

Noordzee profiteert nauwelijks van een schonere Schelde

P. VERLAAN, TU DELFT, FACULTEIT DER CIVIELE TECHNIEK EN GEOWETENCHAPEN

De aanvoer van zware metalen naar het Schelde-estuarium is tussen 1987 en 1995 met een factor vier tot vijf gedaald door de toenemende zuivering van huishoudelijk en industrieel afvalwater in België en Noord-Frankrijk en door een toename van de sedimentatie van slib bovenstrooms van Rupelmonde. Over dezelfde periode laten de vrachten naar de Noordzee van met name koper en zink nauwelijks een afname zien. Voor deze twee elementen is de afgesproken vrachtreductie van 50 procent tussen 1985 en 1995 niet gehaald. Voor chroom, lood en cadmium zijn de vrachten naar de Noordzee daarentegen wel sterk gedaald. Het verschil hangt samen met de verhouding tussen de opgeloste en aan slib gebonden vracht. De laatste nemen momenteel sterk af terwijl de vrachten van met name opgelost koper en zink toenemen.

Een verdere zuivering van huishoudelijk en industrieel afvalwater zal de kwaliteit van het rivierslib flink doen verbeteren, maar zal een gering effect hebben op de totaalvrachten naar de Noordzee van koper en zink. Die kunnen de komende jaren zelfs toenemen door een steeds hoger wordend zuurstofgehalte, waardoor metalen gebonden aan slib in de oplossing kunnen gaan. Dit effect kan worden tegengegaan door vervuild rivierslib van de bodem te verwijderen. Dit gebeurt momenteel al op grote schaal in de Beneden Zeeschelde tussen Antwerpen en de Belgisch-Nederlandse grens, waar het meeste rivierslib sedimenteert.

Afspraken

Tijdens de derde internationale conferentie over de bescherming van de Noordzee in 1990 in Den Haag zijn maatregelen afgesproken over een reductie van de toevoer van schadelijke stoffen naar de Noordzee via rivieren, estuaria en de atmosfeer. Onder schadelijke stoffen worden verstaan alle (groepen van) stoffen die moeilijk afbreekbaar, toxisch en bio-accumuleerbaar zijn. In dit artikel komen alleen de zware metalen aan bod. Afgesproken is dat in de periode 1985-1995 de toevoer via rivieren en estuaria van chroom, zink, koper en nikkel met 50 procent en de toevoer van cadmium, kwik en lood met 70 procent moet worden gereduceerd, voor zover dit technisch mogelijk is[1].

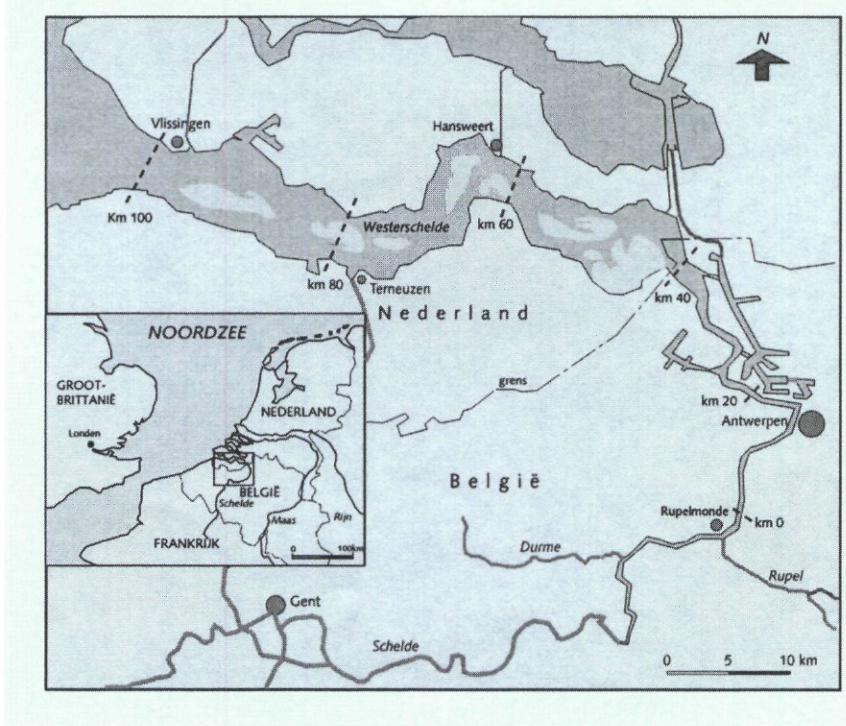
Grote hoeveelheden zware metalen komen jaarlijks ons land binnen via de Rijn, de Maas en de Schelde. Een deel van de vracht van zware metalen is in het water opgelost. Voor de meeste zware metalen geldt echter dat het grootste deel van de vracht aan slibdeeltjes is gebonden. Dit deel kan met het slib permanent bezinken op plaatsen met relatief lage stroomsnelheden. Het maakt dat de bodem in sedimentatie-gebieden zoals het Hollandsch Diep, het Haringvliet en het Ketelmeer hoge gehalten aan zware metalen bevat. Uiteindelijk zal dus maar een beperkt deel van de vracht aan zware metalen die ons land binnenkomt de Noordzee bereiken.

Een nauwkeurige schatting van de totale metaalvracht naar de Noordzee vereist een specificatie van de opgeloste en aan slib gebonden metaalvracht in het estuariene deel van de rivier. Omdat het estuarium aan getij onderhevig is, zijn de vrachten niet eenvoudig te bepalen. Slibconcentraties alsmede de stroomrichting en stroomsnelheid van het water variëren namelijk sterk binnen een getijcyclus. Bovendien is niet bekend welk deel van het slib een zee- of een rivieroorsprong heeft. In dit artikel wordt een methode beschreven waarmee metaalvrachten in estuaria met een grotere nauwkeurigheid kunnen worden bepaald dan met de momenteel gebruikte methode[2]. Deze methode wordt toegepast op het Schelde-estuarium: de Westerschelde en de Zeeschelde (afb.1). De voor deze studie gebruikte metingen zijn verricht door Rijkswaterstaat in het kader van het SAWES-project (Systeem Analyse Westerschelde).

Bepaling van vrachten

Het Schelde-estuarium is het deel van het

Afb. 1: Het Schelde-estuarium. De mengzone van zout en zoet water strekt zich uit van Rupelmonde tot Vlissingen. Bovenstrooms van Rupelmonde is het water zoet. Dit gebied wordt zodoende het zoetwater-estuarium genoemd.



stroomgebied van de Schelde dat onderhevig is aan het getij. Dit is het gehele gebied tussen de monding van de Westerschelde en Gent (afb. 1). Het zeewater daarentegen reikt niet verder dan Rupelmonde. Jaargemiddelde is de afvoer van de Schelde ongeveer 100 $m^3 s^{-1}$. Omdat de hoeveelheid rivierwater die gedurende een getij wordt afgevoerd ($4.5\ 10^6\ m^3$) zeer klein is ten opzichte van de getijdeuitwisseling met de Noordzee ($10^9\ m^3$ per getij) is het Schelde-estuarium verticaal goed gemengd. Het percentage zoet water neemt geleidelijk af van bijna 100 procent bij Rupelmonde naar 15 tot 20 procent bij Vlissingen.

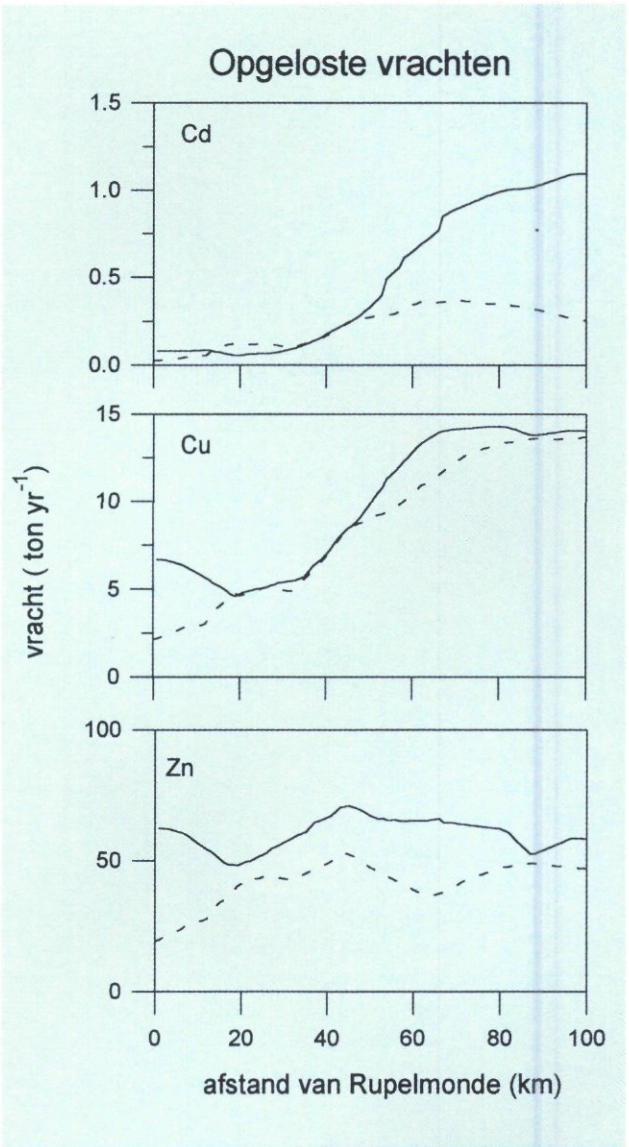
Tussen Rupelmonde en Vlissingen zijn tijdens acht vaartochten van februari 1987 tot februari 1988 in totaal 98 monsters genomen en tijdens tien vaartochten van mei 1995 tot juni 1996 nog eens 116, allemaal op 1,5 meter onder het wateroppervlak. Ieder monster is geanalyseerd op concentraties van Cr, Pb, Zn, Cu en Cd in zwevende stof en concentraties van opgelost Zn, Cu en Cd. Opgeloste concentraties van Cr en Pb zijn niet gemeten. Dit is geen probleem omdat Cr en Pb grotendeels aan slib zijn gebonden[3]. In deze studie worden de metaalvrachten tussen Rupelmonde en Vlissingen bepaald. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aan slib gebonden vracht en de opgeloste vracht.

De opgeloste metaalvracht in het estuarium wordt bepaald door de zoetwaterafvoer te vermenigvuldigen met de opgeloste concentratie, na correctie voor verdunning met zeewater[3]. Verder wordt de toename van de zoetwaterafvoer in stroomafwaartse richting door een zijdelingse aanvoer tussen Rupelmonde en Vlissingen in rekening gebracht.

Het metaaltransport middels rivierslib volgt uit metaalconcentraties in het rivierslib, de inkomende massaflux van rivierslib, en de sedimentatie hiervan in de mengzone van zoet en zout water. Om de sedimentatie van rivierslib te berekenen is een eenvoudig conceptueel model ontwikkeld[4]. Aangenomen is dat slib wordt getransporteerd middels de estuariene waterbeweging[5]. Sedimentatiesnelheden van zee- en rivierslib worden berekend op grond van zee-rivierverhoudingen van zwevende stof in de mengzone. Deze verhoudingen zijn bepaald op grond van de elementsamenstelling van zwevende stof[6]. Het bleek dat ruim 80 procent van het aangevoerde rivierslib in de mengzone permanent tot bezinking komt; minder dan 20 procent bereikt de Noordzee. Een eerder gemaakte slibbalans van het Schelde-estuarium[7] leverde ook een retentiepercentage van ongeveer 80 procent. Ook de zee-rivierverhouding van gesedimenteerd materiaal, berekend met het model, kwam goed overeen met de uit metingen bepaalde zee-rivierverhouding van bodemslib.

Resultaten

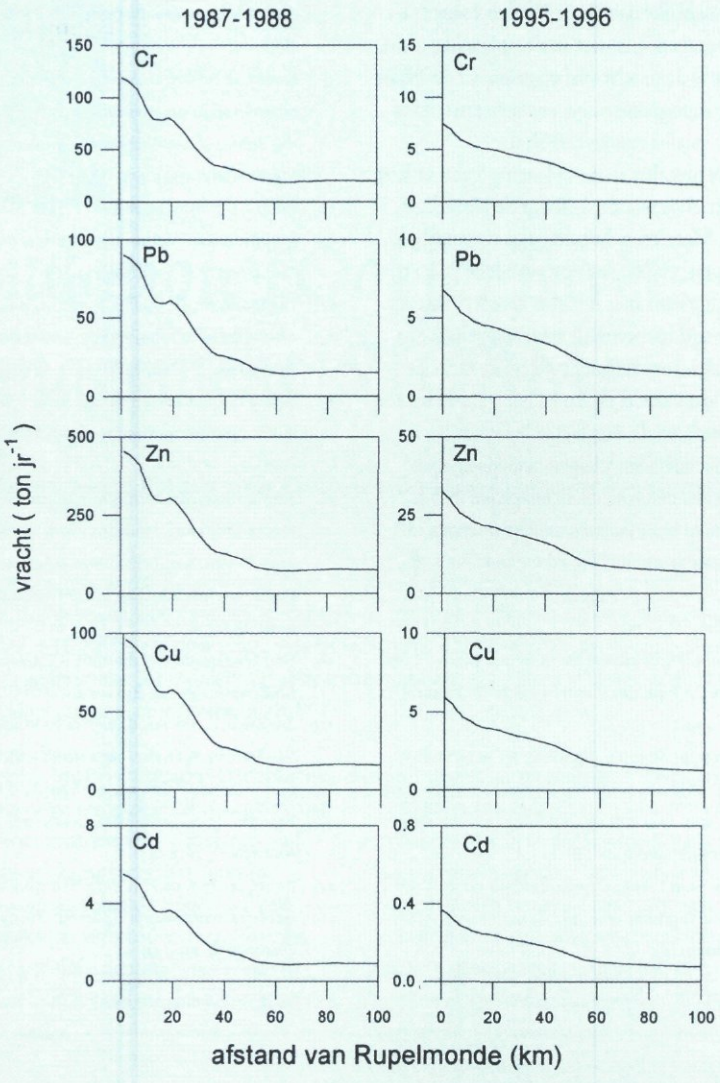
Afbeelding 2 laat voor het Schelde-estuarium het jaargemiddelde van de vrachten van opgelost Zn, Cu en Cd zien voor de perioden 1987-1988 en 1995-1996. Vrachten van opgelost Cu en met name Cd nemen voor beide perioden sterk toe in stroomafwaartse richting. Een vergelijking van de opgeloste vrachten in beide perioden is pas mogelijk nadat gecorrigeerd is voor verschillen in de Schelde-afvoer. Deze was bij de Rupelmonding (Rupelmonde) gedurende de vaartochten gemiddeld 140 $m^3 s^{-1}$ in de periode 1987-1988 en slechts 80 $m^3 s^{-1}$ in de periode 1995-1996. De opgeloste vrachten berekend voor de periode 1995-1996 moeten dus met een factor 14/8 worden vermenigvuldigd om een vergelijking met 1987-1988 mogelijk te maken. Na deze correctie blijkt dat de vrachten naar de Noordzee van opgelost Cu en Zn tussen de twee meetperioden zijn toegenomen terwijl voor Cd een afname is berekend.



Afb. 2: *Jaargemiddelde vrachten van opgelost Cd, Cu en Zn voor de perioden 1987-1988 (ononderbroken lijn) en 1995-1996 (onderbroken lijn) versus de afstand van Rupelmonde bepaald uit de SAWES-data.*

De berekende metaalvrachten gebonden aan slib zijn gegeven in afbeelding 3. In tegenstelling tot de vrachten van opgeloste metalen nemen deze sterk af in zeewaartse richting. De vracht die de Noordzee bereikt, is slechts 15 tot 20 procent van de vracht die bij Rupelmonde het estuarium binnenkomt. Tussen de twee meetperioden zijn de aan slib gebonden vrachten in het gehele estuarium met ongeveer een factor 15 afgenomen. Deze afname komt ten dele door verschillen in de zoetwaterafvoer en de bijbehorende concentraties van rivierslib tussen de twee meetperioden. Als wordt aangenomen dat metaalgehalten in het rivierslib onafhankelijk zijn van de aanvoer van rivierslib, en deze aanvoer evenredig is met het kwadraat van de Schelde-afvoer, dan moeten de berekende vrachten voor de meetperiode 1995-1996 met een factor $(14/8)^2 \approx 3$ worden vermenigvuldigd om een vergelijking met de periode 1987-1988 mogelijk te maken. Na deze correctie blijkt dat de metaalvrachten gebonden aan slib in de periode 1987-1995 met een factor vier tot vijf zijn afgenomen.

Tabel 1 geeft een overzicht van de totale (opgeloste en aan slib gebonden) jaarvrachten bij Rupelmonde, de Belgisch-Nederlandse grens en naar de Noordzee, berekend uit de SAWES-data. Deze zijn vergeleken met de door Rijkswaterstaat (RWS) bepaalde jaarvrachten naar de Noordzee[2]. Voor Cd, Cu en Zn zijn de vrachten naar de Noordzee, bepaald uit de SAWES-data, grotendeels in overeenstemming met de RWS-gegevens. Voor de elementen Cr en Pb zijn de vrachten, bepaald uit de SAWES-data, gemiddeld een factor twee tot drie kleiner dan de RWS-gegevens. Om een vergelijking tussen verschillende jaren (meetperioden) mogelijk te maken zijn de gegeven vrachten genormaliseerd op een zoetwaterafvoer van



Afb. 3: *Jaargemiddelde vrachten van aan rivierslib gebonden Cr, Pb, Zn, Cu en Cd voor de perioden 1987-1988 en 1995-1996 versus de afstand van Rupelmonde bepaald uit de SAWES-data. De verticale schaal van de figuren op de rechterkolom is 1/10 van die op de linkerkolom.*

Tabel 1: *Totaalvrachten van Cd, Cu, Zn, Cr en Pb in de Schelde in tonnen per jaar (Rup.= Rupelmonde; grens = 40 km van Rupelmonde; Noordzee = 100 km van Rupelmonde) berekend uit de SAWES-data en berekend met RWS-methode2) uit bestaande gegevens*. De gegeven vrachten zijn genormaliseerd op een Schelde-afvoer van 120 m³ s-1.*

	SAWES-data						bestaande gegevens*	
	1987-1988			1995-1996			1987	1993
	Rup.	grens	Noordzee	Rup.	grens	Noordzee	Noordzee	Noordzee
Cd	4,1	1,3	1,7	0,87	0,65	0,53	0,9-2,4	0,5-1,5
Cu	76	26	24	17	16	23	14-38	11-18
Zn	387	153	108	102	105	74	64-172	55-89
Cr	89	26	16	18	9	5,3	16-43	11-19
Pb	67	19	12	16	8,5	4,2	9-24	8-13

* Opgeloste en totaalconcentraties (opgelost en aan slib gebonden) van Cd, Cu, Zn, Cr en Pb bij de Belgisch-Nederlandse grens.

120 m³ s⁻¹ bij Rupelmonde. De SAWES-gegevens laten zien dat bij Rupelmonde de totale vrachten van de vijf zware metalen in de periode 1987-1995 met een factor vier tot vijf zijn afgenomen. De totale vrachten naar de Noordzee laten voor met name Cu en Zn en in mindere mate voor Cd een veel kleinere afname zien.

Verklaring

De afname met een factor vier tot vijf van de hoeveelheid aangevoerde metalen naar het Schelde-estuarium heeft twee verklaringen:

- een afname van de metaalconcentratie per massa-eenheid slib, met andere woorden een betere kwaliteit van het aangevoerde rivierslib
- en een afname van de hoeveelheid aangevoerde rivierslib bij gelijkblijvende rivierafvoer.

Uit de SAWES-metingen bleek dat de eerste verklaring verantwoordelijk is voor een afname van de metaalvracht met ongeveer een factor twee, de tweede voor het overige deel van de afname.

De betere kwaliteit van het rivierslib is een gevolg van de toegenomen zuivering van huishoudelijk en industrieel afvalwater. Het percentage huishoudelijk afvalwater dat gezuiverd wordt, neemt in Vlaanderen en Wallonië gestaag toe. In 1989 werd in Vlaanderen 26 procent en in Wallonië 28 procent van het rioolwater gezuiverd[8]. In 1996 was het zuiveringspercentage in Vlaanderen al toegenomen tot 40 procent en het zal naar verwachting bijna 60 procent zijn in 2003[9]. Het huishoudelijk afvalwater van Brussel wordt momenteel nog ongezuiverd op de Schelde geloosd. Na het jaar 2000 zullen in Brussel een aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties in gebruik genomen worden. Dit moet leiden tot een belangrijke kwaliteitsverbetering van de Schelde in de jaren daarna.

De zuiveringsgraad van industrieel afvalwater is hoger dan die van huishoudelijk afvalwater. Hierover zijn echter geen precieze schattingen bekend. Het is de verwachting dat in 2015 de industrie in Vlaanderen en Wallonië dezelfde zuiveringsgraad zal kennen als in Nederland[10]. De rioleringsgraad zal echter nooit het Nederlandse niveau bereiken, omdat er veel lintbebouwing voorkomt waar riolering aanleggen moeilijker is. Circa 25 procent van het huishoudelijk afvalwater zal daarom ongezuiverd blijven[10].

De afgenomen aanvoer van rivierslib komt vooral door een toename van de baggerwerken bovenstrooms in het Schelde-stroomgebied. Grote hoeveelheden slibrijke specie worden onttrokken uit de bevaarbare water-

wegen (rivieren en kanalen) en de grote onbevaarbare waterlopen. Bovendien vinden zeer wijdverspreide ruimingswerken plaats in de kleine onbevaarbare waterlopen, zoals grachten en beken[9]. De sedimentatie van slib, bovenstrooms, wordt bevorderd doordat steeds meer wordt overgestapt op wachtbekkens en stuwen om de grote afvoeren van neerslag te regelen, waarbij de piekafvoer en dus het transporterende vermogen van het water wordt verminderd.

Invloed zuurstofgehalte

Vanwege de beperkte zuivering van huishoudelijk afvalwater worden grote hoeveelheden organische stof op de Schelde geloosd. De afbraak van organische stof kost veel zuurstof en verlaagt zo het zuurstofgehalte in de rivier. In de zomer is het water tussen Rupelmonde en de Belgisch-Nederlandse grens bijna zuurstofloos. Dit lage zuurstofgehalte maakt dat opgeloste concentraties van zware metalen in het aangevoerde rivierwater relatief laag zijn. Hierdoor is bijna de volledige metaalvracht die bij Rupelmonde de mengzone binnenkomt aan rivierslib gebonden. In stroomafwaartse richting nemen de vrachten van opgelost Cu, Cd en Zn sterk toe. Dit wordt verklaard door een toename van het zuurstofgehalte in zeewaartse richting waardoor Cu, Cd en Zn ten dele in de oplossing gaan[11]. Uit een studie van de Université Libre de Bruxelles[12] blijkt dat Cr en Pb zich conservatief gedragen en dus niet in de oplossing gaan. Zodoende is de vracht van opgelost Cr en Pb in de gehele mengzone ongeveer constant, onafhankelijk van het zuurstofgehalte.

Zodra metalen in de oplossing gaan zullen ze met het rivierwater volledig de Noordzee bereiken. Metalen gebonden aan rivierslib, daarentegen, zullen voor ongeveer 80 procent in het estuarium met het slib worden afgezet. Een in de tijd toenemend zuurstofgehalte in het Scheldewater verhoogt de concentraties van opgelost Cu, Cd en Zn in het gebied tussen Rupelmonde en de Belgisch-Nederlandse grens. Deze metalen krijgen zodoende niet meer de kans om met de slibdeeltjes in het estuarium te bezinken en zullen daarom in toenemende mate de Noordzee bereiken. ¶

LITERATUUR

1) Ministerial Declaration of the Third International Conference on the Protection of the North Sea, The Hague, 8 March 1990.

2) Wulffraat, K., Smit, Th., Groskamp, H., en De Vries, A. 1993. De belasting van de Noordzee met verontreinigende stoffen 1980-1990. Rapport DGW-93.037, Dienst Getijdewateren Rijkswaterstaat.

3) Van der Kooy, L. 1982. De waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981. Nota nr.82.063, RIZA, Rijkswaterstaat.

4) Verlaan, P., 1998. Mixing of marine and fluvial particles in the Scheldt estuary. Proefschrift Technische Universiteit Delft.

5) Festa, J. en Hansen, D., 1976. A two-dimensional numerical model of the estuarine circulation: the effects of altering depth and river discharge. Estuarine and Coastal Marine Science 4, 309-323.

6) Verlaan, P., Donze, M, en Kuik, P. 1998. Marine versus fluvial suspended matter in the Scheldt estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science 46, 873-883.

7) Van Maldegem, D., Mulder, H. en Langerak, A. 1993. A cohesive sediment balance for the Scheldt estuary. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 27, 247-256.

8) Gedrag van particulair materiaal in het Schelde estuarium. 1993. International Marine and Dredging Consultants.

9) Slibbalans Beneden Zeeschelde 1996 (concept), 1997. Verslag AMS-97.03. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen, afdeling Maritieme Schelde.

10) Nota Watersysteemverkenningen, RIZA-nota 96.058, RIKZ-rapport 96.030, Rijkswaterstaat.

11) Zwolsman, J., Van Eck, G., en Van der Weijden, C., 1997. Geochemistry of dissolved trace metals (cadmium, copper, zinc) in the Scheldt estuary, southwestern-Netherlands: Impact of seasonal variability. Geochemicia et Cosmochimica Acta 61, 1635-1652.

12) Paucot, H., en Wollast, R. 1997. Transport and transformation of trace metals in the Scheldt estuary. Marine Chemistry 58, 229-244.