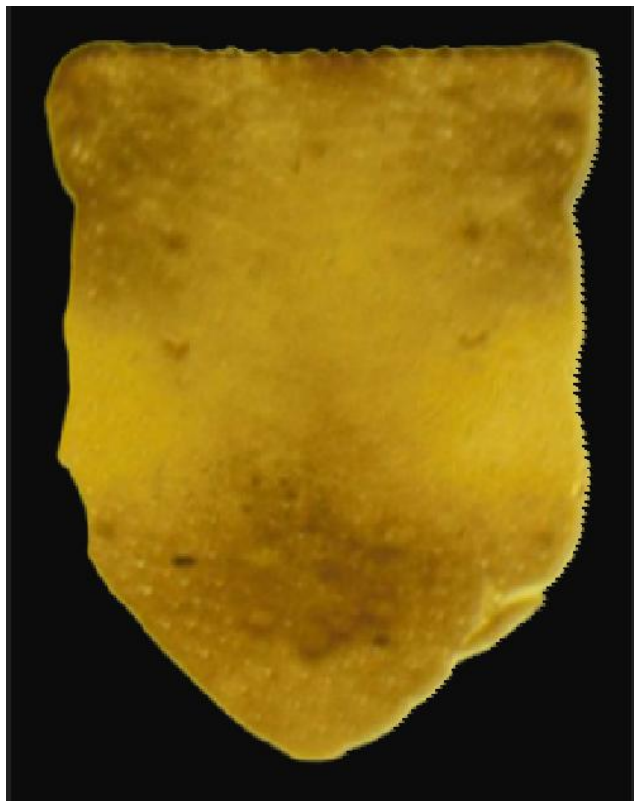
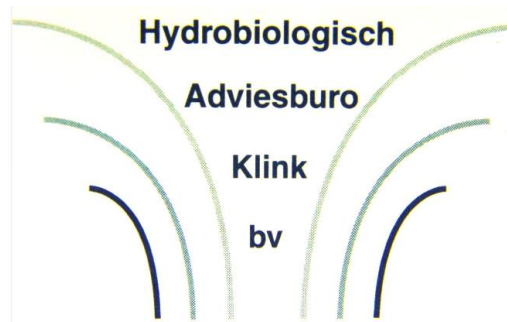


Locatiestudie paleo-ecologisch onderzoek naar de oorspronkelijke macrofaunagemeenschap van de Grensmaas



Kopskleriet van *Cheumatopsyche lepidus* larve. Vroeger één van de meest talrijke kokerjuffers in de
Grensmaas en al meer dan een eeuw verdwenen uit de Nederlandse rivieren



Locatiestudie paleo-ecologisch onderzoek naar de oorspronkelijke
macrofaunagemeenschap van de Grensmaas

Alexander Klink

**Hydrobiologisch Adviesburo Klink rapporten en
mededelingen nr. 163. Augustus 2024 (HAK Project 709)
In opdracht van RWS Zuid
Contactpersoon Frank Collas**

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	I
1. PALEO-ECOLOGIE IN GROTE RIVIEREN, WAAROM, WAAR EN HOE?	2
2. BEOORDELING VAN DE GESCHIKTHEID	12
3. DATERING.....	14
4. RESULTATEN	20
5. LITERATUUR.....	21

1. Paleo-ecologie in grote rivieren, waarom, waar en hoe?

1.1. Waarom?

Rijkswaterstaat Zuid kwam met de vraag om de aquatische macrofauna van de natuurlijkere Grensmaas te reconstrueren aan de hand van subfossiele (decennia tot eeuwenoude) resten van de riviermacrofauna. Dit vraagt enige toelichting:

Paleo-ecologisch onderzoek past in een toenemend besef om referentie-omstandigheden van een (rivier)ecosysteem te achterhalen en daarmee de omvang van de degradatie vast te stellen (Billen et al., 2007; Haidvogel et al., 2013). Indien we de referentie levensgemeenschap uit verschillende perioden kunnen koppelen aan de historische context van deze perioden, dan ontstaat er een dosis-effect relatie tussen het menselijke gebruik van zijn omgeving en het effect daarvan op, in dit geval, de levensgemeenschap in de rivier. Met die relatie tussen oorzaak en gevolg wordt het eenvoudiger om doelgerichte maatregelen te nemen om tot ecologisch herstel te komen. Dit ecologische herstel is een wettelijke verplichting van de EU, vastgelegd in de Kaderrichtlijn water (KRW), die in 2027 in werking treedt.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de werkwijze die is gehanteerd om materiaal te verzamelen waarmee een referentie macrofauna-gemeenschap van de Grensmaas kan worden achterhaald. Daarnaast wordt veel aandacht besteed aan de methodiek van verwerking en interpretatie van de gegevens omdat paleo-ecologie in rivieren sinds de artikelen van Amoros et al. (1987) en Amoros en van Urk (1989) aan watervlooien en van Klink (1989), aan macrofauna volgens de review van Walker (1995) en bij mijn weten, nog steeds geen navolging heeft gevonden bij andere onderzoekers in binnen- en buitenland.

1.2. Waar?

Voor paleo-ecologisch onderzoek aan meren is dit een retorische vraag. Je steekt een boorkern in de bodem en haalt het sediment naar boven. In het ideale geval zijn daar jaarringen in te onderscheiden (foto 1). In dit alpenmeer worden de banden veroorzaakt door de hogere sedimentatiesnelheid in de zomer door verhoogde aanvoer van smeltwater en neerslag van CaCO_3 als gevolg van verhoogde fotosynthese door algen. De

omslag van licht naar donker vindt plaats rond 1910 als de bodem anaeroob wordt voor zuurstofhuishouding slechter wordt door de eutrofiëring van het meer (Lotter, 1998).

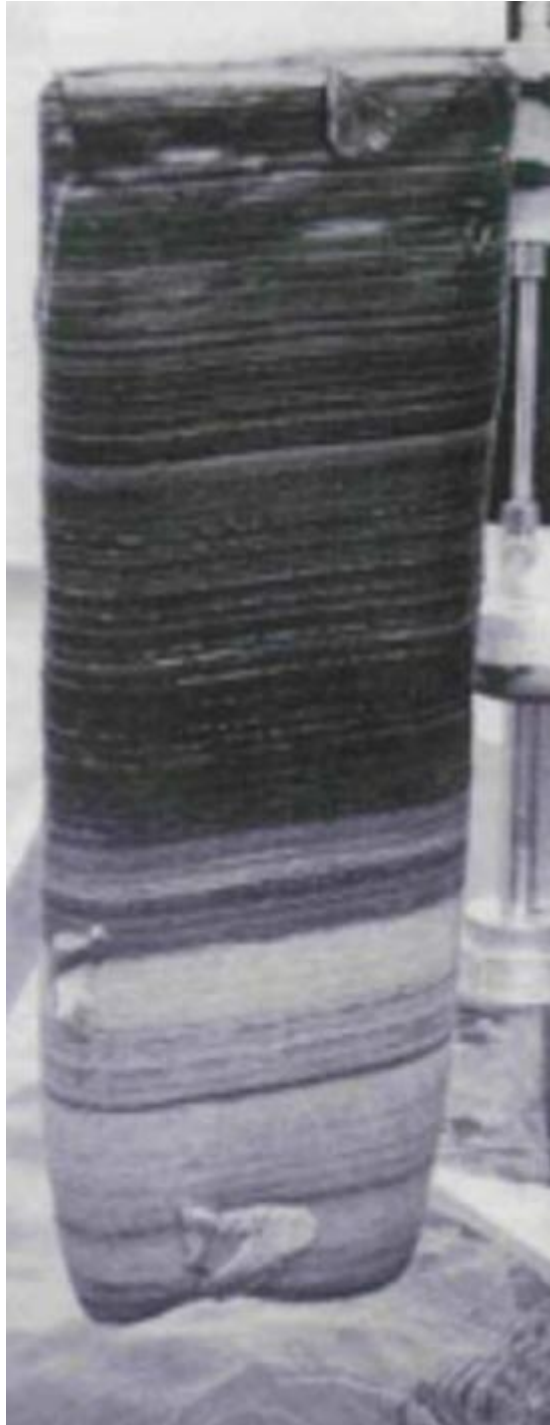


Foto 1. Boorkern van een Zwitsers alpenmeer (Baldeggersee. Foto Lotter, 1998)

In de Nederlandse rivieren is het vinden van de juiste plek voor paleo-ecologisch onderzoek nog steeds een uitdaging. Dit komt vooral doordat de natuurlijke morfologische processen van erosie en sedimentatie langs de Nederlandse rivieren zijn lamgelegd door de normalisatiewerken vanaf het begin van de 19^e eeuw. Een voorbeeldige beschrijving van de meer

natuurlijke morfologische processen van de Waal in de periode 1500-1700 is samengesteld door Overmars (2020). Daarnaast zijn veel oude stroomgeulen bedekt met een meters dikke kleilaag en veelal in agrarisch gebruik genomen. In het huidige onderzoek is de steilwand bij de monding van de Geul in de Grensmaas als uitgangspunt genomen. Rang en Schouten (1989) hebben daar een onderzoek uitgevoerd naar de verontreiniging van de Maas met zware metalen in de periode ca. 1800 – 1984. Klink (1985) heeft uit die afzettingen materiaal verzameld uit ca 1800 en 1880 en dat materiaal is nog beschikbaar. In 2023 is een oriënterende bemonstering uitgevoerd in de steilwanden bij de monding van de Berwijn, Voer, Bosscherveld en Geul. Op deze locaties zijn niet of nauwelijks resten van macrofauna aangetroffen. Dit gold ook voor twee additionele monsters bij Maasband (Klink en Collas, 2024).

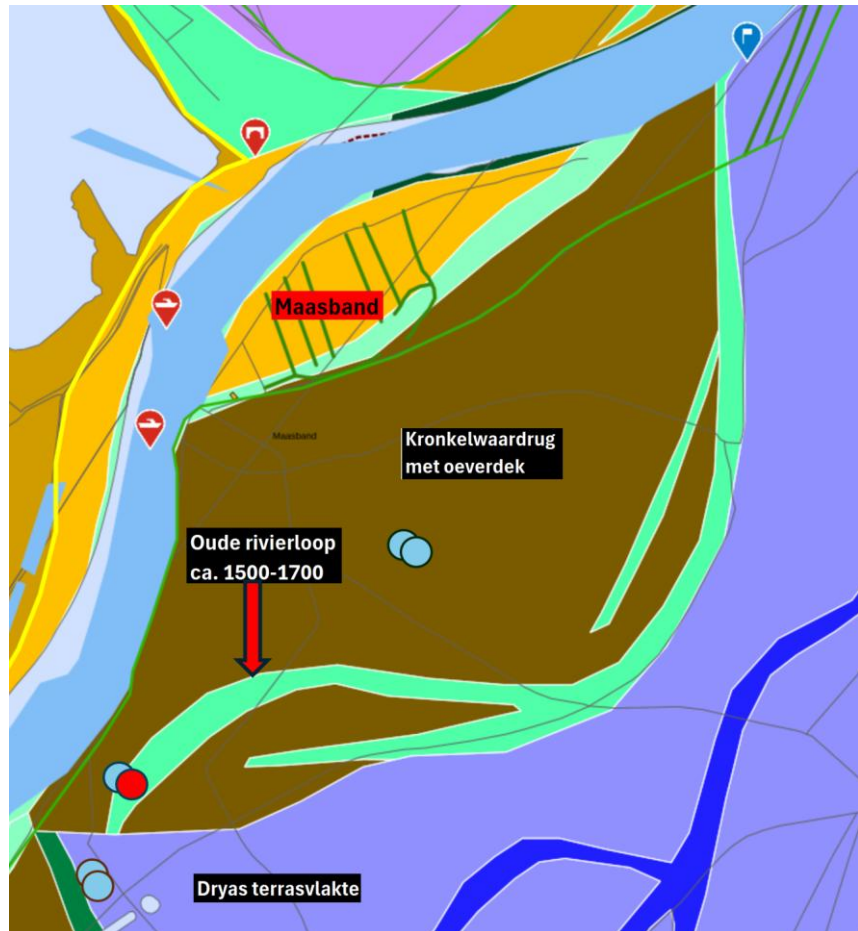
In juni 2024 zijn, op aanraden van Alphons van Winden (waarvoor dank), 6 monsters verzameld in de nieuw aangelegde nevengeul bij Maasband (foto 2).



Foto 2. Ligging van de monsterpunten

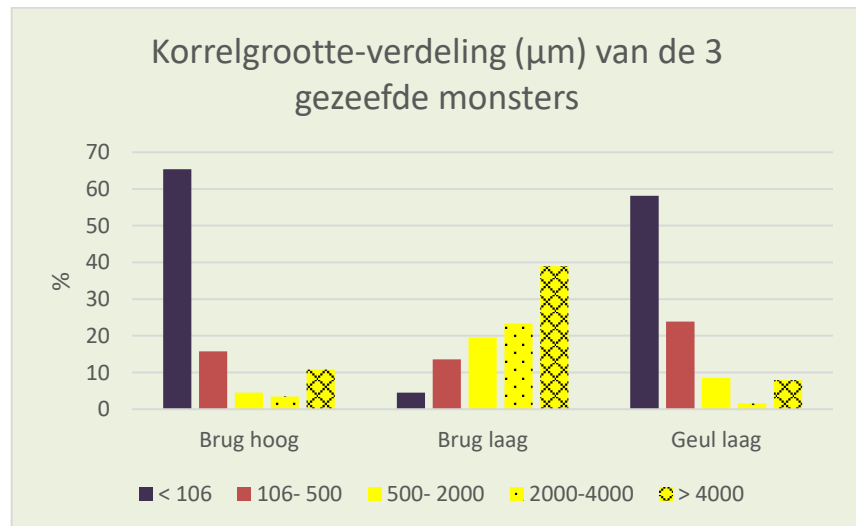
Het gebied is dan vrijwel volledig ontgrind en de taluds worden bestort met rotsblokken om erosie bij afvoerpieken te voorkomen. Het nadeel van deze locatie is dat de oorspronkelijke bodem is verdwenen, maar het voordeel is dat het materiaal niet opgeboord hoeft te worden en in het veld te beoordelen is. De 6 monsters zijn genomen in de 3 voorkomende geomorfologische eenheden (kaart 1)

(<https://rce.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=Archeologische%5Fverwachting%5FMaasdal1>). De monsters zijn in paren genomen met een duidelijk verschil in hoogte.



Kaart

1. Ligging van de monsterpunten, waarvan de rode bruikbaar is voor reconstructie van de referentie macrofauna-gemeenschap.

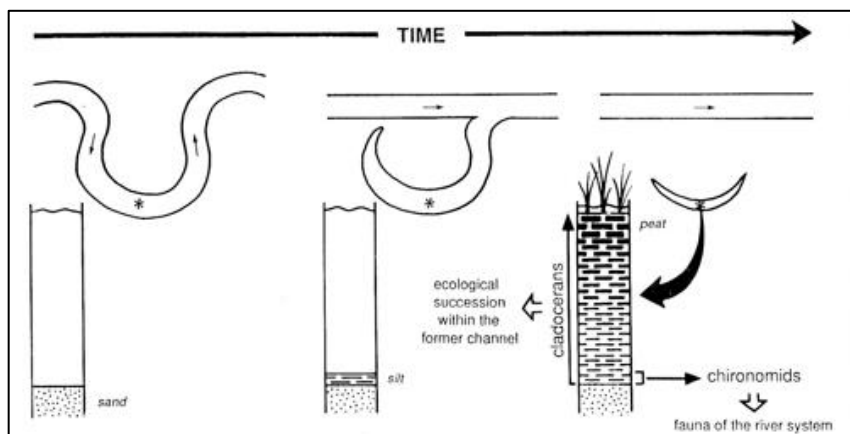


Grafiek 1. Korrelgrootte-verdeling van de gezeefde monsters

Alleen de kronkelwaardafzettingen en de onderste afzetting van de rivierloop zijn gezeefd. De Dryas-monsters, afkomstig uit de koude periode na de laatste ijstijd ca. 13000 jaar geleden worden wellicht ooit voor andere doeleinden in analyse genomen. De hoge geulafzetting ligt 2,8 m hoger dan

de lage geulafzetting en zal resten bevatten van een latere periode., waarvan al materiaal voorhanden is. De lage kronkelwaardafzetting is zeer grof en bevat nauwelijks fijn materiaal (18% in de fractie $< 500 \mu\text{m}$) en 40% is grind $> 4 \text{ mm}$. Resten van riviermacrofauna zijn nauwelijks aanwezig. Dit is te verklaren door de dominantie van zeer grof materiaal waarbij de stroomsnelheid te hoog is om fijn materiaal, zoals macrofauna resten te laten bezinken. In de monsters van de hoge kronkelwaardafzetting en de lage geulafzetting is de fractie $< 500 \mu\text{m}$ juist dominant (resp. 80 en 90%). Het meest opmerkelijke verschil is dat de geulafzetting vol zit met resten van riviermacrofauna en in de kronkelwaardafzetting is nauwelijks macrofauna aanwezig. Dit brengt ons bij de volgende redenering:

In zowel de kronkelwaarden als de restgeulen wordt grof materiaal afgezet tijdens hoge afvoeren. Het fijne materiaal dat in de kronkelwaard bezinkt is ook meegevoerd met het hoge water dat over de kronkelwaard heeft gestroomd. Het grote verschil met de restgeul is, dat die ook tijdens laag water benedenstrooms in verbinding staat met de rivier. Onder deze rustige omstandigheden zal de rivier tijdens de lage afvoeren ook verhoudingsgewijs minder slib en meer faunaresten bevatten dan het kronkelwaardsediment.



Figuur 1. Vorming van een restgeul met daarin resten van de rivierfauna en onderin en de autochtone fauna daarboven (Amoros en van Urk, 1989).

In figuur 1 wordt dit proces schematisch weergegeven (Amoros en van Urk, 1989). Nadat de meander bovenstrooms is afgesneden, wordt een laag riviersediment afgezet. Als de restgeul geïsoleerd raakt van de rivier, treedt verlandings op en gaan watervlooiën een belangrijk deel van de paleofauna uitmaken.

1.1. Hoe?

Het hoe van paleo-ecologisch onderzoek is tweeledig:

1.1.1. Hoe krijg ik die resten uit het monster?

De monsters worden gezeefd over verschillende fracties. In dit onderzoek zijn zeven gebruikt met een maaswijdte van 106, 250, 500, 2000 en $4000 \mu\text{m}$. De fractie $< 106 \mu\text{m}$ wordt bij dit onderzoek niet in analyse genomen. Wel zijn er ongezeefde monsters genomen voor onderzoek aan kiezelalgen.

De zeeffracties zijn vervolgens gescheiden op soortelijke massa, door ze korte tijd te laten bezinken en het supernatant af te zeven.

Hierna wordt een scheiding aangebracht tussen polair en apolair materiaal door de zeefresten te drogen tot vochtig en over te brengen in paraffineolie. Dit materiaal wordt met water overgebracht in een scheitrechter. Hierbij dient de fractie olie-water ongeveer gelijk te zijn. Na goed schudden en 15 min. te laten staan, zijn de waterlaag en de olielaag gescheiden. De waterlaag wordt gezeefd over 106 μm en overgebracht in ethanol (95%). De olielaag wordt gezeefd over 106 μm en in de scheitrechter wordt kokend water met ruim afwasmiddel gegoten. Ook deze fractie wordt over 106 μm gezeefd en overgebracht in 95% ethanol.

Het resultaat van deze scheiding is dat de resten van de fauna in de oliefractie zitten en de bulk van het plantaardige materiaal in de waterfase terecht is gekomen.

1.1.2. Hoe breng ik die resten op naam?

De volgende fase is het muggenziften. Hierbij worden van iedere fractie de (herkenbare) resten van de macrofauna uit met monster gehaald en geprepareerd op een objectglas ingebed in DMHF (grondstof voor haarlak (van Haaren en Soors, 2013)) en afgedekt met een dekglasje.

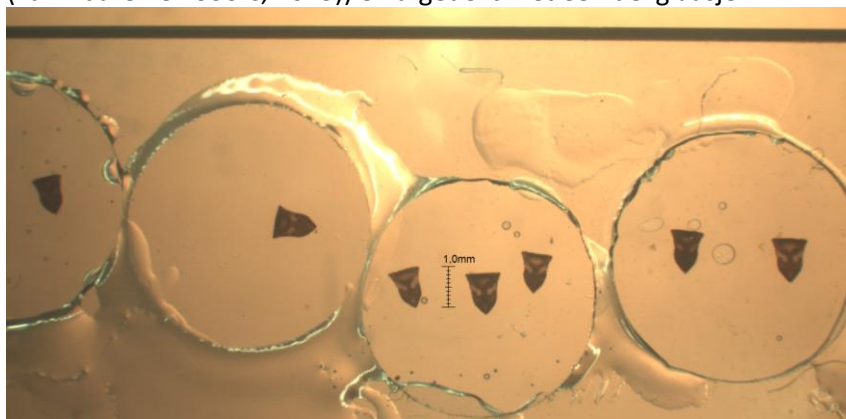


Foto 3. Voorbeeld van geprepareerde kopschildjes van kokerjuffers

Voordeel van DMHF is dat het stroperig is en aan de lucht in een dag hard is, maar dat het in water ook weer vloeibaar wordt zodat de resten ook in andere preparaten of naar potjes met ethanol kunnen worden verplaatst.

De riviermacrofauna kan worden onderverdeeld in een groot aantal groepen. Voor dit onderzoek wordt alleen gebruik gemaakt van insecten(larven). Overige groepen (wormen, bloedzuigers en kreeftachtigen) laten geen herkenbare resten achter of zijn veel minder indicatief en sedimenteren elders (schelpdieren).

Aangezien de resten slechts onderdelen zijn van het hele dier, hangt het sterk af van de groep (zie kevers, eendagsvliegen, kokerjuffers, kriebelmuggen en dansmuggen in het onderstaande). De muggen zijn relatief het eenvoudigst omdat alleen de kop bestaat uit chitine en dat hieraan ook bijna alle determinatiekenmerken te vinden zijn. Veel determinatieliteratuur is dus bruikbaar. Dat ligt anders bij de overige groepen. Daarvoor is een referentiecollectie onmisbaar. Dit is één van de redenen geweest om veel materiaal te verzamelen in de Tisza in Hongarije en in veel rivieren in

Frankrijk., waar nog veel soorten leven die in Nederland zijn verdwenen in de vorige eeuw. In figuur 1 worden tekeningen van de belangrijkste insectengroepen in de rivieren weergegeven. Het gaat hierbij vooral om kevers behorende tot de familie Elmidae, alle eendagsvliegen, kokerjuffers en dans- en kriebelmuggen. Deze groepen zijn, de Chironomidae uitgezonderd, dramatisch achteruitgegaan in de grote Nederlandse rivieren (Klink en Moller Pillot, 1982, Klink, 1985 en 1989, Higler, 1986, Mol, 1986).



Figuur 1. Belangrijkste groepen insecten(larven) voor paleo-ecologisch onderzoek (tekeningen Jeroen Helmer).

Hieronder worden van deze groepen voorbeelden getoond van de resten die in riviersedimenten kunnen worden aangetroffen.

Kevers (Elmidae)

Van deze kevers worden vooral de larvenresten in het sediment aangetroffen. Het borststuk en achterlijf zijn bedekt met worst-achtige haren.

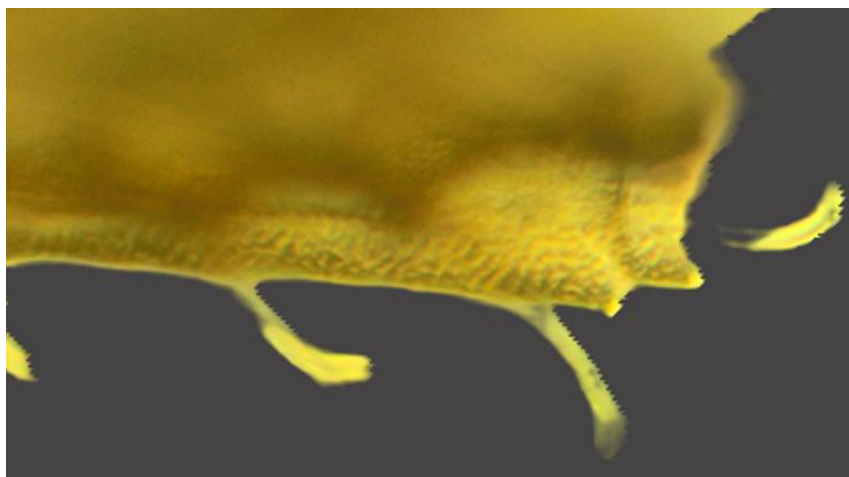


Foto 4a en b. *Macronychus quadrituberculatus* larve uit de Tisza Hongarije (5,5 mm) en detail van haren op achterlijf in een Rijnafzetting bij Schenkenschans (1720)

Eendagsvliegen

Van de larven van eendagsvliegen blijven eigenlijk alleen fragmenten over van de kaken.

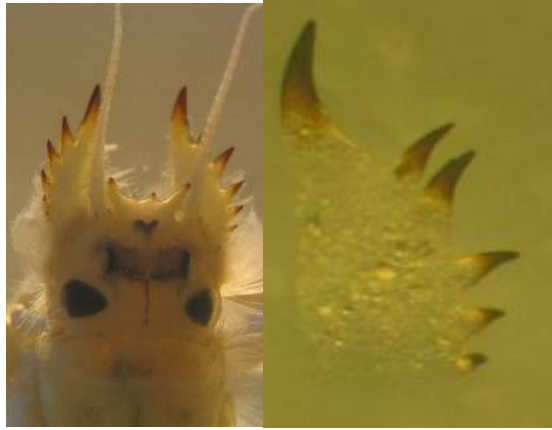


Foto 5a en b. *Palingenia longicauda* larve uit de Tisza in Hongarije en rest van een kaak in Maasafzetting bij Keent (ca. 1650)

Kokerjuffers

De larven van kokerjuffers zijn het best te herkennen aan het driehoekige schildje midden op de kop, dat voor iedere soort een andere vorm en tekening heeft.

Op foto 6 en op het voorblad zijn (resten van de) larven van kokerjuffers afgebeeld die talrijk voorkomen in grote en kleine snelstromende rivieren en beken (Hydropsychidae)

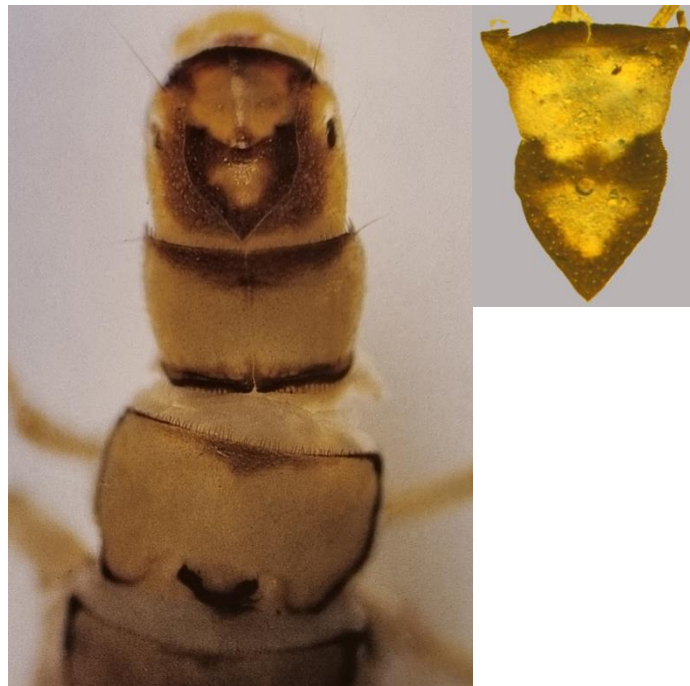


Foto 6a en b. Kop-borst van de kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis* (links foto Waringer en Graf, 1997, rechts afzetting Maas Keent (ca. 1650)

Kriebelmuggen

De larven van kriebelmuggen zijn vaak te determineren op grond van de opening aan de onderkant van de kop en tekening op de bovenkant.

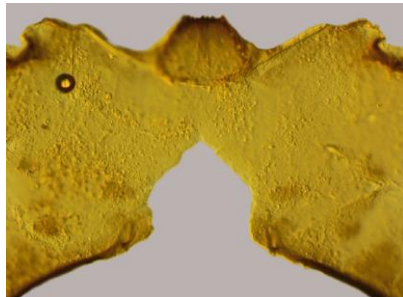
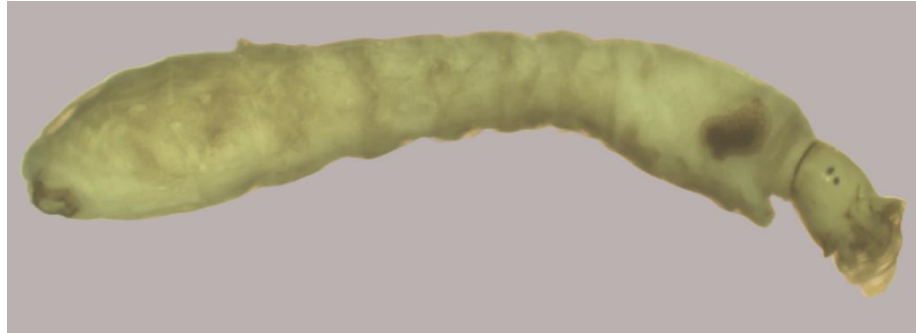


Foto 7a en b. *Wilhelmia gr equinum* uit de Lotharingse Maas en Rijn bij Schenkenschans (1720)

Dansmuggen

Van de larven van dansmuggen, veruit de meest soortenrijke groep, blijft de kop bewaard in het sediment en de tandenrij van de mond is zeer karakteristiek.

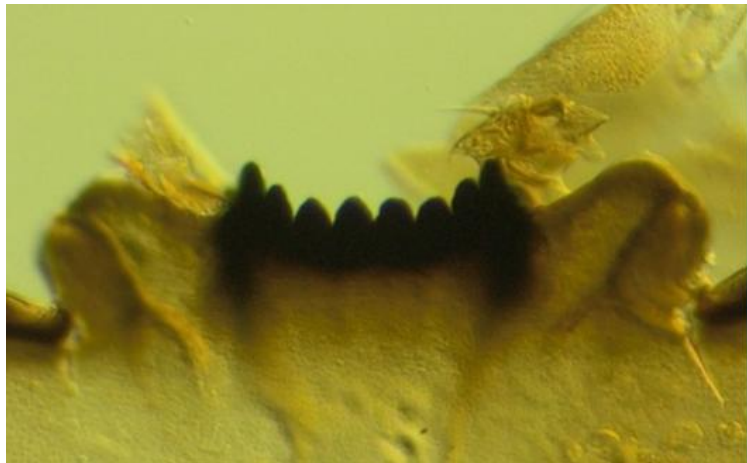
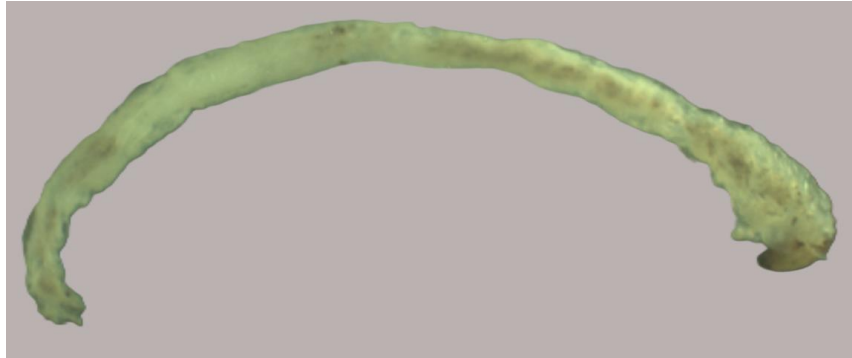


Foto 8a en b. *Stenochironomus* van een verzonken bakenboom in de Maas bij Grave en deel van de kop (Schenkenschans 1720)

2. Beoordeling van de geschiktheid

Om te beoordelen of een monster geschikt is om de referentie macrofauna gemeenschap van de Maas af te leiden zijn verschillende criteria van belang:

Voldoende materiaal

Daaraan voldoet dit monster ruimschoots. Naar verwachting zal het aantal determineerbare resten 1000 overstijgen. Dit is voldoende voor een redelijk compleet beeld van macrofauna gemeenschap

Doelsoorten

Kokerjuffers, eendagsvliegen en kriebelmuggen

Alhoewel dit monster nog uitgezocht moet worden, blijkt uit een kleine steekproef al de aanwezigheid van doelsoorten bij de kokerjuffers *Cheumatopsyche lepida* (foto voorblad) *Brachycentrus subnubilus*, *Ithytrichia lamellaris*, *Psychomyia pusilla*, *Sericostoma personatum* en bij de eendagsvlieg *Ephemera* (foto 9).



Foto 9. Graaftand van de kaak van *Ephemera* (eendagsvlieg) Kriebelmuggen zijn als geen andere groep afhankelijk van regelmatige laminaire stroming en zoeken bij verstoring in de stroming naarstig een betere plek (<https://youtu.be/i1T9LHuop10>).



Foto 10. Filterende waaiers op de kop van een kriebelmuglarve

Zoals in het filmpje te zien is hangt de larve zijn waaiers in de stroming en kamt periodiek de voedseldeeltjes eruit.

3. Datering

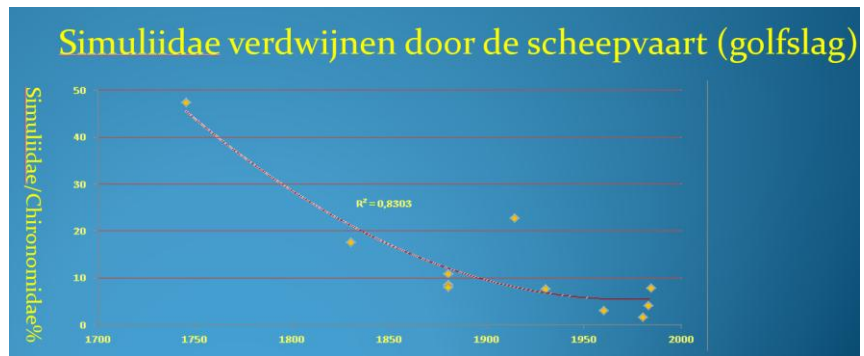
3.1. Kaartmateriaal

De geomorfologische kaart van de Maas geeft aan dat de restgeul dateert uit de periode 1500-1700 (<https://rce.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=Archeologische%5Fverwachting%5FMaasdal1>).

3.2. Biotische indicatoren

3.2.1. *Simuliidae/Chironomidae quotiënt*

Behalve dat kriebelmuggen tot de doelsoorten behoren, zijn ze ook een goede indicator voor de hydraulische toestand van de rivier. Als een rivier gestuwd wordt verdwijnen ze omdat ze een continue laminaire stroming nodig hebben van 30 – 100 cm/s (Literatuur in Klink, 1986). Bovendien zijn de gevoelig voor de gemotoriseerde scheepvaart die door zuiging en golgslag de laminaire stroming verstoort en het filteren niet meer lukt. Vanaf 1820 heeft de stoomvaart zich ontwikkeld en vanaf ca. 1920 de vaart met dieselmotoren (<https://beta.nmgm.huygens.knaw.nl/binnenvaart-negentiende-eeuw.html>) (<https://www.canonvannederland.nl/nl/page/67749/motorisering>).



Grafiek 2. Verloop van de verhouding kriebelmuggen (Simuliidae)/dansmuggen (Chironomidae) in de Rijn (Klink, 2012)

In Rijnafzettingen is een duidelijk verloop te zien van deze groep in de tijd. Rond 1700 was de verhouding kriebelmuggen/dansmuggen nog 50%. Tegenwoordig komen er geen kriebelmuggen meer voor in de Rijntakken en Maas met als mogelijke uitzondering de stuwcomplexen met vistrappen. Informatie daarover is mij niet bekend. In de restgeulafzetting zijn de kriebelmuggen talrijk aanwezig.

3.2.2. Misvormingen van dansmuglarven (*Chironomidae*)

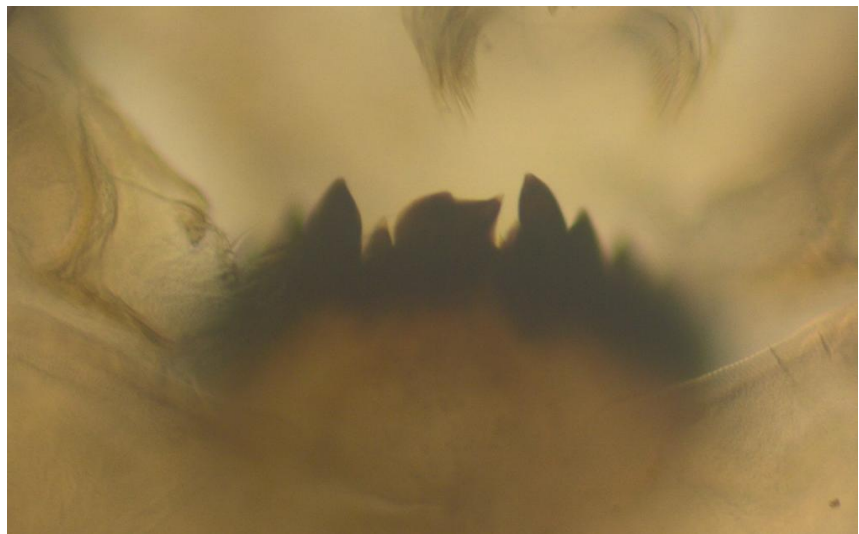
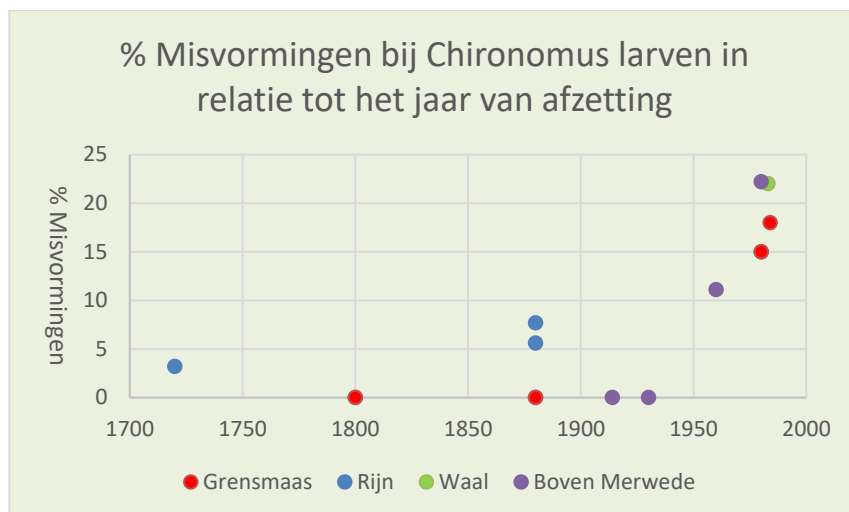


Foto 11. Misvormd gebit van de dansmuglarve *Chironomus*

In grafiek 2 zijn de percentages misvormingen bij *Chironomus*-larven voor paleo-monsters uit de Grensmaas, Rijn, Waal en Boven Merwede gerelateerd aan het geschatte jaar van afzetting.



Grafiek 2. Percentage misvormingen bij Chironomus larven in de tijd (Klink, 1986).

In de oude afzettingen van 1800 en 1880 in de Grensmaas is geen enkele misvorming gevonden. In de 80-er jaren van de vorige eeuw liep het % plaatselijk op tot rond de 20%. In monsters die levend verzameld zijn kon 50% van de larven misvormingen vertonen (Klink, 1989). De huidige afzetting moet nog worden uitgezocht en gedetermineerd, maar de Chironomus larven (enige 10-tallen) in het steekmonster zagen er goed uit.

3.2.3. Gidskiezelalgen

Er is een beperkt aantal kiezelalgen die algemeen voorkomen in het plankton van de grote rivieren die daar vroeger (voor 1950) ontbraken. De kiezelalg *Thalassiosira bramaputrae* (voorheen *Coscinodiscus lacustris*) is vóór 1958 niet uit de Rijn bekend (Klink, 2012) en is in 1979 ook in de Mariapeel gevonden toen Maaswater via de Helenavaart in het hoogveengebied werd ingelaten (Joosten en Klink, 1984). Een andere nieuwkomer is *Actinocyclus normannii* v. *subsalsus* die nog recenter de grote rivieren heeft gevonden.

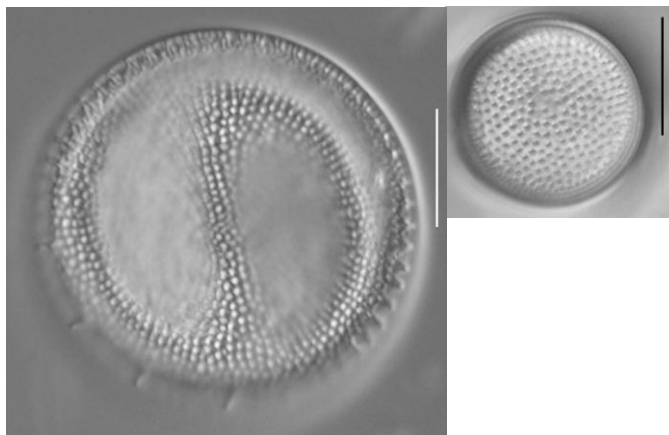


Foto 12. De planktonische kiezelalg *Thalassiosira bramaputrae* (links) en *Actinocyclus normannii* v. *subsalsus* als nieuwkomers in de grote rivieren (maatstreepje = 10 µm)

3.3. Abiotische indicatoren

Glasparels

Dit zijn kleine glazen bolletjes < 1 mm) die vanaf de jaren 60 van de vorige eeuw zijn toegepast in reflecterende verf op wegen. Als de verf slijt spoelen de pareltjes weg en vormen een gidsartefact in recente rivierafzettingen.

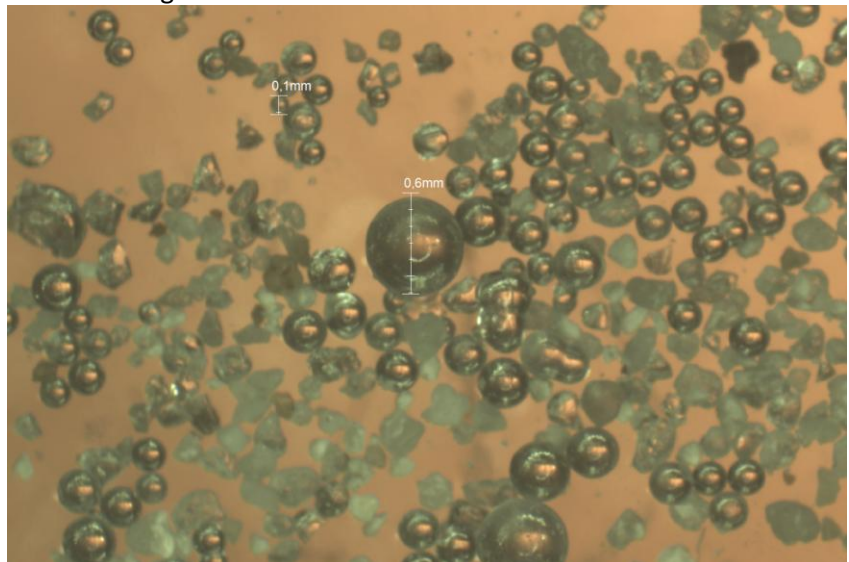


Foto 12. Glasparels van een zebrapad

De glasparels van dit zebrapad hadden een dichtheid van ca. 3 miljoen/m²!

In de restgeulafzetting zijn geen glasparels aangetroffen.

Kolengruis en metaalslakken

In het overgrote deel van Rijn- en Maasafzettingen is kolengruis aanwezig als een zwarte glimmende veel-hoekige brokjes van 0,1 – 0,4 mm. Aan het begin van de 16^e eeuw was er al drukke scheepvaart tussen Luik en Dordrecht met ladingen van natuursteen, kalk,

steenkool, ijzer- en koperwaren .(<https://historiehuismaasvallei.nl/de-geschiedenis-van-de-maas-en-de-maasvaart-qr16>).

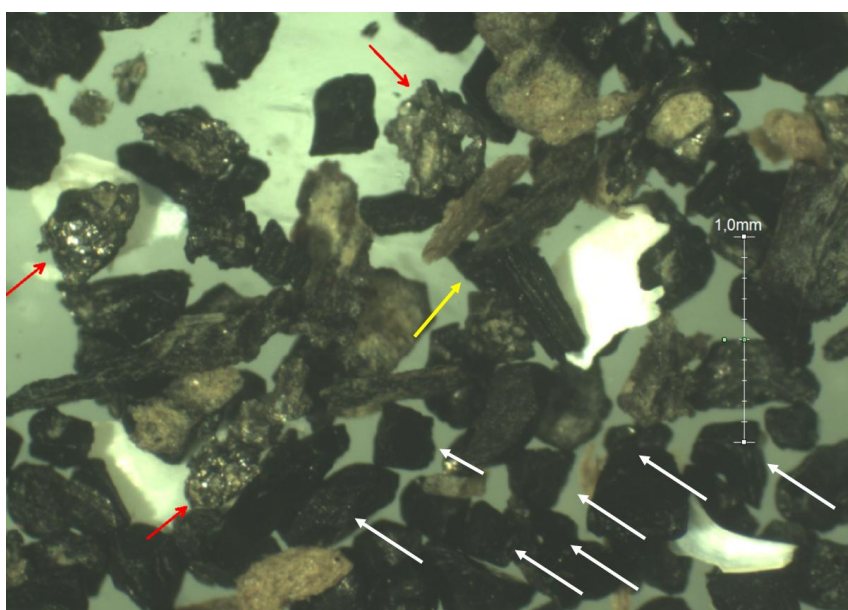
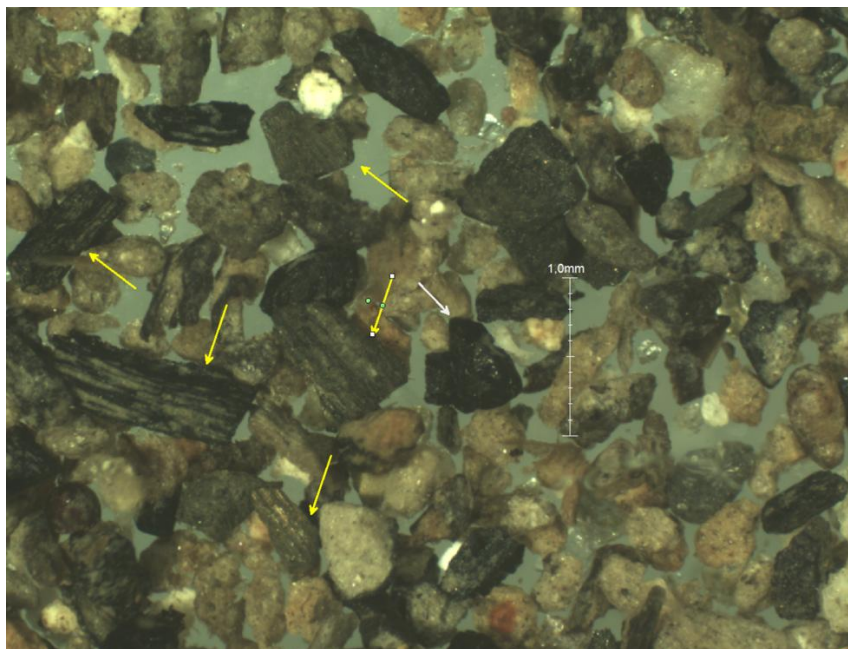


Foto 13a en b. Resp. het sediment in de restgeul en dat in de hoge kronkelwaardafzetting.

Pijlen: geel = houtresten; wit = steenkool; rood = non-ferro metaalslak.

De afzetting in de restgeul bevat hoofdzakelijk resten van hout en hier en daar een brokje steenkool. In de bovenste kronkelwaard-afzetting zijn houtresten schaars en bestaat de matrix hoofdzakelijk uit kolengruis. Ook zijn er 3 metaalslakken te zien, vermoedelijk zink. De verontreiniging met zware metalen is rond 1640 begonnen en op de top van de verontreiniging in 1870 zijn waarden gemeten (met AAS) van 8000 mg/kg zink (Rang en Schouten, 1989). De enorme

hoeveelheid kolengruis zal voor een aanzienlijk deel afkomstig zijn van de stoomscheepvaart (1831 – 1914). Deze schepen werden onder stoom gebracht door steenkool (Nusteling, 1974).

(<https://beta.nmgn.huygens.knaw.nl/binnenvaart-negentiende-eeuw.html>)

(<https://www.canonvannederland.nl/nl/page/67749/motorisering>),

4. Resultaten

Op basis van het voorafgaande kan een uitspraak worden gedaan over de geschiktheid van de monsters voor het vastleggen van de referentiegemeenschap van de macrofauna in de Grensmaas. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven.

Tabel 1. Overzicht van de gegevens van de paleo-monsters.

Veldwerk	2024 Maasband						2023 beekmondingen						1984		
Locatie/Factor	Restgeul laag	Restgeul hoog	Kronkelwaard laag	Kronkelwaard hoog	Dryas laag	Dryas hoog	Berwijnmonding	Voermonding	Boscherveld	Geulmonding	Maasband 1	Maasband 2	Geulmonding laag	Geulmonding hoog	Kronkelwaard Meers overstroming 1984
Voldoende materiaal	+	?	-	-			±	-	-	-	-	-	+	+	+
Doelsoorten															
Eendagsvliegen	?	?	-	-	?	?		-	-	-	-	-	+	+	+
Kokerjuffers	+	?	-	-	?	?		-	-	-	-	-	+	+	+
Kevers	?	?	-	-	?	?		-	-	-	-	-	+	+	+
Kriebelmuggen	+	?	-	-	?	?	±	-	-	-	-	-	+	+	+
Datering	1600	?	?	1850?	13M BP	13M BP	?	?	?	?	?	?	< 1830	< 1880	< 1984
Bio-indicatoren															
Misvormingen	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	-	-	+
Gidskiezelalgen	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Abio-indicatoren															
Hout	+++	?	+	+	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Kolengruis	+	?	+++	+++	?	?	+++	+++	+++	+++	+++	+++	?	?	?
Metaalslakken	-	?	++	++	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Glasparels	-	?	-	-	?	?	-	-	-	-	-	-	?	?	?
Analyse	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+

Van alle in 2023 en 2024 genomen monsters komt alleen de restgeul laag in aanmerking. De fauna bevat veel doelsoorten en de leeftijd op basis van de geomorfologie, veel hout, weinig kolengruis en geen metaalslakken is ook aanzienlijk ouder dan de in 1984 verzamelde monsters. Op basis van deze 4 monsters en de monitoring van de levende macrofauna vanaf 1984 tot heden, geeft de mogelijkheid om een beschrijving te maken van de verandering van de levensgemeenschap in de Grensmaas over de afgelopen 400 jaar, met de hoop dat hier oorzaak gevolg relaties uit kunnen worden afgeleid op grond van historische literatuur over de belangrijkste veranderingen die de Maas in die periode heeft doorgemaakt.

5. Literatuur

- Amoros, C., Roux, A.L., Reygrobellet, J.L., ea, 1987
A method for applied ecological studies of
fluvialhydrosystemsIn: Regulated rivers. Research and
management G.E. Petts (ed.), John Wiley & Sons, Ltd., 1: 17-36
- Amoros, C., van-Urk, G., 1989
Palaeoecological analyses of large rivers: some principles and
methods In: Historical change of large alluvial rivers: W. Europe
in: G.E. Petts (ed.), John Wiley & Sons: New York p. 143-165
- Billen, G., Barles, S., Garnier, J., Rouillard, J., Benoit, P., 2009
The food-print of Paris: long-term reconstruction of the nitrogen
flows imported into the city from its rural hinterlandReg.
Environ. Change 9: 13-24
- Haidvogel, G., Guthyne-Horvath. M., Gierlinger, S., Hohensinner, S.,
Sonnlechner, C., 2013 Urban land for a growing city at the banks
of a moving river: Vienna's spread into the Danube island
Unterer Werd from the late 17th to the beginning of the 20th
century Water Hist. 5: 195-217
- Helmer, W., Klaassen, G., Silva, W., 1991
Toekomst van een grindrivier. Deel 5. Rivierkundigeaspecten van
natuurontwikkeling Stroming bureau voor Natuur- en
Landschapsontw. 85 pp.
- Higler, L.W.G., 1986 Research on aquatic insects in the Netherlands: a
historical review H.H.W. Velthuis (ed.), Proc. 3rd Eur. Congr. Ent.
1: 95-98
- Klink, A., 1985 Hydrobiologie van de Grensmaas. Huidig functioneren,
potenties en bedreigingen Adviesburo Klink Rap. Med. 15: 38 pp.
+ bijl.
- Klink, A., 1986 Palaeolimnologisch onderzoek naar de geschiedenis van
kopafwijkingen bij muggelarven in de grote Nederlandse rivieren
Adviesburo Klink Rap. Med. 25: 15 pp. + bijl.
- Klink, A., 1986 Literatuuronderzoek naar enige factoren die invloed
hebben op het biologisch herstel van de Grensmaas Adviesburo
Klink Rap. Med. 24: 26 pp. + bijl.
- Klink, A., 1989 The Lower Rhine. Palaeoecological analysis. In:
Historical change of large alluvial rivers: western Europe G.E.
Petts (ed.), John Wiley & Sons Ltd. 183-201
- Klink, A., Moller Pilot, H.K.M., 1982 Onderzoek aan de makro-
evertrebraten in de grote Nederlandse rivieren Adviesburo Klink
Rap. Med. 3: 1-57

- Lotter, A.F., 1998 The recent eutrofication of Baldeggersee (Switzerland) as assessed by fossil diatom assemblages *The Holocene* 8: 395-405
- Mol, A.W.M., 1986 Decrease of insects in running waters in the Netherlands H.H.W. Velthuis (ed.), *Proc. 3rd Eur. Congr. Ent.* 1: 111-114
- Nusteling, H.P.H., 1974 *De Rijnvaart in het tijdperk van stoom en steenkool* Proefschrift Univ. Amsterdam 540 pp.
- Overmars, W., 2020 *Een Waal Verhaal: Historisch-morfologische atlas van de Rhein en de Waal: 1500-1700* Emmerich-Nijmegen Proefschrift VU Amsterdam 366 pp.
- Rang, M.C., Schouten, C.J., 1989 Evidence for historical heavy metal pollution in floodplain soils: the Meuse In: *Historical change of large alluvial rivers: W. Europe* in: G.E. Petts (ed.), John Wiley & Sons: New York p. 127-142
- Walker, I., 1995 Chironomids as indicators of past environmental change. In Armitage, P., Cranston, P., Pinder, L., (eds.). *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges* Chapman & Hall 405-422