

# Concept

Opdrachtgever:

Deltares

## Compensatie monitoring Voordelta

Perceel 4, abiotiek  
Beschrijving aanpak modelsimulaties

Status rapport

A2218

November 2009

Opdrachtgever Deltares

Titel Compensatie Monitoring Voordelta

Perceel 4, abiotiek; Beschrijving aanpak modelsimulaties

Samenvatting Alkyon Hydraulic Consultancy & Research maakt deel uit van een consortium dat wordt geleid door Wageningen IMARES. Dit consortium bestaande uit respectievelijk IMARES, CSO, NIOO, Alkyon, Bureau Waardenburg en inbo, doet onderzoek naar de natuurcompensatie in de Voordelta, die gerelateerd is aan de ontwikkeling van Maasvlakte 2.

Alkyon doet de modellering van de abiotiek voor dit gebied.

Deze rapportage betreft de aanpak, de data inventarisatie, de testsimulaties en de naar aanleiding daarvan gemaakte keuzes. De testsimulaties hebben geleid tot wijzigingen in de aanpak, die met de opdrachtgever zijn doorge-sproken. Dit rapport beschrijft nog geen resultaten voor verschillende jaren. Dat zal in vervolrapportages worden beschreven.

Referenties IMARES WDDOV V2.0 overeenkomst dd 9 oktober 2009

Rev.	Auteur	Datum	Bijzonderh.	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
	J Adema	Nov 2009	voorlopig	G van Banning	J Adema

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer: A2218R10 Sleutelwoorden:	tekst pagina's : tabellen : figuren : appendices :	<input checked="" type="checkbox"/> voorlopig <input type="checkbox"/> concept <input type="checkbox"/> eindrapport
Project nummer: A2218 Bestand: A2218R1r0.doc		



## Samenvatting

Alkyon Hydraulic Consultancy & Research maakt deel uit van een consortium dat wordt geleid door Wageningen IMARES. Dit consortium bestaande uit respectievelijk IMARES, CSO, NIOO, Alkyon, Bureau Waardenburg en inbo, doet onderzoek naar de natuurcompensatie in de Voordelta, die gerelateerd is aan de ontwikkeling van Maasvlakte 2. Alkyon doet de modellering van de abiotiek voor dit gebied.

Deze rapportage betreft de aanpak, de data inventarisatie, enkele testsimulaties en de naar aanleiding daarvan gemaakte keuzes. De keuzes hebben geleid tot wijzigingen in de aanpak die met de opdrachtgever zijn doorgesproken.

Dit is een voorlopige eerste versie van dit rapport, waarom expliciet gevraagd is. Deze rapportage zal in de komende tijd worden uitgebreid en begin volgend jaar worden afgerond. Deze rapportage geeft een voorlopig beeld van de stand van de modellering op dit moment. Het betreft de Jaarrapportage voor 2009 (zie ook Plan van Aanpak deel B van IMARES, intern rapport nr. 09.015 dd 8 juli 2009) voor de hindcast van 2004 tot en met mei 2009 en de wijzigingen hierop. De verwachting bestaat dat de simulaties in het eerste kwartaal van 2010 worden afgerond.



# Inhoud

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

1	Inleiding.....	1
1.1	Algemeen en achtergrond	1
1.2	Doel	1
1.3	Aanpak	1
1.4	Leeswijzer	2
2	Overzicht beschikbare en gebruikte gegevens .....	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Referenties	3
2.3	Waterstanden	4
2.4	Debieten	5
2.5	Saliniteiten	6
2.6	Watertemperaturen	6
2.7	Meteorologische grootheden	7
2.8	Aanvullende gegevens	9
2.9	Nabewerking meetgegevens	9
3	Testsimulaties en wijzigingen in de aanpak.....	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Testsimulaties	10
3.2.1	Algemeen	10
3.2.2	Temperatuur model	10
3.2.3	Kalman filters	11
3.2.4	Rekentijden	12
3.3	Wijzigingen in de aanpak	12
4	Overzicht modelruns.....	13
4.1	Inleiding	13
4.2	CSM8	13
4.2.1	Oorspronkelijk voorziene aanpak	13
4.2.2	Nu voorziene aanpak	13
4.3	Zuno	14
4.3.1	Oorspronkelijk voorziene aanpak	14
4.3.2	Nu voorziene aanpak	15
4.4	Kustgrof model	15
4.4.1	Nu voorziene aanpak	15
4.5	Kustfijn model	16
4.5.1	Nu voorziene aanpak	16
5	Resultaten calibratie en verificatie.....	17



Referenties

Tabellen

Figuren

Bijlagen



## Lijst van tabellen

- 2.1 Waterstandsmeetgegevens ten behoeve van Kalmanfiltering
- 2.2 Calibratiegegevens
- 2.3 Overige gegevens
  
- 3.1 Overzicht simulaties



## Lijst van figuren

- 2.1 Ligging modelroosters
- 2.2 Kalman stations DCSM
- 2.3 Kalman stations Zuno
- 2.4 Kalman stations Kustgrof
- 2.5 Overzicht rivierafvoeren Zuno
- 2.6 Overzicht rivierafvoeren Kustgrof/Kuststrook
- 2.7 Overzicht randvoorwaardensecties kustfijn
- 2.8 Ligging meetstations zout en watertemperatuur
- 2.9 Verloop watertemperatuur Lobith en middeling
- 2.10 Verloop watertemperatuur volgens Levitus 1994



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen en achtergrond

Alkyon Hydraulic Consultancy & Research maakt deel uit van een consortium dat wordt geleid door Wageningen IMARES. Dit consortium bestaande uit respectievelijk IMARES, CSO, NIOO, Alkyon, Bureau Waardenburg en inbo, doet onderzoek naar de natuurcompensatie in de Voordelta, die gerelateerd is aan de ontwikkeling van Maasvlakte 2.

Tengevolge van de aanleg van MV2 gaat in totaal ongeveer 2455 ha van habitattype 1110 verloren. Een direct gevolg is het verlies van bodemdieren ter plekke en dat moet gecompenseerd worden. In juni 2008 is het bodembeschermingsgebied Voordelta ingesteld. Experts hebben geschat dat het reduceren van de visserijinspanning en daarmee het reduceren van de bodemberoerende activiteiten in het gebied zouden leiden tot een kwaliteitsverbetering van ongeveer 10% in termen van bodemdierenbiomassa.

## 1.2 Doel

Het primaire doel van dit project is het volgen van de ontwikkeling van deze bodemdierenbiomassa in het beschermingsgebied. Wordt de beoogde 10% kwaliteitsverbetering van de bodemdierenbiomassa in dit gebied gehaald. Om te kunnen beoordelen of de waargenomen veranderingen door de instelling van dit bodembeschermingsgebied worden gehaald, worden de ontwikkelingen in dit gebied gevolgd.

Voor het volgen of monitoren, worden uitgebreide meetcampagnes uitgevoerd in dit jaar en de komende jaren. Die meetcampagnes betreffen de ontwikkelingen van de benthos, van de vissen, van de vogels en van het gebruik van dit gebied. Daarnaast wordt er ondersteunende informatie gegenereerd voor de omgevingscondities of de fysische omstandigheden in dit gebied. Deze informatie in de vorm van gegevens over de condities noemen we de abiotische gegevens of de abiotiek.

Dit onderdeel van het totale project betreft juist deze omgevingscondities of de abiotiek.

Het is de taak van Alkyon te zorgen voor het verloop van de getijden condities (horizontaal en vertikaal), de saliniteit, de turbiditeit (te interpreteren als doorzicht) en de watertemperatuur gedurende de gehele monitoringsperiode. Deze gegevens zullen worden gebruikt om relaties te leggen en mogelijke verklaringen te geven voor de geobserveerde veranderingen in bodemdieren (benthos), vissen, vogels en gebruik. In die zin is dit onderdeel van het totale project vooral ondersteunend.

## 1.3 Aanpak

Voor het genereren van de gewenste gegevens is een plan van aanpak geschreven. Daarvoor wordt verwezen naar H.J.L. Heessen et al (8 juli 2009, deel B), Hoofdstuk 4 Abiotiek.

In grote lijnen, wordt er een aanpak gevolgd met 2 dimensionale en 3 dimensionale numeriek stromingsmodellen, waarin de effecten van de meteorologie en de afvoeren van de rivieren zoveel als mogelijk op basis van actuele meetwaarden worden meegevoerd. Er wordt een sequentie van modellen gebruikt gaande van groot naar klein. De grote modellen genereren randvoorwaarden voor de kleinere modellen.





Er wordt voor een deel gebruik gemaakt van de standaard modellen uit de modellen-trein van Rijkswaterstaat. Daaraan worden ten behoeve van de fysica op enkele plaatsen proces aanpassingen uitgevoerd. Een overzicht van de modellen uit de modellen-trein is gegeven in figuur 1.1.

Hieronder wordt een kort overzicht gegeven van de gebruikte model schematisaties:

- CSM - model (Continental Shelf Model)
- ZUNO – model (Zuidelijk Noordzee model)
- Kuststrook grof – model
- Kustfijn model

Voor het CSM model worden drie verschillende simulaties uitgevoerd, voor ZUNO eveneens drie, voor Kustgrof één en voor Kustfijn ook één.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de fysica in elke simulatie per model wordt verwezen naar hoofdstuk 3

Alle simulaties worden uitgevoerd voor een periode lopende van 1 juni 2004 tot en met 31 mei 2013. Alle simulaties worden in hindcast mode uitgevoerd. De simulatie voor het laatste jaar wordt dus pas in het najaar van 2013 uitgevoerd.

Voor de modellen wordt gebruik gemaakt van het Simona pakket, dat eigendom is van Rijkswaterstaat. Binnen de modellen wordt gebruik gemaakt van Kalmanfilter technieken (een optimale mix van modellen en metingen) om zo nauwkeurig mogelijk de werkelijkheid te volgen. Voor alle modellen wordt gebruik gemaakt van een speciale Simona release versie c94153-sv-wind-heat, revisie 2983 (repository) uit 2009. Dat is een versie , waarin het volledige temperatuur model van De Goede is opgenomen, darin heeft ook een beperkte aanpassing van de SVWP (Space Varying Wind and Pressure fields) plaatsgevonden ten behoeve van toepassing in het temperatuur model. Dat is een versie die nog niet is opgenomen in de nieuwe Simona Major release, die eind december 2009 te verwachten is.

Het is van belang vast te stellen dat de Kalman Filter techniek specifiek ten behoeve van de waterstandsvoorspellingen wordt ingezet onder de aanname dat een zo nauwkeurig mogelijk waterstandsverloop, de beste kansen geeft op een betrouwbare berekening van transport van zout en temperatuur en stroomsnelheden.

Voorstel is dat de metingen voor de Maasgeul worden gebruikt voor een vergelijking met de modelresultaten. Wij gaan ervan uit dat Deltares zorg draagt voor het toegankelijk maken van deze gegevens.

Als gevolg van beperkingen in de beschikbaarheid van gegevens en rekenkracht, is de aanpak in deze eerste fase van het project licht gewijzigd. Dit rapport behandelt naast de beschikbaarheid van gegevens en de uitgevoerde testen, de wijzigingen in deze aanpak. In het vervolg van dit rapport, worden waar nodig delen uit de aanpak herhaald en de wijzigingen daarin besproken.

## 1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de beschikbare gegevens en de beperkingen daarin.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de uitgevoerde testen en de als gevolg daarvan uitgevoerde wijzigingen in de aanpak.

Deze wijzigingen worden in meer detail besproken in Hoofdstuk 4.



## 2 Overzicht beschikbare en gebruikte gegevens

### 2.1 Inleiding

Voor dit project zijn zeer veel meetgegevens gebruikt, zowel voor de aansturing van de modellen, als ten behoeve van de calibratie en verificatie. Het betreft de volgende grootheden:

- waterstanden,
- debieten,
- saliniteiten,
- watertemperaturen,
- meteorologische parameters en
- overige gegevens.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van welke metingen beschikbaar zijn voor de verschillende grootheden en de analyses en nabewerkingen die zijn uitgevoerd op de metingen.

Een totaal overzicht van de stand van zaken met betrekking tot het downloaden van alle benodigde gegevens is gegeven in tabellen 2.1 tot en met 2.3.

Aangezien de modellering steeds achteraf gebeurt (zogenaamde hindcast mode) kunnen de resultaten van de simulaties steeds worden vergeleken met metingen voor zover ze beschikbaar zijn.

Naast deze gegevens is gebruik gemaakt van gegevens van een aantal bestaande model schematisaties van Rijkswaterstaat. Het betreft de modellen CSM, ZUNO, Kustgrof en Kustfijn. Een overzicht van deze modellen wordt gegeven in figuur 2.1

Andere gegevens, worden toegeleverd vanuit de andere percelen uit de meetcampagnes, het betreft verticalen van saliniteit en temperatuur, doorzicht en sediment samenstelling van de bodem.

### 2.2 Referenties

Voor alle gegevens worden SI eenheden gebruikt.

#### Tijd referentie

Voor de tijd referentie van alle gegevens die in dit perceel worden gebruikt, wordt gebruikt gemaakt van MET (Middelenropese Tijd). Dat is gelijk aan UTC (of GMT) +1 uur. Er wordt geen rekening gehouden met daylight saving time shifts. Dus alle gegevens worden voor zover nodig vertaald naar MET.

#### Plaats referentie

Voor de plaatsreferentie in het referentiegebied wordt onderscheid gemaakt naar verticale en naar horizontale referenties.

Voor de verticale referentie in het interesse gebied (voordelta gebied) wordt gebruik gemaakt van NAP, terwijl de Britse gegevens zijn gegeven ten opzichte van Admiralty Chart Datum. In de toelichtende bestanden zijn de niveaoverschillen tussen CD en ODN gespecificeerd. ODN (Ordnance Datum Newlyn) is gedefinieerd als het gemiddelde zeeniveau in Newlyn voor de periode mei 1915 tot april 1921 (bron: website POL).



Voor de horizontale gegevens wordt in het Voordelta gebied gebruik gemaakt van het Rijksdriehoeks stelsel. Indien gebruik gemaakt wordt van Lat Lon stelsels, wordt gebruik gemaakt van WGS 84 als referentie.

#### Richtingen

Voor wind- en golfrichtingen geldt dat deze de richting geven waar de wind of de golf vandaan komt. Daarbij wordt uitgegaan van een cirkel van 360 graden, waarbij 0 graden overeenkomt met Noord en de richting toeneemt met de klok mee. 90 graden komt dus overeen met wind of golven uit het oosten.

Voor de stroomrichting geldt dat deze de richting geeft waar de stroom heengaat. Daarbij wordt uitgegaan van een cirkel van 360 graden, waarbij 0 graden overeenkomt met Noord en de richting toeneemt met de klok mee. 90 graden komt dus overeen met een stroming in oostelijke richting.

## 2.3 Waterstanden

In deze studie zijn waterstandsmetingen gebruikt zowel om de modellen aan te sturen (Kalman filter) als voor de calibratie van de modellen. Voor de Kalman filtering zijn voor elk model de gegevens nodig in een aantal vastgestelde stations. Voor de calibratie zijn stations gekozen in de Voordelta en in de omgeving van de Maasvlakte.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de stations waarvoor meetgegevens zijn verzameld, uit welke database gegevens zijn betrokken en waarvoor ze in deze studie zijn gebruikt. De ligging van de stations is weergegeven in figuren 2.2 tot en met 2.4.

#### Bronnen

De meetgegevens betreffende de waterstanden zijn van drie publiek toegankelijke databases gedownload:

- [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)
- [www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl)
- [www.bodc.ac.uk](http://www.bodc.ac.uk)

Meetgegevens voor de meeste Nederlandse stations zijn beschikbaar in Waterbase. Zowel voor de Kalman sturing als de calibratie zijn aanvullende meetgegevens in de Zeeuwse wateren nodig. Deze zijn afkomstig van het meetnet ZEGE (Zeeuwse getijdewateren) van het HMCZ. Beide bronnen leveren tijdseries met een interval van 10 minuten.

Waterstandsgegevens voor de Britse stations zijn verkrijgbaar bij het BODC, onderdeel van het Proudman Oceanographic Laboratory (POL) in Liverpool. Dit instituut beheert het UK National Tide Gauge Network. De gegevens zijn beschikbaar voor 45 stations na 1980 met een interval van een uur of een kwartier.

Voor de randvoorwaarden van CSM (het grootste model), wordt gebruik gemaakt van de standaardset van componenten die ook gebruikt wordt voor de aansturing van het operationele modellensysteem van Rijkswaterstaat.

#### Nabewerkingen

Voor de aansturing van de Kalman filters van DCSM en Zuno worden de resultaten van een astronomische som gecombineerd met de gemeten opzet. In het volgende hoofdstuk zal dit nader worden toegelicht. Voor de Nederlandse stations is de opzet berekend



door per jaar een getijanalyse uit te voeren voor 94 componenten en het residu te bepalen. Voor de Britse stations zijn zowel de metingen als de bepaalde opzet beschikbaar.

## 2.4 Debieten

In de modellen Zuno, Kustgrof en Kustzuid fijn (een uitsnede van Kuststrook ten zuiden van Den Helder) worden afvoeren van rivieren en spuien voorgeschreven. De afvoeren hebben invloed op de massabalans en dichtheidsgradiënten door hun lagere zoutgehalte en hogere watertemperatuur. Voor een realistische waterbeweging is het daarom noodzakelijk om goede gegevens te hebben, in het bijzonder voor de afvoeren in de nabijheid van de Maasvlakte. Voor de afvoeren op grotere afstand kan echter worden volstaan met meer algemene informatie als langjarig maandgemiddelde of zelf jaargemiddelde waarden. Voor deze studie zijn de afvoeren uit Zuno ook in CSM opgelegd.

Tabel 2.2 geeft een overzicht van de rivierafvoeren en de afvoeren door de verschillende doorlaatmiddelen zoals die in de verschillende modellen worden opgelegd. Voor elke locatie is ook aangegeven waar de gegevens vandaan komen, in welk model ze worden toegepast en hoe de tijdreeks is samengesteld. De ligging van de locaties is weergegeven in figuren 2.5 en 2.6.

### Bronnen

Voor de afvoergegevens is gebruik gemaakt van de volgende drie bronnen:

- [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)
- UNESCO database
- SOBEK

Via waterbase zijn tijdseries beschikbaar voor de 'Nederlandse' rivieren en spuidebieten. De gegevens zijn beschikbaar als een dagelijkse (daggemiddelde) waarde of 3 waarden per maand (10-daagse waarde in de tabel). Dit betreft tijdseries die van jaar tot jaar variëren. Voor de overige rivieren is gebruik gemaakt van de UNESCO database 'Global River Discharge Database' (RivDis v1.1) (<http://www.rivdis.sr.unh.edu/>). Voor de Firth of Forth en de Humber zijn bij gebrek aan gegevens de oorspronkelijke waarden uit het Zuno model voor het gehele jaar aangehouden.

De afvoeren van de Rijn, Lek en Maas worden in Kustgrof opgelegd als een debiet voor de Nieuwe Waterweg en voor het Haringvliet. In Kuststrook fijn kunnen vanwege de hogere mate van detail afvoeren worden opgelegd bij de stuwen Hagestijn, Tiel en Lith. Echter, om de rekeninspanning van het Kuststrook fijn model te beperken, zijn de riviertakken (zie figuur 2.7) geknipt ter hoogte van:

- Nieuwe Maas, kmr 996.55,
- Oude Maas, kmr 988.77,
- Spui, kmr 1001.57 en
- Haringvliet.

Voor de randvoorwaarden op deze nieuwe locaties is gebruik gemaakt van de resultaten uit jaarsimulaties met SOBEK, toegeleverd door Deltares. Ze zijn beschikbaar met een interval van 10 minuten en de debieten door de Haringvlietsluizen zijn per opening gegeven.



### Nabewerkingen

De UNESCO database bevat maandgemiddelde afvoeren over de volgende perioden:

- Thames: 1965 – 1984
- Seine: 1928 – 1979
- Eems: 1980 – 1984
- Weser: 1921 – 1984
- Elbe: 1969 – 1984

Langjarige maandgemiddelde afvoeren zijn bepaald door de maandgemiddelde afvoeren over de beschikbare jaren te middelen.

Vervolgens zijn de tijdseries omgezet naar de juiste invoer voor de modellen. Er is geen inspanning gestoken om de dagelijkse spuidebieten bij de verschillende spuilocaties om te zetten naar meer realistische tijdseries waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat alleen gespuid wordt tijdens laag water.

## 2.5 Saliniteiten

Metingen van saliniteit en watertemperatuur zijn in veel minder stations beschikbaar dan waterstanden. De saliniteiten zijn in dit project gebruikt voor de calibratie van de modellen.

### Bronnen

Saliniteitsmetingen voor het interesse gebied zijn beschikbaar via:

- [www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl)

Voor deze studie zijn de meetgegevens gebruikt in de stations (zie figuur 2.8):

- Brouwershavensche Gat 2
- Brouwershavensche Gat 8
- Haringvliet 10
- Oosterschelde 4
- Vlakte van de Raan

Voor zover aanwezig zijn metingen elke 10 minuten beschikbaar.

### Nabewerkingen

Aangezien deze gegevens bedoeld zijn om de modellen te calibreren, zijn ze omgezet naar voor plotdoeleinden geschikt formaat.

## 2.6 Watertemperaturen

Watertemperatuurgegevens zijn gebruikt als randvoorwaarde (CSM8 en ten behoeve van de afvoerdebieten) en voor de calibratie van de modellen.

### Bronnen

Watertemperatuurmetingen zijn beschikbaar via:

- [www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl)
- [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)
- Levitus 1994 database



Voor de calibratie zijn in de buitendelta dezelfde stations gekozen als die voor de saliniteit, zoals beschreven in de vorige paragraaf. Ook deze zijn beschikbaar elke 10 minuten, waarbij eveneens veel metingen ontbreken.

Om een indicatie van de temperatuur van de afvoerdebieten te hebben is gekeken naar de watertemperatuur bij Lobith. Deze zijn beschikbaar in waterbase als dagwaarden. Er zal nog gezocht worden naar punten die dicht bij de randen van het fijnste model liggen om een nog betrouwbaarder randvoorwaarde te krijgen. Dit zal onderdeel zijn van de calibratie op de water temperatuur.

De NODC (Levitus) World Ocean Atlas 1994 van de NOAA, beschikbaar via de website <http://www.cdc.noaa.gov/>, geeft langjarige maandgemiddelde saliniteits- en temperatuurgegevens op 33 niveaus in de verticaal. De temperatuurgegevens zijn gebruikt om in eerste instantie randvoorwaarden af te leiden voor CSM.

### Nabewerkingen

De temperatuur van de Rijn bij Lobith is genomen voor de periode 1990 – 2002 om een daggemiddelde en maandgemiddelde watertemperatuur te bepalen. Figuur 2.9 toont het verloop van de watertemperatuur voor de betreffende jaren. Ook zijn de langjarige daggemiddelde en maandgemiddelde waarden weergegeven.

Uit de Levitus database zijn voor de steunpunten van de randvoorwaarden van het CSM model de gemiddelde watertemperatuur over de bovenste 100 m bepaald. Figuur 2.10 toont voor 3 maanden het verloop langs de rand en voor 3 locaties het verloop in de tijd. Het verschil tussen de noord- en zuidrand ligt in de orde van 5 graden, terwijl op één locatie het verschil tussen voorjaar en najaar bijna 4 graden bedraagt.

## 2.7 Meteorologische grootheden

### Bronnen

De meteorologische grootheden zijn in de vorm van GRIB files door het KNMI toegeleverd. Dit zijn de resultaten van de HIRLAM forecast-simulaties die elke 6 uur worden gedraaid. Per simulaties zijn in principe de analyse (tijdstip  $t_0$ ) en forecasts ( $t_0+3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 42$  en 48 uur) beschikbaar. Voor de stromingsberekeningen zijn alle beschikbare velden achter elkaar geplakt, waarbij gebruik is gemaakt van de meest recente forecast, als volgt:

tijd forecast	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00
00 uur	$t_0$	$t_0 + 3u$							
06 uur			$t_0$	$t_0 + 3u$					
12 uur					$t_0$	$t_0 + 3u$			
18 uur							$t_0$	$t_0 + 3u$	
00 uur									$t_0$

In sommige bestanden ontbreken echter één of meerdere velden, voor één of meerdere parameters. In die gevallen is dan teruggevallen op de volgende velden uit de voorafgaande forecast-simulatie. Op basis van alle beschikbare velden is geconstateerd dat er geen gaten van langer dan 6 uur in de samengestelde tijdseries voorkomen (januari 2004 t/m mei 2009).



De files bevatten de volgende grootheden (degene met een \* zijn in deze studie gebruikt):

- Pressure at mean sea level \*
- Surface pressure
- 10m U-component of wind \*
- 10m V-component of wind \*
- 2-m temperature \*
- 2-m dewpoint temperature \*
- Geopotential height of surface
- Cloud cover \*
- Accumulated total precipitation
- Accumulated convective precipitation
- Surface roughness
- Surface Albedo
- Land fraction
- Snow depth
- Sea surface roughness
- Sea surface temperature
- Sea ice cover

Op basis van de 2 m temperatuur en de 2 m dauwpunt temperatuur is de relatieve vochtigheid berekend volgens de formule:

$$RH = 100 \frac{e^{17.62T_d/(243.12+T_d)}}{e^{17.62T/(243.12+T)}}$$

Met: RH = relatieve vochtigheid  
T<sub>d</sub> = dauwpunt temperatuur  
T = temperatuur

Mocht daar aanleiding toe bestaan dan kan ook gebruik worden gemaakt van de hogere orde correctie volgens Wikipedia ([http://en.wikipedia.org/wiki/Dew\\_point\\_temperature](http://en.wikipedia.org/wiki/Dew_point_temperature)). Een eerste evaluatie laat zien dat de verschillen beperkt blijven tot minder dan 0,15%-punt in de relatieve vochtigheid. Naar verwachting heeft dit geen effect.

### Nabewerkingen

Het omzetten van de (binaire) bestanden is gedaan met een Matlab script. De druk en de twee snelheidscomponenten zijn naar een rechthoekig rooster geïnterpoleerd (lengtegraad van 12.5 °WL tot 13.5 °OL, breedtegraad van 47.5 °NB tot 62.5 °NB, resolutie 0.2 graden in beide richtingen) en naar een voor Waqwind (programma om velden in te lezen) geschikt ascii format weggeschreven. Voor de temperatuur, bewolgingsgraad en relatieve vochtigheid is een middeling over een gebied toegepast om als ruimtelijk uniforme tijdserie op te leggen. De grootte van het gebied varieert van de omvang van Zuno tot lokaal rond de Maasvlakte. De keuze welke de beste resultaten geeft is onderdeel van de calibratie.



## 2.8 Aanvullende gegevens

### Sluitingen Oosterschelde kering

De schuifstanden van de Oosterschelde kering zijn op verzoek toegeleverd door het HMCZ (Jan-Rolf Hendriks). Hierbij zijn alleen de echte stormsluitingen meegenomen. Voor de gesimuleerde periode betreft het sluitingen op:

- Datum 1
- Datum 2

De sluitings- en openingstijdstippen per schuif zijn omgezet naar tijdreeksen voor de barriëresturingen voor het Randdelta3 model.

### Bodemgegevens

De bodemgegevens zijn deels afkomstig uit de bestaande modellen (CSM en ZUNO) en deels uit een recente update van het Kuststrook model, zoals toegeleverd door Deltares.

Voor de Maasvlakte 2 ontwikkelingen worden de bodem toegeleverd door de PMR organisatie.

De kwaliteit van de geleverde gegevens wordt gecontroleerd op oneffenheden en dergelijke. Indien nodig zullen de gegevens nog worden glad gestreken.

Voor de overgang tussen geneste modellen wordt een controle uitgevoerd. Dit probleem speelt naar verwachting alleen bij de Domeindecompositie simulatie waarbij kustfijn wordt gecombineerd met Kustgrof. Daar zal de overgang van de bodem van Kustgrof naar kustfijn worden gecontroleerd.

## 2.9 Nabewerking meetgegevens

Er is veel werk verricht om de gegevens vanuit de diverse bronnen in het voor de modelsimulaties gewenste formaat te krijgen.

**Nader aan te vullen**





## 3 Testsimulaties en wijzigingen in de aanpak

### 3.1 Inleiding

De uit te voeren modelsimulaties zijn aangeboden met een zekere mate van onzekerheid. In de eerste fase van dit project is veel aandacht besteed aan de mogelijkheden en onmogelijkheden van de voorgestelde aanpak. Daarbij zijn veel proefsimulaties uitgevoerd. In sommige gevallen bleek de voorgestelde aanpak niet praktisch, in andere gevallen bleek de aanpak niet mogelijk, door beperkingen in de software of rekentijd. In overleg met de opdrachtgever zijn vervolgens bepaalde praktisch haalbare keuzes gemaakt.

In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de verschillende aspecten die daarbij een rol hebben gespeeld. De keuzes zijn gemaakt in nauw overleg met de opdrachtgever.

### 3.2 Testsimulaties

#### 3.2.1 Algemeen

In de beginfase van dit project zijn een groot aantal testsimulaties uitgevoerd met het Simona pakket, voor de verschillende modellen.

Daarbij bleek al snel dat een aantal van de voorgestelde simulaties uit praktisch oogpunt niet mogelijk bleek. De beperkingen kunnen worden opgesplitst in beperkingen die gerelateerd zijn aan het te gebruiken temperatuur model, beperkingen die gerelateerd zijn aan te gebruiken Kalman filter en beperkingen die gerelateerd zijn aan de rekentijd. Hieronder wordt voor elk van deze onderwerpen een korte verhandeling gegeven.

#### 3.2.2 Temperatuur model

De eerste testsimulaties met het temperatuur model lieten zien dat de combinatie van het recent geïmplementeerde uitgebreide temperatuur model (volgens de Goede) met in tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden, binnen Simona niet naar behoren werkte.

Een combinatie van in ruimte en tijd variërende velden voor wind en druk met scalaire in de tijd variërende grootheden voor relatieve vochtigheid, bewolkingsgraad en luchttemperatuur bleek niet mogelijk. Ook bleek dat de benodigde parameters voor bewolkingsgraad, relatieve luchtvochtigheid en luchttemperatuur slechts als enkelvoudig getal en niet in de ruimte variërend konden worden opgelegd.

In overleg met de opdrachtgever is vervolgens door de beheerder van het model een crash actie uitgevoerd om de combinatie van scalaire grootheden met ruimtelijk variërende wind- en drukvelden wel mogelijk te maken. Het gebruik van ruimtelijk variërende luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en bewolkingsgraad is nog steeds niet mogelijk. Het verdient aanbeveling hier spoedig een aanpassing in door te voeren, anders zal het niet mogelijk zijn in grootschalige modellen op de juiste manier ook de temperatuur mee te nemen.

Voor het Voordeltagebied is het acceptabel een niet in de ruimte variërende waarde te gebruiken. Voor CSM is dit een beperkende factor die de nauwkeurigheid van de resultaten nadelig beïnvloedt.

Er zijn wel simulaties uitgevoerd met het volledige temperatuur model van de Goede, met deze beperking voor het CSM model. Daarbij bleek dat er bij lage windsnelheden



(en nog sterker in de astronomische simulaties) te veel opwarming plaatsvindt. In hoeverre dat realistisch is moet nader worden uitgezocht, maar is geen onderwerp van dit project.

De simulaties met het CSM model met het volledige temperatuur model volgens de Goede met in tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden en slechts in de tijd variërende relatieve vochtigheid en bewolgingsgraad en luchttemperatuur, leverde een redelijke benadering op voor het verloop van de temperatuur voor de kust.

Voor wat betreft de waterstanden trad er wel een verrassende verandering op. Er bleek een verhoogde SA component (frequentie 0,0410686 per uur, of 360 graden in een jaar) te worden gevonden voor de stations langs de kust. Zie hieronder voor een mogelijke verklaring:

Bevinding:

Indien de temperatuur netjes in CSM wordt meegenomen, blijkt dat zoals verwacht de watertemperatuur tussen zomer en winter tot orde 10 graden Celsius verschilt. Dit verschil in watertemperatuur uit zich in een hogere waterstand (tot orde 4 - 6 cm) langs de Nederlandse kust (zomer ten opzichte van winter). In het huidige CSM model dat in de Nautboom draait, lijkt deze tekortkoming te zijn opgevangen door het kunstmatig opdrukken van een verhoging van de seizoenscomponent SA. Dat is uiteraard een zeer globale sinus-vormige representatie van dit effect. Indien we CSM met de temperatuurmodule zouden willen gebruiken, betekent dit een aanpassing van de componenten op de rand van het CSM model, om te voorkomen dat het temperatuureffect dubbel wordt meegenomen.

Verwachting:

De verwachting mag worden uitgesproken dat de waterstandsresultaten van deze grootschalige modellen marginaal beter zullen worden door het meenemen van de temperatuur met het de Goede model. Marginaal omdat een deel reeds gecompenseerd wordt door de hoge SA en een ander deel reeds via de Kalmanfiltering wordt gecorrigeerd.

Op basis van de uitgevoerde simulaties en rekening houdend met:

- de capaciteiten van de grootschalige modellen CSM en ZUNO met betrekking tot het nauwkeurig simuleren van temperatuur in de Noordzee (gemakkelijk 1 tot 2 graden afwijking tussen simulatie en meting);
- de relatief geringe stratificatie in deze grootschalige modellen;
- de beschikbaarheid van temperatuurmetingen op zee,

is in overleg met de opdrachtgever besloten, de temperatuur alleen in het fijnste model mee te nemen, door de temperatuur uit metingen op zee als randvoorwaarde voor het fijnste model mee te nemen. Dat leidt waarschijnlijk tot een beter resultaat dan dit op gebrekkige wijze met CSM en ZUNO te doen, zeker gezien het volgende subhoofdstuk.

### 3.2.3 Kalman filters

De Kalman filters voor de verschillende modellen (CSM, ZUNO en Kuststrook-grof) blijken tot in detail te zijn gegenereerd voor de bestaande Nautboom modellen. Het blijkt niet mogelijk te zijn de huidige Kalman filters voor CSM, ZUNO en Kuststrook toe te passen voor een andere fysica dan waarvoor de Kalmanfilters gegenereerd zijn. Voor CSM is dit 2D zonder zout en temperatuur, voor Zuno is dit eveneens 2D zonder zout en temperatuur en voor Kustgrof is dit ook 2D zonder zout en zonder temperatuur. Dat beperkt het toepassen van de Kalman filtering techniek voor CSM, Zuno en Kuststrook-grof.



De Kalmanfilter technieken zijn redelijk essentieel voor het bereiken van een basisnauwkeurigheid van de toe te passen modellen. Dit betekent tevens dat er in afwijking van onze veronderstelling bij het begin van dit project iets gedaan moet worden om toch de essentiële fysica mee te nemen in het meest gedetailleerde model. Daarvoor is wel een redelijke oplossing gevonden, zie verderop in dit hoofdstuk.

### 3.2.4 Rekentijden

Bij het maken van testsimulaties voor het fijnste model, met voldoende lagen in de vertikaal, voldoende resolutie en tevens met temperatuur en zout, forcering door wind en drukvelden en tevens het Sweers model en alle randvoorwaarden, bleek dat het meest gedetailleerde model (voorzien was Randdelta 3 resolutie in het interesse gebied) zeer veel rekentijd nodig heeft. Ondanks de inzet van snelle reken pc's, bleek de rekentijd op te lopen tot 8 op 1 (1 dag doorrekenen kost 3 uur rekentijd, ofwel 1 jaar doorrekenen vergt anderhalve maand rekentijd).

In overleg met de opdrachtgever is daarom besloten uiteindelijk te gaan voor de resolutie van het Kuststrook fijn model. In de praktijk zal de ruimtelijke variatie van zout en temperatuur over het gebied niet zeer abrupt veranderen, behalve lokaal ter plaatse van de zoet water pluim.

Daarbij is tevens vastgesteld dat het verstandiger is time histories in jeder punt van het interessegebied met een tijdsinterval van 10 minuten weg te schrijven dan elk uur een map veld. Dat voorkomt het wegschrijven van grote hoeveelheden map velden, waarbij ook veel informatie buiten het interesse gebied wordt weggeschreven. Ook de postprocessing en de vergelijking met metingen kan veel efficiënter gebeuren in tijdseries dan in veld informatie. Wel zal ter informatie een aantal map velden rond een springtij en rond een doortij, voor verschillende omstandigheden worden weggeschreven om een betere indruk te krijgen van de ruimtelijke verdeling van de temperatuur en het zout. Overigens kunnen op basis van de beschikbare tijdseries voor elk tijdstip weer eenvoudig complete velden worden gegenereerd voor het interessegebied, omdat de x- en y-coördinaten van elk tijdserie punt bekend zijn.

## 3.3 Wijzigingen in de aanpak

Het voorgaande heeft geleid tot een andere aanpak dan oorspronkelijk voorzien. In de oorspronkelijke aanpak werd een serie van 5 geneste modellen voorgesteld, startend met het CSM model en eindigend met het Randdelta-3 model. In de gewijzigde aanpak is dat terug gebracht tot 4 modellen, namelijk het CSM model, het Zuno model, en twee versies van het Kuststrook model (een grof model en een fijn model). Om wel de juiste randvoorwaarden voor saliniteit te krijgen langs de zeerand van het model zijn wel extra runs benodigd. De temperatuur randvoorwaarde voor het fijnste model wordt uit metingen gehaald. Dat alles heeft geleid tot en serie van 8 modelruns voor een volledig jaar per simulatieperiode van 1 jaar. Voor de grotere modellen draait dit zeer snel, voor het kleinste model praten we nog steeds over een significante rekeninspanning van ongeveer 2 weken voor de simulatie van een periode van 1 jaar.

In het vervolg wordt voor elk van de modelruns beschreven hoe ze worden uitgevoerd.



## 4 Overzicht modelruns

### 4.1 Inleiding

Binnen dit project wordt gebruik gemaakt van de modellentrein van Rijkswaterstaat. De volgende modellen worden gebruikt:

- CSM8
- Zuno
- Kustgrof
- Kuststrook fijn

In dit hoofdstuk zal per model een beschrijving worden gegeven van de opzet en de gebruikte instellingen voor zover ze afwijken van de standaard instellingen. In paragraaf 4.3 wordt de opzet van een jaarsimulatie beschreven. Stapsgewijs wordt het gehele proces doorlopen.

De simulaties zijn uitgevoerd gebruik makend van SIMONA versie 2009 met change c94153 (ruimtelijk variërende wind in heat module).

### 4.2 CSM8

#### 4.2.1 Oorspronkelijk voorziene aanpak

Ten opzichte van de gebieds - schematisaties volgens de B&O - modellen zijn de volgende aanpassingen uitgevoerd:

- toevoeging processen saliniteit en watertemperatuur en bijbehorende randvoorwaarden
- model voor zonne-instraling
- toevoeging rivierdebieten voor zover ze ook in Zuno worden opgelegd, inclusief Seine

Watertemperatuur randvoorwaarden zijn genomen uit de Levitus 1994 database. Voor de saliniteitsrandvoorwaarden zijn vaste waarden van 35 PSU aangehouden, aangezien de gegevens uit de Levitus database geen aanleiding gaven een variatie op te leggen. Opgemerkt dient te worden dat hiermee tevens het meenemen van saliniteit als een proces niet erg relevant is, aangezien alle randvoorwaarden een uniforme waarden hebben en ook geen bronnen van zoet water worden opgelegd.

Voor de zonne-instraling is het warmtebalans - model van de Goede genomen.

#### 4.2.2 Nu voorziene aanpak

Na een aantal experimentele simulaties is geconstateerd dat het gebruik van temperatuur in het CSM8 model in zijn huidige opzet geen meerwaarde biedt. Daarom is besloten voor het CSM8 model steeds per jaar de volgende drie modelsimulaties uit te voeren:

1. 2D - simulatie zonder wind en drukvelden en zonder zout (constant niveau voor het zout) en temperatuur (constant niveau voor de temperatuur). De zogenaamde astro-simulatie, waarbij het model gedreven wordt door de standaard componentenset voor CSM8. De bedoeling van deze simulatie is randvoorwaarden te genereren voor de Zuno astro simulatie (simulatie 4 onder 4.3.2).



2. 2D - simulatie met in de tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden, met Kalman filtering, zonder zout (constant niveau voor het zout) of temperatuur (constant niveau voor de temperatuur). Er vindt een drukcorrectie op de rand plaats. De gebruikte wind- en drukvelden zijn steeds de laatste tijdstippen uit de hindcast van het KNMI. Het Kalman filter is het standaard wind Kalman filter dat ook in de Nautboom gebruikt wordt. Het Kalman filter werkt op de opzet in de Kalman stations en niet op het originele tijdsignaal, dit om effecten van intrinsieke modelafwijkingen niet te laten doorwerken. Anders zou het signaal wel naar de metingen worden getrokken, maar door modelfouten zou geen optimalisatie van de opzet worden bereikt. Doel van deze simulatie is het maken van een zo nauwkeurig mogelijke benadering voor het berekenen van de randvoorwaarden voor Zuno. Deze simulatie levert de tijdsafhankelijke randvoorwaarden voor simulatie 5 onder 4.3.2.
3. 2D - simulatie met in de tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden en zout zonder Kalman filter, zonder temperatuur (constant niveau voor de temperatuur). Tevens de grootschalige zoutrandvoorwaarde en de afvoer van de grootste rivieren. Doel van deze simulatie is tijdsafhankelijke zout randvoorwaarden af te leiden voor het Zuno model (simulatie 6 onder 4.3.2.).

Er wordt voldoende lang ingespeeld om de noodzakelijke processen netjes mee te nemen. Alle simulaties worden per kwartaal uitgevoerd. De reden voor het uitvoeren van 3 simulaties is dat het Kalman filter gericht is op het optimaliseren van de opzet voor het laatste model (Kustgrof).

De werking verloopt als volgt: Eerst worden de metingen voor de Kalman stations van CSM bewerkt. Voor de metingen voor een bepaald jaar wordt een getij analyse gemaakt en vervolgens weer een predictie. Vervolgens wordt deze hindcast van het oorspronkelijke signaal afgetrokken. Vervolgens is deze opzet invoer voor de Kalman filter simulatie. Voor de Britse stations wordt standaard de opzet ter beschikking gesteld.

## 4.3 Zuno

### 4.3.1 Oorspronkelijk voorziene aanpak

Bij het Zuno model zijn de volgende aanpassingen gemaakt:

- toevoeging processen saliniteit en watertemperatuur en bijbehorende randvoorwaarden
- model voor zonne-instraling
- toevoeging rivierafvoer Seine

Ook met dit model zijn enkele testsimulaties uitgevoerd met saliniteit en temperatuur, waarbij voor beide grootheden randvoorwaarden uit CSM zijn gehaald.

Voor de zonne-instraling is hetzelfde model als voor CSM gekozen.

Rivierafvoer gegevens van de Seine waren beschikbaar en aangezien de afvoer significant is, zelfde orde van grote als de Weser, is besloten deze ook mee te nemen in de berekeningen.

Voor de watertemperaturen van de rivierafvoeren en spuidebieten is de volgende aanpak gekozen:



- voor de debieten waar alleen langjarige maandgemiddelde of jaargemiddelde waarden beschikbaar zijn, is de langjarige maandgemiddelde temperatuur van Lo-bith genomen,
- voor de overige debieten waar 10 minuten waarden, dagwaarden of 10-daagse waarden beschikbaar zijn, is ook de dagwaarde van de temperatuur opgelegd.

De 10 minuten tijdseries voor het Haringvliet zijn gesommeerd over alle schuifopeningen om tot een totale afvoer te komen. Er is geen middeling toegepast om te komen tot dagwaarden.

### 4.3.2 Nu voorziene aanpak

Uiteindelijk is besloten de temperatuur niet mee te nemen en zijn de simulaties met temperatuur vervallen. Echter is het zout als randvoorwaarde weer wel meegenomen. Dit alles samen leidt tot de volgende sequentie van modelsimulaties die voor elk jaar moeten worden uitgevoerd:

4. 2D - simulatie zonder zout (constant niveau voor het zout) en temperatuur (constant niveau voor de temperatuur) en zonder wind- en drukvelden, randvoorwaarden in de vorm van tijdreeksen uit de astro simulatie van CSM (simulatie 1 van hoofdstuk 4.2.2). Deze simulatie levert actuele tijdsafhankelijke invoer langs de rand van Kustgrof, alleen voor het getij van elke dag.
5. 2D - simulatie zonder zout (constant niveau voor het zout) en temperatuur (constant niveau voor de temperatuur) met in de tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden, met Kalman filtering. De gebruikte wind- en drukvelden zijn steeds de laatste tijdstippen uit de hindcast van het KNMI. Het Kalman filter is het standaard randvoorwaarden Kalman filter dat ook in de Nautboom gebruikt wordt voor Zuno. De tijdsafhankelijke randvoorwaarden komen uit het CSM model. (simulatie 2 van hoofdstuk 4.2.2). Deze simulatie levert actuele tijdsafhankelijke invoer langs de rand van Kustgrof, zo nauwkeurig mogelijk aansluitend bij de werkelijk optredende waarde voor die dag.
6. 2D - simulatie met in de tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden en zout uit het CSM model en zonder temperatuur (constant niveau voor de temperatuur), en zonder Kalman filter. Tevens worden de zoutrandvoorwaarden en de afvoeren van de rivieren meegenomen. Doel van deze simulatie is tijdsafhankelijke zout randvoorwaarden af te leiden voor het Kustfijn model.

Het verschil tussen de resultaten van simulatie 5 en simulatie 4 geeft de opzet langs de rand van het Kustgrof model. Alle simulaties worden per kwartaal uitgevoerd.

## 4.4 Kustgrof model

### 4.4.1 Nu voorziene aanpak

Voor het Kustgrof model wordt uiteindelijk per jaar slechts één simulatie uitgevoerd. Het betreft:

7. 2D - kustgrof simulatie met in de tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden, met Kalman filtering, maar zonder zout (constant niveau voor het zout) en temperatuur (constant niveau voor de temperatuur). De gebruikte wind- en drukvelden zijn steeds de laatste tijdstippen uit de hindcast van het KNMI. Het Kalman filter is het standaard randvoorwaarden Kalman filter dat ook in de Nautboom gebruikt wordt voor Kustgrof. De tijdsafhankelijke randvoorwaarden komen uit een combinatie van een gekalibreerde astro randvoorwaarde (afkomstig van een op getij – constanten afgeregeld Kustgrof model) voor het Kustgrof model in



combinatie met in de tijd en langs de rand variërende opzet randvoorwaarden uit het verschil tussen simulatie 5 en simulatie 4 voor het Zuno model (zie Hoofdstuk 4.3.2). Met dit model worden waterstands-randvoorwaarden gegenereerd voor simulatie nummer 8 met het Kustfijnmodel. De afvoeren van de rivieren en de sluizen in hoge resolutie in tijd en ruimte vormen invoer voor dit model. Deze simulatie wordt gedraaid in 2 dimensies.

Voor de sturing van het Kalman filter wordt in dit geval dus gebruik gemaakt van de werkelijk gemeten tijd signalen in de Kalman stations en niet op de opzet. Deze simulaties worden per kwartaal uitgevoerd.

## 4.5 Kustfijn model

### 4.5.1 Nu voorziene aanpak

Voor het Kustfijn model wordt eveneens per jaar slechts één simulatie uitgevoerd. Het betreft:

8. 3D- simulatie met het Kustfijn model wordt gedraaid met in de tijd en ruimte variërende wind- en drukvelden en scalaire maar wel in de tijd variërende randvoorwaarden voor relatieve luchtvochtigheid, bewolgingsgraad en luchttemperatuur. Er wordt geen Kalman filter gebruikt. De tijdsafhankelijke zouttrandvoorwaarden komen uit de Zuno simulatie met zout (simulatie nummer 5 uit hoofdstuk 4.3.2). De waterstands randvoorwaarden komen uit het Kustgrob model. De temperatuur randvoorwaarden komen uit metingen op zee (stations Aukfield of K13A Platform, nader te bepalen tijdens de calibratie). Voor de rivierafvoeren en de Haringvlietmond worden de randvoorwaarden verkregen uit SOBEK simulaties. De temperatuur randvoorwaarde op de rivieren wordt afgeleid uit metingen. Deze simulatie wordt uitgevoerd in 3 dimensies. met 10 non-equidistante lagen in de vertikaal.

Voor deze laatste simulatie worden in het gehele interesse gebied resultaten uitgevoerd in de vorm van tijdseries van saliniteit en temperatuur aan het oppervlak, nabij de bodem en dieptegemiddeld.

Er worden vergelijkingen gemaakt met beschikbare metingen.

Voor de velden wordt slechts een paar beperkte perioden weggeschreven met een interval van 30 minuten, dan wel een uur.

Deze velden zijn op elk willekeurig tijdstip met een interval van 10 minuten op basis van de beschikbare tijdseries in elk punt van het interessegebied te genereren.



## 5 Resultaten calibratie en verificatie

De validatie van de modellen, bestaande uit de calibratie en de verificatie, zal plaatsvinden langs de gebruikelijke procedurele lijnen.

De calibratie van de meeste van deze modellen is uitvoerig door Rijkswaterstaat uitgevoerd bij het opzetten van de Nautboom. Voor een aantal van deze modellen is de calibratie onder andere behandeld in Alkyon, 2001.

Juist om deze reden zal er voor deze modellen slechts een verificatie plaatsvinden.

Bij deze verificatie worden er vergelijkingen gemaakt tussen metingen en berekeningen over langere perioden. Dat geldt voor de beschikbare metingen met betrekking tot waterstanden, zout, temperatuur en snelheden, maar enkel voor zover metingen beschikbaar zijn.

De resultaten van deze vergelijking zullen worden uitgedrukt in daarvoor gebruikelijke statistische parameters.

Een nadere uitwerking hiervan zal plaatsvinden zodra de uitgevoerde metingen in alle detail beschikbaar zijn.





## Referenties

Alkyon 2001, G. Hartsuiker, Herstel 1 : 3 koppeling binnen modellentrein, Fase 2 modelbouw en afregeling, A705, Oktober 2001

j-m = januari t/m mei  
j-d = juni t/m december

**(tijdreeksen voor Kalman-filtering)**

**waterstanden**      **code**      **x**      **y**

2004		2005		2006		2007		2008		2009	
j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d

**DCSM**

Wick	wic	-3.0864	58.4410
North Shields	nsh	-1.4398	55.0074
Lowestoft	low	1.7503	52.4731
Sheerness	she	0.7434	51.4456
Dover	dov	1.3225	51.1144
Vlissingen	vls	30480	385220
Hoek van Holland	hvh	67930	444000
Den Helder	dnh	111850	553230

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

**ZuNo**

Leith	lei	-3.1817	55.9898
Dover	dov	1.3225	51.1144
Portsmouth	ptm	1.1113	50.8022
BG-02	bg2	33140	421239
Euro Platform	eur	3.2764	51.9986
K13A Platform	k13	3.2203	53.2178
Texel Noordzee	txn	111215	570625
Huibertgat	hui	221990	621330

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

**Kuststrook**

Cadzand	cad	7415	378610
Westkapelle	wsk	19870	394300
BG-08	bg8	46197	419184
Scheveningen	sch	78010	457350
IJmuiden-buiten	ijm	98430	497500
Petten-zuid	pet	105230	531960
Wierumergronden	wie	192882	614562
Huibertgat	hui	221990	621330

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

**X** = gedownload en beschikbaar

Tabel 2.1: Waterstandsmetgegevens voor Kalman filtering

j-m = januari t/m mei  
j-d = juni t/m december

(gegevens voor calibratie)

code x y

**waterstanden, incl series voor Kalman**

Vlakte vd Raan vvr  
Vlissingen vli  
Terneuzen ter  
OS-11 os11  
Roomput-buiten ro-bu  
HA-10 ha10  
Hellevoetsluis hel  
Maassluis  
Vlaardingen

**saliniteit/temperatuur boven**

Vlakte vd Raan vvr  
OS-4 os4  
BG-2 bg2  
BG-8 bg8  
HA-10 h10

**saliniteit/temperatuur onder**

Vlakte vd Raan vvr  
OS-4 os4  
BG-2 bg2  
BG-8 bg8  
HA-10 h10

**saliniteit**

andere percelen vertikalen

**temperatuur**

Hoek van Holland hvh  
Eierlandse Gat  
Euro platform  
K13A platform  
Lichteiland Goeree lgo  
Noordwijk meetpost  
Eemshaven  
Schiermknog N  
Vlissingen  
andere percelen vertikalen  
Rijn Lobith  
zeewater-KNMI

2004		2005		2006		2007		2008		2009	
j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

X	X	X	X	X	X						
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X							
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

X = gedownload en beschikbaar

Tabel 2.2: Calibratie gegevens

j-m = januari t/m mei  
j-d = juni t/m december

code	x	y	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
			j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d	j-m	j-d
<b>(meteorologische gegevens voor forcering flow en temperatuur module)</b>														
Hirlam wind+druk		ruimtelijk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
luchtvochtigheid		ruimtelijk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
luchttemperatuur		ruimtelijk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
bewolgingsgraad		ruimtelijk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**(gegevens rivieren, spuien: debiet en temperatuur; voor forcering model) - aanname saliniteit = 0 psu**

Schelde	SOD	Q-dag	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
IJmuiden	IJM	Q-dag	X	X	X	X	X							
Den Oever	DNO	Q-dag	X	X	X	X	X	X						
Kornwerderzand	KOR	Q-dag	X	X	X	X	X	X						
Thames		Q-maand	UNESCO database											
Seine		Q-maand												
Eems		Q-maand												
Weser		Q-maand												
Elbe		Q-maand												
Firth of Forth		Q-jaar	WAQUA invoer											
Humber		Q-jaar												

Open Earth database:

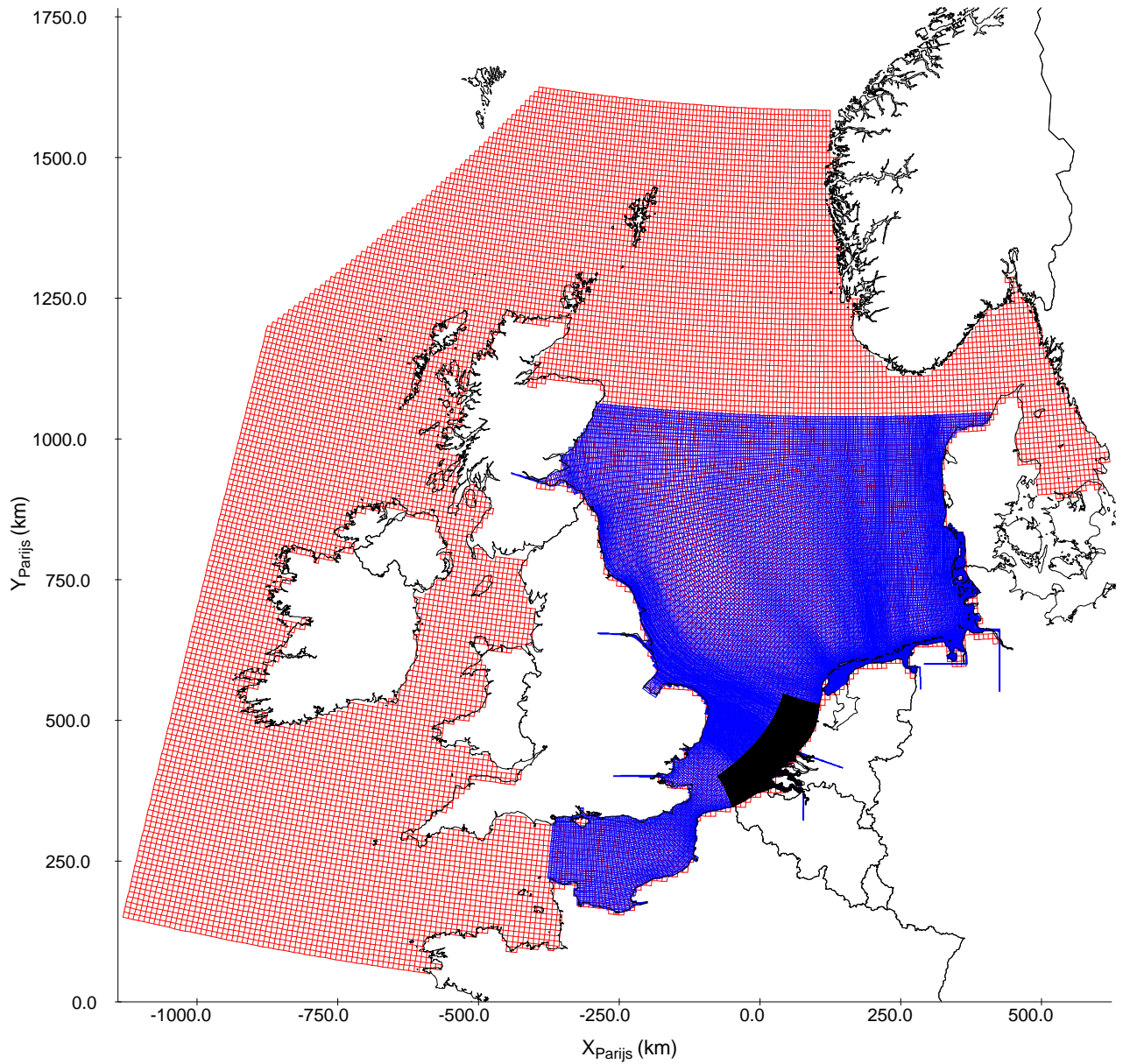
Thames			X	X	X	X	X	X	X	X				
Seine			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Eems			X	X	X	X	X							
Weser			X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Elbe			X	X	X	X	X	X	X					
Firth of Forth			X	X										
Humber			X	X	X	X	X	X	X	X				

**(gegevens spuiccomplexen, voor interne forcering model)**

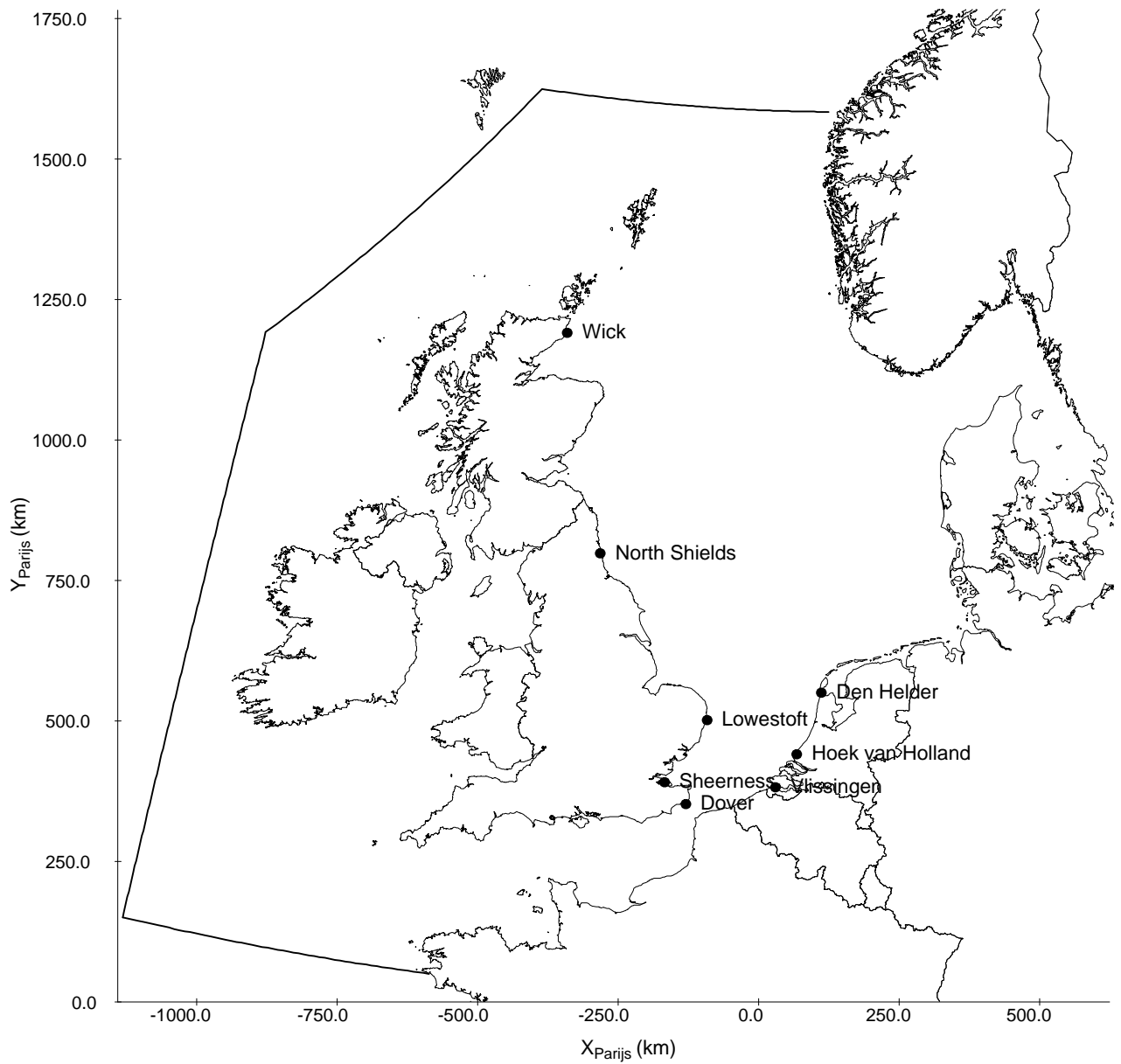
Sobek debieten	Haringvliet		X	X	X	X	X							
Sobek debieten	Spui		X	X	X	X	X	X						
Sobek debieten	Oude Maas		X	X	X	X	X	X						
Sobek debieten	Nieuwe Maas		X	X	X	X	X	X						
OS-kering (openen/sluiten)														
Maeslantkering														

X = gedownload en beschikbaar

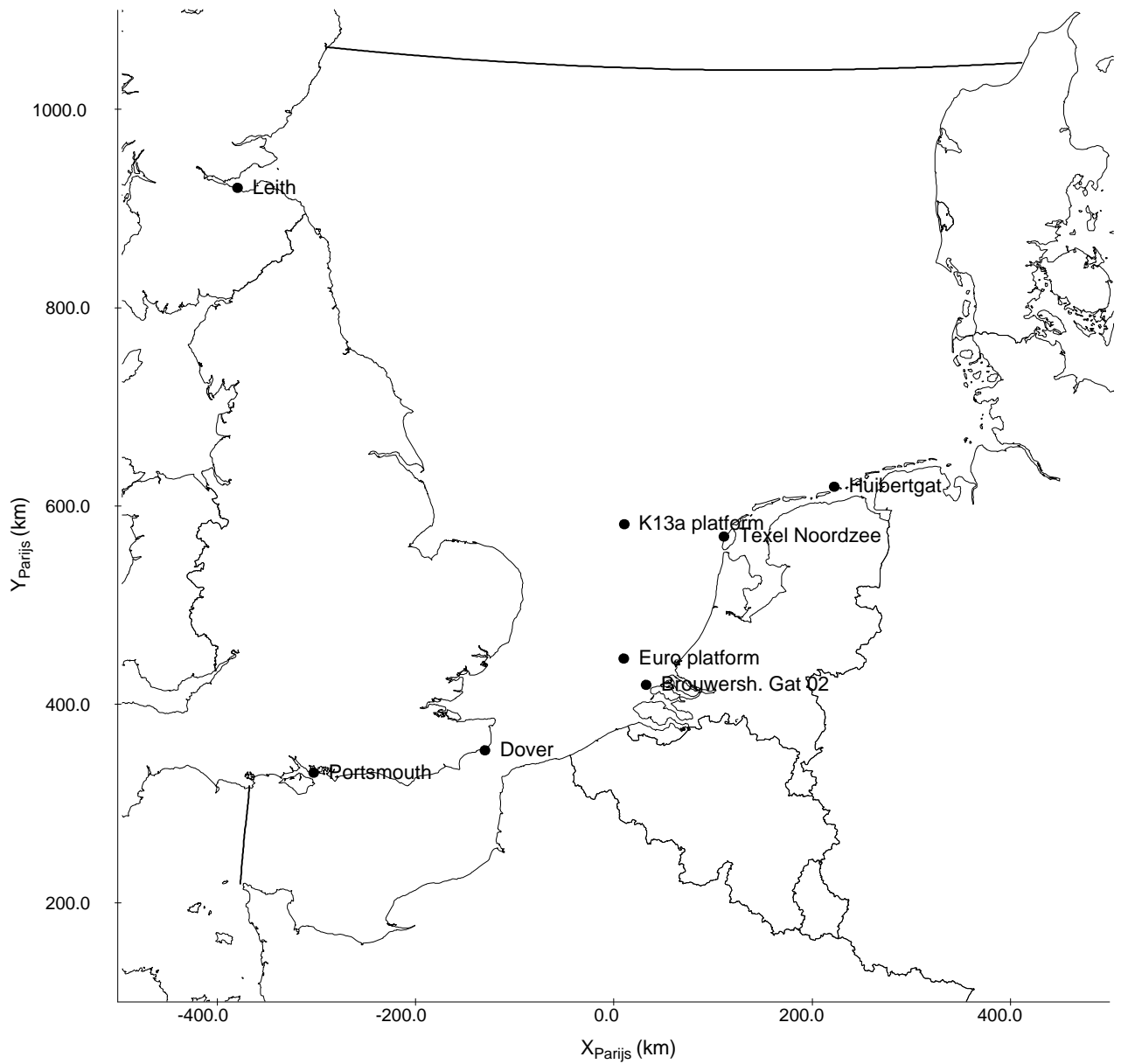
Tabel 2.3: Overige gegevens



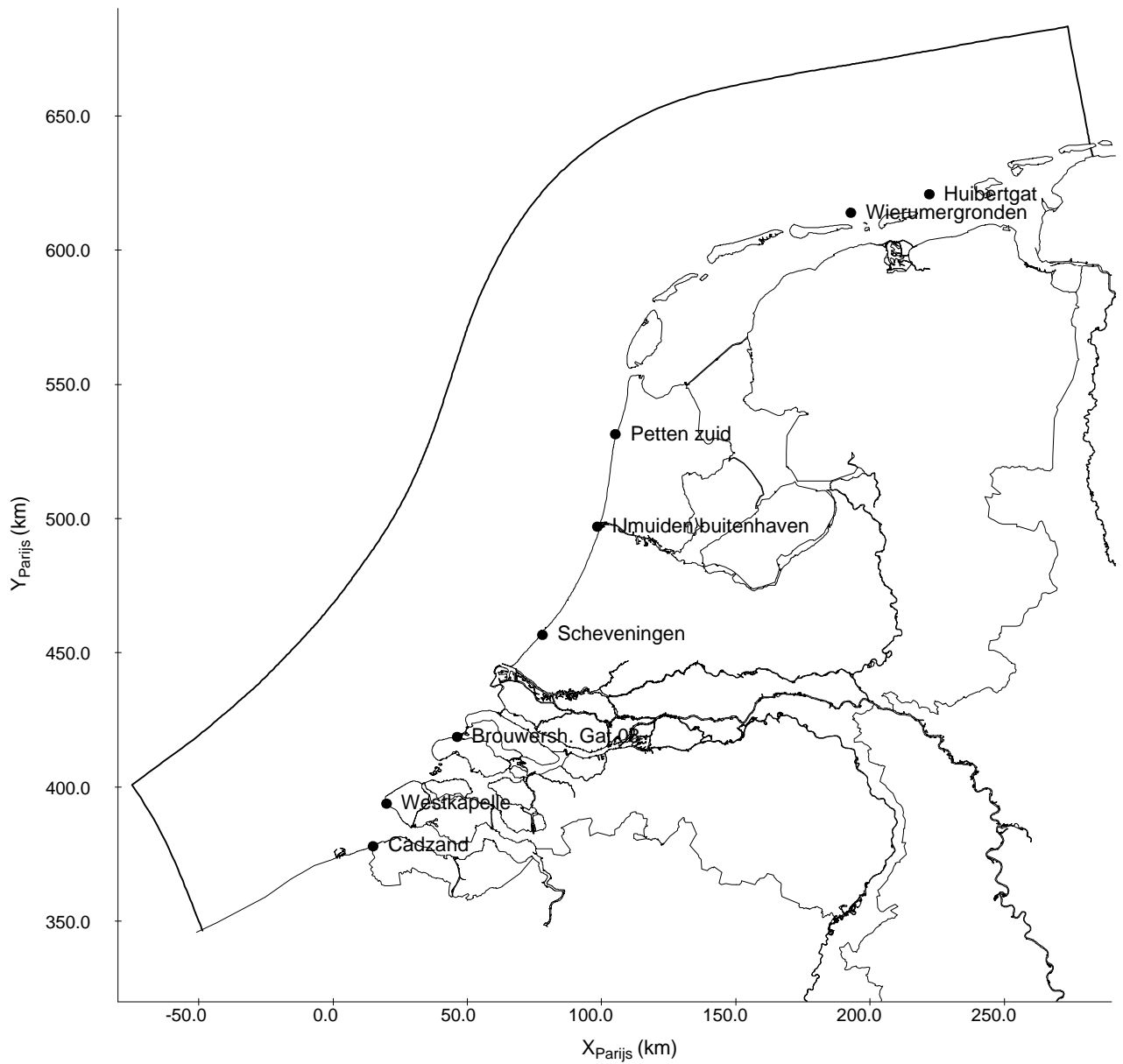
Overzicht van de rekerroosters



Ligging Kalman-stations DCSM

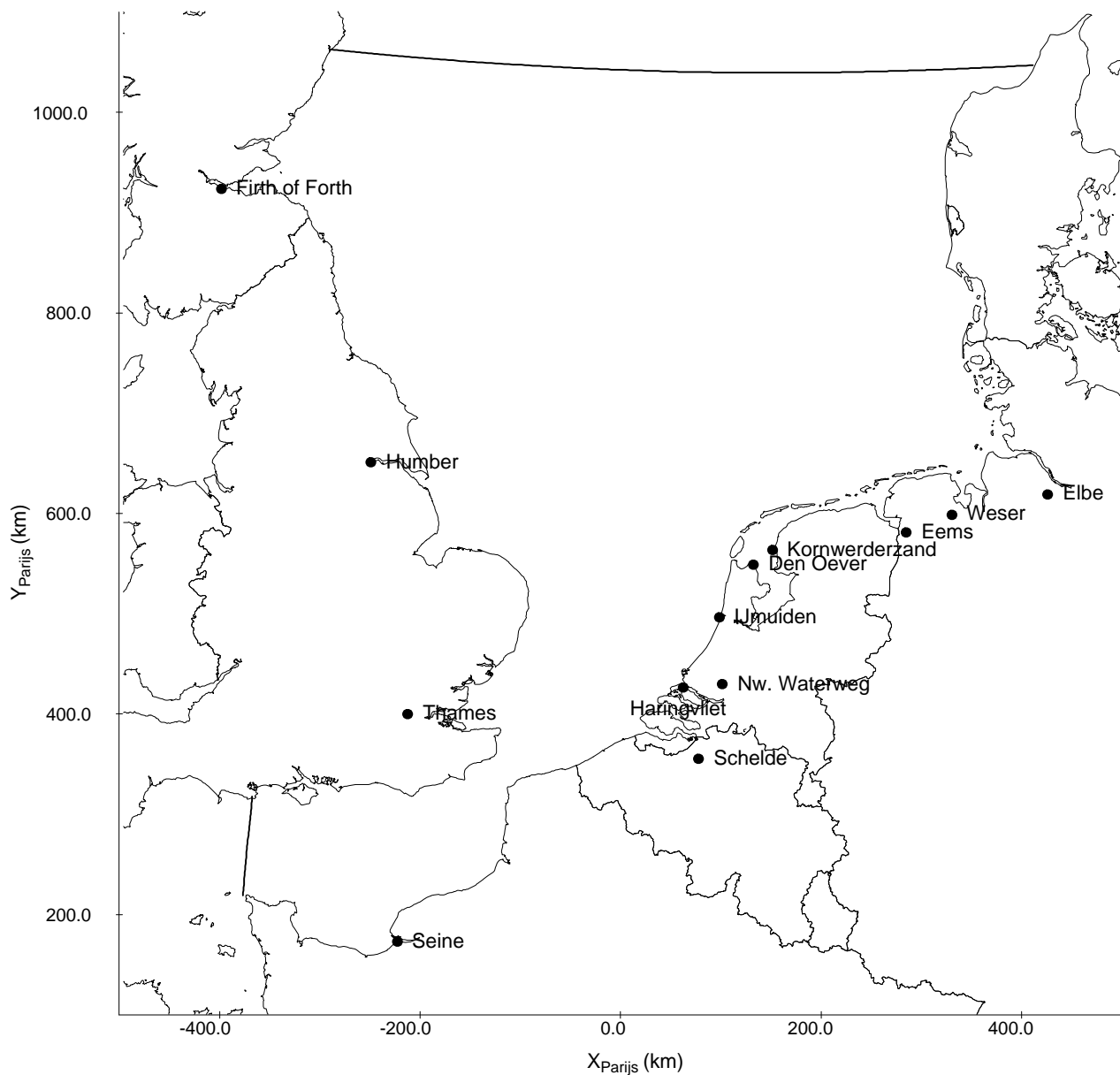


Ligging Kalman-stations Zuno

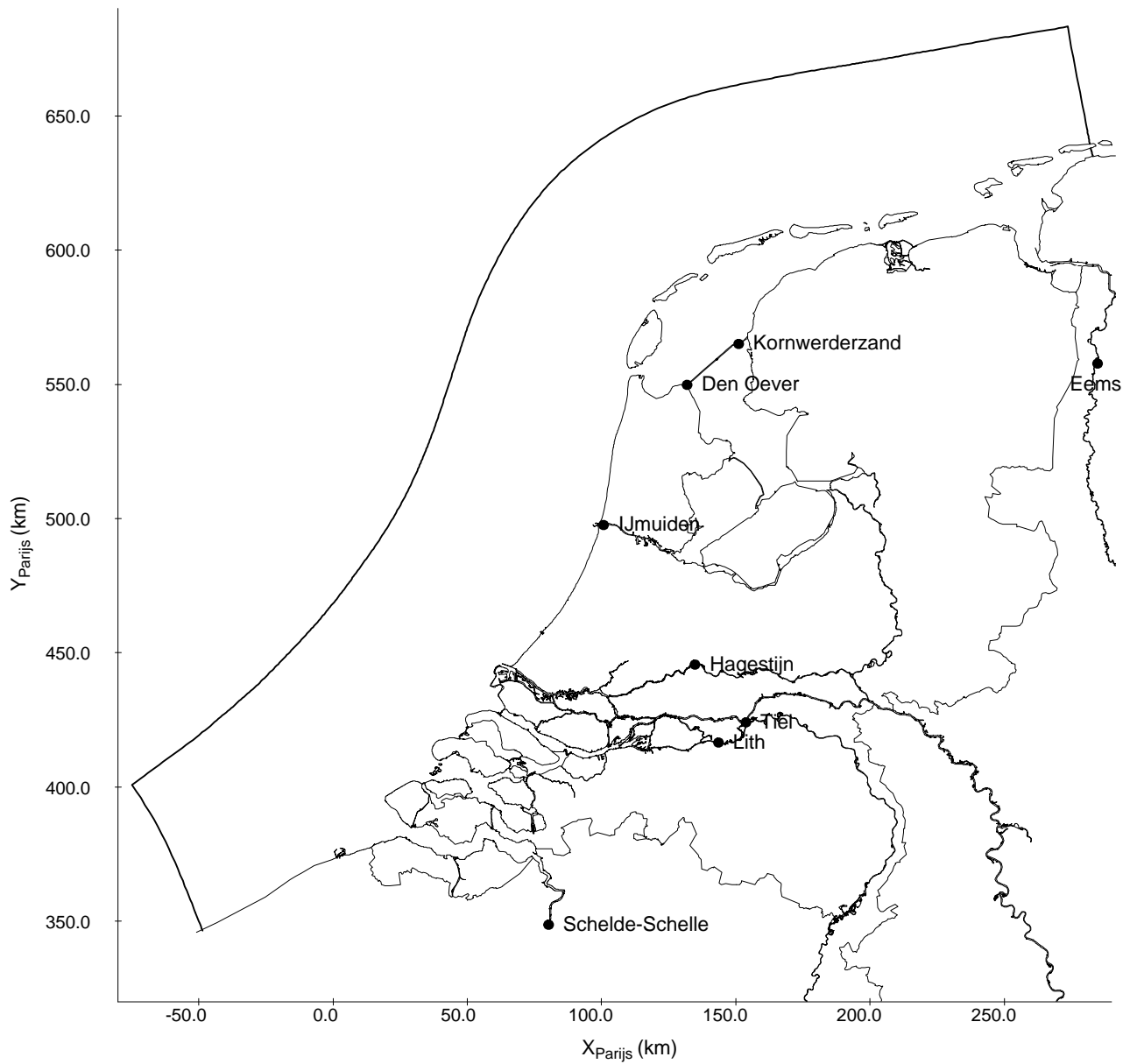


Ligging Kalman-stations Kustgrof

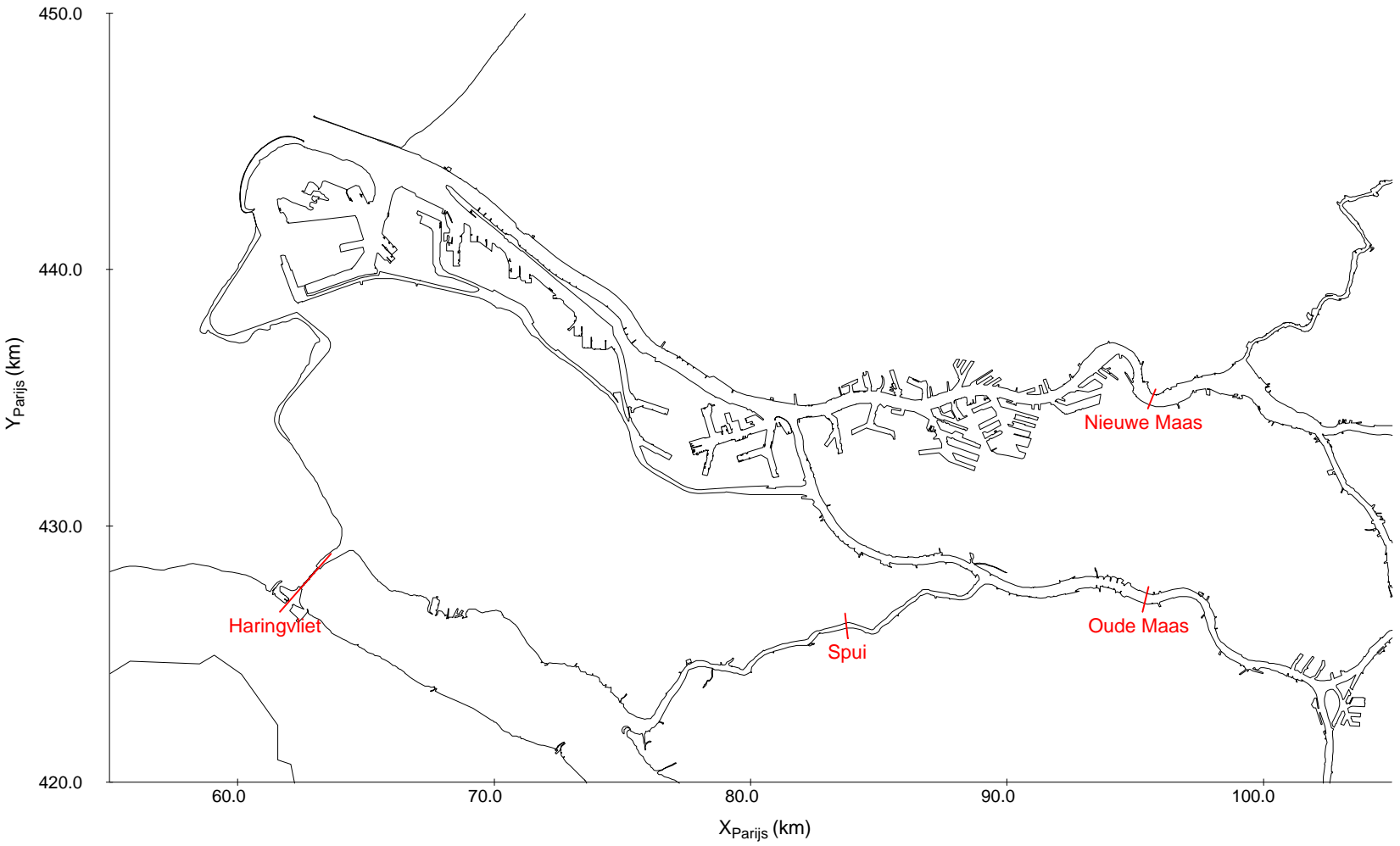




Ligging debietlocaties Zuno



Ligging debietlocaties Kustgrof en Kuststrook



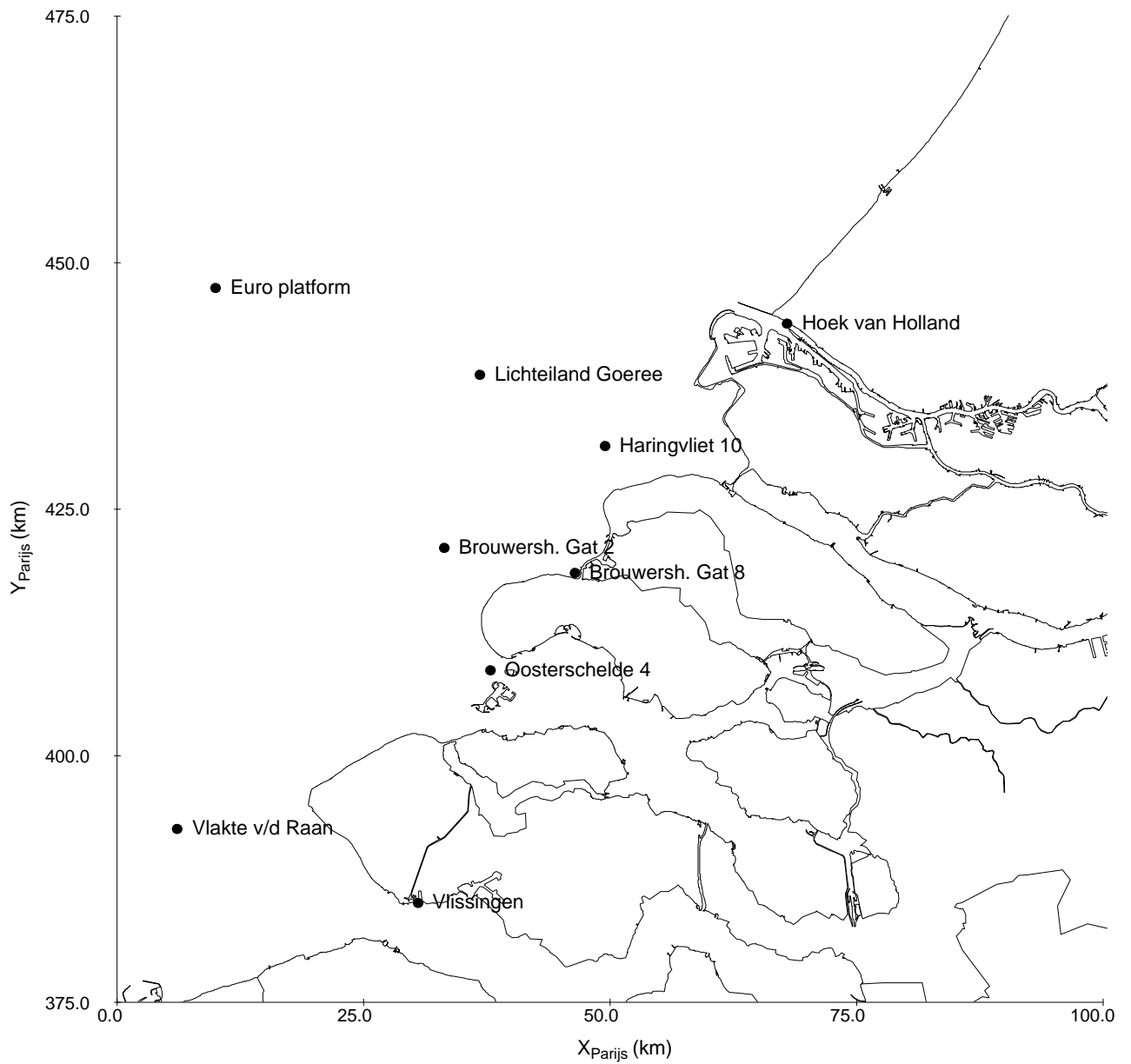
Ligging debietsecties SOBEM

Monitoring Compensatie Maasvlakte 2

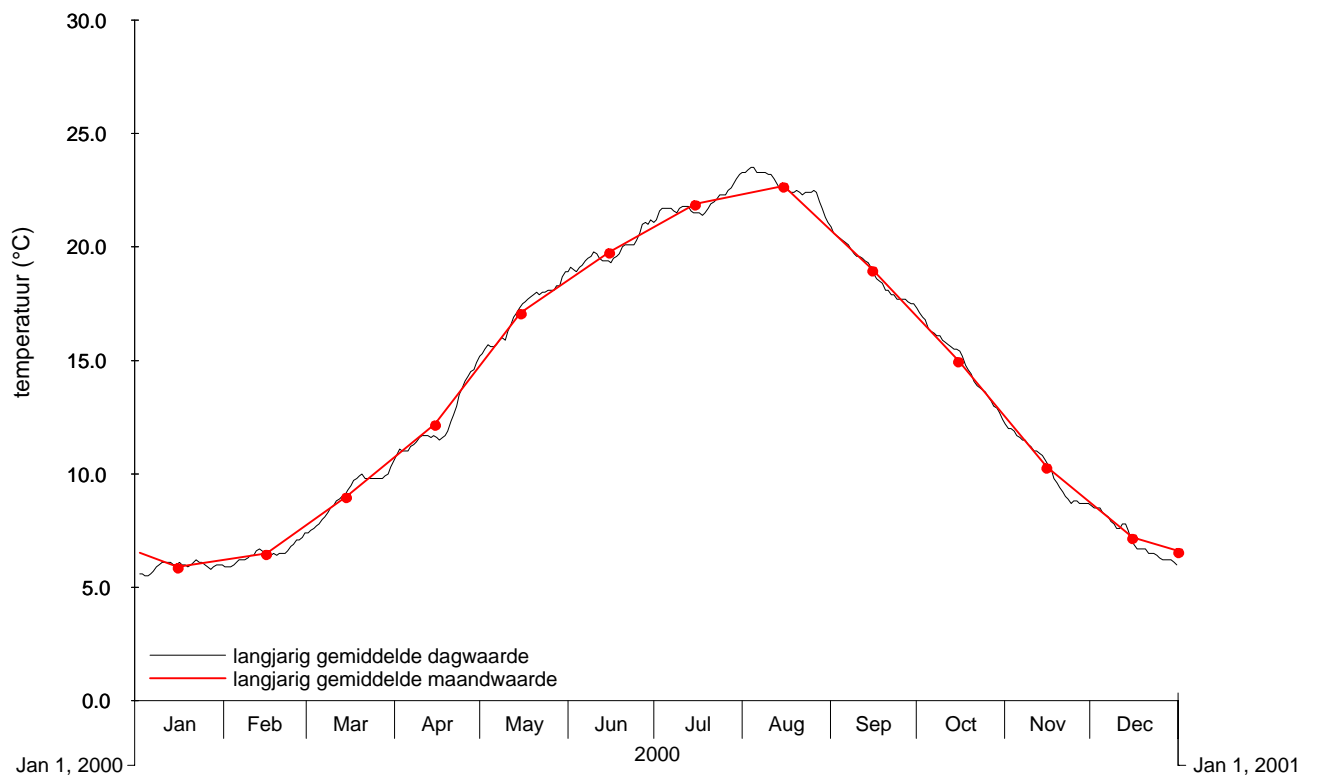
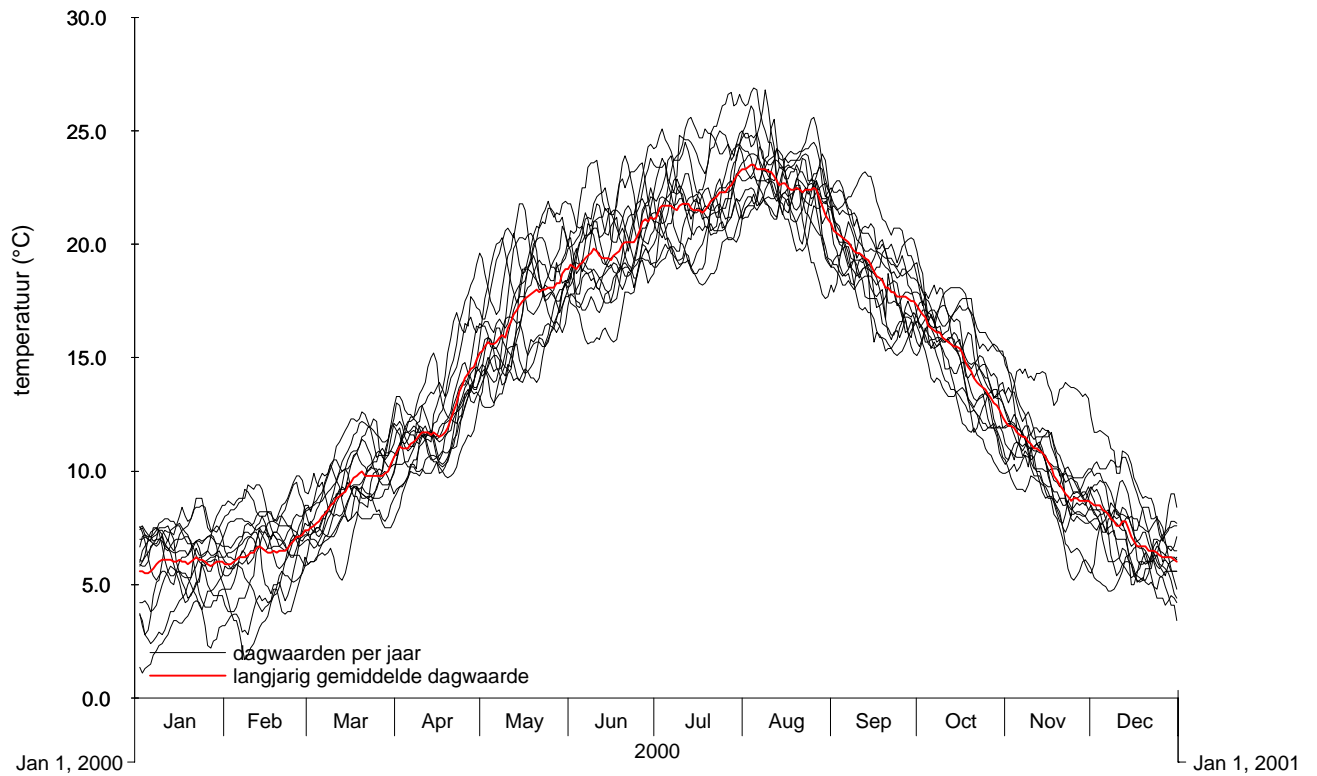
A2218

Alkyon

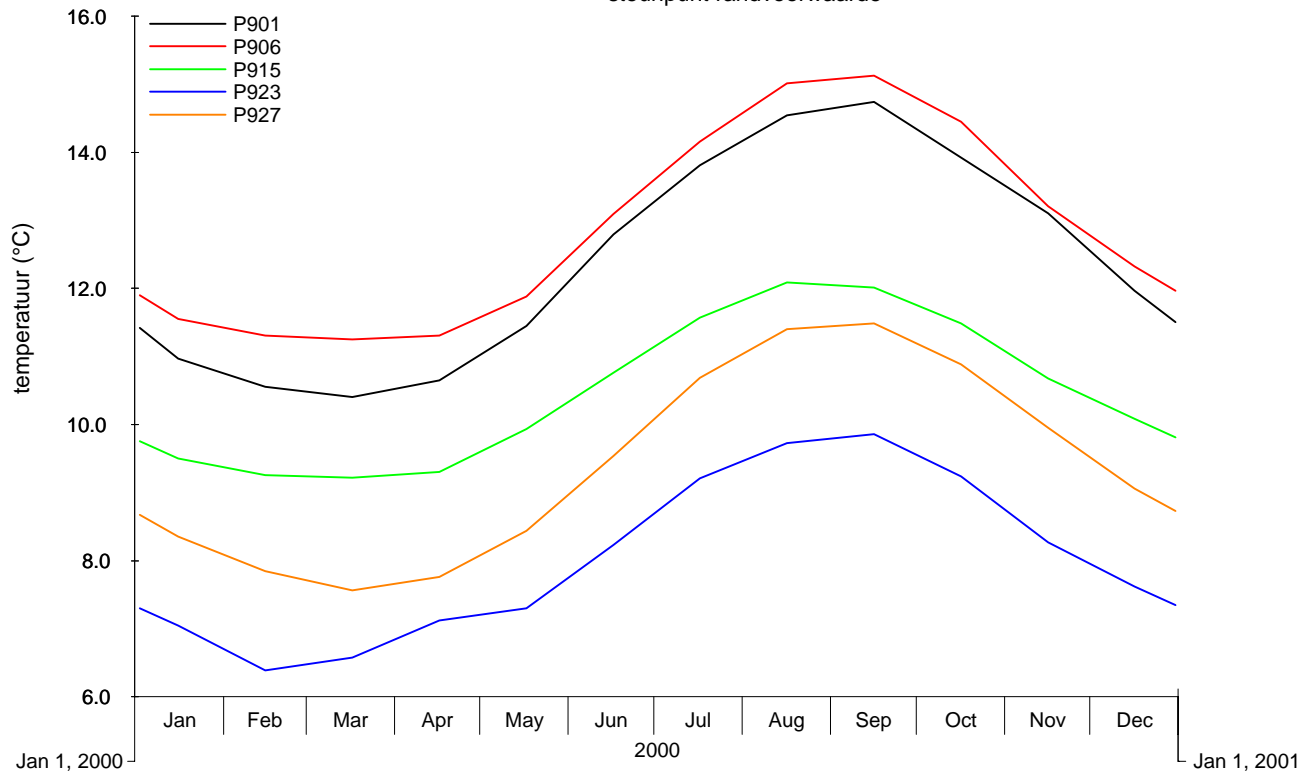
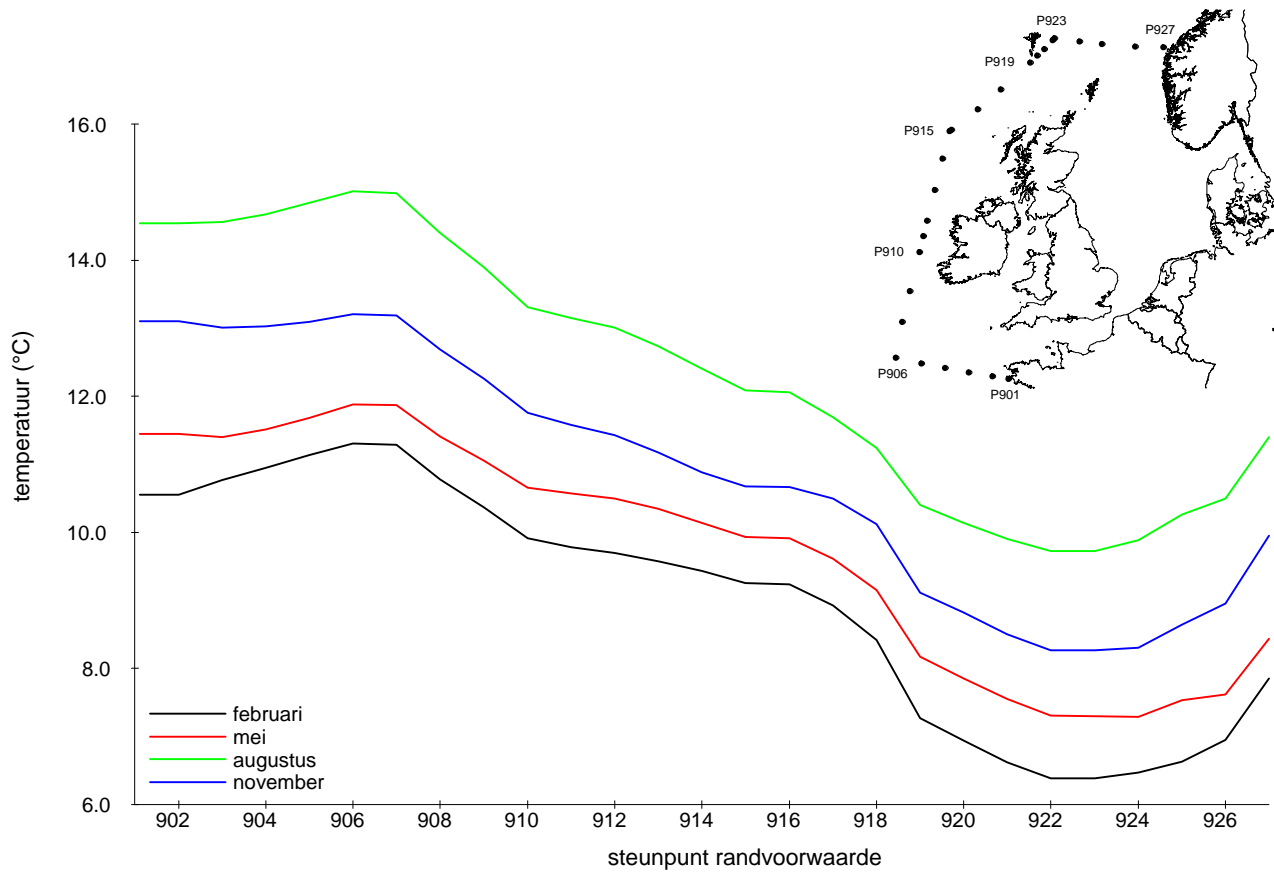
Fig. 2.7



Ligging stations temperatuur metingen



Verloop dagwaarden watertemperatuur Lobith voor 1990 t/m 2002 en berekende langjarig daggemiddelde en maandgemiddelde waarden



Verloop temperatuurrandvoorwaarde volgens Levitus 1994 voor CSM  
 variatie langs de rand voor vier maanden (boven), variatie  
 in het jaar voor vijf punten (onder) en ligging punten (inzet)