

# Authigeen sediment: een belangrijke bijdrage tot de totale sedimentlading van de Kleine Nete

<sup>1</sup> Universiteit Gent, Vakgroep  
Geologie en Bodemkunde,  
Onderzoekseenheid:  
Sedimentaire Geologie en  
Ingenieursgeologie

<sup>2</sup> Vlaamse Overheid,  
Waterbouwkundig  
Laboratorium

*Het sediment dat voorkomt in rivieren wordt vanuit verscheidene bronnen aangevoerd. Sommige bronnen, zoals bodemerosie en industriële lozingen, zijn goed gekend maar authigene sedimentvorming is weinig of niet bestudeerd.*

*Authigeen sediment ontstaat in de rivier zelf, door neerslaan van stoffen die in oplossing waren in het grondwater, maar die niet langer in evenwicht zijn in het fluviaal milieu.*

*In het Netebekken slaan voornamelijk ijzermineralen neer. Ze vormen vlokken die erg veel contaminanten kunnen adsorberen en een grote bijdrage leveren aan de totale sedimentlading die door de Nete getransporteerd wordt.*

*Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft daarom in samenwerking met de Universiteit Gent het Model voor Authigeen Rivier Sediment (MARS) ontwikkeld. Dit model heeft berekend dat over de periode 1999-2005 gemiddeld 65 % van het getransporteerde sediment van authigene oorsprong was.*

## 1. Inleiding

Sediment en sedimenttransport behoren in principe tot het normale functioneren van het watersysteem, en vormen een belangrijke schakel in de voedselketen, habitatvorming enz. Soms kunnen sedimenten echter ook problemen veroorzaken: voor de scheepvaart, de afvoercapaciteit, maar ook door accumulatie van verontreinigingen. In deze gevallen is baggeren of ruimen aan de orde. Door een schrijnend gebrek aan bergingscapaciteit en de hoge kosten voor sanering, blijven deze problemen jaren bestaan. Ook sedimenttekorten in rivieren kunnen tot problemen leiden, zoals uitschuring van kanalen en oevererosie. Oplossingen worden daarom ook gezocht bij de bron: het ontstaan van sediment in rivieren.

Daarom is het noodzakelijk een goed inzicht te verkrijgen in de verschillende bronnen die sediment aanleveren zodat noodzakelijke maatregelen getroffen kunnen worden. Een aantal sedimentbronnen zijn reeds uitgebreid beschreven in de vakliteratuur, zoals bodemerosie, oevererosie, waterzuivering en rioleringen, industriële lozingen en materiaal dat van wegen afstroomt en in rivieren terechtkomt.

Een bron die echter vaak over het hoofd gezien wordt is authigene sedimentvorming (zie Tekstkader 1). Dit is niet altijd terecht aangezien deze sedimentbron in sommige bekkens een grote bijdrage kan leveren tot het totale suspensietransport in de rivier, zoals aangetoond in een studie uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium en de Universiteit Gent waarvan de resultaten hieronder in het kort besproken worden.

## 2. Hoe wordt authigeen sediment gevormd?

Authigeen sediment wordt in een rivier gevormd o.m. wanneer opgeloste stoffen neerslaan door

een verandering in de heersende chemische, fysische en biologische condities. Een goed voorbeeld hiervan is het verschil in condities die heersen in het grondwater en in het oppervlaktewater van het Netebekken: het grondwater is gekenmerkt door relatief lage pH-waarden en reducerende omstandigheden, terwijl bij het oppervlaktewater oxiderende omstandigheden en meestal neutrale- tot licht alkalische pH-waarden geregistreerd worden.

Welke opgeloste stoffen zullen neerslaan bij gunstige omgevingscondities hangt af van de ionensamenstelling in oplossing. In het Netebekken is opgelost ijzer in belangrijke mate aanwezig in het grondwater. Dit ijzer is afkomstig uit de voornaamste watervoerende laag (de Formatie van Diest) die is opgebouwd uit glauconiethoudend zand.

Door chemische verwerking van het glauconiet komen verhoogde concentraties aan opgelost ijzer in het grondwater voor. Door de heersende reducerende condities, blijft het ijzer in oplossing, en kan het verder getransporteerd worden. Dit wordt verder uitgediept in Tekstkader 2.

Wanneer het ijzerrijke grondwater via kwel de rivier bereikt, zal door de veranderende redox-condities het opgeloste ijzer neerslaan in de vorm van fijn colloïdaal materiaal. Door sorptie- en flocculatieprocessen groeien deze deeltjes tot grotere structuren nl. vlokken: nieuw sediment is gevormd.

## 3. Welke massa sediment wordt authigeen geproduceerd?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, moet eerst bepaald worden welke mineralen gevormd worden wanneer het opgeloste ijzer neerslaat. Zoals in Tekstkader 2 wordt uitgelegd, zal in de rivier het opgeloste ijzer initieel neerslaan als  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Wanneer echter naast ijzer ook nog

### Tekstkader 1: Wat betekent "authigeen sediment"?

Authigeen sediment wordt gedefinieerd als sediment dat zich bevindt op de plaats waar het oorspronkelijk gevormd werd. In een fluviaatiele context houdt dat in dat het sediment in de rivier zelf gegenereerd wordt en dat het niet, zoals andere sedimentbronnen, van elders aangevoerd wordt.

### Tekstkader 2: Wanneer blijft ijzer in oplossing en wanneer slaat het neer?

Of een verbinding in opgeloste vorm blijft dan wel neerslaat hangt in belangrijke mate af van de combinatie van de heersende redox-potentiaal, pH van het water, ionsamenstelling en ionconcentratie. Fig. 1 toont mogelijke stabiele evenwichtsfasen voor ijzerverbindingen in aquatisch milieu. De condities in het grondwater (GW) zijn anoxisch en reducerend waardoor het ijzer in oplossing blijft onder de vorm van  $Fe^{2+}$ . Wanneer het grondwater via kwel het oppervlaktewater (OW) bereikt, verandert het milieu naar oxidische condities met neutralere pH's, waardoor het opgeloste ijzer niet langer in evenwicht is met zijn omgeving en zal omgezet worden naar  $(Fe_2O_3 \cdot nH_2O)$ , dat aanvankelijk zal neerslaan als colloïden, die vervolgens vlokken zullen vormen. Fig. 2 toont een microscopische opname van zo een vlok.

Fig. 1: Het potentiaal/pH diagram voor het element ijzer toont mogelijke stabiele evenwichtsfasen voor ijzerverbindingen in aquatisch milieu. In de witte zones zijn de stoffen in oplossing, in de grijze zones zijn de mineralen in vaste toestand. GW en OW geven respectievelijk de condities in het grond- en oppervlaktewater in het Netebekken weer.

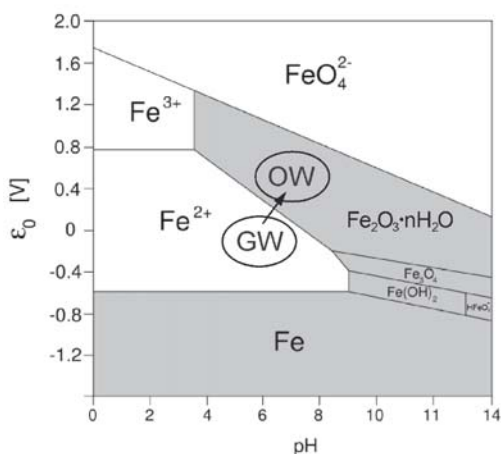
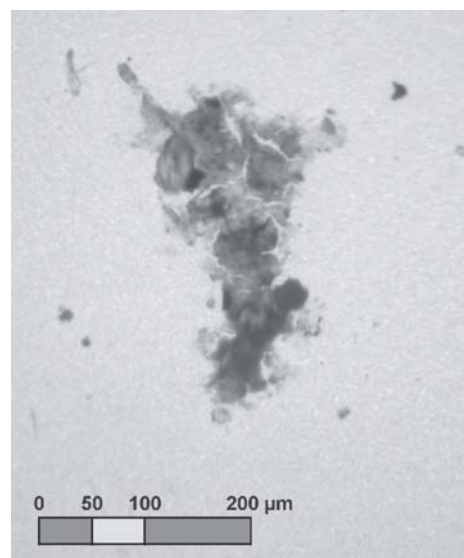


Fig. 2: Microscopische foto van een vlok en enkele sedimentpartikels bemonsterd op de Kleine Nete te Grobbendonk



andere ionen in oplossing aanwezig zijn (zoals fosfaten en carbonaten), kunnen ook andere ijzerverbindingen gevormd worden met sterk variërende massa. Daarnaast moet ook in belangrijke mate rekening gehouden worden met sorptie-verschijnselen, waarbij het colloïdale materiaal opgeloste contaminanten en nutriënten kan binden via adsorptieprocessen.

Wanneer zowel het gevormde mineraal als sorptie in rekening gebracht worden, kan gesteld worden dat 1 gram  $Fe^{2+}$  een authigene sedimentmassa variërend tussen 1,57 en 4 gram zal produceren.

#### 4. Wat is de bijdrage van authigeen sediment tot de jaarlijkse sedimentlast in het Kleine Netebekken?

Om deze vraag te beantwoorden moet men zowel beschikken over jaarlijkse totale sedimentfluxen alsook over de authigene sedimentflux voor diezelfde periode (zie Tekstkader 3). Een schematisch overzicht van de nodige berekeningstappen wordt gegeven in Fig. 3.

### Tekstkader 3: Sedimentfluxen

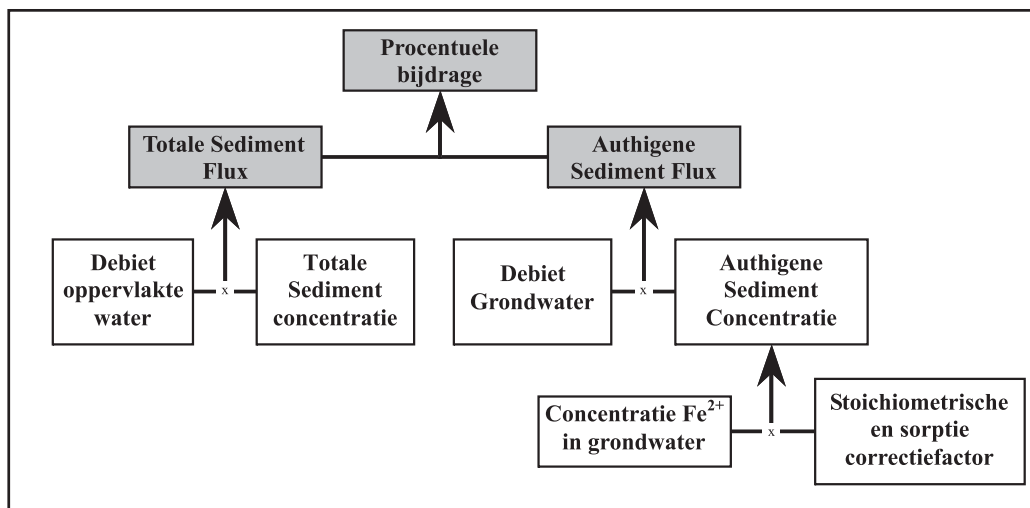
Algemeen kan een sedimentflux gedefinieerd worden als de hoeveelheid sediment die per tijdseenheid voorbij een bepaald (meet)punt stroomt. Deze kan berekend worden door het debiet van een rivier dat doorheen een sectie stroomt te vermenigvuldigen met de gemiddelde concentratie aan sediment in die sectie.

$$\text{Flux} = \text{Debiet} \times \text{Concentratie}$$

#### 4.1. Bepalen van de totale flux van gesuspendeerd sediment

Het meetnet voor sedimenttransport van het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) van de Vlaamse Overheid, heeft een meetpost gelegen op de Kleine Nete te Grobbendonk, waar op continue wijze debieten en sedimentconcentraties worden gemeten. Door vermenigvuldiging van de gemeten debieten en de overeenkomstige concentraties, kunnen totale sedimentfluxen berekend worden.

Fig. 3: Schematisch overzicht van de berekeningen om de authigene sedimentflux en de bijdrage tot de totale sedimentflux te bepalen.



den. Deze waarden kunnen uitgemiddeld worden tot dagelijkse, maandelijks of jaarlijkse sedimentfluxen (zie Fig. 4).

#### 4.2 Bepalen van de authigene sedimentflux

Om de flux van het aandeel authigene materiaal te bepalen, moet het debiet van de grondwatervoeding vermenigvuldigd worden met de concentratie aan potentiële authigene sedimentvormende ionen (in casu: opgelost ijzer) (zie Fig. 3). De hoeveelheid grondwater die via kwel de Kleine Nete voedt stroomopwaarts van het meetpunt in Grobbendonk, kan berekend worden met behulp van de numerieke filtering procedure ontwikkeld door Nathan and McMahon (1990). De resultaten van deze berekening voor de jaren 1999 tot 2005 zijn terug te vinden in Fig. 4.

Om de authigene sedimentconcentratie te bepalen, moet eerst de  $Fe^{2+}$  concentratie in het grondwater bepaald worden. Deze waarde wordt vervolgens gecorrigeerd voor zowel de mineralogie (molecuulmassa) als de sorptiecapaciteit van de gevormde ijzervlokken (zie hierboven in punt 3) om tot slot vermenigvuldigd te worden met het grondwaterdebiet. De resultaten van deze berekeningen voor de Kleine Nete te Grobbendonk voor de periode 1999 - 2005 zijn terug te vinden in Fig. 4.

#### 5. MARS: Model voor Authigene Rivier Sediment

Om alle voorgaande stappen uit te voeren werd het MARS model ontwikkeld. Het Model voor Authigene Rivier Sediment voorspelt op dagelijkse tijdschaal authigene sedimentfluxen aan de hand

Fig. 4: Jaarlijkse debieten gemeten in de periode 1999-2005 op de Kleine Nete te Grobbendonk, alsook de berekende waarden voor de grondwater toevoer en de totale en authigene sedimentfluxen.

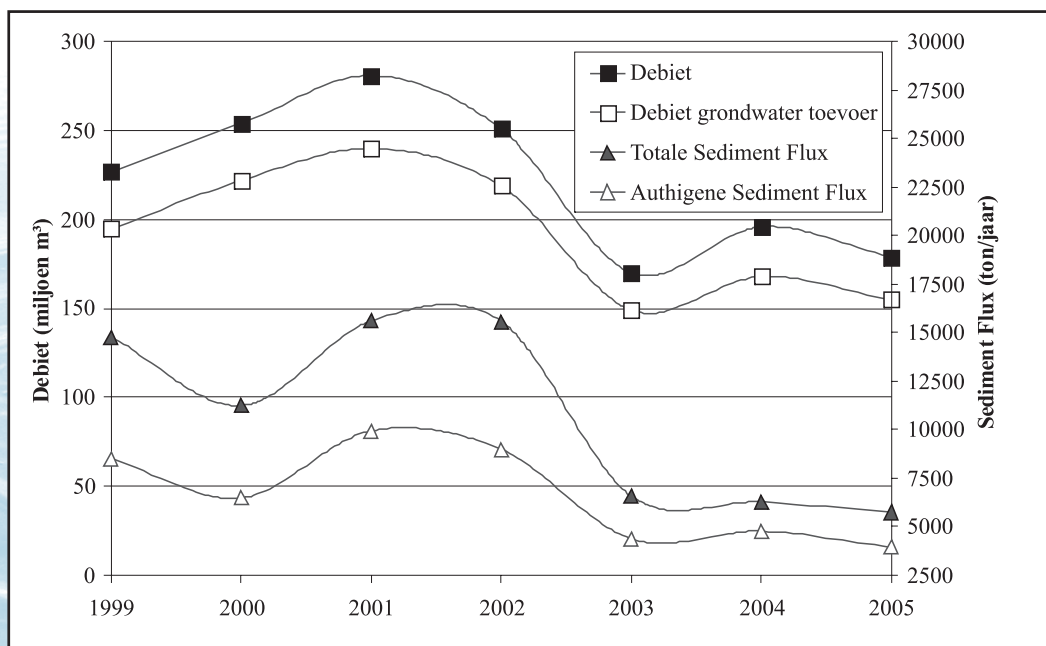
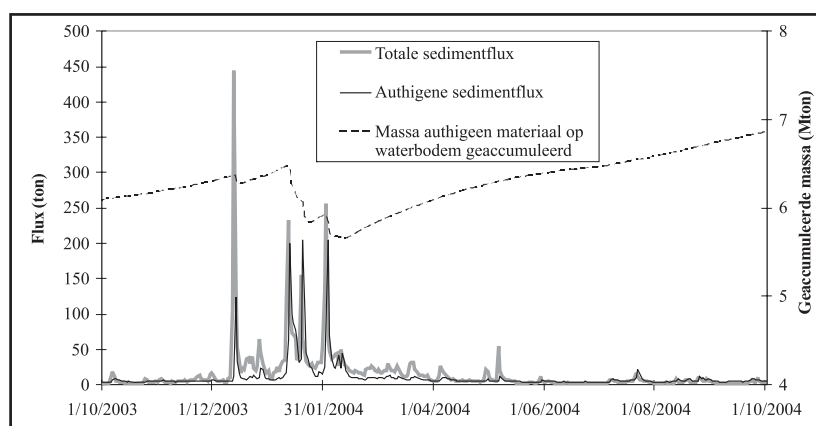


Fig. 5: Via MARS verkregen gemeten totale en berekende authigene sedimentfluxen alsook de massa materiaal geaccumuleerd op de waterbodembodem voor de periode 1 oktober 2003 tot 1 oktober 2004 te Grobbendonk op de Kleine Nete.



van de bovenvermelde data en berekeningen, maar brengt daarnaast ook de bezinking en resuspensie van het materiaal door optredende debietcondities in rekening zie Fig.5).

Wanneer het authigene sediment gevormd wordt op een moment dat de rivier weinig water vervoert en de stroomsnelheden laag liggen, zullen de vlokken bezinken en op de waterbodembodem blijven liggen tot een event (een storm of een fikse regenbui) voor voldoende debiet en stroomsnelheden zorgt om het opgestapelde sediment opnieuw in suspensie te brengen.

## 6. Besluiten

Authigene sediment kan een relatief belangrijke bron van sediment zijn in sommige bekkens. Niet alleen kan de impact van authigene sediment kwantitatief belangrijk zijn, het heeft door zijn aard (fijn colloïdaal materiaal met zeer groot sorptievermogen) ook impact op de waterkwaliteit. Door de hoge sorptiecapaciteit van o.m. authigene ijzer kunnen micropolluenten en nutriënten in zeer belangrijke mate via gesuspendeerd sediment door de rivier getransporteerd worden, of het bezinkt en maakt zo deel uit van de waterbodembodem.

In het Netebekken zijn de authigene gevormde ijzerverbindingen de voornaamste sedimentbron. Voor de Kleine Nete te Grobbendonk werd met behulp van het MARS-model berekend dat ongeveer 65 % van al het gesuspendeerde sediment dat op jaarbasis voorbij stroomt van authigene oorsprong is.

Het is vanzelfsprekend dat voor andere bekkens de bijdrage van authigene mineralen beduidend lager kan zijn. Hoe groot de bijdrage kan worden hangt voornamelijk af van de omvang van de grondwatervoeding en de concentratie van authigene sediment vormende ionen, en dus ook van de geologische opbouw van het bekken.

## 7. Meer informatie?

Verdere technische informatie over het MARS model en de authigene sedimentproblematiek is

beschreven in wetenschappelijke publicaties van Vanlierde et al., (2005) en Vanlierde et al., (2007) of kan via het Waterbouwkundig Laboratorium opgevraagd worden.

Meer informatie over ijzerhoudende sedimenten, hun chemische eigenschappen en de flocculatieproblematiek kan onder meer gevonden worden in Stumm & Morgan (1970) en Droppo (2005)

## 8. Referenties

DROPPA, I.G., LEPPARD, G.G., LISS, S.N. & MILLIGAN T.G. (2005) Flocculation in Natural and Engineered Environmental Systems, CRC Press, pp. 188

NATHAN, R.J. & McMAHON, T.A. (1990) Estimating low-flow characteristics in ungauged catchments. *Water Res. Manag.* 6, 85-100

STUMM, W. & MORGAN, J.J. (1970) *Aquatic Chemistry, An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters.* Wiley-Interscience, New York, USA.

VANLIERDE, E., DE SCHUTTER, J., MEYS, J. F. A., MOSTAERT, F. & JACOBS, P. (2005) Contributions of authigenic iron compounds to fluvial suspended sediment concentrations and fluxes in the Nete sub-basin, Belgium. In: Walling D. E., Horowitz, A. J. (Eds.), IAHS publication 291: *Sediment Budgets 1*, pp. 54-63

VANLIERDE, E., DE SCHUTTER, J., JACOBS, P. & MOSTAERT, F. (2007) Estimating and modeling the annual contribution of authigenic sediment to the total suspended sediment load in the Nete Basin, Belgium, *Sedimentary Geology*, DOI.

*E. Vanlierde,*  
Assistent Vakgroep Geologie en Bodemkunde,  
Onderzoekseenheid: Sedimentaire Geologie en  
Ingenieursgeologie,  
Universiteit Gent, Krijgslaan 281 S8, 9000  
Gent, tel: 09/2644650; fax: 09/264988

*J. de Schutter*  
Onderzoeker, Waterbouwkundig Laboratorium,  
Vlaamse Overheid, Berchemlei 115, 2140  
Bergerhout, tel: 03/2246035, fax: 03/2246036

*P. Jacobs*  
Voorzitter van de Vakgroep Geologie en  
Bodemkunde,  
Hoofd van de Onderzoekseenheid:  
Sedimentaire Geologie en Ingenieursgeologie,  
Universiteit Gent, Krijgslaan 281 S8,  
9000 Gent  
tel: 09/2644651; fax: 09/264988

*F. Mostaert*  
Afdelingshoofd van het Waterbouwkundig  
Laboratorium, Vlaamse Overheid,  
Berchemlei 115, 2140 Bergerhout,  
tel: 03/2246035, fax: 03/2246036