907'02

24K
013

Verontreinigingsbronnen en waterkwaliteit van de Grensmaas

Pollution sources and water quality of the river Grensmaas

Sources de pollution et qualité de l'eau de la Grensmaas

R.M.A. Breukel, M.J.J. Kerkhofs & M.A.A. de la Haye

Reports of the project
"Ecological Rehabilitation of the River Meuse"
EHM nr. 12, december 1993

Institute of Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA), Rijkswaterstaat. P.O. Box 9072 , 6800 ED Arnhem, The Netherlands

Te citeren als (to be referred to as):

Breukel, R.M.A., M.J.J. Kerkhofs & M.A.A. de la Haye (1993)
Verontreinigingsbronnen en waterkwaliteit van de Grensmaas. Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse" (with a summary in english and french). Report nr. 12-1993. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA) and Directorate Limburg.

Inhoud

Voorwoord

Samenvatting (lijst met figuren en tabellen)

Summary (list with figures and tables)

Résumé (liste des figures et des tableaux)

1	Inleiding	1
2	Opzet en uitvoering onderzoek	3
2.1	Onderzoeksgebied	3
2.2	Bemonstering	3
2.3	Parameters	3
2.4	Uitvoering	5
3	Resultaten verontreinigingsbronnen	7
3.1	Zijwateren	7
3.2	Directe lozingen	11
3.3	Conclusies zijwateren en directe lozingen	12
4	Waterkwaliteit Grensmaas	15
4.1	Kwaliteit per parameter	15
4.2	Conclusies waterkwaliteit	19

Literatuur 20

Bijlagen

Voorwoord

In het kader van het project "Ecologisch Herstel Maas" (EHM) wordt onderzoek verricht naar de mogelijkheden van een vergroting van de natuurwaarden in en langs de Maas (Botterweg & Silva, 1992; Kerkhofs, 1993). Onder andere in aansluiting op de natuurontwikkelingsplannen van de Provincie Limburg wordt door het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in samenwerking met de Directie Limburg, binnen het project Ecologisch Herstel Maas (EHM), onderzoek gedaan in de Maas en de Grensmaas.

In het kader van het project EHM is het van belang om inzicht te krijgen in de kwaliteitsveranderingen die plaatsvinden op de Grensmaas. Voor de slechte waterkwaliteit van de Maas zijn niet alleen de bovenstrooms van Borgharen gelegen industriën en huishoudens verantwoordelijk. Op de Grensmaas zelf komen verontreinigingsbronnen uit die zowel uit Nederland als uit België afkomstig zijn.

Om het effect van de verontreinigingsbronnen op de waterkwaliteit van de Grensmaas te bepalen is in 1991 een 'semi lopende golf' onderzoek uitgevoerd waarbij de lozingen direct op de Grensmaas zijn geïnventariseerd (Van Hal, 1992; 1993).
De bemonstering van de zijbeken en directe lozingen is uitgevoerd in overleg met de Belgische Beheerder; de Dienst van het Albertkanaal.

Lelystad september 1994,
René Breukel, Stan Kerkhofs & Michelle de la Haye

Samenvatting.

In het kader van het project "Ecologisch Herstel Maas" (EHM) wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van een vergroting van de natuurwaarden in en langs de Maas.
De Grensmaas is arm aan karakteristieke macrofaunasoorten. Met de huidige gegevens is niet aan te geven waarom veel macrofaunasoorten in de Grensmaas ontbreken of waarom ze in zulke lage dichtheden voorkomen. Naast allerlei bekende verontreinigingen die via de Maas worden aangevoerd en het gebrek aan geschikte biotopen kan de invloed van zijwateren en (ongezuiverde) afvalwaterlozingen en riooloverstorten die uitmonden in de Grensmaas niet worden uitgesloten. Om inzicht te krijgen in de waterkwaliteitsveranderingen die plaatsvinden op de Grensmaas is in 1991 een onderzoek uitgevoerd waarbij potentiële vervuilingsbronnen zijn geïnventariseerd en waarbij onderzoek is verricht naar de waterkwaliteit van de Grensmaas zelf.

In twee perioden van vier dagen (24-27 juni en 23-26 september 1991) is een lengteprofiel opgenomen van de Grensmaas waarbij "met de stroom mee" gemeten is. Gedurende de monstercampagne was de afvoer van de Maas te laag om een lopende golf onderzoek binnen één dag over de gehele lengte van de Grensmaas uit te voeren. Daarom is de Grensmaas tijdens de 4 daagse monstercampagne opgedeeld in vier stroomtrajecten. Iedere dag is binnen één stroomtraject gemeten. Bij dit onderzoek is op iedere kilometer, op drie plaatsen in de dwarsraai (aan de linker kant, in het midden en aan de rechter kant van de rivier), het zuurstofgehalte, de geleidbaarheid, de temperatuur en de pH gemeten met mobiele meetapparatuur. Deze parameters zijn ook bepaald in de Belgische en Nederlandse zijwateren die uitmonden in de Grensmaas.
Aan de hand van 24-uurs verzamelmonsters, bij Borgharen en Stevensweert, is het gehalte aan nutriënten, zware metalen en organische microverontreinigingen in de Grensmaas bepaald. Deze parameters zijn ook bepaald in Belgische zijwateren aan de hand van steekmonsters. De gehaltes van laatstgenoemde parameters zijn in de Nederlandse zijwateren bepaald aan de hand van routinematige metingen door het Zuiveringschap Limburg.

Alle Belgische en enkele Nederlandse **zijwateren** hebben voor meerdere van de geanalyseerde stoffen een negatieve invloed op de waterkwaliteit van de Grensmaas. Met name de uit België afkomstige Rozeboomgaard en Bosbeek zijn zwaar verontreinigd; tijdens de bemonsteringen werden hoge gehalten aan zink, koper en zwevend stof gemeten. De afvoer van deze twee zijwateren is echter klein. Gezien de relatief grote afvoer en de relatief sterke verontreiniging hebben vanuit België alleen: de Ziep-, Kik- en Kogbeek en vanuit Nederland: de Verlegde Ur en de Ur een meer dan lokaal effekt op de waterkwaliteit van de Grensmaas.

Van de tijdens de meetcampagnes aangetroffen **riolen** en **overstorten** stond het overgrote deel droog. De invloed van deze lozingspunten mag dan ook overwegend klein worden geacht. Vier directe lozingen vanuit zowel Nederland (km 30.9 en 49.05) als vanuit België (km 52.35 en 52.6) hebben lokaal een negatief effekt maar zijn gezien hun lage afvoer op de totale belasting van de Grensmaas te verwaarlozen.

De waterkwaliteit van de Grensmaas wordt in belangrijke mate gestuurd door de afvoer. Bij lage afvoeren treedt weinig verdunning op, waardoor de waterkwaliteit dus het slechtst is. Door de lage afvoer in september ($\pm$ 10 m^3 s^{-1}) was de invloed van de verontreinigingsbronnen op de waterkwaliteit van de Grensmaas groter en daardoor op dat moment beter te meten dan in juni (afvoer gemiddeld 50 m^3 s^{-1}). De door biologische afbraak van de organische belasting en de door algenactiviteit veroorzaakte schommelingen in het zuurstofgehalte bleken dermate groot dat eventuele andere invloeden slecht af te lezen waren aan deze parameter.

In het kader van het ecologisch herstel van de Grensmaas lijkt de belasting vanuit de volgende bronnen het meest van belang:

Beek/lozing	Land	km	Belangrijkste probleemstof(fen)	Opmerkingen
Slakbeek	Nl	28.3	NO_3, Zn	invloed: alleen lokaal
Ziepbeek	B	32.5	O_2, NH_4^+, Kj-N, o-P, t-P, Cl	invl: meer dan lokaal
Kikbeek	B	32.5	O_2	invl: meer dan lokaal
Verlegde Ur	Nl	36.02	NO_3, NH_4^+, t-P, Ni	grote afvoer invl: meer dan lokaal
Ur	Nl	37.5	NH_4^+, o-P, t-P, Cd, Pb, Zn, lindaan, PAK's, pentachloor fen.	invl: meer dan lokaal
Kingbeek	Nl	44	NO_3	alleen lokale invloed
Kogbeek	B	46.3	O_2, Kj-N, o-P, t-P, zw.st., Cl, TOC, Cr, Cu, Ni	invl: meer dan lokaal
Rozeboomgaard	B	52.5	NH_4^+, o-P, t-P, zw.st.,TOC, Cu, Zn, EOX	alleen lokale invloed
Bosbeek	B	57.4	NH_4^+, o-P, t-P, zw.st.,Cu, Zn,	alleen lokale invloed
Afwatering Ophoven	B	59.5	NO_3, Cu, Zn	invl: meer dan lokaal

De grootste verslechtering van de waterkwaliteit van de Grensmaas is te verwachten op het traject tussen de kilometers 30 en 47. Op basis van de hier gepresenteerde gegevens lijken de Ur en de verlegde Ur (lozing van DSM) met name ten aanzien van de nutriënten en de zware metalen de belangrijkste vervuilingsbronnen te zijn.

Lijst met figuren

1 De Grensmaas met enkele daarop uitmondende Belgische en Nederlandse beken. Plaatsnamen zijn cursief weergegeven. De cijfertjes geven de rivier- en kanaalkilometers aan.

2 Het doorzicht in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni 1991.

3 Troebelheid in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni 1991.

4 Het verloop van de temperatuur in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991.

5 Verloop van het zuurstofgehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991.

6 Verloop van de geleidbaarheid in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991.

Lijst met tabellen

2.1 Overzicht van de gebruikte apparatuur en methodieken en intensiteit tijdens de bemonstering van het lengteprofiel in de Grensmaas (juni-september 1991).

2.2 Overzicht van de parameters die in de verschillende pakketten worden geanalyseerd.

3.1 Het zuurstofgehalte, de geleidendheid, de temperatuur, en de pH van steekmonsters genomen in de Grensmaas (ter hoogte van Borgharen) en de daarop uitmondende Belgische zijwateren in juli en september 1991.

3.2 De chemische samenstelling van het water in de Grensmaas (aan de hand van dagverzamelmonsters) en van enkele Belgische zijbeken die uitmonden in de Grensmaas (aan de hand van steekmonsters) in september 1991.

3.3 Het zuurstofgehalte, de geleidendheid, de temperatuur, en de Ph van steekmonsters genomen in de Grensmaas (ter hoogte van Borgharen) en de daarop uitmondende Nederlandse zijwateren in juli en september 1991.

3.4 De chemische samenstelling van het water in de Grensmaas en de daarop uitmondende Nederlandse zijwateren. De gehaltes zijn gegeven als jaargemiddelden of als de minimum en maximum waarde over de periode 1988-1991. De gegevens van de zijwateren zijn afkomstig van het Zuiveringschap Limburg.

3.5 Overzicht van de lozingspunten op de Grensmaas die tijdens de bemonsteringstochten in 1991 zijn waargenomen.

3.6 Een kwalitatieve inschatting van de invloed van de belangrijkste Nederlandse en Belgische zijwateren op de waterkwaliteit van de Grensmaas.

Summary

In the context of the project "Ecological Rehabilitation of the Meuse (EHM)," research is being carried out into the possibilities of improving ecological conditions in and along the Meuse.

The Grensmaas is poor in characteristic macrofauna types. Currently available data is not sufficient to indicate why many types of macrofauna are absent in the Grensmaas or why they are present in such low density. In addition to all kinds of known pollution conveyed by the Meuse and the lack of suitable biotopes, the effect of tributaries and (unpurified) waste water discharges and sewage overflows flowing into the Grensmaas cannot be ruled out. To get an idea of the variation in water quality on the Grensmaas, a study was carried out in 1991 in which potential pollution sources were itemised and the water quality of the Grensmaas itself was examined.

In two four-day periods (24-27 June and 23-26 September 1991) a longitudinal profile of the Grensmaas was recorded, where measurements were made "with the current." During the sample-taking campaign, the drainage of the Meuse was too low to carry out a moving wave study within one day over the entire length of the Grensmaas. For this reason, the Grensmaas was divided into 4 flow routes during the 4-day campaign. Each day, measurements were made in one of the 4 flow routes, where the oxygen level, the conductivity, the temperature and the pH were measured with mobile measuring equipment every kilometre at three locations in a transverse direction (on the left side, in the middle and on the right side of the river). These parameters were also defined in the Belgian and Dutch tributaries that flow into the Grensmaas.

The level of nutrients, heavy metals and organic micropollution in the Grensmaas was determined on the basis of 24-hour collection samples at Borgharen and Stevensweert. These parameters were also used in Belgian tributaries on the basis of random samples. The levels of the latter parameters were determined in Dutch tributaries on the basis of routine measurements made by the Limburg Sewage Treatment Board.

All Belgian and some Dutch **tributaries** have a negative effect on the water quality of the Grensmaas with regard to several of the analysed substances. In particular, the Rozeboomgaard and Bosbeek streams originating in Belgium are heavily polluted; during the sample collection, high levels of zinc, copper and suspended material were measured. The volume of these two tributaries is small, however. Given the relatively large drainage volume and the relatively high pollution, only the Ziep, Kik and Kog streams from Belgium and the Extended Ur and the Ur from the Netherlands have a more than localised effect on the water quality of the Grensmaas.

With regard to the **sewers and overflows** encountered during the measurement campaigns, the vast majority were dry. The influence of these discharge points may therefore be considered to be essentially minor. Four direct discharges from both the Netherlands (30.09 and 49.05 km) and from Belgium (52.35 and 52.6 km) have a negative effect locally but, given their low drainage volume compared to the total burden of the Grensmaas, they can be discounted.

The water quality of the Grensmaas is affected to an important extent by drainage levels. In cases of low drainage, there is little dilution, which means that water quality is at its worst. Due to the low drainage levels in September ($\pm$ 10 m^3 s^{-1}) the effect of the pollution sources on the water quality of the Grensmaas was greater, and could therefore be measured more reliably than in June (discharge average 50 m^3 s^{-1}). The fluctuations due to the biological decomposition of the organic material and algea activity were found to be so great that any other influences were difficult to read from this parameter.

In the context of the ecological rehabilitation of the Grensmaas, pollution from the following sources was found to be most significant:

Stream/discharge	Country	km	Most important problem substance(s)	Remarks
Slakbeek	NL	28.3	NO_3, Zn	influence: only local
Ziepbeek	B	32.5	O_2, NH_4^+, Kj-N, o-P, t-P, Cl	influence: more than local
Kikbeek	B	32.5	O_2	influence: more than local
Verlengde Ur	NL	36.02	NO_3, NH_4^+, t-P, Ni	large discharge influence: more than local
Ur	NL	37.5	NH_4^+, o-P, t-P, Cd, Pb, Zn lindane, PAKs, pentachlorine phen.	Influence: more than local
Kingbeek	NL	44	NO_3	only local influence
Kogbeek	B	46.3	O_2, Kj-N, o-P, t-P, susp. mat. Cl, TOC, Cr, Cu, Ni	influence: more than local
Rozeboomgaard	B	52.5	NH_4^+, o-P, t-P, susp. mat., TOC, Cu, Zn, EOX	only local influence
Bosbeek	B	57.4	NH_4^+, o-P, t-P, susp. dust, Cu, Zn	only local influence
Discharge Ophoven	B	59.5	NO_3, Cu, Zinc	influence: more than local

The most significant deterioration in the water quality of the Grensmaas can be expected on the stretch between kilometres 30 and 47. On the basis of the data displayed here, the Ur and the Extended Ur (discharge of DSM), particularly with regard to the nutrients and the heavy metals, were found to be the main pollution sources.

List of figures

1 The Grensmaas with some of the Belgian and Dutch streams that flow into it. Place names are in italics. The numbers indicate the river and canal kilometres.

2 Clarity in the Grensmaas from 24 to 27 June 1991.

3 Turbidity in the Grensmaas from 24 to 27 June 1991.

4 Temperature readings in the Grensmaas from 24 to 27 June and from 23 to 26 September 1991.

5 Oxygen levels in the Grensmaas from 24 to 27 June and from 23 to 26 September 1991.

6 Conductivity in the Grensmaas from 24 to 27 June and from 23 to 26 September 1991.

List of tables

2.1 Overview of the equipment and methods used and intensity during sample-taking from the longitudinal profile in the Grensmaas (June-September 1991).

2.2 Overview of the parameters analysed in the various packages.

3.1 The oxygen level, conductivity, temperature and pH of random samples taken in the Grensmaas (off Borgharen) and the Belgian tributaries flowing into it in July and September 1991.

3.2 The chemical composition of the water in the Grensmaas (on the basis of daily samples) and from some Belgian tributaries that flow into the Grensmaas (on the basis of random samples) in September 1991.

3.3 The oxygen level, conductivity, temperature and pH of random samples taken in the Grensmaas (off Borgharen) and the Dutch tributaries flowing into it in July and September 1991.

3.4 The chemical composition of the water in the Grensmaas and the Dutch tributaries that flow into it. The levels are expressed as annual averages or as the minimum and maximum value over the period 1988-1991. The data on the tributaries is from the Limburg Sewage Treatment Board.

3.5 Overview of the discharge points on the Grensmaas observed during the sample-taking trips in 1991.

3.6 A qualitative estimate of the influence of the most important Dutch and Belgian tributaries on the water quality of the Grensmaas.

Résumé

Dans le cadre du projet "Redressement écologique de la Meuse", une étude est réalisée sur les possibilités d'un agrandissement des valeurs naturelles dans la Meuse et sur ses rives.
La Grensmaas est pauvre en espèces macrofauniques caractéristiques. Les données actuelles ne permettent pas d'indiquer pourquoi de nombreuses espèces macrofauniques sont absentes de la Grensmaas ou pourquoi elles sont présentes en concentrations aussi faibles. Outre toutes sortes de pollutions connues amenées par la Meuse et le manque de biotopes appropriés, l'influence des affluents ainsi que des décharges d'eaux usées et déversements d'égouts (non épurés) qui se jettent dans la Grensmaas, ne peut être exclue. Une étude visant à mieux comprendre les changements de la qualité de l'eau qui surviennent sur la Grensmaas a été menée en 1991, qui comporte un inventaire des sources de pollution potentielles et une recherche sur la qualité de l'eau de la Grensmaas elle-même.

Une coupe longitudinale de la Grensmaas a été relevée dans deux périodes de quatre jours (24-27 juin et 23-26 septembre 1991), les mesures ayant été effectuées "dans le sens du courant". Pendant la campagne d'échantillonnage, le débit de la Meuse était trop faible pour la réalisation d'une étude de type "onde courante" en une seule journée sur toute la longueur de la Grensmaas. Aussi, la Grensmaas a été divisée pendant la campagne d'échantillonnage de 4 jours en quatre trajets d'écoulement. Tous les jours, on a fait des mesures dans un seul trajet d'écoulement. Lors de cette étude, la teneur en oxygène, la conductibilité, la température et le pH ont été mesurés tous les kilomètres, à trois endroits dans la ligne transversale (à gauche, au milieu et à droite du fleuve), à l'aide d'appareils de mesure mobiles. Ces paramètres ont aussi été déterminés dans les affluents belges et néerlandais qui se jettent dans la Grensmaas. A l'aide de lots d'échantillons prélevés sur 24 heures, à Borgharen et Stevensweert, les teneurs en nutriments, en métaux lourds et en micro-pollutions organiques ont été déterminées dans la Grensmaas. Ces paramètres ont aussi été déterminés dans les affluents belges à l'aide des échantillons. Les teneurs des derniers paramètres cités ont été déterminées dans les affluents néerlandais à l'aide de mesures routinières par la Zuiveringschap (collectivité publique d'épuration de l'eau) du Limbourg.

Tous les affluents belges et quelques affluents néerlandais ont, pour plusieurs des substances analysées, une influence négative sur la qualité de l'eau de la Grensmaas. Notamment les ruisseaux Rozeboomgaard et Bosbeek, venant de Belgique, sont fortement pollués; pendant les échantillonnages, des teneurs élevées en zinc, en cuivre et en matières en suspension ont été relevées. Le débit de ces deux affluents est cependant faible. Vu leur débit relativement important et leur pollution relativement forte, seuls les affluents Ziepbeek, Kikbeek et Kogbeek de Belgique, et Verlegde Ur et Ur des Pays-Bas, ont un effet plus que local sur la qualité de l'eau de la Grensmaas.

Les égouts et déversements découverts pendant les campagnes de mesure étaient en majeure partie secs. L'influence de ces points de décharge peut donc être considérée comme principalement minime. Quatre décharges directes tant depuis les Pays-Bas (km 30,9 et 49,05) que depuis la Belgique (km 52,35 et 52,6) ont un effet local négatif mais sont, étant donné leur faible débit, négligeables sur la charge totale de la Grensmaas.

La qualité de l'eau de la Grensmaas est en grande partie gouvernée par le débit. En cas de faibles débits il se produit peu de dilution, la qualité de l'eau étant donc la plus mauvaise. Suite au faible débit en septembre ($\pm$ 10 m^3 s^{-1}), l'influence des sources de pollution sur la qualité de l'eau de la Grensmaas était plus importante et de ce fait, plus facilement mesurable à ce moment-là qu'en juin (débit d'en moyenne 50 m^3 s^{-1}). Les fluctuations de la teneur en oxygène, dues à la décomposition biologique de la charge organique et à l'activité des algues, se sont avérées tellement grandes que d'autres influences éventuelles n'étaient lisibles qu'à ce paramètre.

Dans le cadre du redressement écologique de la Grensmaas, la charge la plus importante semble provenir des sources suivantes :

Ruisseau/décharge	Pays	Km	Principale(s) substance(s) à problèmes	Remarques
Slakbeek	Nl	28,3	NO_3, Zn	influence : seulement locale
Ziepbeek	B	32,5	O_2, NH_4^+, Kj-N, o-P, t-P, Cl	infl.: plus que locale
Kikbeek	B	32,5	O_2	infl.: plus que locale
Verlegde Ur	Nl	36,02	NO_3, NH_4^+, t-P, Ni	débit important infl.: plus que locale
Ur	Nl	37,5	NH_4^+, o-P, t-P, Cd, Pb, Zn, lindane, hydrocarbures aromatiques polycycliques, pentachlore phén.	infl.: plus que locale
Kingbeek	Nl	44	NO_3	influence locale uniquement
Kogbeek	B	46,3	O_2, Kj-N, o-P, t-P, matières en suspension, Cl, TOC, Cr, Cu, Ni	infl.: plus que locale
Rozeboomgaard	B	52,5	NH_4^+, o-P, t-P, matières en suspension, TOC, Cu, Zn,	influence locale uniquement
Bosbeek	B	57,4	EOX	
Ecoulement Ophoven	B	59,5	NH_4^+, o-P, t-P, matières en suspension, Cu, Zn NO_3, Cu, Zn	influence locale uniquement infl.: plus que locale

La plus grande détérioration de la qualité de l'eau de la Grensmaas est à prévoir sur le trajet entre les kilomètres 30 et 47. Sur la base des données présentées ici, l'Ur et la Verlegde Ur (décharge de DSM) semblent être, notamment à l'égard des nutriments et des métaux lourds, les principales sources de pollution.

Liste des figures

1 La Grensmaas et quelques ruisseaux belges et néerlandais s'y jetant. Les noms de villes sont indiqués en italiques. Les petits chiffres indiquent les kilomètres des fleuves et canaux.

2 Vue dans la Grensmaas du 24 au 27 juin 1991 inclus.

3 Etat trouble dans la Grensmaas du 24 au 27 juin 1991 inclus.

4 Evolution de la température dans la Grensmaas du 24 au 27 juin inclus et du 23 au 26 septembre inclus en 1991.

5 Evolution de la teneur en oxygène dans la Grensmaas du 24 au 27 juin inclus et du 23 au 26 septembre inclus en 1991.

6 Evolution de la conductibilité dans la Grensmaas du 24 au 27 juin inclus et du 23 au 26 septembre inclus en 1991.

Liste des tableaux

2.1 Aperçu des appareils et méthodes utilisés et intensité pendant l'échantillonnage de la coupe longitudinale dans la Grensmaas (juin-septembre 1991).

2.2 Aperçu des paramètres qui sont analysés dans les différents lots.

3.1 Teneur en oxygène, conductibilité, température et pH des échantillons prélevés dans la Grensmaas (à hauteur de Borgharen) et dans les affluents belges s'y jetant, en juillet et septembre 1991.

3.2 Composition chimique de l'eau dans la Grensmaas (établie à l'aide de lots d'échantillons d'une journée) et de quelques ruisseaux belges qui se jettent dans la Grensmaas (à l'aide d'échantillons) en septembre 1991.

3.3 Teneur en oxygène, conductibilité, température et pH d'échantillons prélevés dans la Grensmaas (à hauteur de Borgharen) et dans les affluents néerlandais s'y jetant, en juillet et septembre 1991.

3.4 Composition chimique de l'eau dans la Grensmaas et dans les affluents néerlandais s'y jetant. Les teneurs sont indiquées comme moyennes annuelles ou comme valeurs minimum et maximum sur la période 1988-1991. Les données des affluents proviennent de la Zuiveringschap du Limbourg.

3.5 Aperçu des points de décharge sur la Grensmaas qui ont été observés pendant la campagne d'échantillonnage en 1991.

3.6 Estimation qualitative de l'influence des principaux affluents néerlandais et belges sur la qualité de l'eau de la Grensmaas.

1 Inleiding

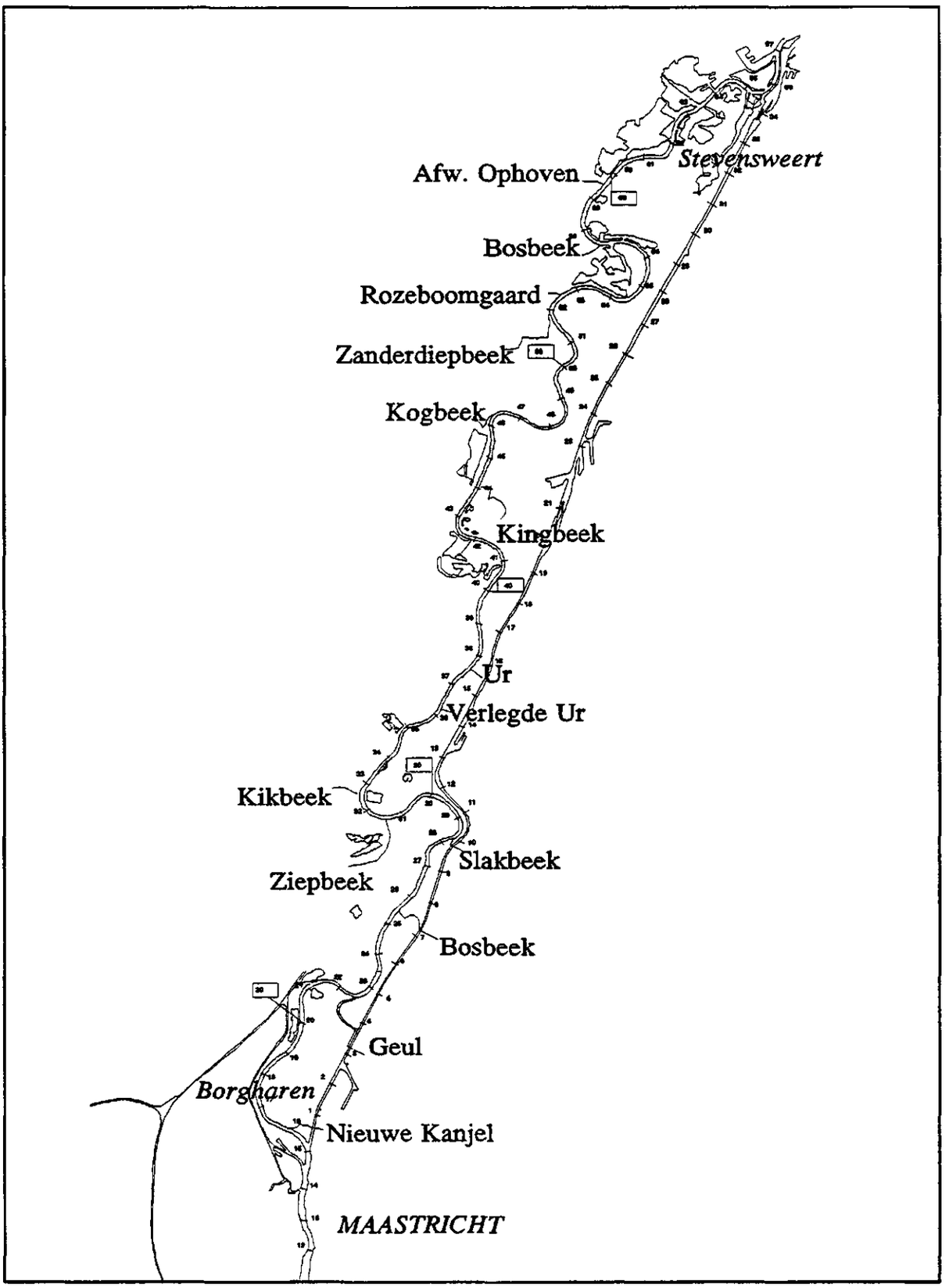
In het kader van het project "Ecologisch Herstel Maas" (EHM) wordt onderzoek verricht naar de mogelijkheden van een vergroting van de natuurwaarden in en langs de Maas (Botterweg & Silva, 1992; Kerkhofs, 1993). Onder andere in aansluiting op de natuurontwikkelingsplannen van de Provincie Limburg wordt door het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in samenwerking met de Directie Limburg, binnen het project Ecologisch Herstel Maas (EHM), onderzoek gedaan in de Maas en Grensmaas. Naast het RIZA en de regionale directie wordt de kwaliteit van de Maas ook door andere onderzoeksinstituten onderzocht zoals het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) en de Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven (RIWA).

Met de huidige gegevens is het moeilijk aan te geven waarom bijvoorbeeld veel macrofaunasoorten in de Grensmaas ontbreken. Naast allerlei bekende verontreinigingen die via de Maas worden aangevoerd en het gebrek aan geschikte biotopen kan de invloed van (ongezuiverde) afvalwaterlozingen en riooloverstorten rechtstreeks op de Grensmaas niet worden uitgesloten. Met name veel soorten macrofauna die in stromend water voorkomen, hebben over het algemeen een grote zuurstofbehoefte (Van der Velde, 1989). Deze soorten hebben het in de Grensmaas waarschijnlijk moeilijk door het grote aantal lozingen dat op dit riviertraject uitkomt en de met lozingen gepaard gaande fluctuaties in het zuurstofgehalte.

In het kader van het project EHM is het van belang om inzicht te krijgen in de kwaliteitsveranderingen die plaatsvinden op de Grensmaas tussen Borgharen en Stevensweert. Naast de slechte kwaliteit van het Maaswater dat van bovenstrooms van Borgharen wordt aangevoerd, zijn hiervoor tevens verontreinigingsbronnen aan zowel de Nederlandse als de Belgische kant van de Grensmaas van belang (Breukel *et al.*, 1992).

Om het effekt van de verontreinigingsbronnen op de waterkwaliteit van de Grensmaas te bepalen is in 1991 een 'semi lopende golf' onderzoek uitgevoerd waarbij de lozingen direct op de Grensmaas zijn geïnventariseerd. Daarnaast is de waterkwaliteit van de Grensmaas zelf onderzocht voor en na lozingen en is de kwaliteit van in de Grensmaas uitkomende waterlopen onderzocht (Van Hal, 1993).

In hoofdstuk 2 van dit rapport zal de opzet van het onderzoek toegelicht worden. In hoofdstuk 3 worden de metingen in de verontreinigingsbronnen beschreven; eerst de zijwateren, vervolgens van directe lozingen. In hoofdstuk 4 komt de waterkwaliteit van de Grensmaas zelf aan bod, zoals deze werd gemeten tijdens de meetcampagnes in juni en september.



Figuur 1 De bemonsterde en op de Grensmaas uitmondende Belgische en Nederlandse beken (plaatsnamen cursief; de cijfertjes zijn de rivier- en kanaalkilometers).

2 Opzet en uitvoering onderzoek

In de volgende paragrafen wordt de opzet van het onderzoek weergegeven zoals dat is gerapporteerd door Van Hal (1991; 1993).

2.1 Onderzoeksgebied

Het onderzoek is uitgevoerd over het gedeelte van de Maas vanaf Borgharen (km 16) tot en met Stevensweert (km 62) (zie ook figuur 1). Met dit riviertraject; Borgharen - Stevensweert, wordt over het algemeen de "Grensmaas" aangeduid.
Een overzicht van relevante locaties en lozingspunten op het Maastraject van de grens tussen Nederland en België (km 0) tot Itterbeek (B) (km 66) is weergegeven in bijlage 1 en figuur 1.

2.2 Bemonstering

1. In twee perioden van vier dagen (van 24 tot 27 juni en van 23 tot 26 september 1991) werd een lengteprofiel opgenomen van de Grensmaas. In verband met de lange looptijden bij lage afvoer werd de Grensmaas tijdens de bemonstering in de vier hierna genoemde stroomtrajecten verdeeld. Per dag werd één van de volgende trajecten bemonsterd:

1- Borgharen tot tegenover Kotem	(km 16 t/m 28)
2- Kotem tot na Nattenhoven	(km 28 t/m 40)
3- Nattenhoven tot voor Maaseik	(km 40 t/m 52)
4- Maaseik tot na Stevensweert	(km 52 t/m 66)

   Bij het onderzoek werden op iedere kilometer verschillende parameters gemeten, op drie plekken in een dwarsraai (zie ook tabel 2.2); aan de linker kant, in het midden en aan de rechter kant van de rivier. De metingen werden vanaf de kant en vanuit een roeiboot verricht met mobiele meetapparatuur (zie ook tabel 2.1).
2. Per meetdag werden aan het begin, in het midden en aan het eind van het traject steekmonsters genomen. Met deze metingen werd steeds min of meer dezelfde watermassa gevolgd tijdens de passage van een traject van de Grensmaas.
3. Gedurende de hele monstercampagne werd bij Borgharen en Stevensweert ieder uur bemonsterd met een automatische monsternemers, waarna de monsters tot 24-uurs verzamelmonsters werden samengevoegd (gemeten parameters zie § 2.3).
4. Tijdens beide meetperioden werden veldmetingen in Nederlandse zijwateren uitgevoerd. In de Belgische beekjes zijn alleen in de septemberperiode steekmonsters genomen voor laboratorium analyses.

2.3 Parameters

1. In het lengteprofiel zijn per kilometer aan de rechter kant, in het midden en aan de linker kant van de rivier de volgende veldmetingen metingen uitgevoerd: diepte, stroomsnelheid, troebelheid, zuurstof, geleidendheid, temperatuur, zuurgraad en doorzicht. In tabel 2.1 wordt een lijst gegeven van de in het veld gebruikte meetapparatuur.

Tabel 2.1 Overzicht van de gebruikte apparatuur en methodieken en intensiteit tijdens de bemonstering van het lengteprofiel in de Grensmaas (juni-september 1991).

parameters	apparaten	opmerkingen
VELDMETINGEN: (gemeten op iedere km van een stroomtraject)		
diepte	peilbuis	lengte 4 m (> 4 m genoteerd als + 4)
stroomsnelheid	Marsh-MacBirney (MMB)	soms ook met drijvend hout
troebelheid	Mex-3	juni 100% troeb. = zwev. st. geh. 1000 mg/l sept. 100% troeb. = zwev. st. geh. 500 mg/l
zuurstof	WTW Multibox van Fam. Retsch 196 serie	in september is met de afzonderlijke meters van dezelfde 196 serie gewerkt
geleidbaarheid	"	
temperatuur	"	
zuurgraad	"	
doorzicht	Secchi schijf	
MONSTERS TER ANALYSES: (genomen op begin-midden-eindpunt van een stroomtraject)		
chlorofyl	emmer	bij 4°C bewaard
fytoplankton	emmer	conservering met jodium formaline
zoöplankton	emmer (25 l over planktonnet)	conservering met alcohol
Coli's en streptococcen	fles (1l)	
micro's *	emmer	diepgevroren bewaard
macro's **	emmer	

* micro's = PAK's, PCB's etc. (zie ook tabel 2.2)

** macro's = totaal stikstof, kjeldahl stikstof, nitriet, nitraat, ortho fosfaat, totaal fosfaat, ammonium stikstof, silicium, chloride, zwevend stof, gloeirest en totaal organisch koolstof (TOC)

De gebruikte meetapparatuuur werd aan het begin en eind van ieder stroomtraject geijkt. De monsters die ter analyse genomen werden bestonden steeds uit mengmonsters van de drie monsters op de dwarsraai.

2. Per meetdag zijn aan het begin, in het midden en aan het eind van het traject steekmonsters genomen waarin de parameters uit pakket A (tabel 2.2) zijn bepaald.
   Van de monsters aan begin en eind van het traject is bovendien pakket B (tabel 2.2) bepaald.
3. Van de dagverzamelmonsters bij Borgharen en Stevensweert zijn de parameters uit pakket A geanalyseerd.
4. In de monsters uit de op de Grensmaas uitmondende beekjes zijn de parameters bepaald uit de pakketten A, B en C (tabel 2.2).

Tabel 2.2 Overzicht van de parameters die in de standaardpakketten van het RIZA worden geanalyseerd.

pakket A:	nitriet, nitraat, ammonium, Kjeldahl-N, fosfaat, ortho-fosfaat, silicium, chloride, zwevende stof en TOC.
pakket B:	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, aerobe kiemgetallen, anaëroob kiemgetal, totaal coli's, thermotolerante coli's, Escherichia coli en faecale streptococcen.
pakket C:	PAK's (EPA-reeks), PCB's (Balschmitter), EOX, MAK's (benzeen, tolueen, ethylbenzeen en xyleen).

2.4 Uitvoering

Monstername: De bemonsteringen zijn uitgevoerd door medewerkers van RWS-directie Limburg en het RIZA (in overleg met de Belgische Beheerder; de Dienst van het Albertkanaal).

Analyses: De monsters van de eerste periode zijn geanalyseerd door de laboratoria van het RIZA. De monsters van de tweede periode zijn geanalyseerd door een bedrijf in Maastricht. Dit met uitzondering van de chlorofyl- en algenbepalingen die door het RIZA zijn uitgevoerd.

Bijzonderheden: Van belang is het verschil in afvoer tussen beide perioden.
In de septemberperiode was de afvoer min of meer constant, zo'n 10 $m^3 s^{-1}$; een lage afvoer waarbij verontreinigende bronnen van relatief grote invloed kunnen zijn.
In de juniperiode varieerde de daggemiddelde afvoer tussen 10 en 160 $m^3 s^{-1}$ met een gemiddelde van $\pm$ 50 $m^3 s^{-1}$. Dergelijke fluctuaties zijn overigens niet ongewoon en worden (ondermeer) veroorzaakt door het lozingsregiem van de waterkrachtcentrale bij Lixhe.

3 Resultaten verontreinigingsbronnen

3.1 Zijwateren

In de op de Grensmaas uitkomende wateren is door middel van o.a. veldmetingen onderzoek uitgevoerd naar de verontreinigingssituatie. Van de Belgische zijwateren zijn alleen in de septemberperiode bovendien steekmonsters genomen voor laboratoriumanalyses. Voor de Nederlandse zijwateren stonden routinematige meetgegevens van het Zuiveringschap Limburg ter beschikking.

Belgische zijwateren
Van de volgende Belgische wateren zijn monsters genomen (zie ook figuur 1):
- de Ziepbeek (km 31.5)
- de Kikbeek (km 32.5)
- de Kogbeek (km 46.3)
- de Zanderbeek/Diepbeek (km 51.9)
- de Rozeboomgaard (km 52.5)
- de Bosbeek (km 57.4)
- en het afwateringskanaal Ophoven (km 59.5).

Drie wateren stonden droog zodat hier geen metingen in konden worden uitgevoerd; de Langbroekbeek (km 34.9), de Rachelsbeek (km 42) en de Oude Maas (km 43.3). De resultaten van de veldmetingen in de beken zijn weergegeven in tabel 3.1. Hierbij zijn de temperatuur, geleidendheid en zuurgraad van beide meetperioden, gezien de geringe verschillen, gemiddeld. De meetwaarden van zuurstof zijn wèl van beide perioden (juni-september) weergegeven. Ter vergelijking zijn de gemiddeld voorkomende gehaltes van de Grensmaas te Borgharen in de meetperiode vet aangegeven.

Tabel 3.1 Het zuurstofgehalte, de geleidendheid, de temperatuur, en de pH van steekmonsters genomen in de Grensmaas (ter hoogte van Borgharen) en de daarop uitmondende Belgische zijwateren in juni en september 1991.

	Maas Borgh.	Ziep-beek	Kik-beek	Kog-beek	Zander-diepb.	Rozeb.-gaard	Bos-beek	Afw. Ophoven
kilometer:	16.5	31.5	32.5	46.3	51.9	52.5	57.4	59.5
afv. (l/s)[1]:	10.000-50.000	200-300	300-400	100	15 1-3	5-8	300	
O_2 (mg/l)[1]	**8.8/7.2**	5.5/2.9	?/3.6	5.5/0.3	5.6/5.4	5.1/4.6	4.9/2.1	7.3/7.6
O_2 % verz.	**94/77**	57/31	?/36	60/3	60/58	54/48	51/22	75/78
gel.(mS/cm)[2]	**0.7**	0.8	0.5	1.4	0.8	0.6	0.5	0.3
T (°C)[2]	**19.0**	17.6	17.0	20.4	19.0	18.0	17.4	17.2
pH[2]	**7.6**	7.5	7.2	7.1	7.2	7.7	7.5	7.4

[1]: juni/september
[2]: vanwege de geringe verschillen zijn de waarden van juni en september gemiddeld.

Bij de veldmetingen vallen de lage zuurstofgehaltes op, vooral die in september (2de getal). Alle Belgische zijwateren (uitgezonderd Afwateringskanaal Ophoven) blijken een zuurstofgehalte hebben dat slechter is dan dat van de Grensmaas bij Borgharen en zullen dus lokaal een verslechtering veroorzaken. Zelfs vrijwel zuurstofloosheid komt voor (september; Ziep-, Kog- en Bosbeek).

In tabel 3.2 zijn de chemische gegevens van de in de Grensmaas uitmondende Belgische beken weergegeven. Tevens zijn in deze tabel de waarden voor dezelfde parameters in de Grensmaas weergegeven (september gemiddelde 24-uurs verzamelmonsters Borgharen - Stevensweert).

Tabel 3.2 De chemische samenstelling van het water in de Grensmaas (aan de hand van dagverzamelmonsters) en van enkele Belgische zijbeken die uitmonden in de Grensmaas (aan de hand van steekmonsters) in **september 1991.**

	Maas Borg/Stev	Ziep-beek	Kik-beek	Kog-beek	Zande-Diepb.	Rozeb.-gaard	Bos-beek	Afw. Ophoven
Kilometer		31.5	32.5	46.3	51.9	52.5	57.4	59.5
Afvoer (l/s)[1]		200-300	300-400	100	15	1-3	5-8	300
(mg l^{-1})								
nitraat	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5-15
ammonium	0.5	17	6	6	4	24	23	1
Kjeldahl-N	1.7	18	8	22	7	36	35	2
T-fosfaat	0.4	1.8	1.1	1.8	1.2	3.3	3.7	0.5
T-fosfaat	0.5	2.8	1.2	2.0	1.5	4.3	5.3	0.8
zwev. stof	15	12	39	104	15	150	86	10
chloride	77	113	35	314	64	27	36	27
TOC	7	11	5	226	6	61	37	3
(μg l^{-1})								
cadmium	1	0.3	0.4	<0.2	0.5	1.4	0.8	<0.2
chroom	7	<1	<1	40	1.3	1.4	<1	<1
koper	6	8	12	28	6	47	46	25
nikkel	4	0.5	0.5	53	1	1	0.5	0.5
lood	6	<1	<1	8	<1	3	2	<1
zink	70	9	8	26	2	161	178	170
PAK's (tot.[2])	0.2	0.02	0.03	0.2	<0.02	0.4	0.5	0.1
EOX	0.4	<1.0	<1.0	<0.1	<1.0	3.3	<1.0	<1.0
(n ml^{-1})								
thermotol. c.	150	8	<1	72	<1	<1	10	10

[1] tijdens de bemonsteringscampagnes
[2] 6 van Borneff

De chemische analyses laten vooral hoge gehaltes aan organische belasting, nutriënten en metalen zien. Waar mogelijk zijn deze éénmalige meetgegevens bijgesteld aan de hand van Belgische meetgegevens (Janssen, 1991). Ter vergelijk zijn de septembergehaltes van de Grensmaas (Borgharen/Stevensweert) aangegeven, waar nodig aangevuld met gemiddeld voorkomende gehaltes.
De Rozeboomgaard en de Bosbeek zijn zeer sterk verontreinigd, maar hebben slechts

een afvoer van enkele liters per seconde en zijn derhalve slechts lokaal van belang. Het afwateringskanaal Ophoven heeft een met de Maas vergelijkbare kwaliteit met uitzondering van hoge zink-, koper- en vooral nitraatgehaltes).
Gezien de combinatie van slechte kwaliteit en relatief grote afvoer zijn de Ziepbeek, de Kikbeek en vooral de Kogbeek de belangrijkste bronnen van verontreiniging. Overigens moet niet worden vergeten dat bij deze beschouwing is uitgegaan van een éénmalige meting van concentraties en niet van vrachten. De uitkomsten moeten dan ook als indicatief worden beschouwd.

Bij het onderzoek zijn de volgende parameters niet of nauwelijks aangetroffen: nitriet, kwik, faecale streptococcen, diverse PAK's, EOX, MAK's en PCB's. Dit is waarschijnlijk deels te wijten aan de gehanteerde (hoge) detectiegrenzen, deels ook aan de lage gehaltes van dit soort stoffen in de waterfase. De parameters zijn dan ook niet in tabel 3.2 opgenomen.

Bij kilometer 36.5 vanaf Belgisch grondgebied is een toestroom van helder, zoutarm, koud en zuurstofrijk water "ontdekt" met een vrij lage pH. Dit (vermoedelijke) grondwater kan kwel zijn of weggepompt mijnwater. De afvoer werd geschat op $\pm$ 30 $l\ s^{-1}$.

Nederlandse zijwateren
In de Nederlandse zijwateren; Nieuwe Kanjel (km 16.0), Geul (km 22.5), Bosbeek (km 25.0), Slakbeek (km 28.3), Ur (km 37.5) en Kingbeek (km 44) zijn alleen het zuurstofgehalte, de geleidendheid, de temperatuur en de pH bepaald (zie tabel 3.3). De Nieuwe Kanjel en de Kingbeek stonden beide droog gedurende de meetcampagne in juni en september en zijn derhalve niet gemeten.
Steekmonsters zijn niet genomen omdat de chemische samenstelling van de zijwateren bepaald kon worden aan de hand van routinematige meetgegevens van het Zuiveringschap Limburg.

Tabel 3.3 Het zuurstofgehalte, de geleidendheid, de temperatuur, en de pH in de Grensmaas (aan de hand van dagverzamelmonsters) en de daarop uitmondende Nederlandse zijwateren in juni en september 1991.

	Maas	Geul	Bosbeek	Slakbeek	Verl. Ur	Ur
kilometer	16	22.5	25	28.3	36.02	37.5
Afvoer (l/s)[1]		3500	6	75	1250	250
zuurstof (mg/l)[2]	8.8/7.2	8.4/11.5	6.8/?	7.8/8.9	6.3/8.4	6.9/9.0
zuurstof (%)	94/77	84/114	73/?	85/97	74/98	74/97
geleidendheid[3]	0.7	0.5	0.6	0.8	1.5	0.9
temperatuur[3]	19.0	15.5	19.3	19.9	24.7	19.1
zuurgraad[3]	7.6	8.2	7.6	8.2	7.7	7.7

[1]: tijdens de bemonsteringscampagnes
[2]: vanwege de geringe verschillen zijn de waarden van juni en september gemiddeld.
[3]: juni/september

Met betrekking tot de veldmetingen kan gesteld worden dat de waarden van het zuurstofgehalte, de temperatuur, de geleidendheid en de zuurgraad in de zijwateren tijdens de meetperioden in juni en september, weinig afwijken van de gemeten waarden van de Maas zelf. Met name het zuurstofgehalte is in de zijwateren ongeveer hetzelfde en in september zelfs beter dan in de Maas. Wel vallen de hoge geleidendheid en temperatuur van de Verlegde Ur op.

De chemische gegevens van deze zijwateren zijn afkomstig van het Zuiveringschap Limburg (ZL) en worden (gedeeltelijk) in tabel 3.4 weergegeven. Het gaat hierbij om een globale indruk van de gemiddelde meetwaarden in de periode 1988 - 1991 en dus niet, zoals bij de Belgische zijwateren om éénmalige steekmonsters. Ter vergelijking zijn van de Maas ook de gemiddelde gehaltes uit de periode 1988 - 1991 weergegeven.

Tabel 3.4 De chemische samenstelling van het water in de Grensmaas en de daarop uitmondende Nederlandse zijwateren. De gehaltes zijn gegeven als jaargemiddelden of als de minimum en maximum waarde over de periode 1988-1991 (bron; Zuiveringschap Limburg).

	Maas gemiddeld	Nw.Kanjel (Borgh.)	Geul (Bunde)	Bosbeek (Geulle)	Slakbeek (Elsloo)	Verl. Ur (DSM)	Ur (Urmond)	Kingb. (Paph.)
kilometer		16	22.5	25	28.3	36.02	37.5	44
Afvoer (l/s)[1]		5	3500	6	75	1250	250	20
(mg/l)								
zuurstof	**7-9**[2]	6.3-8.1[2]	9.5-11.4[2]	12.8	8.7-10.5[2]	6-8[2]	7.1-9.1[2]	11.5-12[2]
nitraat	**3**	2.3-2.9	5.5-6.6	11	6.9-13.5	23[3]	5.9-7.9	21-22
ammonium	**0.5**	0.4-0.7	0.3-0.6	0.1	0.3-1.1	1-2[3]	7.1-21.2	0.1-0.2
Kjeldahl	**1.4**	-	-	-	-	6[3]	-	-
o-fosfaat	**0.4**	0.2-0.4	0.4	0.03	0.2-0.5	-	1.4-2.2	0.045
t-fosfaat	**0.5**	0.6-0.9	0.6-0.7	<0.5	0.6-1.1	1.9[3]	1.9-2.9	0.1-0.13
zwev.stof	**30**	23-144	23-48	-	9-31	-	16-125	9
chloride	**60**	37-62	24-28	45	44-65	-	54-81	46-47
(µg/l)								
cadmium	**1**	0.3-2.6	0.2-0.6	-	0.05-0.2	-	0.03-2.9	0.06
chroom	**7**	<1-6	<1	-	<1	1[3]	1.4-4.3	<1
koper	**5**	<1-20	<1-2	-	<1-9	2[3]	6-13	<1
nikkel	**4**	<0.5-7	<0.5-2	-	<0.5	10[3]	<0.5-6	<0.5
lood	**6**	2-46	5-21	-	<1-5	-	10-50	<0.5
zink	**70**	34-400	125-194	-	317-640	90[3]	35-190	11.5
lindaan	**0.02**	0.009-0.02	0.008-0.02	-	0.007-0.03	-	0.03-0.08	-
pentachl.fen.	**0.02**	0.04-0.07	0.01-0.3	-	0.04-0.3	-	0.09-0.36	-
PAK's[4]	**0.2**	0.08-1.2	0.15-0.7	-	0.04-0.5	-	0.7-0.9	-

[1] = jaargemiddelde
[2] = minimum-maximum
[3] = schattingen uit lozingsgegevens
[4] = 6 van Borneff
- = geen gegevens

Voor de Verlegde Ur (effluent van de zuiveringsinstallatie van DSM) zijn concentraties berekend vanuit de lozingsgegevens en een gemiddeld debiet van 1,25 $m^3 s^{-1}$.

Ook uit deze routinematig bepaalde gegevens vallen de goede zuurstofgehaltes op. Deze zijn aanzienlijk beter dan de gehaltes in de Belgische zijwateren.

Gezien de afvoer zijn vooral de Geul, Verlegde Ur, Ur en Slakbeek van belang. De andere beekjes zullen, gezien de kleine afvoer en de overwegend goede kwaliteit, nauwelijks van invloed zijn op de kwaliteit van de Grensmaas.
Van de vier grootste beken is de Geul veruit het grootst. De waterkwaliteit van de Geul is relatief goed, alleen de concentraties van de nutriënten zijn wat aan de hoge kant. Er worden hoge zuurstofgehaltes en lage gehaltes aan zout en microverontreinigingen gemeten. Bekend is echter dat de waterbodem en het winterbed van de Geul ernstig verontreinigd zijn met metalen, afkomstig van Belgische mijnactiviteiten (Klein & Rang, 1984; Anonymus, 1987). De kwaliteit van het slib is echter niet in dit onderzoek betrokken.

De Verlegde Ur voert met het effluent van de zuiveringsinstallatie van DSM veel nutriënten aan, met name veel stikstofverbindingen.
De Ur is duidelijk vervuild. Het zuurstofgehalte is bevredigend maar de gehaltes aan zouten, nutriënten (ammonium!) en microverontreinigingen zijn hoog. De Slakbeek kent vooral hoge nitraat- en zinkgehaltes.
Gezien het bovenstaande zijn vooral de Verlegde Ur en de Ur van invloed op de Maaswaterkwaliteit. De Geul kan specifieke problemen opleveren bij hoge afvoeren (slibgolven) en de Slakbeek kent verhoogde gehaltes voor nitraat en zink.

3.2 Directe lozingen

In §3.1 zijn de zijwateren van de Grensmaas behandeld. Via deze wateren kunnen indirect lozingen van (huishoudelijk) afvalwater plaatsvinden op de Maas; soms bestaat het water van een zijwater zelfs grotendeels uit al dan niet gezuiverd afvalwater. Daarnaast zijn langs de oevers van de Maas op diverse lokaties directe lozingspunten. Deze worden in deze paragraaf behandeld.

In tabel 3.5 wordt een overzicht gegeven van de lozingspunten die tijdens de bemonsteringstochten zijn waargenomen. Het betreft voornamelijk lozingen van effluent van zuiveringsinstallaties, overstorten van riolen of ongezuiverd huishoudelijk afvalwater. Daarnaast is de spoelwaterlozing van het grindbedrijf ter hoogte van Maaseik (km 52.6) opgevallen.

Het overgrote deel van de riolen en overstorten waren op beide campagnes droog of vrijwel droog. De invloed van deze lozingspunten mag dan ook gering worden verondersteld. Overstorten werken alleen bij veel neerslag (als het riool het aanbod niet kan verwerken) en in die gevallen zal de afvoer van de Grensmaas in de regel ook relatief groot zijn.

De volgende lozingspunten stonden tijdens de meetcampagnes niet droog: het riool van (vermoedelijk) Groot Meers op km 30.9, de lozing van ongezuiverd afvalwater Visserweert op km 49.05, het riool van Maaseik op km 52.35 en de spoelwaterlozing van het grindbedrijf bij Maaseik op km 52.6.
Deze drie riolen lozen relatief geringe hoeveelheden huishoudelijk afvalwater. De spoelwaterlozing van het grindbedrijf lijkt voornamelijk de troebelheid lokaal te vergroten. Hoewel de lozingen, met name die van ongezuiverd afvalwater, plaatselijk

enige problemen kunnen opleveren vallen ze in het niet bij de invloed van de zijwateren. Ze worden dan ook niet verder behandeld in § 3.3.

Tabel 3.5 Overzicht van de lozingspunten op de Grensmaas die tijdens de bemonsteringstochten in 1991 zijn waargenomen.

km	kant*	omschrijving	opmerkingen
16.2	Nl	Riolering Borgharen	droog
16.7	Nl	IJzeren buis	droog, ϕ 80 cm.
19.9	Nl	IJzeren buis	droog, ϕ 50 cm., riolering Itteren
21.3	Nl	IJzeren buis	droog, ϕ 50 cm., overstort visvijvers
24.7	B	Betonnen overstort + klep	droog, riool?
29.3	B	Betonnen riool	riool brug Elsloo, droog/iets water
30.9	Nl	Eivormig riool	1 l/min., riool Groot Meers
38.9	Nl	Riooloverstort	riooloverstort Berg, Nattenhoven
41.5	Nl	Betonnen riool	droog, ϕ 100 cm., riolering Obbicht
45.2	B	IJzeren pijp met klep	droog, ϕ 100 cm.
49.05	Nl	IJzeren riool	ϕ 50 cm., lozing ongez. afvalwater Visserweert
50.2	B	Eivormig riool	droog, in talud, riool Heppenert
52.35	B	Lozing afvalwater	5-10 l/s, riool Maaseik
52.6	B	Lozing grindbedrijf	spoelwaterlozing
58.05	B	IJzeren pijp met klep	droog, ϕ 100 cm, riool watersportcentrum
59.2	Nl	IJzeren pijp met klep	droog
61.9	Nl	Riooloverstort	Overstort Stevensweert

*: B=Belgisch, Nl=Nederlands

3.3 Conclusies zijwateren en directe bronnen

Hieronder is een inschatting gegeven van de invloed van de verschillende bronnen van verontreinigingen op de waterkwaliteit van de Grensmaas. In het bovenstaande is gesteld dat alleen de relatief grote bronnen met een slechte kwaliteit van wezenlijke invloed zullen zijn op de kwaliteit van de Grensmaas. De directe bronnen waren (tijdens de meetcampagnes!) alle te klein om meer dan lokale beïnvloeding te verwachten.
De Belgische zijwateren zullen allemaal lokaal een negatief effect op de waterkwaliteit van de Maas veroorzaken. Mede gezien de afvoer zijn de volgende Belgische zijwateren méér dan alleen lokaal van belang voor de waterkwaliteit van de Maas: de Ziepbeek (km 31.5), de Kikbeek (km 32.5) en vooral de sterk verontreinigde Kogbeek (km 46.3).
Van Nederlandse zijde hebben de Slakbeek (km 28.3), de Verlegde Ur (km 36.02) en de Ur (km 37.5) een meer dan lokale invloed op de waterkwaliteit van de Maas.

Een kwantitatieve inschatting van de verontreiniging kan op basis van de beperkte meetgegevens niet verantwoord worden gemaakt, zodat is volstaan met het aangeven van een te verwachten verandering ten opzichte van de kwaliteit van de Grensmaas zelf (zie tabel 3.6).

Tabel 3.6 Een kwalitatieve inschatting van de invloed van de meest vervuilende Nederlandse en Belgische zijwateren op de waterkwaliteit van de Grensmaas.

	(Nl) Slakbeek	(B) Ziepbeek	(B) Kikbeek	(Nl) Verl. Ur	(Nl) Ur	(B) Kogbeek
kilometer	28.3	31.5	32.5	36.02	37.5	46.3
Afvoer (l/s)[1]	75	200-300	300-400	1250	250	100
zuurstof	+	---	---	-	-	---
geleidendheid		+	+	--	+	--
temperatuur		+	+	---	+	--
zuurgraad		+	+	+	+	+
nitraat	---	+	+	---	---	+
ammonium	--	---	---	--	---	---
Kjeldahl	*	---	--	--	*	---
o-fosfaat	+	--	--	*	--	--
t-fosfaat	--	---	--	---	---	---
chloride	+	-	+	*	+	---
TOC	*	-	+	*	*	---
cadmium	+	+	+	*	-	*
chroom	*	*	*	+	+	--
koper	+	+	-	+	-	--
nikkel	*	*	*	-	+	--
lood	*	*	*	*	--	+
zink	---	+	+	+	--	+
lindaan	+	*	*	*	--	*
pentachl.fen.	--	*	*	*	--	*
PAK's (6vB)	-	*	*	*	--	+

\+ = geen of positieve invloed
\- = lichte/periodieke verslechtering
-- = verslechtering
--- = sterke verslechtering
* = geen meetgegevens
[1] = jaargemiddeld (Nl) of ten tijde van de bemonsteringsperiode (B)

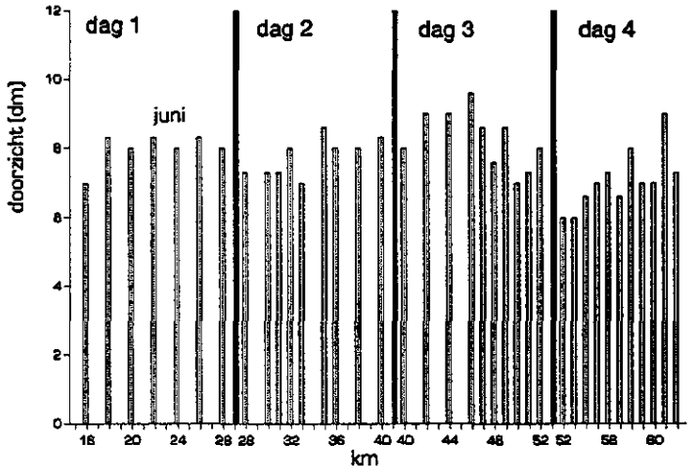
Uit tabel 3.6 is goed af te lezen waar en voor welke parameters een verslechtering van de kwaliteit van het water in de Grensmaas te verwachten is als gevolg van de instroom van de belangrijkste Nederlandse en Belgische zijwateren.
Voor wat betreft het zuurstofgehalte is dat direct bij de instroom van de drie Belgische zijwateren. Verder brengen alle zijwateren veel stikstof en fosfaat in. Gezien de afvoer is dit vooral bij de Verlegde Ur van belang. Via afbraak- en omzettingsprocessen van de (organisch gebonden) nutriënten en via algenbloei kan dit eveneens een negatieve invloed op het zuurstofgehalte hebben. Meer inzicht in de TOC-gehaltes is hierbij nodig.
De Kogbeek is bovendien ook een belangrijke bron van chloride, organisch materiaal en enkele metalen. De Slakbeek is vooral voor de gehaltes aan nitraat en zink van belang. De Ur tenslotte is voor enkele metalen, en organische microverontreinigingen een bron van verontreiniging.

Er moet echter met nadruk op gewezen worden dat veel parameters niet gemeten zijn zodat een onvolledig beeld wordt geschetst. Met name voor TOC, metalen en organische microverontreinigingen ontbreken nogal wat getallen. Bovendien is het onderzoek uitsluitend uitgevoerd naar gehaltes in de waterfase. Een bekende verontreinigingsbron als de Geul (slib) blijft hierdoor buiten beeld. Voor meer dan indicatieve conclusies zijn extra meetcampagnes nodig.

4 Waterkwaliteit Grensmaas

4.1 Kwaliteit per parameter

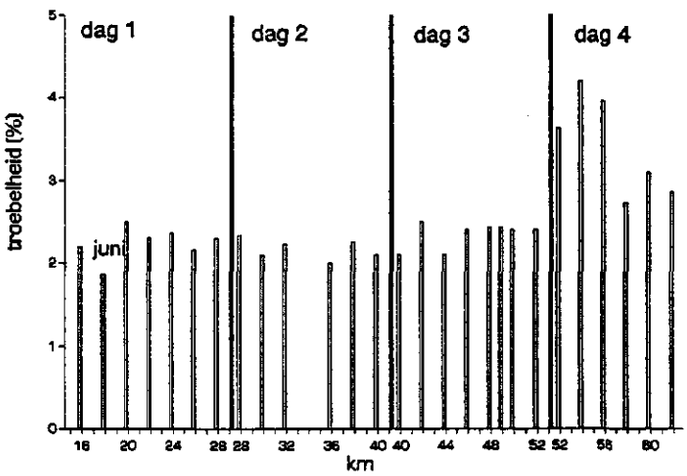
In beide meetperioden zijn behalve in de zijwateren ook in de Grensmaas zèlf, op iedere kilometer, enige veldmetingen uitgevoerd (doorzicht, troebelheid, temperatuur, zuurstof en geleidbaarheid). De resultaten worden hieronder kort besproken. Per dag werden metingen uitgevoerd in één stroomtraject (zie § 2.2). De onderbrekingen tussen de metingen zijn in de figuren aangegeven met de verticale balken op km 28, 40 en 52.



Figuur 3 Het doorzicht in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni 1991.

Op deze locaties zijn metingen gedaan op het eind van de ene meetdag en aan het begin van de volgende meetdag. Verschillen tussen de metingen worden veroorzaakt doordat een andere "partij" water werd gemeten. Bij b.v. het zuurstofgehalte spelen bovendien dag en nacht fluctuaties een rol.
Van belang bij het bekijken van de figuren is vooral het het verschil tussen beide meetperioden. In september was de afvoer vrij constant, zo'n 10 $m^3 s^{-1}$; een lage afvoer waarbij verontreinigende bronnen een relatief grote invloed kunnen hebben. Tussen 22 en 27 juni varieerde de afvoer tussen 10 en 160 $m^3 s^{-1}$ met een gemiddelde van $\pm$ 50 $m^3 s^{-1}$.

Doorzicht
Doorzicht (figuur 3) en troebelheid (figuur 4) zijn alleen van de 1e meetperiode weergegeven, in de 2de periode werden de metingen verstoord door graafwerkzaamheden in de Grensmaas ten behoeve van de aanleg van een pijpleiding. Vanaf km 46 is een daling in het doorzicht te zien (figuur 3). Dit kan komen door de instroom van de sterk vervuilde (vrijwel zwarte!) Kogbeek op kilometer 46.3.



Figuur 4 Troebelheid in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni 1991 (100% troebelheid = zwevend stof gehalte van 1000 mg/l).

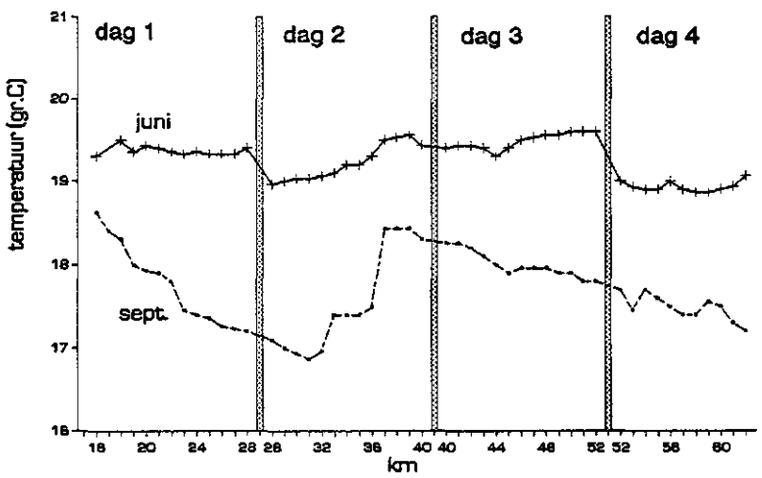
De daling houdt aan tot km 52 waarna het doorzicht weer gaat stijgen.

Troebelheid

Bij de troebelheid valt vooral de kortstondige toename vanaf kilometer 52 op (figuur 4). Mogelijk heeft de lozing van het spoelwater van het grindbedrijf, op kilometer 52.6, invloed op de troebelheid.

Temperatuur

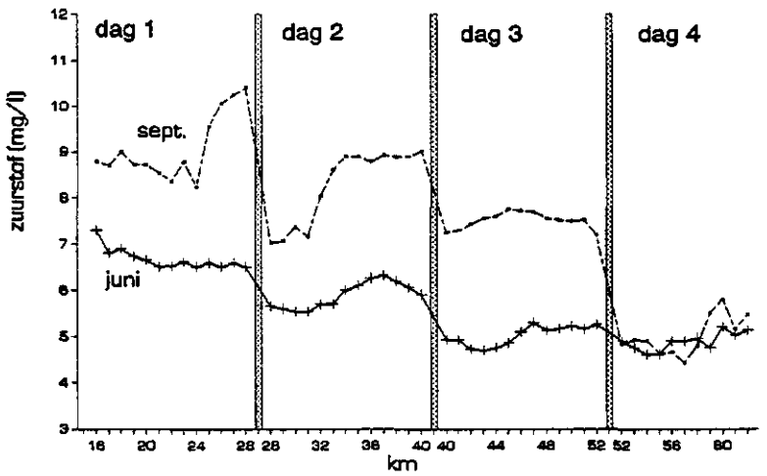
De temperatuur (figuur 5) laat in de tweede meetperiode (september, laag water) een geleidelijke daling zien, onderbroken door een stijging vanaf kilometer 31.
Na km 31 loopt de temperatuur al enigszins op.
Een duidelijke verhoging ($\pm$ 1 °C) vindt vervolgens plaats bij kilometer 36, waar de lozing van het warm effluent-water van de DSM plaatsvind. In juni waren de temperatuurverschillen veel minder groot door de op dat moment hogere afvoeren.



Figuur 5 Het verloop van de temperatuur in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991.

Zuurstof

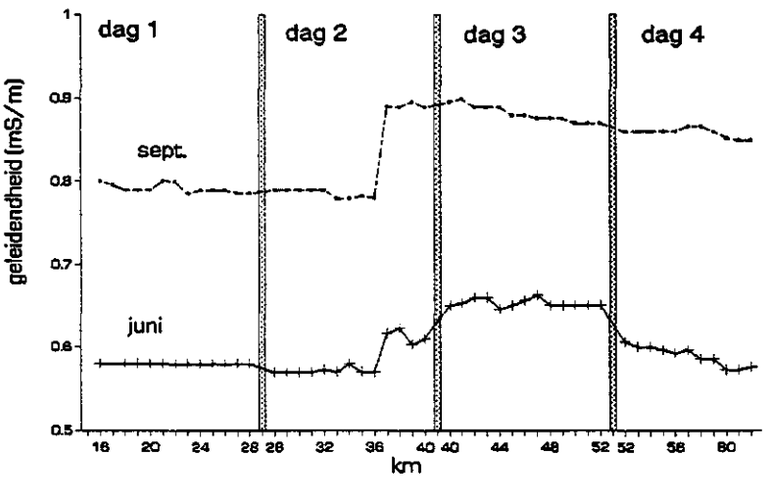
Figuur 6 laat twee duidelijke ontwikkelingen in het zuurstofgehalte in de Maas zien. Enerzijds een algehele daling van het gehalte over de loop van de Grensmaas, zoals ook geconstateerd in Breukel (1992) en anderzijds een sterke dag-nacht fluctuatie.
De afname van het zuurstofgehalte van Borgharen naar Stevensweert is aanzienlijk te noemen; bij Stevensweert is het zuurstofgehalte 2 tot 4 mg lager dan bij Borgharen. De daling treedt vooral in de nacht op waarna overdag het zuurstofgehalte weer enigszins stijgt. De "over-all" daling wordt (deels) veroorzaakt door de (zuurstofvragende) afbraak van de grote belasting met organisch materiaal die de Maas bij binnenkomst in Nederland kent. De dag-nacht fluctuaties zijn echter typerend voor sterke activiteit van algen die overdag zuurstof produceren en 's nachts zuurstof gebruiken. Bij hoge temperaturen (juni) worden al vanaf kilometer 40 (voor vissen) kritische gehaltes bereikt. Bij een lagere temperatuur (september) is dit ruwweg vanaf kilometer 52. Hierbij valt op dat de hoogte van het zuurstofgehalte sterker wordt beïnvloed door de watertemperatuur dan door de afvoer (die in september juist lager was waardoor meer zuurstofproblemen te verwachten werden). De dag-nacht fluctuaties en de daling ten gevolge van organische afbraak zijn bij lage afvoeren wèl duidelijker te zien dan bij hoge afvoeren (juni).
Genoemde dag-nacht fluctuatie wordt veroorzaakt door algen die overdag zuurstof - produceren en 's nachts zuurstof gebruiken. De hierdoor veroorzaakte schommelingen in het zuurstofgehalte zijn dermate groot dat een negatieve beïnvloeding van het zuurstofgehalte door lozingen niet of nauwelijks te bepalen zijn. Hooguit kan bij de - meetreeks uit september een lichte afname (minder sterke stijging) van het zuurstofgehalte worden gezien na de DSM lozing bij km 36 hetgeen gezien de stijging van de temperatuur aldaar ook te verwachten is.



Figuur 6 Verloop van het zuurstofgehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991.

Geleidbaarheid

In figuur 7 is de geleidbaarheid uitgezet. Opvallend is de stijging bij kilometer 36, ongetwijfeld door de lozing van het effluent van DSM. Met name in de laagwater periode (september) is deze zeer goed te herkennen. Andere lozingen zijn met deze parameter niet of nauwelijks te herkennen.



Figuur 7 Verloop van de geleidbaarheid in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991.

4.2 Conclusies waterkwaliteit

1. Bij de effluentlozing van DSM op km 36.0 worden de temperatuur en de geleidbaarheid van de Grensmaas verhoogd.

2. Na km 46 wordt het doorzicht minder, wellicht door de instroom van de Kogbeek op km 46.3.

3. Na km 52 neemt de troebelheid toe, mogelijk door de lozing van spoelwater door een grindbedrijf bij km 52.6.

4. De "natuurlijke" schommelingen in het zuurstofgehalte door b.v. biologische afbraak van de organische belasting en algenactiviteit zijn dermate groot dat de invloed van lozingen niet af te lezen is aan deze parameter.

5. De veranderingen in de waterkwaliteit treden sterker op bij lager afvoeren zoals in september (10 m^3 s^{-1}) dan bij hoge afvoeren zoals in juni (50 m^3 s^{-1}.).

Behalve de hierboven besproken veldmetingen zijn in beide meetperioden dagelijks monsters genomen bij het begin, in het midden en aan het einde van een stroomtraject en later geanalyseerd. De monsters zijn genomen bij;
- Borgharen (Bo, km 17)
- Herbricht (He, km 22)
- Kotem (2x, Ko, km 28)
- Maasband (Mb, km 34.5)
- Nattenhoven (2x, Na, km 39.5)
- Eelen (El, km 46)
- Maaseik (2x, Me, km 52.5)
- Ohé (Oh, km 59)
- Stevensweert (St, km 62).

De resultaten van deze metingen zijn per parameter opgenomen in bijlage 2.
De resultaten zijn niet erg eenduidig. Conclusies trekken op basis van deze fragmentarische metingen zou onverantwoord zijn. De veranderingen in de waterkwaliteit van de Maas die tijdens deze metingen gevonden werden waren meestal niet direct in verband te brengen met bekende lozingspunten. Of als verbanden tussen lozing en waterkwaliteit gevonden werden werden deze niet in beide meetperioden gevonden. Bovendien bleken de gegevens soms tegengesteld aan elkaar te zijn.
Alleen de invloed van de DSM lozing en/of de Ur is min of meer regelmatig en duidelijk herkenbaar tussen Maasband (Mb; km 34.5) en Nattenhoven (km 39.5), en met name in de droge periode (september). Op deze locatie treedt bij veel parameters een verslechtering op, zoals voor nutriënten, metalen en bacteriën. Overigens komen voor verschillende parameters op andere locaties even grote of grotere verslechteringen voor, maar zoals gezegd zijn die niet altijd met lozingspunten in verband te brengen. De nu als bijlage 2 toegevoegde profielen dienen als indicatief te worden beschouwd.

6. De in vier dagen uitgevoerde "lopende golf" metingen zijn niet of nauwelijks geschikt om lozingen te signaleren in verband met de sterk fluctuerende Maasafvoer en daarmee samenhangende, sterk wisselende kwaliteit van het bemonsterde Maaswater.

Literatuur

Anonymus. 1987. Zware metalen in oevergronden en daarop verbouwde gewassen in het stroomgebied van Maas, Geul en Roer in de provincie Limburg. Deel 1 algemene gegevens en samenvatting van de resultaten. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, projectgroep zware metalen en oevergronden van Maas en zijrivieren.

Botterweg, J. & W. Silva. 1992. Project Ecologisch Herstel Maas (projektplan). Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), EHM-rapport, nr. 1.

Breukel, R.M.A. 1992. Waterkrachtcentrale Borgharen, effecten op de zuurstofhuishouding. RIZA werkdocument nr. 92.136x.

Breukel, R.M.A., W. Silva, W.E. van Vuuren, J. Botterweg & R. Venema. 1991. De Maas. Verleden, heden en toekomst. RIZA nota nr. 91.052.

Hal, L. van. 1991. Meetplan Grensmaas. Vooronderzoek abiotische faktoren. RIZA werkdocument nr. 91.113x.

Hal, L. van. 1993. Meetverslag "lopende golf" onderzoek Grensmaas 1991. RIZA werkdocument 93.028x.

Janssen, S.L.M. 1991. Waterkwaliteitsgegevens van enkele Belgische zijwateren. Directie Limbburg Concept-notitie ANWV 91-70.

Klein, C.E. & M.C. Rang. 1984. Bodemverontreiniging met zware metalen. Een onderzoek naar de ruimtelijke en temporele variatie in het zware metalengehalte van de bodems in het winterbed van de Maas ten noorden van Maastricht. Rijksuniversiteit Utrecht, vakgroep Fysische Geografie.

Van der Velde, G. 1989. Macro-evertebraten van de grote rivieren. Uit: Van der Velde, G. & C.W.P.M. Blom; Oecologie van de grote rivieren. Syllabus Katholieke Universiteit Nijmegen.

BIJLAGE 1

Overzicht locaties en lozingspunten op de Maas (km 0 - 66).

onderstreept = beek, kanaal. R = rechteroever
B = Belgisch L = linkeroever

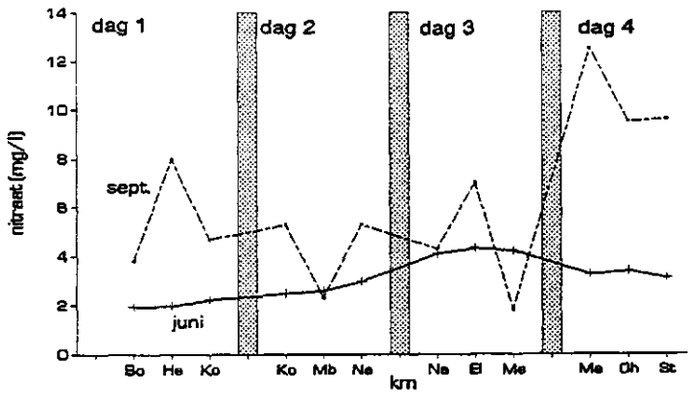
km	kant	omschrijving	opmerkingen
1	-	Stuw Lixhe	B.
1.5	R	Berwinne	B.
2	L	Lixhe, Nivelle	B.
4	R	Voerbeek	Nl; van oorsprong B.
5	R	Eijsden + ponton	
	L	Lanaye	B.
8.5	L	Toeleidingskanaal	B.
	R	Waterrecr.centrum Eijsden	
10	L	ENCI	
11	L	St. Pieter	
12.5	L	Jeker	Nl; van oorsprong B.
11-15	-	Maastricht	
15	R	Limmel	splitsing Grensmaas/Julianakanaal.
15.5	-	Stuw Borgharen	
16.0	R	Nieuwe Kanjel/riol. Borgh.	droog; 2°meting: < 1 l/s.
16.5	R	Borgharen	
16.7	R	IJzeren buis	droog, ϕ 80 cm.
16.7	L	Overlaat Bosscherveld	monding: 10x0.5 m (bxd), 2000 l/s.
17.5	L	Smeermaas	B.
19.7	R	Itteren	
19.9	R	IJzeren buis	droog, ϕ 50 cm., riolering Itteren.
21.3	R	IJzeren buis	droog, ϕ 50 cm., overstort visvijvers?
22.5	R	Geul	Nl, oorspr.B, O_2-rijk, koud, hoge pH, 3500 l/s.
22.5	L	Herbricht	B.
24.7	L	Overstort (beton/klep)	B, droog, riool?
25.5	R	Bosbeek	Geulle a/d Maas, vrijwel droog.
27.8	L	Kotem	B.
28.2	R	Elsloo	
28.3	R	Slakbeek	5x0.3 (bxd), O_2-rijk, helder, hoge pH, 100 l/s.
29.3	L	Betonnen riool	riool brug Elsloo, droog/iets water.
30.9	R	Eivormig riool	$\pm$ 0,5 l/sec, riool Groot Meers?
31.5	L	Ziepbeek	B, 4 m breed, O_2-arm, zout, 200-300 l/sec.
32.5	L	Kikbeek	B, richel, grote vuile lozing (300-400 l/sec), O_2-arm.
34.5	R	Maasband	
34.95	L	Langbroekbeek	B, afgedamd, volle begroeiing, droog.
36.02	R	Verlegde Ur	feitelijk de (gezuiverde) lozing van DSM, warm, zout, 1,25 m^3/sec.

BIJLAGE 1 (vervolg)

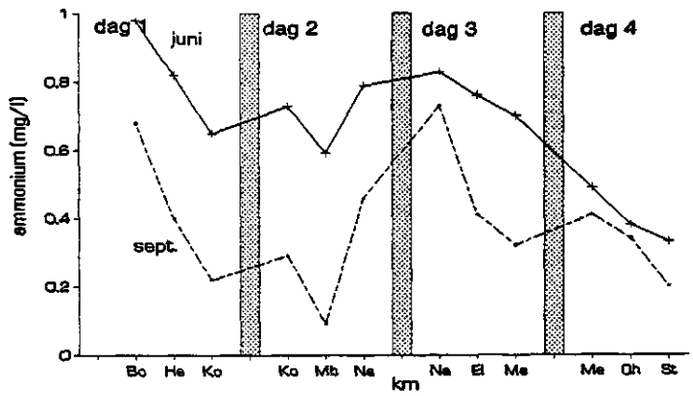
onderstreept = beek, kanaal.
B = Belgisch

km	kant	omschrijving	opmerkingen
36.5	L	IJzer.pijp (mijnwater/kwel?)	B, helder, koud, O_2-rijk, zoutarm, lage pH, 30 l/sec.
37.5	R	Ur	iets zout, 250 l/s.
38.9	R	Riooloverstort	riooloverstort Berg, Nattenhoven.
39.5	R	Nattenhoven	
41.5	R	Obbicht	
41.5	R	Betonnen riool	droog, ϕ 100 cm., riolering Obbicht.
42.6	L	Rachelsbeek	B, afwatering met klep, dicht, geruime tijd droog.
43.3	L	Oude Maas	B, geruime tijd droog, volgegroeid.
44	R	Grevenbicht	
45.2	L	IJzeren pijp met klep	B, droog, ϕ 100 cm.
46.3	L	Kogbeek	B, feitelijk lozingspijp ϕ 80 cm., lozing zeer vuil, zwart, O_2-loos, warm, zout, tapijtfabriek, Siemens, slachthuis, $\pm$100 l/s.
48.25	R	Kingbeek	droog, betonnen riool.
48.5	R	Illikhoven	
49.05	R	IJzeren riool	ϕ 50 cm., lozing ongez. afvalwater Visserweert.
50.2	L	Eivormig riool	B, droog, in talud, riool Heppenert?
51.9	L	Zanderbeek/Diepbeek	B, iets O_2-arm, 15 l/s.
52.35	L	Riool Maaseik (?)	B, lozing afvalwater, 5-10 l/s.
52.45	L	Rozeboomgaard	B, lozing afvalw. ziekenhuis, riool, O_2-arm, 1-3 l/s.
52.5	L	Maaseik	B.
52.6	L	Lozing grindbedrijf	B, spoelwaterlozing.
56.9	R	Ingang zandgat	
57.1	L	ingang zand/grindgat	
57.4	L	Bosbeek	B, ongezuiverde lozing, 2 m. breed, 5-8 l/s, O_2-arm.
58.05	L	IJzeren pijp met klep	B, droog, ϕ 100 cm, riool watersportcentrum?
59	R	Ohé en Laak	
59.2	R	IJzeren pijp met klep	droog.
59.5	L	Afw.kanaal Ophoven	B, 5 m. breed, helder, zoutarm, 300 l/s, O_2-rijk.
60.8	R	Geknikte ijzeren buis	lozing onmogelijk.
60.8	L	Oeververd. met asfalt	
61.8	R	Stevensweert	
61.9	R	Riooloverstort	Overstort Stevensweert.
$\pm$ 66	L	Itterbeek	B.

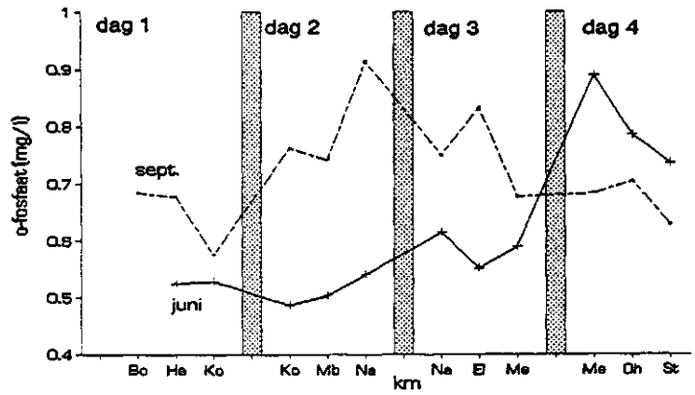
BIJLAGE 2



Nitraatgehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991.



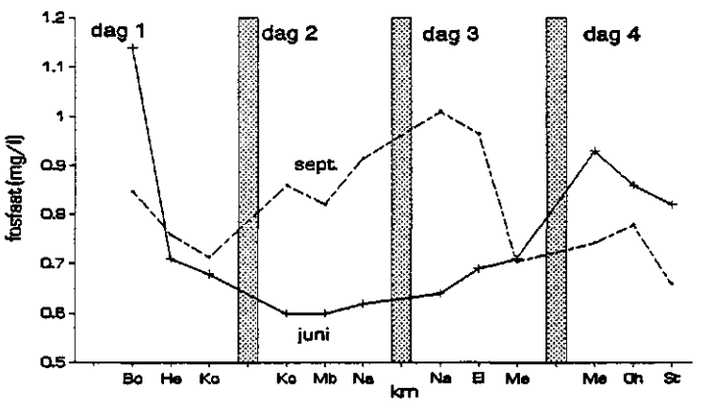
Ammoniumgehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991



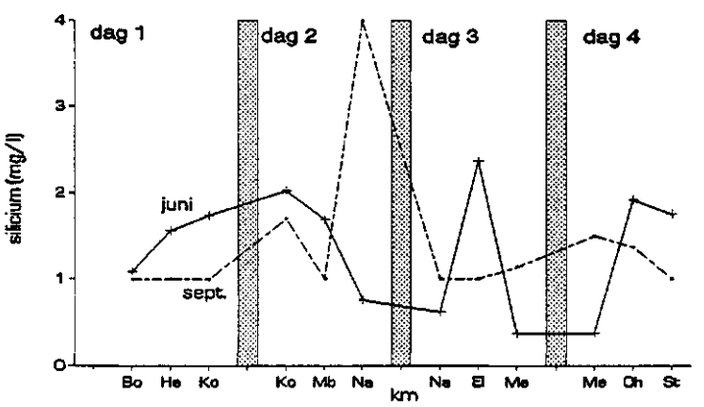
Ortho-fosfaatgehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991

Bo = Borgharen (km 17); He = Herbricht (km 22); Ko = Kotem (km 28); Mb = Maasband (km 34.5); Na = Nattenhoven (km 39.5); El = Eelen (km 46); Me = Maaseik (km 52.5); Oh = Ohé (km 59) en St = Stevensweert (km 62).

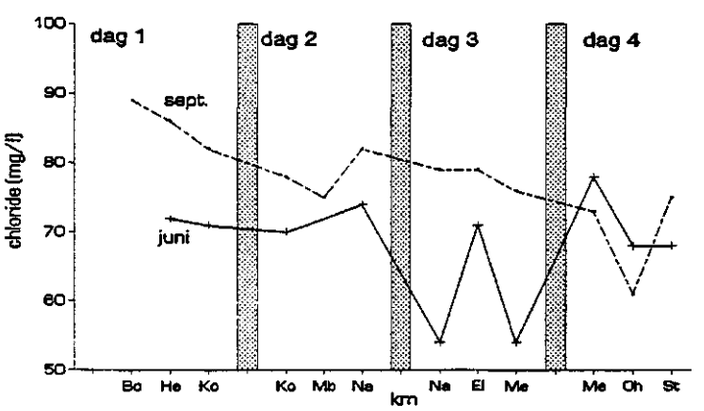
BIJLAGE 2 (vervolg)



Fosfaatgehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991

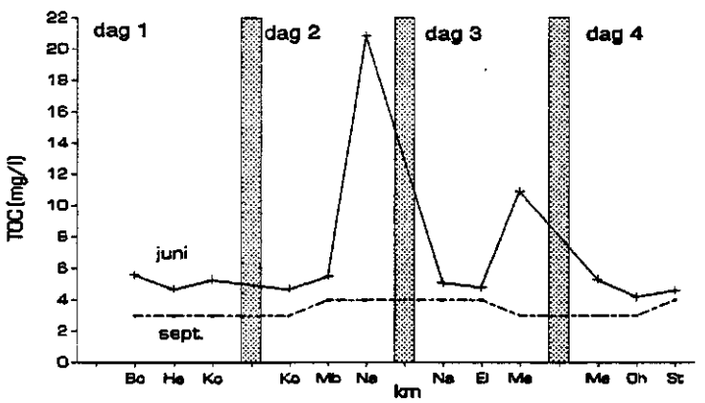


Siliciumgehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991

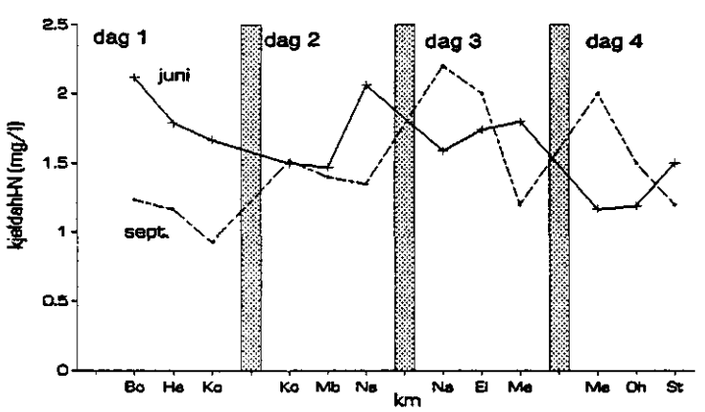


Chloridegehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991

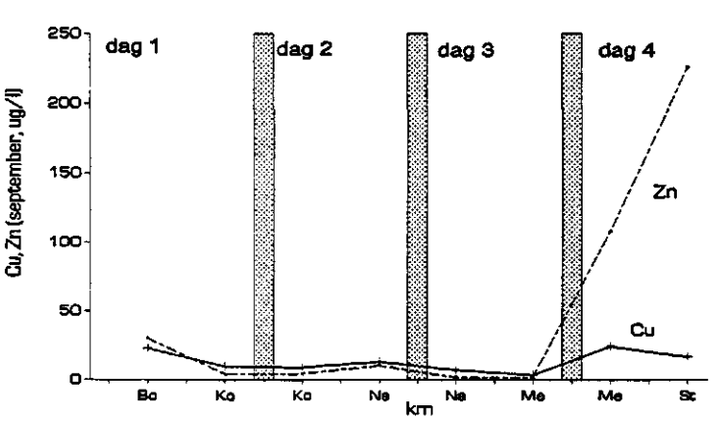
BIJLAGE 2 (vervolg)



TOC-gehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991

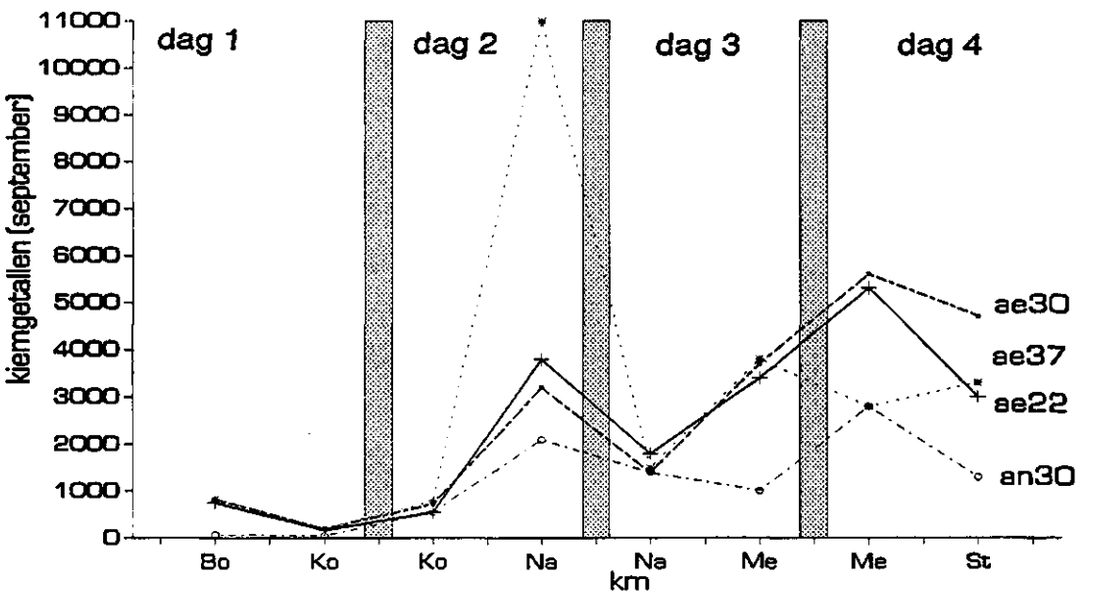


Kjeldahl-N-gehalte in de Grensmaas van 24 t/m 27 juni en van 23 t/m 26 september in 1991

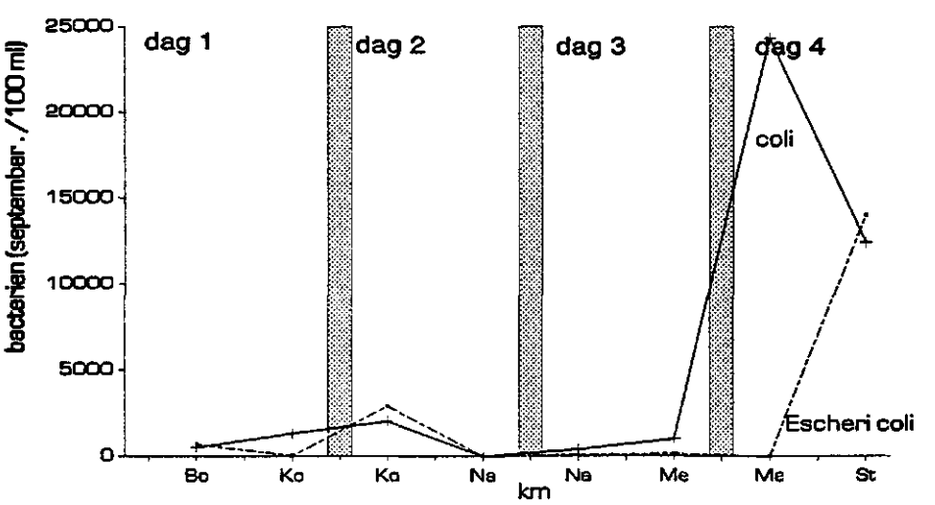


Koper- en zinkgehalte in de Grensmaas van 23 t/m 26 september in 1991

BIJLAGE 2 (vervolg)



Kiemgetallen in de Grensmaas van 23 t/m 26 september in 1991



Bacteriën in de Grensmaas van 23 t/m 26 september in 1991

Rapporten van het project "Ecologisch Herstel Maas" (Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse")
(all reports with a summary in english and french)

nr. 1 - 1992 Projekt Ecologisch Herstel Maas.
J. Botterweg en W. Silva (RIZA)

nr. 2 - 1992 Groei en overleving van de Vlottende waterranonkel (Ranunculus Fluitans Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten.
M. de la Haye (Aquasense)

nr. 3 - 1992 Microverontreinigingen in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991.
B. van Hattum en S. Dirksen (IVM, Waardenburg)

nr. 4 - 1992 Vegetaties in het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens.
D. de Boer (STL)

nr. 5 - 1992 Waterplanten in de Maasplassen: inventarisatie 1990-1991.
B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars (Bureau Stroming)

nr. 6 - 1992 De visstand in de Grensmaas.
T. Vriese (OVB)

nr. 7 - 1992 Watervogels en wetlands in Limburg.
B. van Noorden (Provincie Limburg, RIZA, Waardenburg)

nr. 8 - 1993 Worden de groei, overleving en kieming van Vlottende waterranonkel (Ranunculus fluitans LAMARCK) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties?
M.A.A. de la Haye (Aquasense)

nr. 9 - 1993 Onderzoek naar mogelijke paai-en opgroeigebieden in de Maas.
S. Semmekrot en F.T. Vriese (OVB)

nr. 10 - 1993 Sedimenttransportmetingen Grensmaas, januari 1991.
M.C. Burgdorffer (RIZA)

nr. 11 - 1993 Projektplan Ecologisch Herstel Maas, 1994-1995.
M.J.J. Kerkhofs (RIZA)

Aanvragen/requests:
(RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment,
P.O. Box 9072, 6800 ED Arnhem, The Netherlands.