Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

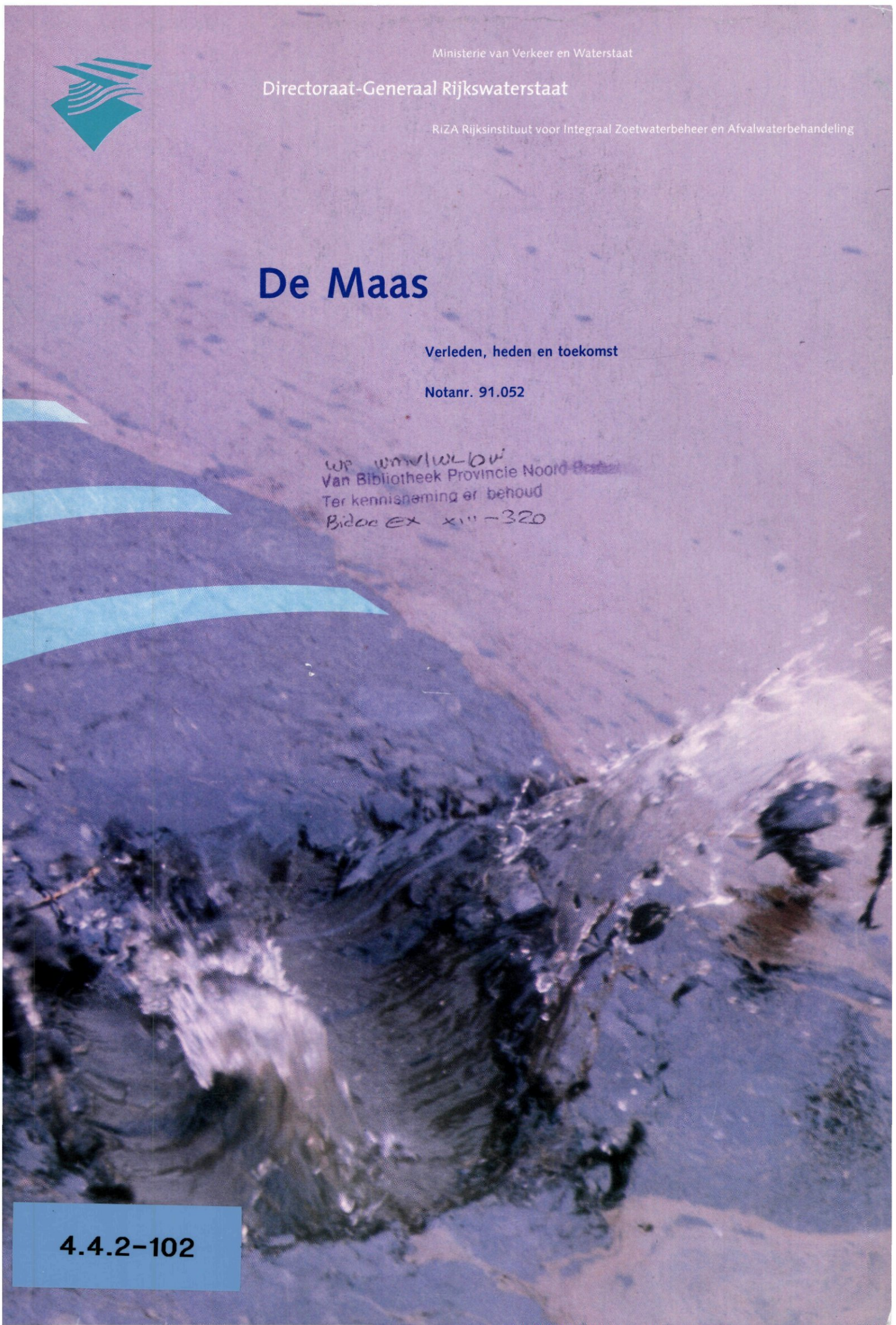
RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

De Maas

Verleden, heden en toekomst

Notanr. 91.052

WP WMV/WL/OW
Van Bibliotheek Provincie Noord-Brabant
Ter kennisneming er behoud
Bidoc EX XIII-320



4.4.2-102

De Maas

Verleden, heden en toekomst.

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)
Hoofdafdeling Watersystemen, afdeling Rivieren.
nota nr. 91.052

ing. R.M.A. Breukel
ir. W. Silva
ir. W.E. van Vuuren
drs. J. Botterweg
R. Venema

Lelystad, oktober 1991

Aangepaste versie, april 1992

BIDOC PROVINCIEHUIS N-BR.
3 2500 00047 4339

Voorwoord

De laatste jaren zijn door het RIZA op velerlei gebied gegevens over het watersysteem Maas verzameld en is veel onderzoek gedaan op het gebied van de morfologie, hydrologie en ecologie van deze rivier. De resultaten van deze werkzaamheden zijn in een groot aantal verschillende nota's en werkdocumenten terug te vinden.
Niettemin leek het ons -mede gezien de belangstelling, waarin de Maas momenteel verkeert- nuttig een samenvattend rapport op te stellen waarmee een breed publiek kan worden bereikt. Het product ligt nu voor U.
Bij de totstandkoming is tevens dankbaar gebruik gemaakt van gegevens van andere instanties zoals de Directie Limburg (Rijkswaterstaat), het Waterschap Zuiveringschap Limburg en het RIWA (Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven).

De auteurs

Inhoud

		Blz.
0. Samenvatting en conclusies		6
1. Inleiding		10
2. Het watersysteem Maas		12
2.1	Hydrografie.	12
2.2	Waterbouwkundige werken in Nederland.	13
2.3	Functies in Nederland.	15
	2.3.1 Aan- en afvoer van water, sediment en ijs.	
	2.3.2 Natuur en landschap.	
	2.3.3 Scheepvaart.	
	2.3.4 Energieopwekking.	
	2.3.5 Drink- en industriewatervoorziening.	
	2.3.6 Visserij.	
	2.3.7 Winning van delfstoffen.	
	2.3.8 Landbouwwatervoorziening.	
	2.3.9 Recreatie.	
2.4	Kwaliteitsdoelstellingen in Nederland.	18
2.5	Streefbeeld.	18
2.6	Organisatie van het beheer.	20
2.7	Internationaal overleg.	20
3. Hydrologie		24
3.1	Afvoer.	24
3.2	Hoog- en laagwater, stuwregime en inundaties.	26
3.3	Waterverdeling en -onttrekkingen.	27
3.4	Grensmaas.	29
4. Morfologie		32
4.1	Ligging en samenstelling van de rivierbodem.	32
4.2	Zandtransport.	32
4.3	Slibtransport.	33
4.4	Oevers en winterbed.	35
5. Flora en fauna		38
5.1	Algen.	38
5.2	Water- en oevervegetatie.	39
5.3	Zoöplankton en macroevertebraten.	40
5.4	Vis.	40
5.5	Vogels.	41
5.6	Mogelijkheden voor de toekomst.	41

6. Emissies in het stroomgebied 44
6.1 Natuurlijke bronnen van verontreinigingen. 44
6.2 Lozingen van industrieel afvalwater. 44
6.3 Lozingen van zuurstofbindende stoffen. 49
6.4 Diffuse bronnen. 50
6.5 Belastingprofiel in Nederland. 50
6.6 Calamiteuze lozingen. 53
6.7 Gevolgen voor de waterkwaliteit. 55

7. Water- en slibkwaliteit 58
7.1 Algemeen. 58
7.2 Meetprogramma's. 58
7.3 Natuurlijke samenstelling. 59
7.4 Algemene parameters. 60
7.5 Doorzicht en chlorofyl, TOC en DOC. 61
7.6 Zuurstofhuishouding. 62
7.7 Nutriënten. 64
7.8 Zouten. 66
7.9 Zware metalen. 66
7.10 Vluchtige microverontreinigingen. 69
7.11 Polaire microverontreinigingen. 69
7.12 Overige organische microverontreinigingen. 70
7.13 Radiologie. 73
7.14 Bacteriologie. 74
7.15 Olie. 75
7.16 Toetsing 1988-1990 aan kwaliteitsdoelstellingen. 75

8. Interpretatie van vrachten 82
8.1 Kanttekeningen. 82
8.2 Gevoeligheid. 83

9. Consequenties van de huidige Maaswaterkwaliteit 86
9.1 Flora en fauna. 86
9.2 Volksgezondheid. 86
9.3 Waterbodems in de rivier. 88
9.4 Winterbed. 88
9.5 Plassen. 89
9.6 Kanalen. 91

10. Ontwikkelingen en onderzoek 96
10.1 Modernisering van de Maas als vaarroute. 96
10.2 Natuurontwikkeling Maas. 97
10.3 Toenemend gebruik van het Maaswater. 98
10.4 Internationaal Overleg. 99
10.5 Onderzoek. 100

11. Literatuur 102

0. Samenvatting en conclusies

De Maas, Nederlands tweede rivier na de Rijn, ontspringt in het noorden van Frankrijk op een hoogte van 409 m+NAP, stroomt door België en komt vervolgens bij Eijsden ons land binnen. Na een afstand van 850 km afgelegd te hebben bereikt ze - vooral via het Hollands Diep en Haringvliet - uiteindelijk de Noordzee. De lengte van de Maas in Nederland bedraagt 250 km en is daarmee vergelijkbaar met de totale lengte van de Rijntakken in ons land (300 km).
Na de bouw van de stuwen in de Maas in de periode 1925-1940 en de verbeteringswerken voor de scheepvaart in de jaren 1960-1970 staat nu een nieuwe reconstructie op het programma. Het project Modernisering Maasroute beoogt de Maas zodanig te verbeteren dat wordt voldaan aan de eisen van het toekomstig scheepvaartverkeer.

Het maatschappelijk belang van de Maas is groot:
- De Maas zorgt, behalve in uitzonderlijke situaties, voor een veilige afvoer van water, ijs en sediment;
- Circa 2,5 miljoen mensen in Nederland zijn voor wat betreft hun drinkwatervoorziening - uiteraard na zuivering door de waterleidingbedrijven - aangewezen op het Maaswater. Dit aantal is alleen maar groeiende ;
- Scheepvaart is door de aanwezigheid van stuwen practisch het gehele jaar mogelijk;
- Bij de watervoorziening van de landbouw in Limburg en Brabant speelt de Maas een essentiële rol;
- In toenemende mate vormt de waterkracht van de Maas een bron voor de opwekking van energie. Door de electriciteitscentrales in Zuid-Nederland wordt de Maas gebruikt voor de koelwatervoorziening;
- Ook in de komende jaren wordt de nationale grindbehoefte voor het overgrote deel nog gedekt door winning uit grindvoorkomens in het winterbed van de Maas (35 mln. ton);
- Maas(vallei) en Maasplassen voorzien in een groeiende behoefte aan allerlei vormen van recreatie en natuurontwikkeling.

In Nederland wordt aan de hele Maas de drinkwaterfunctie toegekend, evenals de funktie water voor karperachtigen en de algemene milieukwaliteit. De - ongestuwde en niet voor de scheepvaart toegankelijke - Grensmaas krijgt bovendien de functie water voor zalmachtigen. De Maasplassen hebben de functie zwemwater.

De Maas met het aanliggende dichte stelsel van kanalen en de vele daarbij betrokken belangen vereist een zorgvuldig en creatief waterbeheer. Een complicerende factor is de sterke fluctuatie van de afvoer die kenmerkend is voor de Maas als regenrivier. De afvoer bij Eijsden variëert ruwweg van enkele m^3/s tot 2000 m^3/s, met uitschieters van 2466 m^3/s in 1984 en 3000 m^3/s in de winter van 1925/1926. De gemiddelde afvoer bedraagt 245 m^3/s. Ter vergelijking: bij de Rijn is dit 2200 m^3/s.

Hoge afvoeren komen vooral voor in de winter en het voorjaar. De zorg voor een veilige afvoer van het rivierwater staat dan centraal: een belangrijke activiteit van de waterbeheerder - de Directie Limburg van de Rijkswaterstaat - is het tijdig strijken van de stuwen. In de zomer en het najaar, met over het algemeen lage afvoeren, ligt

het accent op de waterverdeling via de rivier en de kanalen. Getracht wordt het water zodanig te verdelen dat zoveel mogelijk aan de wensen van de verschillende belangen tegemoet wordt gekomen. In situaties waarin de Maasafvoer onvoldoende is om in alle behoeften te voorzien - dit doet zich gemiddeld enkele weken per jaar voor - worden volgens het Draaiboek Laagwater bepaalde maatregelen genomen en beperkingen aan de watervoorziening opgelegd. Daarbij wordt de Grensmaas met het oog op de natuurfunctie zoveel mogelijk ontzien.

De samenstelling van de Maasbodem variëert van grind in de Grensmaas, via zand in het middengedeelte tot slib benedenstrooms. Het transport van het bodemmateriaal is sterk gerelateerd aan de afvoer. Bij lage afvoeren bezinkt slib in de bedding om bij hoge afvoeren weer op te wervelen en vervolgens in grote hoeveelheden in benedenstroomse richting verder getransporteerd te worden. Het laatste doet de Maas dan donkerbruin kleuren. De grove bovenlaag van de bodem in de Grensmaas is kenmerkend voor grindrivieren en vormt in Nederland een uniek morfologisch verschijnsel.

De flora en fauna van de Maas is min of meer zoals van een gestuwde, zeer nutrientrijke rivier kan worden verwacht. Vooral in de stuwpanden treedt geregeld algenbloei op. Waterplanten worden alleen gevonden in de stilstaande gedeelten van de rivier terwijl de voor matig tot snel stromende grindrivieren typerende soorten slechts sporadisch worden aangetroffen. Wat betreft de macroevertebraten worden vooral de zeer tolerante soorten (muggelarven en pissebedden) gevonden doch geen rivier-typische soorten. Bij de vissen is hetzelfde beeld te zien; blankvoorn, brasem en kolblei domineren en de stroomminnende soorten (barbeel, kopvoorn, sneep en serpeling) komen sporadisch voor. Eenden, ganzen, blauwe reigers komen voor en zelfs visarenden worden geregeld gezien. Ook de aalscholvers zijn er te vinden: vooral om te overwinteren.

De waterkwaliteit kent nog een groot aantal knelpunten die voor een belangrijk deel van buitenlands oorsprong zijn. Uiteraard wordt de Maas ook vanuit het Nederlandse deel van het stroomgebied belast, met name met nutriënten (fosfaten en stikstof uit landbouw en r.w.z.i.'s) en bepaalde microverontreinigingen (lood via verkeer, bestrijdingsmiddelen als atrazine).
De verbetering van de waterkwaliteit van de Maas is de laatste jaren zeer beperkt. De problemen worden vooral veroorzaakt door de grote ongezuiverde lozingen van huishoudelijk afvalwater en vanuit de (metaal)industrie. Maar ook zouten en warmte worden in (te) grote hoeveelheden geloosd. De waterkwaliteit beïnvloedt de kwaliteit van het daarin meegevoerde slib en dat is dan ook sterk verontreinigd. Een opsomming van de "probleem-parameters" volgt hieronder:

- watertemperatuur
- zwevende stof
- koper
- cadmium
- cyanide
- organische microverontreinigingen (PAK's en PCB's)
- chloride
- zuurstofhuishouding
- stikstofverbindingen
- zink
- bakteriologische verontreiniging
- fosfaat
- fluoride

Om tegen het jaar 2000 bij Eijsden de kwaliteit van het Maaswater aan de algemene milieukwaliteit te laten voldoen, zal de stofvracht vanuit het buitenland aanmerkelijk gereduceerd moeten worden. Van stoffen als fosfaat, cadmium, zink, PAK's en PCB's geeft een vermindering van de vracht met 50% enige verbetering, maar om aan de algemene milieukwaliteit te voldoen zijn verdergaande reducties (tussen 65 en 90%) noodzakelijk.

De relatief slechte waterkwaliteit legt beperkingen op aan de vervulling van de toegekende functies: de mogelijkheden voor natuurontwikkeling in en langs de Grensmaas -plannen hiervoor worden momenteel voorbereid- zijn niet optimaal en de ontwikkelingskansen voor flora en fauna in de gehele Maas.
Ook de geregeld optredende calamiteiten zijn een probleem. Dit laatste te meer, daar er geen alarmeringssysteem met het buitenland bestaat zoals voor de Rijn het geval is. De zeer slechte kwaliteit van het Maasslib veroorzaakt bovendien problemen in de Maas zelf (baggerwerk), maar heeft ook negatieve invloed op de bodem van de Limburgse en Brabantse kanalen, de Maasplassen en het winterbed.

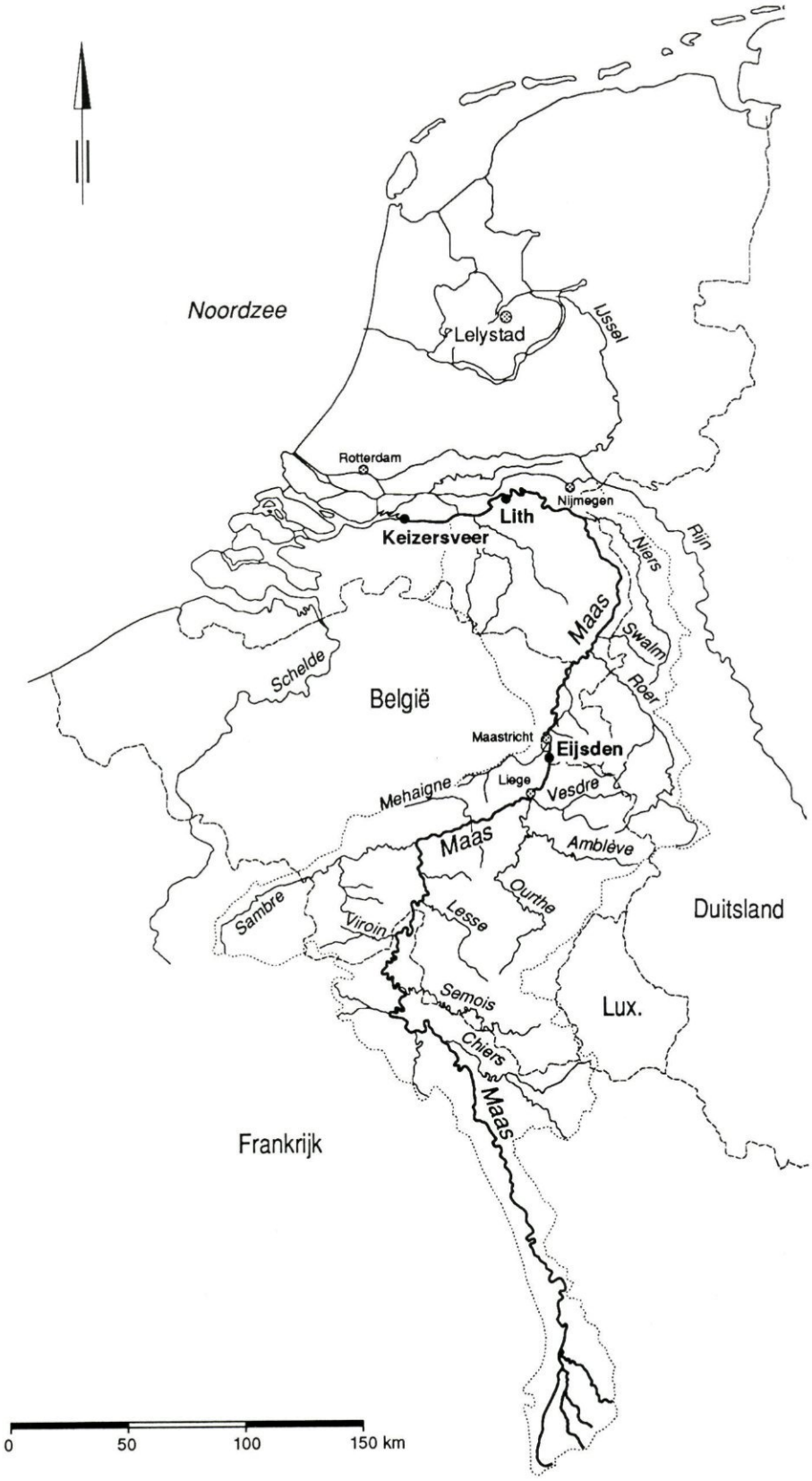
Voor een schonere Maas zijn vooral maatregelen nodig in het buitenlandse deel van de Maas. De sanering van een relatief beperkt aantal lozingssituaties zou al een groot effect hebben. Met name de zuivering van het huishoudelijk afvalwater van Luik (zuurstofhuishouding, nutriënten), de sanering van lozingen van metaalindustrie bij Luik (cadmium en zink), andere industrie (zouten, fluoride, cyanide) en de electriciteitscentrales (warmte, radioactiviteit) zouden al een sterke verbetering van de Maaswaterkwaliteit opleveren.
Ook een adequaat internationaal waarschuwingssysteem bij calamiteuze lozingen is een dringende noodzaak.
Vooralsnog bestaat in het internationale overleg met België echter geen overeenstemming over de wenselijkheid c.q. de noodzaak van verbeteringen.

1. Inleiding

De Maas is evenals de Rijn regelmatig in het nieuws. Zowel positieve als negatieve ontwikkelingen vormen de aanleiding. Positieve ontwikkelingen zijn bijvoorbeeld de bouw van waterkrachtcentrales en de plannen voor natuurontwikkeling in en langs de Grensmaas. Negatieve ontwikkelingen zijn de regelmatig terugkerende calamiteiten, waardoor plotseling verontreinigende stoffen in sterk verhoogde concentraties op de Maas worden aangetroffen, en de stagnatie in de sanering van lozingen die al geruime tijd in het Belgisch deel van het stroomgebied lijkt op te treden. Bovendien wordt met het bilaterale overleg tussen België en Nederland over de kwantiteit en kwaliteit van de Maas momenteel nauwelijks of geen vooruitgang geboekt.

Vooral de water- en slibkwaliteit van de Maas is en blijft een zorgwekkend punt. Een betrouwbare bereiding van drinkwater wordt daardoor bemoeilijkt, flora en fauna kunnen zich niet optimaal ontwikkelen en het onderhoudsbaggerwerk voor de scheepvaart komt de waterbeheerder in verband met de verwerking van het verontreinigde slib op hoge kosten te staan.

In deze nota worden, voorafgegaan door een uitgebreide watersysteembeschrijving (hoofdstuk 2), de ontwikkelingen geschetst die de Maas in de loop van de jaren heeft doorgemaakt. Achtereenvolgens komen de hydrologie (hoofdstuk 3), morfologie (hoofdstuk 4) èn flora en fauna (hoofdstuk 5) aan bod. De bronnen van verontreinigende stoffen staan in hoofdstuk 6 genoemd. Hoofdstuk 7 beschrijft het verloop van de water- en slibkwaliteit in de laatste decennia. In het verlengde hiervan vindt een toetsing plaats aan de waterkwaliteitsnormen die op de Maas van toepassing zijn. Op de methode voor de berekening van de stofvrachten (gegevens die bij afspraken in het kader van internationaal overleg veelvuldig wordt gebruikt) wordt ingegaan in hoofdstuk 8. De consequenties van de relatief slechte Maaswaterkwaliteit komen in hoofdstuk 9 aan de orde. De nota wordt afgesloten met een kort overzicht van de te verwachten ontwikkelingen in het stroomgebied van de Maas en van het hieruit voortvloeiende onderzoek (hoofdstuk 10).



Afbeelding 1: Stroomgebied Maas.

2. Het watersysteem Maas

2.1 Hydrografie.

De totale lengte van de Maas bedraagt 850 kilometer (tot aan de Biesbosch). Het grootste deel hiervan (450 kilometer) ligt in Frankrijk. België en Nederland volgen met 150 kilometer en 250 kilometer. Het stroomgebied beslaat 33.000 km^2. Hiervan ligt 10.000 km^2 in Frankrijk, 13.000 km^2 in België, 4.000 km^2 in Duitsland en tenslotte 6.000 km^2 op Nederlands grondgebied. Een overzicht van het stroomgebied geeft afbeelding 1.
De eerste aanzet voor de Maas is te vinden in het Mioceen en bestaat dan uit drie riviertjes die uitmonden in respectievelijk het huidige Scheldestroomgebied, en in de zee die in die tijd tot aan Namen en Maastricht reikte. Deze drie riviertjes werden later door erosie met elkaar verbonden. Aanvankelijk waterde ook het stroomgebied van de Moezel op de Maas af maar dit is later (200.000 jaar geleden) tot het stroomgebied van de Rijn gaan behoren. Voor een gedetailleerde systeembeschrijving van de Maas wordt verwezen naar Berger [Berger, 1991].

<u>De Maas in Frankrijk</u>
De Maas ontspringt in Frankrijk op het plateau van Langres, op 409 (+NAP) meter hoogte. Hier is het stroomgebied bijzonder smal. De Maas loopt eerst noordwaarts door een vallei in het plateau van Lotharingen. Tussen Mezieres en Givet kronkelt de rivier door het Ardens plateau.
In Frankrijk heeft de Maas maar 2 zijrivieren van enige omvang: de onbevaarbare Chiers en de Semois.
Gedeeltelijk is de Franse Maas met stuwen bevaarbaar gemaakt, gedeeltelijk zijn laterale kanalen aangelegd. Stroomafwaarts van Sedan mondt het Canal des Ardennes uit in de Maas.

<u>De Maas in België</u>
De Maas komt België binnen op een hoogte van 98 meter (+NAP). Zij stroomt eerst noordwaarts tot Namen door een schilderachtige vallei (een diep V-vormig dwarsdal) om dan tot Luik haar weg in oostelijke richting te vervolgen door een breder lengtedal. Vanaf Luik (op 60 meter hoogte) loopt zij via de "enclave van Maastricht" noordwaarts tot Stevensweert. Daar verlaat ze België definitief op een hoogte van 26 meter. Over een traject van 56 kilometer heeft ze dan (behalve bij Maastricht) de grens (Grensmaas) tussen Nederland en België gevormd.
De belangrijkste zijrivieren van de Maas in België zijn;
- aan de linkeroever: de Viroin, Sambre en Mehaigne
- aan de rechteroever: de Lesse, Bocq, Hoyoux, Ourthe, Amblève en Vesdre.

De Maas heeft een breedte van 90 meter bij de Frans-Belgische grens, 140 meter bij Luik en amper 100 meter bij Stevensweert. Op Belgisch grondgebied is de Maas volledig gekanaliseerd en van de Frans-Belgische grens tot aan Namen bevaarbaar voor schepen tot 1350 ton, vanaf Namen voor schepen tot 2000 ton.
Het totale waterhoogteverhang van 54 meter in België wordt overwonnen door 12 stuwen met sluizen. Bij alle (6) stuwen tussen Namen en de Belgisch-Nederlandse

grens (o.a. Ampsin, Yvoz-Ramet, Luik en Lixhe) is een waterkrachtcentrale gebouwd. De Maas staat via het Albertkanaal in verbinding met Antwerpen. Verder bevoorraadt de Maas de Kempische kanalen en speelt ze een belangrijke rol in de drinkwatervoorziening van het noorden van België (o.a. de Brusselse en Antwerpse agglomeratie).

De Maas in Duitsland

De Maas zelf loopt niet door Duitsland. Wel bevindt een deel van het stroomgebied zich op Duits grondgebied. De belangrijkste Duitse rivieren die op de Maas afwateren zijn de Roer, de Niers en de Swalm. Vooral de Roer (Duitse benaming: Rur, niet te verwarren met de Ruhr) is voor de Maas belangrijk omdat hierop de lozingen van het uit de bruin- en steenkoolmijnen gepompte grondwater plaatsvinden. Deze lozingen zorgen, samen met de stuwmeren in de bovenloop, ook in perioden van grote droogte voor een minimumafvoer van circa 12 m^3/sec op de Roer.

De Maas in Nederland

De ligging van de Maas is in Nederland van oudsher bepaald door de ligging van de Rijnslenk en de barrieres die de Rijn opwierp in de vorm van zandbanken en sedimentafzettingen.
Even bovenstrooms van Eijsden komt de Maas (als grensrivier) in Nederland. Zij vormt vervolgens over ongeveer 9 kilometer de grens met België tot aan de enclave Maastricht waar ze geheel op Nederlands grondgebied stroomt. Vanaf Borgharen tot Stevensweert vormt ze over 47 kilometer weer de grens met België. Via Roermond en Venlo stroomt de rivier langs Mook naar het westen tot Hedel. Daar verandert de naam in Bergse Maas, via Amer en Biesbosch wordt vervolgens het Hollands Diep bereikt en mondt de rivier uit in de Noordzee. Vanaf Eijsden is de Maas dan over een lengte van 250 kilometer 45 meter gedaald, stromend door door een dal, dat van een paar honderd meter tot enige kilometers in breedte varieert. Tot aan Boxmeer (linkeroever) en Mook (rechteroever) is de Maas onbedijkt.
De Maas heeft in Nederland ondermeer de volgende zijrivieren:
- aan de rechteroever: de Geul, Roer, Swalm en Niers.
- aan de linkeroever: de Jeker, Dieze en Donge.

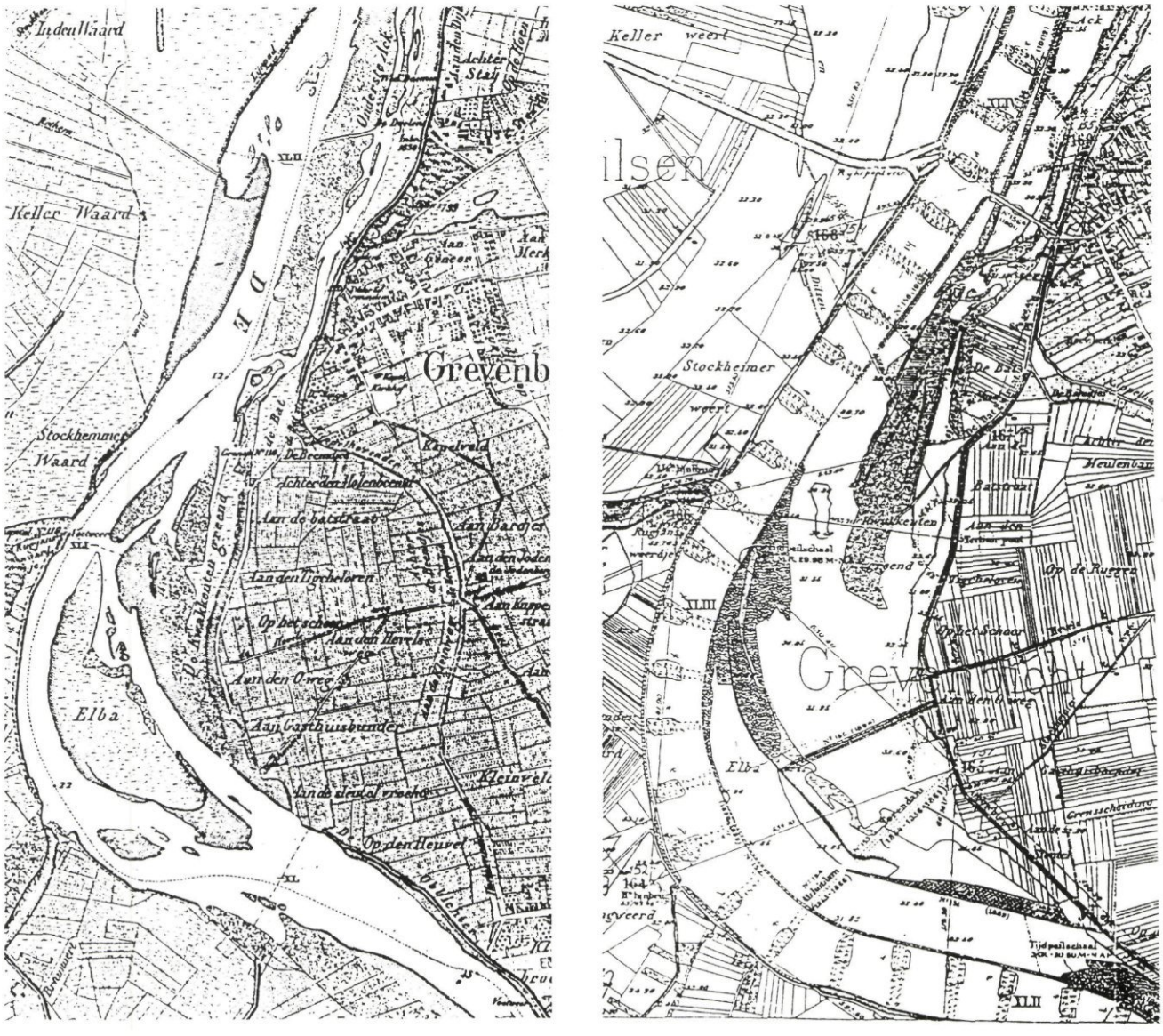
Belangrijke kanalen zijn het Julianakanaal, het Lateraal-kanaal (Linne-Buggenum), de Zuid-Willemsvaart, het kanaal Wessem-Nederweert, het Maas-Waalkanaal en het kanaal van Sint Andries.

2.2 Waterbouwkundige werken in Nederland.

In het verleden ondervonden de afwatering en de scheepvaart grote moeilijkheden. Dit kwam vooral door de sterk wisselende afvoeren die kunnen variëren tussen ruwweg 2000 m^3/s in winter en voorjaar tot bijna 0 m^3/s in de zomer. Normalisatiewerken worden al lang gebruikt om dergelijke problemen te verminderen (afbeelding 2). Problemen met de afwatering werden vroeger opgelost via de Heugense, Roermondse, Beerse, Heerewaardense en Bokhovense overlaten. Vooral met het oog op beveiliging tegen overstroming alsmede de eisen voor de scheepvaart zijn in de 19e en 20e eeuw een groot aantal werken uitgevoerd die het oorspronkelijke aanzien van de Maas (meanderende rivier met eilanden, zand- en grindbanken) hebben veranderd. Deze werken kunnen in grote lijnen als volgt worden samengevat:

Bij afbeelding 2

Van oorsprong was de Maas op dit traject een meanderende rivier met een vlechtend geulensysteem met grind- en zandbanken. Het huidige diep-ingesneden karakter van het zomerbed is voornamelijk het gevolg van normalisatiewerken in de vorige eeuw en latere grindwinning.



Afbeelding 2: Maas bij Grevenbicht, in 1849 (links) en 1905 (rechts), respectievelijk vóór en na normalisatiewerken [Helmer, Klaassen en Silva, 1991].

1. Normalisatie van de Maas (± 1875).

2. Scheiding tussen Maas en Waal, uitgevoerd tussen 1883 en 1904. Dit omvatte in hoofdlijnen het maken van een dam in de Andelse Maas, het graven van de Bergsche Maas, het normaliseren van de Amer en de aanleg van het Heusdens kanaal.

3. Maaskanalisatie tussen Grave en Maasbracht, uitgevoerd tussen 1918 en 1929. De kanalisatie omvatte de bouw van stuwen met schutsluizen te Grave, Sambeek, Belfeld, Roermond en Linne, plaatselijke verdieping, verbreding en afsnijding van bochten, en de aanleg van het Maas-Waalkanaal.

4. Het Julianakanaal (1935) tussen Borgharen en Maasbracht waarmee het verval (circa 23 m) over de 47 kilometer lange, vrijwel onbevaarbare Grensmaas wordt overbrugd en de stuw Borgharen. In 1974 is het Lateraalkanaal tussen Linne en Buggenum in gebruik genomen.

5. Maasverbeteringswerken beneden Grave, die omstreeks 1942 geheel gereed kwamen. Deze omvatten het afsnijden van circa 10 bochten en het uitdiepen en verbreden van de rivier en de aanleg van stuw Lith (1936).

6. Waterbouwkundige werken rond Maastricht waaronder het kanaliseren van de Maas tot Sint Pieter, met verbouwing van de St. Servaas- en de Wilhelminabrug te Maastricht en als sluitstuk de bouw van een extra sluis te Ternaaien (1961).

De verbeteringswerken in de Maas zijn met de uitvoering van de bochtafsnijding bij Boxmeer (1979 - 1982) grotendeels voltooid. Ook staan nog steeds een aantal werken op het programma in de sfeer van vernieuwbouw. Dit betreft met name verbeteringen van voorhavens bij sluizen en bruggen en de bouw van een tweede sluis bij Lith.
De lengte van de Maas is met ongeveer 20 kilometer bekort door de afsnijding van vele bochten. De capaciteit van de rivier is nu berekend op waterstanden die eens in de 1250 jaar voorkomen en waarbij een afvoer van 3500 m^3/s te Borgharen hoort. Het water kan nu in tijden van grote afvoer zonder al te veel problemen worden afgevoerd. Wel hebben enkele dorpen langs de Maas (zoals Borgharen en Itteren) in een dergelijke situatie nog enige wateroverlast.
De Maas is nu in Nederland bevaarbaar voor schepen tot 2000 ton met een vaardiepte van 3.00 meter.

2.3 Functies in Nederland.

De Maas dient vanzelfsprekend in de eerste plaats als transportweg voor water, dit is de meest natuurlijk functie van een rivier. Daarnaast zijn vele andere vitale belangen verbonden met de Maas. Het gaat hierbij zowel om direct op de mens gerichte functies als om functies gericht op het natuurlijke milieu (ecologische functie).
In 't kort worden hieronder een aantal functies behandeld.

2.3.1 Aan- en afvoer van water, sediment en ijs.
Uiteraard is de belangrijkste functie van de rivier het veilig afvoeren van het water, maar ook van sediment en eventueel ijs. Voorwaarden hierbij zijn onder meer ongehinderde afstroming en beheersing van de inundatiegrenzen.

2.3.2 Natuur en landschap.
De Maas herbergt van oudsher een grote rijkdom aan leven. Allerlei planten en dieren danken hun bestaan aan het rivierwater. Door de in het verleden uitgevoerde normalisatie- en kanalisatiewerken èn door het eenzijdige gebruik door de mens is deze ecologische functie sterk aangetast. Vele planten en diersoorten zijn dan ook verdwenen. Dit verdwijnproces is voor de Maas nog niet gestopt. Nog steeds staat het ecosysteem van de Maas, vooral door de vele verontreinigingen, onder grote druk. Zonder water van goede kwaliteit en benodigde inrichtingswerken zullen natuurlijke evenwichten zich nooit volledig kunnen herstellen.

2.3.3 Scheepvaart.
De Maas heeft altijd een grote rol gespeeld bij het vervoer van allerlei goederen en deze rol wordt nog steeds belangrijker. In Frankrijk is de Maas gedeeltelijk met stuwen bevaarbaar gemaakt, gedeeltelijk zijn laterale kanalen aangelegd. Vanaf de kruising met het Marne-Rijnkanaal kunnen schepen varen tot 300 ton.
Op Belgisch grondgebied is de Maas volledig gekanaliseerd en bevaarbaar voor schepen tot 1350 ton. Stroomafwaarts van Namen (over een lengte van 41 kilometer) is de Maas zelfs bevaarbaar voor schepen tot 2000 ton. Daar zijn bovendien werken in uitvoering, die de Maas bevaarbaar moeten maken voor vierbaksduwvaart (9000 ton).
In Nederland is de Maas bevaarbaar voor schepen tot 2000 ton met een vaardiepte van 3.00 meter (behalve op de Grensmaas).
De scheepvaartverbinding met België wordt gevormd door het sluizencomplex van Ternaaien. Een snelle verbinding met de Rijntakken is gelegd met het Maas-Waalkanaal (van stuwpand Grave naar de Waal bij Nijmegen).

In Nederland is vooral door het gereedkomen van de Maaskanalisatie en het Maas-Waalkanaal de Maas steeds belangrijker geworden voor de scheepvaart. Ter illustratie: in 1930 passeerden slechts 15.000 schepen de schutsluis te Sambeek (vracht: 4,5 miljoen ton). In 1982 is dit aantal gestegen tot 55.500 schepen met een tonnage van 37,9 miljoen ton. Ter vergelijking kan worden opgemerkt dat op de Rijn bij de Pannerdensche Kop 143.800 vrachtvervoerende schepen passeerden met een totaal laadvermogen van 230 miljoen ton.
Voor de tweede wereldoorlog bestond circa 60% van het totale vervoer uit kolen. Vandaag de dag worden hoofdzakelijk zand en grind (90%) vervoerd.

2.3.4 Energieopwekking.
Electriciteitsbedrijven gebruiken Maaswater als koelwater bij de opwekking van electriciteit. In Nederland staan langs de Maas en de Amer twee waterkrachtcentrales alsmede drie (conventionele) electriciteitscentrales. Om te voorkomen dat in perioden met lage afvoeren een te grote opwarming van het Maaswater optreedt zijn de centrales te Maasbracht (geheel) en te Geertruidenberg (gedeeltelijk) uitgerust met koeltorens. Ook in België en Frankrijk wordt Maaswater gebruikt door electriciteitscentrales.

De laatste jaren is met name in België de electriciteitsproductie langs de Maas sterk toegenomen. Ook de vier en vanaf 1992 vijf, kerncentrales in België en Frankrijk gebruiken de Maas voor de koelwatervoorziening. Een probleem hierbij is dat deze voorverwarming restricties oplegt aan de gebruiksmogelijkheden van de bedrijven in Nederland en de inzet van koeltorens bij de electriciteitscentrale bij Maasbracht nodig maakt [van der Veen, 1987].
De waterkracht van de Maas wordt in Nederland bij Linne en Lith gebruikt voor de opwekking van energie. Op de mogelijkheden hiervan bij de stuw te Borgharen wordt gestudeerd.

2.3.5 Drink- en industriewatervoorziening.

De functie **drinkwater** wordt voor de Maas steeds belangrijker. Op dit moment drinken in totaal circa 5 miljoen mensen, tot drinkwater gezuiverd Maaswater (ter vergelijking: circa 20 miljoen mensen drinken Rijnwater). Dit aantal zal naar verwachting verder stijgen.
Steden als Antwerpen (140 mln. m^3/jaar), Brussel (40 mln. m^3/jaar), Rotterdam en omstreken (130 mln. m^3/jaar) en Den Haag (60 mln. m^3/jaar) zijn op Maaswater aangewezen. Via de spaarbekkens in de Brabantse Biesbosch worden delen van Noord-Brabant en Zeeland van Maaswater worden voorzien. Ook in Limburg is reeds, op zeer bescheiden schaal een begin gemaakt met het gebruik van Maaswater als bron voor de drinkwatervoorziening (oeverinfiltratie bij Roosteren). Nieuwe onttrekkingen van drinkwater (rechtstreeks of via oeverinfiltratie) staan gepland voor de bovenloop van de Maas (Panheel en Lith).
Ook door de **industrie** wordt Maaswater voor vele doelen gebruikt. Voorbeelden zijn: spoelwater, proceswater, koelwater en de afvoer van afvalwater.

2.3.6 Visserij.

Voor de beroepsvisserij is de Maas momenteel van weinig betekenis. De sportvisserij daarentegen heeft de laatste tijd een grote vlucht genomen en neemt nog steeds toe.

2.3.7 Winning van delfstoffen.

Zand wordt in Nederland vooral uit de benedenloop onttrokken, grind vooral uit de bovenloop van de rivier. Dit is al begonnen omstreeks 1930, na de kanalisatie van de Maas. Momenteel wordt vooral tussen Maasbracht en Grave buiten het zomerbed veel zand en grind gewonnen. De zo ontstane zand- en grindgaten zijn overwegend ingericht voor de watersportrecreatie (zie ook 2.3.9). Volgens de huidige planning vindt beëindiging van de grindwinning omstreeks 2005 plaats.
Op beperkte schaal wordt in het winterbed nog klei gewonnen.

2.3.8 Landbouwwatervoorziening.

De droogtegevoelige landbouwgronden in het zuidelijke deel van Nederland zijn voor de watervoorziening op de Maas aangewezen. Belangrijke aanvoerwegen zijn de Zuid-Willemsvaart, het kanaal Wessem-Nederweert en de Noordvaart, waarmee de landbouw in het midden van Limburg en oostelijk Noord-Brabant van water worden voorzien. Ook wordt water rechtstreeks aan de Maas onttrokken, zoals voor de landbouwgronden in het gebied tussen Maas en Waal. In het algemeen is in de huidige situatie voldoende water beschikbaar, behalve in extreem droge jaren zoals 1976, toen de Maasafvoer tot vrijwel nul was gereduceerd [Silva, 1989].

2.3.9 Recreatie.

Door de zand- en grindwinning zijn grote en dikwijls diepe waterplassen ontstaan langs de hele Maas. Sommige hiervan zijn gedeeltelijk weer opgevuld met onbruikbaar materiaal (te fijn zand, mijnsteen e.d.) en konden weer in cultuur worden gebracht. Andere plassen hebben een bestemming gekregen als waterrecreatie- of natuurgebied. De watersport op de Maas neemt nog steeds toe. Tussen Mook en Maastricht liggen nu al zo'n 20 jachthavens. Een groot deel van de watersporters komt uit het aangrenzende Duitsland waar de mogelijkheden veel beperkter zijn.
Ook de oeverrecreatie breidt zich snel uit. Langs de Maas in Limburg staan tientallen campings en ook vele hengelsportverenigingen hebben een vaste plaats. Ook voor wandelaars, ruiters en fietsers zijn er volop mogelijkheden.

2.4 Kwaliteitsdoelstellingen in Nederland.

De volgende kwaliteitsdoelstellingen zijn op de Maas of delen daarvan van toepassing.

Algemene milieukwaliteit.
De "algemene milieukwaliteit" geldt als doelstelling voor het jaar 2000 voor alle oppervlaktewateren in Nederland en dus ook voor de hele Maas en zijwateren.

Drinkwater.
De functie "oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater" geldt thans voor de innamepunten aan de Afgedamde Maas en de Biesbosch (in België voor het deel tussen de Belgisch-Franse grens tot Thailfer). De Maas wordt als bron voor de drinkwatervoorziening steeds belangrijker. De functie kan in Nederland alleen worden vervuld dankzij geavanceerde zuiveringstechnieken.

Ecologie.
Aan de Grensmaas en de oude rivierarmen en -plassen is een ecologische doelstelling van het middelste en hoogste niveau toegekend.

Zwemwater.
De Maas zelf heeft geen zwemwaterfunctie: de aan de Maas gelegen plassen en oude rivierarmen hebben deze functie wèl. Vaak staan deze wateren in min of meer open verbinding met de Maas. Als zodanig is het water van de Maas te beschouwen als grondstof voor zwemwater.

Viswater.
De functie "viswater voor karperachtigen" geldt thans voor de hele Maas. Aan de Grensmaas wordt de functie "viswater voor zalmachtigen" toegekend. Voor de toekomst wordt deze functie zelfs voor de hele Maas voorzien.

2.5 Streefbeeld.

Het streefbeeld, zoals geformuleerd in de Derde Nota Waterhuishouding (1989) geeft de gewenste situatie weer van het watersysteem Maas.

Afbeelding 3: Voorbeeld van natuurontwikkeling (Grensmaas bij Borgharen). Bovenste foto: huidige beeld, daaronder een animatie van het streefbeeld [Bureau Stroming].

Planvorming, beheer en internationaal overleg zijn erop gericht deze situatie in de (nabije) toekomst te realiseren. In het streefbeeld vindt de afvoer van water, ijs en sediment veilig plaats binnen het winterbed, tussen hoge gronden en veilige dijken. De sedimentkwaliteit laat toe dat het sediment voor allerlei doeleinden kan worden gebruikt. Er wordt nog slechts spaarzaam warmte geloosd. De Maas is een hoofdvaartweg waarbij tussen Ternaaien en Weurt 2-baksduwvaart mogelijk is. Voor de Beneden Maas zijn de recreatie en ecologische hoofdinfrastructuur uitgebouwd. De rivier kent een duurzaam en karakteristiek ecosysteem met zalm, otter en 's winters allerlei trekvogels. Ook ooibossen, nevengeulen, dode rivierarmen, eilanden, zand- en grindbanken (in de Grensmaas) en een rijke stroomdalflora horen hierbij (afbeelding 3). Verder intensieve recreatie rond de grindgaten en ontzandingen. Tenslotte is het Maaswater na eenvoudige bewerking geschikt voor drinkwater.

2.6 Organisatie van het beheer.

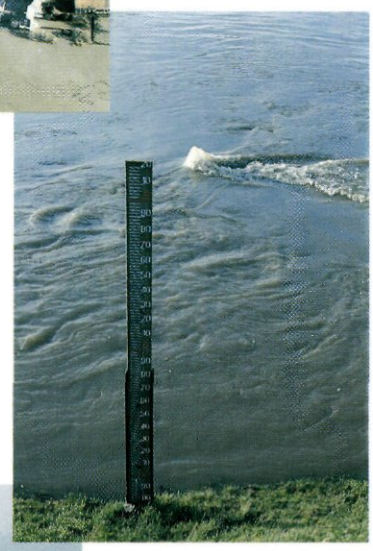
Zowel het waterkwantiteits- als waterkwaliteitsbeheer van de Nederlandse Maas zijn volledig in handen van de rijkswaterstaat. De directie Limburg voert het beheer over de (circa 225 kilometer lange) Maas vanaf de Belgische grens tot Heusden waar de Maas overgaat in de Bergsche Maas. Hier begint het beheersgebied van de directie Zuid-Holland.
Belangrijke taken van de directies zijn het sluis- en stuwbeheer, de waterverdeling (over Maas en aanliggende kanalen), de alarmering van de regio in het geval van hoogwater en calamiteuze lozingen, vergunningverlening voor de lozing van afvalwater en vanzelfsprekend het onderhoud van de rivier. Het waterkwaliteitsbeheer van de Maasplassen wordt verzorgd door het Waterschap Zuiveringsschap Limburg.
Het (toekomstig) beheer van de Maas wordt, evenals dat van de overige rijkswateren, om de 4 à 8 jaar vastgelegd in het Beheersplan Rijkswateren. Hierin wordt naast de functie van de betrokken wateren en een programma van maatregelen aangegeven op welke wijze het beheer onder normale en bijzondere omstandigheden wordt gevoerd. Momenteel wordt een dergelijk plan voorbereid. Daarbij wordt rekening gehouden met de beleidsuitgangspunten die zijn geformuleerd in de in 1989 verschenen Derde Nota Waterhuishouding.

2.7 Internationaal overleg.

In het begin van de jaren zeventig zijn België en Nederland begonnen met het opstellen van waterverdragen voor zowel de Maas als de Schelde. Deze ontwerpverdragen kwamen in 1975 op ambtelijk niveau gereed. Op politiek niveau is er echter over de verdragen nooit overeenstemming bereikt.
Wel heeft overleg over de Maas en de Schelde in de jaren tachtig weer enige tijd plaatsgevonden. De reden hiervan was, dat België graag de aanvoerroute naar Antwerpen wil verdiepen. Nederland was en is nog steeds bereid hieraan zijn medewerking te verlenen, onder voorwaarde dat er eindelijk ook een regeling tot stand komt met betrekking tot de kwaliteit van de Maas en de Schelde èn de verdeling van het Maaswater. Voor dit overleg zijn een aantal verschillende commissies aan het werk geweest. De werkzaamheden in deze commissies staan echter, als gevolg van de

regionalisering in België, sinds enige jaren weer nagenoeg stil. Momenteel wordt getracht middels de Onderhandelingscommissie "Biesheuvel-Poppe" het overleg weer op te starten.
Een probleem voor België is uiteraard dat de te nemen maatregelen die tot verbetering van de waterkwaliteit moeten leiden zeer veel geld kosten (het bouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties (r.w.z.i.'s), het leggen van rioleringen, het saneren van industriële lozingen) en dat het systeem van heffingen nog weinig ontwikkkeld is. Een analyse van de Belgische problemen met betrekking tot de zuivering van afvalwater wordt gegeven in Sibbles [Sibbles, 1988].

1



2

3

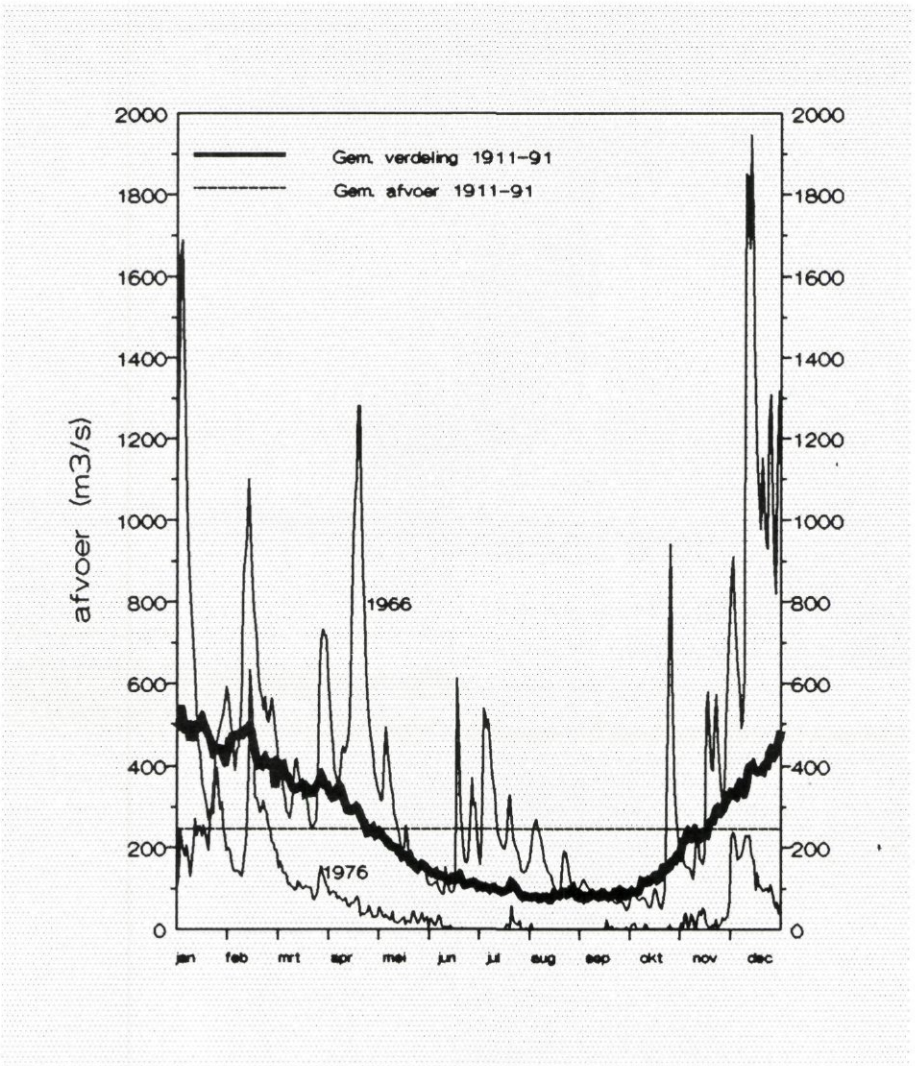
4

foto 1: Hoogwater op de Grensmaas bij Borgharen.
foto 2: Hoogwater op de Grensmaas bij Itteren.
foto 3: Laagwater op de Grensmaas bij Borgharen.
foto 4: Laagwater op de Grensmaas bij Borgharen.

3. Hydrologie

3.1 Afvoer.

De Maas is een uitgesproken regenrivier. Het afvoerregime is zeer onregelmatig, omdat de rivier binnen enkele dagen reageert op (grotere) neerslagen in het stroomgebied. De korte reactietijd wordt onder meer veroorzaakt door de langgerekte vorm van het stroomgebied en de relatief geringe grondwaterberging. Zie hiervoor ook Berger [Berger, 1991]. De meeste afvoer vindt over het algemeen plaats in de winter- en voorjaarsperiode; ruwweg vanaf november tot mei.

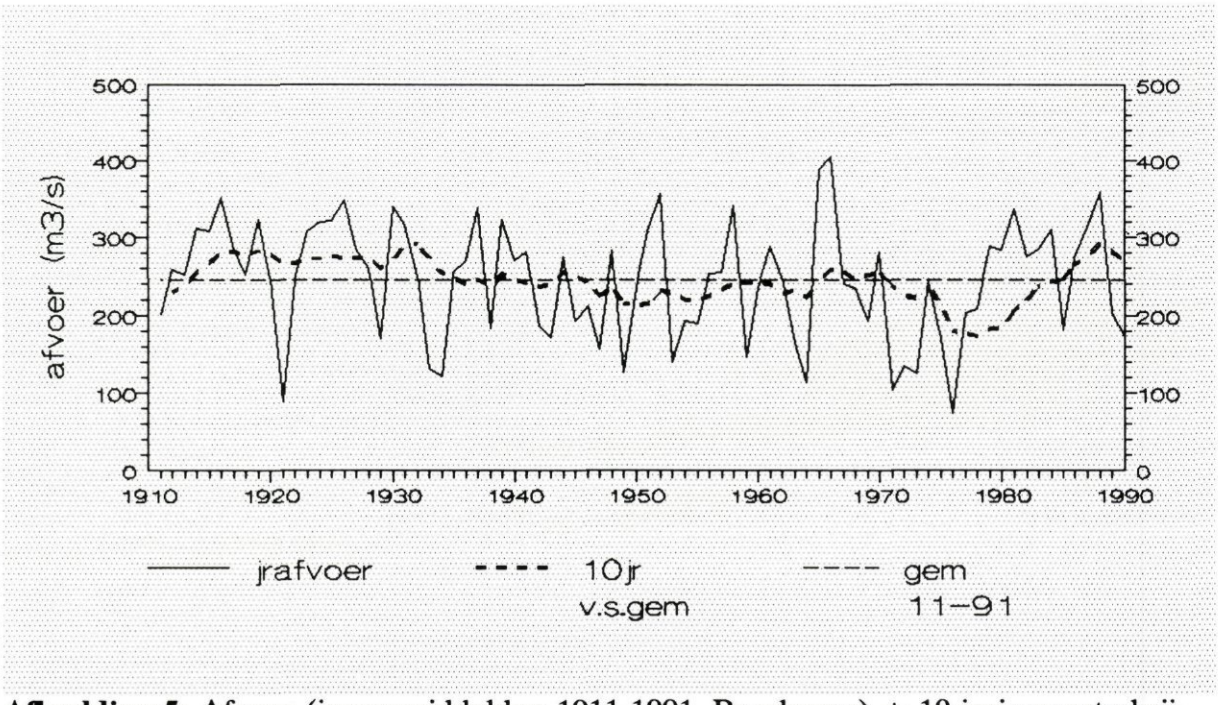


Afbeelding 4: Gemiddelde dagafvoeren (Borgharen) over de periode 1911-1991 + twee extreme jaren.

Deze afvoer vindt veelal plaats in de vorm van steile afvoergolven die vaak slechts enkele dagen tot een paar weken duren. Hierbij worden maxima bereikt van 1500-2500 m^3/s. De periode van mei tot november kenmerkt zich vooral in de drogere jaren door langdurig lage afvoeren. Daarbij kan de periode van minimale afvoer (veelal slechts 10-40 m^3/s bij Borgharen) voortduren tot ver in de herfst. Afbeelding 4 toont de gemiddelde afvoerverdeling over het jaar bij Borgharen in de periode 1911-1991. Deze verdeling kan echter per individueel jaar sterk variëren, zoals de afvoerverlopen van enkele extreme jaren, eveneens in afbeelding 4, laten zien. Forse zomerhoogwaters kunnen optreden als gevolg van uitgestrekte onweersvelden in België en Frankrijk. Een extreem voorbeeld is 1980, toen de maximale afvoer van dat jaar (2000 m^3/s) optrad op 22 juli.

De langjarig gemiddelde afvoer (1911-1991) bij Borgharen bedraagt ca. 245 m^3/s. De gemiddelde afvoer per jaar schommelt, eveneens over de periode 1911-1991, tussen een minimum van 74 m^3/s (1976) en een maximum van 406 m^3/s (1966; afbeelding 5). Afvoeren van meer dan 500 m^3/s komen zo'n 40-50 dagen per jaar voor; de afvoer ligt gemiddeld 8 dagen per jaar boven de 1000 m^3/s. Afvoeren van meer dan 1500 m^3/s worden gemiddeld één dag per jaar aangetroffen.

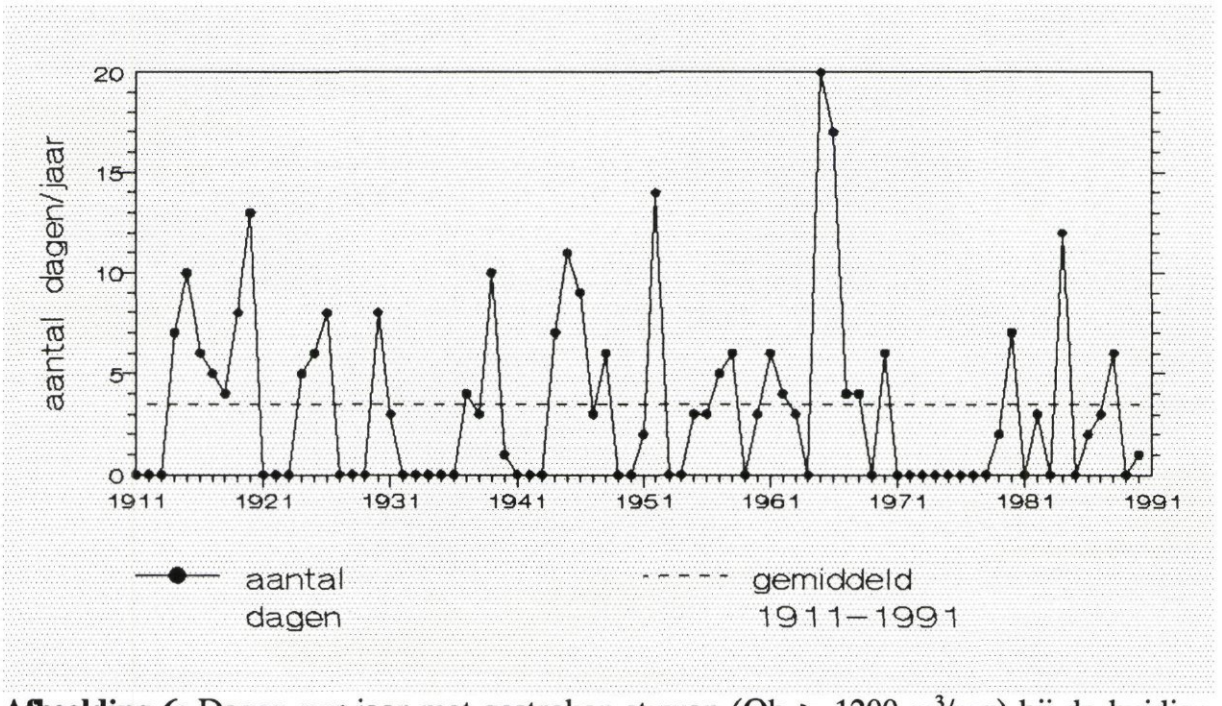
Buiten deze individuele spreiding blijkt dat ook over meerjarige perioden de gemiddelde afvoer vrij sterk kan afwijken van het langjarig gemiddelde over de periode 1911-1991 [van Vuuren, mei 1991]. Zo kan de afvoer over 5-jarige perioden -40 à +30 % afwijken van het langjarig gemiddelde. Voor 10-jarige perioden is dat respectievelijk -30 % (1969-1979) à +20 % (1922-1932), terwijl dat voor 20-jarige perioden nog altijd zo'n -15% (1959-1979) à +15% (1911-1981) is. Tenslotte blijkt de periode 1940-1980 relatief droog te zijn geweest: daartegenover staan de perioden 1911-1940 en 1980-1991 met relatief hoge afvoeren. Als deze schijnbare golfbeweging met een periode van 40 jaar zich doorzet, dan zouden de komende 30 jaar deel uitmaken van een natte periode die begonnen is in 1981. Daar ook de Rijnafvoer bij Lobith soortgelijke variaties vertoont zou de oorzaak van deze langjarige variaties naar alle waarschijnlijkheid gezocht kunnen worden in langjarige schommelingen in de neerslag.
Hoewel het antwoord in deze nog gegeven moet worden, moge duidelijk zijn dat de afvoervariaties als zodanig tot gevolg hebben dat de keuze van de afvoerperiode gevoelig ligt voor bijvoorbeeld het bepalen van de rentabiliteit (economische levensduur) van waterkrachtcentrales of het ontwerp van infrastructurele werken.



Afbeelding 5: Afvoer (jaargemiddelden 1911-1991, Borgharen) + 10-jarig voortschrijdend gemiddelde tot aangegeven jaar.

3.2 Hoog- en laagwater, stuwregime en inundaties.

Bij afvoeren van minder dan 1200 m^3/s (Borgharen) is de rivier gestuwd, waarbij op elk van de zeven stuwen (Borgharen, Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek, Grave en Lith) een min of meer vast peil wordt gehandhaafd. In de meeste gevallen gebeurt dat binnen een marge van hooguit enkele dm, waarbij gestuwd wordt op de waterstand direct boven de stuw. Afhankelijk van de afvoer stelt zich een verhanglijn in, waardoor de waterstand in bovenstroomse richting op een hoger niveau ligt. Bij extreem lage afvoeren is dat soms slechts enkele centimeters (nagenoeg horizontale verhanglijn) en reikt de invloed van een stuw niet ver bovenstrooms. Deze gestuwde situatie doet zich in het overgrote deel van het jaar voor: afgaande op de afvoerreeks 1911-1991 zou de stuw Borgharen bij de huidige configuratie van de rivier en het huidige stuwbeheer gemiddeld slechts circa 3½ dag per jaar bij hoogwater gestreken zijn geweest. Er zijn echter jaren waarin de stuwen in het geheel niet gestreken werden, zoals zelfs het geval was over de gehele periode 1971-1979, terwijl in andere jaren de stuwen tot maar liefst 20 dagen (1965) gestreken werden (afbeelding 6).



Afbeelding 6: Dagen per jaar met gestreken stuwen (Qb > 1200 m^3/sec) bij de huidige rivierconfiguratie.

Bij afvoeren van boven de 1200 m^3/s worden de stuwen in een bepaalde volgorde gestreken, waarna de rivier vrij gaat afstromen. Bij afvoeren van meer dan 1500 m^3/s treedt de rivier op veel plaatsen buiten haar oevers en bij 2000 m^3/s komen sommige dorpen (in het bijzonder Borgharen en Itteren) in problemen [Berger, 1991]. Beruchte hoogwaters zijn die van 1925/1926 (3000 m^3/s) en 1984 (2466 m^3/s). Voor het overige kwamen hoogwaters slechts weinig boven de grens van 2000 m^3/s, zoals het geval was in 1920, 1939, 1961, 1970 en 1980. Met uitzondering van 1980 betreft dit allemaal winterhoogwaters. Bij een zomerhoogwater treden er overigens extra

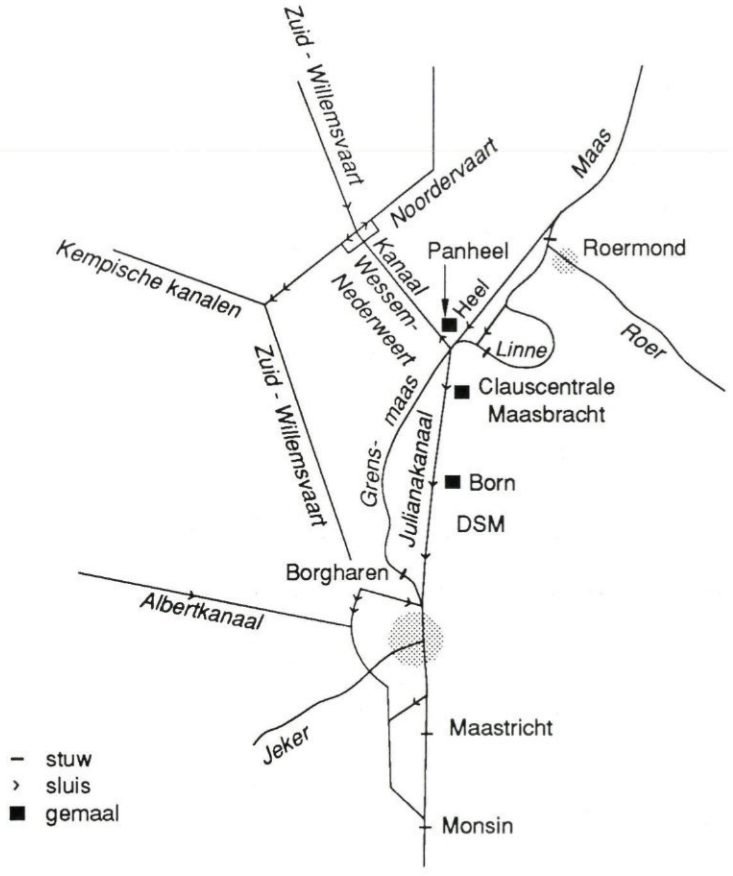
problemen op in verband met activiteiten die dan in het winterbed plaatsvinden (land- en tuinbouw, recreatie).

3.3 Waterverdeling en -onttrekkingen.

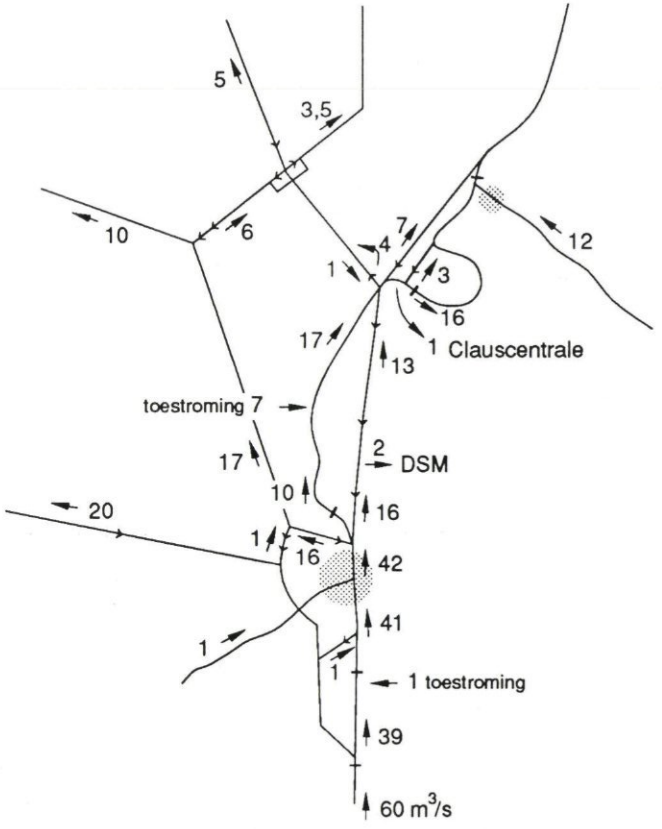
Op een groot aantal locaties wordt water onttrokken aan of, in sommige gevallen, geloosd op de Maas. Hieronder wordt een opsomming gegeven van de belangrijkste lozingen en onttrekkingen. Uiteraard is de omvang hiervan afhankelijk van de droogtegraad van het jaar.

In België:
- Een onttrekking van gemiddeld 6 m^3/s bij Tailfer ten behoeve van de watervoorziening van Brussel.
- Een variabele lozing van schutwater uit het kanaal Charleroi-Brussel via de Sambre.
- Een onttrekking voor het Albertkanaal van in totaal circa 20 m^3/s. Buiten de peilbeheersing op het kanaal komt dit water tevens ten goede aan de drinkwatervoorziening van Antwerpen.

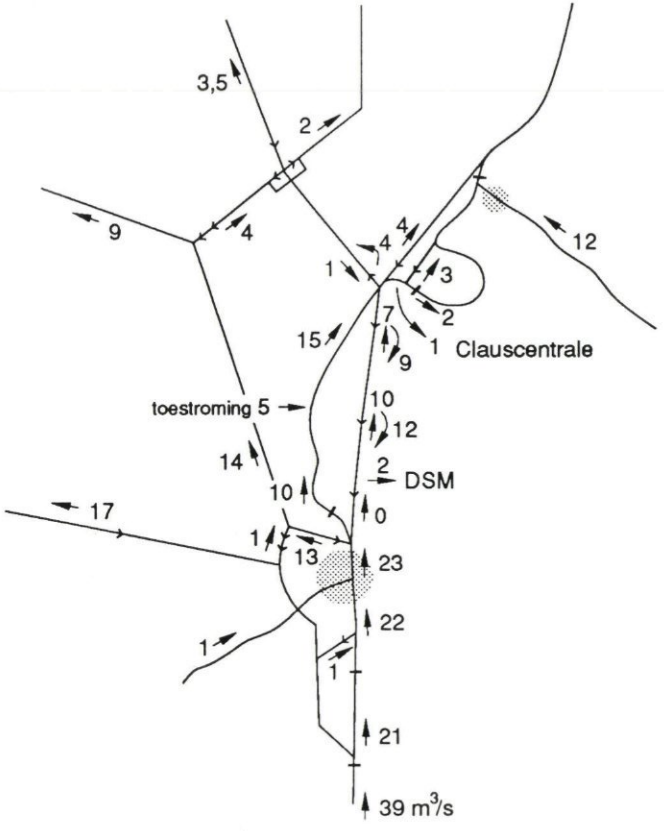
In Nederland:
- Bij Maastricht moet in gevolge het Tractaat van 1863 minimaal 10 m^3/s naar de Zuid-Willemsvaart aflaten. Hiervan is 2 m^3/s bestemd voor de Nederlandse Zuid-Willemsvaart (bij Loozen) en 8 m^3/s voor de voeding van de Kempische kanalen in België. In de praktijk wordt bij Maastricht circa 16 m^3/s afgelaten op de Zuid-Willemsvaart die na Maastricht over Belgisch grondgebied loopt. Hiervan is 10,5 m^3/s voor de Kempische kanalen in België bestemd en wordt bij Loozen weer circa 5,5 m^3/s doorgeleid naar Nederlands grondgebied. Het laatste is voor de voeding (peilbeheersing) van de Brabantse en Limburgse kanalen ter compensatie van de wegzijging uit de kanalen en schutverliezen.
- Voor de peilbeheersing op het Julianakanaal wordt bij Bunde gemiddeld circa 16 m^3/s onttrokken aan de rivier, die dan als Grensmaas verder gaat.
- Bij Panheel wordt onder normale omstandigheden 1,5 à 2 m^3/s aan schutwater op de Maas afgelaten (kanaal Wessem-Nederweert). Door het inzetten van spaarkommen is dit schutverlies te beperken tot 1 m^3/s.
- Een onttrekking (via gemaal Panheel) ten behoeve van de peilbeheersing van de Brabantse en Limburgse kanalen ter compensatie van de extra onttrekkingen aan de kanalen voor de landbouwwatervoorziening (in totaal maximaal circa 6 m^3/s).
- Een onttrekking van circa 2 m^3/s door het industriecomplex van DSM aan het Julianakanaal bij Urmond; een vergelijkbare lozing vindt (na zuivering) plaats op de Grensmaas.
- In de Afgedamde (c.q Andelse) Maas (Brakel; 2 m^3/s) en de Biesbosch (Kerksloot; 6 m^3/s) wordt water onttrokken ten behoeve van de drinkwatervoorziening.
- Een aantal kleinere onttrekkingen langs het gehele traject van de Belgische en Nederlandse, zoals voor de verdampingsverliezen van koelwater door de Claus-electriciteitscentrale (circa 1 m^3/s).
- Onttrekkingen uit de Maas (stuwpanden Grave en Lith) ten behoeve van het Waterschap De Maaskant en het Polderdistrict Groot Maas en Waal van in totaal maximaal circa 13 m^3/s.



Maas en kanalenstelsel in Zuid - Limburg.



Situatie zonder watertekorten.



Situatie met watertekorten.
(waterverdeling op 10 september 1991)

Afbeelding 7: Afvoerverdeling rond Maastricht mèt en zonder watertekorten.

Bij normale en hogere afvoeren leveren deze onttrekkingen en lozingen geen problemen op en kunnen alle belangen van water worden voorzien. De afvoerverdeling is dan zoals schematisch aangegeven in de middelste figuur van afbeelding 7. Bij afvoeren kleiner dan circa 40 m^3/s (St. Pieter) kunnen niet alle belangen afdoende van water worden voorzien. Dan treedt het zogenaamde "Draaiboek Laagwater" in werking. In de rechter figuur van afbeelding 7 is een dergelijke laagwatersituatie weergegeven. In het Draaiboek zijn de volgende maatregelen opgenomen, die bij afnemende afvoeren in de aangegeven volgorde worden getroffen:

1. Sparend schutten op het Julianakanaal in de sluizen bij Born en Maasbracht.
2. Volledig in bedrijf stellen van gemalen bij Born en Maasbracht.
3. Sparend schutten op de Limburgse en Brabantse kanalen.
4. Beperkt (met volle kolken) schutten bij Born, Maasbracht en Heel (Lateraalkanaal).
5. Korten, respectievelijk stopzetten van wateraanvoer voor de landbouw via de Limburgse en Brabantse kanalen.

In droogtesituaties heeft de minimumafvoer over de Grensmaas (10 m^3/s bij Borgharen; 3.4) een zeer hoge prioriteit.

3.4 Grensmaas.

De Grensmaas is een middenlooprivier waarvan het typische karakter echter in de loop van de jaren grotendeels verloren is gegaan. In het verleden werd dit riviergedeelte gekenmerkt door een systeem van eilanden, zand- en grindbanken èn geulen met glooiende oevers. Steeds meer werden echter de gevolgen zichtbaar van normalisatiewerken, grindwinning in het zomerbed en bovenstroomse onttrekkingen. Uiteindelijk ontstond de Grensmaas zoals we die nu kennen: een rivier met een diep ingesneden hoofdgeul die alleen bij zeer hoge afvoeren buiten haar bedding treedt en die in droge perioden nagenoeg geen afvoer kent. In samenhang hiermee is de oorspronkelijke vegetatie en fauna grotendeels verdwenen, alhoewel ook andere factoren, zoals de verslechterende waterkwaliteit van de Maas, hierbij een belangrijke rol hebben gespeeld.
Potentiëel is de Grensmaas echter een ecologisch waardevol riviertraject (middenloop, Barbeelzône) [Klink, 1985]. Hydrologisch stelt de rivier aparte eisen. Aan de ene kant is voor de verversing van de Grensmaas een minimale afvoer van circa 10 m^3/sec nodig terwijl aan de andere kant, om ecologisch gunstige voorwaarden te handhaven, afvoervariaties moeten worden beperkt.

Het aan de Nederlandse Maas aangeboden debiet wordt sterk beïnvloed door de waterkrachtcentrale en stuw te Lixhe, die net voor de grens in België ligt. Doordat de turbines van deze centrale (totaal 3, elk goed voor 85 m^3/s) al naar gelang het heersende wateraanbod worden ingeschakeld, treden er vooral bij de lagere tot gemiddelde afvoeren grote variaties op in het debiet over de Grensmaas. Een debietsverandering van 25% binnen een uur wordt door Klink [Klink, 1986] beschouwt als de kritische grens voor organismen in de Grensmaas. Boven deze grens treedt met

name een grote drift op van bepaalde voor de Grensmaas karakteristieke organismen, die daardoor geen kans zien om zich in de Grensmaas te handhaven. Dergelijke fluctuaties komen geregeld voor. Hierbij speelt echter ook het stuwbeheer bij Borgharen een rol. Door bij Borgharen meer op een constante afvoer te stuwen in plaats van op een constant stuwpeil, kunnen debietveranderingen worden teruggebracht. De mogelijkheden van een alternatief stuwbeheer bij Borgharen worden momenteel onderzocht. Een alternatief stuwbeheer maakt het in principe ook mogelijk om zelfs bij lage afvoeren een stroomsnelheid van ongeveer 60 cm/s over de grindbanken in de Grensmaas te handhaven, wat ideaal zou zijn voor de meeste stroomminnende organismen [Helmer, 1991].

5

6

7

foto 5: Grindbank bij Borgharen.
foto 6: Zand- en grindwinning.
foto 7: Afpleisteringslaag bij Borgharen.

4. Morfologie

4.1 Ligging en samenstelling van de rivierbodem.

De morfologische processen in een rivier worden in belangrijke mate door de helling en samenstelling van de bodem bepaald. Op de Nederlandse Maas variëren deze parameters aanzienlijk. Treffen we op de Grensmaas een voor Nederlandse begrippen steil verhang aan (circa 45 cm/km), in benedenstroomse richting wordt de bodemhelling steeds flauwer, resulterend in een nagenoeg vlakke bodem van de Bergsche Maas. Dergelijke grote verschillen zien we ook in de samenstelling van het bodemmateriaal. De bodem van de Grensmaas bestaat overwegend uit grof grind en keien: in benedenstroomse richting gaat het fijnere (zandige) bodemmateriaal steeds meer overheersen en wordt ook de gradatie geringer. De bodem op de overgang van Bergsche Maas naar Amer bestaat vrijwel uitsluitend uit slib.
De grove bovenlaag van de bodem in de Grensmaas is kenmerkend voor grindrivieren en vormt in Nederland een uniek morfologisch verschijnsel.Deze bovenlaag, gewoonlijk afpleisteringslaag genoemd, ontstaat door uitspoeling van de fijne fractie uit het van oorsprong rijk gegradeerde mengsel van zand en grind. Door de aanwezigheid van de afpleisteringslaag vindt sedimenttransport bij lage afvoeren nagenoeg niet plaats. Er zijn aanwijzingen dat bij toenemende afvoer (1500-2000 m^3/s) de afpleisteringslaag instabiel kan worden, waardoor onderliggend fijn materiaal vrijkomt voor transport [Klaassen, 1990].

In de tijd gezien is de ligging van de Maasbodem vooral in de periode 1910-1960 aan veranderingen onderhevig geweest. Menselijke activiteiten zoals zand- en grindwinning, bochtafsnijdingen en de bouw van stuwen zijn hier de oorzaak van. In z'n algemeenheid hebben deze ingrepen een verlaging van de bodem (en op de ongestuwde Grensmaas ook een verlaging van de waterstanden) tot gevolg gehad. De afgelopen dertig jaar is de bodem van de Maas op een vrijwel constant niveau blijven liggen [Vermeer, 1990].

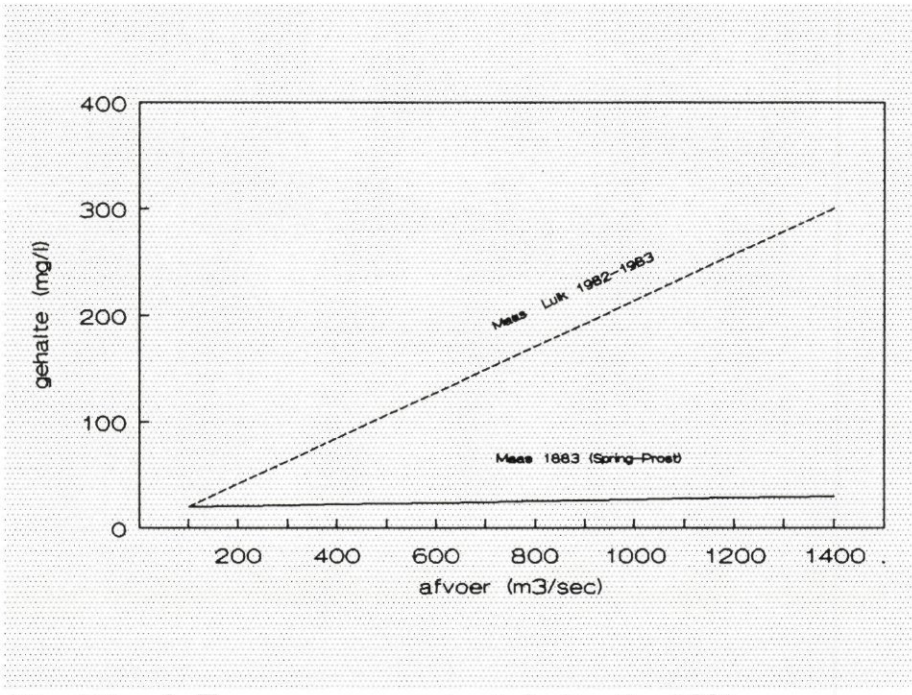
4.2. Zandtransport.

Het zandtransport op de Maas is een moeilijk te bepalen grootheid. Veldmetingen (met een vaartuig) worden door de bij hoge afvoeren optredende grote stroomsnelheden bemoeilijkt. Tot op dit moment zijn uitsluitend bij afvoeren tot circa 1500 m^3/s metingen uitgevoerd. Bij deze afvoer zijn de Belgische stuwen nog gesloten. Over de grootte van het sedimenttransport bij hogere afvoeren zijn geen gegevens beschikbaar. Ook vormt de invloed van het stuwbeheer in België op het zandaanbod bij Eijsden nog een onzekere factor.
Metingen wijzen uit dat het transport van zand en grind op de Maas relatief laag is. Zo wordt in de Maas bij Linne jaarlijks gemiddeld 26.000 m^3 zand en grind getransporteerd [Gerretsen, 1968]. Het transport loopt uiteen van nog geen 5.000 m^3 in droge jaren (gemiddelde afvoer: 125 m^3/s) tot 90.000 m^3 in natte jaren (gemiddelde afvoer: 400 m^3/s). Ter vergelijking: op de Boven-Rijn bedraagt het gemiddeld jaartransport 370.000 m^3.

Het zandtransport vertoont in de lengterichting van de Maas een grote variatie. Van jaarlijks gemiddeld 26.000 m^3 bij Linne neemt het zandtransport in benedenstroomse richting af tot 19.000 m^3 bij Kessel om vervolgens weer toe te nemen tot 70.000 m^3 bij Ravenstein (Gerretsen, 1968). Ook op de Grensmaas lijken in ruimtelijke zin grote verschillen in zandtransport op te treden. Recente metingen tijdens het hoogwater van januari 1991 geven aan dat aanmerkelijk meer sediment bij Maaseik passeert dan bij Borgharen wordt aangeboden [Burgdorffer & Silva, in voorbereiding]. Netto erosie over de Grensmaas is hier waarschijnlijk de oorzaak van. Niettemin geldt ook voor de Grensmaas dat, absoluut gezien, het sedimenttransport beperkt is. In de studie van Helmer, Klaassen en Silva [Helmer, Klaassen, Silva, 1991] wordt geconcludeerd dat de transportcapaciteit van de Grensmaas wel een factor 100 hoger kan liggen.

4.3. Slibtransport.

Het slibtransport op de Maas is, evenals het zandtransport, sterk gerelateerd aan de afvoer. Van jaar tot jaar kan de hoeveelheid getransporteerd slib (de slibvracht) dan ook aanmerkelijk verschillen. Gemiddeld over de periode 1970-1990 bedraagt de slibvracht 559 kton/jr. met een minimum van 79 kton in 1976 en een maximum van 1287 kton in 1984.

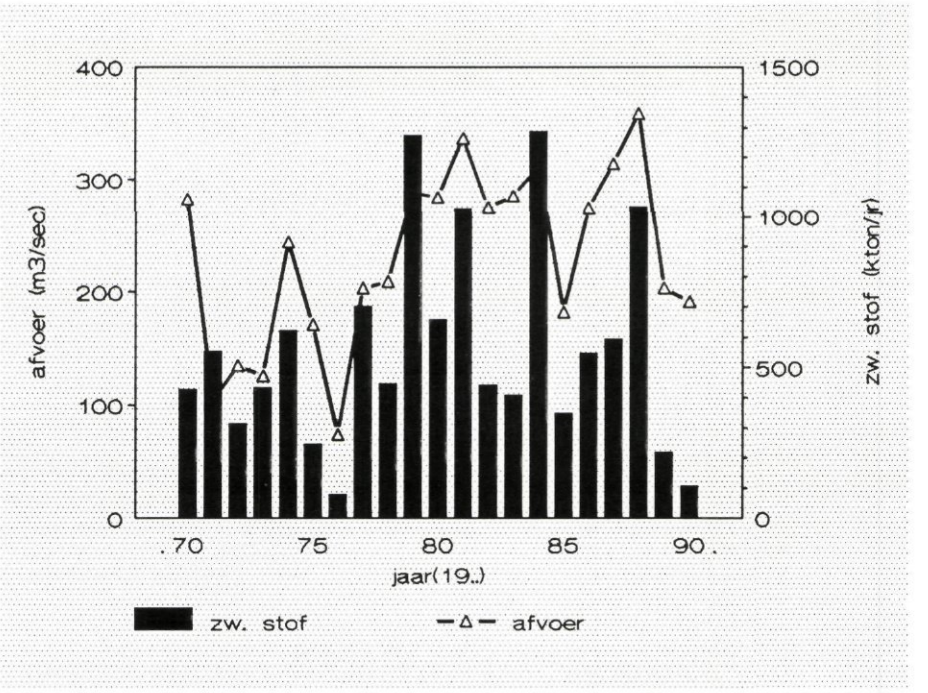


Afbeelding 8: Toename zwevende stof, situaties 1883 en 1982-1983 [Micha en Borlee, 1989].

Over de afgelopen honderd jaar heeft een aanzienlijke stijging van het zwevend transport in de Maas plaatsgevonden. Dit kan worden afgeleid uit gegevens die door Micha en Borlee (1989) gepresenteerd zijn. Hoewel het hier om zwevend transport gaat mag worden aangenomen dat het hier vooral slib betreft. De zeer grote stijging is het gevolg van versnelde bodemerosie, verstedelijking en de industrialisering (afbeelding 8).

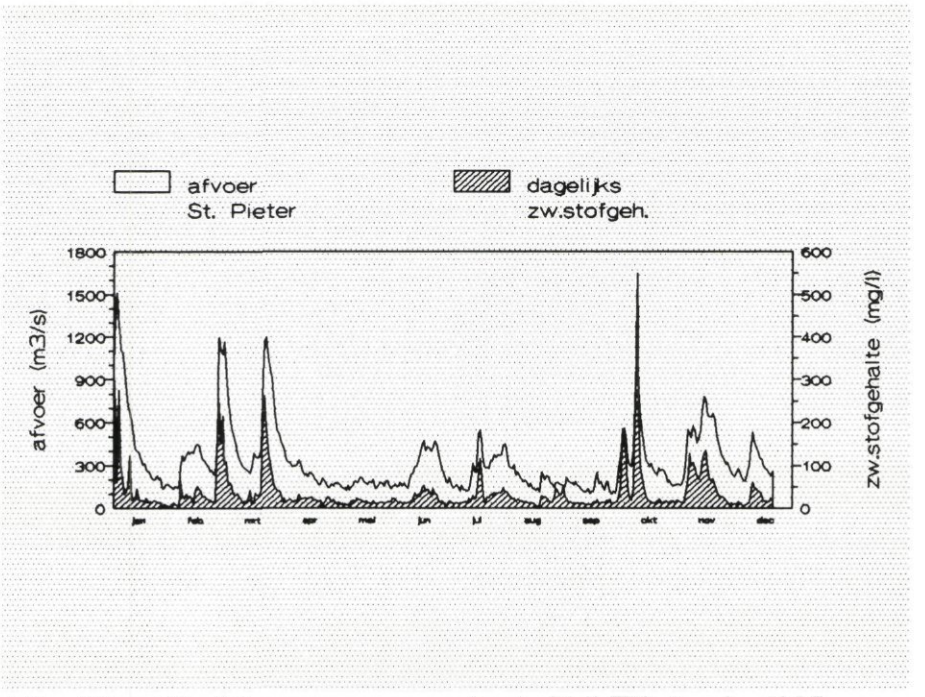
Vooral het afvoerverloop en in het bijzonder het optreden van hoogwaters in een jaar bepalen de omvang van het slibtransport. Jaren met een vergelijkbaar jaargemiddelde afvoer maar met een afwijkend afvoerverloop kunnen daardoor in termen van slibvracht grote verschillen vertonen (afbeeldingen 9).

Over het jaar gezien concentreert het slibtransport zich vooral in de wintermaanden met relatief hoge afvoeren. Slibgehalten van 500 mg/l vormen dan geen uitzondering. Daartegenover staan slibgehalten van 10-30 mg/l die overwegend tijdens laagwaterperioden in zomer en najaar voorkomen (afbeelding 10).



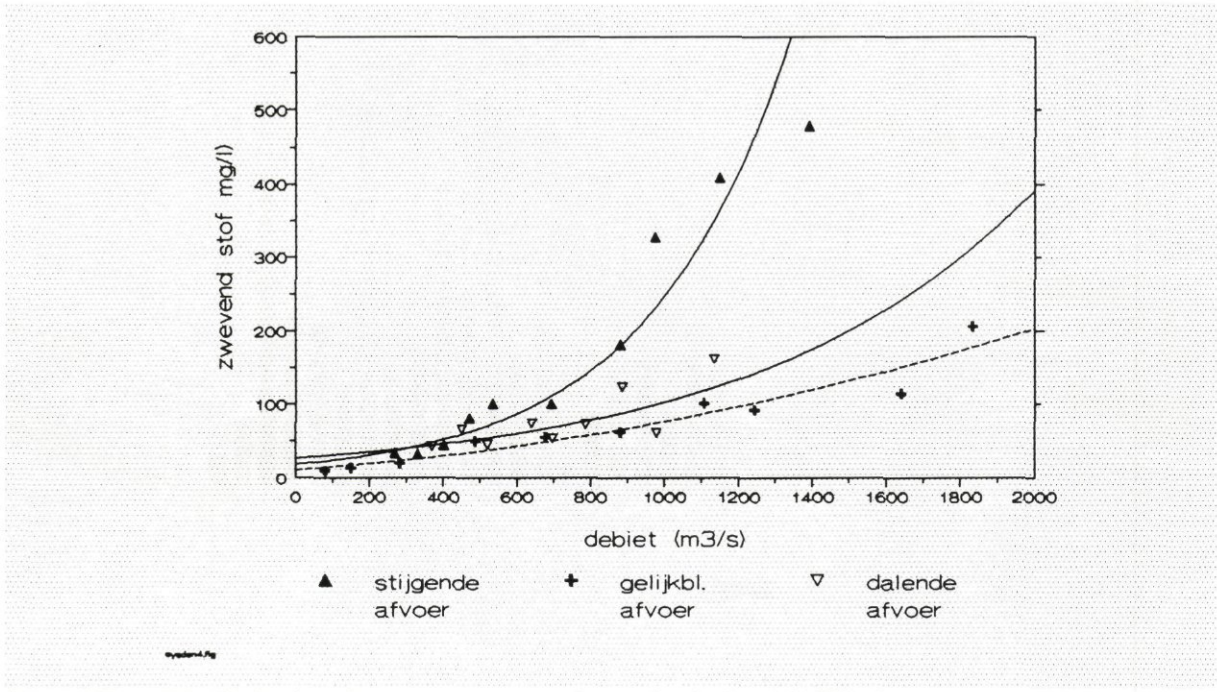
Afbeelding 9: Afvoer en slibvracht bij Eijsden (jaargemiddelden).

Het slibgehalte tijdens een hoogwater wordt overigens slechts voor een beperkt deel door het momentane afvoerniveau bepaald. Uit onderzoek [van Vuuren, van der Veen, van den Born, 1989] blijkt dat bij stijgende afvoeren het (met een bepaalde afvoer corresponderende) slibgehalte groter is dan bij dalende afvoeren (afbeelding 11).



Afbeelding 10: Afvoer en zwevende stof bij Eijsden in 1987.

Verder speelt ook de voorgeschiedenis een belangrijke rol: bij een opeenvolging van hoogwaters komen de slibgehalten (door uitputting van de slibvoorraad in het bovenstroomse gebied) bij gegeven afvoer op een lager niveau te liggen.
Van het slibtransport in de lengterichting van de Maas is nog maar weinig bekend. Door dispersie en afname van de stroomsnelheid in benedenstroomse richting passeren slibgolven minder gepronon-



Afbeelding 11: Relatie afvoer en zwevende stofgehalte bij Eijsden.

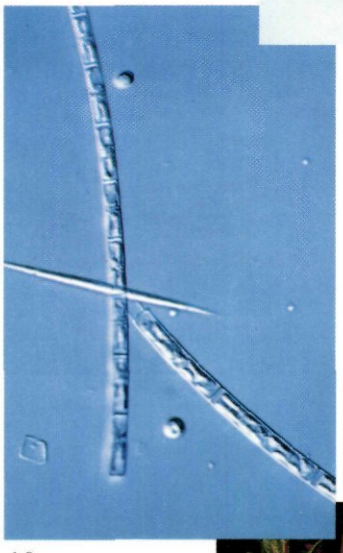
ceerd en enigszins "afgeplat" het meetstation Keizersveer op de Bergsche Maas.
Uit het feit dat regelmatig onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk is om onder meer de toeleidingskanalen bij de sluiscomplexen in de Maas bevaarbaar te houden mag worden afgeleid dat een (beperkt) deel van het bij Eijsden aangeboden slib in het stroomgebied achterblijft. Sedimentatie van slib vindt verder plaats in het winterbed, wanneer de Maas bij hoogwater buiten de oevers treedt.

4.4. Oevers en winterbed.

Oever en winterbed zijn onlosmakelijk met het riviersysteem Maas verbonden: ze hebben in de eerste plaats een afvoerregulerende functie. De grens waarbij de Maas buiten z'n oevers treedt en het winterbed stroomvoerend wordt ligt bij ongeveer 1500 m^3/s. Zomerkaden komen in tegenstelling tot bij de Rijn niet voor; tot aan Boxmeer is het winterbed onbedijkt.
De verscheidenheid aan oevers langs de Maas is groot. Worden langs de Grensmaas aan Nederlandse zijde grotendeels nog natuurlijke (steil) oevers gevonden, aan Belgische zijde zijn in de oever over een grote lengte stenen bestortingen en betonplaten aangebracht. Benedenstrooms van Maasbracht zijn de oevers vrijwel volledig in het grind of stortsteen gezet. Oeverafslag vindt nauwelijks meer plaats.
Ook het winterbed van de Maas vertoont een grote verscheidenheid. De uitgestrektheid en de overstromingsfrequentie zijn hierbij de bepalende factoren. De breedte van het winterbed variëert van een paar honderd meter tot enige kilometers op enkele plaatsen.

Sommige delen van het winterbed worden gemiddeld enkele dagen per jaar overstroomd, andere zijn door de hoogteligging voor het Maaswater practisch onbereikbaar. Dit heeft z'n uitwerking niet alleen op de bodemsamenstelling (lutumfractie, kalkgehalte) maar ook op de verontreinigingssituatie van het winterbed (9.4).

8



10

9

11

12

foto 8: Zalm (Salmo salar).
foto 9: Vuursalamander.
foto 10: Melosira granulata (dominante Maasalg).
foto 11: Harig Wilgenroosje.
foto 12: Aalscholvers.

5. Flora en fauna.

5.1 Algen.

Fytoplankton.

De algensamenstelling van de Maas heeft een typisch rivierkarakter, waardoor diatomeeën en groenalgen domineren, maar blauwalgen (of beter gezegd: cyanobacteriën) bijna volledig ontbreken. Het blijkt ook dat vooral de gestuwde gedeelten van de Maas, net als stilstaand water, bij het huidige nutriëntenaanbod gevoelig zijn voor algenbloei, vooral bij lage afvoeren. De dominante soorten zijn vaak diatomeeën.
In de Maasplassen wordt door het Waterschap Zuiveringschap Limburg de algensamenstelling jaarlijks bepaald. Er wordt in de plassen een redelijke soortenrijkdom aangetroffen. Ook hier wijzen de aanwezige soorten op een voedselrijk systeem. Geëutrofieerde en door cyanobacteriën gedomineerde plassen komen echter weinig voor.
Peelen [Peelen, 1975] geeft een overzicht van het voorkomen van fytoplanktonsoorten in de Maas tussen 1918 en 1972. Hoewel hij vaststelt dat ondanks de toegenomen vervuiling van de Maas in de betrokken periode geen significante verandering is aan te tonen in het aantal voor vervuiling typische soorten (saprobiegetal), zijn er in de loop der tijd wel verschuivingen opgetreden in de specifieke dominante soorten. In tabel 5.1 zijn in de eerste kolom de soorten aangegeven die bij Peelen steeds bij de dominante soorten hoorden. Dit zijn overwegend diatomeeën.

Species	Taxon	Peelen 1918-1972	van Urk 1974-1978	Bij de Vaate 1990
Asterionella formosa	D	x	x	.
Cyclotella compta	D	x	.	.
Cyclotella meneghiana	D	.	.	x
Diatoma elongatum	D	x	x	.
Melosira granulata	D	x	x	x
Melosira varians	D	x	.	.
Stephanodiscus hantz.	D	x	x	.
Synedra acus	D	x	x	.
Crucigenia minima	G	x	.	.
Cryptomonas ssp.	G	.	.	x
Dictyosphaerium ehren.	G	.	.	x
Scenedesmus acuminatus	G	x	.	x
Scenedesmus opoliensis	G	.	.	x
Scenedesmus quadric.	G	x	.	.

D = Diatomee G = Groenwier + overige x = aanwezig . = niet aanwezig

Tabel 5.1: Dominante algensoorten in de Maas sedert 1918.

Van Urk meldt over een aantal algenbloeien in de periode 1974-1979 slechts diatomeeën als dominante soorten [Van Urk, 1984]. Opvallend is dat ten opzichte van de eerste kolom een viertal soorten (meestal groenalgen) niet meer als dominant worden aangetroffen en hun plaats is ingenomen door nieuwe diatomeeën. Gebleven zijn de

soorten die (dus) als vaste bewoners van de Maas mogen worden beschouwd: *Asterionella formosa, Diatoma elongatum, Melosira granulata, Stephanodiscus hantzschii en Synedra acus.*
Hoe variabel de algensamenstelling in specifieke periodes kan zijn, tonen Bij de Vaate & van der Hout, [bij de Vaate, 1990]. Het betreft hier een momentopname tijdens een algenbloei in de Maas bij Eijsden in augustus 1990. Van de hiervoor genoemde (blijvende) soorten is alleen nog *M. granulata* over en zijn de groenalgen, waaronder tevens de "oude" soort *Scenedesmus acuminatus*, ineens qua aantal in de overhand.

Tot zover is slechts gesproken in termen van aantallen soorten. Voor wat betreft de effecten van algenbloei is echter de biomassa van groot belang. Volgens Bij de Vaate & van der Hout is dan *M. granulata* door zijn grote biovolume verantwoordelijk voor de hieronder genoemde effecten. Voor de situatie in juli-augustus 1990 zijn deze effecten beschreven door van Vuuren [van Vuuren, augustus 1990]. Ze laten zich als volgt samenvatten:

- Extreme schommelingen in het zuurstofgehalte (van 3 mg/l 's morgens vroeg tot zelfs 20 mg/l aan het eind van de middag) en de pH (tot maxima van 8.5 's middags) tijdens de periode van algenbloei. Door de hoge pH verschuift bovendien het evenwicht tussen NH_4 en NH_3 waardoor het gehalte aan (het voor vissen toxische) ammoniak stijgt.
- Ernstige zuurstofloosheid tijdens het ineenstorten van de algenpopulatie in de periode na de bloei.
- Opmerkelijk is dat deze extreme algenactiviteit gepaard ging met naar verhouding lage gehalten aan chlorofyl-a: slechts 70-80 μg/l. Wellicht hangt dit samen met de stroming die in de gestuwde rivier toch optreedt, in tegenstelling tot de echt stagnante meren, waar chlorofylgehalten voorkomen tot 300 μg/l bij minder algenactiviteit.

Hoewel deze effecten in de eerste plaats gelden voor de situatie bij het meetstation Eijsden, kan in meer algemene zin gezegd worden, dat bepaalde gedeelten van de Maas door de gestuwde situatie (lange verblijftijden) en het hoge aanbod van nutrienten gevoelig zijn voor algenbloei. Tenslotte zij opgemerkt dat deze perioden van algenbloei geen duidelijke seizoenscyclus volgen: ze ontstaan bij het optreden van lage afvoeren en sterke zonnestraling, waardoor ze in principe kunnen optreden in de gehele periode van medio april tot medio oktober.

Benthische algen.
In de Maas worden op stenen en waterplanten, ook in de sneller stromende gedeeltes van de Grensmaas, veel (benthische) draadalgen aangetroffen. Naar alle waarschijnlijkheid gaat het hier onder andere om *Cladophora*-soorten, maar hier is nog nooit systematisch onderzoek naar gedaan. Het voorkomen hiervan is ook een gevolg van eutrofiëring en heeft vooral negatieve gevolgen voor de ontwikkeling van waterplanten- en macroevertebratenpopulaties.

5.2 Water- en oevervegetatie.

De Maas is arm aan waterplanten. De soorten die worden aangetroffen zijn voornamelijk soorten van stilstaand water zoals Gele Plomp, Smalle Waterpest, Gedoornd

Hoornblad en enkele fonteinkruiden. Hun standplaatsen zijn beperkt tot rustige hoeken in de gestuwde gedeeltes, zoals bij de stuwen van Roermond en Linne en bij de Maastrichtse overlaat [W. Helmer, mondelinge mededeling]. Een typische soort van grindrivieren met matig tot snel stromend water, de Vlottende Waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) werd in 1990 op slechts twee locaties aangetroffen [W. Overmars, mondelinge mededeling].
De Maasplassen en oude rivierarmen herbergen meer waterplanten dan de Maas zelf en behoren wat de soortenrijkdom betreft zelfs tot de beste van het Nederlandse rivierengebied. Acht soorten fonteinkruiden en soorten als Aarvederkruid en *Zanichellia* komen plaatselijk in redelijke aantallen voor. De bedekkingsgraad van waterplanten in dit gebied is echter gering. Het matige doorzicht in sommige plassen als gevolg van grindwinning of algenbloei in combinatie met een ongeschikt substraat en een kort steil talud, stelt waarschijnlijk grote beperkingen aan het voorkomen van diverse soorten waterplanten.

5.3 Zoöplankton en macroevertebraten.

Zoöplankton.
Het zoöplankton in het bovenstroomse gedeelte van de Maas bestaat voor meer dan 80% uit *Rotatoria* (radardiertjes), daarnaast komen *Cladocera* (watervlooien), *Copepoda* (roeipootkreeftjes) en *Rhizopoda* (wortelpotigen) voor. Het aandeel van de laatste drie neemt stroomafwaarts (vanaf km 800) toe tot ca. 50% van het totale zoöplankton [RIWA, 1982].

Macroevertebraten.
Van de Maas zijn in de loop der jaren veel gegevens over macroevertebraten verzameld. Alle onderzoeken wijzen op een ernstige afwijking van de te verwachten samenstelling. Grote aantallen muggelarven en waterpissebedden wijzen op een sterke selectie van tolerante soorten; er worden nauwelijks typische riviersoorten aangetroffen.
De Maas bij Borgharen wordt gekenmerkt door soorten als *Asellus aquaticus*, *Dicrotendipes* gr. *nervosus, Chironomidae* ssp. en *Naididae* ssp. [Frantzen, 1991]. Benedenstrooms bij Keizersveer wordt voornamelijk *Dreissena polymorpha* (driehoeksmossel) en *Dicrotendipes* gevonden. Hier komt ook *Gammarus tigrinus*, een vlokreeft, voor. Deze vlokreeft komt bij Borgharen niet voor. Vooral van de dominante soorten bovenstrooms is bekend dat deze goed bestand zijn tegen organische verontreiniging. Eén directe oorzaak van de geringe soortendiversiteit is overigens niet aan te geven. Als mogelijke sturende factoren wordt gedacht aan: de verontreiniging van water en slib, de kunstmatig hoge afvoerfluctuaties (3.4.), het hoge slibgehalte en/of het ontbreken van geschikte habitats (o.a. waterplanten).
Van de macroevertebraten samenstelling van de Maasplassen is weinig bekend.

5.4 Vis.

Uit een historisch overzicht van de visfauna van de Maas [van Ruremonde, 1988] blijkt dat de soortensamenstelling en de verandering daarvan in de loop van de tijd nauwelijks afwijken van die van andere rivieren: een afname van stroomminnende (rheofiele)

soorten en een toename van soorten van stilstaand water (stagnofiele). Ook de soorten die zich in beide wateren thuisvoelen (de ubiquisten) zijn in aantal toegenomen.
Het specifieke karakter van de Grensmaas als ongestuwde rivier komt nog wel enigszins tot uiting in soorten als barbeel, kopvoorn, sneep en serpeling. Echter ook in dit gedeelte van de Maas domineren soorten als blankvoorn, brasem en kolblei. Recente vangsten bij de vistrap in Linne [Cazemier, 1990] bevestigen dit beeld: veel exemplaren van blankvoorn, geen of weinig exemplaren van de stroomminnende soorten.
In totaal werden in 1990 in de Maas 41 verschillende soorten vis aangetroffen. De biomassa wordt geschat op zo'n 400-600 kilogram per hectare, een dichtheid die in veel Nederlandse wateren wordt gevonden.

5.5 Vogels.

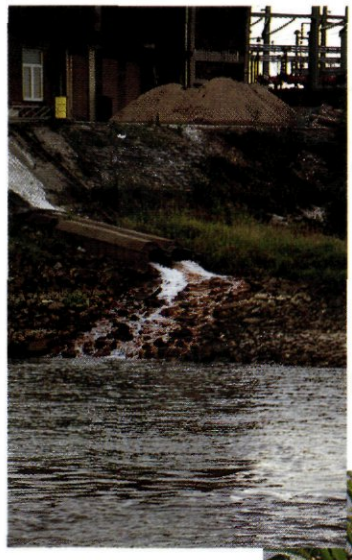
De huidige avifauna van het Limburgse Maasdal wordt gekenmerkt door grote aantallen overwinterende watervogels, waarvan eenden en ganzen de belangrijkste zijn. Van de viseters overwintert ook de aalscholver in grote aantallen in dit gebied, tot broeden komt deze soort hier echter niet, wat nagenoeg zeker kan worden verklaard door het ontbreken van het geschikte broedbiotoop voor deze vogels. Voor de blauwe reiger is dit hier wel: langs de Grensmaas bij Elsloo zetelt een grote kolonie van deze vogels. Zeer regelmatig wordt ook de visarend in het plassengebied waargenomen.
Naast het ontbreken van broedbiotopen voor sommige vogels is er voor alle water- en moerasvogels in de zomerperiode een gebrek aan rustgebieden door de hoge recreatiedruk op de Maas en de Maasplassen.

5.6 Mogelijkheden voor de toekomst.

<u>Het huidige ecosysteem.</u>
In de huidige situatie is sprake van een slecht ontwikkelde levensgemeenschap. Ondanks de slechte water- en slibkwaliteit en het ontbreken van een aantal typische rivierbiotopen is de Maas beslist geen dode rivier. De soorten die er voorkomen zijn evenwel zeer tolerante organismen, soorten dus die weinig eisen aan hun milieu stellen. Typische riviervertegenwoordigers worden nauwelijks of in zeer geringe aantallen aangetroffen en de diversiteit binnen verschillende organismegroepen is laag. Dat er sprake is van een ernstige verstoring lijdt geen twijfel.
De geringe natuurwaarde van de Maasplassen wordt behalve door eutrofiëring vooral bepaald door de inrichting van de plassen.

<u>Toekomstmogelijkheden.</u>
Vooral de Grensmaas biedt voor Nederland unieke mogelijkheden om een gedeelte van het oorspronkelijke rivierecosysteem te herstellen. De Grensmaas is het enige over grindbanken vrijafstromende, niet voor scheepvaart gereguleerde, riviergedeelte in Nederland. Zeldzame levensgemeenschappen die kenmerkend zijn voor dit riviertype hebben hier grote ontwikkelingskansen, vooral omdat de rivier niet voor de beroepsvaart gebruikt hoeft te worden door de aanwezigheid van het Julianakanaal. Voor dit riviertype belangrijke levensgemeenschappen zoals die van grindrivierbeddingen, zand-

en grindbanken, zacht- en hardhoutooibossen en kwelkreken in het winterbed kunnen hier weer worden teruggebracht [Helmer, 1989 en Helmer, Overmars en Litjens, 1991].
Ook het gestuwde gedeelte van de Maas biedt, met ingrepen en gewijzigd beheer, de mogelijkheid voor een vergroting van de natuurwaarden in en langs de rivier. Milieuvriendelijke oevers, nevengeulen en een gewijzigd winterbedbeheer kunnen hieraan een bijdrage leveren. Een voorstudie, resulterend in de mogelijke streefbeelden voor de verschillende delen van de Maas, en een inventarisatie van het benodigde onderzoek wordt momenteel uitgevoerd [Botterweg en Silva, in voorbereiding].



13

14

15

16

foto 13: Industriële lozing op de Maas.
foto 14: Vissterfte.
foto 15: Meetstation Eijsden.
foto 16: Effluentlozing op de Grensmaas.

6. Emissies in het stroomgebied.

6.1 Natuurlijke bronnen van verontreinigingen.

Een aantal stoffen komen van nature reeds in het Maaswater voor. Dicht bij de bron is bijvoorbeeld het sulfaatgehalte al hoog. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van gipsachtige mineralen in de streek van Vittel en Contrexéville.
Waar doorlatende kalklagen aanwezig zijn, loopt de hardheid sterk op. Dit is het geval in het Franse deel van de Maas en in de zijriviertjes van de Maas ten noorden van de Ardennen. De Ardense zijrivieren bevatten zelf weinig mineralen. De aardlagen bestaan er uit kwarts- en silicaathoudende gesteenten. Een derde type van riviertjes treft men aan op de eenzame Ardense hoogten. Daar komt veen voor. Het water is daar niet alleen arm aan mineralen, maar bovendien zuur door de aanwezigheid van humusstoffen uit het veen. Deze stoffen kleuren het water vaak geel tot bruin. Voor een beschrijving van de natuurlijke samenstelling van het Maaswater wordt verwezen naar paragraaf 6.3.

6.2. Lozingen van industriëel afvalwater.

In Nederland zijn lozingsvergunningen en -voorschriften die aan bedrijven worden verstrekt openbaar, zodat eenvoudig is na te gaan welke stoffen een bedrijf mag lozen en in welke hoeveelheden. Verder moeten de bedrijven zelf de afvalwaterlozingen meten en de meetgegevens aan de overheid rapporteren. Hierdoor is het relatief eenvoudig om voor Nederland een gedetailleerd inzicht te krijgen in de (toegestane) lozingen.
In Wallonië is dit niet het geval, zodat het moeilijk is om inzicht te krijgen in de toegestane lozingen. Van de lozingen op oppervlaktewater is dan ook relatief weinig bekend. Vandaar dat onderstaande inventarisatie van industriële lozingen als een globale indicatie moet worden gezien.
Een bijkomend probleem is dat industriële processen en de daaruit voortvloeiende afvalstromen geregeld worden aangepast aan veranderende marktsituaties zodat de gepresenteerde informatie al vlug veroudert, al geldt dit niet zozeer voor de "bulkchemie" waar basisproducten worden gefabriceerd.
Hierdoor is het hieronder weergegeven overzicht mogelijk onvolledig. Behalve van interne informatie van het RIZA is vooral gebruik gemaakt van [Boots, mei 1987; Dienst Binnenwateren/RIZA, november 1990; Ministerie van VROM, December 1990; Raadgevende Interparlementaire Beneluxraad 1990; Reinwater, maart 1988; RIWA, 1988; RIWA, 1986-1991; RIWA, 1989 en RIWA/BIWM, 1982].

Frankrijk.

De industriële aktiviteiten in het Franse stroomgebied zijn thans relatief bescheiden en bestaan voornamelijk uit metaalnijverheid (bij Longwy), papier- en kartonindustrie en levensmiddelenindustrie.
De twee grote chemische fabrieken in het Franse stroomgebied, te Baleycourt en te

Han-sur-Meuse, zuiveren hun afvalwater voor lozing op de Maas.
In de omgeving van de Frans-Belgische grens (Chooz) is een kerncentrale gevestigd. Deze warmt Maaswater op en loost enige radioactiviteit met het koelwater. Zie ook verderop.

België.

In het Belgische stroomgebied is veel ijzer- en staalindustrie te vinden. De afvalproducten van de hoogovens en walserijen zijn, behalve uiteraard zware metalen, vooral fenolen, ammoniak, cyanide, olie en allerlei organische microverontreinigingen zoals vluchtige oplosmiddelen. Deze industrieën treffen we onder andere aan in de buurt van Longwy (Chiers), rond Maubeuge en Charleroi (Sambre) en rond Luik aan de Maas zelf. Al de genoemde stoffen worden er vrijwel continu geloosd.

Bij de vervaardiging van metalen en de oppervlaktebewerking hiervan (cadmeren, verchromen, verkoperen, verzinken) komen zeer veel zware metalen vrij. Deze afvalstromen worden in het algemeen zonder zuivering geloosd.
Lozingen vinden plaats in de Sambre (en kanaal Charleroi-Brussel) te Sambreville en Charleroi, de Ourthe, de Vesdre en in de Maas zelf bij Ehein en Luik. Er worden bij Eijsden dan ook geregeld sterke verhogingen van vooral cadmium- en zinkgehalten gemeten.
Olie wordt vooral rond Luik zeer veel geloosd, maar ook op de Sambre bij Charleroi. Door de cokesovens worden verder stikstofverbindingen geloosd, maar ook MAK's en PAK's bij Charleroi en Luik. Door de grote vluchtigheid kunnen MAK's vrijwel alleen in de afvalwaterstromen worden aangetoond. PAK's ontstaan bij onvolledige verbranding. Cokesovens (hoogovens) vormen een zeer bekende bron.
Verder is vooral in het verleden dikwijls de visstand van de Maas over grote lengtes vernietigd door cyanide-lozingen vanuit cokesovens langs de Maas en Sambre. Inmiddels zijn twee van de drie ovens bij Luik gesloten, wat een sterke vermindering van het aantal gevallen van vissterfte door cyanide met zich mee heeft gebracht.
Verder worden in de afvalstromen van de cokesovens fenolen aangetroffen.

Vluchtige oplosmiddelen worden bij veel bedrijven gebruikt, ook in de metaalindustrie. Zo worden metalen bijvoorbeeld bij opslag dikwijls bedekt met een vettige film tegen roest. Deze wordt later met oplosmiddelen weer verwijderd. Vluchtige chloorverbindingen komen zowel op de Sambre als in de Maas voor. Zo is bij Jemeppe aan de Sambre onder andere chloroform en tetrachlooretheen aangetroffen en bij Luik èn Engis (bovenstrooms Luik) chloroform. Verder trichloorethaan in de Sambre en trichlooretheen ("tri") bij Luik in de Maas.

Bij een overigens nogal zure (pH ± 3) afvalwaterlozing uit de kunstmestindustrie bij Luik (Engis) komt behalve zeer veel fosfaat ook fluoride (dagelijks 5-7 ton) vrij. Fluoride zit als onzuiverheid in ruwe fosfaatertsen. Het afvalgips van deze industrie bevat ook de metalen zink en vooral cadmium. Dit wordt overigens niet geloosd maar verwerkt in bouwmaterialen. Ook in de Sambre bij Charleroi wordt fluoride geloosd, zij het in kleinere hoeveelheden.

De kalksteen langs Maas en Sambre was de oorzaak van de ontwikkeling van sodafabrieken. De natrium- en chloriderijke calciumzouten, die als afvalproducten ontstaan, worden geloosd of als als strooizout verkocht. De kunstmatige chloridebelasting van de Maas wordt voor verreweg het grootste deel veroorzaakt door de soda- en chloorelectrolyseindustrie aan de Sambre (totaal ± 6 kg/sec).

Electriciteitscentrales en fabrieken (onder meer bij Luik en Charleroi) verhogen door de lozing van hun koelwater de temperatuur van de Maas. Door warmtelozingen in België kunnen bedrijven in Nederland (bij lage afvoer) worden gehinderd bij het gebruik van het Maaswater als koelwater.
Een deel van de energieopwekking gebeurt middels kerncentrales. Langs de Maas staan momenteel 4 kerncentrales, 3 in Tihange (B) en een oude in Chooz (F). Omstreeks 1992 worden naar verwachting in Chooz twee nieuwe centrales in gebruik genomen en wordt de oude gesloten. Naast warmte komen hier ook, relatief kleine, hoeveelheden radioactieve stoffen vrij die in het Maaswater terecht komen.

Suikerfabrieken en -raffinaderijen lozen tijdens de bietencampagne (september-december) grote hoeveelheden afbreekbare organische stoffen op de Maas en zijrivieren. De grootste fabrieken staan in de omgeving van Hoei (Huy) en op de bovenloop van de Jeker.

Hout dat voor constructiedoelen bestemd is, wordt meestal behandeld met schimmelwerende stoffen. Deze stoffen bevatten over het algemeen chloorfenolen (o.a. pentachloorfenol) die dan ook in de Ardense riviertjes en uiteindelijk in de Maas worden gevonden.
Bij cellulosefabrieken wordt de houtpulp gebleekt met chloor. Hierbij worden allerlei chloorverbindingen gevormd. Lignines, chloorlignines en, in mindere mate, dioxines zijn dan ook karakteristiek voor de afvalwaters van dergelijke bedrijven. In het algemeen worden de organische chloorverbindingen gemeten via de parameter AOX. In het stroomgebied van de Maas is slechts één cellulosefabriek aanwezig, in het zuiden van België. Het bedrijf loost op de Ton, een zijrivier van de Chiers. Het effekt van deze lozing is tot in Nederland meetbaar. Bij dit bedrijf wordt echter gewerkt aan de overschakeling naar een proces met chloorarme bleking van de houtpulp. Hierbij wordt ClO_2 gebruikt inplaats van Cl_2 waardoor een verbetering van de situatie mag worden verwacht. Dit lijkt ook al te worden geconstateerd via metingen in Nederland.
De cellulose wordt vervolgens in papierfabrieken tot papier verwerkt. Hierbij wordt dikwijls ook oud papier toegevoegd. De bleking hiervan wordt tegenwoordig dikwijls chloorvrij uitgevoerd. Papierfabrieken zijn op meerdere plaatsen aanwezig langs de Maas. De verontreiniging door dergelijke bedrijven is echter beperkt doordat het proceswater wordt gerecirculeerd.

De lozingen uit de wolindustrie langs de Vesdre bevatten detergenten, tolueen en fenolen en insektendodende middelen zoals lindaan. Deze middelen worden gebruikt om aantasting van de wol door neten en luizen te voorkomen.
Huiden worden vanouds bewerkt in de leerlooierijen van Stavelot. Het gebruik van looizuren geeft aanleiding tot verhoogde chroomgehalten in de Amblève.

6.3 Lozingen van zuurstofbindende stoffen.

In Duitsland en Nederland wordt huishoudelijk afvalwater in de regel biologisch gezuiverd voordat het wordt geloosd op oppervlaktewater. In het Nederlandse stroomgebied is vrijwel 100% van de huishoudens aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (r.w.z.i.).
In België wordt huishoudelijk afvalwater veelal zonder zuivering geloosd. Zo lozen onder andere de steden Luik, Namen en Dinant nog zonder enige zuivering het afvalwater op de Maas. In Brussel is pas in 1991 een begin gemaakt met de bouw van een èerste r.w.z.i. (voor een deel van het rioolwater). Overigens loost Brussel niet op de Maas maar op de Schelde.
Behalve een enorme hoeveelheid zuurstofbindende stoffen veroorzaken deze lozingen natuurlijk ook een overmaat aan nutriënten en niet te vergeten: bacteriologische verontreiniging. Ook door industrie worden zuurstofbindende stoffen op de Maas geloosd (6.2.).

Eenheid: 1000 i.e.'s	Huishoudens (H)	Industrie (I)	Totaal (H+I)	Restlozing (som gezuiverd en ongezuiverd)	Restlozing in % v/d oorspronkelijk aangeboden belasting
Frankrijk [1]	445	700	1.145	595	52%
België [2]	2.600	700	3.300	3.040	92%
Duitsland [3]	3.250	1.800	5.050	1.400	28%
Nederland [4]	3.000	2.100	5.100	1.300	25%

[1]: Zuivering vindt voornamelijk plaats bij industriële lozingen.
[2]: De cijfers zijn bij gebrek aan Belgische gegevens geschat op basis van demografische gegevens.
[3]: Gegevens over Duitse industriële lozingen in het Maasstroomgebied zijn niet bekend en derhalve geschat vanuit de wèl bekende gegevens uit het Rijnstroomgebied.
[4]: Gegevens van 1988 [CBS, 1991].

Tabel 6.1: Lozingen zuurstofbindende stoffen langs de Maas.

Ten behoeve van het Benelux-parlement is in 1990 door een ingenieursbureau getracht een inventarisatie te maken van de emissie-situatie langs de gehele Maas. Door een gebrek aan, danwel het niet beschikbaar stellen van, emissiegegevens is dit indertijd niet gelukt. Op basis van schattingen en berekeningen heeft men wel een globaal overzicht kunnen maken van de (al dan niet gezuiverde) lozingen aan zuurstofbindende stoffen in 1985, uitgedrukt in inwonerequivalenten. (Ook na zuivering blijft er nog een zekere restlozing aan zuurstofbindende stoffen over). In tabel 6.1 zijn deze gegevens weergegeven; voor Duitsland aangevuld met schattingen vanuit de gegevens van het Rijnstroomgebied. De gegevens voor Nederland zijn ontleend aan meer recente gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek. Zie verder: [Raadgevende Interparlementaire Beneluxraad, 5 november 1990].
Hoewel de gegevens van tabel 6.1 niet als harde zekerheden mogen worden gezien, is er wel duidelijk uit op te maken dat de zuivering in België zeer sterk achterblijft bij de overige Maas-oeverstaten.

6.4 Diffuse bronnen.

Behalve duidelijk, aanwijsbare lozingen vanuit industrie of huishoudens wordt de waterkwaliteit bedreigd door verontreinigingen die rechtstreeks of via het grondwater verspreid in het oppervlaktewater geraken. Deze verontreinigingen worden veroorzaakt door een groot aantal verschillende bronnen. Deze niet op één punt gelocaliseerde lozingen duidt men aan met de verzamelnaam diffuse bronnen [Berbee, 1990]. Hieronder is een opsomming gegeven van de verschillende diffuse bronnen.

1. Landbouw: bestrijdingsmiddelen, nutriënten en metalen.
2. Verkeer: PAK's, metalen (lood!).
3. Verspreide en niet op r.w.z.i.'s aangesloten bebouwing: nutriënten, metalen.
4. Neerslag: depositie van metalen, nutriënten en producten uit (industriële) afvalgassen.
5. Houten oeverbescherming: bestrijdingsmiddelen (pentachloorfenol/PAK).
6. Overige bronnen zoals: kwel (nutriënten), stort- en begraafplaatsen, beroeps- en recreatiescheepvaart (organotin-verbindingen, koper, nutriënten) en fauna (vogelpoep).

Kwantificering van deze diffuse bronnen is uitermate moeilijk. Ze zijn echter bepaald niet verwaarloosbaar. Vooral de nutriënten en bestrijdingsmiddelen vanuit de landbouw, de PAK's en het lood vanuit het verkeer en de nutriënten (stikstof) via de neerslag vormen een zeer aanzienlijk deel van de totale belasting van het oppervlaktewater. Zo kan het aandeel van de landbouw in de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater op ± 33% worden geschat en dat van de stikstofverbindingen zelfs op ± 70%.

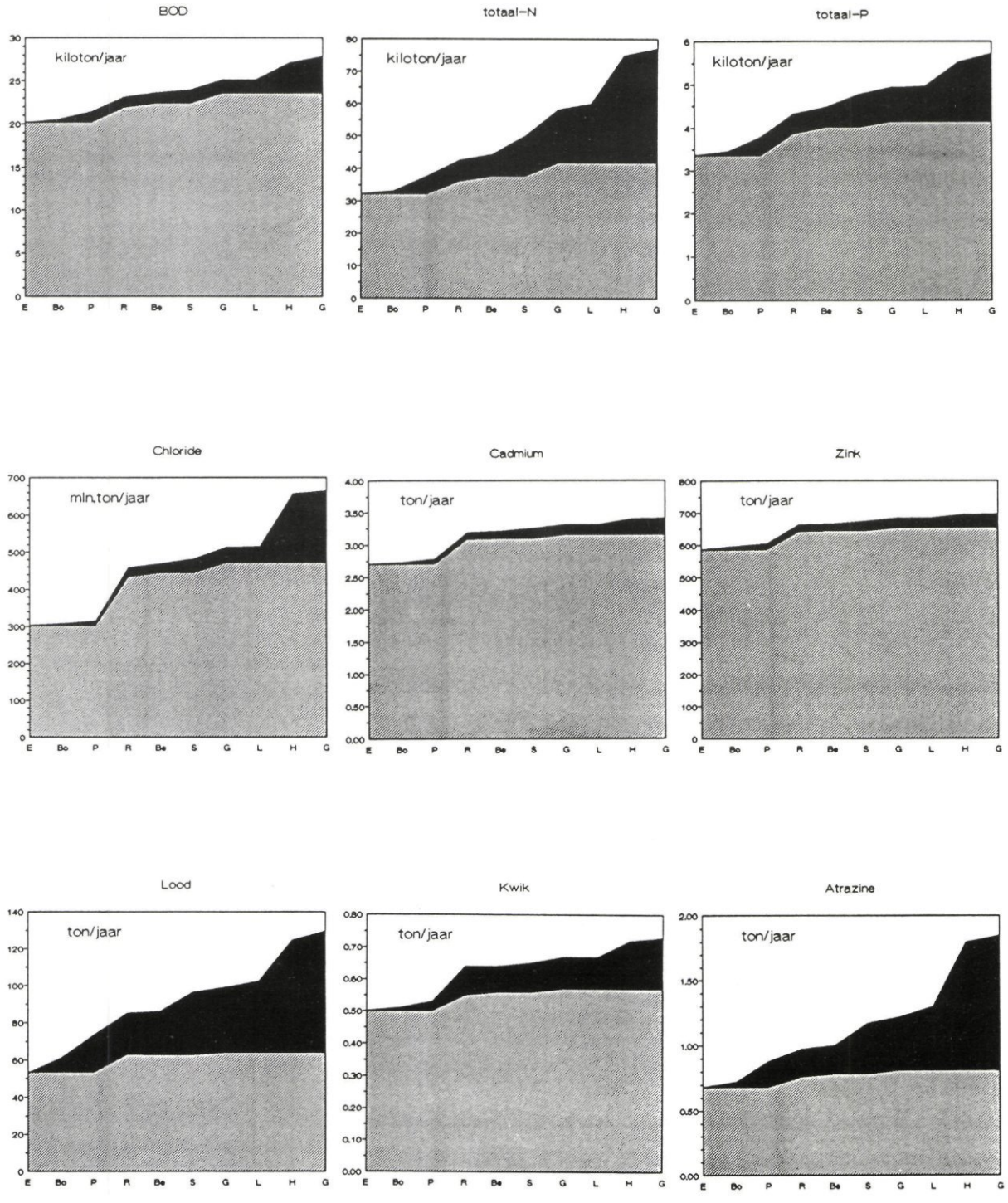
6.5 Belastingprofiel in Nederland.

De in de paragrafen 6.2 t/m 6.4 beschreven lozingen beïnvloeden uiteraard de waterkwaliteit van de Maas. Door het RIZA is het model "Stofstromen" ontwikkeld om aan de hand van de lozingen concentratieberekeningen uit te voeren. Hiermee kunnen verschillende lozings-scenario's worden getoetst op het resultaat voor de waterkwaliteit. De in het model gebruikte gegevens (basisjaar 1985) zijn gebruikt om globale belastingprofielen van het Nederlandse deel van de Maas op te stellen (afbeelding 12). Hierbij zijn de via de Roer, Niers en Swalm vanuit Duitsland aangevoerde vrachten aan zware metalen opnieuw geschat. De in het model gehanteerde schattingen waren deels gebaseerd op verouderde (hoge) detectiegrenzen.
In de profielen is de loop van het Nederlandse deel van de Maas weergegeven. De letters staan voor zogenaamde "knopen", punten uit het model waar alle lozingen van een bepaald gebied geconcentreerd worden verondersteld. De lozingen kunnen afkomstig zijn van atmosferische depositie, buitenlandse bronnen, diffuse lozingen in het landelijk gebied (landbouw, verkeer, industrie op regionale wateren lozend), huishoudens, industrie (op de Maas lozend), overstorten, rwzi's, mestverwerking of overige bronnen. In de profielen zijn de, in relatie tot de grootte van de belasting, belangrijkste knopen in de loop van de Maas opgenomen waarbij minder belangrijke knopen bij de eerstvolgende benedenstroomse knoop zijn opgeteld. Er is geen rekening gehouden met afbraak of sedimentatie. Het betreft dus zuiver een overzicht van de belasting van de Maas, niet van vrachten!!

De letters markeren de Maasloop van Eijsden aan de grens tot aan Sint Geertruid vlak voor de Amer en Biesbosch. De betekenis van de letters is als volgt:

E = Eijsden waar vrijwel de volledige belasting wordt veroorzaakt door de vracht vanuit België.
Bo = Borgharen; inclusief de lozingen van Maastricht en omstreken.
P = Panheel; inclusief de lozingen van huishoudens en industrie op niet-rijkswateren in heel Zuid-Limburg.
R = Roermond; waar via de Roer ook Duitsland bijdraagt.
Be = Belfeld; met de Duitse input via de Swalm.
S = Sambeek.
G = Grave; met de Duitse input via de Niers.
L = Lith.
H = 's Hertogenbosch; inclusief de Dieze.
G = Sint Geertruid met de bijdrage van de Donge.

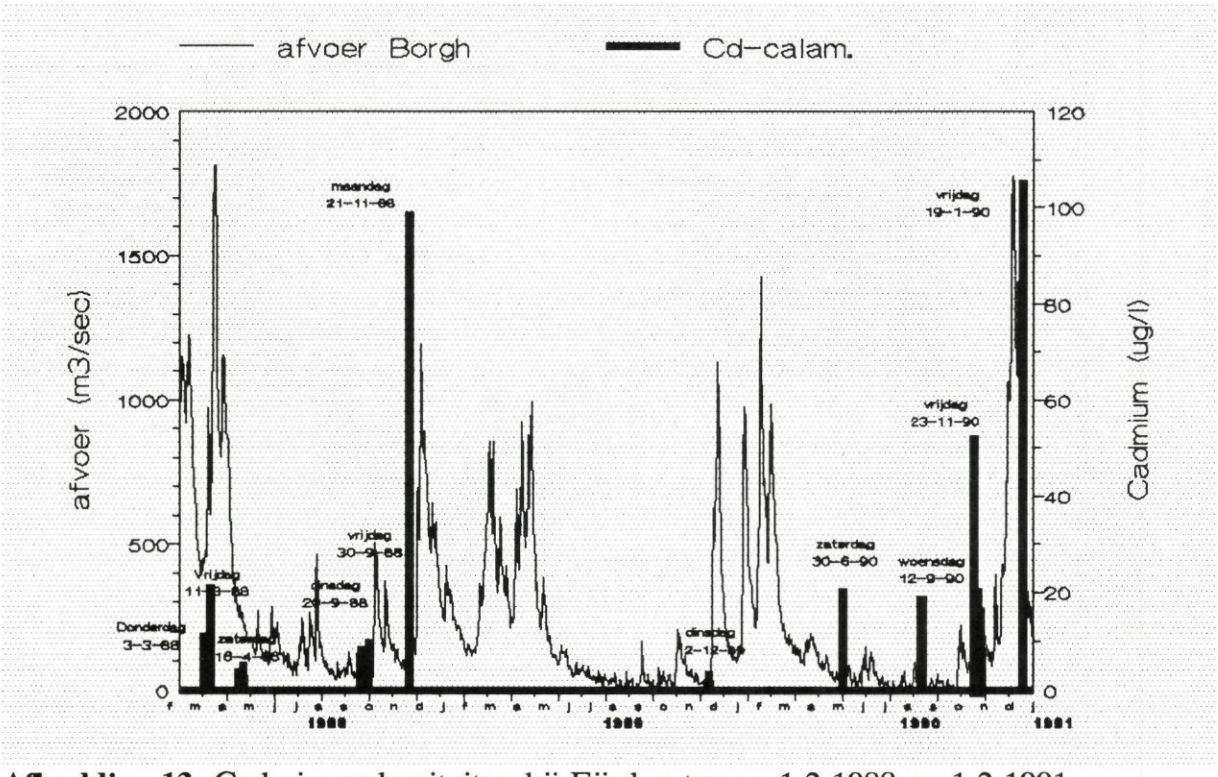
In afbeelding 12 is de belasting met stikstof en fosfaat weergegeven. Duidelijk is het grote aandeel van de buitenlandse input, met name bij het fosfaat. In procenten uitgedrukt is ruim 50% van de stikstof en ruim 70% van het fosfaat uit het buitenland afkomstig. Opvallend is de sterke stijging bij de knoop 's Hertogenbosch. Deze wordt veroorzaakt door lozingen in Brabant op niet-rijkswateren, afkomstig van landbouw, deels van industrie.
Ook voor de chloridebelasting geldt een dergelijke situatie. Een zeer groot aandeel vanuit het buitenland (ruim 70%; let op de belasting via de Roer), maar ook vanuit Nederland vindt bij 's Hertogenbosch een sterke verhoging van de gehalten plaats, waar voornamelijk vanuit het gebied tussen Lith en 's Hertogenbosch op de Maas wordt geloosd.
De zuurstofbindende stoffen, waarvan de invloed kan worden afgemeten aan het BOD komen eveneens voornamelijk uit het buitenland (85%). Binnen Nederland komt voornamelijk via de Dieze enige toevoer.
Bij de zware metalen wordt de cadmium- en zinkbelasting vrijwel volledig door het buitenland bepaald (respectievelijk voor 93 en 94%). Van zowel het cadmium als het zink is 80% of meer vanuit België afkomstig.
Bij de andere metalen liggen de zaken iets genuanceerder, al blijft ongeveer driekwart van de belasting van buitenlandse oorsprong (zie kwik: 78%).
Alleen bij lood wordt door Nederland zelf een aanzienlijk deel van de belasting veroorzaakt (± 50%), verdeeld over het hele stroomgebied. Dit is de invloed van het lood uit de autobenzine, die via afspoeling van de wegen en direkte neerslag, in het oppervlaktewater terecht komt. Nu de loodvrije benzine een sterke opmars maakt, is te verwachten dat deze input vanuit Nederland en Duitsland sterk zal verminderen en inmiddels zelfs al verminderd is (het model bevat immers de gegevens van 1985).
Bij organische microverontreinigingen moet een zekere voorzichtigheid worden betracht omdat door de lage gehalten al erg snel enorme fouten kunnen worden gemaakt bij de berekening van de belasting.



Afbeelding 12: Belastingprofielen Maas (cummulatief).

In afbeelding 12 is de belasting met het bestrijdingsmiddel atrazine, dat veel in maisteelt wordt gebruikt, weergegeven. Mais wordt veel verbouwd in gebieden met intensieve veeteelt zoals Brabant. Dat is aan het belastingprofiel dan ook goed te zien. Sterke verhogingen in het Nederlandse stroomgebied, met name bij 's Hertogenbosch waar de invloed van het Brabantse achterland tot uiting komt.

Gerealiseerd moet worden dat de gegevens van "Stofstromen" betrekking hebben op de situatie van 1985 betreffen. Gezien de lage afvoer in dat droge jaar zijn de aan de grens berekende vrachten zelfs aan de lage kant. Bovendien zijn er sinds 1985 veranderingen opgetreden in de lozingssituatie van met name de industrie in Nederland. De lozingen van zware metalen in Nederland zijn bijvoorbeeld gedaald. De gepresenteerde grafieken geven dan ook een overtrokken beeld van de huidige situatie. Het aandeel van de buitenlandse lozingen in de totale belasting van de Maas is voor deze stoffen alleen maar groter geworden.



Afbeelding 13: Cadmiumcalamiteiten bij Eijsden tussen 1-2-1988 en 1-2-1991.

6.6 Calamiteuze lozingen.

Het stroomgebied van de Maas is sterk geïndustrialiseerd. Dit brengt het risico van ongelukken met zich mee. Plotselinge verslechteringen van de waterkwaliteit (calamiteiten) kunnen ontstaan door bedrijfsongevallen, processtoringen of ongelukken tijdens transport. Maar natuurlijk ook door opzettelijke lozingen.
De afgelopen jaren zijn tientallen gevallen van plotselinge verontreinigingen van de Maas bekend geworden, vrijwel altijd dankzij de metingen van het RIZA bij Eijsden (grens België-Nederland: paragraaf 7.2).

Door de Belgische autoriteiten wordt slechts bij uitzondering informatie verstrekt of een waarschuwing afgegeven. Een officieel waarschuwingssysteem, zoals voor de Rijn, bestaat niet voor de Maas. Informatie over calamiteiten wordt ook niet regulier uitgewisseld.
Binnen Nederland zijn wèl duidelijke procedures over alarmering in geval van plotselinge waterverontreiniging. De directie Limburg van Rijkswaterstaat speelt hierin een centrale rol. Bij plotselinge waterverontreiniging worden onder andere de drinkwaterleidingbedrijven (ook in België), benedenstrooms gelegen directies van Rijkswaterstaat, provincies en waterschappen gealarmeerd.

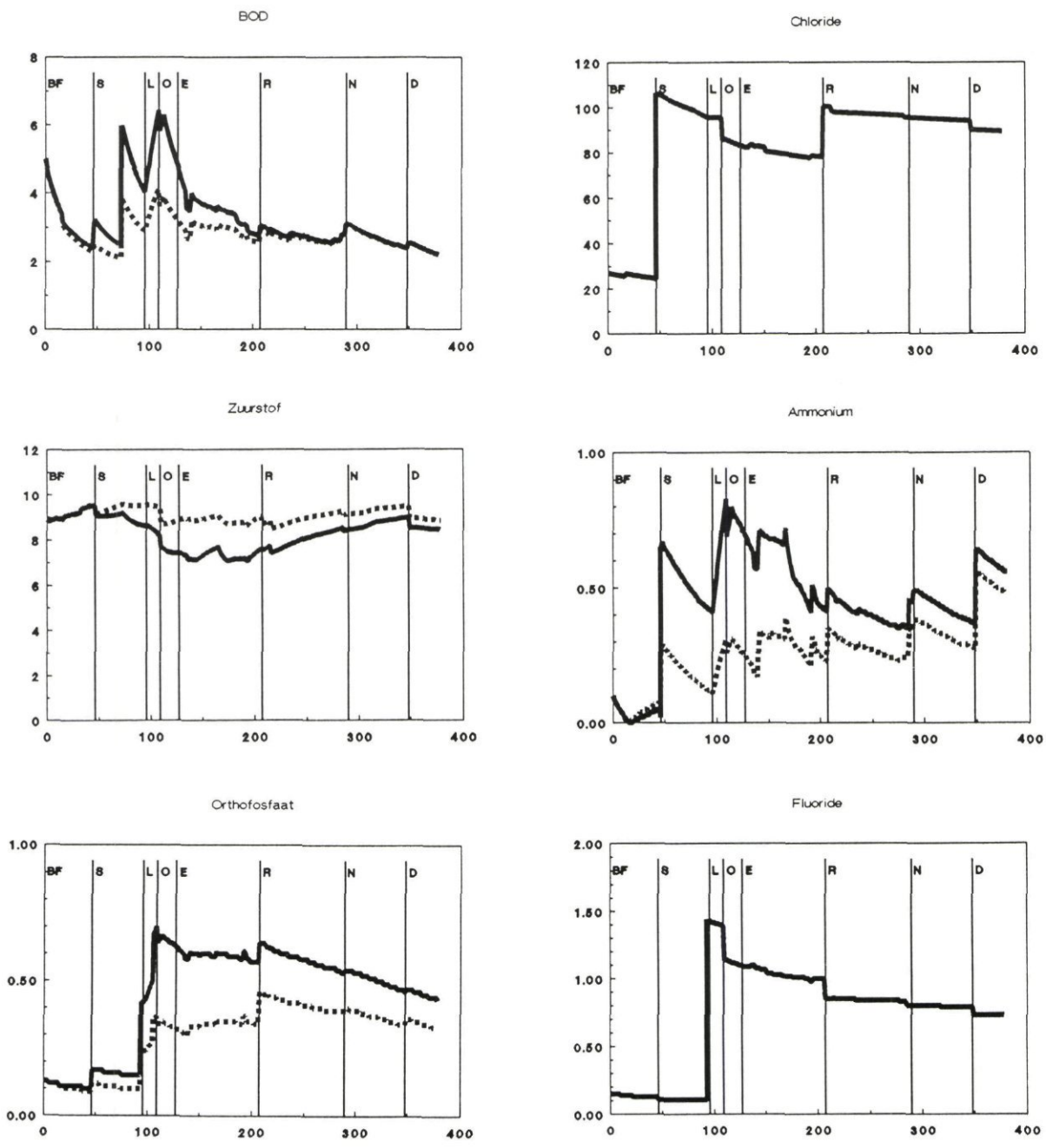
Veruit de meest voorkomende (calamiteuze) verontreinigingen op de Maas bestaan uit (grote en kleine) olievlekken. Bijna dagelijks worden deze vanaf het meetponton bij Eijsden waargenomen.
Verder zijn vooral de talrijke cadmium- en zinkcalamiteiten bekend (afbeelding 13). De laatste jaren zijn deze vele malen geconstateerd. De continue meting door middel van de automatische metalenmonitor op Eijsden is hierbij van groot nut geweest.
In het verleden kwam, door lozingen van cyanide, geregeld massale vissterfte voor. Door de sluiting van twee van de drie veroorzakers is deze problematiek duidelijk verminderd (6.2).
Andere bekende problemen zijn het fluoridegehalte (kunstmestindustrie) en sommige organische verontreinigingen (pesticiden, weekmakers).

In november 1988 werd tijdens een cadmiumgolf een triest record gevestigd van ruim 100 microgram cadmium per liter (μg/l) te Eijsden. Normaal zijn de cadmiumconcentraties gemiddeld lager dan 2 μg/l. Overigens is dit meestal ook al hoger dan de normen toestaan (oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater: 1 μg/l en algemene milieukwaliteit 0.2 μg/l). De tijdens dergelijke calamiteuze situaties afgevoerde vrachten aan cadmium kunnen zeer aanzienlijk zijn (zie hoofdstuk 8).
Ook verhoogde gehalten aan radioactiviteit komen voor vanwege de kerncentrales langs de Maas zelf. Een calamiteit hiermee heeft plaatsgevonden in de zomer van 1989. Hierbij werden van enkele nucliden die aan zwevende stof hechten, verhogingen gemeten van 300-3000 maal het normale gehalte.
Voor meer informatie over deze en andere calamiteiten: zie [Schäfer en Breukel, 1990], voor cadmium: [van Vuuren, 1989 en oktober 1991] en [Breukel en van Gogh, februari 1990] en voor radioactiviteit: [Breukel, december 1989].

Een aantal stoffen wordt zo geregeld in sterk verhoogde gehalten gemeten (zoals cadmium en zink) dat het hoogst waarschijnlijk is dat het hier om structurele bedrijfsmatige handelingen gaat en niet om incidentele ongevallen. Temeer daar veel (cadmium) calamiteiten voornamelijk in of rond het weekend plaatsvinden [van Vuuren, oktober 1991].
Naarmate een ecosysteem schoner en waardevoller is, is het ook extra gevoelig voor verontreiniging. Plotselinge sterke waterverontreinigingen kunnen in één keer een groot deel van het ecosysteem vernietigen. Met name voor de hooggestemde verwachtingen en doelstellingen voor de Grensmaas is dit van groot belang. Dit en ook de aan de Maas verbonden drinkwaterbelangen, maken het dringend noodzakelijk dat aantal en omvang van de calamiteiten sterk afneemt.

6.7 Gevolgen voor de waterkwaliteit

In afbeelding 14 is een schematisch waterkwaliteitsprofiel van de Maas vanaf de Frans/Belgische grens tot aan de Biesbosch weergegeven; gemiddelde gehalten in een najaarssituatie vòòr en nà reductie van lozingen van zuurstofbindende en eutrofiërende stoffen.
Hiermee geeft de afbeelding een totaalbeeld van de effecten van lozingen op de Maas (vanaf de Frans/Belgische grens tot aan de Biesbosch), zij het dat maar een beperkt aantal stoffen in beschouwing is genomen. De gemiddelde gehalten, waaraan een indicatieve waarde moet worden toegekend, hebben betrekking op een najaarssituatie bij een Maasafvoer van ongeveer 60 m^3/s bij Eijsden en zijn het resultaat van berekeningen met het waterkwaliteitsmodel MODQUAL [Waterloopkundig Laboratotium, 1989]. In de figuren zijn tevens de effecten zichtbaar gemaakt van zuivering van het huishoudelijk en industriëel afvalwater, voorzover het de zuurstofbindende en eutrofiërende stoffen betreft [van der Veen, 1991]. In het model is deze afvalwaterbehandeling gesimuleerd door de lozingen van de betrokken stoffen langs de Maas met 50 % te reduceren. Vanzelfsprekend is deze reductie alleen toegepast als nog geen zuivering van het afvalwater plaatsvindt. De gehalten in de bovenrand van het model (de Frans/Belgische grens) zijn op de initiële waarden gehandhaafd.



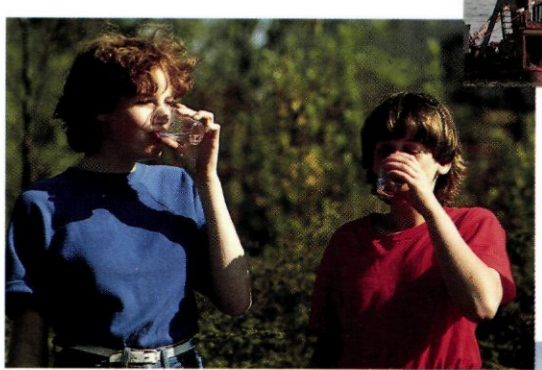
Afbeelding 14: Modelberekeningen van stofconcentraties langs de Maas.

Legenda: ——— = concentratie (mg/l)
- - - - = concentratie (mg/l) na 50% lozingsreductie.

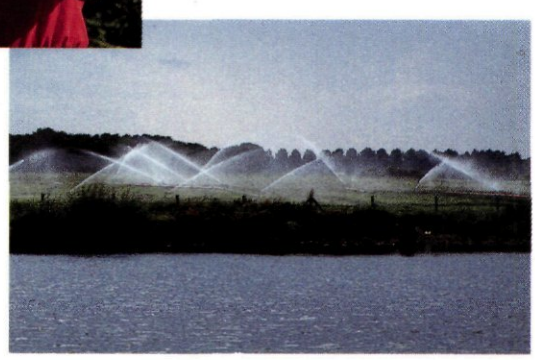
BF = Frans-Belgische grens S = Sambre L = Luik O = Ourthe
E = Eijsden R = Roer N = Niers D = Dieze

17

18



19



20

foto 17: Vissport (recreatie).
foto 18: Baggerwerkzaamheden (scheepvaart)
foto 19: Drinkwaterfunktie.
foto 20: Beregeningsinstallatie (landbouw).

7. Water- en slibkwaliteit

7.1 Algemeen.

Al enkele decennia wordt in de Maas, evenals in de overige rijkswateren, de waterkwaliteit regelmatig gemeten. Sinds een aantal jaren wordt ook de kwaliteit van het zwevende stof onderzocht. Relatief eenvoudig te bepalen parameters als zuurstof, maar ook veel stoffen -en dit worden er jaarlijks meer- waarvan analyse alleen met gespecialiseerde methoden mogelijk is, zijn in het meetprogramma opgenomen.
In dit hoofdstuk worden voor een groot aantal parameters en over een zo lang mogelijke reeks van jaren de resultaten van dit kwaliteitsonderzoek gepresenteerd, zodat een globaal inzicht verkregen kan worden in de aanwezigheid van eventuele trends. Ook worden de in 1988, 1989 en 1990 gemeten gehalten getoetst aan de verschillende normen die op de Maas van toepassing zijn.
Eerst wordt nog even kort stil gestaan bij de meetprogramma's die op de Maas worden uitgevoerd en bij de natuurlijke samenstelling (het achtergrondgehalte) van het Maaswater.

7.2 Meetprogramma's.

Routinematig meetnet.
Voor de Nederlandse rijkswateren is het waterkwaliteitsonderzoek ondergebracht in het zogenaamde routinematige of manuele waterkwaliteitsmeetnet, dat door het RIZA en de Dienst Getijdewateren (ieder voor hun respectievelijke taakgebied) wordt geëxploiteerd. Dit meetnet omvat in 1991 circa 250 locaties waarvan ongeveer 165 in de (zoete) binnenwateren zijn gelegen. Op deze locaties worden, in het algemeen met een frequentie variërend van 4 tot 26 maal per jaar, monsters genomen van het water, zwevende stof en de waterbodem. Ook biologische monitoring (van onder andere algen) vindt routinematig plaats. De monsters worden op het laboratorium van het RIZA geanalyseerd.
De accenten in het kwaliteitsonderzoek zijn in de loop der jaren verschoven. Was de aandacht aanvankelijk vooral op algemene parameters in de waterfase gericht, eind jaren '70 kwamen de zware metalen en organische microverontreinigingen sterk in beeld, alsmede de bioaccumulatie van bepaalde stoffen en de ophoping van microverontreinigingen in zwevende stof en waterbodems (PCB's, drins). Sinds 1988 wordt dan ook routinematig onderzoek verricht in de compartimenten zwevende stof en de waterbodem (sedimentatiegebieden). De in deze compartimenten gemeten gehalten worden, voor onderlinge vergelijkbaarheid en om toetsing aan normen mogelijk te maken, omgerekend naar standaard zwevende stof en/of standaard waterbodem volgens de CUWVO [CUWVO, 1990]. Verder is de aandacht momenteel sterk gericht op bestrijdingsmiddelen, zoals atrazine en bentazon.

Automatisch meetnet/bewaking.
Voor sommige doeleinden zijn de periodiek gemeten waterkwaliteitsgegevens niet voldoende. Voor met name de functie drinkwater is het van belang om direct en continu informatie beschikbaar te hebben over de kwaliteit van het Maaswater en

gewaarschuwd te worden bij drastische verslechteringen ervan. Om de waterkwaliteit continu te kunnen bewaken is al in de 70-er jaren begonnen met de bouw van een automatisch meetnet. Momenteel wordt op drie plaatsen langs het Nederlandse deel van de Maas, een beperkt aantal parameters, constant gemeten. Dit systeem is verder gemoderniseerd en staat sinds 1989 bekend onder de naam AQUALARM (7 automatische meetstations: 4 langs de Rijn en 3 langs de Maas). Voor de procedures, die bij calamiteiten gevolgd worden, zijn afspraken gemaakt tussen de betrokken instanties [Breukel, december 1990].
Naast meetapparatuur worden ook diverse organismen ingezet bij de bewaking van de waterkwaliteit. Zo staat in Eijsden een biologisch alarmsysteem, waarbij gebruik wordt gemaakt van het vluchtgedrag van vissen bij een verslechtering van de waterkwaliteit [Botterweg, 1989]. Systemen waarbij het gedrag van watervlooien wordt gebruikt voor de bewaking zijn nog in studie.

RIWA-meetnet
Behalve Rijkswaterstaat meten ook de Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven (RIWA) de kwaliteit van het Maaswater intensief. Dit internationale meetnet bestaat uit 6 locaties: Remilly (Frankrijk), Tailfer en Namêche (België) en Eijsden, Belfeld en Keizersveer (Nederland) [RIWA, 1986-1991]. Om dubbel werk te voorkomen worden de meetactiviteiten door RIZA en RIWA op elkaar afgestemd.

7.3 Natuurlijke samenstelling.

Parameter	Eenheid	Zuurdeeg	v./d. Veen
pH	Se	7.5	
natrium	mg/l	7.3	5.0
kalium	mg/l	3.7	2.0
calcium	mg/l	59	15
magnesium	mg/l	5.7	4.1
ijzer (tot.)	mg/l	0.12	
fluoride	mg/l	0.077	0.090
chloride	mg/l	15	8
sulfaat	mg/l	28	11
HCO_3^-	mg/l	172	
fosfaat	mg PO_4/l	0.22	0.16
„	mg P/l	0.07	0.05
koper	µg/l	4	0.5
zink	µg/l	24	11
cadmium	µg/l		0.013
lood	µg/l		0.5
mangaan	µg/l	54	

Tabel 7.1: Natuurlijke samenstelling van het Maaswater volgens Zuurdeeg en van der Veen.

Om de mate van verontreiniging te kunnen inschatten is een zekere indruk van de achtergrondgehalten nodig. Hiernaar is in 1979 door Zuurdeeg onderzoek gedaan en

in 1990 door van der Veen [Zuurdeeg, 1979 en van der Veen, mei 1990]. De resultaten hiervan zijn in tabel 7.1 weergegeven.

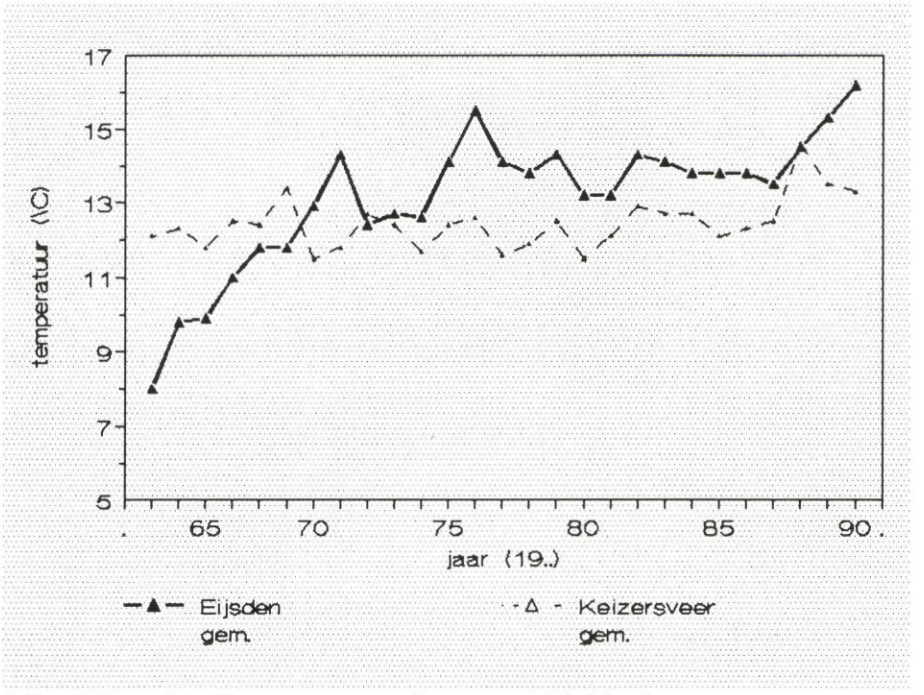
7.4 Algemene parameters.

Afvoer

Afvoer is een belangrijke grootheid bij de beoordeling van de waterkwaliteit. Immers bij gelijkblijvende lozingen zullen bij lage afvoeren de concentraties aan verontreinigingen hoger zijn dan bij hoge afvoeren en omgekeerd. Voor slibgebonden stoffen en stoffen, waarbij seizoensinvloeden spelen, is de situatie wat gecompliceerder. De invloed van de afvoer kan van groot belang zijn als de waterkwaliteit aan normen wordt getoetst. Zo voldoet in natte jaren het zuurstofgehalte over het algemeen wèl aan de (oude) basiskwaliteit, terwijl in droge jaren deze norm niet wordt gehaald [CUWVO, 1991].

Temperatuur

De temperatuur is een parameter die de snelheid van een groot aantal processen in het oppervlaktewater in meer of mindere mate bepaalt en is daardoor indirect van invloed op de gehalten van andere parameters. Algenbloei en (dé)nitrificatie zijn voorbeelden van deze processen, die bij hoge temperaturen in de zomer tot sterke wisselingen in het zuurstofgehalte kunnen leiden. Lage zuurstofgehalten kunnen vervolgens een negatieve uitwerking op de vispopulatie hebben. Vanzelfsprekend vormt de temperatuur ook een parameter die in directe zin de groeiprocessen van flora en fauna in het oppervlaktewater bepaalt. Koud water kan bijvoorbeeld meer zuurstof bevatten. Bovendien moet in de voortplantingsperiode de watertemperatuur laag zijn. Vooral voor de Grensmaas, waar immers de functie "water voor zalmachtigen" wordt toegekend, is de temperatuur van belang.



Afbeelding 15: Temperatuur (jaargemiddelden)

Wanneer de temperatuur van het Maaswater in ogenschouw wordt genomen (afbeelding 15), blijkt deze gedurende afgelopen decennia aanmerkelijk te zijn gestegen. Dit is een gevolg van de bovenstroomse koelwaterlozingen. Was in de 60-er jaren de temperatuur bij Keizersveer, door de natuurlijke opwarming op het tussenliggende

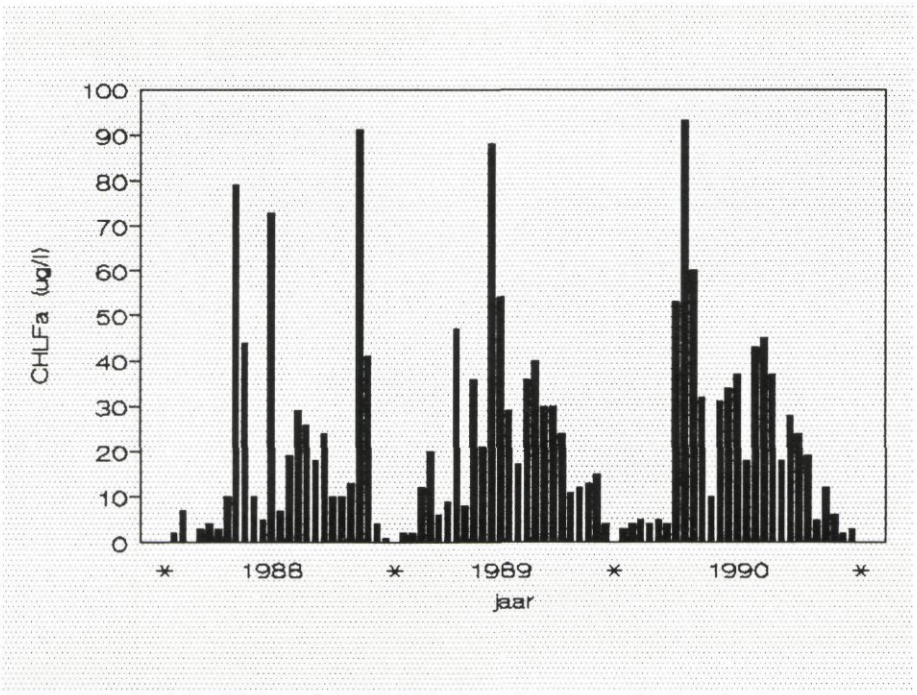
traag stromende traject, over het algemeen hoger dan bij Eijsden, in de jaren na 1969 is door de koelwaterlozingen in België vrijwel steeds het tegenovergestelde het geval. Begin 80-er jaren lag de temperatuur van het Maaswater bij Borgharen gemiddeld zo'n 2,5 °C boven de natuurlijke waarde [Schouten & Arts-Ummels, 1981]. Door het toenemend gebruik van Maaswater voor de koelwatervoorziening in België is dit de laatste jaren zeker niet minder geworden.
Opvallend in afbeelding 15 is verder de lage temperatuur in 1963, hetgeen wordt veroorzaakt door de tweede helft van de winter '62-'63; de winter van de gedenkwaardige, door Reinier Paping gewonnen, Elfstedentocht.
Een verhoging van de gemiddelde temperatuur met enkele graden lijkt misschien weinig belangwekkend, maar heeft wel degelijk grote invloed op de ecologische ontwikkelingsmogelijkheden van de rivier.

Zwevende stof.
Het gehalte aan zwevende stof varieert sterk in de Maas. Het is zeer sterk afhankelijk van de afvoer (4.3). Bij een lage afvoer zal het zwevende stof bezinken in de bedding. Bij de meetpunten wordt dan een relatief laag gehalte aan zwevende stof gemeten. Bij hoge afvoeren wordt de rivier weer "schoongespoeld". Enorme hoeveelheden modderachtig materiaal worden dan in één of enkele dagen afgevoerd. Tijdens een hoge afvoer, zeker na een lange periode van lage afvoer, is het water dan ook donkerbruin van het meegevoerde slib.
In de afbeeldingen 9 en 11 is te zien dat de afvoer en het gehalte aan zwevende stof tot op zekere hoogte parallel verlopen. Een opvallend effect bij hoge afvoeren en daarbij optredende slibgolven is dat het gehalte aan zwevende stof enige tijd eerder stijgt dan de afvoer. Het optreden van de slibgolf hangt samen met het moment van afvoertoename en is daardoor sterk in het begin van de afvoergolf geconcentreerd.

Aangezien (micro-) verontreinigingen veelal aan het zwevende stof hechten, is het logisch dat tijdens dergelijke afvoergolven, waarvan de duur veelal niet meer dan 1 à 2 weken bedraagt, ook grote hoeveelheden verontreinigingen meegevoerd worden. In hoeverre de bij een hoogwater getransporteerde verontreinigingen in de berekende jaarvracht, waarbij van gegevens van het manuele meetnet (7.2) wordt gebruik gemaakt, tot uitdrukking komen, hangt af van het bemonsteringstijdstip. Het al dan niet (toevallig) meebemonsteren van een afvoer- en slibgolf kan veel uitmaken voor de uiteindelijk berekende jaarvracht. Op deze problematiek wordt in hoofdstuk 8 nader ingegaan.

7.5 Doorzicht en chlorofyl, TOC en DOC.

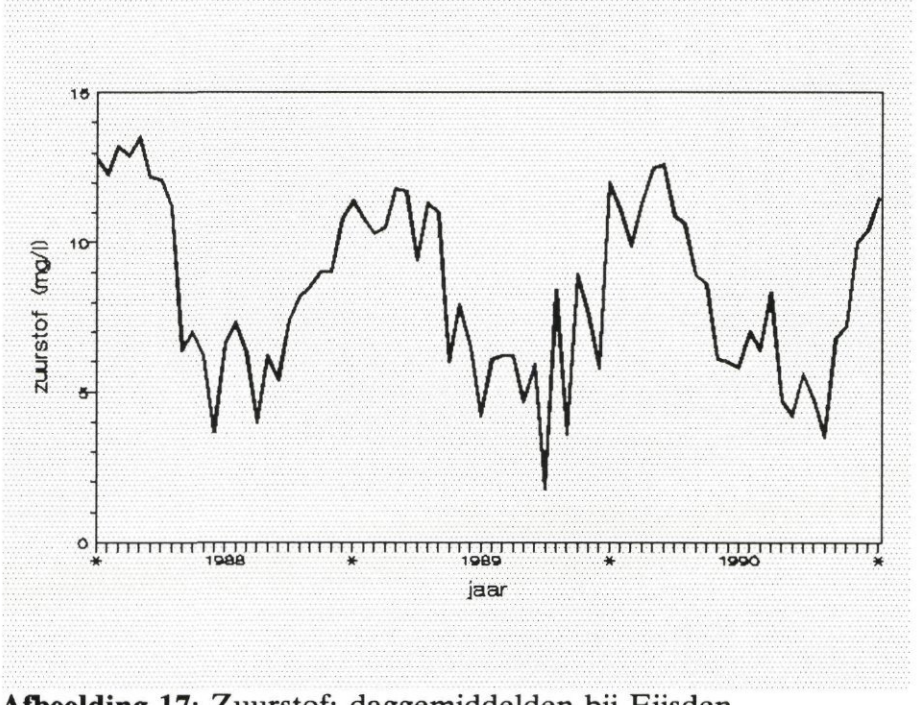
Doorzicht en chlorofyl.
De parameter doorzicht is vooral van belang ter beoordeling van de eutrofiëringstoestand en de toetsing van de zwemwaterfunctie en als zodanig voor stromende wateren niet altijd zinvol. De gestuwde Maas is echter een groot deel van het jaar te beschouwen als semi-stagnant. Zeker bij lage afvoer, in de zomer, kan er zich een situatie ontwikkelen die alle kenmerken van een stagnant (geëutrofiëerd) water heeft. Hierbij kan het doorzicht, dat normaal zo'n 5-7 dm bedraagt, dalen tot slechts 1-2 dm bij hogere chlorofylgehalten. In afbeelding 16 is het chlorofylgehalte uitgezet (paragraaf 5.1).



Afbeelding 16: Chlorofyl bij Eijsden (indiv. gehalten).

TOC/DOC.
De gehalten aan organische koolstof, totaal (TOC) of opgelost (DOC), geven een maat voor de belasting met organische stoffen. Bovendien hechten veel organische microverontreinigingen zich aan het organische materiaal, zodat het gehalte hiervan van belang is bij de beoordeling van de meetgegevens, zowel in water als in het compartiment zwevende stof.
De gehalten zijn al jaren min of meer constant en liggen op ongeveer het zelfde niveau als de gehalten in de Rijn.

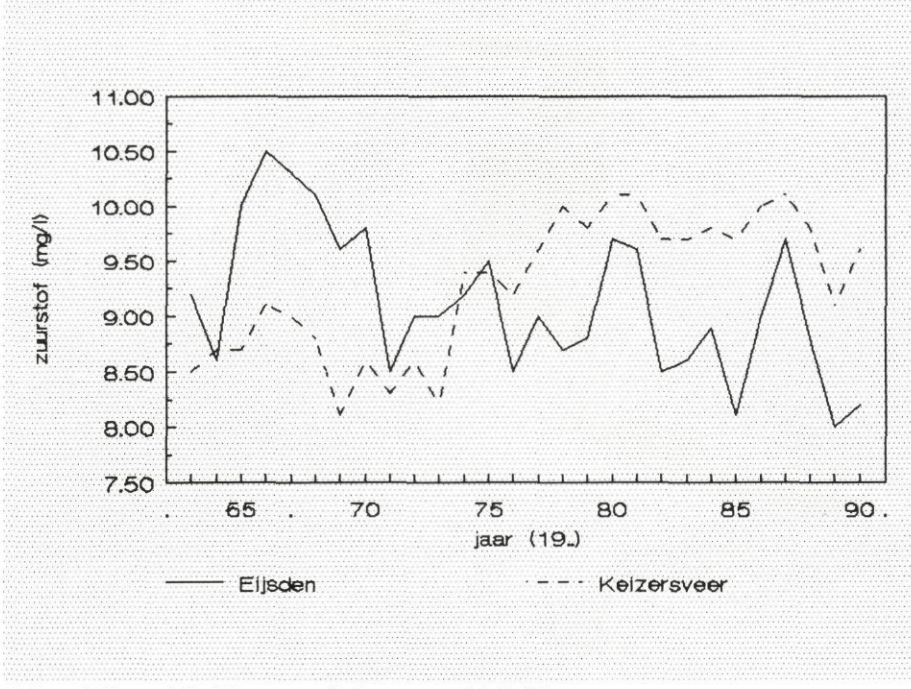
7.6 Zuurstofhuishouding.



Afbeelding 17: Zuurstof; daggemiddelden bij Eijsden.

Het Maasstroomgebied is in vergelijking met dat van de Rijn arm aan afvalwaterzuiveringsinstallaties. In Nederland en Duitsland is weliswaar vrijwel 100 % van de huishoudens aangesloten op een zuiveringsinstallatie, in België is dit duidelijk anders. Naar schatting is hier slechts 5-10 % van alle huishoudens aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie. De Maas fungeert als het ware als een overbelaste rioolwaterzuiveringsinstallatie. Dit is dan ook duidelijk terug te zien in het zuurstofgehalte (afbeeldingen 17 en 18).

In afbeelding 17 is goed te zien dat het gehalte in iedere zomerperiode sterk terugloopt tot gehalten beneden de 5 mg/l en zelfs aanzienlijk lager.
De in de grafiek weergegeven, van steekmonsters afkomstige meetgegevens, zijn daarbij nog een positieve vertekening van de situatie. Met de zuurstofmonitor op Eijsden, die continu meet, worden zomers geregeld gehalten van 1-2 mg/l gevonden. In winter en voorjaar loopt het gehalte weer op. De zuurstoffluctuaties staan uiteraard sterk in verband met de zware bovenstroomse belasting met zuurstofbindende stoffen en nutriënten en de daarmee samenhangende eutrofiëringsproblematiek van de Maas.

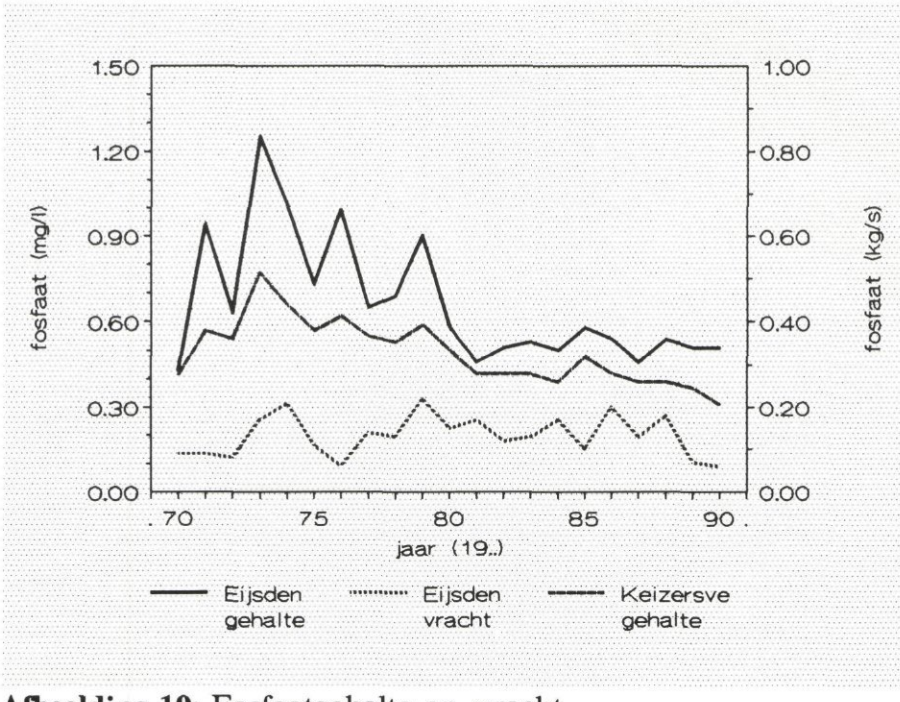


Afbeelding 18: Zuurstof; jaargemiddelden.

In afbeelding 18 zijn de jaargemiddelde gehalten vanaf 1963 weergegeven voor Eijsden en Keizersveer. Duidelijk valt op dat de gehalten in de jaren '60 bij Eijsden nog hoger waren dan bij Keizersveer. De opkomst van industrie en toenemende verstedelijking langs de (Belgische) Maas, met de daaruit voortvloeiende toename van de verontreiniging, heeft het zuurstofgehalte bij Eijsden echter gestaag doen afnemen; een trend die ook nu nog niet lijkt te zijn gestopt.
De verontreiniging op het Nederlandse deel van het stroomgebied is door de massale bouw van zuiveringsinstallaties duidelijk afgenomen. Het zuurstofgehalte bij Keizersveer is vooral tussen de jaren '70 en '80 gestegen. Doordat inmiddels op het Nederlandse stroomgebied vrijwel 100% van de huishoudens op zuiveringsinstallaties is aangesloten, wordt de laatste jaren geen verdere verbetering meer gesignaleerd en is dit ook niet meer te verwachten. Sinds ± 1975 is door deze tegengestelde ontwikkelingen het zuurstofgehalte bij Keizersveer hoger geworden dan dat van Eijsden.
De lage zuurstofgehalten bij Eijsden worden voor een aanzienlijk deel veroorzaakt door lozingen bovenstrooms, waaronder de lozing van ongezuiverd huishoudelijk afvalwater in Luik, kort voor de Nederlandse grens.
De B.Z.V. is een maat voor het biologische zuurstofverbruik en daarmee voor de belasting met afbreekbare organische stoffen. Hierin is eenzelfde trend te ontdekken als bij het zuurstofgehalte. Aanvankelijk is het gehalte bij Keizersveer hoger dan dat bij Eijsden. Door toenemende sanering van de Nederlandse lozingen neemt het gehalte af en vanaf halverwege de jaren '70 wordt het gehalte bij Keizersveer lager dan dat van Eijsden.

7.7 Nutriënten.

Het Maaswater is zwaar belast met eutrofiërende stoffen (fosfaat, nitraat, ammonium). In Nederland is de intensieve veeteelt een van de bronnen (de helft van het Nederlandse mestoverschot ontstaat in het Maasstroomgebied). Het gevolg van deze belasting is, dat normwaarden veelvuldig worden overschreden. Deze verontreiniging van de rivier leidt er vooral zomers toe dat de algen overmatig groeien , vooral in semi-stagnante wateren, stilstaande stuwpanden, rivierarmen en plassen (5.1). Deze algengroei begint reeds op de Franse Boven-Maas en neemt richting Noordzee alleen maar toe. In de benedenstroomse wateren zoals Biesbosch en Amer komt algenbloei volop voor. Ook in het Hollandsch Diep, Haringvliet en de Noordzee, met name in de Duitse Bocht komen reeds problemen voor. Hier is uiteraard ook de eveneens sterk eutrofe Rijn van invloed. Met betrekking tot deze rivier is echter sterke vooruitgang, geboekt terwijl dit voor de Maas niet het geval is.



Afbeelding 19: Fosfaatgehalte en -vracht.

Fosfaat

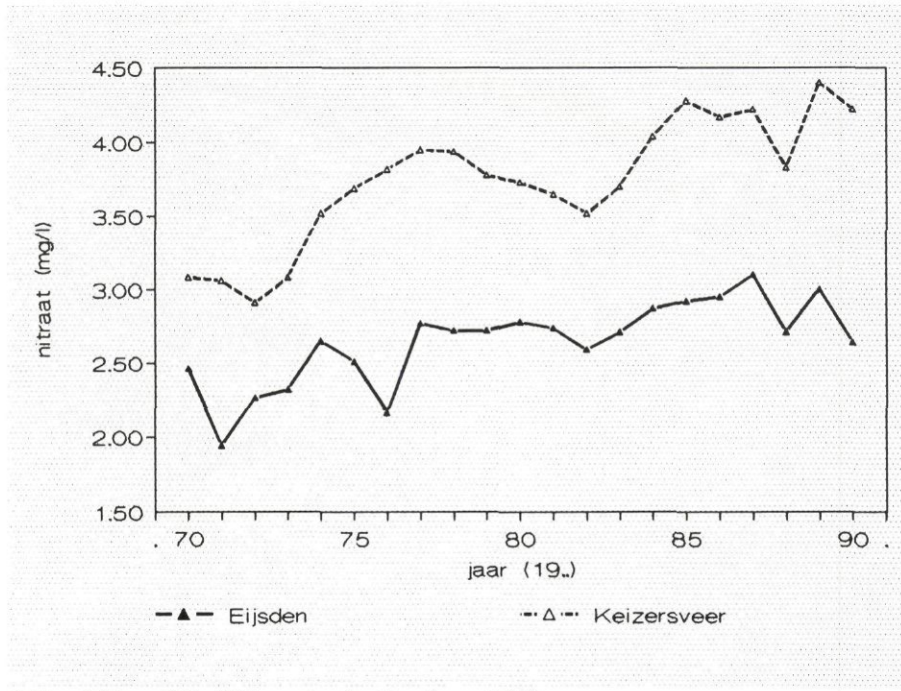
In afbeelding 19 wordt het gehalte en de vracht aan totaal-fosfaat te Eijsden gepresenteerd. In de Rijn zijn zowel het gehalte als de vracht sterk gedaald, juist ook nog de laatste jaren [Breukel, juli 1991]. In de Maas is van een dergelijke daling helaas geen sprake. Het jaargemiddelde fosfaatgehalte te Eijsden is de laatste jaren ongeveer 0,5 mg P/l. Fosfaat in oppervlaktewater is deels van natuurlijke oorsprong. Het natuurlijke gehalte aan opgelost fosfaat in Maaswater wordt geschat op circa 0.2 mg P/l (zie ook 7.3).
De vracht aan fosfaat die via de Maas ons land binnen komt is 3.000-7.000 ton per jaar. De vracht van de Rijn, met ruwweg een 10 maal zo grote afvoer, ligt op een niveau van 20.000-30.000 ton per jaar en is dalende. De gehalten in de Maas zijn dan ook duidelijk hoger dan die van de Rijn.

Fosfaat in Maaswater komt voor het grootste deel van industrieën, huishoudens en landbouw. Met name de lozingen van de kunstmestindustrie en de ongezuiverde huishoudelijke lozingen in België zijn een belangrijke bron. Via deze, maar ook via de gezuiverde lozingen in Frankrijk en Nederland komt fosfaat in de Maas (hoofdstuk 6).

In Duitsland bestaat al een kaderwet waarin de verwijdering van fosfaten met een zogenaamde derde zuiveringstrap wordt voorgeschreven. Deze wet moet nog door de individuele deelstaten worden geïmplementeerd.
Om het fosfaatgehalte te laten voldoen aan wettelijke normen en de afspraken van het Noordzee Aktie Programma (NAP) zijn vergaande maatregelen nodig. Sanering van industriële lozingen, zuivering van het (vooral buitenlandse) huishoudelijke afvalwater, fosfaatvervanging in wasmiddelen, defosfatering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties en reductie van fosfaatgebruik en -afspoeling in de landbouw zijn hiertoe voor de hand liggende maatregelen.

Ammonium en nitraat

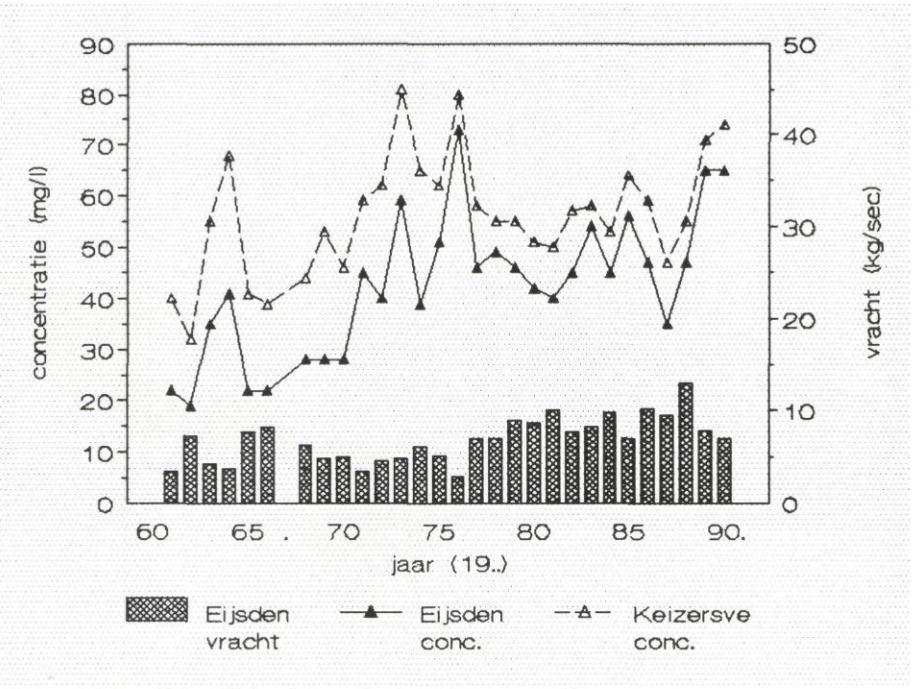
In zuiveringsinstallaties voor huishoudelijk afvalwater (r.w.z.i.'s) wordt ammonium omgezet in nitraat (nitrificatie). Bij toenemende waterzuivering daalt het ammoniumgehalte en stijgt het nitraatgehalte in het effluentontvangende watersysteem. Bij de Rijn is dit effect heel duidelijk te zien. Bij de Maas is dit aanzienlijk minder.



Afbeelding 20: Nitraatgehalte (mg N/l).

Het ammoniumgehalte in Maaswater bedraagt bij Eijsden gemiddeld 0,4-0,6 mg/l en vertoont de laatste jaren geen verbetering. De maxima liggen jaarlijks in de ordegrootte van 1,5-2 mg N/l.

Een groeiend probleem vormt het stikstof in de vorm van nitraat (afbeelding 20). Het gehalte stijgt namelijk niet alleen door de toenemende zuivering, maar ook door (diffuse) lozingen vanuit de landbouw. In Nederland is met name de intensieve landbouw in Brabant een belangrijke bron.
Het nitraatgehalte is voor de drinkwaterbereiding van groot belang. Aangezien aan de hele Nederlandse Maas de functie water voor de bereiding van drinkwater wordt toegekend, is dit een serieus probleem.
Thans bedraagt het nitraatgehalte te Eijsden gemiddeld 2,5-3 mg N/l, bij Keizersveer is dit ongeveer 4-4,5 mg N/l. De maxima liggen tussen 4 en 7 mg/l. De drinkwaternorm voor nitraat is 50 mg NO_3/l [EG, juni 1975] hetgeen overeenkomt met ongeveer 11 mg N/l.



Afbeelding 21: Chloridegehalten en -vrachten.

7.8 Zouten.

Chloride en sulfaat

De voornaamste chloridebelasting van de Maas is afkomstig van industrie langs de Sambre. Verder is in Nederland de Roer een zoutbron (6.2). In afbeelding 21 zijn de chloridegehalten en -vrachten bij Eijsden gepresenteerd. De vrachten zijn in de afgelopen decennia alleen maar gestegen. Door de toegenomen lozingen worden in de tachtiger jaren bij Eijsden hogere jaargemiddelde gehalten gemeten. Voor chloride: 50-60 mg/l, voor sulfaat: 40-50 mg/l. De gehalten bij Keizersveer liggen daar nog een fractie boven. De gemeten maxima voor chloride liggen jaarlijks boven de 100 mg/l en hoewel ze daarmee nog altijd lager zijn dan de Rijn, wordt de voor de Maas gestelde grens (100 mg/l in verband met drinkwaterbelangen) wel overschreden.

Cyanide en fluoride

Vooral in het verleden heeft zich zeer geregeld massale vissterfte voorgedaan door cyanidelozingen in België. Sinds zo'n vijf jaar zijn de lozingen sterk verminderd (hoofdstuk 6). Het gehalte varieert bij Eijsden tussen 0 en 10 μg/l.
Ook het fluoridegehalte heeft al een lange historie als probleemstof voor de Maas. De norm voor oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater (1 mg/l) wordt bij Eijsden in droge perioden geregeld overschreden. Het fluoride is vooral afkomstig uit de kunstmestindustrie in België.

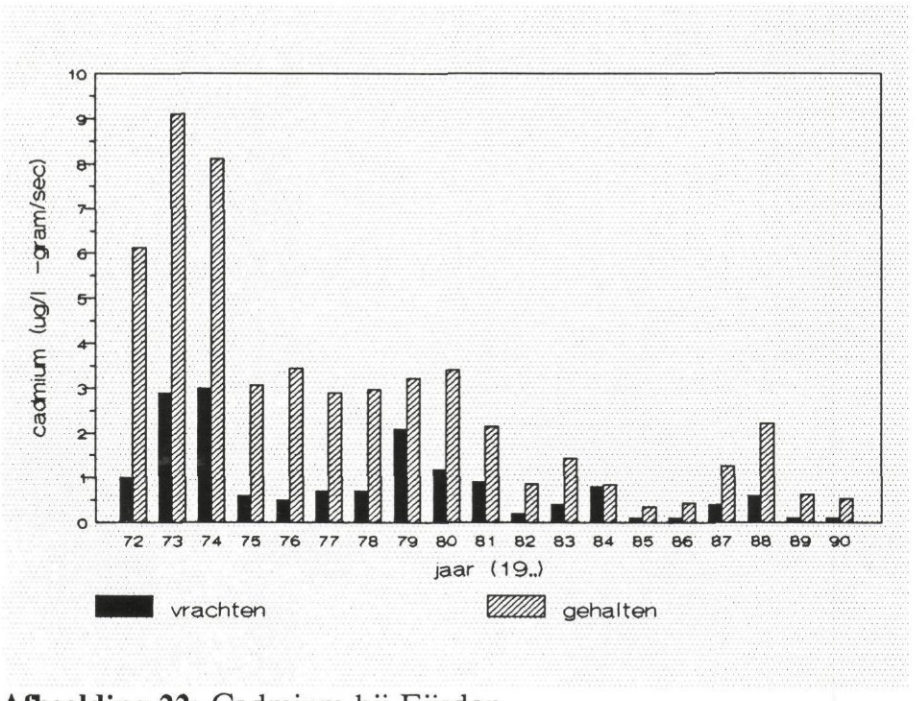
7.9 Zware metalen.

Zware metalen in rivierwater binden zich voor een belangrijk deel aan zwevende deeltjes. Dit gebonden deel kan wel oplopen tot zo'n 40 tot 90 % van het totaal.
Waar slib sedimenteerd, wordt de waterbodem sterk vervuild met zware metalen. Organismen in water en/of waterbodem kunnen deze verontreinigingen opnemen. Een aantal zware metalen wordt hier kort besproken.

Cadmium en kwik

Cadmium en kwik zijn voor het milieu gevaarlijke stoffen. Deze stoffen staan op de zwarte lijst van zowel de IRC als de EG. Het kwikgehalte van de Maas is altijd relatief

laag geweest. Na een aanvankelijk gehalte van 0,5-0,8 in de beginjaren 70, bevindt het gehalte zich de laatste jaren op een niveau van ongeveer 0,1 μg/l. Cadmium is een heel ander verhaal (afbeelding 22). Met dit metaal is de Maas nog steeds zeer sterk verontreinigd. Niet alleen de waterfase maar ook het zwevende stof is sterk belast met het cadmium. Hoewel de gehalten in water duidelijk zijn afgenomen sinds de eind '70-er jaren, worden bij Eijsden nog altijd de hoogste gehalten van Nederland gemeten. Ook met betrekking tot het zwevende stof springt Eijsden eruit als de locatie die het sterkst is verontreinigd.



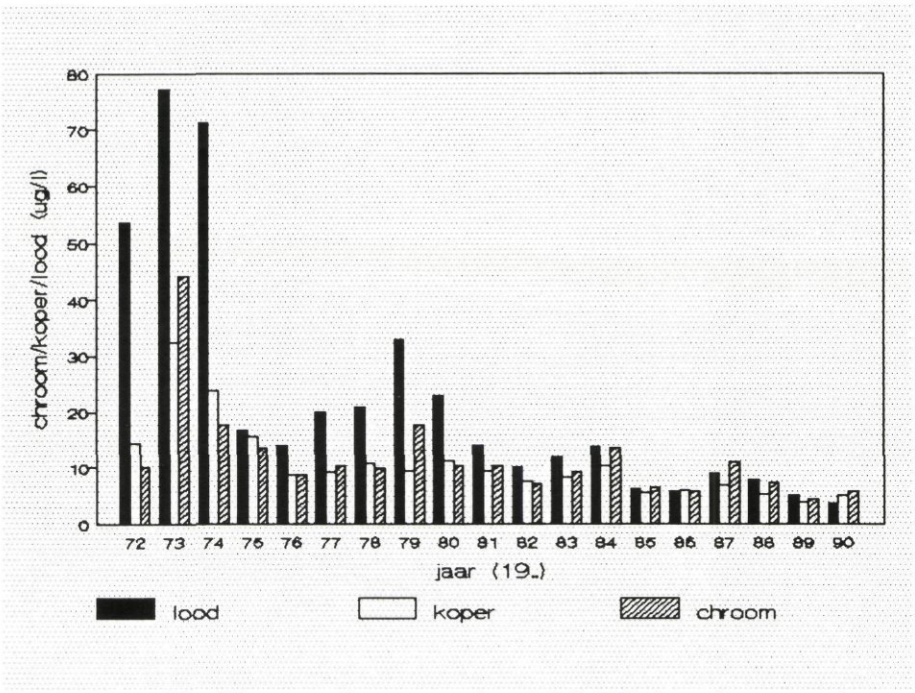
Afbeelding 22: Cadmium bij Eijsden.

(jaargemiddelden)		totaal water (μg/l)			(st.) zwevende stof (mg/kg)		
		1988	1989	1990	1988	1989	1990
Maas	(Eijsden)	2.23	0.63	0.53	139	20.0	32.5
Rijn	(Lobith)	0.11	0.12	0.11	3.8	4.4	4.0
Schelde	(S.v.O. Doel)	0.76	0.65	0.47	16.0	13.0	11.0
IJsselmeer	(IJ23)	0.06	0.06	0.10	1.9	1.3	2.4

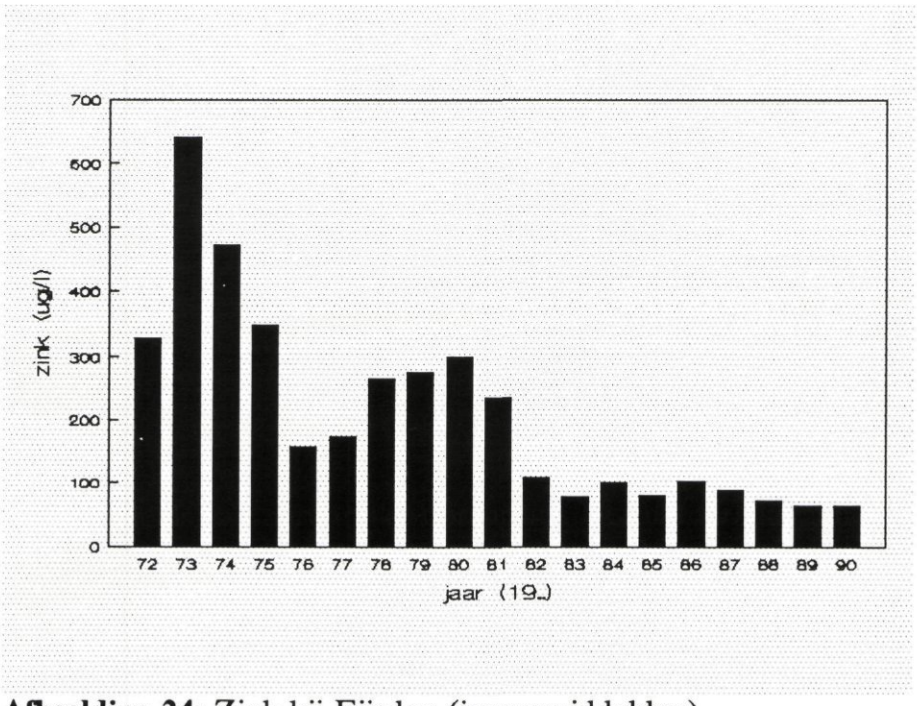
Tabel 7.1: Cadmiumgehalten op enige locaties in Nederland.

In tabel 7.1 wordt een overzicht gegeven van de gehalten in water en standaard zwevende stof op een aantal hoofdpunten in Nederland [Kalkhoven, 1990 en Venema, 1991]. Duidelijk is dat de gehalten bij Eijsden zowel in het water als in het zwevende stof de hoogsten van het land zijn waarbij vooral 1988 een "topjaar" was. In dit jaar werden diverse ernstige calamiteiten ontdekt die ook op de kwaliteit van het zwevende stof hun weerslag hadden.
De verontreinigingssituatie van de Maas met cadmium is beschreven in een publicatie van Breukel & van Gogh [Breukel, februari 1990]. Op de problematiek van de plotselinge cadmiumverontreinigingen (calamiteiten) is in hoofdstuk 6.6 nader ingegaan.

Arseen en nikkel.
Een probleem met het arseen is dat de stof zich in sterke mate aan (ijzerhoudend) zwevend stof hecht. Hierdoor is het bij de drinkwaterbereiding verwijderde slib, ondanks de op zich vrij lage gehalten in het water, toch ernstig met arseen verontreinigd. Het arseengehalte is, na in de jaren '70 op een niveau van zo'n 15 μg/l te hebben gezeten, gedaald tot ongeveer 4 μg/l. Het nikkelgehalte is al jaren ongeveer 5 μg/l en daarmee beneden de normen, ook die van de algemene milieukwaliteit.



Afbeelding 23: Chroom, koper en lood bij Eijsden (jaargem.).



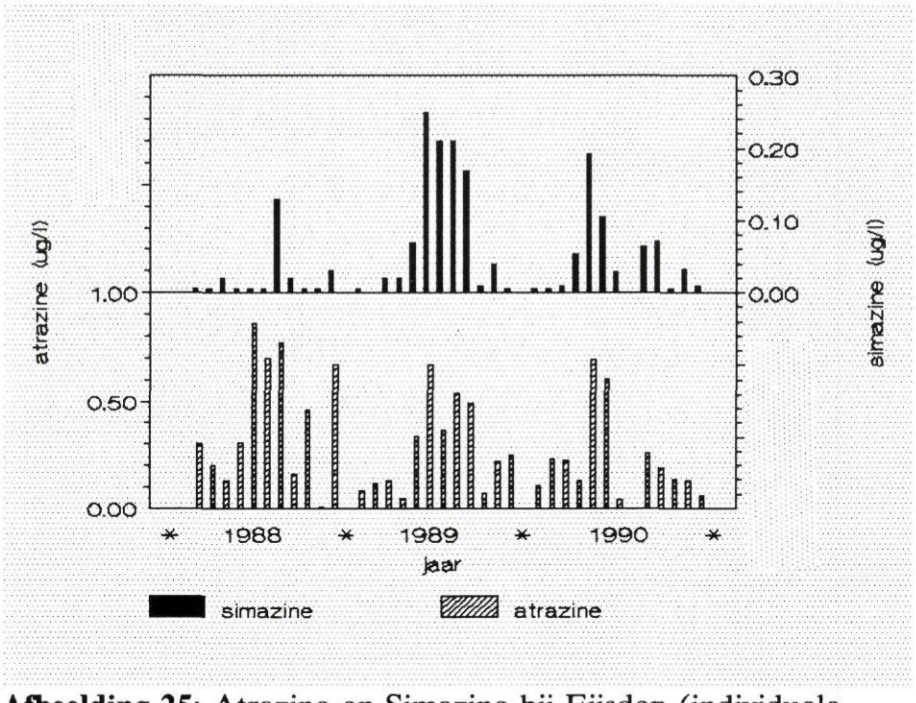
Afbeelding 24: Zink bij Eijsden (jaargemiddelden).

Lood, koper en chroom.
Uit afbeelding 23 blijkt dat er, wat betreft deze metalen, wel vooruitgang is geboekt, zij het vrijwel niet in de laatste tien jaar. Om een goede kwaliteit van de waterbodem te realiseren is een verdere reductie van de lozingen nodig. Daar waar sedimentatie van zwevende stof plaats vindt, blijkt de waterbodem sterk verontreinigd. Met de huidige kwaliteit van het zwevende stof is deze gewenste waterbodemkwaliteit niet te realiseren.
De jaargemiddelde gehalten bedragen voor de drie metalen ongeveer 5 à 10 μg/l.

Zink.
Het zinkgehalte ligt altijd in een wat hogere range: ook in de Maas is dit het geval (afbeelding 24). Bij Eijsden ligt het zinkgehalte gemiddeld ongeveer op 80 μg/l, hetgeen duidelijk hoger is dan de gehalten in de Rijn. Bovendien komen met betrekking tot dit metaal geregeld sterke verhogingen voor (calamiteiten), dikwijls als begeleiding van cadmiumcalamiteiten.

7.10 Vluchtige microverontreinigingen.

Vluchtige stoffen, met name chloorverbindingen, worden in zeer grote hoeveelheden geproduceerd en gebruikt. Ze kunnen dan ook in vrijwel alle oppervlaktewateren worden aangetoond. De Maas is hierop geen uitzondering. De stoffen worden ondermeer als ontvettingsmiddel gebruikt in de metaalindustrie. En die bevindt zich in grote getale langs de Maas in België.
De gemeten gehalten geven echter relatief weinig betrouwbare informatie, omdat de stoffen zeer snel uit het water verdampen. Hierdoor geven de metingen slechts een indicatie van de verontreinigingssituatie. Sommige vluchtige chloorverbindingen zoals trichloormethaan (chloroform), tetrachloormethaan en trichlooretheen zijn (verdacht) carcinogeen.

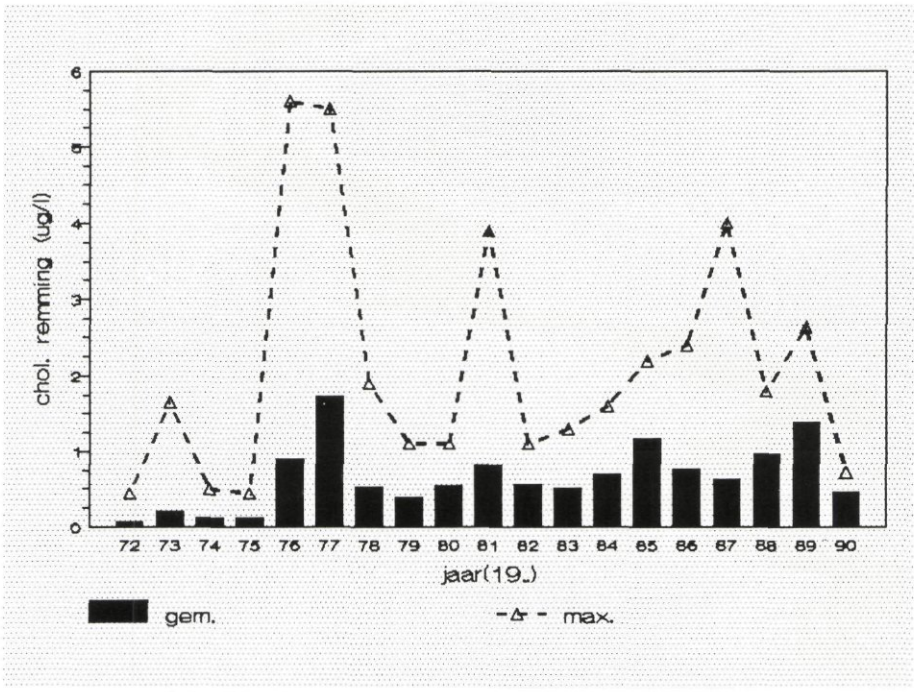


Afbeelding 25: Atrazine en Simazine bij Eijsden (individuele meetgegevens).

7.11 Polaire microverontreinigingen.

Organo-P bestrijdingsmiddelen
Een deel van de organische fosfor bestrijdingsmiddelen zijn polair en als zodanig van groot belang voor de drinkwaterbedrijven. Ze worden immers slecht door zuivering verwijderd. Op de Maas zijn het vooral de stoffen atrazine, parathion, dimetheoaat en ortho-meteoaat en soms dichloorvos die worden aangetroffen. In afbeelding 25 zijn de atrazine- en simazinegehalten bij Eijsden weergegeven in de periode 1988 tot en met 1990. Duidelijk te herkennen is de sterke toename in het groeiseizoen.

Veel organo-P bestrijdingsmiddelen remmen de werking van het enzym cholinesterase. De verzamelparameter "cholinesteraseremming" geeft een indicatie voor dit effect en daarmee voor het totaal aan deze soort stoffen. De bestrijdingsmiddelen dragen echter in verschillende mate bij aan genoemde effectparameter, zodat deze inderdaad niet meer dan een indicatie geeft. In afbeelding 26 zijn de meetgegevens van de parameter cholinesteraseremming weergegeven. Hieruit blijkt dat er zich hierin vrijwel geen ontwikkeling voordoet.



Afbeelding 26: Cholinesteraseremming bij Eijsden (jaargemiddelden en -maxima).

7.12 Overige organische microverontreinigingen.

Bij de vele productieprocessen in het Maasstroomgebied kunnen allerlei organische verbindingen in het water geraken. Niet-polaire en niet-vluchtige organische microverontreinigingen hebben (net als zware metalen) de eigenschap zich sterk aan zwevend materiaal te binden. Ze vormen een bedreiging voor organismen. Deze bedreiging hangt samen met eigenschappen als ophoping (accumulatie), slechte afbreekbaarheid, langdurig verblijf in het milieu en de vaak giftige werking bij bepaalde concentratieniveau's.

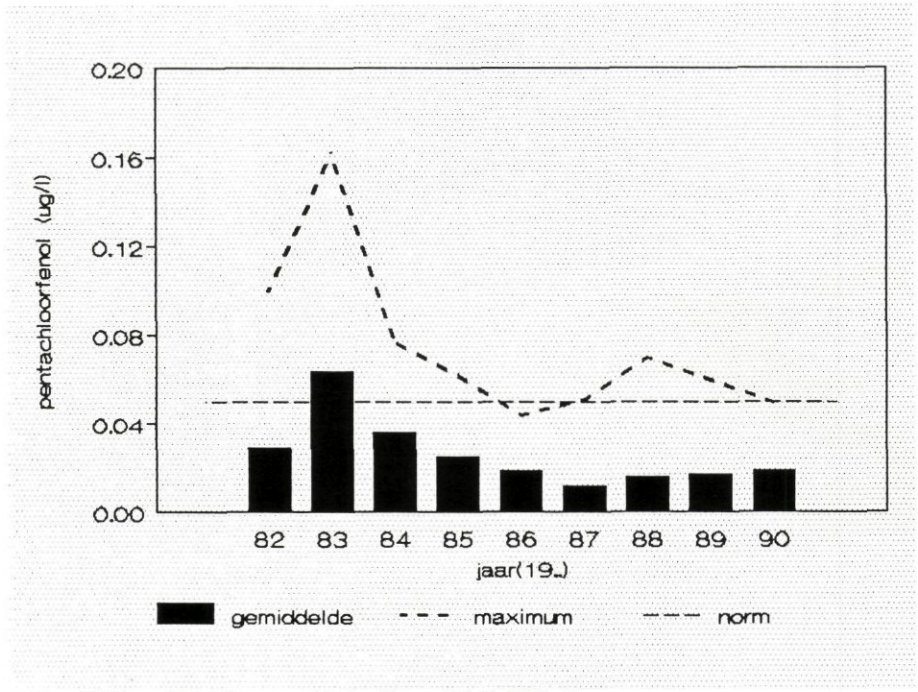
Organochloorbestrijdingsmiddelen

De van oudsher veel gebruikte organo-chloorbestrijdingsmiddelen zoals de DDT's, de drin's, HCH en endosulfan worden tegenwoordig aanzienlijk minder gebruikt. Veel van deze middelen zijn inmiddels ook verboden. In water worden ze ook niet meer gemeten. Toch worden ze bij metingen in sediment en zwevende stof nog gevonden.

Fenolen

De fenolen zijn vooral bekend geworden omdat ze bij hoge gehalten stank en smaakbezwaren in vis veroorzaken. Bij de huidige gehalten komt dit zelden meer voor. Een van de chloorfenolen (penta-) is toch een groot probleem. Voor het impregneren van hout, (beschoeiingen en bijvoorbeeld de houten kuipjes die in de champignonteelt worden gebruikt) worden dikwijls middelen gebruikt waarin pentachloorfenol voorkomt. Deze stof is al bij gehalten beneden 2 μg/l schadelijk voor vissen.

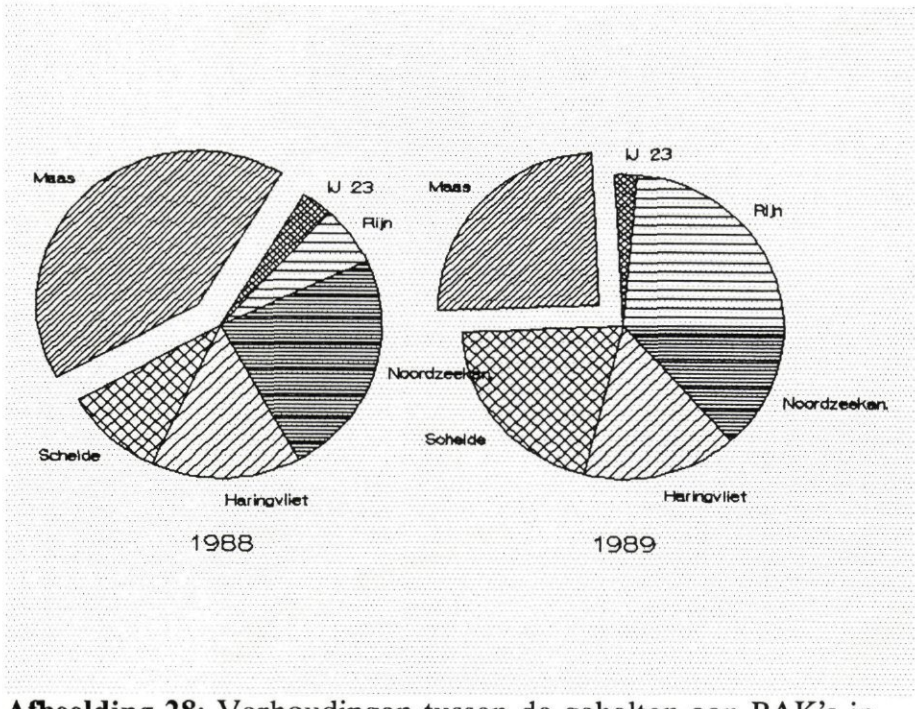
De stof is dan ook opgenomen in de algemene milieukwaliteit (0,05 μg/l). In afbeelding 27 worden de jaargemiddelden bij Eijsden weergegeven.



Afbeelding 27: Pentachloorfenol bij Eijsden.

PAK's

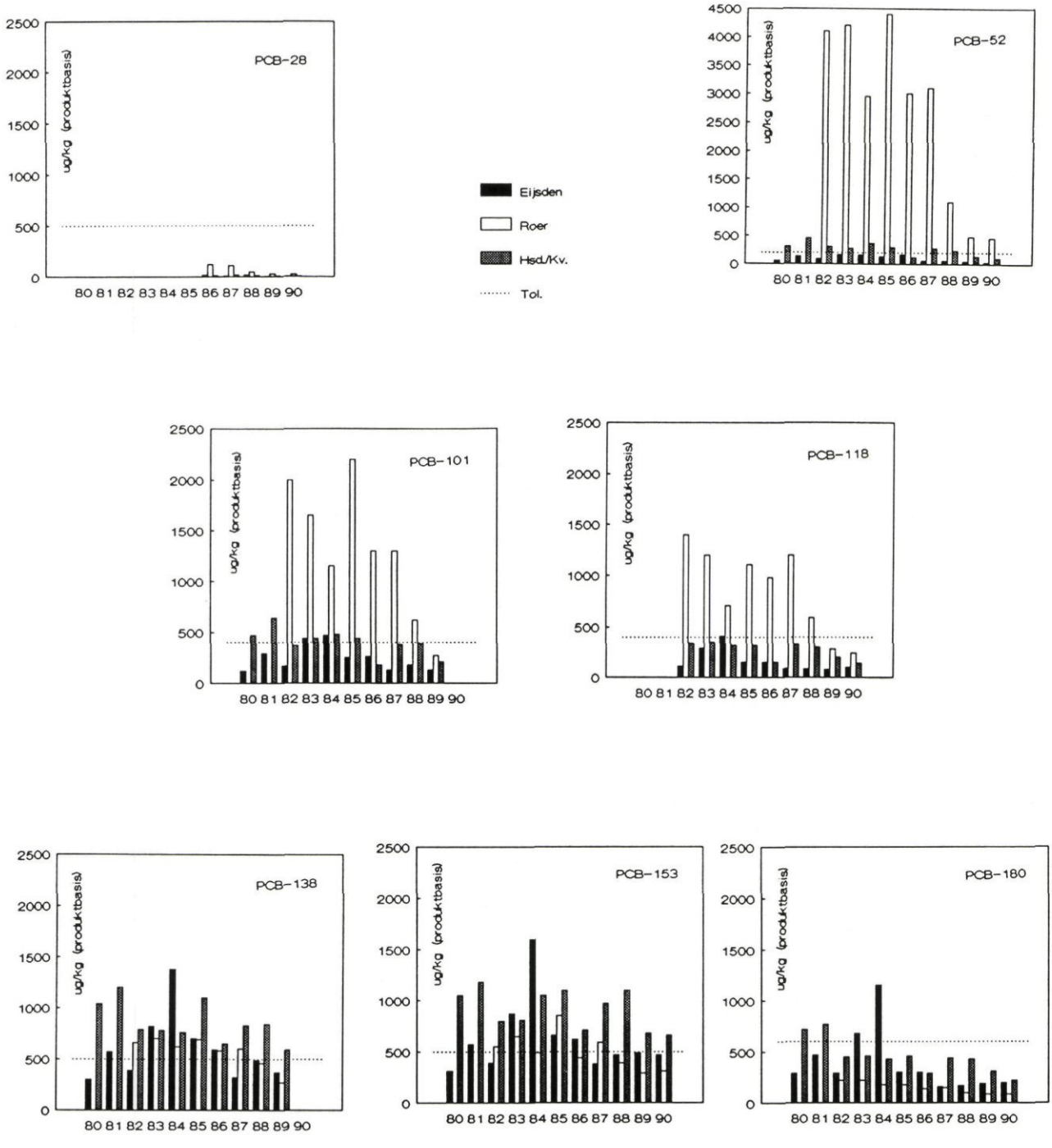
PAK's hechten zich sterk aan zwevende stof en zijn daardoor ook in sediment van de Maas terug te vinden. Het Maassediment is in vrijwel overal matig tot sterk met PAK's verontreinigd.



Afbeelding 28: Verhoudingen tussen de gehalten aan PAK's in (standaard) bodem op diverse locaties.

De PAK's zijn afkomstig van verbrandingsprocessen. Het verkeer, maar ook de basismetaalindustrie (cokesovens) is een belangrijke bron van deze koolwaterstoffen. Zoals al eerder gememoreerd (6.2) is deze industrie ruim vertegenwoordigd langs de Maas. Hierdoor zijn de gehalten bij Eijsden ook hoger dan die in veel andere oppervlaktewateren. In afbeelding 28 zijn de verhoudingen tussen de jaargemiddelde gehalten aan PAK's (zes van Borneff) in het zwevende stof, omgerekend naar standaard bodem, van een aantal verschillende loca

ties uitgezet. Duidelijk is dat Eijsden één van de sterkst verontreinigde locaties is. Vooral in 1988 "scoort" Eijsden slecht.



Afbeelding 29: PCB's in paling (1980-1990; gegevens RIVO).

PCB's

Aangezien de PCB's zich zeer sterk aan zwevende stof binden wordt deze stof nagenoeg niet in de waterfase aangetroffen. De gehalten in zwevende stof, maar ook in

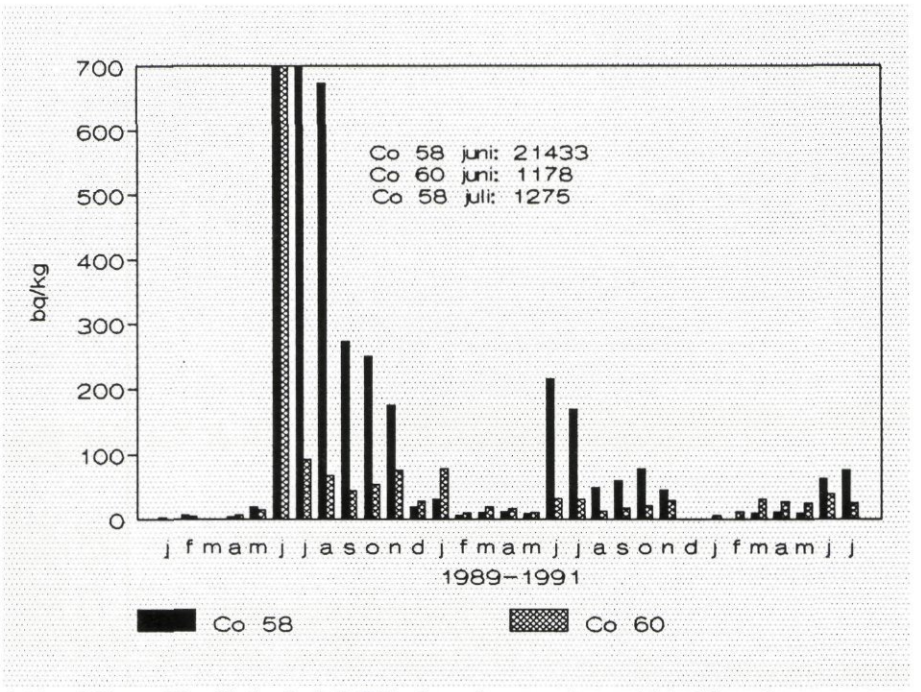
organismen geven dan ook een betere indicatie van de verontreinigingssituatie met PCB's. Het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO) voert onderzoek uit in organismen. In afbeelding 28 zijn de gehalten van de verschillende PCB's in paling weergegeven.
Opgenomen zijn de gehalten in de Maas bij Eijsden, vervolgens van de Roer en tenslotte van paling uit de Maas-benedenloop bij Heusden of Keizersveer (1990). Tevens is de tolerantiegrens voor humane consumptie aangegeven. Dit is overigens een zuiver humane tolerantiegrens, die nog geen rekening houdt met de gevolgen voor uitsluitend of voornamelijk visetende dieren, zoals de otter.
Opvallend is de enorme invloed van de Roer, vooral voor isomeer 52 (let op: andere schaalindeling). Met name de "lage" isomeren (28, 52, 101 en 118) zijn uit de Roer afkomstig. In de figuren is goed te zien dat vanaf 1986 het gehalte van deze lage isomeren in de paling daalt. Dit is het directe gevolg van het verbod op het gebruik van PCB's, waardoor vooral vanuit de Duitse mijnen de toevoer van PCB's drastisch is afgenomen. Dit is in de gehalten in paling goed te merken.
Verder valt op dat de gehalten in Heusden structureel hoger zijn dan die in Eijsden. Ook dit wordt veroorzaakt door de toevoer van de Roer (lage isomeren).
Ook in het zwevende stof en, waar dit sedimenteerd dus ook in de waterbodem, worden hoge gehalten aan PCB's aangetroffen [Venema, 1991].

Detergenten
De slecht afbreekbare synthetische detergenten worden tegenwoordig aanzienlijk minder gebruikt dan zo'n 20 jaar geleden. Het gehalte is dan ook gedaald van gemiddeld 0.30 mg/l in de '60-er jaren tot ongeveer 0,05 mg/l tegenwoordig.

AOX.
De verontreiniging met AOX (een groep van adsorbeerbare organische halogeenverbindingen) wordt vrijwel uitsluitend veroorzaakt door de cellulosefabriek aan de Ton (hoofdstuk 6.2). Door een gewijzigd productieproces neemt deze verontreiniging tegenwoordig langzaam af.

7.13 Radiologie.

Langs de Maas staan momenteel 4 kerncentrales. In Tihange (België) staan er drie. In Noord-Frankrijk staat een relatief oude kerncentrale te Chooz. Hier zijn twee nieuwe kerncentrales in aanbouw. Omstreeks 1992 worden deze centrales naar verwachting in gebruik genomen en wordt de oude gesloten. Deze centrales lozen behalve warmte (koelwater) ook kleine hoeveelheden radioactieve stoffen. Alleen al gezien de drinkwaterbelangen in de Benelux, mag duidelijk zijn dat dit aanleiding geeft het Maaswater nauwlettend te monitoren. Zo wordt bij Eijsden het tritiumgehalte dagelijks bepaald.
Het tritiumgehalte is vóór Chooz nog nagenoeg natuurlijk (± 10 Bq/l), neemt dan bij Chooz snel toe tot zo'n 25-30 Bq/l, daalt dan weer iets tot 15-25 Bq/l om vervolgens bij Tihange weer op te lopen tot 25-30 Bq/l. Bij de Nederlandse grens is het gehalte door verdunning weer gedaald tot zo'n 20-30 Bq/l. Bij Keizersveer wordt nog altijd zo'n 10-15 Bq/l gemeten. Verder wordt er regelmatig onderzoek uitgevoerd naar de gehalten aan diverse typen straling in het water en de hoeveelheden nucliden in het



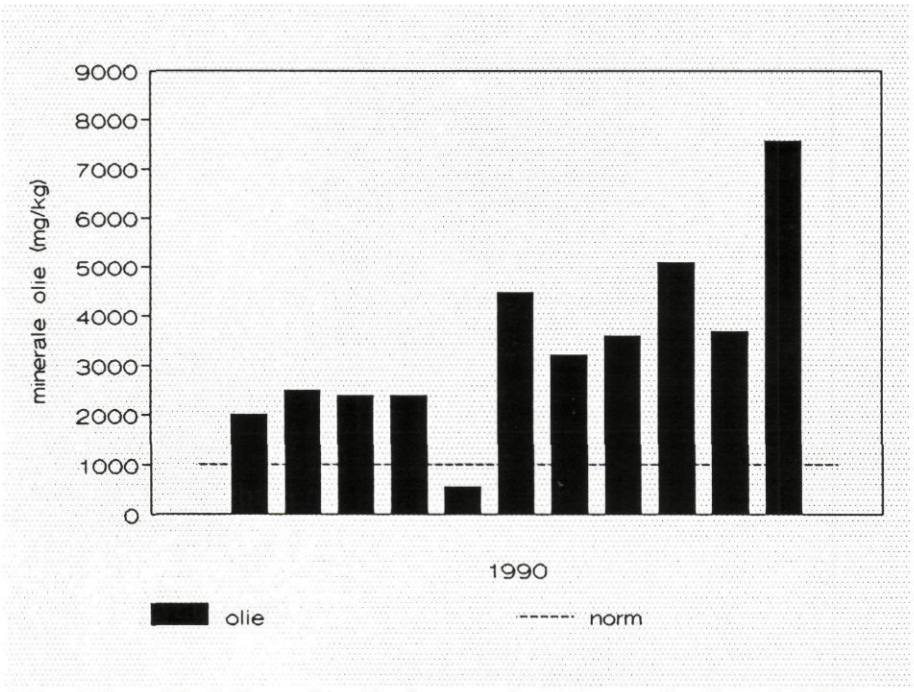
Afbeelding 30: Cobalt bij Eijsden (maandgemiddelden in zwevende stof).

zwevende stof. Vooral dit laatste onderzoek is van groot belang om de lozingssituatie te beoordelen en eventuele plotselinge verhogingen te detecteren zoals in de zomer van 1989 [Breukel, december 1989].
In de huidige situatie wordt, hoewel de gehalten duidelijk verhoogd zijn, over het algemeen voldaan aan de normen van de algemene milieukwaliteit voor de parameters totale α-activiteit, tritium en rest β-activiteit. Voor de gehalten aan radioactieve nucliden in het zwevende stof zijn geen normen bekend. Vergeleken met andere locaties zijn de bij Eijsden gemeten gehalten hoog. Bovendien kunnen ze periodiek sterk tot zeer sterk oplopen als gevolg van lozingen (afbeelding 30).
Opvallend is dat al drie jaar de gehalten aan nucliden in de maanden juni en juli plotseling oplopen. Ook de enorme verhoging in 1989 viel in deze periode. De betrokken nucliden zijn kenmerkend voor lozingen vanuit kerncentrales en kunnen zelfs als "vingerafdruk" voor een bepaalde centrale gelden.

7.14 Bacteriologie.

De Maas is zeer sterk verontreinigd met bacteriën. Gezien de enorme lozingen van ongezuiverd huishoudelijk afvalwater bovenstrooms van Eijsden is dit ook wel te verwachten.
Wat betreft de thermotolerante colibacteriën wordt aan de norm van de algemene milieukwaliteit en die voor drinkwater bij Eijsden nooit voldaan.
Stroomafwaarts wordt de kwaliteit beter hetgeen te danken is aan het zelfreinigende vermogen van de rivier. De parameter faecale streptococcen geeft ongeveer eenzelfde beeld, al komen de gehalten hiervan dichter bij de normen.
Voor de vele Maasplassen, die een sterke recreatieve functie hebben is de bacteriologische kwaliteit van de Maas uiteraard van belang. Gelukkig staan de meeste plassen slechts beperkt in contact met het Maaswater (9.5). Als bij hoogwater de plassen wèl beïnvloed worden door het Maaswater, zal de bacteriologische kwaliteit van de plassen wellicht teruglopen.
Hoogwaters komen echter over het algemeen buiten het zwemseizoen voor.

7.15 Olie.



Afbeelding 31: Minerale olie in standaard waterbodem bij Eijsden.

Zeer regelmatig worden op de Maas grote en kleinere olieverontreinigingen waargenomen. De olie verontreinigt behalve het water ook het zwevende stof en vervolgens het sediment (afbeelding 31). Veel olie wordt geloosd in de industriegebieden rond Charleroi (Sambre) en Luik. Door verdunning, klontering en bezinking, verdamping en biologische afbraak neemt de hoeveelheid stroomafwaarts af. Vaak gaat het om olieproducten als benzine en dieselolie. Bronnen zijn, behalve de industrie: de scheepvaart (bilgeolie) en afgewerkte moterolie die men via gemeentelijke riolen weg laat lopen.

7.16 Toetsing 1988-1990 aan kwaliteitsdoelstellingen.

In deze paragraaf is de gemeten waterkwaliteit over de jaren 1988, 1989 en 1990, bij de locaties Eijsden, Lith en Keizersveer getoetst aan verschillende normen zoals de algemene milieukwaliteit, de normen voor viswater (karper- en zalmachtigen), zwemwater en voor oppervlaktewater dat is bestemd voor de bereiding van drinkwater [Staatsblad, 1983]. De naar standaard waterbodem omgerekende meetgegevens van het zwevende stof (aangegeven door een "s" voor de parameternaam) zijn eveneens getoetst. Hierbij geeft een "+" aan dat de parameter aan de norm voldoet, een "-" dat de parameter niet voldoet.

Toetsing aan de algemene milieukwaliteitsnormen (doelstelling 2000).

Bij de toetsing aan de algemene milieukwaliteit blijken tal van parameters nog niet de gewenste gehalten te hebben bereikt (tabel 7.3). De visuele parameters worden bij Eijsden weliswaar niet gemeten, maar vanaf het meetponton bij Eijsden worden vrijwel dagelijks drijvende verontreinigingen, zoals olievlekken, gezien. De zuurstof- en nutriëntenhuishouding van de Maas bij Eijsden voldoet bij lange na nog niet: parameters als zuurstof, fosfaat, stikstof en thermotolerante coli's overschrijden allemaal geregeld of zelfs continu de normen.

De toetsresultaten van de zware metalen laten ook veel te wensen over. Alleen de metalen lood en chroom voldoen overwegend aan de normen. Cadmium, kwik, koper, nikkel en zink voldoen over het algemeen niet aan de normen voor de waterfase en/of het zwevende stof. Maar ook allerlei organische microverontreinigingen komen in te hoge gehalten voor. Pesticiden (τ-HCH, HCB, cholinesteraseremmers), alle individuele PAK's en PCB's en minerale olie voldoen niet aan de normen.

Algemene milieukwaliteit	Eijsden			Lith			Keizersveer		
parameter	1988	1989	1990	1988	1989	1990	1988	1989	1990
kleur					-	+			
geur					+	+			
schuim					-	+			
vuil					+	+			
oliefilm		+	+		+	+		+	+
temperatuur	+	+	+	+	+	+	+	+	+
zuurstof	+	-	-	+	+	+	+	+	+
zuurgraad	+	+	+	+	+	+	+	+	+
doorzicht		-		-	+	+	+	+	+
totaal-fosfaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-
totaal-stikstof	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chlorofyl-a	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ammoniak	+	+	+	+	+	+	+	+	+
chloride	+	+	+	+	+	+	+	+	+
sulfaat	+	+	+	+	+	+	+	+	+
thermotolerante coli	-	-	-	+	+	+	-	+	+
cadmium	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwik	+	-	-	-	-	-	-	-	-
koper	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nikkel	+	+	+	+	+	+	+	-	+
lood	+	+	+	+	+	+	+	+	+
zink	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chroom	+	+	-	+	+	+	+	+	+
vox/vocl	-	+	+						+
α-endosulfan	+								
τ-hexachloorcyclohexaan	-								
pentachloorfenol	+	+	+						-
cholinesteraseremmers	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s-cadmium	-	-	-						
s-kwik	-	-	-						
s-koper	-	-	-						
s-nikkel	-	-	-						
s-lood	-	+	+						
s-zink	-	-	-						
s-chroom	+	+	+						
s-benz(ghi)peryleen	-	-	-						
s-benz(a)pyreen	-	-	-						
s-indeno(1,2,3-cd)pyreen	-	-	-						
s-benz(b)fluorantheen	-	-	-						
s-benz(k)fluorantheen	-	-	-						
s-fluorantheen	-	-	-						
s-PAK(som)	-	-	-						
s-hexachloorbenzeen	-	-	-						
s-pcb-28	-	-	-						
s-pcb-52	-	-	-						
s-pcb-101	-	-	-						
s-pcb-118	-	-	-						
s-pcb-138	-	-	-						
s-pcb-153	-	-	-						
s-pcb-180	-	-	-						
s-α-endosulfan	+	+	+						
s-τ-hexachloorcyclohexaan	-	-	-						
s-minerale olie			-						

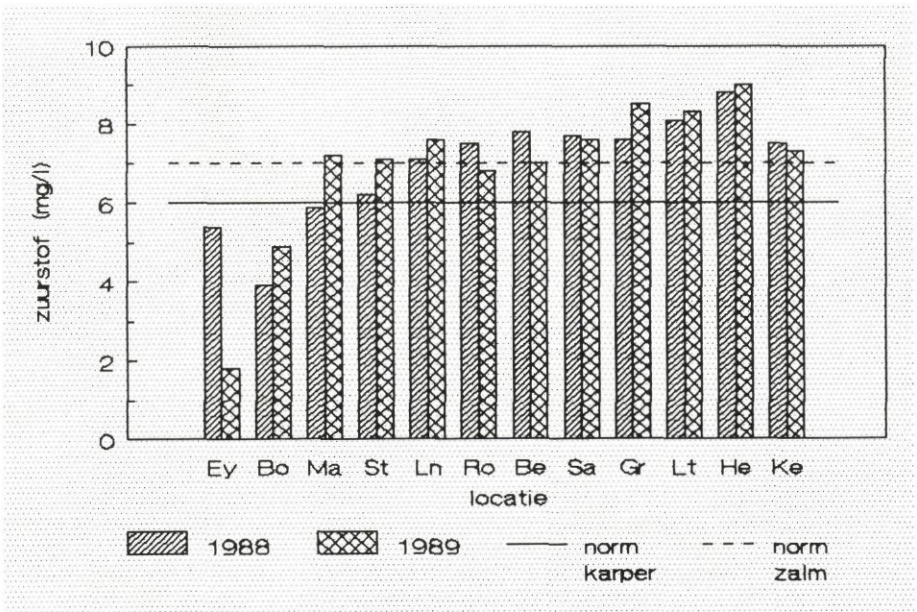
s- = parameter omgerekend naar standaard waterbodem.

Tabel 7.2: Toetsing algemene milieukwaliteit.

viswaterkwaliteit (karperacht.)	Eijsden			Lith			Keizersveer		
parameter	1988	1989	1990	1988	1989	1990	1988	1989	1990
zwevende stof	+	+	+	+	+	+	+	+	+
temperatuur	+	+	+	+	+	+	+	+	+
zuurstof	-	-	-	+	+	+	+	+	+
zuurgraad	+	+	+	+	+	+	+	+	+
totaal-fosfaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-
biochemisch zuurstof (BZV5a)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
nitriet	+	-	-	+	+	+	+	+	+
chlorofyl-a	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ammoniak	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ammonium	-	-	-	+	+	+	+	-	+
koper	+	+	+	+	+	+	+	+	+
zink	+	-	+	+	+	+	+	+	+

Tabel 7.5: Toetsing viswater (karperachtigen).

Deze functie: "viswater voor zalmachtigen", wordt toegekend aan de Grensmaas. Vandaar dat de locaties Borgharen, Maaseik en Stevensweert getoetst zijn aan de normen voor zalmachtigen (tabel 7.6). Daarbij blijkt dat de parameters temperatuur, zuurstof, fosfaat, chlorofyl, nitriet, ammoniak en ammonium de normen dikwijls overschrijden. En dan kan de functie door het onvolledige meetpakket op alle locaties nog niet eens volledig worden getoetst! Wat de waterkwaliteit betreft is de functie "water voor zalmachtigen" dus nog heel ver weg. Zeker als bedacht wordt dat de normen voor viswater slechts in algemene termen rekening houden met microverontreinigingen.



Afbeelding 32: Toetswaarde zuurstof op alle Maaslokaties.

Afbeelding 32 laat zien hoe de toetswaarde (de 90-percentiel meetwaarde die aan de norm moet worden getoetst) voor zuurstof in de lengterichting van de Maas stijgt. Van ver beneden de normen bij Eijsden (Ey) en Borgharen (Bo) tot zelfs boven de norm voor zalmachtigen in de benedenloop van de Maas. Hieruit blijkt duidelijk het verbeteren van de zuurstofhuidhouding over de lengterichting van de Maas.
De figuur geeft echter ook aan dat het grootste deel van de Grensmaas (Borgharen-Stevensweert (St)), nog op geen stukken na voldoet aan de norm voor zuurstof: niet alleen de norm voor zalmachtigen wordt onderschreden, maar ook die voor karperachtigen.

viswaterkwaliteit (zalmacht.)	Borgharen			Maaseik			Stevensweert		
parameter	1988	1989	1990	1988	1989	1990	1988	1989	1990
zwevende stof							+	+	+
temperatuur	+	-	+	+	-	+	+	-	+
zuurstof	-	-	-	-	+	-	-	+	+
zuurgraad	+	+	+	+	+	+	+	+	+
totaal-fosfaat								-	-
biochemisch zuurstof (BZV5a)							+	+	+
nitriet	+	-	-	-	-	-	-	-	-
chlorofyl-a							+	-	-
ammoniak	+	+	-	+	+	+	+	+	+
ammonium	-	-	-	+	+	+	+	+	+
koper							+	+	+
zink							+	+	+

Tabel 7.6: Toetsing viswater (zalmachtigen).

Toetsing van het water aan de zwemwaternormen.

De Maas heeft zelf geen zwemwaterfunctie. Het specifieke zwemwater-meetpakket (met name de zintuigelijke waarnemingen) wordt dan ook niet gemeten bij Eijsden en Keizersveer. De functie is wel toegekend aan de Maasplassen die in meer of mindere mate in verbinding staan met de Maas. Hierover worden geregeld rapportages opgesteld [Breukel, juni 1989].

zwemwaterkwaliteit	Eijsden			Lith			Keizersveer		
parameter	1988	1989	1990	1988	1989	1990	1988	1989	1990
kleur (zint.)					-	+			
geur ,,					+	+			
vuil ,,					+	+			
schuim ,,					-	+			
oliefilm ,,			+		+	+		+	+
zuurstof	-	-	-	+	+	+	+	+	+
zuurgraad	+	+	+	+	+	+	+	+	+
doorzicht				-	-	-	-	-	-
anionische detergenten	+	+	+	+	+	+	+	+	
watervluchtige fenolen	+			+			+		
minerale olie	+			+			+		
thermotolerante coli	-	-	-	+	+	+	+	+	+

Tabel 7.7: Toetsing zwemwater.

Bij de toetsing aan de zwemwaterkwaliteitsnormen (tabel 7.7) geldt voor Eijsden dat zuurstof en thermotolerante coli niet voldoen. Doorzicht wordt hier niet gemeten, maar zou zeker niet voldoen, als dit wel het geval was. Aangezien er bij Eijsden zeer dikwijls olievlekken langskomen, is het zeer waarschijnlijk dat bij meting de zintuigelijke parameters niet zouden voldoen. Wat betreft de andere locaties voldoet alleen het doorzicht niet. Opvallend is dat de thermotolerante coli's hier wel voldoen; dit komt waarschijnlijk door het zelfreinigend vermogen van de rivier.

8. Interpretatie van vrachten

8.1 Kanttekeningen.

Bij de beoordeling van de verontreinigingssituatie van een watersysteem - in dit geval de Maas -is naast de water- en slibkwaterkwaliteit ook de hiervan afgeleide stofvracht een belangrijk criterium. In het voorgaande hoofdstuk is dan ook voor een aantal parameters de stofvracht mede in beschouwing genomen bij de beantwoording van de vraag in hoeverre op de Maas van een verbetering of verslechtering van de waterkwaliteitssituatie sprake is. In het bijzonder de stofvracht bij Eijsden vormt een veelvuldig gebruikt criterium, omdat hiermee een indruk wordt verkregen van de hoeveelheid verontreinigende stoffen die via de Maas ons land binnenkomt. De keuze van de locatie Eijsden ligt voor de hand: alleen op grond van de aldaar (op het meetponton) ingewonnen gegevens kan de stofvracht worden bepaald. Kwantitatieve informatie over de werkelijke lozingen in Belgie, wat op zich een betere inschatting van de stofvracht mogelijk zou maken, is - in tegenstelling tot in Nederland - op dit moment niet of nauwelijks voorhanden.

Bij de evaluatie van de stofvrachten (meestal per kalenderjaar) bij Eijsden, om bijvoorbeeld een bepaalde trend in de omvang van bovenstroomse lozingen zichtbaar te maken, dient, maar dit geldt ook voor andere meetstations, de nodige voorzichtigheid in acht te worden genomen. De volgende kanttekeningen kunnen worden geplaatst:

- De stofvracht bij Eijsden vormt het resultaat van een groot aantal verontreinigingsbronnen. Onderscheiden kunnen worden: natuurlijke bronnen, lozingen van industrieel en huishoudelijk afvalwater, diffuse bronnen (hoofdstuk 6). Zolang het inzicht in de werkelijke lozingen bovenstrooms van Eijsden ontbreekt, is het leggen van een relatie tussen stofvracht en een bepaald type lozing een moeilijke zaak;

- In de stofvracht bij Eijsden zijn behalve de verontreinigingsbronnen in België, ook die in Frankrijk opgenomen. Momenteel maken de laatste echter een zeer gering deel uit van de totale vracht;

- De chemische en fysische processen die een in het buitenland geloosde stof op de Maas ondergaat, zijn in de vracht bij Eijsden verdisconteerd. Voorbeelden hiervan zijn het nitrificatieproces, waardoor geloosd ammonium, althans voor een deel, Eijsden in de vorm van nitraat passeert, en het erosie-sedimentatieproces van zwevend stof met de daaraan gehechte verontreinigingen. Het laatstgenoemde proces wordt vooral gestuurd door variaties in de Maasafvoer (4.3) wat tot gevolg kan hebben dat bijvoorbeeld in (een periode van) jaren met relatief lage afvoeren, ondanks een gelijkblijvende lozingssituatie bovenstrooms, geringe vrachten bij Eijsden worden gevonden;

- Vooral van de organische microverontreinigingen liggen de gehalten vaak (tijdelijk) onder of nabij de detectiegrens, waardoor deze stoffen niet of nauwelijks in de vracht bij Eijsden tot uiting komen;

- De vrachtberekeningen zijn gebaseerd op het daggemiddelde debiet en de gemeten stofconcentraties, zoals die volgen uit het routinematig meetnet met een, gezien het grote aantal locaties en te analyseren stoffen, beperkte bemonsteringsfrequentie van 4 tot 26 maal per jaar (hoofdstuk 7.2). Dit betekent dat met snelle wisselingen in afvoer en daardoor ook in stofgehalten van de Maas maar beperkt rekening kan worden gehouden. Wordt bijvoorbeeld in een bepaald jaar toevallig in een paar afvoergolven (waarvan de duur veelal niet meer dan 1 à 2 weken bedraagt) bemonsterd, dan vallen de vrachten aan slibgebonden stoffen te hoog uit. De mate waarin hangt ook nog af van het moment van bemonsteren tijdens de afvoergolf (was, val). Zie hoofdstuk 4.3. Vanzelfsprekend wordt de vracht onderschat, wanneer toevallig de bemonsteringstijdstippen niet of nauwelijks samenvallen met afvoergolven op de Maas.

- Een aparte plaats nemen de calamiteiten nog in. Tijdens calamiteuze situaties kunnen aanzienlijke vrachten aan verontreinigingen vrijkomen. Deze worden niet expliciet meegenomen in de, op de gegevens uit het routinematige meetnet gebaseerde, vrachtberekeningen. De vrachten aan cadmium tijdens calamiteiten kunnen zeer aanzienlijk zijn (0.5 - 2 ton op jaarbasis), ook in verhouding tot de volgens de reguliere methode berekende jaarvrachten (gemiddeld over 1987-1990: ± 10 ton).

Ondanks genoemde onzekerheden is en blijft de, met de huidige methode bepaalde, stofvracht - in combinatie met de water- en slibkwaliteit - een belangrijk criterium om een trendmatig verloop in de verontreinigingssituatie van de Maas te onderkennen, zeker wanneer de analyse zich uitstrekt over een lange reeks van jaren. De kanttekeningen zijn hier uitsluitend geplaatst om een onzorgvuldig gebruik van vrachtgegevens zo veel mogelijk te voorkomen.
Om in absolute zin tot een betere inschatting van de stofvrachten op de Maas te komen zijn de afgelopen jaren een aantal studies uitgevoerd, waarop in paragraaf 2 kort wordt ingegaan. Bij voorbaat wordt echter al gesteld dat een volledig uitgewerkte alternatieve methode momenteel niet voorhanden is, zodat de resultaten van deze studies hier slechts kunnen worden gebruikt om de gevoeligheid van de gebruikelijke methode voor stofvrachtbepalingen aan te geven.

8.2 Gevoeligheid.

Een poging om tot een meer nauwkeurige inschatting van de stofvracht bij Eijsden over de periode 1984-1988 te komen, wordt gedaan in [van der Veen, mei 1990] en [van der Veen & Silva, 1990]. Daarbij is niet alleen gebruik gemaakt van regressie (stofconcentratie op afvoer), maar ook van kennis omtrent de verschillende belastingsbronnen, en is voor bepaalde parameters, zoals O_2 en BZV, rekening gehouden met een seizoenscyclus.

In tabel 8.1 zijn voor een aantal parameters de bijbehorende vrachten over de jaren 1984-1986 opgenomen. Ter vergelijking zijn de op de gebruikelijke wijze bepaalde vrachten bij Eijsden vermeld.
Bij onderlinge vergelijking komen, vooral op jaarbasis en bij de slibgebonden stoffen,

grote verschillen naar voren. Dit is met name het geval in de jaren 1984 en 1986, die worden gekenmerkt door relatief sterke fluctuaties in de afvoer van de Maas. In het jaar 1985 met een relatief vlak afvoerverloop stemmen de berekende vrachten volgens beide methoden redelijk overeen. Een -min of meer voor de hand liggende- conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat, vooral in jaren met een sterk fluctuerend afvoerverloop en in het bijzonder voor de slibgebonden stoffen, het bemonsteringstijdstip van grote invloed is op de uiteindelijk berekende jaarvracht.

stof	een-heid	1984	1985	1986	gem.
		a/b	a/b	a/b	a/b
Cl_	kton	330/330	250/240	300/340	300/300
NH4-N	ton	3600/3800	2800/3100	3300/3800	3200/3600
Tot-P	ton	4900/5400	2900/3100	4300/6300	4050/4950
Tot-Cd	ton	16/24	3,5/2,5	9/2,5	9,5/9,5
Tot-Pb	ton	170/320	47/50	100/40	100/150
Tot-Zn	ton	1500/2000	500/600	900/1800	950/1450
PAK	kg	5200/9500	1200/2600	2900/1800	3100/4600

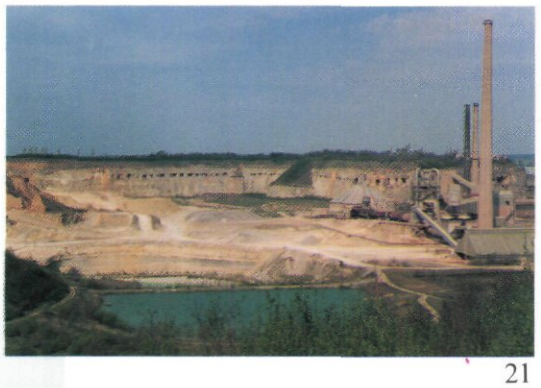
Tabel 8.1: Jaarvrachten bij Eijsden volgens respectievelijk Van der Veen & Silva (a) en de gebruikelijke methode (b).

De hier kort geschetste methode volgens [van der Veen, mei 1990] is zeker nog niet volledig uitgekristalliseerd en zal nog een forse onderzoeksinspanning vragen. Overigens bieden ook nog andere studies zoals die in [Griffioen & Westerink, 1986] en [van Vuuren, juli 1991] aangrijpingspunten om in absolute zin tot een meer nauwkeurige inschatting van de stofvracht te komen.

De studie van Van der Veen en Silva geeft ook een globaal inzicht in de verdeling van de vracht bij Eijsden over het natuurlijke en antropogene deel. Deze gegevens zijn in tabel 8.2 ter illustratie opgenomen.

stof	een-heid	Totale vracht	Natuurlijke vracht	Antropogene vracht
Cl_	kton	300	125	175
NH4-N	ton	3200	170	3030
Tot-P	ton	4050	1000	3050
Tot-Cd	ton	9,5	0,3	9,2
Tot-Pb	ton	100	11	89
Tot-Zn	ton	950	225	725
PAK	kg	3115	15	3100

Tabel 8.2: Jaarvrachten bij Eijsden volgens Van der Veen & Silva, verdeeld over natuurlijke en antropogene oorsprong.



21

22

23

24

foto 21: Delfstofwinning langs de Maas.
foto 22: Mestverspreiding.
foto 23: Diffuse verontreiniging met PAK's.
foto 24: Zuiveringsinstallatie.

9. Consequenties van de huidige Maaswaterkwaliteit

9.1 Flora en fauna.

In de huidige situatie is sprake van een slecht ontwikkelde levensgemeenschap. Welke rol de slechte water- en slibkwaliteit hierbij speelt, valt moeilijk vast te stellen, omdat ook het gebrek aan geschikte (broed-)biotopen en rustgebieden een belangrijke rol speelt bij het ontbreken van soorten. Dit laatste is in ieder geval van belang voor het winterbed, waar de soortensamenstelling voornamelijk wordt bepaald door het overwegend landbouwkundige gebruik. Ook in het zomerbed spelen verschillende factoren al of niet in combinatie met elkaar een rol bij het ontbreken van rivierbewoners.
De soorten die in de rivier gevonden worden, zijn zeer tolerante organismen, soorten dus die zeer weinig eisen aan hun milieu stellen. Dat de typische rivierbewoners ontbreken kan een gevolg zijn van de slechte zuurstofhuishouding van de rivier, maar het gestuwde karakter is hierin uiteraard ook een zeer belangrijke sturende factor. Daarnaast spelen naar alle waarschijnlijkheid ook de afvoerfluctuaties en het ontbreken van een gevarieerd substraat een rol (hoofdstuk 5).
Eén van de duidelijkste consequenties van de belasting van de rivier met organische microverontreinigingen en zware metalen is die van de accumulatie in de voedselketens, zowel in het water als op het land [Botterweg & Helmer, mei 1991]. Risico's voor vergiftigingen van toppredatoren (aalscholvers, otters, visarend) kunnen niet worden uitgesloten.

9.2 Volksgezondheid.

Drinkwaterbereiding.
Het Maaswater wordt door miljoenen mensen gebruikt voor drinkwater. De drinkwaterbedrijven langs de Maas hebben dan ook een groot belang bij een goede kwaliteit. Verenigd in de RIWA onderhouden zij zelf een meetnet van zes meetpunten langs de hele Maas. Zie ook [RIWA, 1988, RIWA, 1986-1991, RIWA, 1989 en RIWA/BIWM, 1982]. Op deze meetpunten worden de gehalten van een groot aantal stoffen bepaald. Hoewel de gehalten van een aantal verontreinigde stoffen de laatste decennia zijn afgenomen, stelt de kwaliteit van het Maaswater de drinkwaterbedrijven nog steeds voor grote problemen.
Voor een groot aantal stoffen wordt de norm voor oppervlaktewater bedoeld voor de bereiding van drinkwater vrijwel continu overschreden (paragraaf 7.16). Vooral bij Eijsden blijkt dit het geval te zijn. Drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater in het bovenstroomse deel van de Maas in Nederland, waarvan de mogelijkheden momenteel op een aantal plaatsen worden onderzocht, wordt hierdoor extra bemoeilijkt.
Verontreinigingen die steeds meer in de aandacht komen, zijn een groot aantal bestrijdingsmiddelen, zoals atrazine en organische fosforverbindingen. Deze stoffen worden bij de gebruikelijke (drinkwater-)zuiveringsmethodieken weinig of niet verwijderd. Om toch van een betrouwbare kwaliteit verzekerd te zijn, voelen steeds meer drinkwaterbedrijven zich gedwongen om koolfilters te bouwen, die deze verontreinigingen wèl verwijderen. Het wordt op deze manier echter steeds moeilijker en kostbaarder om goed en betrouwbaar drinkwater te produceren. Sanering van de

lozingen wordt steeds noodzakelijker om ook in de toekomst, waarin steeds hogere eisen aan de drinkwaterkwaliteit zullen worden gesteld, van een betrouwbare drinkwatervoorziening verzekerd te zijn. Verwacht mag ook worden dat een verbeterde waterkwaliteit van de Maas de drinkwaterbedrijven (nog meer) zal stimuleren om - conform het rijksbeleid- de overstap van grondwater naar oppervlaktewater als bron voor de drinkwaterbereiding te wagen.

Behalve de "reguliere" verontreiniging heeft de drinkwaterbereiding te lijden van plotselinge verhogingen van de verontreiniging (calamiteiten; zie ook paragraaf 6.6). De waterbeheerder (Rijkswaterstaat) en de drinkwaterbedrijven zijn respectievelijk bij de meetstations Eijsden en Keizersveer èn de innamepunten continu op het vòòrkomen van calamiteiten bedacht. Dit vergt een grote materiële en personele inspanning. Zodra de gehalten aan verontreinigingen bepaalde gehalten overschrijden, kunnen de drinkwaterbedrijven besluiten de inname van Maaswater te staken. Dit gebeurt om te voorkomen, dat de voorraadbekkens of de voorraden in de duinen verontreinigd worden. Deze maatregel veroorzaakt weliswaar een productieverlies, maar kan relatief eenvoudig worden toegepast, omdat de voorraadbekkens geruime tijd de watervoorziening in stand kunnen houden. Als zonder voorraadbekkens of via oeverfiltratie drinkwater wordt geproduceerd, is de gevoeligheid van het productieproces voor verontreinigingen aanzienlijk groter.
Het aantal keren dat de inname van Maaswater is gestaakt door het Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch variëert tussen 2 en 6 keer per jaar. De duur van de sluiting is vooral afhankelijk van de afvoer en loopt van zo'n vijf dagen tot 2 à 3 weken.

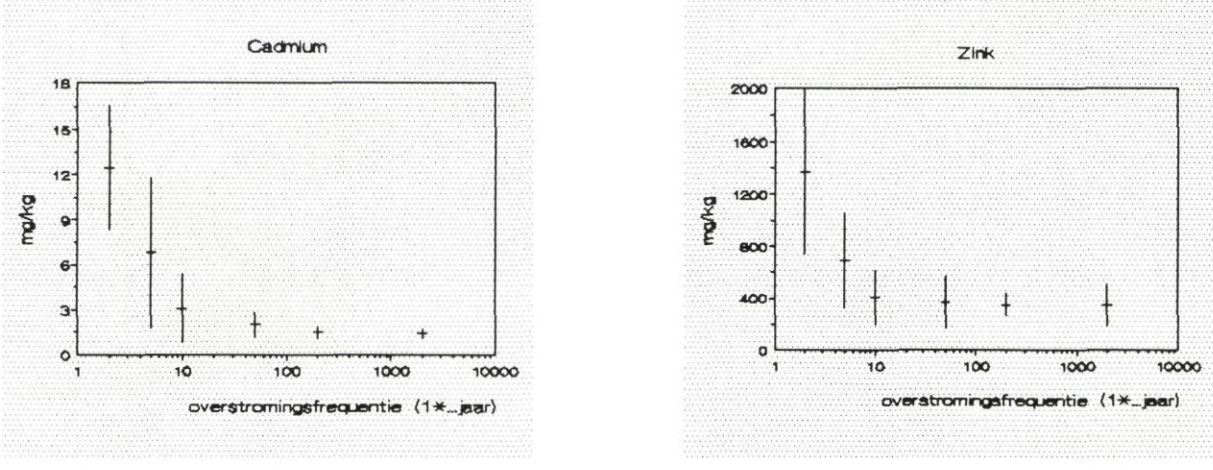
Recreatie.
De Limburgse Maas en de Maasplassen zijn aantrekkelijke gebieden voor allerlei vormen van waterrecreatie. Surfen, zwemmen, kanoën en vissen zijn activiteiten die door een slechte water- of slibkwaliteit risico's met zich mee kunnen brengen door direct contact met of inname van dit water of slib.
Eén van de belangrijkste parameters voor de zwemwaterfunctie is de aanwezigheid van ziekteverwekkende bacteriën. In de Maas treden momenteel aanzienlijke overschrijdingen van de AMK-norm voor thermotolerante colibacteriën op. De bacteriologische betrouwbaarheid van de badzones in de Maasplassen is aanzienlijk beter. In de meeste plassen is die volgens EG-richtlijnen goed tot aanvaardbaar. Het doorzicht, ook een parameter die ten behoeve van de zwemwater genormeerd is (minimaal 1 meter), laat op de meeste plaatsen te wensen over. In 17 van de 26 Limburgse Maasplassen bleef het zicht beperkt tot minder dan een meter [WZL, jaarverslag 1989].
De oevers en het winterbed van de Maas zijn in meer of mindere mate verontreinigd met PAK's, PCB's en zware metalen. Vooral voor PAK's, waarvan de meesten een mutagene werking hebben, is voorzichtigheid geboden. De gehaltes aan PAK's in het Maasslib zijn zodanig, dat niet gesproken kan worden van "ernstig risico" voor recreanten.
Ook de recreatieve hengelsport is langs de Maas een veel beoefende sport. De concentraties van PCB's in aal uit de Maas zijn hoog, maar overschrijden niet de norm voor menselijke consumptie.

9.3 Waterbodems in de rivier.

De kwaliteit van (het slibgedeelte van) de waterbodem wordt rechtstreeks bepaald door die van het Maasslib. Jaarlijks komt bij onderhoudswerkzaamheden een hoeveelheid van ca. 250.000 m^3 baggerspecie vrij, die qua vervuilingsgraad voor het grootste gedeelte in klasse IV valt en voor het overige in klasse III [van Vuuren, maart en september 1988] en [RWS, directie Limburg, 1987, 1988 en 1990].
De slechte slibkwaliteit van de Maas veroorzaakt een probleem voor de scheepvaart. Door het tekort aan verwerkingsmogelijkheden van de bagger wordt het onderhoudsbaggerwerk, dat nodig is voor het op diepte houden van de rivier ten behoeve van de scheepvaart, slechts mondjesmaat uitgevoerd. Het gaat daarbij met name om de toeleidingskanalen voor alle in de Maas, of voor de aftakking van verschillende aansluitende kanalen, aanwezige sluiscomplexen (in het bijzonder Belfeld en Sambeek). Besloten is de specie te bergen in het Lateraalkanaal, omdat hier een overdiepte aanwezig was en de geohydrologische situatie zich daarvoor leende. Een nieuwe stortlocatie voor de bij onderhoudsbaggerwerk vrijkomende specie is in voorbereiding in het kader van het provinciale afvalstoffenplan van de provincie Limburg. Het ontbreken van een nieuwe geschikte stortlocatie kan er in de toekomst toe leiden dat de diepgang voor schepen zal moeten worden beperkt.

9.4 Winterbed.

Het winterbed van de Maas is, als gevolg van het door de Maas aangevoerd verontreinigd slib, sterk tot zeer sterk verontreinigd met zware metalen, PAK's en PCB's. De verontreiniging is afhankelijk van de hoeveelheid afgezet rivierslib en dus afhankelijk van de overstromingsfrequentie. Afbeelding 33 geeft hiervan een beeld met meetgegevens van het winterbed bij Borgharen [Rang, 1985].



Afbeelding 33: Relatie tussen overstromingsfrequentie en verontreiniging winterbed bij Borgharen [Rang, 1985].

Van de zware metalen wordt cadmium in alle in het winterbed verbouwde gewassen teruggevonden. In suikerbieten, snijmais en gras is de concentratie zo hoog dat de

veevoedernorm regelmatig wordt overschreden [I.B., 1987].
PCB's worden wel in koemelk teruggevonden, maar de concentraties blijven onder de norm. Koperconcentraties overschrijden in het winterbed van de Maas incidenteel de LAC waarde voor schapen.
Bij dassen die in de uiterwaarden van de Maas fourageerden, zijn verhoogde concentraties van de metalen cadmium, lood, kwik en zink in de nieren aangetroffen [Ma en Broekhuizen, 1990]. Vermoedelijk vindt deze accumulatie plaats via de in het winterbed gevangen regenwormen, het hoofdvoedsel van de das. Ook kleinere zoogdieren zoals mollen en muizen kunnen metalen accumuleren via consumptie van verontreinigde regenwormen.
Onderzoek naar gehalten in regenwormen uit het winterbed van de Maas wees inderdaad uit dat zware metalengehaltes sterk verhoogd waren; verhogingen van PCB's konden echter niet worden aangetoond [Silva, in voorbereiding].

9.5 Plassen.

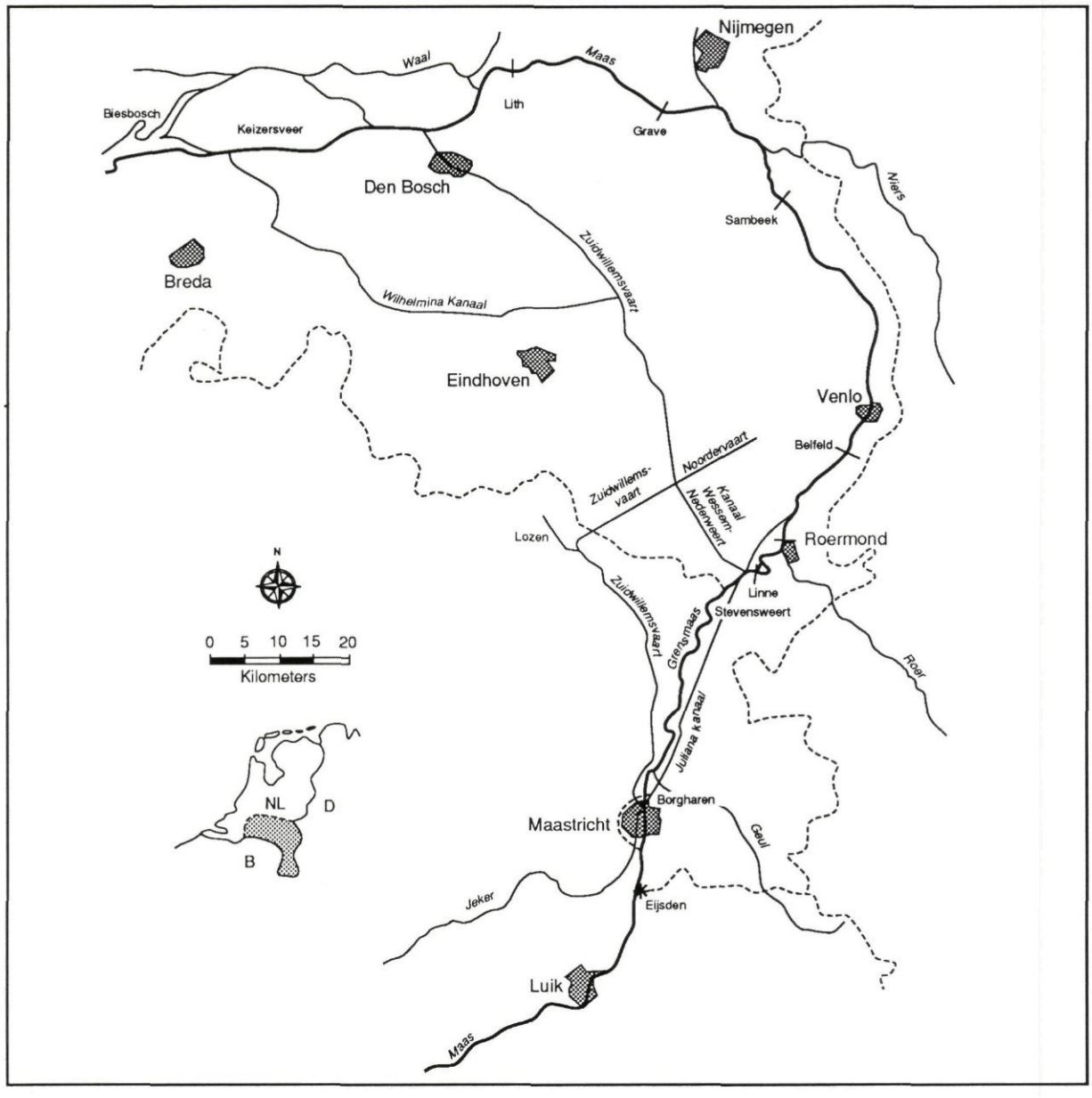
Langs het Nederlandse traject van de Maas en in het bijzonder in het gedeelte stroomafwaarts van Maasbracht, bevinden zich een aantal plassen, die zijn ontstaan als gevolg van ontzanding en grindwinning. De relatie tussen de waterkwaliteit in deze plassen en die van de Maas wordt beïnvloed door:
- De geometrie van de plas, in het bijzonder de diepte.
- De aanwezigheid van een open verbinding met de rivier.
- De mate van verversing van de plas door het neerslagoverschot en eventuele grondwatertoe- of afstroming (kwel/wegzijging).
- Het afvoerregime op de rivier (overstroming tijdens hoogwater).

Over het algemeen wordt de waterkwaliteit in de Maasplassen slechts in geringe mate beïnvloed door de rivier, zoals ondermeer blijkt voor de Koornwaard nabij Den Bosch [van Vuuren, december 1990]. Het gaat in dit geval om een relatief diepe (max. 40 m) ontzanding met een slechts nauwe verbinding met de rivier. In deze plas treedt met name extra verversing op door grondwatertoestroming en bestaat onder normale afvoeromstandigheden nauwelijks uitwisseling met de rivier. De waterkwaliteit in de plassen is dus veelal beter dan die in de rivier.
Een uitzondering moet echter gemaakt worden voor het slib, c.q. het door de Maas getransporteerde zwevende stof. Wat het zwevende stof betreft werken de plassen als accumulatiebekkens. Enerzijds, doordat er slib afgezet wordt tijdens hoogwaters. Dit wordt veroorzaakt door de stroomverlamming die er in de plassen optreedt. Anderzijds, vanzelfsprekend alleen als er sprake is van een open verbinding met de rivier, heeft het slib onder normale afvoeromstandigheden de neiging om de plassen "in te kruipen", zoals de twee luchtfoto's (Koornwaard) heel mooi illustreren.
Dit slib bezinkt in de plas en vormt daar een sedimentlaag, die door de hoge gehalten aan ondermeer zware metalen en organische microverontreinigingen (in de toekomst) tot een waterbodemprobleem aanleiding kan geven.

25

26

foto 25: Zandwinplas Koornwaard aan de Maas in 1983.
foto 26: Zandwinplas Koornwaard aan de Maas in 1989.



Afbeelding 34: Limburgse en Brabantse kanalen.

9.6 Kanalen.

Op de Nederlandse Maas sluiten een aantal kanalen aan, waarvan de belangrijkste zijn:

- De Limburgse en Brabantse kanalen (afbeelding 34)
- Het Julianakanaal tussen Borgharen en Maasbracht
- Het Lateraalkanaal Linne-Buggenum bij Roermond
- Diverse kanalen naar de Waal

In deze paragraaf wordt ingegaan op de invloed die de Maaskwaliteit heeft op de water- en waterbodemkwaliteit van de betrokken kanalen.

Limburgse/Brabantse kanalen.
De Limburgse en Brabantse kanalen worden al naar gelang de hydro-meteorologische situatie gevoed door het gebieds-neerslagoverschot en door aanvoer vanuit de Maas via de Zuid-Willemsvaart bij Maastricht en via het kanaal Wessem-Nederweert bij Panheel. In droge perioden overheerst de aanvoer van Maaswater en dient deze niet alleen voor het op peil houden van de kanalen ter compensatie van wegzijgings- en schutverliezen, maar tevens voor de watervoorziening in bepaalde landbouwgebieden in Noord-Brabant en Limburg èn de watervoorziening van natuurgebieden.
Deze voedingssituatie heeft duidelijke gevolgen voor de waterkwaliteit in de kanalen. Zie [van Vuuren & van der Veen, oktober 1990]. De resultaten van de daarin gerapporteerde meetcampagnes (één in een relatief droge en één in een relatief natte periode) laten zich als volgt samenvatten.

Droge perioden
De aanvoer van gebiedsvreemd water overheerst. De invloed van de Maaswaterkwaliteit reikt in deze situatie het verst: vooral de gehalten aan conservatieve stoffen (chloride, calcium, etc.), maar ook dat aan bepaalde microverontreinigingen (bijvoorbeeld PCB) worden tot in het Wilhelminakanaal rechtstreeks bepaald door die in de Maas. Voor de nutriënten gaat dit ook op, al treden hierin locale afwijkingen op. Voor stoffen, als ammonium, geldt verder nog dat deze een systematische afbraak te zien geven. Parameters als zuurstofgehalte, temperatuur en pH, alsmede de algengebonden parameters worden veelal sterk door processen als met name algenbloei, op de kanaalpanden bepaald.

Natte perioden
In natte perioden overheerst de wateraanvoer door het neerslagoverschot, al of niet in geconcentreerde vorm via beken en riviertjes. De invloed van de Maaswaterkwaliteit raakt dan vrijwel geheel verloren, met uitzondering van de conservatieve stoffen, die nog een redelijke relatie met de Maas behouden. In dergelijke perioden wordt de invloed van riviertjes duidelijk merkbaar, zoals de Aa en de Dommel die in dergelijke perioden ondermeer veel nutriënten aanvoeren.

Zoals het geval was bij de plassen (9.5) is ook hier het slib een verhaal apart. Hoewel het in de kanalen aangetroffen (zwevend) slib uiteindelijk voor het overgrote gedeelte afkomstig is van de Maas, zijn de gemeten gehalten niet rechtstreeks te relateren aan de gehalten in het aangevoerde Maaswater. De oorzaak hiervan is gelegen in de slibbeweging op de kanalen, die als volgt kan worden beschreven.
Aanvankelijk bezinkt het aangevoerde slib reeds in de eerste panden van de Zuid-Willemsvaart. Dit komt door de lage stroomsnelheden in het kanaal, ongeacht de hydro-meteorologische situatie. Vervolgens wordt het slib door de scheepvaart opgewoeld (dag- en nachtritme), waardoor uiteindelijk een soort salterend transport van slibwolken ontstaat, wat ervoor zorgt dat het slib zich dus vertraagd door de kanalen voortplant. Niettemin kan gesteld worden dat de kwaliteit van de waterbodems in de kanalen op deze wijze sterk bepaald wordt door de kwaliteit van het Maasslib. Slechts op locale schaal is een invloed van gebiedseigen lozingen te verwachten, zoals op de Zuid-Willemsvaart ter hoogte van de overstort van de Aa en op het Wilhelminakanaal ter hoogte van het Beatrixkanaal waarop de Donge deels loost.

Samenvattend kan dus gesteld worden dat de waterkwaliteit in de kanalen vooral in droge perioden in behoorlijke mate door de, juist in dergelijke perioden slechte, Maaswaterkwaliteit wordt beïnvloed. Negatieve consequenties hiervan zijn er voor de ecologie, terwijl ook de kwaliteit van het grondwater nadelig wordt beïnvloed, via de nogal forse wegzijging uit de (overwegend hooggelegen) kanalen. Voor wat betreft de waterbodems kan tenslotte gesteld worden dat de slechte kwaliteit van het Maasslib een belangrijke oorzaak is van het probleem van verontreinigde waterbodems.

Overige kanalen.

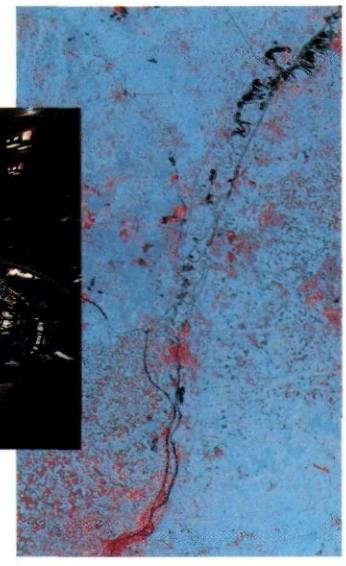
Julianakanaal.

Het Julianakanaal ligt over de gehele lengte in ophoging en wordt gevoed door de Maas bij Borgharen (nominaal 16 m^3/s), zodat de waterkwaliteit in het kanaal in principe dezelfde is als die in de Maas. Buiten het waterbodemprobleem is hier locaal sprake van enige beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit via wegzijging.

Lateraalkanaal.

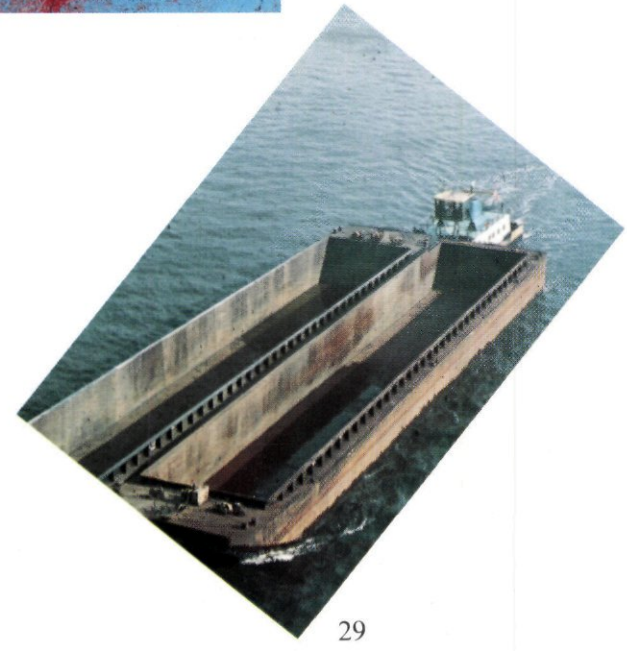
Het Lateraalkanaal ligt geohydrologisch gezien in een drainerende situatie, zodat geen beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit optreedt. De waterkwaliteit in het kanaal is in zoverre dezelfde als die van de Maas, dat er door de lage stroomsnelheden een bezinking van zwevende stof optreedt [van Vuuren, maart en september 1988].

27



28

30



29

foto 27: Internationaal overleg (europarlement).
foto 28: Remote sensing (Maas met maasplassen).
foto 29: Modernisering Maasroute (duwboot met 2 bakken).
foto 30: Vistrap.

10. Ontwikkelingen en onderzoek

Zoals in de voorgaande hoofdstukken duidelijk naar voren is gekomen, heeft de Maas in de loop van de jaren -door normalisatiewerken, industralisatie en groei van bevolking en welvaart- een ware gedaantewisseling ondergaan.
Rond 1750 was de Maas een meanderende rivier met zand- en grindbanken, een goede waterkwaliteit en sterk wisselende waterstanden. Sinds die tijd heeft de Maas zich ontwikkeld tot een over grote lengtes rechtgetrokken rivier met een nagenoeg vast waterpeil (behalve op de Grensmaas), een relatief slechte waterkwaliteit en zand- en grindwinplassen in het winterbed. De karakteristieke flora en fauna zijn hierdoor voor een belangrijk deel verdwenen, maar daar staat tegenover dat scheepvaart practisch het gehele jaar mogelijk is, overlast door hoogwater sterk is afgenomen en de landbouw in droge jaren voor de aanvullende watervoorziening een beroep op de Maas kan doen.
De berichtgeving over de Maas wordt de afgelopen jaren gekenmerkt door een betrekkelijke rust. Vooral de Rijn trok de aandacht, onder andere door het voortvarende overleg tussen de Rijnoeverstaten over het Rijnactieplan. Momenteel staat echter ook de Maas volop in de de belangstelling. Allerlei ontwikkelingen zijn gaande of staan voor de deur. Zonder de pretentie een volledig overzicht te geven, worden er hier een aantal genoemd, waarbij tevens kort wordt ingegaan op het (al dan niet door Rijkswaterstaat uit te voeren) begeleidende onderzoek.

10.1 Modernisering van de Maas als vaarroute.

De infrastructuur van de Maas, waaronder de stuwen, voorhavens met geleidewerken en sluizen worden verstaan, dateert van de 20-er en 30-er jaren en voldoet daarom niet meer aan de eisen van het huidige en toekomstige scheepvaartverkeer. Door de in het "Structuurschema Verkeer en Vervoer" verwachte toename van het vervoersaanbod van goederen over water (in plaats van over de weg) en de inzet van schepen met een groter laadvermogen en een grotere diepgang, alsmede het grotere aanbod van duwvaarteenheden, is modernisering van de infrastructuur des te meer noodzakelijk. Het streven is erop gericht de gehele Maas rond 2000 als volwaardige vaarroute voor klasse V schepen (groot Rijnschip: 2000 ton, afmetingen 95 à 110 x 11,5 x 3,00 à 3,40) te kunnen gebruiken. Op termijn wordt, afhankelijk van de economische ontwikkelingen, rekening gehouden met de volledige uitbouw van de vaarweg voor tweebaksduwvaart. Momenteel worden onder andere de volgende projecten in studies onderzocht [de Graaf en Pot, 1991]:

- Een 2e sluis bij de stuw te Lith;
- Vergroting van de vaardiepte door verhoging van de waterstanden op de stuwpanden Sambeek en Grave en door aanpassing van de sluis te Limmel;
- Ontwikkelen van een Operationeel Beheerssysteem (OBS) voor een optimaal, op de scheepvaart toegesneden, stuwbeheer op de Maas;
- Verbetering van de voorhavens en geleidewerken ;
- Optimalisering van de inzet van de gemalen bij Born en Maasbracht langs het Julianakanaal;
- Verruiming van het Julianakanaal.

Bij het onderzoek zijn een groot aantal disciplines betrokken. Hydraulica, constructieve waterbouw en economie vormen de hoofdmoot; ecologie, hydrologie en morfologie komen echter ook nadrukkelijk aan bod. Onderzoeksonderwerpen zijn: rentabiliteit, vormgeving van sluizen en geleidewerken, effekten van diepgangsvergroting op oevers en grondwater, representatief afvoerverloop van de Maas, stabiliteit van de stuwen en waterbodemproblematiek.

10.2 Natuurontwikkeling Maas.

Natuurontwikkeling in en langs de Maas wordt in een groot aantal rijksnota's naar voren gebracht (Derde Nota Waterhuishouding, Vierde Nota Ruimtelijke Ordening en Natuurbeleidsplan). Deze rijksvisie is recent in een studie in opdracht van de provincie Limburg nader uitgewerkt in een natuurontwikkelingsplan voor het Maasdal tussen Eijsden en Kessel [Helmer, Overmars & Litjens, 1991].
Een essentieel punt van deze studie is dat een koppeling wordt gelegd met de taakstelling van de provincie om de komende decennia nog 35 miljoen ton grind te leveren. Door bepaalde vormen van grindwinning wordt enerzijds een belangrijke aanzet gegeven tot het ecologisch herstel van de Grensmaas en kunnen anderzijds natuurplassen in het Maasplassengebied worden gecreëerd (zie ook 2.6).

Relevante ingrepen in en langs de Grensmaas zijn stroomgeulverbreding en weerdverlaging, waarbij grote hoeveelheden grind en in mindere mate zand vrijkomen en meer ruimte beschikbaar komt voor de voor een grindrivier karakteristieke processen, zoals vorming van zand- en grindbanken. De ingrepen in het Maasplassengebied spitsen zich toe op een milieuvriendelijke inrichting van de bestaande en nieuwe plassen, waarbij vooral de oevers een belangrijke rol spelen. De bouw van vistrappen naast de stuwen maakt ook deel uit van het natuurontwikkelingsplan. Overigens is het rijksbeleid erop gericht in de toekomst alle stuwen in de Maas van vispassages te voorzien. Volgens het huidige plan van aanpak zal dit in 1996 het geval zijn [L.N.V. en V & W, 1991].

De definitieve besluitvorming over het natuurontwikkelingsplan voor de Grensmaas kan pas plaatsvinden na nader onderzoek. Alvorens eventueel tot uitvoering kan worden overgegaan, is - onder meer in het kader van een MER - studie nodig van de volgende onderwerpen:
- De beïnvloeding van de hoogwaterstanden langs de Grensmaas, zowel in de situatie direct na de ingreep als in de 'eindsituatie', waarin zich grind- en zandbanken, pioniersvegetatie en ooibossen hebben ontwikkeld;
- De grensligging tussen België en Nederland, die samenvalt met het diepste punt van de hoofdgeul (thalweg genoemd). Door een zorgvuldige dimensionering en localisering van de ingrepen dienen, in afwachting van te maken afspraken met België over een nieuwe grensdefiniëring, veranderingen in de ligging van de hoofdgeul en daarmee grensligging voorkomen te worden;
- De kansen en risico's voor de toekomstige flora en fauna;
- Veranderingen in het sedimenttransport waardoor mogelijk benedenstrooms van de Grensmaas meer zand en slib tot bezinking komt en dus de baggerkosten toenemen;

- De mate waarin zand, indien dit noodzakelijk is, aan de rivier moet worden toegediend om de vorming van zandbanken te bevorderen;
- De gevolgen voor de stabiliteit van infrastructurele werken (stuw Borgharen, oevers);
- De te volgen strategie ten aanzien van de volgorde van uitvoering van de verschillende locaties waar stroomgeulverbreding en weerdverlaging worden voorgesteld, dit met het oog op de rivierkundige consequenties.

Behalve in bovengenoemde studie worden nog op diverse andere plaatsen initiatieven ontplooid om tot een meer natuurlijke Maas te komen. Voorbeelden zijn: de aanpassing van het stuwbeheer bij Borgharen, de aanleg van milieu-vriendelijke oevers, de conform de Vierde nota Ruimtelijke Ordening in gang gezette natuurontwikkeling rond Fort St. Andries èn de bouwplannen voor vistrappen (door diverse waterschappen) in de Nederlandse zijrivieren van de Maas teneinde ook de paaiplaatsen voor veel vissoorten bereikbaar te maken.

10.3 Toenemend gebruik van het Maaswater.

Het Maaswater wordt momenteel voor een groot aantal doeleinden gebruikt, zoals de drinkwaterbereiding, peilhandhaving op de kanalen voor de scheepvaart en de landbouwwatervoorziening (2.3). Door allerlei ontwikkelingen is in de toekomst een toename van dit gebruik te verwachten:

- Overschakeling van grondwater naar oppervlaktewater als bron voor de drink- en industriewatervoorziening. In verband met het probleem van de grondwaterkwaliteit en de verdroging van natuur- en landbouwgebieden zijn in de provincies Limburg en Noord-Brabant op korte termijn (na 1995) maar beperkt mogelijkheden voor uitbreiding van de grondwaterwinning aanwezig om in de toenemende vraag naar drink- en industriewater te voorzien.
  De noodzaak tot het gebruik van oppervlaktewater c.q. Maaswater doet zich dan ook steeds sterker gevoelen. Een eerste aanzet wordt momenteel reeds gegeven door de uitbreiding van de oevergrondwaterwinning bij Roosteren. Voorts wordt de ontgrindingsplas Panheel ingericht als spaarbekken, dat overigens voor een belangrijk deel gevoed wordt door grondwatertoestroming. De mogelijkheden van de aanleg van een spaarbekken ter plaatse van een ontzandingsplas bij Lith worden nu bestudeerd.
  Rekening houdend met een toename van de onttrekkingen door de industrie langs de Limburgse en Brabantse kanalen, door de D.Z.H. via de Andelse Maas en door de Biesbosch spaarbekkens zal rond het jaar 2000 circa 6 m^3/s meer water aan de Maas worden onttrokken.
- Intensivering van de scheepvaart. Teneinde de te verwachten toename van het scheepvaartverkeer te kunnen verwerken worden op de Maas en (voor een deel) op de Limburgse en Brabantse kanalen verbeteringswerken voorbereid en/of uitgevoerd. In een aantal gevallen gaat dit gepaard met een, zij het beperkt, groter Maaswatergebruik. Voor compensatie van de schutverliezen op Limburgse en Brabantse kanalen is circa 3 m^3/s meer nodig: het toekomstige intensievere scheepvaartverkeer op het Julianakanaal vraagt ter plaatse van de sluizen te Born en Maasbracht circa 18 m^3/s in plaats van 16 m^3/s in de huidige situatie.

- Waterkracht als schone bron voor energie. Momenteel zijn op twee locaties langs de Maas -bij de stuwen te Linne en Lith- waterkrachtcentrales in werking. De bouw van een waterkrachtcentrale bij de stuw te Borgharen vomt onderwerp van studie.
- Intensivering van de landbouw. Alhoewel de groeimogelijkheden van de landbouwsector beperkt zijn, wordt toch een geringe uitbreiding van de voorziening met Maaswater wenselijk geacht. Dit is voornamelijk in de waterschappen de Aa, de Maaskant en Noord- en Midden-Limburg èn het polderdistrict Groot Maas en Waal het geval. Een uitbreiding van de onttrekkingen met circa 10 m^3/s is gewenst.

De geschetste toename van het gebruik van Maaswater, wat overigens niet in alle gevallen, zoals bij het Julianakanaal en de inzet van waterkrachtcentrales, gepaard gaat met een (netto) onttrekking aan de Maas, behoeft in het algemeen niet tot problemen te leiden. In droge perioden daarentegen zal de beheerder, nog meer dan in de huidige situatie, met een verdelingsvraagstuk worden geconfronteerd. Dit is nog sterker het geval als ook met toenemende onttrekkingen aan de Maas in België rekening moet worden gehouden. Een illustratief voorbeeld vormt de waterverdeling ter hoogte van Borgharen, waar achtereenvolgens met de gewenste toevoer naar de Grensmaas, de Zuid-Willemsvaart en het Julianakanaal rekening moet worden gehouden. Bij de wat hogere afvoeren komt hier wellicht ook nog de toekomstige waterkrachtcentrale bij.
Duidelijk is dat de geschetste ontwikkelingen behalve een zorgvuldig en creatief waterbeheer ook een forse onderzoeksinspanning vragen. Zonder daar al te diep op in te gaan worden hier een aantal projecten genoemd die momenteel lopen danwel, waarvan de start op korte termijn wordt voorzien:
- Wateraanvoer via de Limburgse en Brabantse kanalen ten behoeve van de scheepvaart, landbouw en industrie. Ook de aanvulling van grondwater speelt een rol. Aandacht wordt besteed aan de benodigde infrastructuur, de beschikbaarheid van Maaswater, de ecologische effecten van wateraanvoer en de waterverdeling tussen de waterschappen onderling in perioden van watertekort;
- Bouw van een waterkrachtcentrale bij de stuw te Borgharen. Onderzoeksitems zijn: de rentabiliteit, de beschikbaarheid van Maaswater, beïnvloeding van de waterbeweging en morfologie, construktieve aspecten en de zuurstofhuishouding (in de huidige situatie wordt het Maaswater door de val over de stuw met 1 à 2 mg/l zuurstof verrijkt);
- Aanleg van een spaarbekken ter hoogte van Lith. Naast planologische aspecten vormt de beschikbaarheid van Maaswater onderwerp van studie;
- De ontwikkeling van een dynamisch calamiteitenmodel, teneinde de onttrekkers langs de Maas betrouwbare informatie omtrent passage en concentratie van een gifwolk te kunnen geven. Een dergelijk model is vooral nodig nu onttrekkingen steeds meer in bovenstroomse richting worden gelocaliseerd. Tracerproeven op de Nederlandse Maas maken ook deel uit van dit project.

10.4 Internationaal overleg.

Het internationale overleg tussen België en Nederland heeft nog geen resultaat opgeleverd. De in hoofdstuk 9 beschreven consequenties van de huidige Maaswaterkwaliteit en de hierboven geschetste ontwikkelingen maken daarentegen duidelijk dat

afspraken met België over de kwantiteit en kwaliteit van de Maas steeds urgenter worden. Door de relatief grote grensoverschrijdende vracht aan verontreinigende stoffen zal een eventueel mogelijke extra saneringsinspanning in Nederland relatief weinig effect hebben. Door gebruik van gemalen bij Born, Maasbracht en Panheel wordt in Nederland zo zorgvuldig mogelijk met het beschikbare water omgegaan. Om voor de vele gebruikers tot een verdergaande verbetering te komen, zowel met betrekking tot de kwantiteit als de kwaliteit èn om voor het ecologisch herstel van de Maas optimale condities te creëren, zullen in België maatregelen moeten worden genomen. In het kort komen de wensen van Nederlandse zijde op het volgende neer:

- Saneringsprogramma voor lozingen van huishoudelijk en industrieel afvalwater en voor de diffuse lozingen;
- Realisering binnen nader te bepalen termijnen van de algemene milieukwaliteit voor alle waterlopen en waterbodems in het Belgische en Nederlandse deel van het stroomgebied van de Maas;
- Verbetering van de veiligheid bij bedrijven tegen calamiteuze verontreiniging;
- Vermindering van de "spills" en calamiteiten vanaf schepen.
- Opzet van een internationaal waarschuwings- en alarmsysteem bij calamiteiten;
- Nadere afspraken over een minimumdebiet op een bepaalde locatie waarbeneden waterbesparingsmogelijkheden in België en Nederland worden ingezet en wederzijdse consultatie plaatsvindt.

10.5 Onderzoek.

In tabel 10.1 wordt het onderzoek dat bij bovengenoemde ontwikkelingen aan de orde komt, kort samengevat in de vorm van thema's.

Onderzoeksthema	1) v s m	Scheepvaart route (MoMaro)	Natuurontwikkeling Maas	Toename gebruik Maaswater	Internationaal overleg
Compartiment water					
Afvoervariaties	s	x	x	x	x
Waterverdeling droge perioden	s m	x	x	x	x
Voorsp. waterstanden/stuwbeheer	s m	x	x		
Calamiteitenmodellering	v s m			x	x
Waterkwaliteit	v s m	x	x	x	x
Algenbloei	v s m		x	x	x
Vrachtberekeningen	s				x
Aquatisch-ecologische effecten	v s	x	x		x
Compartiment zwevend stof (slib)					
Slibbalans	v s		x		x
Slibeigenschappen/meetmethoden	v s		x		
Modellering slibgedrag	v s m	x	x	x	
Aquatisch-ecologische effecten	v s	x	x		x
Compartiment waterbodem					
Modellering sedimentatie slib	s m	x	x		
Morfologische modellering	v s m		x		
Vervuilde waterbodems	v s	x	x		x
Effecten op waterkwaliteit	s m		x		x
Sedimentatie winterbed	v s		x		x
Aquatisch-ecologische effecten	v s		x		x
Compartiment oevers en grondwater					
Relatie met rivierpeilen	v s m	x	x		
Relatie met Maaswaterkwaliteit	s		x		x

1): v = veldonderzoek/metingen
s = (bureau)studie en analyses
m = (computer)modellering

Tabel 10.1: Overzicht van de belangrijkste (Maas-)onderzoeksthema's bij het RIZA en de verdeling ervan over een aantal belangrijke ontwikkelingsvelden.

11. Literatuur

- Avezaath, van P. (in voorbereiding); Waterplanten in het Maasplassengebied. Bureau Stroming in opdracht van RIZA.

- Berbee, R.P.M.; Diffuse bronnen. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 90.016. Lelystad, februari 1990.

- Berger, H.E.J.; Systeembeschrijving Maas. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, werkdocument 91.050x. Lelystad, maart 1991.

- Botterweg, J., W. Helmer; Toekomst van een grindrivier. Deel 7. Milieuaspekten van natuurontwikkeling. Bureau Stroming in samenwerking met RIZA. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, nota nr. 91.019. Arnhem, mei 1991.

- Botterweg, J.; Biologische alarmeringssystemen: praktijkervaringen en laboratoriumtesten. Adviesbureau BKH in opdracht van RIZA. 1990.

- Boots, F. (et. al.); De Maas, dode riool of levende waterloop? verslagboek van het Maassymposium van 1 en 2 maart 1986 te Maaseik (B). Stad Maaseik, mei 1987.

- Breukel, R.M.A.; Zwemwateronderzoek in de rijkswateren 1988. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 89.032. Lelystad, juni 1989.

- Breukel, R.M.A.; Radioactiviteit in de Maas. Dienst Binnenwateren/RIZA werkdocument 89.127x. Lelystad, december 1989.

- Breukel, R.M.A., W.G. van Gogh; Cadmium in de Maas, overzicht van de verontreiniging van de Maas met cadmium in de laatste jaren. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 90.010. Lelystad, februari 1990.

- Breukel, R.M.A. (red.); Alarmering en signalering bij plotselinge waterverontreiniging op de rijkswateren. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 90.084. Lelystad, december 1990.

- Breukel, R.M.A., A.J. Schäfer; Informatiebehoefte waterkwaliteit. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, nota nr. 91.012. Lelystad, maart 1991.

- Breukel, R.M.A.; De Rijn bij Lobith; enkele tendensen in de waterkwaliteit. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, werkdocument, 91.120x. Lelystad, juli 1991.

- Burgdorffer, M., W.Silva (in voorbereiding); Sedimenttransportmetingen Grensmaas Januari 1991. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.

- Cazemier, W.G.; De vismigratie via de bekkenvistrap bij de Maasstuw te Linne. RIVO-rapport BINVIS 90-501. 1990.

- Centraal Bureau voor de Statistiek; Waterkwaliteitsbeheer, deel a: lozing van afvalwater 1988. 1991.

- Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO; Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht. Verslag 5e CHO-studiebijeenkomst. Nota nr. 15. Den Haag, 1986.

- Coördinatiecommissie uitvoering wet verontreiniging oppervlaktewateren; Diffuse bronnen van waterverontreiniging. September 1986.

- Coördinatiecommissie uitvoering wet verontreiniging oppervlaktewateren; Ecologische normdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren. 1988.

- Coördinatiecommissie uitvoering wet verontreiniging oppervlaktewateren; Aanbevelingen voor het onderzoek naar microverontreinigingen in het aquatische milieu. Januari 1989.

- Coördinatiecommissie uitvoering wet verontreiniging oppervlaktewateren; Aanbevelingen voor het monitoren van stoffen van de M-lijst uit de derde Nota waterhuishouding. December 1990.

- Coördinatiecommissie uitvoering wet verontreiniging oppervlaktewateren; De waterkwaliteit van Nederland in 1990. Augustus 1991.

- Dienst Binnenwateren/RIZA, afd. Internationale zaken; Verwachte reductie van lozingen van prioritaire stoffen in Nederland tussen 1985 en 1995, nota nr. 90.067. Lelystad, november, 1990.

- Dijkzeul, A.; De waterkwaliteit van de Maas in Nederland in de periode 1953-1980. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nota nr. 81-048. Lelystad, juli 1981.

- Europese gemeenschappen; Richtlijn van de Raad van 16 juni 1975 betreffende de vereiste kwaliteit van het oppervlaktewater dat is bestemd voor productie van drinkwater in de Lid-Staten (75/440/EEG). Luxemburg, 16 juni 1975.

- Europese gemeenschappen; Richtlijn van de Raad van 18 juli 1978 betreffende de kwaliteit van zoet water dat bescherming of verbetering behoeft ten einde geschikt te zijn voor het leven van vissen (78/659/EEG). Brussel, 18 juli 1978.

- Europese gemeenschappen; Richtlijn van de Raad van 8 december 1975 betreffende de kwaliteit van het zwemwater (76/160/EEG). Brussel, 8 december 1975.

- Europese Gemeenschappen; Richtlijn van de Raad van 4 mei 1976 betreffende de verontreiniging veroorzaakt door bepaalde gevaarlijke stoffen die in het aquatisch milieu van de Gemeenschap worden geloosd (76/464/EEG). Brussel, 4 mei 1976.

- Frantzen, N.; De kwaliteit van Maas en Rijnwater in de periode 83-89. Beoordeling met behulp van macroevertebraten. RIWA Projectgroep Macroevertebraten. Amsterdam, september 1991.

- De Graaf, F.F.M., M.E. Pot; Overall-projektplan Modernisering Maasroute. Rijkswaterstaat, Directie Limburg. Maastricht, mei 1991.

- Gerretsen, J.; Materiaaltransport door de Maas. Rijkswaterstaat, directie Limburg, nota 68.8. Maastricht, 1968.

- Griffioen, P., W. Westering; Resultaten van een vergelijkend onderzoek naar vrachtberekeningsmethodieken. Interne notitie Dienst Binnenwateren/RIZA. Lelystad, juni 1986.

- Hadderingh, R.H. ..[et al]; Fish impiingement at power stations situated along the rivers Rhine and Meuse in the Netherlands. Hydrobiological Bulletin 17, 2, pg. 129-141. 1983.

- Helmer, W., G. Klaassen, W. Silva; Toekomst voor een grindrivier, deel 5: rivierkundige aspekten van natuurontwikkeling. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, nota nr. 91.007. Arnhem, mei 1991.

- Helmer, W.; Landschapsecologische visie Grensmaasvallei. Consulentschap Natuur, Milieu en Faunabeheer Limburg. 1989.

- Helmer, W., W. Overmars, G. Litjens; Toekomst van een grindrivier, hoofdrapport. Bureau Stroming in opdracht van Provincie Limburg. 1991.

- Instituut voor Bodemnvruchtbaarheid (I.B.); Zware metalen in oevergronden en de daarop verbouwde gewassen in het stroomgebied van de Maas. Rapport van de projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren. 1987.

- Kalkhoven, C.M.A.; Resultaten van het waterkaliteitsonderzoek in de Maas in Nederland, 1970-1989. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 90.047. Lelystad, augustus 1990.

- Klaassen, G.J.; Sediment transport in armoured rivers. Delft Hydraulics, report Q 790. 1990.

- Klink, A.; Hydrobiologie van de Grensmaas. Huidig funktioneren, potenties en bedreigingen. Hydrobiologisch adviesbureau Klink BV, Rapporten en Mededelingen 15, Wageningen, september 1985.

- Klink, A.: Literatuuronderzoek naar enige factoren die invloed hebben op het biologisch herstel van de Grensmaas. Hydrobiologisch adviesbureau Klink BV, Rapporten en Mededelingen 24, Wageningen, juni 1986.

- Ma, W.C., S. Broekhuizen; Belasting van Dassen (Meles meles) met zware metalen: De invloed van verontreinigde Maasuiterwaarden?, Lutra 32: 139-151. 1989.

- Micha, J.C., M.C. Borlee; Recent historical changes on the Belgian Meuse. In: Petts, G.E., Historical change of large alluvial rivers. Western Europe, John Wiley Publ. Cy. (1989).

- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Zalm terug in onze rivieren. April 1991.

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Water voor nu en later, derde Nota waterhuishouding, Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 250, nrs. 1-2.

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, D.B.W./RIZA, D.G.W., Bureau waterbodems. Waterbodems; van probleemanalyse naar oplossing. Dienst Binnenwateren/-RIZA nota 90.038, Dienst Getijdenwateren nota GWWS-90.006. April 1990.

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Saneringsprogramma waterbodem rijkswateren 1991-2000. 's Gravenhage, juni 1990.

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat; De waterhuishouding van Nederland, 1984. 's Gravenhage, 1985.

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Rijks Waterkwaliteitsplan 1986. 's Gravenhage, 1986.

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat; De waterkwaliteit van Nederland/Indicatief meerjarenprogramma water 1985-1989. 's Gravenhage, 1986.

- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Industriële emissies in Nederland, derde inventarisatieronde 1985 t/m 1987, nrs. 1 + 1a. December 1990.

- Peelen, R.; Changes in the composition of the plankton of the rivers Rhine and Meuse during the last fifty-five years. Verh.Internat.Verein.Limnol., vol. 19, Stuttgart, 1997-2009. November 1975.

- Raadgevende Interparlementaire Beneluxraad; Samen werken aan de Maas. Verslag, samengesteld door Instituut voor Milieu en Systeemanalyse Amsterdam. Brussel, 5 november 1990.

- Rang M.C., C.E. Klein, C.J. Schouten; Bodemverontreiniging met zware metalen in het winterbed van de Maas. Geografisch Tijdschrift XIX, nr. 5. 1985.

- Reinwater, stichting; Maas + vervuilers. Amsterdam, maart 1988.

- RIWA; De samenstelling van het Maaswater in 1985 en 1986. Amsterdam, 1988.

- RIWA; Diverse Jaarverslagen 1985 t/m 1990, deel B: de Maas. Amsterdam, 1986-1991.

- RIWA; De Maaswaterkwaliteit getoetst aan het Maas-memorandum 1988. Amsterdam, 1989.

- RIWA/BIWM; Om het behoud van een schone Maas, Den Haag/Brussel, augustus 1982.

- Ruremonde van R.; Veranderingen van de visfauna in het Nederlandse rivierengebied. Kath. Universiteit Noord-Brabant. Doctoraalscriptie Aquatische Oecologie. 1988.

- Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA, Dienst Getijdewateren, Bureau Waterbodems; Waterbodems, nota D.B.W./RIZA nr. 90.038. Lelystad/Den Haag, april, 1990.

- Rijkswaterstaat, Directie Limburg (afd. ANW); Inventarisatie verontreiniging waterbodem Maas en enkele kanalen in 1986. Maastricht, november 1987.

- Rijkswaterstaat, Directie Limburg (afd. ANW); Inventarisatie verontreiniging waterbodem Maas en enkele kanalen in 1987, notitie AN 29. Maastricht, januari 1988.

- Rijkswaterstaat, Directie Limburg (afd. ANW); Inventarisatie verontreiniging waterbodem Maas en enkele kanalen in 1988. Maastricht, maart 1990.

- Rijkswaterstaat, Hoofddirectie (afd. voorlichting), de Maas, varen en spelevaren, brochure D54. Den Haag, 3e druk 1986.

- Schäfer, A.J., W.G. van Gogh, A.L. Dalebout (RWS-Directie Limburg); De waterkwaliteit van de Maas in Nederland in de periode 1981-1984. Rijksinstituut voor zuivering van afvalwater, nota nr. 85-07. Lelystad, 1985.

- Schäfer, A.J., R.M.A. Breukel; Alarmgroep milieucalamiteiten, jaarverslag 1987-1989. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 90.044. Lelystad, juli 1990.

- Schouten, C.J., M.A.N. Arts-Ummels.; De natuurlijke temperatuur van de Maas. Rijkswaretstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, nota nr.82.8. Maastricht, augustus 1981.

- Sibbles, P.L., J.A. Verduin; Een verkenning van het waterkwaliteitsvraagstuk in België. Geografisch Instituut Rijksuniversiteit Utrecht, studie rapport nr. 10 uit de reeks Westerschelde studies. Utrecht, februari 1988.

- Silva, W. (in voorbereiding); Microverontreinigingen in bodem en regenwormen in het winterbed van de Maas bij Grave. Interne publicatie RIZA.

- Silva, W.; De beschikbaarheid van Maaswater voor de landbouw in midden en oostelijk Noord-Brabant in droge jaren. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 89.047. Arnhem, juli 1989.

- Smit, H.; Het ecosysteem van de Nederlandse grote rivieren. De Levende Natuur 86, 5, pg. 162-167. 1986.

- Staatsblad; Besluit van 3 november 1983, houdende regelen inzake kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren. Staatsblad 1983 nr. 606.

- Staatsblad; Besluit van 2 april 1984, houdende wijziging van het Waterleidingbesluit (Stb.1960, 345). Staatsblad 1984 nr. 220.

- Urk, G. van; Lower Rhine-Meuse. In: Whitton, B.A. (ed): Ecology of European Rivers. Blackwell Scient.Publ., Oxford, 347-468. 1984.

- Vaate, A. bij de, A. Naber, M. Klaas; Biologisch veldonderzoek naar effecten van een cadmiumcalamiteit in de Maas, 23 t/m 25 november 1988. Dienst Binnenwateren/RIZA, werkdocument 88.100x. Lelystad, december 1988.

- Vaate, A. bij de, J. Van der Hout; De samenstelling van het fytoplankton in de Maas tijdens een algenbloei in augustus 1990. Dienst Binnenwateren/RIZA, interne notitie nr. AOBL 90.16. Lelystad, augustus 1990.

- Veen, R. van der; Koelcapaciteit van de Maas bij de Clauscentrale en Maascentrale. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 87.056. Arnhem, december 1987.

- Veen, R. van der; Stuwen in de Maas. Dienst Binnenwateren/RIZA, werkdocument 89.015x. Arnhem, februari 1989.

- Veen, R. van der; Relatie tussen debiet en stoftransport van de Maas bij Eijsden. Dienst Binnenwateren/RIZA, werkdocument 90.051x. Arnhem, mei 1990.

- Veen, R. van der, W. Silva; De stofvracht van de Maas te Eijsden in de huidige en een toekomstige situatie. Dienst Binnenwateren/RIZA, werkdocument 90.071x. Arnhem, juni 1990.

- Veen, R van der; De waterkwaliteit in de Maas vanaf de Frans/Belgische grens in de huidige en een toekomstige situatie. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling,werkdocument. (in voorbereiding)

- Venema, R; Kwaliteit zwevende stof 1988 - 1990, de kwaliteit van het zwevende stof in de rijkswateren. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, nota nr. 91.040. Lelystad, juli 1991.

- Vermeer, K.; MAASMOR morfologisch model van de Maas in Nederland. Waterloopkundig Laboratorium, verslag Q 697. November 1990.

- Vuuren, W.E. van; Waterkwaliteitseffecten slibstort Lateraalkanaal; Probleemverkenning en theoretische analyses. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 87.057. Arnhem, maart 1988.

- Vuuren, W.E. van; Waterkwaliteitseffecten slibstort Lateraalkanaal; Interimrapportage uitgevoerd onderzoek. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 88.013. Arnhem, september 1988.

- Vuuren, W.E. van; Cadmiumcalamiteiten op de Maas: een triest record in november 1988, H_2O (22), 1989, nr. 1; p. 23-25, 35. 1989.

- Vuuren, W.E. van; De waterkwaliteitssituatie in de Maas in de warme zomerperiode van juli/augustus 1990. Dienst Binnenwateren/RIZA, interne notitie WSRM 90-12. Arnhem, augustus 1990.

- Vuuren, W.E. van, R. van der Veen; De waterkwaliteit in de Limburgse en Brabantse kanalen in een tweetal hydrologische situaties in het jaar 1988. Dienst Binnenwateren/RIZA, nota nr. 90.069. Arnhem, oktober 1990.

- Vuuren, W.E. van; Evaluatie resultaten bemonstering Koornwaard april 1989. Dienst Binnenwateren/RIZA, werkdocument 90.187x. Arnhem, december 1990.

- Vuuren, W.E., R. van der Veen, J. van den Born; Analyse relatie zwevend stofafvoer voor de Maas te Eijsden in de periode 1987-1988, interne notitie RIZA-WSRM 89-27. Arnhem, 1989.

- Vuuren, W.E. van; Analyse afvoerreeks Borgharen 1911-1991; een verkennende analyse op basis van dagggemiddelde afvoeren t.b.v. MoMaRo. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, werkdocument 91.043X. Arnhem, mei 1991.

- Vuuren, W.E. van; Evaluatie vrachtberekeningsmethoden voor de Maas; Voorbeeld zwevend stof Eijsden 1987 en 1988. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, werkdocument 91.125X. Arnhem, juli 1991.

- Vuuren, W.E. van; Overzicht opgetreden cadmiumcalamiteiten in de Maas in de periode 1988-1991. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, werkdocument 91.154X. Arnhem, oktober 1991.

- Waterloopkundig Laboratorium; Waterkwaliteitsmodel (MODQUAL) voor de Maas in België en Nederland. I.o.v. Dienst Binnenwateren/RIZA. Verslag onderzoek. November 1989.

- Waterschap Zuiveringschap Limburg. Jaarverslag 1989. Roermond, 1990.

- Zuurdeeg, B.W.; De natuurlijke samenstelling van de Nederlandse wateren. Rijksuniversiteit Utrecht, Venig Meinesz Laboratorium voor geochemie. 1979.

Colofon

Uitgave	:	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA).
Meetgegevens	:	RIZA (WORSRO, DTBEST, AQUALARM, PAWN (Stofstromen)), tenzij anders vermeld.
Afbeeldingen	:	Breukel, Venema, van Vuuren.
Foto's	:	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 16, 17, 18, 20, 21, 25, 26, 29, 30: Directie Limburg. 2: R. Venema (RIZA). 8, 12, 13, 14, 15, 19, 22, 24, 27, : RIZA. 10: W. van Vuuren (RIZA). 23: RWS; Dienst Verkeerskunde. 28: NLR, productie Stokman/Buiteveld (RIZA).
Druk	:	Kon. Vermande B.V. Lelystad