



Vlaanderen
is wetenschap

15_042_2
WL rapporten

Verkennde studie kribben Fort Filip

Deelrapport 2
Aanvullende scenario's

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be



Verkennde studie kribben Fort Filip

Deelrapport 2 – aanvullende scenario's

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

Juni 2016

WL2016R15_042_2

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Maximova, T.; Smolders, S.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Verkennende studie kribben Fort Filip: Deelrapport 2 – aanvullende scenario's. Versie 5.0. 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


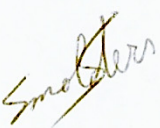

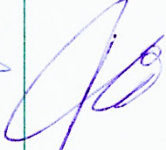
waterbouwkundiglaboratorium.be

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 2 – aanvullende scenario's		
Opdrachtgever:	Vlaamse Overheid	Ref.:	WL2016R15_042_2
Keywords (3-5):	Fort Filip, kribben, Schelde estuarium		
Tekst (p.):	28	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.	Smolders, S.	Schramkowski, G.	Verwaest, T.	Mostaert, F.
				

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1.0	22/12/2015	Conceptversie	Maximova, T., Schramkowski, G.
2.0	24/12/2015	Inhoudelijke revisie	Smolders, S.
3.0	24/12/2015	Concept	Maximova, T., Schramkowski, G.
4.0	14/01/2016	Revisie opdrachtgever	De Beukelaer-Dossche, M., Van Braecke, A.
5.0	15/06/2016	Definitieve versie	Maximova, T., Schramkowski, G.

Abstract

In dit deelrapport wordt op indicatieve wijze het effect van een kribbe op erosie en depositie nabij Fort Filip onderzocht. Dit gebeurt louter op basis van veranderingen in het stromingsveld, en dan met name de optredende bodemschuifspanning. Er worden drie varianten van de kribben beschouwd, in volgorde van afnemende hoogte van de kruin 'hoog', 'midden' en 'laag' genoemd.

Bij alle drie deze scenario's wordt op en nabij de kribbe een verhoging van de bodemschuifspanning gevonden. Dit betekent dat deze locatie gevoeliger zal kunnen zijn voor erosie. Binnen dit gebied bevindt zich ook de reeds eerder bestudeerde locatieput (zie Maximova et al. 2015). Deze locatie zal derhalve ook in de toekomst nadere aandacht vergen.

Stroomopwaarts van de kribbe treedt nabij de oever een verlaging van de maximale bodemschuifspanning op. De kritische bodemschuifspanning voor beweging van sediment (hier op 1 Pa gesteld) wordt hier evenwel nog steeds overschreden, zijn het slechts gedurende 10 a 15% van de tijd. Dit impliceert dat sediment in dit gebied minder mobiel zal worden, hetgeen indiceert dat de kribben als sedimentvang kunnen fungeren.

Uit onderlinge vergelijking van de varianten blijkt dat de maximale bodemschuifspanning voor scenario 'hoog' over het algemeen merkbaar lager ligt als voor de overige twee varianten. Op basis hiervan is scenario 'hoog' preferent aangezien hierbij het sediment naar verwachting het minst mobiel zal zijn.

Deze resultaten zijn indicatief aangezien zij 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

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel.....	I
Lijst van de tabellen.....	II
lijst van de figuren	III
1 Gebruikte Afkortingen	1
2 Inleiding	2
3 Het numerieke model.....	3
3.1 Inleiding	3
3.2 Rooster	3
3.3 Bathymetrie.....	5
3.4 Randvoorwaarden	8
3.5 Modelparameters.....	8
3.6 Simulatieperiode	8
4 Resultaten van de numerieke berekeningen	10
4.1 Beschrijving van de scenario's.....	10
4.2 Maximale snelheid.....	10
4.2.1 Tijdens 4 spring getijden.....	10
4.2.2 Het ogenblik van maximale snelheden ter hoogte van de kribbe.....	14
4.3 Maximale bodemschuifspanning.....	16
4.3.1 Ruimtelijke veranderingen	16
4.3.2 Overschrijding van de kritische schuifspanning	16
4.3.3 Bodemschuifspanning ter hoogte van de erosieput	22
4.4 Vergelijking van de scenario's	25
5 Conclusies en aanbevelingen	27
6 Referenties	28

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1. Modelparameters	8
Tabel 2. Hoog –en laagwaters te Antwerpen tijdens de analyseperiode, en de hieruit volgende amplitude en getijcoëfficiënt.....	8
Tabel 3. Gemodelleerde scenario's	10

LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1 - Modeldomein van Scaldis3D	3
Figuur 2 - Het rooster van het Scaldis model in het studiegebied voor de verfijning	4
Figuur 3 - Het rooster van het Scaldis model in het studiegebied na de verfijning	4
Figuur 4 - De puntenwolk voor de kribben 'midden' (m TAW)	5
Figuur 5 - De bathymetrie in het studiegebied (huidige toestand, geen kribben) (mTAW)	6
Figuur 6 - De bathymetrie in het studiegebied (kribben 'hoog') (mTAW)	6
Figuur 7 – Verschil in de bathymetrien: 'kribben hoog' – 'kribben laag' (m)	7
Figuur 8 – Verschil in de bathymetrien: 'kribben hoog' – 'kribben midden' (m)	7
Figuur 9 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_referentie (m/s)	11
Figuur 10 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_hoog (m/s)	11
Figuur 11 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_midden (m/s)	12
Figuur 12 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_laag (m/s)	12
Figuur 13 - Verschil in maximale snelheid (simFF_hoog – simFF_referentie) (m/s)	13
Figuur 14 - Verschil in maximale snelheid (simFF_midden – simFF_referentie) (m/s)	13
Figuur 15 - Verschil in maximale snelheid (simFF_laag – simFF_referentie) (m/s)	14
Figuur 16 - Maximale snelheid boven de kribbe in simFF_hoog	15
Figuur 17 - Maximale snelheid boven de kribbe in simFF_midden	15
Figuur 18 - Maximale snelheid boven de kribbe in simFF_laag	15
Figuur 19 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_referentie (Pa)	17
Figuur 20 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_hoog (Pa)	17
Figuur 21 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_midden (Pa)	18
Figuur 22 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_laag (Pa)	18
Figuur 23 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_hoog – simFF_referentie) (Pa)	19
Figuur 24 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_midden – simFF_referentie) (Pa)	19
Figuur 25 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_laag – simFF_referentie) (Pa)	20
Figuur 26 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_referentie)	20
Figuur 27 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_hoog)	21
Figuur 28 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_midden)	21
Figuur 29 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_laag)	22
Figuur 30 – Locatie van het punt ter hoogte van de erosieput (rode ster)	22
Figuur 31 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_referentie	23
Figuur 32 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_hoog	23
Figuur 33 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_midden	24

Figuur 34 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_laag24

Figuur 35 – Verschil in maximale bodemschuifspanning tussen varianten simFF_hoog en simFF_midden.26

Figuur 36 – Verschil in maximale bodemschuifspanning tussen varianten simFF_midden en simFF_laag.26

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" enkele scenario's doorgerekend. In een eerdere rapportage (*Maximova et al.* 2015, hierna "Deelrapport I" te noemen) zijn voor configuraties bestaande uit drie kribben de effecten van de orientatie van kribben (stroomopwaarts danwel stroomafwaarts) onderzocht. In dit deelrapport wordt het effect van de hoogte van een enkele krib bekeken. 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 ontstaan van deze erosieput is in Deelrapport I op basis van historische bodemkaarten geïllustreerd. Het is van belang om na te gaan wat er op deze locatie zal gebeuren als gevolg van de bouw van de kribben. Om deze reden is bij de presentatie van de resultaten specifieke aandacht voor deze locatie.

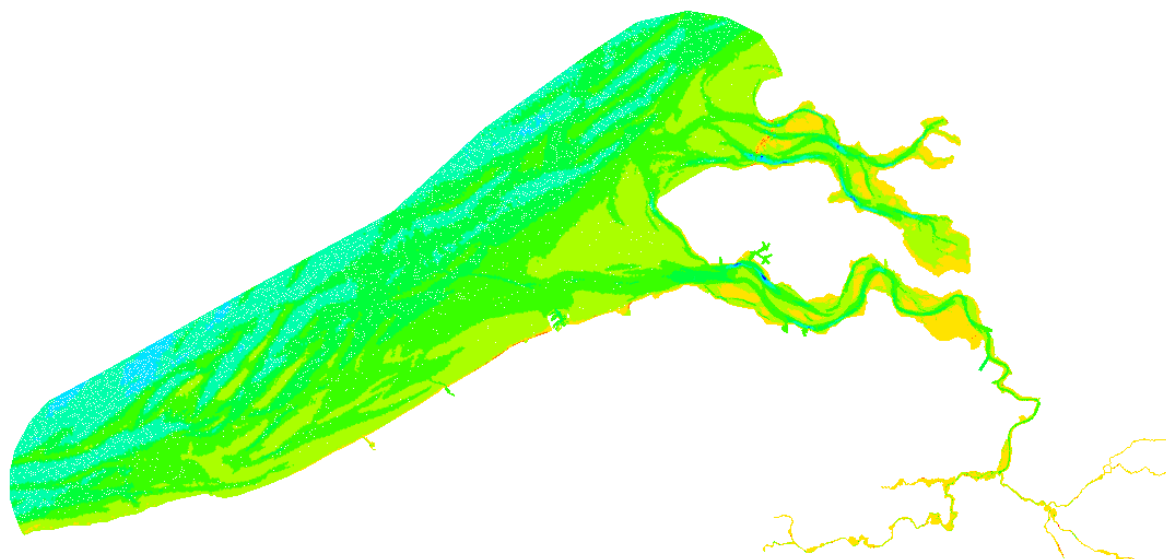
3 HET NUMERIEKE MODEL

3.1 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.

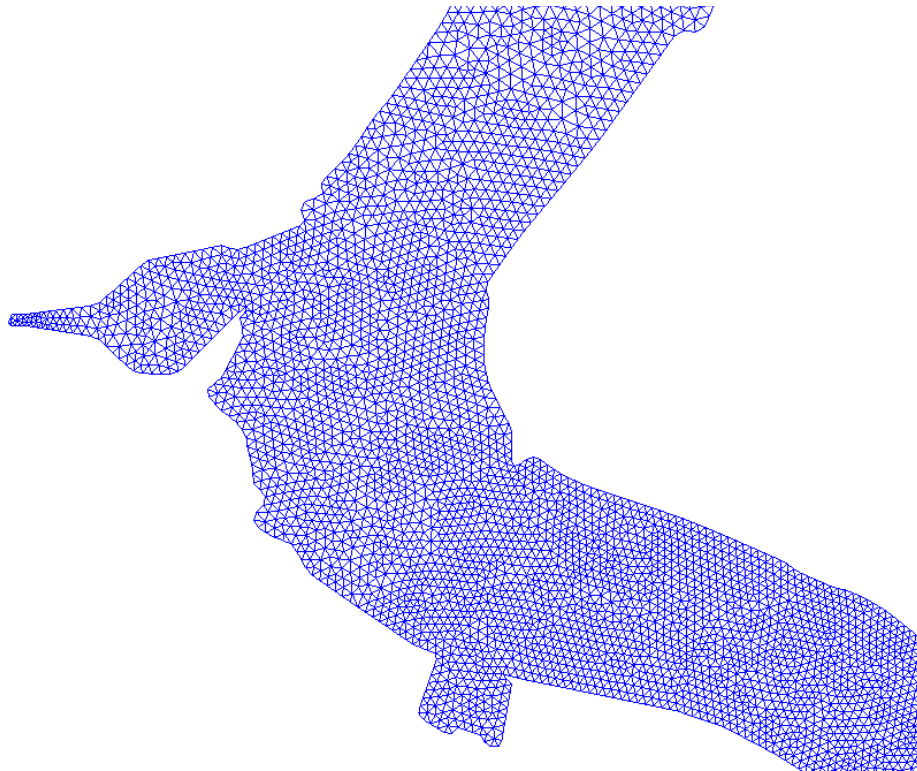


Figuur 1 - Modeldomein van Scaldis3D

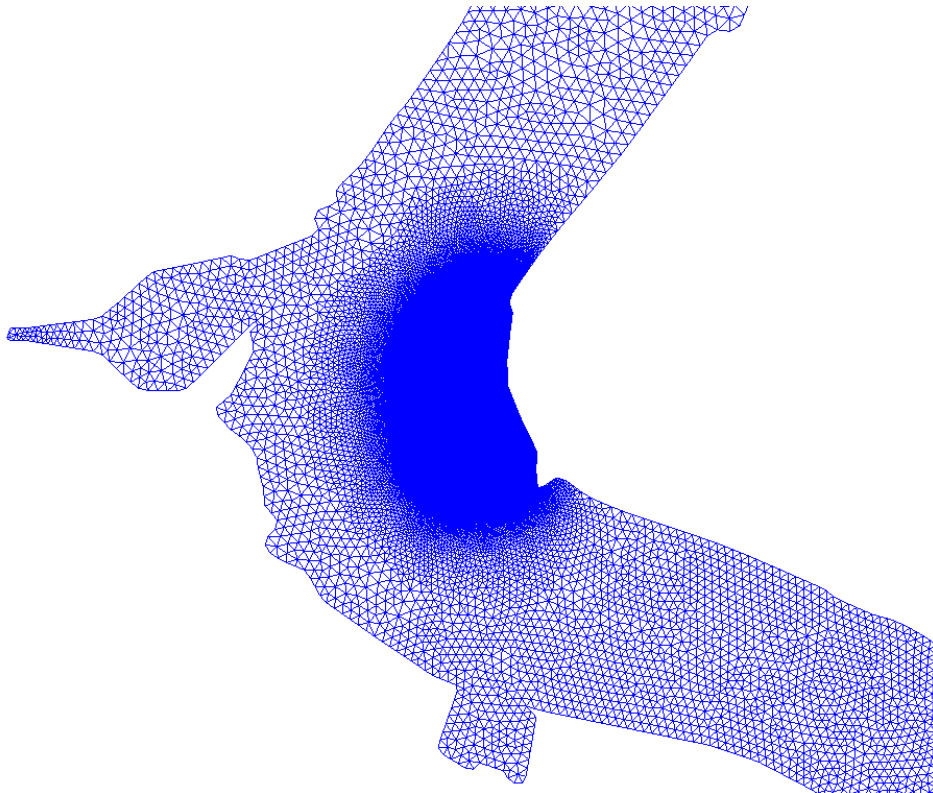
3.2 Rooster

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 2). Deze resolutie is te grof om snelheden dichtbij de kribben nauwkeurig te berekenen. Voor dit project werd het rooster van Scaldis verfijnd in het studiegebied (5 m resolutie, zie Figuur 3). Het verfijnde rooster bevat 485605 knopen en 925039 elementen.



Figuur 2 - Het rooster van het Scadis model in het studiegebied voor de verfijning



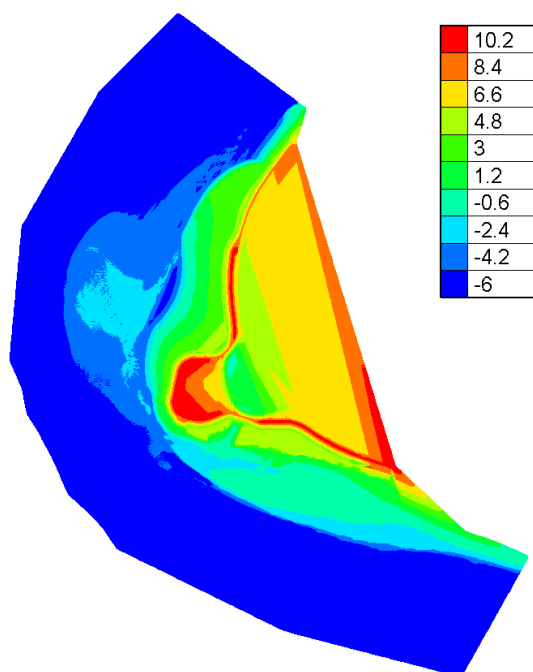
Figuur 3 - Het rooster van het Scadis model in het studiegebied na de verfijning

3.3 Bathymetrie

Om de bathymetrie van de kribben aan te maken werd gebruik gemaakt van volgende gegevens:

- Bathymetrische puntenfile (xyz, 1m x 1m) van de aan te leggen kribben 'laag' (+3.5 m);
- Bathymetrische puntenfile (xyz, 1m x 1m) van de aan te leggen kribben 'midden' (breuksteen);
- Bathymetrische puntenfile (xyz, 1m x 1m) van de aan te leggen kribben 'hoog' (+4.5 m).

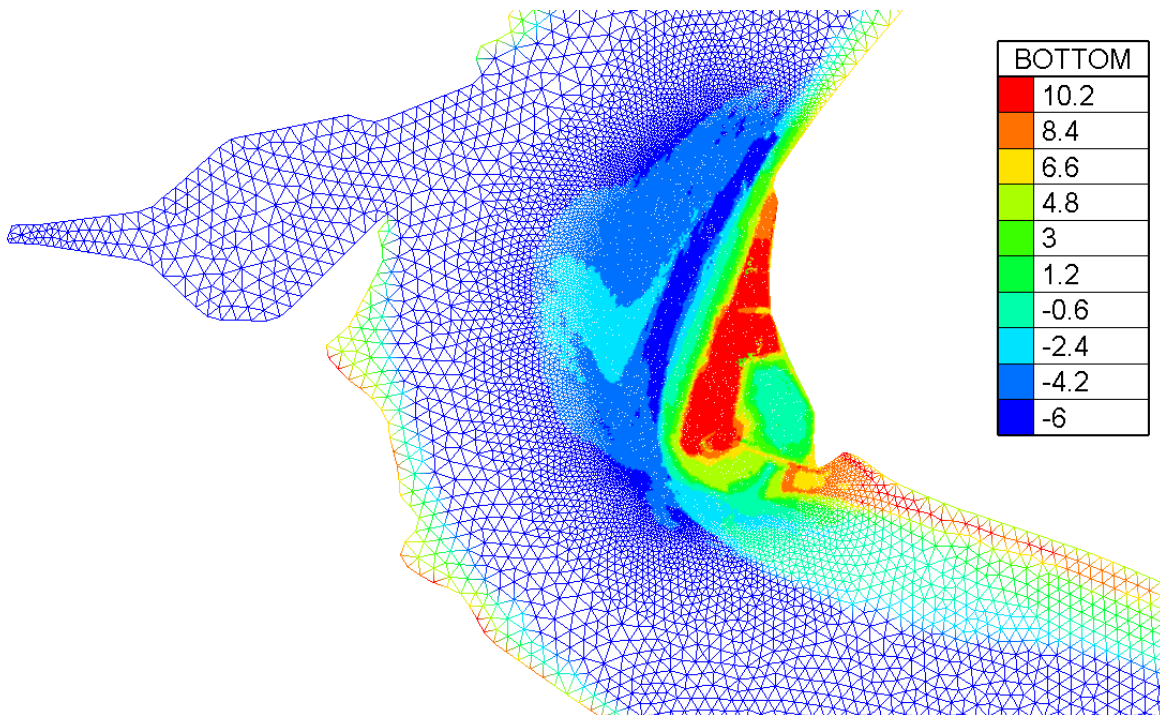
De samples werden geconverteerd van Lambert 72 naar RD Parijs. De aangeleverde bathymetrie voor kribben 'hoog' is in Figuur 5 weergegeven, de verschillen met de overige bodemliggingen zijn zeer lokaal en zullen later in deze paragraaf worden besproken.



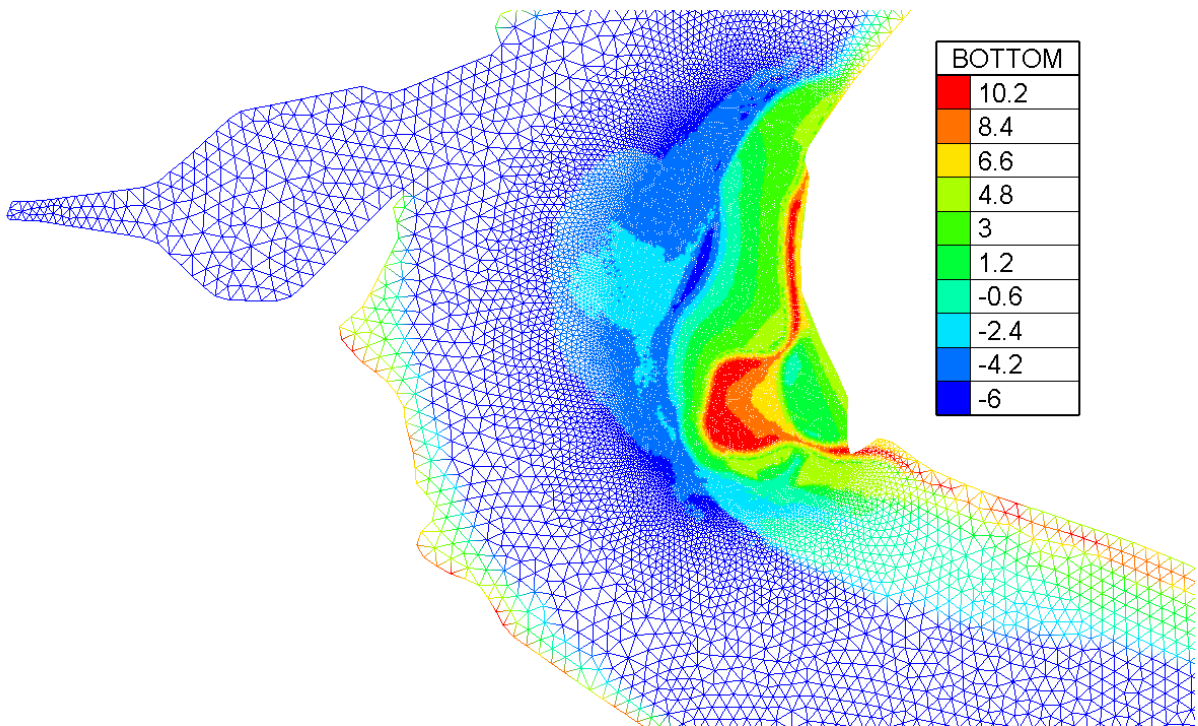
Figuur 4 - De puntenwolk voor de kribben 'midden' (m TAW)

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 6. Ter vergelijking is in Figuur 7 de bathymetrie van het scenario met kribben 'hoog' weergegeven.

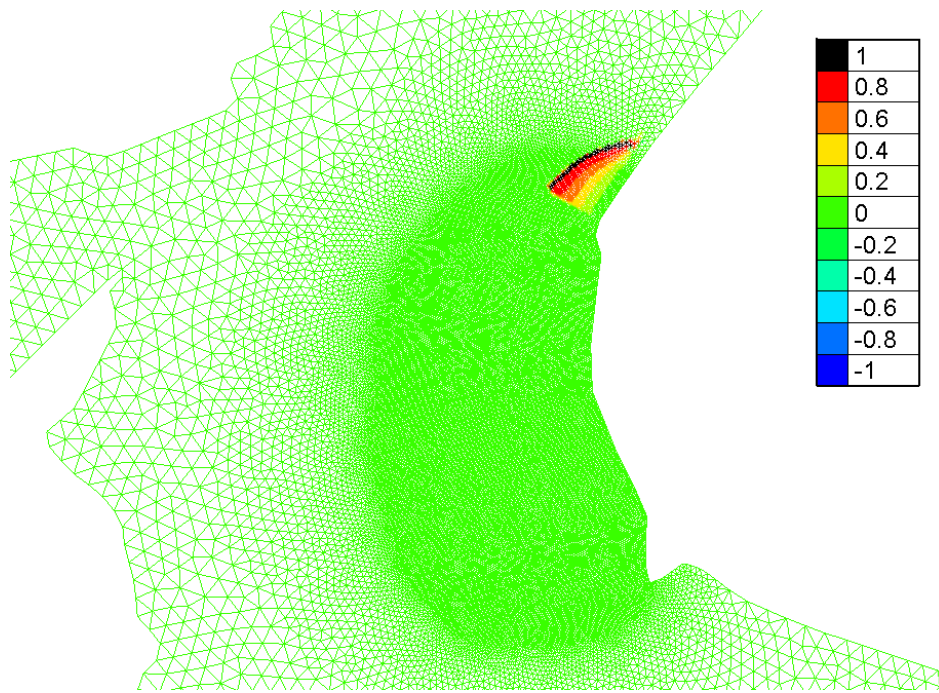
De onderlinge verschillen in bodemligging tussen de scenario's zijn zeer lokaal. Ter illustratie hiervan zijn in Figuur 7 en Figuur 8 de bodemverschillen tussen de varianten 'hoog en laag' resp 'hoog' en 'midden' weergegeven. De onderlinge afwijkingen zijn inderdaad zeer lokaal.



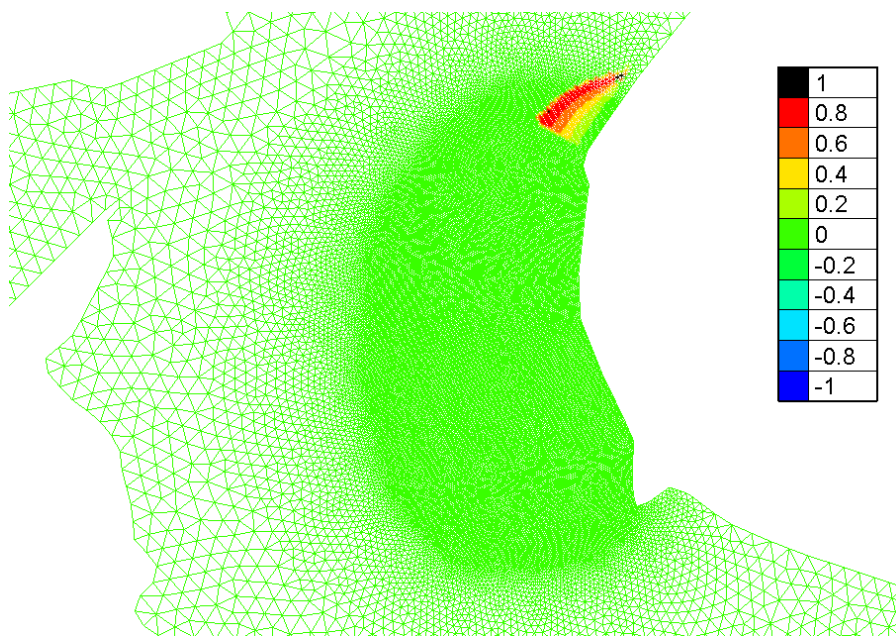
Figuur 5 - De bathymetrie in het studiegebied (huidige toestand, geen kribben) (mTAW)



Figuur 6 - De bathymetrie in het studiegebied (kribben 'hoog') (mTAW)



Figuur 7 – Verschil in de bathymetrien: 'kribben hoog' – 'kribben laag' (m)



Figuur 8 – Verschil in de bathymetrien: 'kribben hoog' – 'kribben midden' (m)

3.4 Randvoorwaarden

Afwartse randvoorwaarden werden gedefinieerd gebaseerd op de output van het ZUNO moedermodel. Aan de afwartse rand (in elke punt) in de zee wordt een tijdreeks van waterstanden opgelegd met een 10 minuten resolutie.

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.

3.5 Modelparameters

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

Tabel 1. Modelparameters

Modelparameter	Waarde
Tijdstap	4 s
TELEMAC versie	TELEMAC Balloonfish (Linux)
Wind	Geen
Ruwheid	Manning (ruwheidsveld van <i>Smolders et al., 2015</i>)
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

3.6 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					

In deze tabel 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.

4 RESULTATEN VAN DE NUMERIEKE BEREKENINGEN

4.1 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 5)
simFF_hoog	Kribben 'hoog' (+4.5 m) (Figuur 6)
simFF_midden	Kribben 'midden' (breuksteen) (Figuur 8)
simFF_laag	Kribben 'laag' (+3.5 m) (Figuur 7)

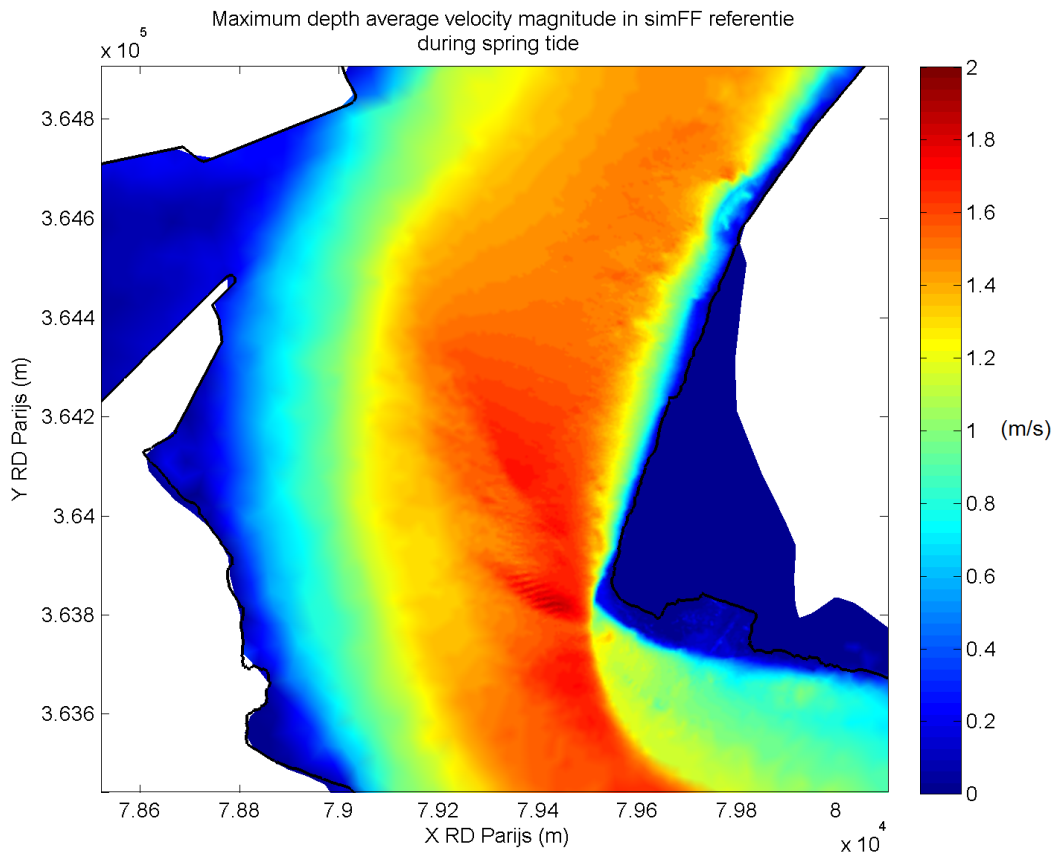
4.2 Maximale snelheid

4.2.1 Tijdens 4 spring getijden

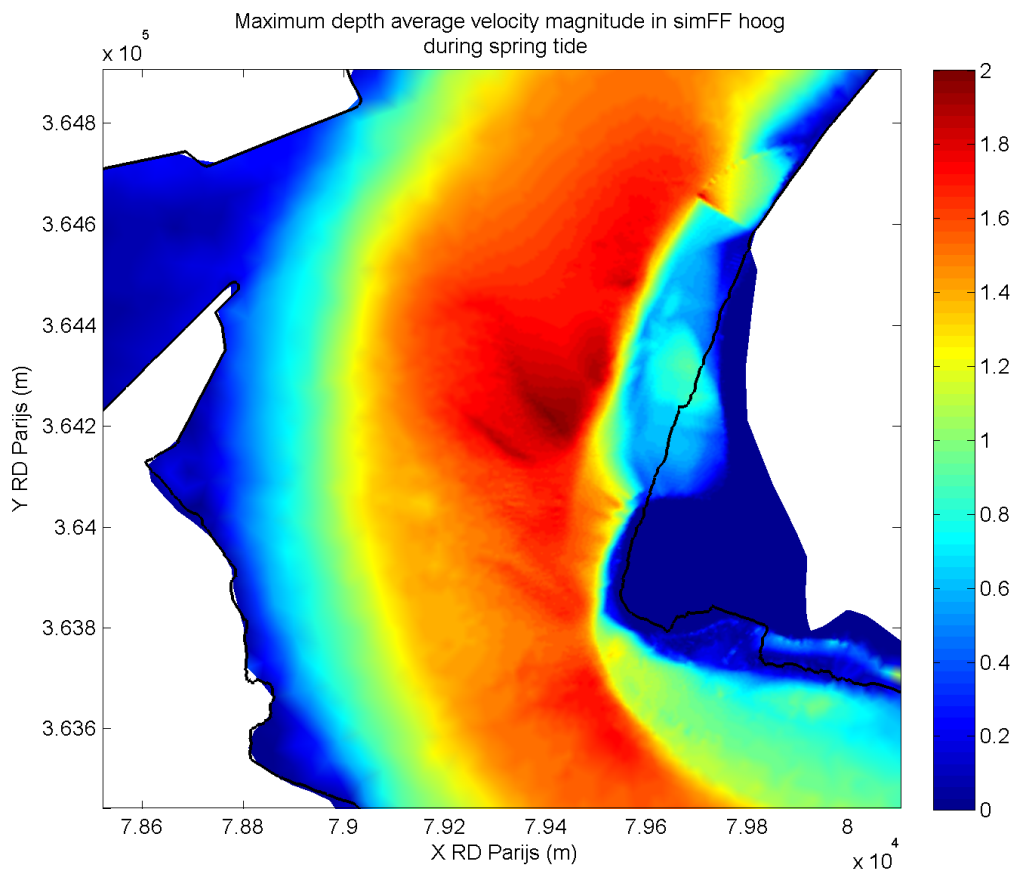
De maximale snelheid berekend tijdens 4 spring getijden (van 21/09/2013 00:00 tot 23/09/2013 00:00) wordt voor de referentietoestand en de drie gemodelleerde scenario's weergegeven in Figuur 9 tot Figuur 12. Figuur 13 to Figuur 15 tonen de verschillen tussen de maximale snelheden berekend in resp. scenario's 'hoog', 'midden', 'laag' enerzijds en de referentietoestand anderzijds.

Snelheden op en rondom de kribbe stijgen in alle drie de scenario's. De maximale snelheden naast de oever opwaarts en afwaarts van de kribbe dalen.

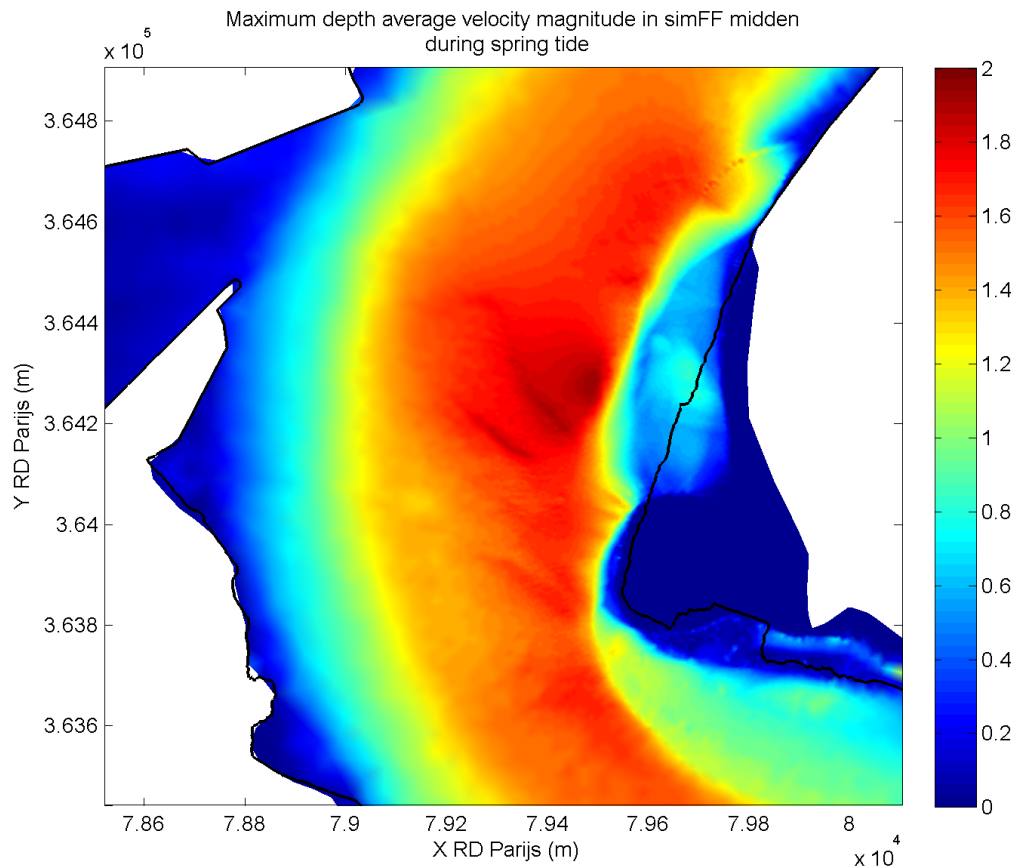
In de vaargeul is er een lichte toename van de snelheden. Dit komt doordat de kribbe een obstructie vormt voor de stroming die nu meer door de diepere vaargeul wordt geleid. De stroming rondom Kallosluis blijft nagenoeg ongewijzigd.



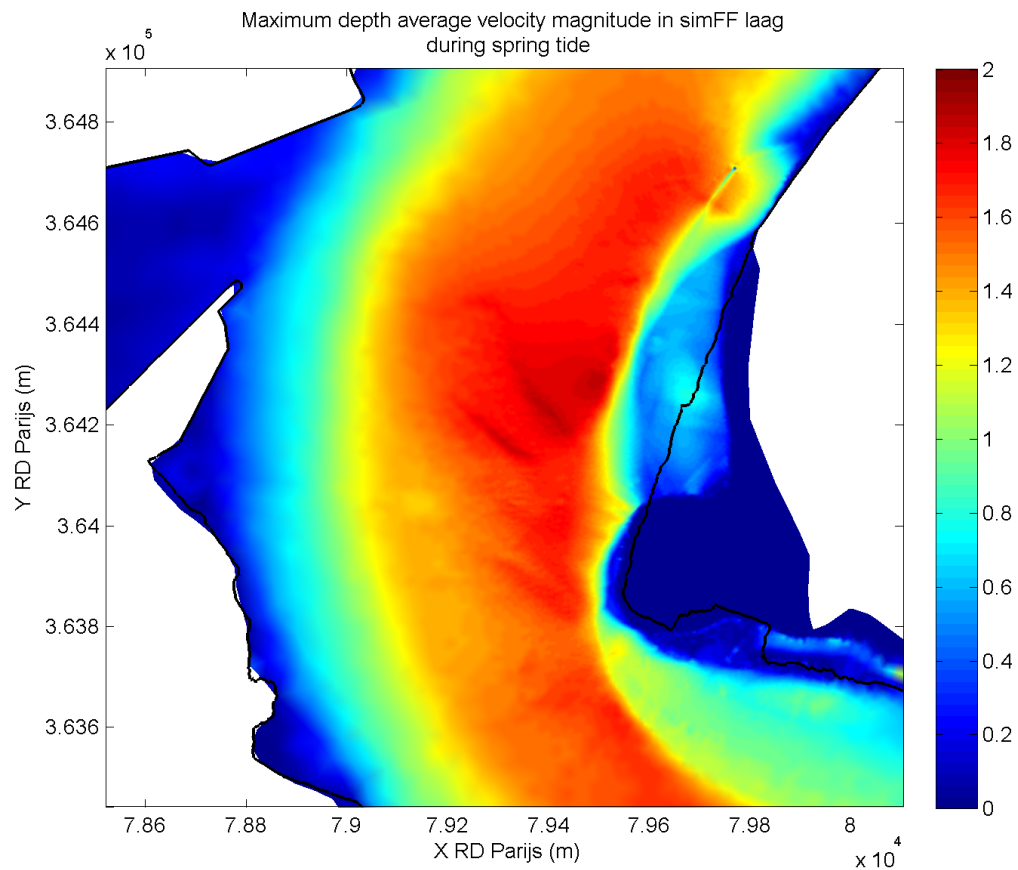
Figuur 9 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_referentie (m/s)



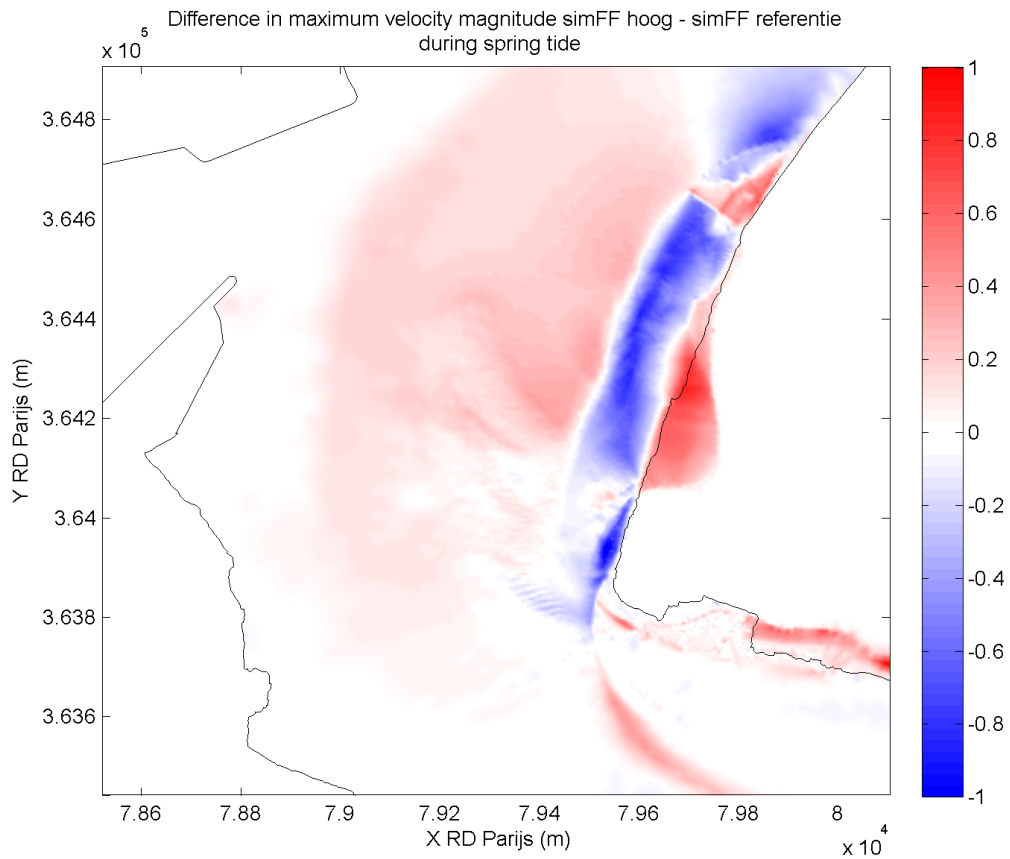
Figuur 10 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_hoog (m/s)



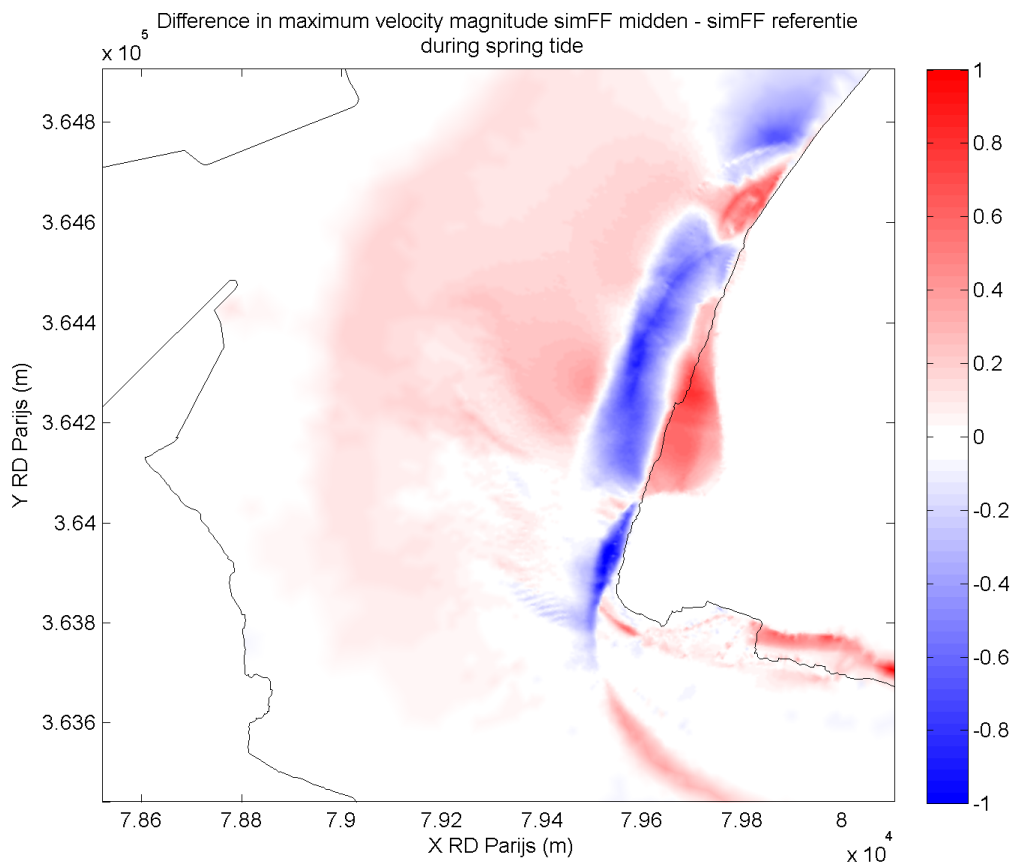
Figuur 11 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_midden (m/s)



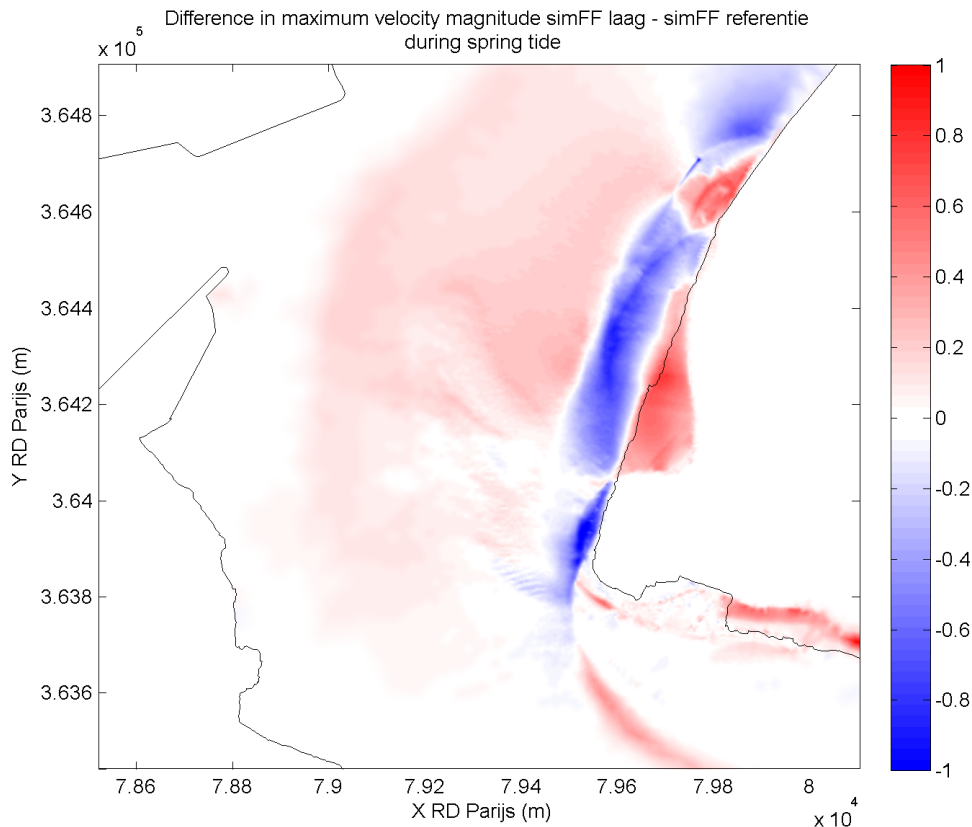
Figuur 12 - Maximale snelheid in het studiegebied in simFF_laag (m/s)



Figuur 13 - Verschil in maximale snelheid (simFF_hoog – simFF_referentie) (m/s)



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



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

4.2.2 Het ogenblik van maximale snelheden ter hoogte van de kribbe

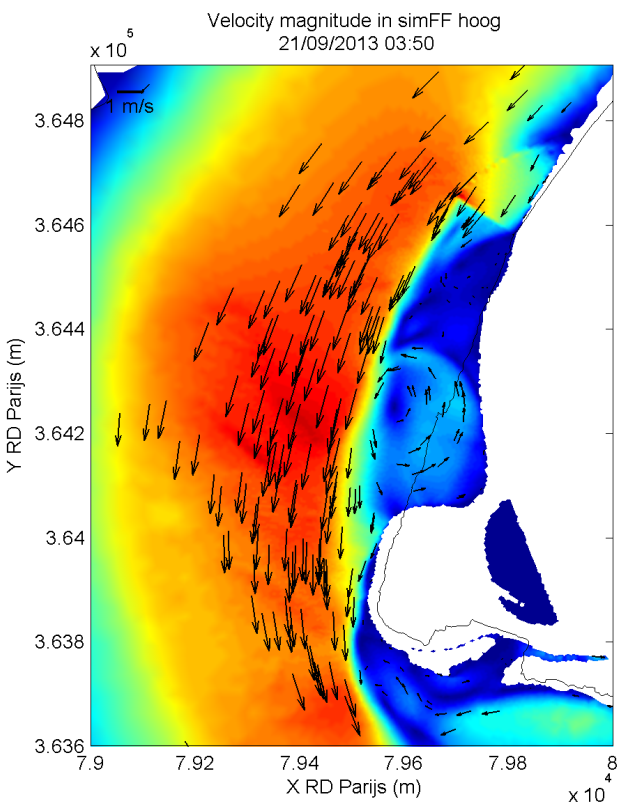
In Figuur 10 tot Figuur 12 is te zien dat de maximale snelheid boven de kribbe altijd hoog is, en dat deze groter is naarmate de hoogte van de kribbe toeneemt. Bovendien is de overgang van hoge naar lage maximale snelheid ter hoogte van de kribbe ruimtelijk erg scherp. Dit laatste is een gevolg van de artificiële wijze waarop de kribben in het model zijn geschematiseerd (zie Figuur 7 en Figuur 8). Hieronder zal de snelheidsverhoging boven de kribben nader worden geïnterpreteerd.

In Figuur 16 tot Figuur 18 is het snelheidsveld voor de drie scenario's weergegeven voor het ogenblik van maximale snelheid boven de kribbe. Hierbij zijn zowel de grootte (kleur) als richting (pijl-tjes) van de snelheid getoond. In alledrie de gevallen treedt de maximale snelheid op vrijwel hetzelfde tijdstip op: 21-9-2013 om 3u50 voor "simFF_hoog," tien minuten eerder voor de andere twee scenario's. De stroming nadert de kribbe dan van de noordzijde.

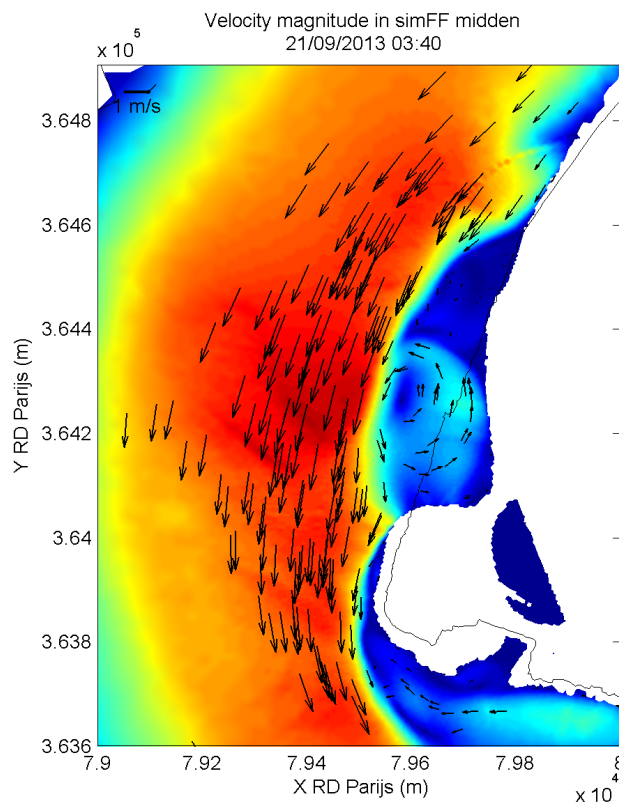
Opmerkelijk is dat de snelheid ten noorden van de kribbe vrij hoog is (ca 1 m/s) en vrijwel unidirectioneel. Als een dergelijke stroming een ondiepte tegenkomt dan zal haar gedrag worden bepaald door massabehoud, dat wil zeggen dat de stroming over de ondiepte ter hoogte van de kribbe zal versnellen. Dit geeft aanleiding tot de hogere snelheid boven de kribbe en deze snelheidsverhoging is groter naarmate de kribbe hoger is, aangezien dan de doorstroombare waterdiepte immers geringer is.

Het stromingsgedrag aan de zuidzijde is markant anders. Niet alleen is de grootte van de snelheid lager, zij is ook twee-dimensionaler van karakter. Dit laatste is ondermeer te zien aan de grote anti kloksgewijs draaiende neer ten zuiden van de kribbe. Deze neer ontstaat waarschijnlijk doordat de ondiepte ten zuiden van de kribbe vanuit de diepere geul wordt overspoeld tijdens vloed. Er is dan dus sprake van stroming over de kribbe enerzijds en stroming vanuit de diepe geul anderzijds, ergo een twee-dimensionaal stromingspatroon. Dit soort stromingsvelden zijn veel ontvankelijker voor effecten van bodemwrijving die in ondiepe gebieden vrij sterk zijn. Dit verklaart waarschijnlijk ook de veel lagere snelheid ten zuiden van de kribbe.

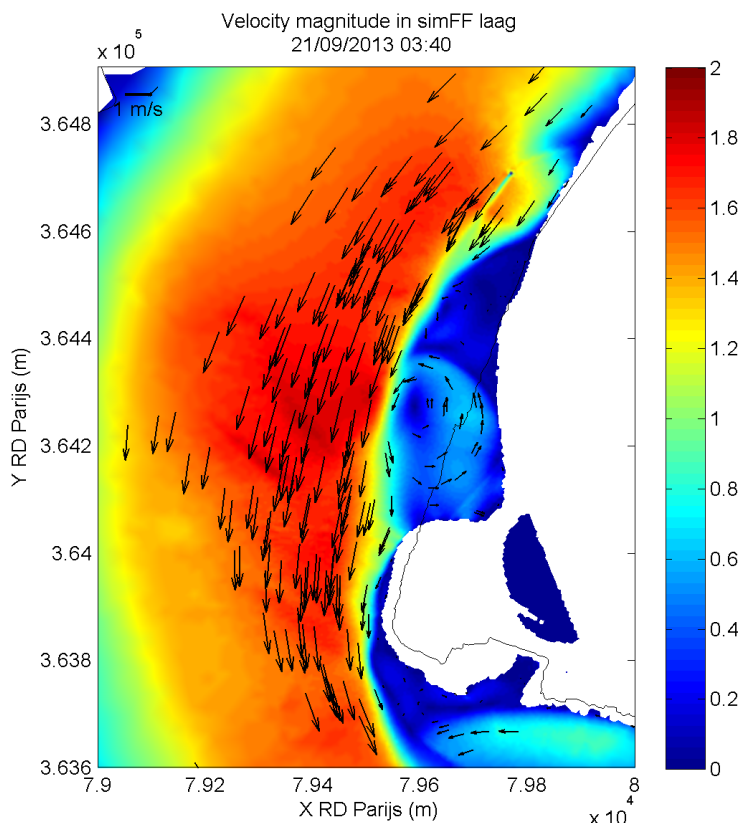
Op basis van dit stromingsbeeld kan worden geconcludeerd dat de waargenomen scherpe overgang de grens markeert tussen het gebied ten noorden van de kribbe (dat overwegend door massabehoud wordt bepaald) en ten zuiden (waar bodemwrijving belangrijk is). De overgang tussen de beide gebieden is scheper naarmate de kribbe hoger is.



Figuur 16 - Maximale snelheid boven de kribbe in simFF_hoog



Figuur 17 - Maximale snelheid boven de kribbe in simFF_midden



Figuur 18 - Maximale snelheid boven de kribbe in simFF_laag

4.3 Maximale bodemschuifspanning

4.3.1 Ruimtelijke veranderingen

De bodemschuifspanning berekend voor de referentietoestand, simFF_hoog, simFF_midden en simFF_laag wordt respectievelijk weergegeven in Figuur 16 tot Figuur 19. De hierbij gebruikte kleurenschaal is gemaximaliseerd op 2.5 Pa.

Figuur 20 tot Figuur 22 tonen verschillen tussen de maximale bodemschuifspanningen berekend in de respectievelijke scenario's 'hoog', 'midden' en 'laag' enerzijds en de referentie toestand anderzijds. Hieruit blijkt dat de maximale bodemschuifspanning naast de oever opwaarts en afwaarts van de kribbe voor drie scenario's lager is dan in de referentierun (zonder kribben). Op en rond de kribbe neemt de bodemschuifspanning wel toe.

In deze figuren is ook de locatie van de erosieput weergegeven met een driehoekig polygoon. In de scenario's ligt dit polygoon boven de kribbe, waar de bodemschuifspanning toeneemt.

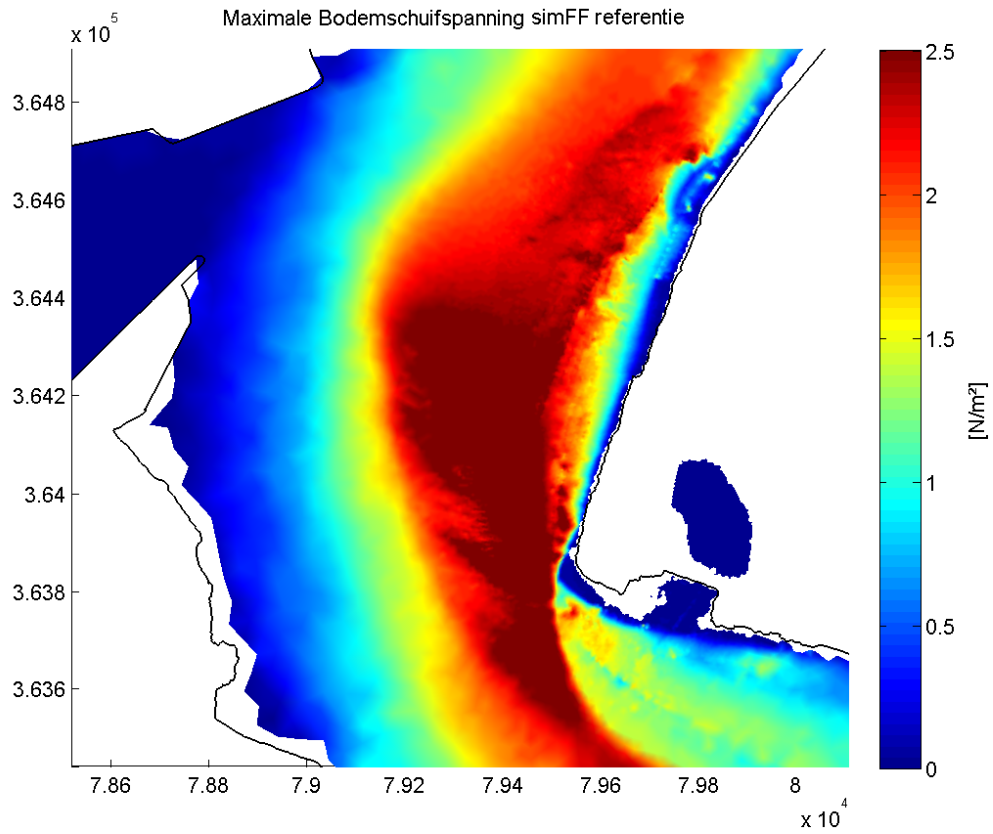
In de vaargeul zien we een overwegend lichte toename van de bodemschuifspanning. Nabij Kallosluis is geen verandering in de maximale bodemschuifspanning zichtbaar.

4.3.2 Overschrijding van de kritische schuifspanning

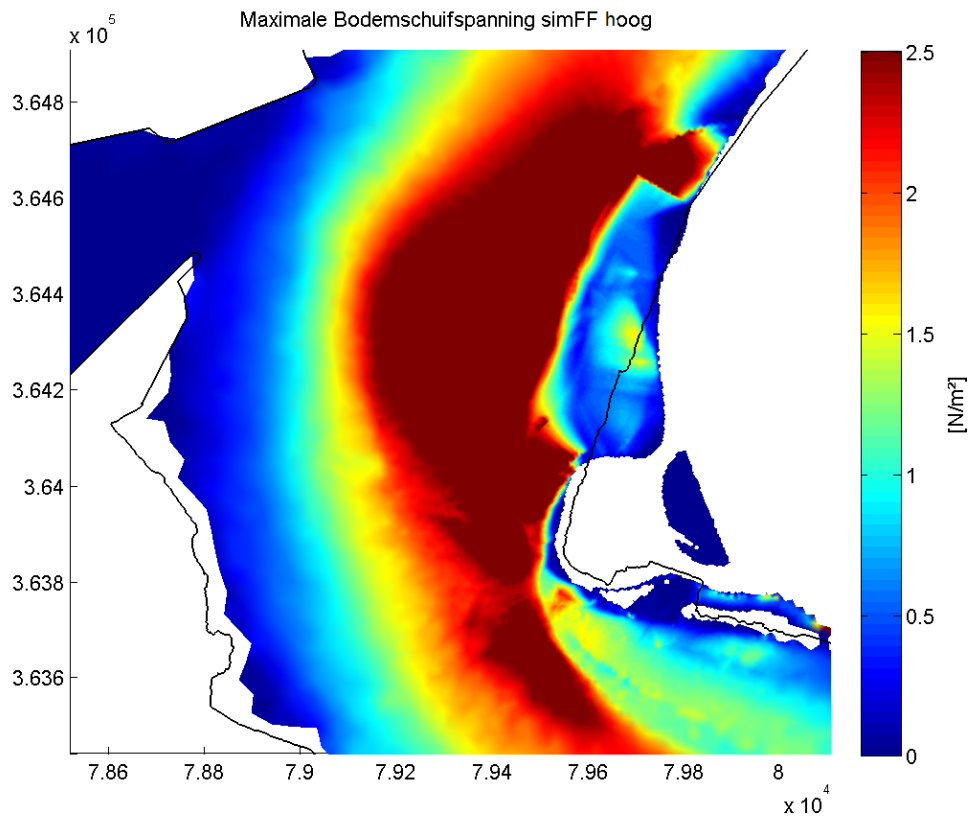
Wanneer de bodemschuifspanning een grenswaarde overschrijdt, begint de erosie. Als kritische grens voor de bodemschuifspanning is hier – op basis van expert judgment - 1 (één) Pa gehanteerd. Alle scenario's vertonen erosief potentieel boven en rond de kribbe. De mate waarin en de snelheid waarmee erosie 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.

In de zone stroomopwaarts van de kribbe is daalt de maximale bodemschuifspanning, waarbij de kritische waarde van 1 Pa lokaal nog wel wordt overschreden.

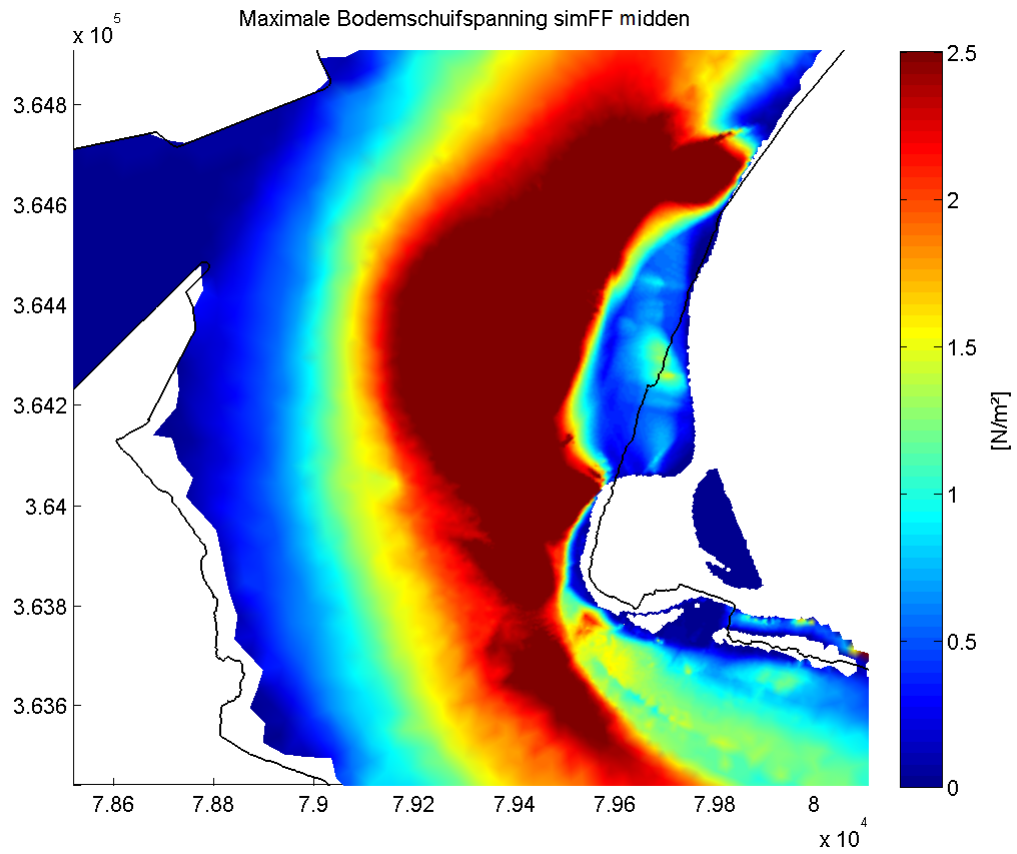
In Figuur 32 tot Figuur 35 is voor de referentietoestand en drie scenario's ruimtelijk weergegeven welke fractie van de tijd de bodemschuifspanning de waarde van 1 Pa overschrijdt. Hieruit blijkt dat op de lokaties boven de kribben met verhoogde bodemstress deze overschrijding redelijk kort is, maximaal ongeveer 10 tot 15% van de tijd.



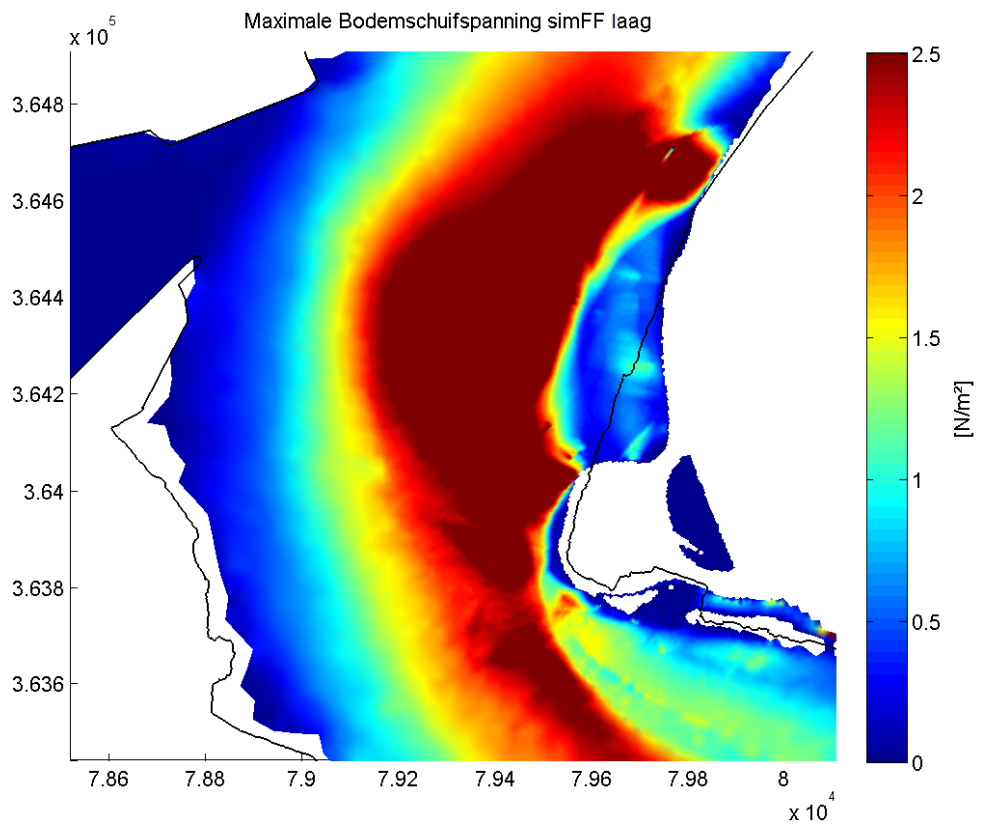
Figuur 19 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_referentie (Pa)



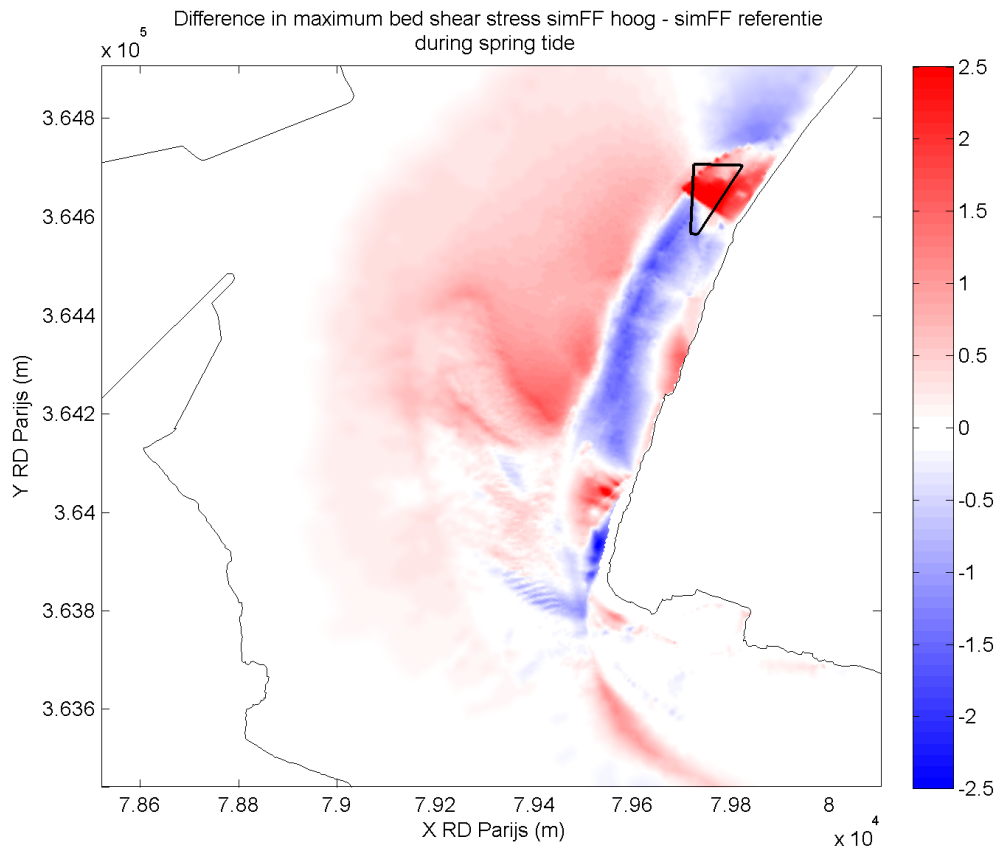
Figuur 20 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_hoog (Pa)



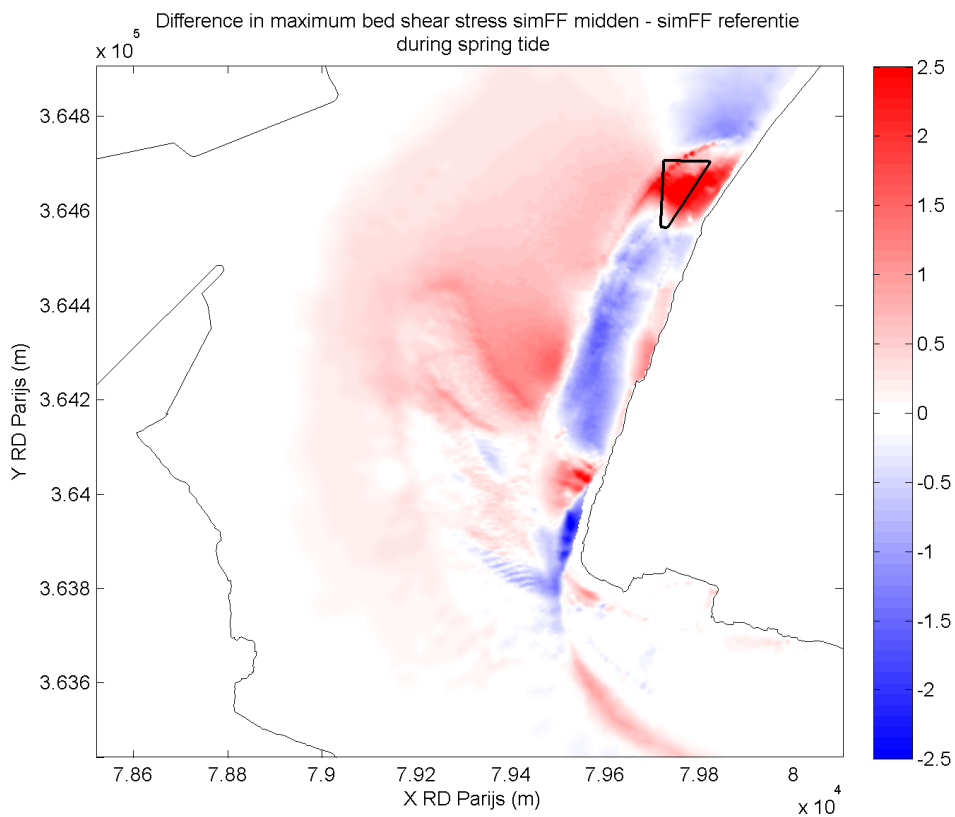
Figuur 21 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_midden (Pa)



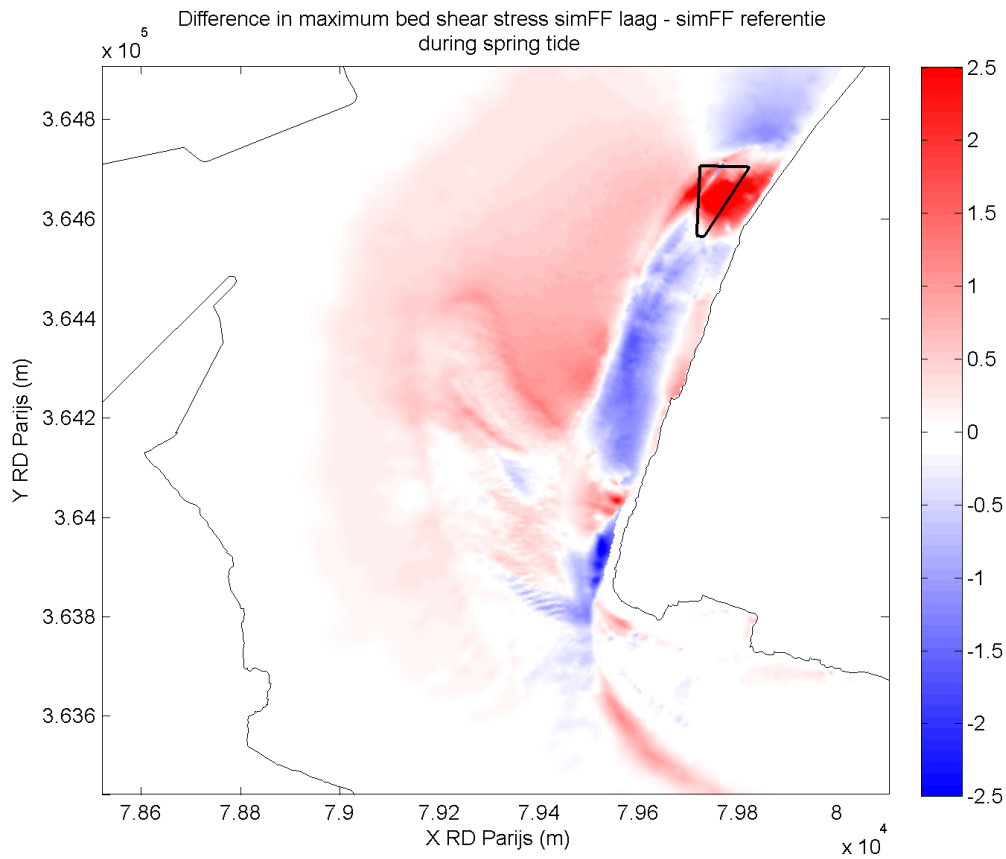
Figuur 22 - Maximale bodemschuifspanning in het studiegebied in simFF_laag (Pa)



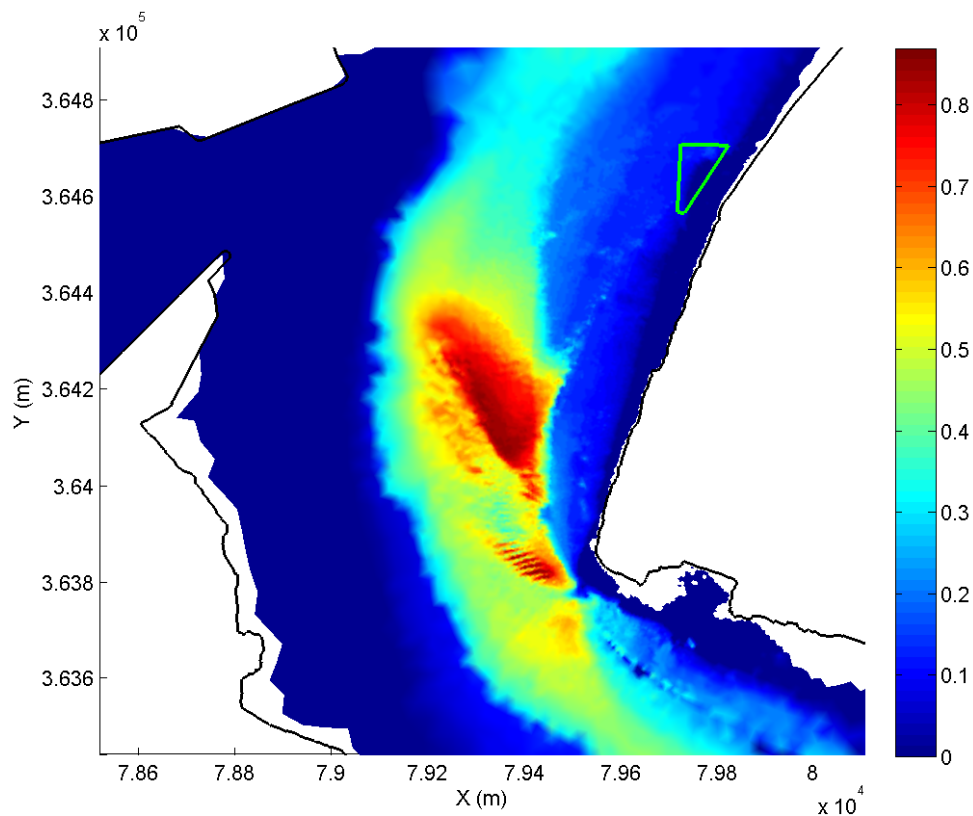
Figuur 23 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_hoog – simFF_referentie) (Pa). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



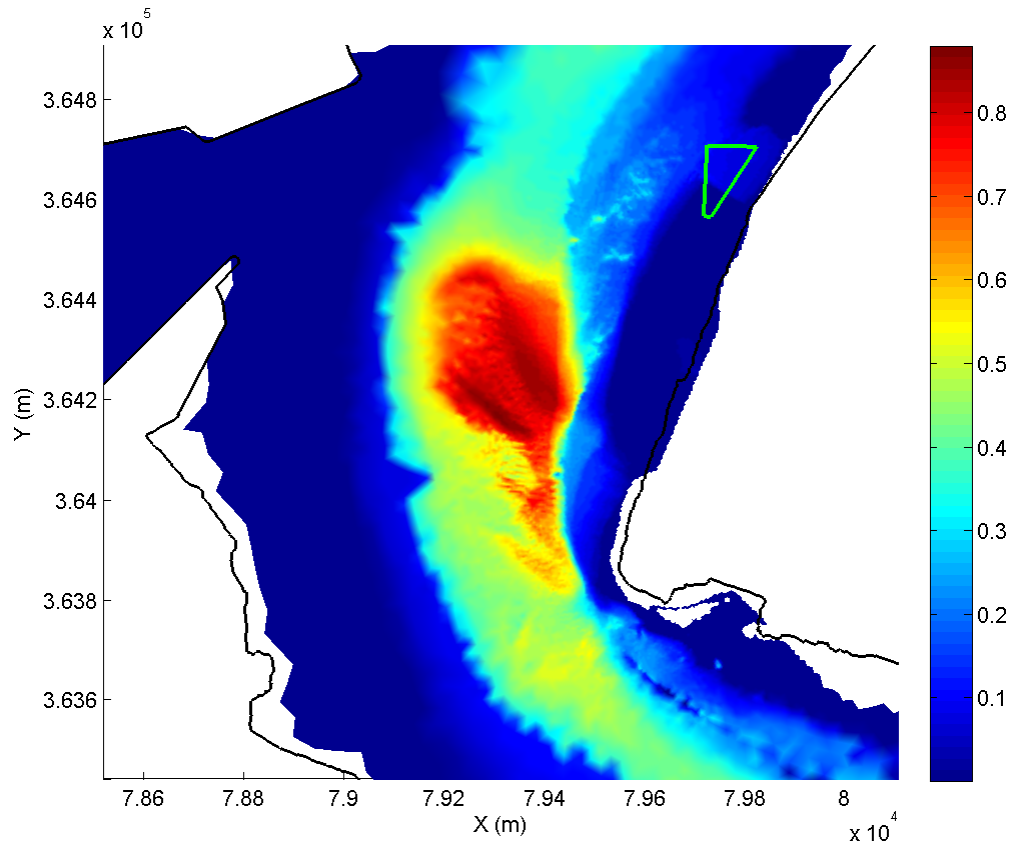
Figuur 24 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_midden – simFF_referentie) (Pa). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



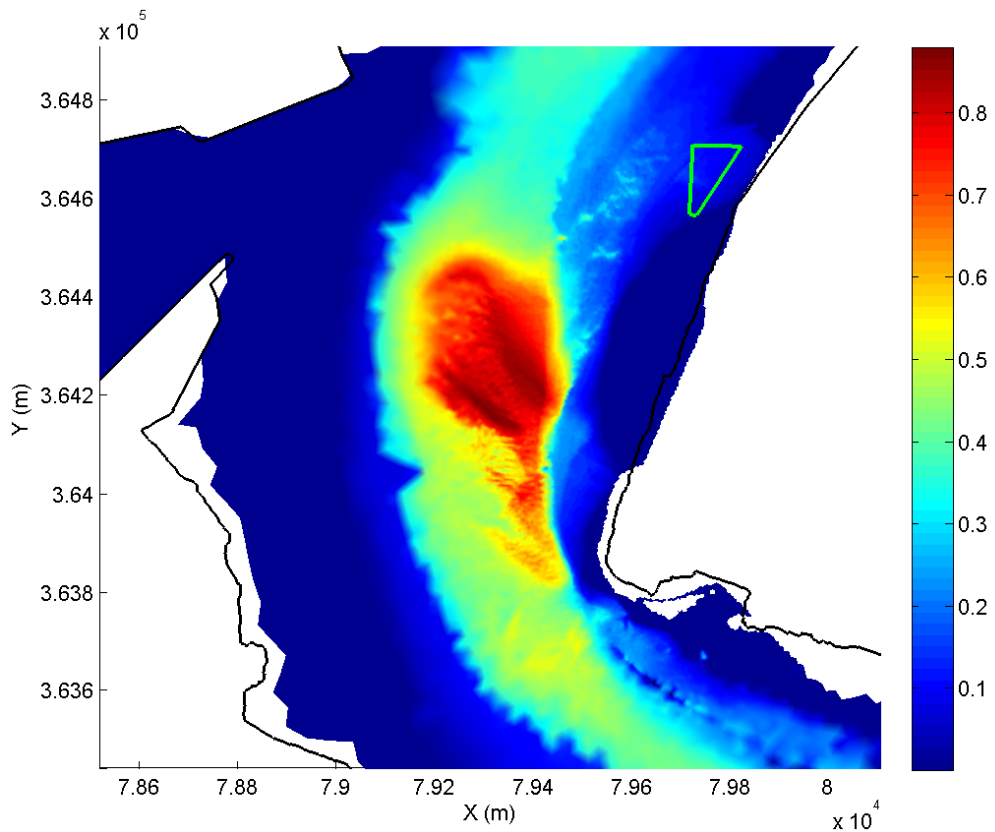
Figuur 25 - Verschil in maximale bodemschuifspanning (simFF_laag – simFF_referentie) (Pa). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



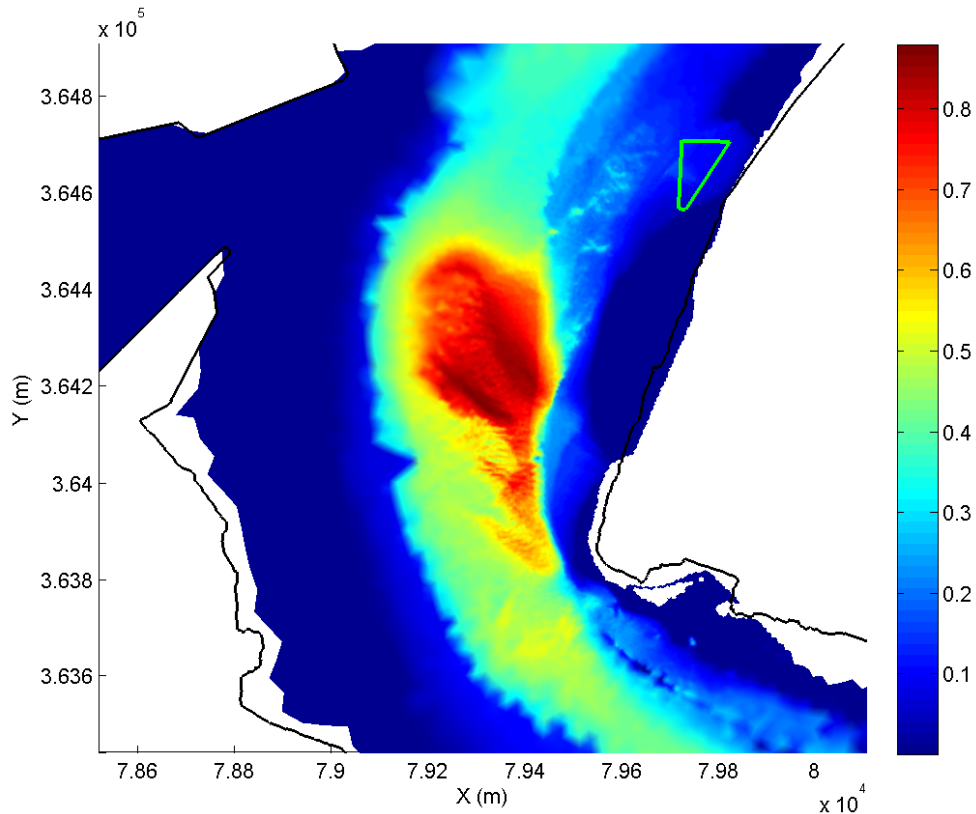
Figuur 26 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_referentie). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



Figuur 27 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_hoog). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



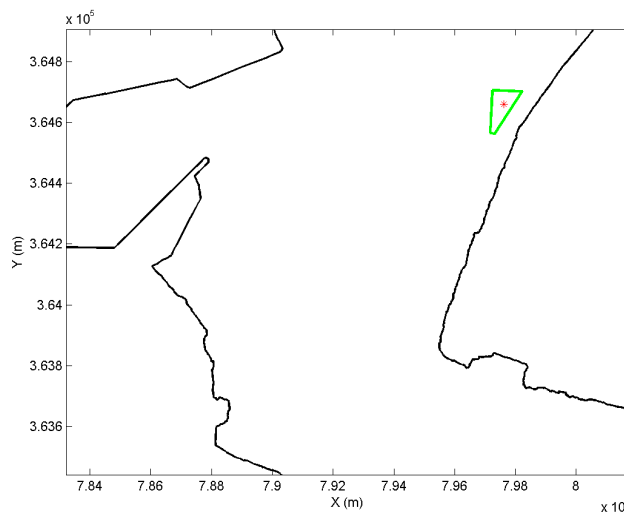
Figuur 28 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_midden). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.



Figuur 29 - Relatieve fractie van de tijd dat de schuifspanning van 1 Pa wordt overschreden (simFF_laag). Het driehoekige polygoon geeft de locatie van de erosieput weer.

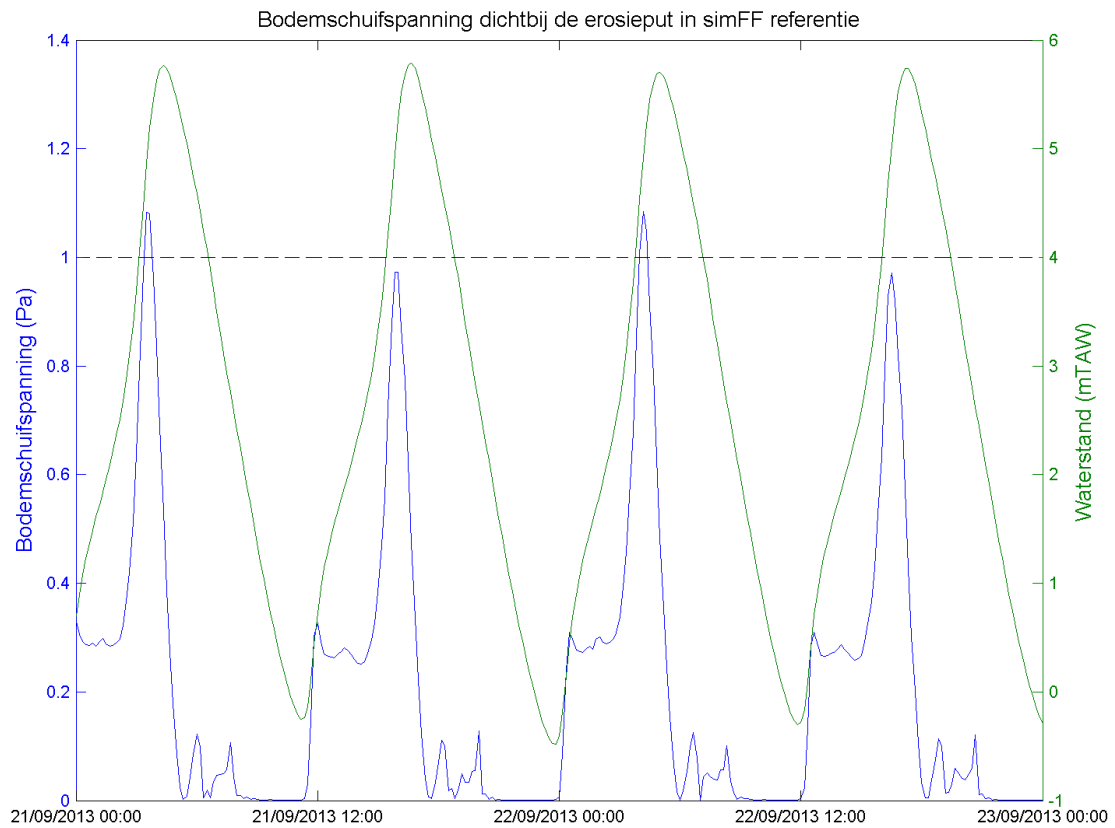
4.3.3 Bodemschuifspanning ter hoogte van de erosieput

Figuur 28 tot Figuur 31 tonen het verloop van de bodemschuifspanning voor een punt ter hoogte van de erosieput voor zowel de referentietoestand als de scenario's. De locatie van dit punt is in Figuur 27 weergegeven, de coördinaten hiervan zijn (X,Y)=(79762, 364660).

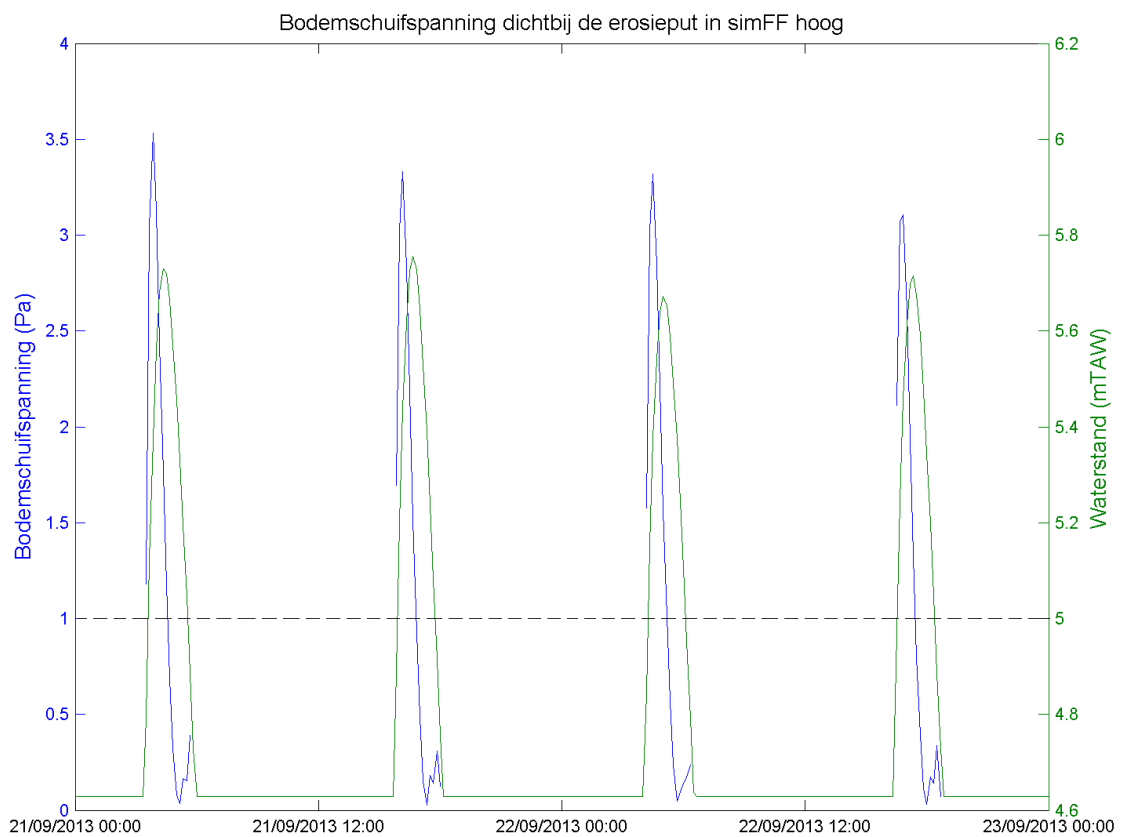


Figuur 30 – Locatie van het punt ter hoogte van de erosieput (rode ster).

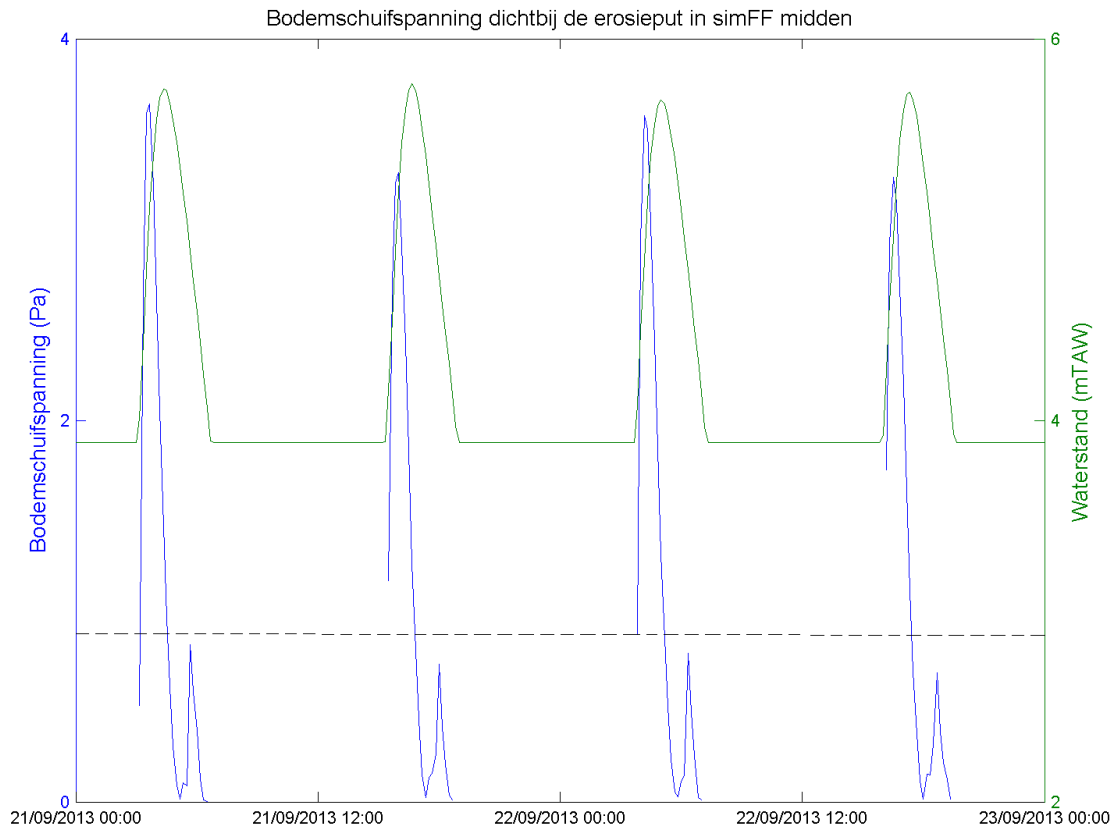
Merk op dat er vanwege droogval niet voor de gehele tijdsperiode een bodemschuifspanning uitgerekend kon worden. In de praktijk is dit enkel gebeurd voor waterdiepten groter dan 10 cm. Als waterdiepte kleiner is, zal de bodemschuifspanning naar verwachting sowieso laag zijn. Figuur 29 tot Figuur 31 tonen aan dat de maximale schuifspanning voor de scenario's hoger is dan in de referentietoestand. De bodemschuifspanning van 1 Pa wordt echter slechts gedurende een relatief korte periode overschreden (maximaal ongeveer 1,5 uur).



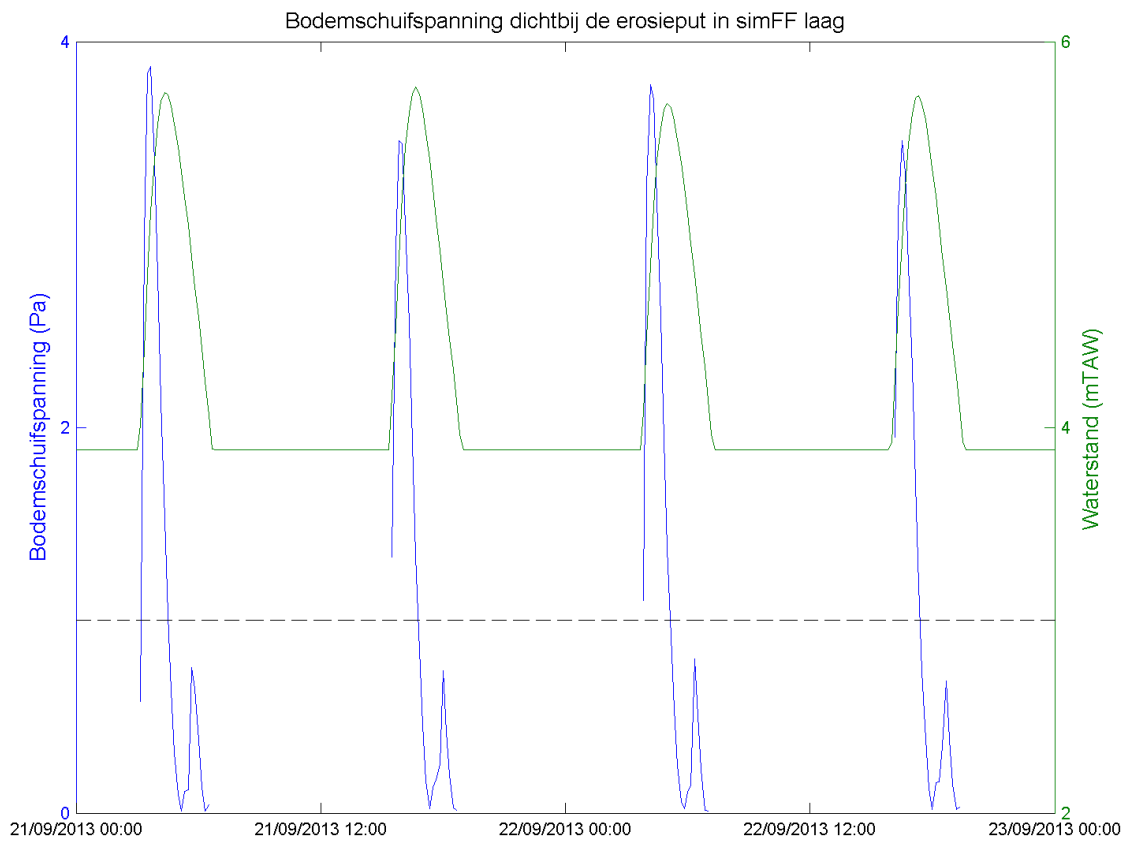
Figuur 31 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_referentie



Figuur 32 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_hoog (als diepte minder dan 10cm is, wordt de bodemschuifspanning niet berekend)



Figuur 33 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_midden (als diepte minder dan 10cm is, wordt de bodemschuifspanning niet berekend)



Figuur 34 - Bodemschuifspanning in een punt ter hoogte van de erosieput in simFF_laag (als diepte minder dan 10cm is, wordt de bodemschuifspanning niet berekend)

4.4 Vergelijking van de scenario's

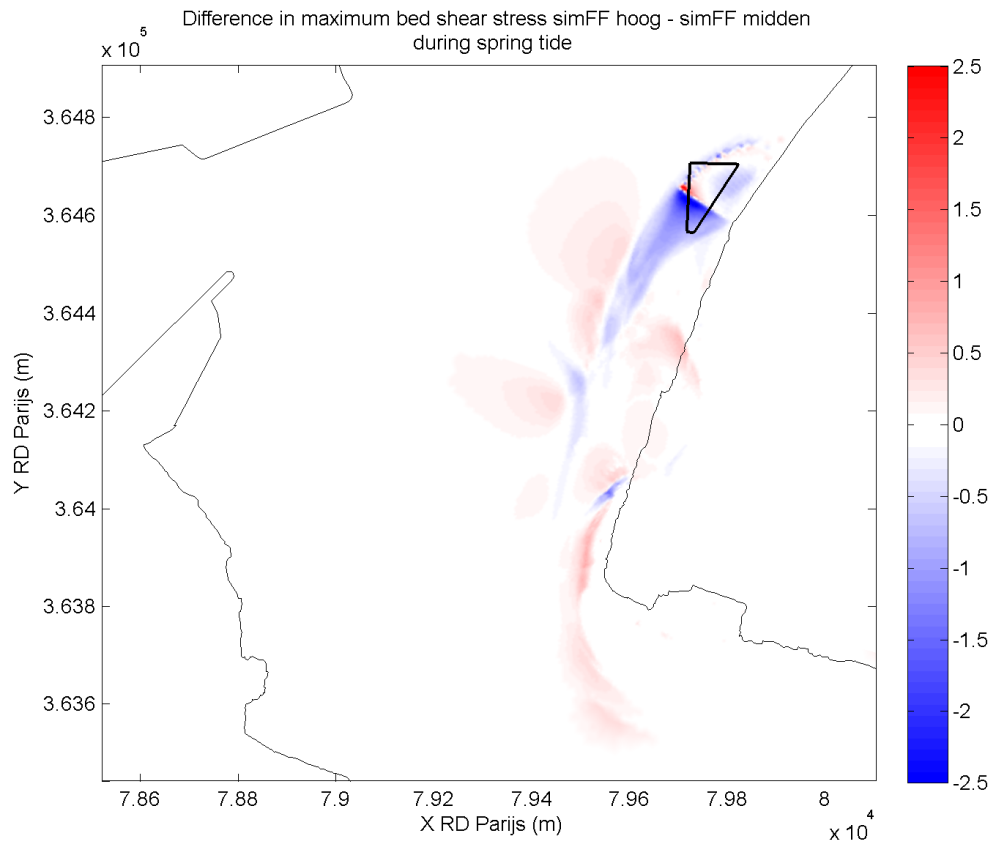
We zien dat alle drie de scenario's min of meer hetzelfde effect laten zien: verhoging van erosie op en rond de kribben, verlaging van erosie in het gebied stroomopwaarts van de kribbe en een lichte snelheidsverhoging in de vaargeul. Nabij Kallosluis is geen verandering in de stroming zichtbaar.

Voor wat betreft de tijdsduur dat de kritische schuifspanning wordt overschreden geldt dat deze door de varianten positief wordt beïnvloed: Meer concreet is er ten opzichte van de referentietoestand (Figuur 23) in de scenario's een groter gebied stroomopwaarts van de kribbe waar deze tijdsduur korter is.

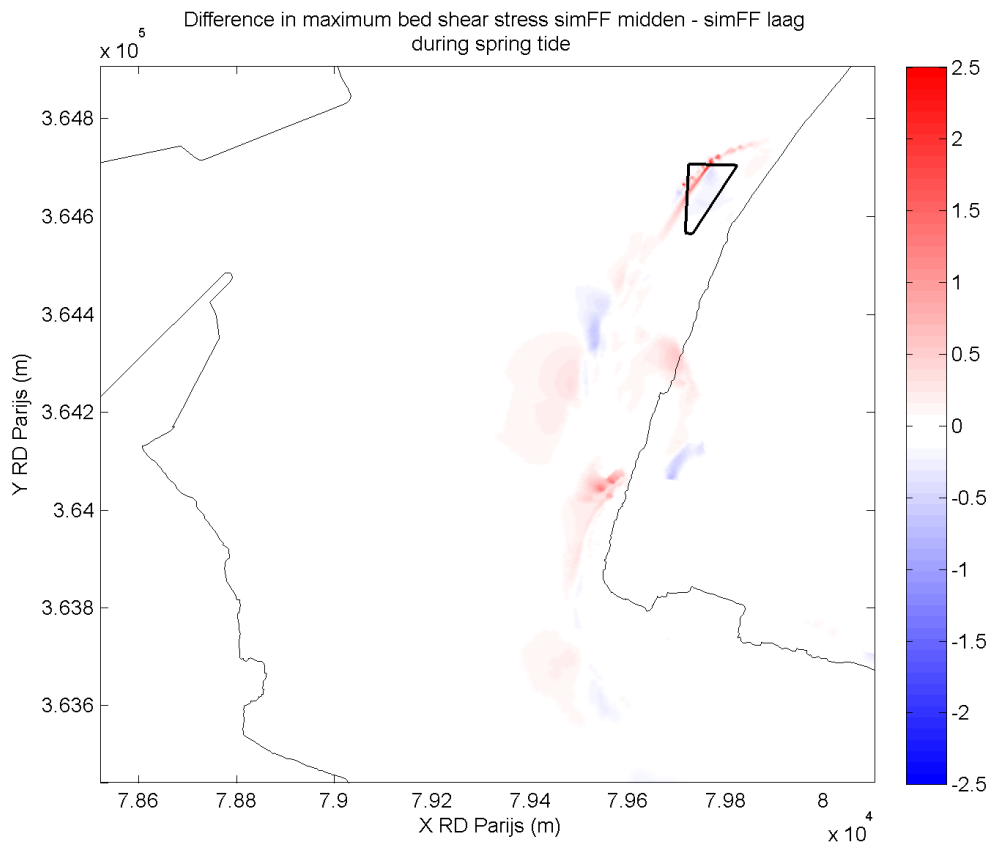
Uit de resultaten die het verschil in bodemschuifspanning aangeven tussen scenario's enerzijds en referentietoestand anderzijds (Figuur 20 tot Figuur 22) is echter niet na te gaan welke van de drie varianten vanuit het oogpunt van erosiebeperking preferent zou zijn. Om deze reden is in Figuur 32 het verschil in maximale bodemschuifspanning tussen scenario *simFF_hoog* en *simFF_midden* weergegeven. In Figuur 33 is hetzelfde gedaan voor *simFF_midden* en *simFF_laag*. Uit deze vergelijkingen blijkt dat het verschil tussen *simFF_hoog* en *simFF_midden* veel groter is als tussen *simFF_midden* en *simFF_laag*. Bij *simFF_hoog* is de maximale schuifspanning stroomopwaarts van de kribbe beduidend lager dan in de andere twee scenario's. Er is een verhoging van de schuifspanning ter hoogte van kribbe maar deze is zeer lokaal. Op basis hiervan is variant *simFF_hoog* preferent aangezien zij in het interessegebied de laagste bodemschuifspanning genereert zodat het sediment daar slechts in beperkte mate mobiel wordt.

Voor wat betreft de tijdsduur dat de kritische schuifspanning wordt overschreden geldt dat deze door de varianten positief wordt beïnvloed: Meer concreet is er ten opzichte van de referentietoestand (Figuur 23) in de scenario's een groter gebied stroomopwaarts van de kribbe waar deze tijdsduur korter is.

Indien we de scenario's onderling vergelijken dan zien we kleine verschillen. Daarbij valt het meest op dat de toename van de bodemschuifspanning ter hoogte van de erosieput voor de variant "*simFF_hoog*" wat lager is als voor de andere twee varianten. Dit verschil is echter gering en zeer kortstondig.



Figuur 35 – Verschil in maximale bodemschuifspanning tussen varianten simFF_hoog en simFF_midden. Positieve (negatieve) waarden duiden op een hogere (lagere) bodemschuifspanning voor simFF_hoog.



Figuur 36 – Verschil in maximale bodemschuifspanning tussen varianten simFF_midden en simFF_laag. Positieve (negatieve) waarden duiden op een hogere (lagere) bodemschuifspanning voor simFF_laag.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

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

1. De aanleg van de kribben ('hoog', 'midden' en 'laag' scenario's) zorgt overwegend voor een daling van de bodemschuifspanning naast de oever opwaarts de kribben. Boven en direct nabij de kribben neemt de bodemschuifspanning toe.
2. De fractie van de tijd dat de bodemschuifspanning hoger is dan 1 Pa is beperkt, typisch 10 à 15% van de tijd.
3. De maximale snelheden en bodemschuifspanningen in de vaargeul nemen in lichte mate toe.
4. Nabij Kallosluis zijn geen hydraulische effecten zichtbaar van de aanleg van de kribben.
5. Onderlinge vergelijking van de drie scenario's op basis van de maximale bodemschuifspanning laat zien dat variant 'hoog' vanuit het oogpunt van erosiebescherming preferent is. Deze variant geeft een grotere afname van de bodemschuifspanning stroomopwaarts van de kribbe terwijl verder weg de verschillen met de andere varianten gering zijn.

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.

6 REFERENTIES

Maximova, T.; Smolders, S.; Beullens, J.; Vanlede, J.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Verkennde studie kribben Fort Filip. Deelrapport I: Historische studie en hydrodynamische modelresultaten. Versie 2.0. WL Rapporten, 15_042. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

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