



Vlaanderen
is wetenschap

15_042_1
WL rapporten

Verkennde studie kribben Fort Filip

Deelrapport 1
Historische studie en hydrodynamische modelresultaten

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be



Verkennde studie kribben Fort Filip

Deelrapport 1 – historische studie en hydrodynamische modelresultaten

Maximova, T.; Smolders, S.; Beullens, J.; Vanlede, J.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

Juni 2016

WL2016R15_042_1

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Maximova, T.; Smolders, S.; Beullens, J.; Vanlede, J.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Verkennende studie kribben Fort Filip: Deelrapport 1 – historische studie en hydrodynamische modelresultaten. Versie 6.0. WL Rapporten, 15_042. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.



DEPARTEMENT **MOBILITEIT EN OPENBARE WERKEN**

Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

mow.vlaanderen.be

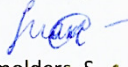
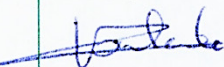

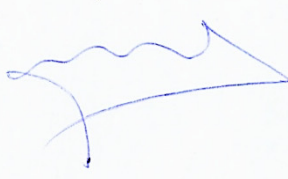

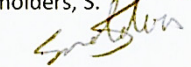
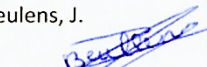
waterbouwkundiglaboratorium.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	Verkennde studie kribben Fort Filip: Deelrapport 1 – historische studie en hydrodynamische modelresultaten		
Opdrachtgever:	Vlaamse Overheid	Ref.:	WL2016R15_042_1
Keywords (3-5):	Fort Filip, kribben, Schelde estuarium		
Tekst (p.):	24	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	Vrijgegeven vanaf: /		
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur	Revisor	Projectleider	Coördinator Studie & Advies	Afdelingshoofd
Maximova, T. 	Vanlede, J. 	Schramkowski, G. 	Verwaest, T. 	Mostaert, F. 
Smolders, S. 				
Beulens, J. 				

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1.0	28/08/2015	Conceptversie	Maximova, T., Schramkowski, G.
2.0	31/08/2015	Inhoudelijke revisie	Vanlede, J.
3.0	31/08/2015	Concept	Maximova, T., Schramkowski, G.
4.0	22/09/2015	Revisie opdrachtgever	De Beukelaer-Dossche, M., Roose, F.
5.0	06/10/2015	Finaal concept	Maximova, T., Schramkowski, G.
6.0	15/06/2016	Finale versie	Maximova, T., Schramkowski, G.

Abstract

Vanwege de beoogde aanleg van een drietal kribben te Fort Filip is een korte verkennende studie uitgevoerd om een indicatie te krijgen van het effect van deze ingreep. Hierbij wordt op basis van veranderingen in bodemschuifspanning nagegaan of het sediment in het gebied tussen de kribben minder mobiel zal worden, hetgeen impliceert dat de kribben als sedimentvang kunnen fungeren. Tevens wordt nagegaan welke invloed de aanleg zal hebben op de evolutie van een nabijgelegen erosieput.

Allereerst wordt het ontstaan van genoemde erosieput bevestigd op basis van een korte studie van historische bodemkaarten. Vervolgens wordt met behulp van een numeriek model nagegaan welk effect de aanleg van de kribben heeft op de optredende bodemschuifspanning. Hierbij worden twee varianten beschouwd, waarbij de kribben afwaarts respectievelijk opwaarts georiënteerd zijn. De modelresultaten laten zien dat de bodemschuifspanning tussen de kribben in het algemeen afneemt, enkel nabij de oever zijn er gebieden met een toename. De relatieve tijdsduur dat de kritische bodemschuifspanning voor erosie wordt overschreden is beperkt en bedraagt maximaal 20%. Het sediment tussen de kribben is op basis van deze studie dus beperkt mobiel. Omdat de studie is gebaseerd op hydrodynamische berekeningen zijn hier echter verder geen kwantitatieve uitspraken over te doen.

Op basis van de modelresultaten is de variant met opwaarts georiënteerde kribben lichtelijk preferent.

De gebied nabij de erosieput vertoont door de aanleg van de kribben een verhoogde bodemstress en zal derhalve ook in de toekomst een potentiële lokatie voor erosie blijven indien geen bijkomende maatregelen worden genomen. De hydraulische effecten in de vaargeul zijn beperkt. Bij Kallosluis wordt geen invloed van de aanleg van de kribben waargenomen.

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel.....	I
Lijst van de tabellen.....	II
lijst van de figuren	III
1 Gebruikte Afkortingen	1
2 Inleiding	2
3 Historische bodemevolutie	3
4 Het numerieke model.....	6
4.1 Inleiding	6
4.2 Rooster	6
4.3 Bathymetrie	8
4.4 Randvoorwaarden	10
4.5 Modelparameters.....	10
4.6 Simulatieperiode	11
5 Resultaten van de numerieke berekeningen	12
5.1 Beschrijving van de scenario's.....	12
5.2 Maximale snelheid.....	12
5.3 Maximale bodemschuifspanning.....	15
5.3.1 Ruimtelijke veranderingen	15
5.3.2 Overschrijding van de kritische schuifspanning	15
5.3.3 Bodemschuifspanning ter hoogte van de erosieput	20
6 Conclusies en aanbevelingen	23
7 Referenties	24

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1. Modelparameters	10
Tabel 2. Hoog –en laagwaters te Antwerpen tijdens de analyseperiode, en de hieruit volgende amplitude en getijcoëfficiënt.....	11
Tabel 3. Gemodelleerde scenario’s	12

LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1 Verschil in bodemdiepte (m) tussen 2004 en 2007.....	3
Figuur 2 Verschil in bodemdiepte (m) tussen 2004 en 2009.....	4
Figuur 3 Verschil in bodemdiepte (m) tussen 2004 en 2014.....	5
Figuur 4 - Modeldomein van Scaldis3D	6
Figuur 5 - Het rooster van het Scaldis model in het studiegebied voor de verfijning.....	7
Figuur 6 - Het rooster van het Scaldis model in het studiegebied na de verfijning	7
Figuur 7 - De puntenwolk voor de kribben stroomafwaarts (links) en kribben stroomopwaarts (rechts) (m TAW).....	8
Figuur 8 - De bathymetrie in het studiegebied (huidige toestand, geen kribben) (mTAW)	9
Figuur 9 - De bathymetrie in het studiegebied (kribben stroomafwaarts) (mTAW).....	9
Figuur 10 - De bathymetrie in het studiegebied (kribben stroomopwaarts) (mTAW).....	10
Figuur 11 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_referentie (m/s)	13
Figuur 12 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_afwaarts (m/s)	13
Figuur 13 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_opwaarts (m/s)	14
Figuur 14 - Verschil in maximale snelheid (simFF_afwaarts – simFF_referentie) (m/s)	14
Figuur 15 - Verschil in maximale snelheid (simFF_opwaarts – simFF_referentie) (m/s)	15
Figuur 16 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_referentie (Pa).....	16
Figuur 17 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_afwaarts (Pa).....	17
Figuur 18 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_opwaarts (Pa).....	17
Figuur 19 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_afwaarts – simFF_referentie) (Pa).....	18
Figuur 20 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_opwaarts – simFF_referentie) (Pa).....	18
Figuur 21 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_referentie).	19
Figuur 22 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_afwaarts).	19
Figuur 23 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_opwaarts).	20
Figuur 24 – Locatie van het punt ter hoogte van de erosieput (rode ster).....	20
Figuur 25 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_referentie	21
Figuur 26 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_afwaarts	22
Figuur 27 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_opwaarts	22

1 GEBRUIKTE AFKORTINGEN

Afkorting	Betekenis
TAW	Tweede Algemene Waterpassing
MET	Midden-Europese Tijd

2 INLEIDING

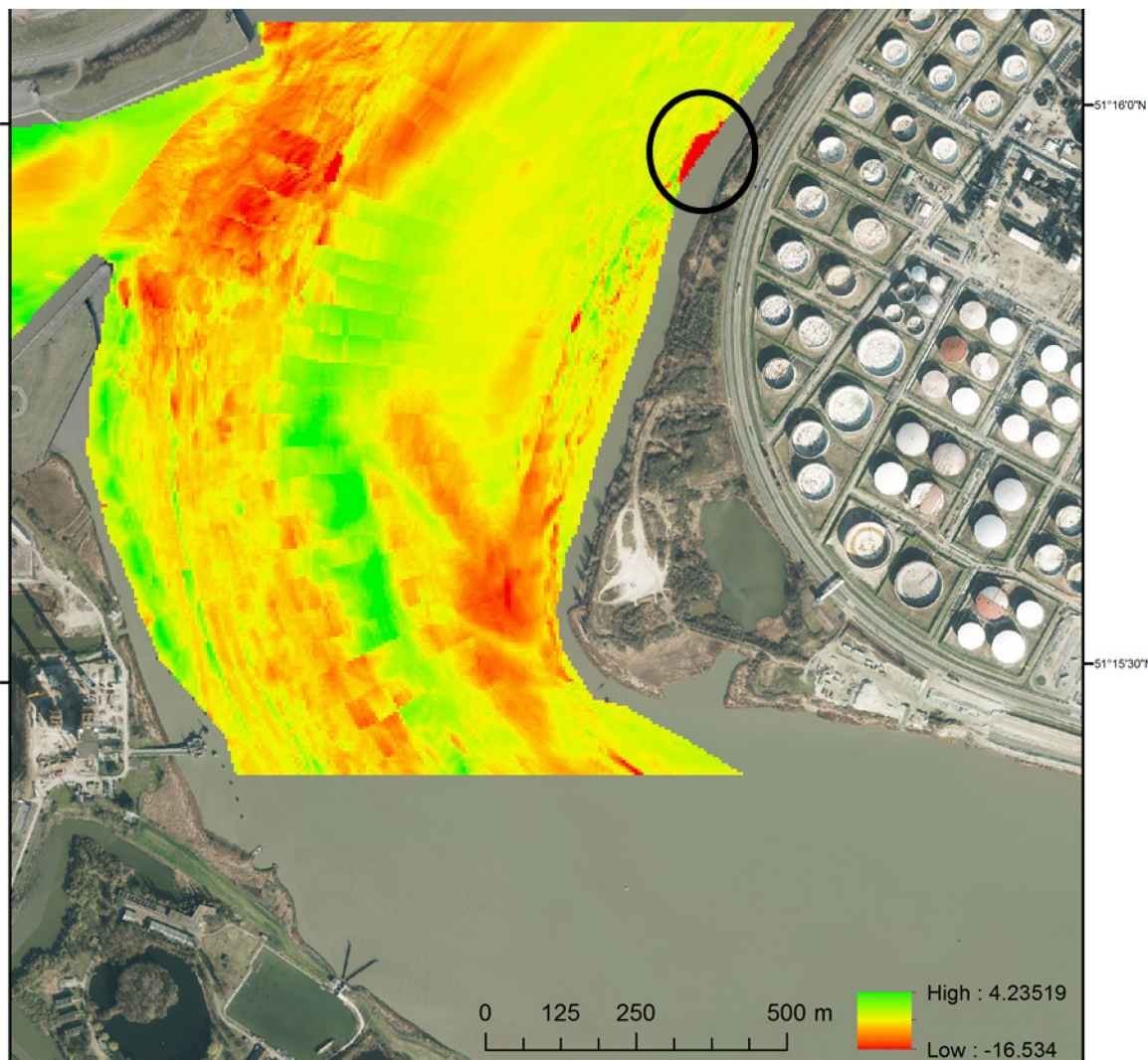
Er is ontwikkeling van natuurgebied voorzien nabij Fort Filip. Concreet is er het plan om een deel van de vooroever op te hogen en met behulp van kribben tot een sedimentatiegebied te komen. Hier zou dan door verdere sedimentatie op autonome wijze ontwikkeling van slikken en schorren gaan plaatsvinden. In dit opzicht kan men ook spreken van het creëren van een slibvang

Op vraag van Waterwegen & Zeekanaal, afdeling Zeeschelde worden in het kader van het project “Verkennde studie kribben Fort Filip” twee scenario’s doorgerekend. Verschillende schematisaties van de kribben bij de Fort Filip worden gebruikt in deze scenario’s. Dit rapport beschrijft de aanpassingen van het rooster en de bathymetrie, de uitgevoerde scenario’s en de hydrodynamische resultaten van deze simulaties.

Daarnaast is in de laatste jaren in het gebied waar de ingreep is voorzien een erosieput ontstaan. Het is van belang om na te gaan wat er op deze locatie zal gebeuren als gevolg van de bouw van de kribben. Mede om deze reden is ook een korte beschrijving van de bodemevolutie in het interessegebied verricht.

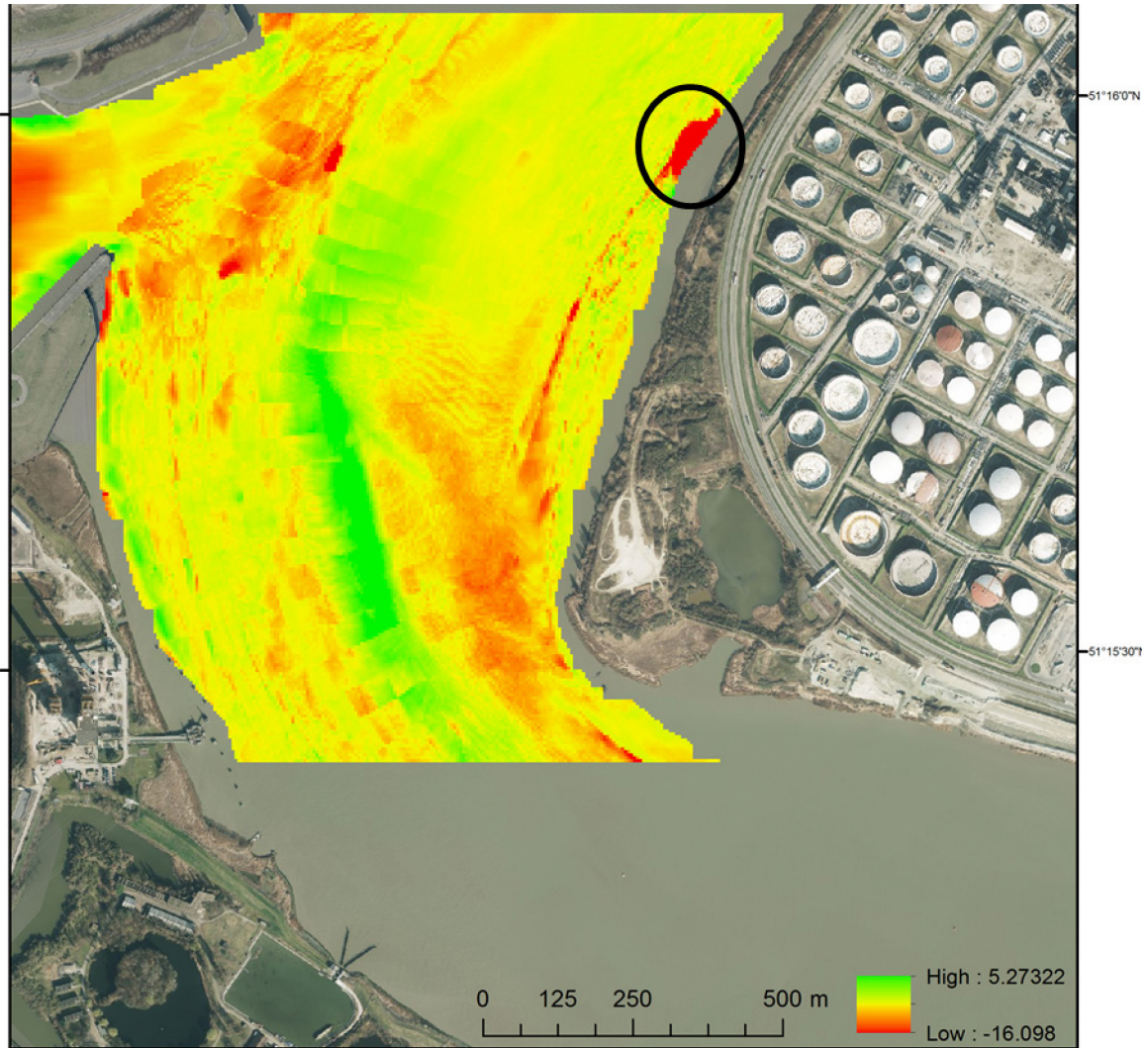
3 HISTORISCHE BODEMEVOLUTIE

Van de zijde van Waterwegen & Zeekanaal, afdeling Zeeschelde is meegedeeld dat er in het beoogde ingreepgebied gedurende de laatste jaren een erosieput is ontstaan. De evolutie hiervan is kort onderzocht op basis van bodemkaarten uit 2004, 2007, 2009 en 2014. De resultaten staan kort weergegeven in Figuur 1 t/m Figuur 3, welke de verschillen in bodemdiepte weergeven tussen 2004 en respectievelijk 2007, 2009 en 2014. Hierbij duiden negatieve (positieve) waarden op verdieping resp. verondieping

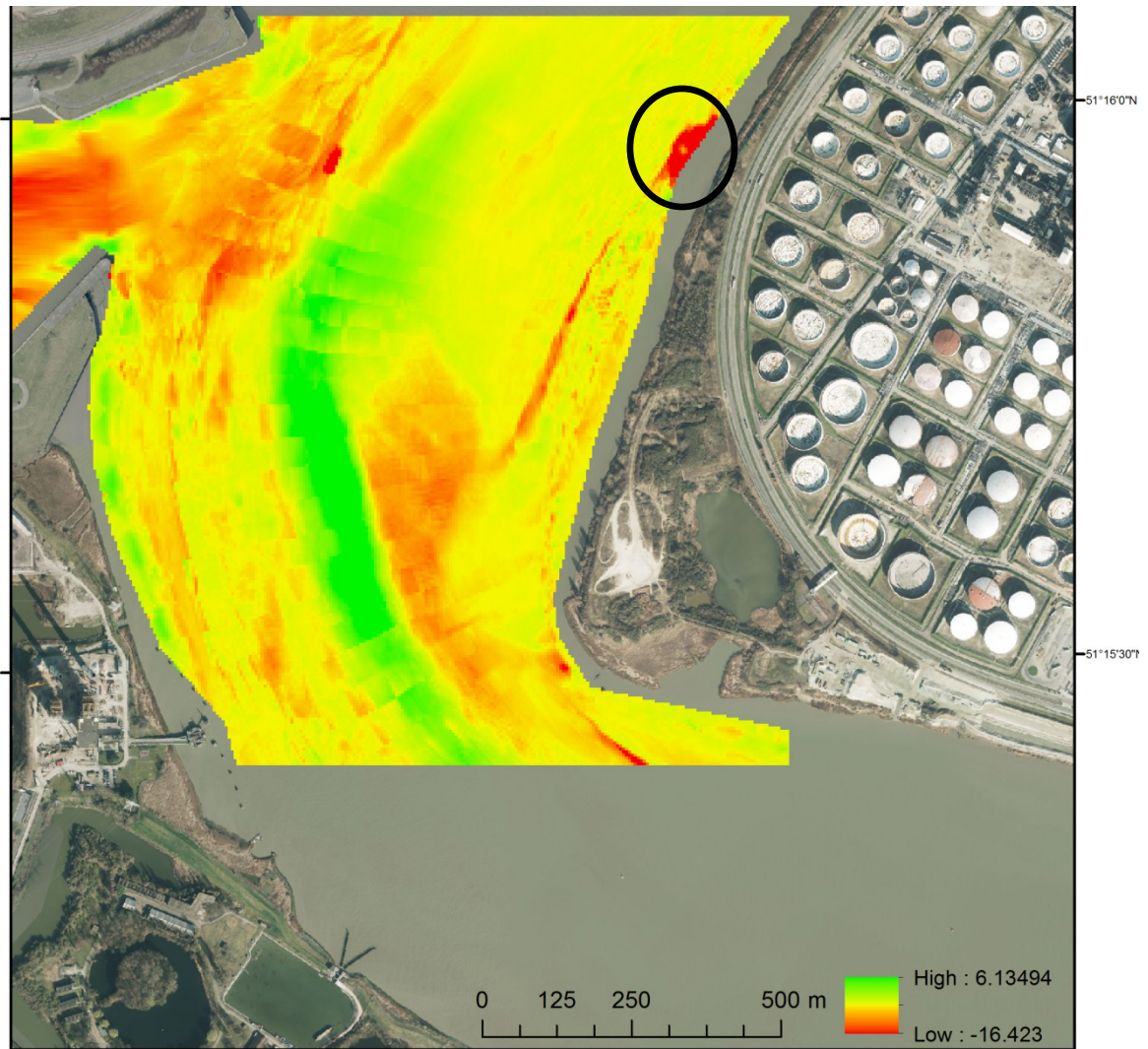


Figuur 1 Verschil in bodemdiepte (m) tussen 2004 en 2007.
Positieve (negatieve) waarden duiden op verondieping (verdieping)

Uit deze gegevens blijkt dat er ten noorden van Fort Filip nabij de oever een erosieput ontstaat, deze is in alledrie de figuren omlijnd. Tussen 2004 en 2014 heeft hier een verdieping van ongeveer 9 meter plaatsgevonden. Deze erosieput bevindt zich nabij de locatie van de meest noordelijke kribbe en het is dus van belang om na te gaan hoe de situatie hier verandert als gevolg van de ingreep.



Figuur 2 Vershil in bodemdiepte (m) tussen 2004 en 2009.
Positieve (negatieve) waarden duiden op verondieping (verdieping).



Figuur 3 Vershil in bodemdpte (m) tussen 2004 en 2014.
Positieve (negatieve) waarden duiden op verondieping (verdieping).

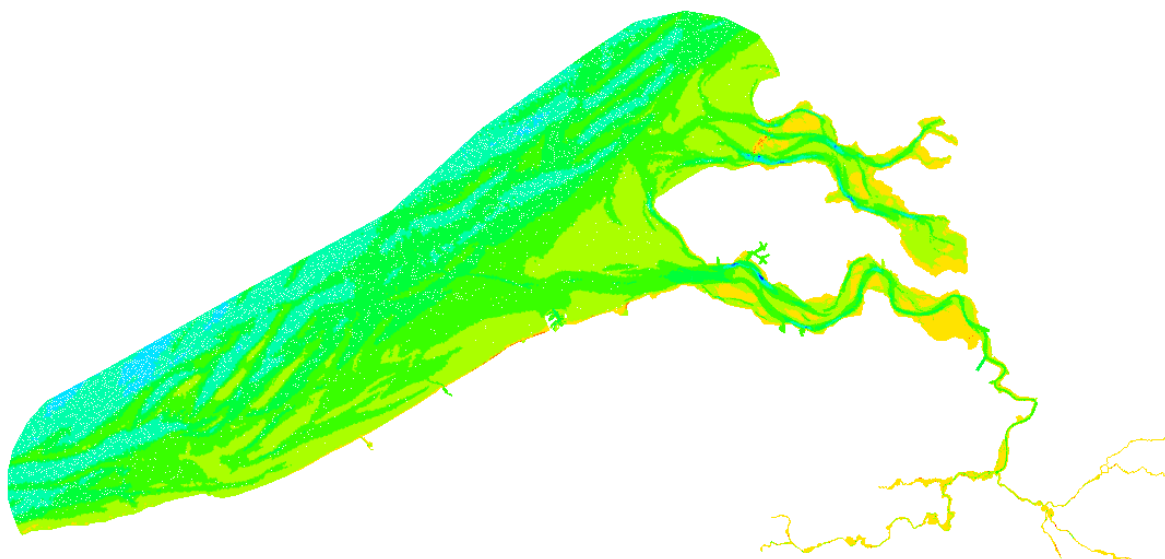
4 HET NUMERIEKE MODEL

4.1 Inleiding

Het 3D Scaldis model van het Schelde estuarium wordt gebruikt in dit project voor de studie van de kribben bij Fort Filip. Dit model is opgezet in de Telemac software in het kader van de studie “Integraal Plan Boven-Zeeschelde”. Het omvat een ruim zeegebied, de Westerschelde, Oosterschelde en Zeeschelde evenals alle Vlaamse getijrivieren: Schelde, Durme, Rupel, Nete, Dijle en Zenne (figuur 4). Deze rivieren zijn allen tot aan hun getijgrens opgenomen in het model.

Het model werd gekalibreerd gebaseerd op de vergelijking van de gemeten en gemodelleerde waterstanden, snelheden en debieten. De opzet en calibratie van het Scaldis model zijn beschreven in *Smolders et al.*, (2015).

Hierna zijn tijden uitgedrukt in MET. Dieptes, hoogtes en waterstanden zijn uitgedrukt in meter TAW (Tweede Algemene Waterpassing). Dieptes en waterstanden worden positief naar boven uitgedrukt. Als horizontaal coördinatensysteem wordt RD Parijs aangehouden.

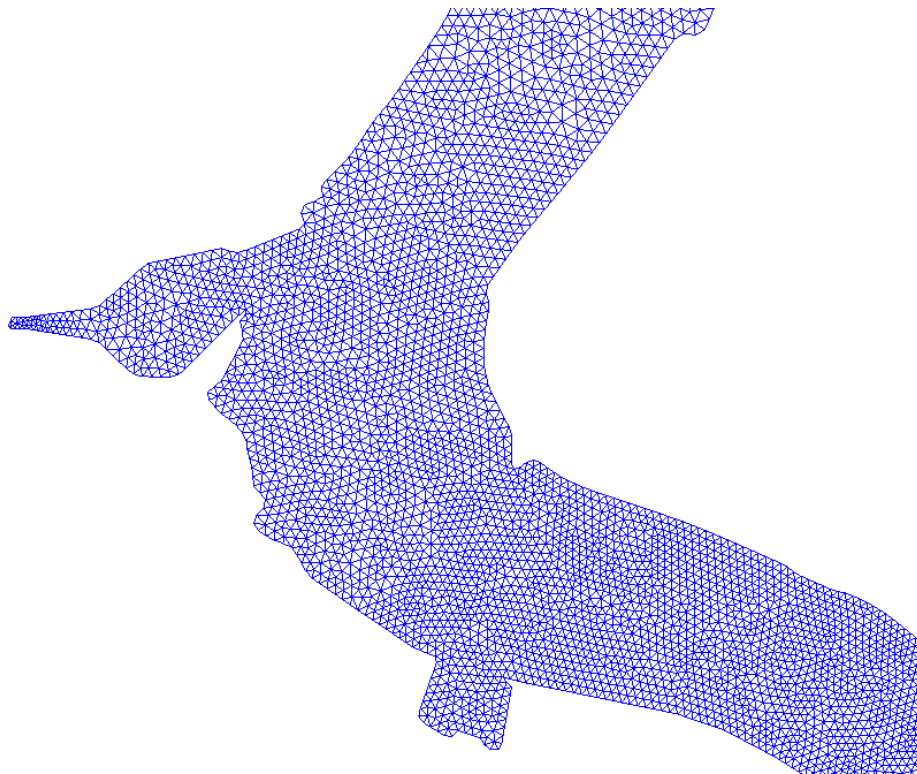


Figuur 4 - Modeldomein van Scaldis3D

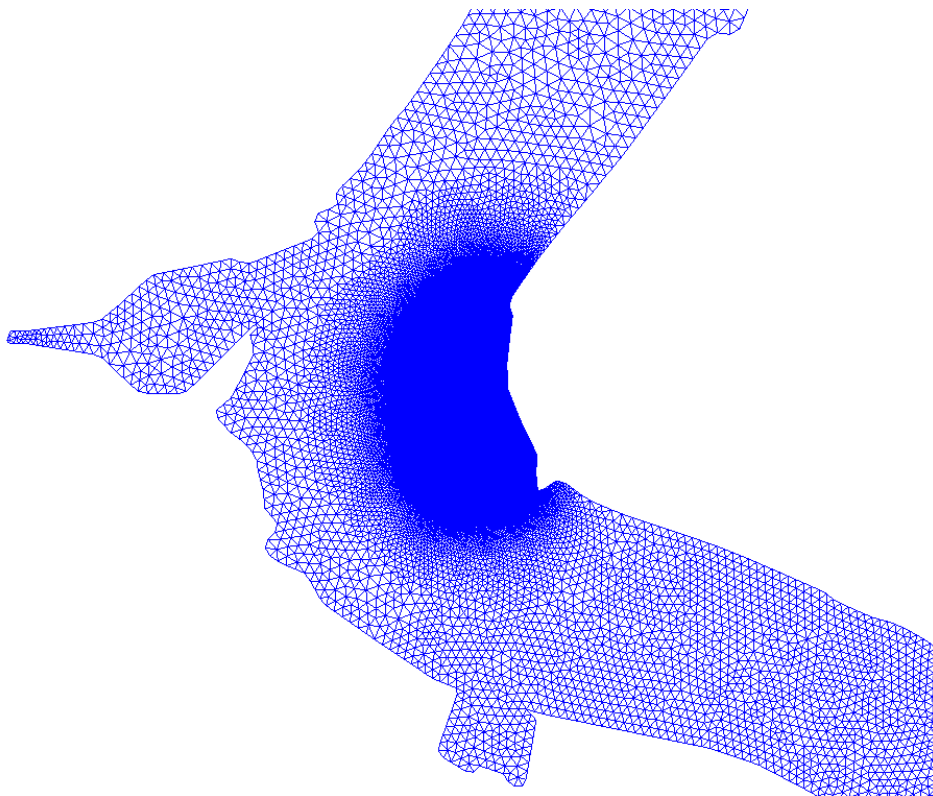
4.2 Rooster

Het Scaldis model is ontwikkeld in de Telemac software. Een ongestructureerd rooster wordt gebruikt in deze software. De resolutie van het ongestructureerde rooster kan verfijnd worden in het studiegebied.

De dichtheid van het rekenrooster van het Scaldis model varieert van 500 m aan de zeerand tot 4 m helemaal opwaarts in de Zeeschelde en Durme. Het is ongeveer 40 m in het studiegebied (figuur 5). Deze resolutie is te grof om snelheden dichtbij de kribben (die ongeveer 15 m breed zijn) nauwkeurig te berekenen. Voor dit project werd het rooster van Scaldis verfijnd in het studiegebied (5 m resolutie (figuur 6)). Het verfijnde rooster bevat 485605 knopen en 925039 elementen.



Figuur 5 - Het rooster van het Scadis model in het studiegebied voor de verfijning



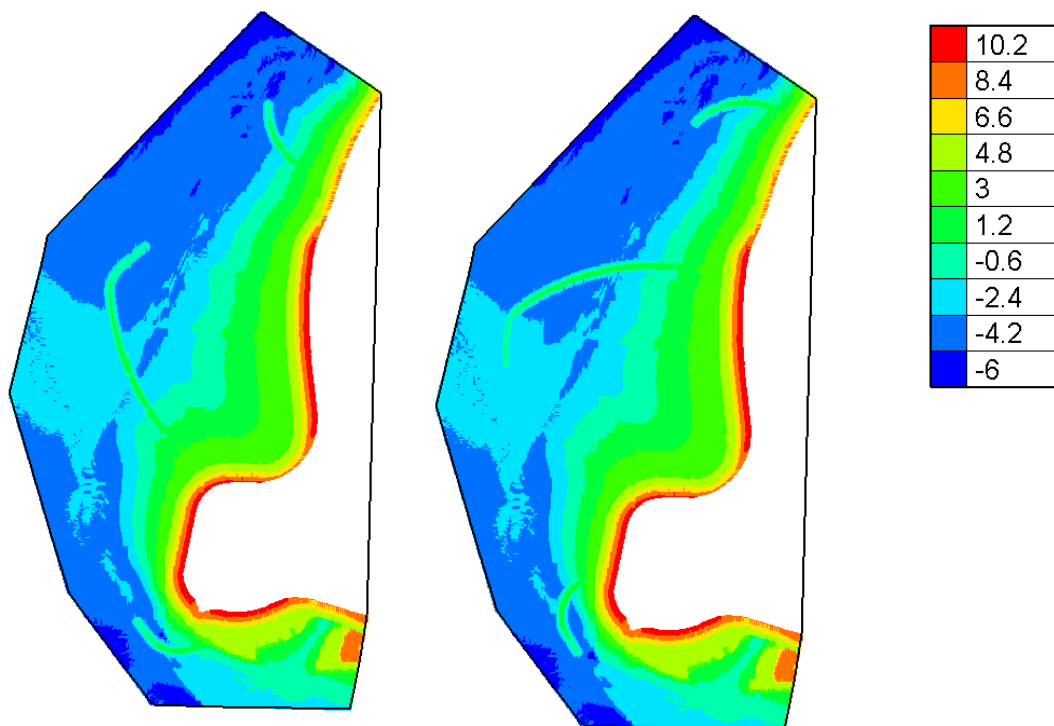
Figuur 6 - Het rooster van het Scadis model in het studiegebied na de verfijning

4.3 Bathymetrie

Om de bathymetrie van de kribben aan te maken werd gebruik gemaakt van volgende gegevens (Figuur 7):

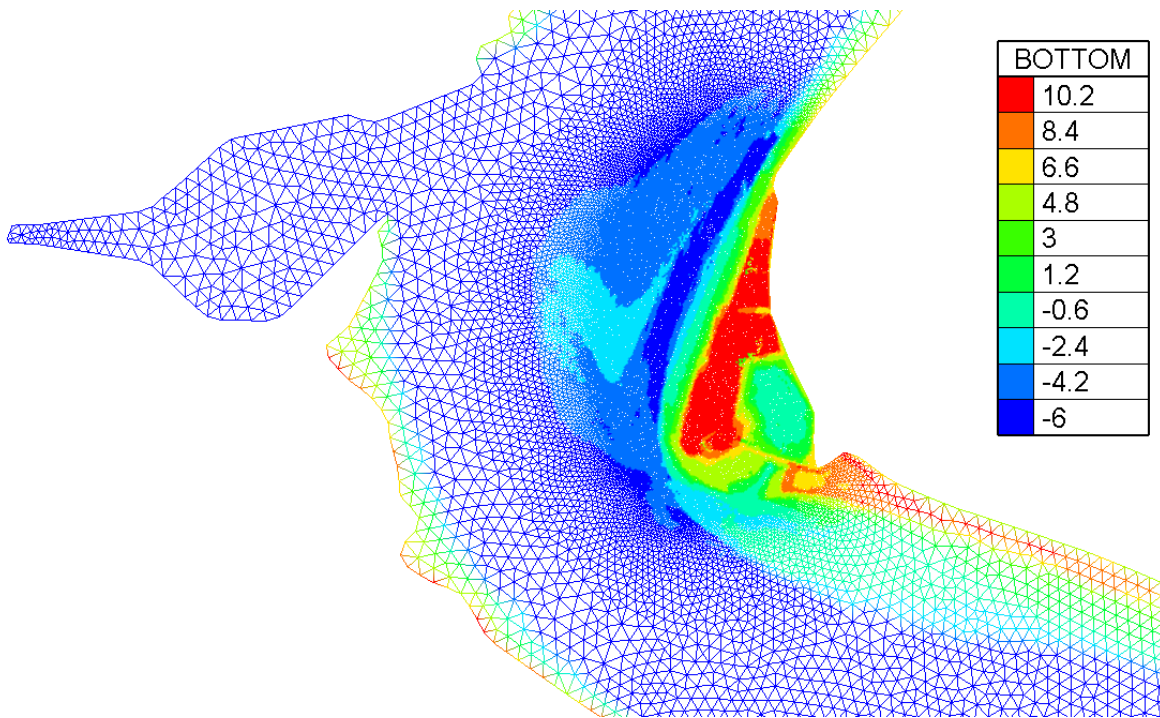
- Bathymetrische puntenfile (xyz, 1m x 1m) van de aan te leggen kribben stroomopwaarts;
- Bathymetrische puntenfile (xyz, 1m x 1m) van de aan te leggen kribben stroomafwaarts.

Deze gegevens werden aangeleverd door Waterwegen & Zeekanaal, afdeling Zeeschelde. De samples werden geconverteerd van Lambert 72 naar RD Parijs.

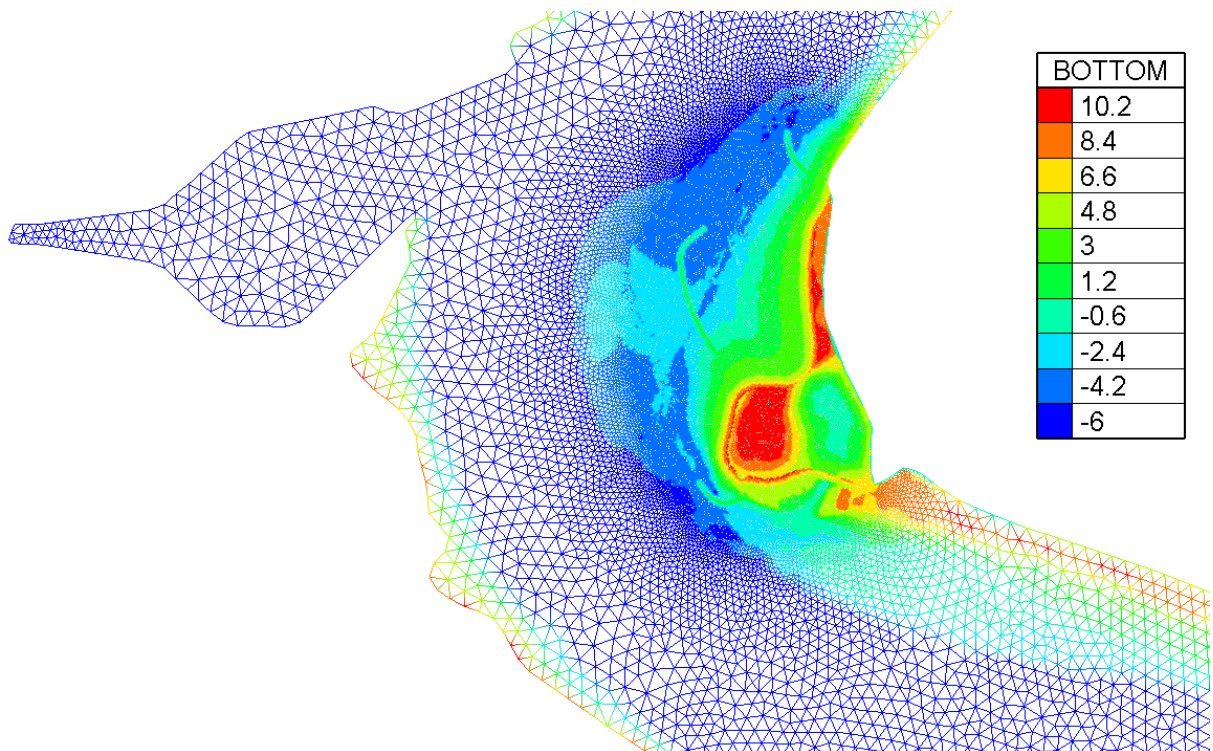


Figuur 7 - De puntenwolk voor de kribben stroomafwaarts (links) en kribben stroomopwaarts (rechts) (m TAW). De kribben in beide varianten hebben een maximale hoogte van ca 3 TAW en zijn derhalve overstroombaar.

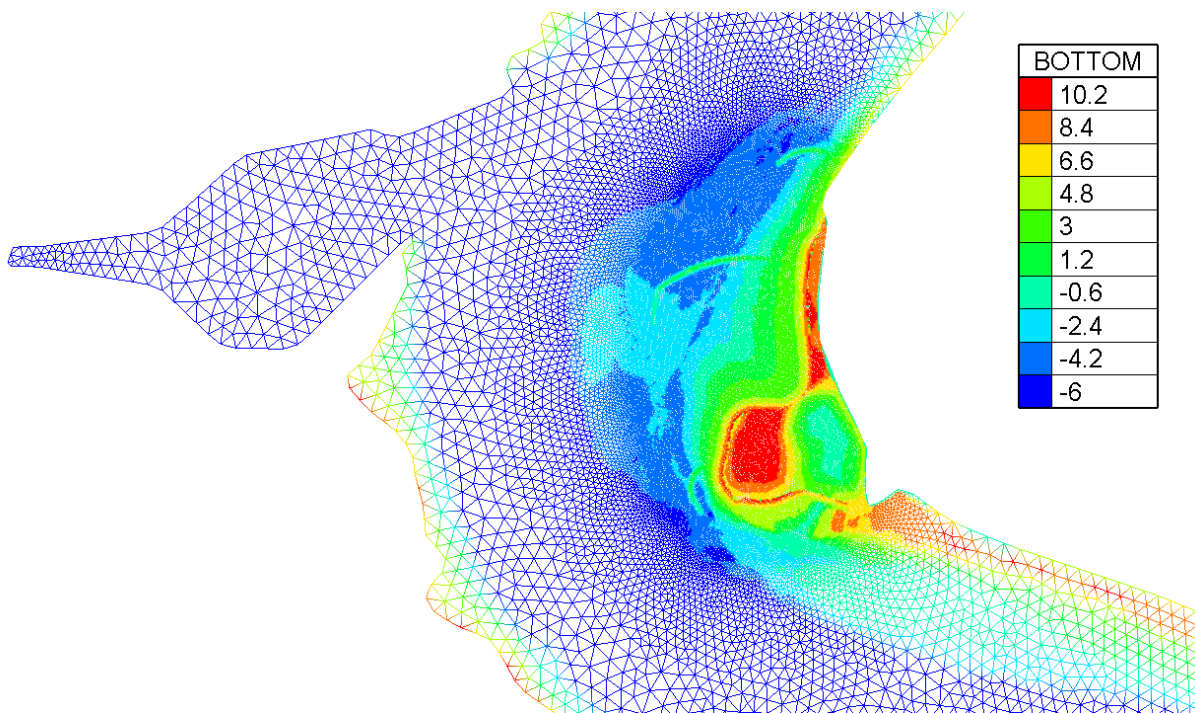
Het Scaldis model is voorzien van de laatst beschikbare bodempeiling. Voor deze studie werd de bathymetrie in het studiegebied aangepast met de bovengenoemde bodemgegevens van de kribben. De bathymetrie in het studiegebied in de huidige toestand wordt weergegeven in Figuur 8. Figuur 9 en figuur 10 tonen de bathymetrie in twee scenario's met kribben.



Figuur 8 - De bathymetrie in het studiegebied (huidige toestand, geen kribben) (mTAW)



Figuur 9 - De bathymetrie in het studiegebied (kribben stroomafwaarts) (mTAW)



Figuur 10 - De bathymetrie in het studiegebied (kribben stroomopwaarts) (mTAW)

4.4 Randvoorwaarden

Afwaartse randvoorwaarden werden gedefinieerd gebaseerd op de output van het ZUNO moedermodel. Aan de afwaartse rand (in elke punt) in de zee wordt een waterstandprofiel opgelegd dat iedere 10 minuten aangepast wordt.

Opwaarts in Grobbendonk (Kleine Nete), Itegem (Grote Nete), Epegem (Zenne), Haacht (Dijle), Dendermonde (Dender) en Merelbeke (Bovenschede en Leie) worden gemeten bovenafvoeren opgelegd. Ook de afvoer van het spuikanaal te Bath en de lozingen van het kanaal Gent-Terneuzen worden aan het model opgelegd.

4.5 Modelparameters

De gebruikte modelparameters zijn beschreven in tabel 1. Meer informatie over het Scaldis model is in Smolders et al. (2015).

Tabel 1. Modelparameters

Modelparameter	Waarde
Tijdstap	4 s
TELEMAC versie	TELEMAC Balloonfish (Linux)
Wind	Geen
Ruwheid	Manning (ruwheidsveld van Smolders et al., 2015)
Initiële conditie	Constante waterhoogte = 3 m
Aantal lagen	5 (3D model)
Relatieve hoogte van de randen van sigma lagen boven de bodem (in fractie van de waterkolom)	0, 0.12, 0.30, 0.60 en 1

4.6 Simulatieperiode

Twee dagen van een springtij periode worden doorgerekend plus een dag voor de spin-up van het model. De simulatie periode werd gekozen van 20/09/2013 00:00 tot 23/09/2013 00:00. De model resultaten worden geanalyseerd van 21/09/2013 00:00 tot 23/09/2013 00:00.

De gekozen analyseperiode komt overeen met springtijcondities. Dit is nader weergegeven in Tabel 2

Tabel 2. Hoog –en laagwaters te Antwerpen tijdens de analyseperiode, en de hieruit volgende amplitude en getijcoëfficiënt.

Tijd van hoog water	Hoog water in Antwerpen (m)	Tijd van laag water	Laag water in Antwerpen (m)	Amplitude (m)	Gemiddelde amplitude in Antwerpen (m)	Getijcoëfficiënt
21-09-13 4:20	5.81	21-09-13 11:40	-0.33	6.14	5.29	1.16
21-09-13 16:40	5.77	22-09-13 0:10	-0.6	6.37		1.20
22-09-13 5:00	5.74	22-09-13 12:20	-0.32	6.06		1.15
22-09-13 17:30	5.73					

Hierin is per getijcyclus de amplitude van het verticale getij te Antwerpen berekend, en haar verhouding tot de amplitude van het gemiddelde getij per plaatse. Deze verhouding wordt de getijcoëfficiënt genoemd. Indien deze groter is dan 1,06 spreekt men van springtijcondities. Uit Tabel 2 volgt dat hier voor de periode 21/09/2013 tot 23/09/2013 ruim aan wordt voldaan.

5 RESULTATEN VAN DE NUMERIEKE BEREKENINGEN

5.1 Beschrijving van de scenario's

De gemodelleerde scenario's zijn beschreven in tabel 3. Maximale dieptegemiddelde snelheden en bodemschuifspanningen worden geanalyseerd in §5.2 resp. §5.3. Zij worden geplot over de volledige breedte van de Schelde ter hoogte van Fort Filip zodat ook de hydraulische effecten in de vaargeul en nabij Kallosluis zichtbaar zijn.

Tabel 3. Gemodelleerde scenario's

Model run	Bathymetrie
simFF_referentie	Huidige toestand (geen kribben) (figuur 8)
simFF_afwaarts	Kribben stroomafwaarts (figuur 9)
simFF_opwaarts	Kribben stroomopwaarts (figuur 10)

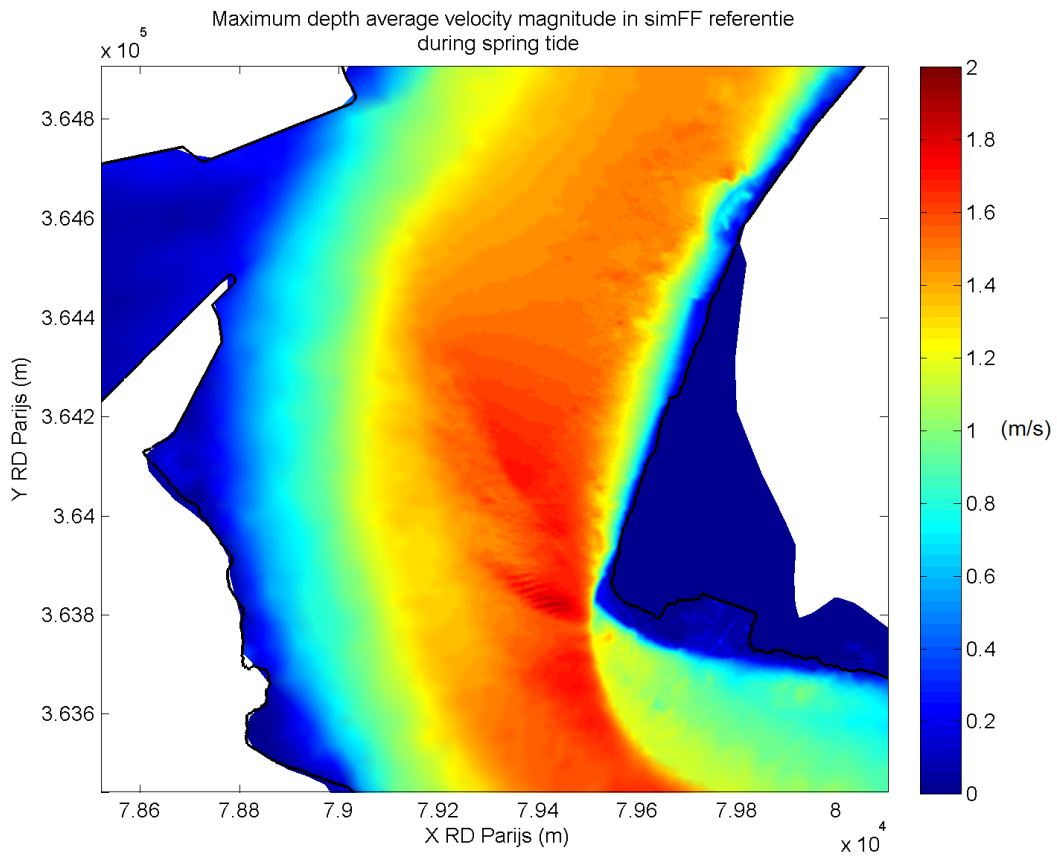
5.2 Maximale snelheid

De maximale snelheid berekend tijdens 4 spring getijden (van 21/09/2013 00:00 tot 23/09/2013 00:00) wordt weergegeven in figuur 11 tot figuur 13. Figuur 14 en figuur 15 tonen verschillen tussen de maximale snelheden berekend in scenario's 'afwaarts', 'opwaarts' enerzijds en de referentietoestand anderzijds.

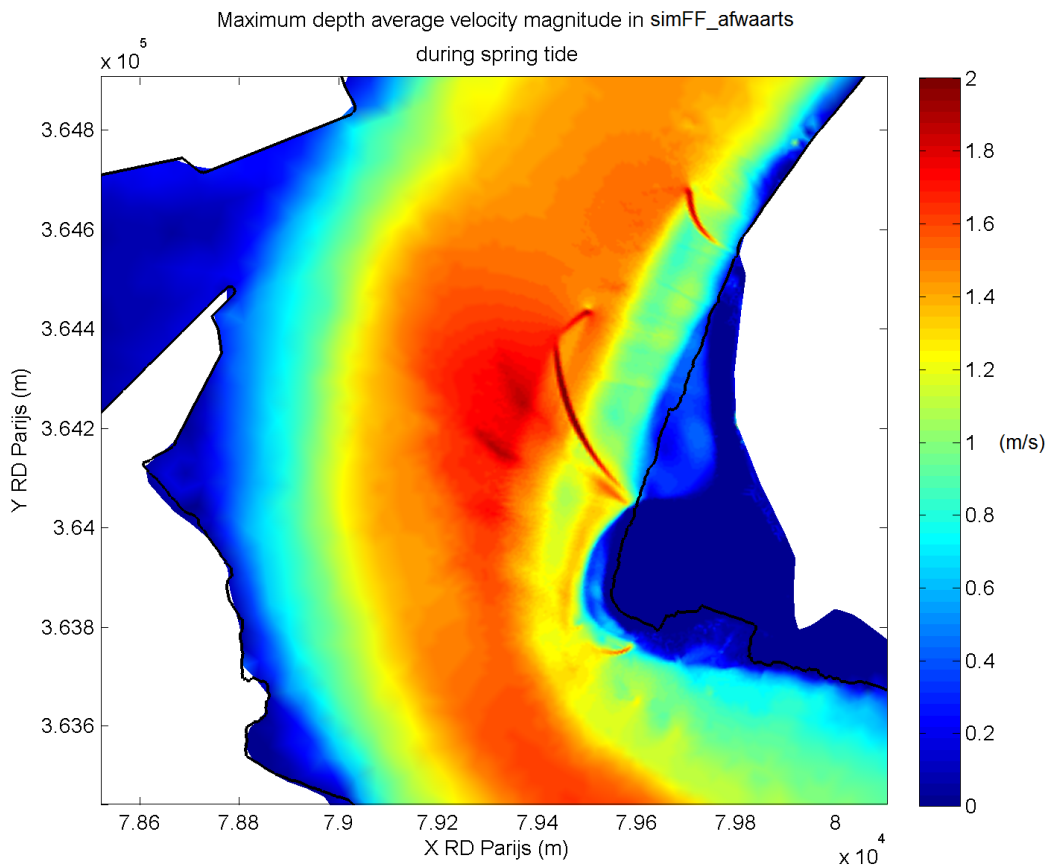
Snelheden tussen de kribben dalen in scenario's simFF_afwaarts en simFF_opwaarts. De maximale snelheden dichtbij het begin van de kribben (naast de oever) stijgen echter (figuur 14, figuur 15). Ook boven de kribben treden hoge (2 m/s) maximale snelheden op.

De stroming wordt geconcentreerd in een dieper deel van de rivier, zodat de stroming in de vaargeul bij zowel de afwaartse als opwaartse variant overwegend licht toeneemt. Dit komt doordat het beschikbare doorstroomoppervlak afneemt aangezien de kribben een obstructie voor de stroming vormen. Alleen ter hoogte van de middelste krib is de toename van de maximale snelheid in de vaargeul aanzienlijk (hoger dan 0,2 m/s).

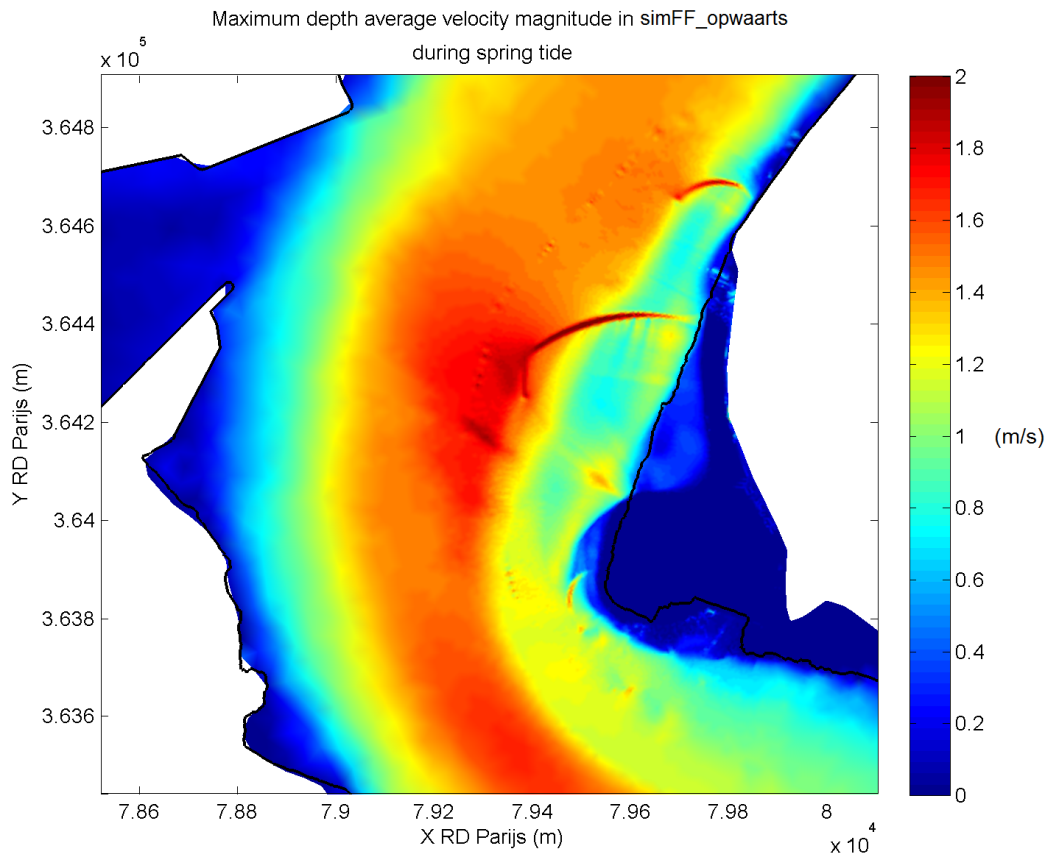
De stroming rondom Kallosluis blijft nagenoeg ongewijzigd.



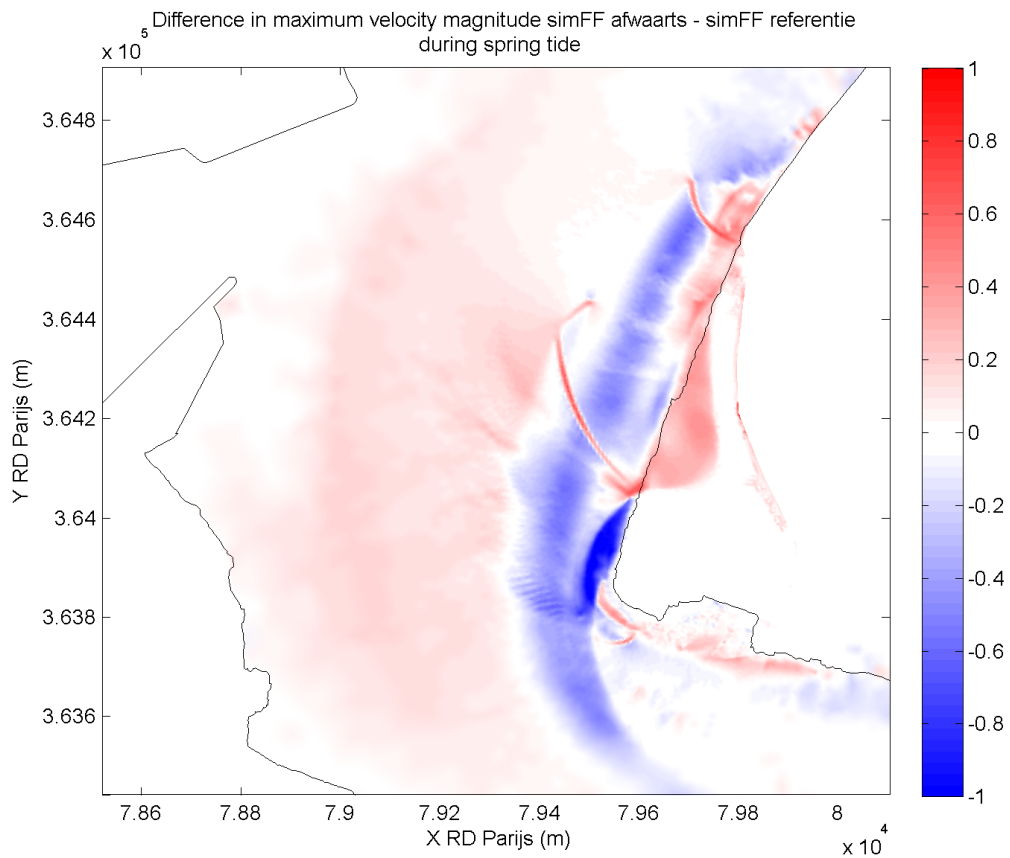
Figuur 11 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_referentie (m/s)



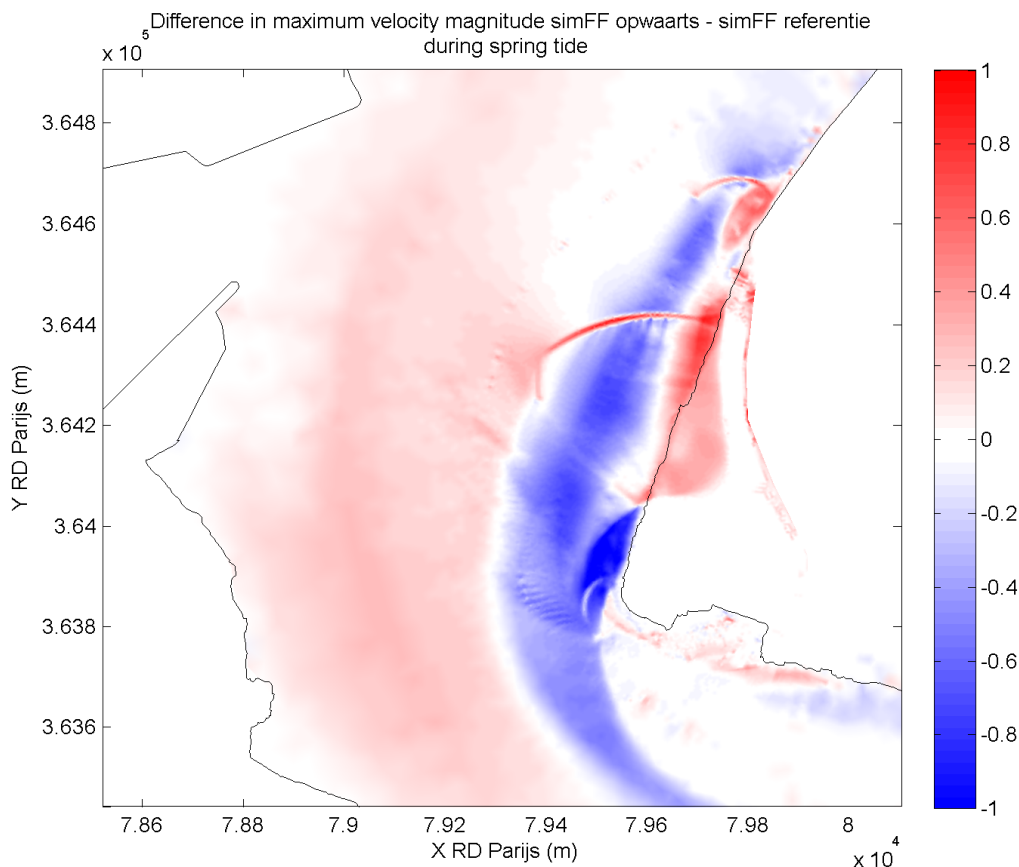
Figuur 12 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_afwaarts (m/s)



Figuur 13 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_opwaarts (m/s)



Figuur 14 - Verschil in maximale snelheid (simFF_afwaarts – simFF_referentie) (m/s)



Figuur 15 - Verschil in maximale snelheid (simFF_opwaarts – simFF_referentie) (m/s)

5.3 Maximale bodemschuifspanning

5.3.1 Ruimtelijke veranderingen

De bodemschuifspanning berekend voor de referentietoestand, simFF_afwaarts en simFF_opwaarts wordt respectievelijk weergegeven in figuur 16 tot figuur 18. De hierbij gebruikte kleurschaal is gemaximaliseerd op 2,5 Pa.

Figuur 19 en figuur 20 tonen verschillen tussen de maximale bodemschuifspanningen berekend in de respectievelijke scenario's 'afwaarts' en 'opwaarts' enerzijds en de referentie toestand anderzijds. Hieruit blijkt dat de maximale bodemschuifspanning in het gebied tussen de kribben voor beide scenario's overwegend lager is dan in de referentierun (zonder kribben). Op ondiepe locaties (nabij de oever) neemt de bodemschuifspanning wel toe. Dit laatste duidt mogelijk op erosie.

In deze figuren is ook de locatie van de erosieput weergegeven. Voor de afwaartse variant lijkt hier een toename van de schuifspanning op te treden, voor het opwaartse scenario is dit minder uitgesproken. In beide gevallen is er echter direct ten zuidoosten van de erosieput sprake van een toename van de bodemstress.

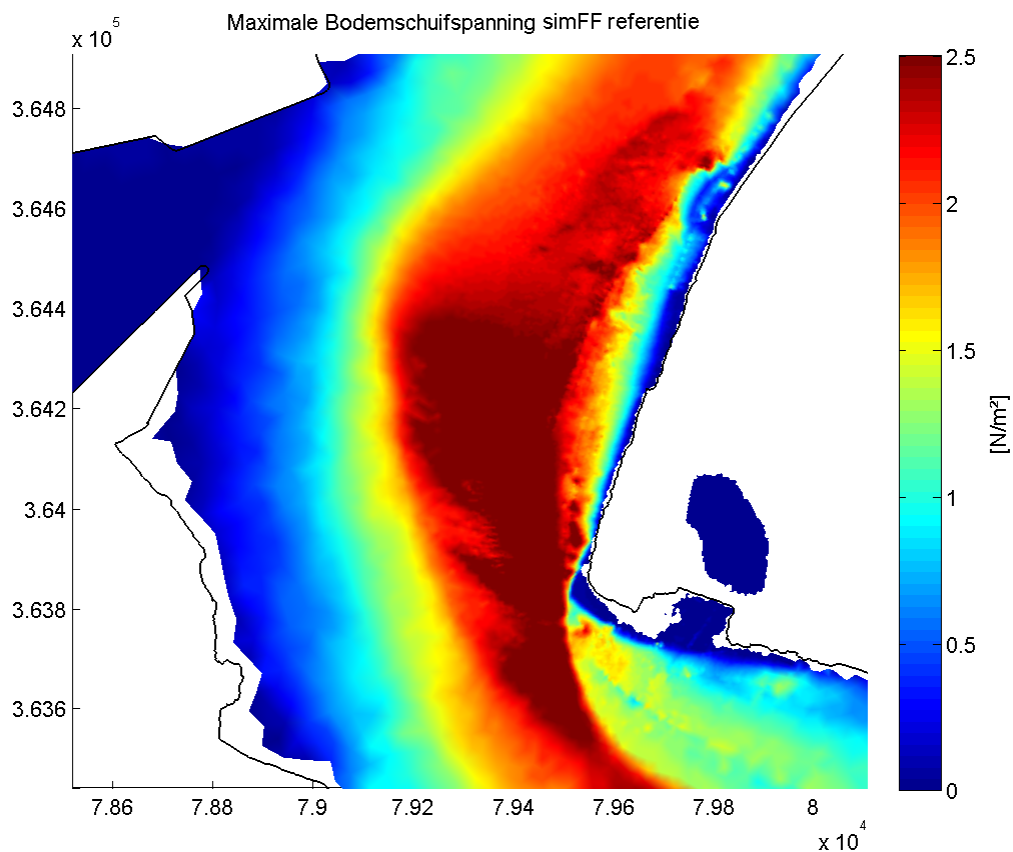
In de vaargeul zien we een overwegend lichte toename van de bodemschuifspanning die nabij de middelste krib echter tot ca 1 Pa kan oplopen. Nabij Kallosluis is geen verandering in de maximale bodemschuifspanning zichtbaar.

5.3.2 Overschrijding van de kritische schuifspanning

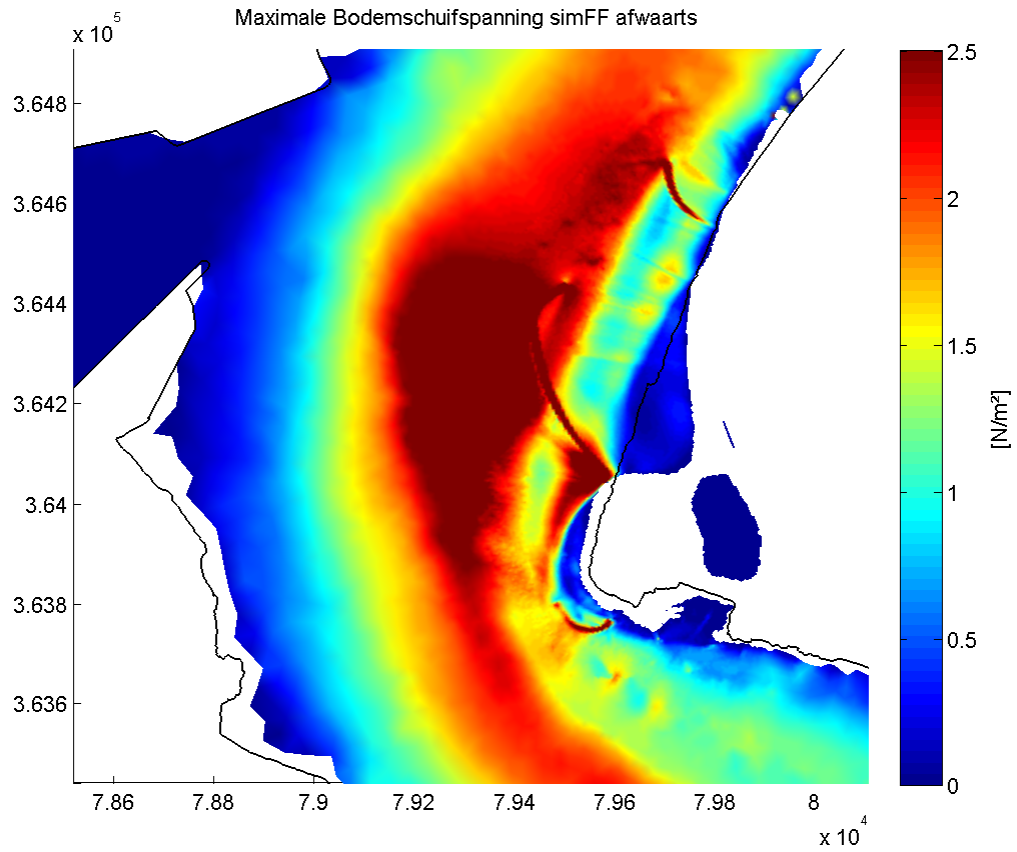
Wanneer de bodemschuifspanning een grenswaarde overschrijdt, begint de erosie. Als kritische grens voor de bodemschuifspanning is hier – op basis van expert judgment - 1 (één) Pa gehanteerd. Beide scenario's vertonen erosief potentieel boven de kribben en dichtbij het uiteinde van de kribben. De mate waarin en de snelheid waarmee erosie plaatsvindt, zal afhangen van de aanwezigheid van harde lagen die ongevoelig dan

wel minder gevoelig zijn voor erosie. Hierover kunnen op basis van de onderhavig modelstudie – die louter is gebaseerd op waterbeweging – geen accurate kwantitatieve uitspraken worden gedaan.

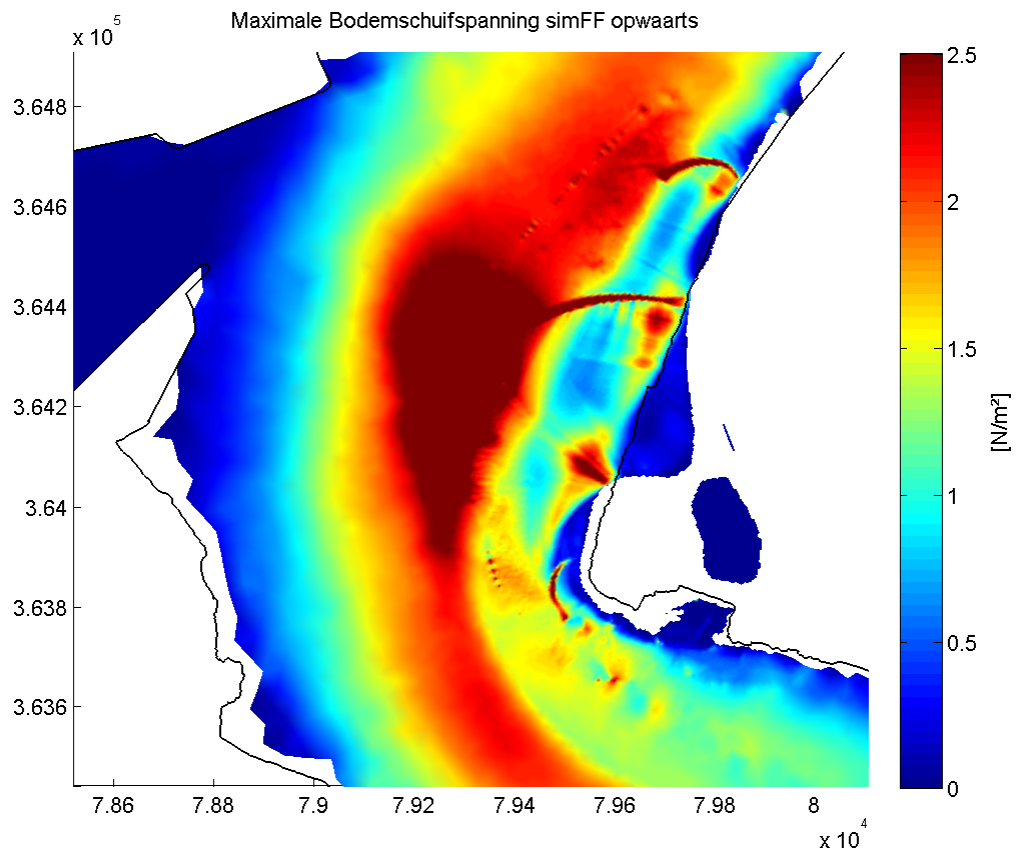
Hoewel de maximale bodemschuifspanningen dus wel afnemen in een groot deel van het gebied tussen de kribben, wordt de waarde van 1 Pa toch nog overschreden. Om het belang hiervan nader te beschouwen is in Figuur 21 tot Figuur 23 voor de referentietoestand en beide scenario's ruimtelijk weergegeven welke fractie van de tijd de bodemschuifspanning de waarde van 1 Pa overschrijdt. Hieruit blijkt dat op de lokaties langs de oever met verhoogde bodemstress deze overschrijding redelijk kort is, ongeveer 10% van de tijd. Verder wordt de waarde van 1 Pa tussen de kribben maximaal 20% van de tijd overschreden. Dit is dus een beperkte tijdsduur. Op basis hiervan lijkt het sediment tussen de kribben – ondanks de overschrijding van de kritische schuifspanning van 1 Pa – beperkt mobiel.



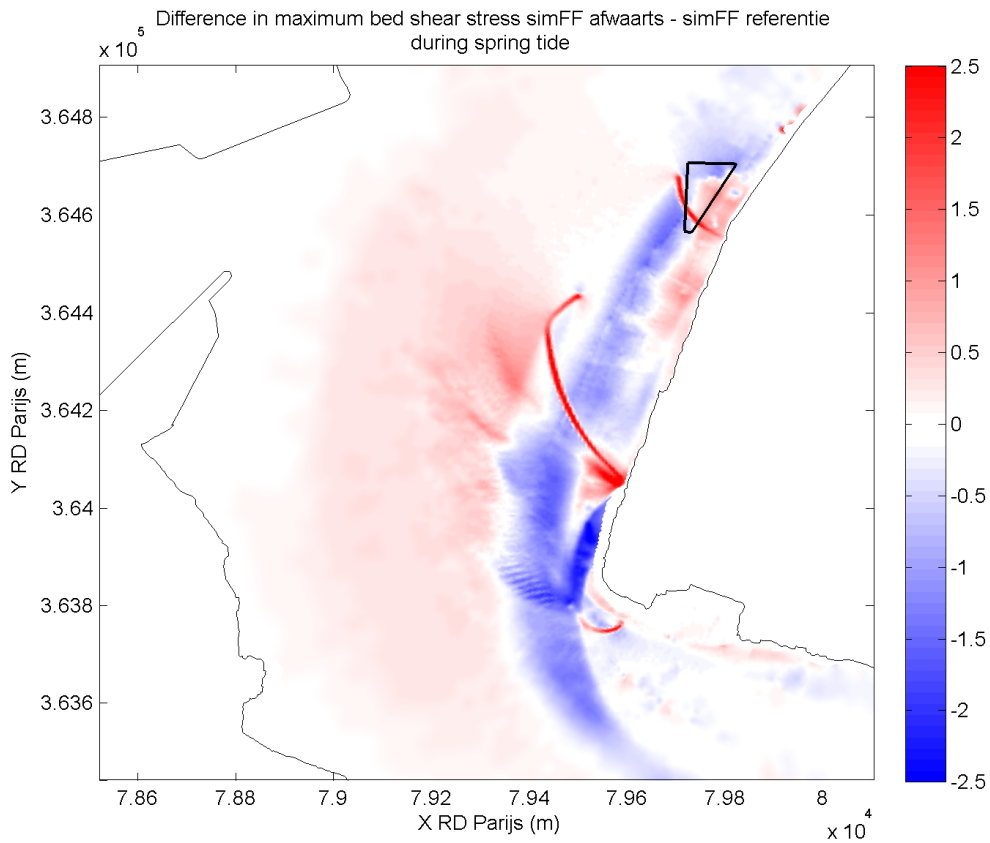
Figuur 16 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_referentie (Pa)



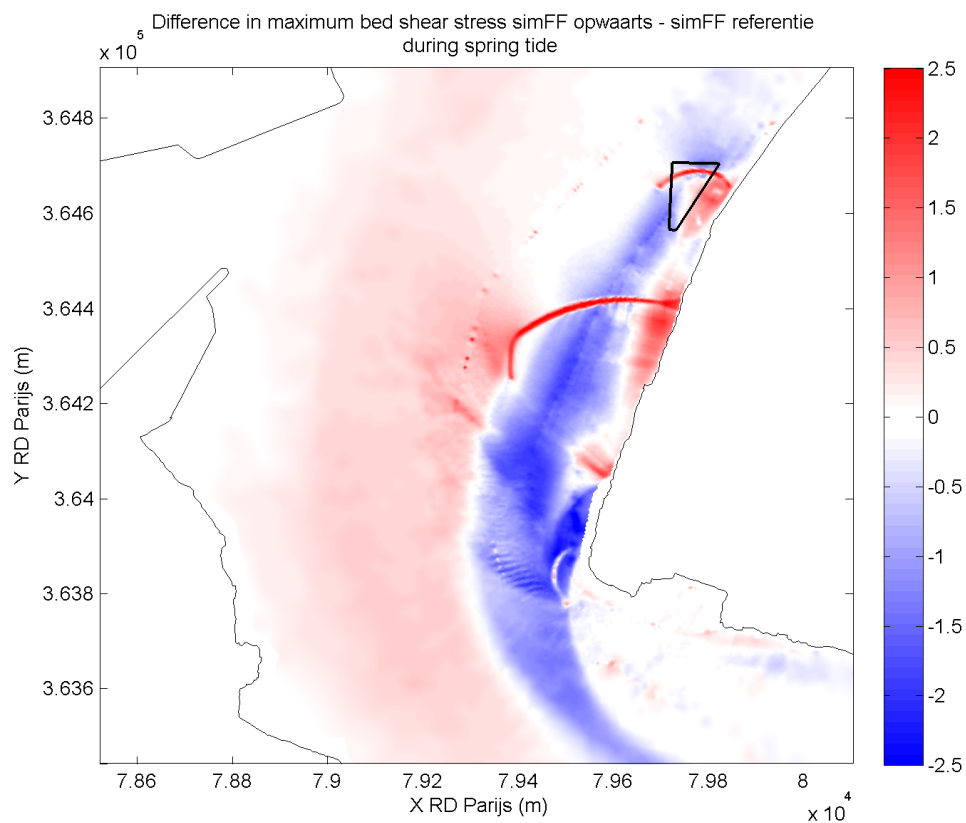
Figuur 17 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_afwaarts (Pa)



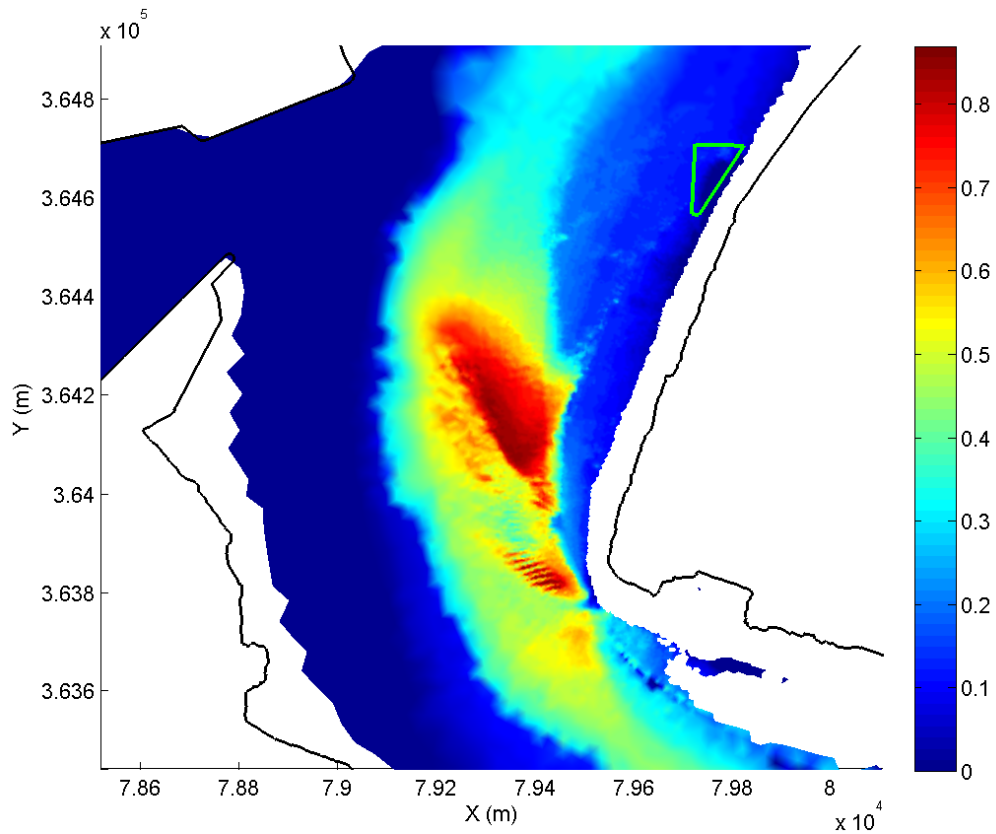
Figuur 18 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_opwaarts (Pa)



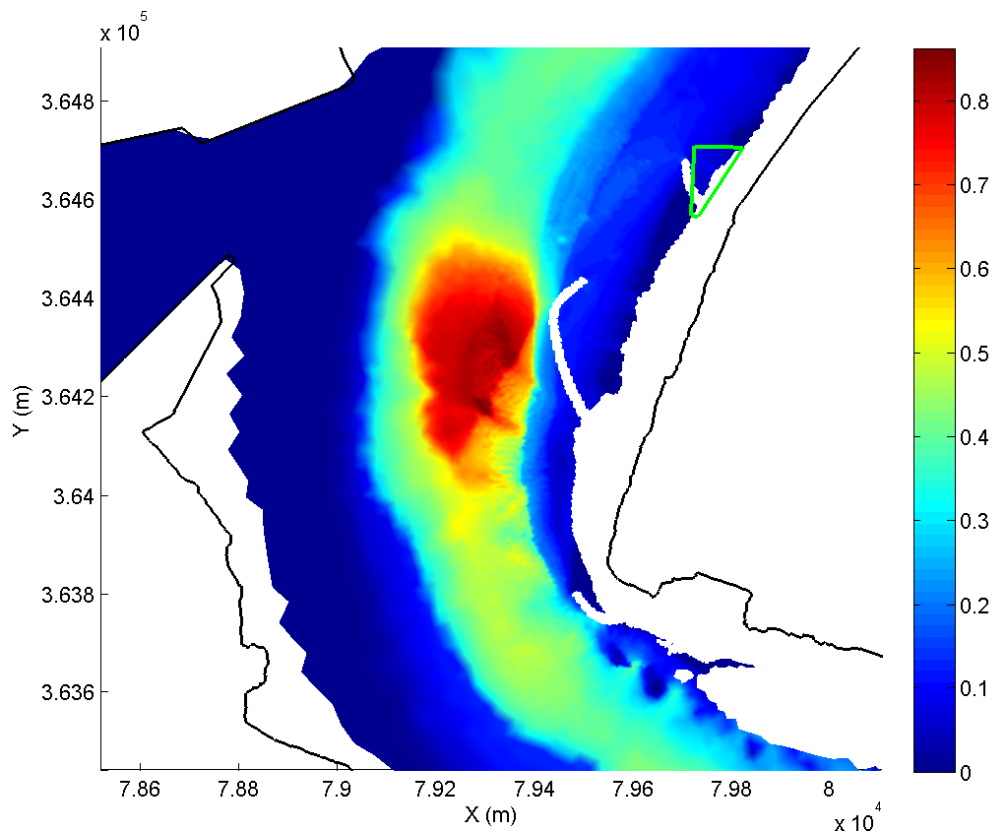
Figuur 19 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_afwaarts – simFF_referentie) (Pa). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



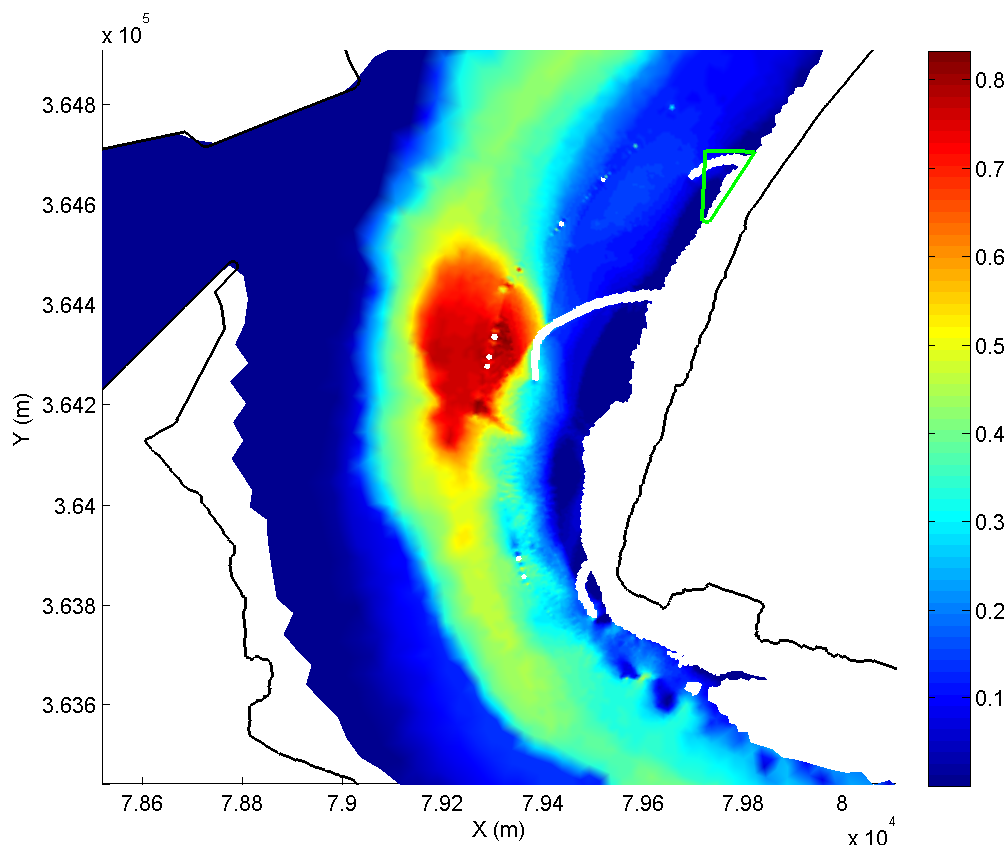
Figuur 20 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_opwaarts – simFF_referentie) (Pa). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



Figuur 21 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_referentie). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer



Figuur 22 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_afwaarts). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.

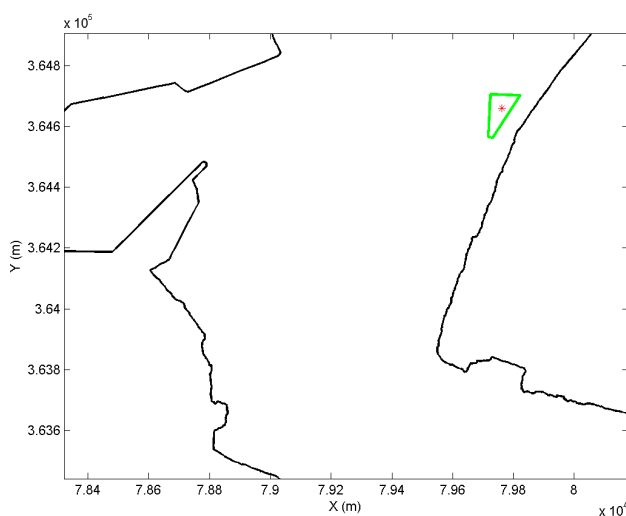


Figuur 23 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_opwaarts). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.

Indien we de beide scenario's vergelijken (Figuur 19 t/m Figuur 23) dan lijkt de variant met opwaarts georiënteerde kribben lichtelijk preferent over die met afwaarts georiënteerde kribben. Bij eerstgenoemde is er over een groter gebied tussen de kribben sprake van een verlaging van de bodemschuifspanning. Bovendien is de relatieve tijdsduur waarbinnen de bodemstress de waarde van 1 Pa overschrijdt wat korter.

5.3.3 Bodemschuifspanning ter hoogte van de erosieput

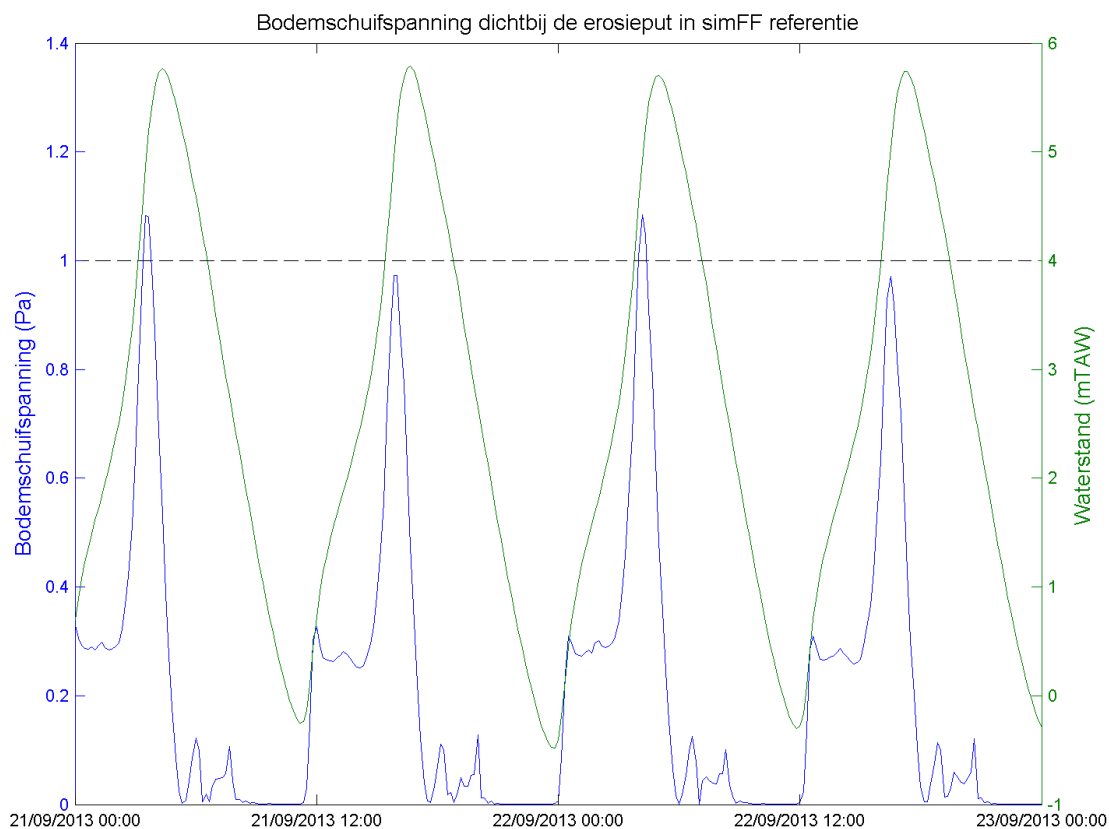
Figuur 25 tot Figuur 27 tonen het verloop van de bodemschuifspanning voor een punt ter hoogte van de erosieput voor zowel de referentietestand als de beide scenario's. De locatie van dit punt is in Figuur 24 weergegeven.



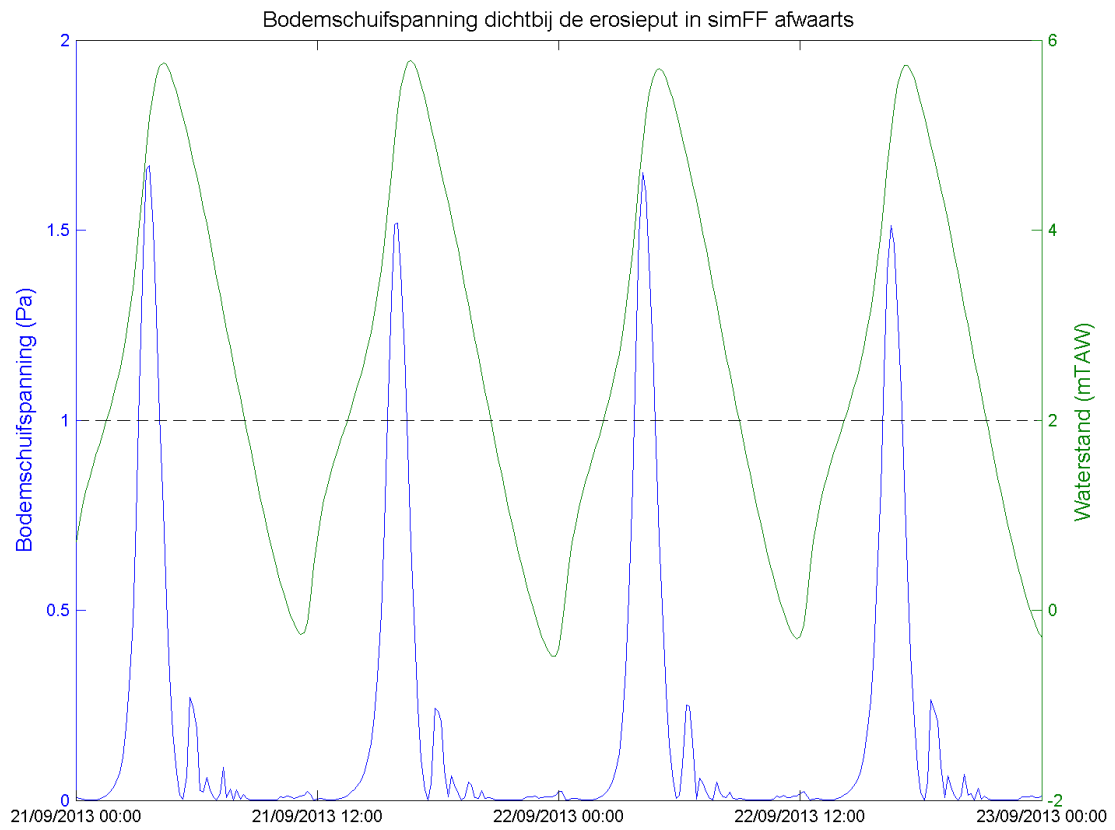
Figuur 24 – Locatie van het punt ter hoogte van de erosieput (rode ster).

We zien dat de maximale schuifspanning voor beide scenario's hoger is dan in de referentietoestand. De bodemschuifspanning van 1 Pa wordt echter slechts gedurende een zeer korte periode overschreden, ongeveer 10% van de tijd.

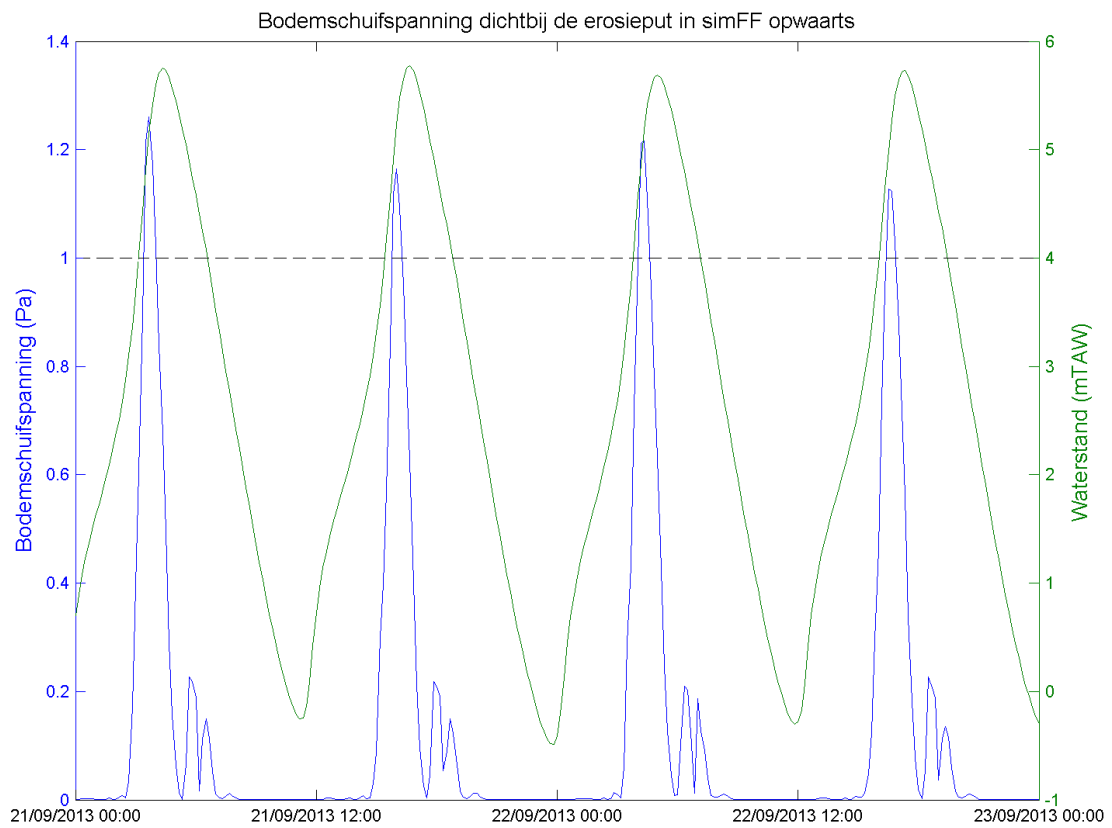
Indien we beide de scenario's vergelijken (Figuur 26 en Figuur 27) dan zien we wederom dat de toename van bodemschuifspanning in de variant 'opwaarts' geringer is dan de toename in variant 'afwaarts', en dat bij eerstgenoemde de kritische schuifspanning korter wordt overschreden.



Figuur 25 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_referentie



Figuur 26 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_afwaarts



Figuur 27 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_opwaarts

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van de uitgevoerde studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De aanleg van de kribben (zowel afwaarts- als opwaarts georiënteerd) zorgt overwegend voor een daling van de bodemschuifspanning. Alleen boven de kribben en op locaties nabij de oever is er sprake van een toename, waaronder ook de landwaartse begrenzing van de twee meest noorderlijke kribben.
2. De fractie van de tijd dat de bodemschuifspanning hoger is dan 1 Pa is beperkt, en over het algemeen korter dan 20%. Voor de gebieden nabij de oever met verhoogde erosie is dit maximaal 10%. Dit betekent dat sediment tussen de kribben naar verwachting beperkt mobiel is. De kribben kunnen derhalve potentieel dienen als sedimentvang.
3. Nabij de waargenomen erosieput neemt de bodemschuifspanning in beide scenario's toe, hoewel de kritische waarde slechts 10% van de tijd wordt overschreden. Dit fenomeen zal door de aanleg van de kribben naar verwachting dus niet verdwijnen, het gebied blijft een locatie van potentiële erosie. De evolutie van dit gebied dient dus verder te worden opgevolgd.
4. De maximale snelheden en bodemschuifspanningen in de vaargeul nemen in lichte mate toe, alleen nabij de middelste krib is dit significant.
5. Nabij Kallosluis zijn geen hydraulische effecten zichtbaar van de aanleg van de kribben.
6. De opwaartse variant met opwaarts georiënteerde kribben is lichtelijk preferent over het scenario met afwaartse oriëntatie. Er vindt in een groter gebied tussen de kribben een afname van de bodemschuifspanning plaats, tevens is de tijdsduur waarin de grenswaarde van 1 Pa wordt overschreden wat korter.

Bovenstaande resultaten zijn verkregen op basis van een hydrodynamische modelstudie, er is dus geen sedimenttransport uitgerekend. Er kunnen zonder verdere studie dan ook geen accuratere kwantitatieve uitspraken worden gedaan.

7 REFERENTIES

Smolders, S.; Maximova, T.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Integraal Plan Bovenzeeschede: Subreport 1 – 3D Hydrodynamisch model Zeeschede en Westerschede. WL Rapporten, 13_131. Flanders Hydraulics Research: Antwerp, Belgium

DEPARTEMENT MOBILITEIT EN OPENBARE WERKEN

Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

mow.vlaanderen.be

waterbouwkundiglaboratorium.be



DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be