



Vlaanderen
is wetenschap

25_020_1
WL rapporten

Scenario-onderzoek uitbreiding Noordzeeterminal

Hydrodynamische modelberekeningen

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Scenario-onderzoek uitbreiding Noordzeeterminal

Hydrodynamische modelberekeningen

Stark, J.; De Maerschalck, B.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2025
D/2025/3241/229

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Stark, J.; De Maerschalck, B. (2025). Scenario-onderzoek uitbreiding Noordzeeterminal: Hydrodynamische modelberekeningen. Versie 4.0. WL Rapporten, 25_020_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Port of Antwerp-Bruges	Ref.:	WL2025R25_020_1
Trefwoorden (3-5):	Hydrodynamische modellering; Telemac; Schelde		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Hydrodynamica > Stroomsnelheden -en patronen > Numerieke modelleringen		
Tekst (p.):	23	Bijlagen (p.):	14
Vertrouwelijk:	☒ Nee ☒ Online beschikbaar		

Auteur(s):	Stark, J.
------------	-----------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	De Maerschalck, B.	Getekend door: De Maerschalck Bart Getekend op: 2025-08-04 10:53:18 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Stark, J.	Signed by: Stark Jeroen Signed at: 2025-08-11 16:36:20 +02:00 Reason: Ik keur dit document goed  

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Signed by: Abdelkarim Bellafkih (Signatur) Signed at: 2025-07-30 10:02:35 +02:00 Reason: Ik keur dit document goed  
-----------------	---------------	--

Abstract

Dit rapport onderzoekt de hydrodynamische effecten van een westelijke uitbreiding van de Noordzeeterminal (NZT) in het havengebied van Antwerpen en beoordeelt de potentie voor sedimentatie en creatie van waardevol habitatareaal in het studiegebied. Voor de analyse werden twee scenario's onderzocht: de huidige situatie (referentierun) en de situatie met westelijke uitbreiding van de NZT. Het Scaldis2019 model in TELEMAC-3D werd ingezet om de hydrodynamische parameters zoals maximale stroomsnelheid en overschrijdingsfrequentie van kritische bodemschuifspanningen te simuleren. Door de uitbreiding van de NZT zal het oostelijk deel van het Groot Buitenschoor nog meer afgeschermd worden van stroming en golven. Op basis van de modelresultaten zijn zones aangeduid waar de huidige trend van sedimentatie versterkt kan worden of waar op termijn een overgang van subtidaal naar intertidaal kan plaatsvinden.

Inhoudstafel

Abstract	IV
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Situering	1
1.2 Voorgaande hydro-morfologische analyse	2
1.3 Doelstelling.....	4
1.4 Leeswijzer.....	4
2 Methodiek	5
2.1 Modelbeschrijving.....	5
2.2 Roosteraanpassingen	6
2.3 Bathymetrie	8
2.4 Randvoorwaarden.....	8
2.5 Overige modelinstellingen	9
2.6 Postprocessing en analyse	9
3 Resultaten.....	11
3.1 Stroming.....	11
3.2 Bodemschuifspanning	16
3.3 Beoordeling invloedgebied	19
4 Conclusies en aanbevelingen	21
Referenties	23
Bijlage 1 – Ecotopenkaart.....	B1
Bijlage 2 – Consistentiekaart	B2
Bijlage 3 – Gemodelleerde stroombeelden.....	B3
Bijlage 4 – Gemodelleerde bodemschuifspanning.....	B12

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Representatie van het verticaal getij in het Scaldis2019 model (uit: Vanlede <i>et al.</i> , 2020).....	6
---	---

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Uitbreiding Noordzeeterminal (arcering: terminal – bolletjes: ligplaats).	1
Figuur 2 – Uitbreiding Noordzeeterminal.	2
Figuur 3 – Morfologische evolutie 2013 – 2023.	3
Figuur 4 – Morfologische evolutie 2021 – 2024.	3
Figuur 5 – Scadis2019 modeldomein.	5
Figuur 6 – Luchtfoto studiegebied met hoogwaterlijn (groene contour) en laagwaterlijn (rode contour) bij springtij, strekdam (gele lijn), en blootliggende stortsteen bescherming (gele cirkel).	7
Figuur 7 – Aangepast modelrooster in het studiegebied, met in rood de geometrische kenmerken waarop werd gealigneerd.	7
Figuur 8 – Getijverloop te Vlissingen voor hele simulatieperiode.	8
Figuur 9 – Bovenafvoer voor hele simulatieperiode.	9
Figuur 10 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor springtij tijdens maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).	12
Figuur 11 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor springtij tijdens maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).	13
Figuur 12 – Maximum stroomsnelheden bij springtij tijdens vloedfase (links) en ebfase (rechts) in referentierun (boven) en na uitbreiding NZT (midden), en het verschil tussen beiden (onder).	14
Figuur 13 – Invloedzone waar de afname van $V_{\max}$ bij springtij groter is dan 0,1 m/s.	15
Figuur 14 – Overschrijdingsfrequentie van $V_{\max} > 0,65$ m/s in % in referentierun SC01 (linksboven) en na uitbreiding van de NZT in SC11 (linksonder), de verandering van de overschrijdingsfrequentie in % t.o.v. de huidige situatie (rechtsboven), en rechtsonder illustratie van zone waarin overschrijdingsfrequentie <10% in SC01 (blauw) en aanvullende zone in SC11 (rood).	16
Figuur 15 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij springtij na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).	17
Figuur 16 – Overschrijdingsfrequenties van $\tau_b > 0,1 \text{ Nm}^{-2}$, $\tau_b > 0,3 \text{ Nm}^{-2}$, $\tau_b > 0,5 \text{ Nm}^{-2}$ en $\tau_b > 0,7 \text{ Nm}^{-2}$ in % in de huidige situatie (SC01).	18
Figuur 17 – Overschrijdingsfrequentie van $\tau_b > 0,3 \text{ Nm}^{-2}$ in % in referentierun SC01 (linksboven) en na uitbreiding van de NZT in SC11 (linksonder), de verandering van de overschrijdingsfrequentie in % t.o.v. de huidige situatie (rechtsboven), en rechtsonder illustratie van zone waarin overschrijdingsfrequentie <10% in SC01 (blauw) en aanvullende zone in SC11 (rood).	19
Figuur 18 – Illustratie van zones waarvoor overschrijdingsfrequentie <10% in huidige situatie SC01 (blauw) en aanvullende zone bij uitbreiding terminal in SC11 (rood) voor: $\tau_b > 0,1 \text{ Nm}^{-2}$ (linksboven); $\tau_b > 0,3 \text{ Nm}^{-2}$ (rechtsboven); $\tau_b > 0,5 \text{ Nm}^{-2}$ (linksmidden) en $V_{\max} > 0,65$ m/s (rechtsmidden), zone waar de afname van $V_{\max}$ groter is dan 0,1 m/s (linksonder) en gecombineerde invloedzone op basis van alle parameters (rechtsonder).	20
Figuur 19 – Luchtfoto ter illustratie van aangroei schorplatform langs de oever tussen 2005 (links) en 2022 (rechts).	21

Figuur 20 – Ecotopenkaart INBO (2021) ter hoogte van Groot Buitenschoor.	B1
Figuur 21 – Consistentiekaart 2010-2023: Rood = consistente erosieve trend, blauw = consistente sedimentatie.....	B2
Figuur 22 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor springtij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).....	B3
Figuur 23 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor springtij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).....	B4
Figuur 24 – Maximum stroomsnelheden bij springtij tijdens vloedfase (linksboven) en ebfase (linksonder) na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).....	B5
Figuur 25 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor gemiddeld tij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).....	B6
Figuur 26 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor gemiddeld tij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).....	B7
Figuur 27 – Maximum stroomsnelheden bij gemiddeld tij tijdens vloedfase (linksboven) en ebfase (linksonder) na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).....	B8
Figuur 28 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor doottij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).....	B9
Figuur 29 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor doottij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).....	B10
Figuur 30 – Maximum stroomsnelheden bij doottij tijdens vloedfase (linksboven) en ebfase (linksonder) na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).....	B11
Figuur 31 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij springtij na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).....	B12
Figuur 32 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij gemiddeld tij na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).	B13
Figuur 33 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij dood na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).....	B14

1 Inleiding

1.1 Situering

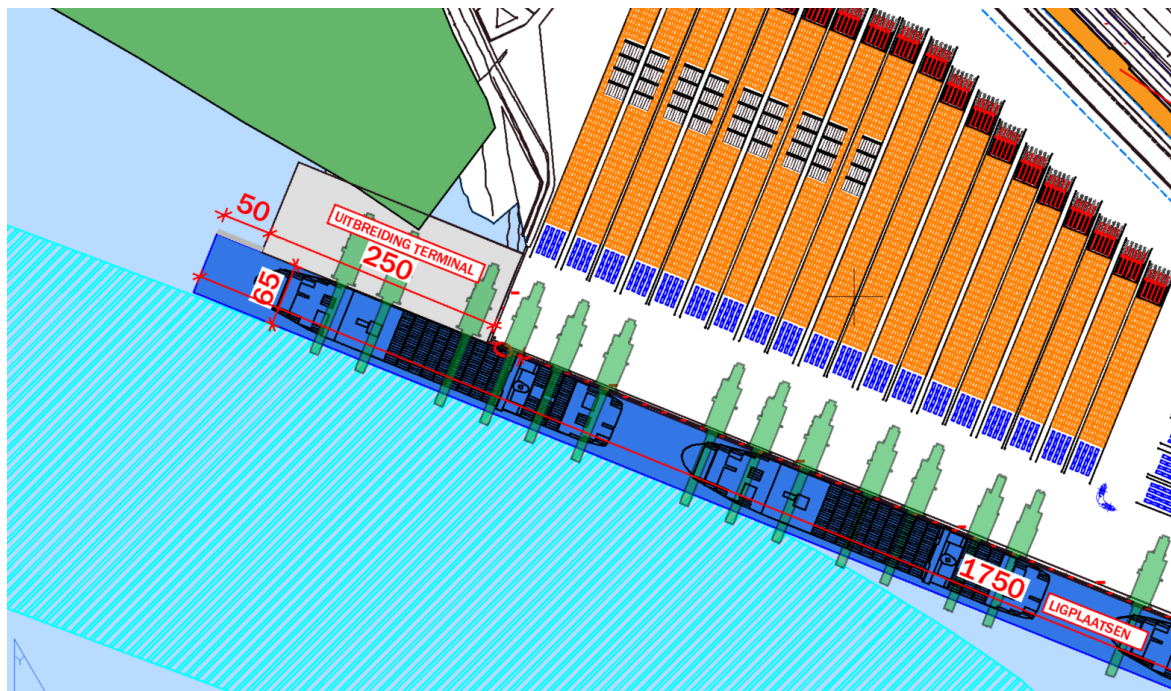
Op 31 januari 2020 stelde de Vlaamse Regering het Voorkeursbesluit van het complex project 'Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen' (CP ECA) definitief vast en rondde hiermee de onderzoeksfase conform het decreet complexe projecten af. Hiermee werden de locaties vastgelegd voor het bewerkstelligen van de extra containercapaciteit. Een uitbreiding van de Noordzeeterminal (NZT) naast de Zandvliet- en Berendrechtssluisen is één van de bouwstenen binnen ECA.

Port of Antwerp-Bruges (PoAB) heeft het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) in een eerder stadium gevraagd om een verkennende hydro-morfologische studie uit te voeren naar een westwaartse uitbreiding van de Noordzeeterminal (Stark *et al.*, 2024). Dit betreft een beperkte uitbreiding van 250 m op volle grond, gevolgd door 2 dukdalven verbonden met een passerelle (Figuur 1 & Figuur 2).

Bijkomend vraagt PoAB aan het WL om een modelberekening uit te voeren met als doel de te verwachten hydrodynamische effecten van het uitbreiden van de NZT in noordwestelijke richting te bepalen, waarbij de focus ligt op het creëren van positieve effecten op het aanwezige habitatareaal op het naastgelegen Groot Buitenschoor. De uitbreiding van de terminal zelf impliceert namelijk een verlies van ongeveer 1,1 ha laag en middelhoog slik (zacht substraat) op het Groot Buitenschoor. Ook worden kleine oppervlaktes antropogeen slik (<0,1 ha), ondiep subtidaal ($\pm 0,5$ ha), matig diep subtidaal ($\pm 0,2$ ha) en diep subtidaal ($\pm 0,5$ ha) ingenomen door de voorgestelde uitbreiding. Dit areaalverlies wordt geïllustreerd op de ecotopenkaart in Bijlage 1.



Figuur 1 – Uitbreiding Noordzeeterminal (arcering: terminal – bolletjes: ligplaats).



Figuur 2 – Uitbreiding Noordzeeterminal.

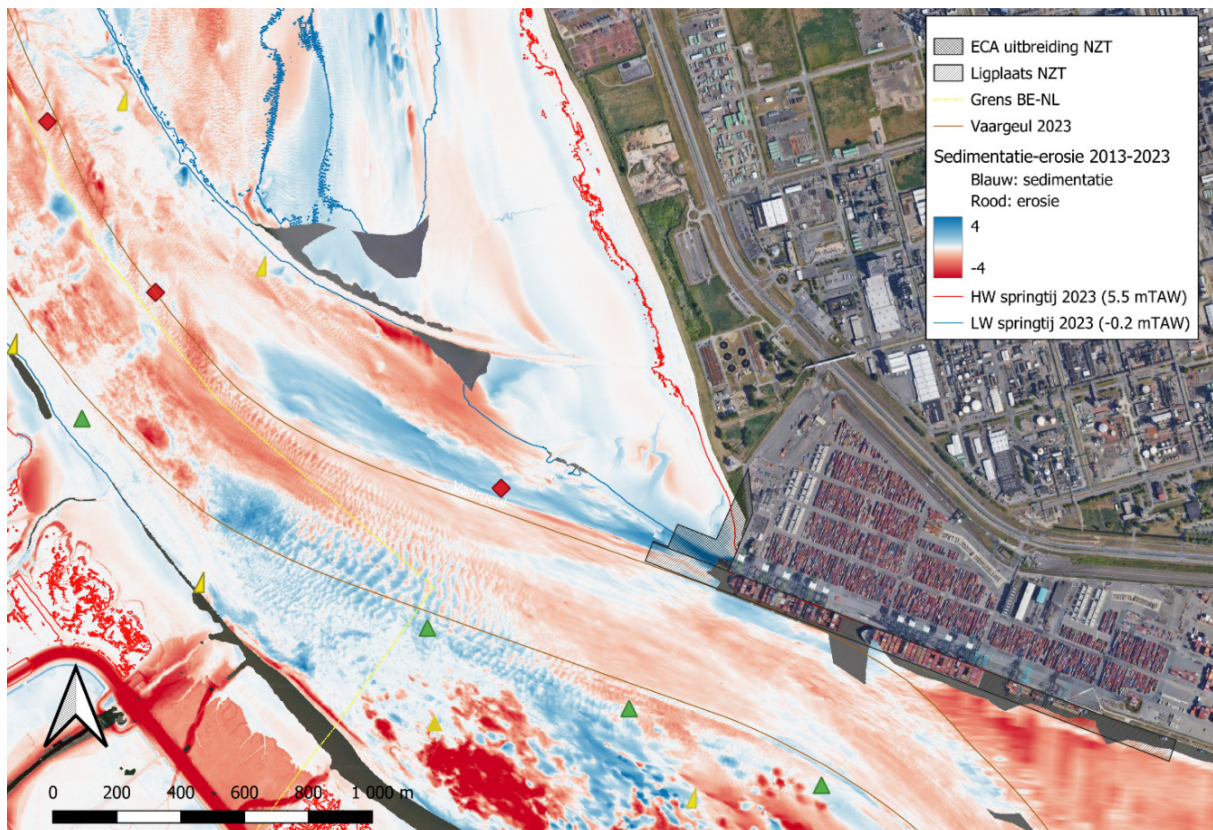
1.2 Voorgaande hydro-morfologische analyse

Op basis van een analyse van de morfologische ontwikkeling van het studiegebied sinds de 3de verruiming is in Stark *et al.*, (2024) een eerste inschatting gemaakt van de te verwachte effecten van de westwaartse uitbreiding van de Noordzeeterminal. Figuur 3 toont de morfologische ontwikkeling tussen 2013 en 2023. Figuur 4 toont de ontwikkeling over de meer recente periode 2021-2024. Hieronder worden de belangrijkste bevindingen uit deze expertbeoordeling samengevat:

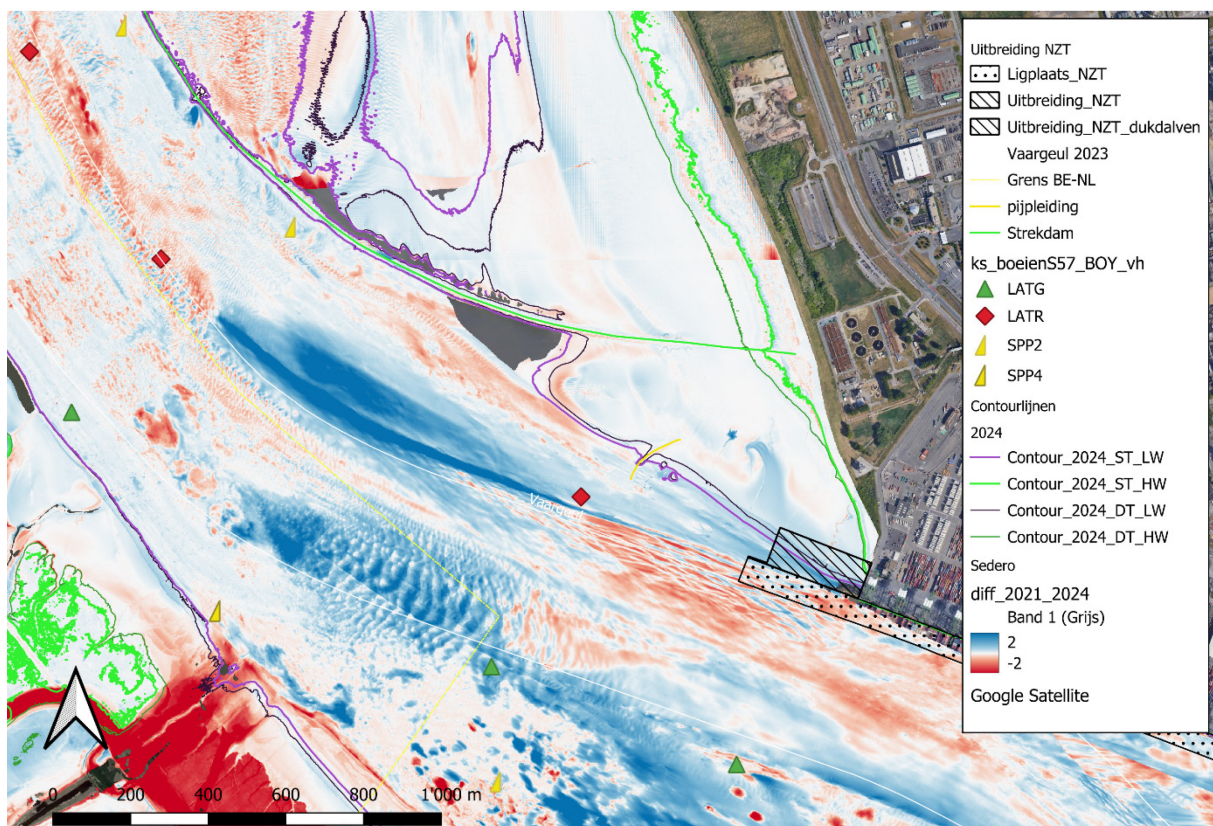
Ook na de derde verruiming is de hoofdvaargeul nog verder verdiept en verbreed, vooral langs de rode boeienkant afwaarts de Noordzeeterminal. De vaargeul vertoont hier een erosieve trend, terwijl de ligplaatsen afwisselend periodes van sedimentatie en erosie/verdiepingen laten zien, afhankelijk van de tijdopname van de peiling ten opzichte van het reguliere onderhoud van de ligplaats. In het zuiden van de vaargeul zijn migrerende bodemvormen zichtbaar die wijzen op vloeddominant opwaarts sedimenttransport.

Ter hoogte van het intertidaal is het Groot Buitenschoor tussen de Noordzeeterminal en de strekdam vrij stabiel met in het oosten en langs de zuidwestelijke rand lichte sedimentatie. Langs de vooroever van het slik is direct afwaarts van de terminal sterke sedimentatie zichtbaar, vooral langs de rode kant van de vaargeul. De consistentiekaart in Bijlage 2 toont aan dat de sedimentatie langs de geulwand structureel is, met 70 tot 80% van de peilingen die aangroei laten zien. De sedimentatie van de geulwand leidt overigens tot een versteiling van het talud. Verder afwaarts is de trend omgekeerd en is er sprake van structurele erosie in een voornamelijk subtidale zone ten zuiden van de strekdam, ook langs de laagwaterlijn.

Er werd ingeschat dat door de uitbreiding van de kaaimuur een stromings- en golfluwe zone ontstaat in het oostelijk deel van het Groot Buitenschoor, wat de trend van sedimentatie in deze zone verder zal bevorderen, waardoor na verloop van tijd schor kan ontstaan.



Figuur 3 – Morfologische evolutie 2013 – 2023.



Figuur 4 – Morfologische evolutie 2021 – 2024.

1.3 Doelstelling

In dit rapport worden de volgende werkzaamheden voorgesteld:

Inzet van een bestaand TELEMAC-3D model van het Schelde-estuarium voor het bepalen van de invloed van de uitbreiding van de NZT op de hydrodynamiek in de nabije omgeving van het projectgebied (i.e., ligplaatsen en vaargeul naast de NZT en het intertidale oppervlak van het Groot Buitenschoor). Concreet gaat het om 1 scenario waarvoor met behulp van het model verschillen in stroomsnelheid en bodemschuifspanning ten opzichte van de huidige referentiesituatie worden berekend (cfr. Figuur 2).

Op basis van de modelresultaten wordt vervolgens een inschatting gemaakt van potentiële veranderingen in sedimentatiezones in het studiegebied. Deze zullen als input dienen voor een verdere ecologische beoordeling (i.e., door een studiebureau in opdracht van PoAB).

De verdere verwerking van de modelresultaten ten behoeve van de ecologische impactanalyse in het studiegebied valt buiten scope van deze studie.

Sedimenttransportmodellering en morfologische modellering vallen eveneens buiten scope van voorliggend onderzoek.

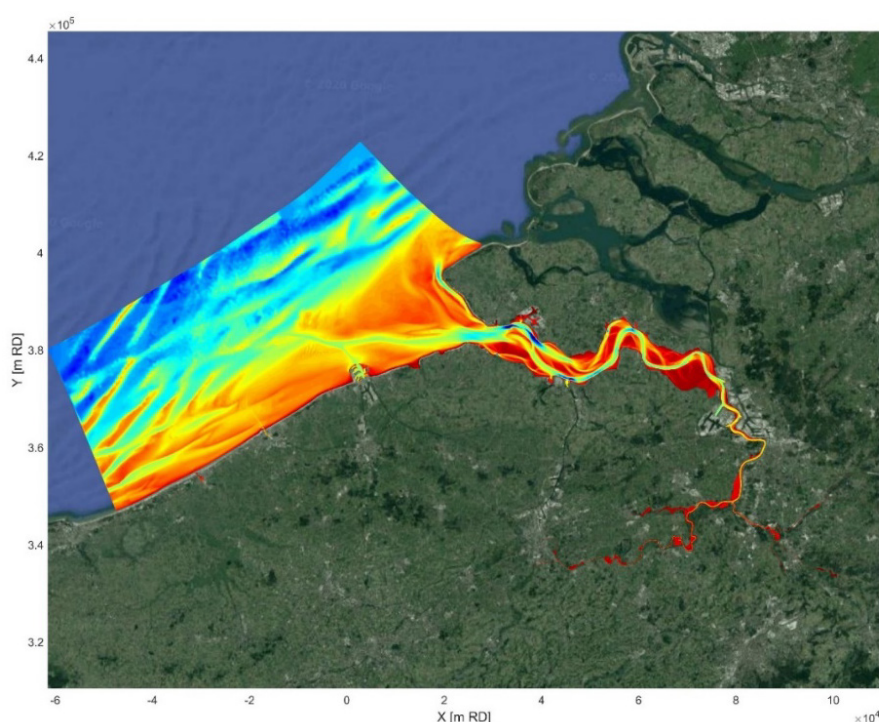
1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt ingedeeld: Hoofdstuk 2 bevat een beknopte beschrijving van het toegepaste numeriek model. Hoofdstuk 3 bevat de modelresultaten. Tot slot worden in Hoofdstuk 4 de belangrijkste conclusies opgesomd.

2 Methodiek

2.1 Modelbeschrijving

Het model dat wordt gebruikt om de huidige stroompatronen in het studiegebied in beeld te brengen is gebaseerd op het Scaldis2019 model in (Vanlede *et al.*, 2020) in de *TELEMAC-3D* software¹ (Hervouet, 2007). Het model werd uitgebreid gekalibreerd op waterstanden, stroomsnelheden en debieten en dekt het hele Schelde estuarium af, van monding (inclusief een deel van de Noordzee) tot aan de opwaartse rand van getij indringing (zie: Figuur 5). Tabel 1 toont de modelprestatie voor de representatie van het verticaal getij in het Schelde estuarium.



Figuur 5 – Scaldis2019 modeldomein.

In het kader van eerdere modelstudies voor ECA werd de modelschematisering nog aangepast en geüpdatet (e.g. Smolders *et al.*, 2023). Volgende zaken werden daarom in de referentiesimulatie nog extra mee opgenomen in het model:

- Ontpoldering Hedwige-Prosperpolder Noord
- Verdieping Europaterminal (inclusief gewijzigde oriëntatie na verdieping)
- Lokale aanpassing dijkligging Oosterweelverbinding
- Tweede Getijdendok: Duplexvariant

De bathymetrie van het Scaldis2019 model werd grotendeels behouden in de ECA studies. Voor een beschrijving van de gebruikte bathymetrische datasets wordt verwezen naar (Vanlede *et al.*, 2020).

¹ www.opentelemac.org

De bodemligging van het studiegebied, i.e. aanloop naar de Zandvliet-Berendrecht sluizen is binnen de ECA modelstudies nog geüpdatet door lokaal bathymetrische data van het jaar 2019 te implementeren.

Tabel 1 – Representatie van het verticaal getij in het Scaldis2019 model (uit: Vanlede *et al.*, 2020).

Zones	Stations	Volledige tijdreeks			Hoogwater			Laagwater		
		BIAS [cm]	RMSE [cm]	RMSE0 [cm]	BIAS [cm]	RMSE [cm]	RMSE0 [cm]	BIAS [cm]	RMSE [cm]	RMSE0 [cm]
WES	Vlakte van de Raan	0.5	6.0	6.0	-3.1	7.0	6.3	-0.1	5.6	5.6
	Westkapelle	-0.7	7.2	7.1	-2.0	6.8	6.5	2.6	6.1	5.5
	Cadzand	4.1	9.5	8.5	-0.1	7.3	7.3	6.5	9.0	6.2
	Vlissingen	1.5	8.8	8.7	-6.6	10.2	7.7	5.8	8.4	6.0
	Breskens	4.0	11.2	10.5	-5.8	9.4	7.4	5.8	8.4	6.1
	Terneuzen	2.3	7.7	7.3	-2.0	7.4	7.1	4.6	7.6	6.0
	Overloop Hansweert	2.9	9.6	9.1	-1.4	6.8	6.6	4.4	7.9	6.5
	Hansweert	1.4	8.7	8.6	-1.8	7.6	7.4	3.2	6.8	6.0
	Walsoorden	0.2	9.4	9.4	-6.4	11.9	10.0	3.0	9.7	9.3
	Baalhoek	1.2	10.0	9.9	-4.2	10.4	9.6	3.1	7.1	6.4
	Bath	5.8	12.2	10.7	3.1	10.4	9.9	5.6	8.4	6.3
	Gemiddelde	2.2	9.1	8.7	3.3	8.7	7.8	4.1	7.7	6.4
BeZS	Prosperpolder	8.6	12.7	9.3	6.8	11.7	9.5	7.8	9.9	6.1
	Liefkenshoek	2.4	9.4	9.1	3.5	10.7	10.1	0.9	6.1	6.1
	Kallo	8.2	12.6	9.6	9.7	14.2	10.3	7.1	9.4	6.2
	Antwerpen	2.8	9.9	9.4	6.4	12.0	10.2	0.4	6.3	6.3
	Hemiksem	3.7	10.6	9.9	5.2	11.2	9.9	-1.4	6.2	6.1
	Gemiddelde	5.1	11.0	9.5	6.3	12.0	10.0	3.5	7.6	6.1
BoZS	Temse	-0.1	11.9	11.9	0.3	10.6	10.5	-14.6	15.6	5.5
	Tielrode	1.2	11.4	11.4	7.4	12.9	10.5	-12.1	13.5	5.9
	StAmands	2.0	11.6	11.5	7.8	14.4	12.1	-10.2	12.0	6.3
	Dendermonde	-4.7	16.8	16.1	3.6	14.1	13.6	-6.0	8.1	5.4
	Schoonaarde	0.3	13.3	13.3	8.6	14.5	11.7	-16.3	17.0	5.1
	Wetteren	-2.0	11.7	11.6	6.4	12.4	10.6	-16.2	16.9	5.0
	Melle	-4.2	14.9	14.3	11.6	14.9	9.4	-21.0	22.1	6.8
	Gemiddelde	2.1	13.1	12.9	6.5	13.4	11.2	13.8	15.0	5.7

2.2 Roosteraanpassingen

De implementatie van de uitbreiding van de NZT in het modelrooster is uitgevoerd in *BlueKenue* op basis van de door de opdrachtgever aangeleverde gegevens.

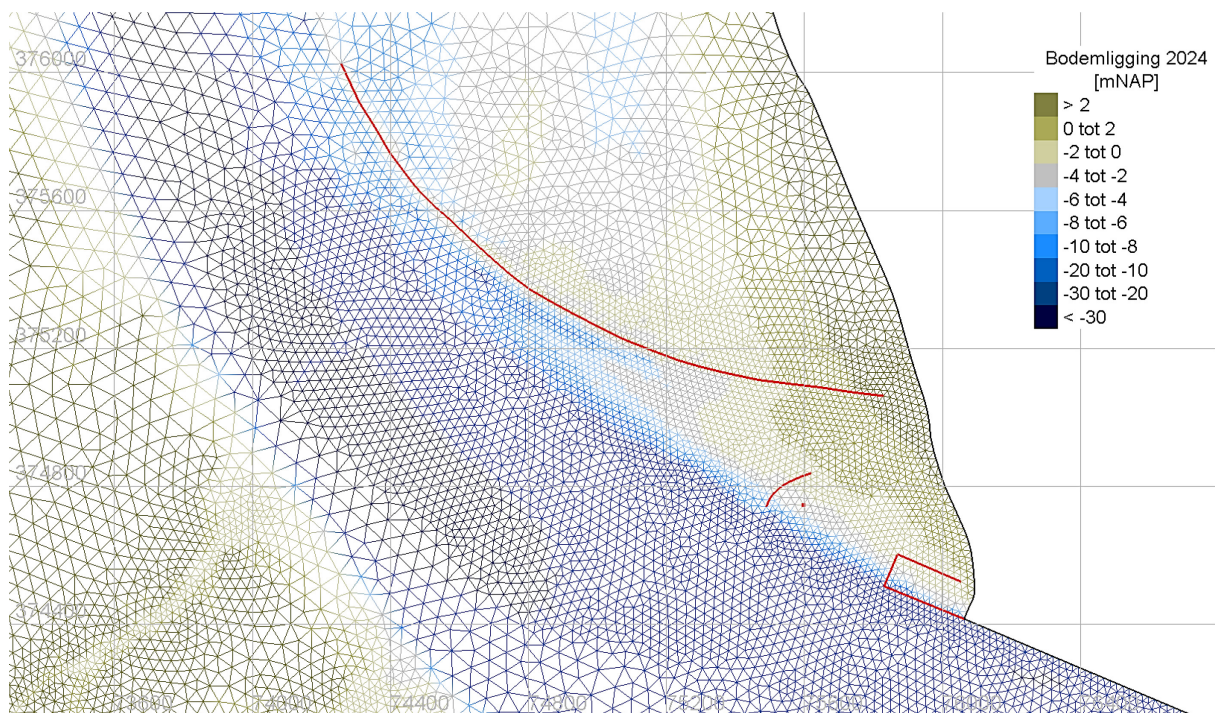
Er is eveneens aandacht besteed aan het implementeren van enkele geometrische en morfologische kenmerken in de bodemligging van het studiegebied, waaronder de strekdam door het Groot Buitenschoor en de stortsteen bescherming van een pijpleiding die bloot is komen te liggen (Figuur 6). Hierbij is getracht het modelrooster te aligneren met de oriëntatie van de strekdam, de stortsteen bescherming en de kaaimuur, zodat deze correct in de bathymetrie geïmplementeerd kunnen worden. Door de roosterverfijning worden ook andere morfologische kenmerken beter gerepresenteerd.

In Figuur 7 wordt het aangepaste modelrooster getoond. Het verfijnde rooster heeft lokaal een resolutie van 15-20 m, ten opzichte van 50-60 m in het originele Scaldis2019 model.

Omdat het nodig is om een roosterverfijning in het studiegebied toe te passen voor de implementatie van de uitbreiding van de NZT, zijn alle modelberekeningen met diezelfde roosterverfijning gesimuleerd. Er is dus voor zowel het referentiescenario als voor het modelscenario een berekening uitgevoerd.



Figuur 6 – Luchtfoto studiegebied met hoogwaterlijn (groene contour) en laagwaterlijn (rode contour) bij springtij, strekdam (gele lijn), en blootliggende stortsteen bescherming (gele cirkel).



Figuur 7 – Aangepast modelrooster in het studiegebied, met in rood de geometrische kenmerken waarop werd gealigneerd.

2.3 Bathymetrie

Bij de update van het Scaldis model voor 2019 werden bathymetrische data van het desbetreffende jaar geïmplementeerd voor het Schelde-estuarium. De data bestaat uit combigrids (i.e., een combinatie van LIDAR data voor de hogere gelegen oppervlaktes en bathymetrische data voor de delen onder de laagwaterlijn) die door de afdeling Maritieme Toegang werden samengesteld. Deze dataset heeft een horizontale resolutie van 5 m.

Voor de huidige studie werd lokaal recente bathymetrische data uit 2024 geïmplementeerd op het verfijnde modelrooster.

2.4 Randvoorwaarden

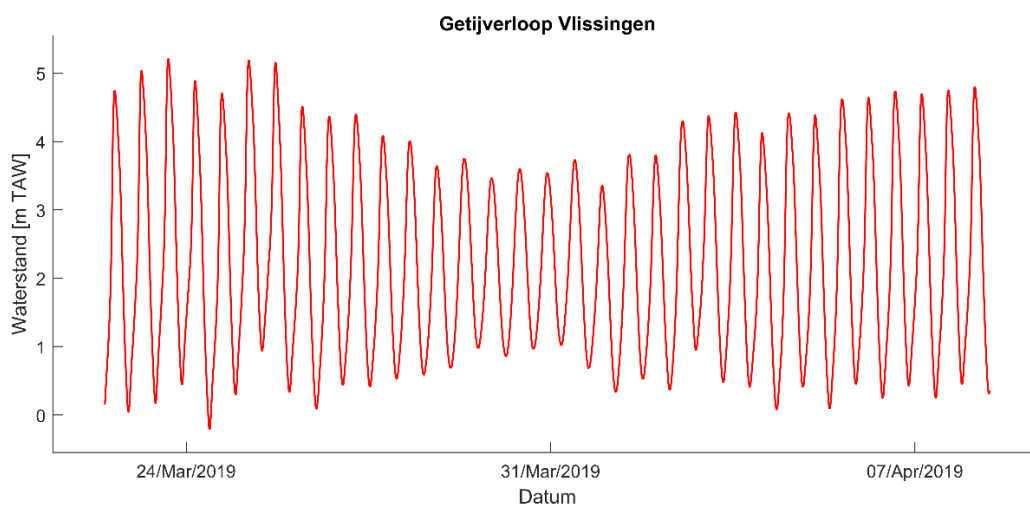
Simulatieperiode

In de modelsimulaties wordt een volledige springtij-doodtij-cyclus (cfr. 14.5 dagen) plus inspeelperiode gesimuleerd. De modeluitvoer met waterstanden en stroomsnelheden wordt opgeslagen met een uitvoerinterval van 10 minuten.

Als modelperiode wordt dezelfde springtij-doodtijcyclus toegepast als voor de kalibratie van het Scaldis2019 model, zijnde 17 dagen vanaf 22 maart 2019 tot 08 april 2019 (inclusief hydrodynamische inspeelperiode van 2 dagen).

Afwaartse randvoorwaarden

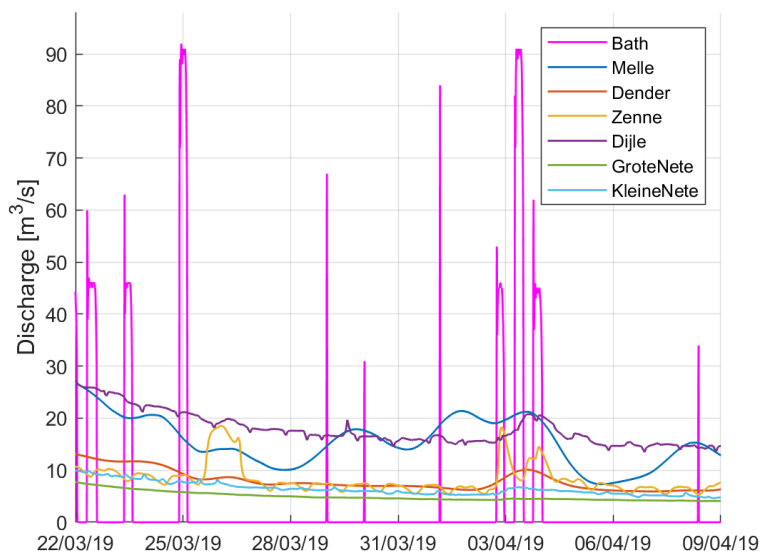
De afwaartse rand bevindt zich in de Noordzee (Figuur 5). De waterstands- en saliniteitsrandvoorwaarden voor de afwaartse rand worden verkregen door middel van nesting in de CSM-ZUNO modeltrein, een reeks van Noordzeemodellen waarmee o.a. waterstanden in de Belgische en Nederlandse kustzone kunnen worden gesimuleerd. Een beschrijving van deze modellen wordt gegeven door Chu *et al.*, (2020). Figuur 8 illustreert het opgelegde waterstandsverloop aan de afwaartse rand op basis van het gemeten waterstandsverloop in Vlissingen.



Figuur 8 – Getijverloop te Vlissingen voor hele simulatieperiode.

Opwaartse randvoorwaarden

De opwaartse randen van de Kleine Nete, Grote Nete, Dijle, Dender, Melle, Zenne en het Spuikanaal van Bath worden geforceerd met een gemeten bovenafvoer voor de simulatieperiode. Figuur 9 toont het verloop van de opgelegde rivierafvoeren voor de simulatieperiode. Het betreft hier relatief gematigde afvoeren aan de bovenarmen. Er wordt overigens geen invloed van de bovenafvoer op de analyseresultaten in dit rapport verwacht.



Figuur 9 – Bovenafvoer voor hele simulatieperiode.

2.5 Overige modelinstellingen

Voor meer details over de modelopzet en de modelinstellingen, waaronder het bodemruwheidsveld en de initiële verdeling van saliniteit, wordt verwezen naar het kalibratie- en validatierapport door Vanlede *et al.*, (2020) of naar de eerdere modelstudies in het kader van ECA (Smolders *et al.*, 2023).

2.6 Postprocessing en analyse

De potentiële invloed van de uitbreiding van de NZT op de aanslibbingsnelheid op de omliggende intergetijdengebieden wordt ingeschat met behulp van gemodelleerde veranderingen in stromingspatronen en op basis van gemodelleerde veranderingen in bodemschuifspanningen. In postprocessing zal daarom voor elke modelberekening de hydrodynamische modeluitvoer worden verwerkt met een focus op de stroomsnelheden en bodemschuifspanningen in het studiegebied. Op basis van de gemodelleerde hydrodynamische impact van het scenario zal vervolgens een inschatting worden gemaakt van potentiële veranderingen in sedimentatiezones op het Groot Buitenschoor.

Analyse stroming

De invloed van een uitbreiding van de NZT op de stroomsnelheden- en patronen in de directe omgeving wordt geanalyseerd aan de hand van illustratieve stroombeelden (bijvoorbeeld typische stromingspatronen tijdens maximum vloed, hoogwater en maximum eb) en aan de hand van de invloed op de maximum stroomsnelheid tijdens de vloedfase en tijdens de ebfase. De maximum stroomsnelheden worden bepaald op basis van één springtij, één gemiddeld tij en één doottij:

- Doodtij: 31/3/2019 (GF = 0,77 tijdens vloedfase; GF = 0,76 tijdens eb fase)
- Gemiddeld tij: 4/4/2019 (GF = 1,02 tijdens vloedfase; GF = 1,07 tijdens eb fase)
- Springtij: 6/4/2019 (GF = 1,18 tijdens vloedfase; GF = 1,14 tijdens eb fase)

Er zal specifiek worden gekeken naar veranderingen in de maximale stroomsnelheden op de omliggende intergetijdengebieden afwaarts van het studiegebied.

Met betrekking tot de analyse van maximale stroomsnelheden wordt opgemerkt dat stroomsnelheden in zeer ondiepe zones en gebieden die droogvallen niet altijd adequaat worden gerepresenteerd in Telemac (i.e., onrealistische snelheidspieken rondom onderstroming en droogval). Om dergelijke onrealistische resultaten te vermijden wordt in de analyse enkel modeloutput gebruikt waarvoor geldt dat de waterdiepte $h > 0,05$ m.

Tot slot wordt de overschrijdingsfrequentie van een kritische stroomsnelheid van 0,65 m/s beschouwd. Voor de habitatmapping van de Zeeschelde door INBO wordt deze stroomsnelheidsgrens toegepast om laag-dynamische ecotopen te onderscheiden van hoog-dynamische ecotopen.

Analyse bodemschuifspanning

Er worden gemiddelde en maximale bodemschuifspanningen tijdens eb en tijdens vloed geanalyseerd, alsmede de overschrijdingsfrequentie van een kritische bodemschuifspanning. Veranderingen in de reikwijdte van de zone waarin deze parameter niet of nauwelijks wordt overschreden geeft daardoor een indicatie van veranderingen van de luwe en dynamische zones rondom het projectgebied. Uiteindelijk worden hiermee zones afgebakend waarin sedimentatie kan worden verwacht op basis van de hydrodynamiek.

De kritische bodemschuifspanning(en) waarmee deze zones worden ingeschat zal worden bepaald op basis van de gemodelleerde overschrijdingsfrequenties van een aantal grenswaarden in de referentierun. De meest geschikte waarde wordt bepaald door het ruimtelijk beeld van de overschrijdingsfrequenties te vergelijken met de sedimentatie-erosiepatronen uit (Stark *et al.*, 2024). Door voor een aantal verschillende grenswaarden het invloedgebied van de scenario's te bepalen kan ook een range aan potentiële sedimentatiezones op het Groot Buitenschoor worden bekomen.

De bodemschuifspanning wordt volgens de Nikuradse formulering als volgt berekend in Telemac:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau = \rho u_*^2 \\ U(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \\ z_0 = \frac{k_s}{30} \end{array} \right.$$

waarin τ de bodemschuifspanning is [N/m²]; ρ het soortelijk gewicht van water [kg/m³]; u_* de wrijvingsnelheid is [m/s]; κ de Von Karman's constante [-] of 0,4; z_0 is de ruwheidslengte [m] en k_s de Nikuradse equivalente ruwheidshoogte [m].

Ook voor de analyse van de bodemschuifspanning geldt dat enkel modelresultaten worden gebruikt waarvoor de waterdiepte $h > 0,05$ m.

De bepaling van de overschrijdingsfrequentie van bodemschuifspanningen wordt gebaseerd op de volledige gemodelleerde springtij-doodtij-cyclus.

Er zal hiervoor geen aparte sedimenttransportmodellering of morfologische modellering worden toegepast.

3 Resultaten

3.1 Stroming

Stroompatronen

Figuur 10 illustreert de gemodelleerde stroompatronen² in het interessegebied voor verschillende fases van het springtij van 6/4/2019 in referentierun SC01 en Figuur 11 voor de modelberekening SC11 met de uitbreiding van de terminal.

De ruimtelijke stroompatronen zijn zeer gelijkaardig in beide modelberekeningen. De vloedstroming concentreert zich voornamelijk in de buitenbocht en het midden van de vaargeul en bereikt ongeveer één uur voor HW een maximum. In de binnenbocht nabij de NZT is de vloedstroming minder sterk. Ook ten zuiden van de strekdam zijn tijdens de latere vloedfase, vanaf het moment dat de vloed over de strekdam stroomt, lokaal hoge stroomsnelheden waarneembaar, tot bijna 1,0 m/s. Over het overige deel van het Groot Buitenschoor tussen de strekdam en de NZT is de vloedstroming in deze fase minimaal. Tijdens hoogwater is de stroming in de vaargeul nog steeds in de vloedrichting. Direct langs de NZT en over het intertidaal is de stroming dan echter al afwaarts gericht. Een uur na hoogwater, kort na de kenteringsfase in de vaargeul, is de stroming over het grootste deel van het intertidaal maximaal. Uit de gemodelleerde stroompatronen volgt dus dat de stroming over dit deel van de plaat bijna uitsluitend afwaarts is gericht, ook tijdens de vloedfase. De ebstroming in de vaargeul concentreert zich direct langs de kades van de NZT. Tijdens maximum eb, ongeveer 4 uur na hoogwater, is er geen sprake meer van stroming over het intertidaal.

De gesimuleerde stroombeelden voor gemiddeld tij (Figuur 25 en Figuur 26) en doottij (Figuur 28 en Figuur 29) worden aanvullend getoond in Bijlage 3. Voor deze getijden zijn de ruimtelijke patronen zeer gelijkaardig. Opvallend is dat de ebstroming bij gemiddeld tij en vooral bij doottij sterker is dan de maximum vloedstroming, terwijl bij springtij de maximum vloedstroming juist sterker is dan de maximum ebstroming.

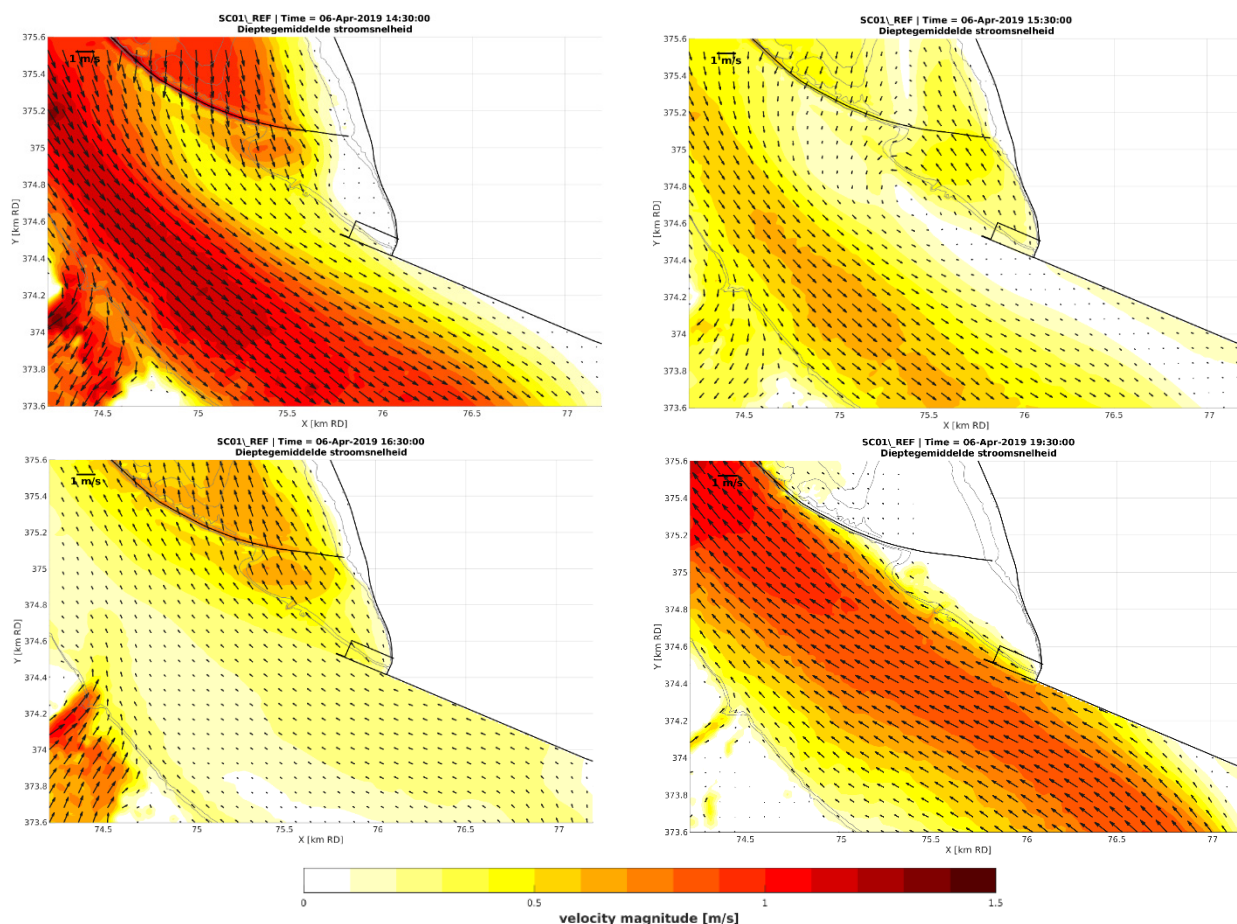
Maximale stroming

In Figuur 12 worden de maximale stroomsnelheden tijdens de ebfase en vloedfase bij springtij getoond voor de referentierun SC01 en scenario SC11 met uitbreiding van de NZT, alsmede het verschil met de referentierun SC01. De maximale stroming voor gemiddeld tij (Figuur 27) en doottij (Figuur 30) wordt aanvullend getoond in Bijlage 3. In Figuur 13 wordt ook de invloedzone van de NZT geïllustreerd door het gebied af te bakenen waarin de afname in maximum stroomsnelheid V_{max} groter is dan -0,10 m/s. Het geïllustreerde invloedgebied in Figuur 13 is beperkt tot intertidale en matig diep subtidale zones (i.e., > -5 m TAW).

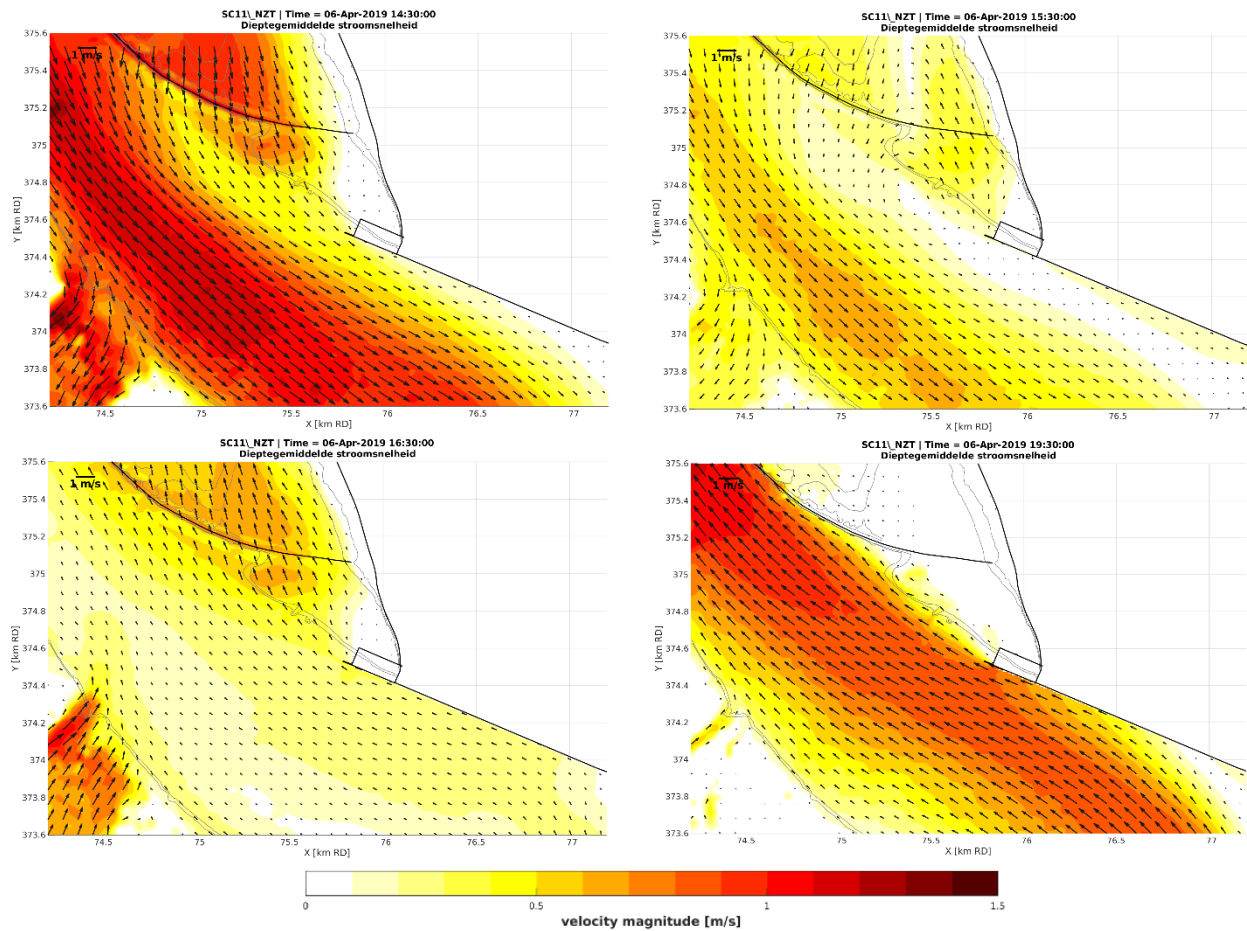
² Op een aantal stroombeelden zijn als gevolg van de in- en uitstroom van de Hedwige-Prosperpolder hoge stroomsnelheden zichtbaar op het intertidaal (i.e., linksonder op de figuren). Er wordt opgemerkt dat het model niet specifiek is afgesteld om deze in- en uitstroom door ondiepe intertidale geulen correct te representeren. Een te grove resolutie en schematisering van deze intertidale geulen kunnen door de grote getijvolumes die het gebied instromen lokaal leiden tot hoge snelheden in de modelsimulatie. Dit modelartefact heeft overigens geen invloed op de stroming ter hoogte van het Groot Buitenschoor. Bij de verdere interpretatie van de modelresultaten worden deze stroompatronen daarom genegeerd en ligt de focus enkel op de stroming in de geul en over het Groot Buitenschoor.

Uit de modelresultaten volgt dat de maximale stroming voor dit springtij in de vaargeul ter hoogte van de NZT flink hoger is bij vloed (tot 1,4 m/s) dan bij eb (tot 1,0 m/s). Door de afwijkende ruimtelijke verdeling van de vloedstroming en ebstroming over de vaargeul is de stroming in de buitenbocht van de vaargeul vloedgedomineerd en in het noordelijk deel van de geul langs de Noordzeeterminal en het Groot Buitenschoor eb-gedomineerd. Op het deel van de plaat dat wordt gekenmerkt door hogere stroomsnelheden, i.e. direct ten zuiden van de strekdam, zijn de maximale vloed- en ebstroming zeer gelijkaardig (tot 0,8 m/s). Op het overige deel van het groot Buitenschoor tussen de strekdam en de NZT is de maximum stroming in SC11 (met uitbreiding NZT) minder sterk en langs de kant van de NZT zelfs beperkt tot maximaal 0,1 á 0,2 m/s.

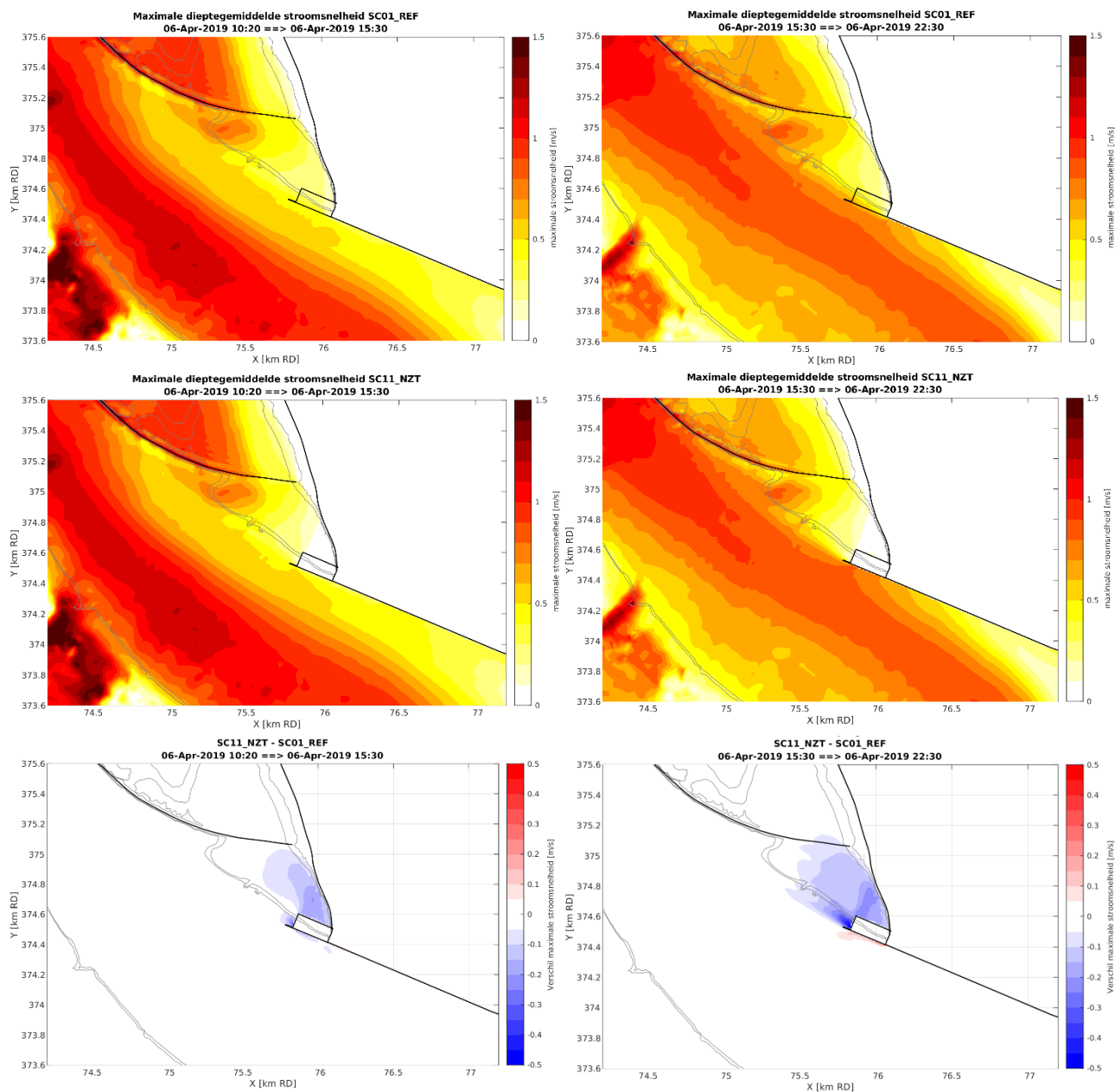
Als gevolg van de uitbreiding van de terminal nemen de stroomsnelheden op het intertidaal af in een zone die zich uitstrekt van de NZT tot de steenstort bescherming van de pijpleiding, die een kleine verhoging in de bodemligging vormt. Deze invloedzone is zichtbaar gemaakt in Figuur 13 (linksonder) door het gebied waar sprake is van een significante afname in maximum stroming te markeren. Deze afname is het sterkst tijdens eb en direct afwaarts van de uitgebreide terminal. Op het intertidaal is sprake van een reductie in maximum stroming ten opzichte van de referentierun, variërend van 0,1 á 0,2 m/s ter hoogte van de steenstort bescherming van de pijpleiding tot maximaal -0,4 m/s in een kleine zone direct achter de uitgebreide terminal.



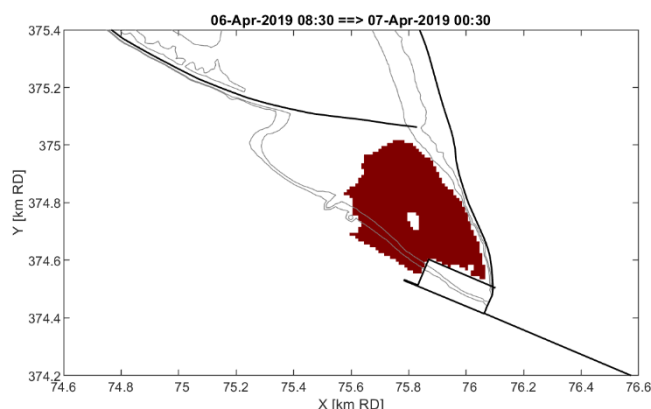
Figuur 10 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor springtij tijdens maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).



Figuur 11 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor springtij tijdens maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).



Figuur 12 – Maximum stroomsnelheden bij springtij tijdens vloedfase (links) en ebphase (rechts) in referentierun (boven) en na uitbreiding NZT (midden), en het verschil tussen beiden (onder).

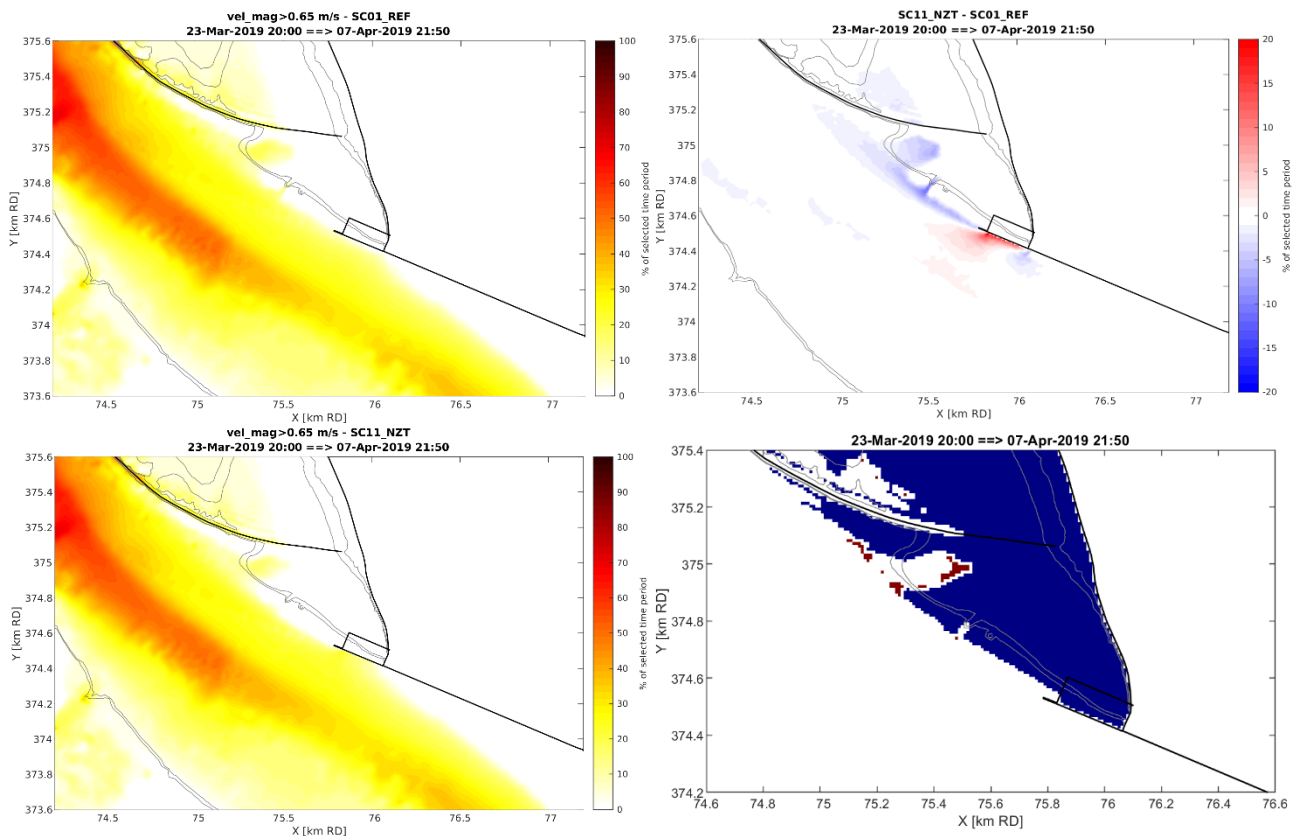


Figuur 13 – Invloedzone waar de afname van $V_{\max}$ bij springtij groter is dan 0,1 m/s.

Overschrijding kritische snelheid 0,65 m/s

In Figuur 14 wordt de overschrijdingsfrequentie van een kritische stroomsnelheid van $V_{mag} > 0,65$ m/s weergegeven als [%] van de tijd over de gehele springtij-doodtij cyclus, alsmede de procentuele verandering in SC11 met uitbreiding van de NZT ten opzichte van referentierun SC01. Deze parameter, die wordt gebruikt voor de habitatmapping om het onderscheid tussen laag-dynamische en hoog-dynamische zones te bepalen, geeft in het studiegebied een indicatie van zones op het intertidaal die onderhevig zijn aan erosie. Meer specifiek is de zone waar deze kritische waarde in de referentierun wordt overschreden overeenkomstig met de erosieve zone langs de laagwaterlijn in Figuur 3 en Figuur 4.

Het effect van de uitbreiding van de NZT op deze parameter is evenwel beperkt. In SC11 is de overschrijdingsfrequentie van $V_{mag} > 0,65$ m/s iets lager in een subtidale zone tussen de strekdam en de terminal, maar langs de laagwaterlijn of op het intertidaal zelf is er niet of nauwelijks invloed. In Figuur 14 wordt nog de aanvullende zone geïllustreerd waar deze kritische waarde minder dan 10% van de tijd wordt overschreden ten gevolge van de uitbreiding van de terminal. Dit betreft een verwaarloosbaar additioneel oppervlakte. Bovendien wordt de kritische waarde nog steeds overschreden in het deel langs de laagwaterlijn waar sprake is van afkalving van het intertidaal.



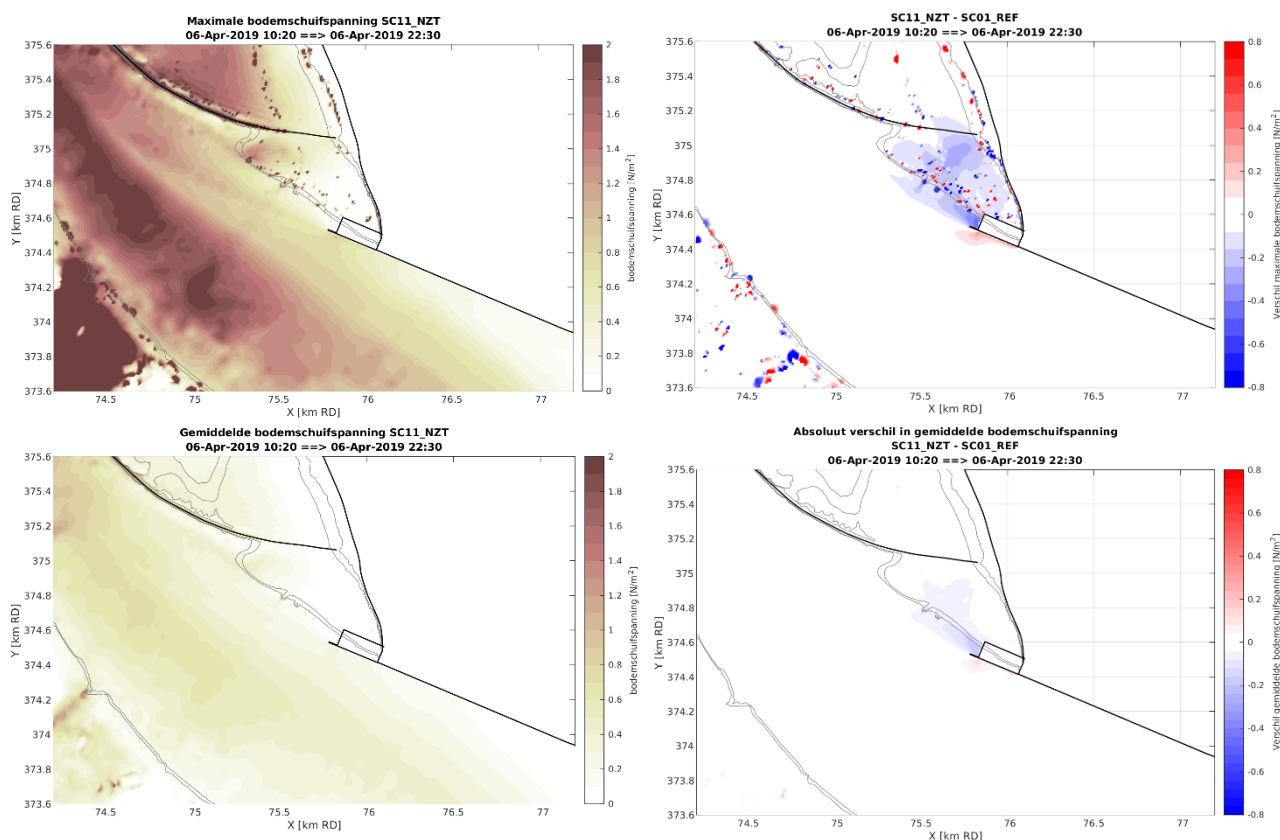
Figuur 14 – Overschrijdingsfrequentie van $V_{mag} > 0,65$ m/s in % in referentierun SC01 (linksboven) en na uitbreiding van de NZT in SC11 (linksonder), de verandering van de overschrijdingsfrequentie in % t.o.v. de huidige situatie (rechtsboven), en rechtsonder illustratie van zone waarin overschrijdingsfrequentie <10% in SC01 (blauw) en aanvullende zone in SC11 (rood).

3.2 Bodemschuifspanning

Maximum bodemschuifspanning

Figuur 15 toont voor SC11 met uitbreiding van de terminal de maximum en gemiddelde bodemschuifspanning over het geselecteerde springtij. In Bijlage 4 worden deze aanvullend getoond voor het geselecteerde gemiddeld tij (Figuur 32) en doottij (Figuur 33).

Het ruimtelijk patroon in maximum bodemschuifspanning is zeer gelijkaardig aan het patroon van de maximum stroming. In de figuur met de maximum bodemschuifspanning zijn veel lokale pieken zichtbaar, die waarschijnlijk zijn gerelateerd aan hoge snelheidspieken bij lage waterdiepten (ook al werd data met waterdiepte $h < 0,05$ m reeds eruit gefilterd). Deze parameter lijkt daardoor minder geschikt om de invloed van de uitbreiding van de kaai muur te kwantificeren. Desalniettemin is een verschilplot opgenomen waaruit een invloedzone voor maximum bodemschuifspanning kan worden afgeleid. Dit invloedgebied is gelijkaardig aan het invloedgebied op basis van de maximale stroming in Figuur 12, maar bestrijkt wel een iets ruimer gebied afwaarts van de pijpleiding.



Figuur 15 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij springtij na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).

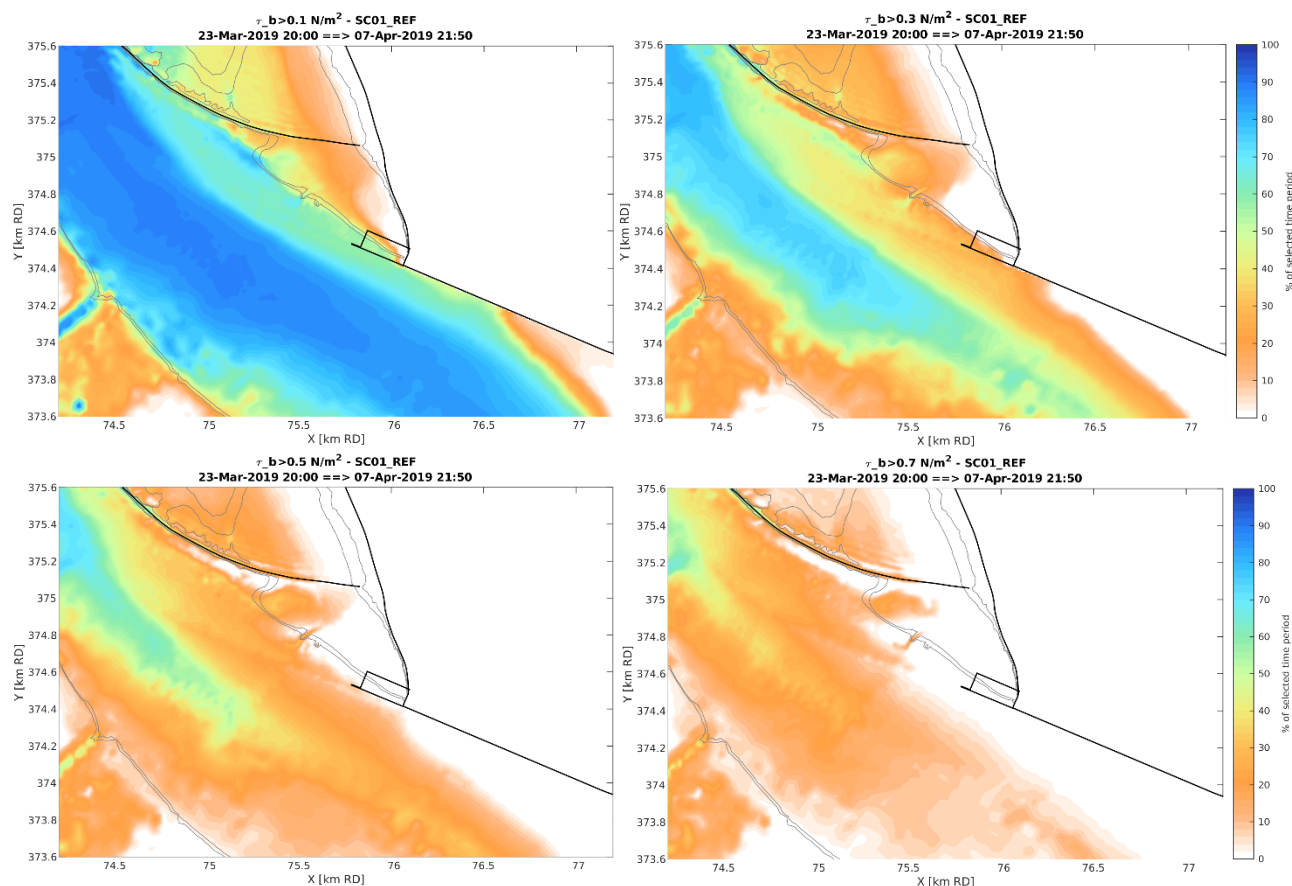
Overschrijdingsfrequentie kritische bodemschuifspanning

In Figuur 16 wordt voor de referentierun de overschrijdingsfrequentie van een aantal kritische bodemschuifspanningen ($\tau_b > 0,1 N/m^2$, $\tau_b > 0,3 N/m^2$, $\tau_b > 0,5 N/m^2$ en $\tau_b > 0,7 N/m^2$) weergegeven als [%] van de tijd over de gehele getijcyclus. Uit deze figuur volgt dat de zone waarin een kritische bodemschuifspanning van $\tau_b \geq 0,3 N/m^2$ niet of nauwelijks wordt overschreden (i.e., overschrijdingsfrequentie van 0-10%) in het projectgebied min of meer overeen komt met de grens tussen het intertidaal en het subtidaal (i.e., de laagwaterlijn tussen de huidige NZT en de iets hoger gelegen steenstort bescherming van de pijpleiding). Veranderingen in het gebied waar deze kritische bodemschuifspanning in de modelsimulatie niet of nauwelijks wordt overschreden geven daarom een indicatie van zones waar een potentiële overgang van subtidaal naar intertidaal kan plaatsvinden. Voor het modelscenario waarin de uitbreiding van de NZT is geïmplementeerd wordt daarom gefocust op deze overschrijdingsfrequentie van $\tau_b \geq 0,3 N/m^2$.

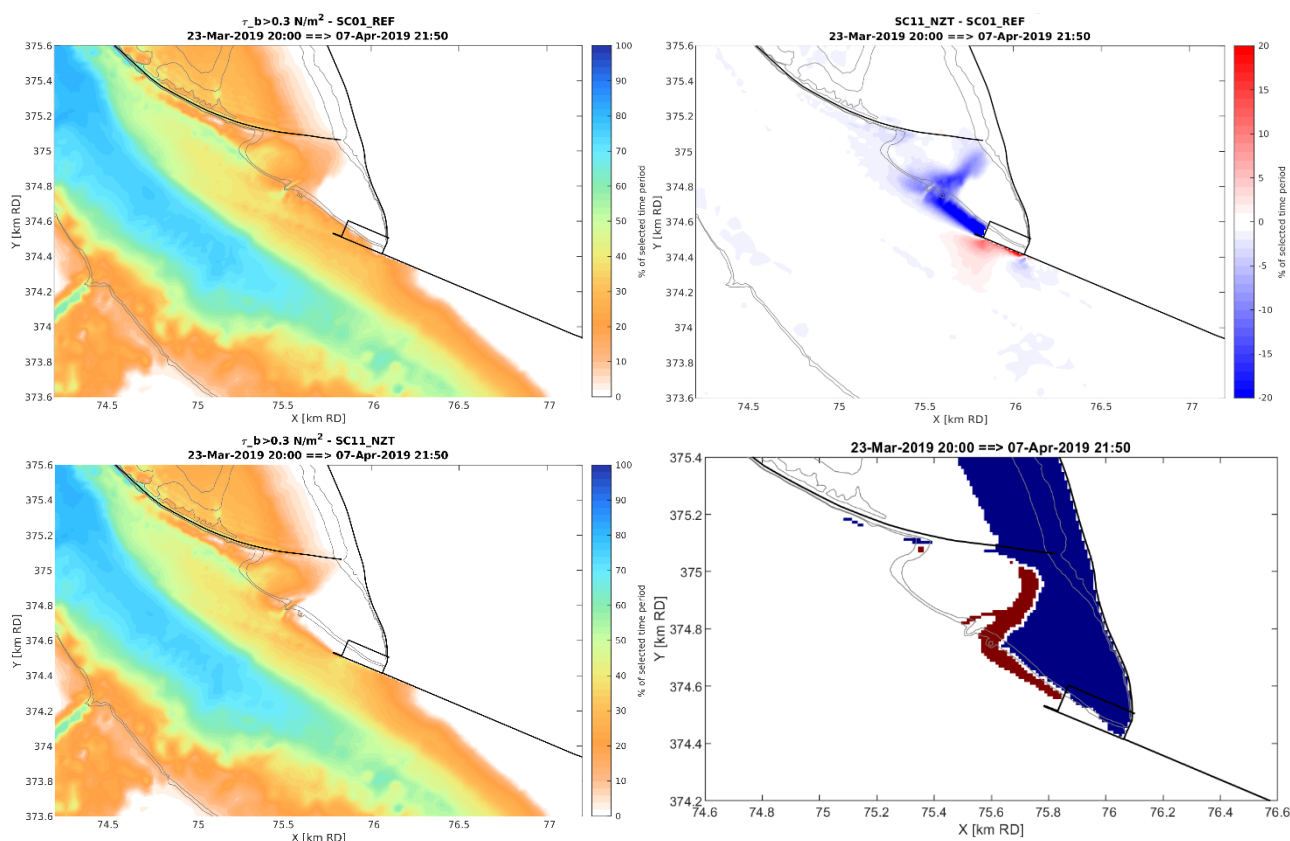
Figuur 17 geeft de overschrijdingsfrequentie van $\tau_b \geq 0,3 N/m^2$ weer voor de referentierun (SC01), de simulatie met uitbreiding van de NZT (SC11), alsmede een verschilplot en een illustratie van het invloedgebied. Het invloedgebied is gebaseerd op de zone waar de overschrijdingsfrequentie lager is dan 10%. In blauw wordt deze zone afgebakend voor de referentierun en in rood de aanvullende zone na uitbreiding van de NZT. Het geïllustreerde invloedgebied is wederom beperkt tot intertidale en matig diep subtidale zones (i.e., > -5 m TAW).

Als gevolg van de uitbreiding van de NZT breidt het gebied waar $\tau_b \geq 0,3 N/m^2$ niet wordt overschreden in afwaartse (westwaartse) richting uit. Deze invloedgebied strekt zich uit tot aan de strekdam. Bij de ligplaatsen voor de nieuwe kade neemt de overschrijdingsfrequentie lokaal overigens toe. Direct achter de uitbreiding van de NZT is er geen effect omdat de overschrijdingsfrequentie daar in de huidige situatie al quasi nihil is.

Het additionele gebied waar de overschrijdingsfrequentie van $\tau_b \geq 0,3 \text{ N/m}^2$ kleiner is dan 10% beperkt zich echter tot een smalle band langs de laagwaterlijn tussen de nieuwe kaaimuur en de steenstort bescherming van de pijpleiding, en een band in het verlengde van de pijpleiding richting de schorrand. Met name de zone langs de laagwaterlijn is hierbij relevant omdat deze parameter een indicatie geeft van het gebied voor de potentiële aangroei van slik op het intertidaal.



Figuur 16 – Overschrijdingsfrequenties van $\tau_b > 0,1 \text{ Nm}^{-2}$, $\tau_b > 0,3 \text{ Nm}^{-2}$, $\tau_b > 0,5 \text{ Nm}^{-2}$ en $\tau_b > 0,7 \text{ Nm}^{-2}$ in % in de huidige situatie (SC01).



Figuur 17 – Overschrijdingsfrequentie van $\tau_b > 0,3 \text{ N/m}^2$ in % in referentierun SC01 (linksboven) en na uitbreiding van de NZT in SC11 (linksonder), de verandering van de overschrijdingsfrequentie in % t.o.v. de huidige situatie (rechtsboven), en rechtsonder illustratie van zone waarin overschrijdingsfrequentie $< 10\%$ in SC01 (blauw) en aanvullende zone in SC11 (rood).

3.3 Beoordeling invloedgebied

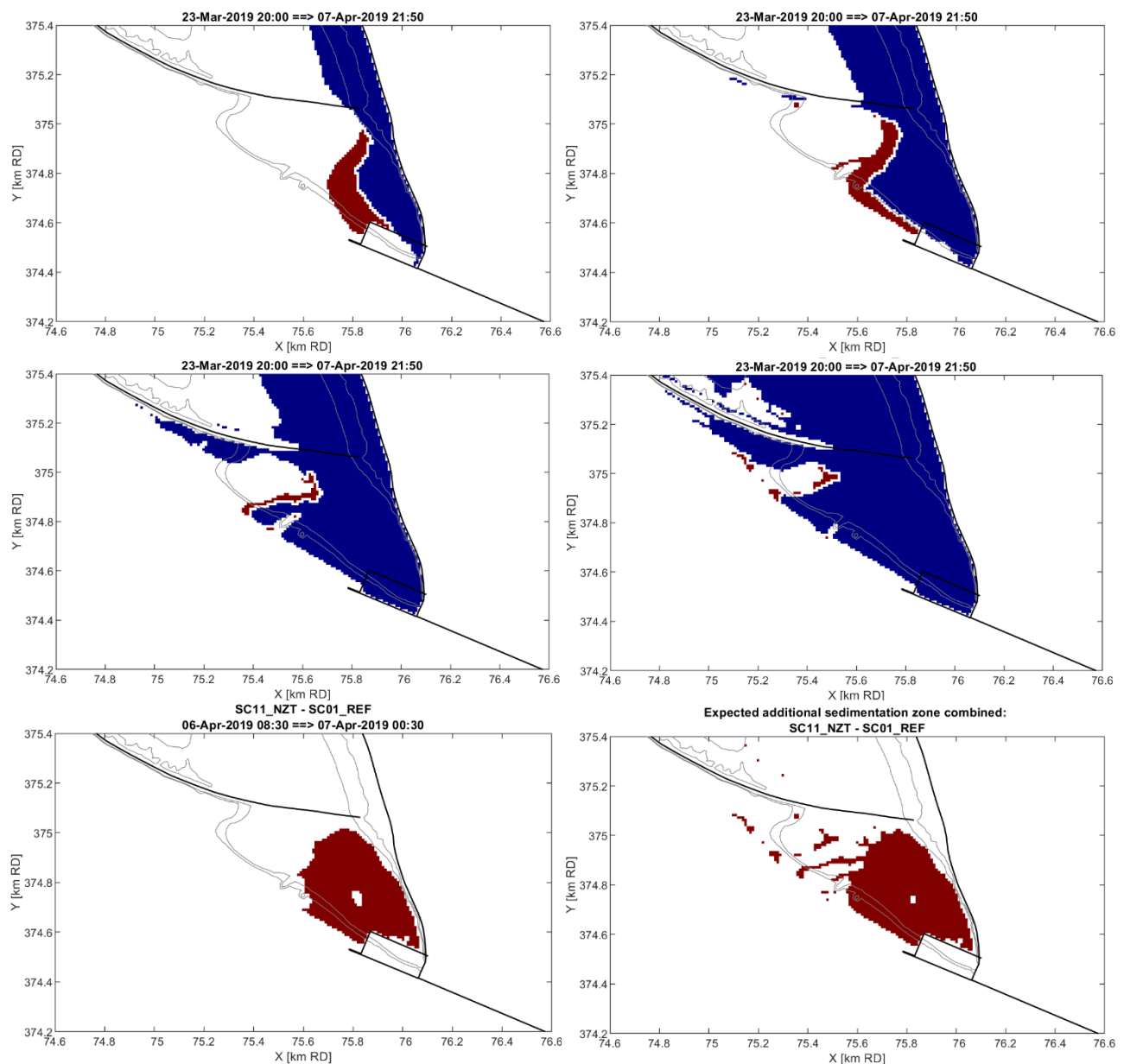
Op basis van de verschillende hydrodynamische parameters die hierboven zijn geanalyseerd kan een invloedzone worden afgebakend waar als gevolg van de uitbreiding van de NZT een verhoging van de sedimentatiesnelheid op het intertidaal wordt verwacht, of een aangroei van het intertidaal slik wordt verwacht door sedimentatie op ondiep subtidale zones. In Figuur 18 worden de invloedzones voor de verschillende parameters V_{max} , $V_{mag} > 0,65 \text{ m/s}$, $\tau_b \geq 0,3 \text{ N/m}^2$ getoond, met aanvullend de invloedzones op basis van een hogere ($\tau_b \geq 0,5 \text{ N/m}^2$) en lagere ($\tau_b \geq 0,1 \text{ N/m}^2$) kritische bodemschuifspanning.

De meest ruime invloedzone is die voor de maximale stroomsnelheid V_{max} . Deze invloedzone bestrijkt een gebied van 14,9 ha, waarvan 1,4 ha ondiep subtidaal en 13,5 intertidaal. Hoewel de hydrodynamiek in dit gebied afneemt wordt niet direct een grote verandering in habitatareaal verwacht omdat het grootste deel van dit gebied al wordt gekenmerkt door zeer lage stroomsnelheden en bodemschuifspanningen. Op basis van de overschrijdingsfrequenties van kritische waarden voor stroomsnelheid of bodemschuifspanning, die vaak wordt gebruikt om laagdynamische en hoogdynamische habitatarealen te onderscheiden (e.g. Van Braeckel *et al.*, 2018), is het invloedgebied echter een stuk kleiner. De zone waar de overschrijdingsfrequentie van $\tau_b \geq 0,3 \text{ N/m}^2$ afneemt is 5,1 ha, waarvan 1,9 ha in het ondiep subtidaal, direct afwaarts van de terminal. Over dit subtidaal oppervlak zou, op basis van de afgenomen hydrodynamiek, een overgang van ondiep subtidaal naar intertidaal bewerkstelligt kunnen worden.

Voor andere kritische waarden van de bodemschuifspanning τ_b wordt een ander invloedgebied bekomen, waarbij opvalt dat het invloedgebied voor hogere waarden (i.e., $\tau_b \geq 0,5 \text{ N/m}^2$) gelijkaardig is aan het invloedgebied op basis van de overschrijdingsfrequentie van een kritische stroomsnelheid van $V_{mag} > 0,65 \text{ m/s}$.

Op basis van de overschrijdingsfrequentie van $\tau_b \geq 0,5 \text{ N/m}^2$ en $V_{\text{mag}} > 0,65 \text{ m/s}$ is de invloedzone van ongeveer 2,2 ha overigens afwaarts van de steenstortbescherming van de pijpleiding gesitueerd, maar in beide gevallen niet in de zone waar erosie langs de laagwaterlijn optreedt. Op basis van de overschrijdingsfrequentie van $\tau_b \geq 0,1 \text{ N/m}^2$ is het invloedgebied dicht bij de terminal gelegen en bestrijkt de zone 4,9 ha, waarvan 0,4 ha op het subtidaal en 4,4 ha op het intertidaal.

Samenvattend bestrijkt de totale invloedzone waar er sprake is van een afname in de hydrodynamiek ongeveer 21 ha (i.e., combinatie van zones in Figuur 18), maar het gebied waar op basis van de afgenomen hydrodynamiek nieuw intertidaal zou kunnen ontstaan is beperkt tot ongeveer 2 ha direct afwaarts van de nieuwe kaaimuur. Over de overgang van slik naar schor kan op basis van de huidige modelberekeningen geen uitspraak worden gedaan omdat de stroming langs de schorrand in de referentiesituatie al zeer beperkt is en er zodoende geen betekenisvolle afname kan worden geobserveerd.



Figuur 18 – Illustratie van zones waarvoor overschrijdingsfrequentie <10% in huidige situatie SC01 (blauw) en aanvullende zone bij uitbreiding terminal in SC11 (rood) voor: $\tau_b > 0,1 \text{ Nm}^{-2}$ (linksboven); $\tau_b > 0,3 \text{ Nm}^{-2}$ (rechtsboven); $\tau_b > 0,5 \text{ Nm}^{-2}$ (linksmidden) en $V_{\text{mag}} > 0,65 \text{ m/s}$ (rechtsmidden), zone waar de afname van V_{max} groter is dan $0,1 \text{ m/s}$ (linksonder) en gecombineerde invloedzone op basis van alle parameters (rechtsonder).

4 Conclusies en aanbevelingen

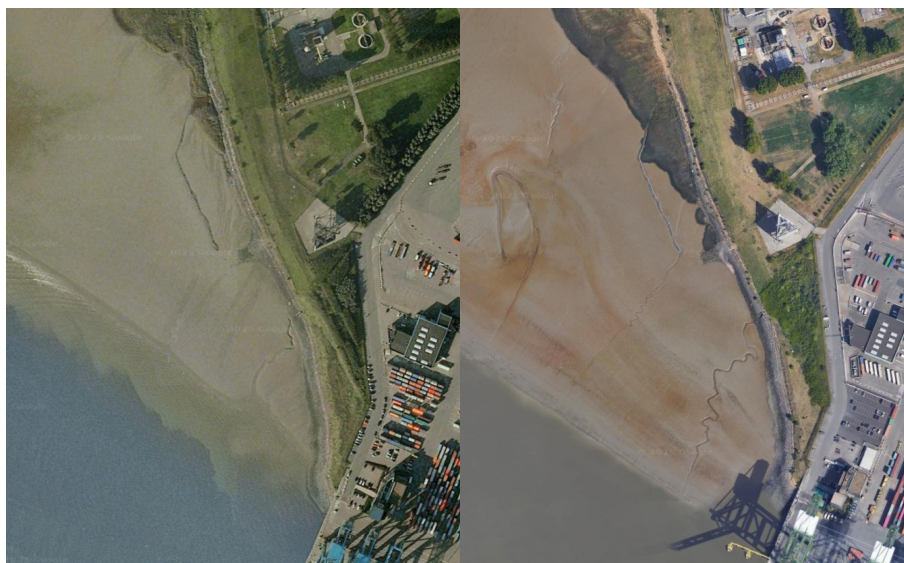
De belangrijkste doelstelling van deze studie was om de hydrodynamische effecten van de voorgestelde uitbreiding van de Noordzeeterminal (Nzt) te onderzoeken en de potentie voor sedimentatie en creatie van waardevol habitatareaal in het studiegebied te beoordelen. Hiervoor werd een bestaand TELEMAC-3D model van het Schelde-estuarium ingezet om de invloed van de uitbreiding van de kaai muur op stroomsnelheden en bodemschuifspanningen te bepalen. Twee modelberekeningen werden uitgevoerd en geanalyseerd: de huidige situatie en de situatie met uitbreiding van de Nzt.

Invloedgebied

De uitbreiding van de Nzt zal het oostelijk deel van het Groot Buitenschoor, ongeveer tussen de steenstort bescherming van de pijpleiding en de huidige Nzt, nog meer afschermen van de getijstrooming, wat de reeds bestaande trend van sedimentatie verder kan bevorderen. De invloedzone van de uitbreiding bedraagt in totaal 5-21 ha, afhankelijk van welke parameters worden beschouwd.

Potentiële uitbreiding schorplatform

Ook in de huidige situatie is het intertidaal platform tussen de Nzt en de strekdam al zeer stromingsluw. Toch is er momenteel nauwelijks sprake van aangroei van het schorplatform direct afwaarts van de Nzt. Mogelijk is grootschalige schorvorming langs de oever beperkt door andere factoren dan de getijstrooming, zoals overstromingsduur, bodemsamenstelling, sedimentbeschikbaarheid of golfwerking. Deze parameters worden m.u.v. de golfwerking niet beïnvloed door de uitbreiding van de Nzt, maar kunnen wel een beperkende factor zijn voor aanvullende sedimentatie of vestiging van (pionier)vegetatie. Opvallend is dat in een kleine zone waar het schorplatform door steenstort wordt beschermd tegen golfwerking er in de huidige situatie wel sprake is van een gestage uitbreiding van het schor langs de dijk (Figuur 19). Scheepsgolven lijken daarom de meest waarschijnlijke beperkende factor voor verdere schorvorming. De uitbreiding van de Nzt op volle grond zal een grotere zone langs de oever beschermen tegen die scheepsgolven. Op lange termijn wordt daarom toch een uitbreiding van het schorplatform in de zone achter de terminal verwacht.



Figuur 19 – Luchtfoto ter illustratie van aangroei schorplatform langs de oever tussen 2005 (links) en 2022 (rechts).

Potentiële aangroei slikplatform

Langs de laagwaterlijn tussen de NZT en de hoger gelegen steenstort bescherming van de pijpleiding is sprake van een afname van de hydrodynamiek, wat de aangroei van intertidaal slik kan bevorderen. Hier zou het intertidaal platform over een zone van ongeveer 2 ha richting de geul kunnen uitbreiden. Dit proces van platformuitbreiding doet zich overigens al voor (Stark *et al.*, 2024). Echter, door de uitbreiding van de NZT zal een bredere zone van de vaargeul verdiept moeten worden voor het veilig in- en uitvaren van de schepen. De geul zelf zal dus richting het slik uitbreiden met een versteiling van het talud tot gevolg. Waarschijnlijk wordt de potentiële uitbreiding van het intertidaal slik hierdoor beperkt. Een optie kan zijn om het talud op deze locatie te beschermen met steenstort of een onderwaterdam, zodat het intertidaal toch kan uitbreiden richting de geul.

Overige conclusies

De hydrodynamiek op het hoger gelegen deel van de plaat direct ten zuiden van de strekdam, waar sprake is van erosie of afkalving langs de laagwaterlijn, vermindert niet. Er wordt dus geen verandering verwacht in de erosieve trend die in een ruime zone ten zuiden van de strekdam wordt geobserveerd (Stark *et al.*, 2024). Ook ten noorden (afwaarts) van de strekdam worden geen effecten op morfologische ontwikkelingen verwacht, aangezien de vloedstroming daar dominant is en niet beïnvloed wordt door de uitbreiding.

Tot slot wordt opgemerkt dat de ligplaatsen voor de NZT ter hoogte van de uitbreiding van de kaaimuur aan hogere stroomsnelheden onderhevig zijn dan de ligplaatsen voor de huidige kaaimuur, wat gunstig is om de ligplaats op diepte te houden. Anderzijds wordt een nautische beoordeling hiervan aanbevolen om het effect op het afmeermanoeuvr van schepen te onderzoeken.

Referenties

Chu, K.; Vanlede, J.; Decrop, B.; Mostaert, F. (2020). Validation of North Sea models: sub report 1. Validation and sensitivity analysis. Version 3.0. *FHR reports*, 19_058_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp.

Hervouet, J.-M. (2007). Hydrodynamics of Free Surface Flows: Modelling with the finite element method. ISBN 9780470035580. 390 pp. doi:10.1002/9780470319628

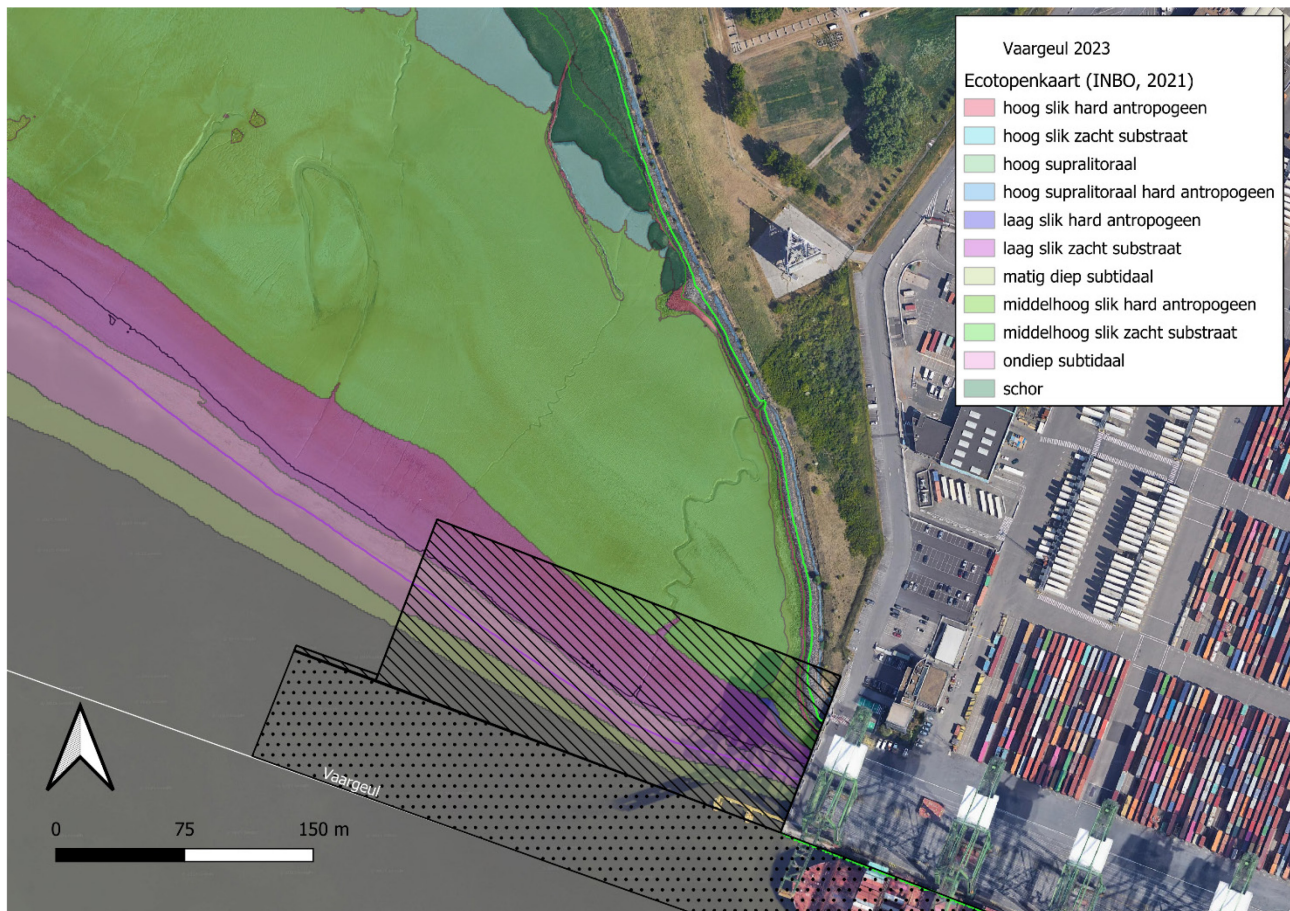
Smolders, S.; Bi, Q.; Vanlede, J. (2023). Complex Project ECA – Extra Containercapaciteit Antwerpen: Deelrapport 1. Hydrodynamisch model. conceptver. *WL Rapporten*, 20_091_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Stark, J.; De Maerschallck, B.; Vanlede, J. (2024). Uitbreiding Noordzeeterminal: Verkennend hydro-morfologisch onderzoek. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 24_029_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Van Braeckel, A.; Speybroeck, J.; Vanoverbeke, J.; Van Ryckegem, G.; Van den Bergh, E. (2018). Habitatmapping Zeeschelde subtidaal: Relatie tussen bodemdieren en hydro- en morfodynamiek. 99 pp.

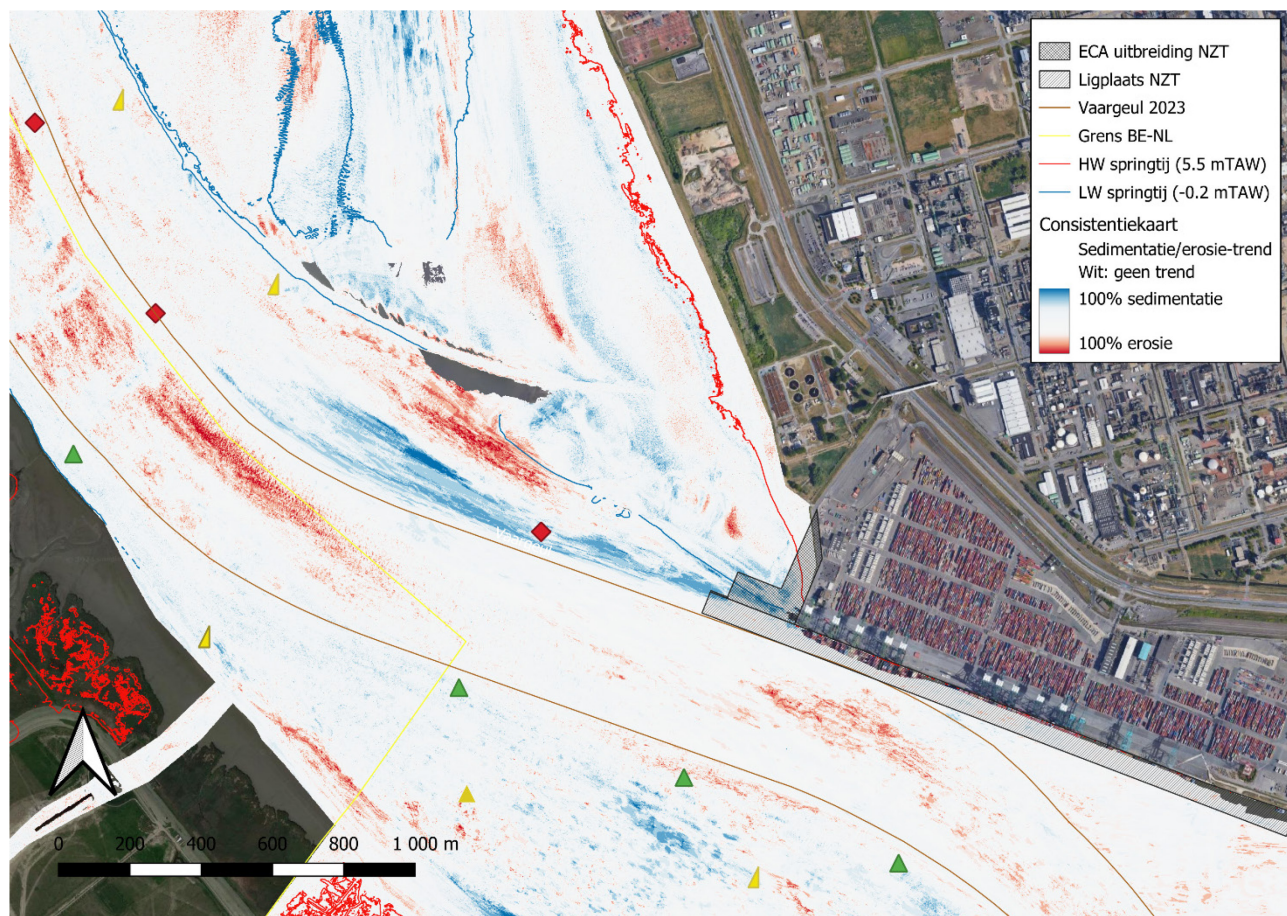
Vanlede, J.; Chu, K.; Smolders, S.; Decrop, B.; Mostaert, F. (2020). Update SCALDIS 2019: a 3D hydrodynamic model of the Scheldt Estuary: calibration report. Version 3.. *FHR reports*, PA016_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp.

Bijlage 1 – Ecotopenkaart



Figuur 20 – Ecotopenkaart INBO (2021) ter hoogte van Groot Buitenschoor.

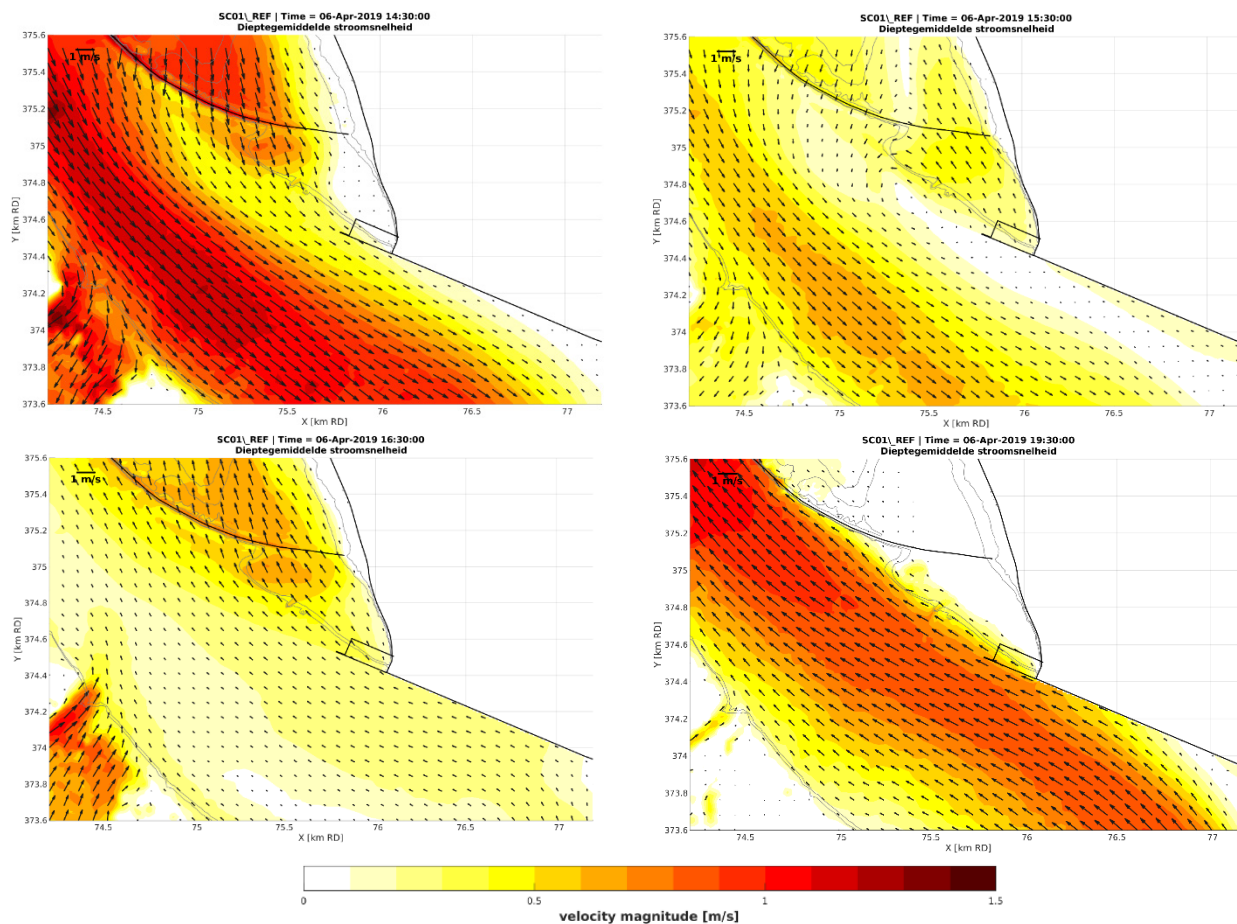
Bijlage 2 – Consistentiekaart



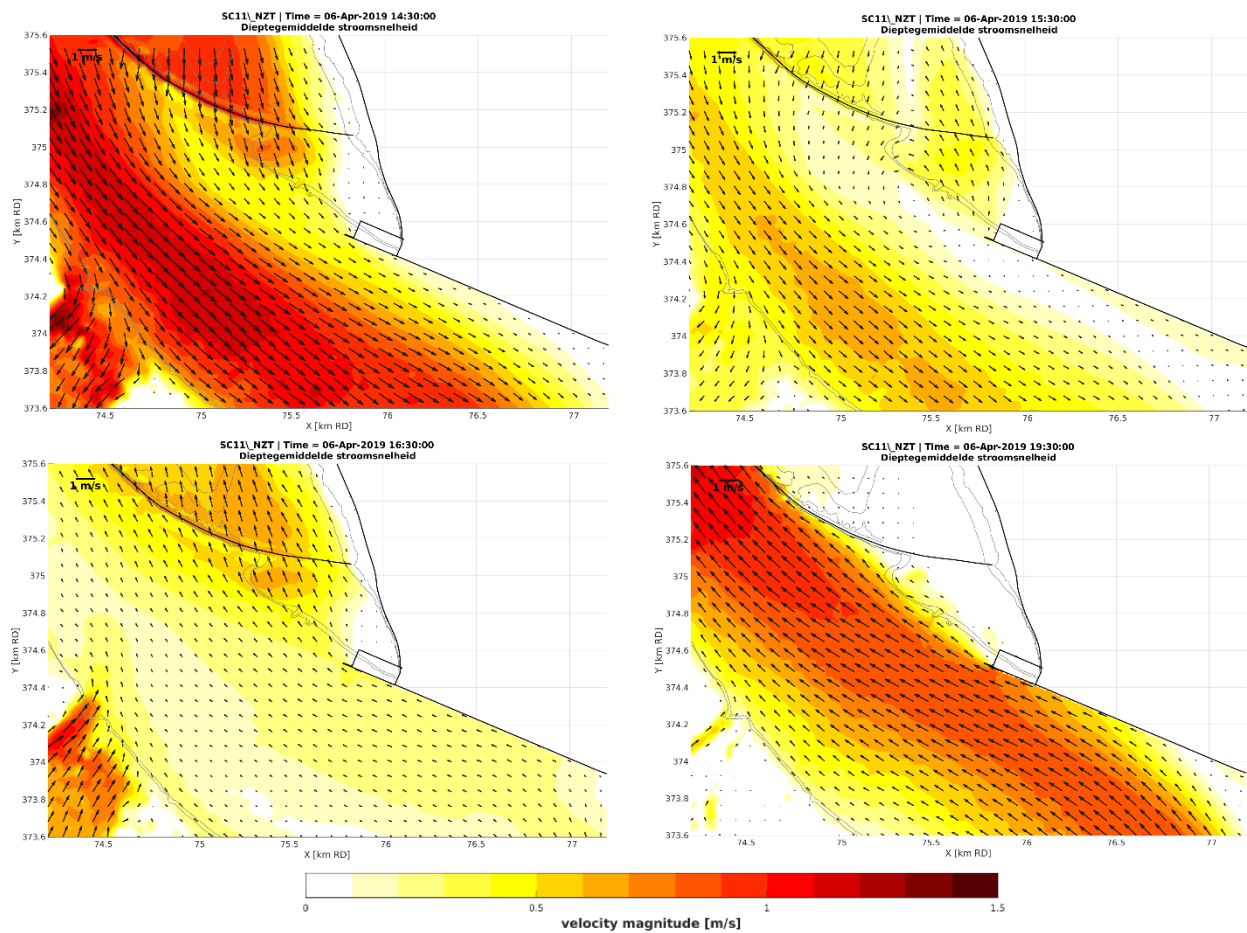
Figuur 21 – Consistentiekaart 2010-2023: Rood = consistente erosieve trend, blauw = consistente sedimentatie.

Bijlage 3 – Gemodelleerde stroombeelden

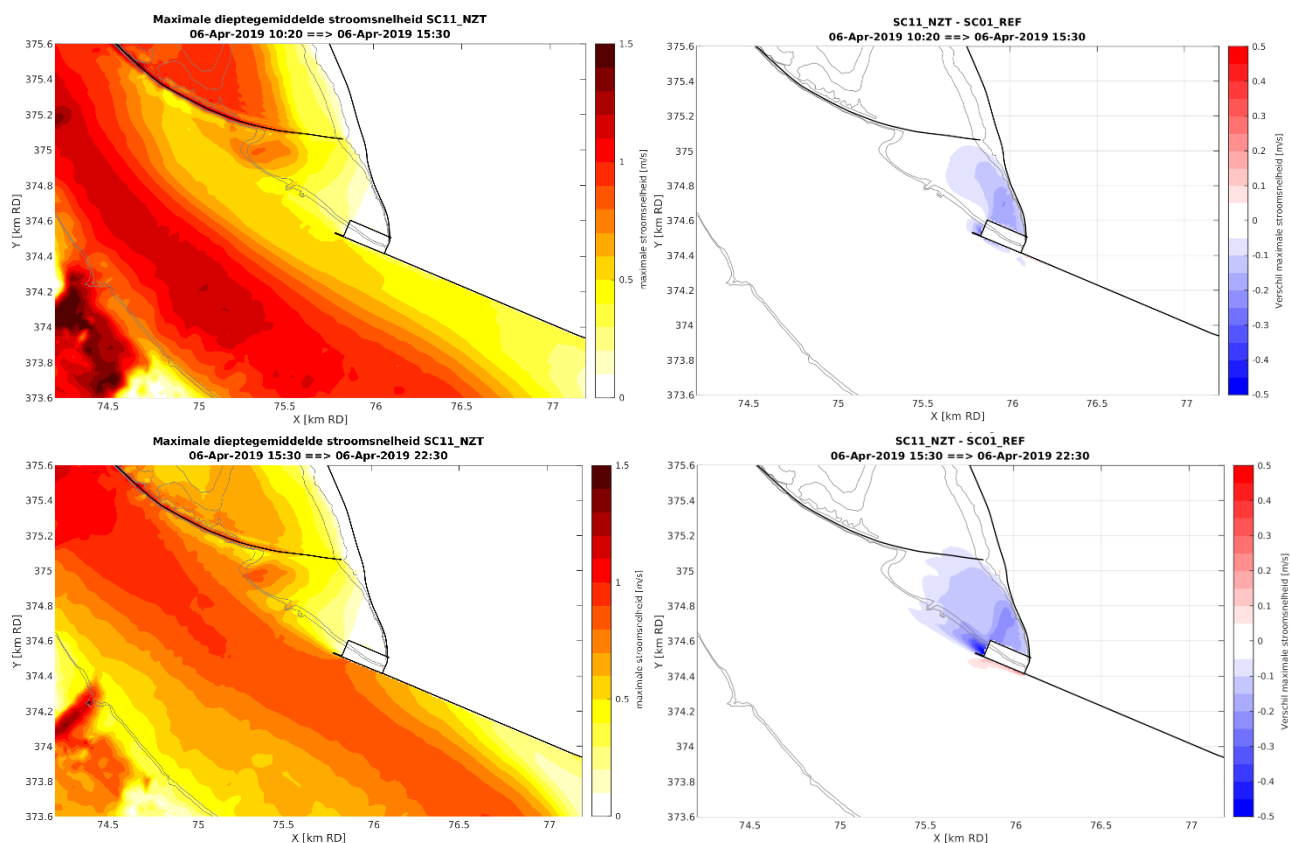
Springtij



Figuur 22 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor springtij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).

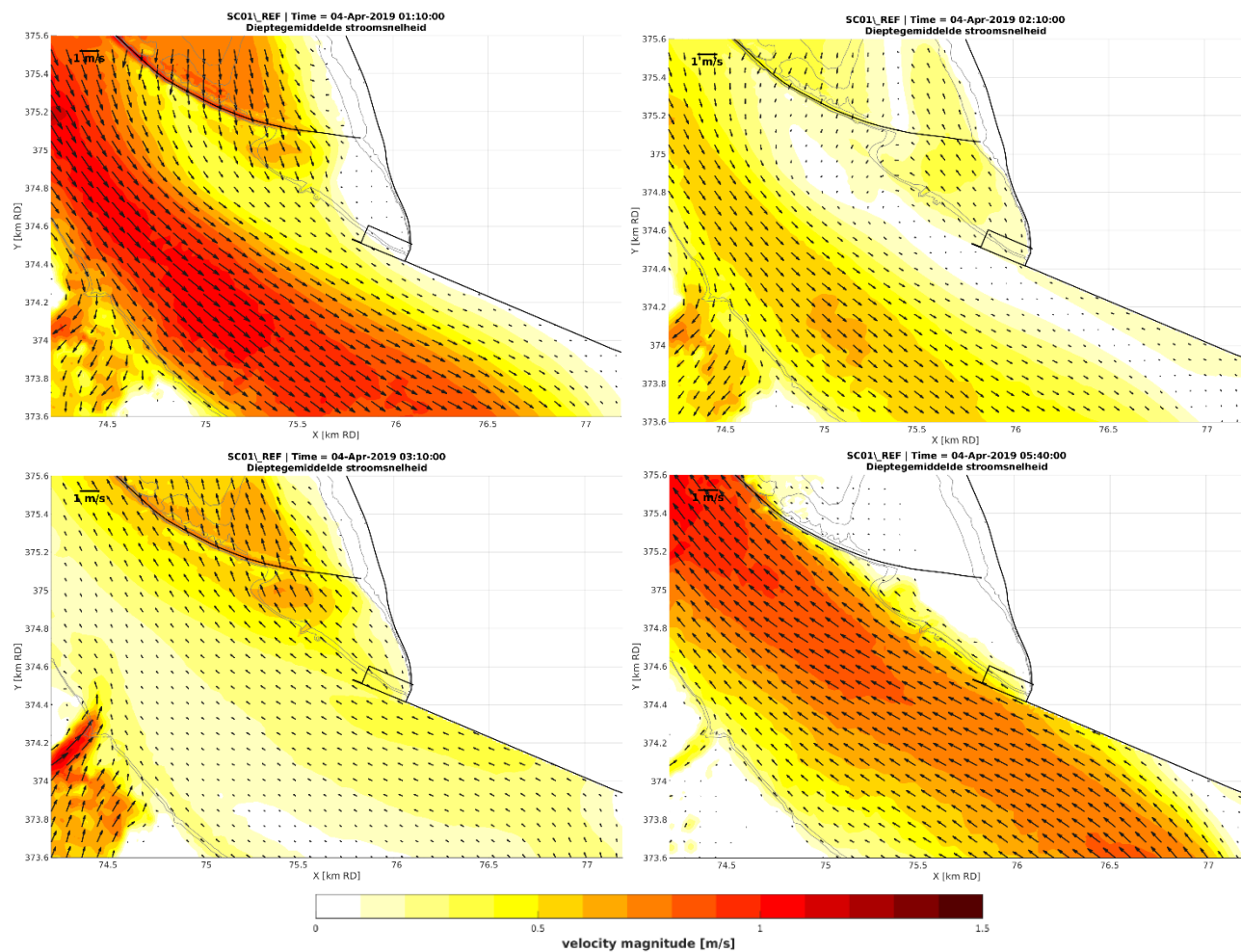


Figuur 23 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor springtij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).

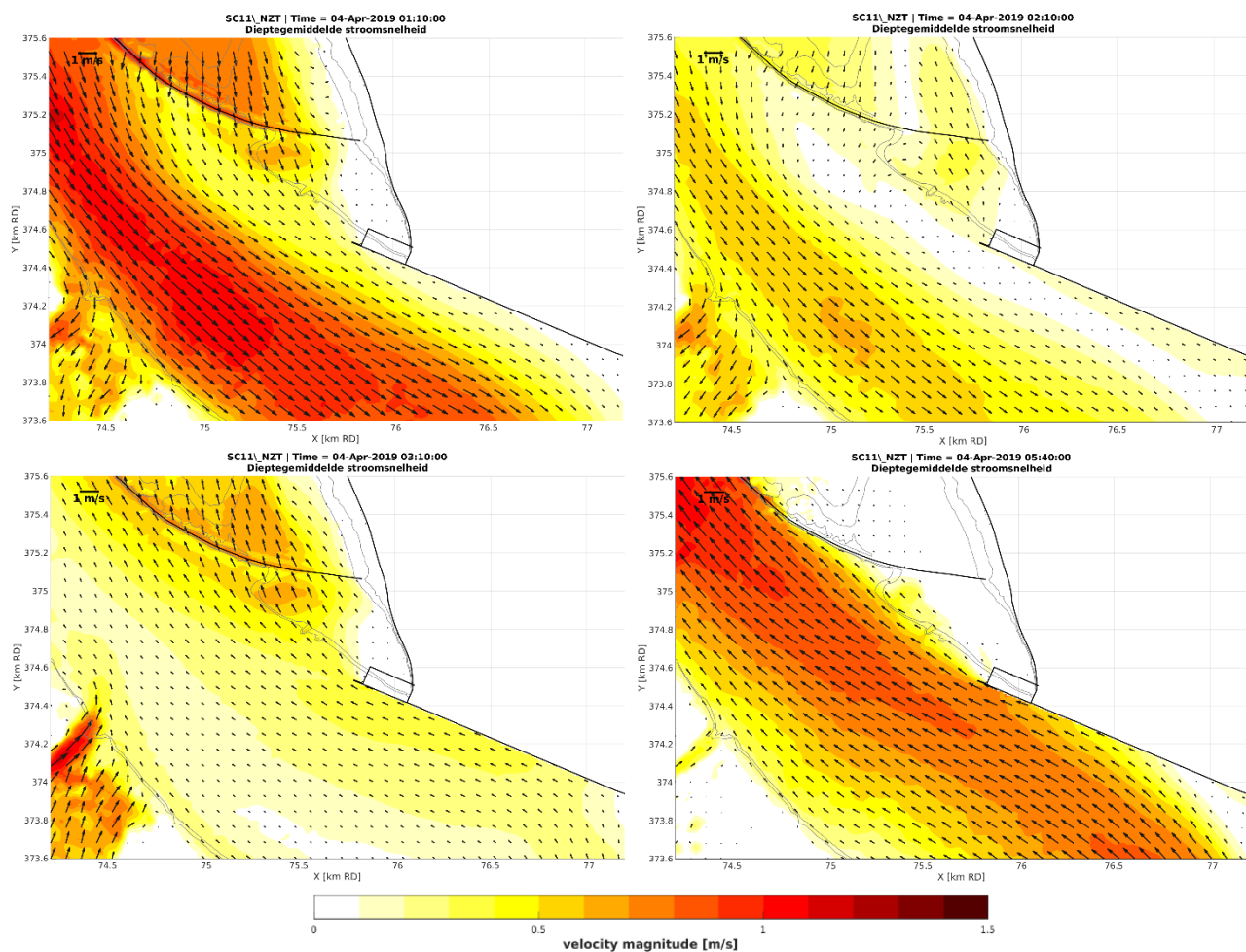


Figuur 24 – Maximum stroomsnelheden bij springtij tijdens vloedfase (linksboven) en ebphase (linksonder) na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).

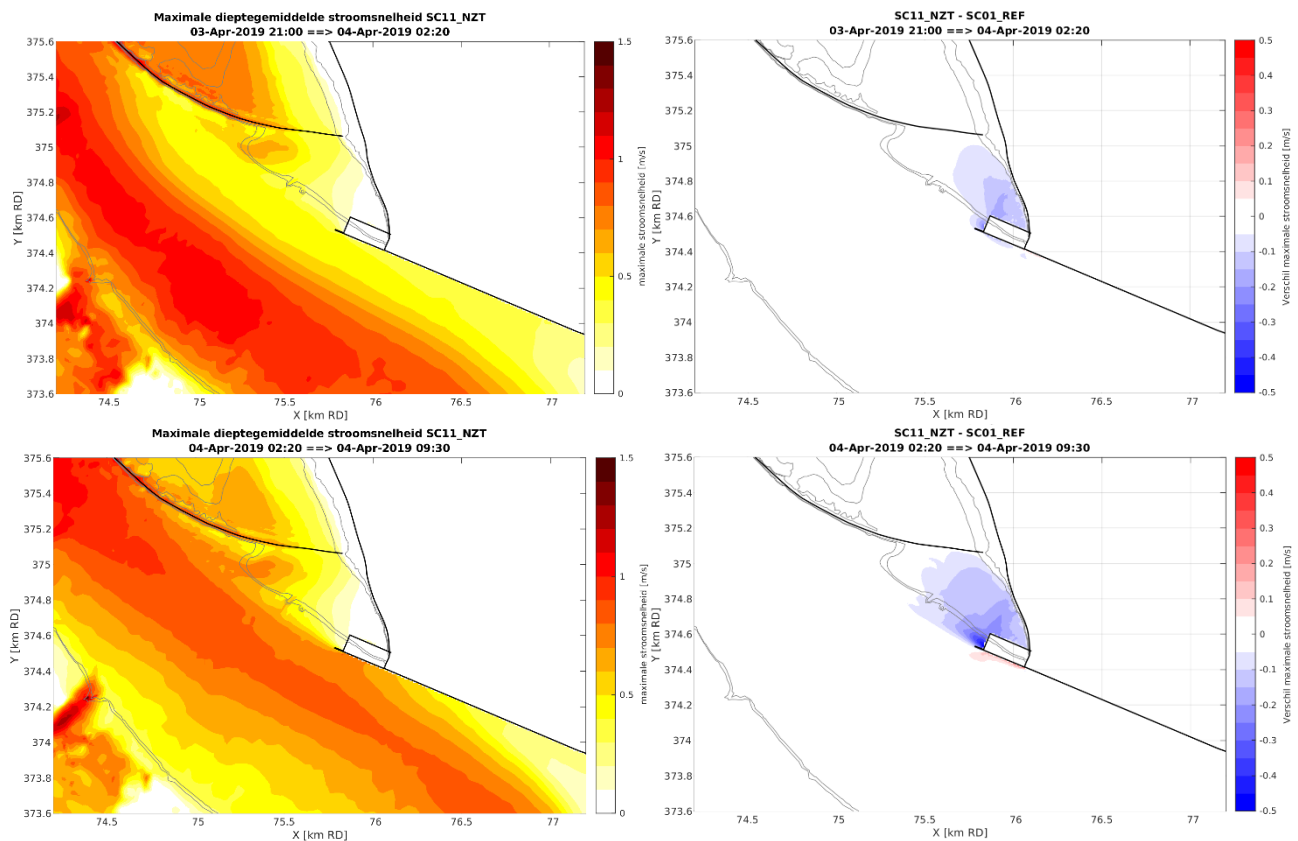
Gemiddeld tij



Figuur 25 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor gemiddeld tij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).

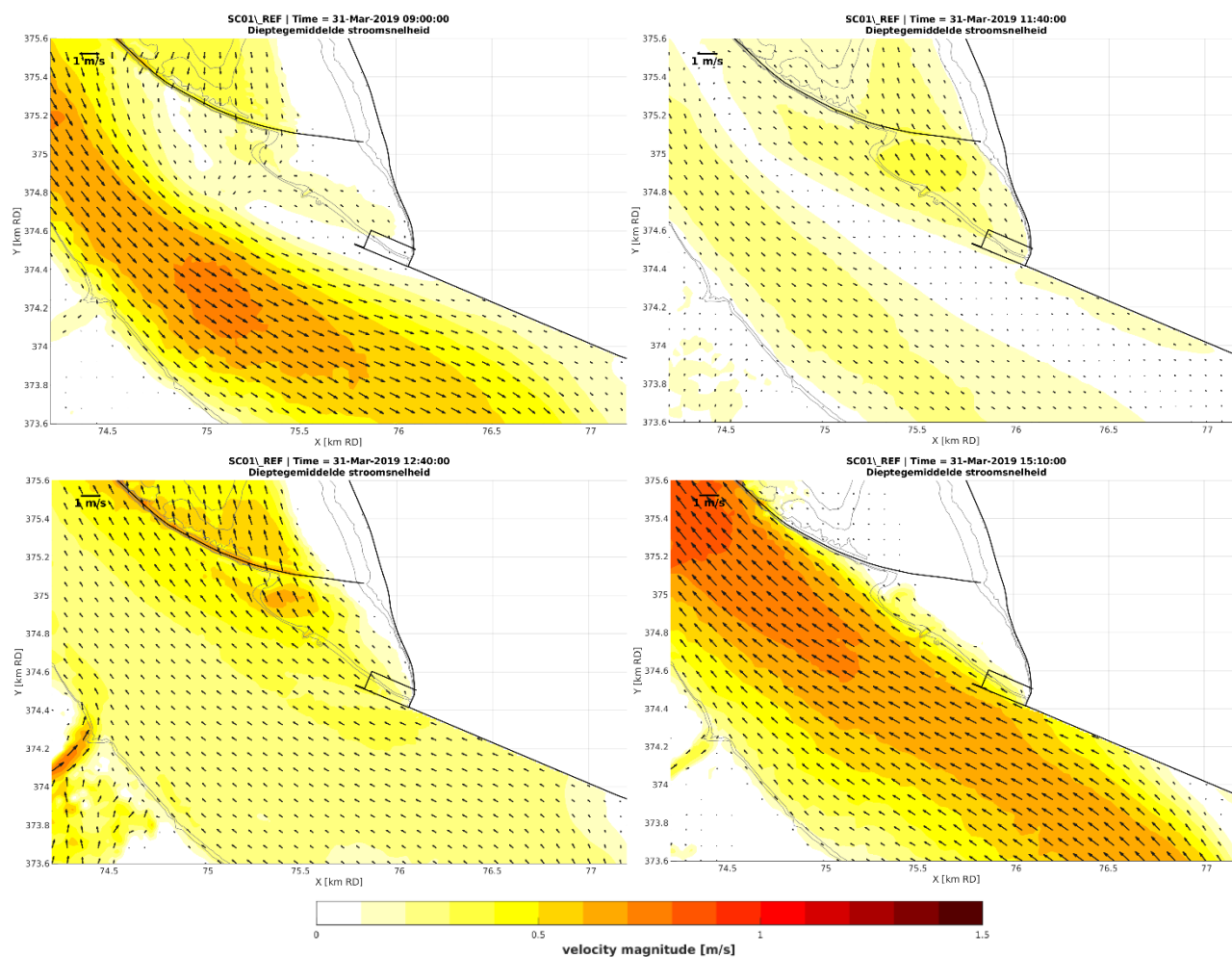


Figuur 26 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor gemiddeld tij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).

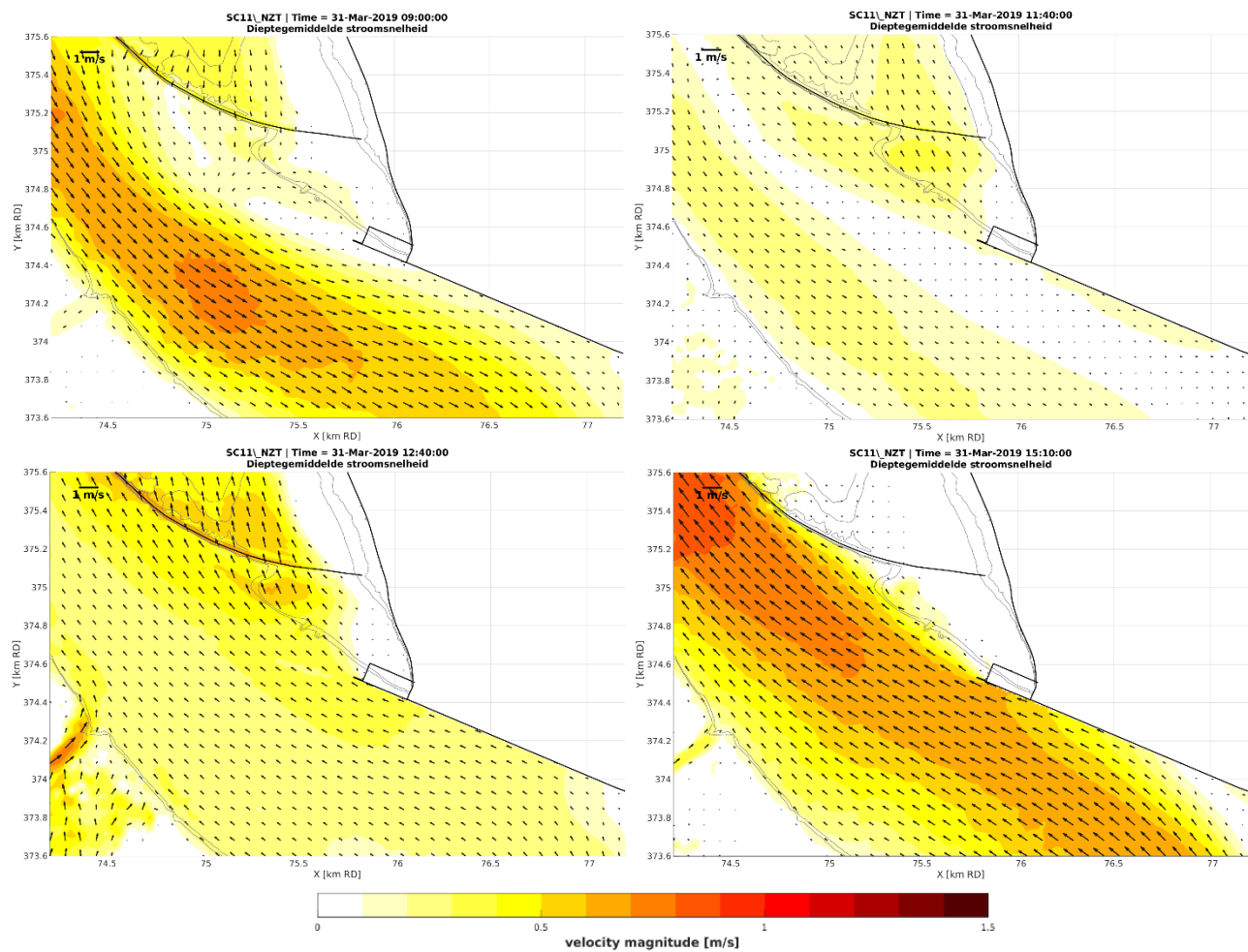


Figuur 27 – Maximum stroomsnelheden bij gemiddeld tij tijdens vloedfase (linksboven) en ebphase (linksonder) na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).

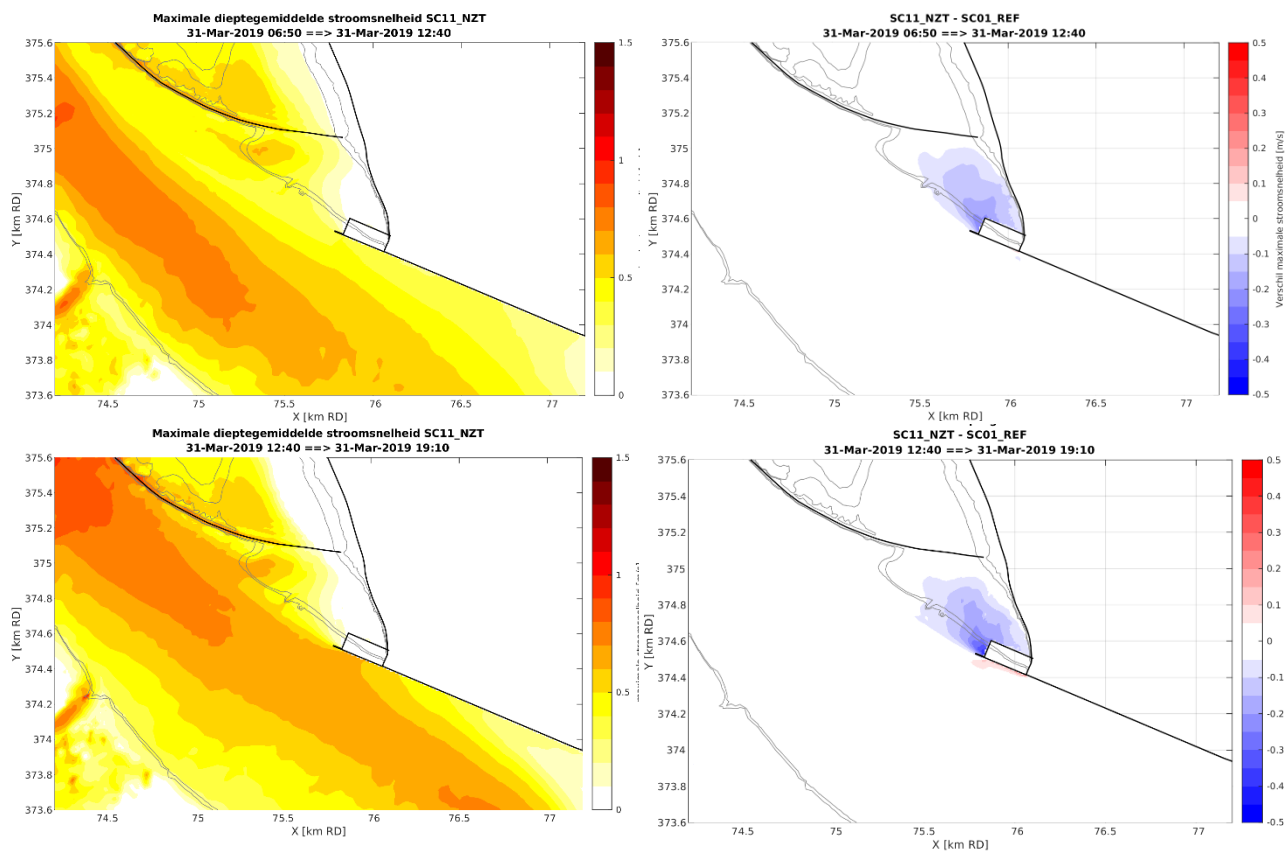
Doodtij



Figuur 28 – Gemodelleerde stroomvelden in de referentieberekening (SC01) voor doodtij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).

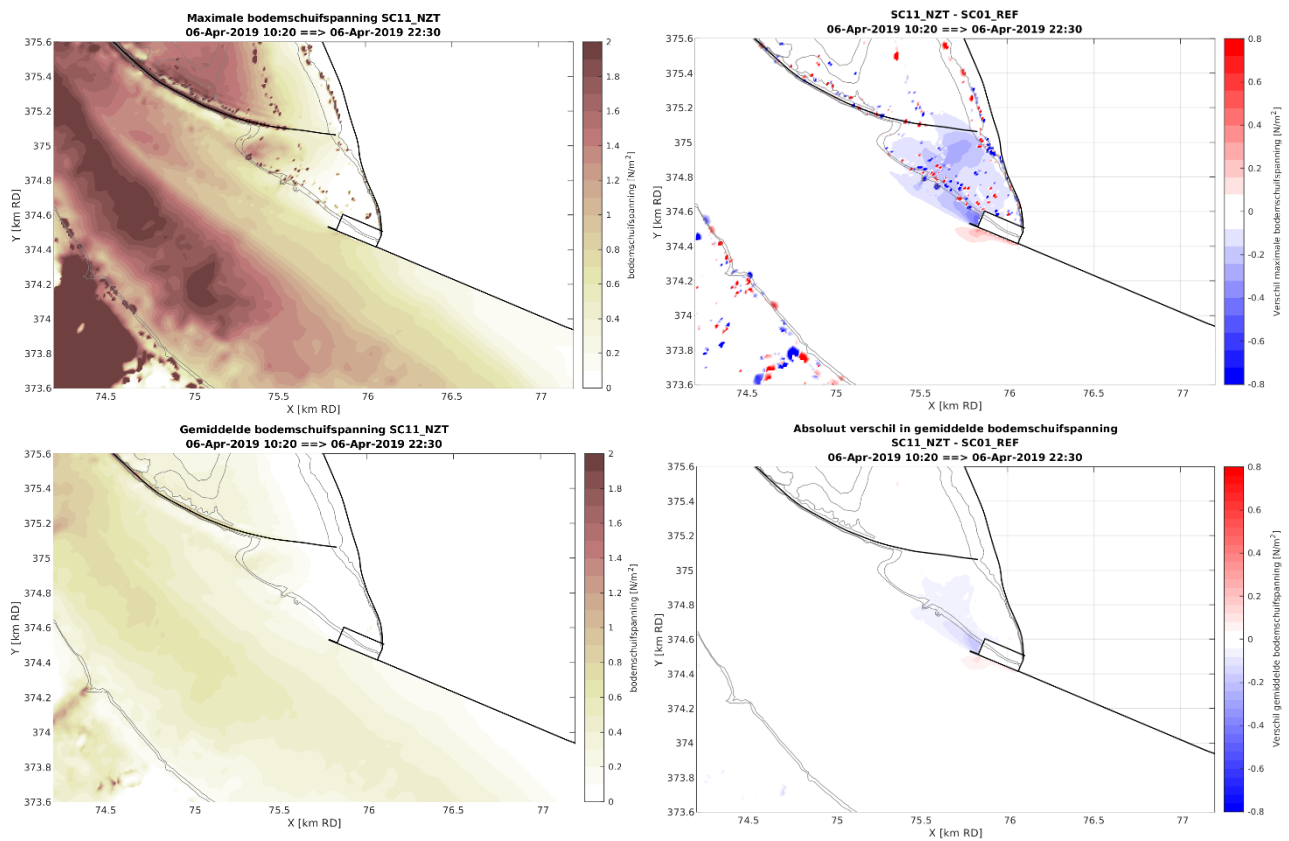


Figuur 29 – Gemodelleerde stroomvelden met uitbreiding Noordzeeterminal (SC11) voor doortij bij maximum vloed (linksboven), tijdens hoogwater (rechtsboven), één uur na hoogwater (linksonder) en tijdens maximum eb (rechtsonder).

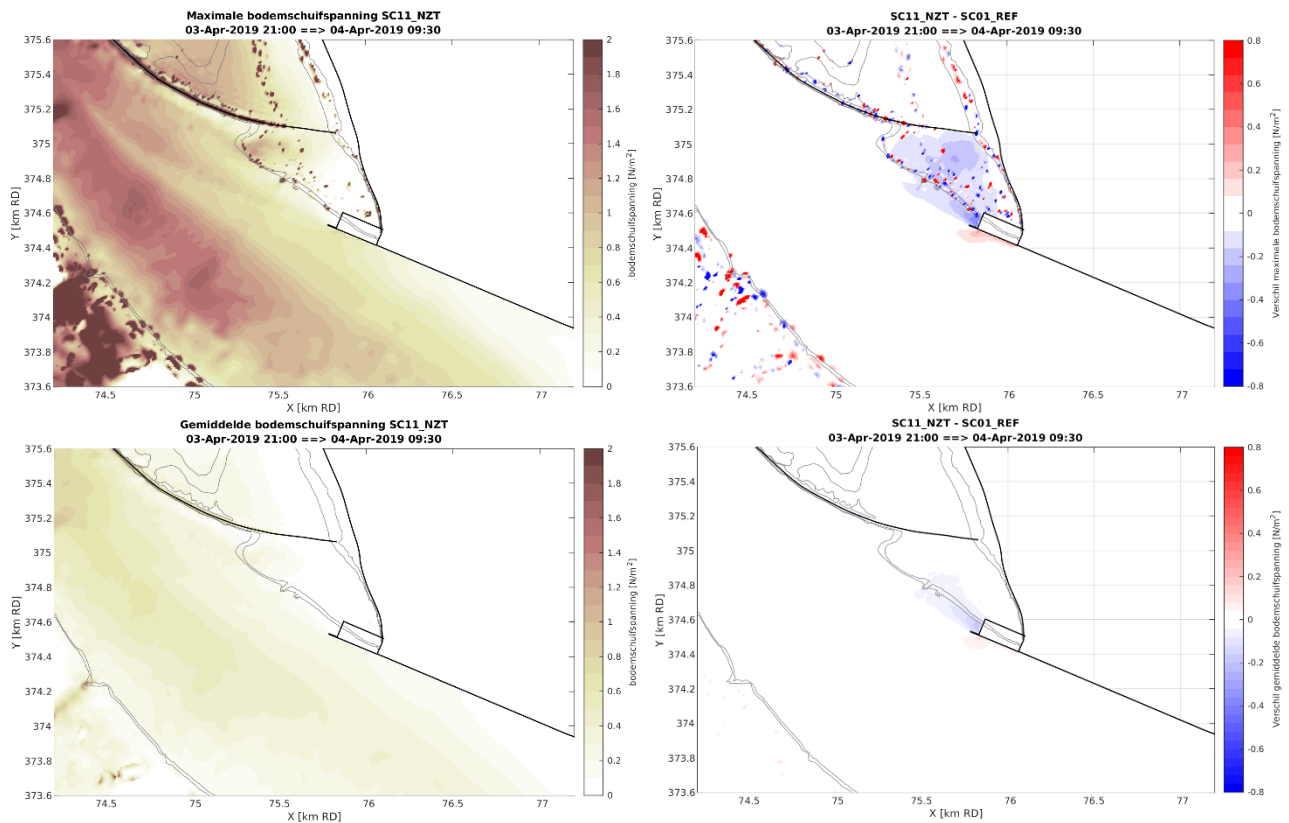


Figuur 30 – Maximum stroomsnelheden bij doortij tijdens vloedfase (linksboven) en ebfase (linksonder) na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).

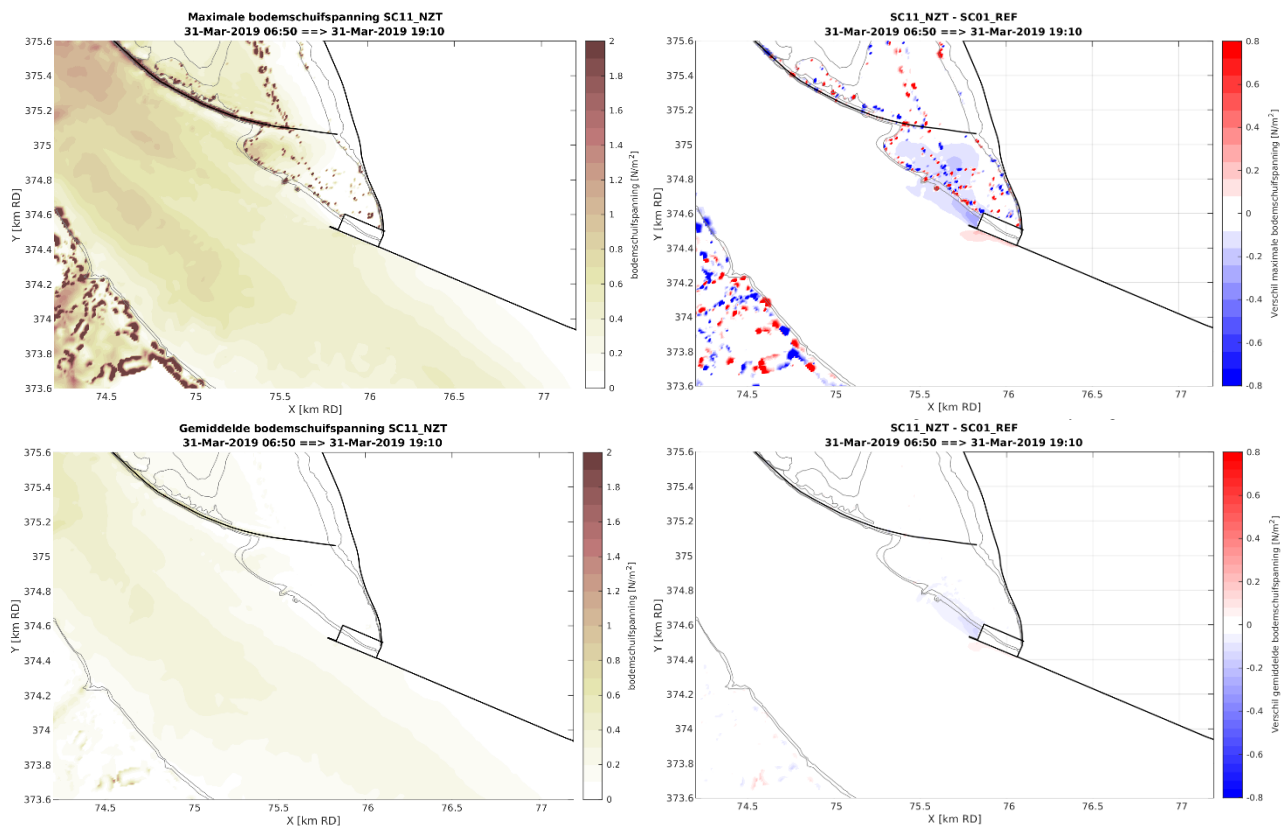
Bijlage 4 – Gemodelleerde bodemschuifspanning



Figuur 31 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij springtij na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).



Figuur 32 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij gemiddeld tij na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).



Figuur 33 – Maximum (boven) en gemiddelde (onder) bodemschuifspanning bij dood na uitbreiding NZT (SC11), en rechts het verschil met de huidige situatie (SC01).

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