

Baggerspecie in Delft: bronnen van aanvoer en vervuiling

DR. P. KELDERMAN, INTERNATIONAL INSTITUTE FOR INFRASTRUCTURAL,
HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

DRS. W. DROSSAERT, DE STRAAT MILIEUADVISEURS

IR. I. CLARISSE, GEMEENTE DELFT DIENST BEHEER EN MILIEU

IR. M. IPING, DELFT KENNISSTAD

Hoe verontreinigd is het slib in de grachten van steden? In onder andere Delft is hiernaar onderzoek verricht. Vooral in de binnenstad blijkt vrijwel steeds sprake van klasse 3 à 4-sediment. Hiervoor moeten kostbare opslag- en saneringsmaatregelen worden getroffen. Het drukke scheepvaartverkeer op het Rijn-Schie-kanaal speelt een dominante rol in de aanvoer van slib naar de grachten van Delft. Ook de vervuiling komt op deze manier in de binnenstad terecht. Uitgerekend is dat een aantal maatregelen, specifiek op het terrein van de scheepvaart, in de toekomst ervoor kunnen zorgen dat de aanvoer van slib met zo'n 85 procent kan dalen.

Zoals veel andere steden in Nederland kampt de gemeente Delft met grote problemen met vervuilde (bagger)specie. Tussen 1993 en 1998 is reeds zo'n 45.000 kubieke meter slib verwerkt. Delft zit nu nog met circa 65.000 kubieke meter verontreinigd slib in haar maag. Volgens de huidige planning gaan er nog drie jaar overeen voordat ook deze hoeveelheid gesaneerd is.

Het IHE verrichtte de afgelopen jaren onderzoek naar de bronnen van vervuiling van het slib in Delft. Het instituut ging ook na in hoeverre het slib voldoet aan de kwaliteitsklassen 0-2 (waarvoor weinig restricties wat betreft verwerking gelden) dan wel aan de klassen 3-4. Voor deze laatste categorie liggen de verwerkingskosten minstens een factor twee hoger dan voor klasse 0-2 sediment.

Op 200 meetplaatsen in Delft werden monsters op een diepte van 20 tot 50 cm genomen. Deze werden door een gecertificeerd laboratorium geanalyseerd op korrelgrootte, organisch stofgehalte, zware metalen en organische microverontreinigingen. De resultaten (afbeelding 1) laten zien, dat voor de binnenstad van Delft 95 procent van het slib in klasse 3-4 valt. Dit percentage ligt voor de buitenwijken aanzienlijk lager, namelijk op 47 procent. De gehalten van de vervuilingcomponenten waren hier ook een factor twee tot tien lager.

De belangrijkste probleemstof in het slib bleek koper te zijn, gevolgd door de polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), DDT en zink. Uit metingen over het verticaal van de sedimentkernen ontstaat een goed beeld van de trends in vervuiling over de afgelopen periode: de gehalten zware metalen en PAK's in de sedimenttoplaag liggen 20 tot 55 procent lager dan in de onderlaag. Desondanks is ook voor de toplaag nog steeds in 95 procent van de gevallen sprake van een klasse 3-4 kwaliteit. Dit kan vrijwel geheel worden toegeschreven aan de nog steeds hoge kopergehalten in de baggerspecie. Wat de Delftse buitenwijken betreft kunnen 'hotspots' van vervuiling worden aangewezen: langs de autosnelweg A13 en andere drukke wegen, langs de spoorbaan Rotterdam-Den Haag, vooral door koperemissies van de bovenleidingen, en op meetplaatsen in directe hydrologische verbinding met de binnenstad en/of het Rijn-Schiekanaal (zie afbeelding 1).

Een belangrijke vervuilingsbron langs de autowegen zijn de PAK's, vanwege de incomplete verbranding van autobrandstof. In de toekomst zal deze bron van vervuiling waarschijnlijk sterk verminderen door het gebruik van katalysatoren. Opvallend is, dat lood inmiddels geen grote rol meer speelt in de vervuiling. Dit metaal werd vroeger als anti-klop middel in benzine gebruikt, maar is nu vrijwel geheel vervangen door alternatieven.

Op veel meetplaatsen in de buitenwijken treedt overigens een sterke beïnvloeding op vanuit de binnenstad.

Opeenhoping

De grachten in de Delftse binnenstad staan op vijf punten in directe verbinding met het Rijn-Schie-kanaal. Het valt dus te verwachten dat dit kanaal een belangrijke bron van slib zal zijn. De laatste baggeroperatie in de Delftse binnenstad vond zo'n twaalf jaar vóór dit onderzoek plaats. Allereerst werd daarom gekeken naar de slibaccumulatie over deze afgelopen periode. Hiertoe werd met behulp van een meetstok de slibdikte gemeten in 5-15 meter intervals in de binnenstadsgrachten. Vervolgens kon, met deze gemeten slibdikten en de bijbehorende watergehalten en specifieke dichtheden, het totale volume en gewicht aan droge stof van het geaccumuleerde slib worden bepaald. In het algemeen werd op de eerste 25 tot 30 meter vanaf de inlaatpunten met het Rijn-Schie-kanaal geen of slechts een dunne laag slib aangetroffen. Tussen 30 en 80 meter afstand van de inlaatpunten nam de slibdikte in de grachten sterk toe, om een gemiddelde dikte van één meter te bereiken. Vergeleken hiermee was de slibdikte in het midden van de binnenstad aanzienlijk geringer, namelijk 20 tot 70 cm. Voor geaccumuleerde baggerspecie werd aldus een waarde gevonden van 6500×10^3 kg drooggewicht. De accumulatie van gemiddeld twaalf jaar in beschouwing genomen, levert dit een waarde voor de slibaccumulatie op van 550×10^3 kg/jaar.

Water- en slibbalans

De waterbalans voor de Delftse binnenstad wordt gedomineerd door een continue doorspoeling van het water uit het Rijn-Schiekanaal via de vijf inlaatpunten door het pompstation Kalverbos. In totaal bedraagt deze 26×10^6 kubieke meter per jaar. Samen met de waterinlaat zal ook zwevende stof in de Delftse binnenstad worden geïmporteerd. Normaliter zorgt het scheepvaartverkeer in het Rijn-Schiekanaal voor relatief hoge gehalten zwevende stof, namelijk 12 ± 2 mg/l (95 procent-betrouwbaarheidsinterval). Bij langdurige afwezigheid van scheepvaartverkeer ligt dit gehalte aanzienlijk lager, namelijk op $3,2 \pm 0,8$ mg/l. Met bovenstaande waterinlaat en zwevende stofgehalten kan aldus een inlaat van zwevende stof (droge stofgehalten) naar de Delftse binnenstadsgrachten worden berekend van: bij normaal scheepvaartverkeer 320×10^3 kg/jaar en bij langdurige afwezigheid van scheepvaartverkeer 85×10^3 kg/jaar.

Scheepvaartverkeer draagt nog bij tot extra slibinvoer naar de binnenstadsgrachten. Dit heeft te maken met de variaties in water-

niveau die optreden bij scheepspassages: juist vóór een scheepspassage stroomt water uit de gracht naar het Rijn-Schie-kanaal, terwijl direct na de passage water de gracht instroomt. Uit metingen blijkt dat vooral dit 'importwater' een sterk verhoogd zwevende stofgehalte heeft. De scheepspassages op het kanaal zorgen zo voor een extra import van zwevende stof van 200×10^3 kg/jaar. Samen met de zojuist genoemde achtergrondwaarde van 320×10^3 kg/jaar leidt dit tot een totale import van zwevende stof in de binnenstadsgrachten van Delft van 520×10^3 kg/jaar.

Daarnaast kan nog een schatting worden gemaakt van slibaanvoer vanuit de binnenstad zelf (riooloverstorten en 'run-off' van de straten). Hiervoor werd een waarde berekend van 13×10^3 kg/jaar, resulterend in een totale

productie van zwevende stof (intern en extern) van 533×10^3 kg/jaar. Aangenomen dat geen slib wegstroomt, kan dit getal direct worden vergeleken met de hiervoor vermelde gemeten slibaccumulatie (550×10^3 kg/jaar). Er is dus sprake van een zeer goed sluitende slibbalans.

Massabalansen van zware metalen

Aan de hand van hiervoor genoemde zwevende stofimport vanuit het Rijn-Schie-kanaal en de bijbehorende gemeten zware metaalgehalten, is een massabalans voor lood, zink en koper opgesteld:

$ZM_{imp.} + ZM_{int.} = ZM_{acc.}$ (alle in kg/jaar), waarin $ZM_{imp.}$ staat voor de import van zware metalen via de vijf inlaatpunten van het Rijn-Schie-kanaal, $ZM_{int.}$ de bijdrage weergeeft van de zware metalen uit de binnenstad zelf en

$ZM_{acc.}$ de sluitpost is: de geaccumuleerde hoeveelheid zware metalen in de Delftse binnenstadsgrachten.

De term $ZM_{imp.}$ werd berekend met de eerder genoemde import van zwevende stof en de gemeten zware metaalgehalten daarvan. $ZM_{int.}$ bestaat vooral uit de bijdrage van afvoer via huizen en straten gedurende regenbuien ('run-off'), samen met een veel kleinere bijdrage door riooloverstorten. $ZM_{acc.}$ tenslotte werd berekend als sluitpost in bovenstaande massabalans.

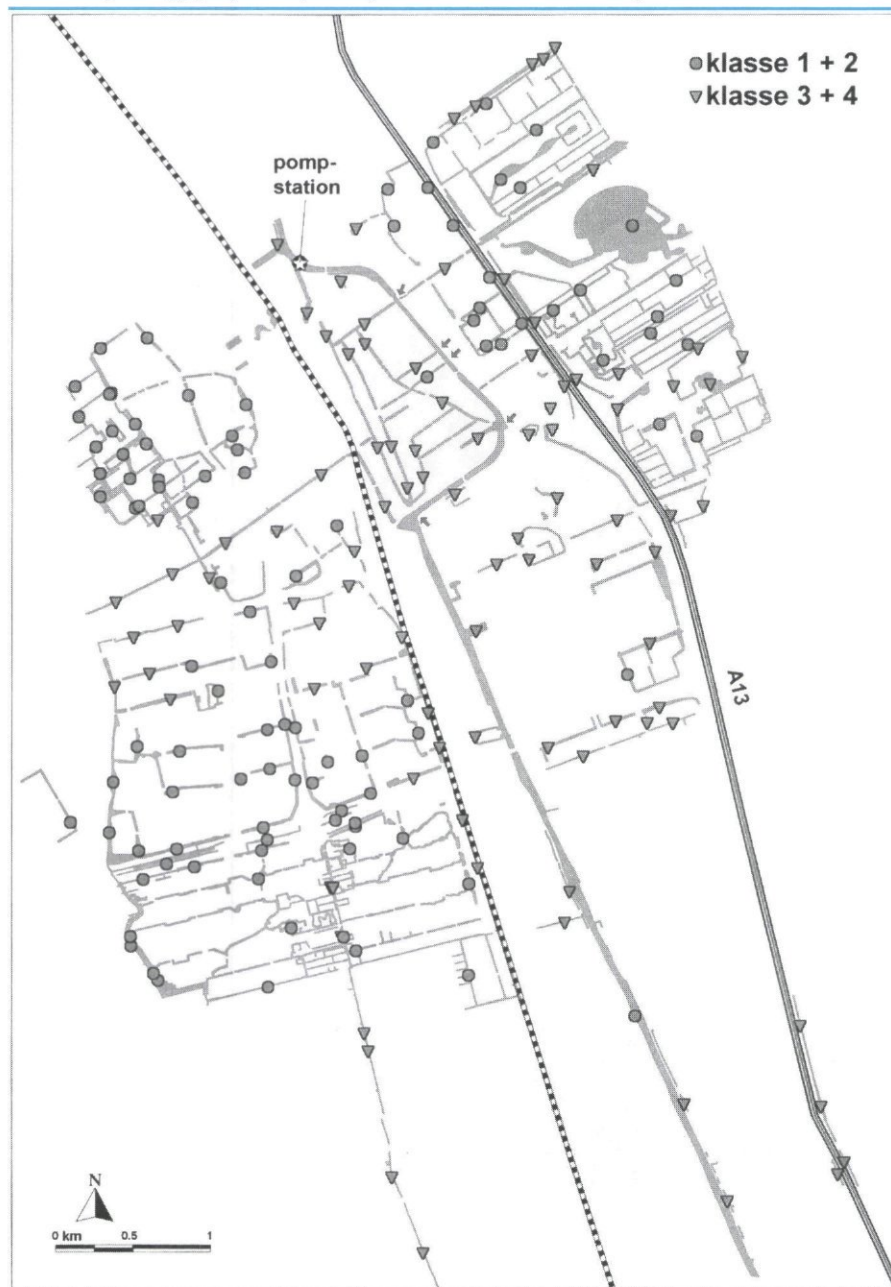
De resultaten in afbeelding 2 tonen aan dat de interne vervuilsbronnen (en dan vooral door de afspoeling van straten en huizen tijdens buien), slecht zo'n 15 tot 35 procent aan de totale slibvervuiling bijdragen. De rest is afkomstig uit het Rijn-Schie-kanaal. Waarschijnlijk kan deze verontreiniging worden toegeschreven aan een directe aanvoer vanuit de Rijn: er bestaat een goede correlatie tussen de gehalten aan zware metalen in het zwevende stof van het Rijn-Schie-kanaal en die in de Rijn. Ook komen de afnemende gehalten in de meest recente periode goed overeen. Directe vervuilsbronnen door puntlozingen uit de omgeving van Delft spelen vrijwel geen rol van betekenis. Het belang van diffuse lozingen kon overigens niet worden gekwantificeerd.

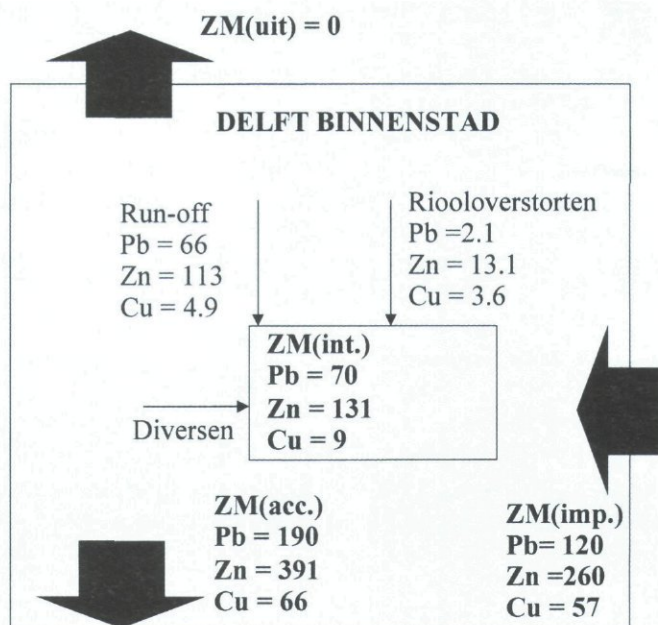
Wat te doen?

Het intensieve scheepvaartverkeer op het Rijn-Schie-kanaal zorgt dus voor voortdurend verhoogde zwevende stofgehalten in het water. Tevens vindt bij scheepspassages een extra import van zwevende stof plaats. Het IHE verrichtte onderzoek naar de invloed van scheepvaartbewegingen op de zwevende stofgehalten in het water. Hierbij werd gebruik gemaakt van computermodellen en laboratoriumexperimenten. Basis voor de modellering waren de diverse hydrodynamische processen, zoals de momentane waterdaling die optreedt bij scheepspassage, de schokgolven door de schepen en de impact van de schepsschroef. In laboratoriumexperimenten werd daarnaast gekeken naar de opwerveling van bodemmateriaal en de benodigde tijd voor bezinking.

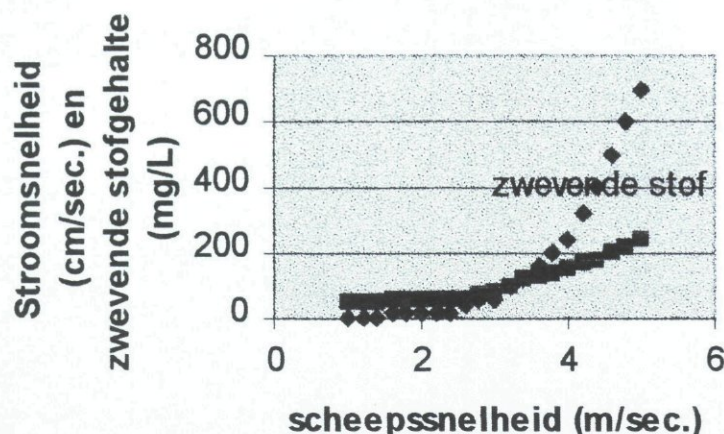
Uit de resultaten (zie afbeelding 3) blijkt, dat bij toenemende snelheid van de schepen de stroming langs de bodem sterk toeneemt. Dit gaat gepaard met een opwerveling van bodemmateriaal en dus met een sterke toename van de gehalten zwevende stof. Volgens het gebruikte model zal vooral bij snelheden boven de 2,5 meter per seconde een sterke toename plaatsvinden van de zwevende stofgehalten. Bij een toename van de snelheid van twee naar vier meter per seconde nam die bijvoorbeeld toe van circa 20 mg/l naar meer

Afb. 1: Een overzicht van de meetpunten en de mate van verontreiniging van het slib. (blauwe pijltjes zijn inlaatpunten Rijn-Schie-kanaal naar de binnenstad)





Afb. 2: Massabalans voor zware metalen in de grachten in de binnenstad van Delft (in kg/jaar).



Afb. 3: Stroomsnelheden langs de bodem en zwevende stofgehalten, zoals gemodelleerd voor het Rijn-Schie-kanaal, als functie van de snelheid van passerende schepen.

dan 300 mg/l. Anderzijds vermindert het opgewerkte zwevende stof sterk bij scheepssnelheden die onder de 1,5 meter per seconde liggen: tot waarden beneden de vijf milligram per liter.

Bovengenoemde modeluitkomsten lijken een goed beeld van de werkelijke situatie te geven. Bij de gemeten gemiddelde scheepssnelheid van drie tot vier meter per seconde geeft het model zwevende stofgehalten aan van 50 tot 150 milligram per liter, in overeenstemming met de gemeten gehalten. Bij langdurige afwezigheid van scheepvaartverkeer, namelijk tijdens perioden waarin (elders) ijsvorming optreedt, worden in het Rijn-Schie-kanaal zwevende stofgehalten van ongeveer drie milligram per liter gevonden.

Daarom verdient het aanbeveling om bij de passage van schepen langs de Delftse

inlaatgrachten een maximale snelheid van circa 1,3 m/seconde (5 km/uur) in te voeren. Tevens dient bij de passage van schepen een zo groot mogelijke afstand tot de inlaatgrachten te worden aangehouden. Hydraulische constructies zoals automatische, tijdelijk afsluitbare deuren of afsluitschermen kunnen zorgdragen voor verdere vermindering van de slibimport tijdens scheepspassages. Potentieel kan op deze wijze een reductie van de zwevende stofimport worden bereikt van ongeveer 85 procent (namelijk van 520 naar 85 ton per jaar).

Vermindering van de vervuiling van het Delftse baggerspecie zal vooral optreden door waterkwaliteitsverbeteringen in de Rijn. Studies tonen aan dat hier inderdaad een sterke afname van onder meer de lood- en cadmiumgehalten optreedt. Opvallend is

echter, dat de metalen koper en zink (al eerder genoemd als belangrijke probleemstoffen voor het Delftse slib) bij deze trend iets achterblijven. Waarschijnlijk zijn deze stoffen voor een belangrijk deel afkomstig van diffuse bronnen die veel moeilijker zijn te saneren dan puntlozingen.

Vermindering van de interne baggerspecievervuiling (in de Delftse binnenstad verantwoordelijk voor 15 tot 35 procent van de zware metaalvervuiling) dient zich tenslotte vooral te richten op een verbeterde afvoer van hemelwater bij regenbuien. 

LITERATUUR

- Bijlsma M., A. Galion, P. Kelderman, G. Alaerts en I. Clarisse (1996). Assessment of heavy metal pollution in inner city canal sediments. *Water Science and Technology* nr. 6, pag. 231-237.
- De Waal-Malefijt A. (1982). Cadmium, chroom, koper, lood, nikkel en zink in huishoudelijk afvalwater en in af te voeren neerslag. *H₂O* nr. 14, pag. 355-361.
- Jacobs E. en J. van Sluis (1993). Sewers and the quality of canals and ditches in Amsterdam: a mass balance approach. *Water Science and Technology* nr. 5-6, pag. 61-67.
- Kelderman P., Dessalegn Bezabih Kassie, M. Bijlsma, L. Okonkwo en A. Doppenberg (1998). Effect of external shipping traffic on the transport of polluted sediments into the inner city of Delft (the Netherlands). *Water Science and Technology* nr. 6-7, pag. 63-70.
- Kelderman P. (2000). Baggerspecie in Delft. Aanvoer, vervuiling en saneringsmethoden. Evaluatierapport project 715 BaTIG. IHE/Delft Kennisstad.
- Kelderman P., W. Drossaert, Zhang Min, L. Okonkwo en I. Clarisse (2000). Pollution assessment of the canal sediments in Delft (The Netherlands). *Water Research* nr. 3, pag. 936-944.
- Ntow W. (1998). Modelling ship-induced sediment transport in the Delft canal system. IHE M.Sc. thesis DEW 023.
- Stigliani W., P. Jaffe en S. Anderberg (1993). Heavy metal pollution in the Rhine basin. *Environment Science and Technology* nr. 5, pag. 787-793.