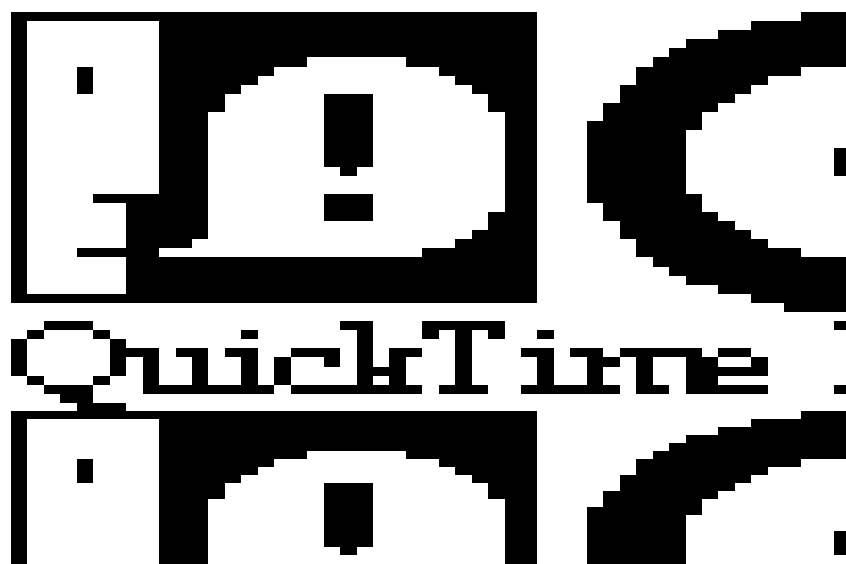


Klinkhout in de Grensmaas: biotoopdiversiteit en biologische zuivering



Alexander Klink



Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen

Rapporten en Mededelingen 57 (21 juni 1995)

In eigen beheer



Het lot van hout in grote rivieren

Hout verenigt zich niet met scheepvaart langs de rivier, hetgeen de reden is dat de Europese bevolking al eeuwen geleden ten strijde is getrokken tegen het klinkhout. Goede beschrijvingen van het lot van hout in de rivier zijn dan ook schaars.

In een grote zijrivier van de Mississippi, de Red River, was in de vorige eeuw nog veel hout aanwezig. De bevolking maakte hierbij onderscheid tussen het hout langs de oevers (shore snags) en het hout dat in de bedding begraven lag (channel snags of dawn stumps). Het oeverhout lag afwisselend onderen boven water, waardoor het binnen 100 jaar wegrotte. Het beddinghout lag permanent onder water, waardoor het eeuwen lang gekonserveerd bleef. Ten behoeve van de passagiervaart met raderboten is ook deze rivier in het begin van deze eeuw ontdaan van hout. Zo zijn er in een traject van 200 km in de periode 1872 - 1920 248.000 dawn stumps en 318.000 shore snags verwijderd (en preventief 543.000 leaning trees). Als gevolg van deze schoonmaakactie trad sterke erosie op, hetgeen een waterstandsval van 7.6 m tot gevolg had (naar Triska, 1984).

In enige nog vrij natuurlijke rivieren in Europa (bv. Allier en delen van de Lotharingse Maas) is vooral het oeverhout nadrukkelijk aanwezig. Het beddinghout is veel zeldzamer.

Nu wil het toeval dat in de Grensmaas tijdens het hoogwater van januari 1995 bij Meers een populier in de bedding van de nevengeul is verankerd. Dit hout is na 6 maanden zo verzadigd geraakt met water dat het zinkt. Voor zover is achterhaald is dit het enige beddinghout in de bovenloop van de grote Nederlandse rivieren. In het benedenrivierengebied is er langs de Nieuwe Merwede ter hoogte van de dam van Engeland een tweede plek met beddinghout bekend. Hier zijn eiken, die duizenden jaren begraven zijn, vorige eeuw blootgelegd tijdens het graven van de Nieuwe Merwede.

In het onderstaande wordt ingegaan op de ecologische betekenis van het klinkhout in de rivier als:

- aanhechtingsplaats voor kleine ongewervelden
- oorzaak voor een sterke toename van de biotoopdiversiteit
- initiator van de biologische zelfreiniging van de Grensmaas



Een boom, enige maten

Een oude schietwilg in de Blauwe Kamer (Rhenen) is 24 m lang, vrijwel dood en is afgelopen winter omgevallen en het wortelstelsel ligt nog onder de grond. Ruwe bast is aanwezig op takken $\varnothing > 20$ cm. Hiervoor is het opgemeten oppervlak verdubbeld met faktor 2.

Het totale oppervlak van de boom bedraagt 143 m² onderverdeeld naar:

Stam + bast $\varnothing > 20$ cm	57%
Grote takken $\varnothing 5 - 20$ cm	10%
kleine takken 2 - 5 cm	12%
twijgen ≤ 2 cm	20%

Het volume bedraagt 6.16 m³ onderverdeeld naar:

Stam $\varnothing > 20$ cm	91%
Grote takken $\varnothing 5 - 20$ cm	5%
kleine takken 2 - 5 cm	3%
twijgen ≤ 2 cm	1%

Uitgaande van een soortelijke massa van 0.5 (Piegay, 1993), weegt de boom 3.08 ton.

Kwantificering van hout in rivieren

In literatuur zijn enige kwantitatieve gegevens gevonden over de hoeveelheid hout in rivieren

rivier	Q m ³ /s	breedte m	hout m ³ /ha	referentie
Ain Fr	120	100	≤ 400	Piegay, 1993
Ogeechee VS	68	33	148	Wallace en Benke, 1984
Black Creek VS	21		168	Wallace en Benke, 1984
7e orde in Oregon			15	Wallace en Benke, 1984
Lower Lookout VS	20		230	Nakamura en Swanson, 1993

In Piegay (1993) wordt 2000 ton (4000 m³/ha) als maximum genoemd.

Voor de omrekening van volume naar oppervlak zijn de volgende verhoudingen gevonden (V/Opp)

0.041	Wallace en Benke, 1984
0.029	"
0.043	boom Blauwe Kamer
0.038	gemiddelde



Hout en biotoopdiversiteit

Een aantal belangrijke processen worden geïnduceerd door klinkhout. De belangrijkste zijn (naar Gregory et al., 1994):

- stroomgeulverleggingen waardoor nevengeulen ontstaan en een rivier tussen haar meanders gaat vlechten.
- retentie van gesuspendeerd materiaal bovenstrooms het hout en de vorming van een "pool" benedenstrooms van het hout.

Hout werkt dus een differentiatie van de biotopen sterk in de hand. Enerzijds ontstaan nevengeulen, kwelgeulen, uitdrogende geulen en perifere poelen door laterale uitslijping. Anderzijds neemt de variatie van het zomerbed sterk toe, door diepten en ondiepten. Grote verschillen in stroomsnelheid treden op over korte afstanden en het hout zelf is een ecologisch zeer belangrijk substraat, als voedsel en als aanhechtingsplaats.

Gigantische dichtheden op hout in de rivier

Behning (1932) beleefde de volgende ervaring in 1929 in de Oeral, die toen nog onbevaarbaar was:

"Met een uit twee delen bestaand vlot, met hijsinrichting werden de boomstammen met menskracht van de bodem van de rivier getrokken. Zojuist is een 2 m lange en even brede stam met wortels en slib naar boven getrokken. Nadat dit hout een uur op het dek had gelegen, kraakte het letterlijk van de kokerjuffers, eendagsvliegen en muggelarven. Ze liggen in een 10 - 20 cm dikke laag verspreid over een oppervlak van 2 m²"

Deze ervaring doet hem inzien waarom de Oeral tot de meest visrijke rivieren van Rusland behoort (veel andere grote rivieren als de Wolga zijn dan al voor de scheepvaart geopend).

Uit deze beschrijving kan worden afgeleid dat het gaat om het beddinghout (dawn stumps in Triska, 1984) en dat enige 100.000-en kokerjuffers en tenminste 1 miljoen andere (kleinere) dieren, zoals muggelarven, 12.5 m² hout zijn afgekropen (wortels niet meegerekend). De minerende soorten zullen zich in het hout hebben teruggetrokken, evenals veel soorten die in een huisje leven. Uitgaande van 100.000 kokerjuffers en 1.000.000 muggelarven, kan de biomassa (droge stof) worden geschat van 540 g/m² (5 mg/kokerjuffer en 0,5 mg/muggelarve). De hierbij behorende jaarlijkse productie bedraagt tenminste 2700 g/m². Vermoedelijk gaat het om een veelvoud omdat de betreffende groepen meerdere generaties per jaar hebben.



De problemen van de Grensmaas

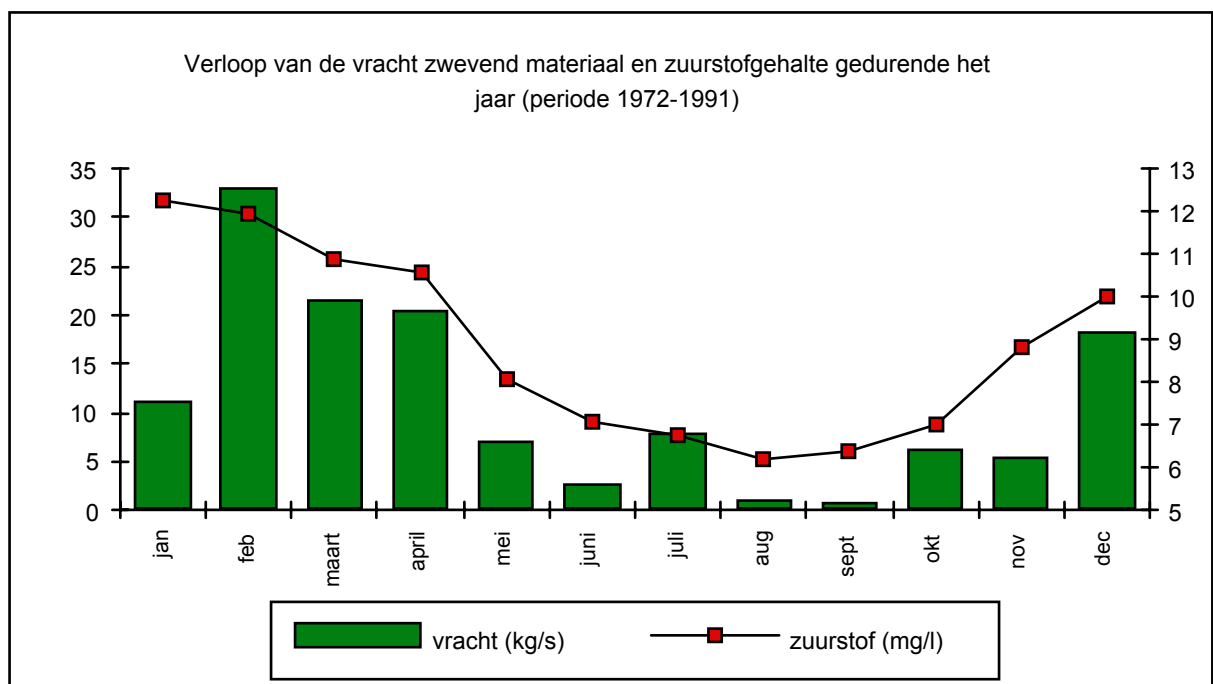
De Grensmaas kampt met twee grote problemen:

- Gebrek aan biotoopdiversiteit
- Waterkwaliteit

De Grensmaas is de enige grote rivier in Nederland, waar de mogelijkheid aanwezig is voor een natuurlijke hoeveelheid hout. Door dit hout worden de natuurlijke morfologische processen weer tot leven gebracht en ontstaat een grote diversiteit aan biotopen.

De waterkwaliteit in de Grensmaas is slecht, maar niet zodanig dat er geen kansen zijn voor een diverse levensgemeenschap. Uit de onderstaande figuur is af te leiden dat de periode december - april relatief gunstig is. De hoge afvoeren leiden tot sterke verdunning van de lozingen en ogenschijnlijk verdwenen soorten weten zich plaatselijk en tijdelijk te handhaven. De periode mei - november is voor het leven in de Grensmaas een moeilijke tijd. De levensgemeenschap op het grind bestaat uit slechts enkele zeer geharde soorten.

In figuur 1 zijn de vrachten van het zwevende materiaal en het zuurstofgehalte (beide Eijsden) per maand uitgezet. De vracht zal overeenkomen met die in de Grensmaas. Het zuurstofgehalte in de Grensmaas is hoger door het zuurstofinbrengend vermogen van de stuw bij Borgharen.



Figuur 1. Zwevende stof en zuurstofgehalte door het jaar heen (Maas Eijsden)



De volgende problemen spelen vooral in de periode mei - november:

- Relatief hoge watertemperaturen, waardoor er minder zuurstof in het water oplost
- Lage afvoeren, waardoor lozingen relatief weinig worden verdund
- Lage stroomsnelheden waardoor de gasuitwisseling tussen dieren en het hen omringende water trager verloopt
- Algenbloei treedt met name op in de zomer, waardoor 's nachts te lage zuurstofgehalten kunnen ontstaan (met name in de stagnante delen)

Ook het sterk bevorderen van filterende makro-evertebraten zal hoge watertemperaturen en lage stroomsnelheden niet kunnen verhinderen. Waarvoor ze wel een uitkomst kunnen bieden is het opeten van de geloosde organische afvalstoffen en zwevende algen. Deze groep filteraars van het kleine zwevende materiaal komen momenteel nauwelijks in de Grensmaas voor. De voornaamste reden wordt gezocht in het gebrek aan geschikt substraat (klinkhout). In het zomerbed van de huidige Grensmaas is als vast materiaal alleen grind aanwezig. Dit grind wordt begroeid door algen, waardoor een geschikte (kale) aanhechtingsplaats voor deze dieren ontbreekt en als de algen 's nachts zuurstof consumeren kunnen er lage zuurstofgehalten optreden. De dichtheden van de grindbewoners nemen dan ook rechtevenredig toe met de stroomsnelheid (Klink en bij de Vaate, 1994).

Klinkhout een dimensie meer

De Grensmaas is voor makro-evertebraten momenteel een tweedimensionaal systeem. Alleen de grindbodem is beschikbaar voor kolonisatie. Oevervegetatie, waterplanten en hout ontbreken. Toevoeging van deze componenten leidt niet tot een of - of situatie, maar tot een en - en situatie. Op een grindbodem met waterplanten en hout kunnen de geschikte oppervlakken van deze substraten bij elkaar worden opgeteld. Sterker nog, de bodemfauna zal hogere dichtheden bereiken, aangezien ze gevarieerder voedsel krijgen aangevoerd dan momenteel het geval is. Zo blijkt dat in mosselbanken op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet, de bodemfauna (exklusief mosselen) 6,5 maal meer produceert dan het geval is op een kale bodem (Klink en Dudok van Heel, 1993).



Klinkhout als waterzuivering, een rekenvoorbeeld

Uitgangspunten:

- De 40 km lange Grensmaas wordt door ontgronding verbreed tot 200 m (Helmer et al., 1991). De rivier wordt hierdoor ondieper, waardoor de uitwisseling tussen lucht en water toeneemt en de zuurstofhuishouding licht verbeterd
- Het zuurstofgehalte wordt geacht geen beperking te vormen voor de levensgemeenschap van makro-evertebraten op het hout
- De mogelijke negatieve effecten van microverontreinigenen zoals cadmium en cyclische aromaten worden buiten beschouwing gelaten, waarbij de hoop wordt uitgesproken dat deze lozingen voortvarend worden gesaneerd
- Natuurlijke hoeveelheden klinkhout zijn in de rivier aanwezig
- Het voorbeeld heeft betrekking op de periode mei - november
- Als voornaamste filteraars fungeren kriebelmuggen en driehoeksmosselen. Beide zijn in staat om zeer fijne deeltjes te filteren. Hun uitwerpselen zijn groot en komen al vrij snel op de bodem terecht, waar ze als voedsel dienen voor de bodemfauna. De driehoeksmossel heeft een voorkeur voor semi-stagnant water en de kriebelmuggen voor stromend water, waardoor ze elkaar niet bekonkureren.
- In het rekenvoorbeeld wordt uitgegaan van een gelijke filtersnelheid gedurende het gehele jaar (in de regel zijn dieren aktiever bij hogere temperaturen)

Gegevens:

- De aangevoerde jaarvracht bedraagt $3.7 \cdot 10^{10}$ kg droge stof per jaar (RIWA, 1993). Hiervan wordt 16.8% aangevoerd in de periode mei - november, zijnde $6.2 \cdot 10^9$ kg (gegevens Rijkswaterstaat).
- 1 kriebelmug filtert per jaar 58 mg droge stof (Schröder, 1987)
- Dichtheden van 1 miljoen kriebelmuggen/m² komen voor, reële dichtheden voor het totale houtoppervlak worden geschat op 10.000/m² hout. De larven zijn zeer mobiel en zullen zich bij dalende waterstanden samepakken op het nog doorstroomde hout en bij stijgende waterstanden weer uitwaaiëren. Om die reden wordt voor de kriebelmuggen wordt geen correctie gemaakt voor lage afvoeren.
- 1 driehoeksmossel filtert per jaar 10 g droge stof (Reeders et al., 1993)
- In mosselbanken zijn gemiddelde dichtheden waargenomen van 12.500 ind./m² (Klink en Dudok van Heel (1993). Op het hout in de Maas even benedenstrooms de Grensmaas bij Linne zijn 840 mosselen/m² aanwezig. Dit hout is nog maar recent gekoloniseerd (ontbreken van de 2+ en oudere generaties). Dichtheden in de IJssel in de jaren 80 bedroegen gemiddeld 1500 ind./m² (Smit, 1995). In het rekenvoorbeeld wordt uitgegaan van 1500 mosselen/m². Momenteel leven er op de bodem van de Grensmaas geen driehoeksmosselen. De reden hiervoor is de uitbundige aangroei van algen en de vaak hoge stroomsnelheden. Beide factoren verhinderen de



vestiging van jonge driehoeksmosselen. In het kielzog van de groeiende mosselpopulatie op het hout wordt verwacht dat ook delen van de (beschaduwde) bodem worden gekoloniseerd. De dichtheden zullen echter laag blijven (25 ind. m²).

- In tegenstelling tot kriebelmuggen, zijn driehoeksmosselen niet in staat zich te verplaatsen (med. bij de Vaate). De meeste mosselen kunnen wel een week droogte overleven. Alleen de allerjongste exemplaren houden dit maar een dag vol (med. bij de Vaate). Op grond hiervan wordt aangenomen dat de driehoeksmosselen zich ophouden in een doorstroomprofiel behorend bij 20 m³/s. De bijbehorende waterdiepte wordt geschat op 40 cm bij een doorstroomde breedte van 200 m (vstr. 25 cm/s) of 80 cm bij een doorstroomde breedte van 100 m. Wallace en Benke (1984) stellen vast dat bij een maximale diepte van 80 cm (gem. diepte 50 cm) 68% van het hout onder water ligt. Uitgaande van een random verdeling van het hout over het 200 m brede rivierbed, zou bij 20 m³ sec. in een doorstroomde breedte van 100 m (gemiddelde diepte 80 cm) 50 % van het hout drooggevalen zijn en van de overige 50% zou tenminste 68% onder water liggen (want de gemiddelde diepte van de Grensmaas bedraagt 80 cm ipv. 50 cm). Hierdoor zou de hoeveelheid geschikt houtoppervlak 34% bedragen van het totale houtoppervlak. Indien al het hout in de diepste delen wordt aangebracht, zal dit percentage sterk toenemen. In het voorbeeld wordt 34% van het totale houtoppervlak geschikt geacht voor permanente kolonisatie van de driehoeksmossel.
- De hoeveelheid geschikt bodemoppervlak wordt geschat op 50% van het 200 m brede rivierbed.
- De natuurlijke hoeveelheid hout wordt geschat op 50 m³/ha (10 grote stammen) met een overstroomd oppervlak van $50/0.038 = 1316$ m²/ha.

In de rivier met een oppervlakte van 800 ha wordt jaarlijks door kriebelmuggen $10.000 * 58 \text{ mg} = 580 \text{ g/m}^2$ hout gefilterd. In de periode van 7 maanden is dit een totale hoeveelheid van $580 * 1316 * 800 * 7/12 = 338 \text{ g/m}^2$ hout = $0.36 * 10^9 \text{ g}$. De hoeveelheid materiaal dat door jaarlijks door driehoeksmosselen wordt gefilterd bedraagt $1500 * 10 \text{ g} = 15000 \text{ g/m}^2$ hout en $25 * 10 \text{ g} = 250 \text{ g/m}^2$ bodem. De gekoloniseerde oppervlakte aan hout bedraagt 34% van 1316 m²/ha = 447 m²/ha. In de periode mei-november wordt $15000 * 447 * 800 * 7/12 = 3.13 * 10^9 \text{ g}$ materiaal gefiltert door de mosselen op het hout en $250 * 10000 * 400 * 7/12 = 0.58 * 10^9 \text{ g}$ door de mosselen op de bodem. De totale hoeveelheid die van mei tm november wordt gefilterd bedraagt derhalve $(0.36 + 3.13 + 0.58) * 10^9 = 4.07 * 10^9 \text{ g}$. Dit is 66% van de totale aangevoerde hoeveelheid!



Een eerste proef op praktijkschaal

De uitkomst van de berekening stemt hoopvol omtrent het vermogen van een rivier zichzelf te herstellen. Uit onderzoek van klinkhout bij Linne blijkt dat ook de soortenrijkdom (in het voorjaar) sterk toeneemt als dit materiaal in de rivier aanwezig is. Beide konstateringen billijken een onderzoek op praktijkschaal. Hierbij kan al op korte termijn een proef worden gestart in de bocht van Meers. Deze lokatie biedt unieke voordelen.

De Grensmaas heeft bij Meers een bocht afgesneden en stroomt momenteel ten dele door een grindgat. Hierdoor is er in het zomerbed ruimte beschikbaar gekomen voor het aanbrengen van bomen.

Daarnaast zijn ter plaatse grote populieren aanwezig, die bij de ontgroning volgend jaar in stukken zouden worden gezaagd (en daardoor als klinkhout vrijwel waardeloos zouden zijn) en die al snel met wortel en al in de rivier kunnen worden geschoven. Deze bomen kunnen met betonningsstenen (onzichtbaar) worden verankerd in het grindgat. Dat dit niet eens nodig hoeft te zijn blijkt uit een populier die met het afgelopen hoogwater aan de instroomopening is gestrand en hier nu, deels begraven onder het grind, op weg is om het eerste natuurlijke beddinghout in de moderne Grensmaas te worden.

Nadat het hout is aangebracht (en eventueel verankerd) zal de rekolonisatie van de makro-evertebaten maandelijks worden onderzocht om vast te stellen of de waterkwaliteit beperkingen oplegt aan de rekolonisatie van de houtbewoners en zo ja in welke maanden dit zich manifesteert. Daarnaast zal rivierkundig onderzoek de eerste verkenningen opleveren over het gedrag van hout in de rivier en het gedrag van de rivier onder invloed van hout.

Vraag

- Om mogelijk optredende verdroging tijdens laag water aan de Belgische zijde van de Grensmaas te voorkomen is rekening gehouden met een zomerbed ophoging van 1 m. Hierbij is geen rekening gehouden met hout in de Grensmaas. Het hout heeft door de hoge weerstand een afname van de transportcapaciteit van de rivier tot gevolg. Hierdoor zal vooral meer zand in de Grensmaas bezinken, hetgeen kan leiden tot een bodemophoging.

In de tweede plaats zorgt het hout, voor een zekere opstuwing, waardoor de waterstanden bij lage afvoeren zullen toenemen.

De hieruit voortvloeiende vraag is:

Kan eventueel optredende verdroging gecompenseerd worden door hout in plaats van terugstorten van grind?

Indien dit mogelijk is, kan het verwerven en aanbrengen van hout betaald worden uit de extra grindopbrengst.



Literatuur

- Behning, A., 1932
Ueber Ephemeropterenlarven des Uralfusses (suedost-Russland)
Deutsch. ent. Zeit. 3: 89-94
- Gregory, K.J., Gurnell, A.M., Petts, G.E., 1994
The role of dead wood in aquatic habitats in forests. In: Forest and water.
Proc. 1994 Disc. of the Inst. Charc. Forresters 27 pp.
- Helmer, W., Overmars, W., Litjens, G., 1991
Toekomst van een grindrivier. Hoofdrapport
Stroming bureau voor Natuur- en Landschapsontw. 64 pp.
- Klink, A., bij de Vaate, B., 1994
De Grensmaas en haar problemen zoals blijkt uit hydrobiologisch onderzoek aan makro-evertebraten
Hydrobiologisch Adviesburo Klink Rapp. Med. 53: 62 pp. + bijl.
- Klink, A.G., Dudok van Heel, E., 1993
Macro-evertebraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet
Rapp. ecologisch Herstel Rijn en Maas 48: 52 pp. + bijl.
- Nakamura, F., Swanson, F.J., 1993
Effects of coarse woody debris on morphology and sediment storage of a mountain stream system in western Oregon
Earth surface processes and landforms 18: 43-61
- Piegay, H., 1993
Nature, mass and preferential sites of coarse woody debris deposits in the Lower Ain valley (Mollon Reach), France
Regulated Rivers: Research and Management 8: 359-372
- RIWA 1993
Samenstelling van het Maaswater 1989 - 1992
RIWA Jaarrapport 340 pp.
- Reeders, H.R., bij de Vaate, A., Noordhuis, R., 1993
Potential of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) for water quality management.
In: Nalepa, T., Schloesser, D.W., (eds.). Zebra mussels, biology, impacts and control
Lewis Publishers London 415-438
- Schroeder, P., 1987
Resource partitioning of food particles between associated larvae of *Simulium noelleri* and *Odagmia ornata* (Diptera: Simuliidae) in two lake outlets of the Vosges (France)
Arch. Hydrobiol. Suppl. 77(1): 79-96
- Smit, H., 1995
Macrozoobenthos in the enclosed Rhine-Meuse Delta
Academisch Proefschrift K. U. Nijmegen 192 pp.
- Wallace, J.B., Benke, A.C., 1984
Quantification of wood habitat in subtropical coastal plain streams
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41(11): 1643-1652



van Alexander Klink aan:

Hermjan Barneveld WL

Wouter Helmer Stroming bv

Saskia Janssen Rijkswaterstaat Dir. Limburg

Stan Kerkhofs RIZA

Willem Overmars Stroming bv

Bas Pedroli WL

Harry van der Putten IWACO

Frans Schepers Projektbureau Grensmaas

Bram bij de Vaate RIZA

L.S.,

Door het toelaten van natuurlijke hoeveelheden klinkhout, blijkt dat er mogelijkheden zijn om de Grensmaas zichzelf substantieel te laten zuiveren. Het aangevoerde voedsel, bestaande uit organische afvalstoffen en zwevende algen, komt weer ten goede aan de levensgemeenschap.

Mijn vraag aan jullie is om zeer kritisch naar de aanamen en berekeningen te kijken, aangezien de uitkomst te mooi lijkt om waar te zijn.

Gaarne een snelle reactie,

Alexander Klink

Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv

zonder dat er volgend jaar met de ontgroning van de weerden Door bomen De rivier heeft hier veel meer ruimte dan in haar oorsponkelijke bed, waardoor het aanbrengen van hout ter plaatse Iniet leidt tot de

- De talweg heeft zich door een bochtafsnijding verlegd naar de Nederlandse kant

- De huidige hoofdgeul is plaatselijk veel breder dan de Grensmaas

- Momenteel ligt er een boom, die als gevolg van aanzanding het eerste stuk malen breder dan



Om de natuurlijke processen van ooibos en beddinghout in de Grensmaas tot ontwikkeling te laten komen, kost vele 10-tallen jaren. Hierbij zullen houtdammen ontstaan met de daarbij behorende risico's voor ingrijpende stroombedverleggingen en ontoelaatbare opstuwingen. Daarnaast kan de Grensmaas niet gezuiverd worden door alleen de aanwezigheid van oeverhout, dat zich vaak buiten de stroomdraad zal bevinden. Om op korte termijn (tijdens oplevering van de eerste ontgronde trajekten) over voldoende oever- en beddinghout te beschikken zal dit hout (liefst met wortelstelsel) moeten worden aangevoerd en verankerd. Op de nog kale oevers kan het hout drijvend aan de ketting worden gelegd. Als later het ooibos tot ontwikkeling is gekomen, kan dit hout weer vrij worden gelaten, omdat dit hout dan vanzelf door de oever wordt ingevangen en vastgehouden. Het beddinghout zal op de bodem van de stroomdraad moeten worden verankerd totdat het, door water verzadigd en deels begraven, niet of nauwelijks meer in beweging komt. Gaandeweg zal er natuurlijke toevoer van hout plaatsvinden vanuit het ouder wordende ooibos en is het systeem in hoge mate onafhankelijk van menselijke ingrepen.

Een proef in de praktijk

Om de berekening op zijn waarde te beoordelen is een proef nodig op praktijkschaal. Hierbij wordt voorgesteld om 10 volwassen canadese populieren/ha rivierbed te verankeren bij de bocht van Meers. De Grensmaas heeft hier afgelopen januari een bocht afgesneden en stroomt nu ten dele door een bestaand grindgat. De gezamenlijke oppervlakte van in- en uitstroomopening bedraagt ca. 1 ha, waarop de 10 bomen kunnen worden aangebracht. De instroomopening biedt plaats aan 8 bomen en in de uitstroomopening kunnen 2 bomen worden verankerd.

Deze bomen zullen, liefst compleet met wortelstelsel, met kettingen worden verankerd aan betonningsstenen om gevaar van afdrijven te voorkomen. Vanaf het moment dat de bomen zijn aangebracht, zal de ontwikkeling worden gevolgd. Hierbij worden soortsaamenstelling en dichtheid van de makro-evertebraten gedurende een aantal malen per jaar onderzocht. Tevens wordt het zwevende stofgehalte bepaald boven- en benedenstrooms van respectievelijk de 8 en 2 bomen om vast te stellen of de filteraars in staat zijn een meetbare eliminatie van het zwevende materiaal te bewerkstelligen.

Mogelijke problemen

Met het oog op de waterstanden tijdens hoogwater is de hoeveelheid hout in de rivier een faktor die aandacht verdient. Wallace en Benke (1984) maken een verdeling van hout naar hoogteligging in de rivier en komen op de volgende verdeling:

ondergedoken	68%
0-1 m boven water	27%
1-2 m boven water	5%

Hierbij is alleen rekening gehouden met het oeverhout en het beddinghout is niet gekwantificeerd.

Op grond hiervan kan worden afgeleid dat tenminste 80% van het hout zich bij gemiddelde afvoeren onder water bevindt en dat de hoeveelheid hout tot 2 m hierboven gering is. Dit betekent dat in de aanloopfase (hout aan de ketting en nog geen oud ooibos) in het sterk verbrede bed van de Grensmaas de stromingsweerstand



alleen in het onderste deel van het profiel toeneemt en dat het water snel kan afstromen over de verlaagde weerden, zonder dat opstuwning plaatsvindt.

Over enige decennia wordt de situatie gekomplieerder. Uit het ooibos zal veel niet aangelijnd hout de rivier in verdwijnen. De kans op damvorming is dan niet denkbeeldig, vooral omdat het ooibos zelf het hout zal invangen.

afvoeren levert het hout in de rivier een

Merritt et al., 1984

p 147. assimilatie efficiëntie voor detritus is laag 6 - 35%

boom helemaal onder water ligt

debiet 20 m² sec. vstr 25 cm hoogte 40 cm. 25% van het hout opp.

moselen 12mm per jaar < 1.5 cm = o

0+ tm 4+

Generatieopbouw Cohorten

0+ 20%

1+ 70%

2+ 5%

4+

$W = A * L^b$

A rij 0.018

B 2.362

7-33 mm

L in mm

W in adw

Osen grootste 19 mm

Kleinste 6.4

Merendeel tussen 11 en 16 mm.

Dichthedi faktor 2 hoger

Bodem zal waarschijnlijk meedoen 20/m².

in aquaria verplaatsen ze zich in het veld niet

alleen kolonisatie op het hout dat altijd onder water houden 100 / m².



gemiddelde afvoer = 150 m³/s $V_{str} = .5$ m/s Doorstroomd opp. = 300 m³

Breedte = 200 m gem diepte = 1.5 m.

Stel kroondiameter = 4 m

- Bladeren zijn niet meegerekend, maar kunnen voor kortere of langere tijd wel een geschikt substraat vormen.

- Dreissena wordt beperkt tot talweg kan 1 week zonder water, volwassen dieren. jonge dieren 1 dag zonder water.

- Bij het filteren zijn niet meegenomen, de overige filteraars, de filteraars op water- en oevervegetatie. Ook de filteraars op de bodem zijn niet meegerekend.

In het voorbeeld gaat het om 1316 m²/ ha. Bedenk dat er ook nog 10000 m² bodem/ha aanwezig is.

Stel de dichtheden van Simuliidae zijn 1000 en Dreissena 100/m². Dit betekent $(1000 * 0.058^{7/12} + 100 * 10^{7/12}) * 8.000.000 = (33.83 + 583) * 8.000.000 = 4.8 * 10^9$ g = 1.3 maal de via hout gefilterde hoeveelheden.

Nut van deze berekening

Het nut zal blijken na het ontvangen commentaar. Zo zijn er al twee reacties ontvangen:

- De berekening is te optimistisch bij zeer lage afvoeren. Dan bedraagt het doorstroomde profiel geen 200 m. Voor de totale hoeveelheid kriebelmuggen zal dit effect vermoedelijk gering zijn, omdat ze zich op het nog geïnundeerde hout zullen samenvakken. Anders ligt dat voor de driehoeksmosselen, die niet vrij kunnen migreren. Hiervoor zou een schatting kunnen worden gemaakt van het ecologisch beschikbare oppervlak (volwassen driehoeksmosselen overleven 1 week droogte, maar jonge mosseltjes slechts 1 dag. Mededeling Bram bij de Vaate).

- Tegen de aanname dat er overal in het lengteprofiel vergelijkbaar gefilterd wordt, kan worden ingebracht dat de zwevende stofgehalten naar benedenstrooms zullen afnemen en dat rekening moet worden gehouden dat het filterproces bovenstrooms minder voorspoedig verloopt dan benedenstrooms. Het netto effect zal zich inderdaad manifesteren als een geleidelijke afname van zwevend materiaal naar benedenstrooms. Aan de andere kant varieert het gefilterde volume/tijdseenheid bij kriebelmuggen en driehoeksmosselen afhankelijk van het zwevende stofgehalte. Bij veel zwevend materiaal daalt de filtersnelheid en bij weinig zwevend materiaal neemt deze toe.

In eerste instantie lijkt het nut van de berekening vooral te liggen in het schetsen van de mogelijkheden om een rivier als de Grensmaas weer tot leven te wekken en de wijze waarop dit zou kunnen gebeuren. Daarnaast moet nog worden opgemerkt dat

- slechts 2 groepen filteraars zijn ingezet, terwijl er in werkelijkheid veel meer soorten kunnen bijdragen aan de eliminatie van de aangevoerde vracht.

- Er is geen rekening gehouden met waterplanten en oevervegetatie. Met name een plant als vlottende waterranonkel kan enorme hoeveelheden kriebelmuggen herbergen.



1 ha = 10 bomen bij 8 bij instroom en 2 bij de uitstroming. verankerne aan betonneninsstenen.

Hiertoe worden kriebelmuggen en driehoeksmosselen.

Twee belangrijke filteraars op hout zijn kriebelmuggen en driehoeksmosselen

Kriebelmuggen filteren het stromende water en driehoeksmosselen kunnen grote dichtheden bereiken op plaatsen waar de stroming van ondergeschikt belang is. Wat dat betreft vullen beide elkaar goed aan. Daarnaast zijn er nog tal van andere soorten die filteren, zoals de Kaspische slijkgarnaal en vele dansmuglarven.

Triska, 1984

Red River, een grote zijrivier van de Mississippi 1200 km lang en stroomgebied 236000 km². Breedte 215 - 365 m. De naam komt door de grote hoeveelheden ijzerhoudend sediment. Gemiddelde afvoer 705 m³/s.

Natuurlijk proces van natuurlijke vorming en afbraak van houtdammen (80 - 150 jaar).

1. Aanzet tot verstopping en opvullen van de vrije ruimte
2. Verzadigd raken van het hout, waardoor het zinkt en additionele hout accumulatie. Aanzet tot bedophoging. Depositie van hout op de oevers en overstromen van de moerassen.
3. Vergroten en verdiepen van meren als gevolg van verstopping en opstuwing van zijrivieren, waardoor het bos wegwijnt. De oevervegetatie ontwikkelt zich en er wordt materiaal afgezet langs de zijkant van de bedding.
4. Bij hoog water wordt de debris opgeruimd omdat de samenhang tussen het hout verdwijnt.
5. Uitschuren van de oeverzone en bodem, waardoor oever- en bedhout overblijft. Het bedhout, eerder begraven onder de rivierafzettingen wordt deels weer blootgelegd en steekt vanuit het stroombed in de waterkolom. Dit zijn "dawn stumps", waarvan er honderden rechtop bijna 2 m boven water steken bij laag water. Deze zijn met explosieven verwijderd.

Nadat het hout verwijderd was is de waterstand met meer dan 7 m gedaald, als gevolg van de erosie.

De hoeveelheid hout verwijderd tussen 1872 en 1922 bedraagt:

channel snag	248.000
side snag	318.000
laening trees	543.000+
Totaal	1.1 miljoen stuks à 3.5 m ³ = 3.8 miljoen m ³ / 200 km rivier
	bijna 1900 m ² /100 m rivier met een breedte van 300 m = 630 m ³ /ha

hoeveelheid zand

hoogte houtverdeling

manning met en zonder hout



Aanvankelijk vindt opeenhoping plaats van drijvend hout. Na 2 - 5 jaar treedt er als gevolg van dit hout plaatselijk sedimentatie op door lagere stroomsnelheden. Daarbij gaat een deel van het hout zinken en wordt geheel of ten dele begraven. Het hout in het water rot weg en verliest zijn samenhang, waardoor het wordt meegevoerd. De erosie neemt weer toe en stroomhout steekt in de stroming.

Deze cyclus wordt geschat op 140 jaar en is het gevolg van het verlies aan structurele integriteit hoofdzakelijk als gevolg rotting en in mindere mate biologische mineralisatie van het houtweefsel.

Als gevolg van de dammen zijn er in 1839 4 grote en een aantal kleine meren aanwezig met een opp. van 145 km² over een rivierlengte van 250 km.. Tussen 1839 en 1872 wordt er een nieuw meer gevormd van 60 km². In deze periode werd al hout verwijderd, maar steeds vormden zich nieuwe ophopingen met een tempo van > 1,6 km/jaar.

Duurzaamheid van de dam is afhankelijk van de afmetingen en de houtsoort. Populieren heeft vaak het grootste aandeel in de dammen. Andere bestendige houtsoorten in de dam zijn eik, iep, Liquidambar, plataan, cypres en ceder. De langste stammen in de dam waren 30 - 36 m en 1.75 m in diameter.

Een monster uit een dam bevatte 1210 stukken van 9.1 bij 0.6 m, 2229 stukken van 16.8 bij 0.5 m en 753 stukken van 19.2 bij 0.6 m. (totaal 107.000 m² of 14.553 m³) gem. per stuk snag 25,5 m² en 3,5 m³.

De tussenliggende ruimte werd effectief opgevuld door wilgen die met hun geringe diameter (< 0.25 m). en hun uitgebreid wortelstelsel bond het geheel goed samen.

Relatie $V/opp = \pi/4$ want $V/Opp = r/2$

Wallace en Benke, 1984

Verdeling van het hout over de hoogte (in kg asvrij drooggewicht/m² rivierbodem)

Derivier is 38 m breed met een gemiddelde afvoer van 67.7 m³/s

ondergedoken	4.407 ± 1.83	68%
0-1 m boven water	1.75 ± 0.83	27%
1-2 m boven water	0.30 ± 0.17	5%

Talweg ligt op 80 cm diep, in de Grensmaas is de gemiddelde diepte op 1.5 m (bij $V_{str} = 0.5$ cm/s)

Daarboven treedt de rivier buiten haar oevers

Grote stammen en wortelstelsels die deels in het bed begraven zijn, zijn niet meegerekend, zodat de hoeveelheid ondergedoken hout sterk onderschat kan zijn.



Mannings n bedraagt tot 0.150 in de aanwezigheid van wortels, bomen en grote stammen (in Chow, 1959 p. 123) Deze waarde is meer dan 4 maal zo hoog als die in een vrij schone "normale" rivierbodem (0.025 -0.03 winding pools en shoals (0.033-0.04)

very weedy., winding, overgrown (-0.075 - 0.150)

(Chow, 1959 Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill 680 pp.)

Hydrologische aspecten

hout zorgt voor een groter ruwheid, waardoor mogelijk opstuwing bij laag water zal optreden (gunstig). Door de afgenomen transportcapaciteit vindt bodemophoging plaats nabij de meest bovenstroomse dam, waardoor het meeste materiaal bovenstrooms bezinkt, waardoor het verhang toeneemt en de transportcapaciteit wordt verhoogd ongunstig).

Het terugstorten van zand heeft een bodemophoging tot gevolg van 10 cm en de aanvoer vanuit België levert slechts 4 mm/jaar, waardoor op korte termijn geen ophoging van 1 m is te verwachten.

De kosten van alleen het hout kunnen worden geschat op 1 mfl.

Sedimentatie van zand.

Er was in het plan van Stroming sprake van ophoging van het zomerbed met 1 m.

Klaassen, 1991 (deelrapport 5 Toekomst van een grindrivier p. 54)

Uit België komt gemiddeld misschien 35000 m³/jaar (sedimenttransport in de Grensmaas 1967 gem. 26000 m³/jaar ca 19000 bed en suspended load) en zal vermoedelijk nog minder worden.

Met name het materiaal dat tijdens de winnen aan het bed wordt toegevoegd zal de grootste bijdrage leveren.

Uitgaande van een rivierbed van 800 ha betekent het sedimenteren van de aanvoer een bodemophoging van 0.4 cm/jaar.

eerste dam aanzanden helling wordt hoger en daardoor neemt transportcapaciteit toe.

Terugstorten zand 1.7 milj. ton (SM = 2) = 0.85 milj. m³ = 10 cm

Hout 50/ha = 50/10⁴/m² = 0.5 cm

- Ophoging van de bodem kost 10% van de totale winning die 80 miljoen m³ bedraagt = 8 miljoen m³ = 8*10⁶/800*10⁴ m² = 100 cm beddingverhoging

Die 8 miljoen m³ levert 8 miljoen ton keurgrind à netto fl. 1.--?

42 milj. ton grind en 17 miljoen ton zand wv 10% wordt teruggestort = 1,7 milj. ton zand = 850.000 m³ zand = 850.000/800*10⁴= 10 cm



Gemm. diepte van de Grensmaas

150 m³/s bij vstr van 01. m/sec $1500/200 = 7.5$ m diep

bij 0.5 cm/s nog 1.5 m

1 ton vers hout is 1.5 m³ en kost tussen 25 - 50,--/ton

Totaal 40000 m³ = 26.000 ton = fl. 975.000,--

038-233041