

MEMO

Onderwerp:
Gevoeligheidsanalyse effecten
baggerspecieverspreiding (concept)

Zwolle,
8 november 2013

Van:
dr.ir. B.T. Grasmeijer

Afdeling:
Divisie Water Zwolle

Aan:
Audit commissie VVEN

Projectnummer:
B02047.000031.0100

Opgesteld door:
dr.ir. B.T. Grasmeijer

Ons kenmerk:
077391437:0.3

Kopieën aan:
Herman Mulder (RWS)
Bert Flach (RWS)
Thijs van Kessel (Deltares)
Annemarieke Dousma (ARCADIS)
Ivo de Groot (ARCADIS)
Belinda Kater (ARCADIS)

DIVISIE WATER

Inleiding

Naar aanleiding van suggesties door de auditcommissie VVEN tijdens de bijeenkomst op 9 oktober 2013 in Utrecht wordt in dit memo een aanvullende analyse gepresenteerd ter bepaling van de gevoeligheid van de berekende effecten van baggerspecieverspreiding in het Eems-Dollard estuarium op locatie P1. Het gaat hierbij om de gevoeligheid voor sedimentsamenstelling, transportformulering en modelconcept.

Doel

Het doel van de gevoeligheidsberekeningen is om de bandbreedte te kwantificeren van de berekende effecten de verspreiding van slibbige baggerspecie op locatie P1.

Gevoeligheidsberekeningen

De basis-simulatie noemen we hier simulatie 0. Dit is de simulatie met de Van Rijn (2007a, b en c) transportformuleringen, 4 bodemlagen, 1 zandfractie en 1 slibfractie. Daarnaast zijn de volgende gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd:

1. Een berekening met de Van Rijn (2007a, b en c) formuleringen met een 1-laag bodem zonder sediment (het sediment kan niet worden opgenomen in de bodem maar blijft beschikbaar voor suspensie wanneer de kritische schuifspanning wordt overschreden.). De uitkomsten hiervan worden vergeleken met de al uitgevoerde simulatie met 4-lagen bodem met sediment. Er wordt 1 slibfractie verspreid.
2. Een berekening met de Partheniades-Krone erosie/depositie-formuleringen met een 1-laag bodem zonder sediment. Er wordt 1 slibfractie verspreid.

3. Een berekening met de Van Rijn (2007a, b en c) formuleringen met een 1-laag bodem zonder sediment maar met twee verschillende slibfracties in de verspreiding (één met de huidig toegepaste korreldiameter van 26 μm en één extra fijnere fractie tussen 0 en ca. 20 μm). Het is de kleinere fractie die eventueel voor grote en langdurige problemen m.b.t. doorzicht (en dus met primaire productie) zou kunnen zorgen. De verdunningseffecten na de bagger-ingreep en de potentiële verspreiding daarvan moet gekend worden in verband met de betekenis voor de ecologie van het estuarium.
4. Een berekening met de Partheniades-Krone formuleringen met een 1-laag bodem zonder sediment maar met twee verschillende slibfracties (zie vorige punt)

Voorgesteld is om voor de gevoeligheidsberekeningen steeds hetzelfde verspreidingsscenario te hanteren, namelijk dat waarbij in totaal 248.640.000 kg slib in 84 keer (dus 2.960.000 kg per keer) met een interval van 2 uur wordt verspreid op P1 gedurende ongeveer één week. Voor dit scenario zijn al enkele gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gevoeligheidssimulaties. Een berekening met het ingeregeld KPP-model Eems-Dollard model met dezelfde uitgangssituatie als punt 3 en 4, dus ook met twee slibfracties, wordt door Deltares uitgevoerd en wordt apart gerapporteerd.

Run id		Model	Transportformulering	Bodemlagen	Fracties slib	Korrelgrootte	Kritische schuifspanning	Valsnelheid slib
1	M1VR1	Delft3D-sedonline	Van Rijn (2007a, b en c)	1 zonder sediment	1	26 μm	≈ 0,1 N/m ²	≈ 0,5 mm/s
2	M1PK1	Delft3D-sedonline	Partheniades en Krone	1 zonder sediment	1	n.v.t.	≈ 0,1 N/m ²	≈ 0,5 mm/s
3	M1VR2	Delft3D-sedonline	Van Rijn (2007a, b en c)	1 zonder sediment	2	2 μm 32,5 μm	≈ 0,1 N/m ² ≈ 0,1 N/m ²	≈ 0,1 mm/s ≈ 0,5 mm/s
4	M1PK2	Delft3D-sedonline	Partheniades en Krone	1 zonder sediment	2	n.v.t.	≈ 0,1 N/m ² ≈ 0,1 N/m ²	≈ 0,1 mm/s ≈ 0,5 mm/s
5	M2KPP1	Delfd3D-delwaq	Partheniades en Krone aangepast	2 met sediment	2	n.v.t	Zie bijlage	Zie bijlage

De kritische schuifspanning in bovenstaande tabel is die voor erosie. Voor de kritische schuifspanning voor depositie is in de Partheniades-Krone formuleringen de in Delft3D standaard waarde van 1000 N/m^2 gehanteerd.

De Delft3D-delwaq simulatie is uitgevoerd door Deltares met een gekalibreerd model. De valsnelheid en kritische schuifspanning zijn in dit model daarom hetzelfde gehouden.

Slibsamenstelling

Tot nu toe is bij toepassing van de Van Rijn (2007a, b en c) formuleringen 26 μm als representatieve korreldiameter voor de totale slibfractie gehanteerd (< 63 μm).

Het keileem bestaat voor ongeveer 37% uit korrelgroottes < 63 μm , voor ongeveer 27,9% uit korrelgroottes < 16 μm en voor ongeveer 16,6% uit korrelgroottes < 2 μm (De Vries, 2013).

Dit betekent dat het slib in het keileem voor ongeveer 72,8% bestaat uit korrelgroottes $< 16 \mu\text{m}$ en voor ongeveer 43,3% uit korrelgroottes $< 2 \mu\text{m}$ (De Vries, 2013). Dit is een betrekkelijk hoog percentage van deze zeer klein fractie. Mogelijke oorzaak is dat bij de bepaling van deze fractie-verdeling er een peptisator-oplossing is toegevoegd om uitvlokking te voorkomen. Hierdoor wordt vermoedelijk de kleine fractie overschat omdat ook het deel dat normaal gesproken altijd in vlokken samenpakt, door de peptisator-oplossing uit elkaar is gehaald.

Voor de gevoeligheids simulaties met de Van Rijn formulering en 2 slibfracties is daarom uitgegaan van 43,3% slib met een korrelgrootte van $2 \mu\text{m}$ en 56,7% met een korrelgrootte van $32,5 \mu\text{m}$. Voor de gevoeligheids simulatie met de Partheniades-Krone formulering is dezelfde verhouding toegepast maar dan met een valsnelheid van 0,1 mm/s respectievelijk 0,5 mm/s (vertaald uit Van Rijn (2007a, b en c) formuleringen).

Resultaten

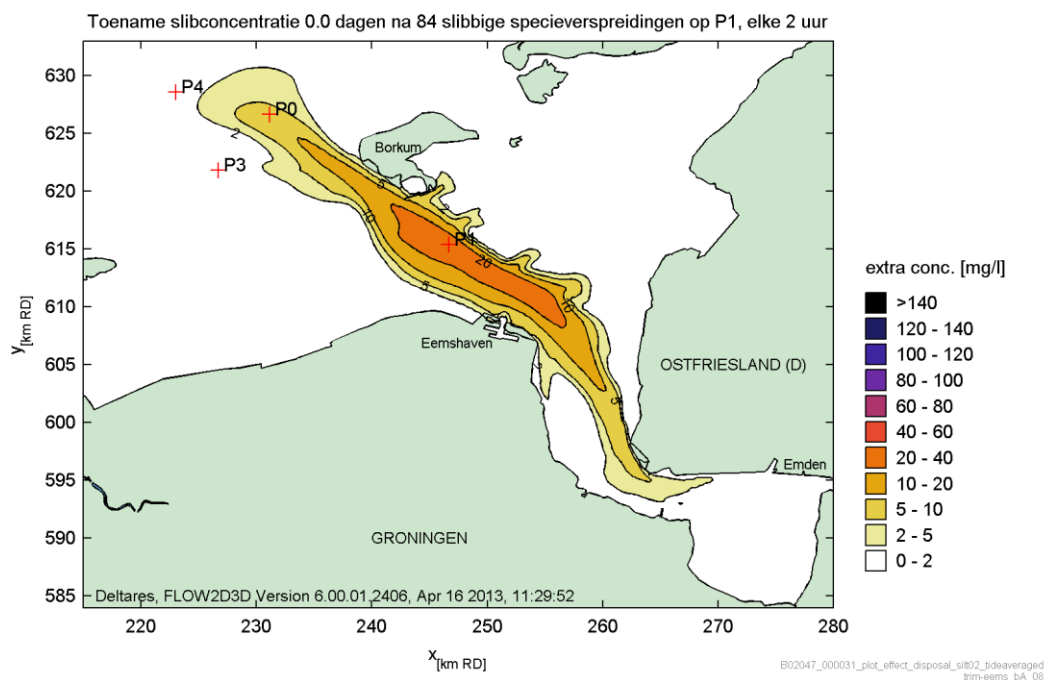
De resultaten worden vergeleken op basis van kaarten van de daggemiddelde concentratie op de laatste dag van verspreiding en 15 dagen na verspreiding. Daarna worden de resultaten vergeleken op basis van tijdseries van verhoogde vertroebeling op locatie P1.

Simulatie 0: Van Rijn; sedimentbodem met 4 lagen; 1 slibfractie

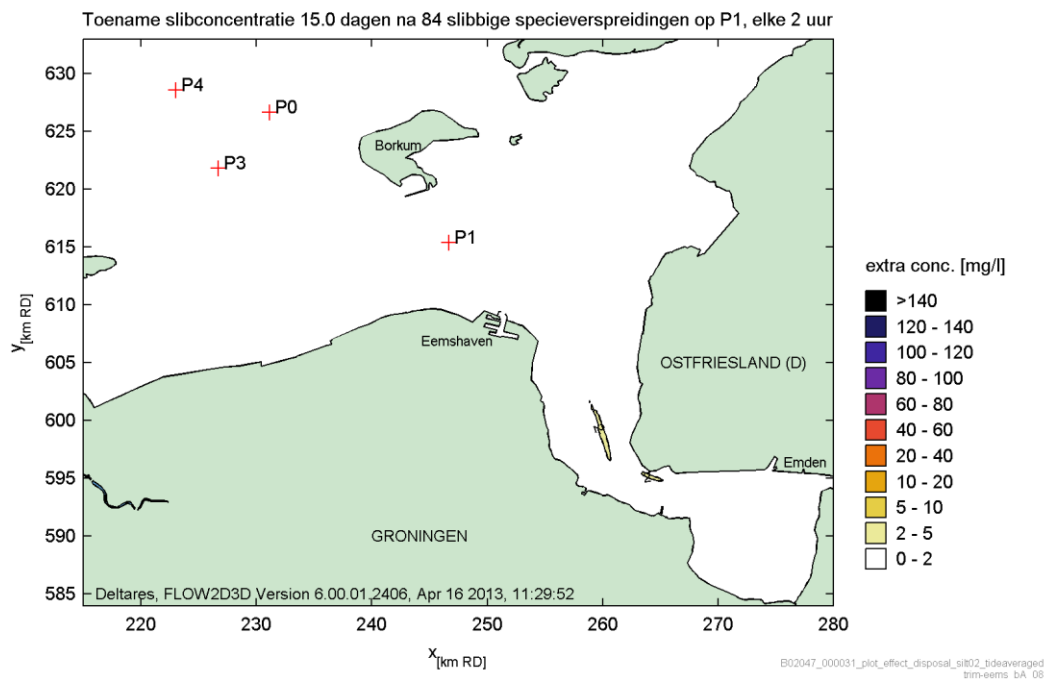
Hier gaat het om de basis-simulatie met meerdere bodemlagen waarin zich zand en slib bevinden. Dit is dezelfde simulatie als toegepast door Grasmeijer en Pasmans (2013).

Figuur 1 toont de toename in daggemiddelde slibconcentratie in de bovenste 25% van de waterkolom onmiddellijk na verspreiding van 248.640.000 kg (248.640 ton) slib gedurende ongeveer een week (84 verspreidingen). Onmiddellijk na 84 verspreidingen bedraagt de maximale toename 20-40 mg/l. De totale lengte van de pluim bedraagt op dat moment ongeveer 50 km en de breedte ongeveer 7 km.

Figuur 2 toont de berekende toename in daggemiddelde slibconcentratie 15 dagen na het twee-uurlijks verspreiden van slibrijke baggerspecie op locatie P1 gedurende een week. De maximale toename is afgenomen tot 2-5 mg/l en de lengte van de pluim is ongeveer 5 km. De breedte rondom het zwaartepunt is ongeveer 3 km. Deze figuren zijn dezelfde als die getoond door Grasmeijer en Pasmans (2013).



Figuur 1. Toename slibconcentratie onmiddellijk na verspreiding op P1, Van Rijn (2007a, b en c); sedimentbodem; 1 slibfractie



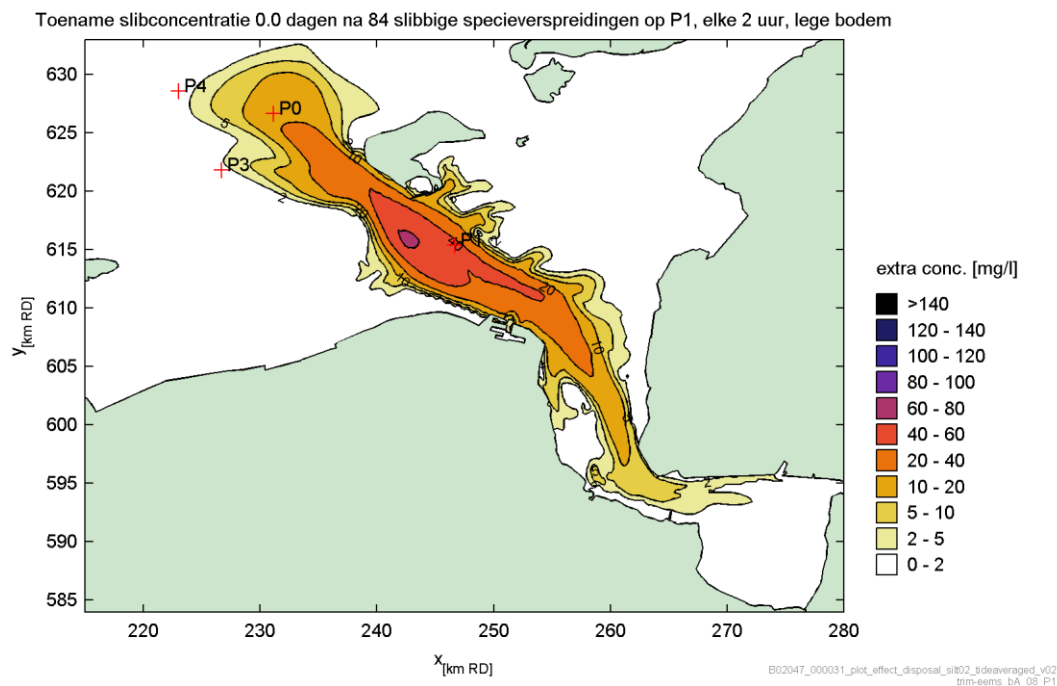
Figuur 2. Toename slibconcentratie 15 dagen na verspreiding op P1, Van Rijn (2007a, b en c); sedimentbodem; 1 slibfractie

Simulatie 1: Van Rijn (2007a, b en c); lege bodem; 1 slibfractie

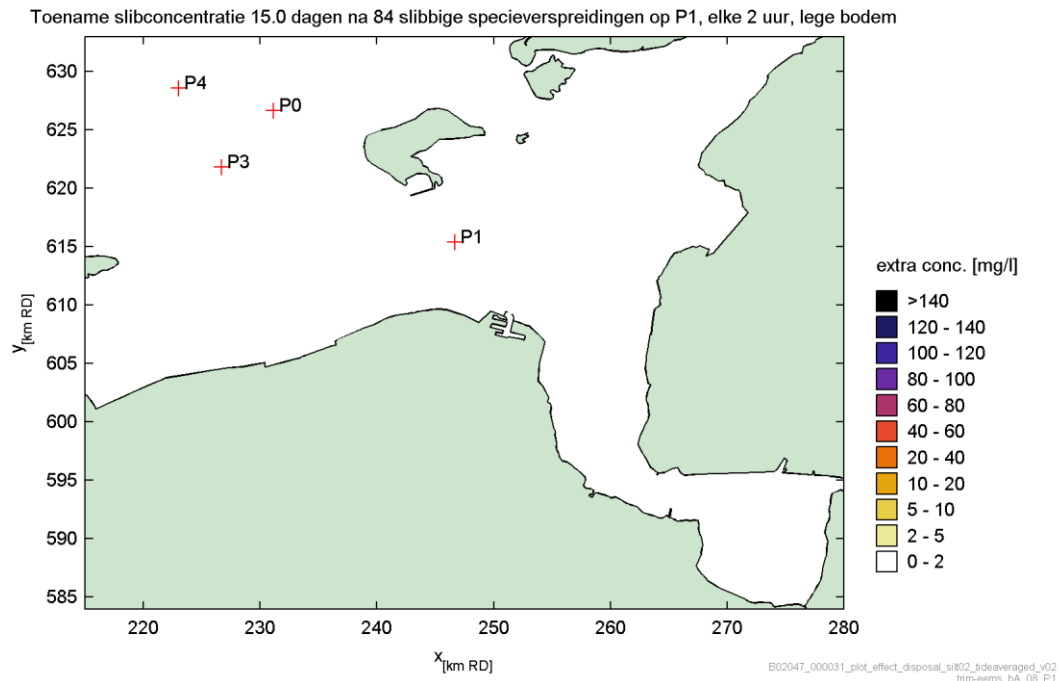
Voor deze gevoeligheidsberekening zijn met uitzondering van de sedimentbodem dezelfde instellingen toegepast als de basis-simulatie. Dit wil zeggen dat het sediment niet kan worden opgenomen in de bodem maar beschikbaar blijft voor suspensie wanneer de kritische schuifspanning wordt overschreden.

Figuur 3 toont de toename in slibconcentratie onmiddellijk na verspreiding van dezelfde hoeveelheid als in de basis-simulatie. Duidelijk is dat onmiddellijk na de 84 verspreidingen de maximale toename met 60-80 mg/l hoger is dan die van de basis-simulatie. De pluim is in beide richtingen ongeveer 25% groter.

Figuur 4 toont de berekende toename in daggemiddelde slibconcentratie 15 dagen na het twee-uurlijks verspreiden van slibrijke baggerspecie op locatie P1 gedurende een week in een lege bodem. De concentraties in de pluim zijn overal afgenomen tot waarden kleiner dan 2 mg/l. Dit is min of meer vergelijkbaar met de basis-simulatie.



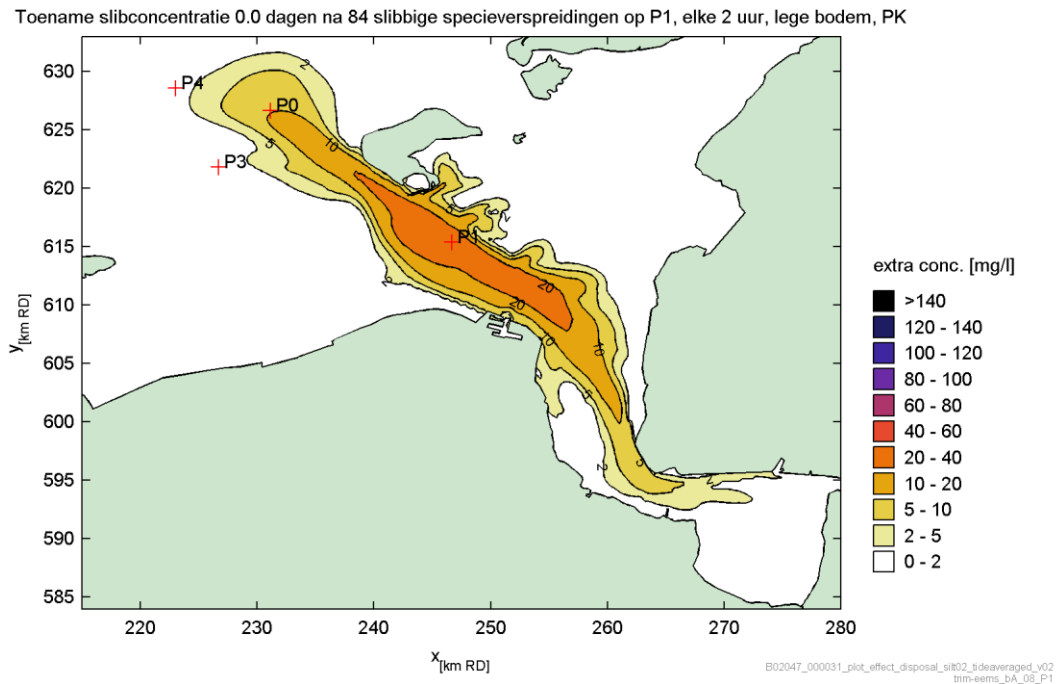
Figuur 3. Toename slibconcentratie onmiddellijk na verspreiding op P1, Van Rijn (2007a, b en c); lege bodem; 1 slibfractie



Figuur 4. Toename slibconcentratie 15 dagen na verspreiding op P1, Van Rijn (2007a, b en c); lege bodem; 1 slibfractie

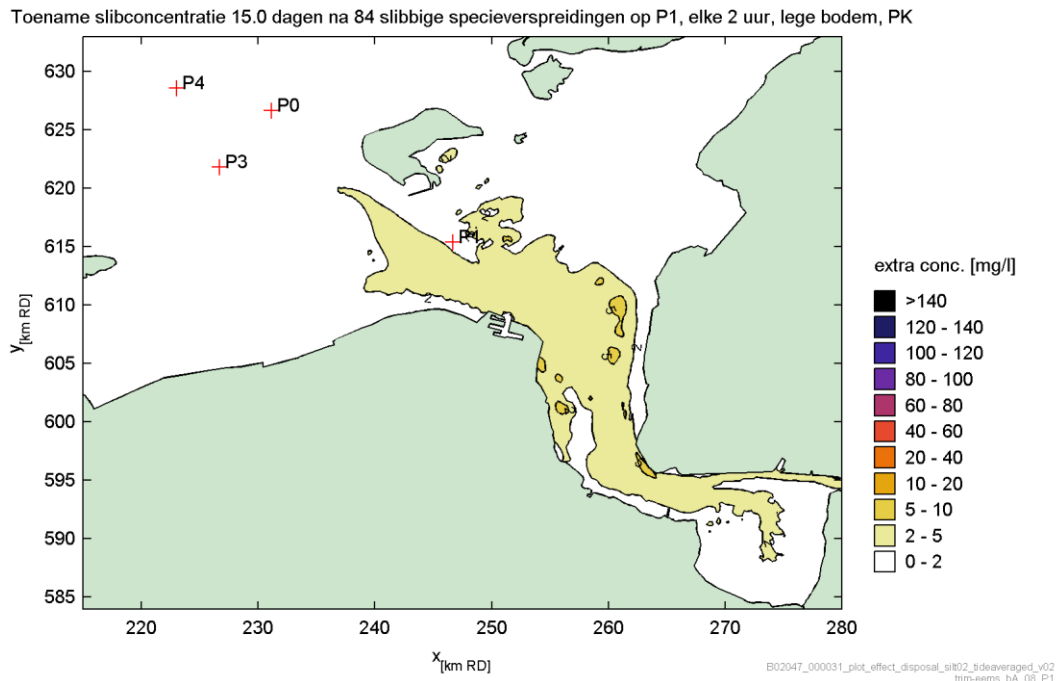
Simulatie 2: Partheniades Krone; lege bodem; 1 slibfractie;

Voor de tweede gevoeligheidssimulatie is voor de slibfractie de Partheniades-Krone benadering toegepast. Figuur 5 toont de verspreidingspluim onmiddellijk na verspreiding. Hoewel de concentraties iets hoger zijn (orde 5-10 mg/l) en de pluim iets groter is (~10%) in vergelijking met de basissimulatie (figuur 1), is het globale effect van baggerspecieverspreiding op de vertroebeling voor beide transportformuleringen redelijk vergelijkbaar.



Figuur 5. Toename slibconcentratie onmiddellijk na verspreiding op P1, Partheniades-Krone; lege bodem; 1 slibfractie

Figuur 6 toont de met Partheniades-Krone berekende toename van de slibconcentratie 15 dagen na het verspreiden van 1 fractie slib op P1. Ook na 15 dagen zijn de concentraties iets hoger dan die berekende met Van Rijn (2007a, b en c). Het verschil bedraagt ongeveer 2-5 mg/l. De omvang van het gebied met een concentratie groter dan 2 mg/l is wel beduidend groter.



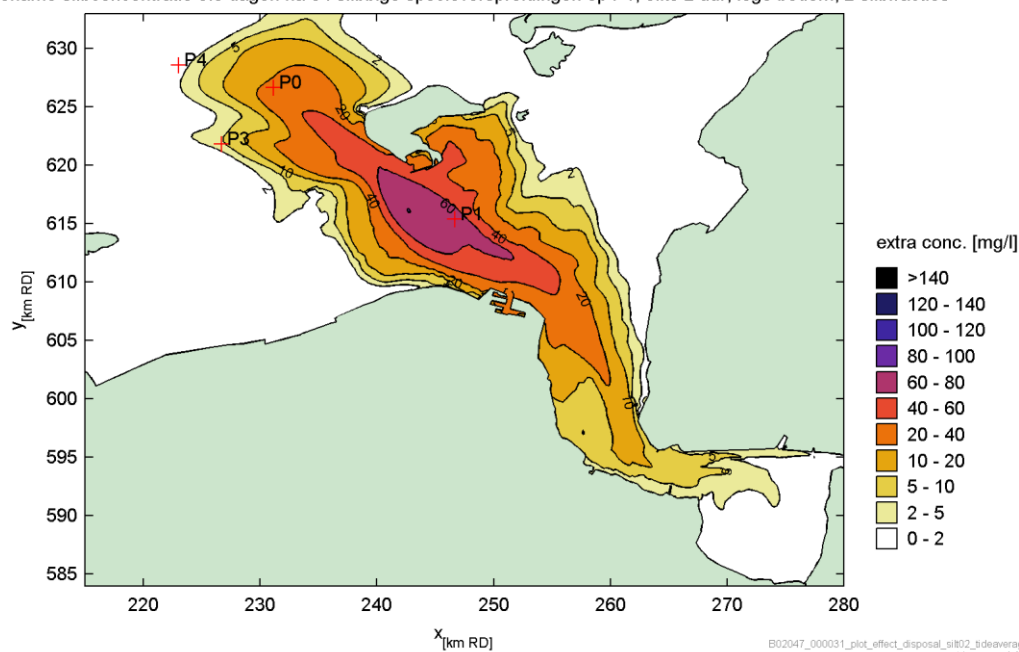
Figuur 6. Toename slibconcentratie 15 dagen na verspreiding op P1, Partheniades-Krone; lege bodem; 1 slibfractie

Simulatie 3: Van Rijn (2007a, b en c); lege bodem; 2 slibfracties

Voor de derde gevoeligheidssimulatie zijn 2 slibfracties (2 μm en 32,5 μm) toegepast met de Van Rijn (2007a, b en c) transportformuleringen. Figuur 7 toont de verspreidingspluim onmiddellijk na verspreiding. De concentraties in het zwaartepunt van de pluim zijn met 60-80 mg/l duidelijk hoger dan de 20-40 uit de basis-simulatie (vergelijk figuur 1). De pluim is ook iets langer en met name breder (20 km) dan die van de basis-simulatie (7 km).

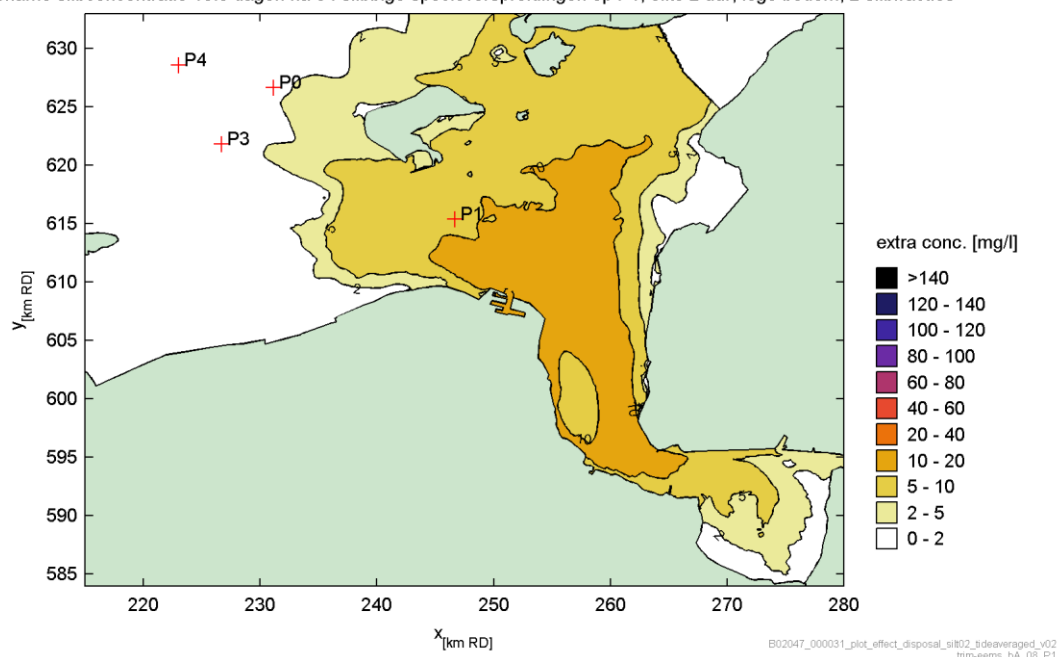
Ook 15 dagen na de baggerspecieverspreiding zijn de concentraties 2-20 mg/l hoger dan die van de basis-simulatie (vergelijk figuur 8 met figuur 2).

Toename slibconcentratie 0.0 dagen na 84 slibbige specieverspreidingen op P1, elke 2 uur, lege bodem, 2 slibfracties



Figuur 7. Toename slibconcentratie onmiddellijk na verspreiding op P1, Van Rijn (2007a, b en c); lege bodem; 2 slibfracties

Toename slibconcentratie 15.0 dagen na 84 slibbige specieverspreidingen op P1, elke 2 uur, lege bodem, 2 slibfracties



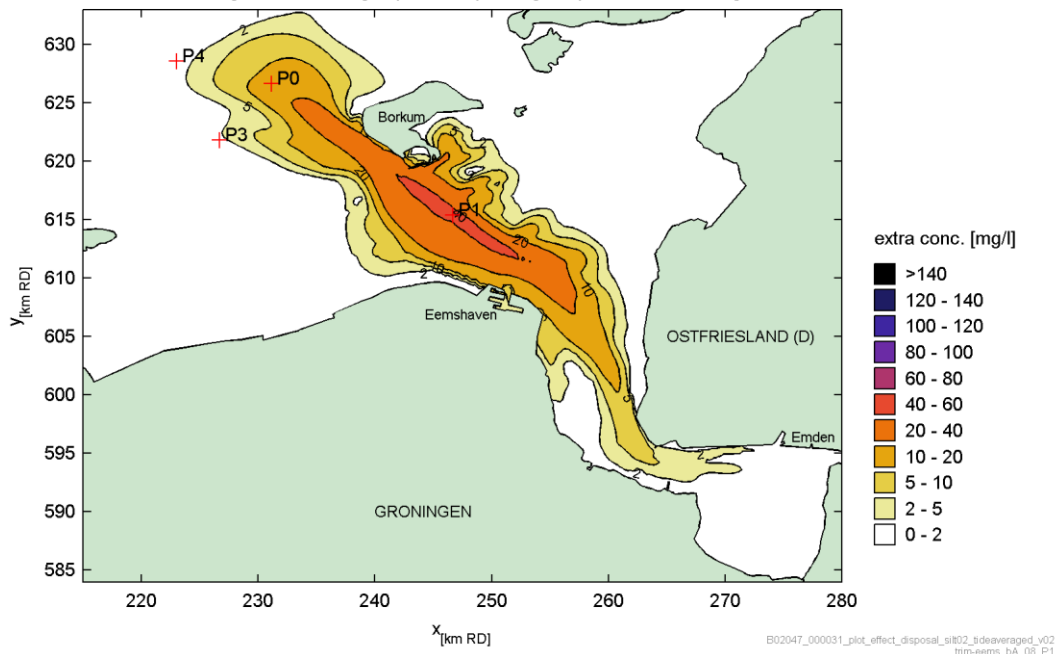
Figuur 8. Toename slibconcentratie 15 dagen na verspreiding op P1, Van Rijn (2007a, b en c); lege bodem; 2 slibfracties

Simulatie 4: Partheniades-Krone; lege bodem; 2 slibfracties

Voor de vierde gevoeligheidssimulatie zijn 2 slibfracties (valsnelheid 0,1 en 0,5 mm/s) toegepast met de Partheniades-Krone transportformuleringen. Figuur 9 toont de verspreidingspluim onmiddellijk na verspreiding. De concentraties in het zwaartepunt van de pluim zijn met 40-60 mg/l hoger dan de 20-40 uit de basis-simulatie (vergelijk figuur 1). De pluim is ook iets langer en met name breder (15 km) dan die van de basis-simulatie (7 km).

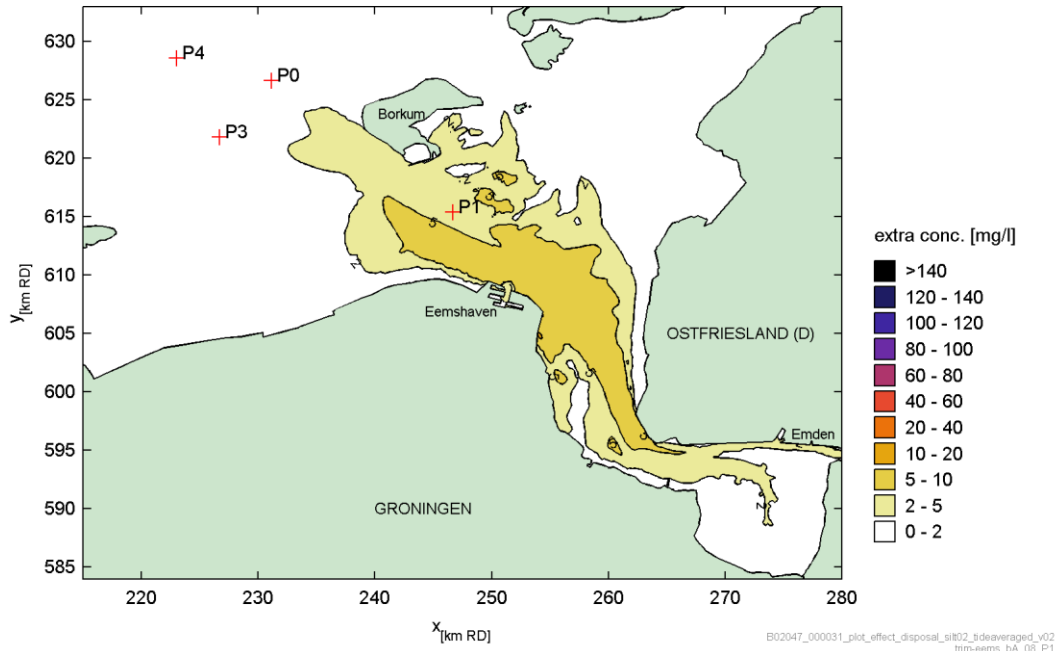
Ook 15 dagen na de baggerspecieverspreiding zijn de concentraties 2-10 mg/l hoger dan die van de basis-simulatie (vergelijk figuur 10 met figuur 2).

Toename slibconcentratie 0.0 dagen na 84 slibbige specieverspreidingen op P1, elke 2 uur, lege bodem, 2 slibfracties, PK

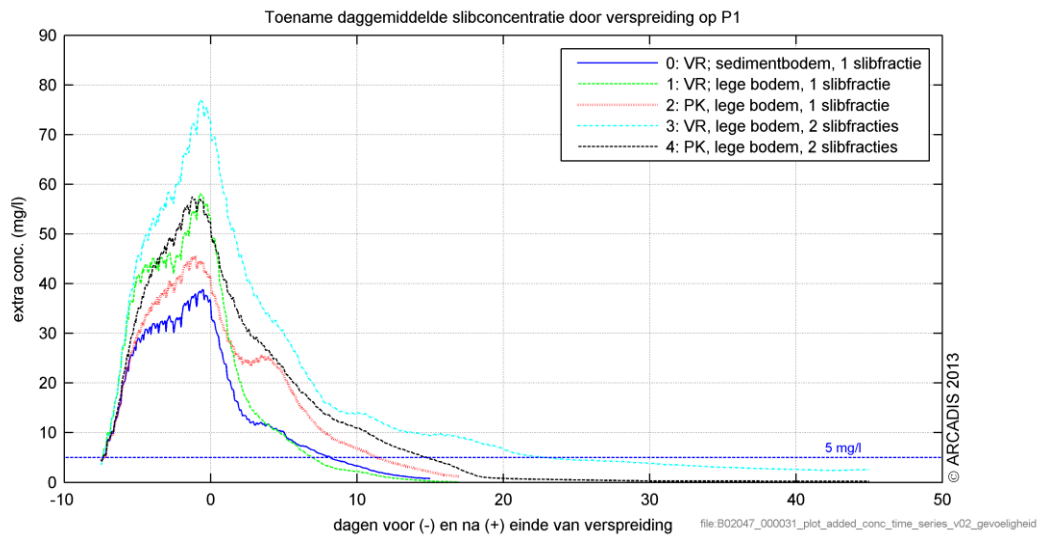


Figuur 9. Toename slibconcentratie onmiddellijk na verspreiding op P1, Partheniades-Krone; lege bodem; 2 slibfracties

Toename slibconcentratie 15.0 dagen na 84 slibbige specieverspreidingen op P1, elke 2 uur, lege bodem, 2 slibfracties, PK



Figuur 10. Toename slibconcentratie 15 dagen na verspreiding op P1, Partheniades-Krone; lege bodem; 2 slibfracties



Figuur 11. Invloed van scenario op de slibconcentratietoename bij P1

Figuur 11 toont de invloed van de verschillende gevoeligheidsberekeningen op de slibconcentratietoename in station P1. Duidelijk is dat toepassing van een "lege" bodem leidt tot hogere concentraties tijdens en vlak na baggerspecieverspreiding (vergelijk 0 met 1 en 2). Een paar dagen na baggerspecieverspreiding zijn de verschillen klein.

Toepassing van Partheniades-Krone in plaats van Van Rijn (2007a, b en c) leidt met de hier gebruikte instellingen tot 2x hogere concentraties gedurende ongeveer 2 weken na baggerspecieverspreiding (vergelijk 2 met 1). De eerste twee dagen zijn de concentratietoename echter kleiner.

Toepassing van 2 slibfracties in plaats van 1 slibfractie leidt met de Van Rijn (2007a, b en c) formuleringen tot 30% hogere concentraties tijdens en vlak na baggerspecieverspreiding (vergelijk 3 met 1). Ongeveer 5 dagen later is de concentratie wel veel hoger (ongeveer 3x zo hoog) omdat met name het fijne sediment gemakkelijker in suspensie blijft. Door een betrekkelijk hoog percentage van de fijne fractie houdt de verhoogde vertroebeling ongeveer 4 weken aan (wanneer een grens van 5 mg/l wordt gehanteerd).

Toepassing van 2 slibfracties in plaats van 1 slibfractie leidt met de Partheniades-Krone formuleringen tot 25% hogere concentraties tijdens vlak na baggerspecieverspreiding (vergelijk 4 met 2). Ook hier houdt de verhoogde vertroebeling langer dan 4 weken aan door een betrekkelijk hoog percentage van de fijne fractie.

Discussie

De modelresultaten met 2 slibfracties laten een hogere extra vertroebeling zien en een langere vertroebelingsduur dan de simulaties met 1 representatieve slibfractie. Oorzaak hiervan is de lagere kritische schuifspanning voor erosie en lagere valsnelheid van de fijne fractie.

Voor de gevoeligheids simulaties met 2 slibfracties is uitgegaan van 43,3% fijn slib (diameter 2 μm of valsnelheid 0,1 mm/s) en 56,7% middelfijn slib (diameter 32,5 μm of valsnelheid 0,5 mm/s). Dit is gebaseerd op metingen waarbij voor de bepaling van de fractie-verdeling er een peptisator-oplossing is toegevoegd om uitvlokking te voorkomen. Hierdoor wordt vermoedelijk de kleine fractie overschat omdat ook het deel dat normaal gesproken altijd in vlokken samenpakt, door de peptisator-oplossing uit elkaar is gehaald.

De resultaten in figuur 11 hebben betrekking op P1. Op basis van de verspreidingspatroon na 15 dagen is duidelijk dat dit niet de locatie is met de maximale waarden. Het zwaartepunt is landwaarts verschoven (ter hoogte van Oost Friesche Gaatje). Maar daar is het achtergrondgehalte ook hoger, zodat het relatieve effect kleiner is dan t.p.v. P1. Locatie P1 lijkt wel redelijk representatief voor het gebied met de grootste primaire productie (ten noorden van de Eemshaven).

Referenties

- De Vries, S., 2013. Slibgehalte in keileem monsters vaarweg Noordzee-Eemshaven. Memo 2013-P416-v1. Medusa Explorations b.v.
- Grasmeijer, B.T., en Pasmans, I., 2013. Hydromorfologie Eems-Dollard estuarium. Achtergrondstudie t.b.v. OTB MER Vaarweg Eemshaven. ARCADIS Rapport 077143870:3, versie C.
- Van Rijn, L.C., 2007a. Unified View of Sediment Transport by Currents and Waves. I: Initiation of Motion, Bed Roughness, and Bed-Load Transport. *Journal of Hydraulic Engineering* 133, 649–667.
- Van Rijn, L.C., 2007b. Unified View of Sediment Transport by Currents and Waves. II: Suspended Transport. *Journal of Hydraulic Engineering* 133, 668–689.
- Van Rijn, L.C., 2007c. Unified View of Sediment Transport by Currents and Waves. III: Graded Beds. *Journal of Hydraulic Engineering* 133, 761–775.