Deltares

Enabling Delta Life

Evaluatie van het OSR-model voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding (II)

Onderdeel KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties 2015



Deltares

Titel
Evaluatie van het OSR-model voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding (II)

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS-WVL	1220070-000	1220070-000-ZKS-0009	89

Trefwoorden
Zoutindringing, externe verzilting, Rijn-Maasmonding, Nieuwe Waterweg, OSR, SIMONA, TRIWAQ, 3D.

Samenvatting
Rijkswaterstaat heeft behoefte aan een proces-gebaseerd 3D-computermodel om onderzoek te kunnen doen naar effecten van ingrepen en beheermaatregelen in het Rijn-Maasmond gebied op zoutindringing. In dat kader heeft Deltares opdracht gekregen tot evaluatie van het OSR-model van het Havenbedrijf Rotterdam. Najaar 2014 is een eerste evaluatie uitgevoerd. Sinds die tijd heeft het Havenbedrijf het model enigszins aangepast en opnieuw gekalibreerd. Dit rapport beschrijft een tweede evaluatie, bedoeld als aanvulling op de eerste en gericht op het aangepaste model. De voornaamste onderdelen zijn een beschrijving en beoordeling van de modelaanpassingen en modelprestaties, en een beschouwing van mogelijkheden voor modeltoepassing en modelverbetering.

De belangrijkste waarnemingen en conclusies met betrekking tot de modelaanpassingen en modelprestaties zijn:

1) Er zijn aanpassingen verricht aan de modelering van de Haringvlietsluizen (2D-model), en de plaatselijke reductie van de windsnelheid boven de Nieuwe Waterweg uit de eerdere versie van het 3D-model wordt niet meer toegepast. We beschouwen deze aanpassingen als verbetering van het modelconcept. Dit geldt met name voor de tweede aanpassing, die onze bezwaren tegen de eerder toegepaste windmodelering ondervangt. Daarnaast is de horizontale diffusiecoëfficiënt gebruikt als ruimtelijk variabele kalibratieparameter. Er zijn bedenkingen tegen deze aanpak, maar geen fundamentele bezwaren, ook omdat de toegepaste waardes in de range 0.01-1 m2/s acceptabel zijn.

2) De data-model-vergelijking voor chlorideconcentratie-tijdseries afkomstig van het vaste meetnet van Rijkswaterstaat laat zien dat het model voor de gebruikte evaluatieperioden in het algemeen vrij goed in staat is tijdseries te reproduceren. De resultaten zijn het best voor de meetpunten in het noordelijk deel van het domein en bovenin de waterkolom. Voor de evaluatieperiode zonder opzet, en ook wat betreft de concentratiepieken bij de zuidelijke meetpunten, is er over het algemeen sprake van enige overschatting door het model. We concluderen dat de modelaanpassingen hebben geleid tot belangrijke verbetering van de resultaten in en nabij het Spui en bij Krimpen a/d IJssel. Het eerste is het gevolg van betere voorspelling van de ‘achtergrondconcentraties’ door de inperking van de influx van zout via de Haringvlietsluizen, het tweede van lagere piekwaardes door de verhoging van de horizontale diffusiecoëfficiënt.

3) De data-model-vergelijking voor verticale saliniteitsprofielen gemeten in december 2011 laat zien dat het model over het algemeen de gelaagdheid en de saliniteit in het onderste deel van het profiel onderschat. Met de huidige modelversie wordt niet de mate van gelaagdheid en de grootte van de saliniteit bij de bodem verkregen die door de vorige modelversie met lokale wind reductie werd gegeven. Het model doet het vaak zelfs iets slechter dan de versie van het vorige model waarin de lokale wind

Deltares

Titel
Evaluatie van het OSR-model voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding (II)

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS-WVL	1220070-000	1220070-000-ZKS-0009	89

reductie bij wijze van test al was uitgeschakeld. Op grond daarvan concluderen we dat de modelaanpassingen geen verbetering hebben opgeleverd voor de reproductie van de saliniteitsprofielen.

De belangrijkste conclusies en aanbevelingen met betrekking tot modeltoepassing en modelverbetering zijn:

1) Op grond van met name de tijdserie-reproducties kunnen we concluderen dat het model inzetbaar is voor voorspelling van concentraties bij inlaatpunten in het gebied van de meetpunten en onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met voor de evaluatie gebruikte omstandigheden. Door de grote verschillen tussen gemeten en berekende gelaagdheid en saliniteit bij de bodem is er echter wel een blijvende onzekerheid over de reproductie van de zouttransportprocessen. Dit is met name een probleem voor toepassing van het model in effectstudies.

2) Mocht het model hiervoor worden toegepast, dan bevelen we aan een wijze van toepassing te zoeken die rekening houdt met de onzekerheden in de procesreproductie. Verschilstudies in combinatie met een verschilstudie voor een historische casus en/of goed gekozen gevoeligheidsonderzoek lijken daartoe de beste mogelijkheid te bieden.

3) Vanwege enerzijds de wezenlijke verschillen tussen data en modelresultaten voor de saliniteitsprofielen en anderzijds het grote belang van een goede reproductie daarvan voor het vertrouwen in het model als onderzoeksinstrument voor verzilting, concluderen we dat verdere inspanning voor verbetering en ontwikkeling van de 3D-modellering van het RMM-gebied in de toekomst noodzakelijk blijft en zich in het bijzonder zou moeten richten op betere voorspelling van de gelaagdheid. We doen daartoe een aantal suggesties met als belangrijkste op korte termijn te onderzoeken of het gebruik van *z*-lagen in plaats van sigma lagen verbeteringen oplevert voor de gelaagdheid in 3D modelering voor de Rijn-Maasmonding.

Projectteam:
Dr.ir. W.M. (Wouter) Kranenburg; Ir. T. (Theo) van der Kaaij; Drs. A.J. (Arno) Nolte

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	30/6/'15	dr.ir. W.M. Kranenburg		dr.ir. M. Verlaan		drs. F.M.J. Hoozemans	

Status
definitief

Inhoud

1 Introductie **1**
1.1 Organisatorisch kader 1
1.2 Achtergrond 1
1.3 Samenvatting ‘Evaluatie (I)’ 1
1.4 Aanpak ‘Evaluatie (II)’ en opzet rapport 2

2 Beschrijving (aanpassingen aan) OSR-model **3**
2.1 Modeldomeinen 4
2.2 Modelstructuur 4
2.3 Modelparameters 4
2.4 Modeleersoftware 6

3 Beschrijving geselecteerde testperiode **7**
3.1 Hydrometeo condities 7
3.2 Data geselecteerd voor modelevaluatie 10
3.2.1 Chloridemetingen vaste meetnet 10
3.2.2 Verticale zoutprofielen varende metingen nov/dec 2011 10

4 Beschrijving opzet modelsimulaties **13**
4.1 Simulatieperioden en inspeeltijden 13
4.2 Input 2DH-model 14
4.2.1 Randvoorwaarden en wind 14
4.2.2 Sluisbeheer Haringvlietsluizen 14
4.3 Input 3D-model 14
4.3.1 Randvoorwaarden, onttrekking/lozing en wind 14

5 Data-model-vergelijking **15**
5.1 Chlorideconcentraties vaste meetpunten 15
5.1.1 Tijdserie-tijdserie vergelijking 15
5.1.2 Objectivering en aggregatie 19
5.1.3 Observaties n.a.v. tijdseries, tabellen en GoF-plots 24
5.2 Verticale saliniteitsprofielen 25
5.2.1 Profiel-profiel vergelijking 25
5.2.2 Observaties n.a.v. verticale saliniteitsprofielen 28

6 Evaluatie **31**
6.1 Evaluatie modelaanpassingen 31
6.1.1 Overwegingen n.a.v. de modelaanpassingen zelf 31
6.1.2 Overwegingen n.a.v. de totstandkoming van de herkalibratie 33
6.2 Evaluatie gebruikte testcases 34
6.2.1 Overwegingen n.a.v. de gebruikte evaluatieperioden 34
6.2.2 Overwegingen n.a.v. de opzet van de testsimulatie 34
6.3 Evaluatie data-model-vergelijking 35
6.3.1 Overwegingen n.a.v. de chlorideconcentratie tijdseries 35
6.3.2 Overwegingen n.a.v. de saliniteitsprofielen 35
6.4 Overwegingen en adviezen over modeltoepassing in effectonderzoek 36
6.4.1 Foutenschatting 37

6.4.2 Verschilstudies 38
6.4.3 Gevoeligheidsanalyse 39
6.4.4 Overige opmerkingen 39
6.5 Overwegingen en adviezen over verdere modelverbetering 40

7 Conclusies en aanbevelingen 43
7.1 Conclusies m.b.t. de modelaanpassingen en de modelresultaten 43
7.2 Conclusies en aanbevelingen m.b.t. modeltoepassing en modelverbetering 44

Referenties 45

Bijlagen: 47

1 Introductie

1.1 Organisatorisch kader

In het kader van het project BOO Waterkwaliteitsmodelschematisaties 2014 heeft Deltares eind 2014 in opdracht van Rijkswaterstaat (RWS) het door het Havenbedrijf Rotterdam (HbR) ontwikkelde Operationeel Stromingsmodel Rotterdam (OSR-model) geëvalueerd met betrekking tot zoutindringing. Dit is gerapporteerd in: 'Evaluatie van het OSR-model voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding (I)', rapport 1209459-000-ZKS-0028 van Deltares, en 'Evaluatie OSR: mogelijkheden voor toepassing in beheervragen', memo onder hetzelfde project. Mede naar aanleiding van de aanbevelingen in het rapport zijn sindsdien enige aanpassingen verricht aan het OSR-model en is een herkalibratie uitgevoerd. Deze is beschreven in: 'Herkalibratie Operationeel Stromingsmodel Rotterdam, ten behoeve van toepassing voor onderzoek', rapport 1712/U15076/D/BvL van Svasek Hydraulics, april 2015. In het kader van het project BOO Waterkwaliteitsmodelschematisaties 2015 heeft RWS Deltares opdracht gegeven tot evaluatie van het opnieuw gekalibreerde OSR-model. Als studiemateriaal hiervoor heeft Deltares het Svasek-rapport (versie 9 april 2015) ontvangen, samen met de input & output van een simulatie met het opnieuw gekalibreerde OSR-model van het verziltingsevent eind november / begin december 2011. Dit rapport beschrijft de resultaten van deze tweede evaluatie.

1.2 Achtergrond

De achtergrond van dit traject van kalibratie en evaluatie is de behoefte van RWS aan een proces-gebaseerd 3D-computermodel waarmee de effecten van ingrepen en beheermaatregelen in het Rijn-Maas-mond gebied kunnen worden bestudeerd en gekwantificeerd, onder andere in trajecten van vergunningaanvraag en -verlening. Het meest actuele voorbeeld van een ingreep waarvoor het gewenst is dat m.n. effecten op verzilting met zo'n 3D-model kunnen worden onderzocht, is verdieping van de Nieuwe Waterweg.

1.3 Samenvatting 'Evaluatie (I)'

Deze tweede evaluatie bouwt voort op de eerste. De samenvatting daarvan is hieronder weergegeven:

Samenvatting 'Evaluatie van het OSR-model voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding (I)'.

Rijkswaterstaat heeft behoefte aan een proces-gebaseerd 3D-computermodel om effecten van ingrepen en beheermaatregelen in het Rijn-Maasmond gebied te onderzoeken. In dat kader heeft Deltares opdracht gekregen tot evaluatie van het OSR-model van het Havenbedrijf Rotterdam voor zoutindringing. De voornaamste onderdelen van deze evaluatie zijn een beschrijving en beoordeling van de opzet van de OSR-modelschematisatie, en een data-model-vergelijking, inclusief objectivering, voor twee geselecteerde verziltingsevents (mei en december 2011).

De belangrijkste waarnemingen en conclusies zijn: (1) De opzet van het OSR-model is over het algemeen duidelijk, degelijk en gedetailleerd. De modeleerkeuze om de windforcering over een deel van het domein sterk te reduceren ligt echter buiten de range van wat met het oog op de fysische processen acceptabel is. Dit levert een fundamenteel probleem voor toepassing van het model voor bv. voorspelling van effecten van ingrepen. Het ondermijnt namelijk het vertrouwen in de voorspelkracht van het model voor situaties anders dan die waarvoor het model nu is gekalibreerd. (2) De data-model-vergelijking voor chlorideconcentratie-tijdseries afkomstig van het vaste meetnet van Rijkswaterstaat laat zien dat het huidige model voor de noordelijke meetnetpunten vrij goed in staat is de gemeten chlorideconcentraties te reproduceren. Voor de zuidelijke meetpunten (Bernisse, Beerenplaat) worden de concentraties echter overschat. De oorzaak hiervan is een te grote naar binnen gerichte

dispersieve zoutflux door de Haringvlietsluizen in het 2DH-modeldeel. (3) De data-model-vergelijking voor verticale saliniteitsprofielen gemeten in december 2011 laat zien dat het model zonder lokale wind reductie ('LWR') in het algemeen de gelaagdheid en het saliniteitsverschil over de waterkolom onderschat. Met LWR verbetert de kwaliteit van de reproductie voor de metingen van 5 december. Dit komt met name door toename van de saliniteit aan de bodem. De verklaring hiervoor is waarschijnlijk de reductie van het verhang op de Nieuwe Waterweg en van de menging op de Noordzee. Met LWR wordt voor de metingen van 7 december – een dag met meer wind – de saliniteit aan de bodem juist vaak overschat. Dit bevestigt de beperkte toepasbaarheid van de huidige windmodelering.

Belangrijkste aanbevelingen zijn om: 1) maatregelen te nemen in het model om de influx van zout via de Haringvlietsluizen te beperken; 2) voorafgaand aan eventuele toepassing van het model in kwantitatieve effectstudies de windmodelering aan te passen en een herkalibratie uit te voeren.

1.4 Aanpak 'Evaluatie (II)' en opzet rapport

Met modelbeschrijving, verziltingsevent-classificatie, nieuwe berekeningen en onderzoek naar verklaringen voor bepaalde observaties was 'Evaluatie (I)' een vrij uitgebreide studie. 'Evaluatie (II)' is beperkter van omvang en ingestoken als een update van 'Evaluatie (I)' naar aanleiding van de recente aanpassingen en herkalibratie. In de beschrijvingen richt dit rapport zich dan ook met name op de verschillen met de eerdere versie en wordt verder waar mogelijk volstaan met verwijzingen naar 'Evaluatie (I)'. Ook zijn in deze studie geen nieuwe berekeningen uitgevoerd door Deltares, maar wordt de evaluatie naar de wens van de opdrachtgever uitgevoerd aan de hand van de aangeleverde simulatie en rapportage over de totstandkoming van de nieuwste parameterinstellingen.

Parallel aan de opzet van het voorgaande rapport, is dit rapport als volgt opgezet: Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpassingen aan de modelopzet en parameterinstellingen. Hoofdstuk 3 beschrijft de geselecteerde testperiode. Hoofdstuk 4 geeft aandacht aan de opzet van de modelsimulaties voor de gebruikte testcase. De nieuwe data-model-vergelijking is te vinden in hoofdstuk 5. Deze hoofdstukken hebben zoveel mogelijk een beschrijvend karakter. Hoofdstuk 6 is meer beschouwend van aard en geeft evaluerende overwegingen naar aanleiding van de eerdere hoofdstukken en de rapportage over de totstandkoming van de nieuwe parameterinstellingen. Het rapport besluit met conclusies en aanbevelingen in Hoofdstuk 7.

2 Beschrijving (aanpassingen aan) OSR-model

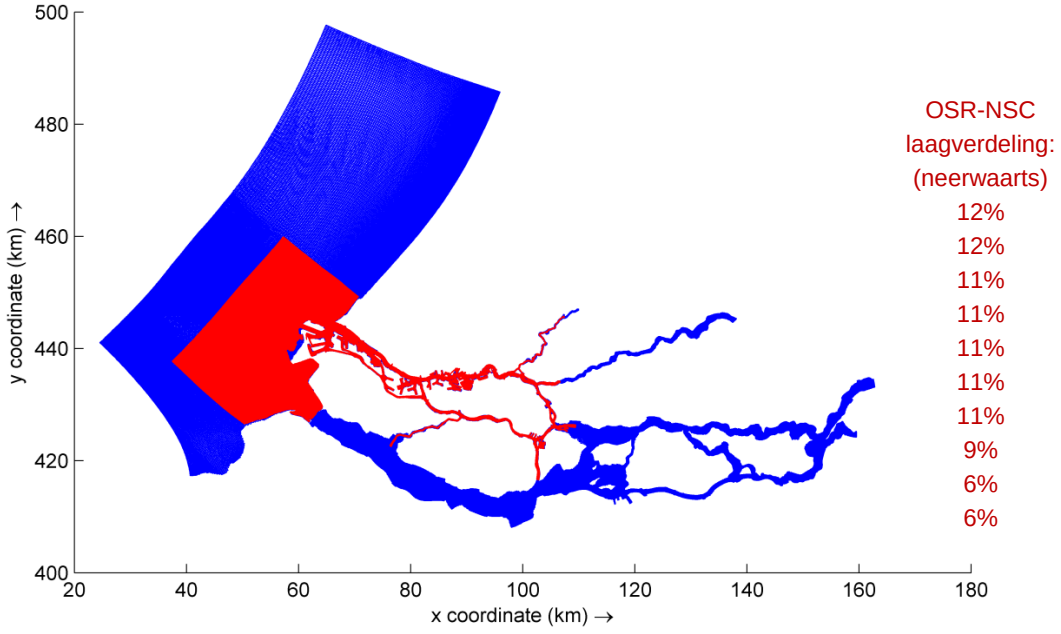
Het OSR-modelsysteem bestaat uit twee sub-modellen: het 2DH OSR-Haven-model en het 3D OSR-NSC-model. Bij de herkalibratie zijn aan beide sub-modellen aanpassingen verricht ten opzichte van de versies beschreven en geëvalueerd in 'Evaluatie (I)' (OSR-Haven-2012-v304 en OSR-NSC-2014-v702).

De aanpassingen aan het OSR-model betreffen:

1) (2DH-submodel) De dispersiecoëfficiënt is in de cellen grenzend aan de Haringvlietsluizen lokaal op nul gezet
2) (2DH-submodel) Er is een flux limiter geactiveerd die het optreden van negatieve concentraties voorkomt
3) (3D-submodel) De plaatselijke reductie van de windsterkte wordt niet meer toegepast
4) (3D-submodel) De horizontale diffusiecoëfficiënt is in delen van het domein verhoogd. Deze was in het hele domein 0.01 m^2/s en neemt nu in de Nieuwe Maas en Oude Maas van west naar oost geleidelijk toe van 0.01 tot 1.00 m^2/s en is in de Hollandsche IJssel, de Dortsche Kil en het Spui gelijk gesteld aan 1.00 m^2/s.

Daarnaast is er in het 3D-model een onttrekking / lozing geactiveerd in de Hollandsche IJssel nabij Gouda ter plaatse van de monding van de Gouwe, die in de eerdere modelversie uit was geschakeld.

Er zijn geen aanpassingen verricht aan de modeldomeinen. Behalve aan de wijze van opleggen van windforcering zijn ook geen aanpassingen verricht aan de modelstructuur. De aanpassingen aan dispersie- en diffusiecoëfficiënten zijn de enige aanpassingen aan de modelparameters. Voor de volledigheid is de belangrijkste informatie met betrekking tot modeldomeinen, modelstructuur, modelparameters en modeleersoftware hieronder kort weergegeven.



Figuur 2.1: Domeinen van de submodellen OSR-Haven (blauw) en OSR-NSC (rood) en verticale laagverdeling van OSR-NSC.

2.1 Modeldomeinen

Het OSR-model maakt gebruik van twee domeinen, zie Figuur 2.1. Het blauwe gebied in de figuur is het domein van het 2DH OSR-Haven-model. Het domein van het 3D OSR-NSC-model, het rode gebied, beslaat een deelgebied daarvan. Het rooster van het OSR-NSC-model is in beide horizontale richtingen drie keer zo fijn als het rooster van het OSR-Haven-model.

2.2 Modelstructuur

Een modelrun zit als volgt in elkaar: eerst wordt het 2DH-model gerund. In feite gebeurt dit twee keer. In beide slagen worden voor het oplossen van de impulsvergelijking Riemann-randvoorwaarden voorgeschreven op de zeeranden en debieten voorgeschreven op de rivierranden. Aan het oppervlak wordt een windschuifspanning opgelegd. Voor het oplossen van de zoutbalans wordt zowel op de zee- als op de rivierranden de saliniteit voorgeschreven.

In de eerste slag met het 2DH-model bestaan de Riemann-randvoorwaarden uit harmonische componenten, betrokken uit een modelsimulatie voor 1998 voor alleen astronomisch getij. In deze slag wordt Kalman-filtering toegepast, waardoor, met behulp van vijf waterlevel-referentiepunten en een vooraf bepaald filter, geassimileerde modeluitkomsten en randvoorwaarden worden verkregen. In de tweede slag worden deze geassimileerde randvoorwaarden opgelegd op de zeeranden in de vorm van Riemann-tijdseries. De overige randvoorwaarden zijn in de twee slagen van het 2DH-model gelijk.

Vervolgens wordt het 3D-model gerund. De randvoorwaarden voor het 3D-model worden betrokken uit de resultaten van de tweede slag met het 2DH-model (nesting). Het betreft hier tijdseries voor Riemann-randvoorwaarden op de zeeranden, voor debieten door de randen op de Lek, Beneden Merwede, Dordtsche Kil, Spui en de Haringvlietsluizen, en voor saliniteit zowel op de rivier- als op de zeeranden van het 3D-model-domein. Ook in het 3D-model wordt aan het wateroppervlak een windschuifspanning opgelegd. In het model dat hier wordt geëvalueerd, is dat een in de tijd variërende maar ruimtelijk uniforme windschuifspanning, berekend uit de potentiële wind bij Hoek van Holland.

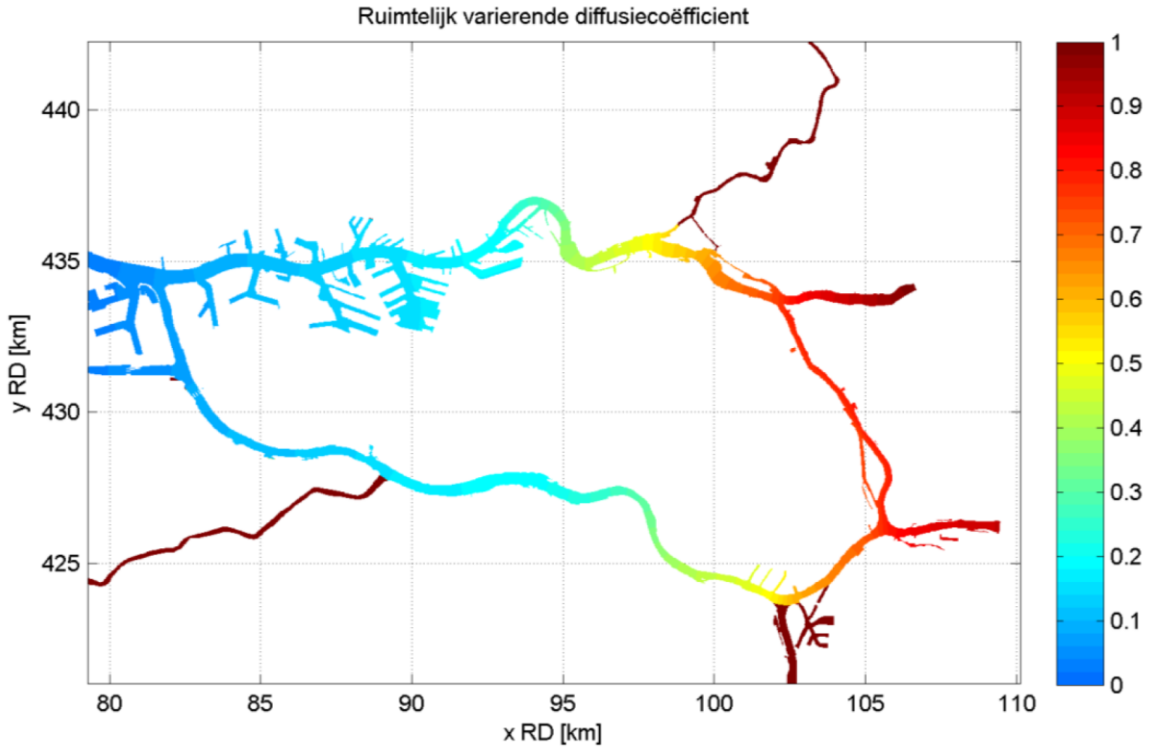
2.3 Modelparameters

Zowel in het 2DH-Havenmodel als in het 3D-NSC-model worden van tevoren gekozen waarden meegegeven aan diverse fysische en numerieke parameters. Een overzicht van parameters en waarden is weergegeven in Tabel 2.1, samen met karakteriseringen van de besproken roosters en randvoorwaarden. Verschillen ten opzichte van parameters in ‘Evaluatie (I)’ zijn vet gemaakt.

De verschillen in parameterwaardes bevinden zich in de waardes voor de horizontale dispersie- / diffusiecoëfficiënt. In het 2D-submodel is de dispersiecoëfficiënt in de cellen grenzend aan de Haringvlietsluizen op nul gesteld ter beperking van de eerder gevonden overmatige dispersieve flux van zout vanaf zee het Haringvliet in bij stroming van water het Haringvliet uit. Deze aanpassing is toegepast in combinatie met een flux limiter die het optreden van negatieve concentraties moet voorkomen. De herkalibratie heeft opgeleverd dat nu in het 3D-submodel een ruimtelijk variërende diffusiecoëfficiënt wordt toegepast. Deze neemt nu in de Nieuwe Maas en Oude Maas van west naar oost geleidelijk toe van 0.01 tot 1.00 m^2/s en is in de Hollandsche IJssel, de Dortsche Kil en het Spui gelijk gesteld aan 1.00 m^2/s. In de Nieuwe Waterweg, het Calandkanaal en het Hartelkanaal is de diffusiecoëfficiënt 0.01 m^2/s, zoals in de eerdere versie over het gehele domein het geval was. Het verloop van de diffusiecoëfficiënt is te zien in Figuur 2.2.

Tabel 2.1 Overzicht parametersettings in het OSR-Haven-model en OSR-NSC-model

	Parameter	OSR-HAVEN (2DH)	OSR-NSC (3D)
Rekenrooster	Aantal domeinen	1	1
	Horizontaal	7 cellen breedte NWW	20 cellen breedte NWW
	Verticaal	1	10 σ-lagen (niet equidistant)
Diepte	Bron	lodingen HBR	lodingen HBR
	Positie diepten	Hoekpunten	Hoekpunten
	Zijkanten (UV punten)	Gemiddeld	Gemiddeld
	Celmidden	Gemiddelde v. hoekpunten	Gemiddelde v. hoekpunten
Processen		Saliniteit	Saliniteit
Locatie Open Randen	Zee	>30 km offshore	15 a 20 km offshore
	Rivieren	Lek (Hagestein)	Lek (Krimpen aan de Lek)
		Waal (Tiel)	Beneden Merwede (Papendrecht)
		Maas (Lith)	Dordtsche Kil (zuidzijde)
			Spui (zuidzijde)
Ruwheid	Type	Manning	Manning
	Waarden [s/m$^{1/3}$]	Globaal 0.024; Ruimtelijk variërend 0.014 - 0.025;	Globaal 0.020; Ruimtelijk variërend 0.016 - 0.026;
Viscositeit	Horizontaal (coefficient) [-]	6.0	1.0
	Verticaal	n.v.t.	*k-ε* turbulentie model;
Dispersie / diffusie	Horizontaal [m^2/s]	Globaal 50; Ruimtelijk variërend: 50 – 1500; **0 t.p.v. HVLSLZ**	**Ruimtelijk variërend: 0.01-1.00, toenemend van west naar oost.**
	Verticaal	n.v.t.	*k-ε* turbulentie model;
Wind	Dichtheid lucht [kg/m^3]	1.205	1.205
	Cd [-]	Constant (0.0026)	Constant (0.0026)
	Windforcering	Wind HvH	Wind HvH **(ruimtelijk uniform)**
Numerieke instellingen	Tijdstap [s]	30 s	7.5 s
	Iteraties cont.	40	40
	Afbreekcrit cont. [m^3]	-	0.002
	Iteraties impuls	8	20
	Afbreekcrit snelheid [m/s]	0.0005	0.0002
	Tstap wrijvingsupdate	10 min	10 min
	Anti-creep	n.v.t.	off



Figuur 2.2: Overzicht van de in het OSR-NSC submodel toegepaste ruimtelijk variabele diffusiecoëfficiënt. Figuur afkomstig uit rapportage Svasek Hydraulics.

2.4 Modeleersoftware

Het OSR-modelsysteem wordt gerund gebruik makend van de SIMONA-software. In de herkalibratie is gebruik gemaakt van SIMONA 2014 (revision 5478). Voor simulatieresultaten kan het uitmaken welke softwareversie wordt gebruikt, reden om aan te bevelen bij toepassing van het model gebruik te maken van dezelfde softwareversie die is gebruikt bij de modelkalibratie. In ‘Evaluatie (I)’ is besproken dat de grootste verschillen tussen de softwareversies van de laatste jaren zijn te vinden in de anti-creep functionaliteit. Die functionaliteit wordt in de huidige versie van het OSR-model – overigens net als in de versie aan de orde in Evaluatie (I) – niet gebruikt. Om die reden verwachten we in dit geval niet dat gebruik van het model in combinatie met een andere softwareversie tot significante verschillen in de resultaten zal leiden.

3 Beschrijving geselecteerde testperiode

In ‘Evaluatie (I)’ is gebruik gemaakt van twee evaluatieperioden, te weten de hele maand mei 2011 en de periode 29 november tot 8 december 2011. In de tweede periode vond een verziltingsevent plaats dat samenviel met zowel lage rivierafvoer als opzet op zee. In de eerste periode was sprake van verzilting en van lage rivierafvoeren, maar niet of nauwelijks van opzet op zee. De reden om twee perioden mee te nemen in de evaluatie was dat dit verschil zorgt voor een verschil in het karakter van het verziltingsevent (zie classificatie typologieen in ‘Evaluatie (I)’). De modeluitkomsten zijn voor beide perioden vergeleken met chlorideconcentratie-tijdseries afkomstig van het vaste meetnet van RWS, en daarnaast voor de eerste periode met debietmetingen op splitsingspunten en voor de tweede periode met saliniteitsprofielen afkomstig van varende metingen op de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas en Oude Maas.

Bij de herkalibratie heeft Svasek Hydraulics de verschillende instellingen getest voor de periode 30 oktober tot 12 december 2011 en de modelresultaten vergeleken met chlorideconcentratie-tijdseries van vijf permanente meetlocaties in het benedenrivierengebied, te weten Hoek van Holland, Botlekbrug, Lekhaven, Rijnhaven en Krimpen a/d IJssel. Daarbij is afzonderlijk ingezoomd op de perioden 4-9 november en 3-8 december om zodoende ook verschillende condities te bekijken: begin november was al wel sprake van lage rivierafvoer en van verzilting, maar nog niet van opzet op zee. De modelresultaten verkregen met de uiteindelijk gekozen kalibratie zijn ook vergeleken met de saliniteitsprofielen afkomstig van de varende metingen.

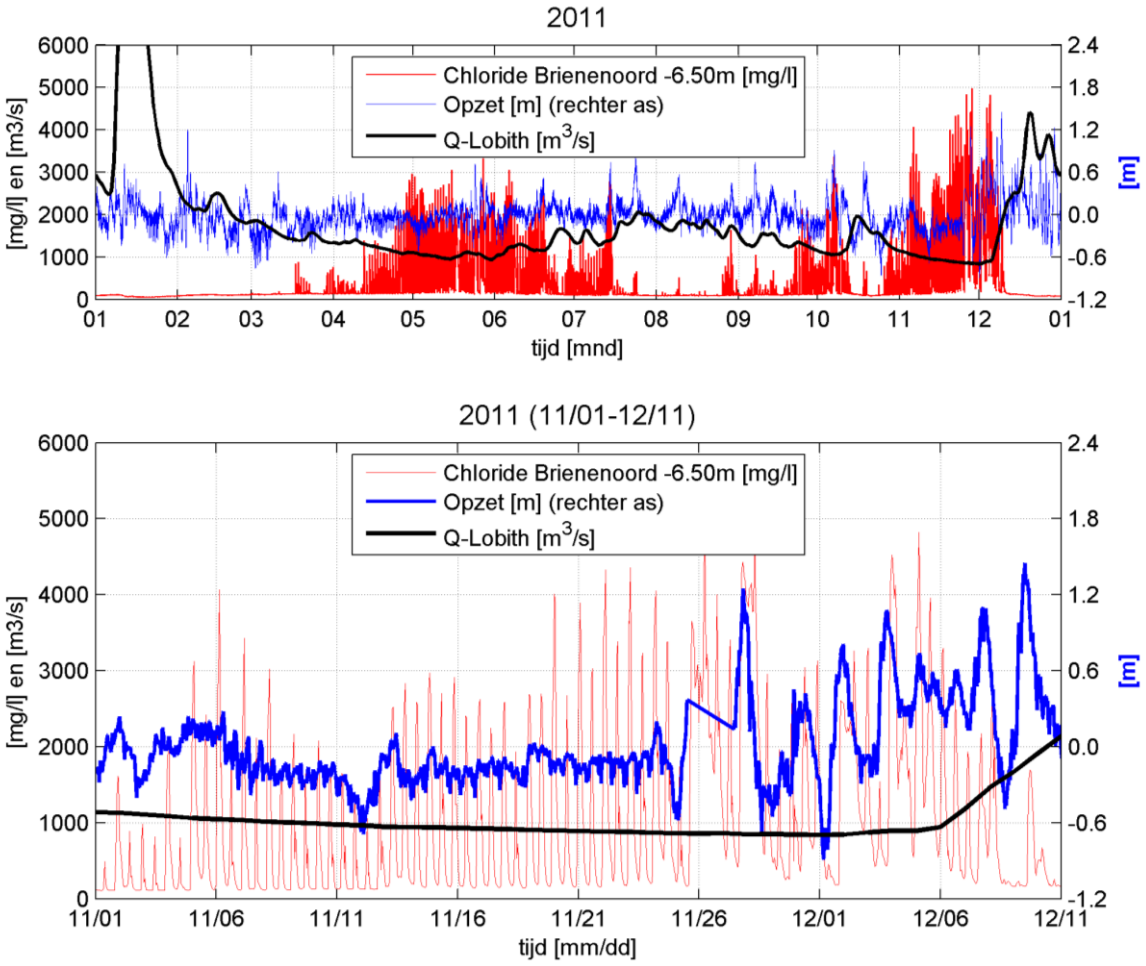
Om vergelijking met de resultaten van ‘Evaluatie (I)’ mogelijk te maken, is uitgangspunt in deze tweede evaluatie de data-model-vergelijking waar mogelijk uit te voeren voor dezelfde periode en met dezelfde data als in ‘Evaluatie (I)’. Omdat er geen nieuwe berekeningen beschikbaar zijn voor de periode mei 2011 richt de data-model-vergelijking zich in eerste instantie op de periode 29 november tot 8 december. Het is voor een goede evaluatie echter wenselijk om ook in deze evaluatie een periode te beschouwen waarin wel sprake was van verzilting, maar niet van opzet op zee. Daarom zullen we hier ook een data-model-vergelijking uitvoeren voor de periode 4 tot 22 november.

3.1 Hydrometeo condities

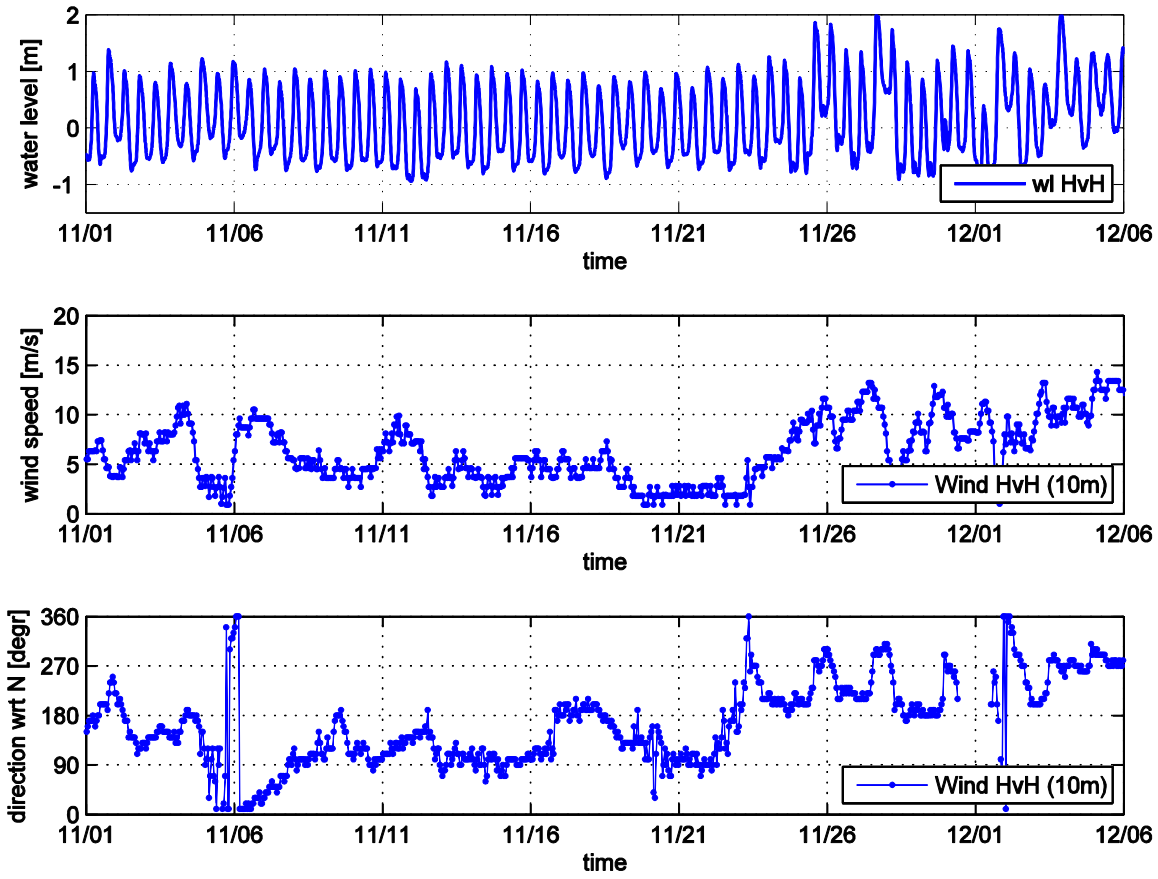
Figuur 3.1 toont de chlorideconcentratie bij meetpunt Brienenoord op -6.50 m NAP (rode lijn), samen met het debiet in de Rijn bij Lobith (zwarte lijn) en de opzet in Hoek van Holland (blauwe lijn, rechter as). In het bovenste panel zijn deze gegevens getoond voor heel 2011, onder is ingezoomd op de periode 1 november tot 11 december 2011. Aan de grafiek is te zien dat de verziltingsevents in mei/juni en november/december 2011 samenvallen met perioden van lage tot zeer lage rivierafvoer van rond de 1000 m^3/s. De grafiek voor de opzet toont duidelijk het verschil tussen de periode eind november / begin december enerzijds en de maand mei en de periode 1 tot 25 november anderzijds: in mei en het grootste deel van november is niet of nauwelijks sprake van opzet, eind november / begin december wel.

Figuur 3.2 toont de sterkte en richting van de (potentiële) wind bij Hoek van Holland voor de periode 1 november tot 8 december, samen met de waterstand. In de grafiek is te zien dat de windsterkte vanaf 26 november het grootste deel van de tijd rond de 10 m/s is. Grote delen van 5-7 december ligt de windsterkte daar zelfs nog een stuk boven, tot zo’n 18 m/s 7/12 ’s middags. In deze periode is de wind soms zuidelijk, soms westelijk, waarbij de grootste windsterktes gelden voor de westenwind. In de periode voor 23 november komt de

wind hoofdzakelijk uit oostelijke richting en is, op een enkele winderige dag na, zwak tot matig. Het is in de grafiek van de waterstand niet heel duidelijk zichtbaar, maar springtij viel in de getoonde periode op 12 en 27 november.



Figuur 3.1: Debiet bij Lobith (zwart), chlorideconcentratie bij meetpunt Brienenoord op -6.50 m NAP (rood) en de opzet bij Hoek van Holland (blauw, rechter as) voor 2011.Boven: heel 2011; onder: ingezoomd.



Figuur 3.2 Voor november / december 2011: (boven) waterstanden; (midden) windsterkte; (onder) windrichting, allen bij Hoek van Holland.

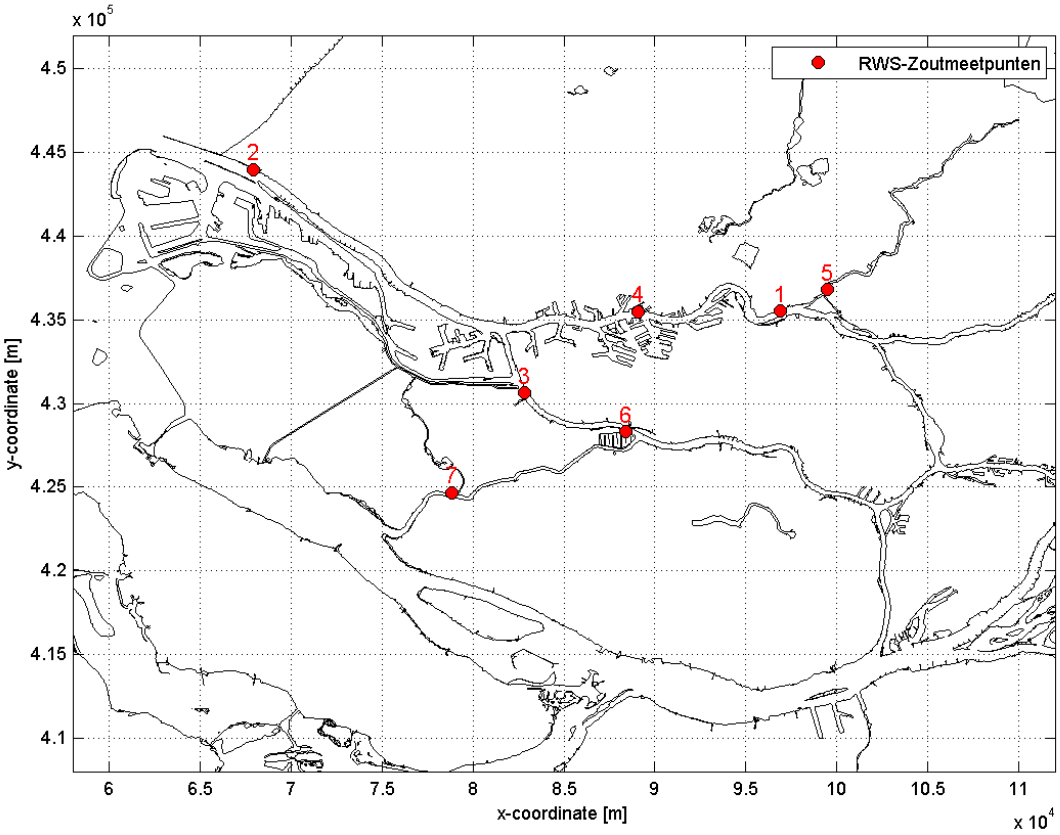
Tabel 3.1 Overzicht Vaste Meetnet meetlocaties chloridemetingen <<XX>>

Nr.	Locatie	Diepten [m]	Reeksnamen	X- coörd. [m]	Y-coörd. [m]
1	Brienenoordbrug	-2.50 -6.50	bri250 bri650	96869	435532
2	Hoek van Holland	-2.50 -4.50 -9.00	hoe250 hoe450 hoe900	67927	443982
3	Spijkenisserbrug	-2.50 -4.50 -9.00	spk250 spk450 spk900	82854	430636
4	Lekhaven	-2.50 -5.00 -7.00	lek250 lek500 lek700	89100	435500
5	Krimpen a.d. IJssel	-4.00 -5.50	kri400 kri550	99463	436795
6	Beerenplaat zout (Oude Maas)	-2.00	bpl200	88407	428330
7	Bernisse Zuidland	-3.00	zui300	78840	424680

3.2 Data geselecteerd voor modelevaluatie

3.2.1 Chloridemetingen vaste meetnet

In de data-model-vergelijking maken we gebruik van chlorideconcentratie-tijdsreeksen afkomstig van het Vaste Meetnet van Rijkswaterstaat. De gebruikte data is betrokken uit DONAR en betreft tijdseries met intervallen van een uur. We gebruiken vijftien verschillende meetreeksen, die horen bij zeven meetlocaties, vallend binnen het domein van het OSR-3D-NSC-model. Op sommige locaties wordt op meerdere diepten gemeten. Een overzicht van de meetpunten is gegeven in Tabel 3.1 en Figuur 3.3.



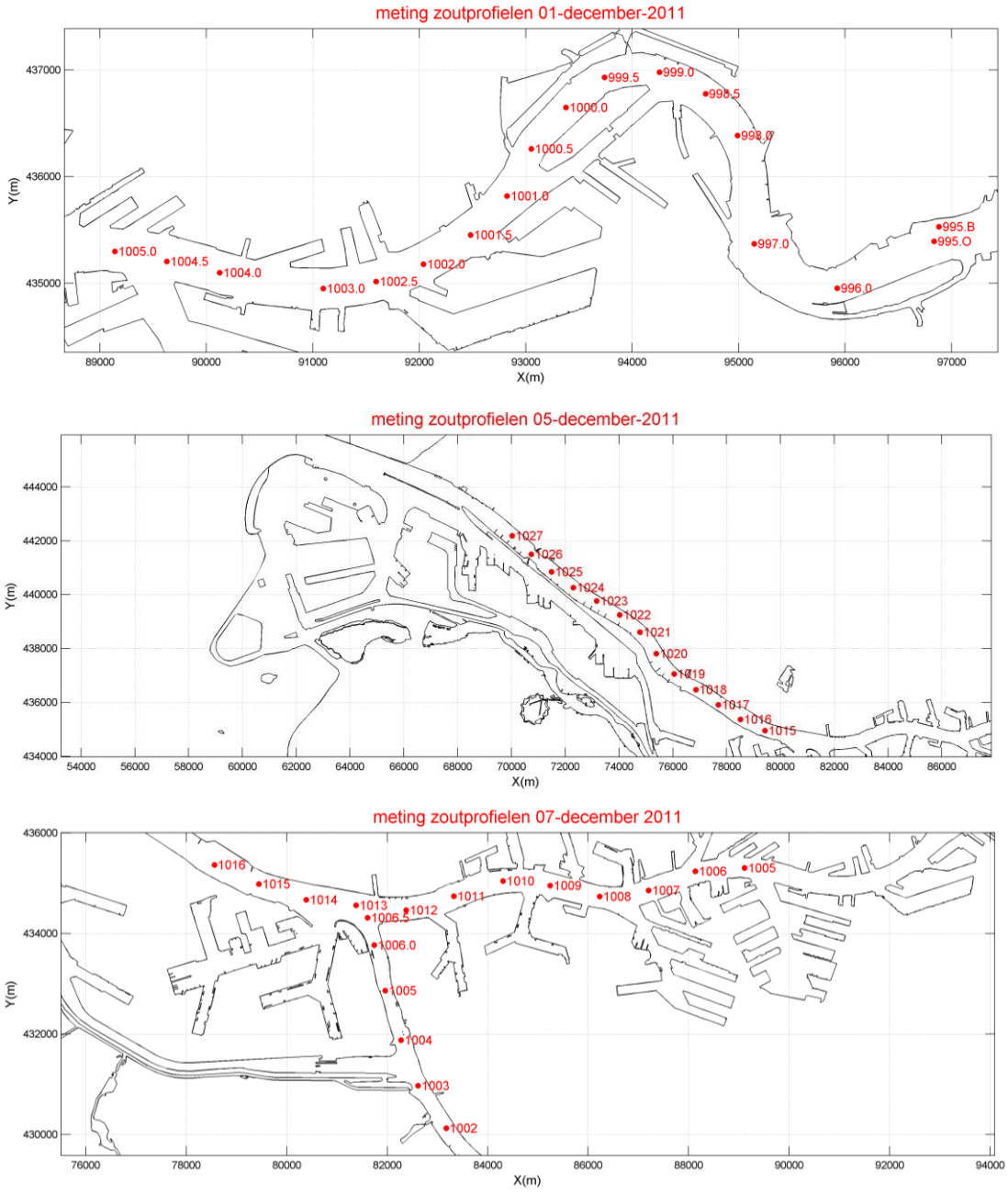
Figuur 3.3 De locaties van de gebruikte vaste meetnet punten van het RWS meetnet. De nummers verwijzen naar Tabel 3.1.[1]

3.2.2 Verticale zoutprofielen varende metingen nov/dec 2011

Daarnaast vergelijken we de modelresultaten met gemeten verticale zoutprofielen. In de periode 29 november t/m 7 december 2011 zijn varende metingen uitgevoerd op de Nieuwe Maas, Nieuwe Waterweg en Oude Maas, waarbij verticale saliniteitsprofielen zijn gemeten. Daarbij zijn op 1, 5 en 7 december trajecten gevaren in de lengterichting van de waterwegen. Op 1 december is gevaren op de Nieuwe Maas van km 1005 tot km 995, waarbij ongeveer om de 500 meter tweemaal het saliniteitsprofiel is gemeten (A en B). (Eén meting levert zelf ook al twee profielen, één behorend bij het neerlaten en één bij het ophalen van de CTD). Op 5 december is gevaren op de Nieuwe Waterweg. Daarbij is het traject tussen km 1027 en km 1015 twee keer heen en weer gevaren, waarbij om de kilometer is gemeten. Op 7 december

[1] *Merk op dat in 'Evaluatie (I)' de locatie van het meetpunt Beerenplaat abusievelijk was aangegeven in het Spui. In beide evaluaties horen de gebruikte data en modeluitvoer bij het hier aangegeven punt, in de Oude Maas.*

is gevaren vanaf km 1005 op de Nieuwe Maas tot km 1016 op de Nieuwe Waterweg. Daarna is teruggevaren tot het splitsingspunt, is de Oude Maas opgevaren tot km 1002 en is weer via het splitsingspunt teruggevaren naar km 1005 op de Nieuwe Maas. Bij het varen van dit traject is om de kilometer gemeten, met bij het splitsingspunt één keer een kleinere afstand. Figuur 3.4 toont de locaties van de saliniteitsprofielmetingen op 1, 5 en 7 december, geselecteerd voor de data-model-vergelijking.



Figuur 3.4 De locaties van de varende metingen op 1, 5 en 7 december 2011

4 Beschrijving opzet modelsimulaties

In deze evaluatie maken we gebruik van modeluitvoer van simulaties uitgevoerd in opdracht van het Havenbedrijf Rotterdam door Svasek Hydraulics. Er zijn in het kader van deze tweede evaluatie dus geen nieuwe simulaties uitgevoerd door Deltares. Het Havenbedrijf heeft samen met de modeluitvoer ook de diverse invoerbestanden aangeleverd. Dit hoofdstuk beschrijft de opzet van de gebruikte modelsimulaties op grond van de informatie in de aangeleverde invoerfiles.

4.1 Simulatieperioden en inspeeltijden

In de som toegeleverd voor deze evaluatie zijn de data uit Tabel 4.1 aangehouden als aanvangs- en eindtijdstip van de simulatie. Merk op dat deze simulatie niet exact dezelfde is als die beschreven in het rapport van Svasek Hydraulics. Die som, waarin de aanpassingen aan het 2DH-submodel nog niet waren meegenomen, wordt op een andere manier opgestart.[2]

Tabel 4.1 Overzicht simulatieperioden

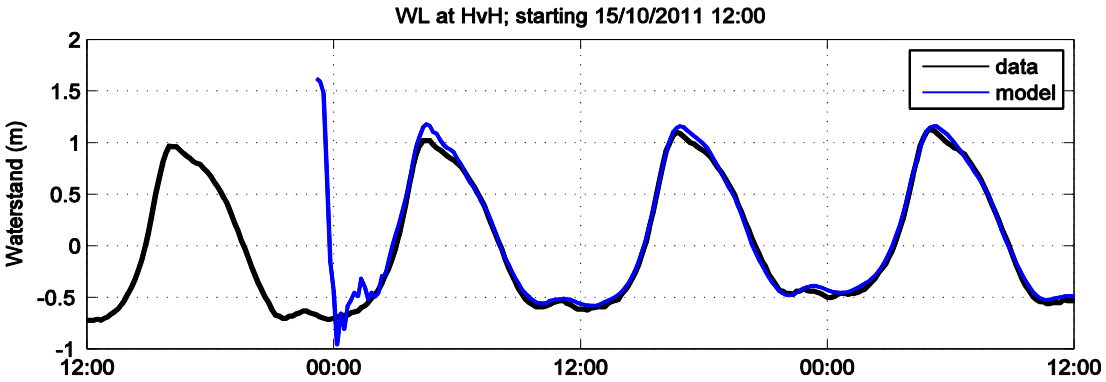
	Aanvang	Einde
2DH-OSR-Haven	15-Sep-2011 04:00	15-Dec-2011 23:20
3D-OSR-NSC	15-Oct-2011 23:11	15-Dec-2011 23:50

In de hier gebruikte som wordt de 3D-simulatie opgestart met resultaten voor waterstanden, saliniteit en horizontale snelheden van een andere modelsimulatie als initiële condities. Dit zijn dezelfde condities als gebruikt in de sommen van ‘Evaluatie (I)’, en ze beschrijven een situatie op of nabij hoog water bij Hoek van Holland, met naar binnen gerichte stroming in de NWW en een sterke gelaagdheid (ong. 20 psu verschil tussen boven en onderlaag nabij Maassluis). Deze resultaten zijn oorspronkelijk berekend voor 12 december 2010 met een ons onbekende modelversie. In principe doen de initiële condities en hun herkomst er niet zoveel toe, mits de inspeeltijd voldoende lang is. In ‘Evaluatie (I)’ was op grond van eerdere ervaringen van het Havenbedrijf gekozen een inspeelperiode aan te houden van zo’n honderd dagen. Daarnaast was er voor het aanvangsmoment van de simulaties gezocht naar een moment van hoogwater bij Hoek van Holland met een waterstand in de buurt van de waterstand bij Hoek van Holland in de initiële condities. Hier, en overigens ook in de sommen gebruikt voor de herkalibratie, is gewerkt met een aanzienlijk kortere inspeeltijd. De periode tussen de start van de simulatie en de eerste evaluatieperiode beslaat 19 dagen (16/10-3/11).

Hoe korter de gehanteerde inspeeltijd, des te belangrijker het is dat de initiële condities en de daadwerkelijke omstandigheden bij de start van de simulatie op elkaar aansluiten. Figuur 4.1 toont data en modelresultaten voor de waterstand bij Hoek van Holland in de eerste dagen van de gesimuleerde tijd. Hieraan is te zien dat de initiële conditie niet aansluit bij de daadwerkelijke waterstand en het waterstandsverloop waar de simulatie ten gevolge van de randvoorwaarden en forcering daarna naar toe getrokken wordt: de simulatie is gestart op laagwater, met hoogwaterstartcondities. Tegelijk is het ook te zien dat de resultaten voor de waterstanden al na korte tijd niet meer beïnvloed lijken te worden door de initiële condities.

[2] *Te weten middels een restart op 31 oktober 2011 vanuit een simulatie met de modelversie van ‘Evaluatie I’ met lokale wind reductie, gestart op 15 oktober. Hoe die som is opgestart is ons onbekend; we veronderstellen op dezelfde wijze als de voor deze evaluatie aangeleverde simulatie.*

De mismatch tussen startcondites en daadwerkelijke condities lijkt dus niet zo'n probleem. Echter, met name voor saliniteit werken slecht aansluitende startcondities vaak veel langer door. In dit geval zal er teveel zout in het binnen gebied aanwezig zijn, dat eigenlijk eerst moet worden uitgespoeld voordat de resultaten bruikbaar worden. Bij een laag rivierdebiet, zoals in de simulatieperiode het geval is, zal dit veel simulatietijd vergen.



Figuur 4.1 Resultaat voor de waterstand bij Hoek van Holland in de eerste dagen van de simulatie.

4.2 Input 2DH-model

4.2.1 Randvoorwaarden en wind

Voor de randvoorwaarden voor de 2DH-simulatie (Riemann-randvoorwaarden en saliniteit op de zeeranden en debieten en saliniteit op de rivierranden) en voor de windforcering zijn dezelfde tijdseries gebruikt als in 'Evaluatie (I)'.

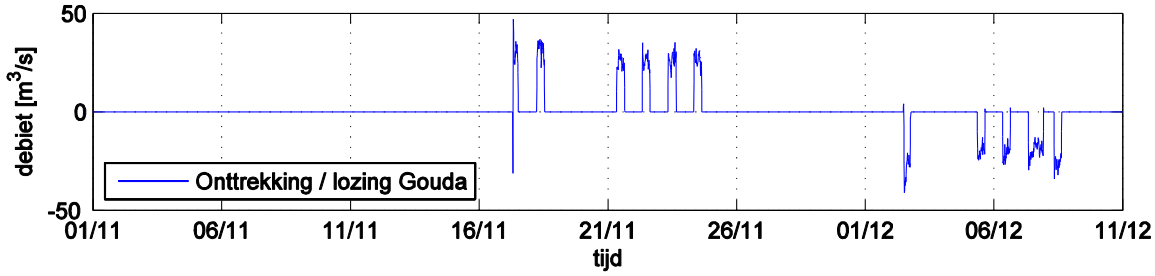
4.2.2 Sluisbeheer Haringvlietsluizen

Voor de modellering van de Haringvlietsluizen is gebruik gemaakt van informatie over de daadwerkelijke sluisstanden in de simulatieperiode. Ten opzichte van de eerder gebruikte uit een door RWS opgezette SOBEK-som voor 2011 afkomstige tijdseries, zijn de sluisstanden rond het moment van sluiten van de sluizen één tijdstap (10 minuten) naar voren gehaald. Dit is in lijn met voorstellen uit 'Evaluatie (I)' en verkleint de instroom van water vanuit zee het Haringvliet in.

4.3 Input 3D-model

4.3.1 Randvoorwaarden, onttrekking/lozing en wind

De randvoorwaarden van de 3D-simulaties worden betrokken uit de resultaten van de 2DH-modelruns. Voor het opleggen van de wind wordt dezelfde tijdserie gebruikt als in de 2DH-modelruns. De onttrekking / lozing nabij Gouda heeft het verloop als weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 4.2 Tijdsverloop van de onttrekking / lozing bij Gouda zoals opgelegd aan het 3D model (positief is lozing).

5 Data-model-vergelijking

Dit hoofdstuk beschrijft de vergelijking van de simulatieresultaten voor de gekozen testperioden met de geselecteerde data. In paragraaf 5.1 staan de tijdseries van chlorideconcentraties op de vaste meetnet locaties centraal. In paragraaf 5.2 bestuderen we de momentane verticale saliniteitsprofielen op tijdstip en locatie van de varende metingen.

5.1 Chlorideconcentraties vaste meetpunten

5.1.1 Tijdserie-tijdserie vergelijking

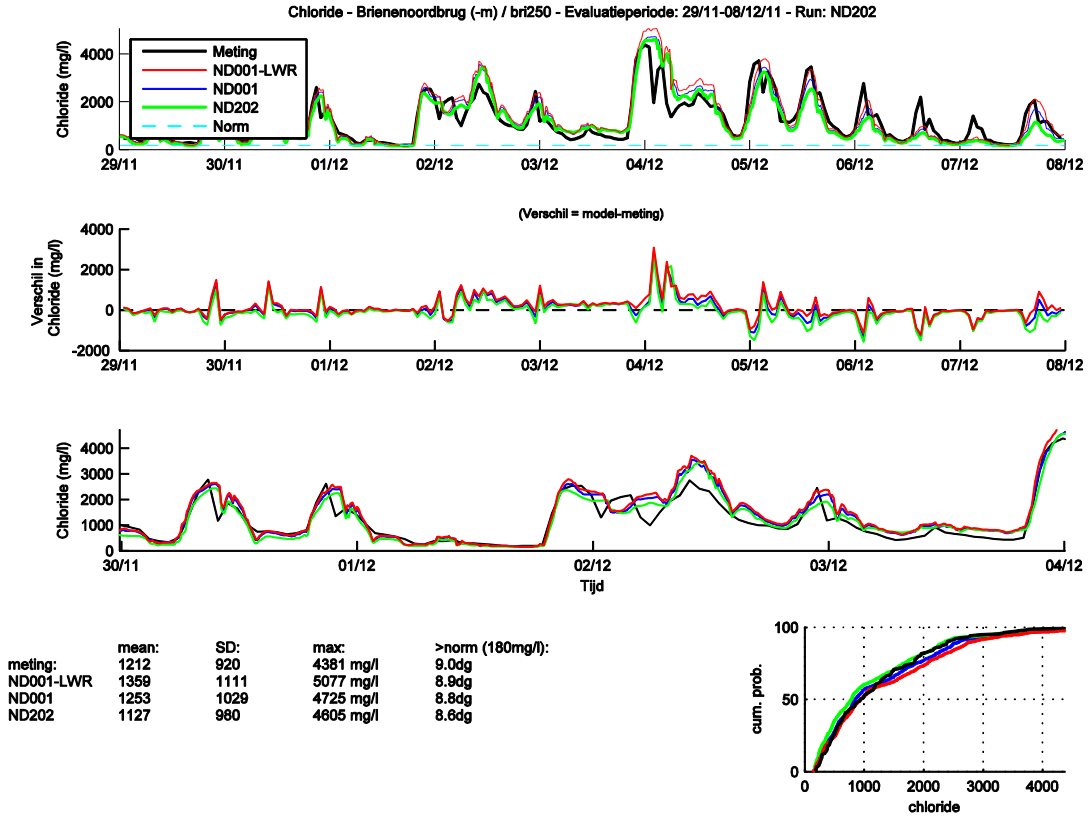
De vergelijking voor de tijdseries van de chlorideconcentraties is uitgevoerd voor vijftien verschillende *x-y-z* locaties en voor twee evaluatieperioden, zie hoofdstuk 3 . Figuur 5.1 tot Figuur 5.3 tonen de vergelijking voor meetlocatie Brienenoordbrug (-2.50m), Krimpen a/d IJssel (-4.00m) en Bernisse/Zuidland (-3.00m) voor de periode 29 november tot 8 december. Bijlage B.1 toont de volledige reeks figuren.

De figuren tonen van boven naar beneden:

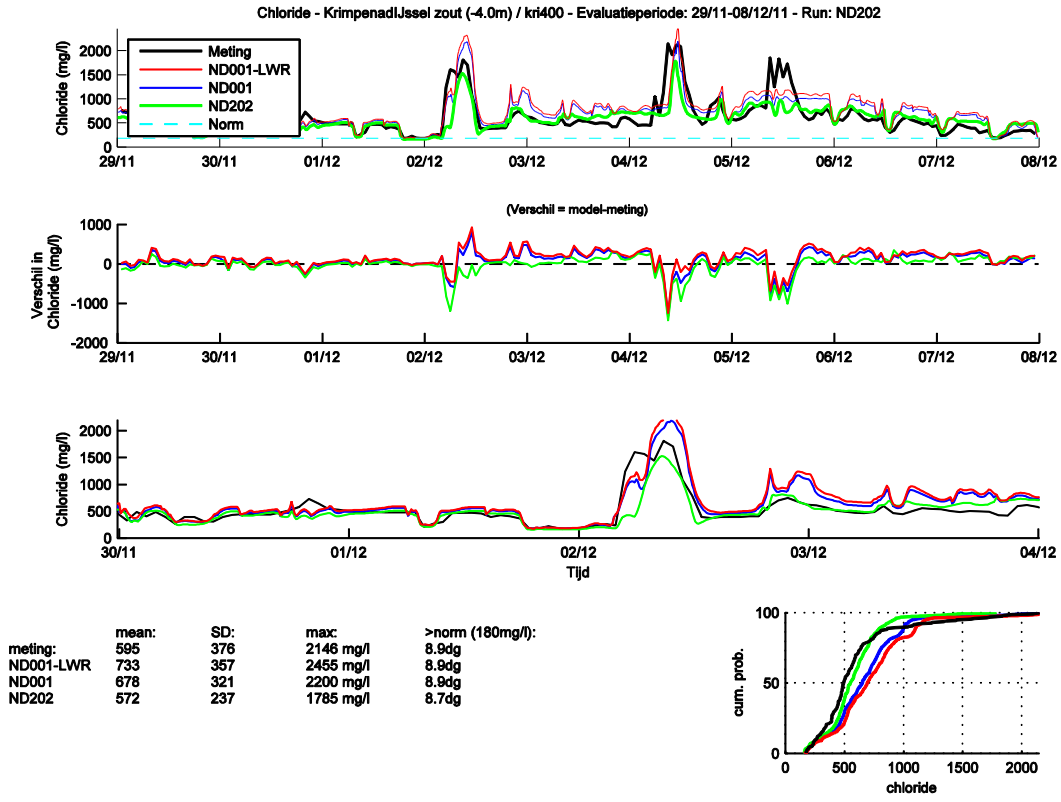
a) Chlorideconcentratie-tijdreeksen
b) Verschil-tijdreeksen, waarbij het verschil is modelresultaat minus data
c) Een uitvergroting van plot (a), voor de periode 30/11 t/m 4/12
d) Cumulatieve verdelingsfuncties

We vergelijken de data (zwart) met de modelresultaten verkregen met opnieuw gekalibreerde model (groen, met runnaam ND202). Omwille van de vergelijking met ‘Evaluatie (I)’ worden ook de resultaten van de eerdere modelversie getoond. We tonen de resultaten van simulaties zowel met (rood, ND001-LWR) als zonder (blauw, ND001) de lokale wind reductie (LWR). Voor alle reeksen zijn enkele statistische karakteristieken bepaald over de duur van de evaluatieperiode. Dit betreft de gemiddelde waarde, de standaard deviatie, de maximale waarde, en waar relevant het aantal dagen dat een bepaalde concentratienorm wordt overschreden. De gebruikte normen zijn respectievelijk 180 mg/l voor locatie Brienenoordbrug, Krimpen a/d IJssel en Beerenplaat, 150 mg/l voor Spijkenisserbrug (bovenlaag), en 200 mg/l voor Bernisse/Zuidland. De informatie over de normoverschrijding is feitelijk ook onderdeel van de cumulatieve verdelingsfunctie. Deze geeft op de y-as het percentage van de waarnemingen/modeluitvoer onder een concentratiewaarde op de x-as. Dit betekent dat als de model-lijn naar rechts is verschoven ten opzichte van de data-lijn, de concentraties in het model een groot deel van de tijd hoger zijn dan in de data. Is de ene lijn steiler dan de andere, dan is de spreiding in de tijdserie behorend bij de steilste lijn het kleinst.

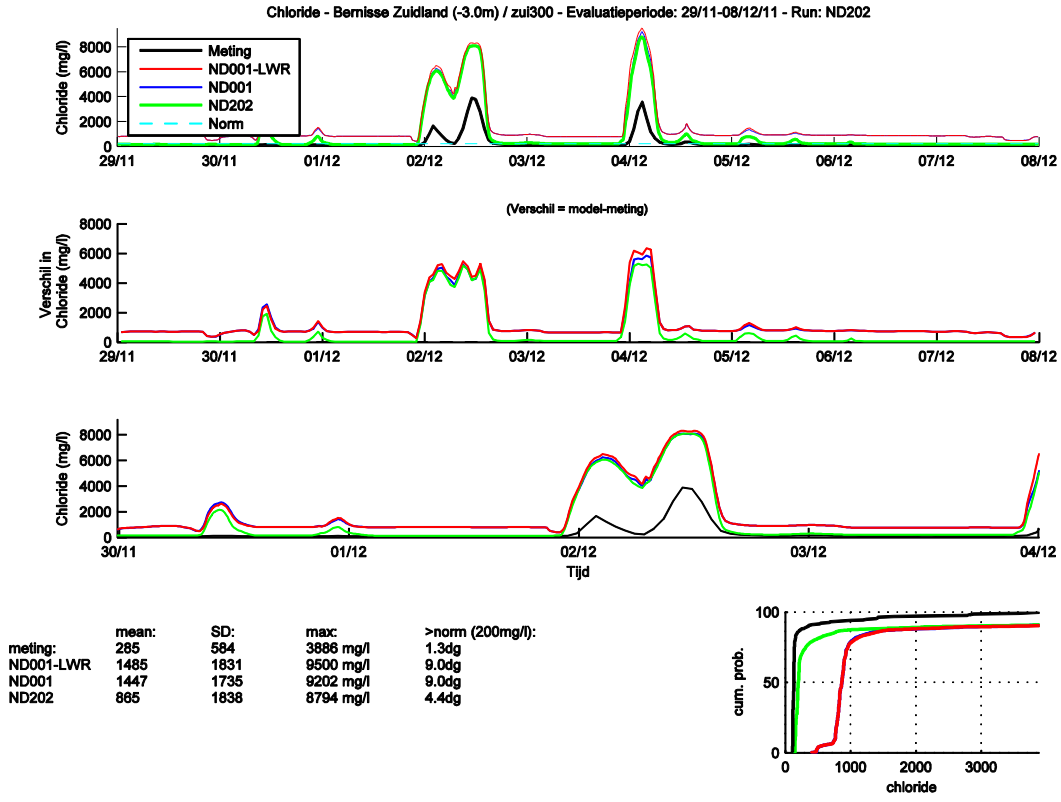
Figuur 5.4 en Figuur 5.5 tonen twee van de figuren uit de reeks voor de evaluatieperiode 4 tot 22 november. Merk op dat voor deze periode geen simulatieresultaten beschikbaar zijn vanuit ‘Evaluatie (I)’ voor de modelversie met lokale wind reductie, gezien het feit dat deze in ‘Evaluatie (I)’ werd opgestart middels een restart op 29 november vanuit een versie zonder LWR. We verwachten echter dat voor de relatief windluwe periode van 4-22 november de resultaten met LWR niet veel zullen afwijken van de getoonde resultaten zonder LWR (ND001), net zoals dat het geval was voor het windluwe deel van evaluatieperiode mei 2011 in ‘Evaluatie (I)’. De figuren voor deze evaluatieperiode tonen dus alleen resultaten van het opnieuw gekalibreerde model (groen, ND202) en van het oude model zonder LWR (blauw, ND001). De rest van de reeks is opgenomen in bijlage B.2, waarbij de figuur voor meetlocatie Lekhaven (-7.00m) achterwege is gelaten wegens een hiaat in de gebruikte data.



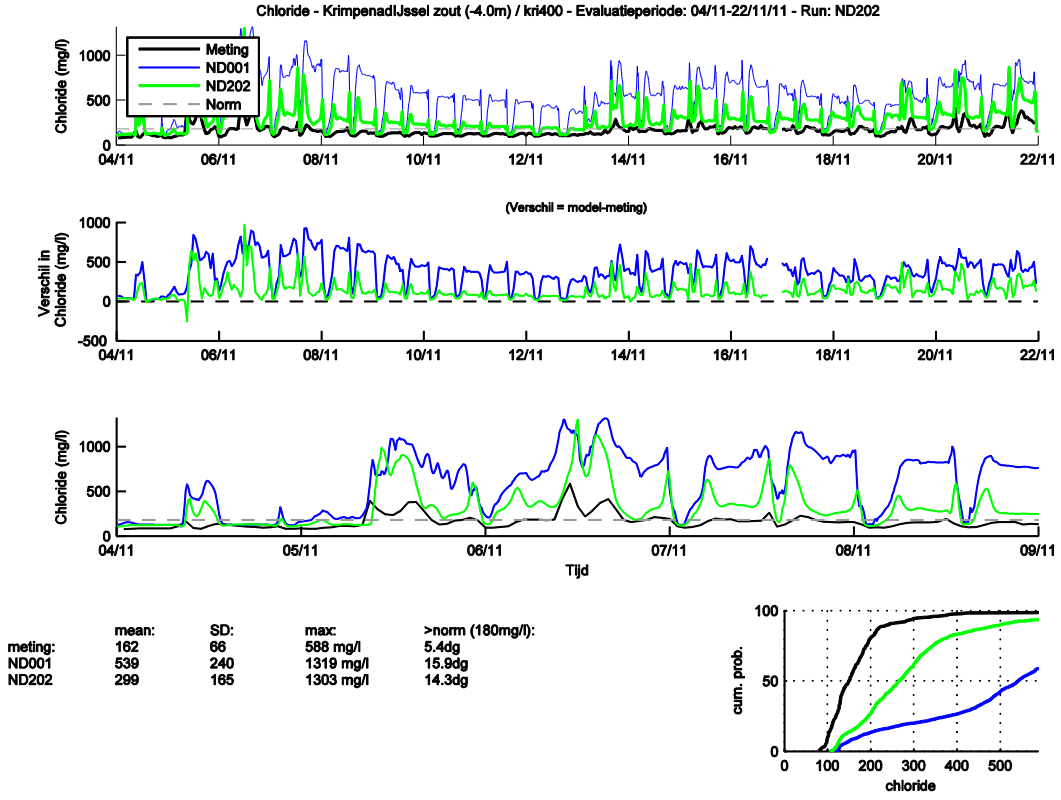
Figuur 5.1: Data-model-vergelijking voor de chlorideconcentratie-tijdserie voor meetlocatie Brienenoordbrug (-2.50m) voor evaluatieperiode 29/11 tot 8/12. Van boven naar onder: a) chlorideconcentratie-reeksen; b) Model-data-verschil-reeksen; c) een uitvergroting van (a); d) cumulatieve verdelingsfuncties, allen voor de vaste meetnet meting (zwart), de modelsimulatie met het opnieuw gekalibreerde model (ND202, groen), en de vorige modelversie zowel met (ND001-LWR, rood) als zonder (ND001, blauw) lokale wind reductie. Links onder: het gemiddelde, de standaard deviatie, het maximum en het aantal dagen van normoverschrijding over de duur van de evaluatieperiode.



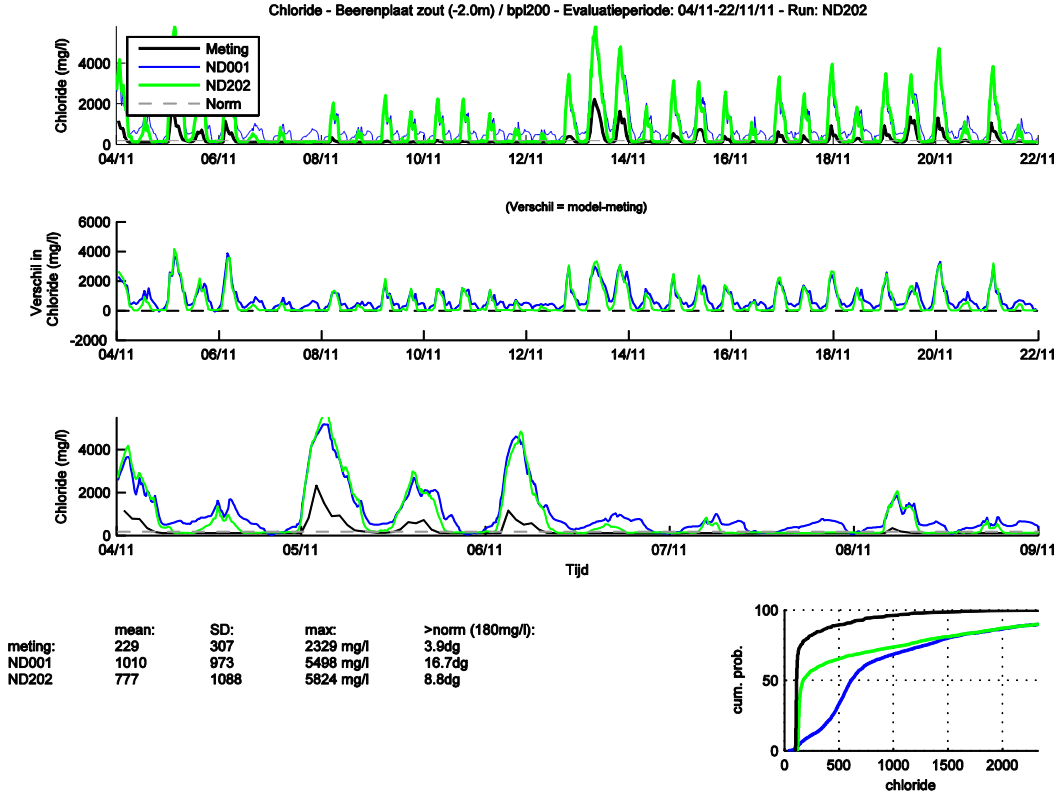
Figuur 5.2: Data-model-vergelijking voor meetlocatie Krimpen a/d IJssel (-4.00m), periode 29/11 tot 8/12.



Figuur 5.3: Data-model-vergelijking voor meetlocatie Bernisse-Zuidland (-3.00m), periode 29/11 tot 8/12.



Figuur 5.4: Data-model-vergelijking voor meetlocatie Krimpen a/d IJssel (-4.00m), periode 4/11 tot 22/12.



Figuur 5.5: Data-model-vergelijking voor meetlocatie Beerenplaat (-2.00m), periode 4/11 tot 22/12.

5.1.2 Objectivering en aggregatie

In de figuren zijn ook de gemiddelden, standaard deviaties en normoverschrijdingen van de gemeten en berekende tijdsreeksen aangegeven. Om een meer kwantitatieve data-model-vergelijking mogelijk te maken, is deze informatie is verzameld in Tabel 5.1 tot Tabel 5.3.

Met behulp van Goodness-of-Fit grafieken of target diagrammen (Jolliff et al., 2009) is de vergelijking verder geobjectiveerd en is het mogelijk de kwaliteit van de data-model-vergelijking voor alle meetlocaties tegelijk in een grafiek weer te geven. De Goodness-of-Fit grafiek van de resultaten van het huidige model is weergegeven in Figuur 5.6 en Figuur 5.7, bovenste helft. In het onderste diagram in deze figuren zijn resultaten uit ‘Evaluatie (I)’ weergegeven. Deze grafieken tonen op de *y*-as het verschil tussen het gemiddelde van het modelresultaat en dat van de meting. De *x*-as toont de Root-Mean-Square van het verschil tussen model en meting wat betreft de uitwijking ten opzichte van hun eigen gemiddelde waarde. Hierbij zijn beide verschillen genormaliseerd met de standaarddeviatie van de meting. Als de standaarddeviatie van de modelresultaten groter is dan die van de data wordt het punt rechts geplot, zo niet, dan links. Een nadere toelichting op deze wijze van weergeven is, samen met enkele eenvoudige voorbeelden, te vinden in ‘Evaluatie (I)’, bijlage C.

In de grafiek zijn voor de meetlocaties met meerdere meetpunten de meetpunten weergegeven met hetzelfde symbool, maar met verschillende kleuren. Het hoogste meetpunt is weergegeven met blauw, het tweede van boven met rood, en – indien aanwezig – het derde van boven met paars. De nummering is dezelfde als in de tabellen. NB: Figuur 5.7 is iets kleinschaliger (iets verder uitgezoomd) dan Figuur 5.6.

Tabel 5.1 Aantal dagen van normoverschrijding tijdens de evaluatieperiode; Voor alle meetreeksen, en voor meting, model na herkalibratie (ND202) en de modelversies uit 'Evaluatie (I)'.

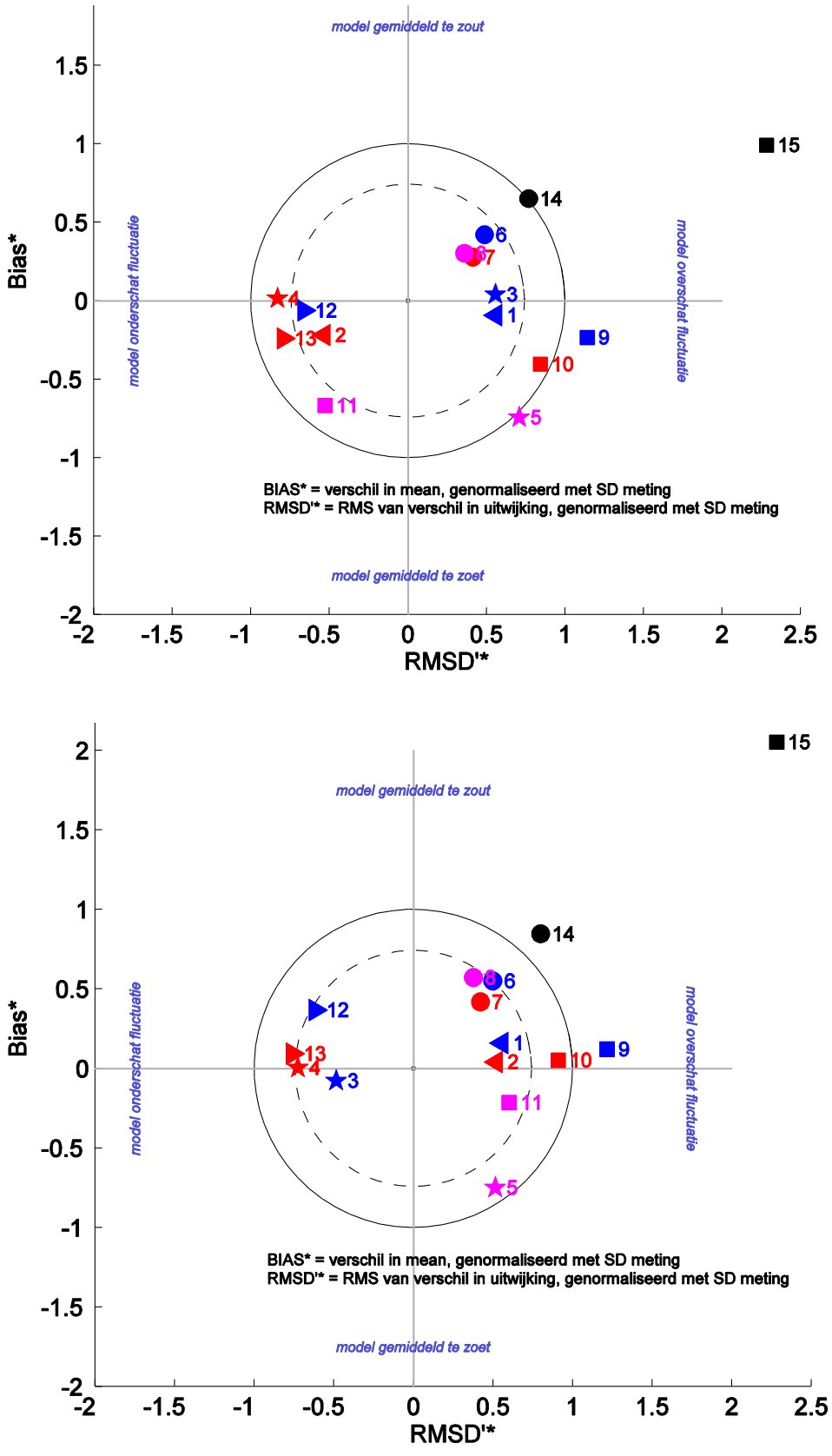
		Evaluatieperiode 29/11 tot 8/12			Evaluatieperiode 4/11 tot 22/11		
Meetreeks	Gebruikte norm [mg/l]	Meting	ND202	ND001-LWR	Meting	ND202	ND001
bri250	180	9.0	8.6	8.9	11.5	14.0	15.2
bri650	180	9.0	8.6	8.8	11.8	14.0	15.3
spk250	150	8.7	8.8	9.0	13.1	14.2	18.0
spk450	150	8.7	8.8	9.0	13.3	14.3	18.0
kri400	180	8.9	8.7	8.9	5.4	14.3	15.9
kri550	180	9.0	8.7	8.9	9.4	14.4	16.1
bpl200	180	6.9	8.3	9.0	3.9	8.8	16.7
zui300	200	1.3	4.4	9.0	0.0	0.2	18.0

Tabel 5.2 Gemiddelde chlorideconcentratie in mg/l over de evaluatieperiode; Voor alle meetreeksen, voor meting, model na herkalibratie (ND202) en de modelversies uit 'Evaluatie (I)'.

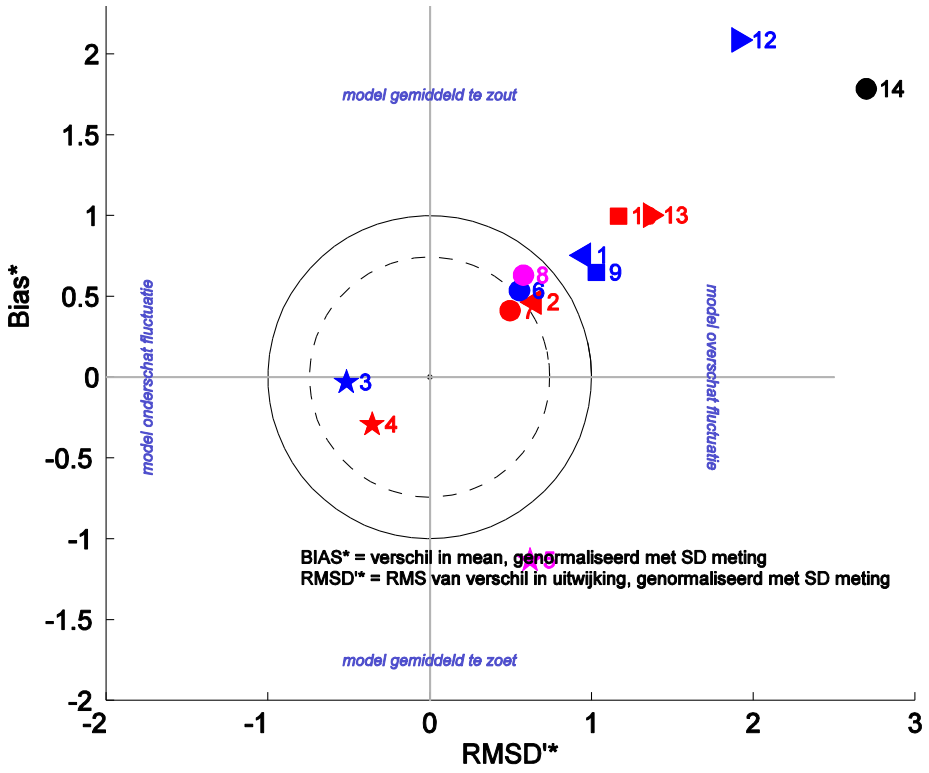
		Evaluatieperiode 29/11 tot 8/12			Evaluatieperiode 4/11 tot 22/11		
	Meetreeks	Meting	ND202	ND001-LWR	Meting	ND202	ND001
1	bri250	1212	1127	1359	544	964	1173
2	bri650	1407	1168	1452	763	1175	1609
3	hoe250	11153	11303	10867	9530	9432	9452
4	hoe450	12171	12252	12197	12797	11607	11648
5	hoe900	14970	12576	12555	15316	12154	12195
6	spk250	3248	4398	4755	1622	2509	2656
7	spk450	3891	4763	5203	2186	3089	3267
8	spk900	4455	5530	6486	2732	4503	5100
9	lek250	3077	2889	3175	2501	2907	2908
10	lek500	3544	3148	3594	2814	3501	3594
11	lek700	4638	3592	4302	-	-	-
12	kri400	595	572	733	162	299	539
13	kri550	716	576	770	207	302	582
14	bpl200	1529	2851	3249	229	777	1010
15	zui300	285	865	1485	105	136	1060

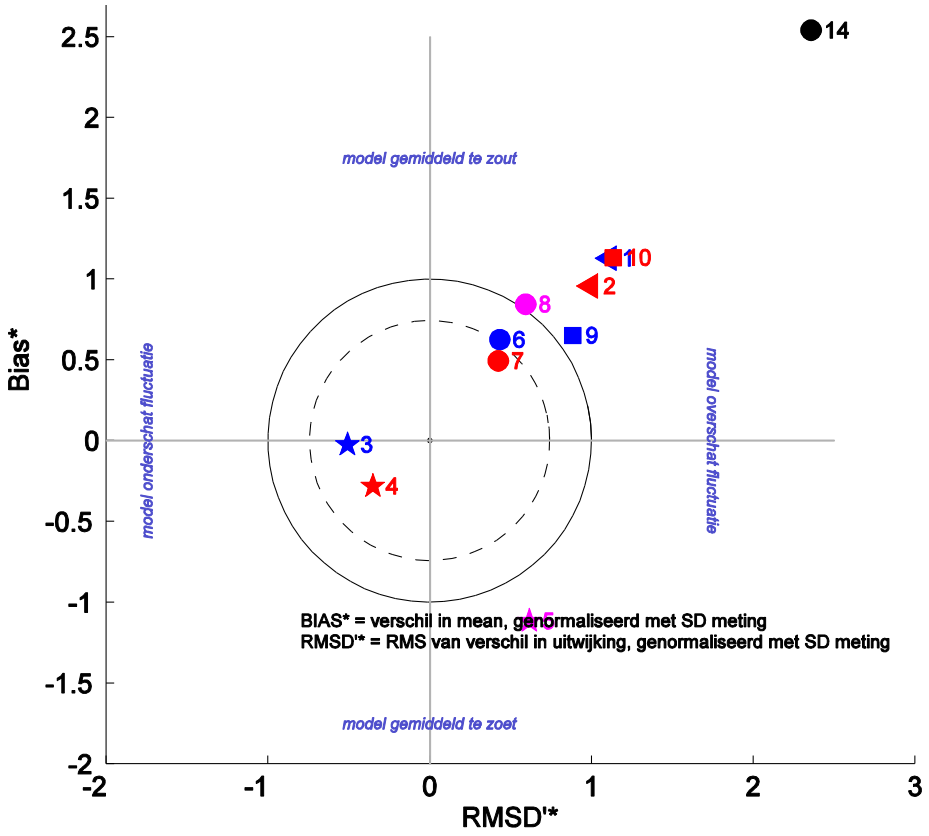
Tabel 5.3 Standaard deviaties van de chlorideconcentratie in mg/l over de evaluatieperiode; Voor alle meetreeksen, en voor meting, model na herkalibratie (ND202) en een modelversie uit 'Evaluatie (I)'.

		Evaluatieperiode 29/11 tot 8/12			Evaluatieperiode 4/11 tot 22/11		
	Meetreeks	Meting	ND202	ND001-LWR	Meting	ND202	ND001
1	bri250	920	980	1111	556	958	1073
2	bri650	1094	1017	1182	884	1231	1578
3	hoe250	3706	3926	3134	3221	2280	2282
4	hoe450	5073	3833	3286	4083	3467	3461
5	hoe900	3226	3818	3335	2794	3697	3689
6	spk250	2737	3430	3466	1656	2180	1969
7	spk450	3139	3556	3611	2187	2664	2482
8	spk900	3551	3871	4039	2804	3665	3646
9	lek250	808	1337	1428	625	860	771
10	lek500	980	1422	1530	689	1116	1094
11	lek700	1569	1548	1786	-	-	-
12	kri400	376	237	357	66	165	240
13	kri550	583	243	407	95	169	298
14	bpl200	2032	3177	3150	307	1088	973
15	zui300	584	1838	1831	4	40	210



Figuur 5.6: Goodness-of-Fit diagrammen van de data-modelvergelijking voor evaluatieperiode 29/11 tot 8/12, boven voor de huidige modelversie (run ND202), onder resultaten uit Evaluatie (I) (run ND001-LWR);





Figuur 5.7: Goodness-of-Fit diagrammen van de data-modelvergelijking voor evaluatieperiode 4/11 tot 22/11, boven voor de huidige modelversie (run ND202), onder resultaten uit Evaluatie (I) (run ND001);

5.1.3 Observaties n.a.v. tijdseries, tabellen en GoF-plots

Op grond van de weergave van de resultaten in de tijdseries, tabellen en GoF-diagrammen merken we allereerst op dat zowel voor de evaluatieperiode in december (met opzet) als voor die in november de resultaten van het opnieuw gekalibreerde model over het algemeen iets lagere gemiddelde waardes en kortere perioden van normoverschrijding laten zien dan de resultaten voor de eerdere modelversies. De nieuwe waarde ligt veelal dichter bij die van de meting.

(Spui) Vooral voor locatie 15 Bernisse/Zuidland is de verbetering in de gemiddelde waarde en normoverschrijdingsduur groot, maar ook voor locatie 14 Beerenplaat Oude Maas, vlakbij het punt waar het Spui uitkomt in de Oude Maas, is een significante verbetering zichtbaar. Dit is ook zichtbaar in de GoF-diagrammen: de punten komen dichter bij de *x*-as te liggen. De tijdserie laat zien dat deze verbeteringen in en nabij het Spui met name komen doordat de 'achtergrondconcentratie' lager is komen te liggen: na een piek keert het model terug naar een lager waarde, die beter bij de data past. De pieken in het concentratieverloop worden echter met het nieuwe model nog op dezelfde manier overschat als eerder. Dit geldt in het bijzonder voor de pieken in de evaluatieperiode met opzet, zichtbaar in Figuur 5.3, en voor de hoogste pieken in de periode zonder opzet. Voor de lagere piekjes in die periode wordt het data-model-verschil wel iets kleiner. (De november-tijdserie voor Bernisse/Zuidland laat een iets ander beeld zien: daar is continu een groot verschil tussen de modelversies. Dit komt echter doordat in dat geval in de oude resultaten geen sprake is van een lage concentratie die af en toe omhoog gaat door een zoutpiek ten gevolge van het getij, maar van een veel te hoge achtergrondconcentratie die wordt ingedeukt met het ritme van het getij). De verlaging van de achtergrondconcentratie in het Spui kan worden verklaard door modelaanpassingen 1) en 2) uit hoofdstuk 2 die de influx van zout via de Haringvlietsluizen in het 2DH-submodel aanzienlijk beperken. Hierdoor ontvangt het 3D model lagere en aanzienlijk betere waarden als randvoorwaarden aan de zuidrand van het Spui.

(Hollandsche IJssel) Ook voor meetpunt 12 en 13 Krimpen a/d IJssel geeft de nieuwe modelversie een betere waarde voor het gemiddelde. Voor de november-case verbetert ook de standaard deviatie aanzienlijk. Voor deze case verschijnen de punten ook in het GoF-diagram, waar deze met het eerdere model buiten het geplotte gebied lagen. Een blik op de tijdseries laat zien dat de verbeteringen vooral komen doordat de nieuwe piekwaardes lager zijn. Dit verschil is het grootst voor de november-case. Verder valt voor deze case op dat in de nieuwe resultaten de waardes na een piek iets sneller naar beneden gaan. Dit lijkt te betekenen dat de door het getij binnengebrachte hoeveelheid zout sneller wordt verspreid, wat valt te verbinden aan modelaanpassing 4), de aanpassingen aan de diffusiecoëfficiënt. De lagere waardes voor de chlorideconcentratie bij Krimpen a/d IJssel zouden in principe ook verklaard kunnen worden door een onttrekking nabij Gouda, omdat je daarmee water en dus ook zout de Hollandsche IJssel optrekt. Figuur 4.2 laat echter zien dat de lozingen en onttrekkingen pas starten op 17 november, terwijl de nieuwe modelversie ook al voor die tijd wezenlijk lagere concentraties laat zien, zie Figuur 5.4. Daar moet dus wel de aanpassing van de diffusiecoëfficiënt de oorzaak zijn.

(Ingang: Hoek van Holland) Voor meetpunt 3, 4 en 5 Hoek van Holland valt op dat er hoegenaamd geen verschillen zijn tussen de resultaten voor de nieuwe modelversie en die uit 'Evaluatie (I)' waarin de LWR al was uitgeschakeld. Voor beide evaluatieperioden geldt dat de tijdseries voor de bovenste twee meetpunten, 3 en 4, ook nu weer zeer goed worden gereproduceerd. Voor het onderste punt echter worden de waardes, vooral tijdens laagwater, onderschat. In de GoF-diagrammen is overigens ook te zien dat voor de novembercase Hoek van Holland de enige locatie is waarvoor de gemiddelde waarde wordt onderschat, met name

onderin. Voor alle andere punten geeft het model een overschatting. Voor de decembercase met opzet is dit beeld diffuser en is een eventuele (genormaliseerde) overschatting ook kleiner.

(Middengebied noord: Brienenoord): Ook voor meetpunt 1 en 2 Brienenoord lijken de nieuwe resultaten vrij sterk op de eerdere zonder LWR. Dit geldt met name voor de decembercase. Voor de novembercase zijn de verschillen groter: de nieuwe waarden zijn iets lager dan de oude. De cumulatieve verdelingsfunctie is, op een klein stukje bij de lage waardes na, voor beide meetpunten in zijn geheel een stukje naar links geschoven. Dat levert een betere overeenkomst met de data op. Deze verlaging van de waardes is net als de veranderingen bij Krimpen a/d IJssel goed te verklaren uit de aanpassingen aan de diffusiecoëfficiënt. Ook het feit dat de verschillen tussen nieuwe en oude resultaten het grootst zijn voor de novembercase zou daarmee kunnen worden verklaard: bij stormopzet is advectief transport ter plaatse van de Brienenoordbrug dominant, bij afwezigheid van opzet wordt diffusief transport naar verhouding belangrijker.

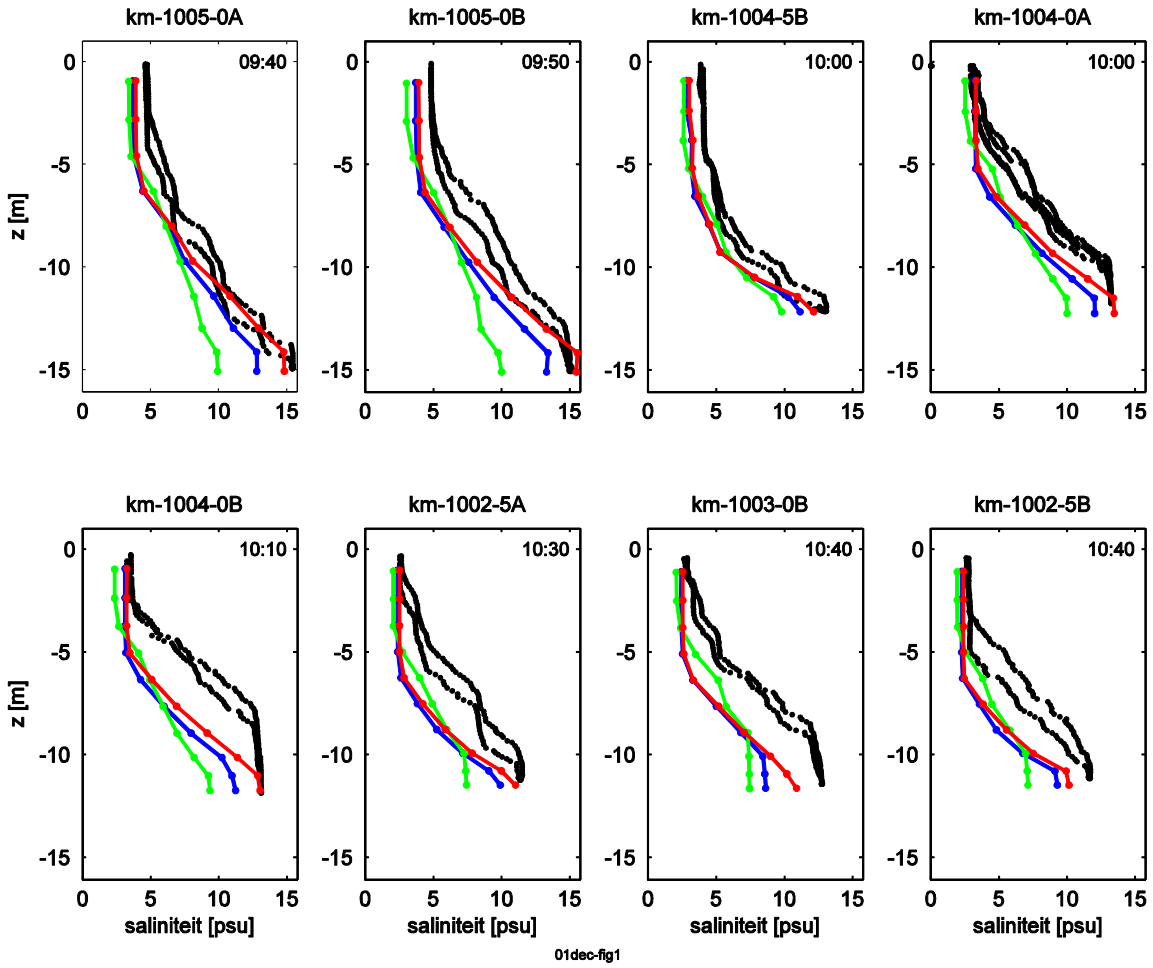
(Middengebied zuid: Spijkenisserbrug) Voor meetpunt 6, 7 en 8 Spijkenisserbrug valt op dat er voor de hogere waardes een verschil is tussen enerzijds de nieuwe resultaten en de resultaten uit ‘Evaluatie (I)’ versie zonder LWR, en anderzijds de versie met LWR, terwijl voor de lagere waardes het verschil zit tussen enerzijds de nieuwe resultaten en anderzijds de eerdere resultaten zowel met als zonder LWR. Dit betekent dat in de nieuwe piekwaardes het effect terug is te zien van het uitschakelen van de lokale wind reductie, terwijl in de lagere waardes het effect is terug te zien van de verlaging van de achtergrondconcentratie ten gevolge van de aanpassingen aan de modelering van de Haringvlietsluizen in het 2D-model. Dat laatste levert, iets meer dan het eerste, een kleine verbetering op in de reproductie van de metingen, met name te zien in de GoF-diagrammen.

5.2 Verticale saliniteitsprofielen

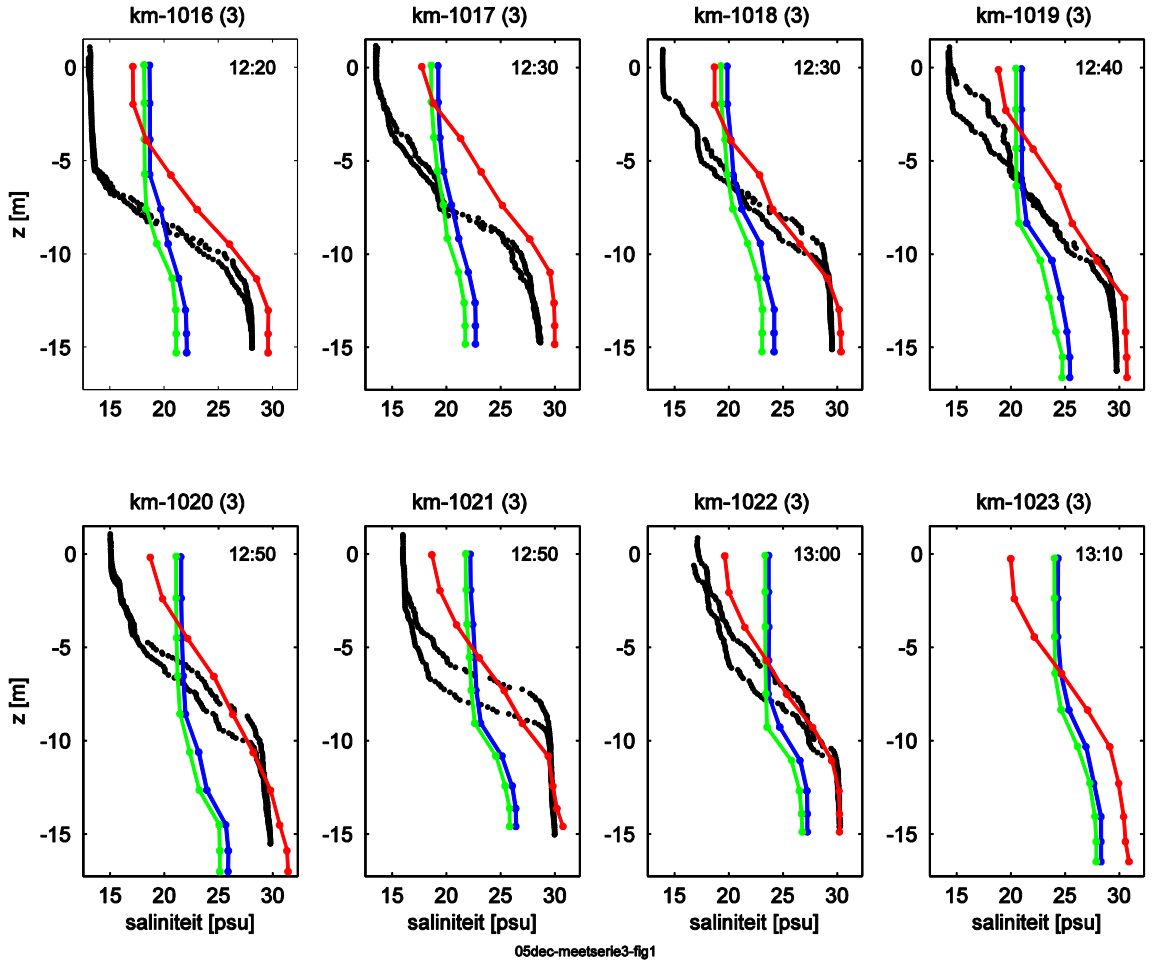
5.2.1 Profiel-profiel vergelijking

Voor verticale saliniteitsprofielen is een vergelijking uitgevoerd tussen de gemeten en berekende verticale saliniteitsprofielen op 1, 5 en 7 december 2011. Dit betreft dus respectievelijk het traject op de Nieuwe Maas, het traject op de Nieuwe Waterweg, en het traject nabij het splitsingspunt Nieuwe Maas / Nieuwe Waterweg / Oude Maas, in totaal 112 profielen. In Figuur 5.8 tot Figuur 5.10 is een aantal van deze profielen weergegeven. De complete verzameling is te vinden in bijlage B.3.

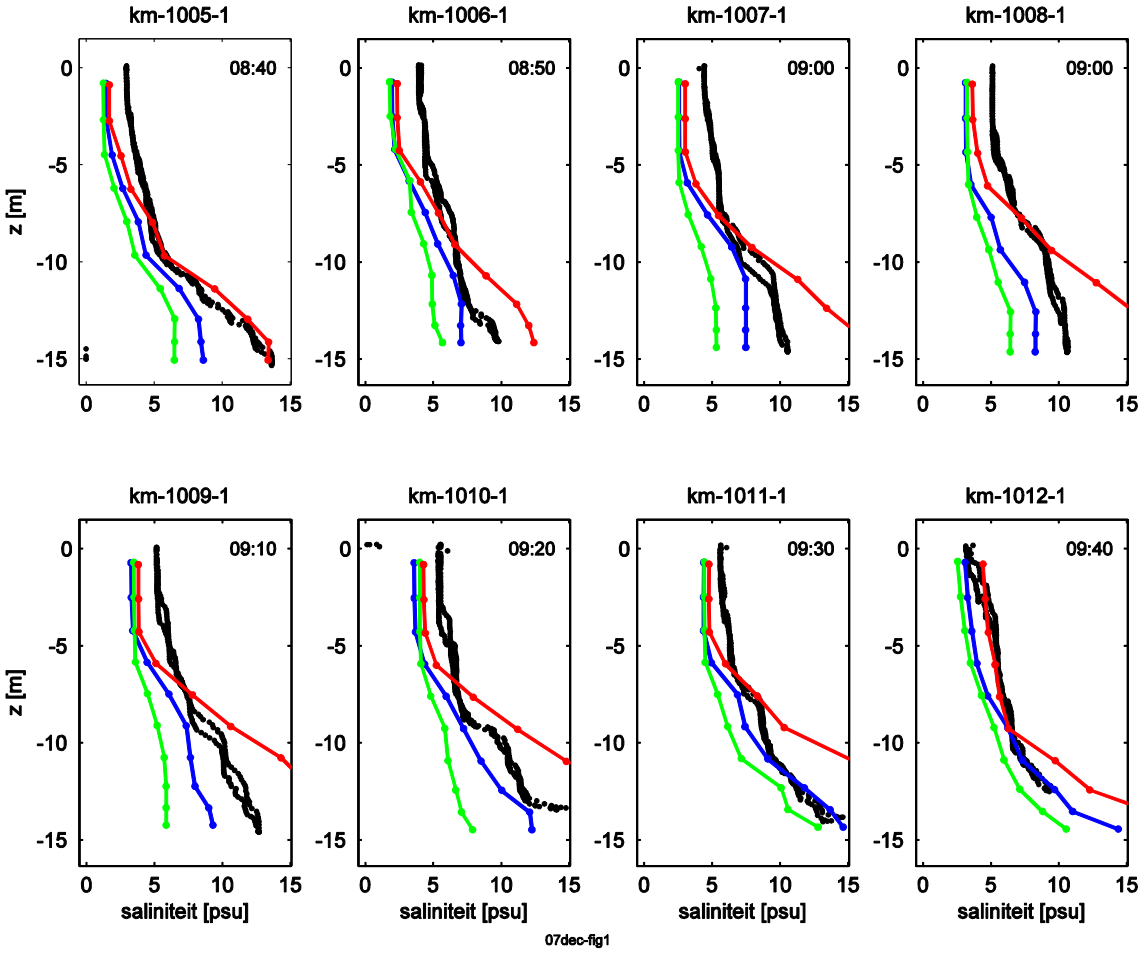
De figuren tonen per vergelijking twee gemeten saliniteitsprofielen (zwarte puntjes), verkregen tijdens het neerlaten en het ophalen van de sensor. De modelresultaten behorend bij de simulatie met het opnieuw gekalibreerde model zijn weergegeven in het groen (ND202). Voor de vergelijking zijn ook nu weer de resultaten opgenomen van de simulaties gebruikt bij ‘Evaluatie I’. De rode lijn hoort bij de simulatie met Lokale Wind Reductie (ND001-LWR), de blauwe bij de simulatie waarbij de Lokale Wind Reductie was uitgezet, maar alle overige instellingen gelijk bleven (ND001). In de titel van elk grafiekje is de bijbehorende locatie weergegeven, in de rechter bovenhoek de tijd.



Figuur 5.8: Data-model-vergelijking voor enkele verticale saliniteitsprofielen gemeten op 1 december 2011. Zwarte puntjes: data; Groene lijn: modelresultaten verkregen met het opnieuw gekalibreerde model; Rode lijn: modelresultaten verkregen met het model van 'Evaluatie I' met toepassing van lokale wind reductie; Blauwe lijn: modelresultaten verkregen met het model van 'Evaluatie I' zonder toepassing van lokale wind reductie



Figuur 5.9: Data-model-vergelijking voor enkele verticale saliniteitsprofielen gemeten op 5 december 2011



Figuur 5.10: Data-model-vergelijking voor enkele verticale saliniteitsprofielen gemeten op 7 december 2011

5.2.2 Observaties n.a.v. verticale saliniteitsprofielen

In 'Evaluatie (I)' zijn de eerdere modelversies met en zonder lokale wind reductie (ceteris paribus) met elkaar en met de gemeten profielen vergeleken. Toen hebben we gezien dat de versie zonder lokale wind reductie (ND001, de blauwe lijn) voor veel profielen, vooral op 1 en 5 december, de gelaagdheid en het saliniteitsverschil over de waterkolom onderschat. Met lokale wind reductie (ND001-LWR, rode lijn) vertonen de profielen vaak een groter saliniteitsverschil over de waterkolom, vooral door een hogere saliniteit in het onderste deel van het profiel. Met name voor 5 december leverde dit een vrij goede overeenkomst met de data op, aanzienlijk beter dan zonder lokale wind reductie.

Kijken we nu naar de resultaten van het opnieuw gekalibreerde model (ND202, groene lijn), dan zien we dat deze voor 5 december, met meetpunten op de Nieuwe Waterweg, grote overeenkomst vertonen met de resultaten van de vorige versie zonder LWR (blauwe lijn). In de vergelijking met de data levert dat dus doorgaans een onderschatting van de gelaagdheid en de saliniteit bij de bodem. Voor 7 december, met meetpunten rond de splitsing Nieuwe Waterweg - Nieuwe Maas - Oude Maas, lijken de nieuwe profielen in elk geval qua vorm ook sterk op de eerdere profielen verkregen zonder LWR. De saliniteit is echter voor bijna alle profielen over een groot deel van het profiel (de onderste helft of nog iets meer) een stuk kleiner. Daarmee neemt het verschil met de metingen met name voor de punten op de Nieuw

Maas toe. Voor 1 december, met metingen op de Nieuwe Maas tussen Brienenoord en de Waalhaven, laten de verschillen zich wat moeilijker beschrijven. Vergeleken met de eerdere resultaten zonder LWR is ook hier de saliniteit bij de bodem vaak iets kleiner, maar tussen ongeveer 4 en 8 meter diepte neemt deze soms ook iets toe. Hierdoor vertonen deze profielen dus minder gelaagdheid.

De waarnemingen over de profielen voor 1 en 7 december in de Nieuwe Maas kunnen verbonden worden met de verhoging van de diffusiecoëfficiënt ter plaatse en rivierstroomopwaarts. Veel andere aanpassingen die hier iets mee te maken kunnen hebben, zijn er niet, dus het moet ook wel. Het mechaniek zou kunnen zijn (ook genoemd in het Svasek-rapport): hogere horizontale diffusie zorgt voor kleinere horizontale zoutgradiënten; kleinere gradiënten zorgen voor een minder geprononceerde zouttong en geringere gelaagdheid en uiteindelijk minder zoutindringing.

We concluderen dat het opnieuw gekalibreerde model over het algemeen de gelaagdheid en de saliniteit onderin de waterkolom onderschat. Voor de reproductie van de saliniteitsprofielen hebben de modelaanpassingen eigenlijk geen verbetering opgeleverd. Met de huidige versie wordt niet de mate van gelaagdheid en de grootte van de saliniteit bij de bodem verkregen die door de vorige modelversie met LWR werd gegeven. Maar ook ten opzichte van de eerdere modelversie waarin de lokale wind reductie al was uitgeschakeld, wordt de overeenkomst met de metingen eerder kleiner dan groter.

6 Evaluatie

In de voorgaande beschrijvende hoofdstukken zijn de modelaanpassingen, de geselecteerde testperiodes, de opzet van de modelsimulaties en de data-model-vergelijking beschreven. Hier evalueren we deze zaken en geven we overwegingen en adviezen met betrekking tot toepassing van het model en eventuele inspanning voor verdere modelverbetering.

Merk op dat 'Evaluatie (II)' is opgezet als een aanvulling op 'Evaluatie (I)'. Net als de beschrijvende hoofdstukken, bespreekt dit hoofdstuk dan ook met name de verschillen ten opzichte van de vorige evaluatie. Voor meer algemene bevindingen verwijzen we graag naar het rapport en de memo behorend bij 'Evaluatie (I)'.

6.1 Evaluatie modelaanpassingen

6.1.1 Overwegingen n.a.v. de modelaanpassingen zelf

De aanpassingen aan het OSR-model (zie hoofdstuk 2) betreffen:

1) (2DH-submodel) De dispersiecoëfficiënt is in de cellen grenzend aan de Haringvlietsluizen lokaal op nul gezet
2) (2DH-submodel) Er is een flux limiter geactiveerd die het optreden van negatieve concentraties voorkomt
3) (3D-submodel) De plaatselijke reductie van de windsterkte wordt niet meer toegepast
4) (3D-submodel) De horizontale diffusiecoëfficiënt is in delen van het domein verhoogd.
5) (3D-submodel) Er is een lozing/onttrekking bij Gouda geactiveerd die in de eerdere modelversie was uitgeschakeld

De belangrijkste aanbevelingen uit 'Evaluatie (I)' waren om: (1) maatregelen te nemen in het model om de influx van zout via de Haringvlietsluizen te beperken; (2) voorafgaand aan eventuele toepassing van het model in kwantitatieve effectstudies de windmodelering aan te passen en een herkalibratie uit te voeren. Dit tweede omdat naar onze mening de eerdere keuze de windsterkte boven een gedeelte van de Nieuwe Waterweg te verlagen tot 10% van de sterkte in de rest van het domein buiten de range ligt van wat met het oog op de fysische processen acceptabel is. Dat brengt een fundamenteel probleem met zich mee voor de toepassing van het model voor voorspelling van effecten van maatregelen, omdat zodoende een afstand genomen werd van proces-gebaseerd modelleren die de voorspellende kracht van het model voor cases anders dan de kalibratie-case sterk vermindert.

De aanpassingen aan het 2DH-submodel zijn naar ons oordeel een conceptueel aanvaardbare invulling van aanbeveling (1). De tijdserie-vergelijking heeft laten zien dat ze ook effectief is. Wij beschouwen deze aanpassingen dan ook als een significante modelverbetering. De voornaamste rol van het 2DH-submodel is om randvoorwaarden aan te leveren voor het 3D-submodel. Daarnaast is het model vanwege de modelopzet en modelvalidatie als het om verzilting gaat vooral gericht op voorspelling van / onderzoek naar type 0 en type 1 verziltingsevents[3], met zoutindringing vanuit zee via de Nieuwe Waterweg. Dat betekent voor de randvoorwaarden op het Haringvliet vooral dat zij een realistische ordegrootte moeten hebben. Dat wordt met deze maatregel zeker bereikt. Wanneer het belang van de kwaliteit van de voorspelling van de lokale concentraties in het Haringvliet en nabij de Haringvlietsluizen door andere modelaanpassingen of modeltoepassingen verder

[3] *Zierapport 'Evaluatie (I)' voor beschrijving verziltingstypologieën*

toeneemt, is het mogelijk nodig deze aanpassing nog eens kritisch te bekijken. Wij denken bijvoorbeeld aan uitbreiding van de toepassing naar verziltingsevents van type 2 en 3, met verzilting van het Spui door levering van zout vanuit het Haringvliet dat daar terecht is gekomen door hoge achtergrondconcentraties op de rivieren of sterke achterwaartse verzilting (type 1), of aan toepassing van het model voor voorspelling van concentraties nabij de sluizen. Daar valt tegenin te brengen dat er in die scenario's andere zaken zijn die meer beperkend zijn (m.n. 2DH karakter op Haringvliet). Bovendien zijn de Haringvlietsluizen bij events van type 2 en 3 – waarschijnlijk al voor langere tijd – gesloten waardoor de details van modelaanpassing 1) en 2) er niet meer toe doen.

Ook de keuze de plaatselijke reductie van de windsterkte niet meer toe te passen, ligt in lijn van de aanbevelingen uit 'Evaluatie (I)'. In ieder geval wat betreft het model concept vinden wij dit een belangrijke verbetering, waarmee de eerdere bezwaren op dit punt worden ondervangen.

In hoofdstuk 2 is beschreven dat bij de herkalibratie de horizontale diffusiecoëfficiënt in delen van het domein is verhoogd. Deze was in het hele domein 0,01 m^2/s en neemt nu in de Nieuwe Maas en Oude Maas van west naar oost geleidelijk toe van 0,01 tot 1 m^2/s en is in de Hollandsche IJssel, de Dortsche Kil en het Spui gelijk gesteld aan 1 m^2/s. We constateren dat de gebruikte waarden redelijke en normale waarden zijn: In 'Evaluatie (I)' hebben we opgemerkt dat de eerdere waarde van 0,01 m^2/s wellicht laag was, maar een acceptabel resultaat van kalibratie zou kunnen zijn. Daarnaast is een horizontale diffusiecoëfficiënt van 1 m^2/s in een 3D model niet ongebruikelijk. Gebruik van een diffusiecoëfficiënt in de range 0,01-1 m^2/s is dan ook in onze ogen acceptabel.

Desondanks zijn er wel vragen bij de keuze om juist deze parameter als kalibratieparameter te gebruiken en daarin ook een ruimtelijke niet-uniformiteit te introduceren. Hoewel de range gebruikelijk is voor een 3D model, is toepassing van ruimtelijke niet-uniformiteit in een 3D model wel ongebruikelijk. In het overgrote deel van het domein zal zouttransport hoofdzakelijk het gevolg zijn van advectieve processen die in principe door een 3D model zouden moeten kunnen worden weergegeven. In een 2DH model wordt een aantal advectieve bijdragen aan de zoutflux niet meegenomen ten gevolge van de diepte-middeling. Die bijdragen worden dan gemodelleerd met een dispersief transport en een dispersiecoëfficiënt, die ook ruimtelijk kan variëren, omdat het effect van de diepte-middeling ruimtelijk varieert. Het aanwenden van de diffusiecoëfficiënt in een 3D model als kalibratieparameter is eigenlijk een stap terug naar het niveau van een 2DH model. Daar valt tegenin te brengen dat ook een 3D model ongetwijfeld nog niet alle advectieve fluxen goed kan weergeven. Zo kan er bijvoorbeeld zout in havenbekkens en zijtakken terechtkomen, tijdelijk verblijven en op een gegeven moment weer naar de hoofdstroom terugkeren (tidal trapping). In principe is dat advectief transport, maar het is waarschijnlijk dat het rooster te grofmazig is om dat nauwkeurig weer te geven. Vraag is of dat dan ook argument is voor de gebruikte ruimtelijke niet-uniformiteit, want er zijn geen aanwijzingen dat dit fenomeen in het oosten belangrijker is dan in het westelijk deel van het RMM-gebied. Wel is in zijn algemeenheid diffusie naar verhouding belangrijker in minder dynamische delen van het watersysteem. Wat dat betreft is het niet verwonderlijk dat de modelresultaten met name tijdens rustige omstandigheden en bij Krimpen a/d IJssel gevoelig zijn voor aanpassingen aan deze parameter.

In diverse studies is gebleken dat de diverse 3D modellen van het RMM-gebied de gelaagdheid in de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas onderschatten. Een van de uitdagingen bij nadere kalibratie en modelverbetering is dus een sterkere gelaagdheid en grotere saliniteit bij de bodem te verkrijgen met acceptabele parametersettings en

modeleerkeuzes. Het probleem van te weinig verticale gelaagdheid, mogelijk verklaard door een teveel aan verticale menging, lijkt niet iets dat kan worden opgelost door het opschroeven van horizontale menging. In het Svasek-rapport is ook te zien dat verhoging van de horizontale diffussie coëfficiënt over het algemeen juist leidt tot verkleining van het verschil in saliniteit tussen top- en bodemlaag (Svasek-rapport figuur 8), met als mogelijke verklaring dat hogere horizontale diffusie zorgt voor kleinere horizontale zoutgradiënten, wat zorgt voor een minder geprononceerde zouttong en geringere gelaagdheid. Onze conclusie is dan ook – in navolging van het Svasek rapport – dat de waarde van deze parameter voor kalibratie vooral gelegen is in het feit dat er lokale verbeteringen mee kunnen worden bewerkt, vooral in delen van het domein met een geringe dynamiek zoals de Hollandsche IJssel.

De activering van de lozing/onttrekking bij Gouda beschouwen we vooral als invulling van details die in de vorige versie nog niet waren meegenomen, en dus als modelverbetering. Hiermee worden processen die te maken hebben met verspreiding van zout in de Hollandsche IJssel in principe beter meegenomen. Wel is al uit de data-model-vergelijking gebleken dat de invloed beperkt is.

6.1.2 Overwegingen n.a.v. de totstandkoming van de herkalibratie

In het rapport van Svasek Hydraulics wordt het een en ander verteld over de totstandkoming van de herkalibratie. Een belangrijke opmerking is dat een uitgangspunt bij de herkalibratie is geweest dat er gezocht werd naar kalibratieparameters die wel invloed op de zoutverdeling, maar zo min mogelijk invloed op de waterstanden hebben. Gezien de goede resultaten en de veelvuldige toepassing van het OSR-model voor stroming kunnen wij ons deze keuze voorstellen. Ook is een kalibratie waarin ook waterstanden worden betrokken veel ingrijpender en liet het tijdpad daar geen ruimte voor. Wel willen we hierbij opmerken dat dit uitgangspunt mogelijk wel te beperkend is om aanpassingen te vinden die zowel de tijdserie-reproductie als de profielvoorspellingen verbeteren, en gezien de betekenis voor de processen is dat laatste de wezenlijke uitdaging. Datzelfde geldt eigenlijk ook voor de keuze om de modelaanpassingen te testen aan de hand van de tijdseries en pas daarna te kijken wat het gevolg is voor de saliniteitsprofielen.

In het rapport wordt beschreven dat geprobeerd is de modelprestaties te verbeteren door:

- toevoeging van een extra lozing bij in de Hollandsche IJssel bij Gouda
- aanpassing van de bodemruwheid in de Hollandsche IJssel (ruwer & gladder)
- aanpassing van de horizontale diffusiecoëfficiënt (een hele serie)
- activering van de anti-creep functionaliteit

Het wordt overtuigend aangetoond dat alleen de diffusie-aanpassing de tijdserie-reproducties verbetert. Ook is het een belangrijke observatie dat met de oorspronkelijke lage diffusiecoëfficiënt anti-creep geen effect heeft. In het rapport staat dat met hoge diffusie coëfficiënt en gebruik van anti-creep het model crasht door instabiliteit op de Lekrand. Dat is in lijn met de bevindingen in ‘Evaluatie (I)’ en kan worden verklaard door het feit dat anti-creep een expliciete herberekening van de diffusie is en de cellen ter plaatse van de Lekrand bijzonder klein zijn. Ook is gevonden dat anti-creep het effect van een enigszins opgehoogde diffusiecoëfficiënt teniet doet en geen verbeterde match met de data oplevert. Dat is interessant, want dat betekent eigenlijk dat de verbetering bereikt met het opschroeven van de diffusiecoëfficiënt optreedt via creep en niet via ‘normale’ diffusie. Dat zou betekenen dat de ‘fout’ in de tijdserie verkleind wordt door het vergroten van een andere fout.

In het rapport vindt ook een vergelijking plaats met de varende metingen en wordt onderzoek gedaan naar het effect van de lokale wind reductie. Hieruit blijkt dat de oriëntatie van het

masker van de LWR – overigens zonder consequenties voor de conclusies – niet geheel correct was weergegeven in ‘Evaluatie (I)’, zie bijlage C. Testen met wind in langsrichting van de Nieuwe Waterweg tonen resultaten vergelijkbaar met die in ‘Evaluatie (I)’. Interessant is dat ook testen met wind in dwarsrichting effect zichtbaar is van lokale wind reductie. Dit betekent dat wind in de Nieuwe Waterweg niet alleen via effect op de opzet en de helling van het zoet-zout scheidingsvlak de gelaagdheid beïnvloedt, maar ook via andere mechanismen, waarschijnlijk menging. Ook onderstrepen het rapport en de testen nog eens dat wind duidelijk invloed heeft op de gelaagdheid. We concluderen hieruit dat, mits gebaseerd op de fysica en met realistische waarden, wind wel degelijk een nuttige kalibratieparameter kan zijn.

6.2 Evaluatie gebruikte testcases

6.2.1 Overwegingen n.a.v. de gebruikte evaluatieperioden

De validiteit van een model wordt onder andere bepaald door de aard van de validatie-cases. In ‘Evaluatie (I)’, in de herkalibratie en in deze evaluatie wordt gebruik gemaakt van twee testperioden die verziltingsevents vertonen van het type 0 en 1, respectievelijk verzilting bij lage rivierafvoer en normale getijomstandigheden en bij lage rivierafvoer en hoge zeewaterstand door opzet (zie hoofdstuk 3). We herhalen hier wat we daarover hebben gezegd in ‘Evaluatie (I)’: een kenmerk van de gebruikte verziltingsscenario’s van type 0 en 1 is dat het zout direct afkomstig is uit zee. In events van het type 2 en 3 is sprake van een terug levering van zout vanuit het Haringvliet of is het zout afkomstig van de rivieren. Deze andere herkomst maakt deze verziltingstypen tot wezenlijk andere situaties. De huidige keuze van testcases brengt daardoor met zich mee dat de resultaten van deze studie allereerst iets zeggen over de kwaliteit van het model bij verziltingsevent van het type 0 en 1, en niet zondermeer veralgemeniseerd kunnen worden naar verziltingsevents van type 2 en 3.

6.2.2 Overwegingen n.a.v. de opzet van de testsimulatie

In hoofdstuk 0 hebben we gezien dat de simulatie aangeleverd voor deze evaluatie is opgestart op een moment van laagwater bij Hoek van Holland gebruik makend van initiële condities behorend bij hoogwater bij Hoek van Holland. Daarnaast is de periode tussen de start van de simulatie en van de eerste evaluatieperiode slechts 19 dagen. Die tijdsspanne is naar onze mening te kort om ervan uit te kunnen gaan dat inspeel-verschijnselen geen rol meer spelen in de resultaten. Dit is temeer het geval door de niet zo zorgvuldige wijze van opstarten. In ‘Evaluatie (I)’ is er op grond van eerdere ervaringen van het Havenbedrijf voor gekozen een inspeelperiode aan te houden van zo’n honderd dagen, waarbij er voor het aanvangsmoment van de simulaties gezocht was naar een moment van hoogwater bij Hoek van Holland met een waterstand in de buurt van de in het model beschikbare initiële condities. We moeten dus concluderen dat er wat betreft het opstarten van de testsimulaties grote verschillen bestaan tussen ‘Evaluatie (I)’ enerzijds en de herkalibratie en ‘Evaluatie (II)’ anderzijds. Dat betekent òf dat in het eerste geval te strenge criteria zijn gehanteerd, òf dat in het tweede geval de criteria niet streng genoeg zijn geweest. Het eerste zou betekenen dat destijds onnodig lang is gerekend. Het tweede dat er nu een evaluatie wordt uitgevoerd met niet representatieve resultaten.

Voor een gevoeligheidsanalyse en eigenlijk ook de herkalibratie zelf is dat, hoewel niet bijzonder fraai, misschien niet direct een probleem (zolang je tenminste bij alle simulaties hetzelfde doet). Daarbij gaat het er immers met name om te bepalen of een bepaalde parameteraanpassing een aanpassing van de resultaten in de goede richting oplevert. Voor de validatie is het toch problematischer, omdat daarin de resultaten worden gekwantificeerd en worden vergeleken met een simulatie die wel een voldoende lange inspeelperiode heeft gehad.

Het is moeilijk te zeggen wat de invloed is van inspeeleffecten op de resultaten. Maar vanwege de start van de simulatie op laagwater met hoogwatercondities, achten we het het meest waarschijnlijk dat de zoutconcentraties met inspeeleffecten in het binnengebied over het algemeen hoger zullen zijn dan zonder inspeeleffecten. Dat betekent dat als het model nu een overschatting toont van de meetdata, deze mogelijk kleiner uitvalt bij simulatie met voldoende inspeeltijd.

6.3 Evaluatie data-model-vergelijking

6.3.1 Overwegingen n.a.v. de chlorideconcentratie tijdseries

We hebben gezien dat met het opnieuw gekalibreerde model de waardes voor de chlorideconcentraties in het Spui een in de Oude Maas nabij de monding van het Spui na een verziltingspiek terugkeren naar een aanzienlijk betere ‘achtergrondconcentratie’, wat een aanzienlijke verbetering levert in de voorspelling van de normoverschrijdingsduur en het meest linkse deel van de cumulatieve verdelingsfunctie. Deze verandering wordt veroorzaakt door de aanpassingen aan de modelering van de zoutindringing via de Haringvlietsluizen in het 2DH-submodel. Op grond van de tijdseries kunnen we dit dan ook beschouwen als een modelverbetering.

We hebben ook gezien dat met de nieuwe modelversie voor meetpunt Krimpen a/d IJssel lagere (piek)concentraties worden voorspeld dan met de eerdere modelversies en dat deze nieuwe resultaten beter passen bij de metingen. Deze verandering wordt veroorzaakt door de verhoging van de diffusiecoëfficiënt. Ook deze modelaanpassingen kunnen we dus op grond van de modelresultaten als een modelverbetering beschouwen.

Een opvallende onvolkomenheid aan de modelresultaten is de grote overschatting van de concentratiepieken in Bernisse en Beerenplaat. Die overschatting was eerder al aanwezig en de modelaanpassingen hebben hierin geen verbetering gebracht. Dat de Haringvliet-aanpassingen hier geen invloed op hebben, komt doordat alleen de ‘achtergrondconcentratie’ uit het zuiden komt, terwijl de pieken gevolg zijn van doordringing van zout uit het noorden. Maar dat betekent dat zout uit het noorden in het model blijkbaar te gemakkelijk bij en in het Spui terechtkomt. Dat is een punt om rekening mee te houden, bijvoorbeeld wanneer je met het model zou willen bepalen wat het effect van een ingreep is op de drempel-omstandigheden waaronder zout vanuit de Nieuwe Waterweg niet alleen zorgt voor serieuze verziltingsevents in de Nieuwe Maas en verder, maar ook in het zuidelijker deel van het RMM-gebied. Zeg maar de overgang van type 0 naar type 1, waarvoor nu de HL-parameter als indicator wordt gebruikt.

Hoewel niet alle onvolkomenheden in de tijdserie-reproducties zijn opgelost, concluderen we dat de modelaanpassingen tot een aantal belangrijke verbeteringen in de data-model-vergelijking voor de tijdseries hebben geleid. Het is wel zo dat een verbetering van de tijdserie-reproductie niet automatisch betekent dat met de modelaanpassing ook de procesreproductie door het model is verbeterd. Vooral de aanpassing van de diffusiecoëfficiënt en de verbetering bij Krimpen a/d IJssel heeft meer het karakter van een lokale tuning. Voor verdere validatie van de procesreproductie kijken we in de volgende sectie naar de saliniteitsprofielen.

6.3.2 Overwegingen n.a.v. de saliniteitsprofielen

Uit de resultaten voor de saliniteitsprofielen hebben we geconcludeerd dat het opnieuw gekalibreerde model over het algemeen de gelaagdheid en de saliniteit in het onderste deel van het profiel onderschat. Voor de reproductie van de saliniteitsprofielen hebben de modelaanpassingen geen verbetering opgeleverd. Met de huidige versie wordt niet de mate

van gelaagdheid en de grootte van de saliniteit bij de bodem verkregen die door de vorige modelversie met LWR werd gegeven. Het model doet het vaak zelfs iets slechter dan de versie van het vorige model waarin de lokale wind reductie bij wijze van test al was uitgeschakeld.

De vraag is wat de consequenties zijn van dit data-model verschil. Met een onderschatting van de saliniteit in het onderste deel van het profiel wordt hoogstwaarschijnlijk ook de hoeveelheid zout die wordt getransporteerd onderschat. Er komt in het model dan dus aanzienlijk minder zout bij Hoek van Holland het RMM-gebied binnen dan in werkelijkheid. Als de hoeveelheid zout aan het begin van het gebied niet goed voorspeld wordt, wat is dan de waarde van berekening van verdere verspreiding en van kalibratie op tijdsreeksen voor meetpunten verder landinwaarts zoals we hierboven hebben gezien? Met een combinatie van een mismatch in de profielen en kalibratie op tijdseries blijf je zitten met de vraag of de typische zoutindringingsprocessen goed worden gereproduceerd en of het zout wel langs de juiste weg ter plaatse van de meetpunten komt, iets wat in elk geval voor effectstudies wel van belang is. Dit data-model-verschil is dus een belangrijk issue.

We moeten concluderen dat wat dat aspect betreft de herkalibratie het Havenbedrijf niet verder geholpen heeft in de uitdaging waar ze wat het OSR-model betreft voor staat, namelijk om bij verziltingsevents een sterkere gelaagdheid en grotere saliniteit bij de bodem te verkrijgen met parametersettings en modeleerkeuzes binnen de fysische range.

Nu gaat het in dit rapport niet om de vergelijking met andere modellen m.b.t. concept of prestatie. Maar het lijkt ons van belang hier op te merken dat andere modellen vergelijkbare problemen kennen. Het Zeedeltamodel bijvoorbeeld (met standaardinstellingen en gerund onder SIMONA) doet dit niet beter. Maar door nu de lokale wind reductie niet meer te gebruiken zonder daar iets tegenover te stellen wat de profielreproductie verbetert, is het voordeel dat het OSR-model leek te kunnen bieden omdat het beter in staat zou zijn de saliniteitsprofielen te voorspellen, ook niet meer het geval. Dit vermeende voordeel kan dus geen argument zijn in afwegingen, keuzes en voorschriften over te gebruiken of te ontwikkelen modellen.

6.4 Overwegingen en adviezen over modeltoepassing in effectonderzoek

De achtergrond van dit traject van kalibratie en evaluatie is de behoefte van Rijkswaterstaat aan een proces-gebaseerd 3D-computermodel waarmee de effecten van ingrepen en beheermaatregelen in het Rijn-Maas-mond gebied kunnen worden bestudeerd en gekwantificeerd, onder andere in trajecten van vergunningaanvraag en -verlening. Voor dergelijke inzet is het van belang dat duidelijkheid bestaat over de opzet en de prestaties van het model, dat het model breed wordt geaccepteerd en dat er overeenstemming is over de waarde en de wijze van toepassing van het model in effectstudies. Momenteel / op zeer korte termijn wordt het model in opdracht van het Havenbedrijf Rotterdam toegepast voor onderzoek naar effecten van verdieping van de Nieuwe Waterweg op zoutindringing. Het is de verwachting dat ook Rijkswaterstaat het OSR-model op korte termijn in wil kunnen zetten als RWS-onderzoeksinstrument.

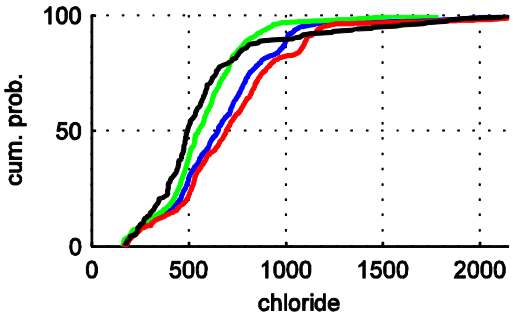
We hebben gezien dat het model vrij goed in staat is de tijdseries van chlorideconcentraties gemeten op de vaste meetpunten tijdens de gebruikte evaluatieperioden van verziltingstype 0 en 1 te reproduceren. De aanpassingen van de herkalibratie hebben de kwaliteit van deze reproductie verder verbeterd, met name in en nabij het Spui en bij Krimpen a/d IJssel. Ook voorspellingen van aantal dagen normoverschrijding zijn hierdoor sterk verbeterd. Voor de saliniteitsprofielen in de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas is dat echter niet het geval. Het huidige model geeft, net als dat bij andere modellen eerder is geconstateerd, een te geringe gelaagdheid en te lage waardes voor de saliniteit in het onderste deel van de waterkolom.

Op grond hiervan kunnen we concluderen dat het model inzetbaar is voor voorspelling van chlorideconcentraties bij inlaatpunten in het gebied van de meetpunten en onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de voor de evaluatie gebruikte omstandigheden, zowel qua hydrometeo condities (en dus verziltingstypen) als systeemomstandigheden. Door de grote verschillen tussen gemeten en berekende gelaagdheid en saliniteit bij de bodem, blijft er echter wel een voortdurende onzekerheid bestaan over de procesreproductie door het model.

Daardoor is het niet mogelijk het model en de modelresultaten zonder voorbehoud te accepteren en voor waar aan te nemen, mat name onder omstandigheden die afwijken van die van de testcondities. Het is daarom van belang om bij toepassing van het model in effectstudies een wijze van toepassing te vinden die rekening houdt met de onzekerheden in de procesreproductie. De vraag is eigenlijk: Hoe kan je het model, ondanks dat het nog niet perfect is, toch nuttig en overtuigend inzetten? Hieronder doen wij daartoe een voorzet.

6.4.1 Foutenschatting

Voor overtuigende inzet zou het goed zijn wanneer een onzekerheid of foutenmarge zou kunnen worden aangegeven bij de modelresultaten. Een parameter als de RMS van het verschil tussen modelresultaten en meting tijdens de validatie (verg. de horizontale as GoF-diagrammen) biedt hier wel aanknopingspunten voor, als *overall* maat voor het verschil tussen model en meting. Bij gebruik van een bandbreedte gebaseerd op deze parameter kan gesteld worden dat de werkelijkheid in *n* procent van de gevallen (afhankelijk van de precieze keuze van de bandbreedte en de verdelingsfunctie) binnen de bandbreedte van de modelresultaten ligt. Op die wijze zou de bovenkant van de bandbreedte gebruikt kunnen worden voor berekeningen van te verwachten normoverschrijdingen.



Figuur 6.1: Cumulatieve overschrijdingsfunctie voor meetlocatie Krimpen a/d IJssel (-4.00m), periode 29/11 tot 8/12.

Het is echter wel zo dat de RMS van het verschil sterk beïnvloed kan worden door verschillen tussen model en meting voor de piekwaarden. Als het model de concentraties gedurende een piek aan het einde van de vloed flink overschat, levert dat een grote RMS van het verschil. Voor veel modeltoepassingen maakt het eigenlijk niet uit hoe hoog en hoe goed de voorspelling van piekwaarde is. Men is vaak meer geïnteresseerd in voorspellingen van de duur van een normoverschrijding. Daarbij heeft de norm doorgaans een relatief lage waarde (bijvoorbeeld: norm Krimpen ad IJssel: 180 mg/l; pieken rond de 2000mg/l, met gemakkelijk een model-data-verschil van enkele honderden mg/l). Toepassing van een bandbreedte of omhullende waarin het piekverschil sterk doorwerkt zal dan leiden tot hoge voorspellingen van de voorspelde normoverschrijdingsduur. Wellicht zou het daarom beter zijn om bij het

zoeken naar een bandbreedte rond de modelvoorspellingen onderscheid te maken tussen de lage en de hoge voorspellingen: het is voor de normoverschrijdings-modeltoepassing vooral van belang dat links in de grafiek van de cumulatieve overschrijdingsfunctie model en meting goed samenvallen, zie Figuur 6.1. Een kwaliteitsmaat en bandbreedte gebaseerd op het onderste deel van de curve zou daarom wel eens nuttiger kunnen zijn.

Daarnaast is het zo dat als een bandbreedte wordt afgeleid vanuit de huidige validatieresultaten en deze vervolgens wordt toegepast bij nieuwe berekeningen voor bestudering van effecten van ingrepen, er impliciet vanuit gegaan wordt dat de 'fout' van het model onder de aangepaste systeemomstandigheden hetzelfde is. Dat is een betwijfelbare aanname. Beide zaken laten zien dat het niet eenvoudig is een onzekerheid of foutenmarge vast te stellen waarmee vervolgens absolute voorspelling van de verzilting onder nieuwe omstandigheden kunnen worden gedaan.

6.4.2 Verschilstudies

Een meer voor de hand liggende methode is om onderzoek te doen naar relatieve effecten of verschillen. Kort gezegd komt dat hier op neer: run het model voor representatieve hydrometeocondities zowel met en zonder systeemaanpassing, breng de verschillen in kaart en schrijf deze toe aan de ingreep. Vertaal dit eventueel nog in een nieuwe 'absolute' voorspelling van verzilting / normoverschrijding door het gevonden verschil op te tellen bij getallen voor de huidige situatie die bijvoorbeeld zijn bepaald uit een analyse van meetdata.

Dit kan naar ons idee een overtuigende methode zijn en is waarschijnlijk de beste manier om op korte termijn bruikbare inzichten te verkrijgen uit het model in effecten van ingrepen. Er zitten wel enkele haken en ogen aan deze aanpak waar men rekening mee zal moeten houden.

Een belangrijke zaak om rekening mee te houden lijkt ons dat ook deze methode er impliciet vanuit gaat dat de fout in de modelberekening met de systeemaanpassing dezelfde is als in de berekening zonder de ingreep. Dat is maar zeer de vraag. Dit wordt natuurlijk ook beïnvloed door de processen die blijkbaar nog missen of nog niet goed genoeg worden weergegeven in het model. Daarnaast hangt het ook sterk af van de parameters (of de 'doelvariabelen') waar men naar kijkt. Om een extreem, maar illustratief voorbeeld te geven: de modelrun zonder ingreep geeft een overschatting ten opzichte van de werkelijkheid door te voorspellen dat zich op locatie *x,y,z* op tijdstip *t* puur zeewater bevindt, terwijl er in werkelijkheid sprake is van enige menging met zoeter water. Door de ingreep dringt het zoute water verder door en wordt het zoetere water verdrongen. De nieuwe modelrun geeft wederom aan dat zich op locatie *x,y,z* op tijdstip *t* puur zeewater bevindt. Het verschil op grond van de modelsimulaties is dus nul, terwijl er in werkelijkheid wel sprake is van meer zout. Als men het gevonden verschil op zou tellen bij informatie over de werkelijkheid zonder systeemaanpassing, zou men een onderschatting geven. Ditzelfde kan gemakkelijk gebeuren met voorspellingen van het aantal dagen normoverschrijding. Dit geeft aan dat ook een verschilstudie een kritische analyse en interpretatieslag vraagt.

Een onderzoekstap die sterk bij zou kunnen dragen aan de overtuigingskracht van een verschilstudie is een onderzoek naar een zo goed mogelijk vergelijkbare historische casus: modelleer een eerdere ingreep en ga na of het model de omvang van het effect van die ingreep – voor zover te achterhalen uit data – goed weer geeft. In wezen wordt dan iets toegevoegd aan de validatie van het model, weliswaar niet via directe data-model-vergelijking, maar via een vergelijking van de effecten.

6.4.3 Gevoeligheidsanalyse

Daarnaast kan een gevoeligheidsanalyse wellicht helpen om een idee te krijgen van een marge waarmee rekening gehouden moet worden bij gebruik van de modelresultaten voor de effecten. Normaliter wordt zo'n analyse uitgevoerd door simulaties te doen met aanpassingen aan parameters of procesbeschrijvingen waarover discussie bestaat of waarvan niet bekend is wat hun waarde/beschrijving zou moeten zijn. In het opnieuw gekalibreerde model hebben de modelparameters acceptabele waardes en is geen sprake meer van discutabele procesformuleringen. Het grootste discussiepunt is, zoals gezegd, dat het de gelaagdheid op de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas en de saliniteit nabij de bodem duidelijk onderschat, waardoor het een vraag blijft of in het model het zout wel door de juiste processen rivieropwaarts wordt getransporteerd. Het gevolg hiervan op voorspelling van effecten is onbekend. In dit geval is het dus niet zozeer de vraag wat de gevoeligheid van de modelresultaten is voor een aanpassing aan deze of gene specifieke parameter, maar zouden we vooral willen weten wat de gevoeligheid is van de verschillen tussen simulaties met en zonder ingreep voor veranderingen in de voorspelling van de gelaagdheid.

Concreet zouden wij ons hierbij kunnen voorstellen dat een dergelijke analyse plaatsvindt door verschillende verziltingsevents door te rekenen zowel met als zonder de ingreep die aan de orde is, en dan zowel met het opnieuw gekalibreerde model als met een modelversie gekalibreerd op de verticale saliniteitsprofielen. Als beide versies een vergelijkbaar ingreep-effect op chlorideconcentraties en normoverschrijdingen laten zien, is gemakkelijker aan te nemen dat ook het werkelijke effect van die grootte is. Voorspellen zij grote verschillen in effect, dan zou een marge aan de effectvoorspelling kunnen worden meegegeven gebaseerd op deze informatie.

Uit de herkalibratie is geen parameter of procesformulering naar voren gekomen waarmee in plaats van via de lokale wind reductie de gelaagdheid kan worden beïnvloed. Wanneer er voor effectonderzoek op korte termijn geen gelegenheid meer is andere kalibratiemogelijkheden te onderzoeken, kunnen we ons daarom voorstellen dat, hoewel er aanhoudende bezwaren bestaan tegen toepassing van wind reductie, voor een dergelijk gevoeligheidsonderzoek, bij gebrek aan een betere kalibratiemogelijkheid, gebruik gemaakt wordt van de eerdere modelversie waarin dit is toegepast. Bij deze gevoeligheidsanalyse gaat het dan ook niet om de vraag of de formulering een goede weergave is van de fysica, maar primair om de vraag wat de gevoeligheid is van de resultaten met betrekking tot ingreep-effecten voor veranderingen in de voorspelling van de gelaagdheid.

6.4.4 Overige opmerkingen

Bovenstaande maakt duidelijk dat het voor effectstudies niet zonder meer mogelijk is om blind te varen op de resultaten van het huidige model, maar dat het via bijvoorbeeld verschilstudies en gevoeligheidsanalyses wel mogelijk moet zijn om met het model een vertrouwenwekkende kwantitatieve voorspelling te krijgen van de te verwachten effecten. Wel adviseren we om waar mogelijk na te gaan of andere onderzoeksmethoden/-instrumenten in dezelfde richting wijzen. Zo ja, dan versterkt dit de overtuigingskracht van het 3D-model. Wij denken hier bijvoorbeeld aan inzet van geïdealiseerde modellen, 1D-modellen of vergelijking met – indien aanwezig – eerder onderzoek naar vergelijkbare ingrepen (bv verdieping NWW vs. herstel trapjeslijn). Ook meetgegevens van voor en na eerdere ingrepen en historische ontwikkelingen zouden hier een belangrijke rol kunnen spelen. Dit benadrukt overigens ook het belang van monitoring vooruitlopend op en volgend op toekomstige ingrepen.

6.5 Overwegingen en adviezen over verdere modelverbetering

Hoewel het huidige model, zoals geschetst in de vorige paragraaf, mogelijkheden biedt voor effectonderzoek op korte termijn, blijven er belangrijke redenen om te werken aan verdere modelverbetering. Wat ons betreft blijft het feit dat het model er – overigens net als andere modellern – voor het verziltingsevent in december 2011 nog niet in slaagt een gelaagdheid en saliniteit bij de bodem te produceren gelijkend op de metingen daarbij een belangrijk punt. Dit punt blijft zagen aan de autoriteit van de modellen als onderzoeksinstrument en de overtuigingskracht van de modeltoepassing in effectonderzoek, vooral omdat niet met zekerheid gezegd kan worden dat het zout in het model langs dezelfde weg en hetzelfde proces op een locatie terechtkomt als in werkelijkheid het geval is. Voor effectonderzoek is dit wel een wezenlijke zaak. Ook zijn verticale profielen en transportprocessen juist typisch zaken waarin de kracht van een 3D model zou moeten liggen. In onze ogen is het feit dat juist deze zaken gebrekkig gereproduceerd worden daarom iets waar niet gemakkelijk aan voorbij kan worden gegaan. Met de huidige stand van de techniek zou het mogelijk moeten zijn om tot het zo noodzakelijke hogere niveau van bruikbaarheid te komen.

Rijkswaterstaat heeft in het kader van deze evaluatie de vraag gesteld (zie ook ‘Evaluatie (I)’) wat men nog zou kunnen doen om het huidige OSR-model verder te verbeteren, met het oog op toepassing van het model als onderzoeksinstrument voor beheervragen op korte termijn, dat wil zeggen volgend jaar. Gezien bovenstaande, onderstrepen wij de noodzaak van verdere inspanning voor verbetering, en zou deze zich wat ons betreft met name moeten richten op het verbeteren van de voorspelling van de gelaagdheid.

Als mogelijkheden voor parameteraanpassingen die mogelijkerwijs de gelaagdheid in het huidige model kunnen verbeteren noemden wij al in ‘Evaluatie (I)’ en zien wij nog steeds:

- Gebruik van alternatieve wind-modeleringen
    - Reductie van de windschuifspanning middels de sleepkrachtformulering (verlagen van de C_d coëfficiënt voor drag)
    - Ruimtelijke windvariatie middels windmaskers gebaseerd op:
        - kwantificering van luwte-effect van stedelijk gebied
        - downscaling binnen atmosfeermodellen
- Aanpassing van bodemruwheidscoëfficiënten

Op grond van de resultaten met de eerdere versie van het model verwachten we dat hier verbetering mee te behalen valt, maar dat deze verbetering bij aanpassing binnen een realistische range beperkt zal zijn. Een grotere winst wordt wellicht bereikt met aanpassing van de verdeling en met vergroting van het aantal verticale lagen. Dit blijft een kansrijke test en relevante parameter voor gevoeligheidsonderzoek in de zoektocht naar parametersettings die bij verziltingsevents een sterkere gelaagdheid en grotere saliniteit bij de bodem geven. Tegelijk leeft bij Deltares meer en meer het idee dat om grote stappen te zetten in de oplossing van dit hardnekkige probleem, het van belang is om op korte termijn te onderzoeken of het gebruik van *z*-lagen in plaats van sigma lagen een groot verschil bewerkt voor de gelaagdheid. Uit eerdere tests met het Zeedelta-model zijn hier wel aanwijzingen toe. Deze test zou ook met de huidige OSR-modelschematisatie uitgevoerd kunnen worden. Wel zal dan voor deze test het model met andere modeleersoftware gerund moeten worden. Concreet betekent dit: Delft3D in plaats van SIMONA-triwaq, omdat in de laatste de mogelijkheid tot rekenen met z-lagen niet aanwezig is. Deze inspanning zou ook goed passen in de lijn voor ontwikkeling van een 3D model voor navigatie en zoutindringing zoals geschetst in ‘Advies 3D model Eurogeul, Maasgeul, RijnMaasmonding’, Zijl et al, 2014, Deltaresrapport 1209587-000-ZKS-0004, en lijkt ons daardoor in elk geval meer dan de eerste categorie aanpassingen, een duurzame bijdrage aan de modelontwikkelingen.

Tot slot onderstrepen we ook hier graag het grote belang van nadere metingen, hier in het bijzonder metingen van verticale saliniteitsprofielen. Dit levert belangrijke nadere kennis van het systeem en vormt essentieel materiaal voor modelvalidatie en modelverbetering. Zonder afdoende data is het niet goed mogelijk een goede diagnose te stellen over wat er mis gaat in een model en blijven pogingen een model te verbeteren toch snel een wandeling in de mist. In dit geval is er geen reden te twijfelen aan de varende metingen van november/december 2011. Maar desondanks zou het goed zijn als in kalibratie en validatie gebruik gemaakt kan worden van meer dan één dataset, en er bijvoorbeeld meer informatie beschikbaar is over de instroom van zout bij Hoek van Holland. Behalve via nieuwe varende metingen, is het wellicht ook mogelijk meer informatie te verkrijgen over saliniteit op grotere diepte via aanpassingen aan het vast meetnet.

7 Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is het OSR-model geëvalueerd met betrekking tot het voorspellen van zoutindringing in de Rijn-Maasmonding. Het model is onlangs, mede naar aanleiding van de aanbevelingen uit 'Evaluatie (I)' opnieuw gekalibreerd. Hier is het opnieuw gekalibreerde model geëvalueerd door bestudering van de modelaanpassingen en nieuwe modelresultaten en door overweging van mogelijkheden voor modeltoepassing en modelverbetering. Hier noemen we de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

7.1 Conclusies m.b.t. de modelaanpassingen en de modelresultaten

Ten opzichte van de modelversie bestudeerd in 'Evaluatie (I)' zijn in het opnieuw gekalibreerde model aanpassingen verricht aan de modelering van de Haringvlietsluizen in het 2D-submodel, wordt geen plaatselijke reductie van de windsterkte op de Nieuwe Waterweg meer toegepast in het 3D-submodel, en is de horizontale diffusiecoëfficiënt in delen van 3D-submodel-domein verhoogd.

De aanpassingen aan het 2DH-submodel zijn naar ons oordeel een conceptueel aanvaardbare invulling van de aanbeveling in 'Evaluatie (I)' maatregelen te nemen om de eerder geconstateerde onrealistische influx van zout via de Haringvlietsluizen te beperken. We concluderen ook dat de aanpassing aan de windmodelering in ieder geval wat betreft het modelconcept een grote verbetering is. Hiermee is afscheid genomen van een niet proces-gebaseerde wijze van modeleren die naar onze mening een fundamenteel probleem met zich meebracht voor toepassing van het model in voorspelling van effecten van maatregelen. Wat betreft de aanpassingen aan de horizontale diffusiecoëfficiënt leven er wel vragen en bedenkingen, maar geen fundamentele bezwaren, ook omdat de toegepaste waardes in de range 0,01-1 m^2/s acceptabel zijn.

Die nieuwe modelresultaten zijn vergeleken met chlorideconcentratie-tijdseries afkomstig van het vaste meetnet van RWS en met incidentele metingen van saliniteitsprofielen. Het eerste is gedaan voor twee testperiodes, te weten 4/11-22/11 en 29/11-8/12/2011. Dit zijn verziltingsevents ten gevolge van lage rivierafvoer respectievelijk een combinatie van lage rivierafvoer en opzet op zee. De profielvergelijking is uitgevoerd voor 1, 5 en 7 december 2011.

De data-model-vergelijking laat zien dat het model in het algemeen vrij goed in staat is de chlorideconcentratie-tijdseries op de vaste meetpunten te reproduceren. De resultaten zijn het best voor de meetpunten in het noordelijk deel van het domein en bovenin de waterkolom. Voor de testperiode zonder opzet op zee vertonen de resultaten over het algemeen een overschatting. Uit vergelijking met eerdere resultaten concluderen we dat de modelaanpassingen significante verbeteringen opleveren voor de reproductie van de chlorideconcentratie-tijdseries en het aantal dagen normoverschrijding voor de meetpunten Bernisse en Beerenplaat. Dit is het gevolg van een betere voorspelling van de 'achtergrondconcentraties' nu de overmatige influx van zout via de Haringvlietsluizen is beperkt. Dit levert echter geen verbetering in de voorspelling van de concentratiepieken aldaar: die blijken nog steeds te worden overschat. Ook voor meetpunt Krimpen a/d IJssel verbetert de reproductie. Dit komt doordat lagere (piek)concentraties worden voorspeld dan voorheen, wat het gevolg is van de verhoging van de horizontale diffusiecoëfficiënt.

De vergelijking tussen de gemeten en berekende verticale saliniteitsprofielen laat zien dat het opnieuw gekalibreerde model over het algemeen de gelaagdheid en de saliniteit in het onderste deel van het profiel onderschat. Met de huidige versie wordt niet de mate van

gelaagdheid en de grootte van de saliniteit bij de bodem verkregen die door de vorige modelversie met lokale wind reductie werd gegeven. Het model doet het vaak zelfs iets slechter dan de versie van het vorige model waarin de lokale wind reductie bij wijze van test al was uitgeschakeld. Op grond hiervan concluderen we dat de modelaanpassingen geen verbetering hebben opgeleverd voor de reproductie van de saliniteitsprofielen.

7.2 Conclusies en aanbevelingen m.b.t. modeltoepassing en modelverbetering

Op grond van met name de tijdserie-reproducties kunnen we concluderen dat het model inzetbaar is voor voorspelling van chlorideconcentraties bij inlaatpunten in het gebied van de meetpunten onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met voor de evaluatie gebruikte omstandigheden. Door de grote verschillen tussen gemeten en berekende gelaagdheid en saliniteit bij de bodem is er echter hoogstwaarschijnlijk wel een groot verschil tussen de werkelijke en berekende hoeveelheid zout die het gebied binnenkomt en daarmee ook een blijvende onzekerheid over de reproductie van de processen verantwoordelijk voor aanvoer en verspreiding van zout in het modeldomein. Dit is met name een probleem voor toepassing van het model in effectstudies.

Mocht het model hiervoor worden toegepast, dan bevelen we aan niet zonder meer blind te varen op de resultaten van het model. Beter is het na te gaan of andere onderzoeksmethoden/-instrumenten in dezelfde richting wijzen, en om voor het model een wijze van toepassing te zoeken die rekening houdt met de onzekerheden in de procesreproductie. In paragraaf 6.4 doen we daartoe een voorzet. Verschilstudies lijken de beste mogelijkheid te bieden om met het huidige model een enigszins vertrouwenwekkende kwantitatieve voorspelling te krijgen van te verwachten effecten. Voor de overtuigingskracht daarvan zou het dan wel goed zijn de inzet van het model voor zo'n toepassing te valideren door vergelijking met een historische casus. Daarnaast kan wellicht met een goed gekozen gevoeligheidsonderzoek een marge worden vastgesteld die gebruikt kan worden bij de interpretatie van de resultaten.

Vanwege enerzijds de wezenlijke verschillen tussen data en modelresultaten voor de saliniteitsprofielen en anderzijds het grote belang van een goede reproductie daarvan voor het vertrouwen in het model als onderzoeksinstrument voor verzilting, concluderen we dat verdere inspanning voor verbetering en ontwikkeling van de 3D-modellering van het RMM-gebied in de toekomst noodzakelijk blijft en zich in het bijzonder zou moeten richten op betere voorspelling van de gelaagdheid.

Als aanpassingen aan het huidige model die mogelijkerwijs de voorspelling van de gelaagdheid kunnen verbeteren, noemden wij al in 'Evaluatie (I)' en zien wij nog steeds: gebruik van alternatieve wind-modeleringen en aanpassing van bodemruwheidscoëfficiënten. Op grond van de eerdere resultaten verwachten we dat hier verbeteringen mee te behalen vallen, maar dat deze verbeteringen bij aanpassing binnen een realistische range beperkt zullen zijn. Een grotere winst wordt wellicht bereikt met aanpassing van de verdeling en met vergroting van het aantal verticale lagen. Maar meer nog dan bovenstaande zaken, bevelen we aan om op korte termijn het meer fundamentele punt te onderzoeken of het gebruik van *z*-lagen in plaats van sigma lagen verbeteringen oplevert voor de gelaagdheid bij toepassing in een 3D model voor de Rijn-Maasmonding. Uit andere studies zijn er concrete aanwijzingen dat toepassing van z-lagen een aanzienlijk sterkere gelaagdheid op kan leveren. Daarnaast is dit niet alleen een inspanning binnen het korte termijn doel het huidige model te verbeteren, maar past het ook binnen de eerder door Deltares geadviseerde lijn[4] voor modelontwikkeling op middellange termijn.

[4] *'Advies 3D model Eurogeul, Maasgeul, RijnMaasmonding: een 3D model voor navigatie en zoutindringing', Zijl et al, 2014, Deltaresrapport 1209587-000-ZKS-0004.*

Referenties

Jolliff, J.K., J.C.Kindle, I.Shulman, B.Penta, M.A.M.Friedrichs, R.Helber, R.A.Arnone; *Summary diagrams for coupled hydrodynamic-ecosystem model skill assessment,* Journal of Marine Systems, 2009, V.76, pp 64-82, doi:10.1016/j.jmarsys.2008.05.014

Kranenburg, W.M.; *Evaluatie van het OSR-model voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding (I).* 2015, Deltaresrapport 1209459-000-ZKS-0028

Kranenburg, W.M.; *Evaluatie OSR: mogelijkheden voor toepassing in beheervragen.* 2015, Memo onder 1209459

Svasek Hydraulics: *Herkalibratie Operationeel Stromingsmodel Rotterdam, ten behoeve van toepassing voor onderzoek,* 9 april 2015, rapport 1712/U15076/D/BvL

Zijl,F., C.Kuijper, R.Schroevers, M.Verlaan: *Advies 3D model Eurogeul, Maasgeul, RijnMaasmonding: een 3D model voor navigatie en zoutindringing,* 2014, Deltaresrapport 1209587-000-ZKS-0004

Bijlagen:

A Requirements

Deze bijlage bevat de omschrijving van de opdracht van Rijkswaterstaat aan Deltares, voor zover dit de inhoud van de werkzaamheden betreft.

Onderdeel requirements 2015 KPP waterkwaliteitsmodelschematisaties
Versie: 15 maart 2015

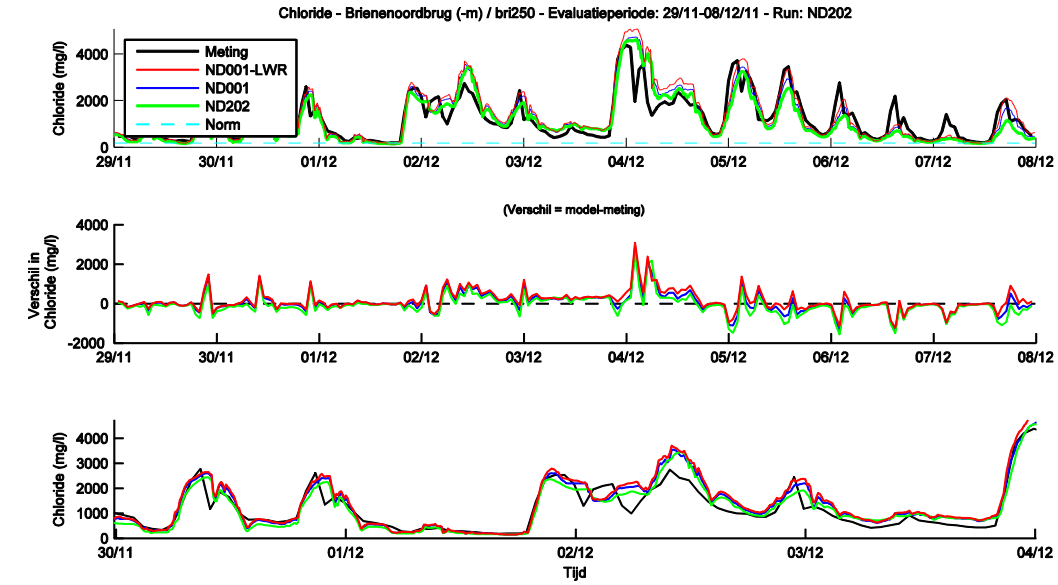
In het kader van het project BOO Waterkwaliteitsmodelschematisaties 2014 is een evaluatie van het OSR model, ontwikkeld door Havenbedrijf Rotterdam (HbR), uitgevoerd (door Deltares, WK). Naar aanleiding hiervan is besloten in overleg met HbR een 2e evaluatie uit te voeren van een nieuwe set parameterinstellingen. De 2e evaluatie wordt uitgevoerd door Deltares in het kader van het project BOO Waterkwaliteitsmodelschematisaties 2015. Deze evaluatie houdt in:

1. De deelname aan een gezamenlijk overleg HbR-Deltares-RWS om het tot stand gekomen van deze nieuwe set parameterinstellingen te bespreken;
2. De analyse van de bijbehorende rapportage omtrent het tot stand gekomen van deze nieuwe set parameterinstellingen;
3. De analyse van de door HbR uitgevoerde numerieke berekening voor de afgesproken periode op basis van de methodiek gebruikt in de 1e modelevaluatie. Aangezien de modeluitvoer niet volledig gelijk zal zijn aan de door Deltares gegenereerde modeluitvoer voor de 1e evaluatie, is een beperkte aanpassing van de post-processing tools voorzien;
4. De rapportage van de Deltares constateringen omtrent de nieuwe set parameterinstellingen, en communicatie hiervan naar RWS in het kader van een overleg HbR-Deltares-RWS. Het rapport van de 2e evaluatie wordt opgenomen als addendum (deel 2) op het rapport van de 1e evaluatie (rapport 1209459-000-ZKS-0028).

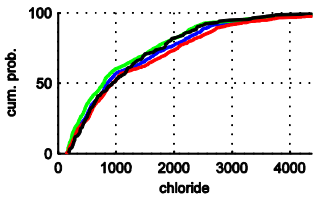
B Figuren

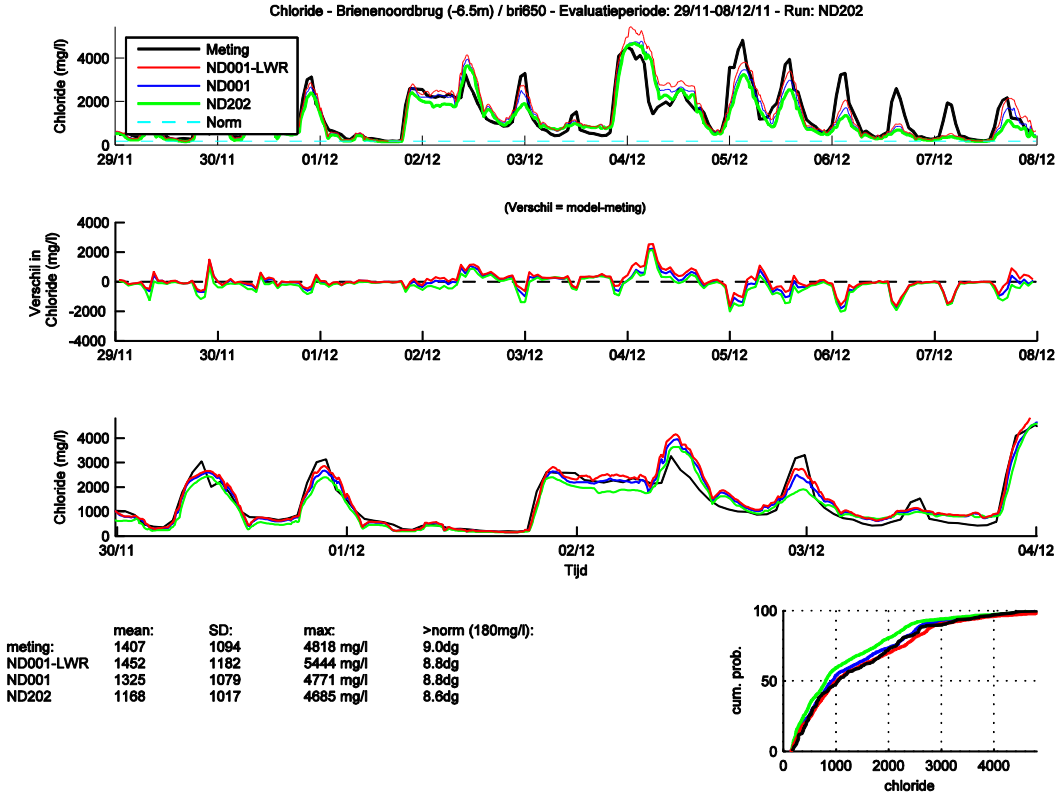
B.1 Figuren tijdserievergelijking 29 november tot 8 december 2011

Figuur B.1: Data-model-vergelijking voor de chlorideconcentratie-tijdseries voor de diverse meetlocaties voor evaluatieperiode 29/11 tot 8/12. Van boven naar onder: a) chlorideconcentratie-reeksen; b) Model-data-verschil-reeksen; c) een uitvergroting van (a); d) cumulatieve verdelingsfuncties, allen voor de vaste meetnet meting (zwart), de modelsimulatie met het opnieuw gekalibreerde model (ND202, groen), en de vorige modelversie zowel met (ND001-LWR, rood) als zonder (ND001, blauw) lokale wind reductie. Links onder: het gemiddelde, de standaard deviatie, het maximum en het aantal dagen van normoverschrijding over de duur van de evaluatieperiode.

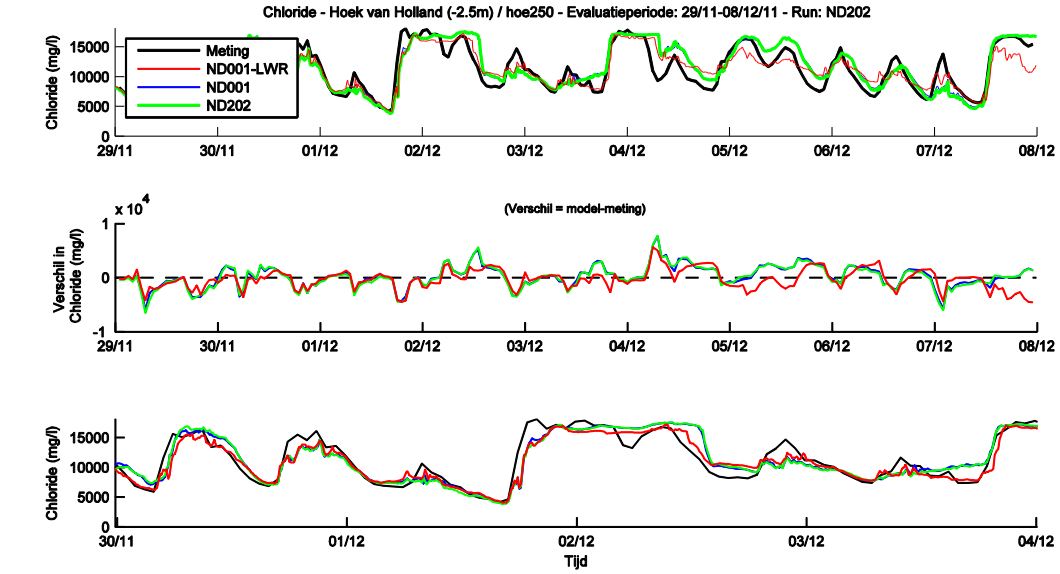


	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	1212	920	4381 mg/l	9.0dg
ND001-LWR	1359	1111	5077 mg/l	8.9dg
ND001	1253	1029	4725 mg/l	8.8dg
ND202	1127	980	4605 mg/l	8.6dg

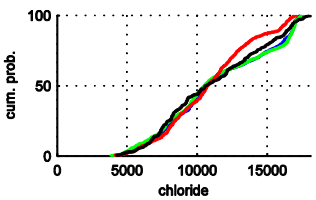


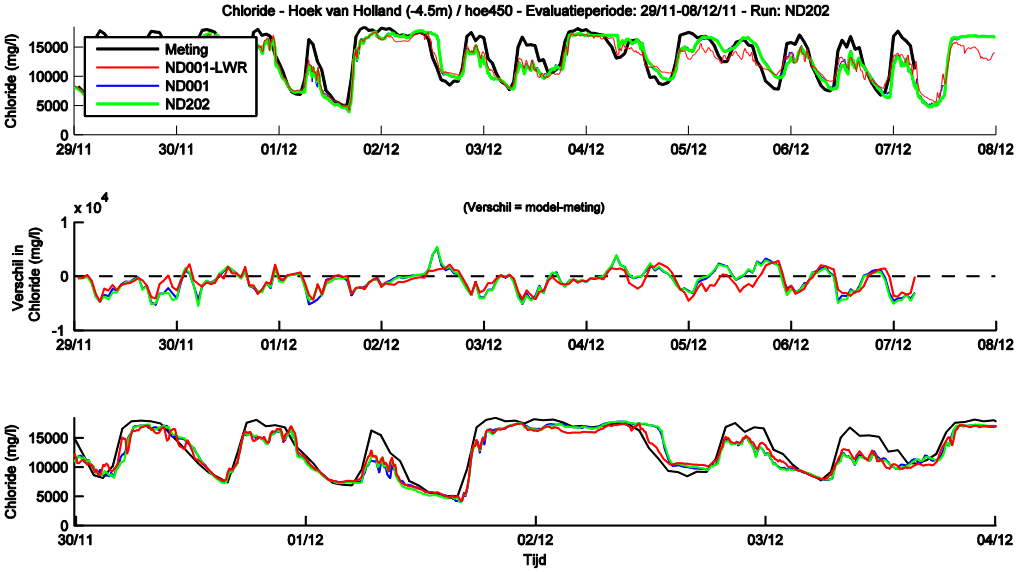


	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	1407	1094	4818 mg/l	9.0dg
ND001-LWR	1452	1182	5444 mg/l	8.8dg
ND001	1325	1079	4771 mg/l	8.8dg
ND202	1168	1017	4685 mg/l	8.6dg

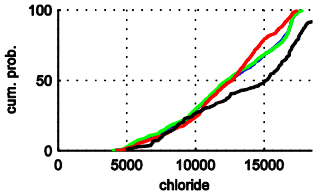


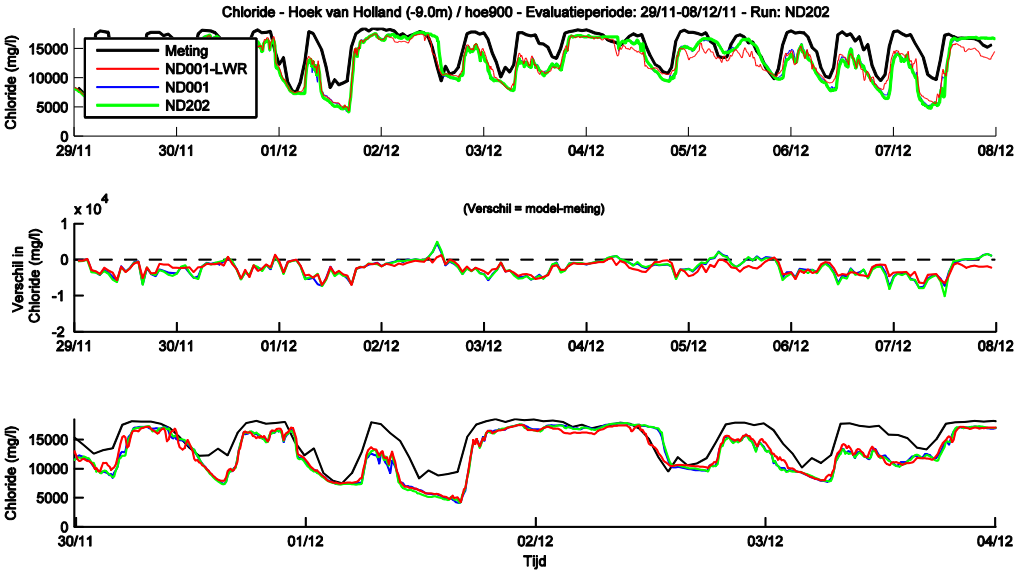
	mean:	SD:	max:
meting:	11153	3706	18133 mg/l
ND001-LWR	10867	3134	17164 mg/l
ND001	11383	3799	17503 mg/l
ND202	11303	3926	17541 mg/l



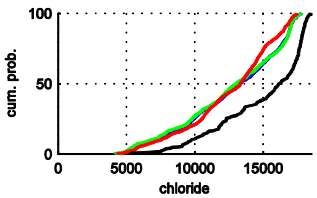


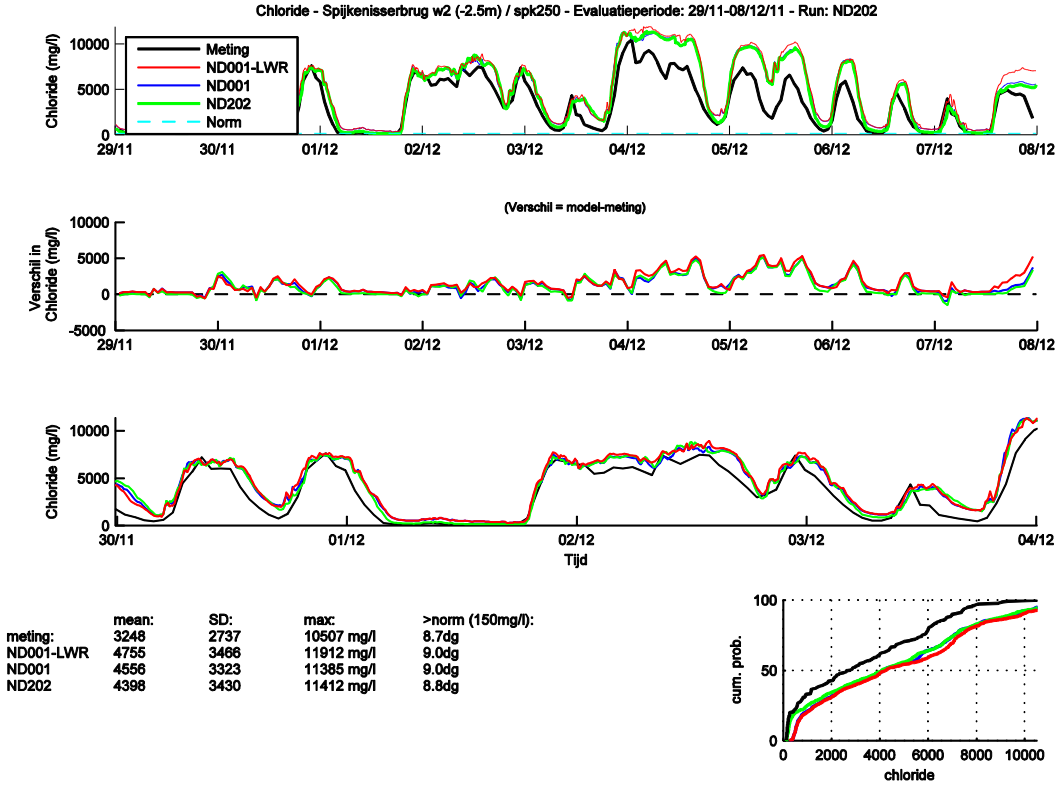
	mean:	SD:	max:
meting:	13192	3949	18482 mg/l
ND001-LWR	12268	3236	17452 mg/l
ND001	12331	3597	17765 mg/l
ND202	12251	3662	17823 mg/l



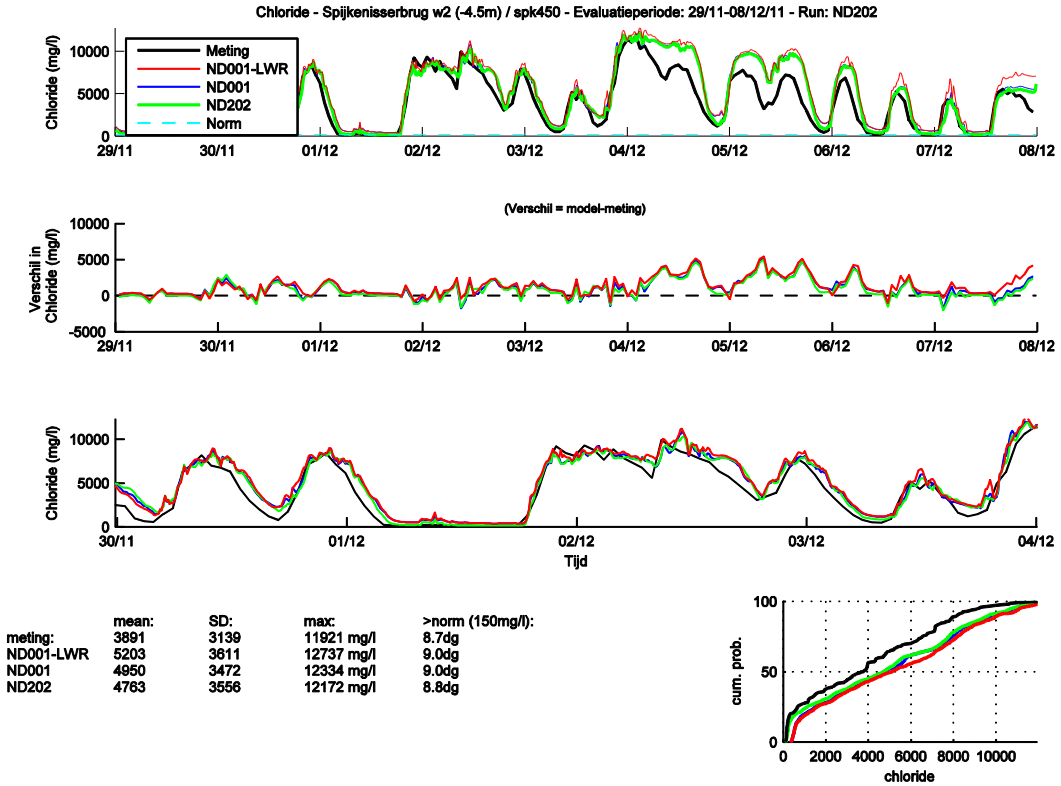


	mean:	SD:	max:
meting:	14970	3226	18550 mg/l
ND001-LWR	12555	3335	17507 mg/l
ND001	12668	3724	17786 mg/l
ND202	12576	3818	17837 mg/l

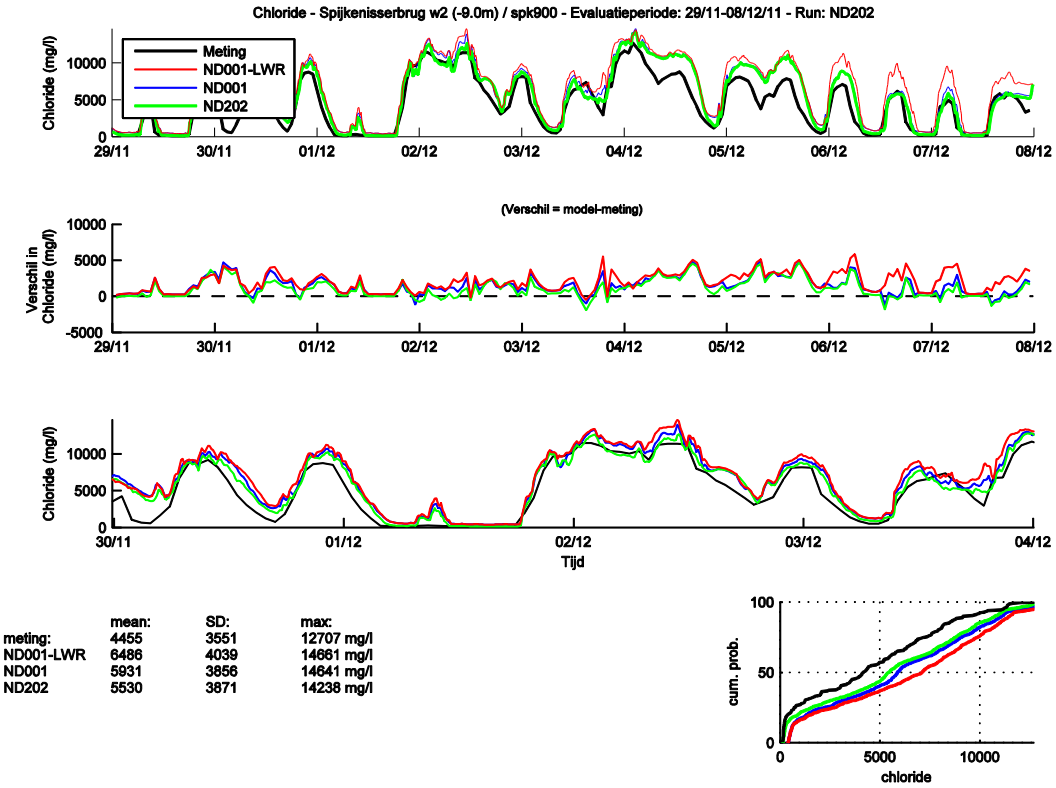




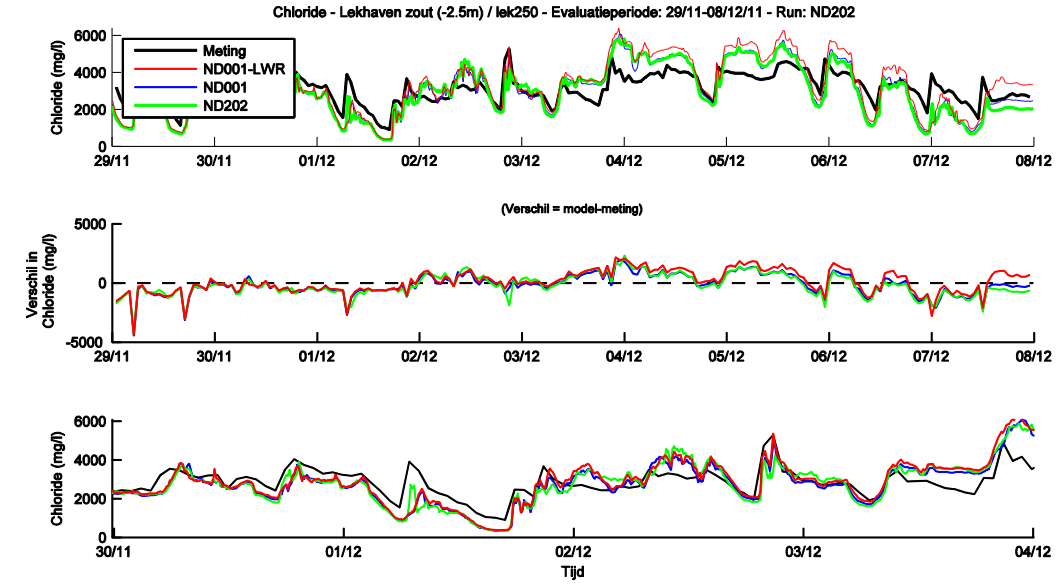
	mean:	SD:	max:	>norm (150mg/l):
meting:	3248	2737	10507 mg/l	8.7dg
ND001-LWR	4755	3466	11912 mg/l	9.0dg
ND001	4556	3323	11385 mg/l	9.0dg
ND202	4398	3430	11412 mg/l	8.8dg



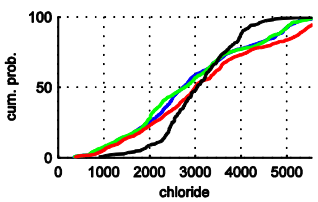
	mean:	SD:	max:	>norm (150mg/l):
meting:	3891	3139	11921 mg/l	8.7dg
ND001-LWR	5203	3611	12737 mg/l	9.0dg
ND001	4950	3472	12334 mg/l	9.0dg
ND202	4763	3556	12172 mg/l	8.8dg

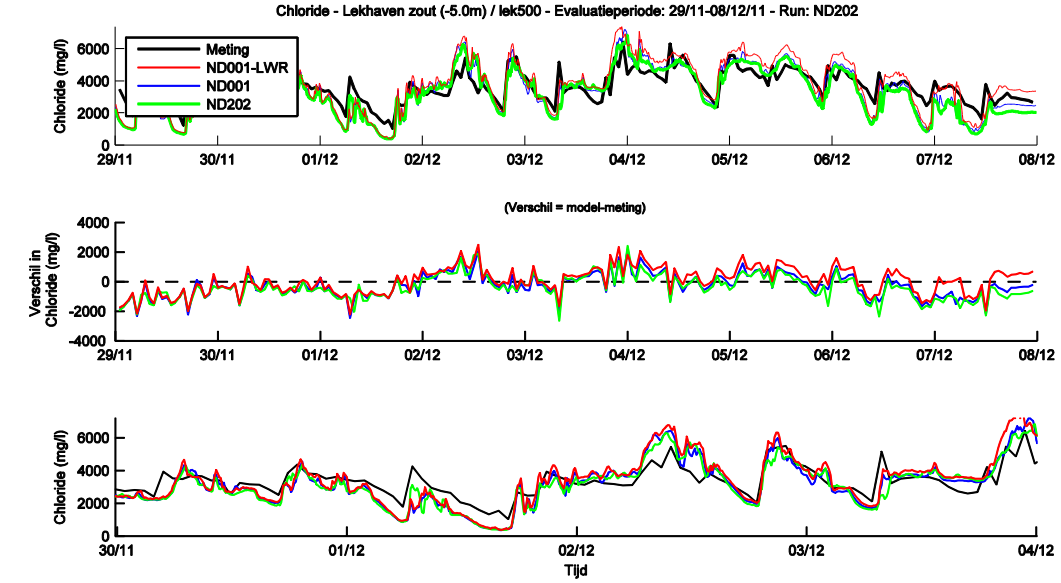


	mean:	SD:	max:
meting:	4455	3551	12707 mg/l
ND001-LWR	6486	4039	14661 mg/l
ND001	5931	3856	14641 mg/l
ND202	5530	3871	14238 mg/l

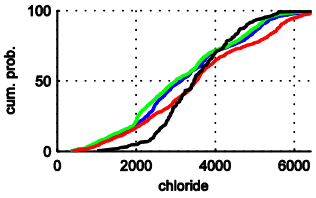


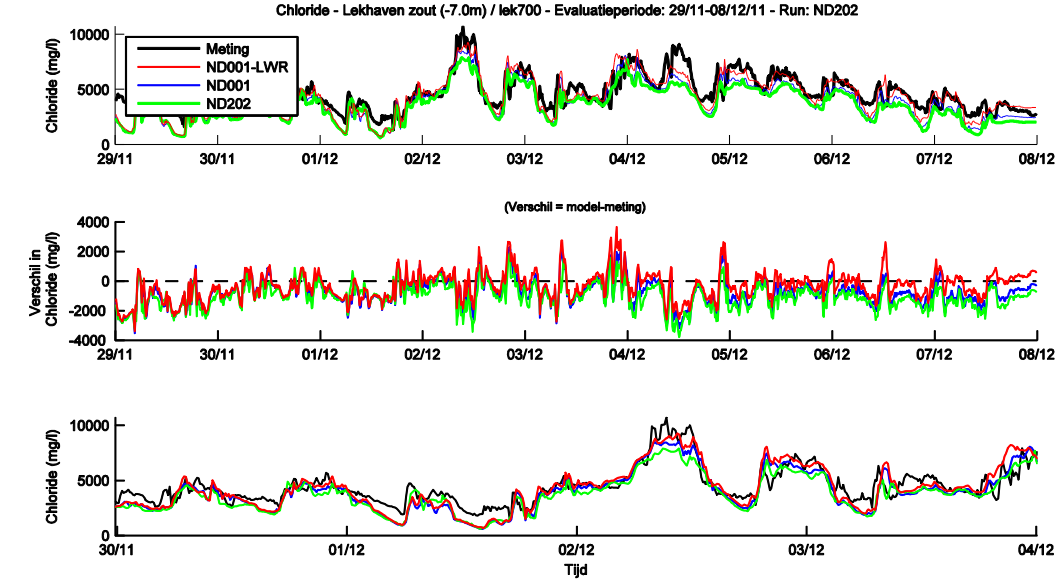
	mean:	SD:	max:
meting:	3077	808	5549 mg/l
ND001-LWR	3175	1428	6399 mg/l
ND001	2923	1311	6101 mg/l
ND202	2889	1337	5873 mg/l



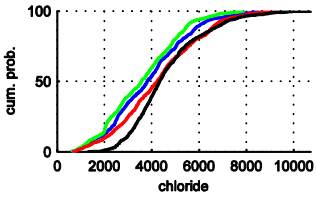


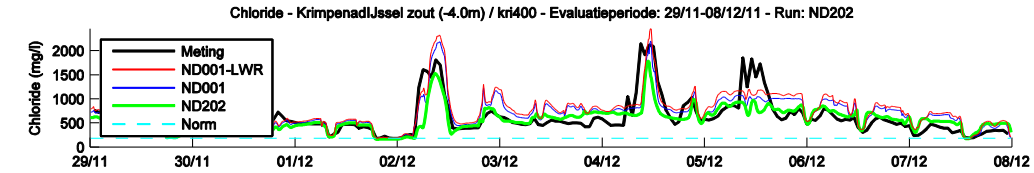
	mean:	SD:	max:
meting:	3544	980	6427 mg/l
ND001-LWR	3594	1530	7371 mg/l
ND001	3267	1430	7208 mg/l
ND202	3148	1422	6848 mg/l

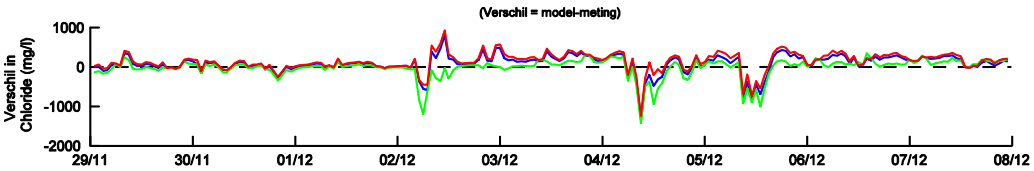


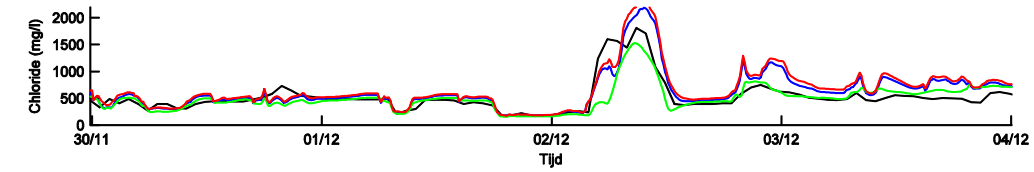


	mean:	SD:	max:
meting:	4638	1569	10735 mg/l
ND001-LWR	4302	1786	9273 mg/l
ND001	3873	1671	8557 mg/l
ND202	3592	1548	7896 mg/l

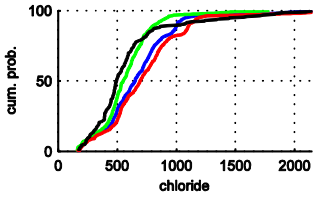


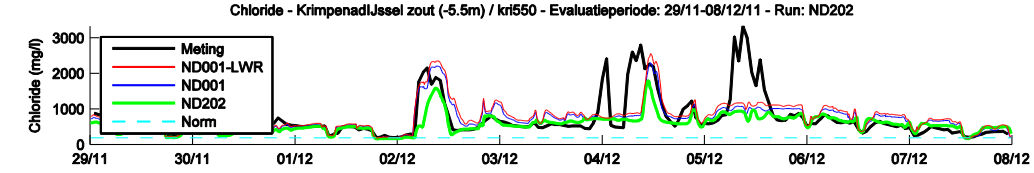


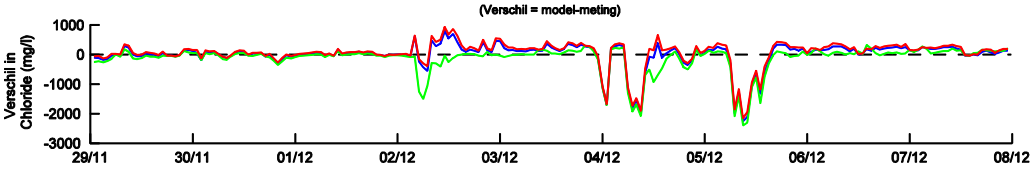


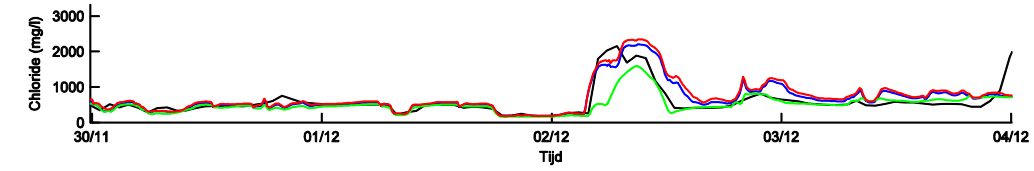


	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	595	376	2146 mg/l	8.9dg
ND001-LWR	733	357	2455 mg/l	8.9dg
ND001	678	321	2200 mg/l	8.9dg
ND202	572	237	1785 mg/l	8.7dg

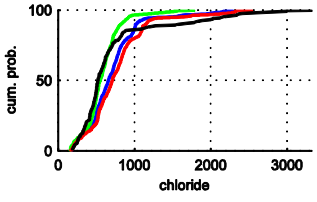


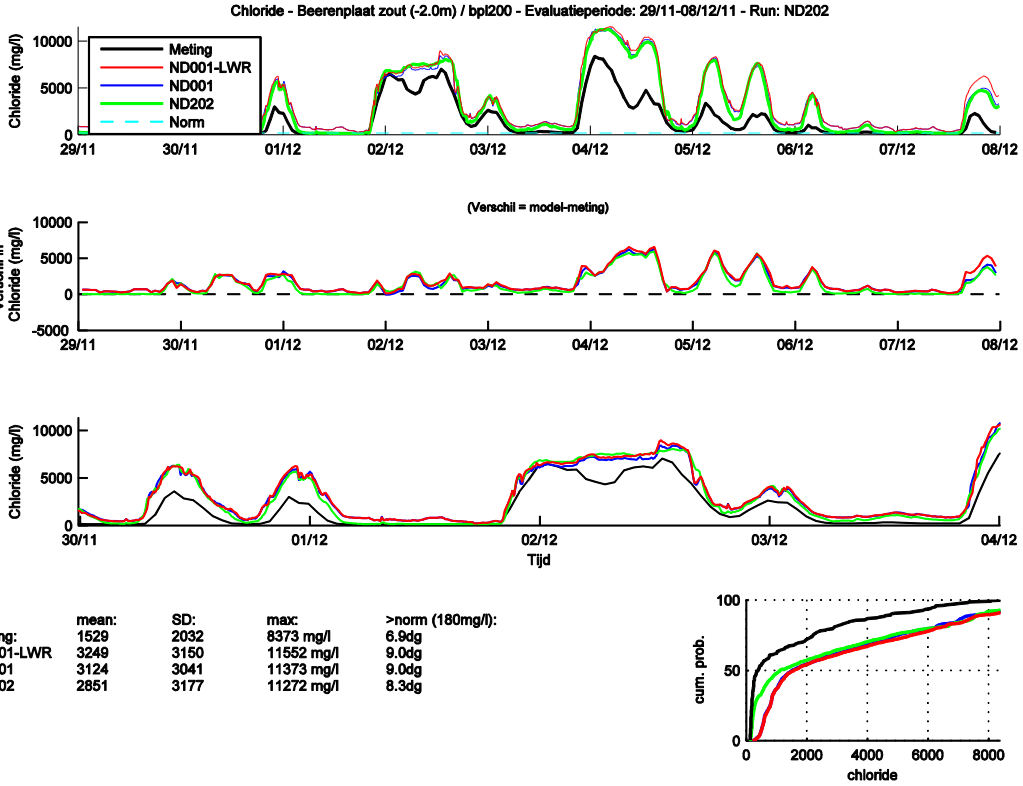




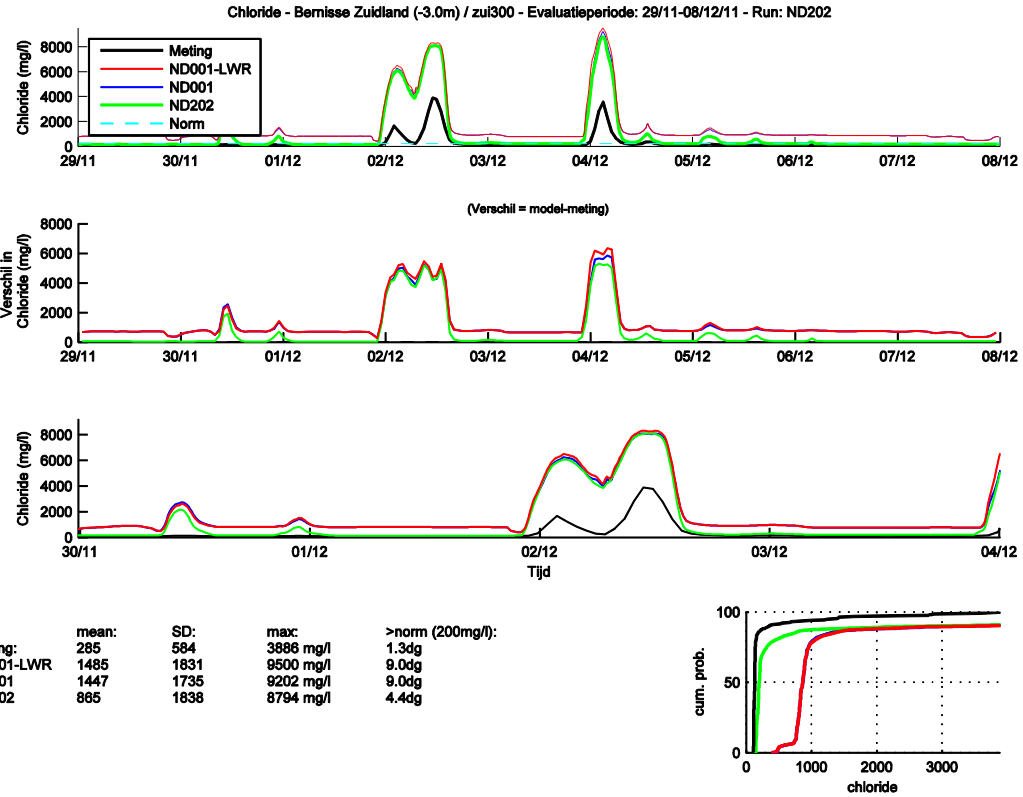


	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	716	583	3325 mg/l	9.0dg
ND001-LWR	770	407	2549 mg/l	8.9dg
ND001	710	369	2299 mg/l	8.9dg
ND202	576	243	1789 mg/l	8.7dg





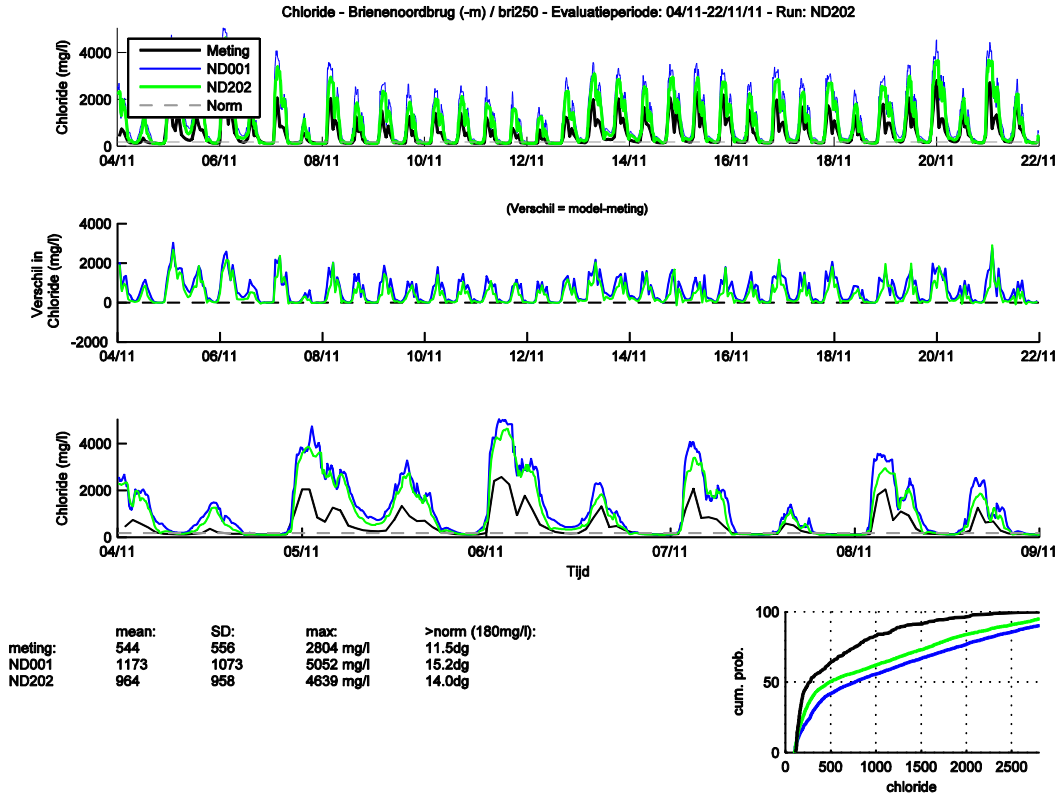
	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	1529	2032	8373 mg/l	6.9dg
ND001-LWR	3249	3150	11552 mg/l	9.0dg
ND001	3124	3041	11373 mg/l	9.0dg
ND202	2851	3177	11272 mg/l	8.3dg

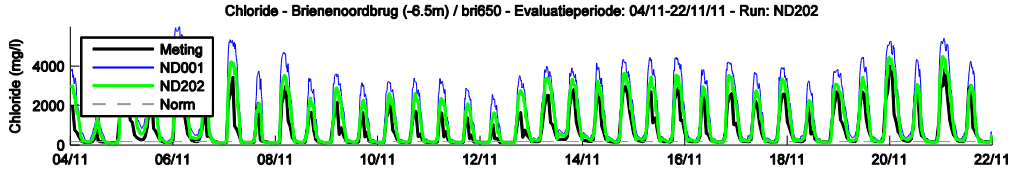


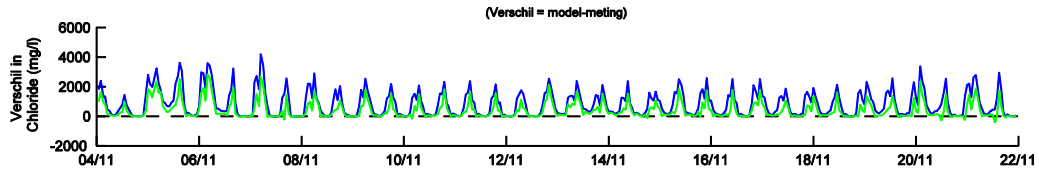
	mean:	SD:	max:	>norm (200mg/l):
meting:	265	584	3886 mg/l	1.3dg
ND001-LWR	1485	1831	9500 mg/l	9.0dg
ND001	1447	1735	9202 mg/l	9.0dg
ND202	865	1838	8794 mg/l	4.4dg

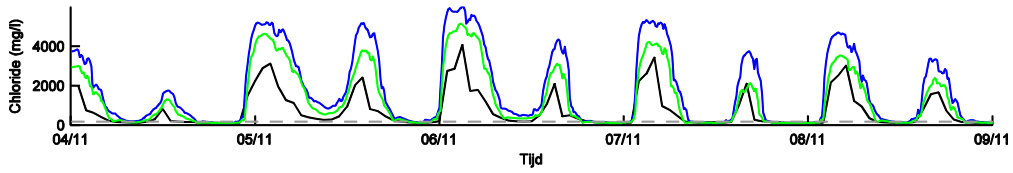
B.2 Figuren tijdserievergelijking 4 tot 22 november 2011

Figuur B.2: Data-model-vergelijking voor de chlorideconcentratie-tijdseries voor de diverse meetlocaties voor evaluatieperiode 4/11 tot 22/11. Van boven naar onder: a) chlorideconcentratie-reeksen; b) Model-data-verschil-reeksen; c) een uitvergroting van (a); d) cumulatieve verdelingsfuncties, allen voor de vaste meetnet meting (zwart), de modelsimulatie met het opnieuw gekalibreerde model (ND202, groen), en de vorige modelversie zowel met (ND001-LWR, rood) als zonder (ND001, blauw) lokale wind reductie. Links onder: het gemiddelde, de standaard deviatie, het maximum en het aantal dagen van normoverschrijding over de duur van de evaluatieperiode.

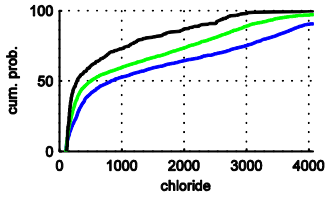


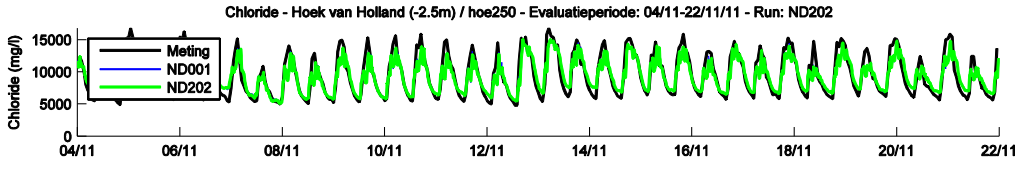


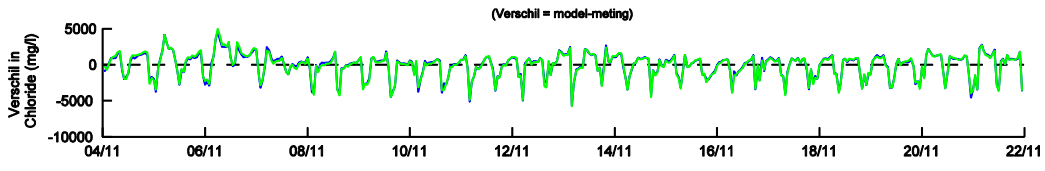


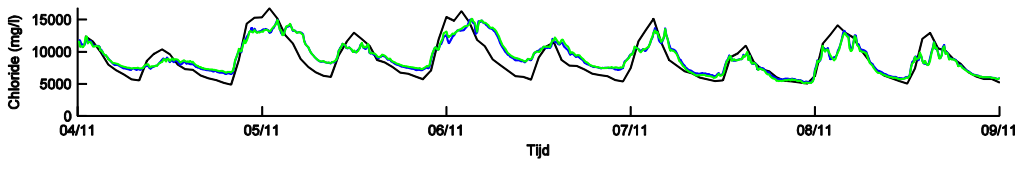


	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	763	884	4070 mg/l	11.8dg
ND001	1609	1578	5991 mg/l	15.3dg
ND202	1175	1231	5138 mg/l	14.0dg

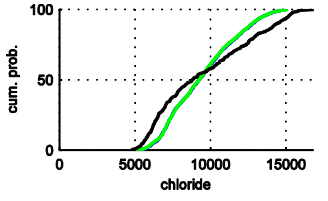


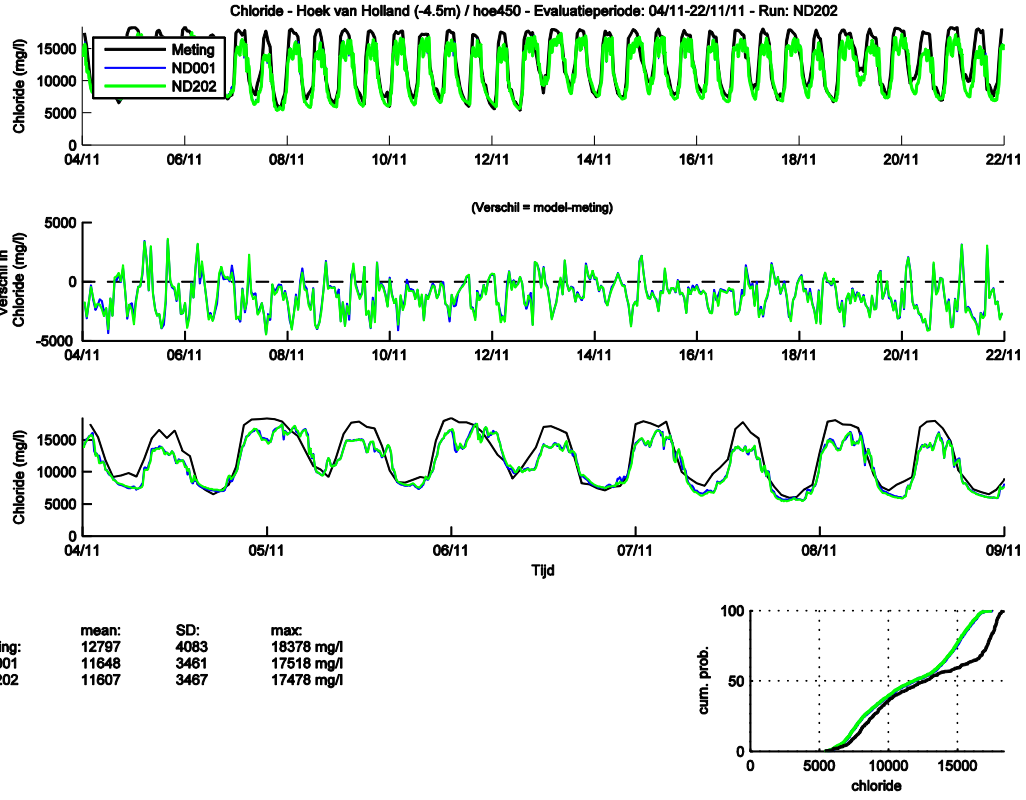




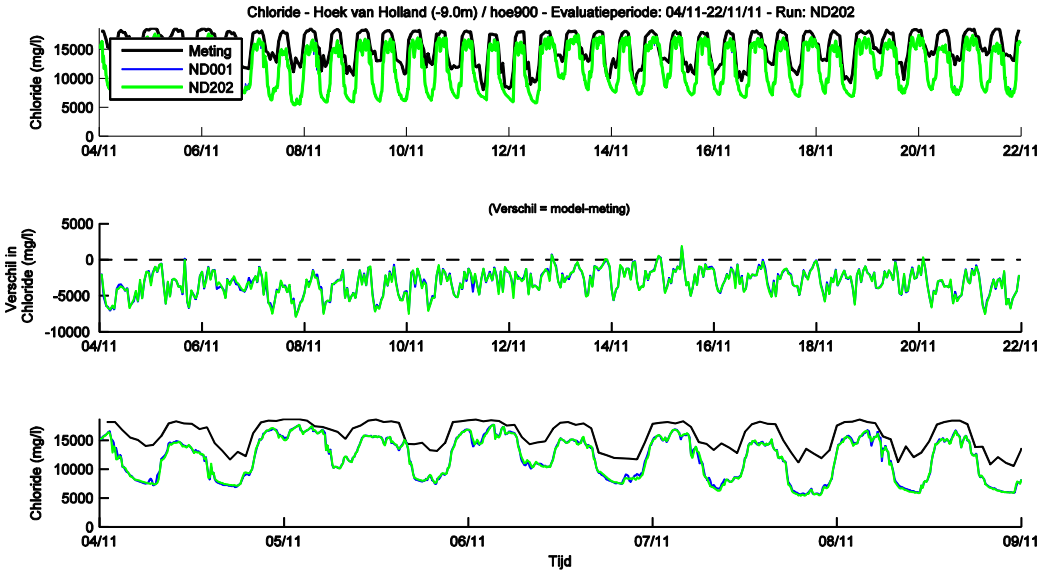


	mean:	SD:	max:
meting:	9530	3221	16792 mg/l
ND001	9452	2282	14984 mg/l
ND202	9432	2280	15111 mg/l

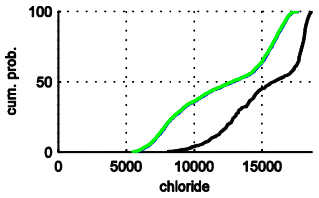


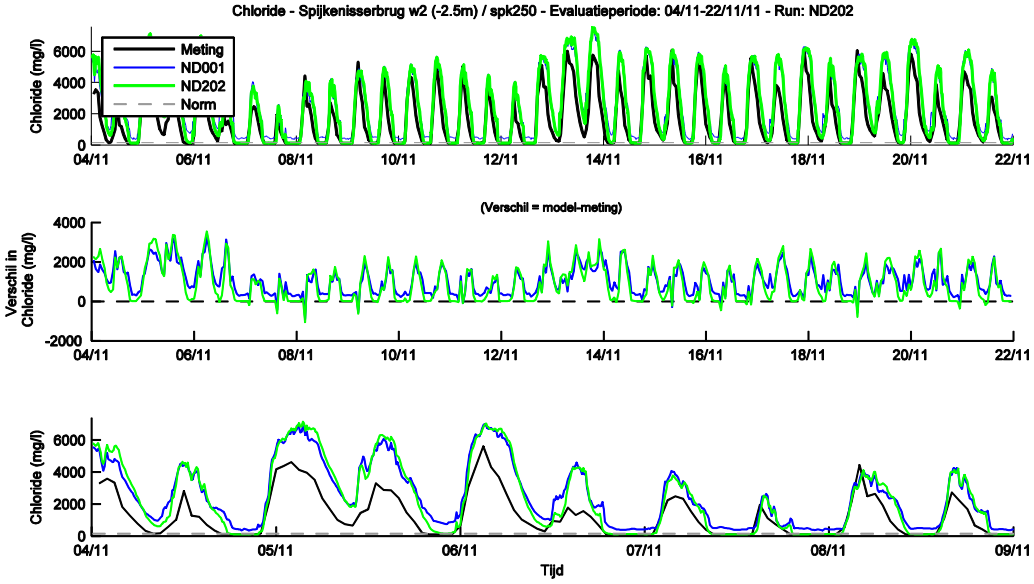


	mean:	SD:	max:
meting:	12797	4083	18378 mg/l
ND001	11648	3461	17518 mg/l
ND202	11607	3467	17478 mg/l

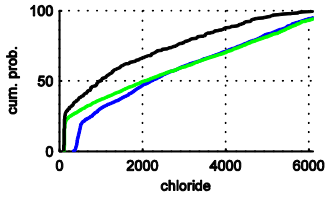


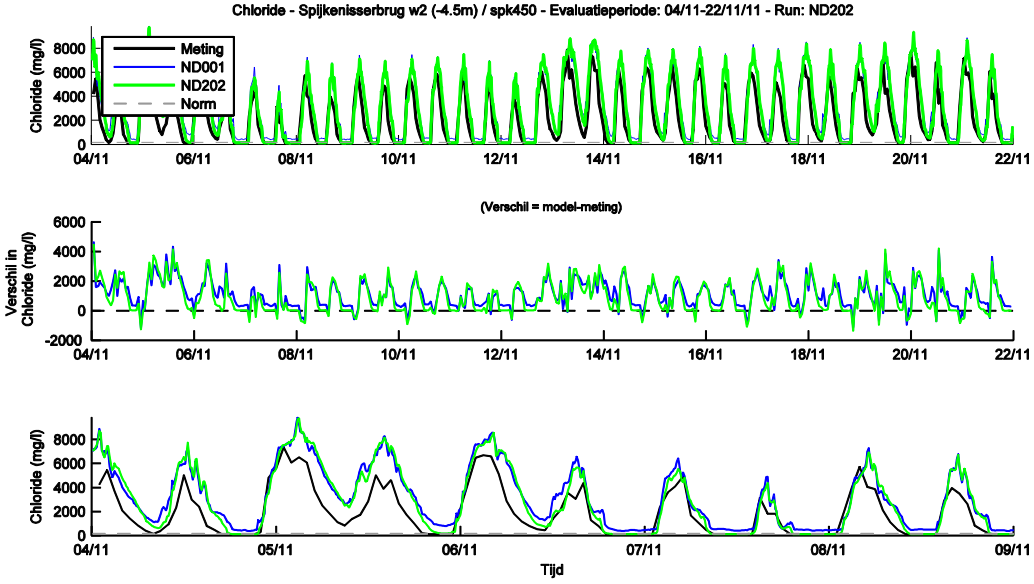
	mean:	SD:	max:
meting:	15316	2794	18678 mg/l
ND001	12195	3689	17671 mg/l
ND202	12154	3697	17657 mg/l



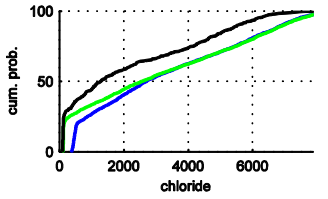


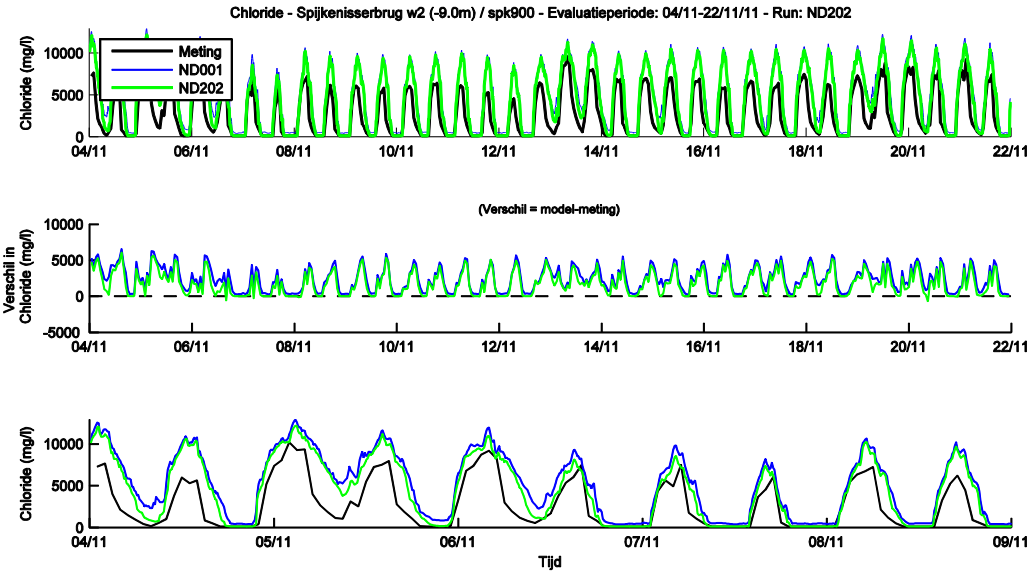
	mean:	SD:	max:	>norm (150mg/l):
meting:	1622	1656	6106 mg/l	13.1dg
ND001	2656	1969	7377 mg/l	18.0dg
ND202	2509	2180	7591 mg/l	14.2dg



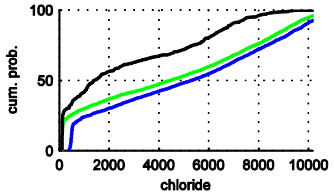


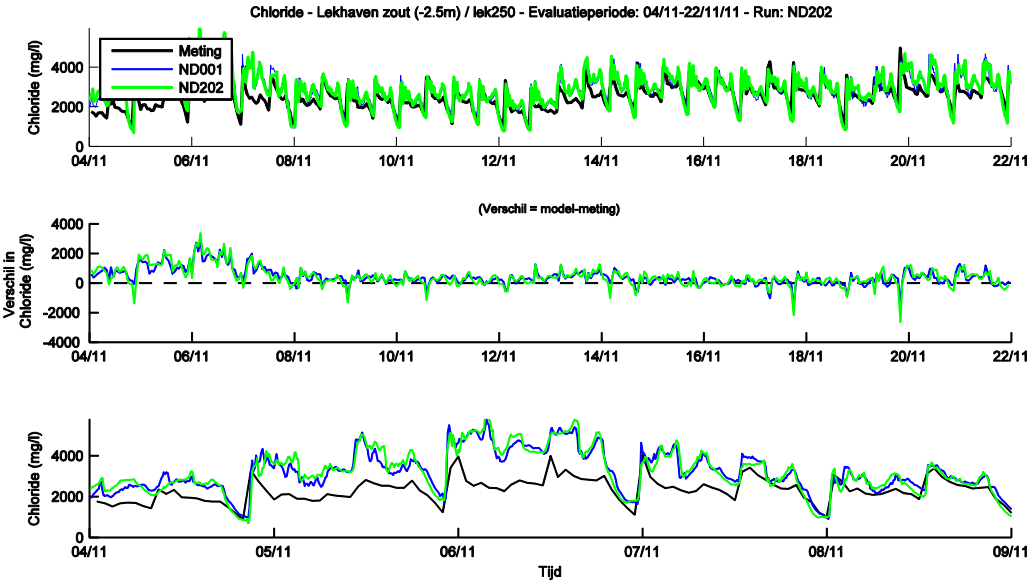
	mean:	SD:	max:	>norm (150mg/l):
meting:	2186	2187	7883 mg/l	13.3dg
ND001	3267	2482	9842 mg/l	18.0dg
ND202	3089	2664	9761 mg/l	14.3dg



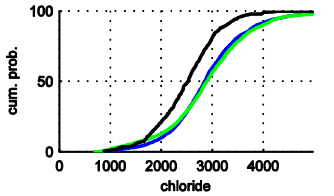


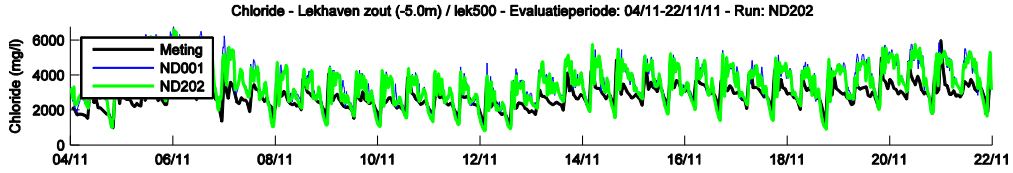
	mean:	SD:	max:
meting:	2732	2804	10186 mg/l
ND001	5100	3646	12909 mg/l
ND202	4503	3665	12169 mg/l

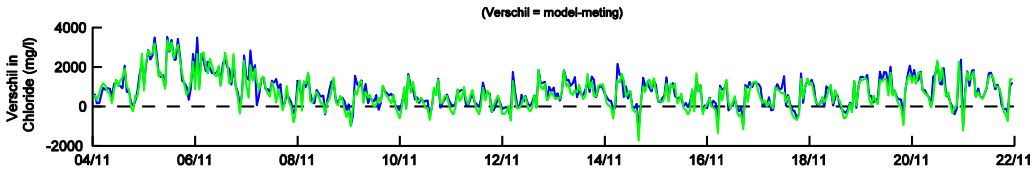


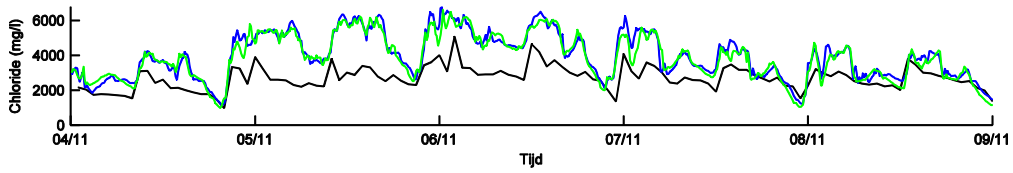


	mean:	SD:	max:
meting:	2501	625	4975 mg/l
ND001	2908	771	5783 mg/l
ND202	2907	860	5968 mg/l

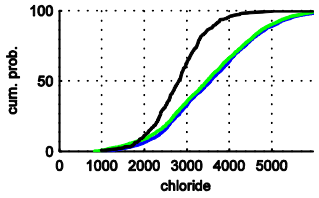


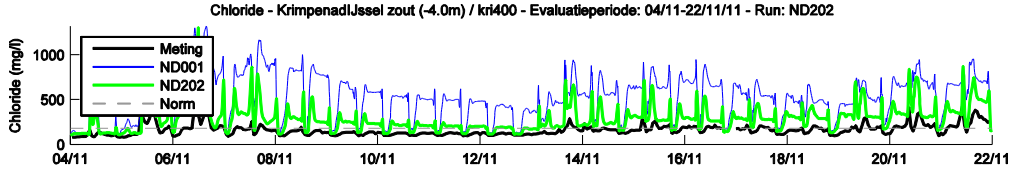


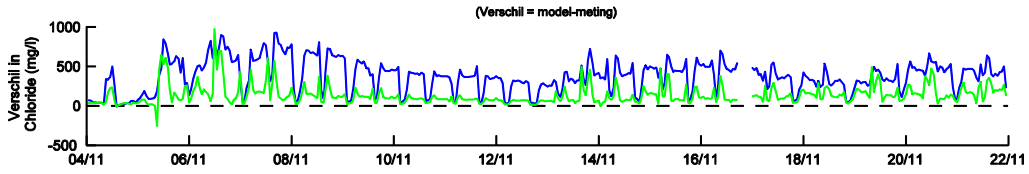


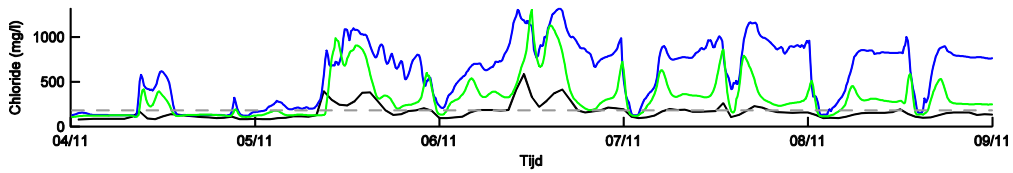


	mean:	SD:	max:
meting:	2814	689	5976 mg/l
ND001	3594	1094	6764 mg/l
ND202	3501	1116	6588 mg/l

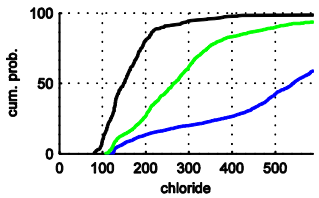


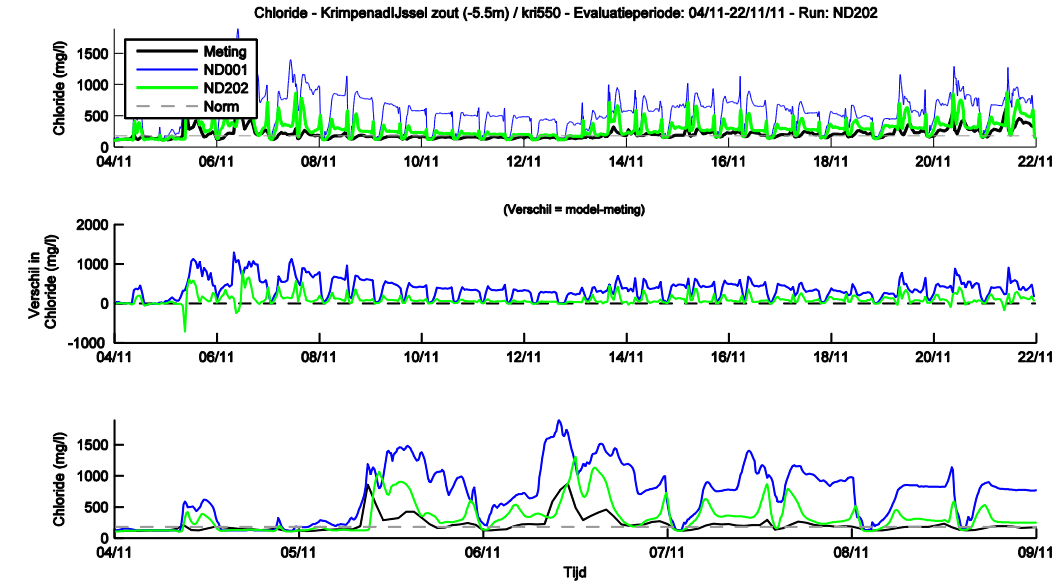




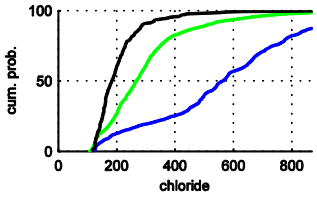


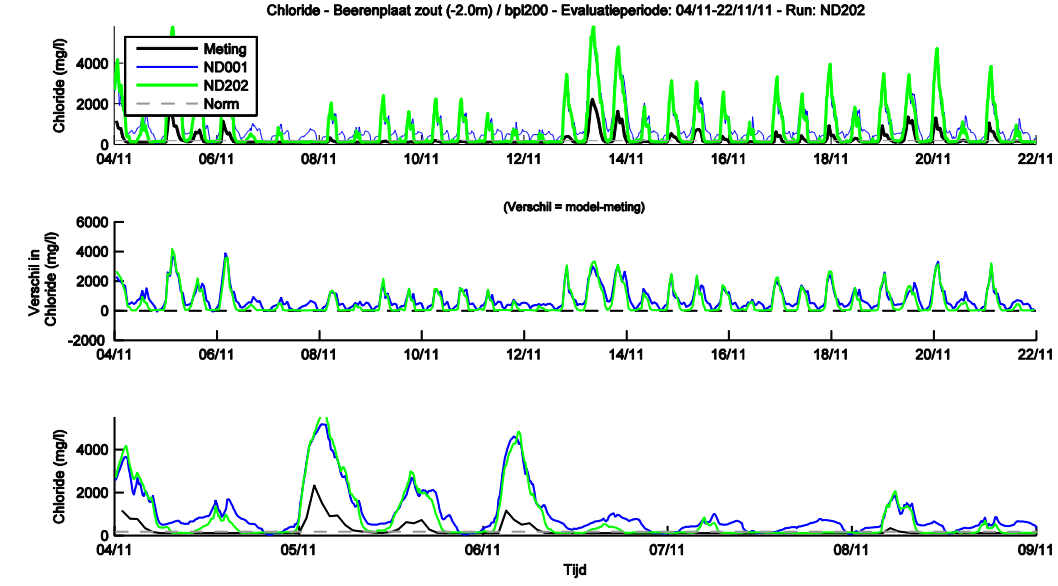
	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	162	66	588 mg/l	5.4dg
ND001	539	240	1319 mg/l	15.9dg
ND202	299	165	1303 mg/l	14.3dg



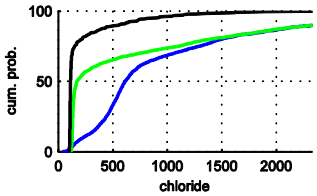


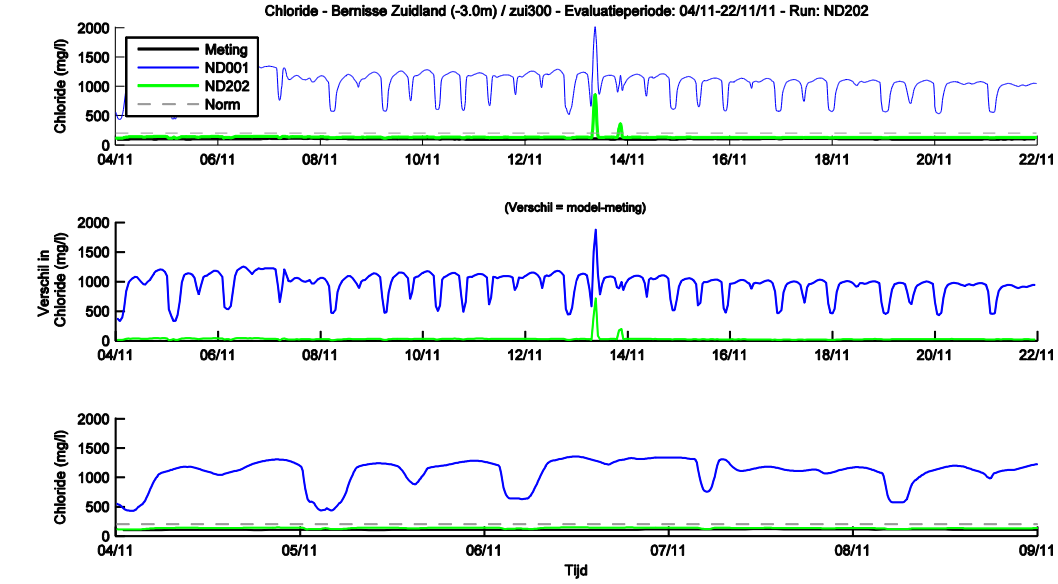
	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	207	95	869 mg/l	9.4dg
ND001	582	298	1896 mg/l	16.1dg
ND202	302	169	1304 mg/l	14.4dg



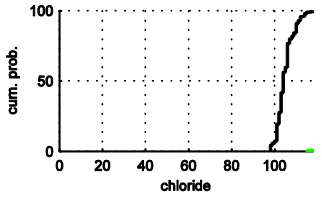


	mean:	SD:	max:	>norm (180mg/l):
meting:	229	307	2329 mg/l	3.9dg
ND001	1010	973	5498 mg/l	16.7dg
ND202	777	1088	5824 mg/l	8.8dg



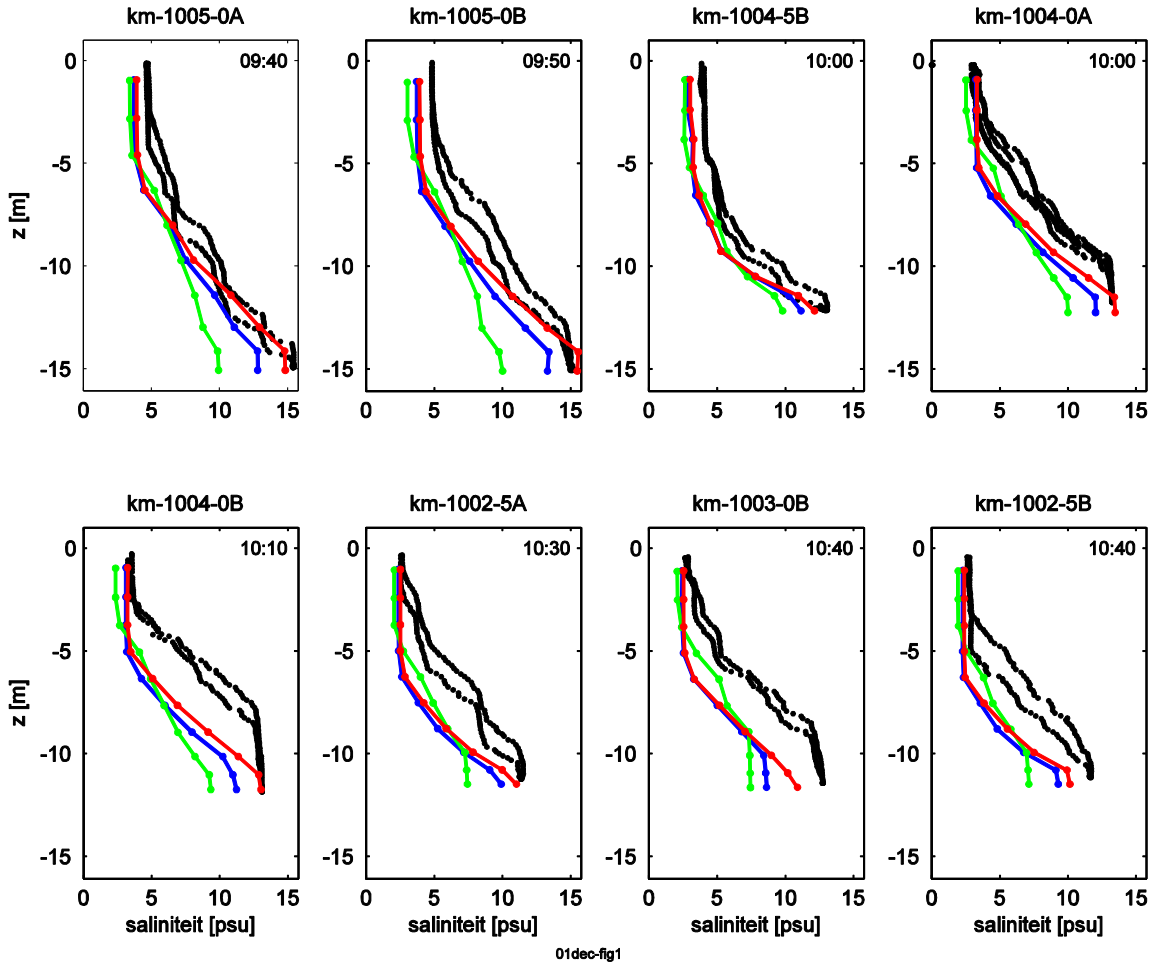


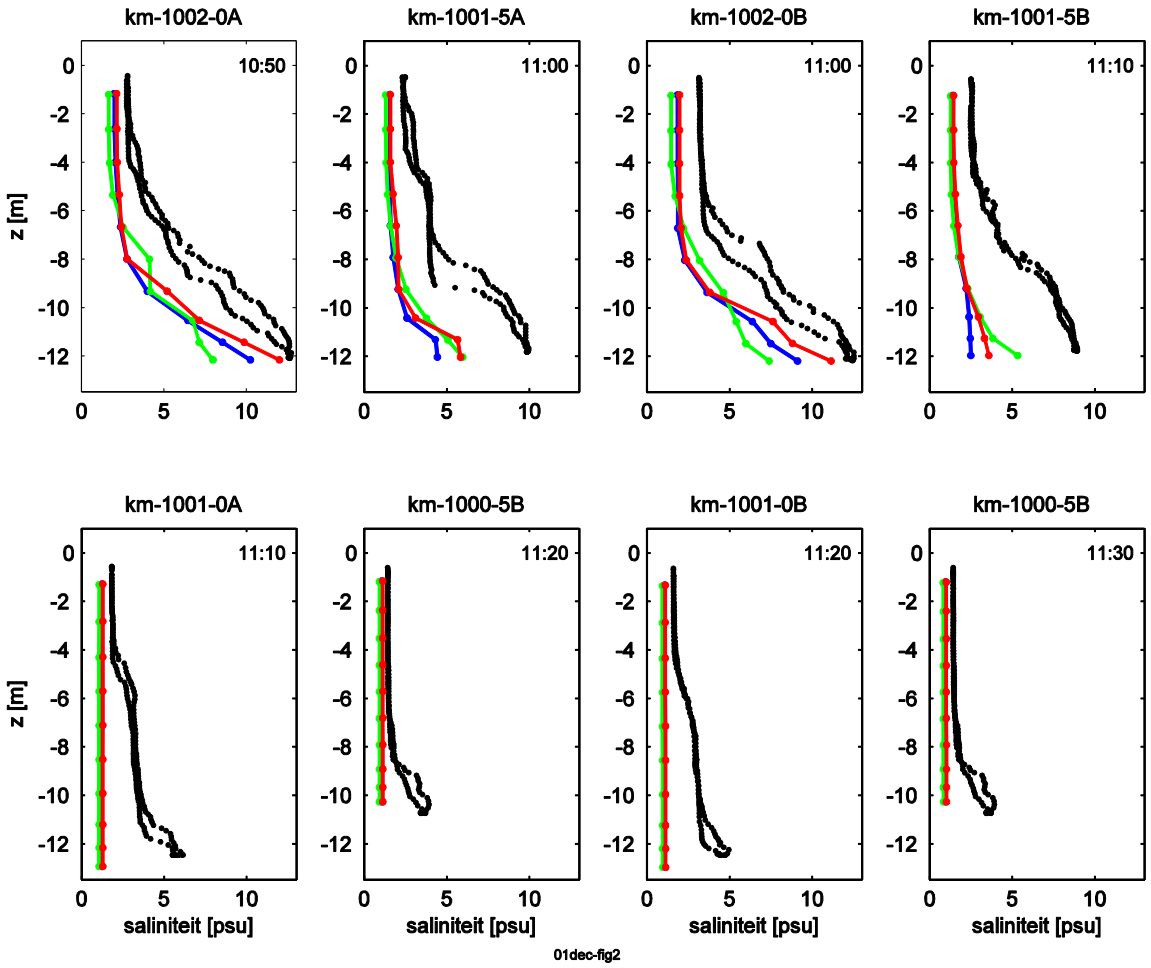
	mean:	SD:	max:	>norm (200mg/l):
meting:	105	4	118 mg/l	0.0dg
ND001	1060	210	2018 mg/l	18.0dg
ND202	136	40	861 mg/l	0.2dg

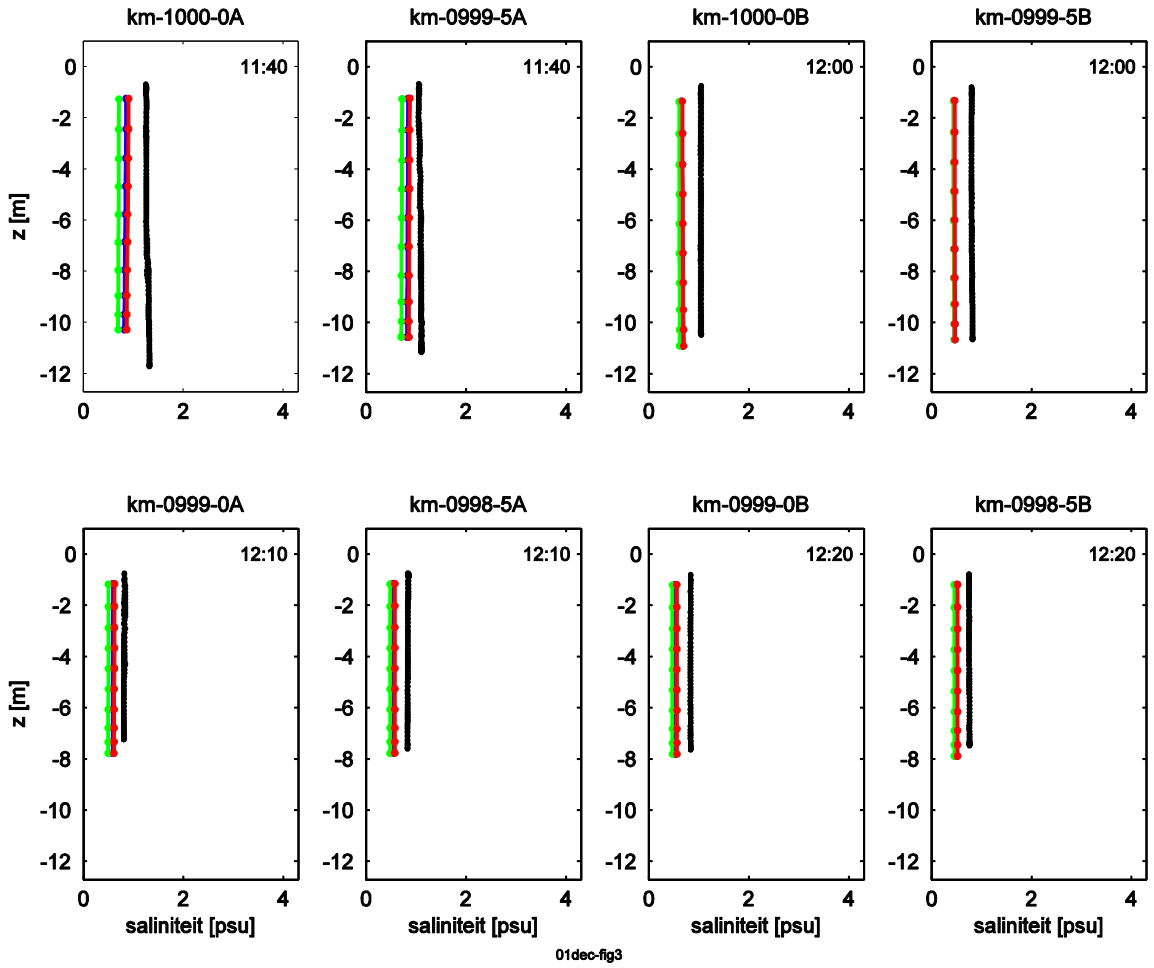


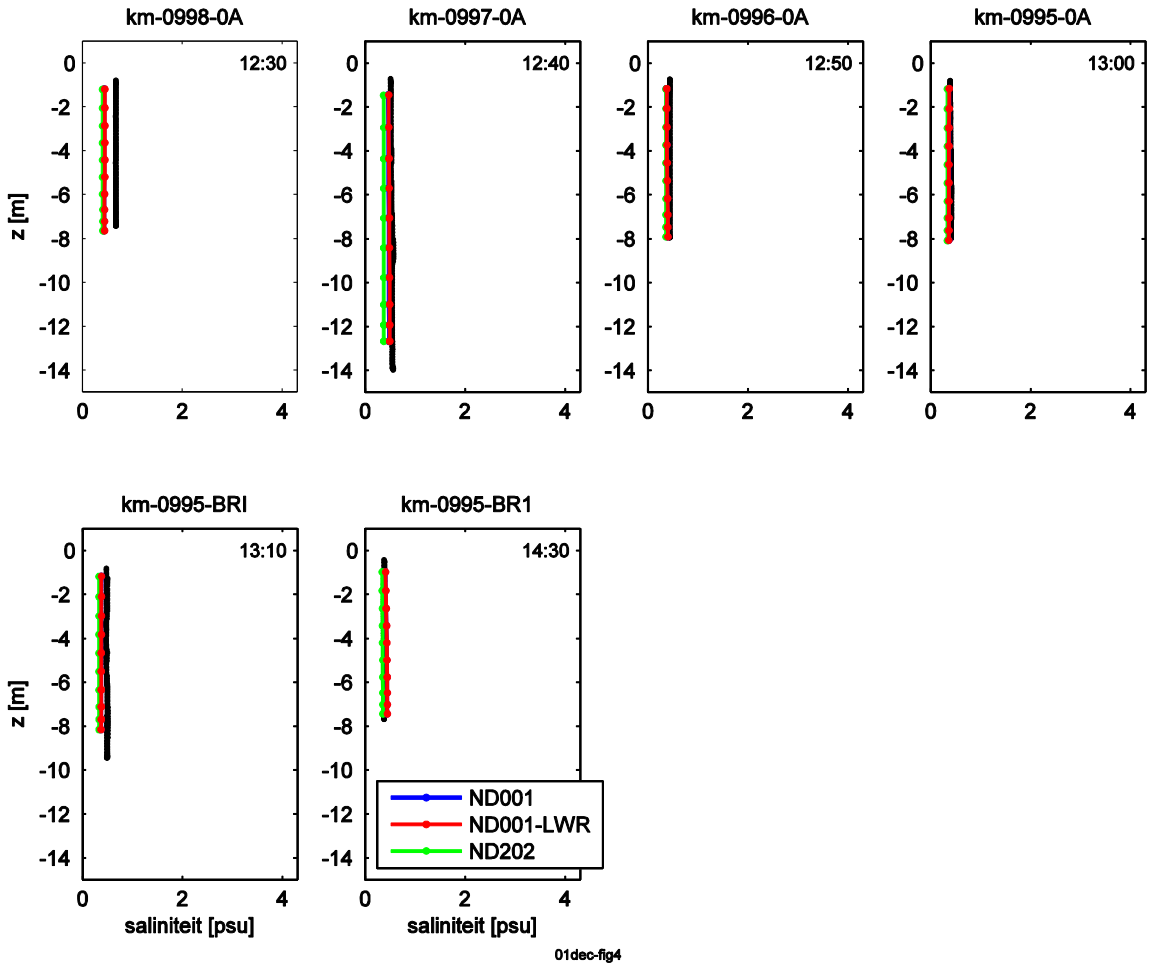
B.3 Figuren saliniteitsprofielvergelijking december 2011

METINGEN 1 DECEMBER

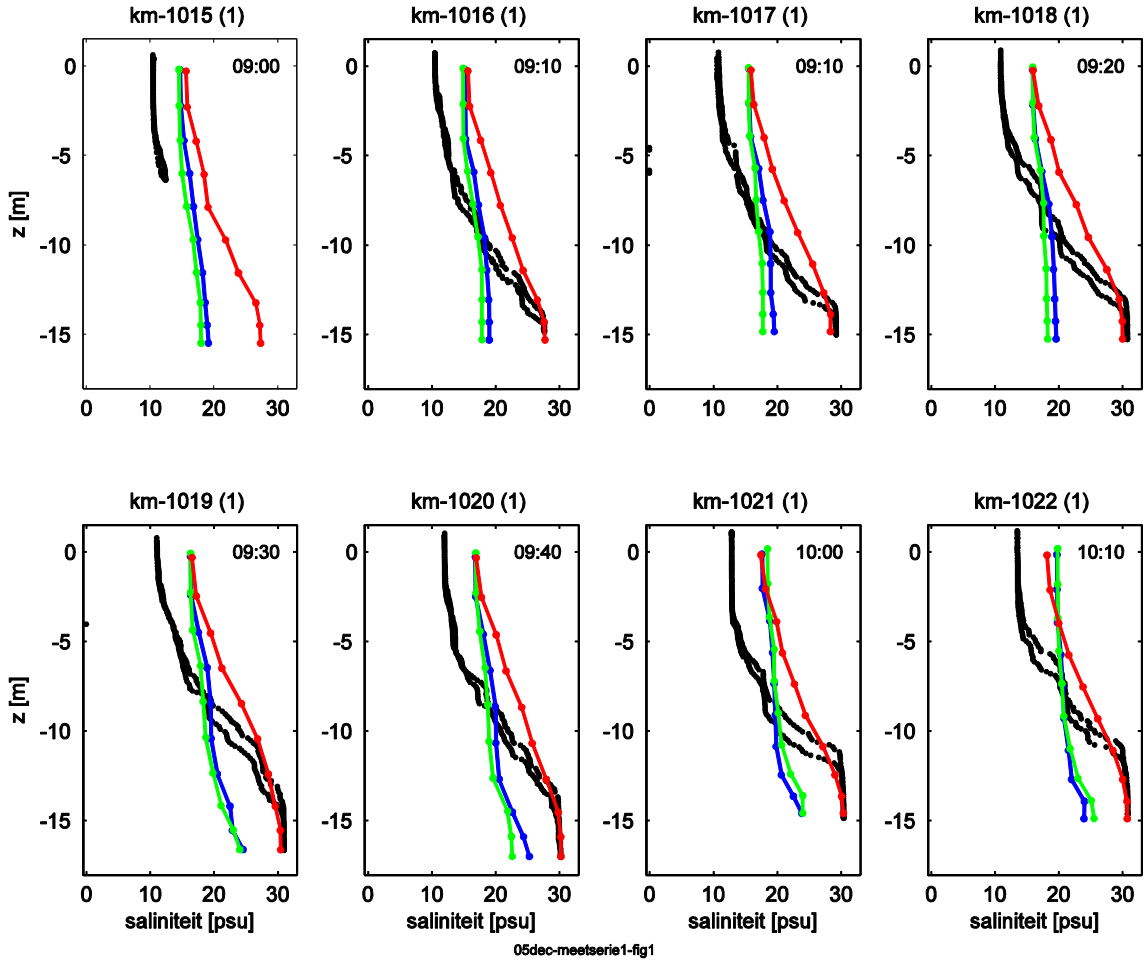


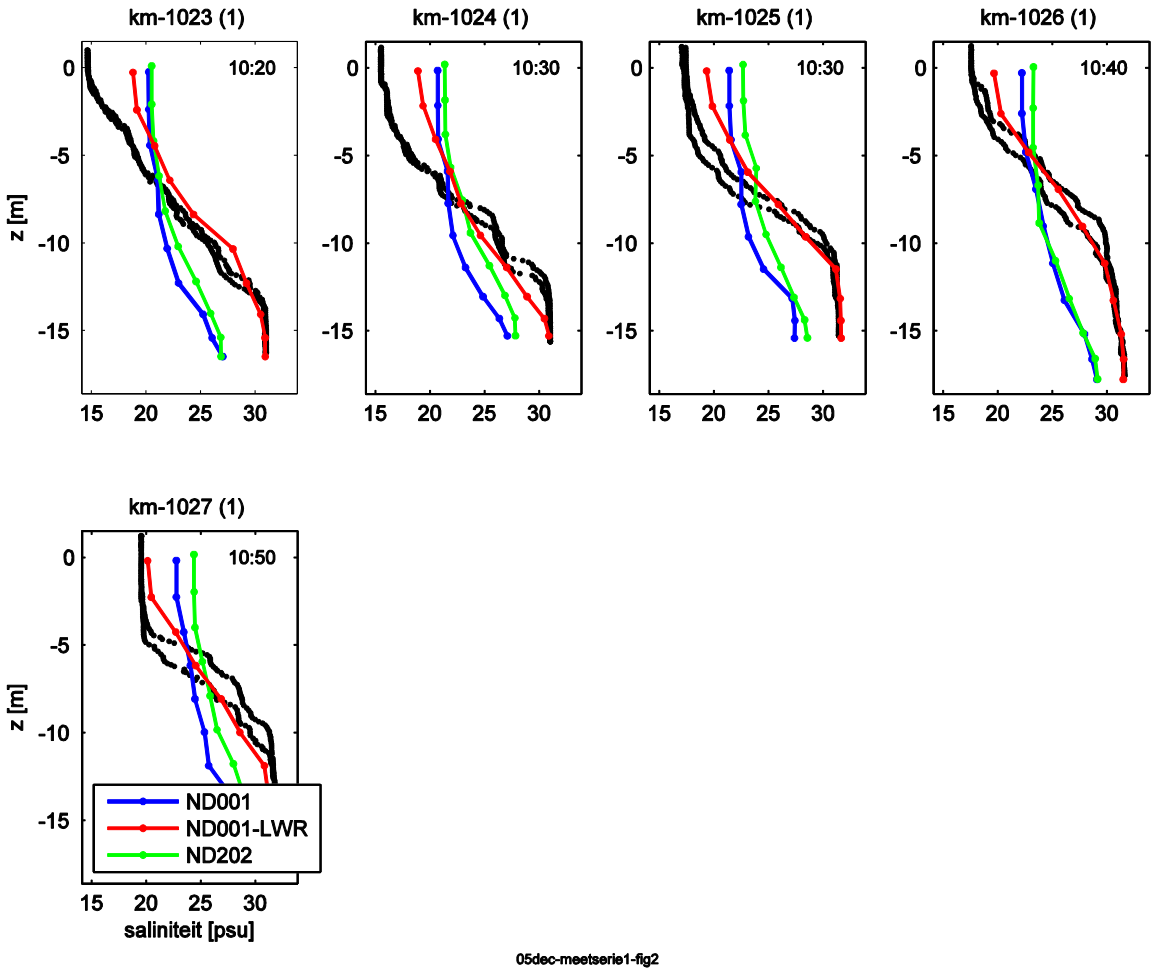

km-1002-0A
10:50
km-1001-5A
11:00
km-1002-0B
11:00
km-1001-5B
11:10
km-1001-0A
11:10
km-1000-5B
11:20
km-1001-0B
11:20
km-1000-5B
11:30
z [m]
saliniteit [psu]
01dec-fig2

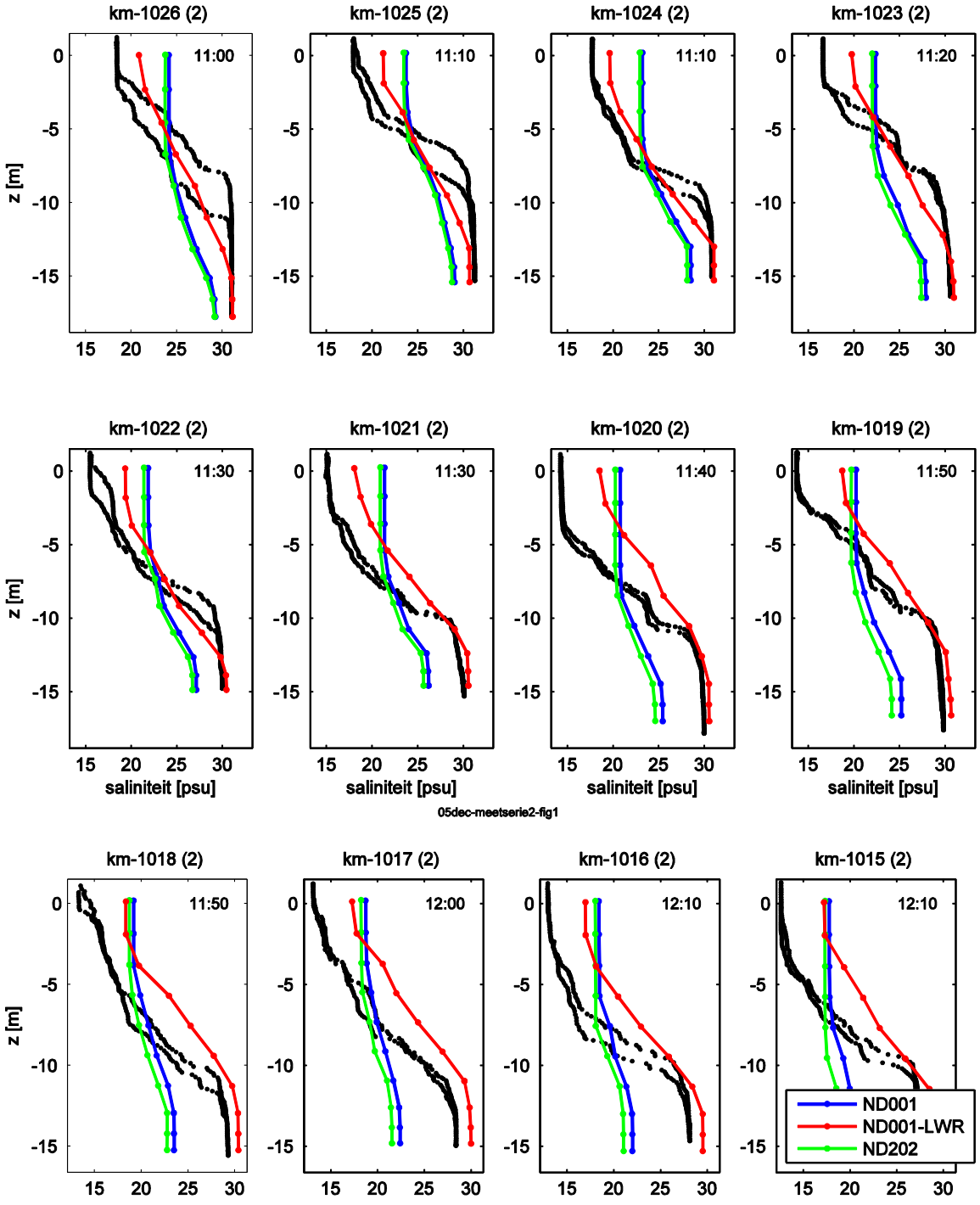

km-1000-0A
11:40
km-0999-5A
11:40
km-1000-0B
12:00
km-0999-5B
12:00
km-0999-0A
12:10
km-0998-5A
12:10
km-0999-0B
12:20
km-0998-5B
12:20
z [m]
saliniteit [psu]
01dec-fig3

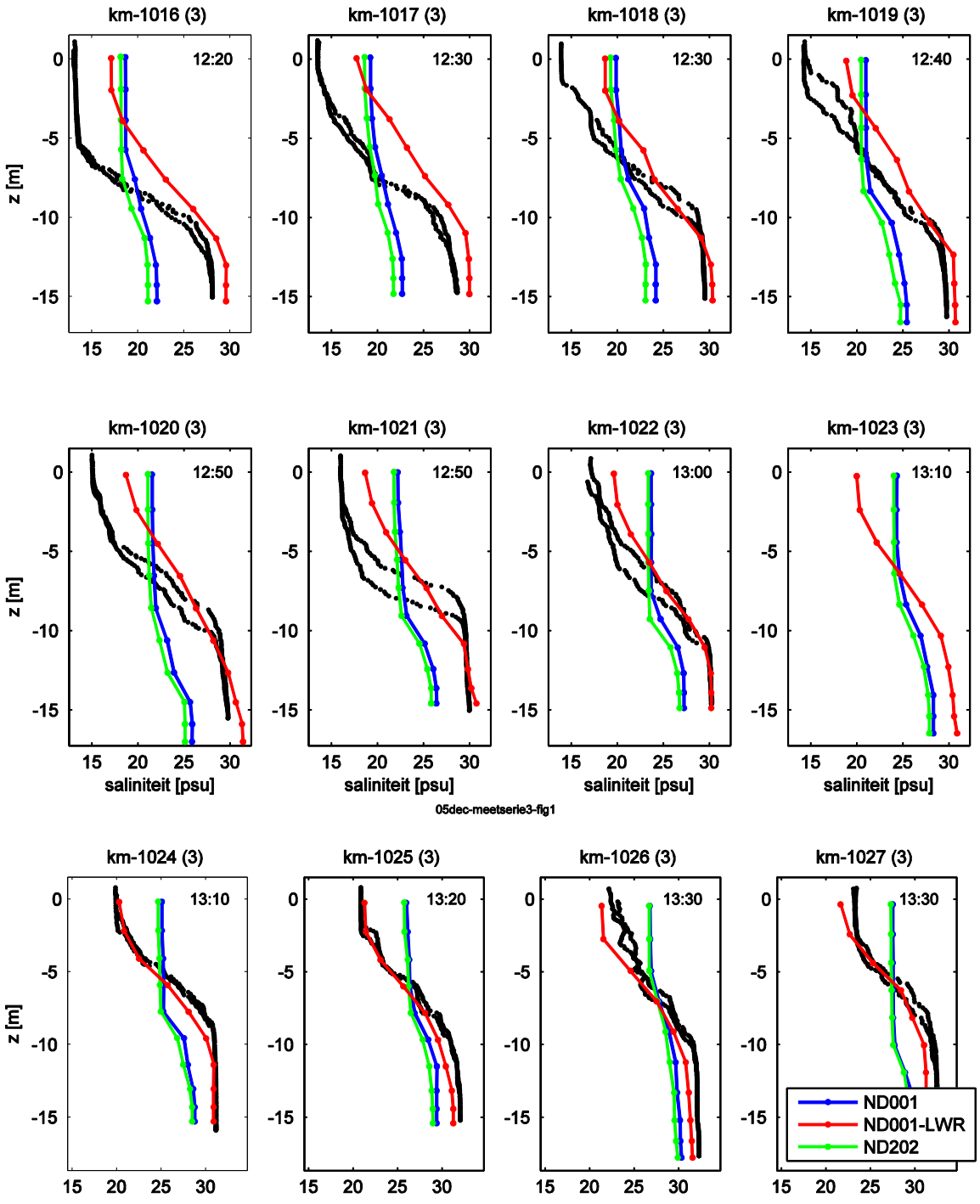

km-0998-0A
12:30
km-0997-0A
12:40
km-0996-0A
12:50
km-0995-0A
13:00
km-0995-BRI
13:10
km-0995-BR1
14:30
z [m]
saliniteit [psu]
ND001
ND001-LWR
ND202
01dec-fig4

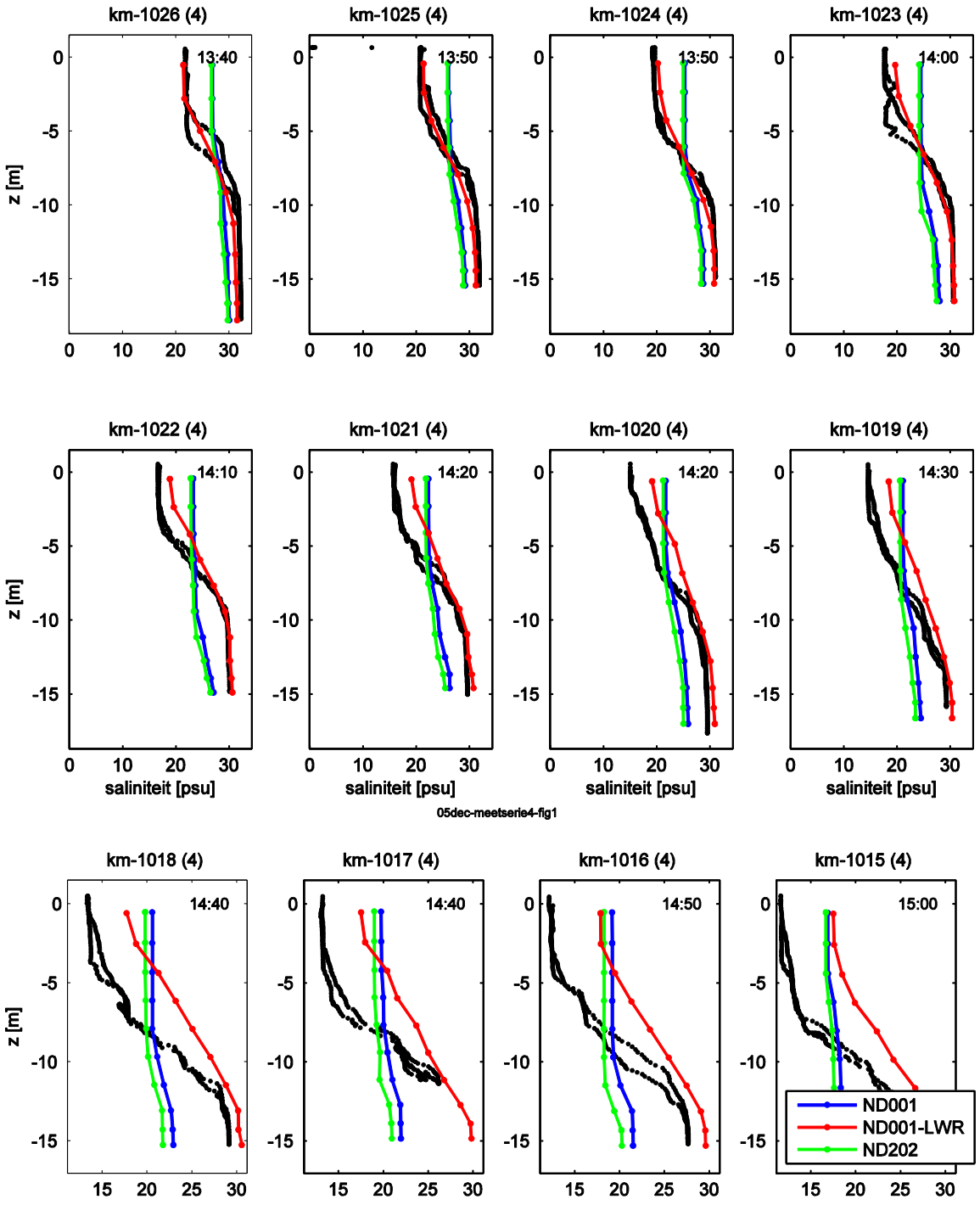
METINGEN 5 DECEMBER



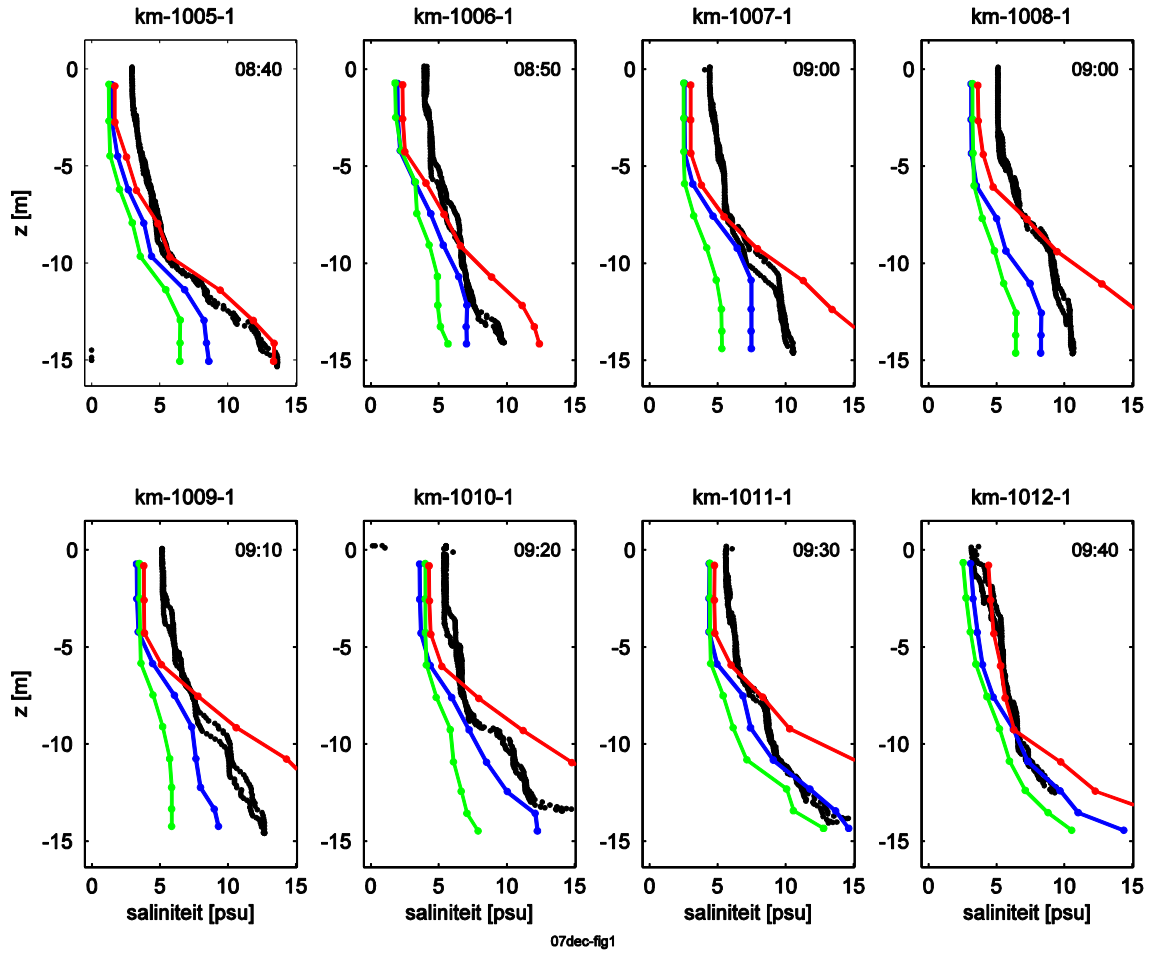

km-1023 (1)
10:20
km-1024 (1)
10:30
km-1025 (1)
10:30
km-1026 (1)
10:40
km-1027 (1)
10:50
z [m]
0
-5
-10
-15
15
20
25
30
saliniteit [psu]
ND001
ND001-LWR
ND202
05dec-meetserie1-fig2

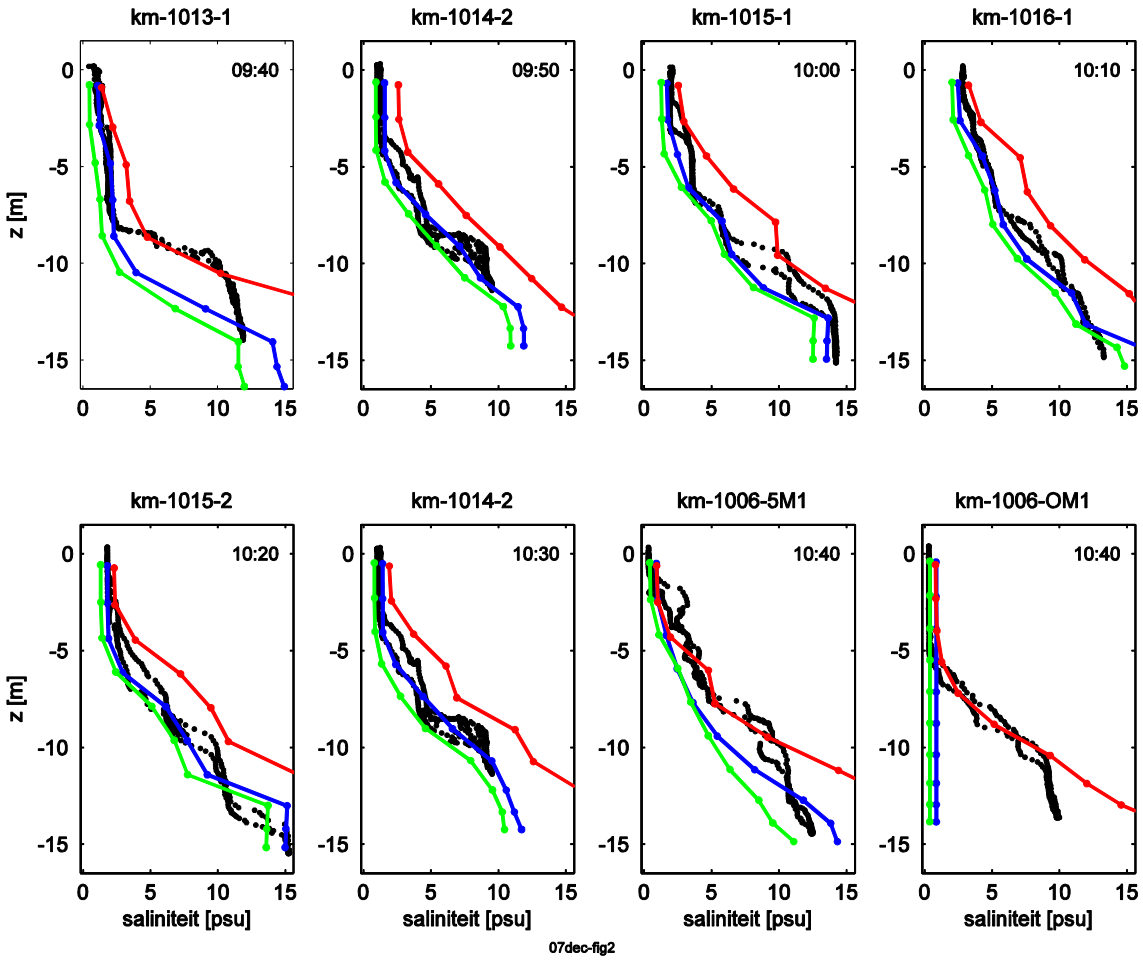

km-1026 (2)
11:00
km-1025 (2)
11:10
km-1024 (2)
11:10
km-1023 (2)
11:20
km-1022 (2)
11:30
km-1021 (2)
11:30
km-1020 (2)
11:40
km-1019 (2)
11:50
km-1018 (2)
11:50
km-1017 (2)
12:00
km-1016 (2)
12:10
km-1015 (2)
12:10
z [m]
saliniteit [psu]
ND001
ND001-LWR
ND202
05dec-meetserie2-fig1

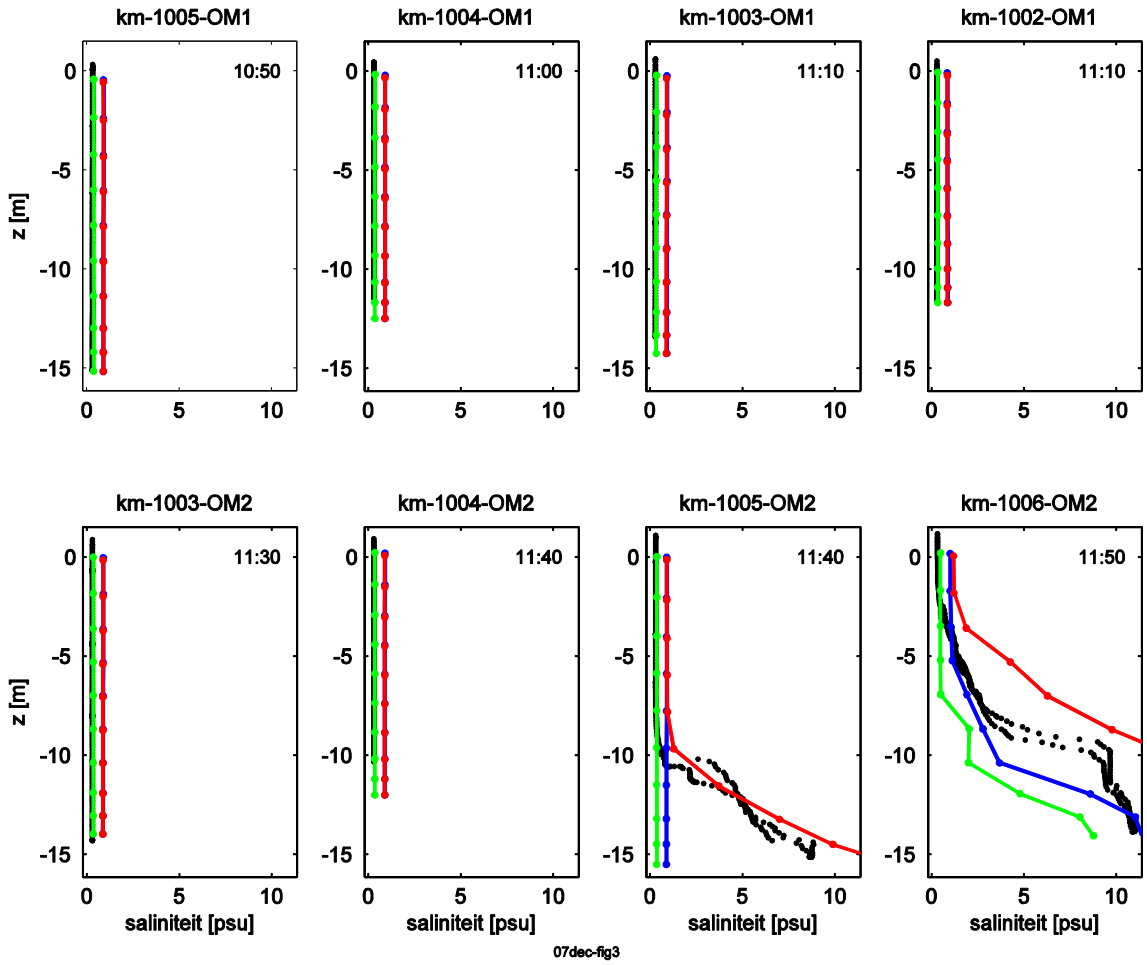

km-1016 (3)
12:20
km-1017 (3)
12:30
km-1018 (3)
12:30
km-1019 (3)
12:40
km-1020 (3)
12:50
km-1021 (3)
12:50
km-1022 (3)
13:00
km-1023 (3)
13:10
km-1024 (3)
13:10
km-1025 (3)
13:20
km-1026 (3)
13:30
km-1027 (3)
13:30
z [m]
saliniteit [psu]
05dec-meetserie3-fig1
ND001
ND001-LWR
ND202

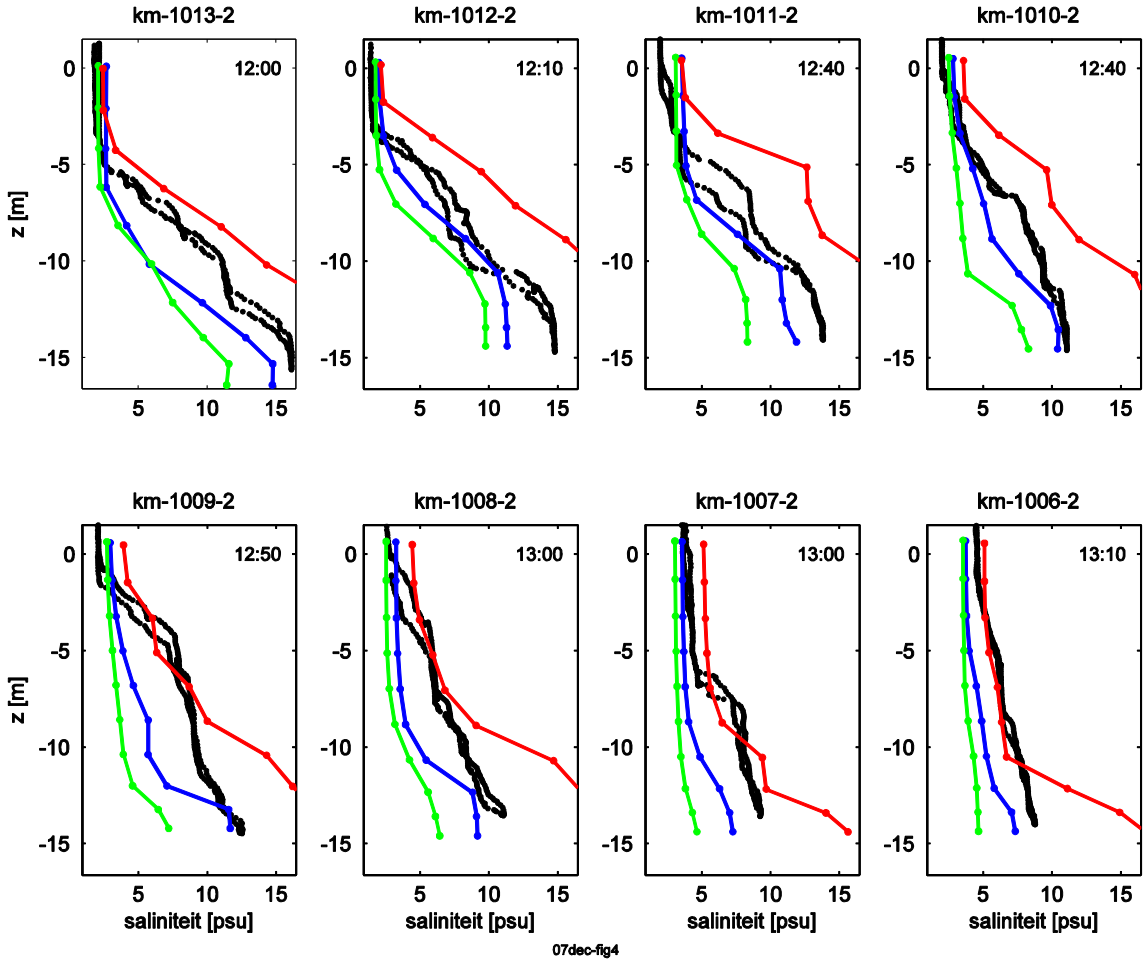

km-1026 (4)
13:40
km-1025 (4)
13:50
km-1024 (4)
13:50
km-1023 (4)
14:00
km-1022 (4)
14:10
km-1021 (4)
14:20
km-1020 (4)
14:20
km-1019 (4)
14:30
km-1018 (4)
14:40
km-1017 (4)
14:40
km-1016 (4)
14:50
km-1015 (4)
15:00
z [m]
saliniteit [psu]
ND001
ND001-LWR
ND202
05dec-meetserie4-fig1

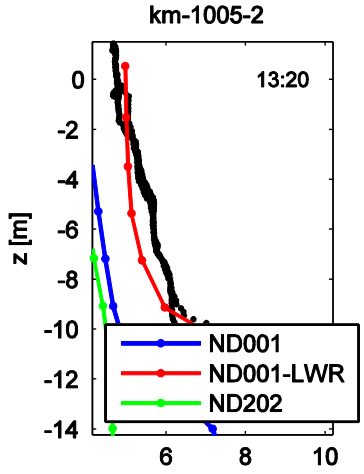
METINGEN 7 DECEMBER




km-1013-1
09:40
km-1014-2
09:50
km-1015-1
10:00
km-1016-1
10:10
km-1015-2
10:20
km-1014-2
10:30
km-1006-5M1
10:40
km-1006-OM1
10:40
z [m]
saliniteit [psu]
07dec-fig2


km-1005-OM1
10:50
km-1004-OM1
11:00
km-1003-OM1
11:10
km-1002-OM1
11:10
km-1003-OM2
11:30
km-1004-OM2
11:40
km-1005-OM2
11:40
km-1006-OM2
11:50
z [m]
saliniteit [psu]
07dec-fig3

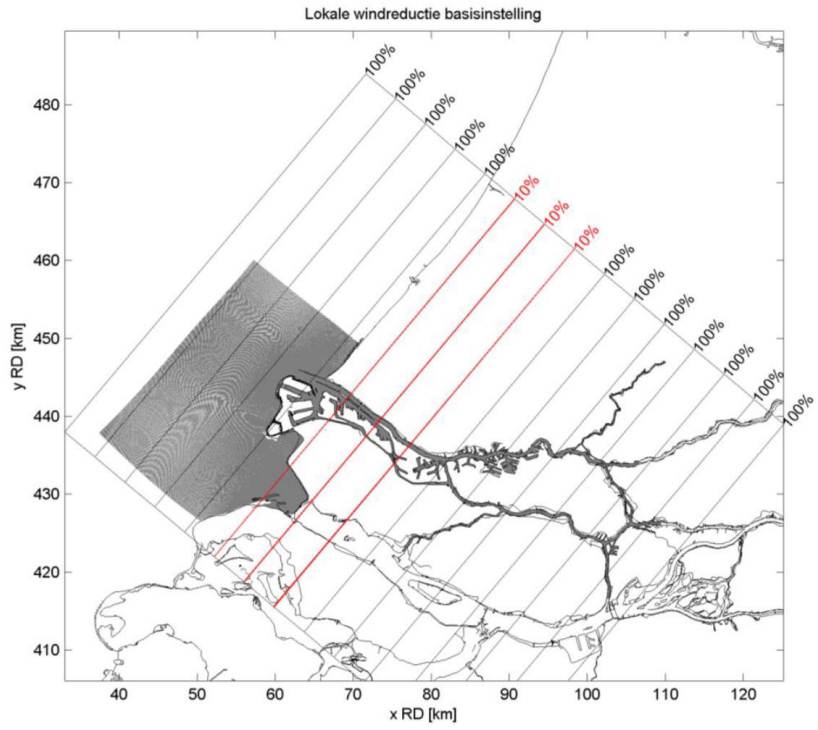

km-1013-2
12:00
km-1012-2
12:10
km-1011-2
12:40
km-1010-2
12:40
km-1009-2
12:50
km-1008-2
13:00
km-1007-2
13:00
km-1006-2
13:10
z [m]
saliniteit [psu]
07dec-fig4


km-1005-2
13:20
z [m]
ND001
ND001-LWR
ND202

C Windmodelering

Uit figuur 17 in het rapport van Svasek Hydraulics blijkt dat de weergave van de wijze van toepassing van de lokale wind reductie in het rapport van ‘Evaluatie (I)’ niet geheel correct is. Helaas is dit niet aan de orde gekomen bij bespreking van de tussentijdse resultaten en het conceptrapport. Het blijkt dat het masker van de windreductie geroteerd is alvorens het over het modeldomein is gelegd (zie figuur C.1).

Dit heeft overigens geen consequenties voor de eerdere conclusies en opvattingen over de windreductie. Zonder de rotatie ontstond het beeld dat de reductie gedeeltelijk op zee en gedeeltelijk op de Nieuwe Waterweg plaatsvond. Als mogelijke verklaringen voor de effecten kwamen m.n. beïnvloeding van de helling van het zoet-zout-scheidingsvlak en beïnvloeding van de verticale menging naar voren. Het eerste zal vooral op kunnen treden op de Nieuwe Waterweg, het tweede voornamelijk op zee. Uit testjes in ‘Evaluatie (I)’ is gebleken dat het eerste mechanisme inderdaad optreedt en een groot effect heeft op waterstanden en saliniteitsprofielen. Met rotatie blijkt de LWR alleen over de Nieuwe Waterweg te vallen, maar dan wel over de hele Nieuwe Waterweg. Daarmee wordt beïnvloeding van het scheidingsvlak als verklaring alleen maar belangrijker. Overigens blijkt uit testen met wind dwars op de Nieuwe Waterweg dat er ook effect optreedt via andere mechanismen dan opzet. Waarschijnlijk is er dus ook op de NWW enig effect via de menging.



Figuur C.1 Toepassing van de lokale wind reductie in de modelversie van ‘Evaluatie (I)’, overgenomen uit het rapport van Svasek.