An aerial photograph of a large body of water, likely a coastal area or a large lake. A ship is visible in the middle ground, moving across the water. In the background, a long dike or barrier stretches across the horizon. The sky is blue with some clouds. There are several large, semi-transparent shapes overlaid on the image: a light blue rectangle in the top right, a large light blue shape on the right side, and a large brown and white striped shape at the bottom. On the left side, there are several white, arrow-like shapes pointing right.

# Begrenzing Modellen

## Pilot gevoeligheid van snelheden: Rijnmamo-grof-2D

Project: NAUTILUS

Werkdocument: RIKZ/OS/2000.122X

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat



In opdracht van:

Directie Noordzee  
Directie Zuid-Holland  
Directie Zeeland  
Directie Noord-Holland  
Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 Varianten  
Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam  
Meetstrategie 2000+

## Begrenzing Modellen

### Pilot gevoeligheid van snelheden: Rijmamo-grof-2D

Project: NAUTILUS

Werkdocument: RIKZ/OS/2000.122X

Datum: juni 2000

Auteurs: A.W. Gebraad  
M. Verlaan



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**  
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ



---

# Inhoudsopgave

---

<b>Inhoudsopgave</b> .....	<b>3</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Pilot gevoeligheden van snelheden</b> .....	<b>6</b>
2.1 Inleiding .....	6
2.2 Locatie op open zee .....	7
2.2.1 Gevoeligheid u- en v-snelheid.....	7
2.2.2 Gevoeligheid bij verschillende getijfasen.....	10
2.3 Locaties in de Nieuwe Waterweg .....	11
2.4 Gevoeligheid voor windstress .....	12
2.5 De begrenzing van Rijnmamo-grof-2D .....	15
2.6 Conclusies .....	15
<b>3 Evaluatie 'Begrenzing Modellen'</b> .....	<b>16</b>
<b>Referenties</b> .....	<b>17</b>
<b>Bijlage A: Gevoeligheid snelheid op open zee</b> .....	<b>18</b>
<b>Bijlage B: Gevoeligheid snelheid in Nieuwe Waterweg</b> .....	<b>23</b>
<b>Bijlage C: Gevoeligheid waterstand in Hoek van Holland</b> .....	<b>28</b>



---

# Samenvatting

---

Het doel van het Nautilus-onderdeel 'Begrenzing Modellen' is de realisatie van een instrument, waarmee de relatie tussen de voorspelhorizon en de begrenzing van een model bepaald kan worden. Om de optimale begrenzing van een model te kunnen bepalen is gevoeligheidsonderzoek van groot belang. In twee voorgaande werkdocumenten [1] [2], die in het kader van 'Begrenzing Modellen' zijn verschenen is een methode beschreven, waarmee dit gevoeligheidsonderzoek efficiënt kan worden uitgevoerd. Deze methode is gebaseerd op zogenaamde geadjungeerde variabelen. In [1] en [2] is de gevoeligheid van de waterstand op een bepaalde locatie voor diverse modelparameters bestudeerd. In het huidige werkdocument, dat tevens het laatste is dat in het kader van 'Begrenzing Modellen' zal verschijnen, wordt de gevoeligheid van de snelheid onderzocht. Hiervoor is een pilot uitgevoerd met het Rijmamo-grof-2D model. Op een aantal locaties is de gevoeligheid van de snelheid voor waterstanden, snelheden en windstress in het gehele model bepaald. Hieruit blijkt dat de significante gevoeligheden van de snelheid in het algemeen heel lokaal zijn. In de Nieuwe Waterweg verspreiden de gevoeligheden zich wat meer dan op open zee, maar ook hier blijft de grootste gevoeligheid in de buurt van de pulslocatie. De gevoeligheid van de snelheid op de pulslocatie voor snelheden elders in het model laten een rondstroompatroon zien. Dit patroon wijzigt niet gedurende de tijd, wat er op wijst dat coriolis een ondergeschikte rol speelt in deze situatie.

In tegenstelling tot de gevoeligheid van de snelheid verspreidt de gevoeligheid van de waterstand zich als een golf die binnen een half uur de open rand van Rijmamo-grof-2D bereikt heeft. De voorspelling van de waterstand in Rijmamo-grof-2D wordt dus geheel bepaald door de randvoorwaarden.

Uit de drie pilots die in het kader van 'Begrenzing Modellen' zijn uitgevoerd is gebleken dat de methode van gevoeligheidsonderzoek met geadjungeerde variabelen heel geschikt is om de relatie tussen de voorspelhorizon en de begrenzing van een model te bepalen.





---

# 1 Inleiding

---

In het kader van het onderdeel 'Begrenzing Modellen' van het project Nautilus wordt er gewerkt aan een instrument waarmee de voorspelhorizon kan worden bepaald voor een gegeven modelgebied of (omgekeerd) de begrenzing van het model voor een gegeven voorspelhorizon. De voorspelhorizon is de maximale periode in de 'toekomst' waarvoor met het model een goede en betrouwbare voorspelling kan worden gemaakt. Om de begrenzing van een model doelmatig te kunnen kiezen, is het wenselijk van te voren inzicht te hebben in de verschillende gevoeligheden in het model. De methode die hiervoor wordt gebruikt is beschreven in het eerste deelrapport van 'Begrenzing Modellen' en is gebaseerd op geadjungeerde variabelen (zie werkdocument RIKZ/OS-98.154x [1]).

In 1998 en 1999 zijn er pilots uitgevoerd met het Dutch Continental Shelf Model (DCSM) en het Zuidelijke Noordzee Model (ZNZ) (zie [1] en [2], werkdocument RIKZ/OS-99.139x). Bij deze pilots is onderzoek gedaan naar de gevoeligheid van de *waterstand* op een bepaalde locatie voor waterstanden, snelheden en windstress op alle andere locaties in beide modellen. Door deze pilots werd bevestigd dat deze nieuwe manier van gevoeligheidsonderzoek zeker bruikbaar is. Voor de bepaling van de begrenzing van een model is het ook van belang de gevoeligheid van de *snelheid* voor diverse parameters te bestuderen. Daartoe is dit jaar een pilot gedaan met het Rijmamo-grof-2D model, waarbij de nadruk ligt op de gevoeligheden van de snelheid. Dit werkdocument beschrijft de resultaten van deze pilot (hoofdstuk 2) en evalueert de gebruikte methode als instrument voor de relatie tussen voorspelhorizon en modelbegrenzing (hoofdstuk 3). Dit is tevens het laatste werkdocument dat in het kader van 'Begrenzing Modellen' zal verschijnen.



---

## 2 Pilot gevoeligheden van snelheden

---

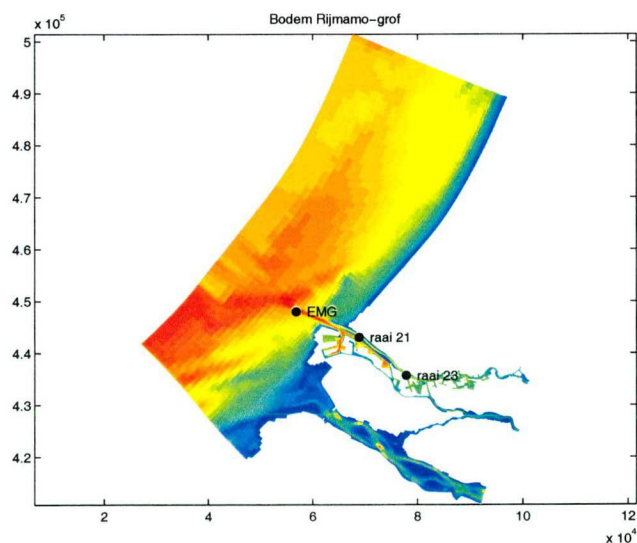
### 2.1 Inleiding

Als het geadjungeerde model (WAQAD) met een puls wordt geforceerd, beschrijven de geadjungeerde variabelen de gevoeligheid van een modelvariabele (waterstand of snelheid op een bepaalde locatie) voor waterstanden en snelheden in het gehele model (zie [1]). Om de gevoeligheid van de snelheid te bepalen met het geadjungeerde model moet er dus een snelheidspuls opgelegd worden. Op dit moment is dat nog niet mogelijk in de standaard-versie van WAQAD, omdat het calibreren op snelheden nog niet geïmplementeerd is. Daarom is gebruik gemaakt van een eigen (ad-hoc) versie van de code om de experimenten van deze pilot uit te voeren. In deze versie is het alleen mogelijk om de gevoeligheid van de snelheidscomponenten in de richting van het grid (u- of v-snelheid) te bepalen.

De gevoeligheid van de snelheid is voor twee types locaties in het model bestudeerd: op open zee (aan het einde van de Maasgeul), en in de Nieuwe Waterweg (aan het begin en aan het eind). Deze locaties zijn weergegeven in figuur 2.1. Voor de locatie op open zee zijn verschillende berekeningen gedaan om het verschil tussen een u-puls en v-puls te bestuderen en om te beoordelen of de gevoeligheid van de snelheid afhankelijk is van de fase in het getij. Dit wordt besproken in paragraaf 2.2. Vervolgens zijn een aantal berekeningen gedaan voor twee locaties op de Nieuwe Waterweg om de gevoeligheid van de snelheid daar te bepalen (zie paragraaf 2.3). Daarnaast is voor alle locaties de gevoeligheid voor de windstress bepaald (paragraaf 2.4). Bij al deze berekeningen is een gladde (in de tijd geleidelijk toenemende en vervolgens weer afnemende) puls opgelegd. In paragraaf 2.5 wordt de begrenzing van Rijmamo-grof geëvalueerd, waarbij ook een berekening van de gevoeligheid van de waterstand wordt betrokken. Tenslotte volgen in paragraaf 2.6 de conclusies van deze pilot.

---

**Figuur 2.1: Gebruikte locaties**





## 2.2 Locatie op open zee

Voor de locatie op open zee (Einde Maasgeul, kortweg EMG, m=59, n=16) zijn een aantal berekeningen gedaan met het Rijmamo-grof-2D model. Dit model heeft een tijdstap van 1 minuut. Voor alle berekeningen geldt dat de startdatum 15 september 1985 is met een starttijdstip van 24800 minuten. In alle gevallen is een gladde snelheidspuls opgelegd met een lengte van 10 minuten, waarbij de som van de pulsamplitudes gelijk is aan 1 m/s. Tabel 2.1 geeft de overige instellingen van de verschillende berekeningen weer.

Tabel 2.1: De verschillende berekeningen voor de locatie op open zee (EMG)

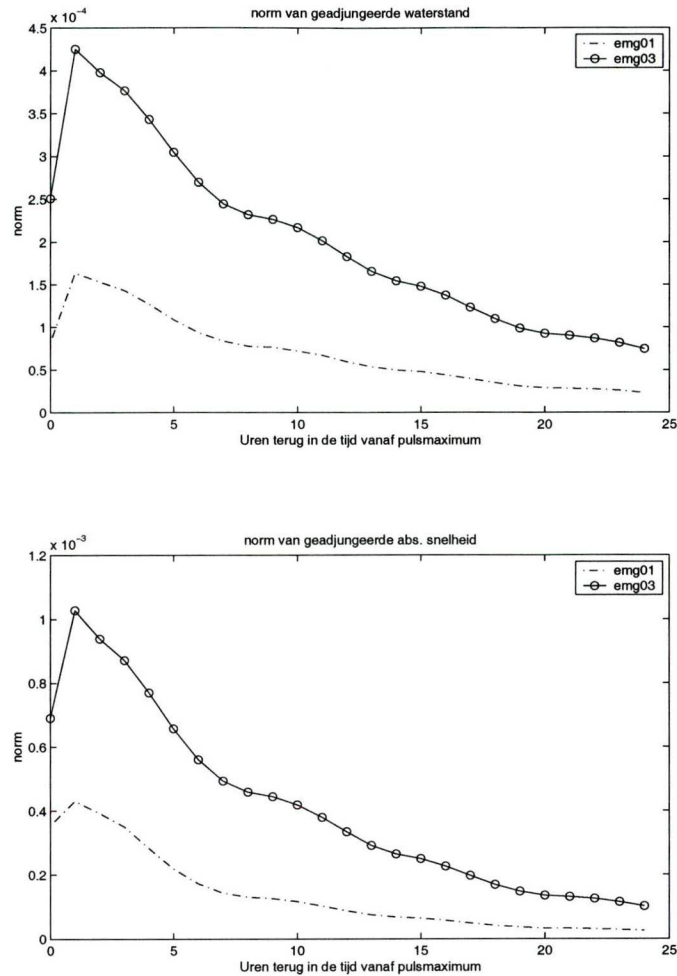
Berekening	Instellingen	
	soort puls	tijdstip puls maximum (min. na startdatum)
emg01	u-snelheid	27680 (= Hoogwater, Springtij)
emg03	v-snelheid	27680 (= Hoogwater, Springtij)
emg04	v-snelheid	27410 (= Laagwater, Springtij)
emg05	v-snelheid	35140 (= Hoogwater, Doodtij)
emg06	v-snelheid	34840 (= Laagwater, Doodtij)

### 2.2.1 Gevoeligheid u- en v-snelheid

Voor de locatie op open zee (EMG) zijn zowel de u- als de v-snelheid van belang. De u-snelheid is de snelheid evenwijdig aan de kust; de v-snelheid is de snelheid loodrecht op de kust. In figuur 2.2 is de norm (zoals gedefinieerd in [1]) van een berekening met een u-puls in EMG (emg01) vergeleken met de norm van een berekening met een v-puls op deze locatie (emg03). Deze norm wordt gebruikt als maat voor de gevoeligheid over het hele model. Hieruit blijkt dat de gevoeligheid van de u-snelheid ongeveer een factor 3 lager is dan de gevoeligheid van de v-snelheid. Aangezien EMG het einde van de Maasgeul is, zal de v-snelheid (loodrecht op de kust) hier nog dominant zijn en vooral erg gevoelig voor de v-snelheid in de buurt van EMG.



.....  
**Figuur 2.2: het verloop van de norm van de gadjungeerde waterstand (boven) en de gadjungeerde snelheid (onder) t.g.v. een u-puls (evenwijdig aan kust) in EMG (emg01) en een v-puls (loodrecht op kust) in EMG (emg03).**

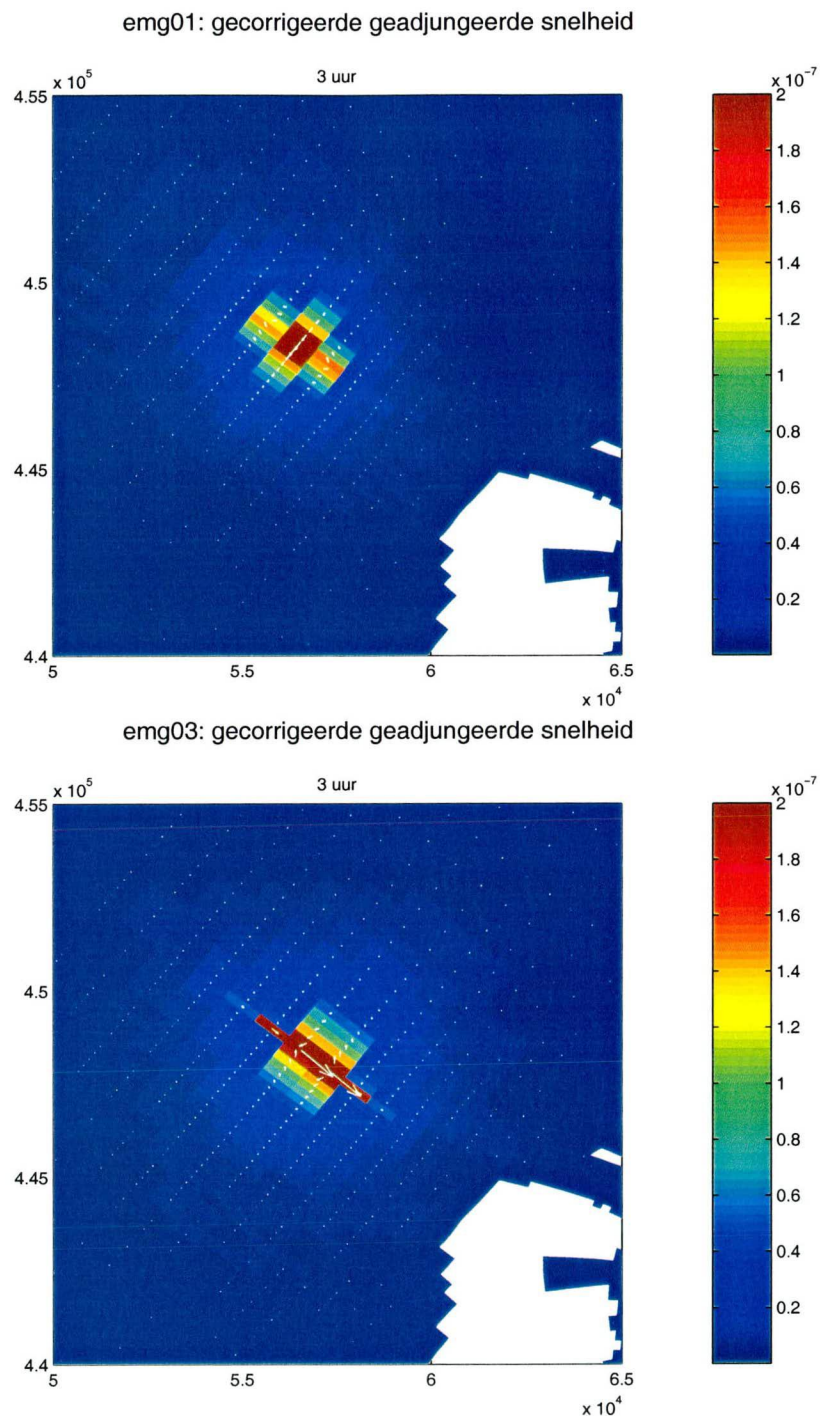


Figuur 2.3 toont het patroon van de gevoeligheid van de u-snelheid respectievelijk de v-snelheid voor de snelheden in het model drie uur voor het pulsmaximum. In beide figuren is eenzelfde patroon te zien: op de locatie van de puls en in het verlengde ervan (in de richting van de puls) zijn de grootste gevoeligheden in de richting van de puls. Dit is te verwachten, omdat de snelheid op een bepaalde locatie sterk afhankelijk is van de snelheid vlak voor en na die locatie in de richting van de stroming. Buiten deze hoofdstroom vertonen de gevoeligheden een rondstroom: vlak voor de pulslocatie (in de richting van de puls) is de grootste gevoeligheid van de hoofdstroom afgericht en vlak achter de puls naar de hoofdstroom toe. Hierdoor wordt er water onttrokken aan de voorzijde van de puls en water toegevoegd aan de achterzijde en dit heeft inderdaad een positief effect op de snelheid op de pulslocatie. Deze rondstroom heeft voor alle tijdstippen hetzelfde patroon. Coriolis is blijkbaar geen dominante factor in deze situatie.





.....  
**Figuur 2.3: het patroon van de gevoeligheid van de u-snelheid (boven) respectievelijk de v-snelheid (onder) voor de snelheden in het model drie uur voor het pulsmaximum.**



In Bijlage A wordt het verloop van de gevoeligheid van de v-snelheid voor de waterstand en snelheid in het model terug in de tijd weergegeven. De gevoeligheden zijn behoorlijk lokaal, ook voor een langere periode vóór het pulsmaximum. Heel zwak is nog wel een weglappende golf te zien (bij de gevoeligheid voor de waterstand 0 uur voor het pulsmaximum; als de puls op de helft is), die binnen een uur de open rand bereikt heeft, maar de lokale gevoeligheid is veel groter. De v-snelheid op EMG is dus nauwelijks afhankelijk van de snelheid en waterstand op locaties verder dan ongeveer 3-5 km van EMG zelf. Voor de u-snelheid zijn soortgelijke gevoeligheden gevonden. Verder



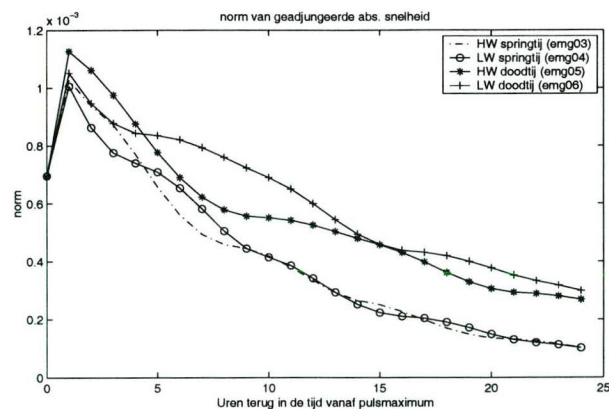
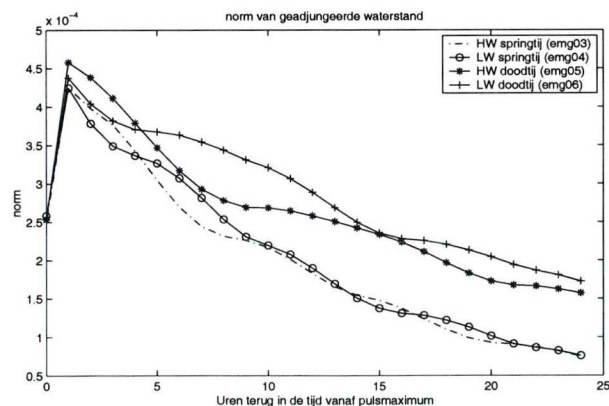
valt op dat de gevoeligheden relatief langzaam uitdempen, zowel voor de waterstanden als de snelheden: zelfs 23 uur voor het pulsmaximum is er nog gevoeligheid.

Het patroon van de gevoeligheid voor de waterstand is gedeeltelijk verklaarbaar: achter de pulslocatie (in de richting van de puls) is een verhoging van de waterstand te zien, waardoor inderdaad een stroming in de richting van de puls zal ontstaan. Voor de pulslocatie is een verlaging van de waterstand, wat hetzelfde effect op de snelheid zal hebben. Naast de lijn in de richting van de puls is het effect omgekeerd; dit wordt mogelijk veroorzaakt door overshoot van de waterstandsverhoging respectievelijk verlaging op de centrale lijn. Een berekening met een ruimtelijk gladde puls gaf hetzelfde patroon te zien; het is dus geen numeriek effect.

### 2.2.2 Gevoeligheid bij verschillende getijfasen

Berekeningen emg03 t/m emg06 zijn uitgevoerd om de gevoeligheid van de v-snelheid bij verschillende getij-fases te bestuderen. In figuur 2.4 wordt het verloop van de norm getoond voor deze vier berekeningen. De vorm van het verloop van de norm hangt af van het feit of de puls op hoogwater of op laagwater plaatsvindt. Zowel bij hoogwater als bij laagwater is een slingering te zien, die tegengesteld aan elkaar is. Deze slingering heeft een periode van ongeveer 13 uur en hangt samen met de getijfase: bij kentering zijn de stroomsnelheden laag en zal er relatief weinig energieverlies optreden, waardoor de norm minder snel afneemt. Bij eb of vloed zijn de snelheden hoog, waardoor er relatief veel energieverlies optreedt en de norm dus snel afneemt. De norm neemt sneller af bij springtij dan bij doortij, omdat bij doortij de snelheden lager zijn en er minder energieverlies optreedt.

Figuur 2.4: het verloop van de norm van de gadjungeerde waterstand (boven) en de gadjungeerde snelheid (onder) t.g.v. een v-puls bij hoogwater springtij (emg03), laagwater springtij (emg04), hoogwater doortij (emg05) en laagwater doortij (emg06)





### 2.3 Locaties in de Nieuwe Waterweg

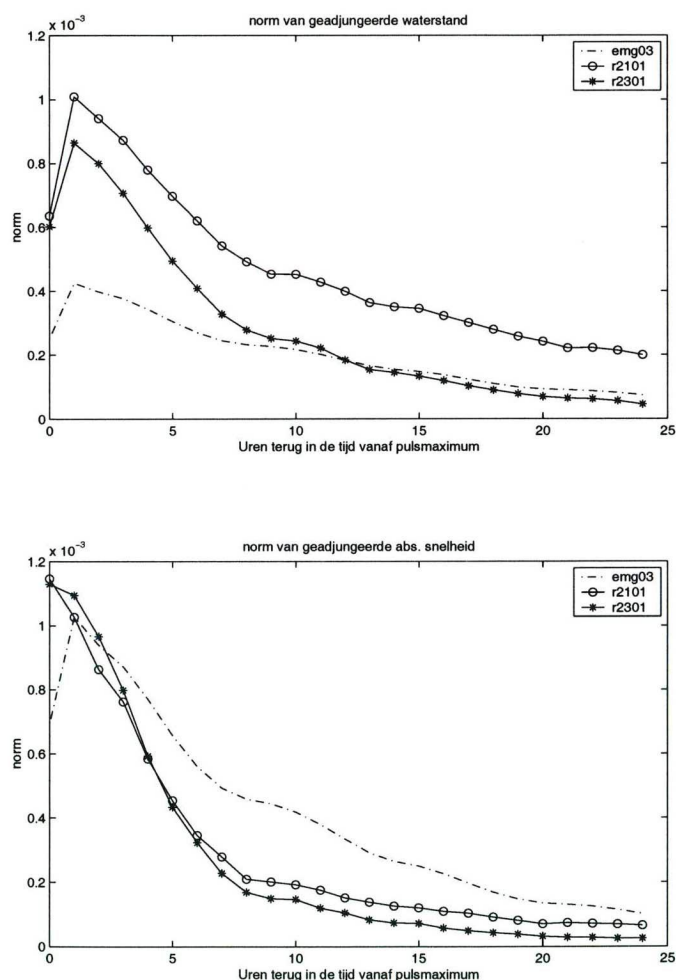
Voor twee locaties, namelijk raai 21 (begin Nieuwe Waterweg) en raai 23 (einde Nieuwe Waterweg) is een berekening uitgevoerd met een v-puls op hoogwater, springtij (zie tabel 2.2). Omdat de u-snelheid (= snelheid loodrecht op Nieuwe Waterweg) zeer ondergeschikt is aan de v-snelheid zijn er geen berekeningen uitgevoerd met een u-puls.

Tabel 2.2: De verschillende berekeningen voor de locaties op de Nieuwe Waterweg

Berekening	Instellingen	
	locatie (m, n)	tijdstip puls maximum (min. na startdatum)
r2101	raai21 (52,50)	27680 (= Hoogwater, Springtij)
r2301	raai23 (53,89)	27680 (= Hoogwater, Springtij)

In figuur 2.5 wordt het verloop van de norm van deze berekeningen vergeleken met de norm van berekening emg03 (identieke instellingen, behalve de locatie). De gevoeligheid in de Nieuwe Waterweg is in eerste instantie hoger, maar dempt sneller uit, omdat het daar ondieper is.

Figuur 2.5: het verloop van de norm van de gadjungeerde waterstand (boven) en de gadjungeerde snelheid (onder) t.g.v. een v-puls op open zee (emg03), aan het begin van de Nieuwe Waterweg (r2101) en aan het eind van de Nieuwe Waterweg (r2301)



In Bijlage B wordt het verloop van de gevoeligheid van de v-snelheid voor de waterstand en snelheid in het model terug in de tijd weergegeven voor berekening r2101. Voor berekening r2301 zijn soortgelijke figuren gevonden. De gevoeligheid van de v-snelheid voor de waterstand in het gebied strekt zich verder uit dan bij de locatie op open zee (zie bijlage A). De geometrie van het model en de lokale diepte zijn dus duidelijk van belang voor de verspreiding van

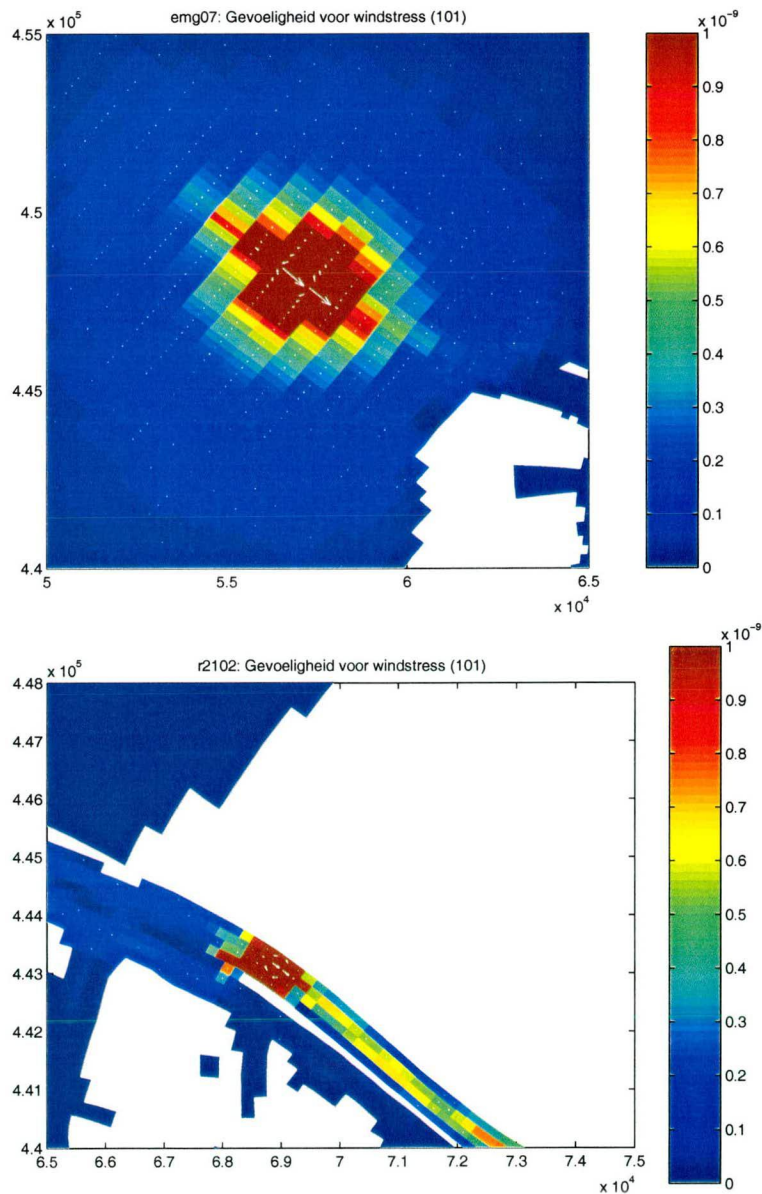


de gevoeligheden. Wel blijft ook hier de gevoeligheid op de locatie van de puls nog aanwezig tot minstens 23 uur voor het tijdstip van het pulsmaximum.

## 2.4 Gevoeligheid voor windstress

Ook de gevoeligheid voor de windstress kan bepaald worden met behulp van de geadjungeerde variabelen (zie [1]). De gevoeligheid voor constante windstress van de snelheid loodrecht op de kust ( $v$ -snelheid) in EMG (op open zee) en in raai 21 (begin Nieuwe Waterweg) wordt getoond in figuur 2.6. Het patroon is identiek aan dat van de gevoeligheid voor de snelheid (zie figuur 2.3). Dit is te verwachten aangezien de gevoeligheid voor de windstress is opgebouwd uit de gevoeligheid voor de snelheid op alle tijdstippen. Omdat dat patroon voor alle tijdstippen identiek was, zal de sommatie (de gevoeligheid voor de windstress) ook zo'n patroon te zien geven. Dit geldt voor beide locaties. Wel is in de Nieuwe Waterweg de rondstroming van de zelfde orde als de hoofdstroom, terwijl dit midden op zee niet het geval is.

.....  
**Figuur 2.6: Gevoeligheid van de  $v$ -snelheid voor de windstress in EMG (boven) en in raai 21 (onder). In de figuren geven pijlen van gelijke lengte dezelfde waarde weer.**





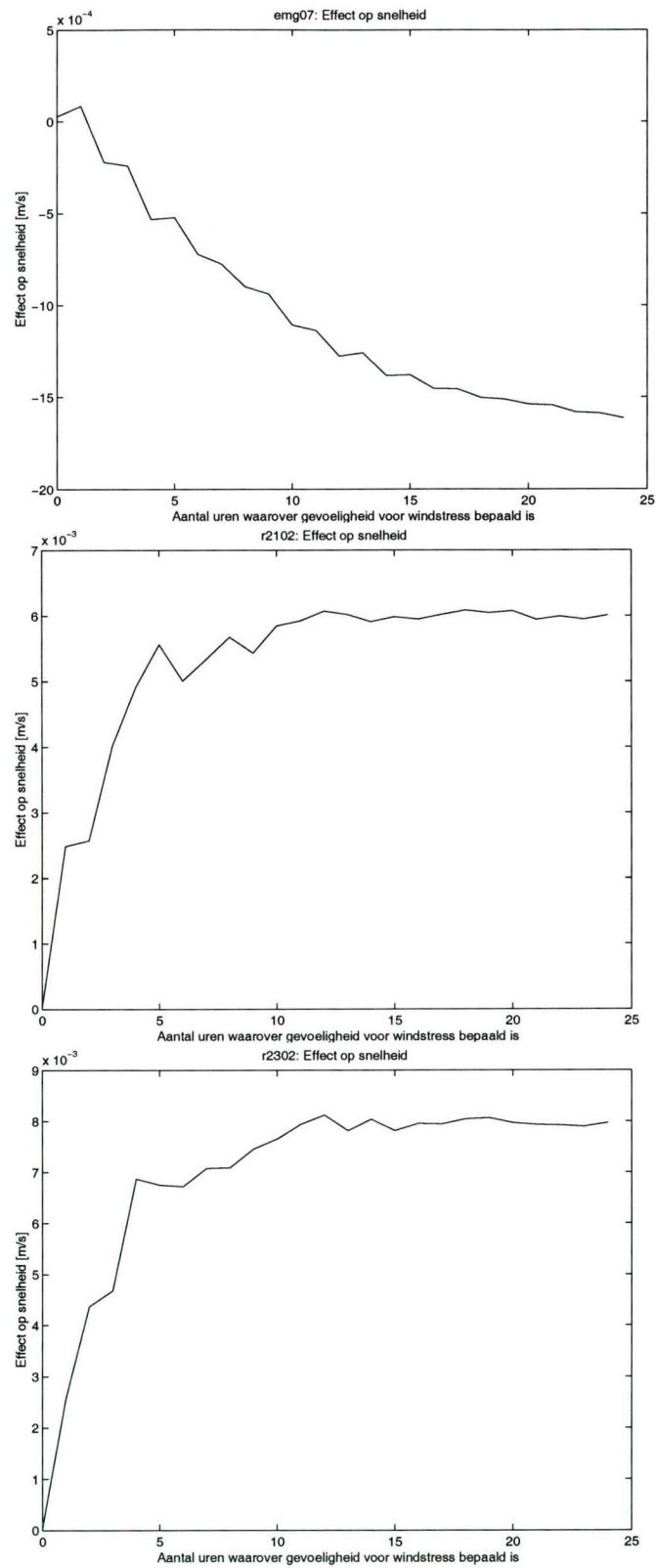


---

Uit de gevoeligheid voor de windstress kan het effect van een bepaald windveld op de  $v$ -snelheid bepaald worden. Figuur 2.7 toont het effect van een globale Westenwind van 15 m/s op de  $v$ -snelheid in alle drie locaties als functie van het aantal uren voor het pulsmaximum dat meegenomen is in de berekening van de gevoeligheid voor de windstress (zie vergelijking B.2 in [2]). Dit aantal uren kan worden beschouwd als het aantal uren vóór het tijdstip van het pulsmaximum dat het windveld al optreedt. De verwachting is dat het effect op de  $v$ -snelheid op een gegeven moment zal convergeren naar een constante waarde, die kan worden beschouwd als het effect dat ontstaat bij een langdurige constante wind. Op open zee (EMG) zien we dat het effect op de snelheid op de pulslocatie van bovengenoemd windveld negatief is. Bij diepteverschillen zal dit windveld het water op de ondiepe delen in de windrichting opstuwen, zodat het op diepe delen weer terugstroomt. Aangezien EMG op een diep gedeelte ligt zal het effect op de snelheid daar negatief zijn. Raai 21 ligt juist op een relatief ondiep gedeelte, want aan de andere kant van de Nieuwe Waterweg is de geul dieper. Het resultaat van raai 23 is vergelijkbaar met het resultaat van raai 21, omdat de Nieuwe Waterweg als een geheel reageert. Het effect van het windveld op de snelheden is overigens opvallend klein: maximaal 8 mm/s. Dit komt overeen met de ervaring met voorwaartse berekeningen in kleinschalige modellen: ook dan wordt vaak maar een klein effect gevonden als er wind wordt toegevoegd. Ook bij Rijmamo-grof-3D is dit geconstateerd bij het gevoeligheidsonderzoek in het kader van reproductienauwkeurigheid (zie [3]).



.....  
**Figuur 2.7: Effect op de v-snelheid in EMG, raai 21 en raai 23 van een homogeen windveld uit het westen van 15 m/s.**





---

## 2.5 De begrenzing van Rijmamo-grof-2D

Om een uitspraak te kunnen doen over de begrenzing van Rijmamo-grof-2D is ook een berekening met een waterstandspuls (gladde puls met een lengte van 6 minuten) in Hoek van Holland uitgevoerd. In Bijlage C is de gevoeligheid van de waterstand in Hoek van Holland voor de waterstanden respectievelijk snelheden in het model opgenomen. De gevoeligheden lopen als een golf weg en hebben na 25 minuten de open rand bereikt. Voor de voorspelling van waterstanden is Rijmamo-grof-2D dus geheel afhankelijk van de randvoorwaarden.

Voor de voorspelling van snelheden is maar een beperkt gebied van belang. De gevoeligheden zijn heel lokaal en zijn aanwezig voor een lange periode voor het pulsmaximum. Rijmamo-grof-2D is dus wel groot genoeg om de effecten van lokale verstoringen op de snelheid te bepalen.

Hierbij moet worden benadrukt dat deze studie betrekking heeft op het 2D-model. Voor Rijmamo-grof-3D zou de begrenzing anders kunnen liggen, omdat 3D-effecten dan rol gaan spelen. Een andere relativisering betreft het zouttransport, dat niet in het geadjungeerde model meegenomen is. Hoewel dit proces op een grotere tijdschaal plaatsvindt dan de waterbeweging kan het invloed hebben op de resultaten.

## 2.6 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van gevoeligheidsonderzoek met Rijmamo-grof-2D besproken. In deze pilot is de nadruk gelegd op de gevoeligheid van de snelheid op een aantal locaties voor waterstanden, snelheden en windstress in het gehele model. Uit deze pilot kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In het algemeen zijn de significante gevoeligheden van de snelheid heel lokaal. In de Nieuwe Waterweg verspreiden de gevoeligheden zich wat meer dan op open zee, maar ook hier blijft de grootste gevoeligheid in de buurt van de pulslocatie.
- De snelheid is afhankelijk van waterstanden en snelheden lang voordat de snelheid zelf optreedt. Blijkbaar kunnen bepaalde wervels heel lang blijven bestaan.
- De gevoeligheid van de snelheid op de pulslocatie voor snelheden elders in het model laten een rondstrooppatroon zien. Dit patroon wijzigt niet gedurende de tijd, wat er op wijst dat coriolis een ondergeschikte rol speelt in deze situatie.
- De gevoeligheid van de snelheid is enigszins afhankelijk van het moment in de getijfase dat de snelheid optreedt. Voor hoog- en laagwater is de snelheid van energieverlies gedurende de tijd steeds verschillend. Ook springtij en doottij hebben effect op het energieverlies.
- Uit de gevoeligheid voor de windstress kan het effect van een bepaald windveld op de snelheid bepaald worden. Dit effect is verrassend klein (orde mm) en voor de locatie op zee en in de Nieuwe Waterweg tegengesteld. Dit is wel in overeenstemming met voorwaartse berekeningen met kleinschalige modellen, waarbij het effect van een windveld ook vaak kleiner is dan verwacht.
- De voorspelling van de waterstand in Rijmamo-grof-2D wordt geheel bepaald door de randvoorwaarden; voor een voorspelling met Rijmamo-grof-2D moeten dus eerst randvoorwaarden met een groter model worden bepaald.



---

## 3 Evaluatie 'Begrenzing Modellen'

---

Het doel van het Nautilus-onderdeel 'Begrenzing Modellen' is de realisatie van een instrument, waarmee de relatie tussen de voorspelhorizon en de begrenzing van een model bepaald kan worden. De voorspelhorizon is de maximale periode in de 'toekomst' waarvoor met het model een goede en betrouwbare voorspelling kan worden gemaakt. Voor de bepaling van de voorspelhorizon van een gegeven modelgebied of (omgekeerd) de begrenzing van het model voor een gegeven voorspelhorizon is gevoeligheidsonderzoek onontbeerlijk. Een belangrijk onderdeel van 'Begrenzing Modellen' bestaat dan ook uit onderzoek naar een nieuwe methode voor gevoeligheidsonderzoek, die gebruik maakt van zogenaamde geadjungeerde variabelen (zie [1]).

In drie pilots is deze methode onderzocht. In de eerste pilot [1] is de gevoeligheid van de waterstand voor diverse parameters bestudeerd, toegepast op het DCSM-model. In de tweede pilot [2] is hierop verder ingegaan door de resultaten van de eerste pilot te vergelijken met de resultaten met het Zuidelijke Noordzee Model. Bovendien is er een vergelijking gemaakt met resultaten van een voorwaartse WAQUA-berekening. Met deze pilots is er vertrouwen ontstaan in de bruikbaarheid van geadjungeerde variabelen voor gevoeligheidsonderzoek. Vervolgens is in de derde pilot (beschreven in dit werkdocument) de gevoeligheid van de snelheid voor diverse parameters beschouwd, toegepast op het Rijmamo-grof model.

Uit deze pilots blijkt dat deze methode van gevoeligheidsonderzoek heel geschikt is om de relatie tussen de voorspelhorizon en de begrenzing van een model te bepalen. Het voordeel van het gebruik van het geadjungeerde model is dat in één berekening voor alle roosterpunten en *tijdstippen* de gevoeligheid van de waterstand of snelheid kan worden bepaald. Zo kan bijvoorbeeld bepaald worden of de waterstand in Hoek van Holland afhangt van de waterstand en snelheid in Wick 8 uur eerder. Is dit het geval, dan moet een model dat de waterstand in Hoek van Holland 8 uur van te voren moet kunnen voorspellen in ieder geval tot voorbij Wick reiken (bepaling van de begrenzing van het model bij gegeven voorspelhorizon). Ook wordt uit de gevoeligheden zichtbaar wat de voorspelhorizon is: het moment dat de gevoeligheid de open rand bereikt. Uit de eerste pilot blijkt bijvoorbeeld dat het DCSM-model een voorspelhorizon voor de waterstand in Hoek van Holland van ongeveer 12 uur heeft. Als een belangrijk doel van een model de voorspelling van snelheden is, dan kan dezelfde methode gebruikt worden (zie de derde pilot).

De gevoeligheden kunnen gevisualiseerd worden met de huidige versie van de Modellen GUI. Voor nadere analyses zijn een aantal Matlab-routines aanwezig. Gezien het beperkte toepassingsgebied (vooral onderzoek) worden deze routines geen standaardonderdeel van de Modellen GUI.

Als bijproduct van dit Nautilus-onderdeel is ook een methode ontwikkeld om met behulp van het geadjungeerde model het effect van een bepaald windveld op de waterstand of snelheid van een bepaalde locatie te bepalen. Voor de toepassing van deze methode is nog aanvullend onderzoek nodig (zie [2]).





---

# Referenties

---

- [1] Gebraad, A.W., M. Verlaan, *Begrenzing van Modellen, Gevoeligheidsonderzoek met geadjungeerde variabelen*, 1998, werkdocument RIKZ/OS-98.154x
- [2] Gebraad, A.W., M. Verlaan, *Begrenzing van Modellen, Pilot windstress: DCSM en ZNZ*, 1999, werkdocument RIKZ/OS-99.139x
- [3] Gebraad A.W., M.Zijlema en M. Verlaan, *Reproduktienauwkeurigheid, pilot 2:het Rijn-Maasmondmodel RIJMAMO-grof-3D*, 1999, werkdocument RIKZ/OS-2000.101X



---

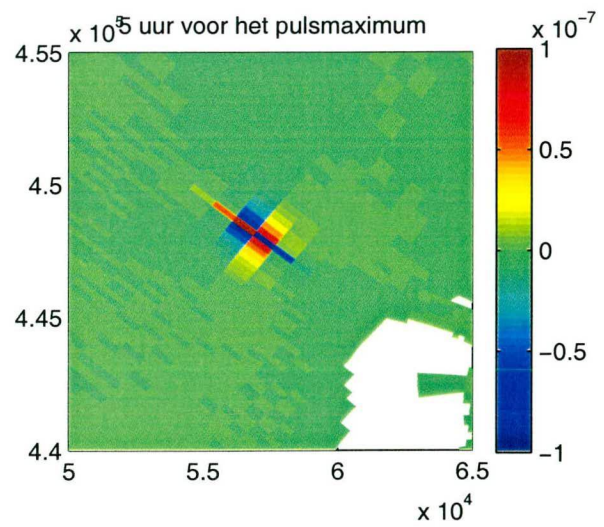
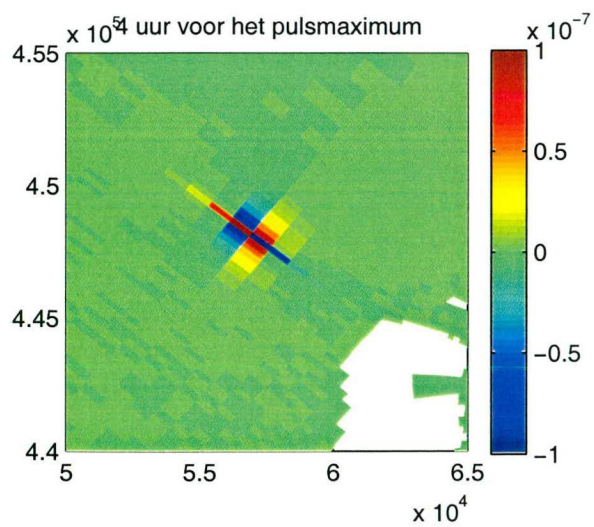
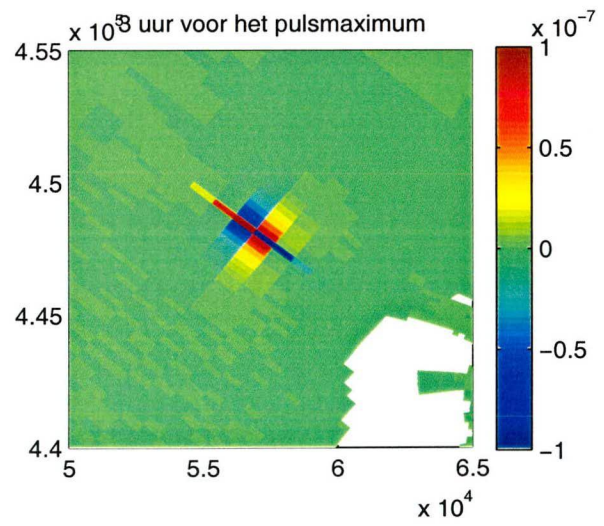
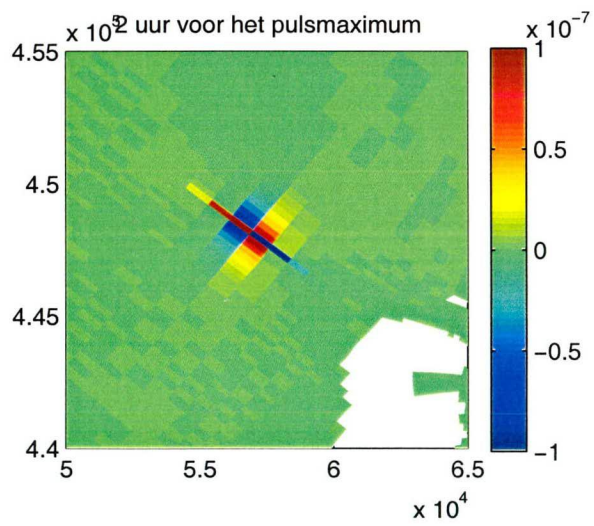
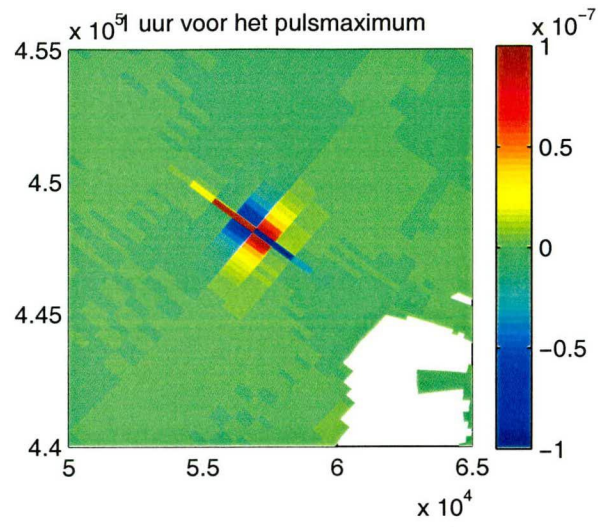
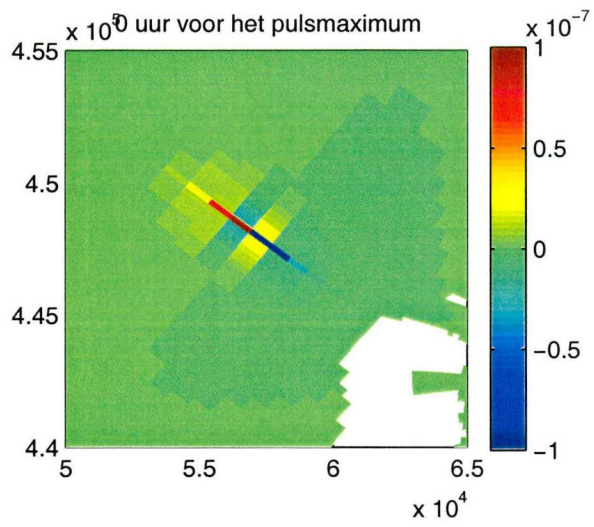
## Bijlage A: Gevoeligheid snelheid op open zee

---

In deze bijlage wordt het verloop van de gevoeligheid terug in de tijd van de v-snelheid (snelheid loodrecht op de kust) in locatie EMG voor de waterstand (eerste twee pagina's) en snelheid (laatste twee pagina's) in een deel van het model getoond. De gevoeligheden gaan terug tot 11 uur voor het pulsmaximum.

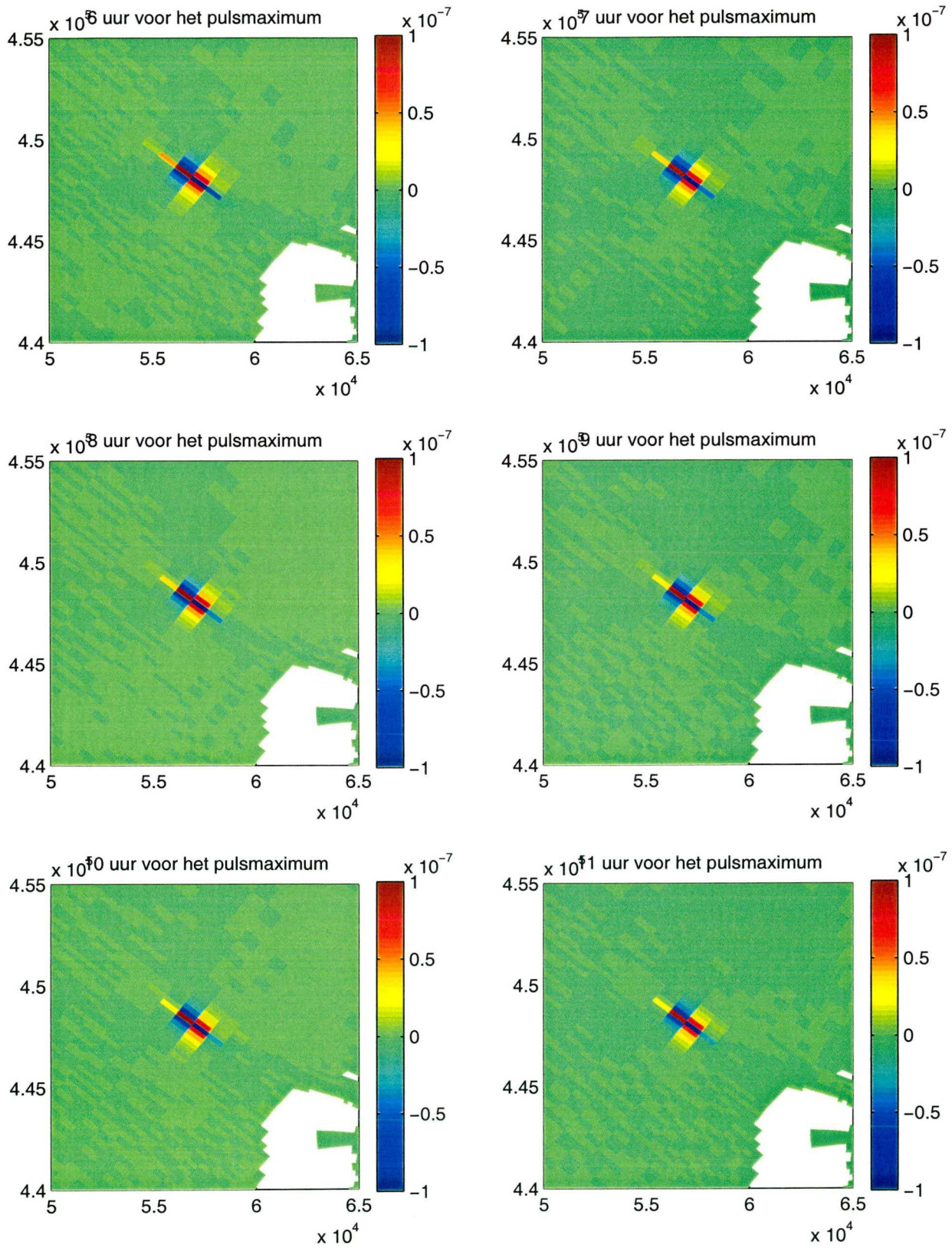


### emg03: gevoeligheid voor de waterstand





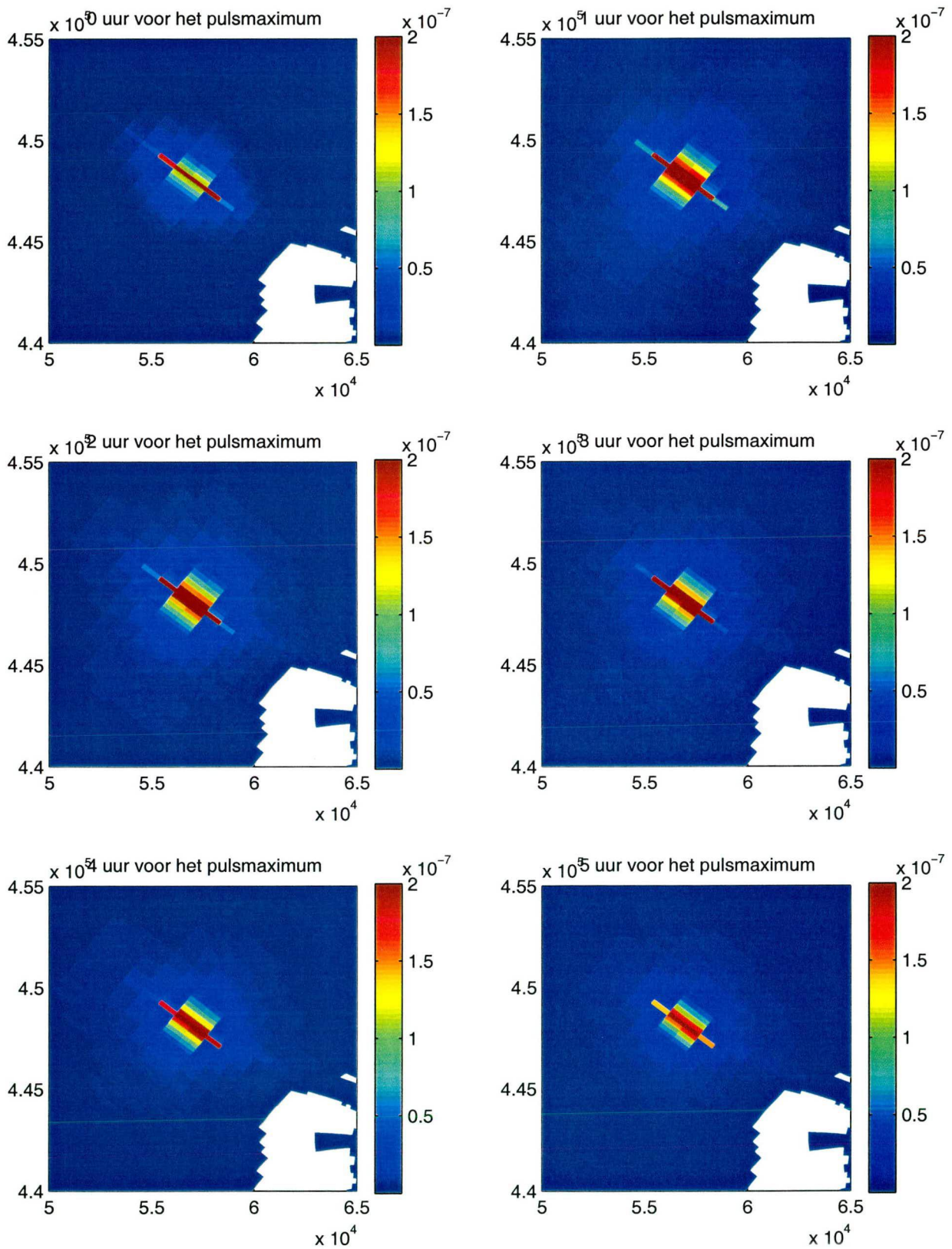
### emg03: gevoeligheid voor de waterstand





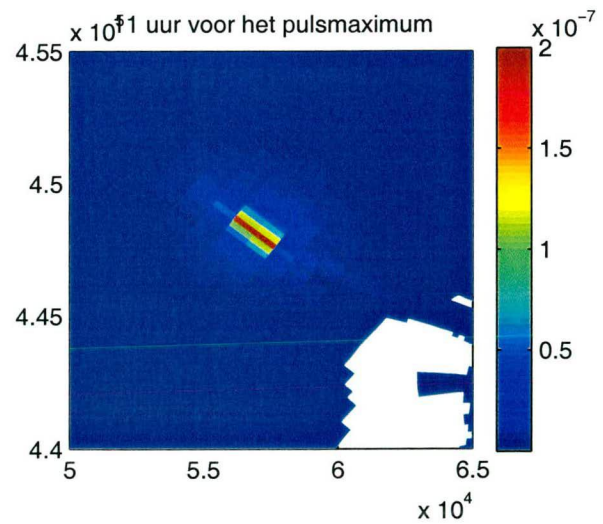
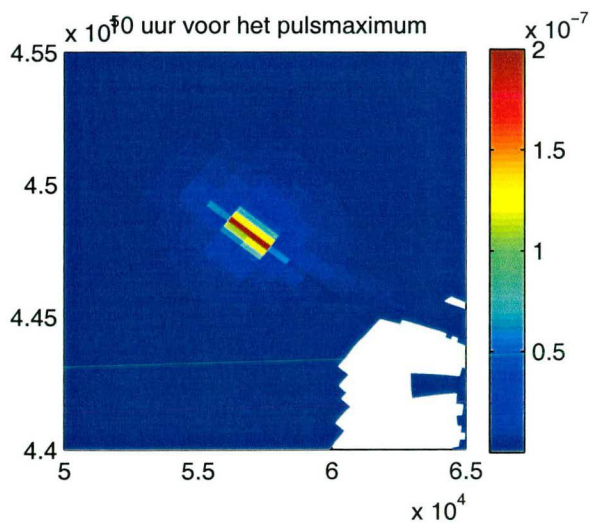
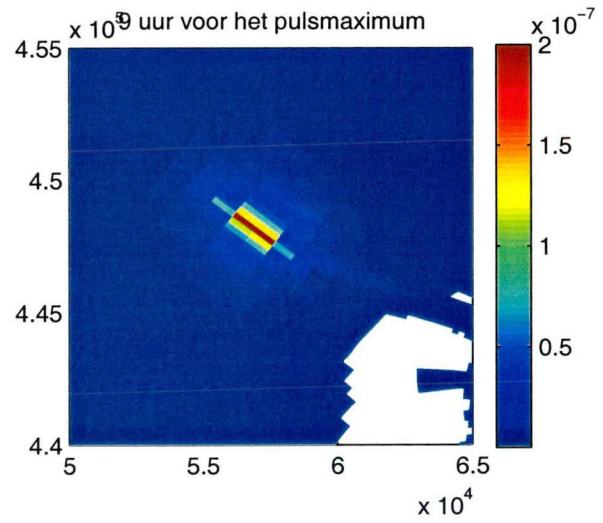
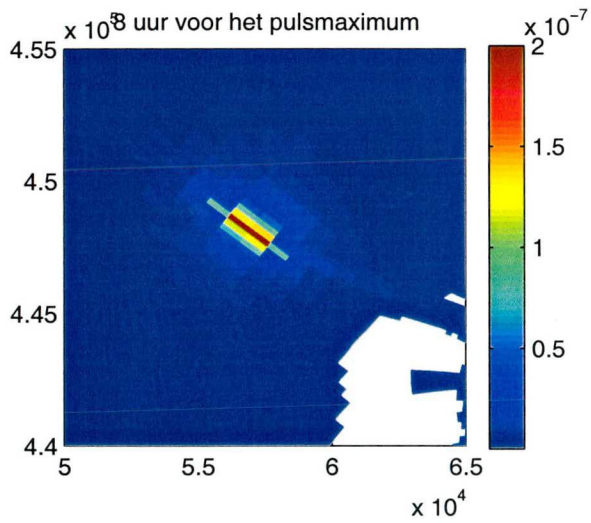
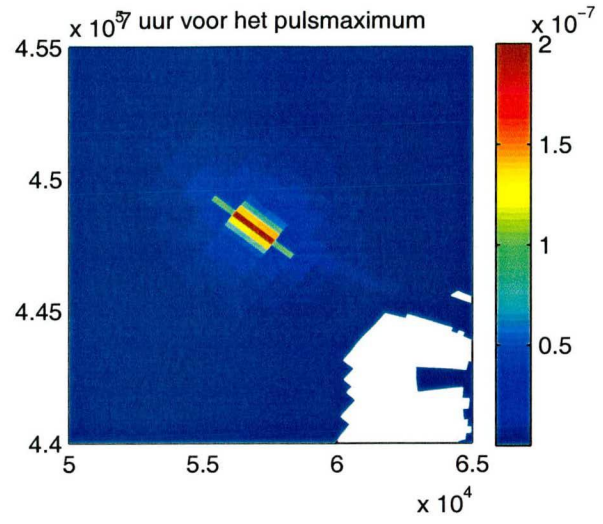
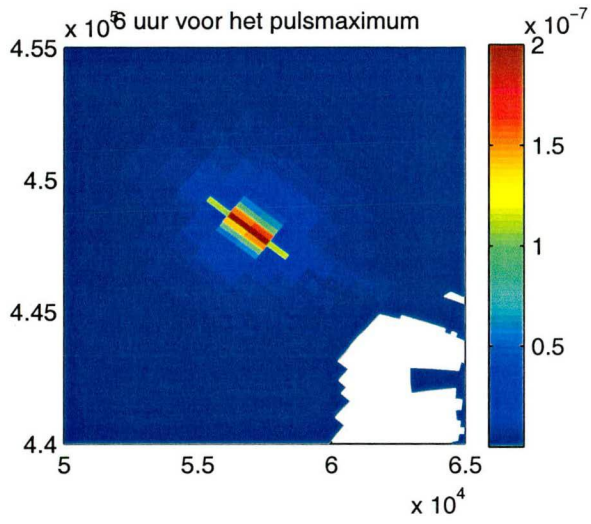


### emg03: gevoeligheid voor de snelheid





### emg03: gevoeligheid voor de snelheid





---

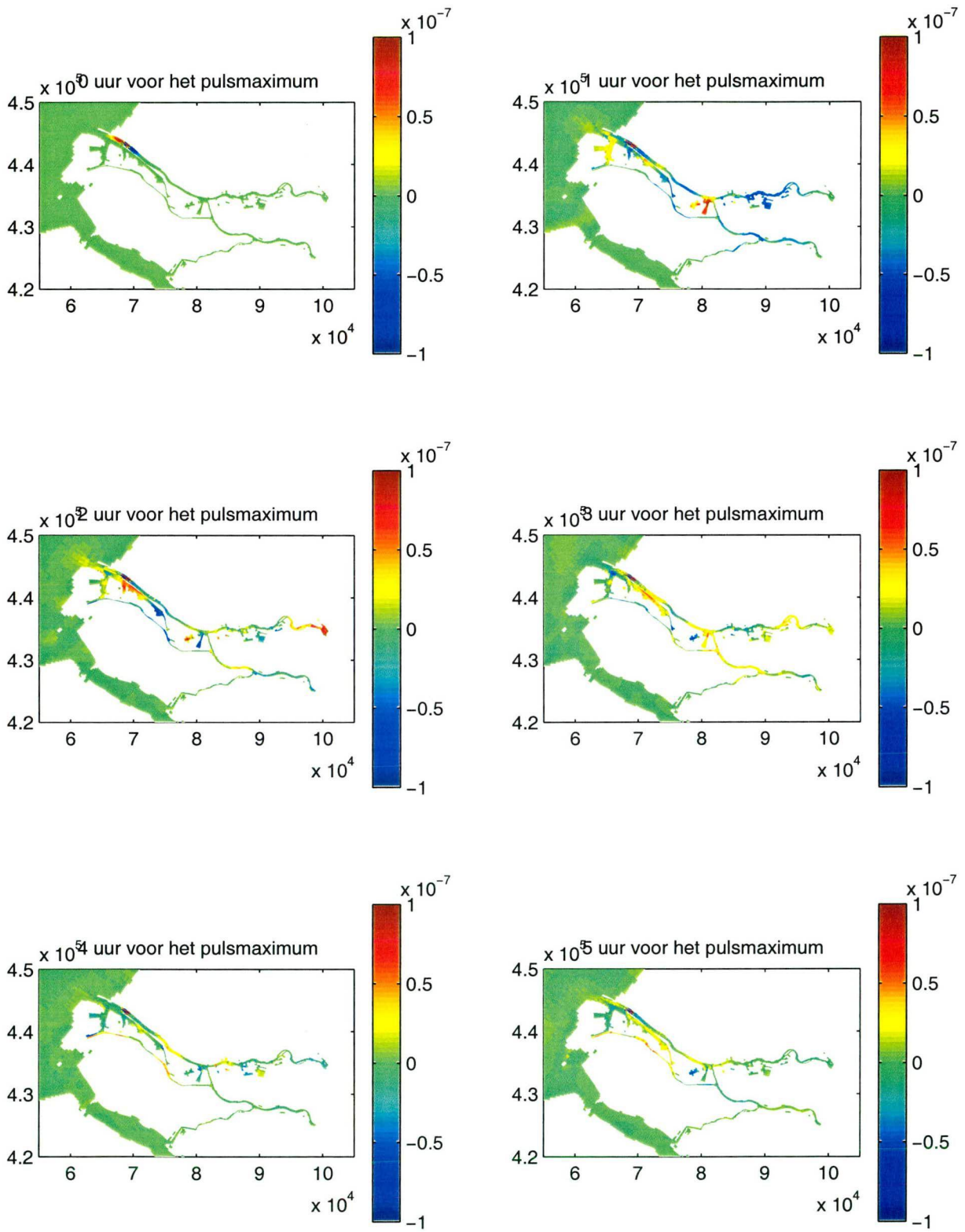
## Bijlage B: Gevoeligheid snelheid in Nieuwe Waterweg

---

- In deze bijlage wordt het verloop van de gevoeligheid terug in de tijd van de v-snelheid (snelheid loodrecht op de kust) in locatie raai 21 voor de waterstand (eerste twee pagina's) en snelheid (laatste twee pagina's) in een deel van het model getoond. De gevoeligheden gaan terug tot 11 uur voor het pulsmaximum.



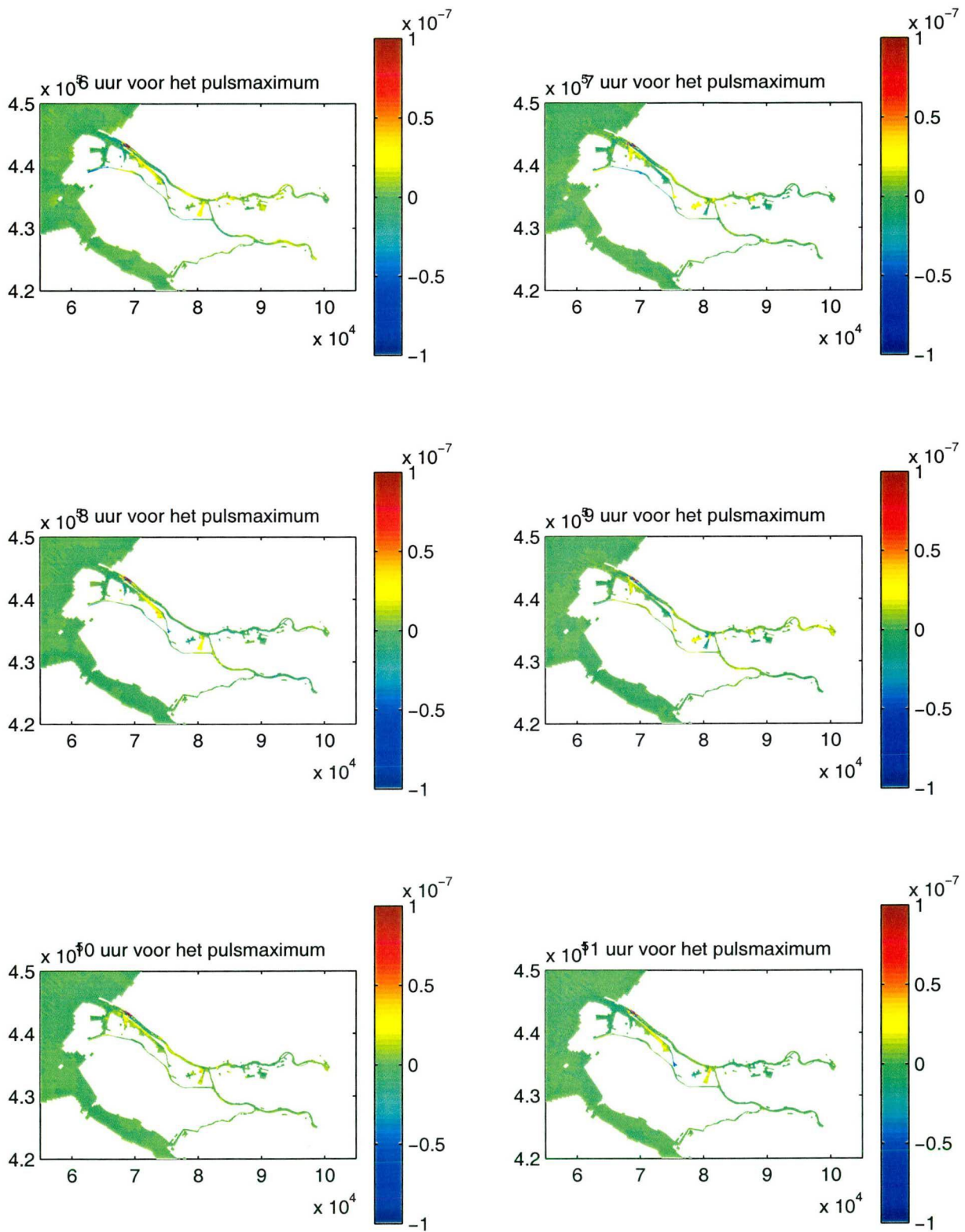
## r2101: gevoeligheid voor de waterstand





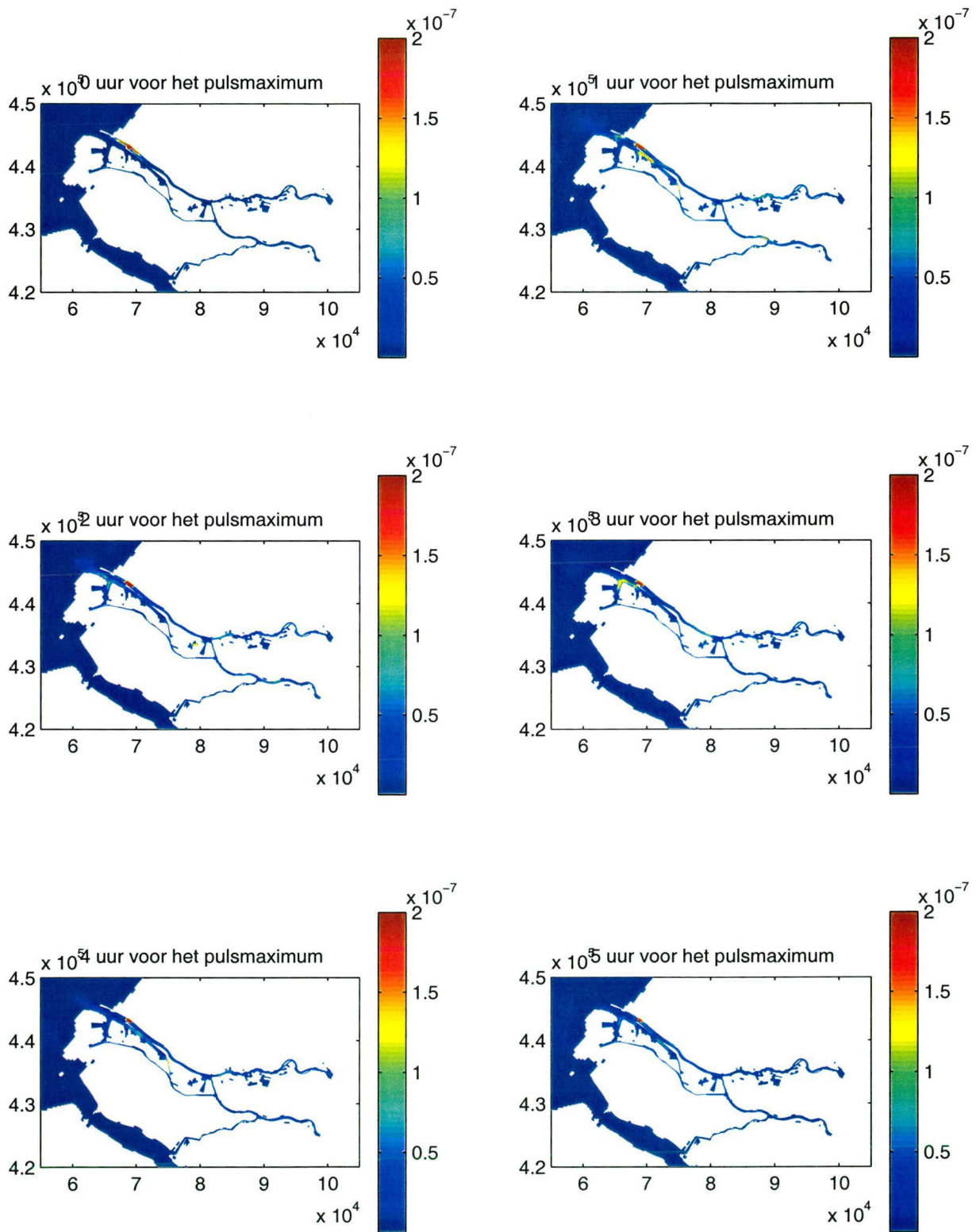


## r2101: gevoeligheid voor de waterstand



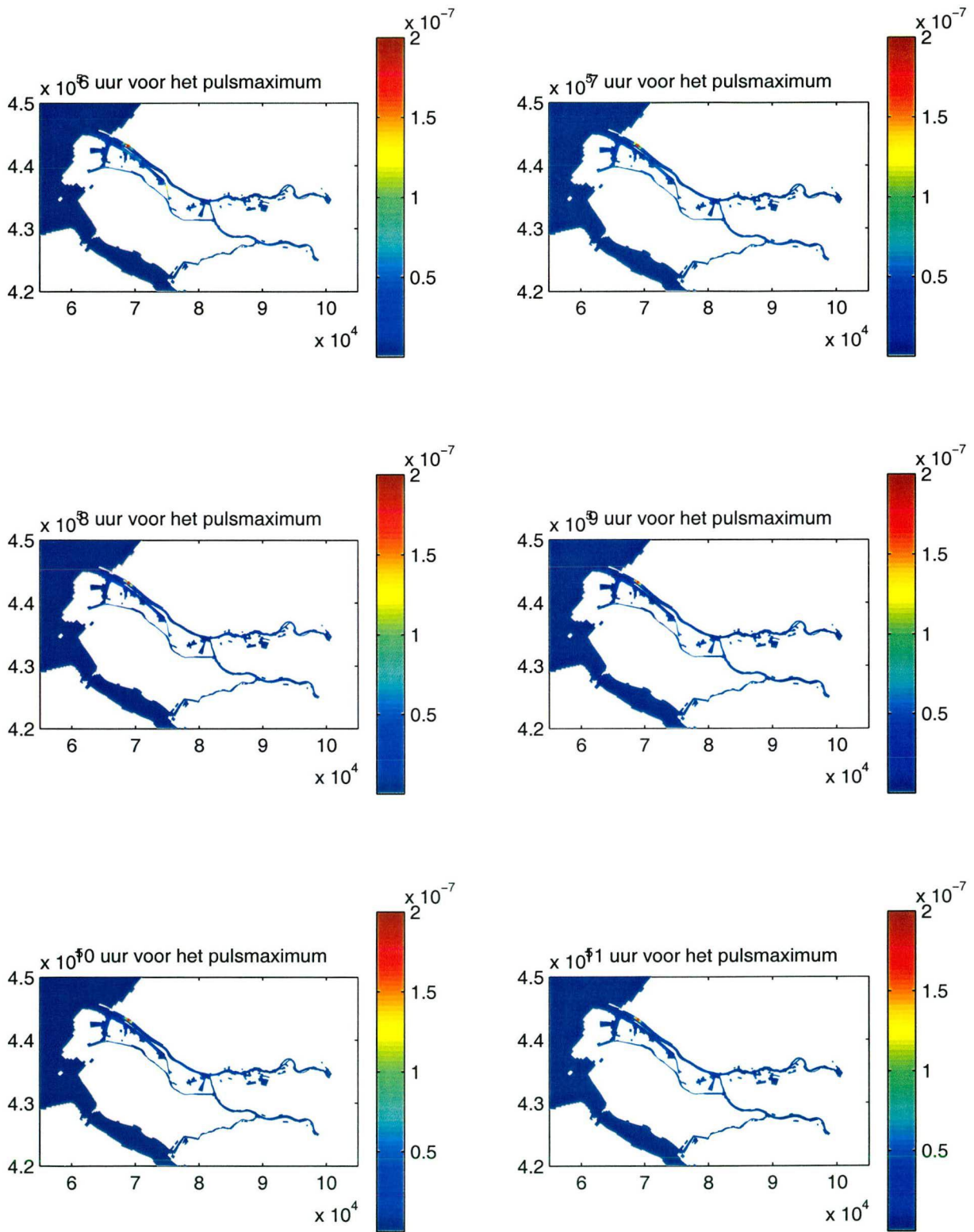


## r2101: gevoeligheid voor de snelheid





## r2101: gevoeligheid voor de snelheid





---

## Bijlage C: Gevoeligheid waterstand in Hoek van Holland

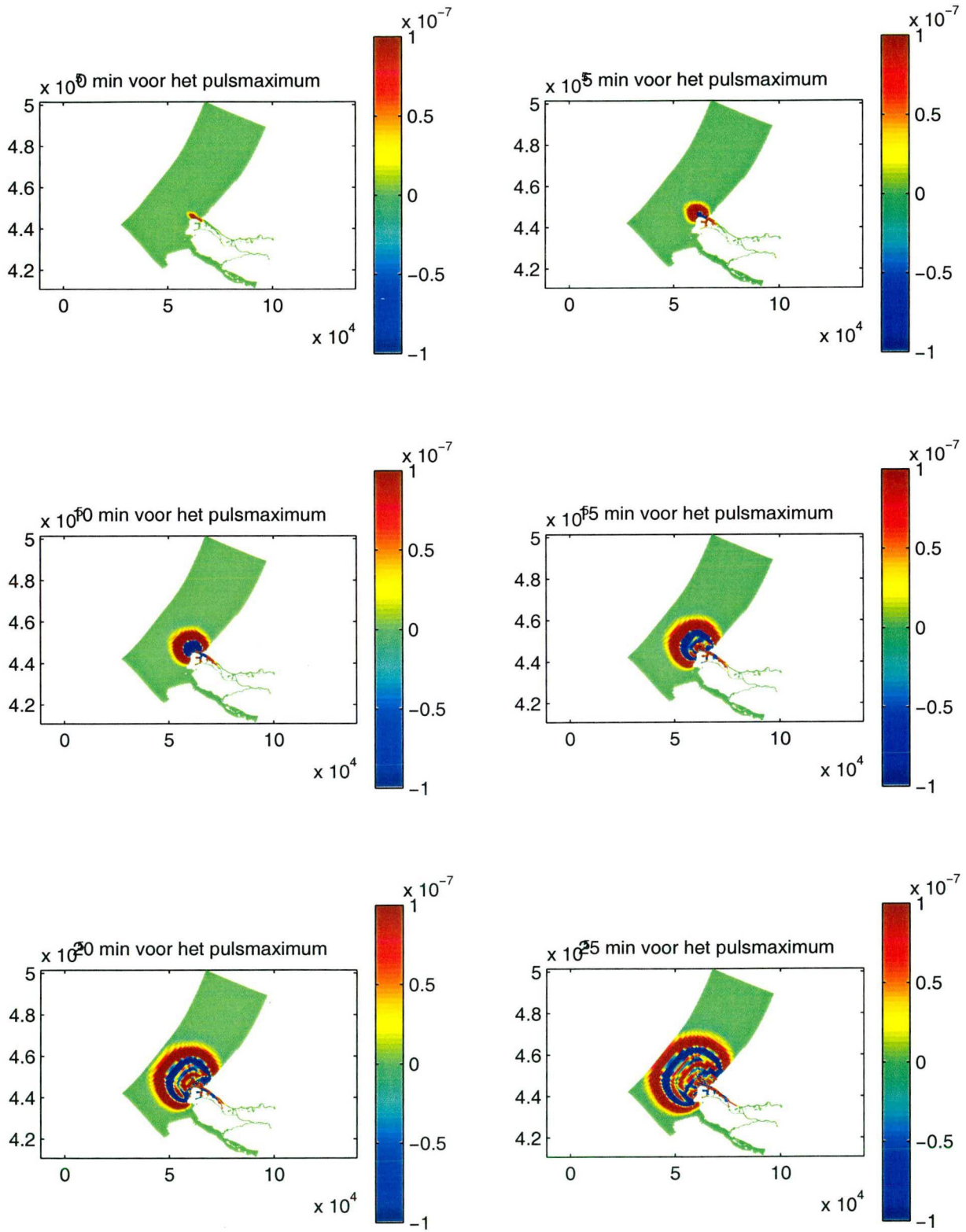
---

In deze bijlage wordt het verloop van de gevoeligheid terug in de tijd van de waterstand in Hoek van Holland voor de waterstand (eerste twee pagina's) respectievelijk snelheid (laatste twee pagina's) getoond. De gevoeligheden gaan terug tot 55 minuten voor het pulsmaximum.



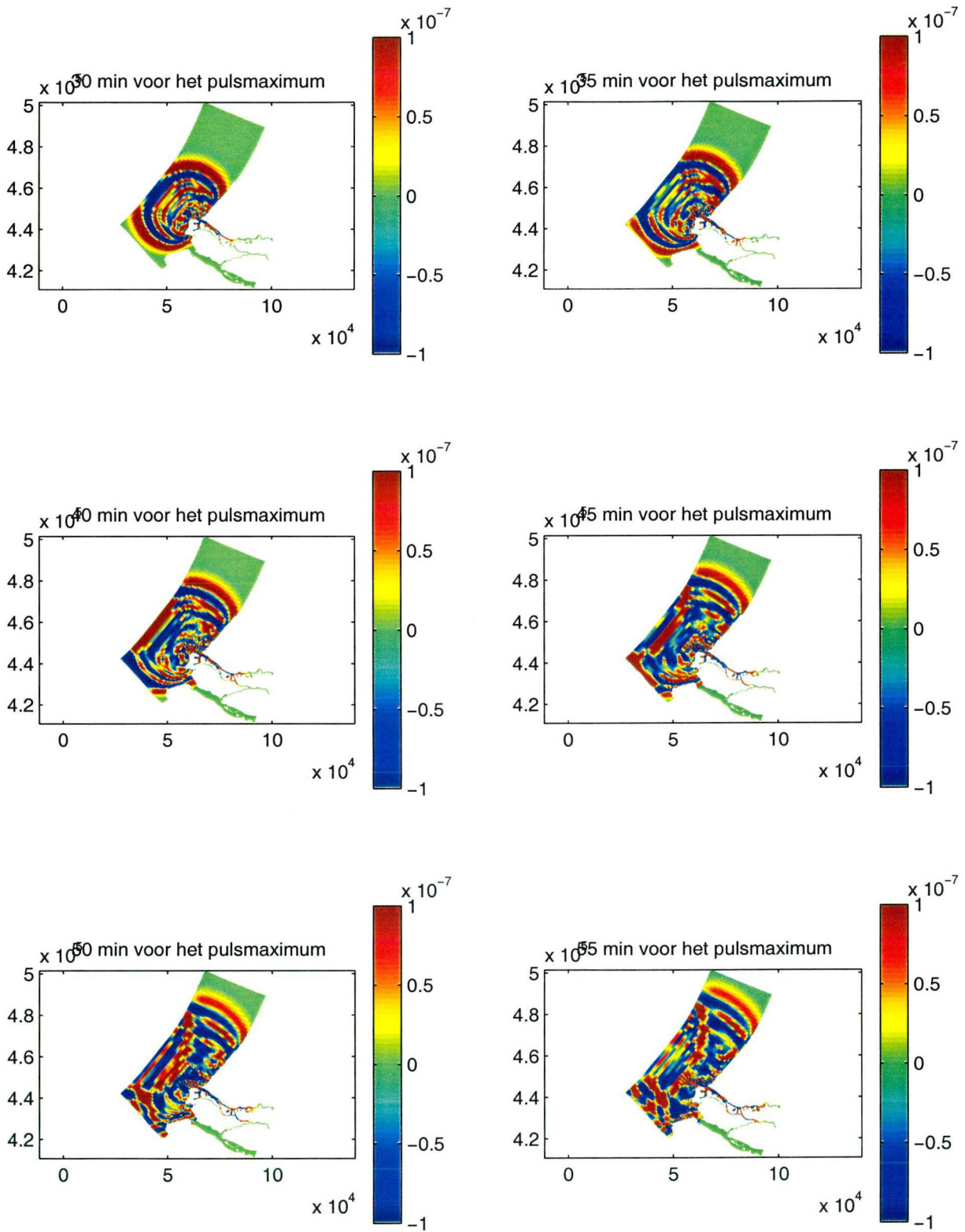


### rym03: gevoeligheid voor de waterstand



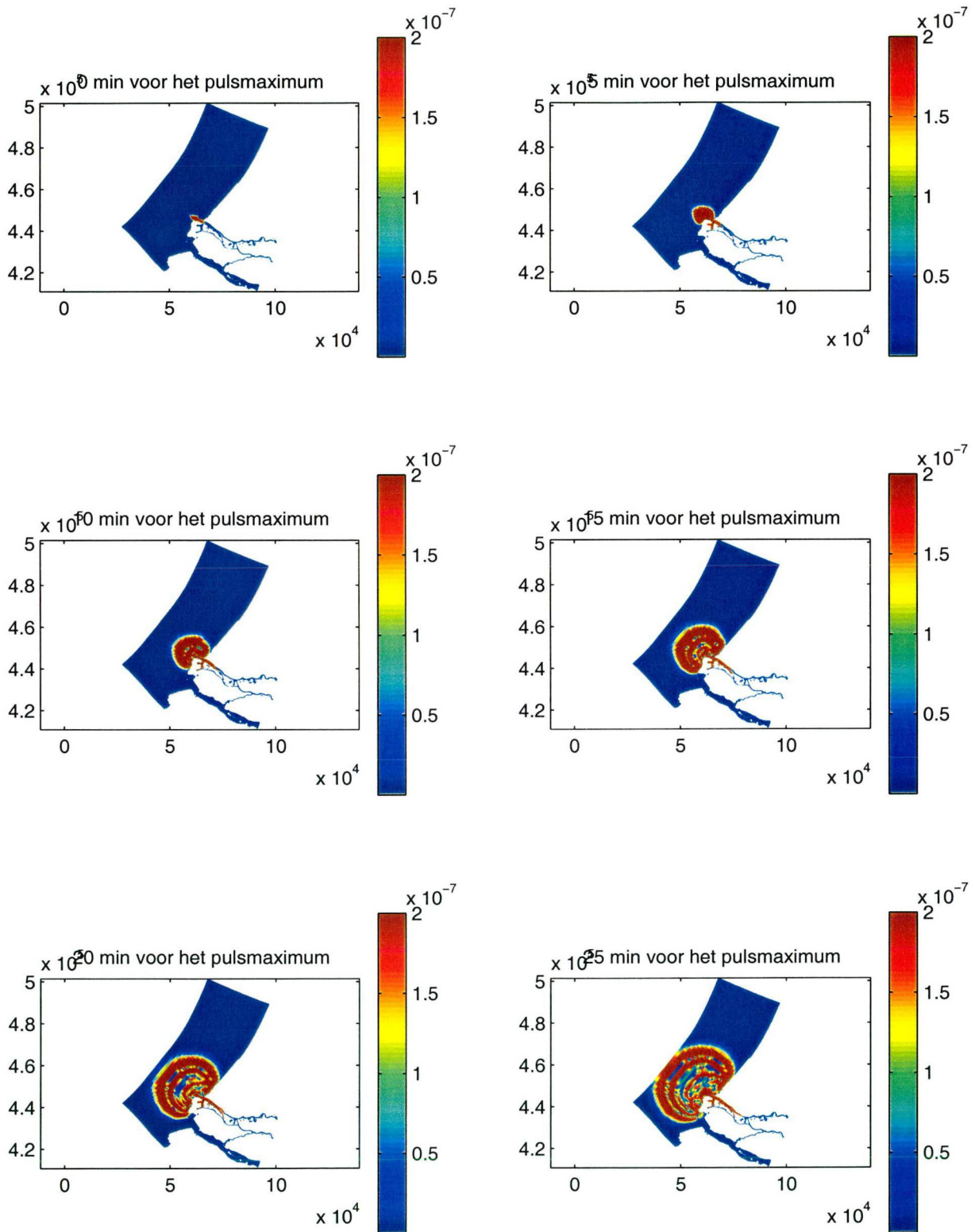


### rym03: gevoeligheid voor de waterstand





### rym03: gevoeligheid voor de snelheid





rym03: gevoeligheid voor de snelheid

