

Driehoeksmosselen en aangroeiproblemen

1. Inleiding

De driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* Pallas, ook wel vanwege zijn zig-zag-tekening 'zebra-mossel' genoemd, is van oorsprong inheems geweest, maar met de laatste ijstijd verdwenen. Vanuit de gebieden langs de Wolgadelta en Kaspische Zee is de herkolonisatie in West-Europa weer op gang gekomen. De eerste meldingen in Nederland gaan terug tot het begin van de 19e eeuw. Het laatste decennium breidt de populatie zich dusdanig uit dat veel bedrijven die oppervlaktewater verpompen voor hun



H. A. JENNER
NV KEMA
Arnhem



J. P. M. MOMMEN
NV KEMA
Arnhem

procesvoering met problemen kampen. De aangroei van driehoeksmosselen in koelwatersystemen kan gemakkelijk leiden tot verstoppingen van condensoren en/of verhoogde weerstanden in de leidingen. De driehoeksmossel is de enige zoetwatermossel die zich met byssusdraden (vasthechtingsdraden) verankert op een harde ondergrond. Daardoor kan de mossel op verticale structuren groeien en een behoorlijke stroomsnelheid weerstaan. Dit in tegenstelling tot de schildersmossel (*Unio*) en zwanemossel (*Anodonta*), die half ingegraven leven in de bodem. Driehoeksmosselen komen in Nederland algemeen voor in zoet of zwak brak water met voorkeur voor plaatsen met stroming. De bovengrens in brak water waarbij ze nog voorkomen ligt bij een chloridegehalte van 500-1.100 mg/l [2, 7, 14]. De mosselen kunnen echter korte perioden met hogere zoutconcentraties goed doorstaan.

De driehoeksmossel is een belangrijke voedselbron voor duikenden en vissen [7, 9]. Volgens Wiktor [12] vormen de larvale stadia van de mossel als onderdeel van het zoöplankton in het water van het Stettinerhaff een belangrijk aandeel in het voedselpakket van spiering, snoekbaars en voorn. Elektriciteitscentrales ondervinden overlast van mosselen doordat losgeraakte mosselen en lege schelpen condensorpijpen verstoppert. Daarom is de KEMA aan het eind van de jaren zeventig begonnen met onderzoek naar bestrijdingsmogelijkheden van driehoeksmosselen in koelwatersystemen. Voorop stond dat moest worden

gezocht naar die bestrijdingsmethoden die voor het aquatisch milieu het meest aanvaardbaar zijn. Voor het onderzoek is de biologie en het gedrag van de jonge mosseltjes van belang omdat juist de vasthechting van de jongste mosseltjes moet worden voorkomen.

2. Reproductie

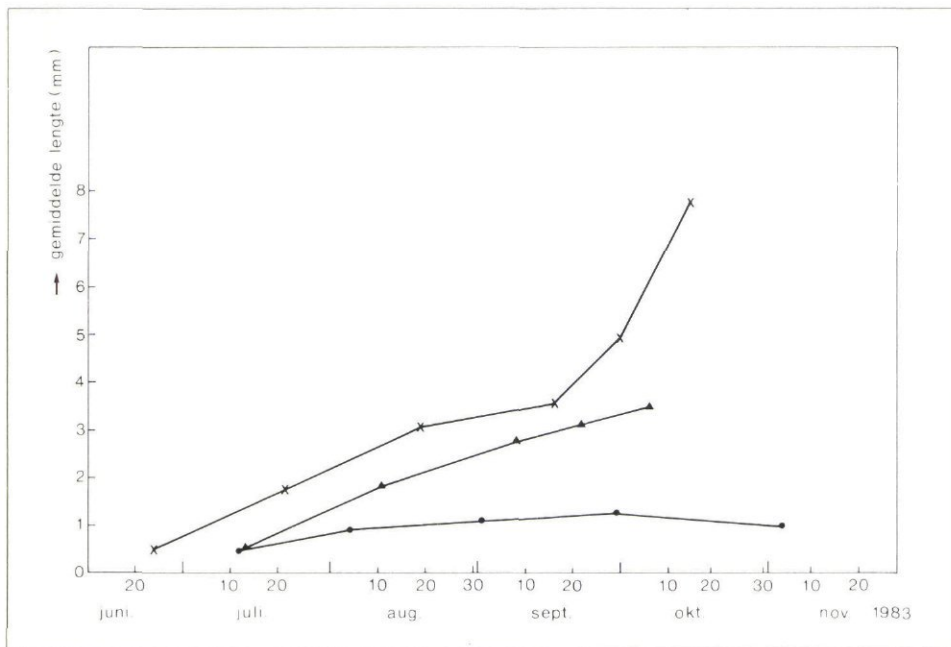
De voortplanting begint meestal bij een watertemperatuur van 13-16 °C, vanaf mei tot halverwege de maand september [8, 11]. De eieren worden tegelijk met de mannelijke geslachtscellen vrij in het water afgezet en daar bevrucht. De vrouwelijke mossel produceert tienduizend tot 1 miljoen eieren [10], wat minder is in vergelijking met de zeewatermossel, want deze produceert wel zo'n 25 miljoen eieren. Na bevruchting ontstaat het larve-stadium, de zogenaamde veliger. Het larve-stadium duurt circa 2 weken, afhankelijk van temperatuur en voedsel. De veliger kan zich door middel van een trilhaarcrans bewegen, vooral in verticale opwaartse richting, waardoor bezinking in een modderige bodem wordt voorkomen. Waterstromingen zorgen voor het eigenlijke transport. Veligers uit het Zwitserse Bodenmeer kunnen zich op deze manier over het stroomgebied van de Rijn 'uitzaaien'. Het laatste veliger-stadium is de pediveliger (lengte $\pm 200 \mu\text{m}$). Er zijn nog een aantal tussenstadia te onderscheiden, maar deze zijn van minder belang. De pediveliger bezit een voet om te kunnen kruipen en kan byssusdraden maken waarmee de veliger zich kan vasthechten op een geschikt substraat. Na vasthechting voltrekt zich de metamorfose tot broedje, wat betekent dat het velum verdwijnt en twee uit kalk opgebouwde klepjes ontstaan die uitgroeien tot de eigenlijke schelpen. De broedjes kunnen nu niet meer zwemmen en alleen nog maar kruipen. Ze hebben de neiging om bij elkaar te kruipen en zodoende clusters te vormen, hoewel geen dikke lagen gevormd worden zoals de mosselbanken van zeewatermosselen.

3. Groei, verspreiding en dichtheden

Het voedsel van de driehoeksmossel bestaat uit plankton (5-50 μm) dat met behulp van de kieuwen uit het water wordt gezeefd. Door trilharen (ciliën) op de kieuwen wordt een waterstroom door de mossel veroorzaakt. Het water komt door de instroomopening naar binnen, passeert de kieuwen en verlaat de mossel via de uitstroomopening. Het plankton wordt door ciliën 'uitgevangen' en 'getransporteerd' via een voedselgroef richting mond. Er zijn aanwijzingen dat naast selectie op grootte ook chemische selectie plaatsvindt van het plankton [11, 13]. De mossel zou op deze manier zijn eigen dieet kunnen samenstellen. De faeces wordt via de uitstroomopening met het water dat de kieuwen is gepasseerd uitgestoten. De resterende partikels, vooral slibdeeltjes, die op de kieuwen zijn achtergebleven, worden via de instroomopening uitgestoten (pseudo-faeces). De groeisnelheid is uiteraard sterk afhankelijk van watertemperatuur, voedselconcentratie en samenstelling van voedsel. Dat hierdoor grote verschillen in groeisnelheden kunnen optreden wordt geïllustreerd in tabel I. Het gaat hierbij om mosseltjes in hun eerste levensjaar, de zogenaamde 0⁺-mosselen. Naast groeisnelheid kan ook de dichtheid per m² per jaar op dezelfde locatie (Flevo-IJsselmeer) sterk verschillen. Vrij vertaald betekent dit dat het voortplantingssucces sterk wisselend is (tabel I, laatste kolom). Mosselen groeien in het riviereengebied 2 à 3 maal zo snel als mosselen in het IJsselmeer. Een mogelijke verklaring hiervoor is het massaal voorkomen van blauwwieren in het IJsselmeer. Deze blauwwieren (*Microcystis Spec.* en *Oscillatoria Spec.*) worden door de mossel niet of slecht opgenomen en verteerd [1]. Dit uit zich in een bijna groeistilstand eind augustus, wat ook blijkt uit de groeicurven van de mosselen in het IJsselmeer (afb. 1). De geringe lengte-toename van de mosselen in het Hollandsch

TABEL I – De gemiddelde en maximale lengte van 0⁺-mosselen aan het einde van de eerste zomer (september-oktober). De lengtemetingen in deze tabel zijn uitgevoerd aan mosselen $\geq 2 \text{ mm}$, welke afkomstig zijn van PVC aangroeiplaten en perspex kokers. In de laatste kolom is de dichtheid per m² weergegeven van 0⁺-mosselen.

		Gem. lengte (mm)	Max. lengte (mm)	Dichtheid (m ⁻²)
Flevo-centrale (IJsselmeer)	1980	4,3	13 – 14	40.000
	1981	4,3	11 – 12	2.200
	1982	3,4	8 – 9	8.600
	1983	2,3	3 – 4	2.300
Enkhuizen (IJsselmeer)	1981	2,2	6 – 7	—
	1982	2,3	4 – 5	14.000
Urk (IJsselmeer, invloed IJssel)	1981	5,6	10 – 11	—
	1982	5,6	10 – 11	8.100
Ketelbrug (IJssel)	1982	7,5	16 – 17	22.000
Shell Moerdijk (Hollandsch Diep)	1983	7,7	15 – 16	15.000
GKN-Dodewaard (Waal)	1983	11,4	16 – 17	7.200
Lage Weide (Amsterdam-Rijnkanaal)	1982	6,3	13 – 14	33.000
	1983	5,9	11 – 12	14.000



Afb. 1 - Lengte-toename van 0⁺-mosselen in 1983 afkomstig van de locaties:

- × Hollandsch Diep (Shell Nederland Chemie Moerdijk)
- ▲ Amsterdam-Rijnkanaal (Centrale Lage Weide)
- IJsselmeer (Flevocentrale)

Diep tussen medio augustus en medio september wordt veroorzaakt door een hoog aanbod van mosselbroedjes in deze periode. Daarna neemt het aanbod van mosselbroedjes snel af, waardoor de gemiddelde lengte van de mosselen binnen de mosselpopulatie sterk toeneemt.

In afb. 2 is met behulp van lengte-frequentie-histogrammen een voorbeeld gegeven van het verloop van de lengteverdeling van een mosselpopulatie gedurende de eerste zomer. Naast de lengteverdeling van de mosselen is het aanbod van mosselbroedjes ≤ 2 mm (per 2 weken/m²) uitgezet. De piek in het aantal zich vasthechtende broedjes ligt medio augustus.

In Nederland wordt de driehoeksmossel tegenwoordig in alle rivieren en meren aangetroffen, zelfs in kanalen waar zij vroeger niet zaten. Een voorbeeld hiervan is het Reitdiep-Schuitendiep, waaruit de Hunzencentrale in Groningen koelwater inneemt. Vanaf 1981/1982 komen de mosselen volop voor in de inlaatwerken van deze centrale. Verbetering van de waterkwaliteit is hiervan waarschijnlijk de oorzaak. Vooral in Rijn en IJssel is de populatie toegenomen. In de IJssel werden in 1976/1977 minder dan 5 mosselen per m² gevonden, nu (1983) ligt het aantal op 500 à 1.000 m² [Van Urk, mondelinge mededeling].

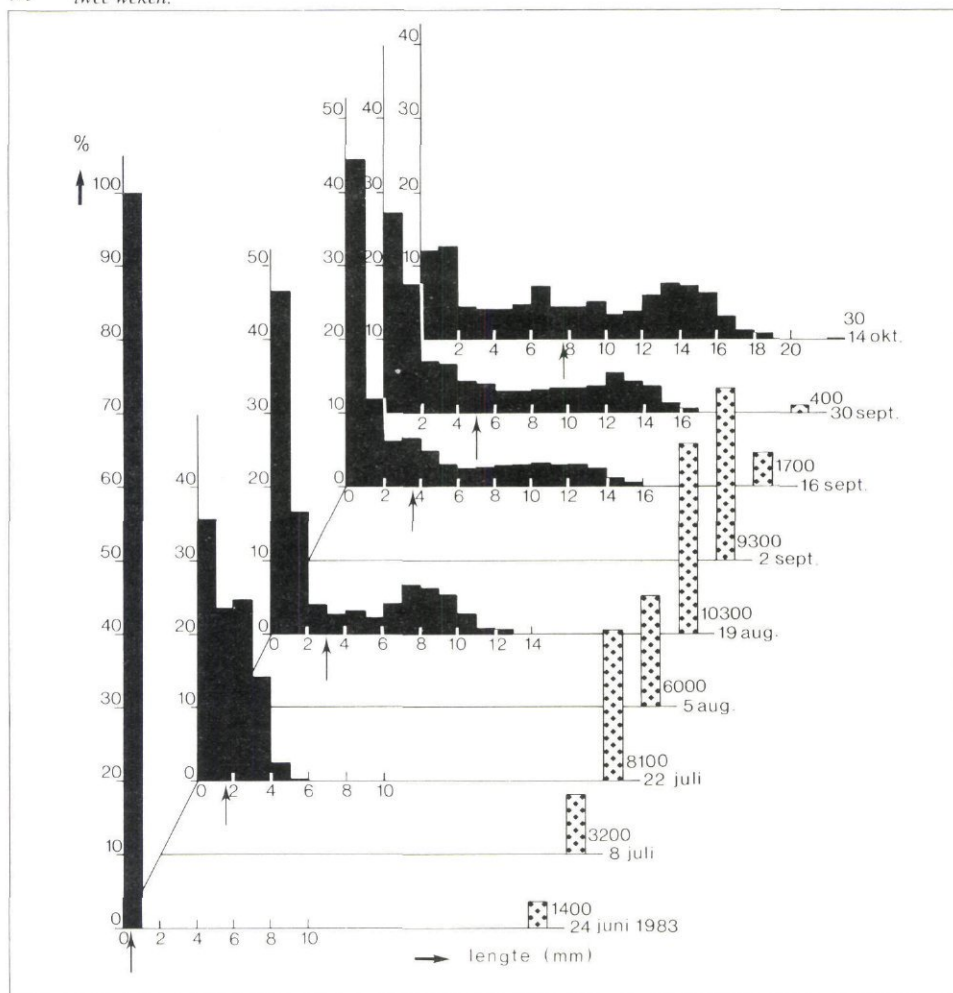
Dat voor de opleving van de mosselpopulatie gedacht wordt aan verbetering van de waterkwaliteit komt door twee belangrijke factoren. Ten eerste is het zuurstofgehalte in de Rijn van gemiddeld 4 mg/l met minima van $< 1,5$ mg/l in 1972 toegenomen tot

gemiddeld 10 mg/l met minima van circa 7 mg/l in 1983 [Rijncommissie Waterleidingbedrijven, jaarverslag 1982, deel A: De Rijn, RIWA]. Ten tweede is de belasting met zware metalen afgenomen vooral van het metaal cadmium. Cadmium heeft mogelijk een negatief effect gehad op de groei van mosselen in de Rijn [Marquenie, mondelinge mededeling].

Daarnaast is mogelijk de biotoop verbeterd voor driehoeksmosselen door de aangebrachte oeverbeschermingen met steenstortingen, waardoor meer vasthechtingssubstraat beschikbaar kwam. Waarschijnlijk is op dit moment het totaal oppervlak aan substraat één van de belangrijkste beperkende (abiotische) factoren voor de omvang en dichtheid van de mosselpopulatie. De mosselen moeten wel steeds met andere vastzittende organismen concurreren, zoals hydroïden ('apehaar'), waardoor ze overwoekerd worden. Vooral een betonnen inlaatwerk vormt in dit licht gezien een ideale situatie voor mosselen, temeer daar predatoren als duikenden en

Afb. 2 - Hollandsch Diep 1983. Lengte-frequentie histogrammen van 0⁺-mosselen.

Aanbod van mosselbroedjes (per m²); totaal aan broedjes welke zich afgezet hebben in de voorafgaande twee weken.



vissen in inlaatwerken en leidingen niet of slechts sporadisch voorkomen.

4. Mosseldetectie in leidingen

Voor veel bedrijven is het niet mogelijk om regelmatig het innamesysteem en leidingensysteem te inspecteren op mosselaangroei c.q. de effectiviteit van de bestrijdingsmethode te bepalen. Dat betekent dat verstoppingsproblemen meestal plotseling optreden en dat bij de bestrijding met chloor vaak op safe gespeeld wordt, waardoor méér chloor wordt gedoseerd dan nodig is. Om een beeld te krijgen van wat zich afspeelt in het in bedrijf zijnde koelwatersystemen van elektriciteitscentrales heeft de KEMA een zogenaamde mosseldetectiebak ontwikkeld, die op te vatten is als een bypass van het leidingensysteem (afb. 3).

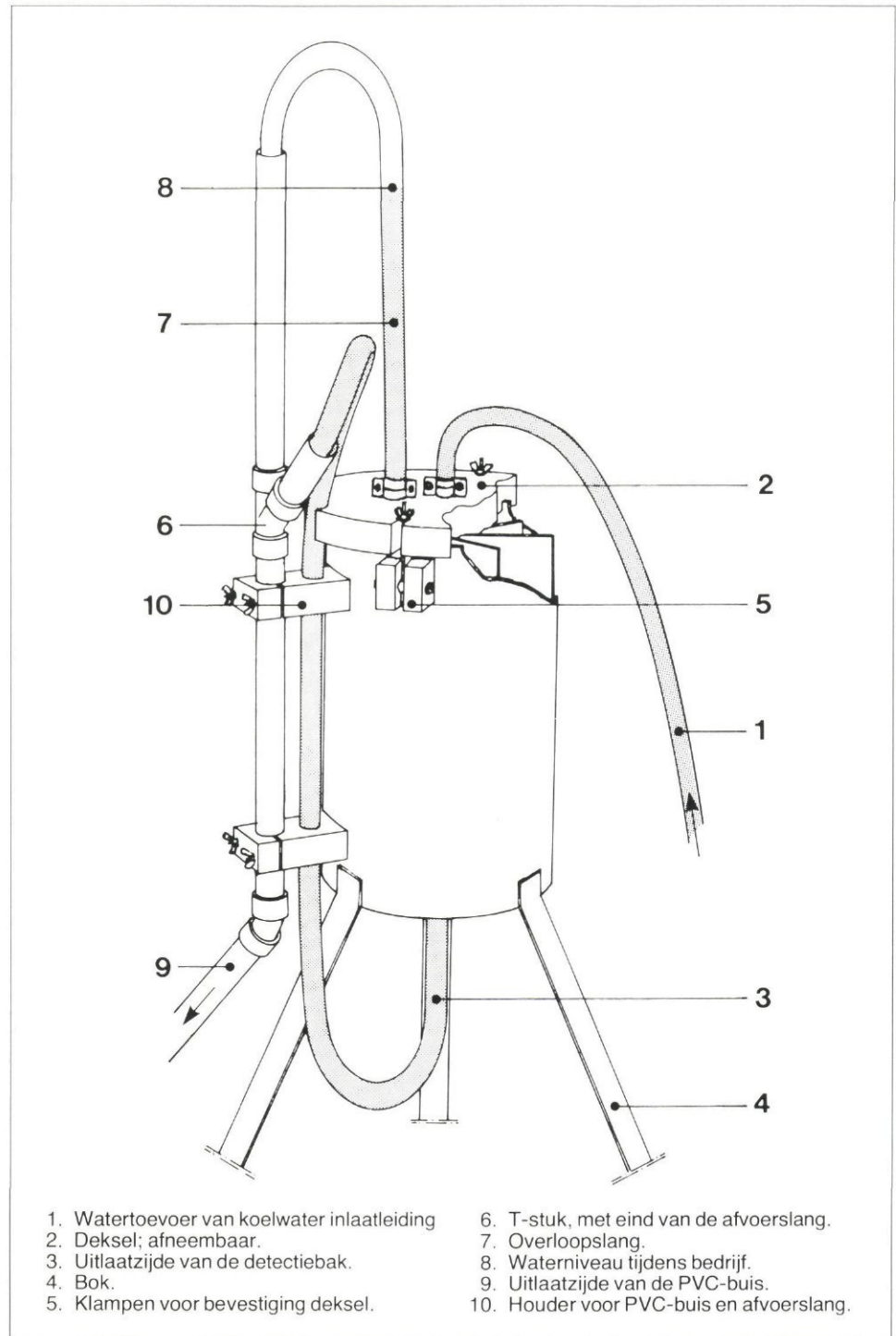
De detectiebak is een bak van PVC die geheel gesloten is en waarin het water van boven naar beneden stroomt [3]. De bodem van de bak loopt taps toe om slib en zand beter te verwijderen. Het volume van de bak is ongeveer 35 l (hoogte 50 cm, $\varnothing$ 30 cm). Op het deksel van de bak is een overloop aangebracht die vrij uitmondt in de afvoerpijp. Bij verstoppingen van de uitlaatslang kan het binnenkomende water via de overloopslang afgevoerd worden, zonder dat overstroming plaatsvindt. Eenmaal aangesloten staat de bak onder druk (koelwaterpompen), wat te zien is aan de waterstand in de overloopslang. Door de overdruk is een debiet van ruim 50 l/min mogelijk. Voor driehoeksmosselen is een debiet van 20-25 l/min ruim voldoende. In de bak is een achttal PVC-platen radiair geplaatst. Mosselen kunnen zich op deze platen afzetten, waarna de platen bemonsterd worden door ze voorzichtig af te schrapen. De mosseldetectiebak geeft informatie over het tijdstip van binnenkomen van mosselbroedjes en de groei, en kan gebruikt worden om de effectiviteit van de bestrijdingsmethode te volgen en zonodig bij te stellen.

5. Aangroei bestrijdingsmethoden

Voor bestrijding van driehoeksmosselen zijn er twee mogelijkheden:

- verhinderen dat de mosselbroedjes zich vasthechten aan de wanden;
- aangroei toestaan, maar periodiek alle aangroei doden als de mosselen nog zo klein zijn dat geen problemen met verstoppingen optreden.

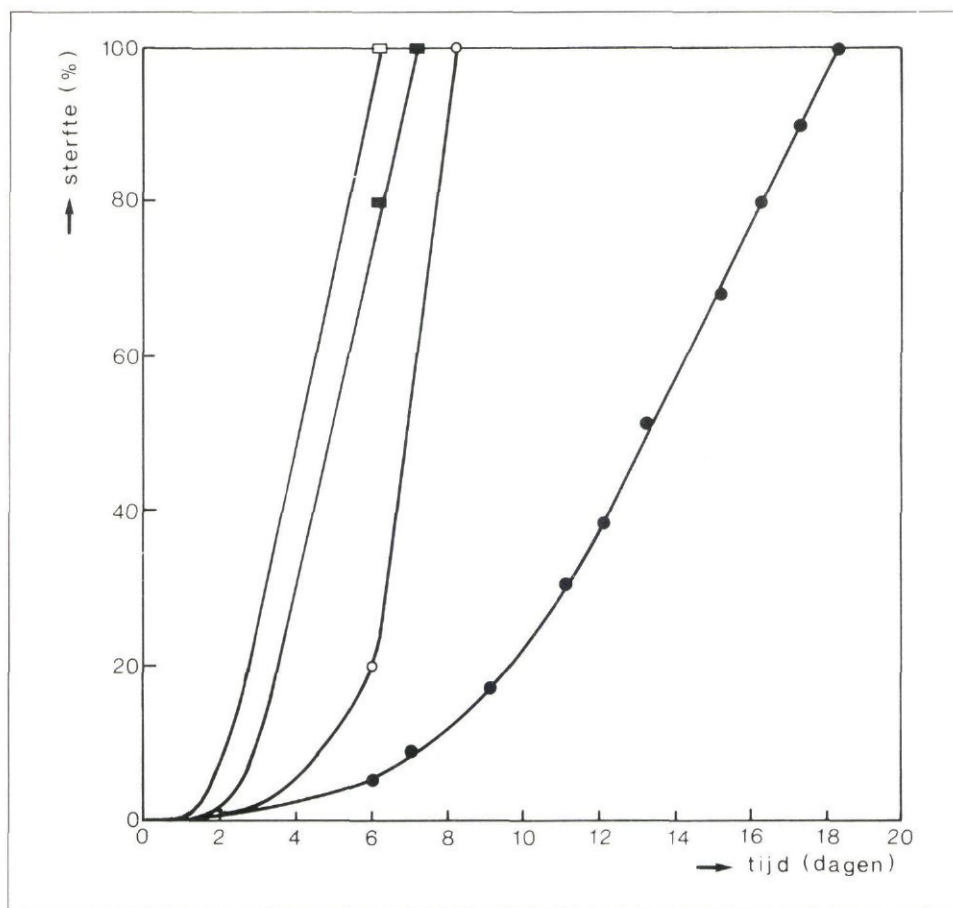
Verhinderen dat mosselbroedjes zich vasthechten is moeilijk, tenzij een continu chloreringsregime wordt toegepast. Ook hoge stroomsnelheden (boven 1 m/s) kunnen effectief werken tegen mosselafzetting. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met aangroei in dode hoeken en luwtes van bochten in het leidingensysteem. Filtratie van het water is effectief als het om



Afb. 3 - Schema mosseldetectiebak.

kleine debieten gaat van 1-2 m³/s. De benodigde zeefdiameter is circa 100 μ m. Voor elektriciteitscentrales is dit, gezien de grote hoeveelheden koelwater die nodig zijn, niet doenlijk. Een 600 MW centrale gebruikt al gauw 20-24 m³/s water, wat zou betekenen dat in de orde van 20-40 microzeef-installaties nodig zouden zijn. Een methode die goed toepasbaar is, is het gebruik van antifouling verf. Dit zijn meestal koperhoudende verfsorten, waaruit het koper langzaam diffundeert. In zoetwater ligt de werkings-

duur tussen de 2 en 4 jaar. Hoewel de totale hoeveelheid koper die vrijkomt procentueel gering is ten opzichte van de achtergrondbelasting geniet de methode niet de grootste voorkeur. Ook in de wintermaanden, als bestrijding niet nodig is blijft de uitloging van koper uit de verf doorgaan. De toxiciteit van de vrijkomende koperionen hangt sterk af van chemische parameters zoals chloridegehalte en organische stoffen (chelators) in het water. Deze gehalten wisselen met de seizoenen, waardoor het effect niet altijd



Afb. 4 - Droogleggingsproef *Dreissena*. Sterfsnelheid van *Dreissena* na drooglegging bij verschillende temperaturen en luchtvochtigheden.

○ 4°C, □ 20°C, 60% luchtvochtigheid
● 4°C, ■ 20°C, 100% luchtvochtigheid.

voorspelbaar is, noch voor de driehoeksmosselen, noch voor het ontvangende water [5, 6].

De bestrijding van reeds vastgehechte broedjes biedt een viertal mogelijkheden die het aquatisch milieu niet of slechts weinig negatief beïnvloeden. De beste bestrijdingsmethode is het met de hand schoonmaken van de leidingen. Bij problemen met driehoeksmosselen is dit een goede optie; door de geringe groeisnelheid kan meestal met een eenmalige jaarlijkse reiniging volstaan worden.

Indien bedrijfstechnisch mogelijk, vormt drooglegging van het systeem een goede methode (afb. 4). Bij Gemeentewaterleidingen van Amsterdam is de mossel-aangroei in de ruwwaterleidingen te Loenen in 1983 succesvol bestreden met drooglegging. De groeisnelheid van de mosselen is zo laag (maximaal ± 1,5 cm per jaar), vergeleken met zeewatermosselen (maximaal ± 4 cm per jaar), dat één 'droogleggings'-behandeling per jaar in het algemeen voldoende is. Soms kan het nodig zijn in het geval van koeling met condensoren een bestrijding tweemaal per jaar uit te voeren, afhankelijk van het verstoppingsrisico. In september 1984 zal een tweede droogleggingsproef bij het waterleidingbedrijf Loenen uitgevoerd worden, waarbij het afstervingsproces nauwkeurig gevolgd zal worden. Het gebruik van warme lucht (luchtverhitters) versnelt het afstervingsproces aanzienlijk. Nadat de mosselen gestorven zijn wordt door middel van doorspoelen de aangroei verwijderd.

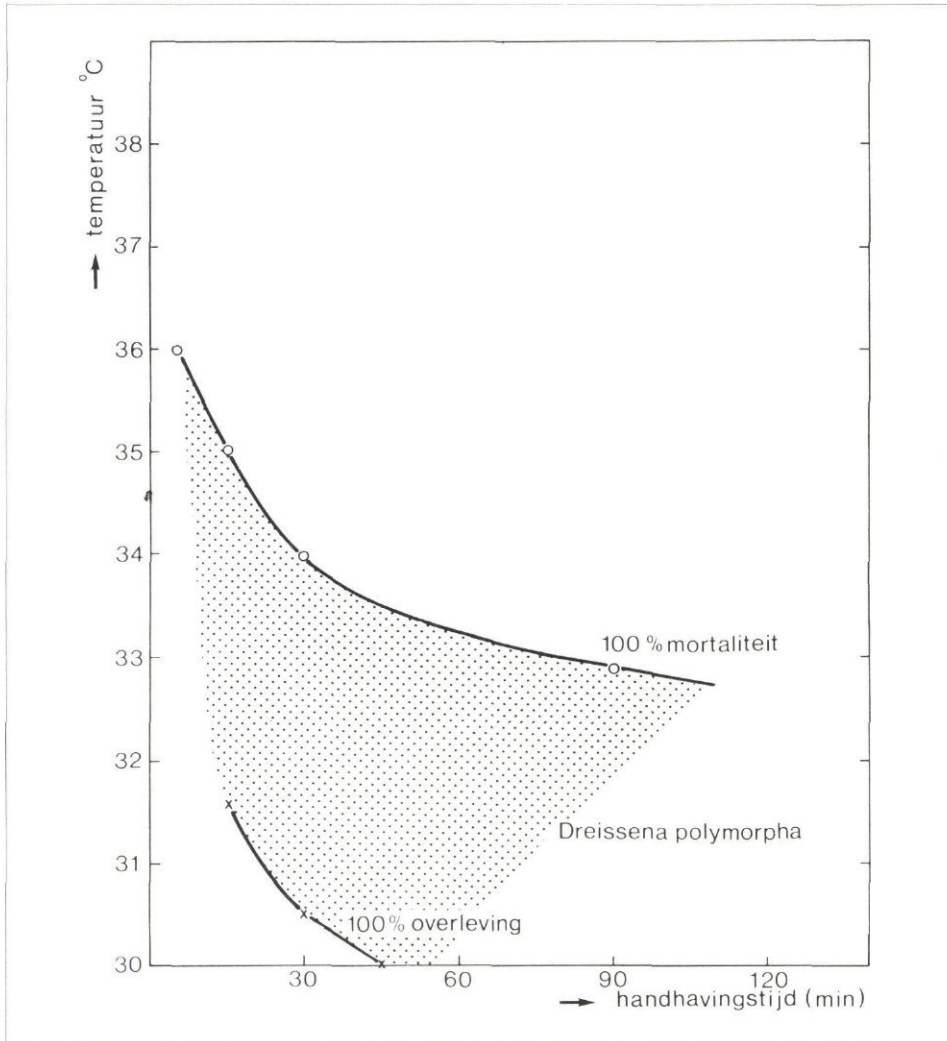
Door gebruik te maken van warm water, 35-40 °C, kan in korte tijd alle aangroei worden gedood. Deze zogenaamde thermoshock-methode [4] wordt al operationeel toegepast bij zeewatermosselbestrijding bij de Eemscentrale. Ook voor driehoeksmosselen is deze methode goed bruikbaar. In afb. 5 is de lethale temperatuur-tijdsverhouding van driehoeksmosselen uitgezet. In principe is een temperatuur van 35 °C gedurende een half uur voldoende. Technisch is het vaak moeilijk om de temperatuursverhoging te realiseren.

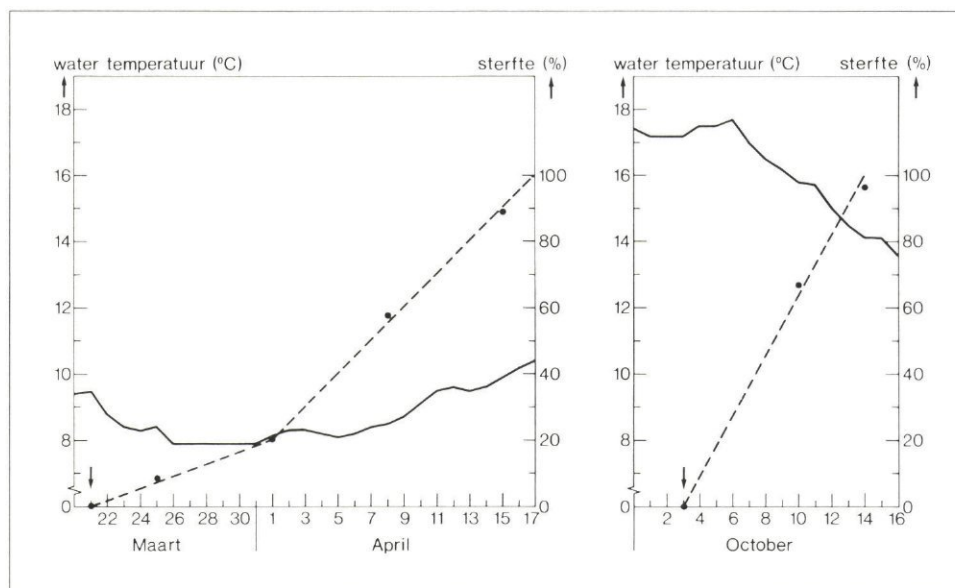
Dosering van chloor (gasvormig of als chloorbleekloog) aan het ingenomen water blijkt nog steeds de meest toegepaste bestrijdingsvorm. Voor driehoeksmosselen is in principe, zoals uit laboratorium- en praktijkproeven is gebleken, éénmaal per jaar een continue chlorering van twee weken voldoende. Deze chloreringsperiode moet aan het eind van het voortplantingsseizoen liggen (begin oktober) om geen nieuwe

Afb. 5 - Relatie lethale temperatuur-handhavingstijd van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*).

○—○— ondergrens 100% mortaliteit (daarboven 100% mortaliteit)
—x—x— bovengrens 100% overleving (daaronder 100% overleving)

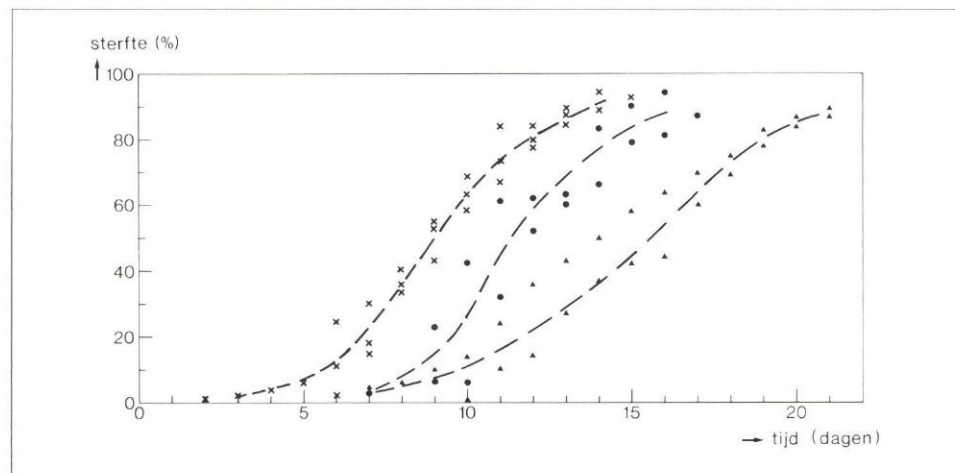
gedeelte overleg





Afb. 6A - Invloed van de watertemperatuur op de sterfsnelheid van *Dreissena* bij continue chlorering (0,5 mg/l TRO) in lente en herfst bij Shell Nederland Chemie Moerdijk.

----- % sterfte
 ————— watertemperatuur °C
 ————— start chlorering



Afb. 6B - Sterfsnelheid van *Dreissena* in laboratoriumexperimenten bij drie chloorconcentraties. Watertemperatuur 12–15 °C.

× 1,0 mg/l TRO
 ● 0,5 mg/l TRO
 ▲ 0,25 mg/l TRO

broedjes na de chloreringsperiode binnen te krijgen. Begin oktober is de watertemperatuur nog vrij hoog, meestal rond de 15 °C. Bij lagere watertemperaturen, rond de 8 °C, gaat het al gauw 3 à 4 weken duren om 100% mortaliteit te verkrijgen (afb. 6A). Een chloorconcentratie van circa 0,5 mg/l TRO (Total Residual Oxidants) is voldoende (afb. 6B). Zowel het binnenkomen en de groei van de mosselen als de effectiviteit van de dosering kan gevolgd worden met de mosseldetectiebak.

6. Conclusies

Bestrijding van aangroei van driehoeksmosselen is een lastig maar in principe oplosbaar probleem.

Per locatie moet bekeken worden waar en in welke mate aangroei van driehoeksmosselen optreedt en hoe de bedrijfsvoering is in verband met de mogelijkheid van tussentijdse inspectie en mogelijke aanpassing of verbeteringen van het (koel-)watersysteem, voor een betere bestrijding van de mosselaangroei. Mede afhankelijk van de kosten van eventuele aanpassingen kan worden gezien welke methode tot een bedrijfstechnisch werkbaar systeem leidt. Van de beschreven bestrijdingsmethoden blijft uit milieu-oogpunt het met de hand schoonmaken de voorkeur genieten. Als de groeisnelheid niet al te hoog is, is in principe éénmaal per jaar schoonmaken voldoende. Voor de thermoshock-methode zijn vaak

kostbare aanpassingen van het koelwater-systeem noodzakelijk, of de methode is alleen toepasbaar bij stilstand van het koelwater. Als droogzetten niet mogelijk is, blijft in de meeste gevallen geen andere oplossing over dan chloreren. Door de broedval, groei en bij chlorering het afsterven van de mosselen met behulp van een mossel-detectiebak te volgen, kan met de 'najaars'-chlorering van twee weken volstaan worden.

Literatuur

1. Birger, T. I. e.a. (1978). *Physiological aspects of adaptations of mollusks to abiotic and biotic factors due to blue-green algae*. *Malacological Review* 11 (1-2): p. 100-102.
2. Janssen, A. W. en Janssen-Kruit, E. (1967). *De molluskenfauna van het Kanaal door Voorne in verband met het zoutgehalte*. *Corr. Blad. Ned. Malac. Ver.* 122: p. 1296-1298.
3. Jenner, H. A. (1983). *A microcosm monitoring mussel fouling*. 'Symposium on condenser macrofouling control technologies'. The State-of-the-art, EPRI, Hyannis, Massachusetts, June 1983.
4. Jenner, H. A. (1983). *Control of mussel fouling in the Netherlands: Experimental and existing methods*. 'Symposium on condenser macrofouling control technologies'. The State-of-the-art, EPRI, Hyannis, Massachusetts, June 1983.
5. Kock, W. Chr. de en Marquenie, J. M. (1979). *Biologisch en geochemisch onderzoek naar het voorkomen en het gedrag van zware metalen in Nederlandse zoetwatergebieden*. TNO-rapport nr. CL 79/49.
6. Kooops, F. B. J. (1979). *De verhoging van de koperconcentratie in geloosd koelwater ten gevolge van behandeling van koelwatersystemen met aangroeiwerende verf*. KEMA-rapport 8670-79.
7. Soest, R. W. M. van (1969). *Aspecten van de oecologie van de driehoeksmossel Dreissena polymorpha (Pallas, 1771) in het IJsselmeer*. Doctoraalsverslag RIVO.
8. Stanczykowska, A. (1977). *Ecology of Dreissena polymorpha (Pall.) (Bivalvia) in lakes*. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 24, 4: p. 461-530.
9. Timmerman, A. (1956). *De duikeenden van het Zwarte Meer*. *Levende Natuur* 59, 8: p. 169-176.
10. Walz, N. (1978). *The energy balance of the freshwater mussel Dreissena polymorpha Pallas in laboratory experiments and in Lake Constance; II Reproduction*. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 55, 1: p. 106-119.
10. Walz, N. (1979). *The energy balance of the freshwater mussel Dreissena polymorpha Pallas in laboratory experiments and in Lake Constance; V Seasonal and nutritional changes in the biochemical composition*. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 55, 3/4: p. 235-254.
12. Wiktor, K. (1958). *Larvae of Dreissena polymorpha as food for fish-spawn*. *Przegl. Zool.* 2, 3: p. 182-184.
13. Winkel, E. H. ten and Davids, C. (1982). *Food selection by Dreissena polymorpha Pallas (Mollusca: Bivalvia)*. *Freshwater Biology* 12: p. 553-558.
14. Wolff, W. J. (1969). *The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. II The Dreissenidae*. *Basteria*, Vol. 33, no. 5-6: p. 93-103.

● ● ●