

Evaluatie baggerspeciéstort Lateraalkanaal Linne-Buggenum

Aanleiding

Met de in werkingtreding van de WVO in 1970 zijn alle lozingen van afvalwater en stortingen van afvalstoffen in oppervlaktewater vergunningsplichtig. Voor baggerspecie, in het geval dat dit materiaal als afvalstof fungeert, werd dit beleid in 1984 geëffectueerd.

Vóór 1984 werd de nautische baggerspecie, afkomstig uit het beheersgebied



N. S. M. DOUBEN
RIZA



D. P. MARIS
Rijkswaterstaat
Directie Limburg

van de directie Limburg van Rijkswaterstaat, bovenstrooms van de stuwen teruggestort in de Maas en zodoende bij hoogwater, wanneer de stuwen werden getrokken, afgevoerd.

Door de verontreinigingsgraad van de baggerspecie kan de specie niet gebruikt worden als meststof of ophoogmateriaal. Het was daarom voor de directie Limburg noodzakelijk om naar een bergingslokatie voor de nautische baggerspecie, gemiddeld 130.000 m³ per jaar, om te zien. De voorkeur ging uit naar een in eigen beheer zijnde natte lokatie. Criteria bij de keuze waren onder meer de beschikbare stortcapaciteit, de geohydrologische situatie en de geografische ligging ten opzichte van de baggerlokaties (in verband met de transportkosten). De stortlokatie moest het liefst zo centraal mogelijk liggen. Het Lateraalkanaal Linne-Buggenum werd het meest geschikt geacht. Het Lateraalkanaal is eind jaren zestig, in het kader van de verbetering van de Maas als vaarroute, aangelegd met een overdiepte van circa 4,50 m. (afb. 1 en 2). Deze overdiepte is ontstaan door grindwinning. Het kanaalpeil is 14,00 m + NAP; de bodem ligt op maximaal 7,00 m + NAP en minimaal 4,50 m + NAP. Rekening houdend met de benodigde vaardiepte voor de scheepvaart bedraagt de totale capaciteit van de stortlokatie circa 600.000 m³.

WVO-vergunning

In 1987 is door de directie Limburg een WVO-vergunning aangevraagd voor het storten van onderhoudsbaggerspecie in het Lateraalkanaal Linne-Buggenum [7].

Samenvatting

De directie Limburg van Rijkswaterstaat heeft vanaf eind 1987 tot medio 1990 nautische baggerspecie in het Lateraalkanaal Linne-Buggenum gestort.

Het Lateraalkanaal bevindt zich in een kwelsituatie.

In de afgegeven WVO-vergunning is onder meer voorgeschreven dat de stort van baggerspecie de kwaliteit van het grondwater niet negatief mag beïnvloeden. Ter monitoring zijn aan beide zijden van het kanaal peilbuizen geslagen. De kwaliteit van het grondwater is zowel gedurende de stortperiode als daarna meerdere malen bepaald en ook is om de 14 dagen de grondwaterstand opgenomen. Met behulp van deze meetgegevens zijn enkele modelmatige simulaties uitgevoerd. Uit zowel de monitoringgegevens als de modelresultaten is gebleken dat na circa 5 jaar de kwaliteit van het grondwater weer overeenkomt met de nulsituatie. Op langere termijn is geen beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit te verwachten. Door de verhoogde intreeweerstand van de kanaalbodem is in de directe omgeving van het Lateraalkanaal een geringe stijging van het grondwater opgetreden.

De argumenten waarom de voorkeur is gegeven aan het Lateraalkanaal zijn in de overwegingen van de WVO-vergunningaanvraag aangegeven. De voornaamste zijn:

- de lokatie voldoet aan de geschetste IBC-criteria (Isoleren, Beheersen en Controleren) [8];
- de baggerspecie kan zodanig worden geborgen dat geen onaanvaardbare belasting van het aquatische milieu zal plaatsvinden;
- uit het isohypsenpatroon valt af te leiden, dat zowel aan de oostzijde als aan de westzijde de grondwaterstroming naar het Lateraalkanaal gericht is;
- de doorlatendheid van de te storten baggerspecie is circa 1.000 x minder dan die van de aanwezige grindtaluds en -bodem, zodat het storten een beperkte invloed heeft op de doorlatendheid van de taluds van het Lateraalkanaal boven het peil van 9,50 m + NAP;
- de stroomsnelheid in het Lateraalkanaal is zodanig laag, dat hierdoor geen substantiële uitspoeling van de gestorte baggerspecie zal plaatsvinden.

In de in 1987 verleende WVO-vergunning wordt naast de bovengenoemde uitgangspunten een aantal eisen gesteld aan de uitvoering van de werkzaamheden:

- de baggerspecie mag worden gestort tot een hoogte van 9,00 m + NAP;
- de gestorte baggerspecie moet worden afgedekt met een laag van 50 cm schoon zand;
- er mag slechts worden gestort wanneer het zuurstofgehalte van het water in het Lateraalkanaal tenminste 6 mg/l bedraagt;
- storting moet plaatsvinden in door dwarsdammen (totaal 5) gescheiden depots;
- afdekking van de gestorte baggerspecie mag pas plaatsvinden nadat tenminste 50% consolidatie is opgetreden;
- alvorens met het storten wordt

begonnen moet de nulsituatie over de grondwaterstand en de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater worden vastgelegd;

- aangegeven moet worden hoe en met welke frequentie de dikte van de afdeklaag wordt gecontroleerd en of veranderingen ten opzichte van de nulsituatie zijn opgetreden.

De WVO-vergunning had een beperkte geldigheidsduur; deze strekte tot augustus 1990.

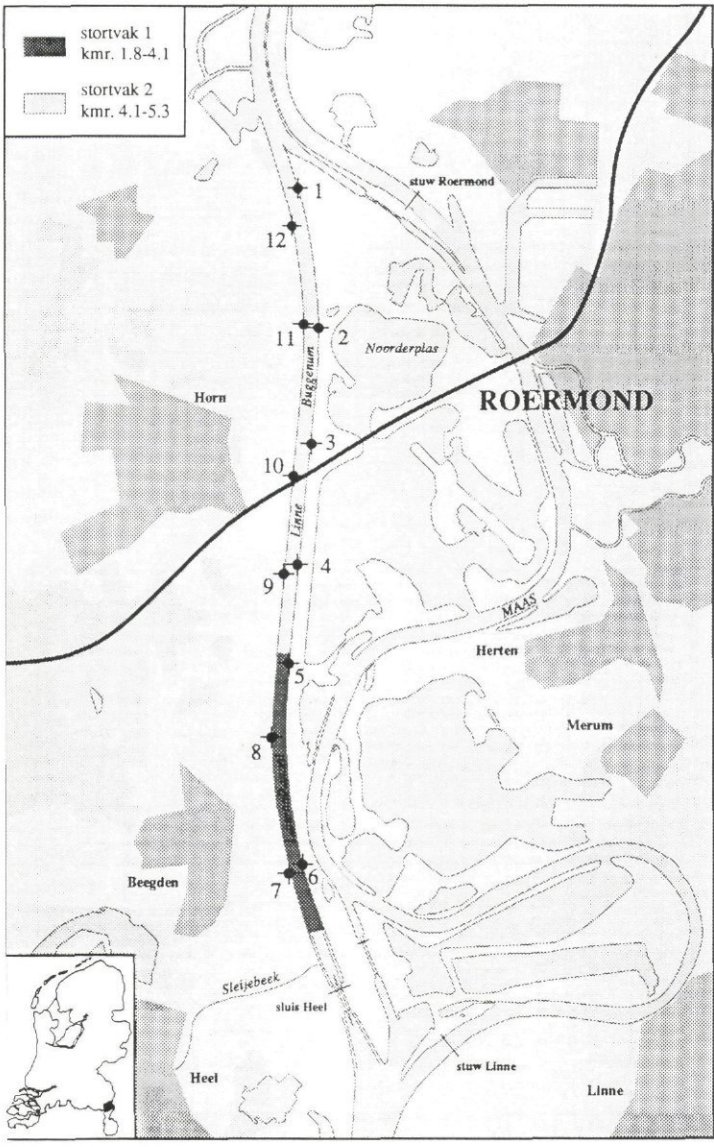
Maatregelen t.g.v. de WVO-vergunning

In het Lateraalkanaal Linne-Buggenum zijn bij km 1.800, 3.300, 4.800, 6.300 en 7.400 dwarsdammen aangelegd. Het materiaal voor de dwarsdammen is afkomstig van de bodem van het kanaal. De hoogte is gelijk aan de bovenkant van de afdeklaag (9,50 m + NAP). Ter controle van het grondwater zijn aan beide zijden van het Lateraalkanaal in de teen van het talud aan de buitenzijde van het kanaal zes peilbuizen geslagen tot in het eerste watervoerende pakket (afb. 1).

Voor de te verrichten metingen is een programma [5, 6] opgesteld. Dit meetprogramma is opgebouwd uit twee gedeelten, namelijk:

a. Vergunningsvoorwaarden

- Het vastleggen van de nulsituaties van grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en de grondwaterstand.
- Het dagelijks, voor de aanvang van het storten, meten van het zuurstofgehalte bovenstrooms van de stortlokatie.
- Monitoring van de grondwaterstand en -kwaliteit vóór, tijdens en na de stort, om de eventuele invloed als gevolg van de speciéstort te kunnen vaststellen.
- Nagaan of voldoende consolidatie heeft plaatsgevonden om de afdeklaag te kunnen aanbrengen.



Afb. 1 - Situatie Lateraalkanaal Linne-Buggenum met peilbuizen en stortvakken.

geen overflow was toegestaan. De baggerspecie mocht niet vervoerd worden met onderlossers.

Het storten van de baggerspecie moest geschieden met behulp van een stortkoker waarvan het ondereinde 0,5 tot 1 m boven de bodem reikte.

Deze methode had tot gevolg dat tijdens het baggeren, vervoer en storten geen ontmenging van de baggerspecie optrad en dat het contact met het omringende oppervlaktewater kort was [10, 11].

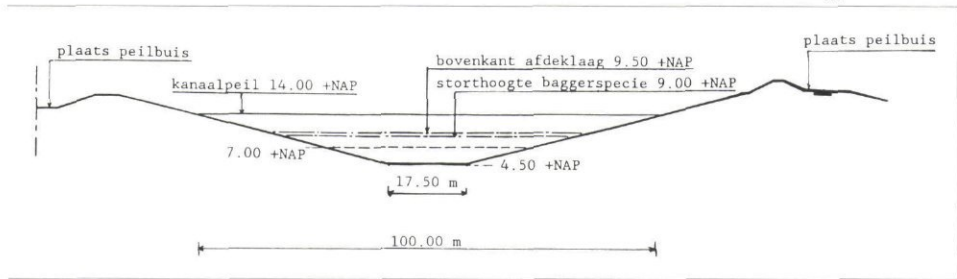
De methode van storten (met in situ dichtheid) had veel invloed op de eerste fase van de consolidatie van de gestorte baggerspecie. Van uittredend poriënwater was weinig sprake, dit door de in situ dichtheid van de gestorte baggerspecie, zodat de consolidatieperiode betrekkelijk kort was.

De baggerspecie is in twee perioden aangebracht. In 1988 van km 1.800 tot km 4.100 en in 1990 tussen km 4.100 en 5.300 (afb. 1). De totale gestorte hoeveelheid bedraagt circa 450.000 m³. De afdekking van de gestorte specie heeft plaatsgevonden in respectievelijk 1989 en 1991.

De aanwezige stortcapaciteit is niet geheel benut in verband met de beperkte geldingsduur van de vergunning.

Honorering van een aanvraag voor verlenging van de WVO-vergunning zou weinig kans hebben gemaakt, omdat de provincie Limburg en de directie Limburg in 1990 samen een procedure hebben opgestart voor het opstellen van een MER voor een grootschalige baggerspecie-deponie in de provincie Limburg.

Afb. 2 - Dwarsprofiel Lateraalkanaal Linne-Buggenum.



- Het controleren van de dikte van de afdeklaag.
- o. Technisch/wetenschappelijk
- Onderzoek naar de laagsgewijze opbouw van de baggerspecie, op zowel de bagger- en de stortlokatie, om na te gaan of er tijdens het baggeren, transporteren en storten ontmenging is opgetreden.
- Zuurstof- en zwevende stofmetingen tijdens het storten van de baggerspecie en het aanbrengen van de afdeklaag.
- Nagaan van mogelijke uitspoeling van gestorte baggerspecie en afdeklaag.

- Zwevende stof metingen in het Lateraalkanaal.
- Hydrobiologisch onderzoek.

In dit artikel zal alleen worden ingegaan op de vergunningsvoorwaarden voor het monitoren van de grondwaterstand en -kwaliteit.

Baggeren en storten specie

In het baggerbestek was voorgeschreven dat de baggerwerkzaamheden met een knijper moesten worden uitgevoerd en dat

Metingen grondwater

De kwaliteit van het grondwater in de peilbuizen is vóór en na het storten van de baggerspecie bepaald (oktober 1987, januari 1988, juni 1990, november 1990 en september 1992). De stijghoogten van het grondwater zijn vanaf 1987 om de 14 dagen gemeten.

Geohydrologische situatie

Het Lateraalkanaal Linne-Buggenum is gelegen in de zogenaamde Roerdalslenk. Geohydrologisch gezien bestaat de Roerdalslenk uit een profiel met meerdere watervoerende en scheidende lagen. In de hydrogeologische basis (Tertiair) kunnen twee watervoerende pakketten worden onderscheiden, liggend tussen de scheidende lagen van mariene kleien. Daarboven bevindt zich het eerste watervoerende pakket bestaande uit fluviaatle sedimenten (Pleistoceen) met een dikte van circa 50 tot 150 meter. Dit watervoerende pakket wordt aan de bovenzijde afgesloten door een deklaag van matig doorlatende jonge rivierkleien van enkele

meters dik (Holoceen) [4, 12 en 13]. Het Lateraalkanaal snijdt door de deklaag heen, waardoor direct contact bestaat tussen het kanaal en het eerste watervoerende pakket. Gezien het feit dat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket over het algemeen boven het kanaalpeil ligt, kan gesteld worden dat het Lateraalkanaal onder normale omstandigheden drainerend werkt. Wanneer echter sprake is van een droge najaarssituatie kan de drainerende werking aan het benedenstroomse eind van het kanaal omkeren in een infiltratiesituatie [12].

Interpretatie meetgegevens grondwaterstanden

De data-analyse van de twaalf peilbuizen geeft een gedetailleerd inzicht in de grondwaterstroming ter plaatse van het Lateraalkanaal. In eerste instantie is een vergelijking gemaakt tussen de gemeten waterstanden in de peilbuizen en de waterstand in het Lateraalkanaal ter hoogte van Heel

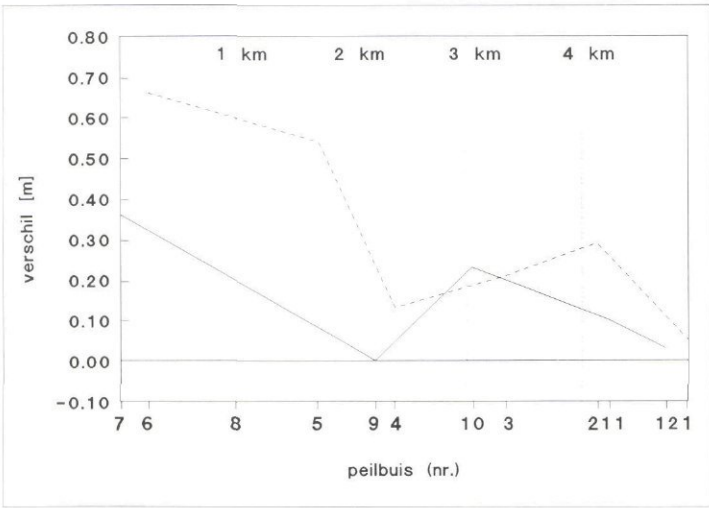
beneden de sluis (Heel-beneden) over een periode van circa 5 jaar (1.793 dagen) vanaf de stortdatum. Bij analyse van de waterstanden over deze periode valt als eerste op dat de waterstanden in de peilbuizen de waterstanden in het Lateraalkanaal vloeiend volgen. De verklaring hiervoor ligt in de hoge kD-waarde van het eerste watervoerende pakket en de relatief korte afstand tussen kanaal en peilbuizen. De peilbuizen waarin het laagste potentiaalverschil ten opzichte van het Lateraalkanaal is gemeten (1, 9 en 12), volgen de waterstanden van het kanaal het meest direct. Ook blijkt dat de correlatie toeneemt met de hoogte van de waterstanden. Bij hoge waterstanden, zoals in maart 1988, blijken de verschillen tussen waterstand in het kanaal en waterstand in de peilbuizen af te nemen.

In afbeelding 3 zijn de verschillen tussen de peilbuizen 1 t/m 12 en de waterstanden van Heel-beneden (kanaalpeil)

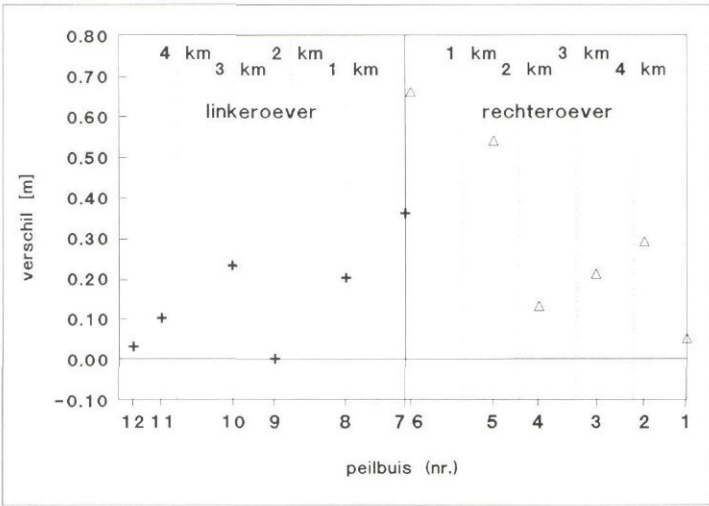
gemiddeld over de gehele stortperiode afgezet tegen de afstand stroomafwaarts vanaf punt nul (peilbuis 7). Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen rechter- en linkeroever. Het is duidelijk dat stroomafwaarts de verschillen in stijghoogte afnemen. Dit betekent dat de drainerende functie van het Lateraalkanaal in stroomafwaartse richting afneemt en dat de kans op wegzijging in deze richting toeneemt. De geschetste situatie kan overigens verklaard worden uit het verschil in peilen van de Maas en Maasplassen enerzijds en het Lateraalkanaal anderzijds. Daarnaast hebben de grote doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket en een aantal grote drink- en industriewateronttrekkingen invloed op de drainerende functie van het Lateraalkanaal.

In afbeelding 4 zijn de genoemde verschillen eveneens afgezet tegen de afstand stroomafwaarts vanaf punt nul. Duidelijk is te zien dat de linkeroever minder grote verschillen kent dan de rechteroever. Dit betekent dat de drainerende werking van het Lateraalkanaal voor de linkeroever minder groot is dan voor de rechteroever.

In afbeelding 5 is in de tijd het verschil tussen de waterstanden Heel-beneden en het gemiddelde van de grondwaterstanden van peilbuis 1 t/m 12 weergegeven. De onderbroken lijn is gebaseerd op het gemiddelde van vier opeenvolgende waarnemingen. De doorgetrokken lijn is een exponentiële fit op de waarnemingen. Uit deze afbeelding valt op te maken dat het verschil tussen de waterstanden bij Heel-beneden en de grondwaterstanden in de directe omgeving van het Lateraalkanaal over de bewuste monitoringperiode een aantal centimeters is toegenomen. Een

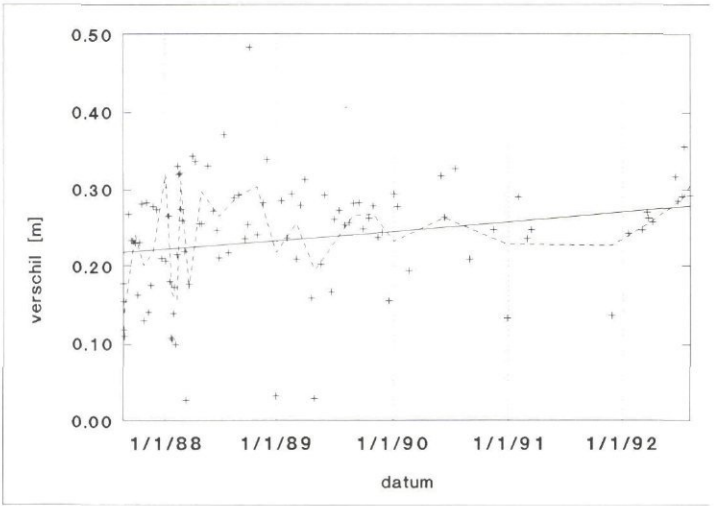


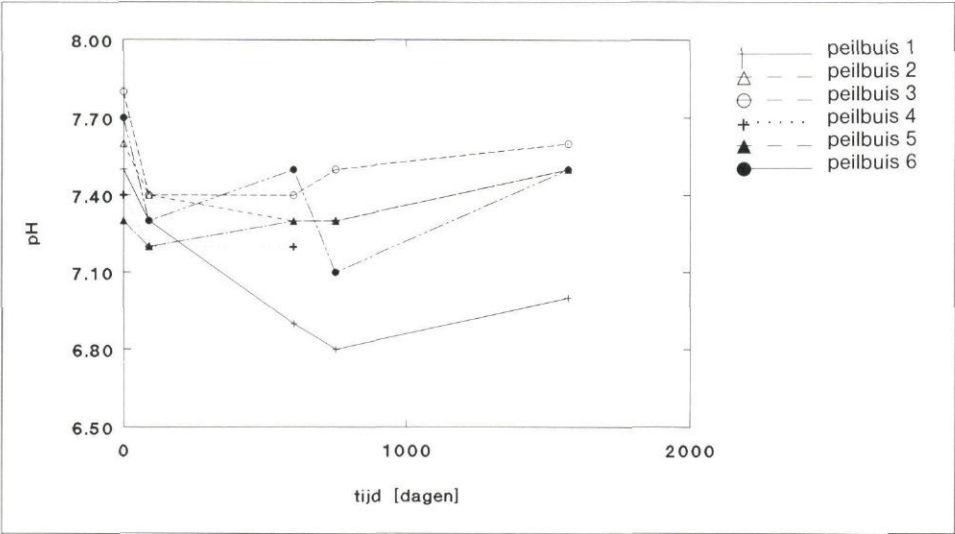
Afb. 4 - Gemiddeld verschil in waterstanden peilbuis 1 t/m 12 - Heel-beneden. Δ rechteroever + linkeroever



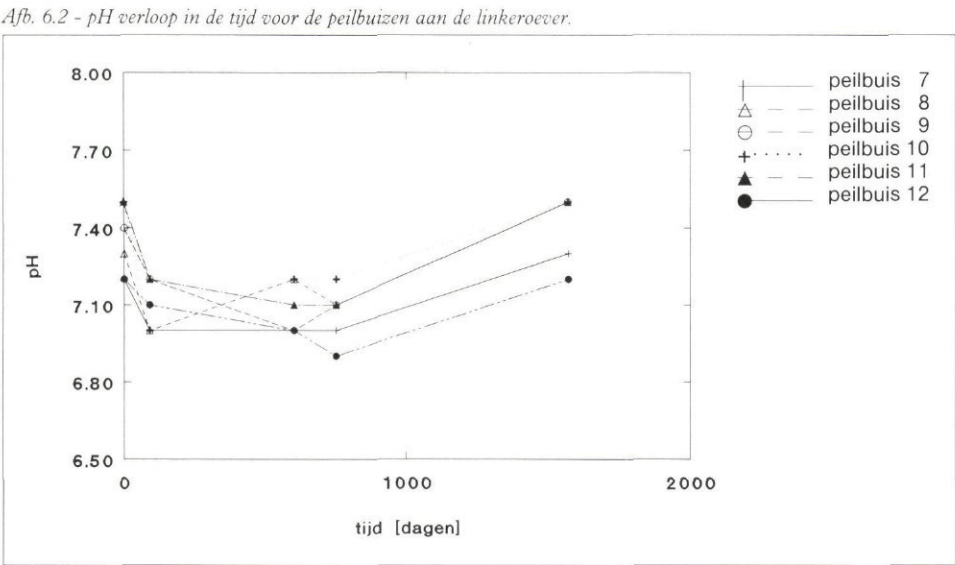
Afb. 3 - Gemiddeld verschil in waterstanden peilbuis 1 t/m 12 - Heel-beneden (kanaalpeil).
--- rechteroever
— linkeroever

Afb. 5 - Verskil waterstanden Lateraalkanaal Linne-Buggenum en rekenkundig gemiddelde peilbuizen 1 t/m 12.
+ gemiddelde waterstand --- rekenkundig gemiddelde waterstand over 4 waarnemingen — exponentiële fit over de gemiddelde waterstanden





Afb. 6.1 - pH verloop in de tijd voor de peilbuizen aan de rechteroever.



Afb. 6.2 - pH verloop in de tijd voor de peilbuizen aan de linkeroever.

verklaring voor dit verschijnsel ligt mogelijk in de verhoging van de intree-weerstand van de kanaalbodem door de stort van baggerspecie. In een eerdere studie [3] is met het grondwaterstromings-model MSEEP de situatie vóór en na de stort van baggerspecie gesimuleerd. Opvallend hierbij is dat door de stort van baggerspecie de intreeweerstand van de kanaalbodem zodanig toeneemt dat de stroombanen ter plaatse van de intrede in het kanaal, en dus het grondwater-stromingspatroon, duidelijk van plaats en richting zijn veranderd.

Interpretatie meetgegevens grondwaterkwaliteit

Het Lateraalkanaal wordt, door de draine-rende werking, door twee verschillende 'typen' grondwater gevoed. Het grond-water aan de rechterzijde van het kanaal (peilbuizen 1 t/m 6) is vooral afkomstig van de nabijgelegen Maas en Maasplassen.

Het grondwater aan de linkerzijde van het kanaal is afkomstig van de hogergelegen gebieden ten westen van het kanaal. Het verschil in 'grondwatertype' is in de monitoringgegevens te herkennen. De pH in de peilbuizen aan de linker- en rechter-oever vertonen een significant verschil (zie afb. 6). De pH van de peilbuizen aan de rechteroever ligt gemiddeld een halve eenheid hoger dan in de peilbuizen aan de linkeroever. Het gemiddelde aan de rechteroever komt goed overeen met de gemiddelde pH van het Maaswater in de omgeving van het Lateraalkanaal [2]. In de nulsituatie (vóór aanvang van de stortactiviteiten) blijkt dit verschil in pH invloed te hebben op de mobiliteit van een aantal zware metalen. De concentraties van Cd, Cr, Cu, Ni, Pb en Zn in oplossing liggen aan de linkeroever gemiddeld iets hoger dan aan de rechteroever. Daarentegen wordt de mobiliteit van As aan de linkeroever door een lagere pH verlaagd.

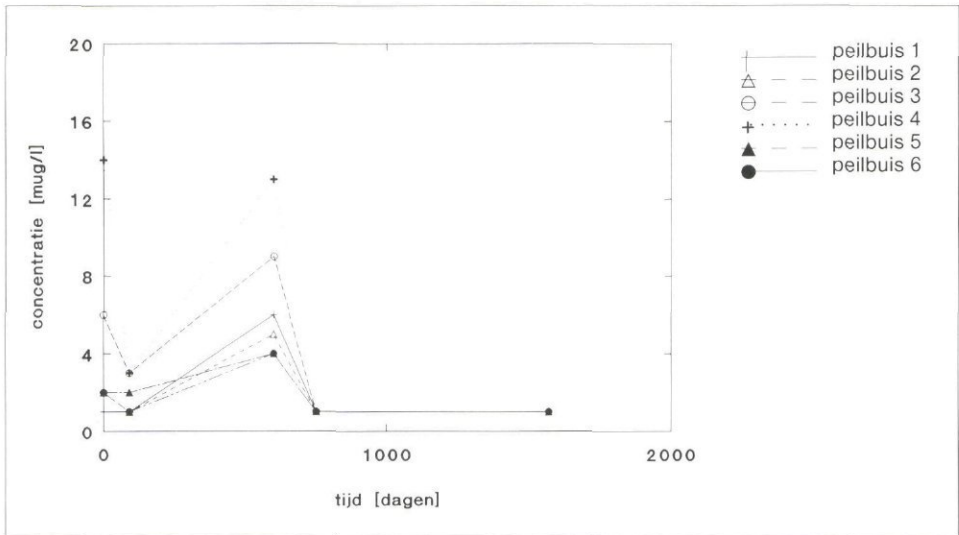
De pH heeft geen invloed op de mobiliteit van de organische microverontreinigingen.

De analyse van de monitoringgegevens van de zware metalen tijdens en na de stort geeft over het verloop van de concentratie in de tijd geen goed over-zichtelijk beeld. Er lijkt sprake te zijn van een geringe correlatie met het pH verloop (lagere pH, grotere mobiliteit van de zware metalen). Het vermoeden dat aan de linkerzijde van het Lateraalkanaal, als gevolg van de lagere pH's, hogere concentraties aan zware metalen worden aangetroffen, wordt maar gedeeltelijk bevestigd.

Het algemene beeld van het verloop van de concentraties in de tijd toont in eerste instantie een toename, waarna de concentraties weer afnemen tot op het niveau in de referentiesituatie. Deze toename bereikt voor de meeste zware metalen een maximum na circa 600 dagen (gerekend vanaf de aanvang van de stort). Een voorbeeld hiervan is in de afbeel-dingen 7.1 en 7.2 weergegeven, waar het verloop van de Pb-concentratie tegen de tijd is uitgezet. De concentraties zijn voor de laatste twee waarnemingen in alle peil-buizen gelijk, dit is met een doorgetrokken lijn in de afbeeldingen aangegeven.

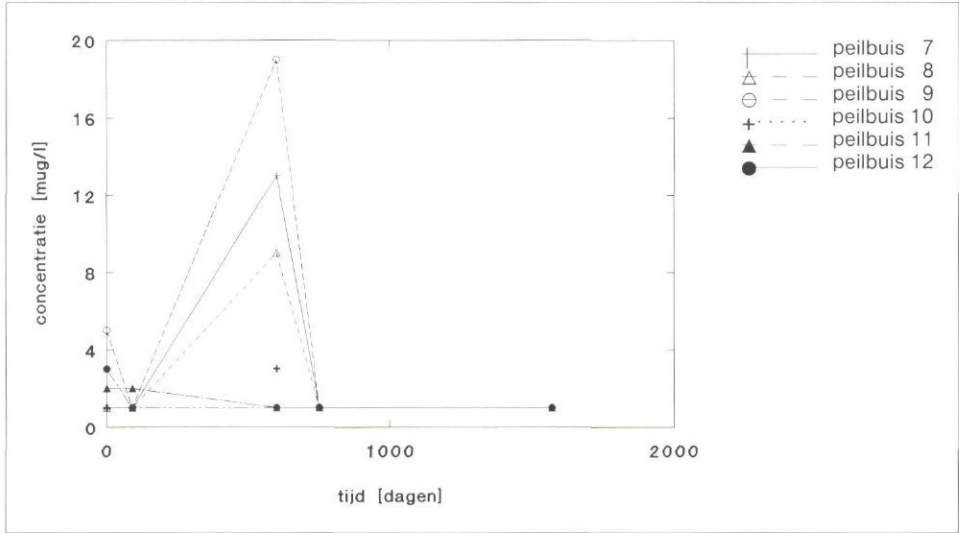
In theorie zou deze toename veroorzaakt kunnen worden door een consolidatieflux door het storten van de specie. Van een aantoonbare consolidatieflux is echter geen sprake omdat de specie bij benade-ring met in-situ dichtheid is gestort. Dit tijdstip (600 dagen) komt echter wel overeen met een grote toename van de ijzerconcentratie in de peilbuizen. Als deze toename van de ijzerconcentratie afhanke-lijk wordt gesteld aan de afbraak van ijzer-hydroxyde, neemt de mobiliteit van de zware metalen toe. De adsorptieplaatsen van de zware metalen aan het ijzerhydro-xyde-complex gaan namelijk verloren, waardoor grote hoeveelheden geadsor-beerde zware metalen in oplossing gaan. Voor de organische microverontreini-gingen geldt in het algemeen dat de concentraties in eerste instantie ook toenemen en daarna weer afnemen. Deze toenames vallen niet samen op hetzelfde tijdstip (600 dagen) en zijn, in verhouding tot de zware metalen, minder groot.

Op basis van de monitoringgegevens blijkt dat de stort van baggerspecie in het Lateraalkanaal op langere termijn geen invloed heeft op de grondwaterkwaliteit. Voor een aantal parameters geldt dat de concentraties in het grondwater voor korte tijd de A-waarden, en in twee gevallen de B-waarden, hebben overschreden. Bij de laatste metingen (september 1992) bleken



Afb. 7.1 - Verloop Pb-concentratie in oplossing in de tijd voor de peilbuizen aan de rechteroever.

Afb. 7.2 - Verloop Pb-concentratie in oplossing in de tijd voor de peilbuizen aan de linkeroever.



de concentraties in het grondwater weer op het niveau van de referentiesituatie te liggen.

Conclusies

1. De geohydrologie in de nabijheid van het Lateraalkanaal is zeer complex. Deze complexiteit wordt onder andere veroorzaakt door de aanwezigheid van de Maaslus, ontgrindingsplassen, stuwen en sluizen en het relatief snel stromende grondwater.
2. Analyse van de stijghoogten van 12 peilbuizen (vrijwel direct) naast het Lateraalkanaal laat zien dat de grondwaterstanden in de peilbuizen nauw gecorreleerd zijn met de waterstanden in het Lateraalkanaal. Ook blijkt dat de drainerende werking van het Lateraalkanaal stroomafwaarts afneemt en dat deze voor de rechteroever groter is dan voor de linkeroever. Tenslotte blijkt dat door de stort van baggerspecie de intree-weerstand van de kanaalbodem is toegenomen waardoor een verandering

van het grondwaterstromingspatroon aannemelijk is.
3. Door de stort van de baggerspecie is in de directe omgeving van het Lateraalkanaal een geringe stijging van het grondwater (2 à 3 cm) opgetreden.
4. Analyse van de grondwaterkwaliteit van de 12 peilbuizen geeft een significant verschil tussen de linker- en rechteroever van het Lateraalkanaal. Duidelijk is dat het Lateraalkanaal door twee verschillende 'typen' grondwater wordt gevoed. De pH van het grondwater aan de rechteroever is gemiddeld een halve eenheid hoger dan de pH aan de linkeroever.
5. Het verloop van de concentraties van de verontreinigingen in oplossing geeft over het algemeen een eenduidig beeld te zien. Na de eerste stort nemen de concentraties toe tot een maximum na circa 600 dagen, waarna de concentraties weer afnemen tot het niveau van de referentiesituatie. Een exacte verklaring

hiervoor is niet te geven, daar de consolidatieflux door de stortwijze nagenoeg geen effect kan hebben op de concentraties in het grondwater. De meest plausibele verklaring voor de zware metalen wijst in de richting van een combinatie van pH-veranderingen en afbraak van ijzerhydroxyde. De concentraties van de zware metalen in oplossing zijn over het algemeen gecorreleerd met het verloop van de pH tijdens de monitoringperiode. Hierbij wordt benadrukt dat de peilbuizen direct naast het Lateraalkanaal zijn gesitueerd.
6. Op basis van de monitoringgegevens blijkt dat de stort van baggerspecie in het Lateraalkanaal op langere termijn geen invloed heeft op de grondwaterkwaliteit. Hiermee is voor wat betreft de beïnvloeding van het grondwater aan de WVO-vergunning voldaan.

Literatuur

1. Bos, H. B. en Douben, N. S. M. (1992). *Evaluatie Baggerspeciéstort Lateraalkanaal Linne-Buggenum*. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota nr. 92.067. Arnhem.
2. Breukel, R. M. A. e.a. (1991). *De Maas, verleden heden en toekomst*. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota nr. 91.052. Lelystad.
3. Bruchem, A. E. van. (1988). *Modellering van ingrepen in open waterlopen*. Landbouwuniversiteit Wageningen/Dienst Binnenwateren/Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Lelystad.
4. Provincie Limburg (1986). *Ontwerp Grondwaterplan Limburg*. Maastricht.
5. Maris, D. P. (1987). *Draaiboek bemonsteringen baggerwerkzaamheden 1987*. Rijkswaterstaat directie Limburg. Notitie AN26. Maastricht.
6. Maris, D. P. (1990). *Draaiboek bemonsteringen baggerwerkzaamheden 1990*. Rijkswaterstaat directie Limburg. Notitie ANWV 89-110. Maastricht.
7. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. *Beschikking RJW 19585 d.d. 26 juni 1987*. Den Haag.
8. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1989). *IBC-criteria Baggerspecie Depots*. Middelburg.
9. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1990). *Derde Nota Waterhuishouding; basisrapport Grondwater*. Dienst Binnenwateren/Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota nr. 90.045. Lelystad.
10. Vuuren, W. E. van (1988). *Waterkwaliteits-effecten slibstort Lateraalkanaal, probleemverkenning en theoretische analyses*. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota nr. 87.057. Arnhem.
11. Vuuren, W. E. van (1988). *Waterkwaliteits-effecten slibstort Lateraalkanaal, interimrapportage uitgevoerd onderzoek*. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota nr. 88.013. Arnhem.
12. Vuuren, W. E. van (1992). *Gebiedsbeschrijving en keuze pilotlokaties ten behoeve van het MER Baggerspeciedepot Limburg; bodem-, grond- en oppervlaktewater*. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Concept-werkdocument 92.093X. Arnhem.
13. Zonneveld, J. I. S. (1987). *De geografie van het Nederlandse landschap, Levend land*. Bohn, Scheltema en Holkema. Utrecht.