. 1.5 °C) en deze behield tijdens de laatste 36-uursmeting ook de hoogste temperatuur. Tijdens de 36-uursmetingen werd er in de noordbron een gemiddelde dagfluctuatie gevonden van 2.2 °C. De dataloggers hebben slechts een gemiddelde dagfluctuatie van 0.63 °C gemeten over de periode oktober – februari. In de bospoel werd door de dataloggers een gemiddelde dagfluctuatie gemeten van 2.4 °C (bijlage 5). De dagfluctuaties die tijdens deze studie waren gevonden, zijn kleiner dan de fluctuaties die in mei werden gemeten. Door Bassie et al. (2000) werd een dagfluctuatie gemeten van 9.1 °C in de zuidbron en 11.8 °C in de bospoel.

Onder invloed van grotere luchttemperatuurfluctuaties en meer instraling van zonlicht zijn de fluctuaties in de zomer groter dan in de winter.

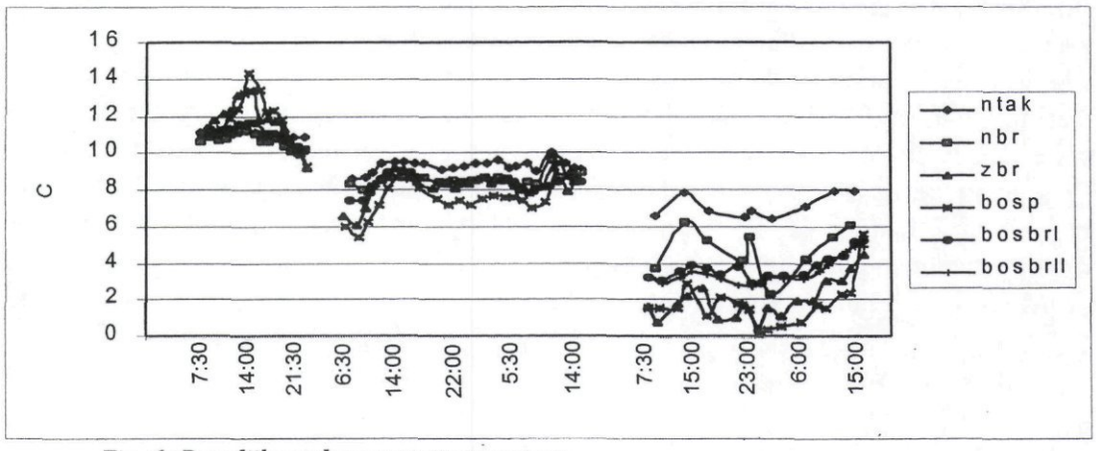


Fig. 6: Dagelijks verloop watertemperatuur

4.5 Zuurstof

Grondwater is meestal zuurstofloos en rijk aan kooldioxide, vanwege het biochemisch zuurstofgebruik door organisch materiaal en bacteriële respiratie in de bodem. Na het uittreden van dit zuurstofarme en CO_2 -rijke grondwater zal op enige afstand van de bron de koolstofdioxide uitwijken en worden vervangen door zuurstof dankzij de turbulentie en diffusie met de lucht. Omdat de zandgronden in het gebied weinig organisch materiaal bevatten en het biochemisch gebruik dus beperkt is, is het grondwater in het Springendal niet geheel zuurstofloos wanneer het uittreedt (TNO 1999). Het bronwater van het Springendal was inderdaad relatief zuurstofrijk, maar niet geheel verzadigd met zuurstof. De zuurstof concentraties lagen gemiddeld tussen de 6 en 10 mg/l en de verzadingspercentages gemiddeld tussen 68 en 98% (bijlage 3).

De noordelijke bronnen en de bosbron hadden gemiddeld een lagere zuurstofconcentratie dan de twee nieuwe bronnen. In de noordbron en de bosbron werden de laagste zuurstof concentraties gemeten, hetgeen gerelateerd was aan de voeding door zuurstofarm diep grondwater en de grote hoeveelheid organisch materiaal. De bronnen van de noordtak doorstromen ook een organisch pakket, maar het water had op het meetpunt vanwege de stroming en turbulentie een hogere zuurstofconcentratie. De hogere zuurstofconcentratie in de bospoel hing samen met de fotosynthese van algen en submerse en emergente planten in de bron. In de zuidbron stroomde een dun laagje water met een groot contactoppervlak langzaam over het substraat, waardoor de diffusie hier groot was en hoge concentraties werden gemeten.

In de periode maart '99 – september '00 traden de grootste fluctuaties op in de zuidbron (ampl. = 16.4 mg/l) en de bospoel (ampl. = 15.5 mg/l). Het zuurstofgehalte in de overige bronnen fluctueerde gemiddeld ongeveer 6 mg/l tijdens de onderzoeksperiode (bijlage 3). De zuurstofconcentratie was gemiddeld het hoogst in de winter en voorjaarsmaanden en het laagst in de zomer en najaar. Tijdens de koude winter- en voorjaarsmaanden kon er meer zuurstof oplossen in het water, dan bij de hogere zomertemperaturen. De afbraak van organisch materiaal kan in het najaar tot lagere zuurstofconcentraties hebben geleid. Verder droegen ook de waterplanten en algen door middel van fotosynthese bij aan de schommelingen in de zuurstofconcentraties.

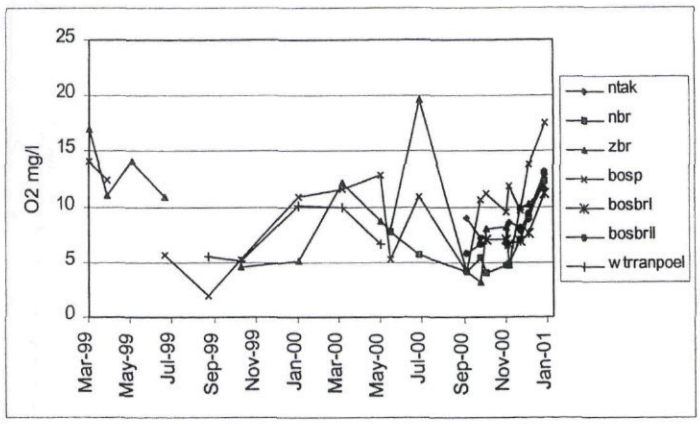


Fig. 7: Jaarlijks zuurstofverloop in mg/l

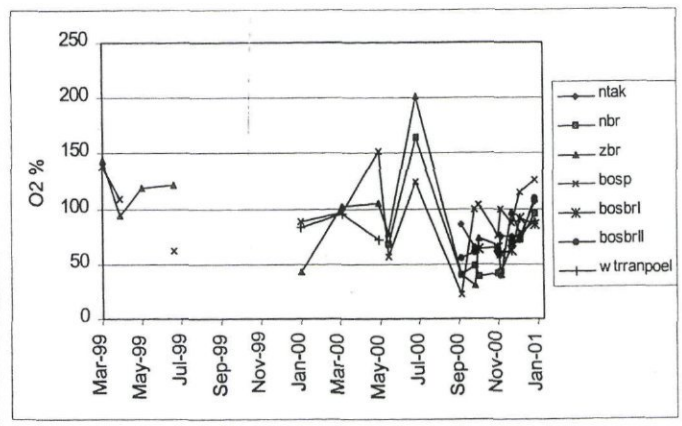


Fig. 8: Jaarlijks zuurstofverloop in %

De zuidbron en de bospoel vertoonden ook de gemiddeld grootste dagfluctuatie (figuren 9 en 10). De hoogste waarden werden overdag gevonden en s'nachts de laagste. Dit patroon was dus gelijk aan het temperatuursverloop en niet, zoals in het jaarlijkse verloop, tegenovergesteld eraan. Dit verschijnsel werd ook door Bassie et al. (2000) waargenomen in de zomer, waarbij in de bospoel en zuidbron bijzonder lage zuurstofpercentages zijn gevonden (resp. 2.9 en 11%). Dit werd vooral veroorzaakt door fotosynthese en respiratie van waterplanten en algen, maar het zuurstofgebruik door het bodemsediment kan hier ook aan hebben bijdragen (Hynes, 1970). Blijkbaar had de fotosynthese een grotere invloed op het zuurstofverloop dan de watertemperatuur binnen de dagcyclus. De gemiddelde dagfluctuatie in de periode oktober –januari bedroeg voor de bospoel 8.7 mg/l en voor de zuidbron 8.4 mg/l. Deze fluctuaties waren iets hoger dan de dagfluctuaties gemeten in mei: bospoel 6.2 en zuidbron 7 mg/l (Bassie et al. 2000), maar de zuurstofconcentraties waren niet zo laag als in de zomer. De andere bronnen vertoonden tijdens de 36-uursmetingen een redelijk constant verloop.

De fluctuaties in de zuurstofconcentratie in de zuidbron tijdens de derde 36-uursmeting hadden vooral met de manier van meten te maken, aangezien de verschillen samenvielen met de monsternemers. Er trad al resuspensie van het fijne zwevende organische materiaal op bij lichte turbulentie, waardoor het moeilijk was een betrouwbare meting te verrichten. Het dunne laagje water was doorgaans zeer zuurstofrijk, maar wanneer in het zwevende organische materiaal werd gemeten, lagen de waarden veel lager (laagst gemeten waarde 0.4 mg/l).

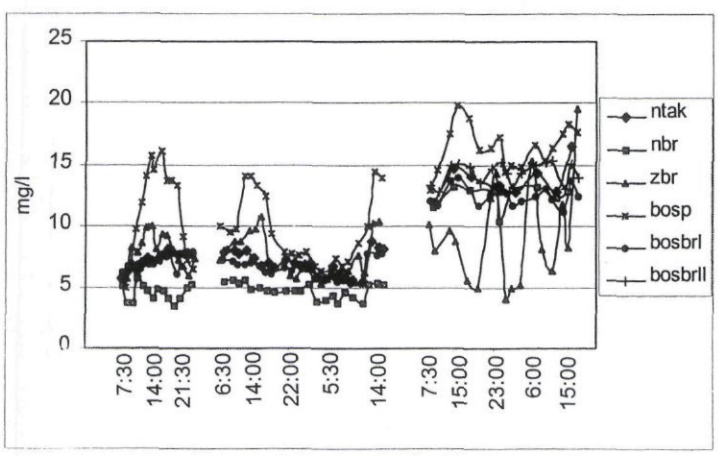


Fig. 9: Dagelijks zuurstofverloop in mg/l

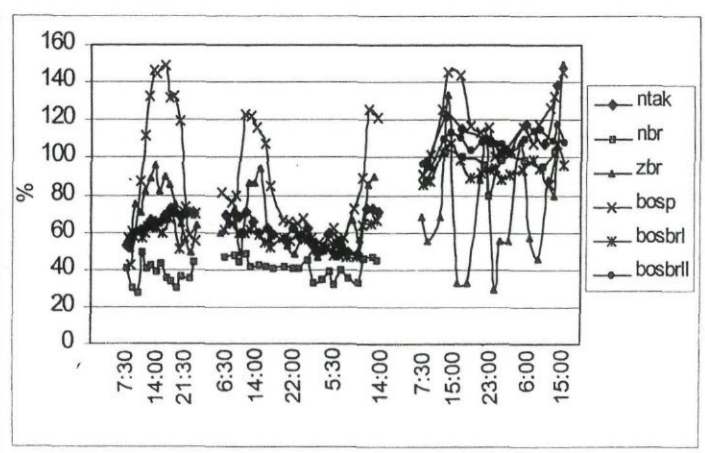


Fig. 10: Dagelijks zuurstofverloop in %

4.6 Zuurgraad

De pH van het bronwater in het Springendal fluctueerde gemiddeld van neutraal (7) tot zwak zuur (5) (figuur 11). Dit kwam overeen met het bronwater dat elders in Twente is aangetroffen (Oude Egbrink & Notenboom 1982). Met uitzondering van bosbronI, was de pH van de zuidelijke bronnen gemiddeld hoger dan die van de bronnen van de noordtak.

De noordelijke bronnen en de bosbron hadden een redelijk constant pH verloop. De zuidbron en de bospoel hadden een redelijk constant pH verloop tijdens het eerste jaar, maar vertonen grotere fluctuaties in het tweede jaar (figuur 11). De hoge pH waarden in de zuidbron (9) en bospoel (8) gedurende de eerste vier maanden na het afgraven, waren waarschijnlijk het gevolg van de tijdelijk basenrijke toestand die ontstond na de afgravingen waarbij het moedermateriaal aan het maaiveld kwam te liggen. In juli 2000 werd pH 8 nogmaals gemeten in de bospoel. Deze hoge zomerse pH waarde werd veroorzaakt door fotosynthese van algen en vegetatie in deze bron, die de pH overdag verhogen door onttrekking van CO_2 en H^+ ionen aan het water (Stumm & Morgan 1981).

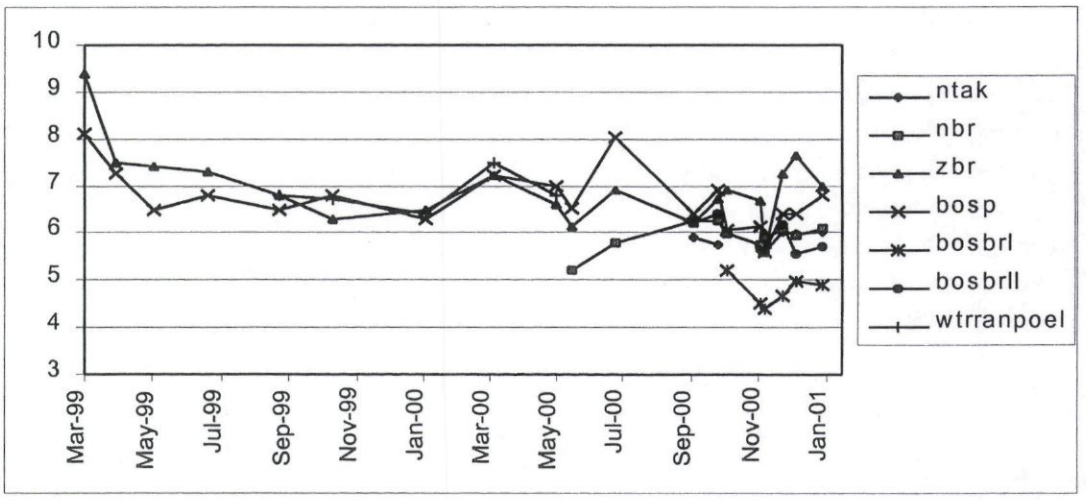


Fig. 11: Jaarlijks pH verloop

Op 20 november werd er in de zuidelijke bronnen een plotselinge pH daling waargenomen. Deze was het sterkst in de zuidbron waar de pH in 3 dagen met één eenheid daalde. Omdat de pH daling samenviel met het grootschalig uittreden van grondwater aan de voet van de voormalige maïsakker, is deze pH daling waarschijnlijk veroorzaakt door een lichte verdunning van het bronwater met ondiep grondwater en/of regenwater. Dalingen van de zuurgraad als gevolg van regenval zijn elders in Europa ook waargenomen in beken en meren, waarbij dalingen zijn gemeten die variëren van een halve eenheid tot bijna drie eenheden (Kahl et al. 1992; Davies et al. 1992). In een aantal Duitse bronnen steeg of daalde de pH met maximaal 1.5 eenheid na hevige regenval (Brehm & Meijering 1982). In de bospoel trad de pH daling nauwelijks op terwijl er wel een verdunning plaatsvond. Hier was de hoeveelheid bufferstoffen blijkbaar groter, waardoor de pH daling beperkt bleef. Het pH verloop in de zuidbron en bospoel werd dus beïnvloed door zowel de fotosynthese als door verdunning met regenwater en had daardoor een dynamischer verloop in vergelijking tot de overige bronnen.

In de 36 uursmetingen was geen eenduidig patroon te ontdekken (figuur 12). De eerste meting ontbreekt omdat de meetapparatuur kapot ging. Tijdens de tweede meting werd er op alle punten een stijging van een halve pH eenheid waargenomen. Dit verschijnsel was moeilijk te verklaren, omdat geen van de overige gemeten fysisch-chemische variabelen dit verloop vertoonden. De derde meting vertoonde een redelijk constant verloop in de noordelijke bronnen de bosbron, met een lichte pH stijging tussen 1 en 2 uur 's nachts. De zuidbron en de bospoel vertoonden de grootste dagfluctuatie met een pH eenheid van 0.8. Bij de bospoel volgde het HCO_3^- -gehalte hetzelfde patroon, maar in de zuidbron was geen stof aan te wijzen die hetzelfde patroon volgde. Het dagpatroon dat door Bassie et al. (2000) werd waargenomen in de zuidbron en de bospoel tijdens hun 36-uursmeting in mei 2000 is niet gevonden tijdens de eigen metingen. Zij vonden 's nachts een pH daling in deze bronnen en overdag was het verloop vrij constant (bijlage 7) Een dergelijk dag-nachtpatroon is te verklaren door fotosynthese overdag en respiratie 's nachts, maar dan treedt er doorgaans een grotere stijging overdag op en zou dit op beide dagen te verwachten zijn.

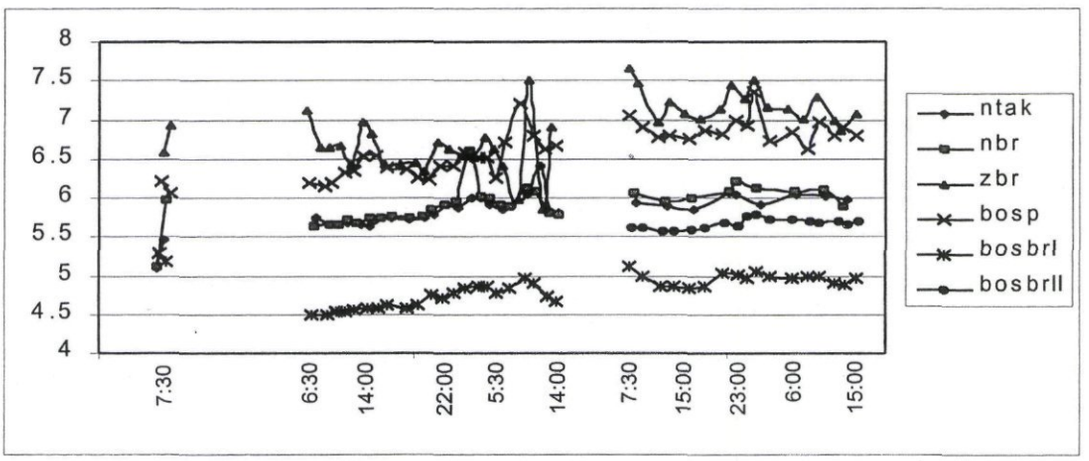


Fig. 12: Resultaten 36-uursmetingen pH verloop

4.7 EGV

In figuur 13 is het verloop van het EGV weergegeven. Het EGV lag gemiddeld tussen de 151 en 330 µS/cm voor de zuidelijke bronnen en tussen 290 en 301 µS/cm voor de noordelijke bronnen. Het hoogste EGV werd gevonden in de bospoel en het laagste in de zuidbron. De hoge EGV waarden en de hoge concentraties aan o.a. NO_3, Cl, K, Mg en S (zie volgende paragraaf) duidden op de invloed van meststoffen afkomstig uit het infiltratiegebied. De intermitterende bronnen, bosbronI en de waterranonkelpoel, ontvingen vooral ondiep grondwater en hadden daardoor een lagere EGV. De zeer lage EGV die werd gevonden in de zuidbron duidde op (onlangs geïnfiltreerd) regenwater. Binnen de zuidbron werden overigens grote verschillen waargenomen in EGV. Tijdens één bemonstering werden op verschillende plekken in de bron waarden gemeten variërend van 140 tot 215 µS/cm (bijlage 8).

Het EGV van het bronwater vertoonde een relatief constant patroon, met uitzondering van 10 oktober en 20 november toen er twee flinke dalingen in de bospoel werden waargenomen. Deze dalingen vielen samen met dalingen in ionenconcentraties (figuren 17 t/m 30) en werden veroorzaakt door de toestroom van recent geïnfiltreerd regenwater.

Ook de datalogger resultaten gaven een daling weer van 1 t/m 15 januari als gevolg van neerslag, waarbij het EGV in 5 dagen van 350 naar de 200 µS/cm daalde. De geleidelijke daling in de bospoel vanaf 24 januari en de regelmatige stijgingen in waterhoogte (bijlage 6) duidde tevens op een toenemende invloed van ondiep grondwater. In de andere bronnen is geen afwijkend patroon gemeten op 10 oktober en 20 november, waarbij het overigens wel opvallend was dat in de noordbron wel een daling in de macro-ionen concentraties werd gevonden maar geen daling in het EGV. Uit de datalogger gegevens van noordbron (figuur 14) bleek dat de EGV zich op een paar pieken en dalen na, zich constant gedroeg.

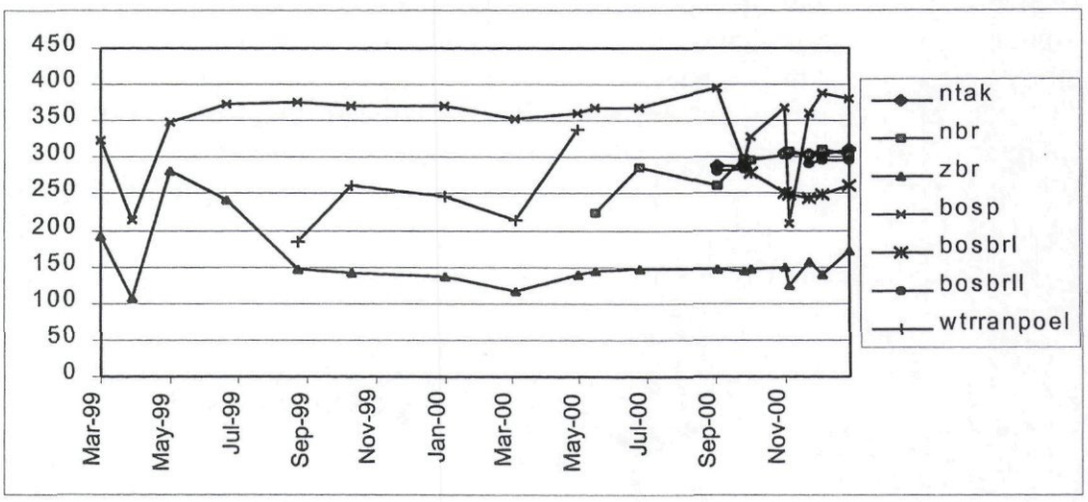


Fig. 13: Jaarlijks EGV verloop in µS/cm

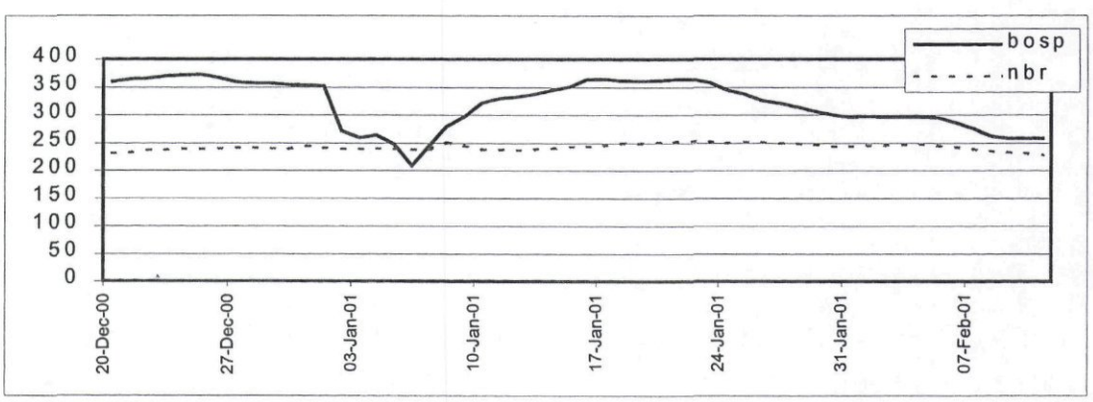


Fig. 14: Datalogger resultaten EGV van de noordbron en bospoel in µS/cm

Op een paar kleine uitschieters na, vertoonden de 36-uursmetingen een redelijk constant patroon. De flinke stijging 's nachts bij de derde meting is waarschijnlijk een meetfout, aangezien geen van de gemeten stoffen een piek vertoonde tijdens deze uren. Uit de datalogger gegevens van de bospoel bleek dat het EGV wel een duidelijk dagelijks patroon vertoonde. De hoogste waarden worden meestal gemeten tussen 8 en 9 's morgens en de laagste rond 15.00 's middags (figuur 16). De dagfluctuatie bedroeg voor de bospoel meestal ongeveer 8 µS/cm en werd waarschijnlijk veroorzaakt door de verdamping van het water. Deze dagfluctuatie werd overigens niet waargenomen in de noordbron.

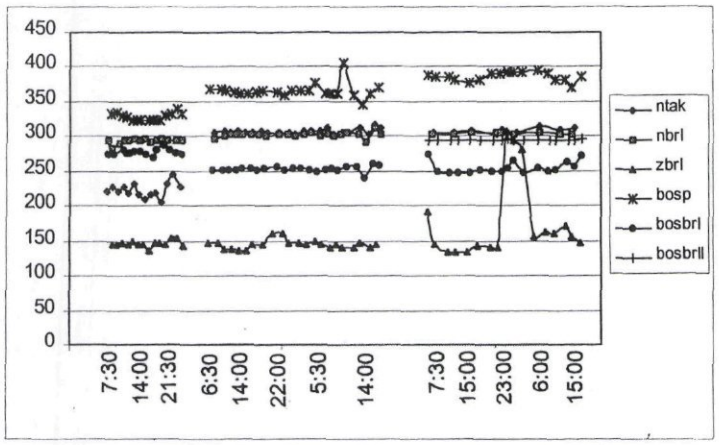


Fig. 15: Resultaten 36-uursmetingen in µS/cm

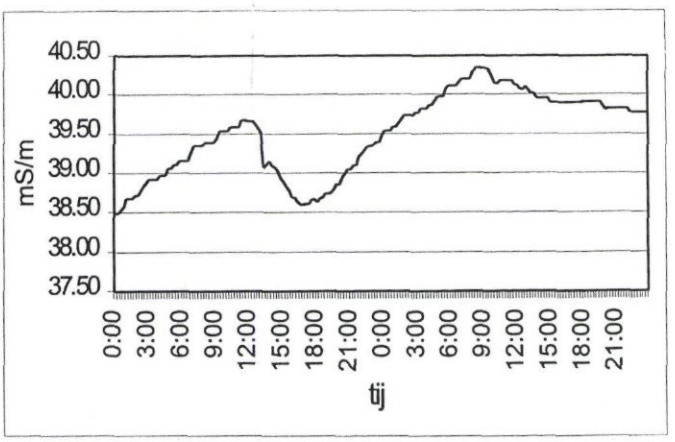


Fig. 16: Dagelijks verloop EGV bospoel

4.8 Macro-ionen

Het verloop van ionenconcentraties tijdens de onderzoeksperiode en de 36-uursmetingen is weergegeven in de figuren 17 t/m 30. De hoogste concentraties van alkaliniteit, Ca en Mg werden aangetroffen in de bospoel. In de noordbron werden de hoogste concentraties Na en Cl aangetroffen en in de bosbronII werd de hoogste S en K concentraties gevonden. In de noordtak en de bosbron vertoonden de meeste macro-ionen een constant verloop, terwijl in de noordbron, zuidbron en bospoel de meeste macro-ionen concentraties daalden op 10 oktober en/of op 20 november. Op deze dagen vond er vooral een sterke daling plaats in de chloride-concentraties, waarbij op 20 november de concentraties in de bospoel en de zuidbron waren gehalveerd. Omdat het chloride-ion biogeen vrijwel niet wordt beïnvloed, moeten deze dalingen zijn veroorzaakt door de verdunning van het bronwater met ionenarmer ondiep grondwater. Op basis van de alkaliniteit kon er worden geconcludeerd dat het water in bosbronI ongebufferd was en de overige bronnen zwak gebufferd waren (tabel 2). Uit de calcium en magnesium concentraties volgde dat de bronnen zacht water bevatten, waarbij de zuidbron op de grens lag van zeer zacht en zacht water.

Tabel 2: Alkaliniteitsgehalte en bufferwaarde

Alkaliniteit in meq/l	Bufferwaarde
< 0.1	Ongebufferd
0.1 - 0.5	Zwak gebufferd
0.5 – 1.0	Matig gebufferd
1.0 – 2.0	Gebufferd
> 2.0	Sterk gebufferd

Met uitzondering van de eerste meting, vertoonden de ionen een constant verloop tijdens de 36-uursmetingen. Tijdens de eerste meting traden er echter grote fluctuaties op in de noordbron en de bospoel. In de bospoel verdubbelden de calcium-, kalium-, natrium- en sulfaatconcentraties in een tijdsbestek van 7 uur (figuren 18, 22, 24 en 30). Opvallend was dat de kaliumpiek pas later volgde dan de overige stoffen en samenviel met de fosfaatpiek. Het EGV, de alkaliniteit en choridegehalte daalden terwijl de overige stoffen nog stegen. Een dalend EGV en chloride concentraties werden in de jaarmetingen in verband gebracht met de toestroom van ionenarm ondiep grondwater. Daarbij dalen echter ook de andere ionen en dat is hier niet het geval. Sterker nog, de toename van de andere ionen lijkt op de toevoer van diep grondwater. Vanwege deze tegenstrijdigheden was het niet mogelijk om aan te geven wat er precies is gebeurd tijdens deze eerste meting.

Ook de concentraties in de noordbron vertoonden een tegenovergesteld verloop; een éénmalige flinke stijging in alkaliniteit en chlorideconcentraties en een daling in de calcium-, natrium-, kalium-, magnesium- en sulfideconcentraties. Hier duidden de dalingen in concentraties op de toevoer van ondiep grondwater en de stijging in het chloride gehalte op diep grondwater. Het betrof hier echter een eenmalige daling en stijging van concentraties en omdat tijdens de rest van de meting een constant verloop werd gevonden, is deze fluctuatie waarschijnlijk veroorzaakt door een meetfout.

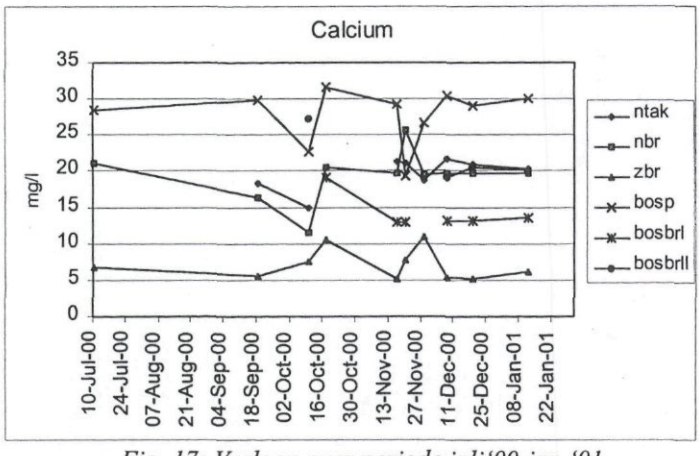


Fig. 17: Verloop over periode juli '00-jan. '01

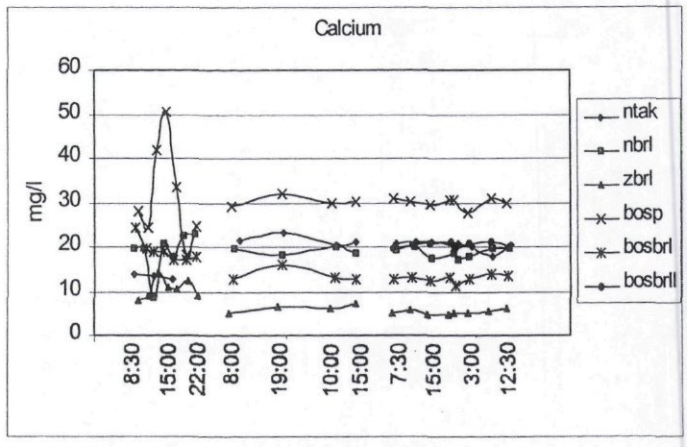


Fig. 18: Resultaten 36-uursmetingen

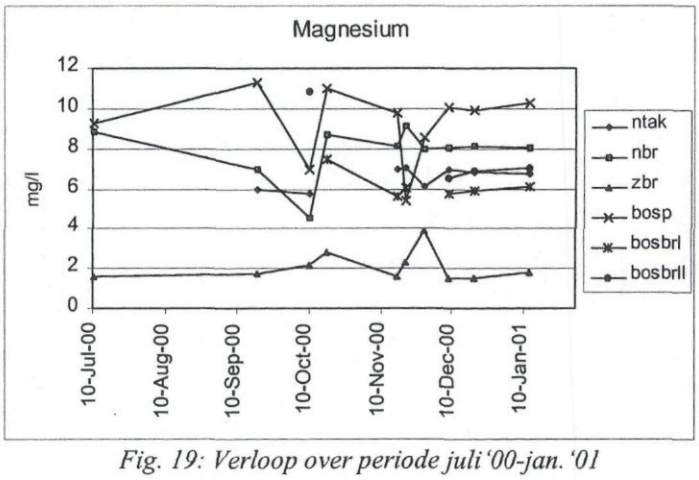


Fig. 19: Verloop over periode juli '00-jan. '01

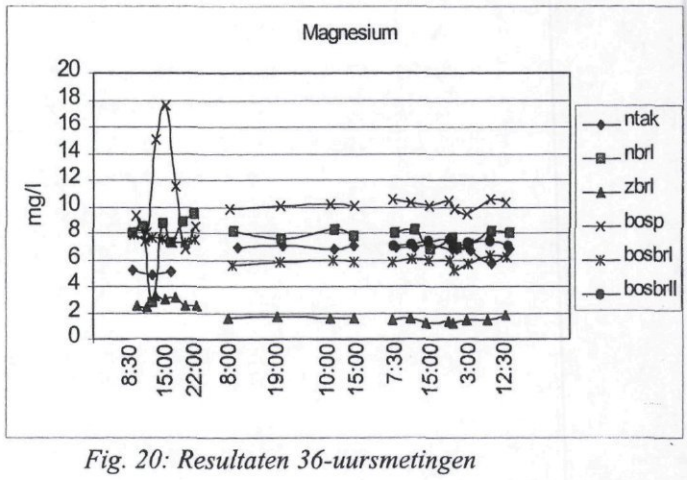


Fig. 20: Resultaten 36-uursmetingen

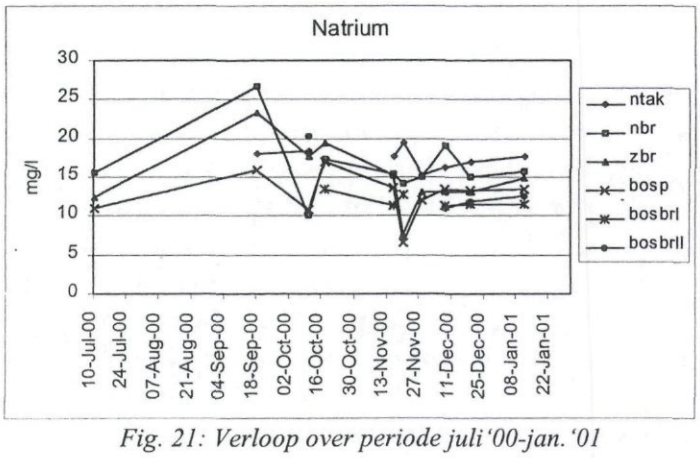


Fig. 21: Verloop over periode juli '00-jan. '01

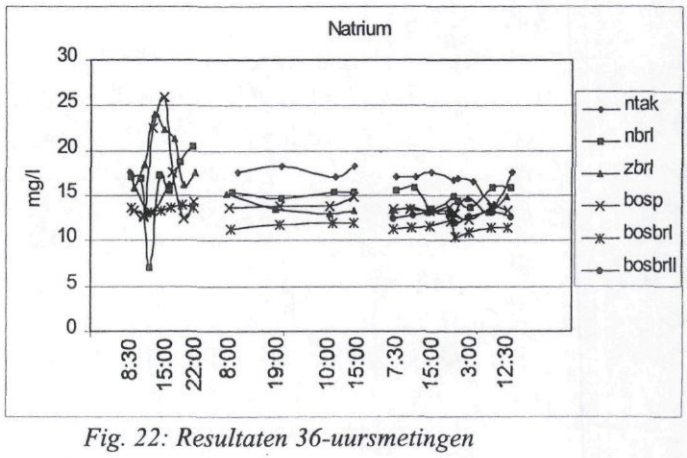


Fig. 22: Resultaten 36-uursmetingen

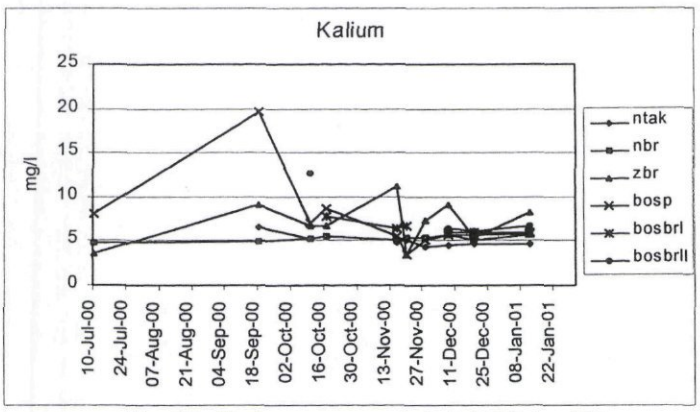


Fig. 23: Verloop over periode juli '00-jan. '01

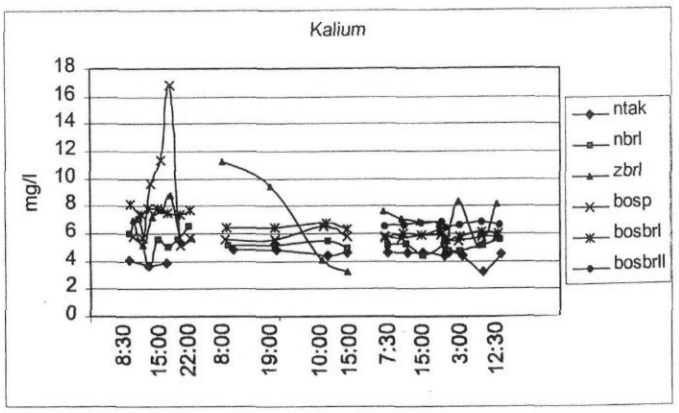


Fig. 24: Resultaten 36-uursmetingen

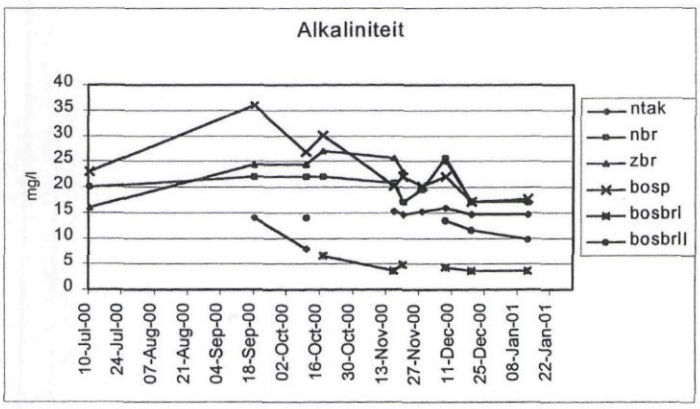


Fig. 25: Verloop over periode juli '00-jan. '01

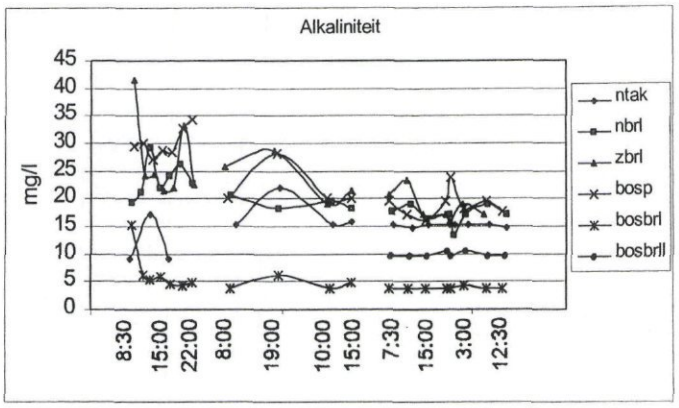


Fig. 26: Resultaten 36-uursmetingen

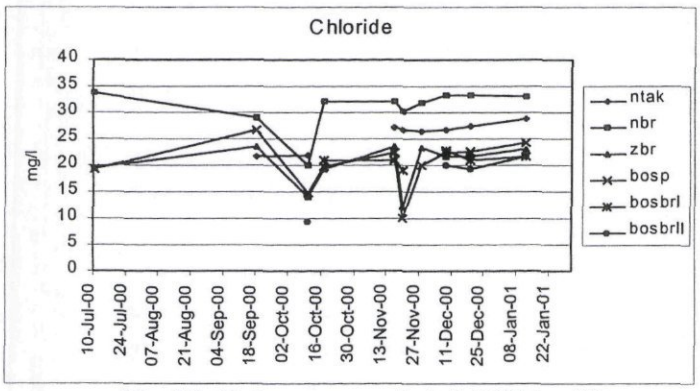


Fig. 27: Verloop over periode juli '00-jan. '01

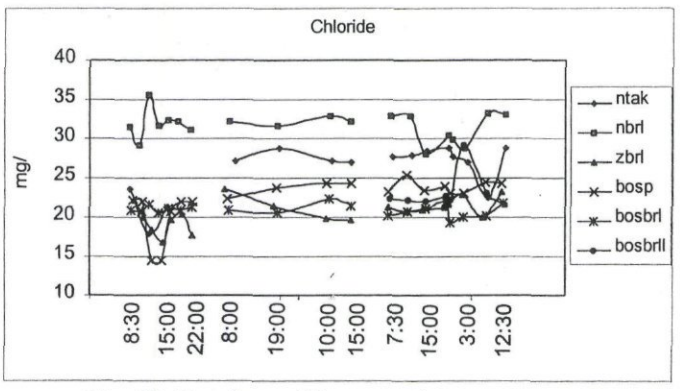


Fig. 28: Resultaten 36-uursmetingen

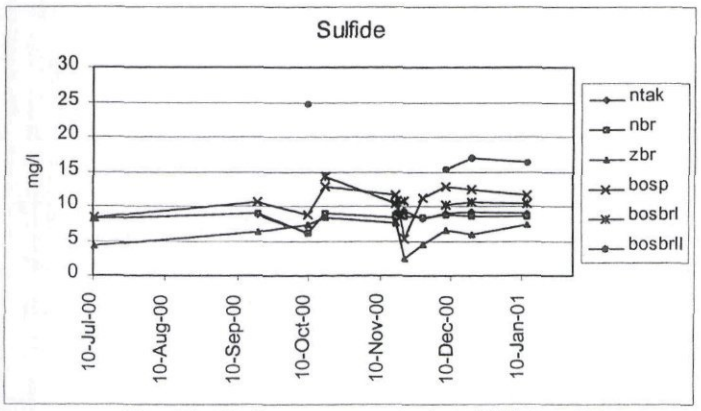


Fig. 29: Verloop over periode juli '00-jan. '01

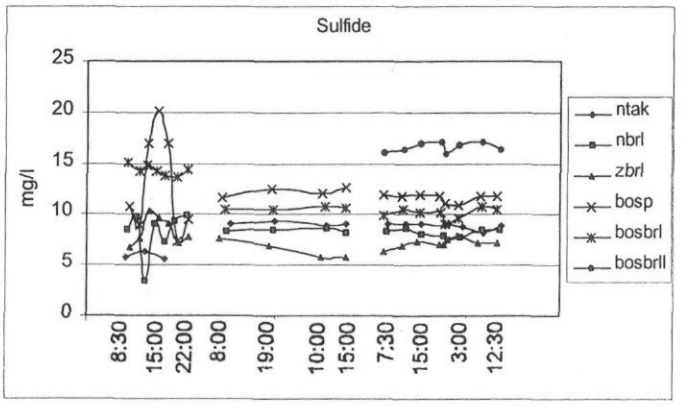


Fig. 30: Resultaten 36-uursmetingen

4.9 Voedingsstoffen

Het verloop van de voedingsstoffen NO_3-N, NH_4-N en PO_4-P is weergegeven in de figuren 31 t/m 38. De gemiddeld hoogste nitraat concentratie werd aangetroffen in de bospoel (17.21 mg/l) en de laagste in de zuidbron (0.05 mg/l). De hoogste ammonium concentratie werd gemeten in de zuidbron (0.20 mg/l) en de laagste in de bosbronI (0.02 mg/l) (bijlage 3). Samen met de hoge concentraties aan K, Mg en S ionen, duidden de hoge nitraatgehalten in de noordtak, noordbron en bospoel op bemestingsinvloeden. De nitraat concentraties in de zuidbron waren opvallend laag. Er zijn hiervoor drie mogelijke verklaringen. Deze bron bevatte (1) vooral regenwater en had daardoor zeer lage nitraat concentraties; of (2) vanwege de anaerobische organische sliblaag verdween nitraat door denitrificatie (grondwater heeft hogere concentraties: bijlage 9); of (3) de lage concentraties waren het gevolg van het niet filtreren van de monsters die rijk waren aan organisch materiaal, waardoor mogelijk denitrificatie is opgetreden in de flesjes. Dit zou ook de hogere ammoniumgehalten in de zuidbron verklaren.

Op de dalingen in nitraatconcentraties in de noordbron en de bospoel op 10 oktober en 20 november na, was het jaarlijkse verloop van de nitraat concentraties redelijk constant. Deze dalingen in concentratie werden waarschijnlijk veroorzaakt door de toestroming van recentelijk geïnfiltreerd regenwater. In de bospoel had een lagere zomerconcentratie verwacht kunnen worden i.v.m. de opname van nitraten door emergente en submerse planten in het groeiseizoen (Hynes, 1970). Het diepere grondwater dat in het zomerseizoen de bronnen in basisafvoer voorzag, was echter rijk aan nitraten waardoor de zomerconcentraties waarschijnlijk hoog bleven. Daarnaast kunnen er in het zomerseizoen extra voedingsstoffen vrijkomen als gevolg van oxidatie van organisch materiaal, dat plaatsvindt als gevolg van een dalend waterpeil (en grondwaterstand). De lichte nitraat stijging in de noordbron had waarschijnlijk te maken met het verteren van organisch materiaal na de bladval in de herfst.

De hoogste fosfaatconcentratie werd gemeten in de bospoel (0.06 mg/l) en de laagste in de bosbron (0.0). Omdat de fosforverbindingen in de vorm van fosfaat in de bodem worden gebonden, zijn de fosfaatconcentraties in grond- en bronwater meestal laag. Fosfaat kan op diverse wijzen in de bodem worden vastgelegd, namelijk als fosfaatmineraal aan ijzer, aluminium of calcium, door adsorptie aan ijzer- of aluminium hydroxiden, of als organisch gebonden fosfaat (Jalink et al. 1997). Omdat de zandgronden ijzerrijk zijn, zal ijzer (vooral de hydroxide vorm) de belangrijkste bindingscomponent vormen voor het fosfaat. Gezien de geringe hardheid van het water in de meeste bronnen zal vastlegging als $CaHPO_3$ hooguit locaal optreden (Jalink et al. 1997). Fosfaat is immobiel in aërobe sedimenten en kan in grote hoeveelheden zijn vastgelegd. Raakt een geoxideerde bodem, waarin veel fosfaat is vastgelegd aan ijzer- en aluminiumhydroxiden (tijdelijk) gereduceerd, dan gaan deze complexen in oplossing en komt het fosfaat vrij. Dit verschijnsel is mogelijk de verklaring voor de fosfaatpieken op 20 november. Door de neerslag in die periode waren er tijdelijk gereduceerde omstandigheden ontstaan in het ondiepe grondwater waarbij de fosfaat in oplossing ging, welke vervolgens via de ondiepe stroombanen de bronnen bereikte. Ook de lichte stijging in ammoniumconcentraties duidde hierop.

Uit de 36-uursmetingen bleek dat er geen eenduidig dagelijks patroon optrad. De concentraties waren meestal constant in de noordtak, zuidbron en de bosbron. De ammoniumconcentraties vertoonden soms grote fluctuaties. Tijdens de eerste meting traden er grote fluctuaties op in de noordbron, zuidbron en bospoel in zowel nitraat, ammonium en fosfaat concentraties. Deze fluctuaties konden evenals de fluctuaties in macro-ionen niet worden verklaard.

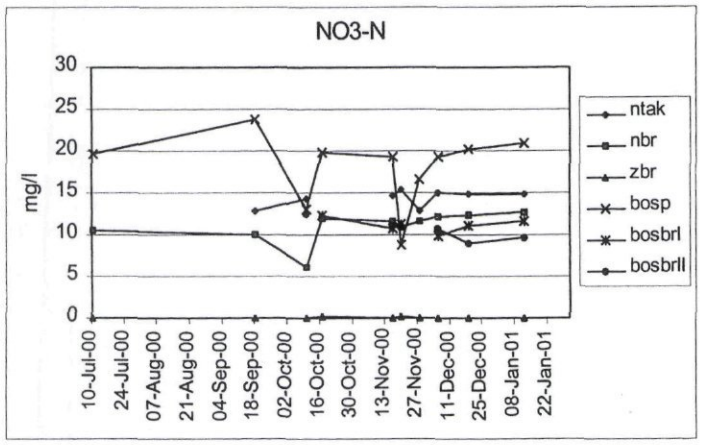


Fig. 31: Verloop over periode juli '00-jan. '01

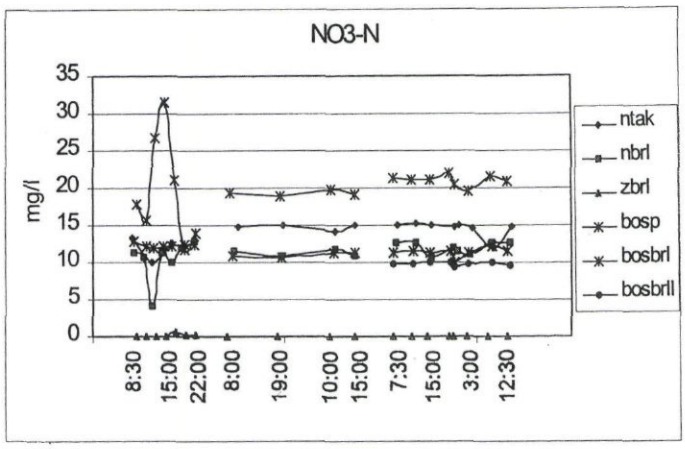


Fig. 32: Resultaten 36-uursmetingen

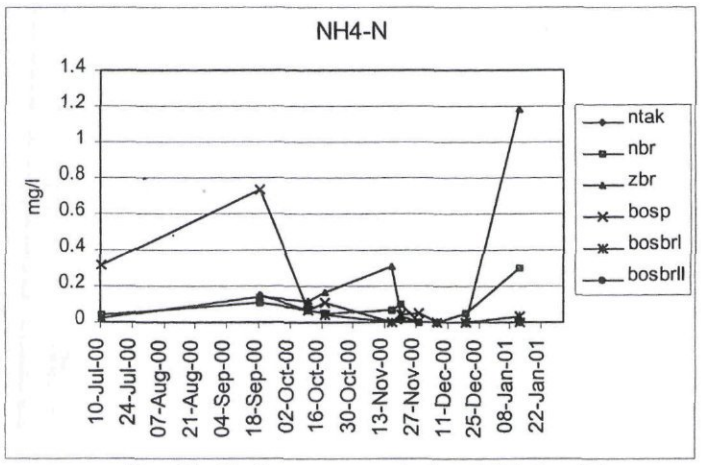


Fig. 35: Verloop over periode juli '00-jan. '01

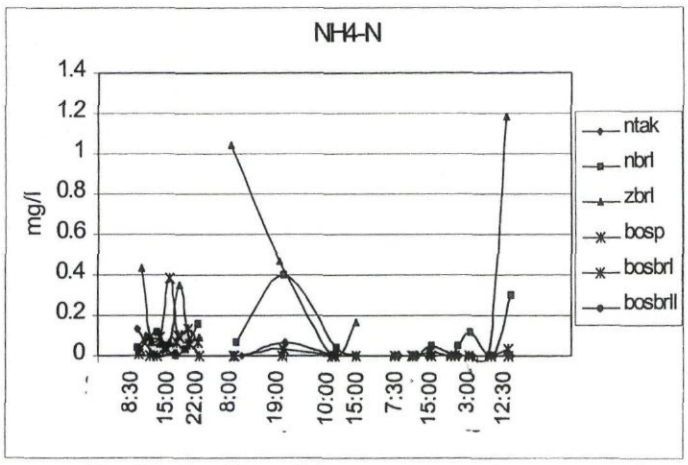


Fig. 36: Resultaten 36-uursmetingen

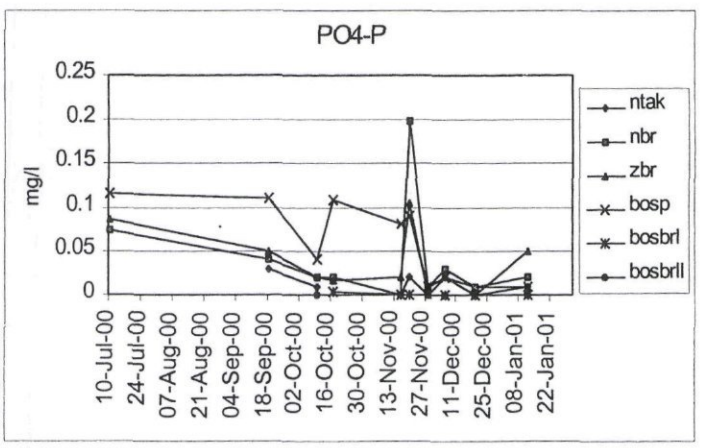


Fig. 37: Verloop over periode juli '00-jan. '01

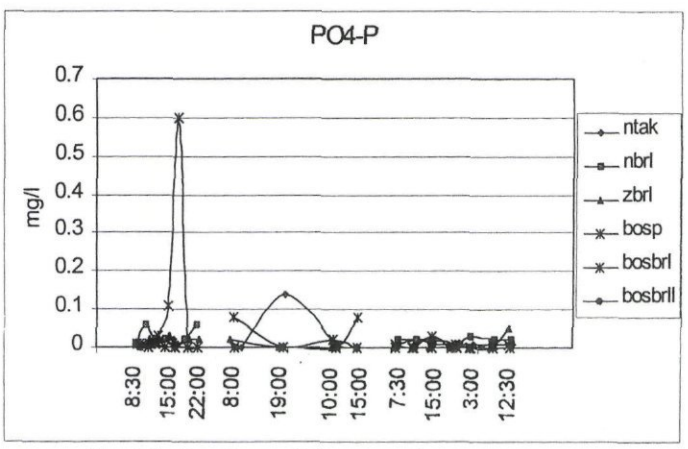


Fig. 38: Resultaten 36-uursmetingen

4.10 Metalen

Metalen komen van nature slechts in zeer lage concentraties in het milieu voor en de beschikbaarheid van metalen is o.a. gekoppeld aan het type landgebruik, de sedimentkarakteristieken en de pH (Kuiper et al. 1996). Op koper na, werden alle metalen aangetroffen. De zuidelijke bronnen bevatten gemiddeld meer metalen dan de noordelijke bronnen. Het voormalige agrarische landgebruik is hiervoor mogelijk verantwoordelijk (Kuiper et al. 1996). De zuidbron bevatte gemiddeld de hoogste concentratie mangaan. De hoogste zinkconcentratie werd aangetroffen in bosbronI (figuren 39 en 40). De hoge concentratie zink in het water van de bosbronI is mogelijk het gevolg van de lage pH. De andere bronnen hebben een hogere pH en buffercapaciteit, waardoor het zink mogelijk niet of nauwelijks in oplossing zal gaan. Vanwege de lage concentraties zijn bij de tweede wateranalyseronde mangaan, koper en zink niet meer bepaald.

IJzer werd aangetroffen in de bospoel, zuidbron en noordbron (figuur 41). IJzer is van nature aanwezig in de Ootmarsumse zandgronden en het werd in zeer variabele concentraties aangetroffen. Dit heeft mogelijk te maken gehad met het al dan niet neerslaan van ijzerhydroxiden tijdens het filtreren van de watermonsters. Bij een neutrale pH (tussen 6 en 8) zijn de opgeloste Fe^{2+} ionen namelijk instabiel en kunnen daardoor neerslaan tot $Fe(OH)_3$ (Meinardi, 1974). Dit heeft waarschijnlijk tot gevolg gehad dat de ijzerconcentraties lager zijn uitgevallen, dan in werkelijkheid het geval was. Het ijzer slaat ook van nature neer wanneer Fe^{2+} ionen in het grondwater aan het maaiveld komen en daar oxideren tot ijzerhydroxiden. Dit proces was het duidelijkst waar te nemen in de zuidbron, waar het fijne organische materiaal geheel door ijzerhydroxiden was bedekt. Tezamen met bacterievliezen duidde dit op kwel. Verder zal onder sterk gereduceerde omstandigheden opgelost ijzer neerslaan in de vorm van FeS of FeS_2. Omdat in de zuidbron ook een lage S concentratie is gemeten wordt deze manier van neerslaan in het gereduceerde bodemlaag niet uitgesloten.

Aluminium werd aangetroffen in bosbronI met een gemiddelde concentratie van 1.21 mg/l (figuur 42). Verder werd er op 20 november aluminium waargenomen in stroompjes die midden op de voormalige akker waren ontstaan en in het tijdelijke stroompje (ZSTR), dat vanaf het weiland richting de bosbron stroomde (figuur 2). Het vrijkomen van aluminium hing waarschijnlijk samen met de lage pH (bosbronI) of een tijdelijke daling in pH (weiland en stroompje) en de lage buffercapaciteit (uitwisselingscomplex) van deze punten. De hoge concentratie gemeten in bosbronI, werd overigens niet gemeten in bosbronII. Dit werd mogelijk veroorzaakt door het verschil in debiet tussen beide punten (hoger debiet in de bosbronII; sterkere verdunning) en de aanwezigheid van veel organisch materiaal in bosbronII, waar het aluminium aan gebonden kon worden. Er viel geen vast patroon uit de aluminium concentratie op te maken, maar in verband met de neerslag en de daarmee gepaard gaande pH daling, zal de aluminium concentratie in het najaar en de winter en mogelijk ook het vroege voorjaar hoger zijn dan in de zomer. Dit seizoenspatroon werd ook door van Breemen et al. (1990) waargenomen op arme zandgronden van de Veluwe.

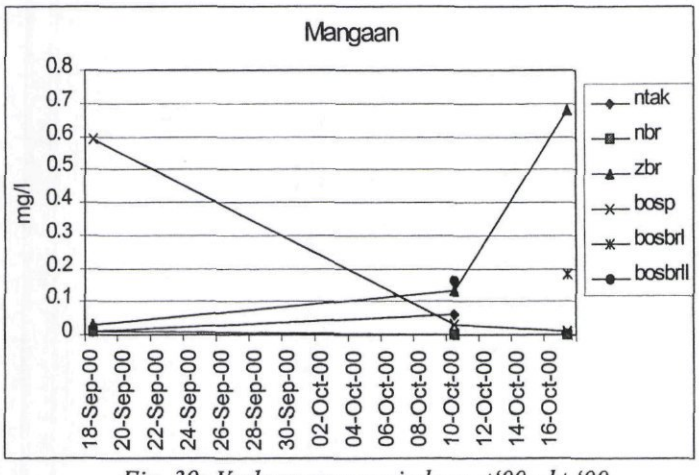


Fig. 39: Verloop over periode sept'00-okt.'00

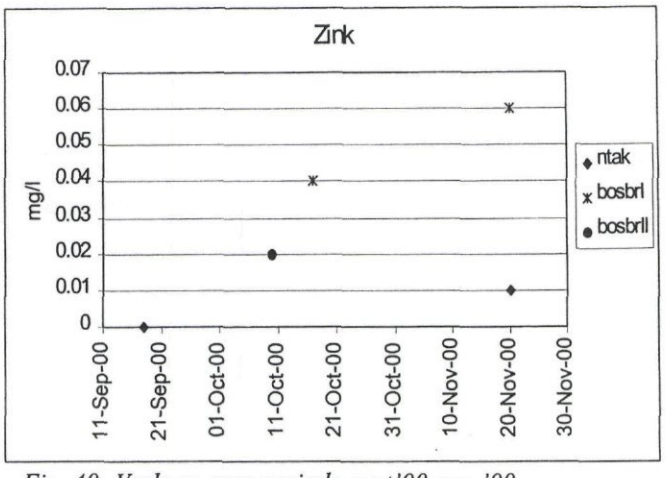


Fig. 40: Verloop over periode sept'00-nov.'00

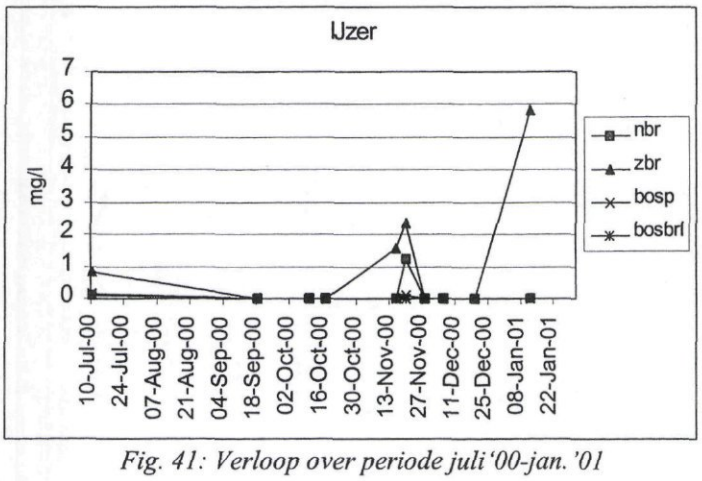


Fig. 41: Verloop over periode juli'00-jan.'01

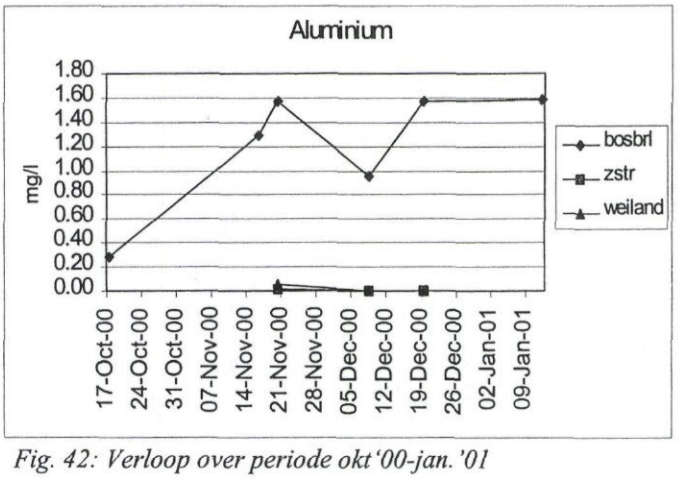


Fig. 42: Verloop over periode okt'00-jan.'01

4.11 Herkomst bronwater

4.11.1 *Inleiding*

In figuren 43 t/m 48 is de typering van het bronwater weergegeven als verdeling over de referentiewatertypen regenwater uit Witteveen, diep grondwater uit een kalkarm sediment op de Veluwe en verontreinigd cq. beïnvloed water. Voor de laatste is de som genomen van de aandelen Rijnwater en sterk door atmosferische depositie beïnvloed grondwater. De eerste drie referentietypen zijn ontleend aan van Wirdum (1991) en de vierde aan Jansen (1988). De temporele veranderingen in de verhouding atmoclien/lithoclien hingen vooral samen met het mengen van recent geïnfiltreerd regenwater (ondiep grondwater) en het (diepere) grondwater. Omdat niet alleen de macro-ionen, maar ook het debiet van de bronnen informatie verschaft over de herkomst van het bronwater, zijn beide gebruikt voor het bepalen van de herkomst van het water. De Van Wirdum-driehoeken die tevens zijn gebruikt voor een verdere onderbouwing van de herkomst van het bronwater zijn weergegeven in bijlage 10.

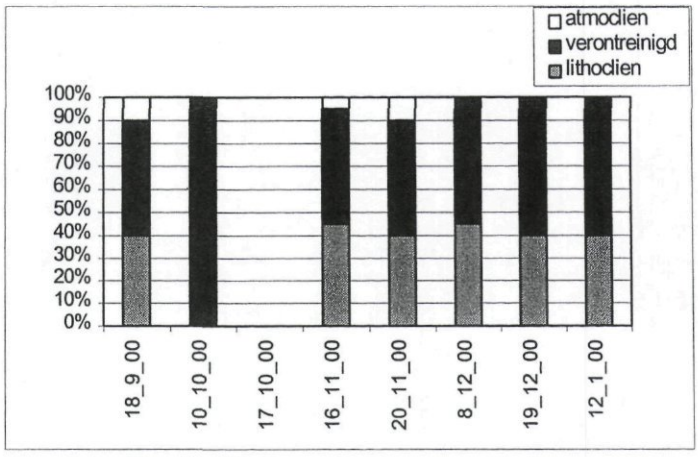


Fig. 43: Herkomst bronwater noordtak

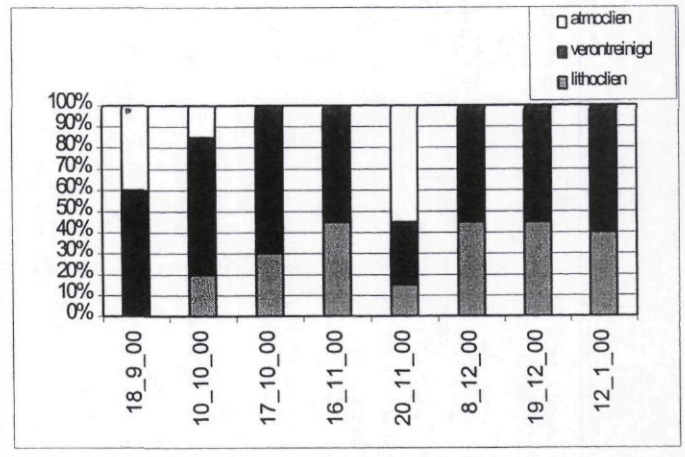


Fig. 44: Herkomst bronwater noordbron

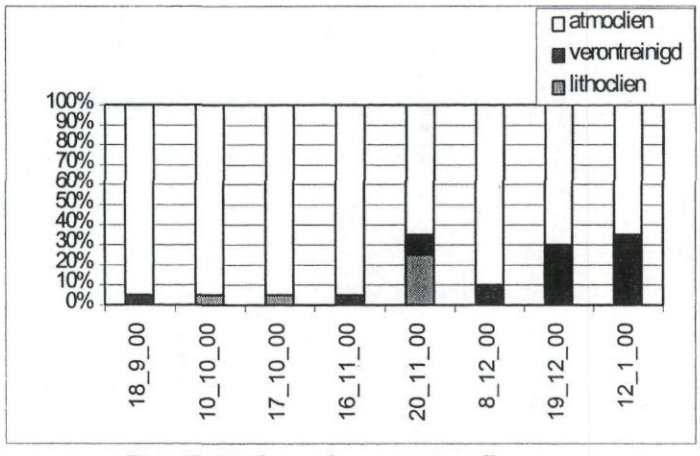


Fig. 45: Herkomst bronwater zuidbron

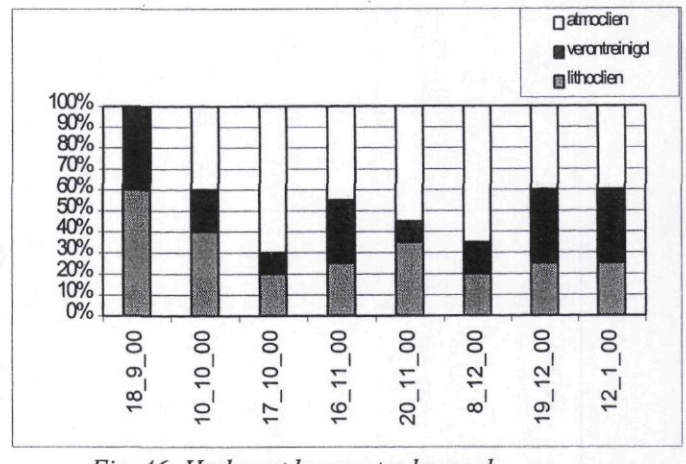


Fig. 46: Herkomst bronwater bospoel

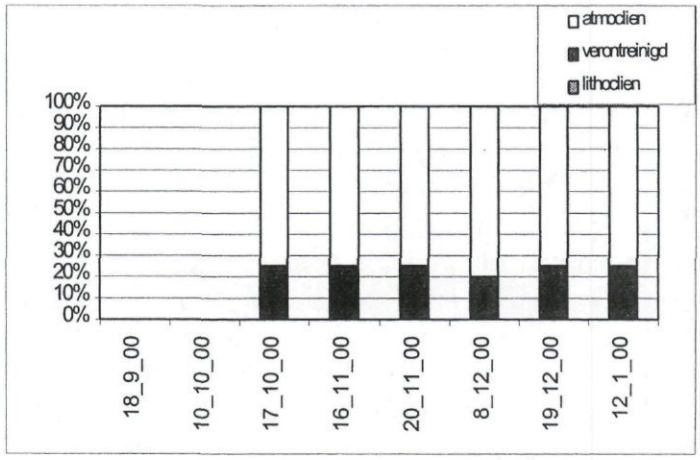


Fig. 47: Herkomst bronwater bosbronI

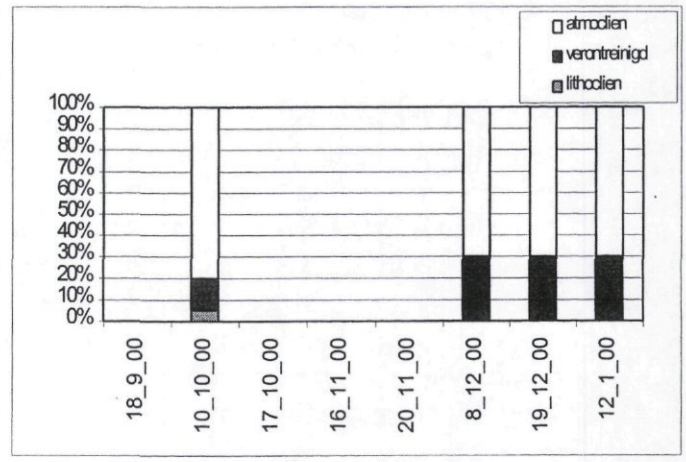


Fig. 48: Herkomst bronwater bosbronII

Tabel 3: Herkomst-indicatie van het bronwater volgens van Wirdum

	noordbron	noordtak	bospoel	zuidbron	bosbronI	bosbronII
Indicatie van Wirdum	Grondwater beïnvloed door regenwater	Grondwater beïnvloed door regenwater	Grondwater beïnvloed door regenwater	regenwater	Grondwater beïnvloed door regenwater	grondwater

Het bronwater had in de meeste bronnen een licht door regenwater beïnvloed grondwaterachtig karakter. Hierdoor kwamen de resultaten van de Van Wirdum-driehoeken redelijk overeen met de resultaten van de Maion-diagrammen. Alleen het karakter van het bronwater op beide punten in de bosbron verschilden van de Maion resultaten. De variatie in chemische samenstelling in de tijd was nauwelijks te onderscheiden in de Van Wirdum-driehoeken, omdat de punten allemaal dicht op elkaar lagen. Hierdoor was het bijvoorbeeld moeilijk om vast te stellen wanneer de invloed van ondiep grondwater toenam. De methode geeft dus wel een goede basisindicatie van de herkomst, maar om het verloop in de tijd te volgen is deze methode minder geschikt.

4.11.2 *Vergelijking grondwater - bronwater*

Figuren 49 en 50 geven een overzicht van de verdeling over de referentiewatertypen waarbij de chemie van het ondiepe grondwater in de dichtstbijzijnde peilbuizen (peilbuizen 42, 43 en 15; bijlage 9) wordt vergeleken met de gemiddelde bronwater samenstelling in de noordbron (nbr), zuidbron (zbr) en bospoel (bosp). Hieruit valt op te maken dat het ondiepe grondwater nabij de bospoel overeenkomt met het bronwater en dat het ondiepe grondwater nabij de zuidbron en de noordbron verschillen van het bronwater.

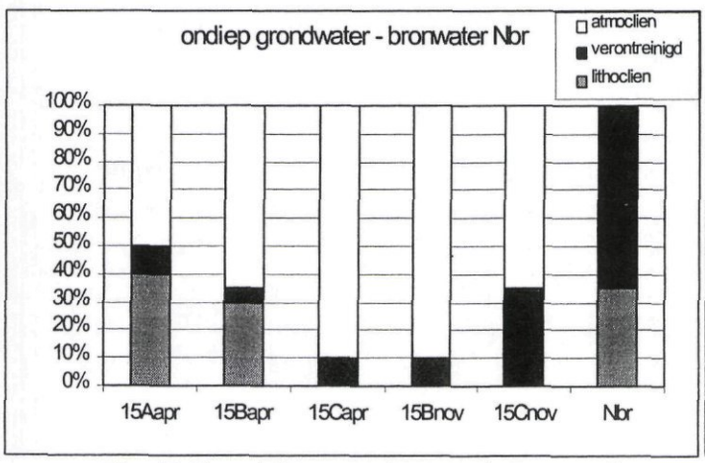


Fig. 49: Vergelijking grondwater – bronwater nbr

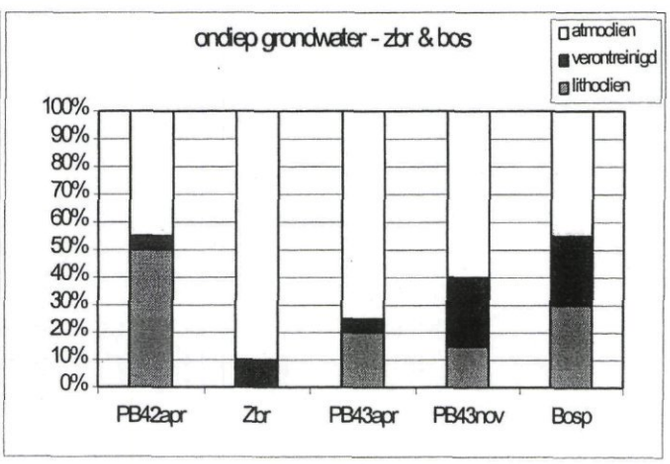


Fig. 50: Vergelijking grondwater - zbr & bosp

4.11.3 *Conclusies herkomst bronwater*

Op basis van de bovenstaande gegevens en de gegevens uit de voorgaande paragrafen kan het volgende worden geconcludeerd over de herkomst van het grondwater:

De noordelijke bronnen ontvangen vooral (verontreinigd) lithoclien water. Zij hebben een groot infiltratiegebied, een constante doorstroming en goede infiltratie in het zandige pakket en hebben daardoor een groot debiet en een bijbehorende hoge stroomsnelheid. Verder reageren de bronnen nauwelijks op neerslag, wat ook aangeeft dat de bronnen vooral diep grondwater ontvangen. De sterke indamping door naaldbos en de bemestingsinvloed uit het verleden hebben een groot aandeel verontreinigd water tot gevolg.

Wanneer het bronwater in de noordbron vergeleken wordt met het ondiepe grondwater tot 1.5m diep, is de overeenkomst met het grondwater op een halve meter het grootst. Dit zou kunnen betekenen dat het water aan de zijkant van het venige pakket uittreedt en er niet doorheen kwelt. Dit is goed mogelijk, omdat de oeverwanden van de beek dermate steil zijn dat het grondwater daar wordt aangesneden (dwarsdoorsnede in bijlage 11)

Op basis van de pH, het lage EGV en de macro-ionen samenstelling (vooral de lage calciumconcentratie) heeft het water in de zuidbron een sterk atmoclien karakter, waarbij overigens het aandeel verontreinigd (lithoclien) water vanaf 20 november toeneemt. De permanente watervoering, de aanwezigheid van ijzerhydroxide en bacterievliezen geven aan dat er ook sprake is van een diepere kwelstroom. Wanneer de gemiddelde bronwatersamenstelling wordt vergeleken met het grondwater op 1 m diep dan is het verschil groot. Ook de verhouding in ionenconcentraties t.o.v. de chlorideconcentratie indiceert dat de ontstaanswijze van grond- en bronwater verschillend is (Appelo 1988; Meinardi 1974). Deze peilbuis (pb 43) is boven de leemlaag geslagen en zou dus tot hetzelfde watervoerende pakket moeten behoren. De verklaring voor dit verschijnsel is dat er mogelijk een regenwaterlens of zeer locaal geïnfiltreerd bodemwater boven op het diepere grondwater ligt. Het geïnfiltreerde regenwater is vanwege het arme zand nauwelijks in samenstelling veranderd. Het in verhouding hoge kaliumgehalte geeft aan dat er ook sprake is van agrarische beïnvloeding, dat mogelijk afkomstig uit het aangrenzende ondiepe zandpakket. Daarnaast kan het (on)diepe grondwater in de afgelopen twee jaar in samenstelling veranderd zijn, waardoor de indicatieve waarde van de grondwatergegevens is afgenomen.

De bospoel ontvangt water met zowel een atmoclien als lithoclien karakter en de verhoudingen tussen beide veranderen gedurende het jaar. De bron bevat permanent water wat duidt op een diepere stroombaan. De aard en de omvang van het infiltratiegebied zijn verantwoordelijk voor het lage debiet. Op basis van de constante chemische samenstelling in de zomer kan worden geconcludeerd dat er sprake is van een constante voeding naar de bron en dat de verdamping en bijbehorende verhoging van de concentraties (zoals in poelen) nauwelijks plaatsvindt. In de zomer is het aandeel diep (lithoclien) grondwater het grootst en zal afnemen naarmate de bodemverzadiging in infiltratiegebied toeneemt. Bij hevige neerslag zoals op 20 november treedt er dan op grote schaal ondiep grondwater aan de voet van de akker uit, dat mogelijk is afgestroomd over de slecht doorlatende laag in de hoger gelegen delen van de voormalige maïsakker. Het aandeel atmoclien water neemt dan toe en er treedt dus verdunning op. De toename van atmoclien water gaat gepaard met een afname van het aandeel verontreinigd water. Dit betekent dat de verontreiniging vooral gebonden is aan het diepere grondwater, hetgeen weer te maken heeft met de bemestingsgeschiedenis van de voormalige akker en de huidige bemesting bovenin het infiltratiegebied.

De bosbron bevat evenals de zuidbron, water met een sterk atmoclien karakter. Bij de bosbronI duiden het lage EGV en de lage pH op locaal ondiep grondwater dat afkomstig is vanaf de aangrenzende bospercelen die waarschijnlijk onderhevig zijn aan verzuring. BosbronII heeft een groot debiet en is permanent watervoerend en wordt dus gevoed door een diepere stroombaan. Dit punt zou dus naar verwachting en groter aandeel lithoclien moeten hebben dan atmoclien.

Ook de hoge EGV waarden duiden hierop. Er zijn twee mogelijke redenen waarom juist het omgekeerde het geval is (1) dit punt ontvangt een groot aandeel locaal enigszins zuur grondwater net als bosbronI, (2) er is sprake van hoge K en S waarden die er voor zorgen dat het water een verontreinigd en atmoclien karakter krijgt. Deze twee stoffen duiden op agrarische beïnvloeding, waaruit geconcludeerd kan worden dat het diepe grondwater door agrarische activiteiten beïnvloed is.

Op basis van het bovenstaande wordt duidelijk dat de Maion methode meestal een goede indicatie geeft van de herkomst van het bronwater, maar tevens dat er niet zondermeer conclusies aan mogen worden verbonden omtrent de herkomst van het water. Opvallend is bijvoorbeeld dat bosbronII een atmoclien karakter had terwijl het EGV en het debiet indiceerden dat het aandeel lithoclien groter zou moeten zijn, zoals bijvoorbeeld door de Van Wirdum-driehoeken werd geïndiceerd. De daling in macro-ionenconcentraties in de noordbron op 10 oktober werd niet gevolgd door een verandering in de verhouding atmoclien/lithoclien, terwijl een geringe daling in concentraties leidde tot een grote verandering op 20 november. Deze vreemde resultaten zijn het gevolg van verhoogde concentraties aan bepaalde ionen veroorzaakt door vermesting en verzuring van het grondwater en de onderlinge verhoudingen tussen deze ionen.

4.12 Temporeel verloop abiotische kenmerken bronwater

Omdat grondwater zich langzaam door de ondergrond verplaatst en niet wordt blootgesteld aan atmosferische veranderingen zoals in oppervlaktewateren, heeft grondwater meestal een constante chemische samenstelling en stabiele fysische kenmerken. Deze constantie in abiotische eigenschappen is kenmerkend voor bronsystemen. Het bronwater in de noordelijke bronnen vertoonde tijdens de onderzoeksperiode deze constantheid in abiotische omstandigheden. In de nieuwe bronnen vertoonden een aantal fysisch-chemische variabelen echter grote fluctuaties.

De verschillen in constantheid tussen de noordelijke en zuidelijke worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de verschillen in voornaamste herkomst van het bronwater en het debiet, die op hun beurt worden bepaald door de aard en omvang van het infiltratiegebied. Vanwege het hoge leemgehalte in het infiltratie- en kwelgebied van de nieuwe zuidelijke bronnen, is de invloed van ondiepe stroombanen groter dan in de noordelijke bronnen. Dit komt vooral tot uiting in natte de herfst- en wintermaanden, wanneer na de verzadiging van de bodem, het aandeel ondiep grondwater (geïnfiltreerd regenwater) in het bronwater toeneemt. Er treden dan dalingen op in het EGV, de macro-ionenconcentraties en de pH. Fosfaat- en metaalconcentraties nemen tijdelijk toe en in de bospoel stijgt en daalt de waterhoogte met een aantal centimeters. In de zomermaanden is het aandeel ondiep grondwater lager en zullen de chemische variabelen een grotere constantheid vertonen vanwege de constante aanvoer van diep(er) grondwater. In de noordelijke bronnen, die met name gevoed worden door dieper grondwater, was bijna geen reactie waar te nemen op neerslag en traden veranderingen in de chemie nauwelijks op.

Het debiet is in combinatie met de luchttemperatuur, de mate van beschaduwing en de aanwezigheid van waterplanten vooral van invloed op het verloop van de fysische variabelen. De aanvoer van grondwater naar de bospoel is te gering om het water te

laten stromen, waardoor deze bron meer een poelkarakter heeft. Het dunne laagje langzaam stromend water in de zuidbron is onbeschaduwd en heeft een groot contactoppervlak. Vanwege deze uitgangssituatie hebben de omgevingsfactoren een grote invloed op de abiotische omstandigheden in beide bronnen. De fysische watereigenschappen vertoonden een duidelijke seizoenaal verloop dat samenhing met de luchttemperatuur (watertemperatuur en indirect zuurstof), de fotosynthese en de afbraak van organisch materiaal na het afsterven van waterplanten (zuurstof). Omdat de luchttemperatuurschommelingen het grootst zijn in de zomermaanden en het fotosyntheseproces het sterkst, zijn de fluctuaties in de watertemperatuur en het zuurstofgehalte het grootst in de zomer. De noordelijke bronnen en de bosbron hebben een groter debiet, zijn beschaduwd en er komt geen vegetatie in voor. Hierdoor vindt er nauwelijks opwarming plaats door zonlicht en de buitenlucht en heeft fotosynthese (door algen) slechts een beperkte invloed op het zuurstofverloop.

Op basis van het bovenstaande kan men concluderen dat het grotere infiltratiegebied en het zandige pakket dat voor een diepe infiltratie en constante doorstroming van grondwater zorgt, in de noordelijke bronnen leiden tot de aanvoer van diep grondwater met een hoog en constant debiet en een constantie in abiotische omstandigheden. Andere bronsystemen die worden gevoed door diepe stroombanen zoals de sprengen op de Veluwe vertonen deze typische constantheid in abiotische omstandigheden ook. Vanwege een kleiner infiltratiegebied en de slecht doorlatende bodem waarin het grondwater zich langzaam verplaatst, hebben de nieuwe zuidelijke helocrene bronnen een kleiner en sterker fluctuerend debiet en vertonen zij grotere fluctuaties in abiotische omstandigheden in zowel de zomer- (met name fysisch) als wintermaanden (met name chemisch). Van der Kamp (1991) en van Everdingen (1991) vonden in hun studies naar Canadese bronnen ook grotere fluctuaties in helocrene bronnen vanwege de invloed van ondiepe stroombanen en veelal een lager debiet en stroomsnelheid.

4.13 Chemische samenstelling en verontreiniging

Wanneer de ionen concentraties in neerslag worden vermenigvuldigd met een indampingsfactor van 3.1 wordt een overzicht verkregen van de concentraties die van nature in het grond- en bronwater gevonden zouden worden. (Uitgaande van 333 mm transpiratie en 35% neerslag interceptie door gemengde opstanden (Roberts, 1983) resulteert 815 mm neerslag per jaar, in een neerslagoverschot van 482 mm. Dit levert dan een indampingsfactor (N/(N-E)) van 3.1). Hieruit blijkt dat de concentraties in het bronwater de natuurlijke concentraties ruimschoots overschrijden (tabel 4).

Tabel 4: Gemiddelde ionen concentratie in neerslag na indamping en gem. bronwater concentraties

	neerslag 1978 – '79	neerslag 1997-'98	ntak	nbr	zbr	bosp	bosbrI	bosbrII
N-NH4	6.15	3.84	0.03	0.08	0.20	0.13	0.02	0.03
N-NO3	3.24	1.53	14.53	11.15	0.05	17.21	11.13	10.46
S	8.19	2.43	8.6	8.3	6.1	10.6	11.1	18.3
Cl	7.14	4.02	25.8	30.9	20.2	20.2	21.1	17.5
Na	3.78	2.32	17.4	16.4	14.9	12.6	11.9	13.9
K	0.53	0.44	5.0	5.3	7.1	7.5	6.5	8.0
Mg	0.71	0.34	6.5	7.8	2.1	9.2	6.2	7.8
Ca	2.54	0.62	19.6	19.3	7.1	27.7	14.1	21.8

Wanneer de gevonden EGV waarden van de noordtak, noordbron en bospoel worden vergeleken met de waarden die Maas (1959) in de omgeving van Ootmarsum vond (73 tot 132 µS/cm), is het duidelijk dat de huidige waarden veel hoger zijn dan 40 jaar geleden. Deze hoge EGV waarden en de hoge concentraties aan o.a. NO_3, Cl, K, Mg en S duiden op de invloed van meststoffen afkomstig uit de voormalige maïsakker (zuidelijke bronnen) en voormalige weidepercelen op de flanken van de noordelijke bovenloop (noordelijke bronnen). Omdat er in het diepe grondwater ook hoge concentraties aan ionen en voedingsstoffen zijn aangetroffen (bijlage 9) en de maximale verblijftijden van het grondwater voor de noordelijke bronnen ongeveer 40 jaar en voor de zuidelijke bronnen ongeveer 12-20 jaar bedragen (TNO 1999), zal deze situatie de komende jaren naar verwachting weinig veranderen. De intermitterende bronnen bosbronI en de waterranonkelpoel, die vooral ondiep grondwater ontvangen hadden ook een relatief hoge EGV. Hieruit blijkt dat ook de ondiepe stroombanen enigszins vervuild zijn. Deze zullen echter sneller schoonspoelen vanwege de kortere stroombanen en bijbehorende kortere verblijftijden.

5. Het kolonisatieproces en de levensgemeenschap

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling van de levensgemeenschap beschreven op basis van de soortensamenstelling en de ecologische kenmerken tijdens het kolonisatieproces. Het hoofdstuk bestaat in grote lijnen uit twee delen. Het eerste deel behandeld de resultaten en in het tweede deel worden de verschillende aspecten bij het kolonisatieproces als één geheel bediscussieerd. De totale soortenlijst per bron per bemonsteringsdatum is opgenomen in bijlage 12. Er is vanwege presentatie-technische redenen gekozen om het verloop van de soortendiversiteit en de ecologische kenmerken weer te geven op basis van de soortenaantallen. In bijlage 13 t/m 18 zijn de procentuele verdelingen van de verscheidene ecologische kenmerken weergegeven op basis van soortenaantallen en abundanties. De ecologische kenmerken van de noordbron zijn tevens opgenomen in deze bijlagen

5.2 Soortsdiversiteit en abundantie

In totaal werden er 137 taxa aangetroffen, waarvan de meeste soorten tot de Diptera, Chironomidae en Coleoptera families behoorden. In de bospoel was de diversiteit het grootst met 16 taxonomische groepen en gemiddeld 37 soorten tijdens de periode sept '99 – sept' 00 (tabel 5).

Tabel 5: Overzicht van het aantal taxonomische groepen, het gemiddeld aantal soorten per bron en de dominante taxanomische groepen over de periode maart 1999 – september 2000

	bospoel	zuidbron	waterranonkelpoel
Aantal taxon. groepen mrt99-sept00	16	11	11
Gem. aantal soorten per monstername sept99 – sept00	37	26	34
Meest abundante families			
Chironomidae	Macropelopia sp. Micropsectra sp. Microtendipes sp. Zavrelimyia sp.	Macropelopia sp. Micropsectra sp. Tanytarsus sp.	Chaetocladius sp. Macropelopia sp. Metriocnemus sp. Micropsectra sp.
Coleoptera	Agabus bipustulatis Helophorus sp. Laccobius sp.	Laccobius sp.	
Diptera	Cerapotogonidae Dixella sp.	Cerapotogonidae Tipula sp.	Cerapotogonidae Dixella sp. Tipula sp. Psychodidae
Oligochaeta	Nais communis	Nais communis	Nais communis

Tot de eerste kolonisators behoorden: *Chironomus sp, Chaetocladius spp, Micropsectra spp., Ortocladius sp., Tanytarsus sp., Crictopus spp.,* (Chironomidae), *Eropdellidae, Haementeria costata* (Hirundinea), *Laccobius spp.* (Coleoptera), en *Enchytraeidae, Lumbriculidae, Tubifex spp.* (Oligochaeta). De meeste van deze soorten zijn gebonden aan het sediment en een aantal aan de waterkolom en het littoraal. Het betrof vooral gravers en spartelaars, die hun voedsel zoeken door fijn organisch materiaal te verzamelen (*Chaetocladius piger agg., Micropsectra spp., Lumbriculidae, Tubifex tubifex, Enchytraeidae*) of uit het water te filtreren (*Chironomus spp., Tanytarsus sp., Crictopus sp.,Ortocladius sp.*).

De soortsdiversiteit nam in de zomer en het najaar van 1999 snel toe (figuur 51) met onder andere het aantreffen van *Corixidae, Gerris sp., Sigara nigrolineata* (allen Heteroptera), *Cloeon dipterum* (Ephemeroptera), *Limnephilidae* (Trichoptera) en *Coenagrionidae* en *Pyrrhosoma nymphula* (Odonata). Het aantreffen van deze soorten in deze tijd van het jaar viel (nog net) samen met de vliegtijd van de adulten (Nieser 1982; Elliot et al. 1988; Geyskes & van Tol 1983). *Nemoura cinerea* (Plecoptera) en *Sialis lutaria* (Megaloptera) werden pas het tweede jaar aangetroffen. Weinig mobiele macrofaunasoorten zoals *Galba truncatula* (Gastropoda), *Gammarus pulex* (Crustacea), *Arrenurus spp.* (Hydracarina), *Polycelis nigra* (Tricladida), *Pisidium subtruncatum* (Bivalvia), *Argyroneta aquatica* (Arachnida) werden ook pas in het tweede jaar aangetroffen. Van de niet-insekten groepen werden *Enchytraeidae, Lumbriculidae* (Oligocheata) en *Erpobdellidae, Haementeria costata* (Hirundinea) tijdens de eerste bemonstering al aangetroffen. Op de oligochaeten en *Galba trunculata* na, werden de meeste niet-insekten slechts eenmalig aangetroffen. Hieruit blijkt dat deze overige families de bronnen slechts in beperkte mate konden koloniseren tijdens deze periode.

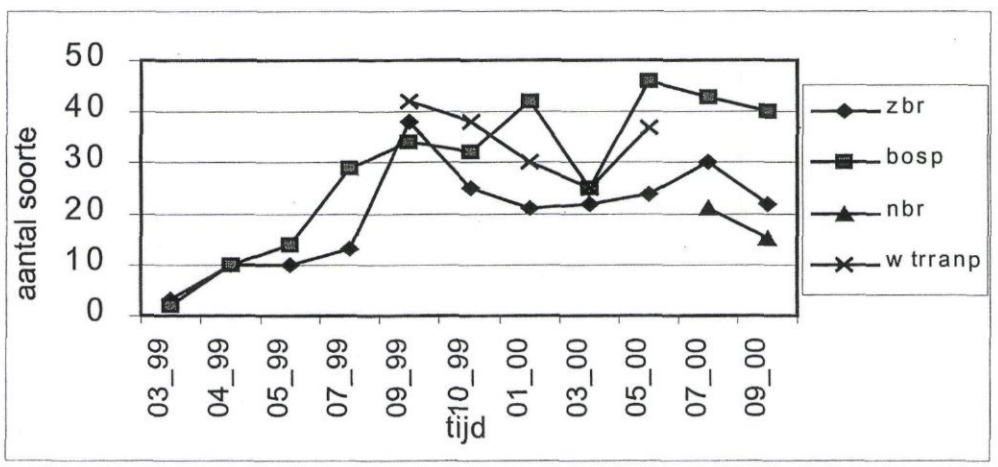


Fig. 51: Aantal soorten per bron per monsterdatum

Het aantreffen van bepaalde soorten en hun abundanties in de tijd vertoonde een correlatie met de levenscycli van de betreffende soorten. De meeste Heteroptera soorten (vooral adulten) werden in mei en juni aangetroffen en in de wintermaanden slechts zes individuen van twee soorten. Daar de adulten op het land overwinteren en de vliegtijd van de adulten een hoogtepunt bereikt in de zomermaanden, is de trefkans van de soorten in de zomer veel groter (Nieser 1982). Het overwinteren van veel Coleoptera soorten in de bodem of op het land had tot gevolg dat de totale soortendiversiteit met name in de zuidbron en de waterranonkelpoel in de wintermaanden terugliep. Met het verschijnen van de imagines in het voorjaar namen de Coleoptera soorten weer sterk in aantallen en abundantie toe (figuren 54 & 56) en daarmee ook de soortendiversiteit (figuur 51). In de bospoel werd in het tweede jaar van de kolonisatie een grote toename in abundanties waargenomen, vooral van de (detriti-) herbivore keversoorten. Trichopteren (o.a. *Limnephilus spp., Plectrocnemia conspersa*) werden met name in de wintermaanden aangetroffen. De larven van deze soorten komen in het vroege najaar (september) uit het ei, ontwikkelen zich in de wintermaanden en vliegen vroeg in het voorjaar uit en zijn daardoor afwezig in de zomermonsters. Vanwege deze levenscyclus zijn veel Trichopteren in staat tijdelijke aquatische habitats te bewonen die in de zomer opdrogen.

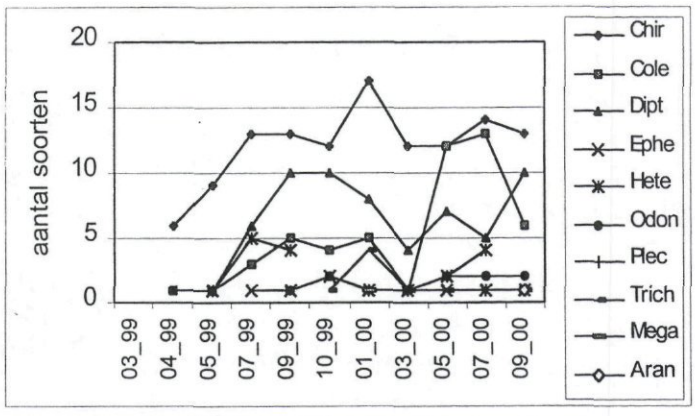


Fig. 52: bospoel tax. hoofdgroepen insecten

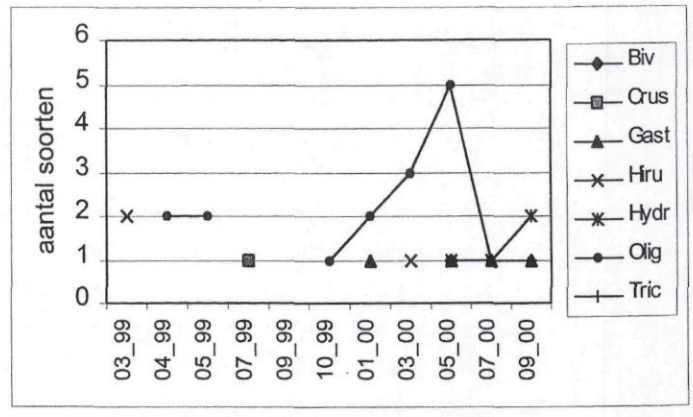


Fig. 53: bospoel tax. hoofdgroepen niet insecten

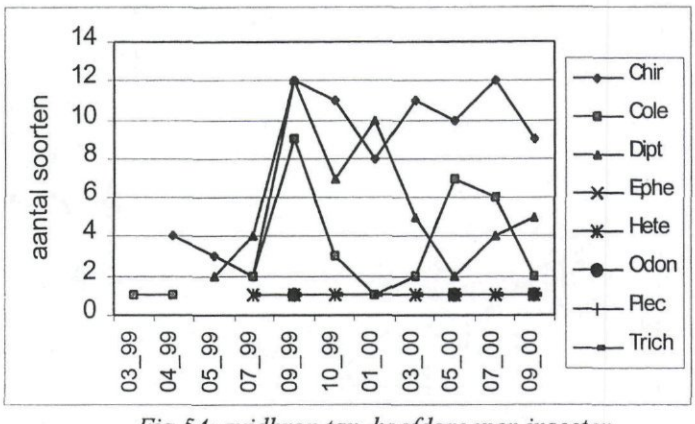


Fig.54: zuidbron tax. hoofdgroepen insecten

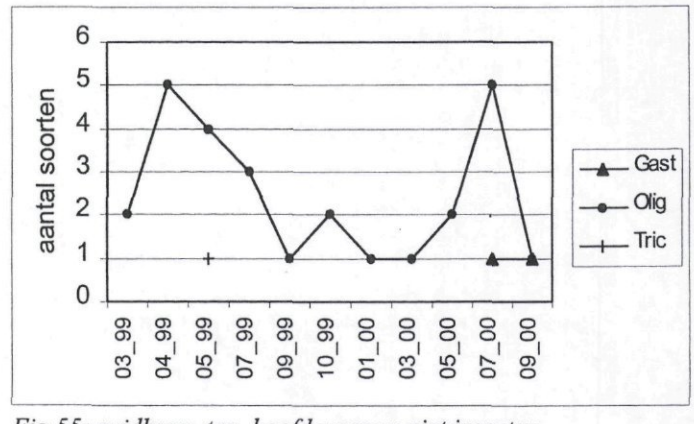


Fig.55: zuidbron tax. hoofdgroepen niet insecten

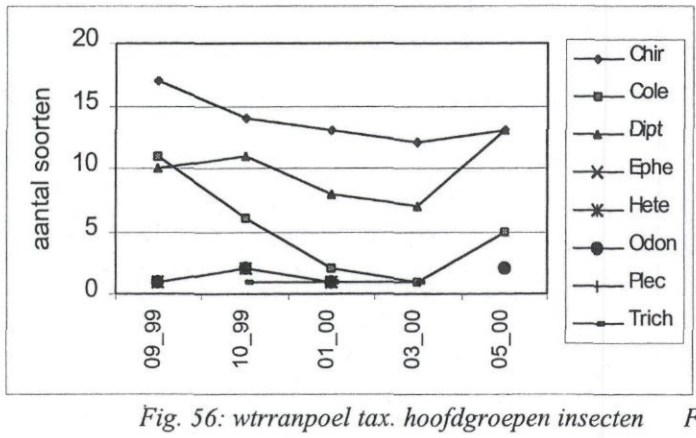


Fig. 56: wtrranpoel tax. hoofdgroepen insecten

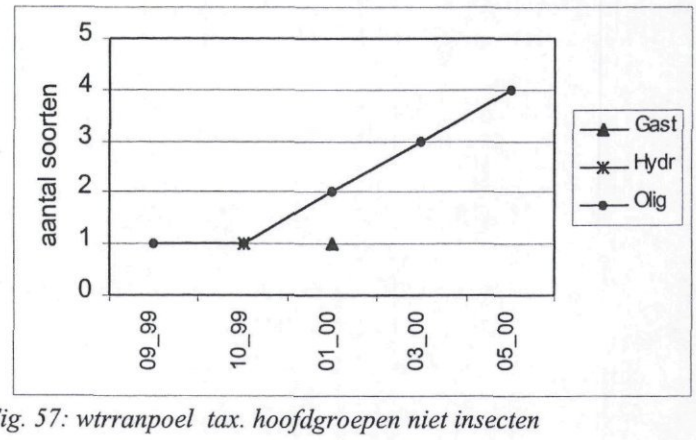


Fig. 57: wtrranpoel tax. hoofdgroepen niet insecten

5.3 Habitat en beweging

Ook de diversiteit binnen de habitatsvoorkeuren en bewegingswijzen nam vanaf de zomermaanden en het najaar van 1999 sterk toe (figuren 58, 60, 62). In de bospoel ontwikkelde zich een gemeenschap vooral bestaande uit sediment bewoners (vooral Diptera en Chironomidae zoals *Micropsectra gr atrofiasciata, Procladius sp., Ceratopogonidae, Tipula sp.* en *Psychoda sp.*) en soorten met een voorkeur voor de waterkolom en het littoraal (vooral Coleoptera soorten zoals *Agabus bipustulatus, Anacaena sp., Helophorus spp.* en *Ilybius spp.*) waren dominant.

Ook in de zuidbron werden soorten aangetroffen met een voorkeur voor vaste substraten, de waterkolom en het littoraal, maar de soorten met een voorkeur voor het sediment waren het meest abundant (vooral Diptera en Oligochaeta zoals *Macropelopia spp., Procladius sp., Ptychoptera sp., Tipula sp., Nais communis en Lumbriculus variegatus*). De waterranonkelpoel had vanaf het begin af aan een grote verscheidenheid aan habitatsvoorkeuren, waarbij de soorten van het sediment de grootste groep vormden gevolgd, door soorten met een voorkeur voor het littoraal, de waterkolom en de combinatie van beide.

Met de toename in habitatdiversiteit nam ook de verscheidenheid in bewegingsvormen van de macrofauna toe. In bospoel namen vooral de aandelen spartelaars en klimmers toe. Schaatsers en duikers waren de kleinste groepen, zwemmers en klevers waren intermediaire groepen (figuur 59). In de zuidbron was een duidelijke afname van het aandeel gravers waar te nemen, de absolute aantallen ervan bleven echter ongeveer gelijk. De spartelaars namen in aantallen en abundanties sterk toe gevolgd door klimmers, klevers en zwemmers (figuur 61, bijlage 15). De abundanties van laatste drie waren in verhouding tot de spartelaars echter zeer laag. Duikers en schaatsers waren in de zuidbron nauwelijks vertegenwoordigd. De verdeling van de verschillende bewegingsgroepen blijft gelijk in waterranonkelpoel, maar de abundantie van klimmers nam sterk af na september wat vooral samenhing met het uitvliegen van coleoptera soorten (figuur 56 & 63).

Tabel 6: Legenda habitatvoorkeur

Code	Habitatvoorkeur	Code	Habitatvoorkeur
N	niet gecodeerd	4	littoraal
1	wateroppervlak	5	sediment (organisch en mineraal)
2	waterkolom en littoraal	6	vaste substraten (waterplanten, stenen etc.)
3	open waterkolom		

Tabel 7: Legenda bewegingsgedrag

Code	Bewegingsgedrag	Code		Code		Code	
N	niet gecodeerd	SP	spartelaars	DI	duikers	CG	klevers
SW	zwemmers	SK	schaatsers	CM	klimmers	BU	gravers

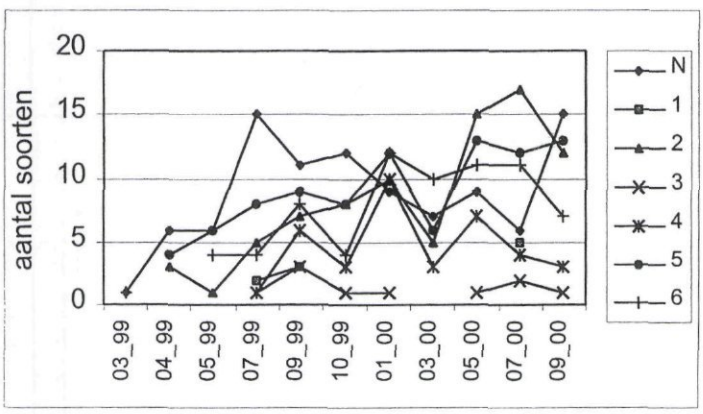


Fig. 58: Bospoel overzicht habitatvoorkeuren

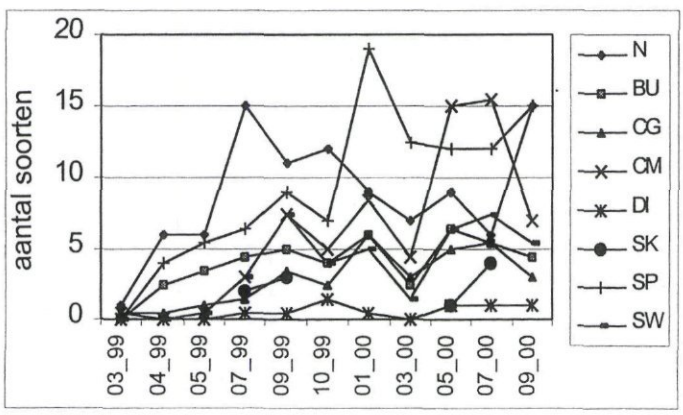


Fig. 59: Bospoel overzicht bewegingsgedrag

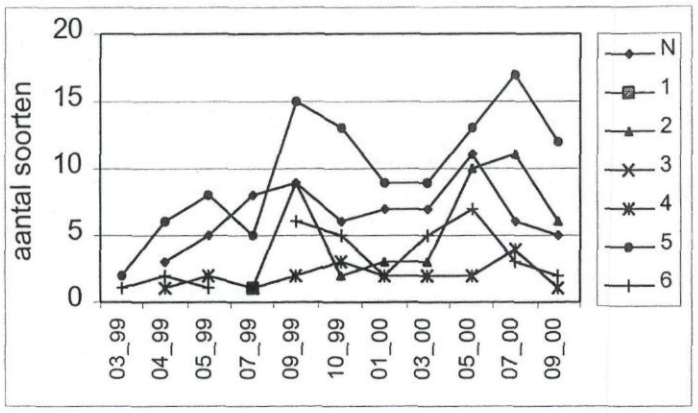


Fig. 60: Zuidbron overzicht habitatvoorkeuren

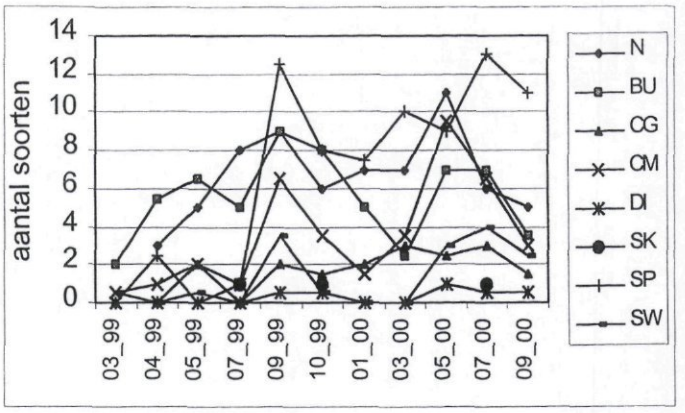


Fig. 61: Zuidbron overzicht bewegingsgedrag

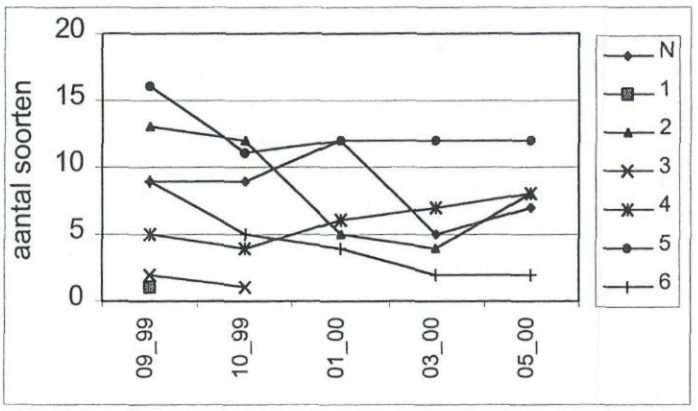


Fig. 62: Waterranpoel overzicht habitatvoorkeuren

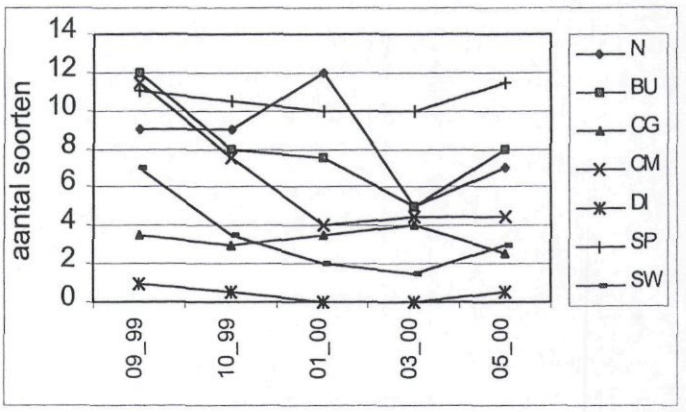


Fig. 63: Wtrranpoel overzicht bewegingsgedrag

5.4 Voedingsstrategie en trofisch niveau

In de bospoel en de zuidbron nam het aantal detrivoren (veelal filtreerders) af en namen het detriti-herbivoren en carnivoren toe (figuren 64, 66, 68). In de bospoel bleven de onderlinge verhoudingen in aantallen redelijk constant maar in abundanties werden grote verschillen aangetroffen (bijlage 16). In de zomermaanden werden detriti-herbivoren in hoge abundanties aangetroffen, terwijl in de wintermaanden hoge abundanties van detrivoren en carnivoren werd waargenomen. In de zuidbron waren de onderlinge verhoudingen ook redelijk constant, maar was abundantie van de carnivoren opvallend hoog. Meeste detriti-herbivoren waren vergaarders (o.a. *Micropsectra spp., Corynoneura sp., Tanytarsus sp., Dixella spp.*). De predatoren waren zowel verzwelgers als stekers (*Zavrelimyia sp., Macropelopia spp., Agabus bipustalis, Anacaena sp., Hydroporus spp., Coenagrion puella/pulchellum, Pyrrhosoma nymphula, Gerris spp.*). Omnivoren (*Procladius sp.*) en herbivoren (o.a. *Laccobius bipunctatis, L. minutus, Hydrobius fuscipes, Pristina amphibiotica, Galba truncatula*) arriveerden als laatste in juli 1999 en bleven daarna aanwezig in lage aantallen en abundanties. De knippers behorenden bij zowel de herbivoren (*Helophorus brevipalpis, Hydrobius fuscipes, Nemurella pictetii, Limnephilus lunatus*) als detriti-herbivoren (*Coelostoma orbiculare, Nemoura cinerea en Helophorus aequalis*) en werden tevens in lage aantallen en abundanties aangetroffen. Van de grote predatoren zoals vissen en amfibieën werden alleen kikkers in de omgeving van de bronnen waargenomen.

Tabel 8: Legenda trofisch niveau

Code		Code		Code	
N	niet gecodeerd	H	herbivoor	D	detrivoor
O	omnivoor	DH	detriti-herbivoor	C	carnivoor

Tabel 9: Legenda voedingswijze

Code		Code		Code		Code	
N	niet gecodeerd	CF	filtreerder	S	Schraper	PI	verzwelger
SH	knipper	CG	vergaarder	PE	Steker		

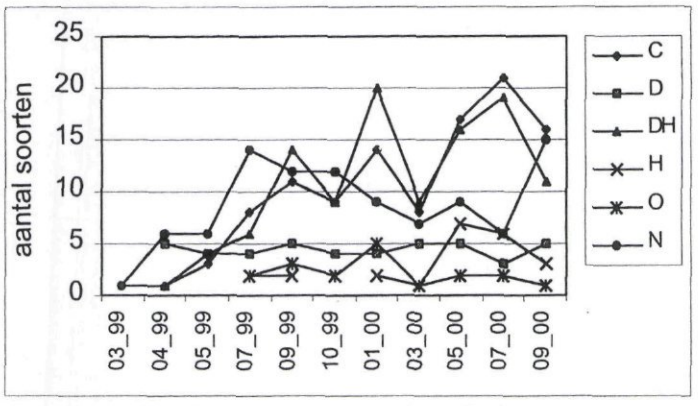


Fig. 64: Bospoel overzicht trofisch niveau

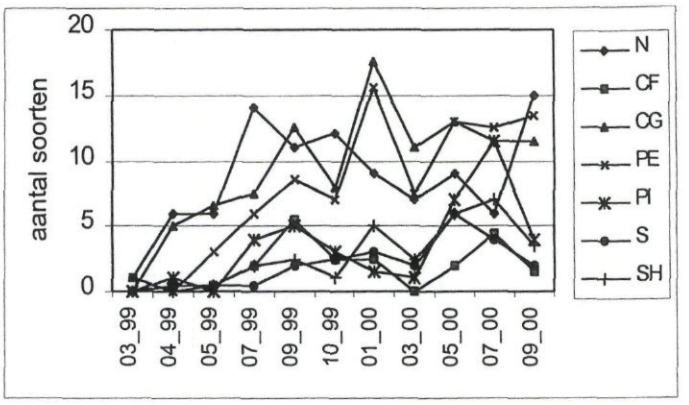


Fig. 65: Bospoel overzicht voedingswijze

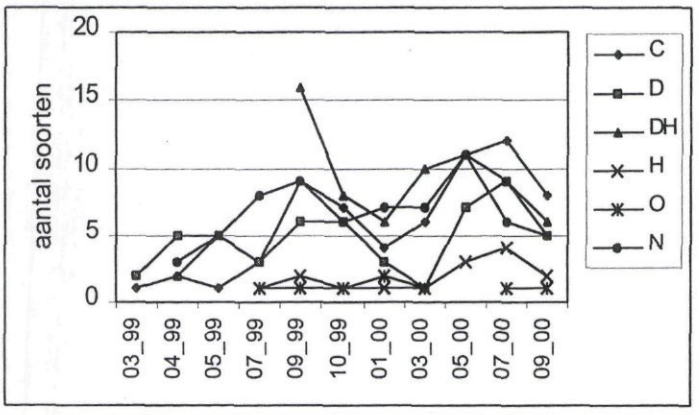


Fig. 66: Zuidbron overzicht trofisch niveau

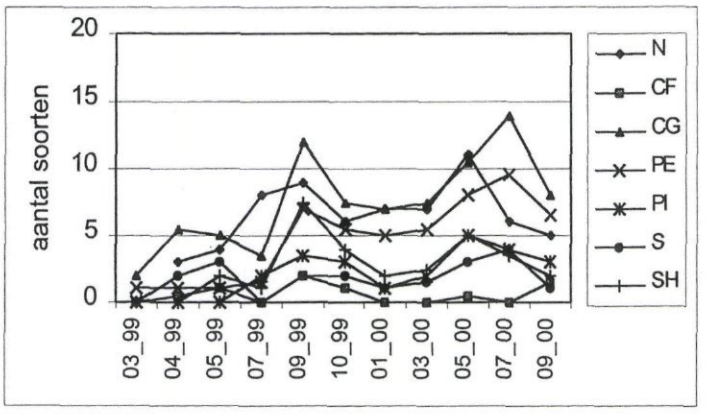


Fig. 67: Zuidbron overzicht voedingswijze

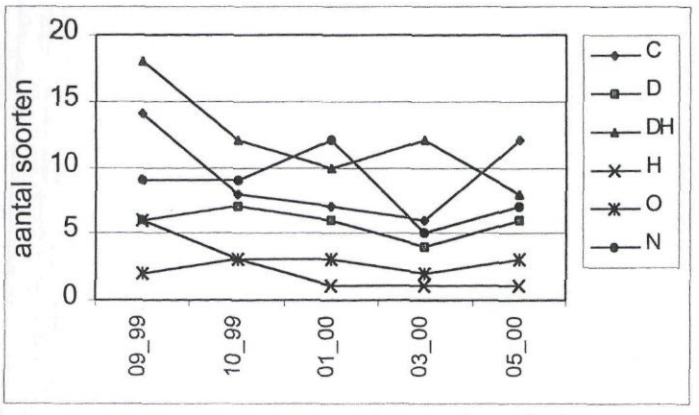


Fig. 68: Waterranpoel overzicht trofisch niveau voedingswijze

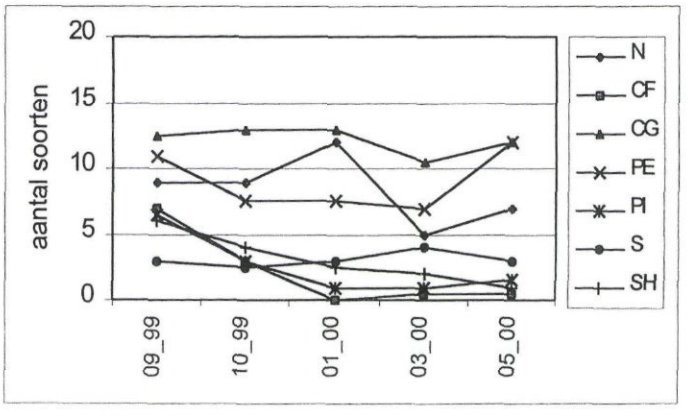


Fig. 69: Waterranpoel overzicht

5.5 Stromingsvoorkeur

De eerste fase van de kolonisatie werd gedomineerd door soorten met geen of weinig voorkeur voor stroomsnelheid (*Chironomus sp., Tanytarsus sp., Micropsectra sp.*). Deze doorgaans weinig kritische taxa worden in diverse watertypen aangetroffen. Vervolgens namen de aantallen soorten van zowel stilstaande als stromende wateren toe. Beide groepen bestonden vooral uit soorten met een voorkeur voor kleinere watertypen. In de zomermaanden waren de aantallen van algemene en stilstaand water soorten het grootst. In de wintermaanden nam het aandeel soorten van stromende wateren toe, hetgeen vooral te wijten was aan de afname van de andere twee groepen tijdens deze periode (o.a. door het tijdelijk verlaten van de bronnen door Coleoptera en Heteroptera). In de waterranonkelpoel namen de aantallen van stilstaande en stromende wateren beide af, maar de onderlinge verdeling in stromingsvoorkeur bleef ongeveer hetzelfde. De soorten met geen of weinig voorkeur voor een bepaald stromingstype waren het meest abundant in deze bron.

Tabel 10: Legenda stromingsvoorkeur

Code		Code	
N	niet gecodeerd	2	geen of weinig voorkeur
1	stilstaand water	3	stromend water

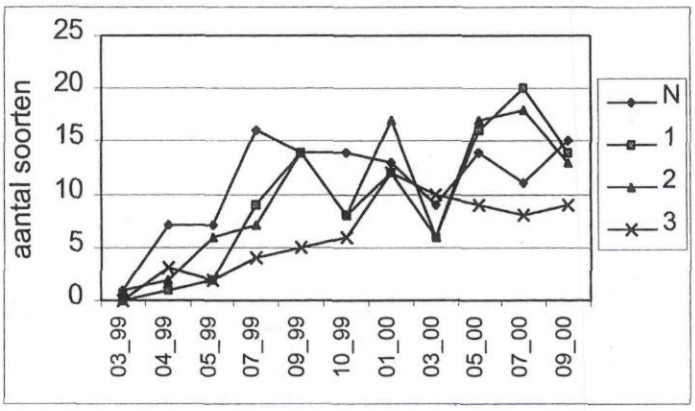


Fig. 70: Bospoel overzicht stromingsvoorkeur

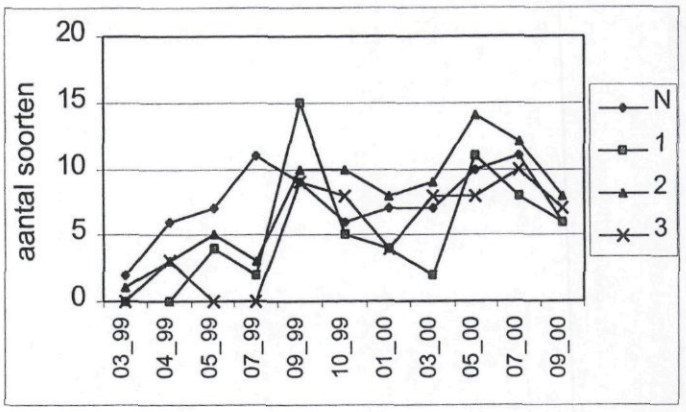


Fig. 71: Zuidbron overzicht stromingsvoorkeur

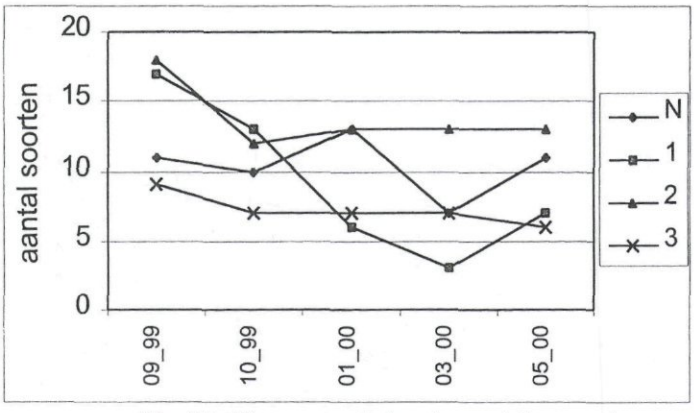


Fig. 72: Waterranonkelpoel overzicht stromingsvoorkeur

5.6 Ordinatie

De resultaten van de CANOCO analyses zijn weergegeven in tabel 12 en de figuren 73 t/m 76. Vanwege presentatie-technische redenen is er voor gekozen om de monsterpunten en de omgevingsfactoren apart in een grafiek op te nemen.
Bij het afsplitsen tot analyse 1 (tabel 11) werden een aantal monsters van de zuidbron en de noordbron verwijderd, omdat deze allen een zeer individuele positie innamen in het ordinatiediagram. De monsterpunten in de noordbron onderscheidden zich van de zuidelijke bronnen vooral door de factoren stroming en schaduw. Voor de individuele posities van de eerste monsterpunten in de zuidbron waren geen duidelijke oorzaken aan te wijzen, maar het indiceert wel dat de kolonisatie in deze eerste fase enigszins anders is verlopen dan in de bospoel. Bij elke stap van het afsplitsen hadden de omgevingsvariabelen overigens een significante invloed op de variatie binnen de levensgemeenschap.

Tabel 11: Afgesplitste monsters per analyse

Analyse nr	Niet meegenomen in analyse
1	Bos0399, nbr0700, nbr0900, zbr0499, zbr0599, zbr0799
2	Bos0399, nbr0700, nbr0900, zbr0499, zbr0599, zbr0799, bos0499, bos0599, bos0799, zbr0399

Tabel 12: Resultaten CANOCO analyse

analyse	1	2
Totale variatie	1.93	1.586
verklaard door omgevingsvariabelen	1.069	0.914
% verklaard door omgevingsvariabelen	55.4	57.6
P	0.005	0.005
% verklaard door individuele variabelen	34.4	43.2
% covariatie tussen indiv. variabelen	21.0	14.4
% verklaard door waterkenmerken	24.4	31.5
% verklaard door habitatkenmerken	23.3	16.6
% covariatie water-habitatkenmerken	7.7	9.5

Uit tabel 12 blijkt dat meer dan de helft van de variatie in de biologische data significant wordt verklaard door omgevingsvariabelen. Tot aan september '99 waren de bijdragen van de habitatkenmerken (combinatie van vegetatie, detritus en mineraal) en de waterkenmerken (combinatie van EGV, temperatuur, pH en zuurstof) ongeveer gelijk. Daarna droegen vooral de waterkenmerken bij aan de variatie in de levensgemeenschap.

Met analyse 1 is gekeken welke invloed de omgevingsfactoren hebben gehad op het kolonisatieproces (figuren 73 en 74 en tabel 12). Uit figuren 73 en 74 is af te lezen dat de monsterpunten van de bospoel in de tijd binnen de ordinatiediagram eerst de overgang volgden van mineraal naar detritus/emergent (overgang rechtsboven-linksonder) en vervolgens vooral gerelateerd waren aan het verloop in de watertemperatuur (overgang linksboven-rechtsonder). Van de monsterpunten in de zuidbron nam alleen het eerste monster in de zuidbron een overeenkomstige positie in als de monsterpunten in de bospoel. In analyse 2 zijn vervolgens de eerste vier monsterdata van zowel de zuidbron als de bospoel weggelaten om te kunnen bepalen welke omgevingsfactoren vanaf september '99 een belangrijke invloed hebben gehad op de levensgemeenschap (figuren 75 en 76 en tabel 12). In figuur 76 is een duidelijke onderverdeling te zien tussen de verschillende bronnen die correleert met de verschillen in stroming, EGV en de aanwezigheid van submerse planten. Verder was er een onderscheid te maken tussen de zomermonsters rechts in de ordinatiediagram, de najaarmonsters in het midden en de winter/voorjaarsmonsters aan de linkerzijde.

Uit de horizontale projectie van deze onderverdeling op de watertemperatuur blijkt dat deze variabele een belangrijke invloed had op de temporele variatie van de macrofaunasamenstelling.

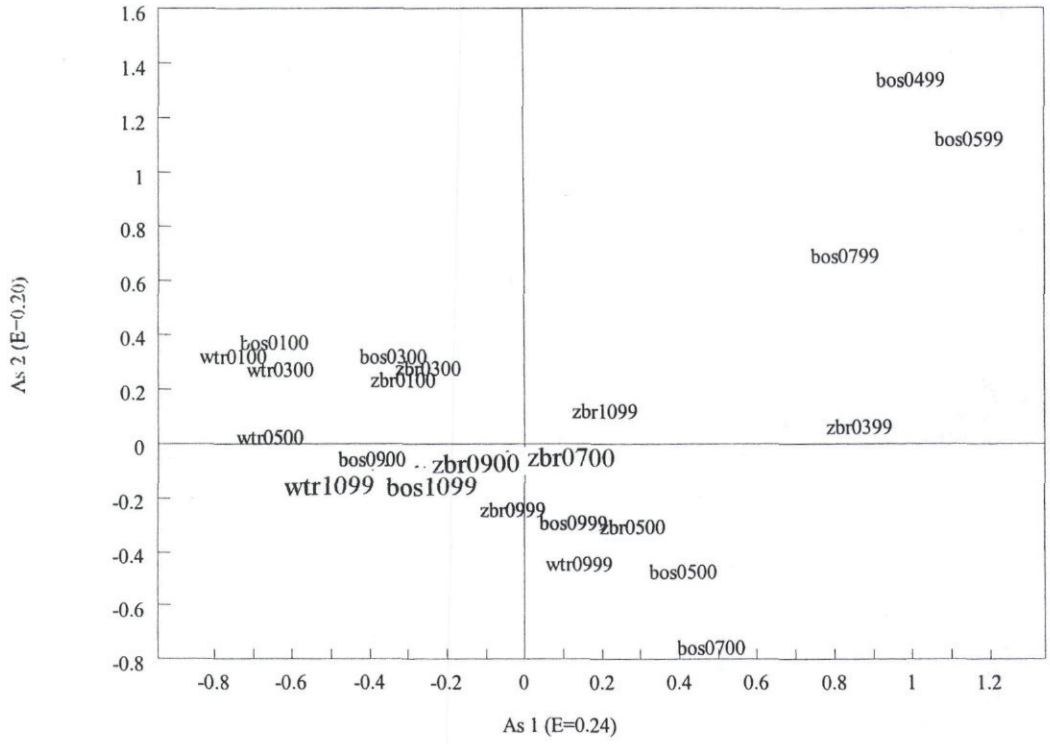


Fig. 73: Ordinatie monsterpunten volgens analyse 1

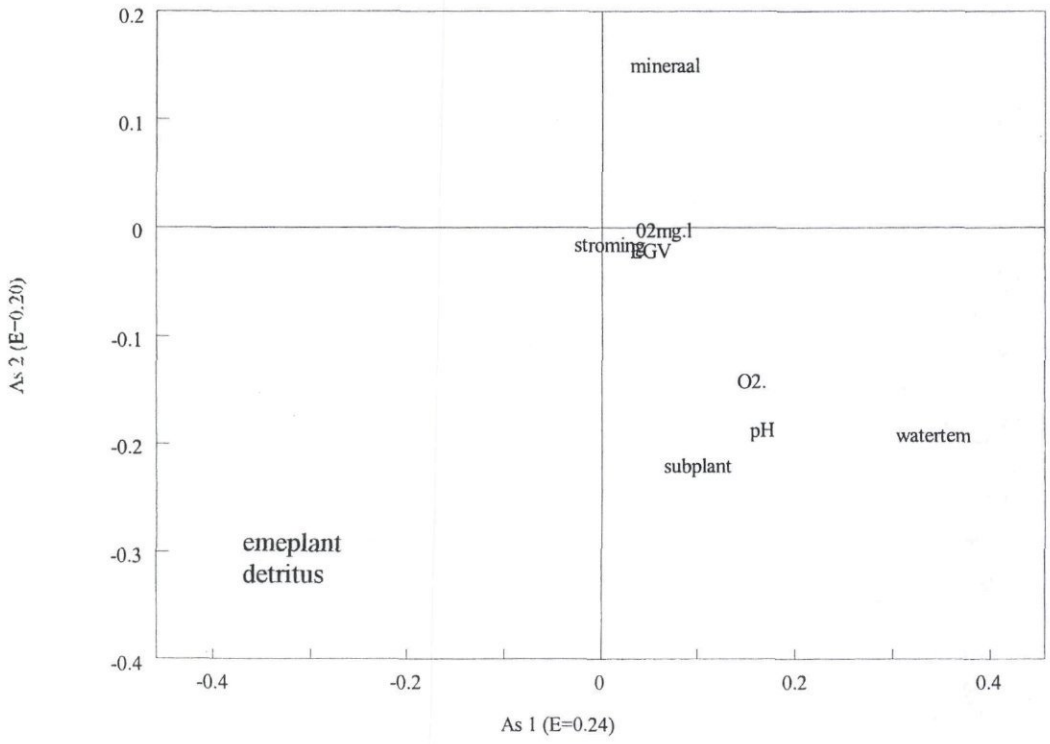


Fig. 74: Ordinatie omgevingsvariabelen volgens analyse 1

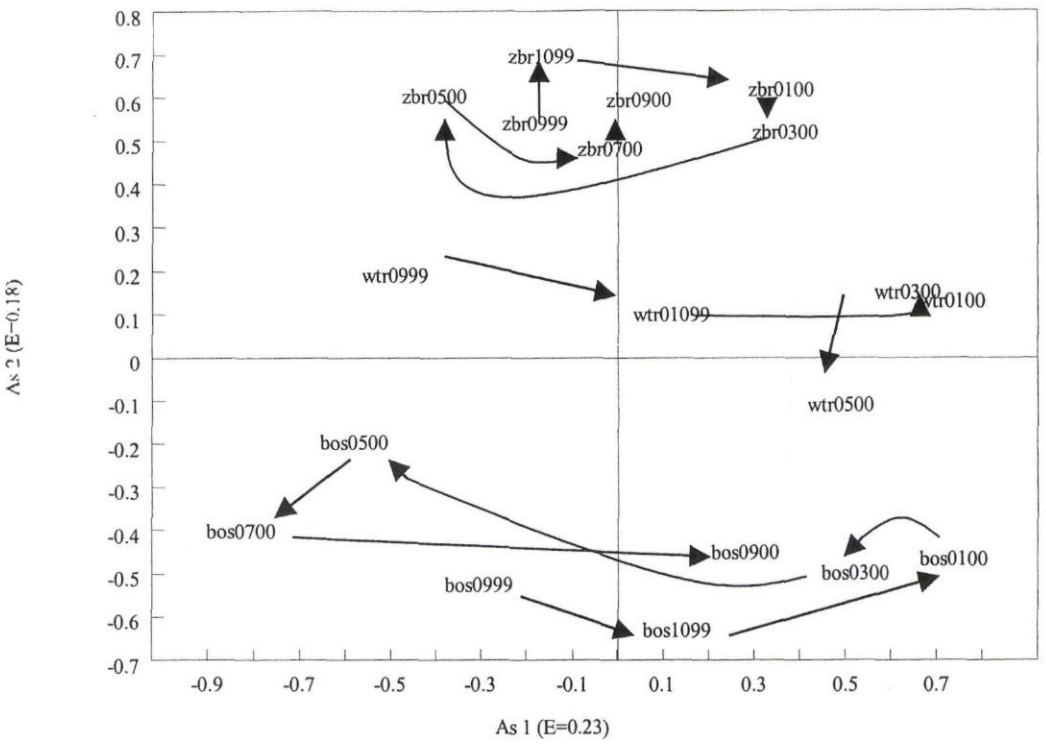


Fig. 75: Ordinatie monsterpunten volgens analyse 2

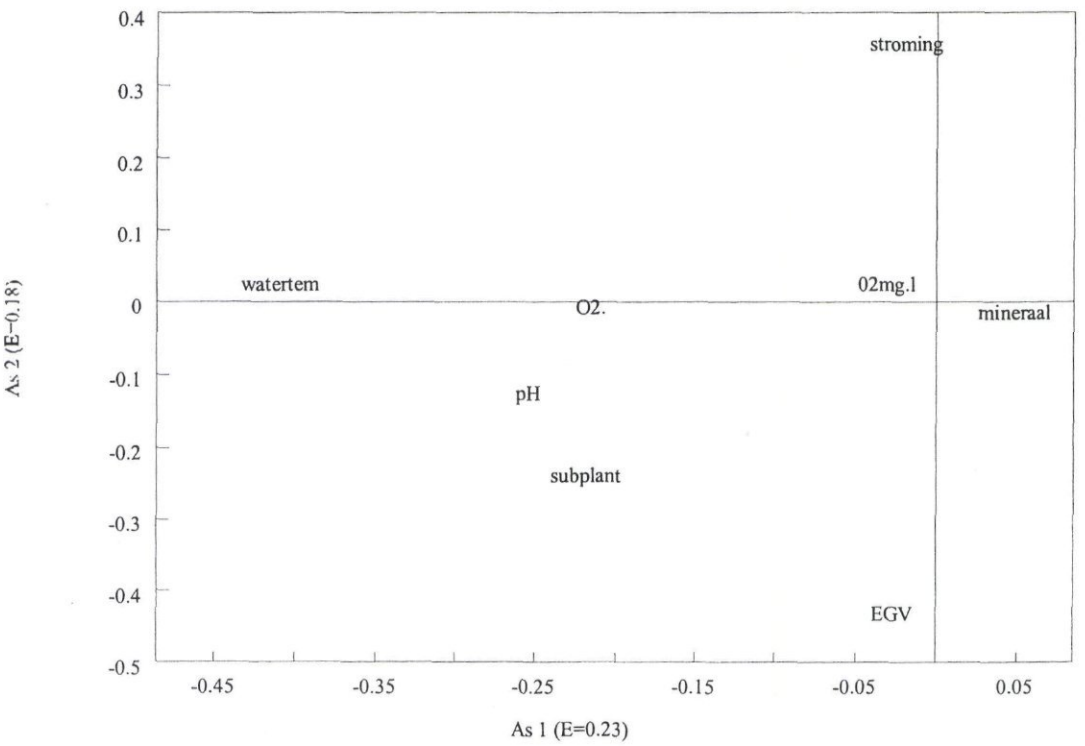


Fig. 76: Ordinatie omgevingsvariabelen volgens analyse 2

5.7 Discussie

5.7.1 *Ontwikkeling levensgemeenschap*

Bij het onderzoek naar de kolonisatie van aquatische ecosystemen is tot nu toe vooral de nadruk gelegd op het kolonistieproces in rivieren (o.a. Williams & Hynes 1975 en 1976; Williams 1980; Malmqvist et al. 1991; Gray & Fisher 1981). Het grote verschil met deze studie is dat in rivieren meerdere kolonisatiemechanismen tegelijkertijd kunnen plaatsvinden, waarbij drift en kolonisatie via de lucht de belangrijkste zijn, gevolgd door stroomopwaartse migratie en vertikale migratie in het substraat (Wallace 1990; Mackay 1992). De bijdrage van de verschillende kolonisatiemechanismen wordt met name bepaald door de positie in het beekdal. In midden- en benedenlopen is de bijdrage van drift het grootst. Bronnen en bovenlopen daarentegen, worden alleen gekoloniseerd via de lucht en stroomopwaartse migratie, waarbij de bijdrage via de lucht veruit het grootst is (Wallace et al. 1991). Omdat de verbinding met de bovenlopen ontbreekt, zijn de bronnen in het Springendal afhankelijk van de kolonisatie via de lucht. Dit heeft tot gevolg gehad dat de levensgemeenschap voor het grootste deel bestond uit soorten met vliegende adulten of soorten die zelf een groot vliegvermogen hebben zoals de meeste Coleoptera en Heteroptera taxa. Het kolonisatieproces in de nieuwe bronnen vertoonde daardoor grote overeenkomsten met het kolonisatieproces in geïsoleerde wateren zoals poelen (o.a. Barnes 1984; Layton & Voshell 1991).

Ondanks het verschil in kolonisatiemechanismen is er wel sprake van een overeenkomst op basis van het verloop van auto-ecologische kenmerken tijdens het kolonisatieproces van rivieren, poelen en bronnen. In de eerste kolonisatiefase bestaat de gemeenschap meestal uit detrivore filtreerders en vergaarders, die gebonden zijn aan het substraat. Deze soorten zijn in staat om de kleine detritusdeeltjes, de eerste voedselbron, te benutten (Malmqvist et al. 1991). Met het accumuleren van detritus neemt de voedselbeschikbaarheid toe voor de vergaarders en zij nemen daardoor in aantallen en abundanties toe. Substraatgebonden filtreerders nemen sterk in aantallen af omdat de habitat minder geschikt wordt vanwege de groeiende algen- en detrituslaag op de bodem (Mackay 1992). Met het opkomen van de algengroei en vegetatie arriveren de schrapers en (detriti-) herbivoren. Met de aanwezigheid van prooidieren en grof organisch materiaal nemen tenslotte ook de predatoren en de knippers toe. Een aantal predatoren werd al in een vroeg stadium aangetroffen (*Macropelopia sp.*, *Laccobius sp.*). Deze opportunistische predatoren leefden van de andere opportunische soorten die in hoge abundanties voorkwamen en daardoor een rijke voedselbron vormden. De grote aantallen en abundanties aan predatoren werden echter pas later aangetroffen. Evenals de groeiende diversiteit in voedselstrategie nam ook de diversiteit in habitatvoorkeuren en bewegingsgedrag toe. Vanaf september 1999 zijn met een paar onderbrekingen alle trofische niveau's, voedingswijzen en habitatvoorkeuren aangetroffen.

De ontwikkeling van de macrofaunagemeenschap in de bospoel en de zuidbron volgde dus de habitatontwikkeling van een uniform, mineraal milieu naar een milieu met meerdere microhabitats (detritus, vegetatie) en de daaraan gekoppelde voedselbeschikbaarheid. In de waterranonkelpoel was van het begin af aan een grote verscheidenheid aanwezig van trofische niveau's, voedingswijzen, bewegingsgedrag en habitatvoorkeuren. Hier waren de verschillende microhabitats al aanwezig en heeft de ontwikkeling van de habitat een minder belangrijke rol gespeeld.

5.7.2 Soortensamenstelling en kolonisatie

Wanneer de in de vorige paragraaf besproken ecologische eigenschappen worden gekoppeld aan de taxa, blijkt de overeenkomst met de rivierstudies beperkt te zijn. Een van de weinige overeenkomsten is de dominantie van Chironomidae soorten in de eerste drie maanden van de kolonisatie. Van deze familie zijn het hele jaar adulten aanwezig, het zijn weinig kritische soorten en zij hebben een korte generatiecyclus, waardoor zij al vroeg koloniseren en hoge abundanties kunnen bereiken (Milner 1987; McElravy et al. 1979; Mackay 1992). Omdat de meeste Chironomidae van de eerste kolonisatiefase slecht kunnen concurreren met andere soorten, nemen de abundanties snel af in de loop van het kolonisatieproces of zullen ze geheel verdwijnen.

De ontwikkeling van de soortensamenstelling in de bronnen vertoonde wel grote overeenkomsten met het kolonisatieonderzoek in poelen door Layton & Voshell (1991). De volgorde van koloniseren die zij vonden in hun studie: Diptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera en Odonata werd ook waargenomen tijdens deze studie. Heteroptera werd in hun eenjarige studie niet aangetroffen. De betreffende soorten bezitten allen een goed vlieg- en/of verspreidingsvermogen. Slechte vliegers zoals *Sialis lutaria* (Megaloptera) en de niet-insecten groepen worden meestal later aangetroffen. De niet-insecten zijn namelijk afhankelijk van passieve verspreiding. Watermijten verspreiden zich door te parasiteren op een gastheer (Odonata en Chironomidae) (Davids, 1979). Pisidiums kunnen zich net als platwormen, bloedzuigers en slakken vasthechten aan vogelpoten en zich op die manier verspreiden. Bij slakken en bloedzuigers is migratie over land tijdens vochtige weersomstandigheden ook waargenomen (Williams & Hynes 1976). Oligochaeta kunnen zich verspreiden via de wind en in de zuidbron hebben *Nais sp.* en *Tubifex sp.* zich mogelijk weten te vestigen via stroomopwaartse verspreiding vanuit het retentiebekken en het bronbeekje. De slechte vlieger *Nepa cinerea* heeft zich mogelijk eerder kunnen vestigen in de zuidbron dan in de bospoel vanwege de directe verbinding met het retentiebekken (kolonisatiebron). Of bovenstaande soorten zich inderdaad hebben gevestigd vanuit het retentiebekken is vooralsnog niet met zekerheid te zeggen, omdat het bekken nooit biologisch bemonsterd is. Het verspreidingsvermogen van de soorten en de verbinding met een mogelijke kolonisatiebron hebben in ieder geval een grote invloed gehad op de snelheid van koloniseren door macrofauna.

Naast de mobiliteit speelde ook de levenscyclus van de macrofauna een rol bij de soortensamenstelling tijdens het kolonisatieproces. De adulten van de meeste insecten vliegen vanaf het voorjaar (april/mei) tot en met het vroege najaar en het verspreidingsvermogen is in deze maanden dan ook het grootst (Wallace 1990). Tijdens deze periode worden er eieren afgezet die, afhankelijk van de soort, na enkele dagen tot enkele maanden uitkomen. In juli en september vond er een snelle toename in soortenrijkdom plaats die gerelateerd was aan het verschijnen van de larven. De levenscyclus bepaald dus in belangrijke mate in welke tijd van het jaar een soort kan koloniseren. Soorten waarvan het gehele jaar adulten aanwezig zijn kunnen het hele jaar koloniseren en indien zij een korte levenscyclus hebben kunnen zij met name in de zomermaanden hoge abundanties bereiken. Trichopteren en Plecopteren arriveren later in het jaar en groeien tijdens de wintermaanden om vervolgens in het vroege voorjaar weer uit te vliegen. Heteroptera en Coleoptera namen sterk in abundanties af in de winter omdat zij op het land overwinteren en vervolgens weer in het voorjaar te voorschijn komen. Deze patronen zullen zich waarschijnlijk de komende jaren blijven herhalen en zijn belangrijk bij het interpreteren van de biologische gegevens.

Verder kon de diverse levengemeenschap in de waterranonkelpoel gedeeltelijk worden verklaard aan de hand van de levenscycli. De waterranonkelpoel ontstond namelijk in een periode van het jaar dat er veel vliegende adulten aanwezig waren, waardoor de kans op koloniseren veel groter was. De bospoel en de zuidbron ontstonden daarentegen in een periode waarin weinig vliegende adulten aanwezig waren. In andere studies kwam ook al naar voren dat kolonisatie sneller verliep in de zomer en de vroege herfst dan in het voorjaar (Layton & Voshell 1991, Williams 1980, Shaw & Minshall 1980)

5.7.3 *Milieufactoren en kolonisatie*

Uit het bovenstaande discussiepunten blijkt dat de habitatontwikkeling, de levenscyclus en het verspreidingsvermogen van de soorten een belangrijke rol hebben gespeeld bij het koloniseren van de nieuwe bronnen. De CANOCO resultaten bevestigden de rol van de habitatontwikkeling in de bospoel tijdens de eerste 6 maanden en de rol van de watertemperatuur vanaf september '99. Dat dit patroon niet werd waargenomen in de zuidbron heeft waarschijnlijk te maken met de minder markante ontwikkeling van emergente planten en detritus in deze bron.

De watertemperatuur die volgens de CANOCO analyse een belangrijke rol speelde vanaf september '99 is gerelateerd aan de betekenis van de levenscyclus op het kolonisatieproces. De ei-ontwikkeling, de ontwikkeling en groei van de larven en het verschijnen van de adulten zijn namelijk voor een belangrijk deel temperatuurafhankelijk (Ward & Stanford 1982; Sweeney 1984). Daarnaast spelen fotoperiode, lichtintensiteit, daglengte en de luchttemperatuur een belangrijke rol bij het verschijnen en verspreiden van de adulten (Ward & Stanford 1982: Sheldon 1984). Deze factoren volgen hetzelfde verloop als de watertemperatuur en zouden in een CANOCO analyse mogelijk een grote covariatie vertonen. De watertemperatuur weerspiegeld daarmee in feite de seizoensdynamiek die gedurende het jaar optreedt. In aanvulling op het seizoensverloop, kunnen ook de dagelijkse temperatuur fluctuaties een grote invloed hebben op de levenscyclus (Sweeney 1984; Sweeney & Vannote 1984; Gresens 1997; Hagstrum & Hagstrum 1970). Insecten blijken zich sneller te ontwikkelen bij een fluctuerende temperatuur dan bij een constante temperatuur, mits de maximale en minimale temperatuurwaarde binnen de optimale range van het organisme vallen. Groei- en stofwisselingsprocessen gedurende de verschillende stadia van een insect hebben soms verschillende temperatuur optima. Fluctuerende temperaturen integreren deze processen en hebben een versnelde groei tot gevolg, mits er voldoende voedsel aanwezig is. De effecten van deze temperatuur fluctuaties zijn soortsafhankelijk (Williams 1991). Vooral de bivoltine en multivoltine soorten zoals vele Chironomidae en *Cloeon dipterum* profiteerden van de grote temperatuurfluctuaties in de zomermaanden, hetgeen tot uiting kwam in hoge abundanties van de zomergeneraties in het tweede jaar van de kolonisatie.

Uit de CANOCO resultaten bleek dat de invloed van de andere fysisch-chemische factoren op het kolonisatieproces gering was. De onderlinge verschillen in habitat variabelen zoals stroming en EGV leidden echter wel tot onderlinge verschillen in de samenstelling van de levensgemeenschap (meer daarover in de volgende paragraaf) De pH schommelde over de periode maart 99 en september '00 tussen de 5.5 en de 8 (figuur 11). Dit is een range waar de meeste macrofauna soorten in kunnen voorkomen en had daardoor weinig invloed. De zuurstofconcentraties fluctueerden het hele jaar als gevolg van de temperatuurfluctuaties en fotosynthese, waarbij zeer lage waarden werden gemeten in de zomermaanden.

Dergelijke fluctuaties worden regelmatig aangetroffen in stilstaande plantenrijke wateren. Karakteristieke soorten van poelen en stagnante wateren hebben een hoge tolerantie voor deze fluctuerende zuurstofconcentraties, omdat zij veelal hun eigen zuurstofstroom kunnen opwekken (Ward 1992; Hynes 1970). De lage zuurstofconcentratie is soms een verklaring voor de lage abundanties of geheel ontbreken van zuurstofminnende (rheofiele) soorten zoals steenvliegen in stilstaande wateren. Zo werden er van *Nemurella picteti*, een typische bronsoort, in juli 2000 12 exemplaren aangetroffen en in september slechts 1. Dit heeft mogelijk te maken met de grote zuurstofschommelingen in de zomer.

5.7.4 *Biologische interacties en kolonisatie*

Met het toenemen van de aantallen vergaarders, verzwelgers, (detriti-)herbivoren en predatoren neemt ook de invloed van onderlinge interacties op de levensgemeenschap toe (Mackay 1992). Hoge abundanties van soorten binnen dezelfde voedselgroepen kunnen leiden tot competitie binnen deze groep (McAuliffe 1983; Hart 1983). Zo is de weinig competitieve soort *Chironomus sp*, die in de eerste twee maanden in hoge abundanties werd aangetroffen, met het arriveren van andere macrofauna soorten verdwenen. Met het toenemen van het aantal predatoren tijdens het kolonisatieproces neemt ook de invloed van predatie toe (Schneider & Frost 1996; Gray & Fisher 1981). Om de rol van beide interacties te onderzoeken paste niet binnen de doelstelling van deze studie, maar gezien de hoge abundanties van vergaarders en predatoren die zijn aangetroffen in de bronnen, hebben waarschijnlijk zowel competitie als predatie een structurerende invloed gehad op de levensgemeenschap. De rol van beide interacties dient daarom verder onderzocht te worden.

5.7.5 *Onderlinge verschillen tussen de nieuwe bronnen*

De aantallen soorten en bijbehorende abundanties waren in de bospoel en waterranonkelpoel hoger dan in de zuidbron. Met name de families Ephemeroptera, Odonata en Heteroptera waren in de bospoel sterker vertegenwoordigd dan in de zuidbron. In het tweede jaar waren de aantallen en abundanties van veel Coleopterasoorten ook hoger. Megaloptera, Arachnida, Bivalvia en Hydracarina werden alleen in de bospoel aangetroffen. Omdat de onderlinge afstand gering is kunnen deze verschillen met name worden toegeschreven aan de grotere heterogeniteit in microhabitats in de bospoel. Het stilstaande wateroppervlak biedt bijvoorbeeld een habitat voor de schaatsrijders en vijverlopers (Heteroptera). Ephemeroptera, Odonata en Coleoptera zijn soorten die veelal voor in langzaam stromende en stilstaande, vegetatierijke wateren zoals poelen (Elliot et al. 1988, Geyskes & van Tol 1983, Drost et al. 1992). Het veelvuldig voorkomen van deze soorten in de bospoel hangt waarschijnlijk dus samen met de grotere hoeveelheid (water)planten die gevarieerder in structuur is, in vergelijking tot de *Juncus*-vegetatie in de zuidbron. De vegetatie wordt onder andere gebruikt om eieren op af te zetten (Odonata en enkele Coleoptera) en de planten bieden schuilmogelijkheden voor de macrofauna, aanhechtingsplaatsen voor algen en wanneer de vegetatie afsterft levert dit voedsel aan de detriti-herbivoren en detrivoren (Giller & Malmqvist 1998). Twee andere studies door Voshell & Simmons (1978) en Street & Titmus (1979) bevestigen de belangrijke rol van de waterplanten op de diversiteit tijdens het kolonisatieproces. Zij vonden respectievelijk een toename in diversiteit in libellen en chironomiden als gevolg van de toename van plantengroei.

Ook de diepte en de daarmee samenhangende inhoud van de bospoel was groter, waardoor deze bron ook meer levensruimte bood voor een groter aantal soorten en hogere abundanties. De diepte en het wateroppervlak zijn echter niet meegenomen in de CANOCO analyse omdat de gegevens over het verloop van beide factoren over de afgelopen twee jaar slechts zeer sporadisch zijn verzameld.

Een tweede opvallend verschil betrof de wijze van koloniseren tussen de bospoel/zuidbron en de waterranonkelpoel. In de waterranonkelpoel was, in tegenstelling tot de andere twee bronnen, vanaf het begin af een grote verscheidenheid aan taxa en ecologische kenmerken aanwezig. De aanwezigheid van vliegende adulten van de meeste insecten in het najaar (einde vliegtijd), de reeds aanwezige verscheidenheid aan microhabitats en twee dichtbij gelegen kolonisatiebronnen zijn hiervoor de meest voor de hand liggende verklaringen. Verrassend hierbij is overigens wel dat 12 soorten niet werden aangetroffen in de andere twee bronnen (o.a. *Conchapelopia melanops, Paratendipes gr. nudisquama, Trisselopia longimana, Chrysopilus sp.*). Daarnaast werden er ondanks de geringe onderlinge afstand nog eens 10 soorten aangetroffen die niet in de bospoel werden aangetroffen (bijlage 12). Vanwege de grote verscheidenheid aan kenmerken van deze 22 soorten en de lage abundanties ervan, waren er geen duidelijke oorzaken aan te wijzen voor de waargenomen verschillen.

6. Streefbeeld en toekomstverwachting

6.1 Inleiding

In de twee voorgaande hoofdstukken is beschreven hoe de nieuwe bronnen zich de afgelopen twee jaar fysisch-chemisch en biologisch hebben ontwikkeld. Hierbij kwam onder andere duidelijk naar voren dat de beschikbare habitat van grote betekenis is geweest voor de structurering van de levensgemeenschap tijdens het kolonisatieproces en de onderlinge verschillen tussen de bronnen. Aangezien het successieproces nog vele jaren door zal gaan zullen de huidige landschappelijke en fysisch-chemische omstandigheden geleidelijk veranderen en daaropvolgend zullen zich nieuwe macrofaunasoorten kunnen vestigen en andere verdwijnen. Hoe de brongebieden zich op de middellange tot lange termijn zullen ontwikkelen is door Gerven et al. (1997) als volgt omschreven:

"Een plek waar het grondwater langzaam over een groot, zwak hellend oppervlak uittreedt waardoor een moerassig gebied ontstaat (helocrene bron). De plek bestaat uit pakketten, met water verzadigd, dood organisch materiaal die begroeid zijn met hogere planten en (veen-)mossen en waartussen kleine bronbeekjes ontstaan die het overtollige water afvoeren. Hierdoor ontstaat een mozaïek aan habitats en microhabitats zoals dikke, drogere, begroeide organische pakketten, waterverzadigde organische pakketten, kleine met organisch materiaal gevulde beekjes en kaal zandige of grindige kleine bronbeekjes. Het geheel is beschaduwd."

Nu, bijna 2 jaar na de herinrichtingsmaatregelen kunnen de eerste resultaten worden geëvalueerd door de abiotische en biotische kenmerken van de nieuwe bronnen te toetsen aan dit streefbeeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de EKOO typologie opgesteld door Verdonschot (1990). Verder worden de levensgemeenschap en de fysisch-chemische kenmerken van de nieuwe zuidelijke bronnen vergeleken met de noordbron. Deze bron is door Alterra aangewezen als referentiebron voor de bronkoppen in het Springendal. Hierdoor wordt het mogelijk om een voorzichtige voorspelling te doen over hoe de levensgemeenschap zich in de nabije toekomst zou kunnen ontwikkelen.

6.2 Het EKOO streefbeeld

In het kader van het project 'Ecologische Karakterisering van Oppervlaktewateren in Overijsel (Verdonschot 1990) is een netwerk opgesteld van aquatische cenotypen. Deze cenotypen worden beschreven aan de hand van macrofaunagegevens en milieuvariabelen. Op basis van de EKOO typologie zijn er in het Springendal drie brontypen te onderscheiden, namelijk:

- ⇒ H1: voedselrijke helocrene bronnen
- ⇒ H3: matig voedselrijke helocrene bronnen
- ⇒ H5: voedselarme helocrene bronnen

Deze typen representeren een reeks van permanente helocrene bronnen met een afname in eutrofiëring dan wel organische belasting en een toename van de zuurgraad. De meeste bronnen in het onderzoeksgebied behoren tot de H3 en H5 typen (Nijboer 1999). Het cenotype H5 representeert de meest oorspronkelijke toestand van de brongebieden aanwezig in het Springendal.

De hierboven beschreven cenotypen zijn op basis van het debiet verder onder te verdelen in:

⇒ H1' voedselrijke helocrene bronnen met minder fluctuerend debiet
⇒ H1+ voedselrijke helocrene bronnen met constant debiet
⇒ H3' matig voedselrijke bronnen met minder fluctuerend debiet
⇒ H5' voedselarme helocrene bronnen met minder fluctuerend debiet
⇒ H3/5+ voedselarme helocrene bronnen met constant debiet

Na het nemen van de maatregelen gericht op het herstellen van de hydrologie en voedselarme omstandigheden is het de bedoeling dat de bronnen zich ontwikkelen in de richting van de gewenste (nagenoeg) natuurlijke H5' en H3/5+ brontypen (zoals beschreven in 6.1). Omdat de meest doelsoorten behorende bij de H5' en H3/5+ typologie echter ontbraken (bijlage 19) en het aantal abiotische variabelen behorende bij dit streefbeeld lager was dan de standaardindeling, is er voor gekozen om de gevonden abiotische en biologische gegevens te toetsen aan de H1, H3 en H5 brontypen.

In tabel 8 staan de streefwaarden van een aantal chemische variabelen per brontype weergegeven. Wanneer de gevonden chemische waarden worden getoetst aan deze streefwaarden blijkt dat de waarden vooral voldoen aan de H1 en H3 brontypen (tabel 9). Alleen in de zuidbron kwamen de gevonden waarden redelijk overeen met de streefwaarden van het voedselarme H5 brontype. In de andere bronnen zijn de nutriëntengehalten (met name nitraten) in het bronwater nog veel te hoog. Zoals in het vorige hoofdstuk reeds duidelijk is geworden, worden de effecten van de chemische kenmerken van het water op de macrofaunagemeenschap overschaduwd door de fysische bronwatereigenschappen en de uiterlijke kenmerken van de bron. Deze fysische en uiterlijke kenmerken zijn echter niet kwantitatief beschreven in de EKOO-typologie. Het constante debiet zoals omschreven bij de referentiesituatie, werd alleen aangetroffen in de zuidbron, maar het debiet was echter nog te laag om voor voldoende stroomsnelheid te zorgen. Van een habitat met bladpakketten en kaal zandige of grindige plekken, een constante watertemperatuur en zuurstofconcentratie en beschaduwing is vooralsnog ook geen sprake.

Tabel 8: Gemiddelde en standaardafwijking van variabelen behorende bij de gekozen streefbeelden (Bron: Verdonschot 1990)

	pH		EGV		NH4		NO3		P-tot	
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
H1	7.1	0.2	242	80	0.2	0.2	9.1	7	0.21	0.1
H3	6.3	0.4	240	58	0.1	0.1	14.3	8.4	0.14	0.06
H5	4.9	0.3	175	5	0.2	0	10.8	4.6	0.06	0.02
H3/5	4.5-5.5		<150							

Tabel 9: toetsing aan streefwaarden per brontype (x = voldoet aan streefwaarde)

	bospoel					zuidbron					waterranonkelpoel					noordbron				
	pH	EGV	NH4	NO3	P-tot	pH	EGV	NH4	NO3	P-tot	pH	EGV	NH4	NO3	P-tot	pH	EGV	NH4	NO3	P-tot
H1	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x
H3	x		x		x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x		x
H5			x		x		x		x	x			x		x			x		x

Tabel 10: overzicht aangetroffen (streefbeeld)soorten behorende bij brontypen H1, H3 en H5 (Z=zuidbron, B=bospoel, R=waterranonkelpoel en N=noordbron (-)=abundantie)

	03_99	04_99	05_99	07_99	09_99	10_99	01_00	03_00	05_00	07_00	09_00
Dicranota bimaculata (H1)											
Ptychoptera sp (H1)					Z (3)	Z (1) R (15)	Z (9) R (20)	R (2)	Z (3) R (3)	Z (26)	
Sericostoma personatum (H1)					Z (4)	Z (1)				N (5)	Z (1) B (1) N (12)
Thaumasoptera sp. (H1)											
Beraea maurus (H1, H3)											
Brillia modesta (H1, H3)											N (4)
Dixa maculata (H1, H3)											
Elodus minuta (H1,H3)					Z (1)	Z (1)					
Stenophylax sp. (H1, H3)											
Macropelopia sp (H3)		Z (4)	B (195)	B (139)	Z (34) B (29)	Z (51) B (14) R (55)	Z (74) B (530) R (99)	Z (75) B (15) R (46)	Z (27) B (110) R (14)	Z (88) B (24) N (1)	Z (119) B (76)
Micropsectra sp (H3)		B (15)	B 1077	B 1666	B (4) R (6)	Z (2) B (20) R (5)	Z (4) B (76) R (149)	Z (16) B (116) R (17)	Z (58) B (330) R (23)	Z (27) B 392) N (48)	Z (22) B (25) N (12)
Psychoda sp. (H3)									R (119)		B (1)
Telmatoscopus sp. (H3)				B (1)					R (55)		
Limnophyus sp. (H3)					B (2)		B (18)	R (18)	R (1)		B (5)
Eriopterinae (H3)							Z (1) R (1)				
Empididae (H3)											
Parametriocnemus stylatus (H3)								B (1)			
Zavrelimyia sp. (H3)				B (12)	Z (18) B (187) R (37)	Z (48) B (157) R (24)	B (23)	Z (3) B (33)	Z (3) B (20) R (2)	Z (52) B (126) N (1)	B (42)
Chaetocladius sp. (H3)		B (164)	B (42)	B (22)	Z (5) B (1)	B (2) R (4)	Z (15) B (43) R (28)	Z (41) B (20) R (90)	Z (53) B (4) R (7)	Z (7) B (16)	Z (2)
Dicranomyia sp. (H3)											
Dixa dilatata (H3)							B (1)				
Ochthebius sp. (H3)											
Pericoma sp. (H3)					Z (2) R (1)	Z (1) B (45) R (71)			R (28)		
Hexatominae (H3)											
Sperchon squamosus (H3)						R (1)					B (2)
Krenopelopia sp. (H3, H5)							B (18)	B (36)			
Nemurella pictetii (H3, H5)										B (12)	B (1)
Pedicia sp. (H3, H5)											
Plectrocnemia conspersa (H3, H5)							B (4)			N (4)	N (12)
Muscidae (H5)									R (2)		
Agabus guttatus (H5)											
Sialis fuliginosa (H5)											
Heterotanytarsus apicalis (H5)											
Pseudorthocladius sp (H5)											

De hoogste abandanties werden aangetroffen van hoog typerende taxa behorende bij het H3 brontype. In de zuidbron werd tevens een aantal hoog typerende soorten van het H1 type aangetroffen en werden er in de bospoel en de waterranonkelpoel enkele soorten van het H3/H5 type waargenomen. Van de hoog typerende soorten bij het H5 type werd alleen *Muscidae* in de waterranonkelpoel aangetroffen. Matig en laag typerende soorten zoals *Macropelopia sp.*, *Limnophyes sp.* en *Corynoneura sp.* zijn overigens wel waargenomen. De aanwezigheid van grote aantallen bronsoorten in de bospoel en waterranonkelpoel was enigszins verrassend, omdat deze bronnen meer op

poelen lijken dan op echte bronnen. Blijkbaar zijn deze "bronsoorten" in staat de jaarlijkse variatie in abiotische omstandigheden te tolereren. In de bospoel werden overigens ook soorten aangetroffen zoals *Pyrrhosoma nymphula, Dixella aestivalis, Hydrobius fuscipes, Anopheles sp., Laccobius minutus*, en *Metriocnemus sp.* die hoog typerend zijn voor poelen (cenotype P4 in EKOO). Deze combinatie van bron- en poelsoorten weerspiegelt in feite het bronpoel karakter van de bospoel.

De combinatie van chemische gegevens en aangetroffen streefsoorten indiceert dat de nieuwe bronnen zich vooral hebben ontwikkeld in de richting van het cenotype H3; matig voedselrijke helocrene bronnen. Ook de ecologische kenmerken van het H3 type komen goed overeen met de levensgemeenschap in de nieuwe bronnen. De nieuwe bronnen voldoen echter nog niet aan de uiterlijke kenmerken van dit brontype (combinatie van voornamelijk bladpakketten met planten en zand) en de stroomsnelheid is zeer laag tot stilstaand. Wanneer de macrofauna gegevens worden geanalyseerd op streefsoorten van de referentietypologie is de afwezigheid van de meeste streefsoorten bijvoorbeeld opvallend. Van een constante watertemperatuur en zuurstofconcentratie (kenmerkend voor bronnen) was geen sprake en desondanks werden er hoog typerende soorten van het H3 brontype aangetroffen. Dit heeft mogelijk te maken met het feit dat de streefbeelden opgesteld zijn op basis van vele bronnen in Overijssel en dat deze helocrene bronnen ook grote fluctuaties vertonen in fysische factoren zoals watertemperatuur. Deze typologie is daardoor wellicht minder representatief voor milieu's met een grote constantheid in abiotische omstandigheden zoals die bijvoorbeeld in de noordelijke bronnen werd waargenomen. Om aan de streefwaarden van het H5 of H3/5+ brontype te voldoen dient er nog veel te veranderen. Dit geldt voor zowel de fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater en de uiterlijke kenmerken en omgeving van de bron die de basiscondities bepalen, als voor de macrofaunasamenstelling.

6.3 Vergelijking noordbron (referentiebron) en nieuwe bronnen

Bij het vergelijken van de levensgemeenschap in nieuwe zuidelijke bronnen met die van de noordbron bleek dat de soortenrijkdom in de noordbron in juli en september beduidend lager was dan in de zuidelijke bronnen (tabel 11). De meest abundante taxa uit de noordbron; *Gammarus pulex, Pisidium sp.* en *Microtendipes chloris agg.*, zijn in de zuidelijke bronnen niet of in zeer lage abundanties (1 of 2 exemplaren) aangetroffen. De dominante taxa uit de zuidelijke bronnen zoals o.a. *Micropsectra lindrothi, Anaceana sp., Zavrelimyia sp., Agabus sp., Helophorus sp.* en *Ilybius sp.* en de families Odonata, Heteroptera en Oligochaeta werden niet of nauwelijks in de noordbron aangetroffen. Verder ontbraken schaatsers en duikers in de noordbron.

De verschillen tussen de zuidelijke bronnen en de noordbron waren voor een groot deel te herleiden op de verschillen in habitatkenmerken. Het dikke organische pakket en het dunne laagje openwater in de noordbron vormden samen een zeer uniforme habitat in vergelijking tot de grote diversiteit in microhabitats in de zuidelijke bronnen. De wateroppervlakbewoners (zoals *Gerris sp.* en *Hydrometra sp.*) ontbraken waarschijnlijk vanwege de hogere stroomsnelheid. Soorten van plantrijke wateren met een voorkeur voor het littoraal en de waterkolom (veel Coleoptera en Odonata soorten) kwamen nauwelijks voor vanwege de afwezigheid van vegetatie en het dunne laagje water.

Het ontbreken van Oligochaeta in de noordbron was verrassend. In andere Twentse bronnen werd deze groep namelijk veelvuldig aangetroffen (Oude Egbrink & Notenboom 1982). De dominante *Nais communis* in de zuidelijke bronnen werd overigens niet in andere Twentse bronnen aangetroffen. Een eenduidige verklaring voor deze afwezigheid van deze soort kon niet worden gegeven, maar is waarschijnlijk gerelateerd aan het dikke organische pakket. Het detrituspakket was blijkbaar ook minder geschikt voor de veel voorkomende bodembewoners in de zuidelijke bronnen *Macropelopia sp., Micropsectra sp.* en *Zavrelimyia sp.*, die niet of in zeer lage abundanties werden aangetroffen.

Tabel 11: Aantal taxa en voornaamste ecol. en uiterlijke kenmerken per bron in juli en september '00

	bospoel	zuidbron	noordbron	Opmerking noordbron
Aantal soorten juli	43	30	21	
Aantal soorten aug.	40	22	15	
Aantal taxon. groepen jul-aug	13	9	10	
Dominante taxonomische groepen	Chironomidae, Diptera, Coleoptera	Chironomidae, Diptera, Coleoptera	Crustacea, Chironomidae, Bivalvia	Odonata, Heteroptera en Oligochaeta ontbreken
Levensgemeenschaps kenmerken				
Voornaamste trofisch niveau's	Carnivoren en detriti-herbivoren	Carnivoren en detriti-herbivoren	Detriti-herbivoren	
Voornaamste voedingswijze	Vergaarders en verzwelgers	Vergaarders en verzwelgers	Vergaarders	Stekers ontbreken
Voornaamste bewegingswijze	Spartelaars en klevers	Spartelaars	Spartelaars en klevers	Schaatsers en duikers ontbreken
Voornaamste habitatvoorkeur	Waterkolom/littoraal en sediment	Sediment	Sediment en vaste substraten	Soorten met voorkeur voor wateroppervlak, open waterkolom, littoraal ontbreken
Voornaamste stromingsvoorkeur	Geen voorkeur en stromend water	Geen voorkeur en stromend water	Geen voorkeur en stromend water	Soorten met voorkeur voor stilstaand water nagenoeg afwezig
Uiterlijke kenmerken				
Debiet	laag	matig	groot	
Stroomsnelheid	geen	matig	hoog	
Constantheid milieufactoren	laag	laag	hoog	
Microhabitats	Fijn en grof organisch materiaal, waterplanten, waterkolom	Fijn organisch materiaal, waterplanten, waterkolom	Organisch materiaal	Uniform habitattype
Waterplanten	ja	ja	nee	
Connectie met bovenloop	nee	nee	ja	
Beschaduwing	nee	nee	ja	

Voor de afwezigheid van de twee dominante taxa uit de noordbron: *Gammarus pulex* en *Pisidium sp.* in de zuidelijke bronnen zijn twee mogelijke verklaringen: (1) omdat de verbinding met de bovenloop ontbreekt hebben deze passieve verspreiders problemen om de nieuwe bronnen te bereiken of (2) de soorten konden de bronnen wel bereiken maar de habitat was ongeschikt om zich te vestigen.

Oertli (1995) en Barnes (1983) troffen in hun studies naar de macrofauna in poelen ook *Gammarus pulex* aan, dus zij kunnen zich blijkbaar via gastheren verspreiden en vestigen in stilstaande wateren. *Gammarus pulex* en *Pisidium* zijn beide eenmalig aangetroffen in de bospoel. De waarnemingen van één Gammarus in mei 1999 en twee *Pisidium subtruncatum* in mei 2000 zijn vanwege de lage abundanties enigszins discutabel en kunnen zijn veroorzaakt door het onzorgvuldig reinigen van het macrofauna net in een voorgaande meting. Indien dit niet het geval is geweest, waren de omstandigheden in de bospoel blijkbaar nog niet geschikt voor de soort om zich te vestigen en voort te planten. Naast ongeschikte fysisch-chemische omstandigheden kan de hoge predatiedruk in de nieuwe bronnen ook een bepalende factor zijn geweest bij het als populatie niet kunnen handhaven van de soorten. Omdat beide soorten zich moeilijk verspreiden via de lucht zal de aanvoer in de tijd zich beperken tot enkele exemplaren. Wanneer deze enkele exemplaren ten prooi vallen aan predatoren kan zich geen levensvatbare populatie ontwikkelen ondanks het mogelijk herhaaldelijk bereiken en koloniseren van de bronnen. Dit kan overigens ook de reden zijn geweest voor het eenmalig aantreffen van andere weinig mobiele soorten zoals Tricladida en Hirundinea.

De invloed van de habitatdiversiteit op de soortenrijkdom werd door de Ridder (1988) in zijn onderzoek naar poelen in het kader van het EKOO project ook al opgemerkt. Beschaduwde poelen met een bladpakket op de bodem waren soortenarmer vergeleken met weilandpoelen die minder rijk aan organisch materiaal waren en een rijke water- en oevervegetatie hadden. Ook de resultaten van Oude Egbrink & Notenboom (1982) indiceren dat de soortendiversiteit in de Twentse bronnen samen hangt met de habitatdiversiteit. Daar waar de bronhabitat vooral bestond uit een organisch pakket was de soortenrijkdom beduidend lager, dan in de andere bronnen. Andere studies naar de samenstelling van de levensgemeenschap in bronnen en bovenlopen vonden een lagere diversiteit wanneer deze werden vergeleken met andere aquatische habitats zoals poelen. De geringe diversiteit werd meestal toegeschreven aan de lage heterogeniteit in microhabitats, een hogere stroomsnelheid of een combinatie van beide (Larson 1985; Roughley & Larson 1991; Ranta 1985; Ferrington et al. 1995; Blackwood et al, 1995; Lindegaard 1995). Verder kan ook de constantheid in milieufactoren verantwoordelijk zijn voor een lagere diversiteit in bronnen en bronbeekjes (Webb et al. 1998), waarbij vooral de constante watertemperatuur een grote invloed heeft op de levensgemeenschap in bronnen. (Ward & Stanford 1979; Williams & Hogg 1988; Glazier 1991). De hoeveelheid macrofauna gegevens uit de noordbron is vooralsnog te klein om te exact bepalen welke invloed de constantheid in milieufactoren heeft op de levensgemeenschap. Om de invloed van deze omgevingsfactoren te bepalen en de levensgemeenschap in deze referentiebron gedetailleerder te bestuderen, is het interessant om de monitoring voort te zetten.

6.4 Toekomst perspectief

De nieuwe bronnen hebben zich de afgelopen twee jaar wat chemische en biologische eigenschappen betreft, enigszins in de goede richting ontwikkeld. De fysische variabelen en de uiterlijke kenmerken van de bronnen en hun directe omgeving voldoen echter nog lang niet aan het streefbeeld. Een volgende vraag is nu of de nieuwe bronnen zich in de toekomst in de gewenste richting zullen ontwikkelen. Op basis van de verkregen geo-hydrologische en ecologische kennis, zullen de bronnen zich in de toekomst naar verwachting als volgt ontwikkelen:

Bij een ongewijzigde hydrologische toestand zal de bospoel uiteindelijke verlanden. De hoge concentratie voedingsstoffen heeft een hoge productie en ophoping van organisch materiaal tot gevolg, waardoor er een verschuiving van een bronpoelkarakter naar een moeraskarakter plaats zal vinden. Vanwege het maaibeheer zal deze moerassige vegetatie vooral uit (ruigte)kruiden, zeggen en grassen bestaan. Wanneer het maaibeheer wordt stopgezet, ontwikkelt zich een moerasbosje met wilgen en elzen. De bron zal net als de waterranonkelpoel in natte herfst- en wintermaanden extra water ontvangen. Mits de diversiteit aan microhabitats behouden blijft, kan deze bron een hoge diversiteit aan soorten bevatten met name in het vroege najaar.

De zuidbron zal op den duur deel uit gaan maken van een elzenbronbos. Dit bostype is veelal rijk gestructureerd en kan een hoge diversiteit aan levensvormen herbergen. Het climaxstadium lijkt waarschijnlijk op een kruising van het elzenbroekbos langs de noordelijke bovenloop en het bronbosje in de onlandbron. Alleen de bronkop van het bronbeekje zal duidelijk te onderscheiden zijn vanwege het hogere debiet zoals in de noordelijke bronnen. Vanwege het lagere debiet zal de zuidbron meer lijken op één van de poeltjes in de onlandbron. Tijdens de successie naar het bronbos zal een aantal processen veranderen; de beschaduwing en de bladinval zullen sterk toenemen, de temperatuurschommelingen en de invloed van neerslag zullen kleiner worden en de pH zal dalen als gevolg van de toename aan organisch materiaal. Als gevolg van deze veranderingen in abiotische omstandigheden zal ook de macrofaunagemeenschap in samenstelling veranderen. Deze zal zich naar verwachting deels ontwikkelen naar een levensgemeenschap die enige gelijkenis vertoont met de noordbron, maar zal waarschijnlijk soortenrijker zijn vanwege de grotere habitatdiversiteit. De levensgemeenschap in de zuidbron zal naar verwachting meer gaan lijken op de levensgemeenschap die nu in de poeltjes van de onlandbron voorkomt. Aangezien de macrofauna in deze poeltjes nog nooit is onderzocht, verdient het de aanbeveling om deze poeltjes biologisch te bemonsteren.

Fig. 77: Het elzenbronbos langs de noordtak, een voorbeeldsituatie voor het zuidelijke broncomplex

Op basis van het bovenstaande wordt duidelijk dat de vegetatie in de omgeving van de bronnen zich zal ontwikkelen in de richting van het gewenste streefbeeld. Hierdoor wordt een gunstige uitgangsituatie gecreëerd voor de ontwikkeling van een typisch bronmilieu. De voeding naar beide bronnen dient echter wel te worden verhoogd om in de constante toevoer van voedselarm grondwater te voorzien en de stroomsnelheid te verhogen. Hiertoe dienen de ontwateringsactiviteiten ten behoeve van de landbouw in het gehele infiltratiegebied te worden beëindigd, om zo de bronnen in een maximale voeding te voorzien. De verbetering van de grondwaterkwaliteit zal nog enkele decennia op zich laten wachten omdat het diepe grondwater in het infiltratiegebied ook verontreinigd is. Omdat het herstel van het grondwatersysteem lange tijd zal duren dienen de debietverhogende maatregelen binnen een zo kort mogelijke termijn te geschieden. De landbouwkundige functie kan overigens behouden blijven mits deze extensief wordt voorgezet, zodat er geen verdere verrijking van het grondwater plaatsvindt. Het herstel van het hydrologische systeem zal niet alleen een gunstige uitwerking hebben op de bronnen, het hele beekdalsysteem zal profiteren van een grotere en constantere aanvoer van grond- en oppervlaktewater. Een eerste initiatief in de goede richting is onlangs genomen met het verzoek tot het dempen van een ontwateringssloot ten westen van de voormalige maïsakker.

Een maatregel die van grote invloed kan zijn op de hydrologie is het verwijderen van het retentiebekken. Het retentiebekken dat tussen de zuidelijke bovenloop en de zuidelijke bronnen ligt, heeft de functie om de piekafvoeren op te vangen en nutriënten te onttrekken aan het water dat afkomstig is van de zuidflank van het beekdal. In Gerven et al. (1997) is aangegeven dat het retentiebekken verwijderd dient te worden zodra de hydrologische situatie enigszins is hersteld. Het stilstaande water in de retentievijver vormt nu namelijk een barrière voor beeksoorten die verder stroomopwaarts naar de bronnen zouden kunnen migreren. In de huidige situatie vormt het retentiebekken ook een belangrijke hydrologische buffer voor de nieuwe bronnen. Het direct koppelen van het zuidelijke bronbeekje aan de zuidelijke bovenloop zou een sterke (terugschrijdende) erosie tot gevolg hebben, waardoor de zuidelijke bronnen zich verder de helling op zouden verplaatsen, omdat vanwege de insnijding in de leemlaag de grondwaterstand hoger wordt aangesneden. Deze wijziging in hydrologische omstandigheden kan resulteren in een storingsvegetatie, die lang stand kan houden en daarmee de successie naar een elzenbronbos lange tijd kan afremmen. Er dient daarom gezocht te worden naar een verbindingsmogelijkheid met een geleidelijke gradiënt tussen bronbeek en bovenloop, waarbij het water toch voldoende stroomt.

6.5 Lange termijn effect: verzuring

Verzuring is de directe of indirecte afname van de buffercapaciteit van de bodem of water die het gevolg is van de toevoer van bepaalde stoffen via de lucht of water en uiteindelijk zal leiden tot een daling in pH (Roos et al. 2000). Dit probleem heeft de afgelopen decennia steeds meer aandacht gekregen vanwege de grootschalige nadelige gevolgen op zowel terrestrische als aquatische ecosystemen.

In de omgeving van Het Springendal vindt er de laatste jaren een hoge depositie plaats van het verzurende NH_x (RIVM 2000). Omdat de preglaciale zandgronden van het Springendal een lage buffercapaciteit hebben (kalkarm en een laag humus- en lutumgehalte), kan verzuring daarom een probleem gaan vormen.

De beperkte invloed die de pH van het bronwater tot nu toe had op de levensgemeenschap kan hierdoor in de toekomst toenemen. In het grondwater van de noordflank van het beekdal (pb41) werd bijvoorbeeld op 4 meter diepte een pH aangetroffen van 4.25 (TNO 1999). Hieruit blijkt dat de verzuring van het (ondiepe) grondwater al geruime tijd aan de gang is. Dieper grondwater heeft vooralsnog minder te lijden van verzuring door de hogere concentraties aan bufferende stoffen. De naaldbossen op de flanken versterken het verzuringsproces deels door de snelle groei en toenemende ionen uitwisseling en deels door het langzaam afbreekbare naaldafval op de bosbodem (Mulder et al. 1990; Friberg et al. 1996; Ormerod et al. 1989). De verzuring van ondiep grondwater is overigens niet beperkt tot de noordelijke bovenloop. In bosbronI, welke vooral ondiep grondwater vanuit de aangrenzende bosgrond ontvangt, werd de laagste gemiddelde pH van 4.8 en een zeer lage buffercapaciteit aangetroffen (alkaliniteit = 0.07 mmol/l).

De noordelijke bronnen die vooral worden gevoed door diep grondwater zullen door de betere buffering minder effecten ondervinden van de verzuring dan de zuidelijke bronnen, die tevens een groot aandeel ondiep grondwater ontvangen. Vooralsnog zijn deze gronden in het zuidelijke infiltratiegebied (op het bosgebied na) matig gebufferd als gevolg van de bekalking als onderdeel voormalige agrarische landgebruik. Door het stopzetten van de bekalking als gevolg van de omzetting van landgebruiksvorm, kan de verzuring meer vat krijgen op de bodem en het bodemwater (Kuiper et al. 1996).

De gevolgen van verzuring op het aquatische ecosystemen kunnen zich op een aantal wijzen manifesteren. Direct door de fysiologie van het organisme aan te tasten (o.a. Ormerod et al. 1987; Hall et al. 1980), indirect door de toename van toxische zware metalen zoals aluminium (bosbrI), lood, mangaan, zink en kwik (o.a. King et al. 1992; Campbell & Stokes 1985; Breemen et al. 1990) en indirect door de voedselbeschikbaarheid te beïnvloeden (o.a. Mackay & Kersey 1985; Chamier 1987; Sutcliffe & Carick 1973). Lagere dichtheden, minder soorten en een veranderde taxonomische samenstelling van de macrofauna gemeenschap kunnen het gevolg zijn (Townsend et al. 1983). Nader onderzoek naar de macrofauna gemeenschap en fysisch-chemische situatie in beide bovenloopjes, bijvoorbeeld door een vergelijkingstudie met de resultaten gevonden door Higler et al. (1981), van Dam et al. (1993) en Aquasense (1998), is nodig om na te gaan of het aquatische systeem onderhevig is aan verzuring.

7. Conclusies en aanbevelingen

Vanwege de klei- en leemlagen in de ondergrond, het kleine infiltratiegebied en de ontwateringssloten in het infiltratiegebied, verplaatst het grondwater zich traag en is de hoeveelheid toestromend grondwater naar de nieuwe bronnen gering. De bospoel en zuidbron waren permanent watervoerend, maar het debiet was te laag om voor voldoende stroming en diepte in de bronnen te zorgen. De waterranonkelpoel was een tijdelijke bron die water bevatte vanaf het najaar tot en met het voorjaar. Het dunne laagje water in de zuidbron en het stilstaande water in de bospoel en de waterranonkelpoel werden daardoor sterk beïnvloed door omgevingsfactoren zoals de instraling van zonlicht en de luchttemperatuur. Dit had in de zomermaanden grote fluctuaties in watertemperatuur en zuurstofconcentraties tot gevolg. De chemische eigenschappen van het bronwater vertoonden een constanter verloop in de zomermaanden vanwege de lage, maar constante aanvoer van dieper grondwater. In de wintermaanden traden echter relatief grote, doch tijdelijke fluctuaties op in de chemische samenstelling. Deze veranderingen waren gerelateerd aan de incidentele toestroming van ondiep, recentelijk geïnfiltreerd grondwater. Van de kenmerkende constantheid in abiotische omstandigheden (temperatuur, zuurstof, debiet) is dus vooralsnog geen sprake in de nieuwe bronnen. In het zandige infiltratiegebied van de noordelijke bronnen kan het water diep percoleren met een relatief constante snelheid. Deze hydro-geologische uitgangssituatie heeft tot gevolg dat deze bronnen vooral diep grondwater ontvangen, een groot, constant debiet en hoge stroomsnelheid hebben en de invloed van ondiepe stroombanen gering is. Deze eigenschappen in combinatie met de beschaduwing zorgen ervoor dat deze bronnen minder worden beïnvloed door hun omgeving. De fysisch-chemische eigenschappen van deze bronnen vertonen daardoor wel de kenmerkende constantheid van fysisch-chemische factoren in de tijd.

De combinatie van het verspreidingsvermogen, de levenscyclus en de ecologische kenmerken van de soorten zijn bepalend geweest voor de macrofaunasamenstelling tijdens het kolonisatieproces in de nieuwe bronnen. Hierbij bepaalde het verspreidingsvermogen of, en hoe snel, een soort de nieuwe bronnen kon bereiken. De levenscyclus bepaalde in de welke periode van het jaar de bronnen gekoloniseerd konden worden door de soorten. Daarnaast had de levenscyclus invloed op de aanwezigheid van een soort en de abundanties ervan in de tijd. De ecologische kenmerken van de macrofauna bepaalden tenslotte of de soort zich kon vestigen in de aanwezige (micro)habitat(s) en de bijbehorende voedselbeschikbaarheid. De belangrijkste milieufactoren die het kolonisatieproces beïnvloedden waren de habitat (substraat) en de watertemperatuur. De habitat en de voedselbeschikbaarheid speelde vooral in de eerste zes maanden van de kolonisatie een belangrijke rol bij de structurering van de levensgemeenschap. Vanaf september 1999 speelde de watertemperatuur (=seizoensdynamiek) een belangrijke rol, die parallel liep met de levenscycli van de macrofauna. De overige milieufactoren stroming, EGV, pH en zuurstof bleken minder direct van invloed te zijn op de levensgemeenschap in de tijd. De onderlinge verschillen in habitat tussen de bronnen zoals in stroming, EGV en de aanwezigheid van vegetatie, leidden echter wel tot een ruimtelijke variatie in de macrofaunasamenstelling en de bijbehorende abundanties.

Twee jaar na de herinrichtingsmaatregelen hebben de nieuwe bronnen zich in biologisch en chemisch opzicht enigszins in de richting van een bronstreefbeeld ontwikkeld. De meeste eigenschappen zoals stroomsnelheid, nutriëntengehalte, constantheid in milieufactoren, landschappelijke kenmerken en de levensgemeenschap voldoen echter nog lang niet aan de streefwaarden/soorten behorende bij een voedselarme helocrene bron met een constant debiet. De ontwikkeling van een elzenbronbos zal een gunstige uitgangssituatie creëren voor een constant milieu. De voeding naar de bronnen dient echter wel met aanvullende hydrologische maatregelen te worden verhoogd, om daarmee een constant debiet en een hoge stroomsnelheid te waarborgen. De ontwikkeling van dit streefbeeld zal naar verwachting nog enkele decennia in beslag nemen, omdat het herstel van grondwatersystemen en de ontwikkeling van elzenbronbos lange tijd duurt.

Aanbevelingen vervolgstudies

De aangetroffen verschillen tussen het ondiepe grondwater en de bronnen zorgen voor enige onduidelijkheid omtrent de herkomst van het bronwater. Omdat de grondwatermonsters drie jaar geleden zijn genomen en inmiddels de hydro-chemische situatie veranderd kan zijn, is het de vraag of deze monsters nog wel representatief zijn. Omdat de herkomst van het bronwater een belangrijke conditionele factor vormt voor de fysisch-chemische eigenschappen van het bronwater verdient het de aanbeveling om een vergelijkend onderzoek te verrichten naar de grond- en bronwatersamenstelling in en nabij de noordbron, bospoel en zuidbron. Bij de bemonstering is het belangrijk dat grond- en bronwatermonsters op dezelfde dag worden genomen, om mogelijke veranderingen in samenstelling als gevolg van neerslag bijvoorbeeld, te voorkomen.

De bevinden met betrekking tot de belangrijkste factoren waarmee het kolonisatieproces correleert (mobiliteit, levenscyclus en ecologische kenmerken) zijn vooral gebaseerd op de meest voorkomende soorten en families en resultaten uit andere onderzoeken. Deze resultaten kunnen verder worden onderbouwd met gedetailleerdere overzichten van de mobiliteit (goede, matig, slechte vlieger bijvoorbeeld), periode van vliegend/larvaal stadium en het aantal generaties per jaar (voltinisme). Deze overzichten kunnen de periode van aantreffen en de abundanties van de soorten gedetailleerder verklaren. Hierdoor wordt het makkelijker om bepaalde patronen, zoals het verdwijnen van vele Coleoptera en Heteroptera soorten of verschijnen van Trichopteren en Plecopteren in de wintermaanden, te verklaren.

In aanvulling op het reguliere monitoringsprogramma verdient het de voorkeur om ook een aantal poeltjes in de onlandbron en het retentiebekken tenminste eenmaal te bemonsteren. De biologische gegevens uit de onlandbron geven een mogelijke indicatie van de levensgemeenschap in de toekomst en de gegevens uit het retentiebekken bieden de mogelijkheid na te gaan in hoeverre deze als kolonisatiebron voor beide nieuwe bronnen heeft gediend.

Om na te gaan of het bovenstroomse gebied van het Springendal onderhevig is aan verzuring of daar in de nabije toekomst mee te maken zal krijgen, dient nader onderzoek te worden verricht naar het verzuringsproces. Dit proces kan namelijk een grote invloed uitoefenen op de levensgemeenschap van zowel de bronnen als de

bovenlopen van de beek. Een vergelijking van recente biologische en fysisch-chemische data met de gegevens die in de afgelopen 30 jaar zijn verzameld, bieden waarschijnlijk een goede eerste indicatie.

Tenslotte verdient het de aanbeveling om een studie te verrichten naar hydrologische situatie rondom het retentiebekken in verband met de mogelijke hydrologische verstoring bij het verwijderen ervan. Een dergelijke studie kan aangeven wat de beste oplossingsrichtingen zijn, waardoor de mate van verstoring zo klein mogelijk kan blijven.

Literatuurlijst

Appelo C.A.J., 1988. Beïnvloeding van de waterkwaliteit in het Hierdensche Beek gebied (N.W. Veluwe). Vrije Universiteit Amsterdam

Aquasense 1998. Huidige biologische en fysisch-chemische toestand van bronnen in Noordoost-Twente. In opdracht van Waterschap Regge en Dinkel. Rapportnr: 98.0826

Arends B., 2000. Kolonisatie van macrofauna in het brongebied van de Springendalse beek in natuurreservaat het "Springendal". Stagerapport Hogeschool IJsselland in opdracht van Alterra, Wageningen.

Barnes L.E., 1983. The colonization of ball-clay ponds by macroinvertebrates and macrophytes. Freshwater Biology 13; 561-578

Bassie M., J. Haan, C. Poelarends & K. Rook, 2000. Bronnen in het Springendal; Projectverslag fysisch en chemisch onderzoek aan bronnen in Het Springendal, gekoppeld aan gegevens uit eerder macrofaunaonderzoek. Projectverslag Hogeschool IJsselland in opdracht van Alterra, Wageningen.

Berns P., 2000. Kolonisatie van de macrofauna in een recent gevormd brongebied; Monitoringsonderzoek naar de verspreiding, handhaving en voortplanting van aquatische macrofauna in natuurreservaat "Het Springendal". Afstudeerrapport Hogeschool IJsselland in opdracht van Alterra Wageningen

Blackwood M.A., S.M. Hall & L.C. Ferrington, 1995. Emergence of Chironomidae from Springs in the Central High Plains Region of the United States. J. Kansas Ent. Soc. 68 (2) suppl., pp 132-151

Boschloo D.J. & A.P. Stolk, 1999. Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling, Meetresultaten 1997, RIVM Rapport 723101049

Breemen N. van & J.M. Verstraten, 1990. Dutch Priority Programme on acidification: Soil acidification/N cycling, Thematic Report, RIVM,

Brehm J. & M.P.D. Meijering, 1982. Fliessgewasserkunde. Biologische arbeitsbucher 36. Heidelberg.

Campbell P.G.C. & P.M. Stokes, 1985. Acidification and toxicity of metals to aquatic biota. Can. J. Fish. Aquat. Sci, 42; 2034-49

Chamier A.C., 1987. Effect of pH on microbial degradation of leaf litter in seven streams of the English Lake District, Oecologia 71; 491-500

Dam H. van, A. Mertens & L.M. Janmaat, 1993. De invloed van atmosferische depositie op diatomeeën en chemische samenstelling van het water in sprengen, beken en bronnen. IBN-rapport 53. IBN-DLO, Wageningen

Davids C., 1979. De watermijten van Nederland; Levenswijze en voorkomen. Wetenschappelijke mededeling KNNV nr 132

Davies T.D., M. Tranter, P.J. Wigington, J.R. Eshleman & K.N. Eshleman, 1992. Acidic episodes in surface waters in Europe. J. Hydrol 132, 25-69

Drost M.B.P., H.P.J.J. Cuppen, E.J. van Nieukerken & M. Schreijer, 1992. De waterkevers van Nederland. Uitgeverij KNNV, Utrecht, 280 pp.

Elliot J.M., 1996. Britisch freshwater Megaloptera and Neuroptera; A key with ecological notes. FBA Scientific Publication Nr 54

Elliot J.M., U.H. Humpesch & T.T. Macan, 1988. Larvae of the British Ephemeroptera. FBA Scientific Publication Nr 49

Everdingen R. van, 1991. Physical, chemical, and distributional aspects of Canadian springs, p7-28. *In* D.D. Williams & H.V. Danks [ed.] Arthropods of springs, with particular reference to Canada. Mem. Ent. Soc. Can. 155

Eysink F., 1997. De aanleg van het retentibeeken in 'De Strengen' als aanzet tot een herstelplan van de Springendalse beek en beekdalen. Groeiplaatsen van Veldrus en Klimopwaterranonkel 'schuiven' in de bovenloop van de Springendalse beek. Notitie Staatsbosbeheer Twente-Vechtstreek

Ferrington L.C., R.G. Kavanaugh, F.J. Schmidt, & J.L. Kavanaugh, 1995. Habitat separation among Chironomidae (Diptera) in Big Springs. J. Kansas Ent. Soc. 68 (2) suppl., pp 152-165

Gerven M.W. van, M.H. Jalink, J.A. Schot & P.F.M. Verdonschot, 1997. Maatregelen voor natuurherstel in het Springendal. KIWA-rapport KOA 97.049, Nieuwegein

Giller P.S. & B. Malmqvist, 1998. The biology of streams and rivers, Biology of Habitats series. Oxford University Press

Geyskes D.C. & J. van Tol, 1983. De libellen van Nederland. KNNV Hoogwoud

Glazier D.S., 1991. The fauna of North American temperate cold springs: patterns and hypotheses. Freshwater Biology 26: 527-542

Gray L.J. & S.G. Fisher, 1981. Postflood recolonization pathways of macroinvertebrates in a lowland Sonoran Desert stream. Am. Midl. Nat. 106:249-257

Gresens S.E., 1997. Interactive effects of diet and thermal regime of growth of the midge *Pseudochironomus richardsoni* Malloch. Freshwater Biology 38:365-373

Hagstrum D.W. & W.R. Hagstrum, 1970. A simple device for producing fluctuating temperatures, with an evaluation of the ecological significance of fluctuating temperatures. Ann. Ent. Soc. America 63: 1385-1389

Hall R.J., G.E. Likens, S.B. Fiance & G.R. Hendry, 1980. Experimental acidification of a stream in the Hubbard Brook experimental forest, New Hampshire. Ecology 61; 976-989

Hart, D.D., 1983. The importance of competitive interactions within stream populations and communities p99-136. *In* J.R. Barnes and G.W. Minshall [ed.] Stream ecology: application and testing of general ecological theory. Plenum, New York

Hendrix W.P.A.M., 1990. Bronnen in Zuid-Limburg. Publ. Natuurhist. Gen. Limburg XXXVIII/1

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

Houba V.J.G., E.J.M. Temminghof, G.A. Gaikhorst & W.V. Vark, 1999. Soil Analysis Procedures, Extraction with 0.01 M CaCl2. Syllabus Soil and Plant Analysis. February 1999.

Hynes H.B.N., 1970. The Ecology of Running Waters. Liverpool University Press

Jalink M.H., C.G.E.M. van Beek & M.W. van Gerven, 1997. Inrichting maïsakker Springendal; verslag van een brainstorm. KIWA rapport KOA 97.124, KIWA Nieuwegein.

Jansen P.C., 1988. Atmosferische depositie en de gevolgen voor de waterkwaliteit van het grondwater onder een naald- en loofbos in de Gelderse Vallei. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Nota 1862

Jongman R.H., C.J.F. ter Braak & O. van Tongeren, 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc Wageningen.

Kahl J.S., S.A. Norton, T.A. Haines, E.A. Rochette, R.H. Heath & S.C. Nodvin, 1992. Mechanisms of episodic acidification in low-order streams in Maine, USA. Environmental Pollution 78; 37-44

Kamp G. van der, 1995. The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. J. Kansas Ent. Soc.: 68(2) suppl. pp 4-17

King S.O., C.E. Mach & P.L. Brezonik, 1992. Changes in trace metal concentrations in lake water and biota during experimental acidification of Little Rock Lake, Wisconsin, USA, Environmental Pollution 78; 9-18

KNMI & RIVM, 1985. Chemische samenstelling van de neerslag over Nederland, jaarrapport 1985, RIVM Rapport 228703001

KNMI, 1990 t/m 2000. Maandoverzichten neerslag en verdamping, KNMI De Bilt

Kuiper R., P. Smeets & T. Wagenveld, 1996. Chemische tijdbommen onder Nederland; Ruimtelijke ordening en bodemverontreiniging in het landelijk gebied, Studierapport, Rijksplanologische Dienst, Den Haag

Layton R.J. & J.R. Voshell, 1991. Colonization of new experimental ponds by bentic macroinvertebrates. Environmental Entomology 20:1 110-117

Lindegaard C., 1995. Chironomidae (Diptera) of European cold springs and factors influencing their distribution. J. Kansas Ent. Soc. 68 (2) suppl., pp 108-131

Maas F.M., 1959. Bronnen, bronbeken en bronbossen van Nederland in het bijzonder die van de Veluwezoom; een plantensociologische en oecologische studie. Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen 59 (12), 1-166

Mackay R.J. 1992. Colonization by Lotic Macroinvertebrates: A Review of Processes and Patterns. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 49; 617-628

Mackay R.J. & K.E. Kersey, 1985. A preliminary study of aquatic insect communities and leaf composition in acid streams near Dorset Ontario. Hydrobiologia 122: 3-11

Malmqvist B., S. Rundle, C. Bronmark & A. Erlandsson, 1991. Invertebrate colonization of a new, man-made stream in southern Sweden. Freshwater Biology 26: 307-324

McAuliffe J.R., 1983. Competition, colonization patterns, and disturbance in stream bentic communities, p137-155. *In* J.R. Barnes and G.W. Minshall [ed.] Stream ecology: application and testing of general ecological theory. Plenum, New York.

McElravy E.P., G.A. Lamberti & V.H. Resh, 1989. Year to year variation in the aquatic macroinvertebrate fauna of a northern California stream. J. N. Am. Benthol. Soc. 8:51-63

Meinardi C.R., 1974. De chemische samenstelling van het grondwater van de Veluwe. R.I.D.-mededeling 74-4. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening

Milner A.M., 1987. Colonization and ecological development in new streams in Glacier Bay National Park, Alaska. Freshwater Biology 18: 53-70

Minshall G.W., 1984. Aquatic insect-substratum relationships, p358-400. *In* V.H. Resh and D.M. Rosenberg [ed] The ecology of aquatic insects. Praeger Publishers, New York.

Mulder J, C.G.E.M. van Beek & H.A.L. Dierx, 1990. Acidification of groundwater in forested sandy deposits in the Netherlands, due to acid atmospheric depostion. KIWA, Rijswijk

Nieser N, 1982. De Nederlandse water- en oppervlakte wantsen (Heteroptera; Nepomorpha en Gerromorpha. Wetenschappelijke medeling KNNV nr 155

Odum E.P., 1971. Fundamentals of Ecology. W.B. Saunders Company. Philadelphia

Ormerod S.J., K.R. Wade & A.S. Gee, 1987. Macro-floral assemblages in upland Welsh streams in relation to acidity and their importance to invertebrates. Freshwater Biology 18: 545-557

Oude Egbrink B. & J. Notenboom, 1982. Macrofaunagemeenschappen in bronnen; Basisrapport Project E.K.O.O. nr 3 en 4. Verslag LH/NB nr 665, Wageningen

Ridder R.P. de, 1988. Macrofaunagemeenschappen in poelen. Basisrapport Project E.K.O.O. nr. 23. Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Leersum.

RIVM, 2000. Luchtkwaliteit, Jaaroverzicht 1998 en 1999. RIVM, Bilthoven

Roberts J., 1983. Forest transpiration: a conservative hydrological process? J. Hydrol. 66:133-141

Roos R., R. Bekker, J. 't Hart, 2000. Het milieu van de natuur. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht

Schneider D.W. & T.M. Frost, 1996. Habitat duration and community structure in temporary ponds. J. N. Am. Benthol. Soc. 15(1): 64-86

Shaw D.W. & G.W. Minshall, 1980. Colonization of an introduced substrate by stream macroinvertebrates. Oikos 34:259-271

Sheldon A.L, 1984. Colonization dynamics of aquatic insects, p401-429. *In* V.H. Resh and D.M. Rosenberg [ed.] The ecology of aquatic insects. Praeger Publishers New York.

Street M. & G. Titmus, 1979. The colonisation of experimental ponds by Chironomidae (Diptera). Aquatic Insects 1:233-44

Stumm W. & J.J. Morgan, 1981. Aquatic Chemistry; an introduction emphazising chemical equilibra in natural waters. Wiley Publishers, New York

Sutcliffe D.W. & T.R. Carrick, 1973. Studies on mountain streams in the English Lake District, 1; pH, Calcium and the distribution of invertebrates in the River Duddon. Freshwater Biology 3: 437-462

Sweeney B.W. 1984. Factors influencing life-history patterns of aquatic insects, p56-100. *In* V.H. Resh and D.M. Rosenberg [ed.] The ecology of aquatic insects. Praeger Publishers, New York.

Sweeney B.W. & R.L. Vannote, 1984. Influence of food quality and temperature on life-history characteristics of the parthenogenetic mayfly, *Cloeon triangulifer.* Freshwater Biology 14: 621-630

Thorup J., 1963. Growth and Life-cycle of Invertebrates from Danish Springs. Hydrobiologica vol. XXII p. 55-84

TNO, 1999. Ecohydrologische Analyse van de Springendalse Beek. TNO-rapport, NITG 99-168-B, Delft

Townsend C.R., A.G. Hildrew & J. Francis, 1983. Community structure in some southern English streams: the influence of physicochemical factors. Freshwater Biology 13: 521-544

Verberk W.C.E.P., 1999. Kolonisatie door aquatische macro-invertebraten: aanvoer van soorten en geschiktheid van habitat in een bronbeeksysteem. Stageverslag Katholieke Universiteit Nijmegen in opdracht van Alterra, Wageningen

Verdonschot, P.F.M, 1990. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Het netwerk van cenotypen als instrument voor ecologische beheer, inrichting en beoordeling van oppervlaktewateren. Provincie Overijssel, Rijksinstituut voor natuurbeheer, Leersum

Verdonschot, P.F.M., 2000. Bronnen; Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren: achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Alterra Wageningen, Expertise centrum LNV.

Voshell J.R. & G.M. Simmons, 1978. The Odonata of a new reservoir in the southeastern United States. Odonatologica 7:67-76

Wallace J.B., 1990. Recovery of lotic macroinvertebrate communities from disturbance. Environmental Management Vol. 14, No 5. Pp. 605-620

Wallace J.B., A.D. Huryn & G.J. Lughthart 1991. Colonization of a headwater stream during three years of seasonal insecticidal applications. Hydrobiologia 211 (1); 65-76

Ward J.V. 1992. Aquatic Insect Ecology. 1. Biology and Habitat. John Wiley & Sons, New York

Ward J.V. & J.A. Stanford, 1982. Thermal Responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. Ann. Rev. Entomol. 27:97-117

Webb D.W., M.J. Wetzel, P.D. Reed, L.R. Phillippe & T.C. Young, 1998. The macroinvertebrate biodiversity, water quality, and hydrogeology of ten karst springs in the Salem Plateau Section of Illinois, USA. p39-48. *In* L. Botosaneanu [ed.] Studies in Crenobiology; the biology of springs and springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden

Williams D.D., 1980. Temporal patterns in recolonization of stream benthos. Arch. Hydrobiol. 90 (1); 56-74

Williams D.D., 1991. Life history traits of aquatic arthropods in springs, p63-87. *In* D.D. Williams & H.V. Danks [ed.] Arthropods of springs, with particular reference to Canada, Mem. Ent. Soc. Can. 155

Williams D.D. & I.D. Hogg, 1988. Ecology and production of invertebrates in a Canadian coldwater spring-springbrook system. Holartic Ecology 11: 41-54

Williams D.D. & H.B.N. Hynes, 1976. Stream habitat selection by aerially colonizing invertebrates. Can. J. Zool. 54: 685-693

Williams D.D. & H.B.N. Hynes, 1976. Bentic community development in a new stream. Can. J. Zool. 55: 1071-1076

Wirdum G. van, 1991. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Datawyse, Maastricht

BIJLAGE 1: Beschrijving bronnen

Bosbron (bosbrI & bosbrII)
Deze bron ligt in het bos en is daardoor geheel beschaduwd. De bron is permanent watervoerend en voorziet één van zijstroompjes van de zuidelijke bovenloop van water. De oppervlakte bedraagt ongeveer 15 m^2, waarvan het grootste gedeelte wordt ingenomen door een dikke organische sliblaag die met mos is begroeid. In deze laag ontstaan kleine stroompjes die uiteindelijk één hoofdstroompje vormen. De monsterpunten bevinden zich in de dalvormige verlaging net boven het voornaamste uittreedpunt (bosbrI) en nabij het uitstroompunt (bosbrII).

Bospoel (bosp)
De bospoel is aan de voet van de maïsakker ontstaan na de graafwerkzaamheden. De bron is het hele jaar watervoerend. Er vindt echter geen afstroming plaats zoals bij de andere bronnen. De poel is ongeveer 10 m^2 groot en varieert in diepte van ongeveer 3 tot 10 cm. De bron is voor het grootste gedeelte begroeid met een kruidige vegetatie en waterplanten. De oppervlakte open water bedraagt ongeveer 1 m^2, maar is vanwege de begroeiing kleiner in het groeiseizoen. Op de bodem ligt een 5 cm dikke sliblaag. De omgeving van de poel wordt gemaaid waardoor geen opslag plaatsvindt en de poel is daardoor geheel onbeschaduwd. Tijdens dit onderzoek is er bemonsterd in het open water gedeelte.

Onlandbron (onlbr)
Deze bron is gelegen in een elzenbronbosje. Dit bosje beslaat ongeveer 1500 m^2 en heeft een ondergroei van een ruigte en mosvegetatie. Het monsterpunt is gelegen in een van de kleine open plasjes (1 m^2) die verspreid door het bosje liggen.

Waterranonkelpoel (wtrranpoel)
De waterranonkelpoel was net als de bospoel gelegen aan de voet van de voormalige maïsakker. Het betreft hier een temporaire poel die alleen watervoerend was vanaf september 1999 tot mei 2000. Daarna is de poel drooggevallen en volledig overgroeid met gras. In de omgeving van de poel trad in het najaar van 2000 wel weer water uit.

Noordbron (nbr)
Deze beschaduwde bron is ongeveer 10 m^2 groot en is gelegen in het veenpakket langs de beek temidden in een elzenbroekbos. Er is een dik, met waterverzadigd bladpakket aanwezig (ongeveer 6 cm), bestaande uit zowel fijn als grof organisch materiaal en de open waterlaag varieert van een paar mm tot ongeveer 3 cm. De bron is permanent watervoerend. Het bemonsteringspunt lag boven de uitstroomopening van de bron naar de beek.

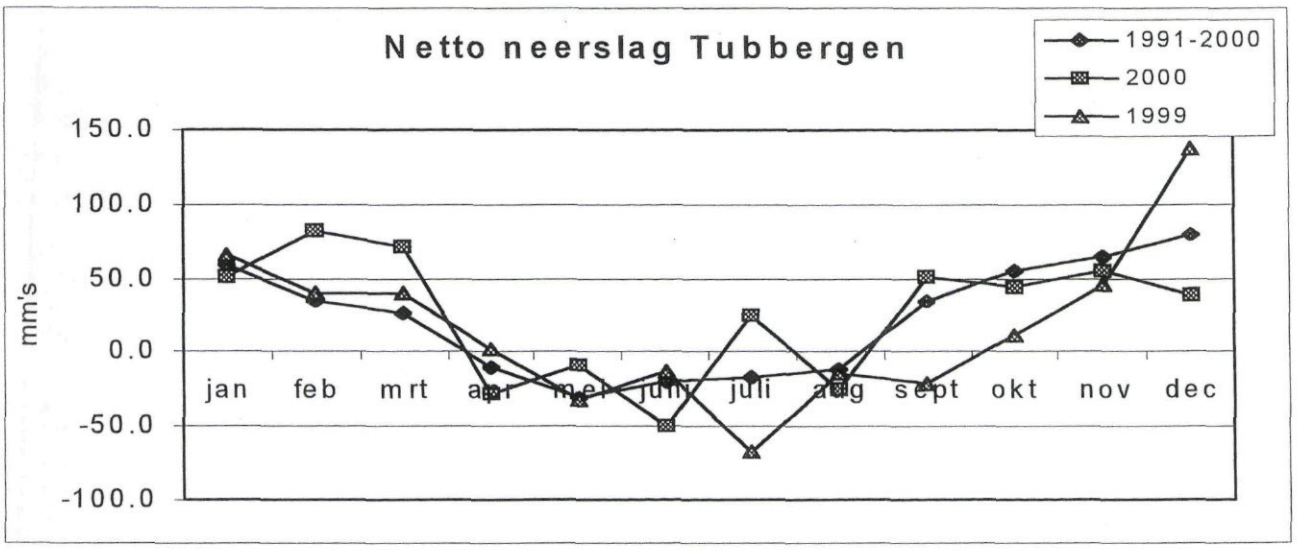
NoordbronII (nbrII)
Deze bron vormt de oorsprong van de noordelijke bovenloop. Deze bron is ongeveer 1 m^2 groot en is gelegen in een zandig pakket. Op basis van visuele waarnemingen kan men aannemen dat de afvoer van deze bron groter is dan die van de noordbron. Er is tevens een waterverzadigd bladpakket afwezig met een gedeelte zand vanwege de stroming. De omgeving van deze bron wordt overheerst door beuken en eiken, met een schaarse ondergroei. Het bemonsterde punt lag net na het uitstromingspunt van de bron.

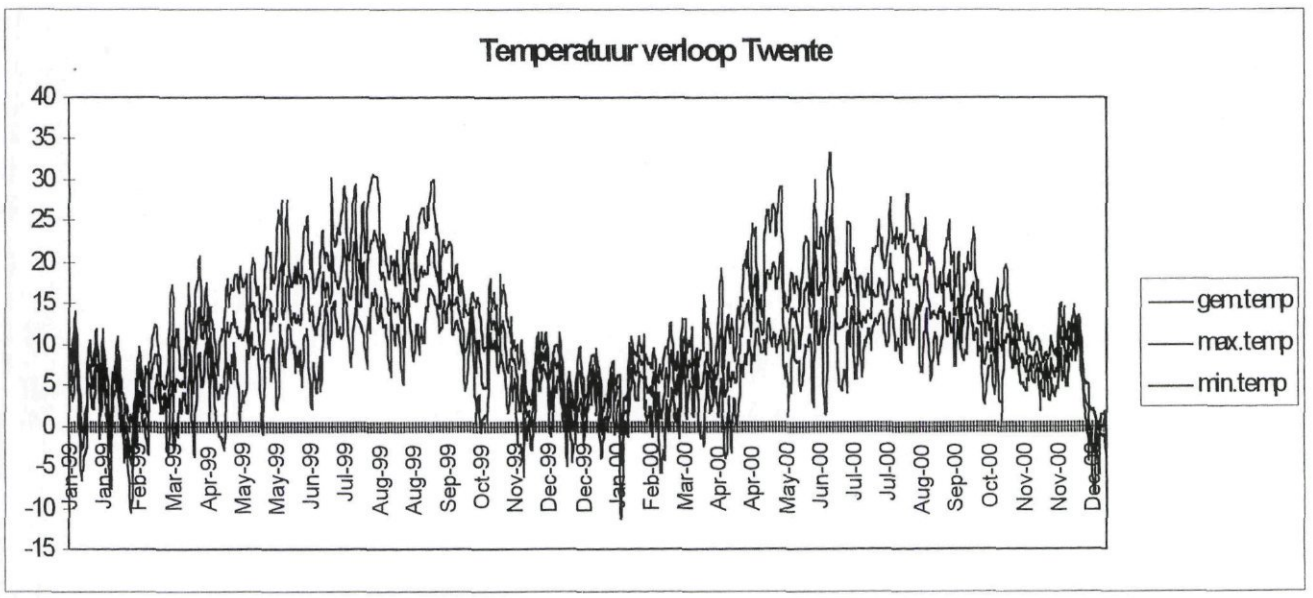
Noordtak (ntak)
Dit punt is enkele tientallen meters stroomafwaarts gelegen van noordbron II en het monsterpunt ligt net achter een verbreding in de noordelijke bovenloop waar op een aantal punten grondwater uittreedt langs de beek. Deze verbreding (5 m) is geheel begroeid met Kleine Watereppe, waar de beek doorheen kronkelt. Het bemonsteringspunt is half beschaduwd met beuken en berken aan weerszijden van de beek. De noordtak is hier 1 m breed, ongeveer 15 cm diep en heeft een stroomsnelheid van 0.35 m/s.

Zuidbron (zbr)
In de zuidbron treedt het water uit over een groot oppervlak, die niet duidelijk te begrenzen is vanwege de begroeiing. Het regelmatig bemonsterde punt is bijna vrij van begroeiing (ongeveer 2 m^2) en wordt omringd door met name Pitrus. De bron heeft een vrije waterlaag variërend van enkele millimeters tot ongeveer 1.5 cm. Daaronder bevindt zich een laag zeer fijn, zwevend, organisch materiaal van ongeveer 3 cm dik. Deze laag heeft een roodbruine kleur, welke wordt veroorzaakt door ijzeroxiden. In het water is enige algengroei aanwezig. De bron is permanent watervoerend en voorziet tezamen met een aantal andere kleine bronstroompjes het bronbeekje (ZBE) van water. In de omgeving van de zuidbron is veel elzen en wilgenopslag te vinden, welke naar verwachting binnen enkele jaren het beeld zullen bepalen.

ZuidbronII (zbrII)
Zuidbron II is de meest zuidelijke bron en is gesitueerd nabij de oorsprong van de zuidelijke bovenloop. De bron is permanent watervoerend en ontvangt daarnaast afwateringswater van nabij gelegen landbouwgronden. De 20 m^2 grote bron is geheel overgroeid met een grasmat van kweek, waaronder ongeveer 30 cm water staat. Het water heeft een bruine kleur en een sterke H_2S geur.

BIJLAGE 2: Neerslagoverschot en luchttemperatuur





BIJLAGE 3: Jaaroverzicht fysisch-chemische eigenschappen bronwater
(Ruwe gegevens opgenomen in bijlage 3a)

		ntak	nbr	zbr	bosp	bosbrl	bosbrll	wtrranpoel
pH	Gem.	5.8	5.9	6.9	6.7	4.8	6.0	6.8
	Med.	5.9	6.0	6.9	6.5	4.8	6.2	6.8
	Min.	5.6	5.2	5.6	5.6	4.4	5.5	6.4
	Max.	6.0	6.2	9.4	8.1	5.2	6.4	7.5
	St.dev.	0.2	0.3	0.8	0.6	0.3	0.4	0.4
EGV	Gem.	301.0	289.0	156.1	344.5	255.0	289.0	248.0
	Med.	304.0	301.0	145.9	367.0	250.0	292.0	247.0
	Min.	288.0	225.0	106.0	210.0	243.0	280.0	183.0
	Max.	310.0	311.0	281.0	396.0	277.0	296.0	338.0
	St.dev.	9.0	27.0	41.6	52.5	13.0	7.0	58.4
O2	Gem.	8.7	6.5	9.5	10.0	7.7	8.6	7.4
	Med.	8.5	5.6	9.4	10.9	7.0	7.9	6.6
	Min.	6.7	4.1	3.2	2.0	6.7	5.8	5.1
	Max.	12.8	12.3	19.6	17.5	11.2	13.1	10.1
	St.dev.	2.0	2.6	4.5	4.0	1.7	2.9	2.4
O2 %	Gem.	77.2	67.6	89.4	97.3	71.0	73.6	83.7
	Med.	74.7	57.0	88.4	99.5	63.9	71.0	83.4
	Min.	59.5	39.0	30.9	22.3	59.6	55.2	72.0
	Max.	107.0	165.0	201.0	152.0	90.7	109.0	95.6
	St.dev.	15.4	38.8	42.9	32.5	13.6	21.0	11.8
Watertemp	Gem.	9.5	9.7	12.4	12.2	7.7	8.7	12.5
	Med.	9.5	10.1	10.8	10.2	7.8	10.2	10.4
	Min.	7.9	5.4	3.0	2.3	4.4	4.6	7.2
	Max.	11.3	14.6	25.4	23.9	11.1	13.8	18.2
	St.dev.	1.2	2.9	6.5	6.5	2.6	4.0	5.1
Na (mg/l)	Gem.	17.4	16.4	14.9	12.6	11.9	13.9	
	Med.	17.6	15.5	14.0	13.2	11.4	12.2	
	Min.	15.1	10.0	7.6	6.5	11.3	10.9	
	Max.	19.4	26.7	23.3	16.9	13.5	20.3	
	St.dev.	1.3	4.3	4.3	2.9	0.9	4.3	
K (mg/l)	Gem.	5.0	5.3	7.1	7.5	6.5	8.0	
	Med.	4.7	5.3	7.0	5.8	6.2	6.6	
	Min.	4.4	4.7	3.5	3.4	6.0	6.0	
	Max.	6.5	5.6	11.2	19.7	7.7	12.7	
	St.dev.	0.7	0.3	2.5	4.6	0.7	3.2	
Mg (mg/l)	Gem.	6.5	7.8	2.1	9.2	6.2	7.8	
	Med.	6.8	8.1	1.8	9.9	6.0	7.0	
	Min.	5.7	4.5	1.5	5.4	5.6	6.6	
	Max.	7.0	9.1	3.9	11.3	7.5	10.9	
	St.dev.	0.5	1.3	0.8	1.8	0.7	2.0	
Ca (mg/l)	Gem.	19.6	19.3	7.1	27.7	14.1	21.8	
	Med.	20.6	19.6	6.4	29.1	13.1	20.3	
	Min.	14.9	11.5	5.1	19.3	12.8	19.1	
	Max.	21.7	25.7	10.9	31.7	19.1	27.3	
	St.dev.	2.3	3.6	2.1	3.8	2.5	3.7	
HCO3 (mg/l)	Gem.	14.0	20.3	22.2	23.5	4.5	12.2	
	Med.	14.6	20.4	24.4	22.0	4.0	12.5	
	Min.	7.9	17.0	16.0	17.1	3.7	9.8	
	Max.	15.9	25.6	27.0	36.0	6.6	14.0	
	St.dev.	2.5	2.8	4.2	5.9	1.2	1.9	

Cl (mg/l)	Gem.	25.8	30.9	20.2	20.2	21.1	17.5
	Med.	26.7	32.2	21.7	21.2	20.9	19.7
	Min.	21.7	20.1	12.1	10.0	19.1	9.2
	Max.	28.7	33.7	23.5	26.7	22.9	21.6
	St.dev.	2.5	4.1	4.1	4.8	1.2	5.6
S (mg/l)	Gem.	8.6	8.3	6.1	10.6	11.1	18.3
	Med.	9.0	8.5	6.4	11.4	10.6	16.6
	Min.	6.2	6.1	2.5	5.4	10.2	15.3
	Max.	9.3	9.1	8.4	12.9	14.3	24.7
	St.dev.	1.0	0.9	1.8	2.4	1.6	4.3
Nts (mg/l)	Gem.	14.3	11.6	0.8	19.7	11.3	10.6
	Med.	14.6	12.2	0.7	20.0	11.4	10.2
	Min.	12.9	6.1	0.5	13.6	9.8	8.9
	Max.	15.4	12.9	1.7	25.8	12.7	13.1
	St.dev.	0.9	2.3	0.4	3.5	1.0	1.9
N-NO3 (mg/l)	Gem.	14.53	11.15	0.05	17.21	11.13	10.46
	Med.	14.74	11.76	0.02	19.27	11.12	10.17
	Min.	12.85	6.15	0.00	8.80	9.85	8.90
	Max.	15.27	12.69	0.17	20.87	12.37	12.58
	St.dev.	0.80	2.09	0.07	4.24	0.84	1.60
N-NH4 (mg/l)	Gem.	0.03	0.08	0.20	0.13	0.02	0.03
	Med.	0.00	0.06	0.08	0.05	0.02	0.00
	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	0.15	0.30	1.18	0.73	0.04	0.11
	St.dev.	0.05	0.09	0.36	0.23	0.02	0.06
P-PO4 (mg/l)	Gem.	0.01	0.04	0.03	0.06	0.00	0.00
	Med.	0.01	0.02	0.02	0.06	0.00	0.00
	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	0.03	0.20	0.11	0.12	0.00	0.00
	St.dev.	0.01	0.06	0.04	0.05	0.00	0.00
Al (mg/l)	Gem.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.37	0.0
	Med.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.57	0.0
	Min.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.29	0.0
	Max.	0.0	0.0	0.0	0.0	2.30	0.0
	St.dev.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.62	0.0
Fe (mg/l)	Gem.	0.00	0.13	1.06	0.02	0.00	0.00
	Med.	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max.	0.00	1.21	5.82	0.12	0.01	0.00
	St.dev.	0.00	0.38	1.87	0.04	0.00	0.00
Mn (mg/l)	Gem.	0.03	0.0	0.28	0.21	0.16	0.16
	Med.						
	Min.						
	Max.						
	St.dev.						
Cu (mg/l)	Gem.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Med.						
	Min.						
	Max.						
	St.dev.						
Zn (mg/l)	Gem.	0.0	0.01	0.0	0.0	0.05	0.02
	Med.						
	Min.						
	Max.						
	St.dev.						

Datum	pH	EGV	O2	O2	tempwater	templucht	HCO3	Cl	N03-N	NH4-N	Nts	P04-P	Na	Mg	S	K	Ca	Fe	Al	Zn	Mn
		µS/cm	mg/l	%	C	C	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Noordbron																					
30-May-00	5.20	225	7.67	67.4	9.8	14.2		26.00	8.10							4.40	16.00				
10-Jul-00	5.80	286	5.70	165.0	12.9	16.0	0.00	33.70	10.50	0.04		0.07	15.60	8.81	8.11	4.71	21.10	0.11			
18-Sep-00	6.24	260	4.16	40.0	14.6	17.4	0.00	29.11	10.04	0.11	11.97	0.04	26.71	6.98	9.05	4.84	16.28	0.00	0.00	0.00	0.01
10-Oct-00	6.24	298	5.40	48.0	10.3	11.0	0.00	20.12	6.15	0.07	6.14	0.02	9.98	4.54	6.06	5.25	11.50	0.00	0.00	0.00	0.00
17-Oct-00	5.97	295	4.07	39.0	11.2	15.6	0.00	32.13	11.88	0.05	12.80	0.02	17.25	8.70	9.03	5.55	20.57	0.00	0.00	0.00	0.00
16-Nov-00	5.75	303	4.75	41.2	8.7	9.6	0.00	32.20	11.55	0.07	12.84	0.00	15.38	8.15	8.39	5.09	19.75	0.00	0.00		
20-Nov-00	5.90	309	4.86	42.6	8.3	5.9	0.00	30.20	10.90	0.10		0.20	14.20	9.09	8.62	5.42	25.70	1.21			
28-Nov-00							0.00	31.97	11.64	0.00	11.81	0.01	14.97	7.97	8.35	5.38	19.58	0.00	0.00		
8-Dec-00	6.05	303	7.10	66.0	10.7	12.0	0.00	33.37	12.07	0.00	12.07	0.03	19.07	8.03	8.78	5.59	19.65	0.00	0.00		
19-Dec-00	5.95	311	9.13	72.1	5.5	1.2	0.00	33.25	12.34	0.05	12.40	0.01	15.01	8.09	8.52	5.09	19.63	0.00	0.00		
12-Jan-01	6.10	304	12.25	95.0	5.4	3.0	0.00	33.02	12.69	0.30	12.94	0.02	15.78	8.03	8.48	5.61	19.62	0.00	0.00		
Noordtak																					
18-Sep-00	5.90	288	9.00	85.0	11.3	17.0	0.00	21.74	12.80	0.15	13.48	0.03	17.99	5.93	8.84	6.50	18.21	0.00	0.00		0.01
10-Oct-00	5.75	289	7.13	65.0	10.3	11.0	0.00	22.01	14.29	0.07	14.55	0.01	18.43	5.72	6.16	5.27	14.88	0.00	0.00		0.06
16-Nov-00	5.64	305	6.68	59.5	9.5	9.1	0.00	27.07	14.73	0.00	15.15	0.00	17.56	6.94	9.02	4.79	21.28	0.00	0.00		
20-Nov-00	5.60	305	8.50	75.0	9.3	5.9	0.00	26.63	15.27	0.01	15.42	0.02	19.38	7.04	9.33	5.04	21.08	0.00	0.00		0.01
28-Nov-00							0.00	26.37	12.85	0.00	12.92	0.00	15.11	6.09	8.10	4.38	18.61	0.00	0.00		
8-Dec-00	6.01	304	8.10	74.0	10.2	12.0	0.00	26.72	14.96	0.00	14.96	0.02	16.32	6.96	9.05	4.53	21.73	0.00	0.00		
19-Dec-00	5.97	304	8.86	74.7	8.2	1.0	0.00	27.42	14.88	0.00	14.62	0.01	16.91	6.85	9.13	4.58	20.94	0.00	0.00		
12-Jan-01	6.03	310	12.80	107.0	7.9	3.0	0.00	28.70	14.74	0.00	13.57	0.01	17.60	6.79	8.90	4.55	20.25	0.00	0.00		
Bosbronl																					
17-Oct-00	5.19	277.3	7.02	63.3	11.1	12.1	0.11	21.01	12.37	0.04	12.73	0.00	13.48	7.50	14.30	7.67	19.11	0.00	0.29	0.04	0.18
16-Nov-00	4.50	251	7.06	64.5	7.4	7.0	0.06	20.88	10.77	0.00	10.86	0.00	11.25	5.61	10.44	6.39	12.84		1.29		
20-Nov-00	4.38	248	6.66	59.6	8.2	6.2	0.08	19.08	11.19	0.04	11.52	0.00	12.69	6.02	10.82	6.66	12.98	0.01	1.57	0.06	0.13
8-Dec-00	4.67	243	6.90	62.0	10.1	15.0	0.07	22.87	9.85	0.00	9.82	0.00	11.33	5.75	10.20	6.00	13.09	0.00	0.96		
19-Dec-00	4.99	249	7.61	90.7	5.2	1.5	0.06	20.88	11.04	0.00	11.25	0.00	11.47	5.91	10.65	5.97	13.07	0.00	1.57		
12-Jan-01	4.91	262	11.18	86.0	4.4	2.8	0.06	21.70	11.58	0.03	11.82	0.00	11.40	6.13	10.45	6.01	13.47	0.00	1.58		
Bosbronll																					
18-Sep-00	6.20	280	5.78	55.2	13.8	18.0															
10-Oct-00	6.40	284	6.59	60.5	10.3	11.0	0.23	9.23	12.58	0.11	13.13	0.00	20.29	10.87	24.68	12.72	27.32	0.00	0.00	0.02	0.16
8-Dec-00	6.16	292	7.90	7.1	10.2	15.0	0.22	20.07	10.70	0.00	10.75	0.00	10.90	6.56	15.28	6.43	19.11	0.00	0.00		
19-Dec-00	5.54	296	9.40	72.5	4.8	1.5	0.19	19.25	8.90	0.00	8.87	0.00	11.85	6.90	16.85	6.03	20.45	0.00	0.00		
12-Jan-01	5.69	295	13.12	109.0	4.6	2.8	0.16	21.58	9.64	0.00	9.64	0.00	12.61	7.05	16.41	6.68	20.18	0.00	0.00		

Datum	pH	EGV	O2	O2	tempwater	templucht	HCO3	Cl	N03-N	NH4-N	Nts	P04-P	Na	Mg	S	K	Ca	Fe	Al	Zn	Mn
		µS/cm	mg/l	%	C	C	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zuidbron																					
16-Mar-99	9.40	192	17.02	144.0	7.8	8.3															
12-Apr-99	7.47	106	11.04	94.5	8.0	9.3															
17-May-99	7.40	281	14.03	119.3	23.7	18.0															
5-Jul-99	7.30	240	10.90	122.0	20.5	21.1															
6-Sep-99	6.80	146			19.2	18.9															
25-Oct-99	6.30	142	4.50		12.4	12.8															
17-Jan-00	6.50	136	5.10	42.7	7.5	6.6															
20-Mar-00	7.20	118	12.20	101.8	7.5	4.7															
15-May-00	6.60	140	8.70	105.0	25.4	24.0															
30-May-00	6.13	145	7.85	77.8	17.9	16.0															
10-Jul-00	6.90	146	19.60	201.0	15.7	16.0	0.26	19.50	<0.1	0.03	0.86	0.09	12.40	1.57	4.27	3.63	6.7	0.83			
18-Sep-00	6.20	146	4.13	40.0	14.6	18.6	0.40	23.55	0.04	0.14	0.86	0.05	23.29	1.73	6.34	9.07	5.6	0.00	0.00	0.00	0.03
10-Oct-00	6.73	143	3.16	30.9	10.8	11.0	0.40	13.93	0.02	0.12	0.67	0.02	17.63	2.13	7.30	6.70	7.6	0.00	0.00	0.00	0.13
17-Oct-00	6.92	146	8.04	73.7	11.7	12.3	0.44	19.30	0.17	0.16	0.71	0.02	19.36	2.77	8.35	6.69	10.6	0.02	0.00	0.00	0.68
16-Nov-00	6.65	148	8.14	65.9	6.1	5.5	0.42	23.54	0.01	0.31	1.04	0.02	15.20	1.57	7.65	11.23	5.2	1.57	0.00		
20-Nov-00	5.60	124	4.65	39.5	7.7	5.6	0.38	12.10	0.13	0.03	1.50	0.11	7.60	2.29	2.49	3.46	7.7	2.37			
28-Nov-00							0.77	23.22	0.02	0.00	0.75	0.00	12.98	3.85	4.55	7.22	10.9	0.00	0.00		
8-Dec-00	7.27	157	10.00	96.0	9.8	12.0	0.41	21.70	0.00	0.00	0.47	0.00	13.03	1.50	6.47	9.07	5.4	0.00	0.00		
19-Dec-00	7.65	138	10.28	77.2	3.6	0.0	0.28	21.60	0.02	0.00	0.47	0.00	13.09	1.48	6.00	5.41	5.1	0.00	0.00		
12-Jan-01	6.99	172	11.78	88.4	3.0	2.5	0.28	23.19	0.00	1.18	1.74	0.05	14.81	1.80	7.25	8.19	6.1	5.82	0.00		
Bospoel																					
16-Mar-99	8.10	324	14.1	138.0	7.9	8.0															
12-Apr-99	7.24	213	12.5	109.0	7.9	9.6															
17-May-99	6.50	348			23.5	21.4															
5-Jul-99	6.80	372	5.6	62.0	19.3	21.1															
6-Sep-99	6.50	375	2.0		15.4	18.9															
25-Oct-99	6.80	370	5.2		10.2	12.8															
17-Jan-00	6.30	370	10.9	89.0	7.0	6.6															
20-Mar-00	7.20	353	11.5	96.5	7.8	4.7															
15-May-00	7.00	360	12.9	152.0	23.9	25.0															
30-May-00	6.52	368	5.3	57.3	19.3	15.0	0.33		15.75												
10-Jul-00	8.04	367	11.0	124.8	19.8	16.0	0.38	19.20	19.70	0.13		0.12	10.90	9.27	8.28	8.02	28.40	0.12			
18-Sep-00	6.40	396	4.2	22.3	15.8	17.4	0.59	26.71	23.82	0.73	25.81	0.11	15.81	11.27	10.56	19.71	29.77	0.00	0.00	0.00	0.59
10-Oct-00	6.92	294	10.7	99.8	11.1	11.0	0.44	14.70	13.00	0.07	13.56	0.04	10.68	6.97	8.81	6.97	22.75	0.00	0.00	0.00	0.03
17-Oct-00	6.07	328	11.2	102.9	11.8	11.9	0.49	19.70	19.77	0.11	20.67	0.11	16.92	11.00	12.93	8.61	31.69	0.00	0.00	0.00	0.01
16-Nov-00	6.14	368	9.5	76.3	5.4	6.5	0.33	22.28	19.27	0.00	19.60	0.08	13.64	9.77	11.69	5.54	29.16	0.00	0.00		
20-Nov-00	5.60	210	11.9	99.2	6.4	5.6	0.36	10.00	8.80	0.05		0.09	6.50	5.38	5.38	3.44	19.30	0.08			
28-Nov-00							0.33	20.07	16.57	0.05	16.79	0.01	11.98	8.52	11.16	5.13	26.61	0.00	0.00		
8-Dec-00	6.39	361	9.6	87.0	10.0	11.5	0.36	22.49	19.26	0.00	19.54	0.02	13.37	10.05	12.88	5.69	30.33	0.00	0.00		
19-Dec-00	6.40	387	13.9	115.2	3.1	0.0	0.28	22.52	20.17	0.00	20.49	0.00	13.15	9.95	12.45	5.62	29.10	0.00	0.00		
12-Jan-01	6.79	381	17.5	126.0	2.3	2.1	0.29	24.24	20.87	0.00	21.35	0.01	13.33	10.29	11.73	5.82	29.98	0.00	0.00		

BIJLAGE 4: Dagoverzicht fysisch-chemische eigenschappen bronwater
(Ruwe gegevens opgenomen in bijlage 4a)

		ntak	nbr	zbr	bosp	bosbrI	bosbrII
pH	GEM	5.90	5.82	6.85	6.49	4.96	5.67
	ST.DEV	0.13	0.30	0.27	0.17	0.10	0.06
	MIN FLUC	0.21	0.32	0.35	0.14	0.10	
	MAX FLUC	0.76	0.97	1.66	1.06	0.47	
	GEM FLUC	0.49	0.71	0.93	0.64	0.28	0.23
EGV	GEM	307	300	156	360	262	295
	ST.DEV	3.25	2.62	22.90	7.51	5.47	0.71
	MIN FLUC	10.00	2.00	16.00	17.00	18.00	
	MAX FLUC	13.00	20.00	174.00	60.00	27.00	
	GEM FLUC	11.50	12.00	71.33	34.33	21.33	3.00
O2	GEM	10.36	7.23	8.29	12.43	8.67	14.37
	ST.DEV	1.16	0.74	2.47	2.80	0.73	0.85
	MIN FLUC	3.40	1.96	4.34	6.90	1.81	
	MAX FLUC	4.60	2.80	15.50	11.08	2.72	
	GEM FLUC	4.00	2.33	8.40	8.71	2.31	2.50
O2 %	GEM	87.29	58.19	70.49	100.92	71.30	108.00
	ST.DEV	9.86	6.28	21.88	26.88	6.49	5.93
	MIN FLUC	24.30	16.60	46.90	54.00	20.30	
	MAX FLUC	40.00	23.00	121.00	105.60	21.00	
	GEM FLUC	32.15	20.40	71.97	76.93	20.70	23.00
Watertemp	GEM	8.18	8.02	7.27	7.01	7.71	3.46
	ST.DEV	0.46	0.64	1.04	1.18	0.52	0.70
	MIN FLUC	1.40	1.00	3.10	4.00	1.50	
	MAX FLUC	1.50	3.90	4.20	5.50	2.30	
	GEM FLUC	1.45	2.17	3.80	4.83	1.80	2.20
Na (mg/l)	GEM	16.65	15.42	15.55	14.73	12.16	12.72
	ST.DEV	1.34	1.87	1.66	2.13	0.40	0.39
	MIN FLUC	1.17	0.69	1.88	1.27	0.66	
	MAX FLUC	4.53	13.39	8.21	13.40	1.64	
	GEM FLUC	3.10	5.47	4.14	5.36	1.18	1.10
K (mg/l)	GEM	4.30	5.27	6.82	6.75	6.68	6.66
	ST.DEV	0.28	0.57	2.22	1.66	0.22	0.15
	MIN FLUC	0.37	0.49	3.62	0.39	0.38	
	MAX FLUC	1.40	3.42	8.06	11.69	0.75	
	GEM FLUC	0.72	1.71	5.12	4.37	0.58	0.40
Mg (mg/l)	GEM	6.23	7.73	1.94	10.40	6.40	7.23
	ST.DEV	0.25	1.07	0.20	1.51	0.22	0.22
	MIN FLUC	0.30	0.73	0.15	0.36	0.34	
	MAX FLUC	1.30	6.66	0.86	10.79	1.09	
	GEM FLUC	0.66	2.95	0.52	4.10	0.66	0.57
Ca (mg/l)	GEM	18.37	18.88	7.37	30.68	15.19	20.43
	ST.DEV	0.95	2.22	1.15	4.50	1.59	0.53
	MIN FLUC	1.04	1.65	1.41	2.84	2.52	
	MAX FLUC	3.25	13.89	6.22	32.33	7.10	
	GEM FLUC	2.39	6.15	3.23	12.82	4.28	1.36
HCO3 (mg/l)	GEM	14.66	19.94	23.07	23.71	4.98	9.91
	ST.DEV	2.71	2.09	4.82	2.92	1.75	0.28
	MIN FLUC	0.61	2.44	7.32	7.02	0.61	
	MAX FLUC	7.93	10.07	20.13	7.93	10.98	
	GEM FLUC	5.08	6.00	12.40	7.52	4.68	0.61

Cl (mg/l)	GEM	25.21	31.73	20.62	22.39	20.99	23.11
	ST.DEV	1.91	1.54	1.54	1.77	0.68	2.44
	MIN FLUC	1.75	1.28	3.12	1.99	1.07	
	MAX FLUC	6.18	6.53	5.22	7.64	2.56	
	GEM FLUC	4.56	4.35	4.06	3.98	1.83	7.47
S (mg/l)	GEM	7.95	8.23	7.33	12.26	11.66	16.60
	ST.DEV	0.28	0.94	0.89	1.95	0.39	0.44
	MIN FLUC	0.38	0.38	1.50	0.99	0.32	
	MAX FLUC	0.90	6.49	3.54	12.82	1.68	
	GEM FLUC	0.66	2.65	2.31	4.97	1.11	1.08
Nts (mg/l)	GEM	13.90	11.51	0.39	20.57	11.76	9.79
	ST.DEV	1.06	1.59	0.37	3.05	0.46	0.24
	MIN FLUC	1.21	1.95	0.31	0.81	0.71	
	MAX FLUC	3.18	9.13	1.69	21.65	2.36	
	GEM FLUC	2.45	4.50	1.02	8.30	1.36	0.76
N-NO3 (mg/l)	GEM	13.72	11.17	0.06	20.01	11.57	9.79
	ST.DEV	1.07	1.38	0.09	2.75	0.41	0.23
	MIN FLUC	0.94	0.84	0.01	0.83	0.63	
	MAX FLUC	3.29	8.79	0.70	19.80	2.22	
	GEM FLUC	2.48	3.92	0.24	7.67	1.28	0.65
N-NH4 (mg/l)	GEM	0.02	0.09	0.24	0.04	0.02	0.00
	ST.DEV	0.04	0.11	0.34	0.04	0.02	0.00
	MIN FLUC	0.00	0.16	0.37	0.00	0.03	
	MAX FLUC	0.13	0.40	1.18	0.38	0.13	
	GEM FLUC	0.07	0.29	0.86	0.13	0.06	0.00
P-PO4 (mg/l)	GEM	0.02	0.02	0.01	0.05	0.01	0.00
	ST.DEV	0.03	0.01	0.01	0.09	0.01	0.00
	MIN FLUC	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00	
	MAX FLUC	0.14	0.06	0.05	0.60	0.08	
	GEM FLUC	0.05	0.03	0.03	0.24	0.03	0.00

METING 1 VERRICHT OP 17 OKTOBER 2000

OPMERKING: BEWOLKTE DAG MET IN DE VROEGE MIDDAG ZONNESCHIJN. OMSTREEKS 14.15 TREEDT ER EEN KORTE REGENBUI OP!

TIJD	pH	EGV	O2	O2	tempwater	templucht	TIJD	HCO3	Cl	N03-N	NH4-N	Nts	P04-P	Na	Mg	S	K	Ca	Al	Mn	Fe	Cu	Zn
		µS/cm	mg/l	%	C	C		mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Bospoel																							
8.05	6.21	332	4.98	42.8	11.0	12.8	9.02	0.49	22.2	17.83	0.03	13.13	0.0	13.24	9.39	10.71	5.83	28.05	0	0.03	0	0	0.02
9.02	6.07	334	6.5	57.4	11.0	11.3	11.11	0.49	21.9	15.59	0.09	18.24	0.0	12.61	8.03	8.92	5.72	24.5	0	0.01	0	0	0.02
10.12		330	9.73	87.0	11.3	11.9	13.00	0.45	14.5	26.67	0.09	16.32	0.0	22.42	15	16.99	9.68	41.84	0	0.01	0	0	0
11.11		327	11.96	111.7	11.9	12.1	15.06	0.47	14.5	31.51	0.38	28.04	0.1	25.86	17.62	20.08	11.4	50.66	0	0.01	0	0	0
12.03		324	14.12	132.2	12.4	17.7	17.02	0.47	20.7	21.12	0.1	33.93	0.6	17.62	11.57	17	16.85	33.57	0	0.01	0	0	0
13.00		323	15.75	146.1	13.2	13.4	19.20	0.54	22.1	11.71	0.06	22.73	0	12.46	6.83	7.26	5.16	18.33	0	0	0	0	0
13.59		324	14.65	144.7	14.3	14.2	21.30	0.56	22.1	13.97	0	12.28	0	14.26	8.53	9.53	5.64	24.86	0	0	0	0	0
15.06		323	16.06	148.4	13.4	11.2																	
16.05		324	13.65	131.3	12.2	10.4																	
17.02		322	13.66	132.4	12.3	11.6																	
18.10		329	13.3	119.3	11.8	11.3																	
19.20		332	9.11	73.7	10.6	10.1																	
20.25		339	7.20	58.5	10.0	11.0																	
21.30		333	6.44	55.5	9.3	8.1																	
Zuidbron																							
8.20	6.57	144	5.69	51.4	11.4	12.1	9.15	0.68	22.1	0.06	0.43	1.11	0	15.8	2.49	6.82	6.98	8.02	0	3.96	0.17	0	0
9.15	6.92	145	8.25	75.0	11.8	13.5	11.25	0.40	20.0	0.05	0.07	0.43	0.02	18.3	2.4	7.68	5.11	9.21	0	0.04	0	0	0.01
10.24		146	7.91	71.0	12.1	12.7	13.15	0.40	18.5	0.00	0.06	0.35	0.02	24.0	3.26	10.36	7.22	14.24	0	0.58	0	0	0
11.25		145	8.67	82.4	12.3	12.3	15.20	0.35	16.9	0.01	0.07	0.45	0.03	22.32	2.97	9.56	7.72	10.74	0	0.04	0	0	0
12.17		150	9.87	89.0	13.1	15.0	17.18	0.36	19.7	0.70	0.35	1.4	0.01	21.28	3.16	9.09	8.8	10.61	0	0.05	0	0	0.01
13.15		144	10.03	95.8	13.4	15.8	19.36	0.55	20.4	0.26	0.08	0.69	0.02	16.23	2.58	7.24	5.36	12.25	0	0.02	0	0	0
14.15		144	8.10	82.0	13.4	16.1	21.50	0.37	17.7	0.11	0.09	0.55	0.02	17.6	2.51	7.73	5.67	9	0	0.05	0	0	0
15.20		137	9.36	90.3	11.8	11.6																	
16.18		147	9.24	85.4	11.9	10.9																	
17.18		148	8.17	75.3	11.7	11.5																	
18.28		145	7.24	65.2	11.3	12.8																	
19.36		153	6.70	55.8	10.1	11.0																	
20.40		153	5.95	48.9	9.9	8.7																	
21.50		142	7.32	63.8	9.2	8.2																	

BIJLAGE 4B: FYSISCH-CHEMISCHE WATERANALYSES OPPERVLAKTEWATER

METING 1 VERRICHT OP 17 OKTOBER 2000

TIJD	pH	EGV µS/cm	O2 mg/l	O2 %	tempwater C	templucht C
Noordbron						
7.40	5.12	295	5.03	41	10.6	13.5
8.40	5.97	283	3.7	30.4	10.9	13.5
9.52		290	3.63	27.3	10.7	12.9
10.45		293	5.7	48.9	10.8	12.4
11.43		294	5.07	40.7	11.1	13.3
12.39		296	4.68	42.5	11.2	14.2
13.43		295	4.07	39	11.2	15.6
14.41		296	4.8	43.3	11	14.4
15.41		291	4.66	35.4	10.6	11.3
16.40		293	4.07	33.5	10.6	10.5
17.41		297	3.48	30.5	10.8	12.5
18.55		293	4.01	36.2	10.4	10.5
20.03		294	4.95	35.2	10.3	10.5
21.08		295	5.17	44.1	10.2	8.8
NoordbronII (noordtak)						
7.30	5.1	220	5.75	52.5	11.1	15.0
8.30	5.46	228	6.24	55.7	11.0	13.1
9.30		221	6.80	60.2	11.1	12.4
10.35		227	6.74	61.0	11.0	12.7
11.35		219	6.92	62.8	11.0	13.3
12.31		232	7.30	66.4	11.1	15.4
13.27		215	7.15	65.8	11.2	17.0
14.36		209	7.22	65.5	11.1	15.0
15.32		215	7.57	69.6	11.0	11.2
16.30		218	8.10	72.8	10.9	11.2
17.35		205	7.87	70.7	11.0	11.5
18.43		232	7.63	68.7	10.9	12.0
19.52		244	7.71	69.7	10.9	10.9
21.00		227	7.73	70.3	10.9	9.5

TIJD	HCO3 mmol/l	Cl mg/l	N03-N mg/l	NH4-N mg/l	Nts mg/l	P04-P mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	S mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Al mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l
8.40	0.32	31.4	11.29	0.04	11.3	0.0	16.97	7.98	8.48	5.99	19.69	0	0.01	-0.03	0	0
10.45	0.35	29.1	10.68	0.09	11.17	0.1	16.89	8.51	9.81	7.03	19.8	0	0.28	-0.03	0	0
12.39	0.48	35.6	4.13	0.12	4.33	0.0	7.06	2.75	3.38	3.61	8.87	0	0.01	-0.04	0	0.01
14.41	0.36	31.7	11.28	0.05	12.28	0.02	17.25	8.7	9.03	5.55	20.57	0	0	-0.04	0	0
16.40	0.40	32.4	10.01	0	10.29	0	15.48	7.27	7.34	5.01	17.77	0	0	-0.04	0	0
18.55	0.43	32.1	11.96	0.03	12.98	0.02	18.7	8.89	9.3	5.62	22.62	0	0.09	-0.04	0	0
21.08	0.38	31.0	12.92	0.16	13.46	0.06	20.45	9.41	9.87	6.58	22.76	0	0.04	-0.03	0	0
8.30	0.15	23.608	13.19	0.13	13.35	0.01	17.48	5.22	5.78	4.09	13.78	0	0.05	0	0	0.01
12.31	0.28	17.851	9.97	-0.01	10.39	0.01	12.95	4.84	6.35	3.69	13.34	0	0.15	0	0	0.03
16.30	0.15	21.211	12.55	0.02	12.58	0.02	16.14	5.05	5.64	3.85	12.74	0	0.03	0	0	0.02

METING 1 VERRICHT OP 17 OKTOBER 2000

TIJD	pH	EGV µS/cm	O2 mg/l	O2 %	tempwater C	templucht C
Bosbronl						
7.54	5.29	275	6.21	56.8	11	12.6
8.58	5.19	275	6.7	60.4	11.3	12.5
10.40		280	6.22	57.2	11.2	12.1
11.06		277	6.52	60	11.3	12.1
11.56		276	6.87	63.1	11.3	12.5
12.53		279	6.86	63.1	11.5	14.3
13.50		279	6.8	62.7	11.6	13.9
14.58		274	7.1	60	11.6	13.9
16.00		269	7.55	67.5	11	10.7
16.55		280	7.8	72.2	11	10.5
18.00		287	6.11	51.4	10.9	13.1
19.10		281	7.78	71.1	10.6	10.7
20.17		276	7.83	71.1	10.4	11.6
21.25		274	7.92	70.2	10.1	8.3

TIJD	HCO3 mmol/l	Cl mg/l	N03-N mg/l	NH4-N mg/l	Nts mg/l	P04-P mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	S mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Al mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l
8.58	0.25	20.8	12.92	0.01	13.21	0.01	13.64	7.83	0	15.06	8.11	24.2	0.2	0	0	0.03
11.06	0.10	20.7	12.27	0	12.45	0	12.82	7.43	0	14.23	7.36	19.8	0.19	0	0	0.04
12.53	0.09	21.7	11.94	0	12.21	0.01	13.16	7.64	0.15	14.76	7.78	18.7	0.16	0	0	0.04
14.58	0.10	20.6	12.25	0.03	12.71	0	13.31	7.54	0.11	14.28	7.81	18.8	0.25	0	0	0.04
16.55	0.08	21.1	12.24	0.07	12.71	0	13.72	7.33	0.58	13.74	7.54	17.2	0.15	0	0	0.05
19.10	0.07	20.9	12.49	0.13	12.71	0	14.06	7.28	0.8	13.72	7.38	17.1	0.15	0.01	0	0.04
21.25	0.08	21.2	12.49	0.07	13.13	0	13.68	7.48	0.38	14.32	7.74	17.9	0.16	0	0	0.04

METING 2 VERRICHT OP 16 EN 17 NOVEMBER 2000

Opmerking: 16e was heldere dag met nevelbewolking. Vanaf 17.30 tot 22.00 heeft het gespetterd, daarna droog.

TIJD	pH	EGV	O2	O2	tempwater	templucht
		µS/cm	mg/l	%	C	C
Bospoel						
6.55	6.19	367	10	80.9	6.0	5.5
8.54	6.14	368	9.53	76.3	5.4	6.5
9.52	6.19	365	9.74	80.0	6.2	6.7
11.20	6.33	363	14.05	122.9	7.2	8.5
12.33	6.34	361	14.12	121.8	8.1	8.5
13.56	6.54	360	13.3	115.9	8.7	9.2
15.26	6.53	363	12.39	107.4	8.6	8.7
16.47	6.38	366	9.33	84.4	8.1	8.4
19.10	6.37	363	7.89	66.6	7.5	6.8
20.45	6.25	359	7.72	65.5	7.2	6.6
22.00	6.24	365	7.65	64.9	7.4	6.9
23.40	6.41	365	7.93	67.2	7.2	7.1
1.10	6.40	365	6.74	57.2	7.5	7.2
2.38	6.59	377	6.38	54.4	7.7	6.9
4.16	6.51	361	6.57	56.0	7.6	6.6
5.28	6.52	361	7.32	61.9	7.6	6.3
6.35	6.25	362	6.68	56.3	7.4	5.6
7.55	6.71	406	7.15	57.5	7.0	4.9
9.53	7.20	358	8.57	72.5	7.3	4.8
11.16	6.80	346	10.06	89.0	9.4	6.4
12.57	6.63	362	14.52	125.6	8.7	8.3
14.07	6.67	369	13.99	121.4	8.7	7.5

TIJD	HCO3	Cl	N03-N	Nts	NH4-N	P04-P	Na	Mg	S	K	Ca
	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
8.54	0.33	22.28	19.27	19.6	0	0.08	13.64	9.77	11.69	5.54	29.16
19.10	0.46	23.8	18.97	19.46	0	0	13.82	10.11	12.43	5.62	32.00
9.53	0.33	24.27	19.8	20.27	0	0.02	13.73	10.13	12.08	6.56	29.98
14.50	0.33	24.24	19.21	19.72	0	0	14.91	10.03	12.68	5.82	30.18

METING 2 VERRICHT OP 16 EN 17 NOVEMBER 2000

TIJD	pH	EGV	O2	O2	tempwater	templucht
		µS/cm	mg/l	%	C	C
Zuidbron						
6.30	7.11	146	7.2	60.0	6.6	5.0
8.00	6.65	148	8.14	65.9	6.1	5.5
9.30	6.65	138	8.7	72.7	7.0	7.0
10.50	6.66	138	8.7	49.1	8.3	9.1
12.09	6.42	136	9.64	86.4	8.8	9.8
13.37	6.97	136	9.8	86.4	9.2	9.4
14.50	6.81	144	10.76	94.6	9.1	8.0
16.32	6.43	145	6.47	56.0	8.4	8.0
18.35	6.42	160			8.1	7.0
20.20	6.46	160	5.93	52.6	8.3	7.2
21.40	6.35	146	5.66	48.2	8.1	7.1
23.15	6.72	148	6.94	59.0	8.3	7.1
0.52	6.63	145	6.43	55.8	8.6	7.6
2.15	6.54	150	5.39	46.6	8.3	7.6
3.51	6.52	144	5.71	50.5	8.5	7.3
5.10	6.78	141	5.79	49.8	8.3	6.8
6.15	6.62	145	6.64	56.1	8.0	5.5
7.30	6.40	141	6.38	54.7	7.8	5.5
9.32	5.97	141	7.67	66.3	8.2	5.4
10.58	7.51	146	6.26	55.8	9.2	5.9
12.38	5.85	140	10.32	85.6	7.9	8.2
13.47	6.90	144	10.42	90.1	8.4	7.8

TIJD	HCO3	Cl	N03-N	Nts	NH4-N	P04-P	Na	Mg	S	K	Ca
	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
8.00	0.42	23.54	0.01	1.04	0.31	0.02	15.2	1.57	7.65	11.23	5.18
18.40	0.47	21.35	0	0.47	0	0	13.5	1.71	6.86	9.42	6.55
9.32	0.31	19.86	0	0.01	0	0	12.88	1.56	5.76	4.04	6.16
14.50	0.35	19.69	0	0.17	0	0	13.23	1.62	5.76	3.17	7.23

METING 2 VERRICHT OP 16 EN 17 NOVEMBER 2000

TIJD	pH	EGV µS/cm	O2 mg/l	O2 %	tempwater C	templucht C
Noordbron						
7.25	5.63	297	5.45	46.7	8.3	7.0
9.14	5.65	300	5.61	47.8	8.0	7.0
10.18	5.66	302	5.35	44.5	8.2	7.0
11.45	5.72	304	5.55	48.2	8.5	9.1
12.58	5.68	302	4.8	41.9	8.7	8.0
14.23	5.75	303	4.92	42.8	8.7	9.4
15.56	5.75	303	4.75	41.2	8.7	9.6
17.05	5.77	301	4.6	40.6	8.7	7.0
19.37	5.75	302	4.75	41.2	8.4	7.5
21.10	5.76	303	4.64	40.3	8.5	8.0
22.30	5.85	301	4.71	40.5	8.4	7.5
0.04	5.92	302	5.15	44.9	8.5	7.2
1.39	5.96	305	3.83	33.0	8.7	7.0
3.11	6.6	301	3.95	34.3	8.7	6.8
4.45	6.03	304	4.37	38.5	8.6	6.8
5.50	6.01	301	3.65	31.6	8.2	7.4
7.00	5.92	304	4.57	39.7	8.4	6.6
8.20	5.89	306	4.21	35.8	8.3	5.4
10.31	6.12	304	3.65	32.6	9.6	5.6
11.58	6.08	292	5.25	45.7	8.7	7.0
13.24	5.81	312	5.39	46.5	8.8	7.9
14.30	5.79	304	5.25	45.4	8.9	7.9

TIJD	HCO3 mmol/l	Cl mg/l	N03-N mg/l	Nts mg/l	NH4-N mg/l	P04-P mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	S mg/l	K mg/l	Ca mg/l
9.19	0.34	32.2	11.55	12.84	0.07	0	15.38	8.15	8.39	5.09	19.75
19.37	0.30	31.62	10.8	11.44	0.4	0	14.73	7.54	8.44	5.15	18.27
10.31	0.32	32.9	11.64	11.7	0.04	0	15.42	8.27	8.55	5.43	19.92
14.50	0.30	32.08	10.87	10.89	0	0	15.39	7.74	8.17	4.94	18.71

METING 2 VERRICHT OP 16 EN 17 NOVEMBER 2000

TIJD	pH	EGV	O2	O2	tempwater	templucht
		µS/cm	mg/l	%	C	C
Noordtak						
7.40	5.74	305	7.9	69.1	8.6	7.0
9.32	5.66	307	8.02	70.1	8.7	7.0
10.26	5.66	305	7.69	68.0	8.9	8.5
11.55	5.67	307	7.95	70.5	9.4	9.1
13.10	5.65	306	7.39	65.7	9.5	9.1
14.35	5.64	305	6.68	59.5	9.5	9.1
16.04	5.74	307	7.04	62.6	9.4	9.3
17.19	5.74	305	6.65	58.7	9.4	9.0
19.51	5.73	305	7.25	56.0	9.1	6.8
21.22	5.74	305	7.04	62.2	9.2	7.3
22.45	5.78	303	6.58	57.8	9.3	7.2
0.16	5.92	307	7.01	62.5	9.4	7.7
1.51	5.88	308	5.86	52.2	9.4	8.0
3.20	6.0	307	5.75	51.4	9.6	7.4
4.55	6.0	312	6.73	59.5	9.2	8.4
5.59	5.91	304	6.04	53.7	9.3	6.4
7.15	5.85	305	5.76	51.2	9.4	5.8
8.35	5.90	306	5.64	49.3	9.0	5.8
10.44	6.04	311	5.40	48.7	10.0	5.0
12.12	6.40	303	8.80	72.4	9.4	8.2
13.35	5.82	316	8.28	73.0	9.2	7.3
14.41	5.80	311	8.08	70.9	9.1	7.6

TIJD	HCO3	Cl	N03-N	Nts	NH4-N	P04-P	Na	Mg	S	K	Ca
	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
10.27	0.25	27.07	14.73	15.15	0	0	17.56	6.94	9.02	4.79	21.28
19.51	0.36	28.7	15.08	15.57	0.07	0.14	18.19	7.06	9.28	4.8	23.4
10.44	0.25	27.13	14.14	14.36	0	0.01	17.02	6.76	8.9	4.43	20.52
14.5	0.26	26.95	14.97	15.15	0	0	18.16	7.04	9.01	4.61	21.03

METING 2 VERRICHT OP 16 EN 17 NOVEMBER 2000

TIJD	pH	EGV µS/cm	O2 mg/l	O2 %	tempwater C	templucht C
Bosbronl						
7.05	4.49	251	7.21	61.7	7.4	7.0
9.01	4.5	251	7.06	64.5	7.4	7.0
10.00	4.53	252	6.8	59.7	7.8	7.0
11.29	4.54	252	6.85	59.8	8.6	8.5
12.41	4.56	253	6.99	61.2	8.9	8.2
14.08	4.57	255	6.68	58.5	9.0	9.6
15.36	4.59	252	6.25	54.9	8.9	9.2
16.53	4.62	253	6.11	52.3	8.7	9.1
19.19	4.57	256	6.56	56.9	8.4	7.3
20.55	4.63	252	6.31	55.3	8.4	7.1
22.10	4.75	253	6.88	58.9	8.4	7.1
23.49	4.71	254	6.41	56.2	8.5	8.5
1.18	4.77	252	5.77	49.8	8.7	7.6
2.53	4.84	250	5.73	50.3	8.5	7.0
4.20	4.85	251	6.03	52.1	8.5	7.0
5.35	4.86	255	5.45	47.4	8.4	6.5
6.45	4.77	252	5.53	47.8	8.0	6.0
8.00	4.84	257	5.38	46.4	7.9	5.5
10.10	4.96	256	5.35	46.4	8.2	5.0
11.25	4.91	241	7.74	64.4	8.4	7.0
13.06	4.73	260	7.57	65.1	8.7	7.5
14.16	4.67	258	7.74	66.7	8.4	7.9

TIJD	HCO3 mmol/l	Cl mg/l	N03-N mg/l	Nts mg/l	NH4-N mg/l	P04-P mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	S mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Al mg/l
9.01	0.06	20.88	10.77	10.86	0	0	11.25	5.61	10.44	6.39	12.84	1.29
19.19	0.10	20.53	10.75	10.78	0.03	0	11.71	5.79	10.51	6.41	16.04	0.26
10.10	0.06	22.40	11.38	11.49	0	0	11.91	5.95	10.76	6.72	12.95	1.57
14.50	0.08	21.47	11.20	11.37	0	0.08	11.91	5.84	10.59	6.34	12.83	1.58

METING 3 VERRICHT OP 11 EN 12 JANUARI 2001

OPM: eerste dag zonnig weer en heldere hemel; hierdoor zeer koude nacht. Vanaf vroege ochtend tot 12.00 lichte bewolking aanwezig, daarna weer zonnig en helder

TIJD	pH	EGV µS/cm	O2 mg/l	O2 %	tempwater C	templucht C	TIJD	HCO3 mmol/l	Cl mg/l	N03-N mg/l	Nts mg/l	NH4-N mg/l	P04-P mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	S mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Al mg/l
Bospoel																			
7.43	7.06	387	12.9	91	1.5	-0.5	7.43	0.32	23.28	21.39	21.41	0	0.01	13.43	10.54	11.94	5.82	30.87	0
9.00	6.91	386	14.6	101	1.5	-1.3	11.22	0.28	25.29	21.01	21.41	0	0	13.41	10.33	11.82	5.7	30.19	0
11.22	6.78	385	17.5	125	1.5	0.8	15.08	0.27	23.45	21	21.51	0.02	0.03	13.38	10.07	11.95	5.88	29.59	0
12.56	6.79	380	19.8	145	2.9	5.4	19.34	0.32	23.92	21.88	22.1	0	0	13.68	10.45	11.78	5.88	30.58	0
15.08	6.76	377	18.8	144	1.1	3	0.30	0.39	22.98	20.44	20.85	0	0.01	12.88	9.77	11.04	5.56	30.47	0
17.05	6.86	380	16.3	117	2.1	-1.6	3.25	0.30	22.98	19.5	19.66	0	0	12.27	9.46	10.85	5.49	27.66	0
19.34	6.82	390	16.4	113	1.8	-3	8.06	0.32	24.41	21.53	22.01	0	0.01	13.62	10.6	11.84	5.82	30.96	0
21.04	6.98	390	17.2	116	1.4	-4	11.50	0.29	24.24	20.87	21.35	0	0.01	13.33	10.29	11.73	5.82	29.98	0
0.30	6.92	391	14.5	100	0.1	-0.1													
1.41	7.36	391	15	102	0.3	-0.3													
3.25	6.73	391	14.8	104	0.5	-1.3													
6.02	6.84	395	16.6	116	0.8	-1.5													
8.06	6.63	390	15.4	107	1.7	-0.3													
9.37	6.97	380	16.4	118	1.5	0.8													
11.50	6.79	381	17.5	126	2.3	2.1													
12.55	6.9	369	18.3	132	2.4	3.5													
14.34	6.79	385	17.7	145	5.6	6													
Zuidbron																			
7.32	7.66	191	10.1	68	1.6	-0.9	7.32	0.34	21.23	0.01	0.44	0	0	13.25	1.5	6.36	7.56	5.27	0
8.52	7.47	145.8	8	55	0.8	-0.8	11.15	0.38	20.65	0	0.23	0	0	13.71	1.58	6.9	7.1	5.73	0
11.15	6.97	134	9.7	68	1.8	0.1	14.58	0.28	20.88	0	0.21	0	0	13.17	1.24	7.31	6.82	4.7	0
12.43	7.22	134	8.7	133	2.2	1.4	19.17	0.28	21.23	0	0.13	0	0	12.93	1.33	7.02	6.65	4.85	0
14.58	7.07	134	5.6	33	2.6	2.5	0.15	0.26	21.58	0	0.05	0	0	12.93	1.27	7.08	4.7	4.97	0
16.59	7.02	142	4.9	33	0.9	-1.5	3.09	0.31	22.84	0	0.26	0	0	14.74	1.4	7.86	8.32	5.09	0
19.17	7.14	140	12.3	88	1	-1.5	7.51	0.28	20.07	0	0.08	0	0	13.21	1.49	7.18	5.13	5.33	0
20.41	7.45	141	14.4	110	1.7	-4	11.40	0.00	23.19	0	1.74	1.18	0.05	14.81	1.8	7.25	8.19	6.11	0
0.15	7.27	308	4.1	29	0.4	-1.1													
1.34	7.51	293	4.9	55	1.5	-1													
3.09	7.17	280	5.2	55	1.1	-1													
5.45	7.14	157	15.3	108	1.9	-1.5													
7.51	7.01	162	8.1	57	1.9	-1													
9.28	7.3	161	6.4	46	3	0.2													
11.40	6.99	172	11.78	88.4	3	2.5													
12.45	6.87	155	8.2	80	3.7	2.8													
14.27	7.08	146	19.6	150	4.5	3.1													

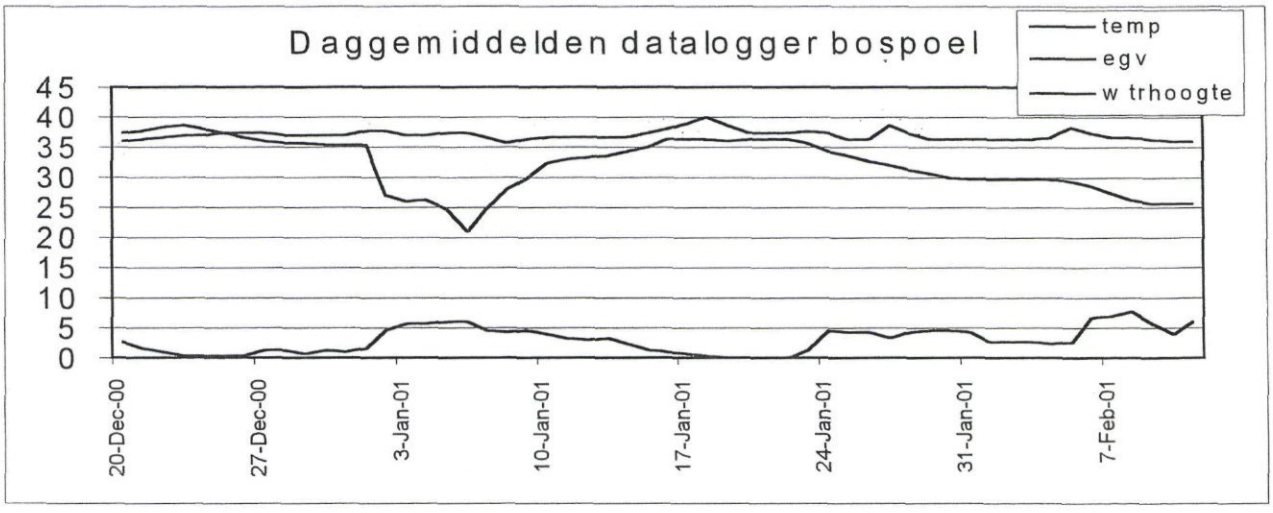
METING 3 VERRICHT OP 11 EN 12 JANUARI 2001

TIJD	pH	EGV µS/cm	O2 mg/l	O2 %	tempwater C	templucht C	TIJD	HCO3 mmol/l	Cl mg/l	N03-N mg/l	Nts mg/l	NH4-N mg/l	P04-P mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	S mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Al mg/l
Noordbron																			
8.13	6.06	304	11.5	87	3.7	-0.4	8.13	0.29	32.9	12.69	12.78	0	0.02	15.53	8.06	8.33	5.19	19.27	0
12.07	5.95	304	13.2	103	6.2	3	12.07	0.31	32.78	12.61	12.63	0	0.02	15.86	8.22	8.57	5.22	19.82	0
15.37	6.01	305	12.9	100	5.2	1.5	15.37	0.27	28	10.56	10.53	0.05	0.02	13.53	6.76	8.01	4.38	17.41	0
20.13	6.09	305	12.8	96	4.1	-2	20.13	0.28	30.28	12.05	11.95	0	0.01	14.75	7.66	7.86	5.13	18.41	0
1.01	6.22	305	10.4	80	5.4	-0.2	1.01	0.22	29.87	11.48	11.42	0.05	0.01	14.32	6.86	7.48	4.75	16.92	0
3.56	6.12	304	13	99	2.3	-0.3	3.56	0.28	28.7	11.12	11.15	0.12	0.03	13.67	7.17	7.81	4.69	17.86	0
8.42	6.09	306	13.2	99	4.2	0.5	8.42	0.31	33.25	12.56	12.44	0	0.02	15.87	8.11	8.42	5.19	19.53	0
12.16	6.1	304	12.25	95	5.4	3	12.16	0.28	33.02	12.69	12.94	0.3	0.02	15.78	8.03	8.48	5.61	19.62	0
14.59	5.9	304	12.8	103	6.1	4													
Noordtak																			
8.27	5.94	305	11.9	98	6.6	-0.1	8.27	0.25	27.65	15.01	15.15	0	0.01	17.11	6.95	9.1	4.6	20.88	0
12.21	5.9	305	14.7	122	7.8	4.1	12.21	0.24	27.77	15.15	15.22	0	0.02	16.98	6.94	9.06	4.61	21.03	0
15.51	5.85	307	14.1	115	6.8	1.9	15.51	0.25	28.35	15.1	15.21	0	0.01	17.63	7	9.05	4.59	21.08	0
20.27	6.06	304	13.2	110	6.5	-1	20.27	0.25	28.7	14.82	15.07	0	0.01	16.69	6.74	8.87	4.44	20.37	0
1.15	6.05	309	13.4	109	6.8	-1	1.15	0.25	27.65	14.91	15.2	0	0.01	16.91	6.84	8.98	4.63	20.66	0
4.10	5.92	306	12.8	104	6.4	-0.8	4.10	0.25	26.95	14.54	14.79	0	0.01	16.55	6.62	8.78	4.35	20.08	0
8.53	6.05	314	14.3	118	7.1	0.2	8.53	0.25	22.52	11.86	12.04	0	0.01	14.03	5.7	8.2	3.23	17.83	0
12.30	6.03	310	12.8	107	7.9	3	12.30	0.24	28.7	14.74	13.57	0	0.01	17.6	6.79	8.9	4.55	20.25	0
15.07	5.97	311	16.5	138	7.9	3.4													

METING 3 VERRICHT OP 11 EN 12 JANUARI 2001

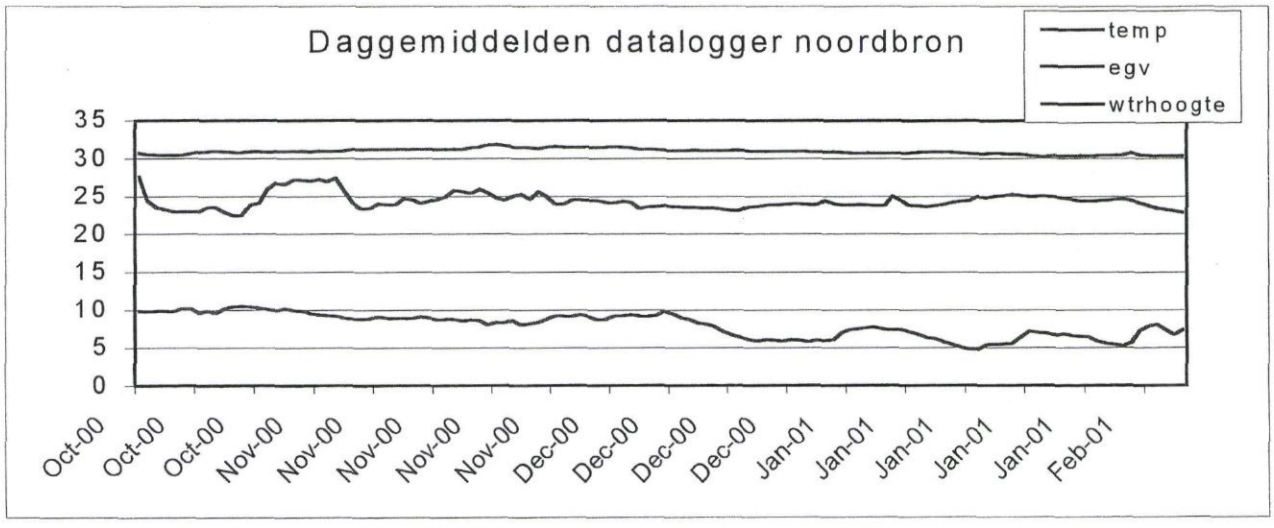
TIJD	pH	EGV	O2	O2	tempwater	templucht	TIJD	HCO3	Cl	N03-N	Nts	NH4-N	P04-P	Na	Mg	S	K	Ca	Al
		µS/cm	mg/l	%	C	C		mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
BosbronI																			
7.52	7.52	5.11	274	12	86	3.2	7.52	0.06	20.18	11.21	11.34	0	0	11.2	5.86	9.93	5.73	12.77	1.68
9.06	4.99	249	11.7	87	3	-0.2	11.48	0.06	20.77	11.49	11.6	0	0	11.42	6.05	10.5	6	12.98	1.99
11.48	4.85	248	13.7	103	3.5	1	15.16	0.06	21	11.31	11.45	0	0	11.55	5.89	10.21	5.84	12.54	1.62
13.05	4.87	248	13.9	107	3.9	1.7	19.44	0.06	21.93	11.45	11.58	0	0	12.06	5.96	10.23	6.23	12.98	1.57
15.16	4.84	248	13	99	3.7	2.1	0.40	0.06	19.37	10.01	10	0	0	10.42	5.24	9.04	5.61	11.29	1.39
17.12	4.87	252	11.7	89	3.4	-0.2	3.35	0.07	20.07	11.21	11.17	0	0	10.95	5.71	9.64	5.74	12.57	1.49
19.44	5.04	250	12.6	92	3.8	-2.5	8.18	0.06	20.18	12.23	12.36	0	0	11.43	6.33	10.72	6.13	13.81	1.92
21.18	5.02	249	12.8	93	2.9	-2.5	11.58	0.06	21.7	11.58	11.82	0.03	0	11.4	6.13	10.45	6.01	13.47	1.58
0.40	4.96	255	12.7	94	2.9	-0.7													
1.50	5.06	266	11.7	88	3.3	-0.6													
3.35	4.99	247	12.1	91	3.3	-0.5													
6.14	4.97	255	12.4	93	3.4	-1.5													
8.18	5	249	13.1	99	3.9	0													
9.44	4.98	252	12.2	94	4.2	1													
11.58	4.91	262	11.18	86	4.4	2.8													
13.02	4.89	257	13.7	107	5.1	4													
14.43	4.97	271	12.4	96	5.2	4.5													
BosbronII																			
7.59	5.62	294	13.3	97	3.2	-0.4	7.59	0.16	22.28	9.74	9.83	0	0	12.41	7	16.05	6.5	19.73	0
9.12	5.62	295	12.8	95	2.9	-0.2	11.54	0.16	22.17	9.74	9.82	0	0	12.71	7.16	16.45	6.62	20.19	0
11.54	5.56	294	15	110	3.2	1.1	15.23	0.16	21.93	10.01	9.95	0	0	13.07	7.41	16.97	6.77	20.9	0
13.10	5.58	295	15.1	113	3.5	2	19.52	0.17	22.63	10.01	9.99	0	0	13.11	7.51	17.03	6.83	21.09	0
15.23	5.59	294	14.8	111	3.4	1.5	0.40	0.16	22.17	9.36	9.27	0	0	12.01	6.94	15.98	6.44	19.8	0
17.17	5.62	295	13.6	104	3.1	-0.2	3.40	0.17	29.05	9.82	9.79	0	0	12.69	7.28	16.86	6.6	20.64	0
19.52	5.68	295	14.7	108	2.8	-2	8.24	0.16	23.1	10.01	10.03	0	0	13.11	7.45	17.06	6.84	20.92	0
21.22	5.63	295	15.2	107	2.7	-2.5	12.03	0.16	21.58	9.64	9.64	0	0	12.61	7.05	16.41	6.68	20.18	0
0.40	5.77	297	14.4	107	2.9	-0.2													
1.55	5.79	295	13.2	107	3.2	-0.6													
3.40	5.71	295	14.4	103	3.1	0.5													
6.21	5.71	295	15	110	3.1	-0.7													
8.24	5.7	295	15.2	114	3.5	1													
9.50	5.68	295	15.3	115	3.9	1.1													
12.03	5.69	295	13.12	109	4.6	2.8													
13.06	5.66	295	15.1	118	4.9	4													
14.46	5.7	296	14	108	4.9	4													

BIJLAGE 5: Overzicht datalogger resultaten



Figuur 78: verloop daggemiddelden temperatuur (in °C), EGV (mS/m) en waterhoogte in cm's

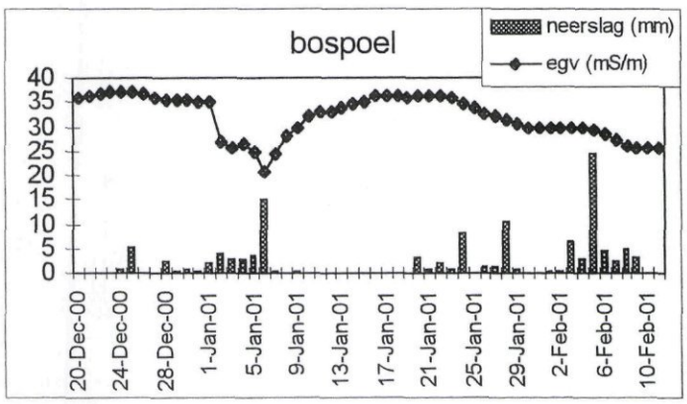
bospoel	Onderzoeksperiode				Dagelijkse fluctuatie		
	temp. (°C)	Egv (µS/cm)	Waterhoogte (cm)		temp	egv	waterhoogte
gem	3.0	320.3	37.2		2.4	13.7	0.8
med	2.8	331.0	37.0		2.3	8.0	0.5
max	10.2	474.0	40.3		5.7	113.0	3.0
min	0.0	195.0	35.9		0.2	1.0	0.1
st.dev	2.3	43.0	0.8		1.4	20.6	0.7

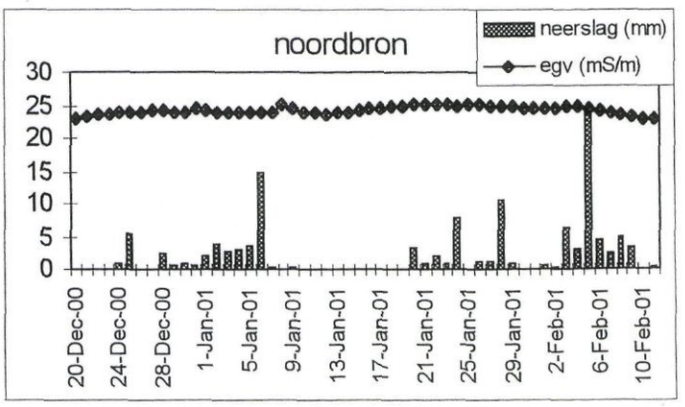


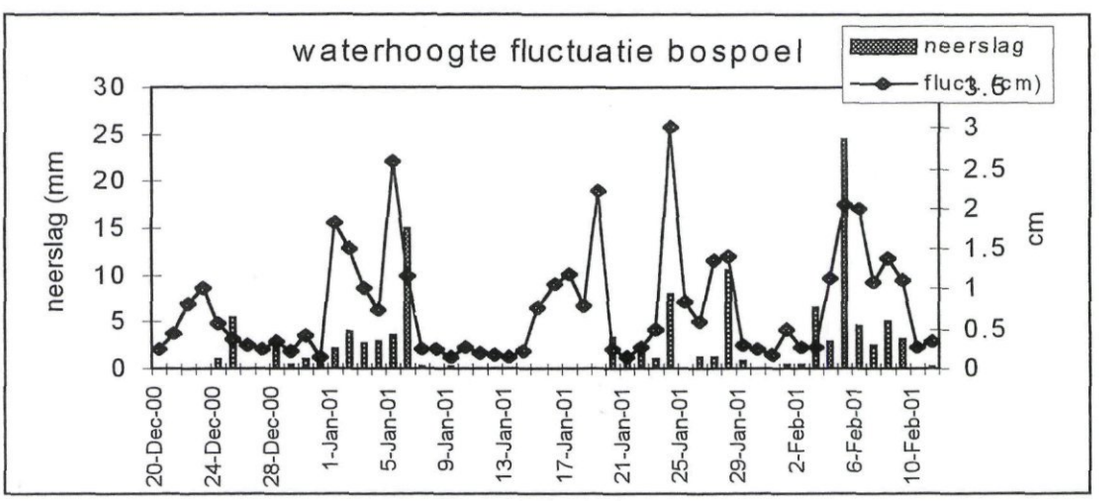
Figuur 79: verloop daggemiddelden temperatuur (in °C), EGV (mS/m) en waterhoogte in cm's

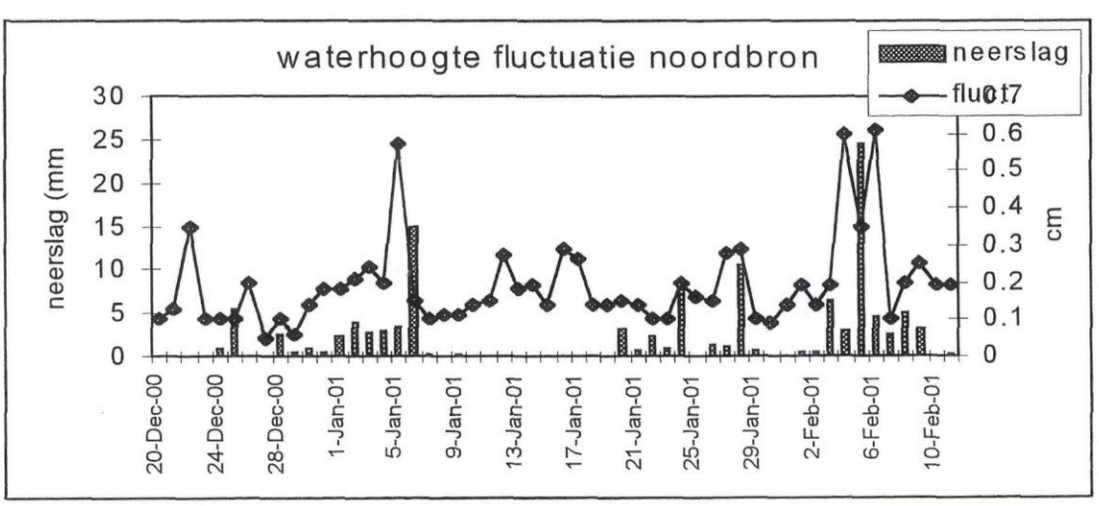
Noordbron	Onderzoeksperiode				Dagelijkse fluctuatie		
	temp	egv	waterhoogte		temp	egv	waterhoogte
gem	8.0	244.2	30.9		0.6	6.7	0.3
med	8.4	242.0	30.9		0.5	3.0	0.2
max	10.6	276.0	31.9		2.1	38.0	1.1
min	4.7	225.0	30.3		0.1	0.0	0.1
st.dev	1.6	10.6	0.4		0.3	7.8	0.2

BIJLAGE 6: Neerslag, EGV en waterhoogte

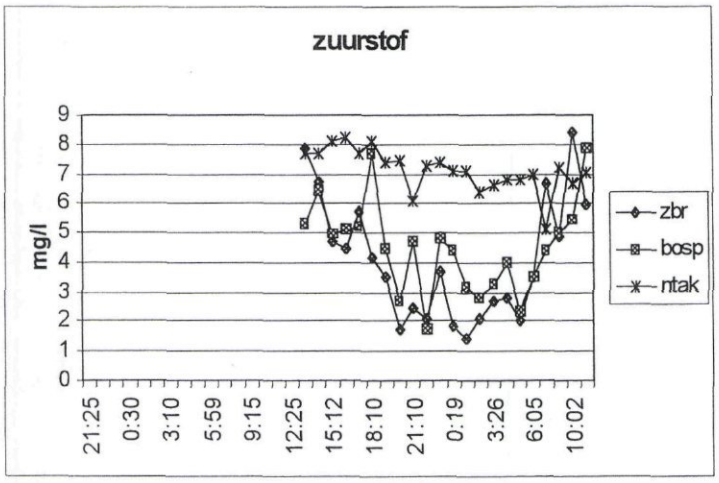


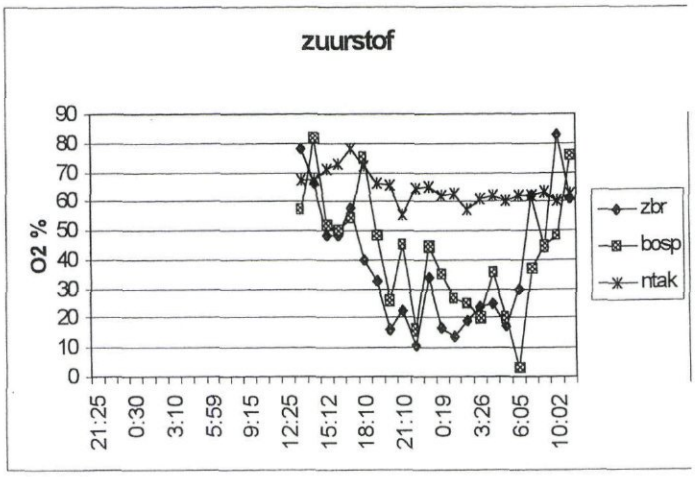


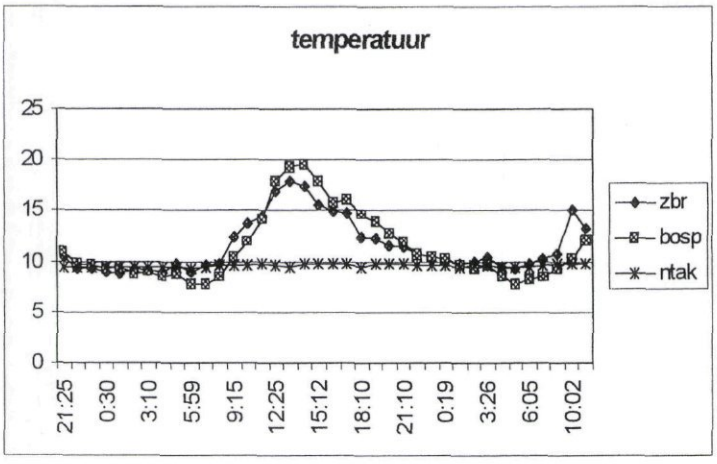


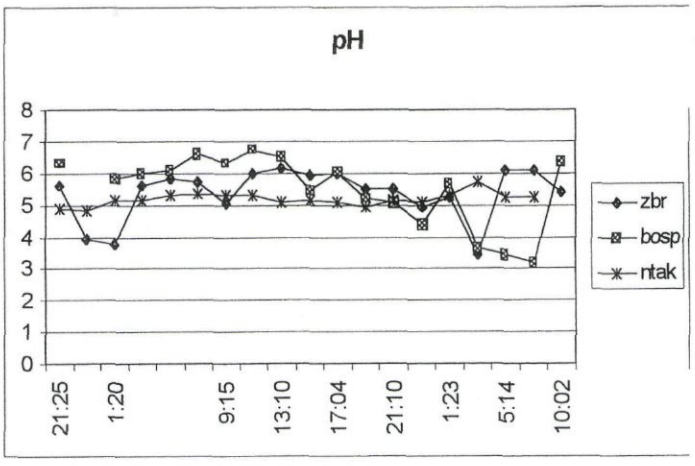


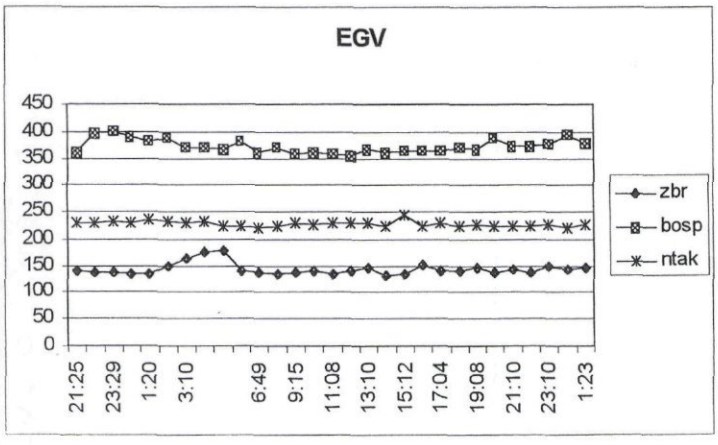
BIJLAGE 7: Fysisch-chemische resultaten Bassie et al. (2000)



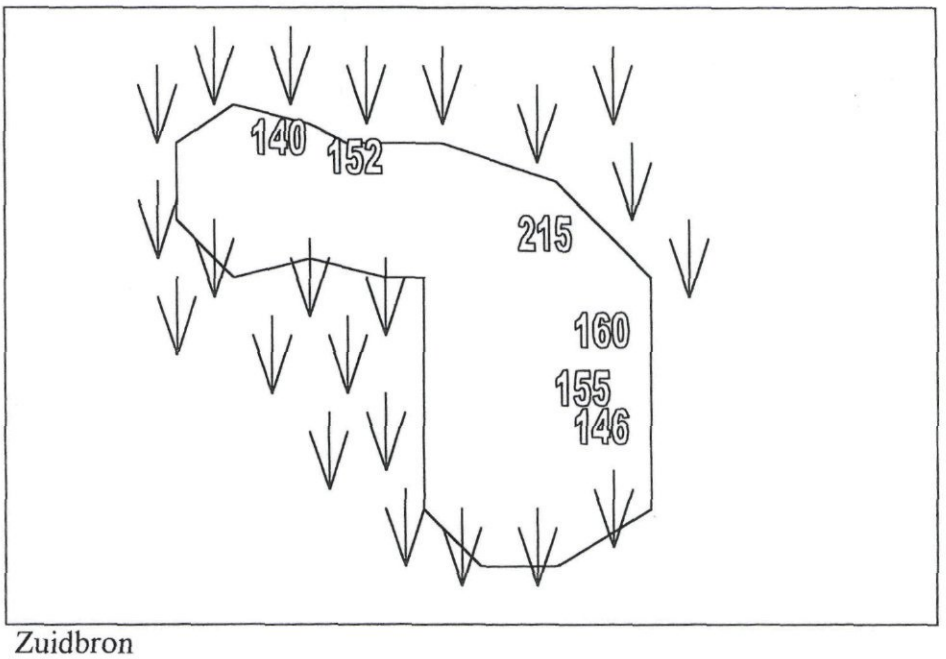




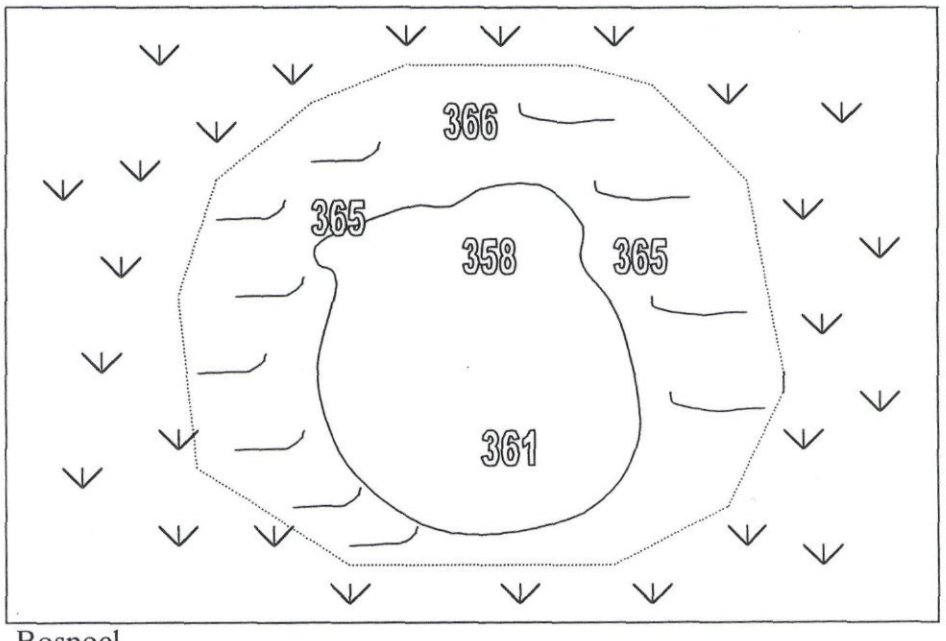




BIJLAGE 8: Overzicht ruimtelijke variatie EGV

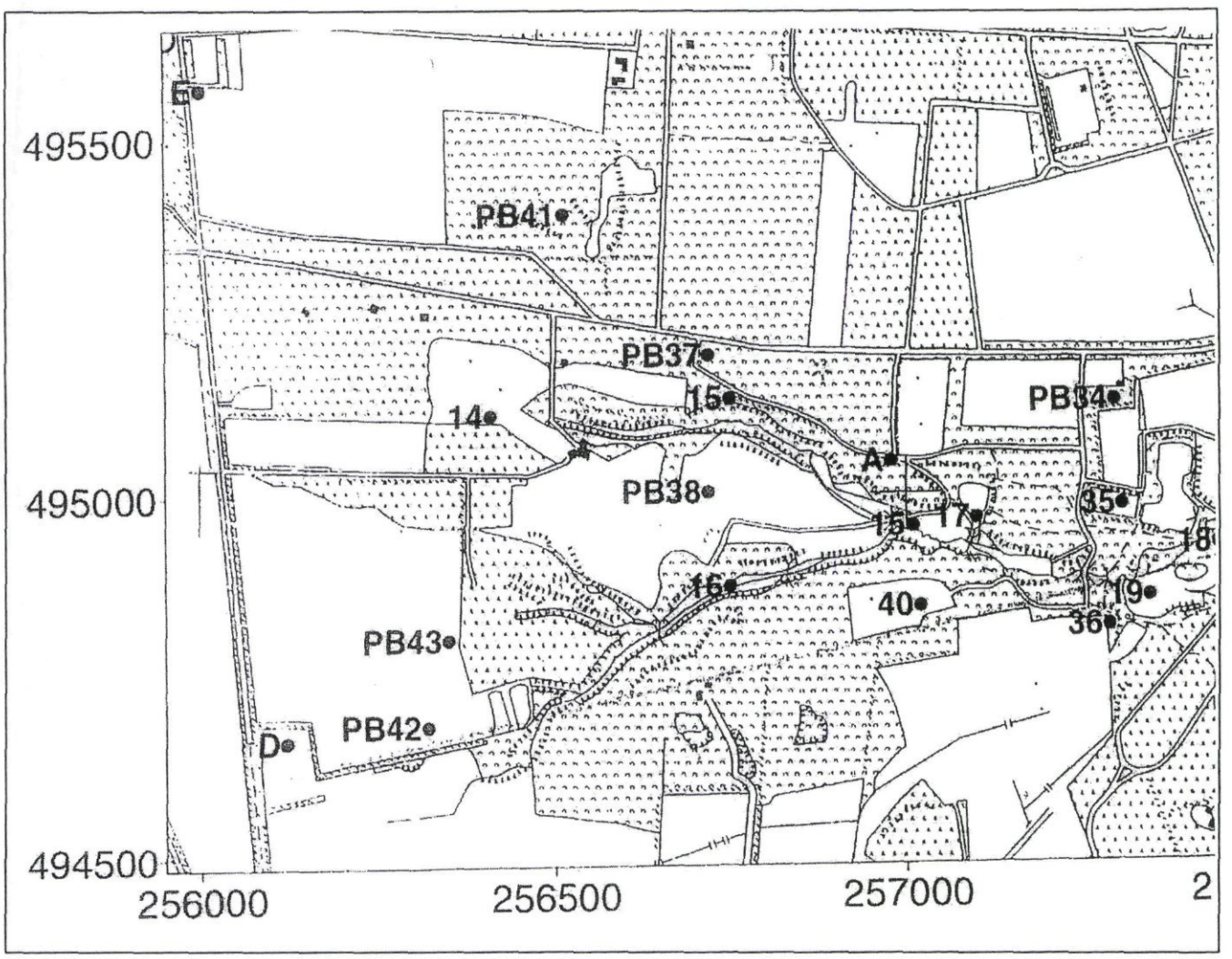


Zuidbron



Bospoel

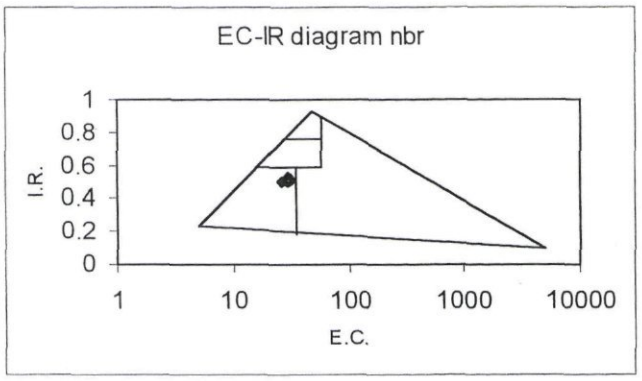
BIJLAGE 9: Overzicht peilbuislocaties en grondwaterchemie

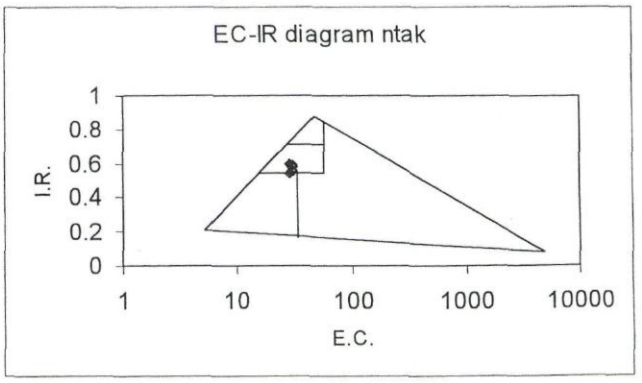


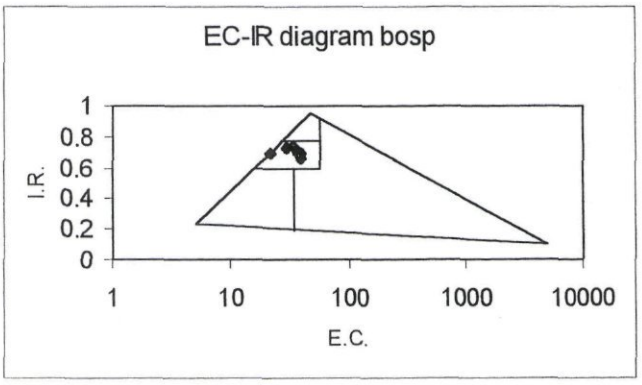
BIJLAGE 9: Overzicht peilbuislocaties en grondwaterchemie

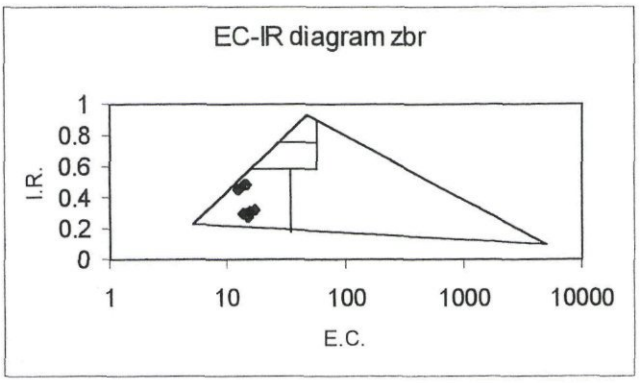
SBB nummer	onderzijde filter m-mv	datum	pH	EGV µS/cm	I.R.	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	Fe mg/l	NH4-N mg/l	NO3-N mg/l	HCO3 mmol/l	PO4-P mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	N-tot mg/l	P-tot mg/l
D	5.00	Apr-98	4.79	531	0.60	56.36	28.91	8.90	33.65	0.00	0.12	60.63	0.13	0.076	67.1	58.7	72	0.09
D	5.00	Nov-98	4.86	504	0.53	42.63	29.18	9.81	31.53	0.05	0.08	48.32	0.23	0.048	67.1	51.7	56	0.04
D	17.00	Apr-98	5.16	346	0.58	37.33	12.10	4.25	22.30	0.00	0.09	32.34	0.23	0.055	47.2	32.7	36	0.06
D	17.00	Nov-98	5.52	371	0.53	34.41	14.49	5.57	21.18	0.01	0.07	22.65	0.43	0.076	54.1	39.9	24	0.1
D	22.00	Apr-98	6.85	580	0.80	95.90	4.68	2.24	17.19	0.00	0.09	5.70	3.05	0.047	42	95.3	6	0.06
D	22.00	Nov-98	7.14	538	0.79	82.56	4.83	2.26	16.50	0.08	0.10	0.30	3.00	0.074	40.05	102.2	0	0.17
D	36.00	Apr-98	7.38	273	0.82	44.82	1.93	0.93	5.78	0.00	0.14	0.28	2.45	0.264	18.05	0.0	1	0.28
D	36.00	Nov-98	7.42	257	0.81	42.73	2.56	1.68	7.46	0.22	0.13	0.03	2.45	0.276	18.35	0.0	0	0.33
E	36.00	Apr-98	6.55	231	0.55	21.53	7.74	4.04	7.70	0.00	0.09	1.80	0.80	0.079	30.65	29.2	3	0.09
E	36.00	Nov-98	6.34	234	0.53	19.23	7.05	1.80	11.72	0.00	0.13	3.75	0.65	0.064	30.5	23.8	4	0.25
14A	2.50	Apr-98	5.35	161	0.57	13.75	5.84	2.36	5.74	0.04	0.10	5.70	0.13	0.048	18.1	31.7	6	0.05
14A	2.50	Nov-98	4.9	183	0.45	9.35	6.26	2.58	9.13	0.22	0.12	3.90	0.05	0.0034	20.1	41.0	4	0.11
14B	5.00	Apr-98	5.1	243	0.59	25.72	9.37	2.57	12.10	0.00	0.11	19.74	0.13	0.052	31.5	29.2	20	0.06
14B	5.00	Nov-98	5.12	222	0.52	18.85	8.67	3.67	13.45	0.22	0.09	16.83	0.10	0.042	30.4	26.5	18	0.08
15A	0.50	Apr-98	5.9	219	0.44	16.02	5.73	4.21	9.62	6.65	0.81	0.24	1.10	0.246	35.9	2.6	2	0.26
15B	1.00	Apr-98	5.72	263	0.61	19.21	9.07	3.07	11.36	0.03	0.20	0.42	1.25	0.037	22.1	35.8	1	0.04
15B	1.00	Nov-98	5.46	188	0.44	11.89	5.84	2.47	10.22	0.08	0.09	5.10	0.20	0.051	26.7	23.5	7	0.1
15C	1.50	Apr-98	4.76	186	0.57	16.43	6.41	2.91	7.99	0.00	0.10	10.26	0.05	0.026	22.3	28.6	11	0.03
15C	1.50	Nov-98	4.61	216	0.29	8.81	6.56	2.49	15.71	0.09	0.08	7.75	0.03	0.055	37.55	21.8	9	0.1
16A	0.50	Apr-98	6.53	262	0.74	26.41	5.43	5.95	9.35	8.23	1.18	2.40	2.23	1.712	16.9	1.0	4	1.95
16B	1.00	Apr-98	6.65	229	0.70	22.81	4.77	5.86	9.96	1.47	0.39	0.17	2.05	0.322	17.6	0.8	1	0.45
16B	1.00	Nov-98	6.53	213	0.63	16.65	4.28	6.55	15.83	1.16	0.50	0.02	1.90	0.065	17.45	0.4	0	0.18
16C	1.50	Apr-98	6.6	179	0.63	16.03	4.17	4.34	8.97	3.65	0.19	0.06	1.45	0.136	16.8	2.8	1	0.14
16C	1.50	Nov-98	6.5	170	0.57	14.44	3.78	4.92	13.02	1.76	0.13	0.05	1.25	0.095	19.55	5.9	0	0.22
PB37	5.00	Apr-98	6.04	206	0.66	20.79	5.48	1.26	8.05	0.00	0.13	5.70	0.45	0.065	19.35	32.6	7	0.08
PB37	5.00	Nov-98	5.11	169	0.53	14.80	3.38	2.05	7.77	0.03	0.09	4.05	0.08	0.017	22.85	30.5	4	0.1
PB41	4.00	Apr-98	4.25	127	0.41	5.28	2.69	1.56	7.56	0.00	0.10	3.15	0.00	0.008	13.3	21.0	8	0.05
PB41	4.00	Nov-98	4.22	108	0.30	2.99	1.51	0.86	7.08	0.03	0.10	1.65	0.00	0.013	12.21	16.7	2	0.04
PB42	1.00	Apr-98	6.31	240	0.70	24.62	5.20	4.66	9.50	0.35	0.15	0.26	1.45	0.162	18.53	29.9	1	0.19
PB43	1.20	Apr-98	6	234	0.65	29.22	8.63	5.46	11.71	0.15	0.20	23.37	0.45	0.288	28.25	9.3	24	0.34
PB43	1.20	Nov-98	5.84	323	0.60	32.19	16.41	6.34	22.99	0.16	0.14	30.20	0.33	0.101	38.35	21.7	34	0.11

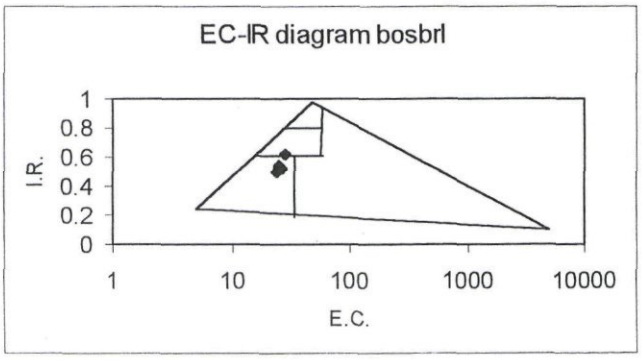
BIJLAGE 10: EC-IR diagrammen

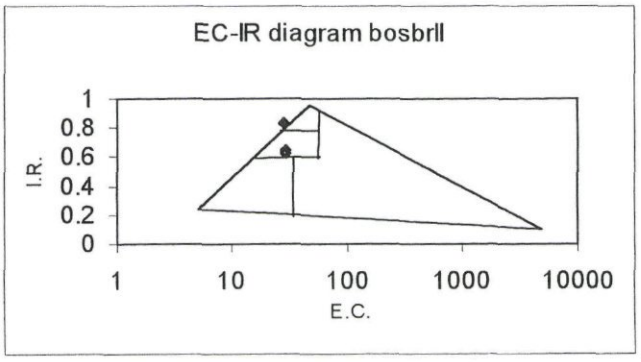




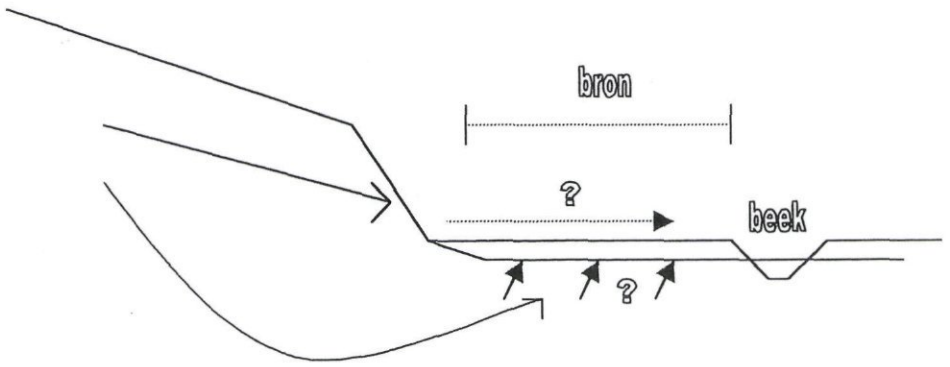








Bijlage 11: Dwarsdoorsnede noordbron: grond- en bronwatersamenstelling



Opmerking: Niet op schaal

Bronwatersamenstelling november

Datum	pH	EGV	Ca	Mg	K	Na	Fe	NH4	NO3	HCO3	PO4	Cl	SO4
waarde	5.8	306	21.7	8.4	5.3	14.9		0.06	11.36	19.1	0.07	31.5	25.3

Venige bosgrond tot 30 cm diep

noordbron

0.50m -mv

Apr 98	5.9	219	16.0	5.7	4.2	9.6	6.7	0.81	0.24	1.1	0.25	35.9	2.6

1.00m-mv

Apr 98	5.7	263	19.2	9.1	3.1	11.4	0.03	0.2	0.42	1.3	0.037	22.1	35.8
Nov 98	5.5	188	11.9	5.8	2.5	10.2	0.08	0.09	5.10	0.20	0.051	26.7	23.5

1.50m-mv

Apr 98	4.8	186	16.4	6.4	2.9	8.0	0.0	0.10	10.26	0.05	0.026	22.3	28.6
Nov 98	4.6	216	8.8	6.6	2.5	15.7	0.09	0.08	7.75	0.03	0.055	37.6	21.8

BIJLAGE 12: Soortenlijst per bron

Bospoel

* = alleen aangetroffen in deze bron

Taxonnaam	tax groep	taxoncode	bos0399	bos0499	bos0599	bos0799	bos0999	bos1099	bos0100	bos0300	bos0500	bos0700	bos0900
Argyroneta aquatica*	ARAN	ARROAQUA											1
Pisidium subtruncatum*	BIV	PISISUBT									2		
cf conchapelopia	CHIR	CONCHAS0							2	21			64
Chaetocladius gr piger	CHIR	CHCLgPIG		29							2		
Chaetocladius piger agg	CHIR	CHCLPIGA		163	92	22	1	2	43	20		16	
Chaetocladius sp	CHIR	CHCLADSP		1							2		
Chironomidae	CHIR	CHIRONAE		285				2				2206	
Chironomini	CHIR	CHIRONOM			4	8							
Chironomus luridus agg	CHIR	CHIRLURa						1					
Chironomus sp	CHIR	CHIRONSP		481	316	16	4					14	
Chironomus striatus*	CHIR	CHIRSTRI										2	
Cladotanytarsus sp	CHIR	CLADOTSP				4							
Conchapelopia sp	CHIR	CONCHASP						18					
Corynoneura antennalis	CHIR	CONEANTE							61	47		6	75
Corynoneura scutellata agg	CHIR	CONESCUA						7			4		3
Corynoneura sp	CHIR	CONEURSP				6			6	6			
Cricotopus gr sylvestris	CHIR	CRICgSYL				8						20	
Cricotopus sp	CHIR	CRICOTSP			13			4				2	
Krenopelopia sp*	CHIR	KRENOPSP							18	36			
Limnophyes sp	CHIR	LIESSPEC					2		12				5
Macropelopia / apsectrotanypus	CHIR	MALOAPSE					4		6				
Macropelopia adaucta	CHIR	MALOADAU											2
Macropelopia nebulosa	CHIR	MALONEBU											1
Macropelopia sp	CHIR	MALOPISP			195	139	29	14	530	15	48	24	76
Macropelopia /apsectrotantrifascipennis	CHIR	MALOAPTR									64	58	
Metriocnemus hirticollis	CHIR	MEOCHICO							17				
Metriocnemus hirticollis agg	CHIR	MEOCHIRA					2	18				8	
Metriocnemus hygropetricus agg	CHIR	MEOCHYGA					1		5		2		
Metriocnemus inopinatus agg	CHIR	MEOCINOA							3	1			
Metriocnemus hirticollis/hygropetricus	CHIR	MEOCOBSC									4		
Metriocnemus sp	CHIR	MEOCNESP							1				
Micropsectra atrofasciata	CHIR	MIPSATRO								6			
Micropsectra junci	CHIR	MIPSJUNC							15				2
Micropsectra gr atrofasciata	CHIR	MIPSGATR								110	102	252	
Micropsectra lindrothi	CHIR	MIPSLIND					3	20	24		214	134	
Micropsectra gr recurvata	CHIR	MIPSGREC											23
Micropsectra sp	CHIR	MIPSECSP		82	1077	1666	1		47		14	4	
Natarsia sp	CHIR	NATARSSP							8				9
Orthocladiinae	CHIR	ORCLADAE		5		10							
Chironomidae	CHIR	CHIRONAE								3			
Parametriocnemus stylatus*	CHIR	PAOCSTYL								1			
Paraphaenocladius pseudirritus agg*	CHIR	PAPHPSEA								1			

Taxonnaam	tax groep	taxoncode	bos0399	bos0499	bos0599	bos0799	bos0999	bos1099	bos0100	bos0300	bos0500	bos0700	bos0900
Paratanytarsus sp	CHIR	PATANYSP			4		2		1			4	
Paratendipes sp	CHIR	PATENDSP					1						
Pentaneurini*	CHIR	PENTANEU				12							
Polypedilum gr nubeculosum	CHIR	POPEGNUB					55	42	15		4	8	
Polypedilum sp	CHIR	POPEDISP					1						
Procladius sp	CHIR	PRDIUSSP				92	33	28	4		68	32	2
Psectrocladius gr sordidellus/limbatellus	CHIR	PSCLgSOL									6	48	
Psectrotanypus varius	CHIR	PSTAVARI			19	12					2		
Rheocricotopus atripes*	CHIR	RHCRATRI											1
Tanypodinae	CHIR	TAPODIAE			10	6	56	3					
Tanypus sp	CHIR	TAPUSSPE			16								
Tanytarsini	CHIR	TATARSIN		1	47	41						8	
Tanytarsus sp	CHIR	TATARSSP			150				2	7	118	230	8
Xenopelopia sp*	CHIR	XEPELOSP				4							
Zavrelimyia sp	CHIR	ZAMYIASP				12	187	157	23	33	20	126	42
Agabus bipustulatus	COLE	AGABBIPU				10	3	3		4	12	88	1
Agabus paludosus*	COLE	AGABPALU						1					
Agabus sp larve	COLE	AGABUSS6				3	4		17	5		4	
Agabus sturmii*	COLE	AGABSTUR									6		
Anacaena lutescens	COLE	ANACLUTE									16	12	
Anacaena sp	COLE	ANACAESP									2	20	
Coelambus impressopunctatus*	COLE	COLAIMPR										4	
Coelostoma orbiculare*	COLE	COSTORBI									2		
Coleoptera	COLE	COLEOPTE											3
Colymbetinae	COLE	COLYMNAE		1			3	5					
Dytiscidae	COLE	DYTISCAE				1	13	2					
Enochrus affinis*	COLE	ENOCAFFI										4	
Haliplus sp larve*	COLE	HALIPLS6					2						
Helochares lividus	COLE	HERELIVI									2	8	1
Helochares punctatus*	COLE	HEREPUNC							1				
Helochares sp larve	COLE	HERESSP6											1
Helophorus aequalis	COLE	HERUAEQU									168	36	
Helophorus brevipalpis	COLE	HERUBREV				18					8	56	
Helophorus obscurus*	COLE	HERUOBSC										64	
Helophorus sp	COLE	HERUORSP							1		10		
Hydrobius fuscipes	COLE	HYUSFUSC					1				4	24	
Hydroporus discretus*	COLE	HYPODISC											1
Hydroporus pubescens	COLE	HYPOPUBE										8	
Hydroporus sp	COLE	HYPORUSP									18		
Ilybius aenescens*	COLE	ILYBAENE											10
Ilybius fuliginosus	COLE	ILYBFULI						2	1			8	
Ilybius sp larve	COLE	ILYBIUS6											19
Ilybius subaeneus*	COLE	ILYBSUBA							1				1
Laccobius bipunctatus	COLE	LABIBIPU									16	16	6
Laccobius minutus	COLE	LABIMINU									2	8	
Laccobius sp	COLE	LABIUSSP										4	
Laccobius sp larve	COLE	LABIUSS6			3	1	2				16	24	2
Limnebius truncatellus*	COLE	LIBITRTE									2		
Gammarus sp	CRUS	GAMMARSP				1							
Anopheles atroparvus/messeae*	DIPT	ANOPATME				4							

Taxonnaam	tax groep	taxoncode	bos0399	bos0499	bos0599	bos0799	bos0999	bos1099	bos0100	bos0300	bos0500	bos0700	bos0900
Anopheles claviger	DIPT	ANOPCLAV					12					18	13
Anopheles gr maculipennis*	DIPT	ANOPGMAC				1	1				16		
Anopheles sp	DIPT	ANOPHESP					2	16	1			28	
Brachycera*	DIPT	BRRA				1							
Ceratopogonidae	DIPT	CEPOGOAE									16	12	24
Ceratopogonidae	DIPT	CEPOGOAE				6	6	10	90	2	18	16	25
Chelifera sp	DIPT	CHFEIFSP						1		4			
Clinocera sp*	DIPT	CLCERASP							3	11			
Culex pipiens*	DIPT	CULEPIPI										12	
Culex pipiens/torrentium	DIPT	CULEPITO					4						
Culex sp	DIPT	CULEXSPE					1					12	
Culicidae	DIPT	CUCIDAE											1
Culicoides sp*	DIPT	CUCOIDSP											4
Culiseta subochrea cf*	DIPT	CUSESUB0					1						
Dasyhelea sp	DIPT	DASYHESP											3
Diptera	DIPT	DIPTERA		7	1								
Dixa dilatata*	DIPT	DIXADILA							1				
Dixa sp	DIPT	DIXASPEC							2				
Dixella aestivalis	DIPT	DIXEAEST					12	3			8		
Dixella martinii*	DIPT	DIXEMART									4	82	76
Dixella obscura	DIPT	DIXEOBSC					5	27	47				
Dixella sp	DIPT	DIXELLSP					20	25	18				49
Dixidae	DIPT	DIXIDAE				4	20						
Ephydridae pop*	DIPT	EPDRIDA4											2
Limonia sp*	DIPT	LIMONISP						1					
Molophilus sp	DIPT	MOLOPHSP						1					
Notiphila sp	DIPT	NOPHILSP					2	1					
Ormosia sp*	DIPT	ORMOSISP						2					
Pericoma sp	DIPT	PECOMASP						45					
Phylidorea sp	DIPT	PHLIDOSP							4				
Psychoda sp	DIPT	PSDASPEC											1
Psychodidae	DIPT	PSDIDAE							62	4			
Ptychoptera sp	DIPT	PTYCHOSP											1
Satchelliella sp*	DIPT	SATCHESP											1
Stratiomyidae	DIPT	STRATIAE											1
Tabanidae	DIPT	TABANIAE		1									
Tabanus sp*	DIPT	TABANUSP									2		
Telmatoscopus sp	DIPT	TESCOPSP				1							
Tetanocera ferruginea*	DIPT	TETAFERR											1
Tipula gr lateralis	DIPT	TIPUGLAT									2		
Tipula lateralis	DIPT	TIPULATE							34		2	4	
Tipula sp	DIPT	TIPULASP					1						
Ulomyia sp*	DIPT	ULOMYISP											1
Wiedemannia sp /Pseudowiedemannia sp*	DIPT	WIEDPSEU							1				
Baetidae	EPHE	BAETIDAE				1	246		3				
Cloeon dipterum	EPHE	CLOEDIPT				351	10	951	54	99	4	136	33
Ephemeroptera	EPHE	EPROPTER					2	2	2				1
Galba truncatula	GASTR	GALBTRUN							1		2	48	4
Corixidae*	HETE	CORIXIAE			11	69					8		
Gerris argentatus nymphe*	HETE	GERRARG5				1							
Gerris gibbifer*	HETE	GERRGIBB					3					12	
Gerris lacustris*	HETE	GERRLACU				1	1					8	

Taxonnaam	tax groep	taxoncode	bos0399	bos0499	bos0599	bos0799	bos0999	bos1099	bos0100	bos0300	bos0500	bos0700	bos0900
Gerris odontogaster nymphe*	HETE	GERRODO5				2							
Gerris sp*	HETE	GERRISSP				18						4	
Hydrometra stagnorum	HETE	HYMESTAG					6				6	10	
Nepa cinerea	HETE	NEPACINE										32	
Sigara nigrolineata*	HETE	SIGANIGR				89	2		4				
Sigara sp nymphe*	HETE	SIGARAS5					1						
Erpobdellidae	HIRU	ERPOBDAE	1										
Haementeria costata*	HIRU	HAMECOST	1										
Helobdella stagnalis*	HIRU	HEBDSTAG								1			
Arrenurus leuckarti*	HYDR	ARRELEUC										2	1
Arrenurus sp*	HYDR	ARRENUSP									2		
Sperchon squamosus*	HYDR	SPCHSQUA											2
Sialis lutaria*	MEGA	SIALLUTA							1				
Anisoptera	ODON	ANISOPTE						55	20			8	
Coenagrion puella/pulchellum*	ODON	CONAPUPU								3			
Coenagrion sp	ODON	CONAGRSP										4	
Coenagrionidae	ODON	CONAGRAE					38	69	9	4	2		8
Corduliidae	ODON	COLIIDAE											4
Libellulidae	ODON	LIBELLAE									2	16	
Pyrrhosoma nymphula*	ODON	PYRRNYMP					1	42	10		16	36	31
Zygoptera	ODON	ZYGOPTER					3						
Enchytraeidae	OLIG	ENEIDAE		2	4				3	15	8		2
Naididae	OLIG	NAIDIDAE									8		
Nais communis	OLIG	NAISCOMM						25		25	188	44	
Nais variabilis	OLIG	NAISVARI							2				
Oligochaeta	OLIG	OLCHAETA		1							6		
Pristina amphibiotica	OLIG	PRISAMPH									10		
Pristina idrensis*	OLIG	PRISIDRE								1			
Stylodrilus heringianus*	OLIG	STLOHERI			1								
Nemoura cinerea	PLEC	NERACINE							8	1			
Nemurella pictetii*	PLEC	NEMUPICT										12	1
Nemoura sp	PLEC	NERASPEC							3	1			
Glyphotaelius pellucidus*	TRICH	GLPHPELL							2				
Limnephilidae	TRICH	LILIDAE						2		3			
Limnephilus hirsutus	TRICH	LILUHIRS							1				
Limnephilus lunatus	TRICH	LILULUNA								6	2		
Oligotrichia striata*	TRICH	OLTRSTRI							1				
Plectrocnemia conspersa	TRICH	PLCNCONS							4				
Sericostoma personatum	TRICH	SESTPERS											1
Polycelis nigra/tenuis*	TRIC	POLINITE									2		
Tricladida	TRIC	TRDIDA											2

Zuidbron

* = alleen aangetroffen in deze bron

Taxonnaam	tax groep	taxoncode	zbr0399	zbr0499	zbr0599	zbr0799	zbr0999	zbr1099	zbr0100	zbr0300	zbr0500	zbr0700	zbr0900
Acricotopus lucens	CHIR	ACRILUCE					21						
cf conchapelopia	CHIR	CONCHAS0										14	6
Chaetocladius gr piger	CHIR	CHCLgPIG										1	
Chaetocladius melaleucus*	CHIR	CHCLMELA											2
Chaetocladius piger agg	CHIR	CHCLPIGA					3		15	41	14	4	
Chaetocladius sp	CHIR	CHCLADSP					2				39	2	
Chironomidae	CHIR	CHIRONAE		1	2	1							200
Chironomus luridus agg	CHIR	CHIRLURa						1					
Chironomus riparius agg	CHIR	CHIRRIRA			3								
Chironomus sp	CHIR	CHIRONSP		649	289			10			4		
Conchapelopia sp	CHIR	CONCHASP					2						
Corynoneura scutellata agg	CHIR	CONESCUA					1						
Cricotopus gr sylvestris	CHIR	CRICgSYL			4		1						
Cricotopus sp	CHIR	CRICOTSP			3								
Cricotopus sylvestris agg	CHIR	CRICSYLa			26								
Eukiefferiella brevicalcar agg*	CHIR	EUKIBREA		5									
Heterotrissocladius marcidus*	CHIR	HETRMARC								2			
Macropelopia / apsectrotanypus	CHIR	MALOAPSE					62		23	37	9	84	
Macropelopia adaucta	CHIR	MALOADAU											6
Macropelopia nebulosa	CHIR	MALONEBU											2
Macropelopia sp	CHIR	MALOPISP		2			39	51	74	75	18	88	119
Macropelopia /apsectrotantrifascipennis	CHIR	MALOAPTR									9	7	
Metriocnemus inopinatus agg	CHIR	MEOCINOA							1				
Metriocnemus sp	CHIR	MEOCNESP				6							
Micropsectra bidentata*	CHIR	MIPSBIDE											3
Micropsectra gr atrofasciata	CHIR	MIPSGATR						1		13	43	10	
Micropsectra lindrothi	CHIR	MIPSLIND						1			15	15	
Micropsectra notescens	CHIR	MIPSNOTE								1		1	
Micropsectra gr recurvata	CHIR	MIPSGREC											19
Micropsectra sp	CHIR	MIPSECSP							4	2		1	
Microtendipes gr chloris	CHIR	MITEGCHL									1		
Natarsia sp	CHIR	NATARSSP						2	2	3			2
Orthocladiinae	CHIR	ORCLADAE		22	108								
Chironomidae	CHIR	CHIRONAE								6			
Orthocladius sp	CHIR	ORCLADSP		11									
Paraphaenocladius impensus agg*	CHIR	PAPHIMPa				6							
Polypedilum breviantennatum	CHIR	POPEBREV								1			
Polypedilum gr nubeculosum	CHIR	POPEGNUB					1	1	1	1	1		
Procladius sp	CHIR	PRDIUSSP					9	2	16	20		42	3
Psectrocladius gr sordidellus/limbatellus	CHIR	PSCLgSOL						1			3		
Psectrotanypus varius	CHIR	PSTAVARI						5					
Tanypodinae	CHIR	TAPODIAE					4	1				32	
Tanytarsini	CHIR	TATARSIN						1	1	3	2	2	
Tanytarsus sp	CHIR	TATARSSP					4	37	113	25	300	29	135
Zavrelimyia sp	CHIR	ZAMYIASP					18	48		3	4	52	
Adephaga	COLE	ADEPHAGA									4		
Agabus bipustulatus	COLE	AGABBIPU					1				1	3	

Taxonnaam	tax groep	taxoncode	zbr0399	zbr0499	zbr0599	zbr0799	zbr0999	zbr1099	zbr0100	zbr0300	zbr0500	zbr0700	zbr0900
Agabus montanus*	COLE	AGABMONT									2		
Anacaena lutescens	COLE	ANACLUTE									2	2	
Coleoptera	COLE	COLEOPTE				1							1
Colymbetinae	COLE	COLYMNAE					1						
Dytiscidae	COLE	DYTISCAE					3					1	
Elodes minuta	COLE	ELODMINU					1	1					
Helochares lividus	COLE	HERELIVI					2				3	1	
Helophorus aequalis	COLE	HERUAEQU									52	1	
Helophorus brevipalpis	COLE	HERUBREV				3	2						
Helophorus sp	COLE	HERUORSP				1					2	4	
Hydrobiinae	COLE	HYBIINAE									2		
Hydrobius fuscipes	COLE	HYUSFUSC									1		
Hydrobius fuscipes larve	COLE	HYUSFUS6									3		
Hydrochara sp larve*	COLE	HYRASPEC				1							
Hydrophilidae	COLE	HYLIDAE					1						
Hydroporus planus	COLE	HYPOPLAN										1	
Hydroporus sp	COLE	HYPORUSP									1		
Hygrotus sp larve*	COLE	HYTUSSP6		1									
Ilybius fuliginosus	COLE	ILYBFULI						1					12
Ilybius fuliginosus larve	COLE	ILYBFUL6						2					
Laccobius bipunctatus	COLE	LABIBIPU					5		1	2	12	8	1
Laccobius minutus	COLE	LABIMINU									3		
Laccobius sinuatus	COLE	LABISINU					1			2			
Laccobius sinuatus/striatulus	COLE	LABISIST					8						
Laccobius sp	COLE	LABIUSSP	47				6				22	11	
Laccobius striatulus	COLE	LABISTRI						1					
Polyphaga	COLE	POLYPHAG									2		
Sphaeridiinae	COLE	SPHAERAE					1						
Anopheles claviger	DIPT	ANOPCLAV											5
Anopheles sp	DIPT	ANOPHESP					3						
Ceratopogonidae	DIPT	CEPOGOAE				24	116	75	40	72	27	55	49
Chaoborus obscuripes*	DIPT	CHAOOBSC					4						
Cheilotrichia sp*	DIPT	CHTRICSP				4							
Chrysops sp	DIPT	CHSOPSSP					2		1				
Dasyhelea sp	DIPT	DASYHESP											13
Dixella aestivalis	DIPT	DIXEAEST					2						
Dixella obscura	DIPT	DIXEOBSC					5		2				
Dixella sp	DIPT	DIXELLSP					2						2
Dixidae	DIPT	DIXIDAE						1					
Erioptera sp	DIPT	ERPTERSP							1				
Lejogaster sp	DIPT	LEGASTSP								1	1		
Limoniidae	DIPT	LIMONIAE			2								
Molophilus sp	DIPT	MOLOPHSP				1							
Nematocera*	DIPT	NECERA									2		
Notiphila sp	DIPT	NOPHILSP						1	1				
Pericoma sp	DIPT	PECOMASP					2	1					
Phylidorea sp	DIPT	PHLIDOSP								1		1	
Pseudolimnophila sp	DIPT	PSLIMNSP							1				
Psychodidae	DIPT	PSDIDAE							28	2	1		
Ptychoptera lacustris	DIPT	PTYCLACU									3	25	
Ptychoptera scutellaris	DIPT	PTYCSCUT					2	1					
Ptychoptera sp	DIPT	PTYCHOSP					1		4			1	1

Taxonnaam	tax groep	taxoncode	zbr0399	zbr0499	zbr0599	zbr0799	zbr0999	zbr1099	zbr0100	zbr0300	zbr0500	zbr0700	zbr0900
Rhypholophus sp*	DIPT	RHYPHOSP			14								
Tabanidae	DIPT	TABANIAE				1							
Tipula gr lateralis	DIPT	TIPUGLAT					1	2			8		5
Tipula gr pruinosa*	DIPT	TIPUGPRU					1						
Tipula lateralis	DIPT	TIPULATE					61	5	9	3	2	1	
Tipula paludosa*	DIPT	TIPUPALU							1				
Tipula sp	DIPT	TIPULASP					12				13		
Tipulidae	DIPT	TIPULIAE									14	1	
Baetidae	EPHE	BAETIDAE					22						
Cloeon dipterum	EPHE	CLOEDIPT									4		2
Galba truncatula	GAST	GALBTRUN										3	12
Gastropoda	GAST	GASTROPO											6
Hydrometra stagnorum	HETE	HYMESTAG						1				1	
Mesovelia furcata*	HETE	MEVEFURC				1							
Nepa cinerea	HETE	NEPACINE					2			2			1
Anisoptera	ODON	ANISOPTE					2						
Libellulidae	ODON	LIBELLAE									1		5
Enchytraeidae	OLIG	ENEIDAE	4	5		51						10	
Lumbriculidae*	OLIG	LUCULIAE	2	2	2	2		5					
Lumbriculus variegatus*	OLIG	LUCUVARI							2		14	8	21
Naididae	OLIG	NAIDIDAE			2								
Nais communis	OLIG	NAISCOMM		3	5			1		1	74	40	
Nais communis/variabilis	OLIG	NAISCOVA					3						
Nais sp	OLIG	NAISSPEC			28						10		
Oligochaeta	OLIG	OLCHAETA										34	
Pristina amphibiotica	OLIG	PRISAMPH										14	
Pristina amphibiotica	OLIG	PRISAMPH											
Pristina sp	OLIG	PRISTISP										4	
Tubifex tubifex*	OLIG	TUFETUBI		52	2								
Tubificidae juv met haren*	OLIG	TUBIAEJM		10	35	10						12	
Nemoura cinerea	PLEC	NERACINE								6			
Limnephilidae	TRICH	LILIDAE				1			1	2			
Limnephilus lunatus	TRICH	LILULUNA									2	2	
Sericostoma personatum	TRICH	SESTPERS					4	1					1
Dugesia polychroa*	TRIC	DUGEPOLY			1								

WATERRANONKELPOEL

* = alleen aangetroffen in deze bron, ** niet aangetroffen in bospoel

Gecorrigeerde taxonnaam	tax groep	taxoncode	ran0999	ran1099	ran0100	ran0300	ran0500
Acricotopus lucens**	CHIR	ACRILUCE	2	2			
cf Conchapelopia	CHIR	CONCHAS0			13	5	
Chaetocladius piger**	CHIR	CHCLPIGE			2		
Chaetocladius piger agg	CHIR	CHCLPIGA		2	26	90	7
Chaetocladius sp	CHIR	CHCLADSP		2			
Chironomidae	CHIR	CHIRONAE	8		9	13	
Chironomus luridus agg	CHIR	CHIRLURa	15				
Chironomus riparius agg**	CHIR	CHIRRIRA	4				
Chironomus sp	CHIR	CHIRONSP	45	6			
Cladotanytarsus sp	CHIR	CLADOTSP	1				
Conchapelopia melanops*	CHIR	CONCMELA					2
Conchapelopia sp	CHIR	CONCHASP	1	95			
Corynoneura antennalis	CHIR	CONEANTE			4		
Corynoneura scutellata agg	CHIR	CONESCUA		1			
Cricotopus sp	CHIR	CRICOTSP	1				
Limnophyes sp	CHIR	LIESSPEC				18	1
Macropelopia / apsectrotanypus	CHIR	MALOAPSE	2		30	4	
Macropelopia nebulosa	CHIR	MALONEBU				14	
Macropelopia sp	CHIR	MALOPISP		55	99	46	14
Macropelopia /apsectrotantrifascipennis	CHIR	MALOAPTR					1
Metriocnemus hirticollis	CHIR	MEOCHICO			18	4	84
Metriocnemus hirticollis agg	CHIR	MEOCHIRA	3				44
Metriocnemus hygropetricus agg	CHIR	MEOCHYGA	1	2	12	1	205
Metriocnemus hirticollis/hygropetricus	CHIR	MEOCOBSC				1	7
Metriocnemus sp	CHIR	MEOCNESP		1	5		
Micropsectra atrofasciata	CHIR	MIPSATRO				4	
Micropsectra gr atrofasciata	CHIR	MIPSGATR				9	18
Micropsectra junci	CHIR	MIPSJUNC			17		
Micropsectra notescens**	CHIR	MIPSNOTE				3	
Micropsectra lindrothi	CHIR	MIPSLIND	1	5	40		2
Micropsectra sp	CHIR	MIPSECSP	5		92	1	3
Natarsia sp	CHIR	NATARSSP	2		3	7	
Orthocladiinae	CHIR	ORCLADAE			1		
Paratendipes gr nudisquama*	CHIR	PATEGNUD		17	4		
Paratendipes sp	CHIR	PATENDSP	5		21		
Polypedilum gr nubeculosum	CHIR	POPEGNUB	29	3	3	1	
Procladius sp	CHIR	PRDIUSSP		5			
Psectrocladius gr sordidellus/limbatellus	CHIR	PSCLgSOL	1				
Rheotanytarsus sp	CHIR	RHTANYSP	2	3			
Tanypodinae	CHIR	TAPODIAE			144		
Tanytarsini	CHIR	TATARSIN	2		12		
Tanytarsus sp	CHIR	TATARSSP	12	1			1
Trissopelopia longimana*	CHIR	TRLOLONG	2				
Zavrelimyia nubila*	CHIR	ZAMYNUBI	1				
Zavrelimyia sp	CHIR	ZAMYIASP	36	24			2
Agabus bipustulatus	COLE	AGABBIPU	7	3			1

Gecorrigeerde taxonnaam	tax groep	taxoncode	ran0999	ran1099	ran0100	ran0300	ran0500
Agabus sp larve	COLE	AGABUSS6			8		1
Anacaena sp	COLE	ANACAESP					1
Colymbetinae	COLE	COLYMNAE		3			
Dytiscidae larve	COLE	DYTISCA6	2				
Haliplus sp	COLE	HALIPLSP	1				
Helochares lividus	COLE	HERELIVI	7				
Helophorus aequalis	COLE	HERUAEQU	2	10			
Helophorus brevipalpis	COLE	HERUBREV	1	1			
Helophorus sp	COLE	HERUORSP	1				2
Hydrobius fuscipes	COLE	HYUSFUSC	3				
Hydroporus planus**	COLE	HYPOPLAN		5			
Hydroporus pubescens	COLE	HYPOPUBE	1				
Hydroporus sp	COLE	HYPORUSP			1		
Ilybius fuliginosus	COLE	ILYBFULI	1				
Laccobius bipunctatus	COLE	LABIBIPU	10	1		3	
Laccobius sinuatus**	COLE	LABISINU	2				
Laccobius sp larve	COLE	LABIUSS6	10				1
Laccobius striatulus**	COLE	LABISTRI	2				
Anopheles claviger	DIPT	ANOPCLAV	1				
Anopheles sp	DIPT	ANOPHESP	1	1			
Ceratopogonidae	DIPT	CEPOGOAE	90	185	451	76	54
Chelifera sp	DIPT	CHFEIFSP		2			
Chrysopilus sp*	DIPT	CHPILUSP		1			
Chrysops sp**	DIPT	CHSOPSSP	1				
Clinocera stagnalis	DIPT	CLCESTAG				2	
Culex pipiens/torrentium	DIPT	CULEPITO	3				
Culex sp	DIPT	CULEXSPE	14				
Culicidae	DIPT	CUCIDAE	1				
Dixella aestivalis	DIPT	DIXEAEST	2	1			
Dixella martinii	DIPT	DIXEMART					34
Dixella obscura	DIPT	DIXEOBSC		10	16	4	
Dixella sp	DIPT	DIXELLSP	10			1	29
Dixidae	DIPT	DIXIDAE					1
Dolichopodidae*	DIPT	DOPODIAE					1
Erioptera sp**	DIPT	ERPTERSP			1		
Lejogaster sp	DIPT	LEGASTSP	1			8	
Muscidae*	DIPT	MUSCIDAE					2
Pericoma sp	DIPT	PECOMASP	1	71			28
Phylidorea sp	DIPT	PHLIDOSP		1	1		
Pilaria gr discicollis*	DIPT	PILAGDIS					1
Pseudolimnophila sp	DIPT	PSLIMNSP			1		
Psychoda sp	DIPT	PSDASPEC					119
Psychodidae	DIPT	PSDIDAE			54	22	10
Ptychoptera albimana*	DIPT	PTYCALBI				2	
Ptychoptera lacustris**	DIPT	PTYCLACU					2
Ptychoptera scutellaris**	DIPT	PTYCSCUT		15			
Ptychoptera sp	DIPT	PTYCHOSP					1
Syrphidae*	DIPT	SYRPHIAE		1			
Telmatoscopus sp	DIPT	TESCOPSP					55
Tipula gr lateralis	DIPT	TIPUGLAT	70				
Tipula lateralis	DIPT	TIPULATE	12	28	35	7	
Tipula sp	DIPT	TIPULASP	36	2	4		

Gecorrigeerde taxonnaam	tax groep	taxoncode	ran0999	ran1099	ran0100	ran0300	ran0500
Baetidae	EPHE	BAETIDAE	138	8			
Cloeon dipterum	EPHE	CLOEDIPT	1	22	2		
Lymnaeidae	GASTR	LYMNAEAE			1		
Nepa cinerea	HETE	NEPACINE	3				
Sperchon squamosus	HYDR	SPCHSQUA		1			
Coenagrion mercuriale*	ODON	CONAMERC			1		
Coenagrionidae	ODON	CONAGRAE	2	7			
Enallagma cyathigerum*	ODON	ENALCYAT					1
Libellulidae	ODON	LIBELLAE		105			1
Enchytraeidae	OLIG	ENEIDAE				4	
Naididae	OLIG	NAIDIDAE					5
Nais communis	OLIG	NAISCOMM	232	264	2	41	10
Nais sp	OLIG	NAISSPEC				2	
Nais variabilis	OLIG	NAISVARI				1	
Oligochaeta	OLIG	OLCHAETA					2
Pristina amphibiotica	OLIG	PRISAMPH			7		12
Nemouridae	PLEC	NERIDAE			1		
Limnephilidae	TRICH	LILIDAE		1	6	8	
Limnephilus hirsutus	TRICH	LILUHIRS			6		
Limnephilus lunatus	TRICH	LILULUNA				3	

Noordbron

* = alleen aangetroffen in deze bron

Gecorrigeerde taxonnaam	tax groep	taxoncode	nbr0700	nbr0900
Pisidium obtusale obtusale*	BIV	PISIOBob	11	68
Pisidium personatum*	BIV	PISIPERS	6	16
Pisidium sp	BIV	PISIDISP	147	160
Brillia modesta*	CHIR	BRILMODE		4
Chironomidae	CHIR	CHIRONAE		776
Cricotopus gr sylvestris	CHIR	CRICgSYL	2	
Macropelopia sp	CHIR	MALOPISP	1	
Micropsectra junci	CHIR	MIPSJUNC	4	
Micropsectra notescens	CHIR	MIPSNOTE	34	8
Micropsectra fusca*	CHIR	MIPSFUSC	2	
Micropsectra gr atrofasciata	CHIR	MIPSGATR	3	
Micropsectra sp	CHIR	MIPSECSP	5	4
Microtendipes chloris agg*	CHIR	MITECHLA		724
Paratanytarsus sp	CHIR	PATANYSP	1	
Polypedilum breviantennatum	CHIR	POPEBREV	1	16
Polypedilum gr nubeculosum	CHIR	POPEGNUB	11	
Polypedilum uncinatum agg*	CHIR	POPEUNCA		4
Tanytarsus sp	CHIR	TATARSSP		4
Zavrelimyia sp	CHIR	ZAMYIASP	1	
Elodes sp larve	COLE	ELODESS6		60
Gammarus pulex*	CRUS	GAMMPULE	40	80
Gammarus sp*	CRUS	GAMMARSP	605	1884
Ceratopogonidae	DIPT	CEPOGOAE	1	
Dicranota sp*	DIPT	DITASPEC	2	12
Dixa gr maculata*	DIPT	DIXAgMAC		16
Cloeon dipterum	EPHE	CLOEDIPT		72
Cloeon sp	EPHE	CLOEONSP		8
Lebertia stigmatifera*	HYDR	LEBESTIG	2	
Sperchon sp nymphe	HYDR	SPCHONS5	1	
Amphinemura sp*	PLEC	AMNEMUSP	1	
Plectrocnemia sp	TRICH	PLCNEMSP		4
Plectrocnemia conspersa	TRICH	PLCNCONS	4	12
Sericostoma personatum	TRICH	SESTPERS	5	12
Trichoptera	TRICH	TRPTERA	2	
Dugesia gonocephala*	TRICL	DUGEGONO	5	

BIJLAGE 13: Abundantie per familie

BOSPOEL

	03_99	04_99	05_99	07_99	09_99	10_99	01_00	03_00	05_00	07_00	09_00
Chir		1047	1943	2058	382	316	844	307	668	3200	313
Cole		1	3	33	28	13	21	9	284	388	45
Dipt		8	1	17	87	132	262	21	52	172	179
Ephe				352	258	953	59	99	4	136	34
Hete			11	180	13		4		14	66	
Odon					42	166	39	7	20	64	43
Plec							11	2		12	1
Trich						2	8	9	2		1
Mega							1				
Arach											1
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Biv									2		
Crus				1							
Gast							1		2	48	4
Hiru	2							1			
Hydr									2	2	3
Olig		2	3			25	5	41	220	44	2
Tric									2		2

ZUIDBRON

	03_99	04_99	05_99	07_99	09_99	10_99	01_00	03_00	05_00	07_00	09_00
Chir		690	435	13	167	162	250	233	462	384	497
Cole	47	1		6	24	5	1	4	106	32	14
Dipt			16	30	214	86	88	79	71	84	75
Ephe					22				4		2
Hete				1	2	1		2		1	1
Odon					2				1		5
Plec								6			
Trich				1	4	1	1	2	2	2	1
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gast										3	18
Olig	6	72	74	63	3	6	2	1	98	122	21
Tric			1								

WATERRANONKELPOEL

	09_99	10_99	01_00	03_00	05_00
Chir	181	224	555	220	384
Cole	50	23	9	3	6
Dipt	243	317	583	122	337
Ephe	139	30	2		
Hete	3				
Odon	2	112	1		2
Plec			1		
Trich		1	12	11	
*	*	*	*	*	*
Gast			1		
Hydr		1			
Olig	232	264	9	48	29

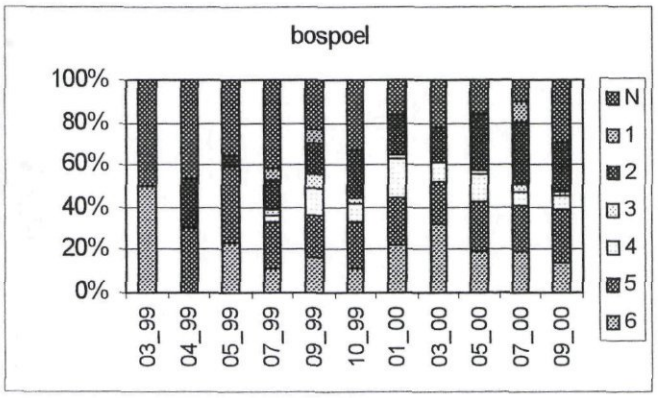
NOORDBRON

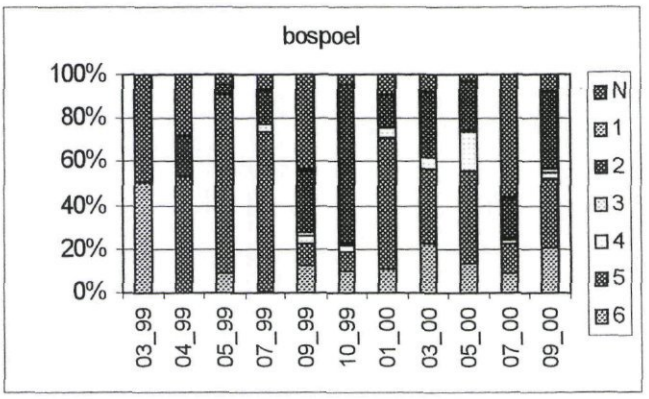
	07_00	09_00
Chir	65	1540
Cole		60
Dipt	3	28
Ephe		80
Plec	1	
Trich	11	28
*	*	*
Biv	164	244
Crus	645	1964
Hydr	3	
Tric	5	

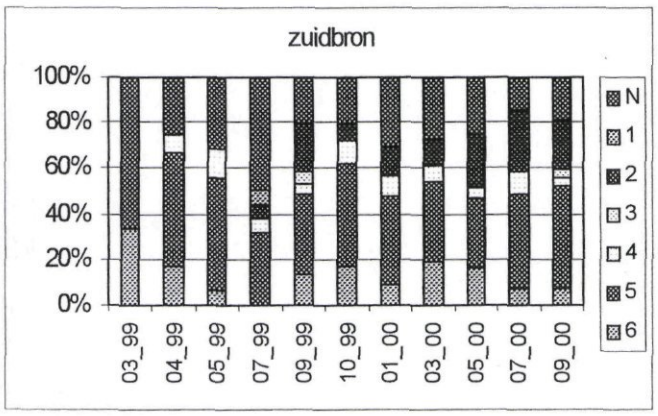
BIJLAGE 14: Habitatvoorkeur

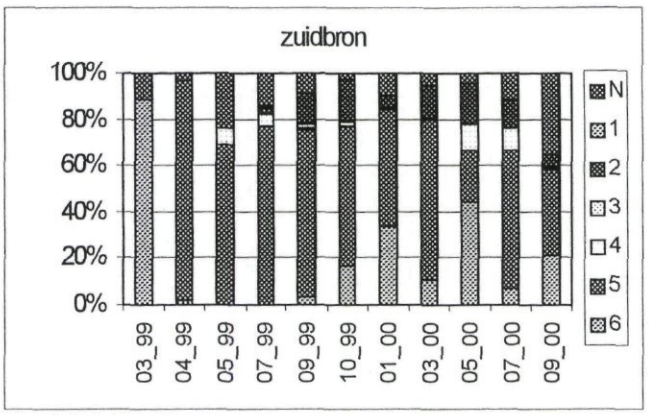
Verdeling op basis van het aantal soorten en abundanties over de periode mrt99-sept00

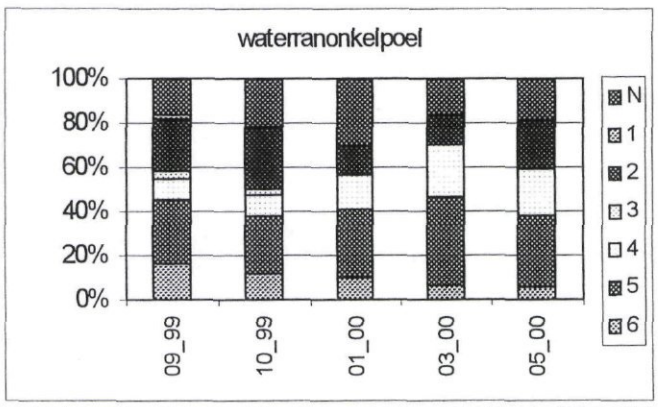
Code		Code	
N	niet gecodeerd	4	littoraal
1	wateroppervlak	5	sediment (organisch en mineraal)
2	waterkolom en littoraal	6	vaste substraten (waterplanten, stenen etc.)
3	open waterkolom		

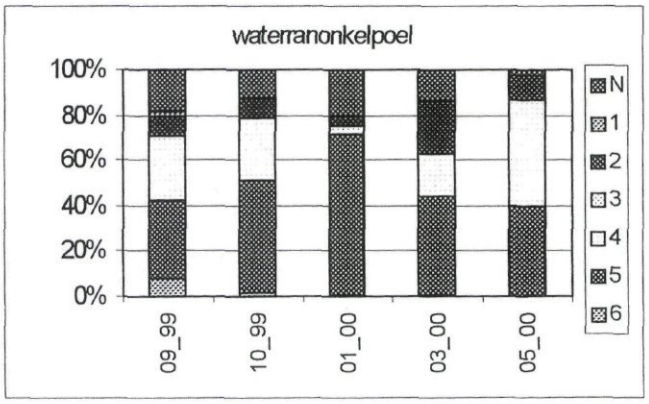


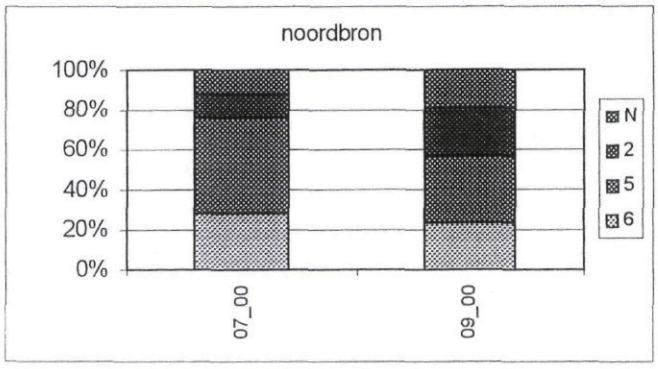


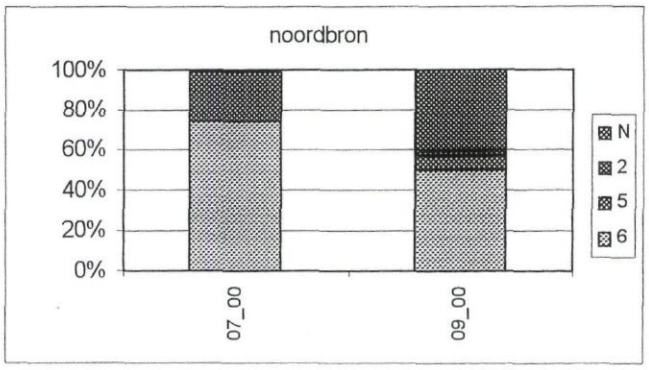








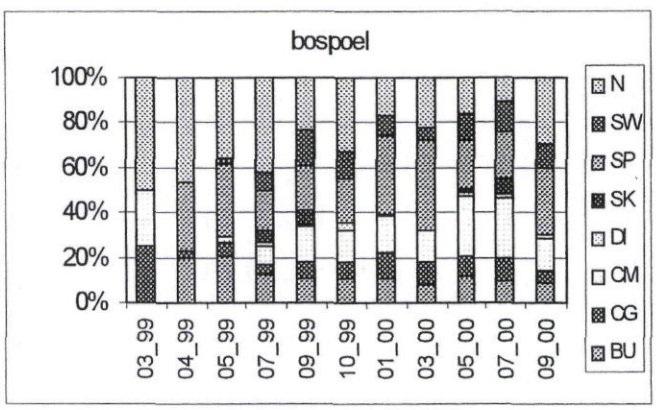


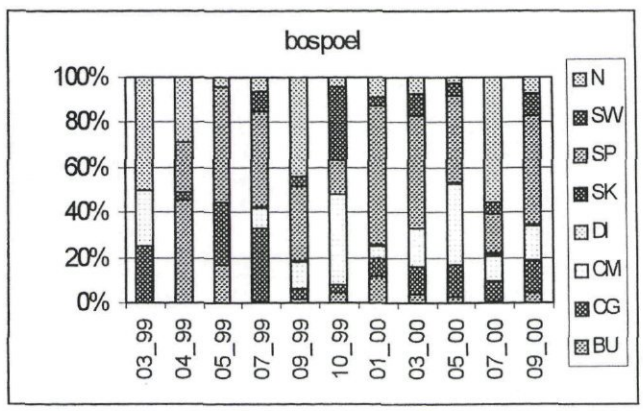


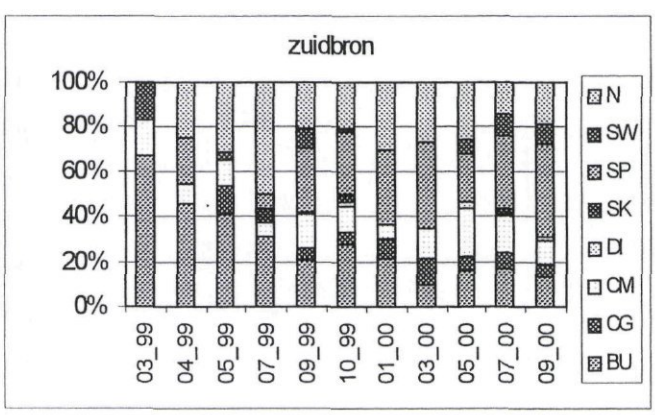
BIJLAGE 15: Bewegingsgedrag

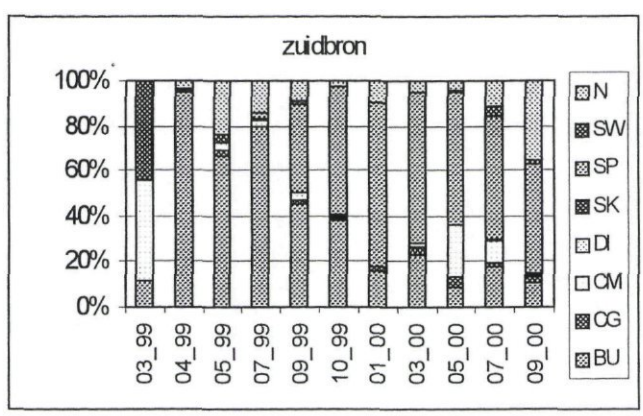
Verdeling op basis van het aantal soorten en abundanties over de periode mrt99-sept00

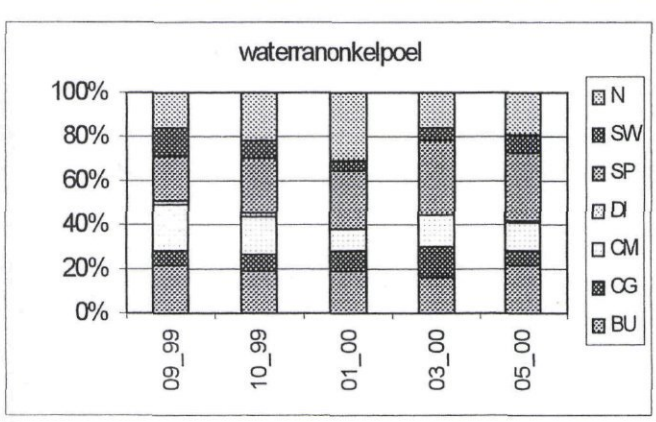
Code		Code		Code		Code	
N	niet gecodeerd	SP	spartelaars	DI	duikers	CG	klevers
SW	zwemmers	SK	schaatsers	CM	klimmers	BU	gravers

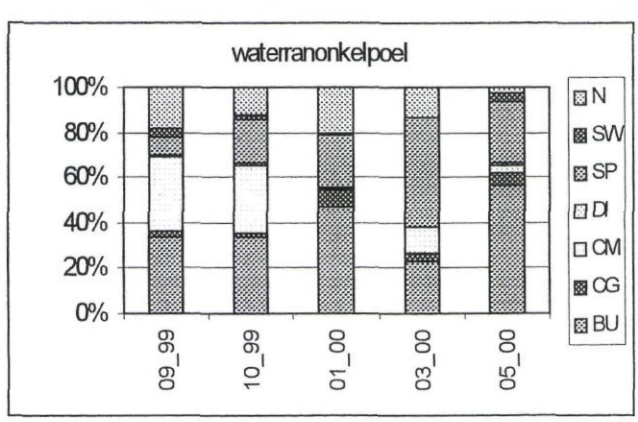


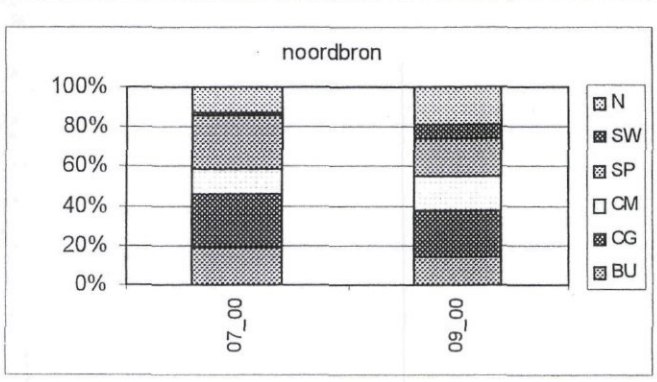


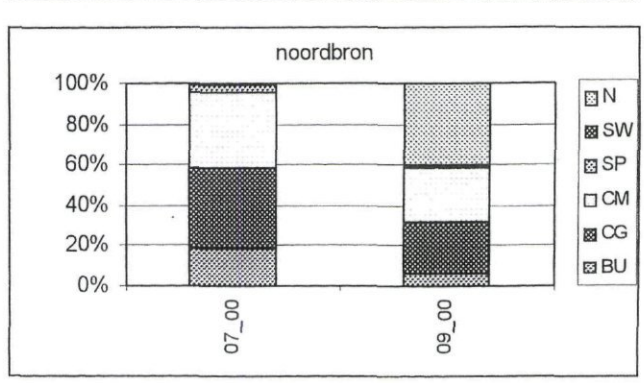








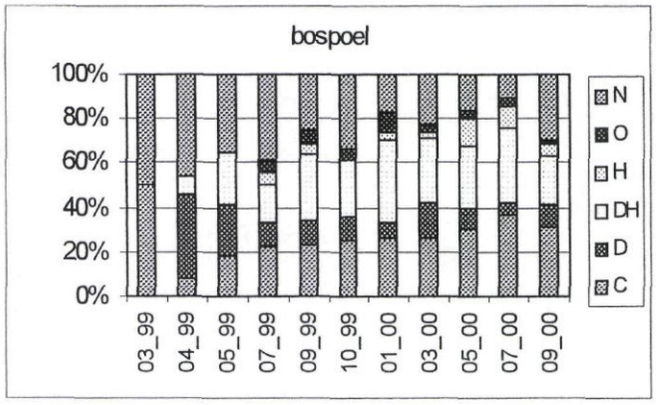


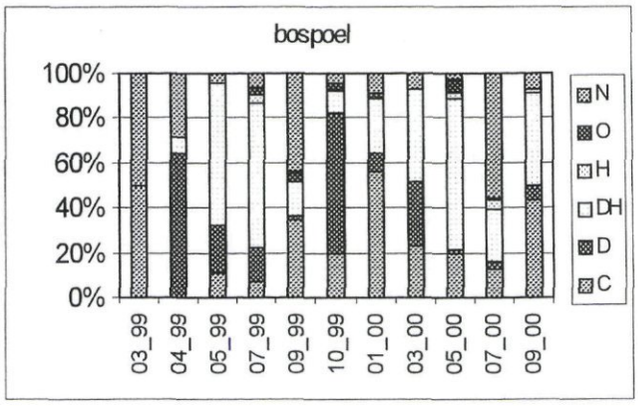


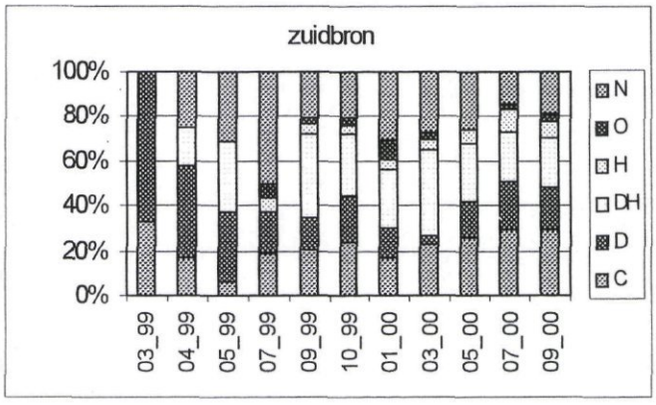
BIJLAGE 16: Trofische niveau's

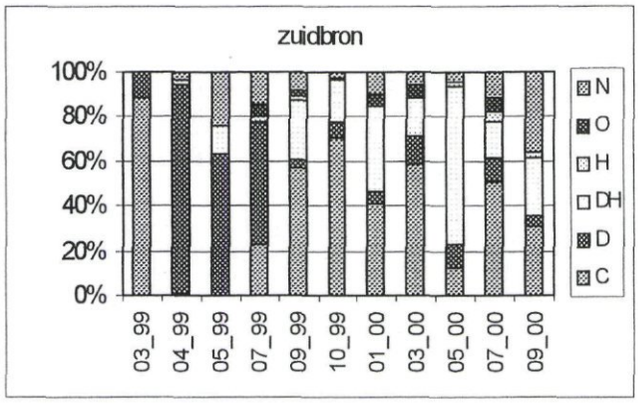
Verdeling op basis van het aantal soorten en abundanties over de periode mrt99-sept00

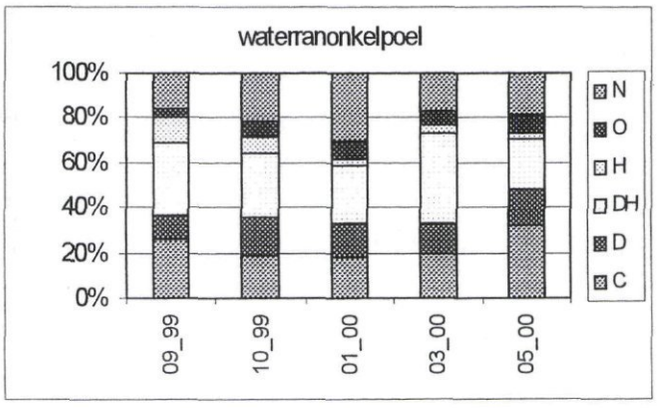
Code		Code		Code	
N	niet gecodeerd	H	herbivoor	D	detrivoor
O	omnivoor	DH	detriti-herbivoor	C	carnivoor

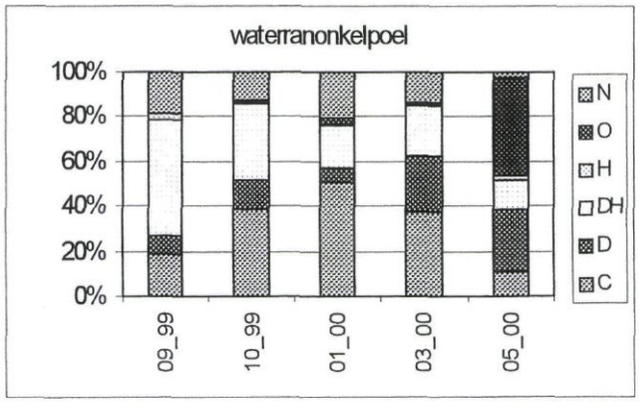


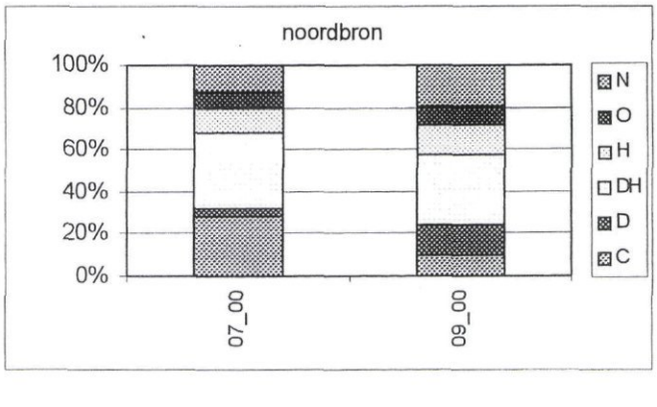


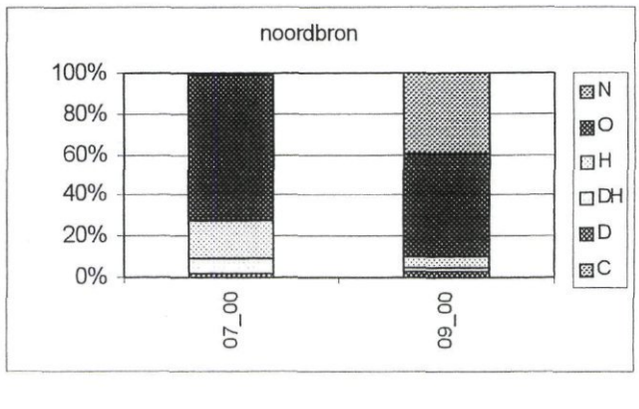








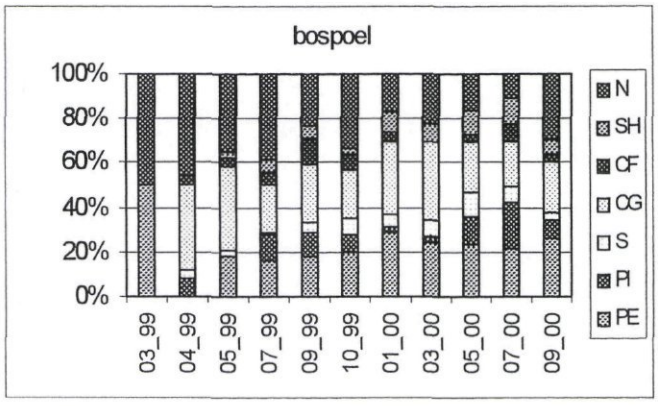


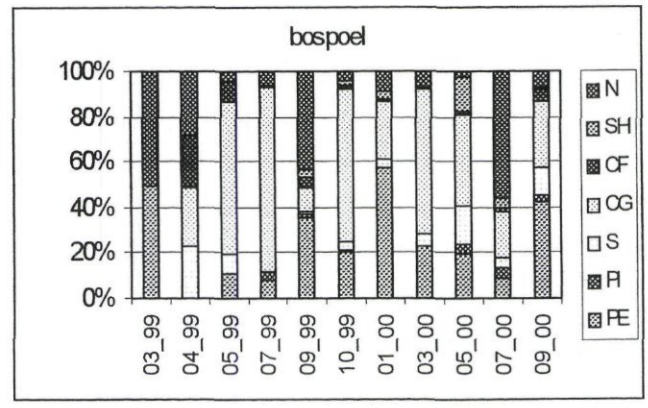


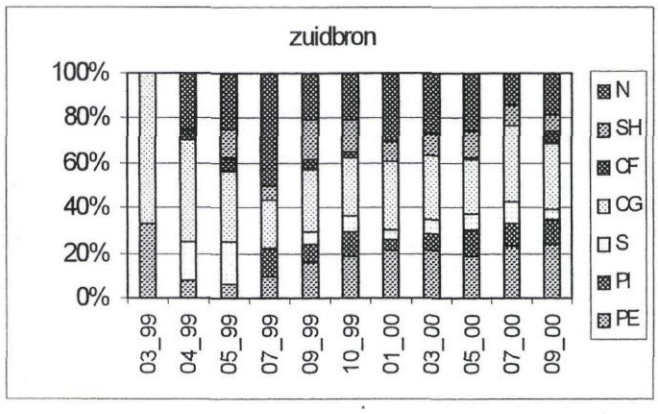
BIJLAGE 17: Voedingswijze

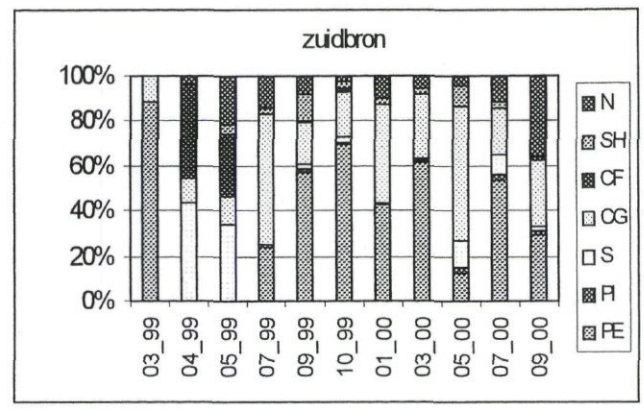
Verdeling op basis van het aantal soorten en abundanties over de periode mrt99-sept00

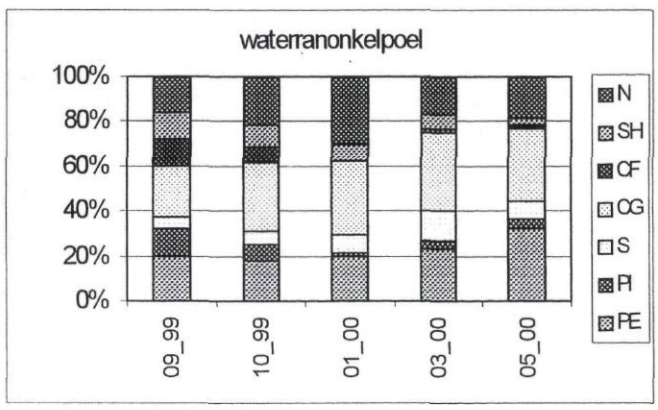
Code		Code		Code		Code	
N	niet gecodeerd	CF	filtreerder	S	Schraper	PI	verzwelger
SH	knipper	CG	vergaarder	PE	Steker		

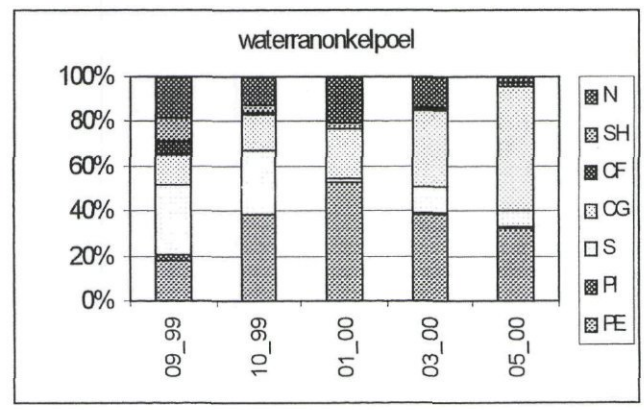


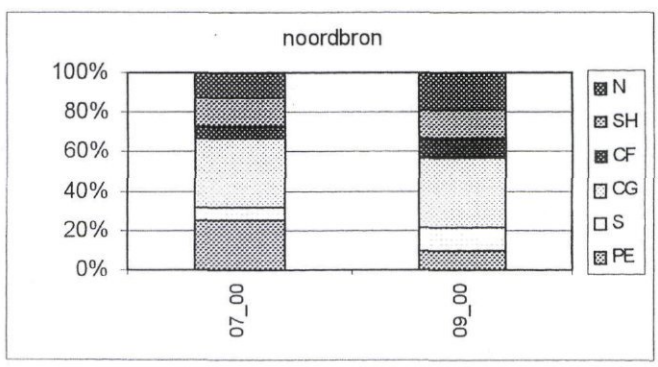


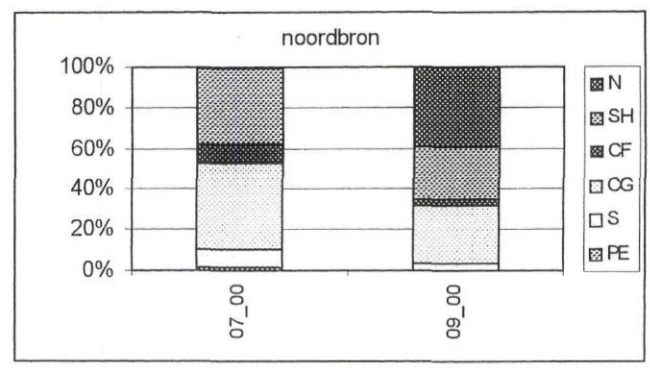








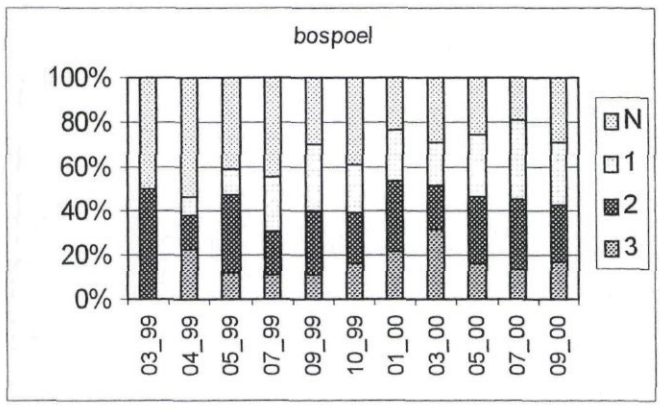


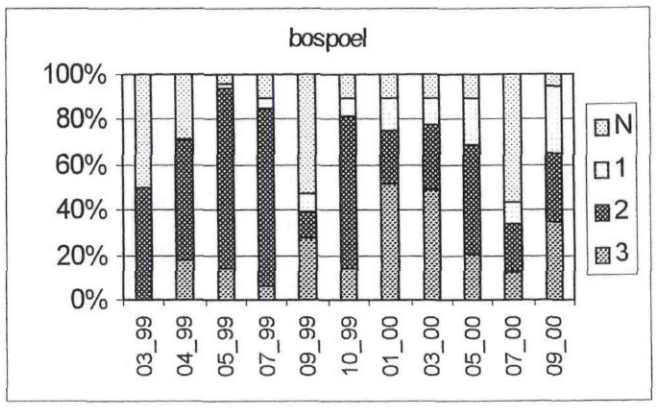


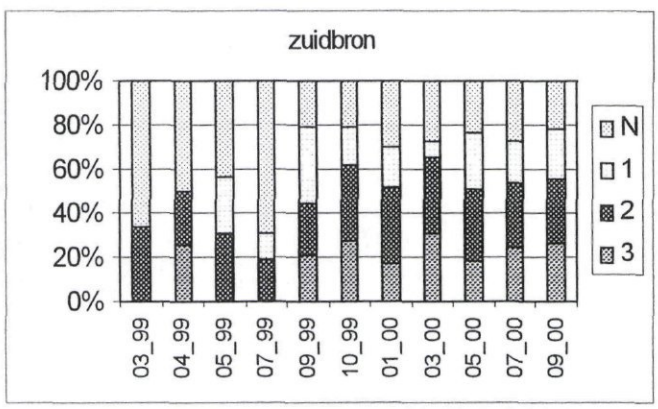
BIJLAGE 18: Stroomsnelheidsvoorkeur

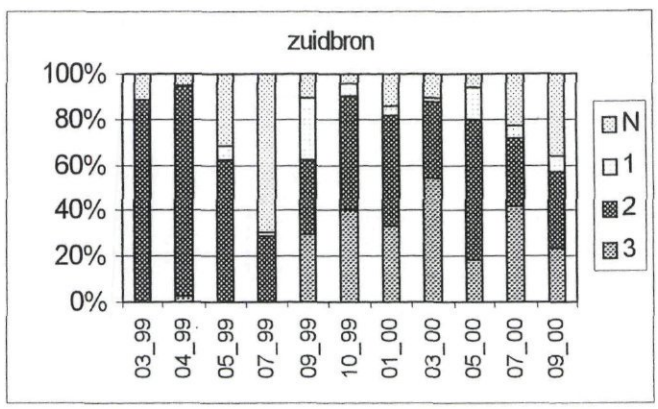
Verdeling op basis van het aantal soorten en abundanties over de periode mrt99-sept00

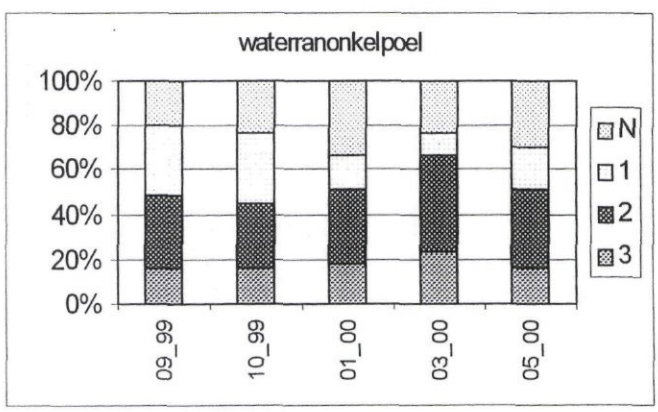
Code		Code	
N	niet gecodeerd	2	geen of weinig voorkeur
1	voornamelijk stilstaand water	3	voornamelijk stromend water

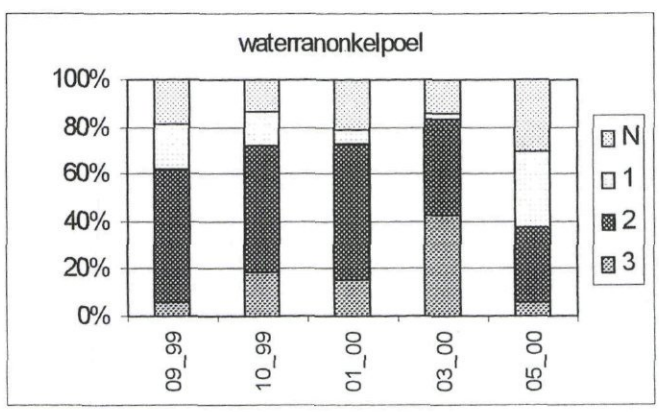


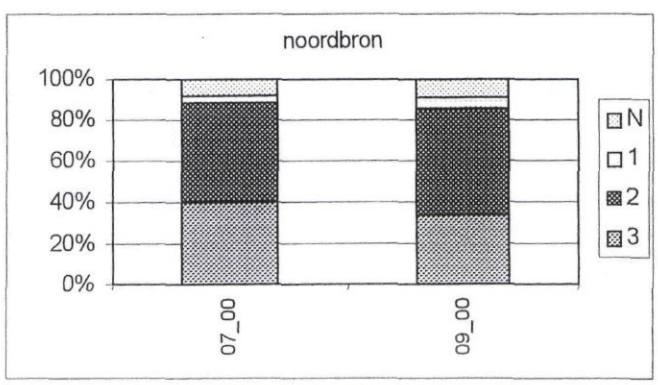


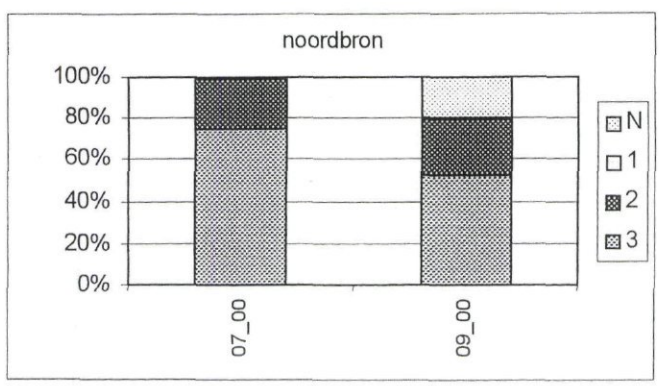












BIJLAGE 19: Overzicht streefsoorten volgens Nijboer (1999)

	H1': voedselrijke helocrene bronnen met minder fluctuerend debiet
H1'	Dugesia gonocephala
H1'	Lebertia glabra
H1'	Thyas barbigera
H1'	Adicella filicornis
H1'	Silo nigricornis
H1'	Pseudorthocladius sp.
H1'	Eukiefferiella brevicalcar

	H1+ voedselrijke helocrene bronnen met constant debiet
H1+	Crenobia alpina
H1+	Niphargus aquilex
H1+	Niphargus schellenbergi
H1+	Baetis rhodani
H1+	Nemoura marginata
H1+	Hydroporus discretus
H1+	Hydroporus nigrita
H1+	Hydroporus memnonius
H1+	Elmis aenaea
H1+	Hydraena melas
H1+	Agabus melanarius
H1+	Chaetocladius laminatus
H1+	Heleniella ornaticollis
H1+	Adicella reducta
H1+	Micropterna lateralis
H1+	Beraea pullata
H1+	Crunoecia irrorata
H1+	Enoicyla pusilla
H1+	Sericostoma personatum

	H3': matig voedselrijke helocrene bronnen met minder fluctuerend debiet
H3'	Hydroporus longulus
H3'	Helophorus pumilio
H3'	Paraphaenocladius pseudirritus agg.
H3'	Rheocricotopus atripes
H3'	Rheocricotopus fuscipes
H3'	Eukiefferiella brevicalcar
H3'	Adicella filicornis
H3'	Apatania muliebris
H3'	Beraea pullata

	H5': voedselarme helocrene bronnen met minder fluctuerend debiet
H5'	Heterotanytarsus apicalis
H5'	Pseudorthocladius sp
H5'	Heleniella ornaticollis
H5'	Heterotrissocladius marcidus
H5'	Agabus guttatus
H5'	Helophorus pumilio
H5'	Crunoecia irrorata
H5'	Enoicyla pusilla
H5'	Limnius volckmari

	H3/5+ voedselarme helocrene bronnen met constant debiet
H3/5+	Crenobia alpina
H3/5+	Dugesia gonocephala
H3/5+	Phagocata vitta
H3/5+	Niphargus aquilex
H3/5+	Niphargus schellenbergi
H3/5+	Proasellus cavaticus
H3/5+	Baetis rhodani
H3/5+	Nemoura marginata
H3/5+	Agabus paludosus
H3/5+	Anacaena globulus
H3/5+	Elmis aenaea
H3/5+	Hydroporus discretus
H3/5+	Hydroporus nigrita
H3/5+	Hydroporus memnonius
H3/5+	Laccobius atratus
H3/5+	Eusimulium costatum
H3/5+	Heleniella ornaticollis
H3/5+	Adicella reducta
H3/5+	Annitella obscurata
H3/5+	Limnephilus elegans
H3/5+	Micropterna laterialis
H3/5+	Beraea pullata
H3/5+	Crunoecia irrorata
H3/5+	Enoicyla pusilla
H3/5+	Silo nigricornis
H3/5+	Hydropsyche saxonica
H3/5+	Tinodes pallidulus
H3/5+	Tinodes waeneri
H3/5+	Apatania fimbriata
H3/5+	Riolus subviolacens
H3/5+	Metriocnemus hygropetricus