

Oprachtgever:

DG Rijkswaterstaat, RIZA

Verificatie SOBEK landelijk temperatuurmodel

rapport

oktober 2006

Opdrachtgever:

DG Rijkswaterstaat, RIZA

Verificatie SOBEK landelijk

Boderie, Meijers en Peñailillo

rapport

oktober 2006

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Doelstelling van de studie	1
1.3	Werkwijze	2
2	Software aanpassingen	4
2.1	Aanpassing ruimtelijke verdeling meteorologie	4
2.2	Coördinaten WAQ schematisatie	4
2.3	Aanpassing taakblok "meteo"	5
2.4	Warmtelast zonder debiet	6
3	Inrichting van het model	9
3.1	Modelschematisatie	9
3.1.1	Rijntakken model	10
3.1.2	Noordelijk Deltaekken	10
3.1.3	Het Maasmodel	11
3.1.4	Amsterdam Rijnkanaal & Noordzeekanaal	11
3.1.5	IJssel-Vechtdelta	11
3.1.6	Veluwe randmeren model	11
3.1.7	Markermeer	12
3.2	Modelranden	12
3.2.1	Waterstandranden	13
3.2.2	Debietrandvoorwaarden	13
3.2.3	Temperatuurrandvoorwaarden	13

3.2.4	Lateralen	14
3.3	Meteorologie	17
3.3.1	Meteorologische stations	17
3.3.2	Meteorologische variabelen	18
3.4	Warmtelozingen	19
3.5	Simulatieperiode	22
4	Verificatie landelijk temperatuurmodel.....	24
4.1	Veldmetingen	24
4.2	Waterbeweging en herkomst van water	27
	Feiten waterbeweging uit RIZA (2005)	27
4.2.1	27	
4.2.2	Observaties huidige studie	28
4.2.3	Resultaten fractieberekeningen	28
4.3	Resultaten voor temperatuur	33
4.3.1	Model ten opzichte van metingen in toplaag	33
4.3.2	Model ten opzichte van diepe temperatuurmetingen	54
4.4	Meetplan	56
5	Conclusies & aanbevelingen	57
5.1	Conclusies	57
5.2	Aanbevelingen	58
6	Referenties	60
A	Het concept meetplan	A—1
B	Modelaanpassingen.....	B—1
B.1	Operationalisering Dry Waste Loads in Sobek	B—1
B.1.1	Dry waste load knooptype	B—1
B.1.2	Modeledit.....	B—1

B.1.3	Opnemen Bestanden in Delwaq invoerfile	B—2
B.1.4	Ntrdlwq.poi	B—3
B.1.5	WQint	B—3
B.1.6	Administratie bestanden in het CMT	B—3
B.1.7	Modelpaste – Verandering van id.	B—3
B.1.8	Online help.....	B—3
B.2	Uitvoer van X, Y coördinaten vanuit netter	B—3
B.2.1	Wegschrijven X,Y coördinaat	B—4
B.2.2	Aanmaken van een segmentfunctie	B—4
B.3	Testrapporten	B—4
	Basistest – geen DWL’s	B—5
	DWL test.....	B—5
	X, Y Coördinaten	B—6

I Inleiding

I.1 Algemeen

Ten behoeve van de ondersteuning van beleidsvragen, operationele vragen over waterbeheer en de vergunningverlening bij koelwaterlozingen is de laatste jaren gebouwd aan een landelijk temperatuurmodel. De invloed van koelwaterlozingen op de watertemperatuur van het oppervlaktewater in de Rijkswateren is een van de aspecten die met het model bestudeerd kunnen worden.

In 2004 is de eerste versie van dit model ontstaan (WL | Delft Hydraulics, 2004). In 2005 is dit model ongecalibreerd toegepast (DHV en WL | Delft Hydraulics, 2005) en is een eerste begin gemaakt met de validatie ervan (WL | Delft Hydraulics, 2005). In 2006 zal dit model verder moeten worden gekalibreerd en gevalideerd. Het betreft een eendimensionaal model waarmee in tijd en ruimte de watertemperatuur berekend wordt in een groot deel van de zoete rijkswateren.

Rijkswaterstaat RIZA heeft aan WL | Delft Hydraulics per e-mail d.d. 24 februari 2006 (contactpersoon A. Terlouw van de afdeling inkoop en projectleider de heer W. Werkman van de afdeling WRE in Rotterdam) gevraagd om een offerte uit te brengen voor de verificatie van het landelijk temperatuurmodel in de meest recente versie van het SOBEK model¹. De hier aangeboden werkzaamheden kunnen worden gezien als een vervolg op de studie ‘SOBEK Landelijk temperatuurmodel’, die WL | Delft Hydraulics in het najaar van 2004 heeft uitgevoerd.

Bij het aanbieden van deze studie was de verwachting dat parallel aan deze studie een studie loopt waarin de hydrodynamica van het model wordt geverifieerd. Aan deze studie wordt gerefereerd met “verificatie van de *waterkwantiteit* van het nationaal SOBEK model”.

I.2 Doelstelling van de studie

De doelstelling van het onderzoek is het berekenen van de watertemperatuur in de Rijkswateren onder invloed van meteorologie en warmtelozingen zodanig dat uit de vergelijking van de modeluitkomsten met veldmetingen lessen kunnen worden geleerd over de validiteit van het model ten aanzien van warmtemodellering. Voor een goede verificatie is het nodig om berekeningen te maken voor perioden waarin de sturende variabelen voor de watertemperatuur behoorlijk verschillen. Daarbij is gezocht naar periodes die karakteristiek zijn voor hoge en voor lage afvoer in combinatie met verschillende weersomstandigheden die leiden tot hoge en lage watertemperatuur.

¹ In deze offerte refereren we aan de ‘oude’ SOBEK versie als: SOBEK-RE (River and Estuary) en aan de ‘nieuwe’ SOBEK als SOBEK Rural (feitelijk River in Rural omgeving).

Belangrijke aandachtspunten in het onderzoek zijn:

- Inzicht in de validiteit van het model voor warmtemodellering;
- Advisering over vervolgstappen ter verbetering van het model en advies over de noodzaak en inrichting van aanvullende veldmetingen (meetplan).

1.3 Werkwijze

Binnen het project worden de volgende stappen onderscheiden:

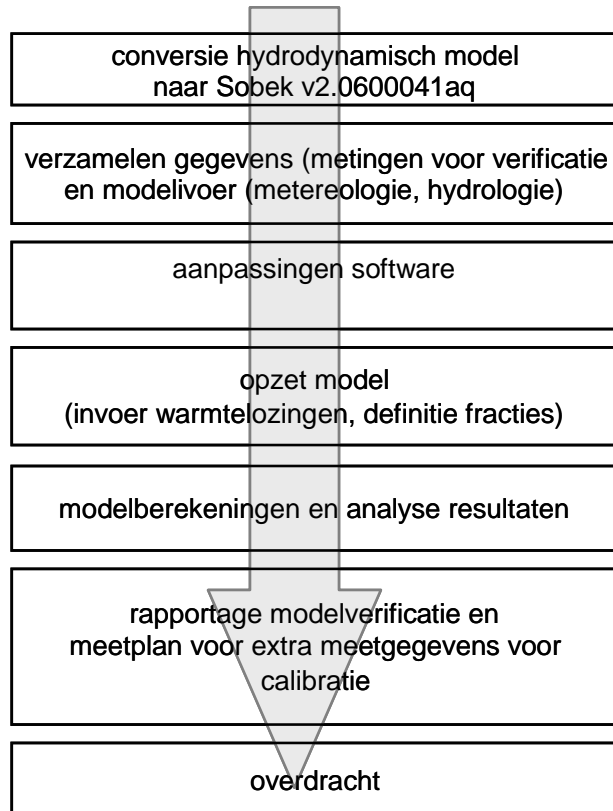
1. conversie van het hydrodynamische model van “oud” naar “nieuw” SOBEK;
2. verzamelen van meetgegevens en voorbereiden van de invoer van het temperatuurmodel (veldmetingen, hydrologie, meteorologie);
3. technische aanpassingen aan de software van het model (SOBEK);
4. opzet van het model (invoeren extern verzamelde warmtelozingen, opzet fractie berekeningen, inrichten van de laterale toestroming etc.);
5. uitvoeren en analyseren van modelberekeningen;
6. rapportage van de resultaten (verificatie) inclusief een beknopt advies over toekomstige verbeteringen door kalibratie en;
7. het opstellen van een meetplan voor het verkrijgen van aanvullende veldgegevens voor een dergelijk kalibratie;
8. overdracht van het model aan RIZA Dordrecht (afdeling WRE).

In Figuur 1 staat een schematisch overzicht van de gevolgde werkwijze in het project. Het doel van de studie, inzicht in de validiteit en advies voor verbetering van het landelijk temperatuurmodel, gekoppeld aan het landelijk SOBEK-model, is stapsgewijs bereikt.

Allereerst is de bestaande modelschematisatie in SOBEK RE (River and Estuary) vertaald naar SOBEK River versie. Daarmee wordt het mogelijk om de schematisatie van de waterkwaliteit eenvoudig aan te maken en te controleren en ook wordt het eenvoudiger om lozingen op basis van coördinaten aan het model toe te kennen. Als tweede stap is een overzicht gemaakt van de beschikbare metingen van temperatuur in Nederlandse wateren. De metingen zijn gebruikt in de beoordeling van het functioneren van het model (de validatie). Parallel aan de eerste twee activiteiten is een aantal aanpassingen aan de software uitgevoerd, het betreft een viertal wijzigingen in het userinterface en de code van het waterkwaliteitsmodel (DELWAQ) waardoor Riza na oplevering van het model beter kan omgaan met temperatuurmodellering.

Vervolgens is het model op opgetuigd, waarbij hydrologie, model randen en warmtelozingen (extern verzameld) zijn toegevoegd en test- en controleberekeningen zijn gemaakt waarbij de massabehoudendheid geverifieerd is door middel van een continuïteitsberekening. Het model is ook ingericht voor het berekenen van de herkomst van water, de zogenaamde fractieberekeningen. Met het model is vervolgens één berekening voor de periode 2001-2004 gemaakt om de prestaties van het model ten opzichte van veldmetingen te evalueren. Tot slot zijn aanbevelingen voor kalibratie en het verzamelen voor aanvullende veldmetingen (het meetplan) geschreven.

Het model is/wordt op 19 oktober 2006 aan Wim Werkman (RIZA Rotterdam, afdeling WRE) opgeleverd.



Figuur 1 Werkwijze tijdens het project

2 Software aanpassingen

Bij de start van het onderhoudsproject was SOBEK River versie 2.72.00.38 de bèta versie waarin de laatste Sobek RE functionaliteiten waren geïmplementeerd (WL, 2005b). Dat model heeft een aantal wijzigingen in het userinterface en de code van het waterkwaliteitsmodel (DELWAQ) om beter om te kunnen gaan met temperatuurmodellering. Deze punten zijn de afgelopen jaren geconstateerd tijdens het gebruik van het instrumentarium ten behoeve van warmte studies. (WL, 2002, 2005a en 2005c). In deze studie wordt het instrumentarium overgedragen aan de klant. Daarom waren de nu volgende aanpassingen noodzakelijk en geïmplementeerd SOBEK River versie 2.0600042aq.

2.1 Aanpassing ruimtelijke verdeling meteorologie

De routine die voor de ruimtelijke interpolatie van de meteorologische gegevens zorg draagt kent een maximum aantal stations van vijf meteorologiestations (zie bijlage D-2 in WL | Delft Hydraulics, 2003). Het maximum aantal stations dient te worden uitgebreid tot 20.

resultaat

De routine is uitgebreid, documentatie hiervan is niet nodig omdat het een uitbreiding van al bestaande functionaliteit is.

2.2 Coördinaten WAQ schematisatie

Routines die ruimtelijke gegevens interpoleren maken gebruik van de coördinaten van de waterkwaliteitssegmenten. De SOBEK GIS userinterface NETTER kan de coördinaten van de segmenten van het waterkwaliteitsmodel eenvoudig uitvoeren waardoor interpolatie routines hiervan automatisch gebruik maken. Dat is erg handig omdat schematisaties vaak een groot aantal segmenten kennen en nogal eens wijzigen gedurende een studie. Handmatig wijzigen van coördinaten is niet alleen tijdrovend maar ook foutgevoelig.

resultaat

De coördinaten worden nu automatisch doorgegeven aan het waterkwaliteitsmodel. De gebruiker ziet het resultaat hiervan in de PLCT (Process Library Configuration Tool van Sobek) in bijvoorbeeld het proces Meteo.

In Appendix A is het testrapport van deze software aanpassing te vinden.

2.3 Aanpassing taakblok "meteo"

In het SOBEK model heeft de gebruiker de mogelijkheid om in het taakblok "Meteo" de meteorologische variabelen neerslag, verdamping, wind (snelheid en richting) en straling op te nemen. In hetzelfde taakblok wordt ook de watertemperatuur, (feitelijk geen meteorologische variabele) maar dit is gespecificeerd.

Als op die manier de watertemperatuur opgegeven wordt dan is het niet meer mogelijk om gebruik te maken van de in DELWAQ beschikbare routines voor het berekenen van de watertemperatuur (het temperatuurmodel wordt als het ware 'overruled' door de Userinterface van SOBEK). De gebruiker moet dus een keuze krijgen om te kiezen tussen gemodelleerde en opgegeven watertemperatuur.

resultaat

Het bleek moeilijker dan verwacht om deze aanpassing door te voeren. Het oorspronkelijke idee om een 'vinkje' in het taakblok 'meteorologie' van het userinterface toe te voegen, bleek niet realiseerbaar.

Er is daarom voor gekozen om informatie uit het meteo taakblok alleen nog te gebruiken als de informatie nodig is voor het simulatiemodel van de waterbeweging. Het betreft dan neerslag en verdamping (niet van belang in deze applicatie) en windrichting en windsnelheid. Meteorologische informatie die zowel voor de kwantiteit als de kwaliteit van belang is wordt ook via het meteo taakblok op gegeven. Het betreft windrichting en windsnelheid.

Meteorologische informatie die *alleen* voor het waterkwaliteitsmodel van belang is komt niet meer uit het meteo taakblok. Het betreft straling en temperatuur. Dus moet deze informatie (straling en temperatuur) nu direct aan het waterkwaliteitsmodel worden doorgegeven. Dat kan via het taakblok 'settings', onder het tabblad 'WQ processes' met de knop edit "Process Coefficients". De functionaliteit van 'Edit Processes Coefficients' is gelijk aan die van het Meteo taakblok: er kunnen naast tijdseries (zie Figuur 2) ook constante waarden voor instraling en watertemperatuur worden opgegeven.

In de huidige versie van het model wordt de watertemperatuur vanzelfsprekend niet opgegeven maar berekend uit de meteorologische variabelen zoals beschreven in hoofdstuk 3.3.2. Straling in het meteo taakblok wordt ook niet meer gebruikt door het waterkwaliteitsmodel en dient te worden opgegeven via het 'settings' taakblok. Windrichting en windsnelheid zijn van belang voor het waterbewegingsmodel en worden nog als vanouds via het meteo taakblok aan zowel het simulatiemodel voor de waterbeweging als de waterkwaliteit doorgegeven.

	Date [dd/mm/yyyy]	Time [hh:mm:ss]	Rad_4
1	01/01/2000	00:00:00	33.44907
2	02/01/2000	00:00:00	10.06344
3	03/01/2000	00:00:00	4.513889
4	04/01/2000	00:00:00	14.81481
5	05/01/2000	00:00:00	34.72222
6	06/01/2000	00:00:00	6.134259
7	07/01/2000	00:00:00	21.99074
8	08/01/2000	00:00:00	16.78241
9	09/01/2000	00:00:00	39.81482
10	10/01/2000	00:00:00	36.57407
11	11/01/2000	00:00:00	18.75
12	12/01/2000	00:00:00	11.45833
13	13/01/2000	00:00:00	21.875
14	14/01/2000	00:00:00	13.42593
15	15/01/2000	00:00:00	32.87037
16	16/01/2000	00:00:00	14.93056

Figuur 2 Alternatief voor het ‘meteo’-taakblok: scherm voor het invoeren van straling, wind en eventueel watertemperatuur. Bereikbaar onder taakblok ‘settings’ onder het tabblad ‘WQ processes’ en de knop edit “Process Coefficients”

2.4 Warmtelast zonder debiet

In diverse studies (WL | Delft Hydraulics, 2002, 2005a en 2005c) is gebleken dat er behoefte is om warmtelozingen via het userinterface als warmtelast (MW) te kunnen opgeven. Tot nu toe werd warmte aan het model toegevoegd door een combinatie met een debiet met bijbehorende temperatuur. Indien van een lozing alleen een warmtelast bekend is, wordt deze omgerekend tot een fictief debiet met bijbehorende fictieve temperatuur (vaak werd gekozen voor een debiet van $1\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$). Deze procedure is omslachtig en foutgevoelig. Bovendien is het bij deze manier om warmtelozingen te definiëren, niet mogelijk om gecombineerde lozingen en onttrekkingen te schematiseren (zie verder). Daarom is het gewenst dat er een voorziening komt om de warmtelast direct op te geven via het userinterface.

resultaat

Het model heeft de mogelijkheid gekregen om een zogenaamde “dry-waste-load” in te voeren. Daarin heeft de gebruiker de mogelijkheid om voor elke waterkwaliteitsvariabele die gemodelleerd wordt een geloosde vracht in massa per tijdseenheid op te geven (Zie Figuur 3). De voorziening kan dus ook gebruikt worden om, zonder debiet, emissies (waste loads) van verontreinigende stoffen op te geven. Voor de meeste waterkwaliteitsvariabelen (uitzondering is warmte c.q. temperatuur) is de eenheid waarin een lozing gedefinieerd wordt massa van de geloosde stof per tijdseenheid, in Sobek voorgeschreven als g/s. Het model berekent vervolgens de concentratie als gevolg van de lozing in het ontvangende water ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

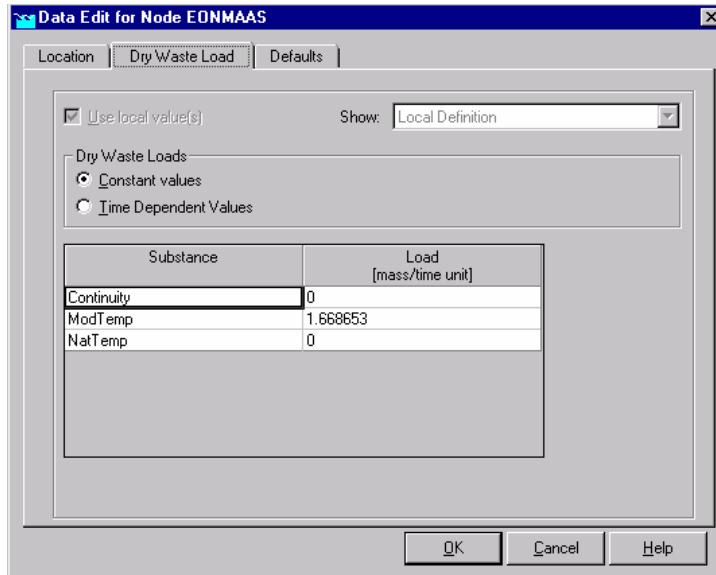
Voor het lozen van warmte geldt dat de eenheid van de lozing gedefinieerd is als energie (Joules) per tijdseenheid, het vermogen. Het model berekent vervolgens de temperatuur als gevolg van de lozing in het ontvangende water. Voor die berekening moet de door de gebruiker ingevoerde hoeveelheid vermogen ($\text{J}/\text{s}=\text{W}$) worden gedeeld door de dichtheid ($\rho=1000\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) en de warmtecapaciteit van water ($c_p=4200\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

Als het vermogen in MW ingevoerd wordt is de conversiefactor $1.000.000/(1000 \times 4200)$, gelijkwaardig met een deling door 4.2 (zie verder hoofdstuk 3.4).

Er is geen omrekeningsfactor opgenomen in het user interface. Daarmee is het UI generiek voor alle waterkwaliteitsvariabelen. De verantwoordelijkheid ligt bij de gebruiker om een lozing in het model in te voeren in een consistente eenheid:

- voor de meeste stoffen is dat g/s,
- voor warmtelast is dat $MW/4.2$ ($^{\circ}C \cdot m^3 \cdot s^{-1}$)

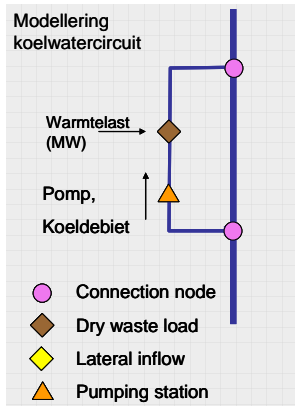
In Appendix A is het testrapport van deze software aanpassing te vinden.



Figuur 3 Voorbeeld van een invoerscherm voor een warmtelozing (dry-waste-load). In dit geval een constante warmtelozing van ModTemp voor de EON centrale op de Maasvlakte ter grote van $1.668 \times 4.2 = 7$ MW

De gekozen oplossing om koelwaterlozingen als warmtelast (MW) op te kunnen geven biedt direct een goede oplossing voor het schematiseren van een gecombineerde onttrekking en lozing, bijvoorbeeld een fabriek die in een haven water onttrekt en het opgewarmde water in een rivier weer loost (een intake-outfall studie).

In het voorbeeld in Figuur 4 is een dergelijk koelwatercircuit geschematiseerd met een pomp waarin de gebruiker het onttrokken en geloosde koelwaterdebiet kan opgeven (mag ook $0 \text{ m}^3/\text{s}$ zijn). De toegevoegde warmtelast (MW) van de warmtelozing wordt geschematiseerd door een dry-waste-load in het circuit op te nemen waarin de geloosde warmtelast ($MW/4.2$) moet worden opgegeven.



Figuur 4 Voorbeeld van een schematisatie van een koelwatercircuit

3 Inrichting van het model

Het Landelijk temperatuurmodel is ontwikkeld in SOBEK River (configuratie Rural) versie 2.0600042aq. Deze versie van SOBEK heeft een GIS interface, mogelijkheden voor het automatisch aanmaken van een rekengrid voor de waterkwaliteit en biedt vele andere mogelijkheden die het simuleren van waterkwaliteit vereenvoudigt. In deze versie zijn de in hoofdstuk 2 beschreven software aanpassingen opgenomen.

Het model is verkregen door het nationaal SOBEK-RE model versie NL2005_1 (zie RIZA, 2005) automatisch te converteren (import optie). De conversie en een vergelijking van de resultaten voor waterkwaliteit in beide modelversies is beschreven in WL | Delft Hydraulics 2005b.

Na de conversie is handmatig een aantal aanpassingen gedaan om het model draaiend te krijgen.

Het betreft:

- rekenpunten automatisch gegenereerd met onderlinge afstand van 2km;
- handmatig rekenpunten aangebracht rondom kunstwerken (de conversie-routine deed dit niet goed, zie SOBEK ARS15503 voor details);
- instelling van de controles van een aantal kunstwerken gewijzigd;
- dispersie toegevoegd om menging in dode zones (zoals in het Zwarte water) te krijgen;
- rekentijdstap verlaagd van 1 uur naar 10 minuten;
- automatisch grid van de waterkwaliteit gegenereerd volgens de fijnste methode, met suboptie “combined” compound grid;
- lokaal, vooral in de Vecht, een aantal takken samengevoegd om droogvallen van het model te voorkomen.

Nadat het model ‘technisch’ draaide zijn de ingewonnen gegevens voor randen, meteorologie en lozingen toegevoegd (hieronder beschreven).

3.1 Modelschematisatie

In Nederland wordt een groot aantal rivieren, kanalen en oppervlaktewateren door verschillende diensten van Rijkswaterstaat (RWS) beheerd. In de loop van de tijd is een aantal regionale modellen voor verschillende waterbeheerders ontwikkeld. In 2005 heeft RIZA 7 regionale modellen gekoppeld tot één nationaal SOBEK-model (RIZA, 2005). Zie Tabel 1 voor de naam, gebruikte afkorting en beheerder van de deelmodellen.

In Figuur 5 is de schematisatie van het nationaal Sobek model zoals gebruikt in deze studie (nationaal temperatuur model) weergegeven.

Tabel 1 De 7 regionale modellen die de basis van het Landelijke Sobek model vormen

Regionaal model	prefix	beheerder
Het Noordelijk Deltabekken(NDB)-Model	NDB	afdeling WRE van RWS RIZA (in opdracht van de RWS Zuid-Holland)
Het Maas-model	MS	afdeling WRR van RWS RIZA
Het Rijntakken-model	RT	afdeling WRR van RWS RIZA
Het Markermeer-model	MAK	De RWS IJsselmeergebied
Het model voor IJssel-Vechtdelta	YSV	De RWS IJsselmeergebied (ontwikkeld door afdeling WRE)
Het Veluwerandmeren model	RND	De RWS IJsselmeergebied
Het Amsterdam Rijnkanaal-Noordzeekanaal model	ARK	RWS Noord-Holland en RWS Utrecht

Hieronder volgt een korte karakterisering van de regionale modellen (compilatie gebaseerd op RIZA, 2005).

3.1.1 Rijntakken model

Het model wordt toegepast voor het gebied van de Rijntakken. Dit zijn vooral de Bovenrijn, het Pannerdensch kanaal, de Waal, de Nederrijn en de Lek. De waterbeheerder hiervan is RWS Oost-Nederland. Het is een door rivierafvoer gedomineerd watersysteem. De invloed van wind wordt, verwaarloosbaar geacht.

3.1.2 Noordelijk Deltaekken

Het Noordelijk Deltabekken vormt het overgangsgebied tussen de Noordzee en de benedenlopen van de rivieren Rijn en Maas. Het gebied wordt gekenmerkt door een groot aantal vertakkingen van rivieren en waterwegen. De waterstand wordt beïnvloed door een aantal factoren: de natuurlijke factoren zoals hoge zeewaterstand als gevolg van de stormopzet, de rivierafvoeren van de Rijn (en de Maas) en het dichtheidverschil tussen het zoute zeewater en het zoete rivierwater. Daarnaast zijn de sluizen en stuwen van invloed op de waterbeweging. In het NDB model zijn drie compound kunstwerken aanwezig: de Haringvlietsluizen, de SVKH (Hartelkering) en de SVKW (Maeslantkering).

3.1.3 Het Maasmodel

Het Maasmodel loopt vanaf Eijsden-grens (rivierkilometer 2.56) tot Keizersveer rivierkilometer 247.61). De rivier wordt gekenmerkt door een groot hoogteverschil (het verschil tussen de twee locaties is ongeveer 45 m). Aan de benedenrand (Keizersveer) is het getij merkbaar. In het Nederlandse gedeelte wateren ook zijrivieren en kanalen af op de Maas. In droge perioden wordt de waterstand geregeld door sluisen en stuwen.

Bij hoogwater wordt de waterstand beïnvloed door de afvlakking van de golf-top. Hierbij is sprake van uitwisseling van het oppervlaktewater en het grondwater. Het effect daarvan is ook in het Maas-model opgenomen.

De Maas wordt beheerd door RWS Limburg (vanaf Eijsden-grens tot de rivierkm 226.5) en RWS Zuid-Holland (vanaf rivierkm 226.5).

3.1.4 Amsterdam Rijnkanaal & Noordzeekanaal

Het gebied van het ARK-NZK ligt in het hart van Nederland. De waterbeweging wordt kunstmatig geregeld door gemalen, stuwen en sluisen. Wateroverlast wordt voornamelijk veroorzaakt door de neerslag als deze groter is dan de spuicapaciteit. Opwaaiing door wind beïnvloedt ook de waterbeweging en daarmee het beheer van stuwen en sluisen.

Het Amsterdam-Rijnkanaal /Noordzeekanaal-model wordt formeel beheerd door RWS Noord-Holland en RWS Utrecht, maar in de praktijk vindt hier geen onderhoud plaats.

3.1.5 IJssel-Vechtdelta

De IJsseldelta is het gedeelte van de beneden IJssel tussen km 974 en km 1002. De delta vormt een overgangsgebied tussen het IJsselmeer en de boven IJssel. De Vechtdelta bestaat uit het benedengedeelte van de Overijsselse Vecht, het Zwarte Water en het Zwarte Meer. De IJssel en de Overijsselse Vecht monden uit in het IJsselmeer dat als bekken voor de twee rivieren dient. De waterstand in het gebied van de IJssel-Vechtdelta wordt beïnvloed door (i) opwaaiing /afwaaiing door stormopzet in het IJsselmeer, (ii) door rivierafvoer in de IJssel en (iii) de Overijsselse Vecht.

De beheerder van het gebied is de RWS IJsselmeergebied. In 2003 schakelde de afdeling WRV over naar een 2-dimensionaal WAQUA-model. Er is geen formeel onderhoud gepleegd aan het SOBEK-model, maar om verschillende redenen zijn er bij de afdeling in de loop der tijd kleine aanpassingen aan het model gedaan.

3.1.6 Veluwe randmeren model

De grootste aanvoerbron van de meren is gemaal Lovink. Het overtollige water in dit gebied wordt naar respectievelijk het IJsselmeer (60%) en het Markermeer (40%) gespuid.

Sinds 2002 wordt een streefpeil gehanteerd, namelijk $-0,3$ m+NAP voor de winterperiode en $-0,1$ m+NAP voor de zomer. Door de afdeling WRV is ook een 2D-model voor de Veluwerandmeren gemaakt.

3.1.7 Markermeer

Het Markermeermodeel bevat ook het Gooi- en Eemmeer. Het model heeft een totale oppervlakte van 700 km². Het Markermeer heeft een vlakke bodem en de gemiddelde diepte bedraagt 4 m. In het Gooi- Eemmeer bevindt zich wel een diepe vaargeul die tussen 5 m en 20 m varieert. Het meerpeil wordt kunstmatig geregeld, in de zomerperiode wordt 20cm water opgezet. Door de grote oppervlakte van het meer speelt de wind de overheersende rol voor wat betreft een hoge waterstand (opwaaiing) of een lage waterstand (afwaaiing). Het beheer van het Markermeer is bij de RWS IJsselmeergebied ondergebracht.

Bij de toepassing van 1-D SOBEK op deze grote wateroppervlakte is het gebied geschematiseerd met een aantal takken die in driehoekige vorm zijn opgezet. De richting van de takken is zo bepaald dat de effecten van een draaiende windrichting en het circulatieverschijnsel van waterbewegingen kunnen bij benadering worden berekend.



Figuur 5 Schematisatie van het landelijk temperatuurmodel (gebaseerd op het Nationaal Sobek model)

3.2 Modelranden

Het model kent twee typen hydraulische randvoorwaarden: debietranden en waterstandranden. De gegevens voor de randen (waterstanden en afvoeren) zijn door RIZA aangeleverd. De modelranden zijn afgebeeld in Figuur 6 op pagina 14.

3.2.1 Waterstandranden

Het landelijk SOBEK-model wordt langs de kust aangestuurd met tijdreeksen van waterstanden voor de zeeranden. Het betreft 10-minutenreeksen van de volgende locaties:

1. Haringvliet
2. Hoek van Holland
3. IJmuiden
4. Den Oever
5. Kornwerderzand

De waterstandranden zijn op uurbasis verzameld.

- De reeks NDB_Haringvliet is opgelegd op de SOBEK boundary knopen NDB_Haringvliet en NDB_Haringvliet-20.
- Net als in het SOBEK landelijk temperatuurmodel (WL | Delft Hydraulics, 2004) is de meetreeks van Hoek van Holland gebruikt voor de Maasmond randvoorwaarde. De reeks NDB_Maasmond is opgelegd op de SOBEK knoop NDB_Maasmond.
- De reeks NDB_IJmuiden is opgelegd op de SOBEK knopen ARK_Noordzee1, ARK_Noordzee2, ARK_Noordzee3.
- De reeks YSV_P_P_14_DenOever is opgelegd op de SOBEK knoop YSV_Ysm-DOev-bu.
- De reeks YSV_P_P_13_Kornwederzand is opgelegd op de SOBEK knoop YSV_Ysm-Knwdz-bu.

3.2.2 Debietrandvoorwaarden

Het model wordt aangestuurd met drie debietrandvoorwaarden voor de Vecht (Emlichheim), Bovenrijn (Lobith) en Maas (Eysden). Deze randvoorwaarden zijn op dagbasis aangeleverd voor de periode 2000-2005 en zijn respectievelijk opgelegd op de SOBEK knopen 'Emlichheim', LobithMSW' en 'EysdenMSW'.

3.2.3 Temperatuurrandvoorwaarden

Uit waterbase zijn de dagelijks gemeten watertemperaturen voor de Maas (locatie Eysden) en de Rijn (locatie Lobith) opgevraagd en aan het model toegevoegd. Voor de Vecht (Emmerlich) zijn geen meetgegevens beschikbaar en daarom is de meetreeks van Lobith gebruikt.

De temperatuurreeks voor de Waddenzee is niet relevant omdat er nooit water ingelaten wordt.

Voor de zeeranden (IJmuiden, Hoek van Holland en Maasmond) is gebruik gemaakt van de meetreeks bij Hoek van Holland (rechter oever). De gemeten watertemperatuur aan het oppervlak (diepte = 0.5m) zijn gebruikt.

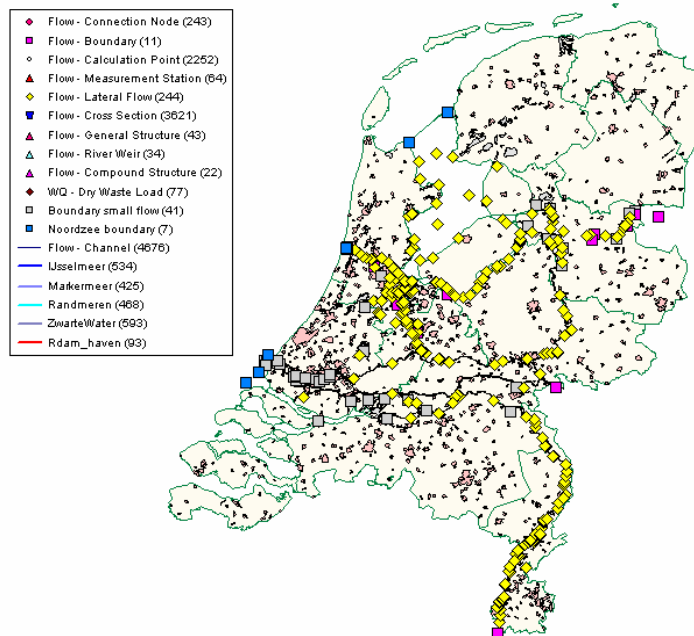
3.2.4 Lateralen

RIZA heeft de laterale toevoeren in het oude SOBEK-RE model, voor zover beschikbaar, voorzien van gegevens (Dirksen en Gao, zomer 2006). Dit was een aanzienlijke hoeveelheid werk (zie Tabel 2).

Bij de opgeleverde regionale modellen is met uitzondering van het NDB-gebied (grote invloed van getij) de neerslag op het stroomgebied vertaald naar zijdelingse toestroming. Daartoe zijn relaties tussen neerslag en afvoer per gebied gebruikt.

Omdat de laterale debieten onderdeel zijn van de waterbeweging, is dit deel van het model niet onderzocht of gevalideerd. Naar verwachting kan de invloed van laterale debieten in bepaalde delen van het model, met name 's zomers, aanzienlijk zijn. Het aandeel van de lateralen in de waterlopen is gepresenteerd in paragraaf 4.2.

Lateralen zijn dus berekend uit neerslag-afvoer relaties en bevatten daarom impliciet ook de bijdrage van grondwater. De watertemperatuur van de lateralen is door het hele model gelijk genomen aan de gemeten luchttemperatuur bij de Bilt (15 daags voortschrijdend gemiddelde waarde). Daarbij is de veronderstelling dus dat laterale stromingen qua temperatuur gelijkens met oppervlaktewater vertoont. Of dat een juiste aanname is zou door de beheerders van de regionale modellen kunnen worden vastgesteld aan de hand van metingen. Voor het stroomgebied van de Maas is echter bekend dat de invloed van toestroming van grondwater niet verwaarloosd kan worden, in droge periodes is grondwater van belang. In zulke perioden zal de in het model aangenomen temperatuur (de gemeten luchttemperatuur bij de Bilt) een overschatting van de werkelijke temperatuur van de laterale toestroming geven. In deze periode moet de grondwaterbijdrage aan het laterale debiet een lagere, en meer constante, watertemperatuur toegekend worden die karakteristiek is voor grondwater. Dat is technisch mogelijk in het model maar hiertoe moet de grondwaterbijdrage aan zijdelingse toestroming, door Riza of de beheerder van het regionale model, expliciet worden onderscheiden. Dat kan door een aparte laterale knoop voor grondwater toe te voegen).



Figuur 6 Modelranden van het landelijk temperatuurmodel. Te onderscheiden zijn de zeeranden (blauw), de grote rivieranden (paars) en de kleinere randen (grijs) en de lateralen (geel)

Tabel 2 De Lateralen in het Nationaal temperatuurmodel (Dirksen en Gua, zomer 2006)

Laterale afvoer naar het ARK-NZK
Amstel-West watert af op de naar Amstelboezem via: 1. ow4loc10_oudewaver op oudewaver_2870 2. Polder05_13010 op amstel_1000 3. Polder06_12180 op kromrecht_n_5000 4. polder13_13130 op amstel_6000
Amsterdam watert af op de stadswateren Amsterdam via: 1. ow3loc01_nieuweva op N_Vaart-1905
Het beheergebied van Hoogheemraadschap De stichtse Rijnland watert af op het ARK via: 1. owlloc00_AK1 op ARK1_8200 2. Omling07-aanvoerde op ARK2a_4999 3. ow5loc00_Vecht1a op Vecht1a_3975 4. AWZI-Utrecht 5m ³ /s op Vecht1a_50
Het beheergebied Hoogheemraadschap Rijnland watert af op het NZK via: 1. Omlign03_spaarndam op NZK_2999 2. Rijnland (gebruikt Boundary)
Het beheergebied Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen (HUS) watert af op het NZK via: 1. ow2loc02_nzk1 op NZK1_5000
Het het beheergebied van het waterschap Waterland watert af naar het NZK via: 1. Omlign01_Kadoelen op IJ2_2000
De Vechtboezem watert af op de Vecht via: 1. Polder35_11090 op vecht2a_3000 2. polder31_11010 op vecht2a_10000 3. ow5loc06_Vecht3 op vecht3_1649
Het ARK (openwater) voert water af via: 1. ow1loc05_ARK4a op ark4a_4210
Het NZK (openwater) voert water af via: 1. ow2loc04_havens op havens_1999
De Vecht (openwater) voert water af via: 1. polder36_13230 op vecht2b_7050
Laterale afvoeren naar het Markermeer
De volgende lokaties voeren water af (afvoeren uit "Bekkenwin") 1. Gemaal Wortman op Ovaar-N-1000 2. Gemaal de Blocq op Ovaar-S_5000 3. De Poel op Gouw-02_2000 4. Eem op Eem-rv (gebruikt voor boundary)
Neerslag brengt water in op de volgende open-water punten: 1. MAK_Neerslag-N op Mak_N-mk-02_4500; 2. Mak_Neerslag-Z op Mak_S-mk-02, 4500 3. MAK_Neerslag-GEmer op MAK_GooiEem_mr-4500
Veluwerandmeren
De volgende lokaties voeren water af (afvoeren uit "Bekkenwin") 1. Schuitenbeek op Nuldnauw_2500 2. Overigebeken op Oudepol_500 3. Gemaal Lovink op Knardyk-w_1500 4. HierdenseBeek op Hphuizen_200 5. Harder wijk RWZI op Hardwyk_2500
Neerslag brengt water in op de volgende open-water punten: 1. RND-Neerslag-Veluwe op Veluwe-M-1200; 2. RND_Neerslag_woldwyd op Wolderwyd_200

Yssel-Vechtdelta
<p>De volgende locaties voeren water af:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ommenkanaal op OV-Ommen_kan 2. Radewijkbeek op OV-Radwbeek 3. Regge op OV-Regge-O 4. Afwaterkanaal op OV-afw-kan-O 5. Meppel op ZW-Meppel-d
<p>Neerslag brengt water in op de volgende open-water punten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. YSV_Neerslag-Yslm-N op YSV_Ym-mid-N02_7000; 2. YSV_Neerslag-yslmr-Z op YSV_Ym-Z-02_000 3. YSV_Neerslag-ZWKP op YSV_ZM-00t03_1000 4. YSV_neerslag-ketl op YSV_Ketl-wst01_1000

3.3 Meteorologie

3.3.1 Meteorologische stations

Van de KNMI site <http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/download.cgi> zijn gratis daggegevens van temperatuur, zon, vochtigheid, luchtdruk en wind beschikbaar voor de periode 2001-2006. Er zijn gegevens voor 10 meteorologische stations beschikbaar: Den Helder (de Kooy), Amsterdam (Schiphol), De Bilt, Leeuwarden, Groningen (Eelde), Twente, Vlissingen, Rotterdam, Eindhoven en Maastricht (Beek). Tabel 3 geeft een overzicht van de gekozen meteorologische stations en toont de KNMI-Id, de RD-coördinaten (N.B. en O.L.), de hoogte t.o.v. NAP en de WGS84-coördinaten (X en Y). De ligging van deze stations is in Figuur 7 weergegeven.

Tabel 3 Overzicht van meteorologische stations waarvan de data voor de periode 2001-2006 beschikbaar zijn.

	Station	Id	N.B.	O.L.	Hoogte (m) t.o.v. NAP	X (m)	Y (m)
1	de Kooy	235	52°55'	04°47'	0,5	114382	547901
2	Schiphol	240	52°18'	04°46'	-4,4	112672	479295
3	De Bilt	260	52°06'	05°11'	2,0	141031	456881
4	Leeuwarden	270	53°13'	05°46'	0,2	180348	581183
5	Eelde	280	53°08'	06°35'	3,5	235053	572507
6	Twente	290	52°16'	06°54'	34,5	258263	476483
7	Vlissingen	310	51°27'	03°36'	8,0	30775	386069
8	Rotterdam	344	51°57'	04°27'	-4,8	90570	440588
9	Eindhoven	370	51°27'	05°25'	20,9	157048	384546
10	Maastricht	380	50°55'	05°47'	114,0	182858	325288



Figuur 7 Overzicht meteorologische stations KNMI

3.3.2 Meteorologische variabelen

De meteorologische variabelen, die nodig zijn in het warmtebalans model om de watertemperatuur te bereken, zijn: windsnelheid, windrichting, luchttemperatuur, luchtdruk, luchtvochtigheid, globale straling en zonneshijnduur. De gegevens van deze variabelen komen, op globale straling na, uit de KNMI website en zijn op dagbasis verzameld voor de periode 2001-2006. De dagwaarden van globale straling voor de 10 stations zijn door RIZA digital aangeleverd en dekken de periode 2000-2005.

Tabel 4 Meteorologische variabelen voor het bereken van de natuurlijke achtergrondtemperatuur

Variabele	Eenheid KNMI	Delwaq Naam	Delwaq Eenheid	Conversie
Globale straling	J.cm ⁻²	Rad	W.m ⁻²	1.0/8.64
Windsnelheid	0.1 m.s ⁻¹	VWind	m.s ⁻¹	0.1
Windrichting	degrees	WinDir	degrees	1.0
Luchtvochtigheid	%	RelHum	%	1.0
Luchttemperatuur	0.1 °C	AirTemp	°C	0.1
Luchtdruk	0.1 hPa	AirPres	mbar	0.1
Zonneschijnduur	0.1 hour	SQ	hour	0.1

3.4 Warmtelozingen

Inventarisatie van de warmtelozingen door bedrijven is uitgevoerd door DHV (DHV, 2006). De inventarisatie is uitgevoerd per regionale directie. Alleen de bedrijven die een noemenswaardige warmtelast lozen zijn beschouwd.

De inventarisatie is in principe op twee bronnen gebaseerd:

- een warmtelast over de verschillende meetpunten berekend volgens het lozingsprincipe van het bedrijf.
- per meetpunt een warmtelast uit de WVO-database.

Voor de aannames die bij het berekenen van de warmtelast zijn gedaan wordt verwezen naar de DHV inventarisatie. De warmtelast betreft afhankelijk van de beschikbaarheid van de gegevens de vergunde of een gemiddelde lozing.

Om de warmtelozingen in het model te kunnen invoeren moeten ze in MW/4.2 (zie paragraaf 2.4) worden opgegeven. De volgende vergelijking wordt gebruikt om warmtelast, debiet en temperatuurverhoging aan elkaar te relateren:

$$\Delta T \times Q = WL \times \frac{1.000.000}{c_p * \rho}$$

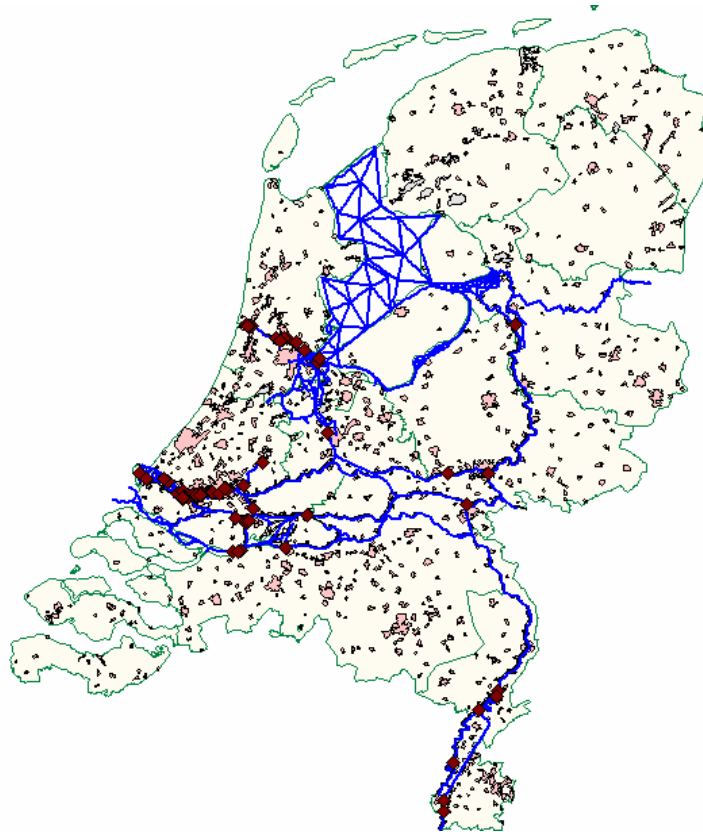
waar ΔT de temperatuurverhoging (°C) en Q het debiet van de lozing (m³.s⁻¹) zijn, WL de warmtelast (J/s), c_p de warmtecapaciteit van water (4200 J.kg⁻¹.K⁻¹) en ρ de dichtheid van water (1000 kg.m⁻³).

Merk op dat bovenstaande vergelijking laat zien dat de warmtelast/4.2 feitelijk equivalent is met het product van de temperatuurverhoging (ΔT) en het lozingsdebiet (Q), respectievelijk uitgedrukt in °C en m³ s⁻¹.

Tabel 5 Gegevens van de warmtelozingen zoals zijn toegevoegd aan het Landelijk Temperatuurmodel. De tabel presenteert in de kolommen achtereenvolgens de volgende gegevens van de lozing: volgnummer (1), naam zoals gebruikt in de inventarisatie door DHV (2), de id (3) en naam (4) van de sobek locatie waaraan de lozing is toegekend, x (5) en y(6) coördinaten van de lozing en de warmtelast van de lozing (7). De warmtelast in kolom 7 is in geschat door DHV (2006) en betreft afhankelijk van de beschikbaarheid van de gegevens de vergunde of de gemiddelde lozing.

	NAAM	SOBEK ID	LOCATIE	X	Y	Warmte Last (MW)
1	AEB UIT	AEB1415	NZK	115440	492370	314
2	Air Products	AIRPROD	Chemiehaven	78503	432699	3
3	Air Products Nederland Pernis	AIRPRPERNIS	Nieuwe Maas	81888	434194	88
4	Akzo	AkzoNobel_N	Chemiehaven	78503	432699	
5	Akzo Nobel Base Chemicals	AkzoNobel_Z	Chemiehaven	78350	432129	75
6	Albemarle	ALBEMARLE	Het IJ	124155	488540	3.5
7	Amsterdam fertilizers UIT	AMSFERTILIZERS	Mercuriushaven NZK	120010	490872	3.5
8	ATM	ATM	Hollandsch Diep	100344	412235	4.5
9	Atofina (Cerexagri)	ATOFINA	Nieuwe Maas	82580	434255	4.1
10	AVR-Rotob	ROTEBKW	Maashaven	92245	434394	84
11	AZN (AVI-Moerdijk)	AZN	Hollandsch Diep	99000	410994	6.1
12	Boskalis Dolman (NBM- Bodemsanering)	BOSDOLMAN	Nieuwe Maas	86238	434928	2.5
13	Cabot B.V. (vh. Ketjen Carbon)	CABOT	St. Laurens haven	78101	434524	38.9
14	Carbon Black Nederland (Carblane)	CARBLANE	Chemiehaven	78626	433154	45
15	Cargill Margarinefabrieken B.V.	CARMARGARINE	Botlekhaven	78969	433281	8
16	Cargill Multiseed	CARMULTI	Amerikahaven	113145	491910	1
17	Cargill Soja	CARGILL SOJA	Mercuriushaven	119525	490497	15
18	Centrale Gelderland UIT	GELDERLAND	Waal (haventje)	185706	430216	794
19	Clauscentrale Roermond uit	CLAUSCENTRALE	Maas (haventje)	191500	351600	1680
20	Corus Staal UIT 1	CORUS 0100	Staalhaven	102355	499145	390
21	Corus Staal UIT 2	CORUSSTAAL2	Staalhaven	102560	499105	
22	Corus Tubes (vhHoogovens Buizen)	CORUSTUBES	Develhaven	102287	424418	4.5
23	Crown van Gelder UIT	CROWN GELDER	NZK	104162	497752	8.9
24	De Kleef via AWZI	KLEEFSE	IJssel	193967	442199	5
25	DSM Agro UIT 1	DSM AGRO 0300	Staalhaven/binnenkanaal	103010	499000	56
26	DSM Agro UIT 2	DSMAGRO2	1-rijksbinnen haven	102520	498450	
27	DSM Food	DSMFOOD	Wim Thomassenhaven/NZK	116380	493950	1
28	DSM-Special Products	DSMSPECIAL	Botlekhaven	78158	433423	3.8
29	E.ON - Galileistraat	EONGALILEI	Keilehaven	89104	435898	156
30	E.ON - Maasvlakte	EONMAAS	Europahaven	61571	442595	7
31	E.ON-Roca	EZHROCA	Hollandsche IJssel	100992	437929	2.3
32	ENCI	ENCI		176830	314800	5.796
33	Essent (WKC-Moerdijk)	WKCMOERDIJK	Hollandsch Diep	99117	411922	322
34	Essent-Amer	EPZAMER	Amer	117183	413304	1545
35	Essent-Donge	EDONGLE	Amer/Donge	117183	413304	105.8
36	Exxon Chemical Holland Inc. (ROP)	EXXONCHEMICAL	Wezerhaven	72378	438881	48.6
37	Fundia Nedstaal/Ovako Wire	FUNDIA	Noord	105133	429203	20
38	Grootint (Zwijndrecht)	GROOTINT	Drechthaven;Develhaven	101886	424770	8
39	Hercules	AQUALON	Oude Maas/Develhaven	101704	424142	12
40	HIWA Rotterdam Port Cold Stores	HIWA	IJsselhaven	89745	435734	4.2
41	Hoekloos (vh. Cryoton/Akzo)	HOEKLOOS	St. Laurens haven	78101	434524	77
42	Hunter Douglas Europe B.V.	HUNDOUGLAS	Nieuwe Maas	94891	436037	10
43	Huntsman (vh ICI Holland B.V.)	HUNTSMAN	Brittanniëhaven	76173	434544	5
44	IJsselcentrale UIT	HARCULO	IJssel (haventje)	203800	498300	670
45	Kappa Roermond	KAPPA ROERMOND	Maas km 14,317	196700	358200	5
46	KerrMcGee (vh Kemira Pig/Tiofine)	TIOFINE	Nieuwe Waterweg	78361	435212	33.7
47	Kuwait Oil Raffinaderij B.V.	KUWAITOIL	5e Petroleumhaven	70940	439710	39
48	Lage weide LW6	NUON LAGERWEIDE	ARK	133142	457467	200
49	Merwedecentrale M10/11/12	NUON MERWEDE	ARK	133770	457416	355
50	N.V. Afvalverwerking Rijnmond	AVRNV LAUREN	Laurens haven	78371	434671	370
51	N.V. Afvalverwerking Rijnmond	AVRNV NWATERWEG	Nieuwe Waterweg	78638	435064	
52	N.V. Nederlandse Gasunie	NLGASUNI	Mississippihaven	64474	440049	20.5

NAAM	SOBEK ID	LOCATIE	X	Y	Warmte Last (MW)
53 Nestle (vh. Carnation)	NESTLE	Boven Merwede	125120	426760	5.5
54 Norske SKOG UIT mtp2/3/4	NORSKE	Nederrijn (haventje)	178575	442440	64
55 NUON Diemen UIT1	DIEMEN IJMEER		129690	484050	249
56 NUON Diemen UIT2	DIEMEN AMS		129400	483900	
57 NUON Power Buggenum WAC uit	NUONBUGGE	Maas (haventje)	195700	359800	308.7
58 Odfjell (vh. Paktank Botlek)	ODFJELL	3e Petroleumhaven	80844	433229	15
59 RECV (Intergen)	RECV	2e Petroleumhaven	84112	433817	9
60 Resolution Europe BV	RESOPER	1e Petroleumhaven	83564	432948	88
61 ROMI	ROMI	Wilhelminahaven	84008	435661	4.32
62 SABIC (voormalig DSM) uit	SABIC	Maas km 36,02 (Grensmaas)	180660	333000	30
63 Sappi B.V.	SAPPI	Maas km 80,970	176700	318550	7
64 Shell Ned. Chemie Moerdijk	SHELLMOERDIJK	Hollandsch Diep	97742	411657	970
65 Shell Nederland Chemie B.V.	SHELLPERNIS CH1	1e Petroleumhaven	83564	432948	266
66 Shell Nederland Chemie B.V.	SHELLPERNIS CH2	2e Petroleumhaven	84262	433719	40
67 Shell Nederland Raffinaderij B.V.	SHELLPERNIS RAFF1	1e Petroleumhaven	82928	433154	630
68 Shell Nederland Raffinaderij B.V.	SHELLPERNIS RAFF2	2e Petroleumhaven	84262	433719	50
69 Shin Etsu VC	SHINPER	Chemiehaven	78350	432129	100
70 Shin-Etsu PVC	SHINBOT	1e Petroleumhaven	83307	434238	20
71 SNR en SNC metroriool	SNR SNC	1e Petroleumhaven	83564	432948	219
72 Suiker Unie	SUIKERUNIE	Oude Maas	98276	425020	65
73 SVI-Moerdijk (slibverbr.)	SVIMOE	Hollandsch Diep	99117	411922	1.5
74 Unichema	UNICHEMA	Hollandsche IJssel	108596	446575	10.8
75 Unilever Bestfood Ned. BV	UNILEVER	Koningshaven	94385	436611	15.6
76 Unimills	UNIMILLS	Oude Maas	103421	424397	11
77 Velsen Centrale V25 UIT	NUON VELSEN25	binnenkanaal	103230	498250	
78 Hemweg Centrale UIT	HEMWEG	Jan van Riebeeckhaven NZK	118126	491100	1340
79 Velsen Centrale V24 UIT	NUON VELSEN24	binnenkanaal	103200	498650	585



Figuur 8 Positie van de 79 warmtelozingen opgenomen in het landelijk temperatuurmodel

3.5 Simulatieperiode

Voor een goede verificatie is het nodig om berekeningen te maken voor perioden waarin de sturende variabelen voor de watertemperatuur behoorlijk verschillen. Daarbij is gezocht naar periodes die karakteristiek zijn voor hoge en voor lage afvoer in combinatie met verschillende weersomstandigheden die leiden tot hoge en lage watertemperatuur.

Op basis van onderstaande argumenten en de wens om de simulatie tot vier volledige aaneengesloten jaren te beperken is de keuze voor de verificatie periode gevallen op de jaren 2001 tot en met 2004.

Bij de keuze van de verificatieperiode hebben de volgende argumenten een rol gespeeld:

- beschikbaarheid van invoergegevens voor het model en data voor de verificatie ervan;
- de rekentijd van de modelsimulatie (deze bedraagt op een moderne PC (4GHz AMD processor) 18 uur voor de waterbeweging en 18 uur voor de berekening van de waterkwaliteit)
- het voorkomen van extremen in rivierafvoeren en meteorologie in de zomerperiode, dit om de robuustheid van het model te onderzoeken;
- de voorgeschreven verificatieperiode in het door RIZA parallel uit te besteden project “verificatie van de waterkwaliteit van het nationaal SOBEK model”.

- Omdat gegevens van warmtelozingen pas sinds 2000 digitaal beschikbaar zijn, is het mede gezien de doorlooptijd van het project niet haalbaar om een verificatieperiode vóór het jaar 2000 te kiezen.
- Omdat op www.waterbase.nl op dit moment slechts gegevens tot en met het jaar 2004 online beschikbaar zijn, valt het jaar 2005 ook af voor de verificatie.

In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de meteorologische omstandigheden en de zomerafvoeren van Maas en Rijn gedurende de afgelopen acht jaar. Uit deze tabel volgt dat de jaren 2003 en 2004 op basis van hun extreme, respectievelijk lage en hoge, afvoer in de verificatieperiode opgenomen moeten worden. De zomers van deze twee jaren zijn ook opgenomen in de verificatiestudie van de waterbeweging. Als gemiddelde hydrologische zomer kunnen de zomers van de jaren 2000 en 2001 dienen.

Voor wat betreft de meteorologie is er voldoende keuze voor warme en extreem warme jaren. Koele, sombere jaren zijn deze eeuw nog niet voorhanden. Het jaar 2000 komt naar voren als beste keuze voor een jaar met gemiddelde meteorologische zomer (luchttemperatuur en zonneshijn) maar heeft als nadeel dat de Maas relatief een hoge afvoer heeft. Het jaar 2002 is voor wat betreft zonneshijn ook een gemiddeld jaar maar is daarbij bovengemiddeld warm. Het heeft in tegenstelling tot het jaar 2000 wel gemiddelde afvoeren in de zomer. Het jaar 2000 is daarnaast gebruikt in de studie naar de potentiële koelcapaciteit (DHV en WL, 2005).

Tabel 6 Meteorologische omstandigheden en zomerafvoeren van Maas en Rijn van de laatste 8 jaar

jaar	temperatuur	zonneshijn	neerslag	zomer debiet Maas*	zomer debiet Rijn*
1998	zeer warm	somber	zeer nat		
1999	warm	zonnig	normaal	laag (3)	hoog (2)
2000	gemiddeld	gemiddeld	gemiddeld	hoog (2)	
2001	warm	zonnig	nat		
2002	warm	gemiddeld	nat		
2003	zeer warm	record zonnig	extreem droog	laag (2)	laag (1)
2004	vrij warm	gemiddeld	uitzonderlijk nat	hoog (1)	hoog (1)
2005	gemiddeld	gemiddeld	nat		

* tussen haakjes het rangnummer van de laatste 10 jaar

4 Verificatie landelijk temperatuurmodel

4.1 Veldmetingen

De huidige meetset is verkregen uit centraal en decentraal Donar en is door RIZA (Ton Visser) aan WL aangeleverd in de vorm van spreadsheets. Van de aangeleverde meetlocaties liggen er om en nabij 107 in wateren die voor het nationaal temperatuurmodel relevant zijn, dat wil zeggen binnen de schematisatie van het model. In Tabel 7 zijn de betreffende wateren gegeven.

Tabel 7 Wateren die voorkomen in de metingen-database voor de verificatie van het model. In kolom 3 is het aantal bemeten locaties in de betreffende watergang weergegeven

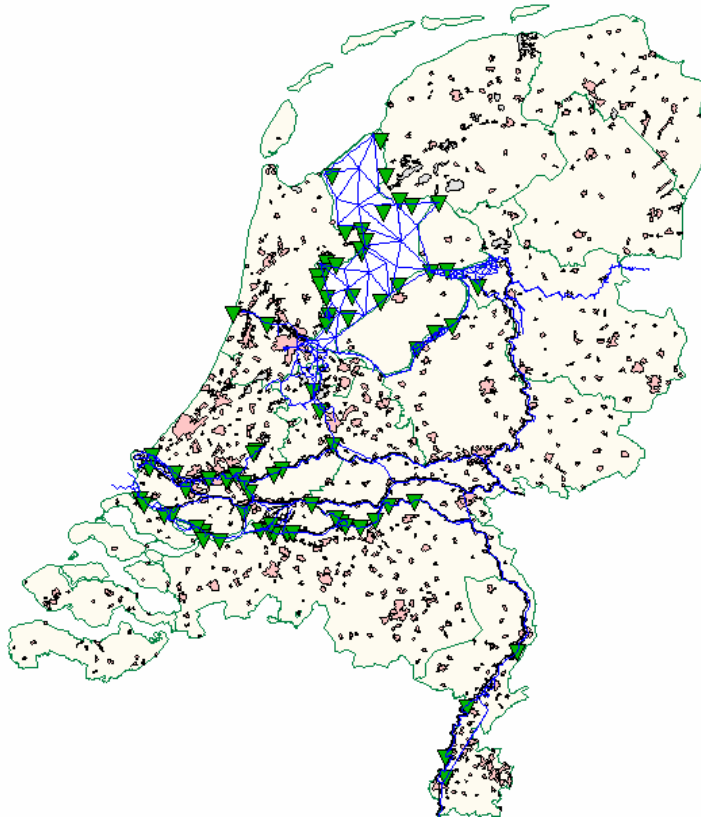
Naam water	Code	Aantal Locaties bemeten
Afgedamde Maas	AFGDDMS	6
Amsterdam-Rijnkanaal	AMSDRKNL	3
Bergse Maas	BERGSMS	1
Bovenmerwede	BOVMWDE	1
Babantsche Biesbosch	BRABSBBH	7
Caland Kanaal	CALKNL	1
Dortse Kil	DORDTSKL	1
Eemmeer	EEMMR	1
Hartelkanaal	HARTKNL	2
Haringvliet	HARVT	14
Hollands Diep	HOLLDP	2
Hollandse IJssel	HOLLSIJSL	9
Hollandse Kust	HOLLSKT	2
IJssel	IJSSL	1
IJsselmeer	IJSSMR	14
Julianakanaal	JULANKNL	1
Ketelmeer	KETMR	4
Lek	LEK	4
Maas	MAAS	18
Markermeer	MARKMR	12
Nieuwe Maas	NIEUWMS	3
Nieuwe Waterweg	NIEUWWTWG	3
Noord	NOORD	1
Noorzeekanaal	NOORDZKNL	1
Rijn	Rijn	1
Veluwemeer	VELWMR	2
Wolderwijd	WOLDWD	1

Het aantal beschikbare waarnemingen is groot en de variatie over alle gemeten locaties is behoorlijk groot. Dat betekent dus dat er ruimtelijke gradiënten in temperatuur voorkomen: op een bepaald moment in de zomer varieert de watertemperatuur in de gemeten wateren in Nederland in de orde van 4 graden. Als er zulke gradiënten in een plaats voorkomen moet verificatie op basis van deze metingen mogelijk zijn. Daarmee lijkt de beschikbare meetset geschikt om verificatie van het model uit te voeren.

In Figuur 9 valt op dat de meetpunten niet homogeen over de waterlopen zijn verdeeld. Vooral in de volgende watersystemen wordt op relatief weinig locaties gemeten:

- Overijsselse Vecht;
- Zwarte water;
- IJssel;
- Bovenloop van de Rijn (Nederrijn);
- Utrechtse Vecht;
- Amstelboezem;
- Bovenloop Waal (voor inname ARK);
- Bovenloop Maas vanaf Belfeld (voor MaasWaal kanaal).

Relatief weinig meetpunten betekent niet dat er automatisch meer punten moeten komen. Voor de grote rivieren correleren de benedenstroomse meetstations vaak goed met de bovenstroomse gemeten randen bij Lobith en of Eijsden.



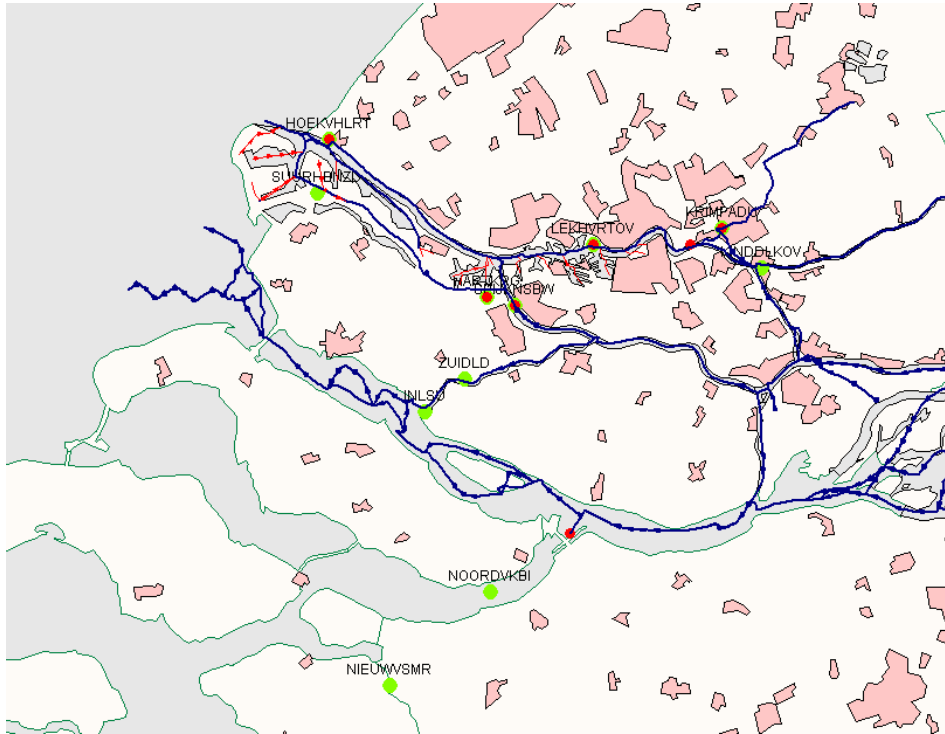
Figuur 9 Kaart met meetlocaties waar veldmetingen van oppervlaktetemperatuur beschikbaar zijn voor de simulatieperiode 2001-2004

In de toegeleverde meetset zijn ook temperatuurmetingen beschikbaar op verschillende diepten in het watersysteem. De locaties waarvoor dieptemetingen beschikbaar zijn, zijn afgebeeld in Figuur 10 en weergegeven in Tabel 8.

In Tabel 8 is voor de locaties aangegeven op welke diepte er temperatuurmetingen beschikbaar zijn. In de validatie (zie 4.3.2) is het verschil tussen oppervlakte en meting op diepte uitgezet. Daarbij is voor de dieptemeting de waarneming op de grootste diepte gebruikt.

Tabel 8 Waterdiepte waarop temperatuurmetingen beschikbaar zijn voor de simulatieperiode

Lokatiecode	Diepte (cm) van de temperatuurmeting
ALBSDRTOV	-200
BEERPLKOV	-200
BEERPLWL	-250
BRIENOBRTOVR	-250
BRIENOBRTOVR	-650
HARTKRG	-450
HARTKRG	-820
HOEKVHLRTOVR	-250
HOEKVHLRTOVR	-450
HOEKVHLRTOVR	-900
INLSU	-500
KINDDLKOV	-500
KRIMPADIJSLK	-400
KRIMPADIJSLK	-550
LEKHVRTOVR	-250
LEKHVRTOVR	-500
LEKHVRTOVR	-700
MIDDHNSMB	-200
MIDDHNSMB	-800
SPIJKNSBWTBK	-250
SPIJKNSBWTBK	-450
SPIJKNSBWTBK	-900
SUURHBNZDE	-250
SUURHBNZDE	-450
ZUIDLD	-300
WIELDRTOV	-250
VOLKRSZSSHLD	-700



Figuur 10 Kaart met meetlocaties waar veldmetingen van temperatuur op verschillende dieptes beschikbaar zijn voor de simulatieperiode 2001-2004

4.2 Waterbeweging en herkomst van water

Om de geldigheid van het nationale model voor diverse situaties aan te tonen is door Riza een verificatie studie uitbesteed waarbij zowel aandacht besteed wordt aan hoogwatersituaties, aan normale omstandigheden en aan laagwatersituaties. De berekeningen worden vergeleken met waargenomen waterstanden/debiten.

De geplande validatiestudie voor de waterbeweging heeft tijdens het uitvoeren van onderhavige studie nog geen informatie over de kwaliteit van het hydrodynamische model opgeleverd.

Het in deze studie gebruikte hydrodynamische model is derhalve niet gevalideerd!

4.2.1 Feiten waterbeweging uit RIZA (2005)

Onderstaande feiten zijn gebaseerd op resultaten van de studie waarin het Nationaal Sobekmodel gemaakt is (RIZA, 2005).

- De huidige deelmodellen van de Rijntakken en Maas zijn met hoogafvoeren getest, de overige deelmodellen zijn getest zowel voor hoogafvoer- als voor stormsituaties.

- De prestatie van het waterbewegingsmodel voor de Rijntakken, het Noordelijk Deltabekken en de Maas komt overeen met die van regionale modellen, en daarmee voor hoogwatersituaties waarschijnlijk betrouwbaar zijn. Bij lage afvoer zijn in de omgeving van de stuw Driel afwijkingen in de waterstand waargenomen.
- In het IJsselmeer, de IJssel-Vechtdelta en het Markermeer wordt de opwaaiing en afwaaiing in het algemeen goed door het nationale SOBEK-model gevolgd.
- Vergelijking met meetgegevens in het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal geeft aan dat het model in dat gebied redelijk nauwkeurig is, maar er zijn onvoldoende meetgegevens beschikbaar om een definitieve uitspraak te doen. De stadswateren van Amsterdam zijn zeer primitief geschematiseerd. De toepasbaarheid van het ARK model is daar beperkt.

Bovenstaande observaties geven géén garantie dat de waterbeweging bruikbaar is voor toepassing in het landelijk temperatuurmodel: Daarvoor zijn drie belangrijke redenen: (i) niet alle deelgebieden zijn gevalideerd, (ii) validatie heeft niet plaatsgevonden in perioden met normale of en laagwater afvoeren en (iii) validatie van de waterstand alleen is onvoldoende, voor toepassing t.b.v. waterkwaliteit moet ook validatie van debieten en of zoutgehalten plaatsvinden.

4.2.2 Observaties huidige studie

In de onderhavige studie zijn berekende waterstanden niet met gemeten waterstanden vergeleken, er is wel geconstateerd dat het peil in het model globaal klopt.

Tijdens het uitvoeren van de studie en de berekeningen met het model is het volgende geconstateerd:

- het waterpeil in het IJsselmeer ligt rondom NAP
- de waterstanden in de Maas (langsprofiel) lijken realistisch
- de sturing van de stuw bij Amerongen is verbeterd
- het debiet over het traject Lobith Hoek van Holland is realistisch
- het debiet over het traject Lobith Nieuwe Waterweg is realistisch
- het aantal kunstwerken in en rondom Amsterdam is groot en de instelling en functioneren ervan zijn niet gecontroleerd
- er wordt geen water ingelaten in het ARK (Betuwepand) waardoor omkering van de stoomrichting in het ARK kan optreden
- de waterbeweging van de Vecht is niet goed
- de waterbeweging/waterbalans van het Markermeer is niet bekeken

4.2.3 Resultaten fractieberekeningen

Het model berekent de herkomst van water uit de volgende bronnen (zie ook Figuur 6 in paragraaf 3.2):

- Initieel water (water dat bij de start van de simulatie overal aanwezig is);
- Laterale instroom;
- Noordzee water;
- Overige rivierranden van het model (met onderscheid in groot en kleiner debiet).

In Figuur 11a is de fractie water afkomstig uit laterale debieten te zien (gemiddelde voor de simulatie periode). Te zien is dat in het beheersgebied van Amstel Gooi en Vecht en in de randmeren het aandeel water afkomstig uit laterale debieten gemiddeld erg hoog is. De bijdrage van de laterale debieten is ook nog van belang voor het Markermeer, het Noordzeekanaal en de benedenloop van de Maas (Roermond-Keizersveer). Voor al deze gebieden zijn dus randen (laterale instromingen) in het model aanwezig waarvoor meetwaarden van de temperatuur ontbreken(!). Het resultaat voor de temperatuurmodellering wordt mede bepaald door de mate waarin de werkelijke temperatuur van het laterale debiet overeenstemt met de gemeten watertemperatuur bij Lobith. Voor overige gebieden is dit van ondergeschikt belang.

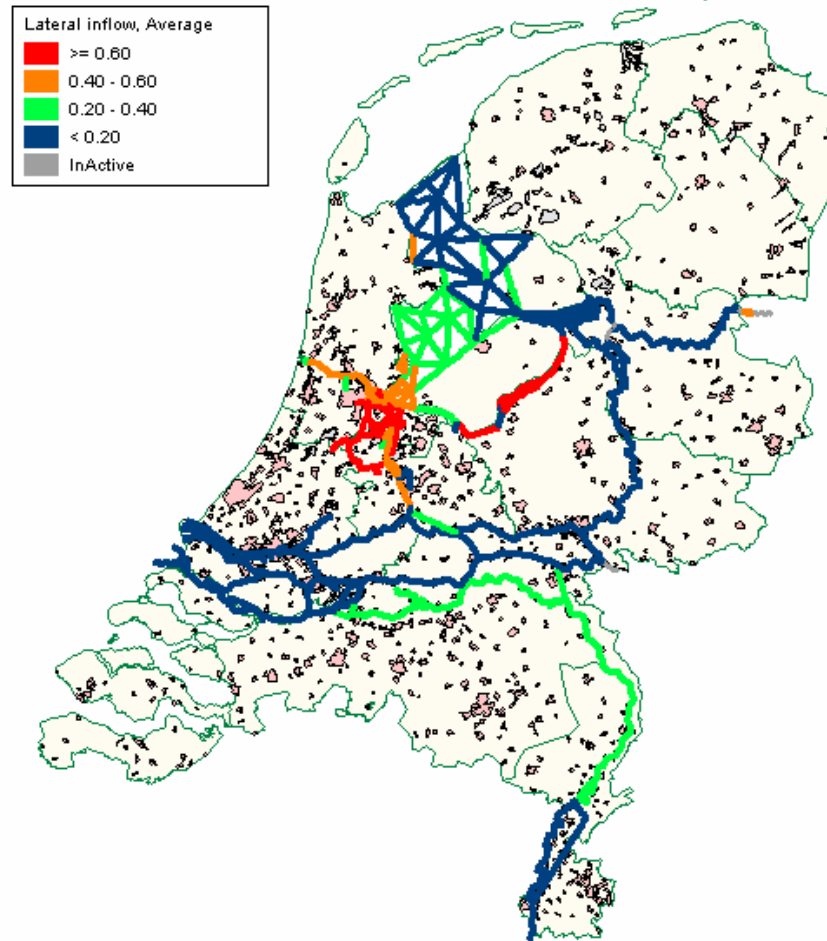
In Figuur 11b is voor een aantal locaties de fractie van de belangrijkste bronnen van water gedurende de simulatieperiode (2001-2004) weergegeven. De figuur illustreert dat het beeld -zoals te verwachten- sterk verschilt voor verschillende locaties. Voor de Maas is mooi te zien dat 's zomers het aandeel lateraal debiet zo'n 50% bedraagt. In de zomer van 2003 loopt dit aandeel op tot 80%.

In Figuur 11c is de fractie Noordzee water in het landelijk temperatuurmodel gemiddeld over de simulatie periode 2001-2004 weergegeven. Uit de fractie Noordzee water is het zoutgehalte te berekenen.

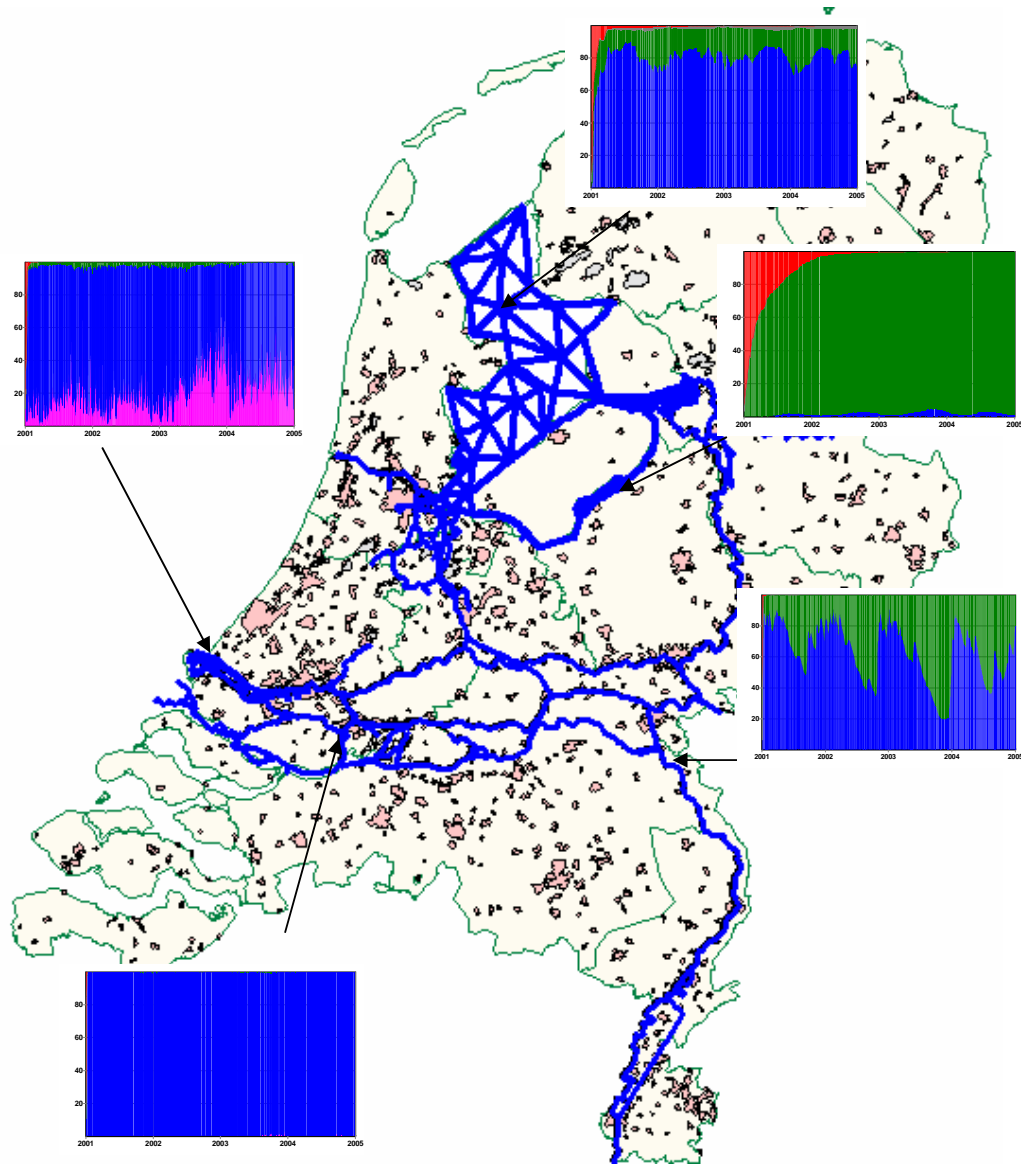
Sobek berekent in de waterbeweging geen zout (1D) en daarmee worden dichtheidseffecten, het binnendringen van een zouttong en daarmee gepaard gaande turbulente menging niet expliciet beschreven. Tijdens de berekening van de waterkwaliteit dringt zout (chloride) vanuit de zeerand het systeem binnen, enerzijds als gevolg van het oostwaarts gerichte vloed debiet (advectief transport) anderzijds ook als gevolg van dispersief transport als gevolg van de steile concentratiegradiënt (zee vs rivier). De grootte van de opgelegde dispersiecoëfficiënt bepaalt de mate van indringing van zout (en dus ook van temperatuur!). In de Sobek RE bestond een voorziening die, afhankelijk van stroomsnelheid, waterdiepte, chezy en getijdeperiode een plaatsafhankelijke dispersie berekende (Tatcher-Harleman formule). Die voorziening bestaat (nog) niet in Sobek River. Daarom is de zoutindringing grofweg handmatig ingeregeld, het resultaat met $50 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ is afgebeeld in Figuur 11c en lijkt een redelijke schatting.

In droge zomers (met name 2003) dringt Noordzee water verder de delta binnen (zie Figuur 11d).

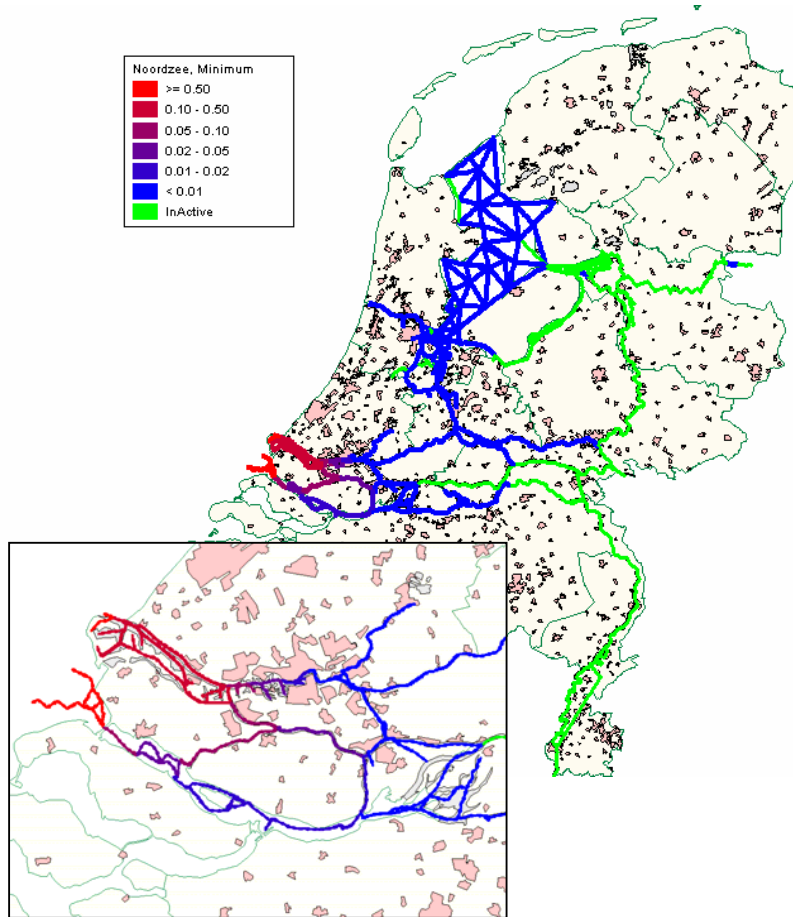
Aanbevolen wordt om zoutgehalten die door het waterkwaliteitsmodel zijn berekend te vergelijken met gemeten zoutgehalten. Op die manier kan de dispersie in het model worden gekalibreerd.



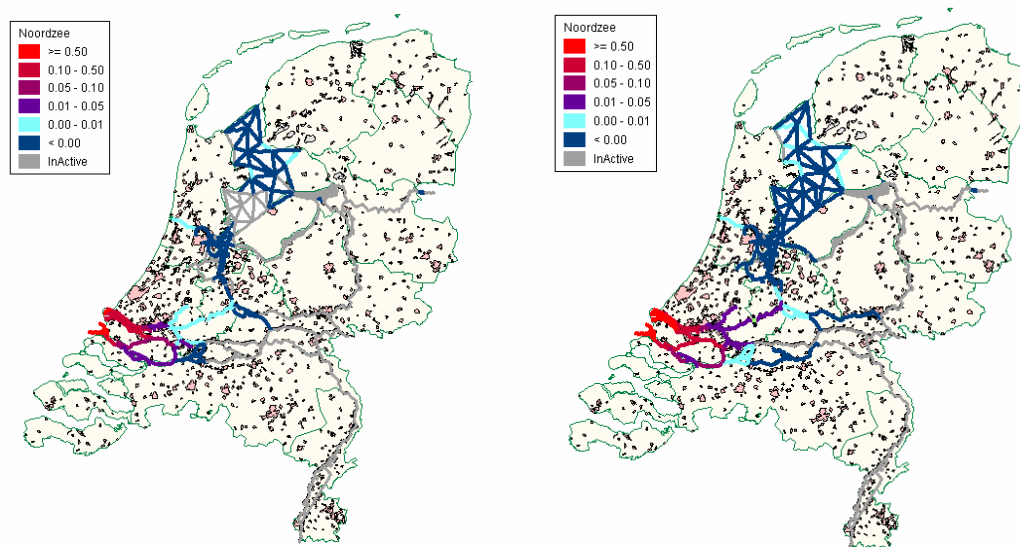
Figuur 11a Gemiddelde fractie (0-1) van het water dat afkomstig is uit laterale toestroming over de periode 2001-2004



Figuur 11b Fracties (0-1 op de y-as) water afkomstig van bovenstroomse modelranden (blauw en grijs), laterale debieten (groen), initieel water (rood) en Noordzee water (paars) op een aantal locaties voor de simulatieperiode 2001-2004



Figuur 11c Fractie water afkomstig van de Noordzee (0-0.5) gemiddeld over de simulatie periode 2001-2004. Het deltagebied rondom Rotterdam is uitvergroet



Figuur 11d Fractie water afkomstig van de Noordzee in augustus 2001 (links) en in augustus 2003 (rechts). De fractie donkerblauw is kleiner dan 0.001

4.3 Resultaten voor temperatuur

Het doel van deze verificatiestudie is om:

- een beoordeling van het functioneren van het model te geven;
- een lijst van waarschijnlijke oorzaken van het al dan niet goed functioneren en aan te bevelen hoe het model verbeterd kan worden.

Geprobeerd zal worden om de discrepantie tussen model en metingen terug te voeren op onzekerheden in de modelinvoer. Daarbij spelen de volgende modelaspecten een rol:

1. de afvoeren en afvoerverdeling en menging van water;
2. de lozingen (relatief ondergeschikt);
3. de invloed van afkoeling/opwarming (het stralingmodel);
4. de gebruikte randvoorwaarden van het temperatuurmodel (zeerand, lateralen).

In de volgende twee paragrafen wordt het functioneren van het model beschreven.

4.3.1 Model ten opzichte van metingen in toplaag

In figuur 12 tot en met 17 zijn de modelresultaten per cluster van locaties vergeleken met metingen. In totaal zijn dit meer dan 40 locaties. Per cluster wordt telkens het volgende gepresenteerd:

- a. een kaartje van de ligging van de meetlocaties en van de warmtelozingen
- b. per locatie een tijdsreeks over de hele simulatieperiode van 4 jaar (2001-2004) waarin naast metingen en modelresultaat ook het aandeel van de geloosde warmte en de afwijking tussen model en meting te zien zijn
- c. per locatie de afwijking tussen model en metingen in een grafiek per maand uitgezet. De simulatieperiode bedraagt 4 jaar dus zijn er in principe metingen van 4 jaren beschikbaar voor de berekening (dus b.v. vier januari maanden etc.). De afwijking wordt op twee manieren berekend: (i) het gemiddelde van de afwijkingen (dus het gemiddelde van positieve en negatieve waarden) en (ii) het gemiddelde van de absolute waarde van de verschillen. Beide zijn indicatoren voor het presteren van het model, waarbij (i) eerder systematische afwijkingen aantoont en (ii) eerder random onnauwkeurigheden blootlegt.
- d. per locatie de afwijking tussen model en metingen in een tabel per kwartaal. De afwijking wordt gepresenteerd als het gemiddelde van de absolute waarde van de verschillen. De tijd-dimensie is verder geaggregeerd tot kwartaal waarden.

Bij de vergelijking tussen model en metingen is een afwijking van 0.5°C als acceptabel beschouwd. Respectievelijk komen locaties in het Noordelijk Deltabekken, Zuidelijk Deltabekken, de Maas, het Amsterdam Rijnkanaal – Noordzeekanaal, het IJsselmeer en het Markermeer gebied aan bod.

Deltabekken – noordrand



Figuur 12a Meetpunten (▲) en warmtelozingen (●) in de Deltabekken noordrand

De meetpunten zijn te vinden op de Hollandse IJssel, de Lek, de Waal (BovenMerwede), de Kil, de Noord en de Nieuwe Maas.

De invloed van lozingen is erg klein voor het hele gebied. Dat is het gevolg van grote debieten en grote menging als gevolg van getijdenwerking.

Het model beschrijft de metingen in het gebied goed, de afwijkingen (Figuur 12c) liggen tussen 0.5 en 1°C of minder. De afwijkingen tussen model en meting laten nauwelijks een systematische afwijking zien (m.u.v. locatie Hoekvhlrtovr, zie paragraaf 4.3.2).

In Figuur 12b is te zien dat de afwijking voor locatie Kinddlkovr (Noord en Lek komen daar samen) wat groter is dan voor de omringende locaties. In locatie Albsdrtovr op de Noord wijken model en metingen om onbekende redenen sterk af in de periode augustus-september 2002. Het verschil loopt korte tijd op tot 5°C, erg veel om als gevolg van een lokale warmtelozing (bijvoorbeeld Fundia) te zijn veroorzaakt.

Tabel 9 Verschil in °C tussen model en meting per kwartaal in de periode 1991-1994 (gemiddelde van de absolute waarden van de verschillen)

NDB	Water	1e-kwartaal	2e-kwartaal	3e-kwartaal	4e-kwartaal
AMMSL	Lek	0.61	0.84	0.53	0.50
GROOTAMVSBSD	Lek		0.33	0.79	
KINDDLKOVR	Lek	0.58	0.69	0.85	0.80
DEMTPCPBSD	Bov. Merwede		0.44	0.54	
WIELDRTOVR	Kil	0.52	0.42	0.53	0.47
ALBSDRTOVR	Noord	0.40	0.36	0.82	0.44
KRIMPADIJSLK	H. IJssel	0.41	0.34	0.41	0.41
BRIENOBRTOVR	Nieuwe Maas	0.38	0.58	0.35	0.36
BRIENOD	Nieuwe Maas	0.64	0.61	0.75	0.51
LEKHVRTOVR	Nieuwe Maas	0.33	0.39	0.53	0.40
MAASSS	Nieuwe Maas	0.77	0.45	0.48	0.41
HOEKVHLRTOVR	Nieuwe Maas	0.43	1.54	1.17	0.59

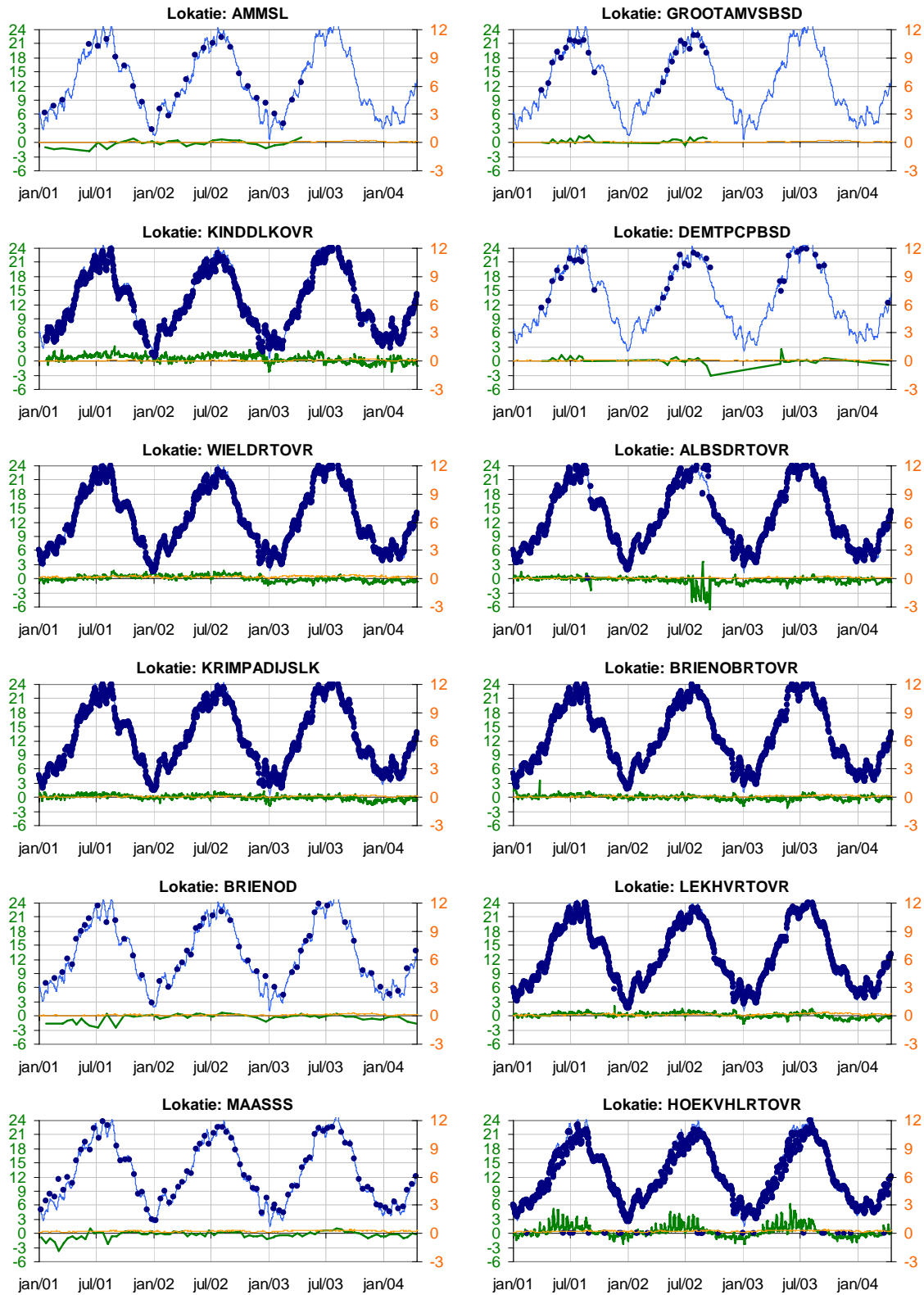


Fig. 12b Temperatuurmetingen en modelresultaten voor diverse locaties in het deltabekken Noordrand. Model en meting op linker y-as, verschil en bijdrage lozing op rechter y-as

□ meting verschil (model-meting) □ model bijdrage lozing

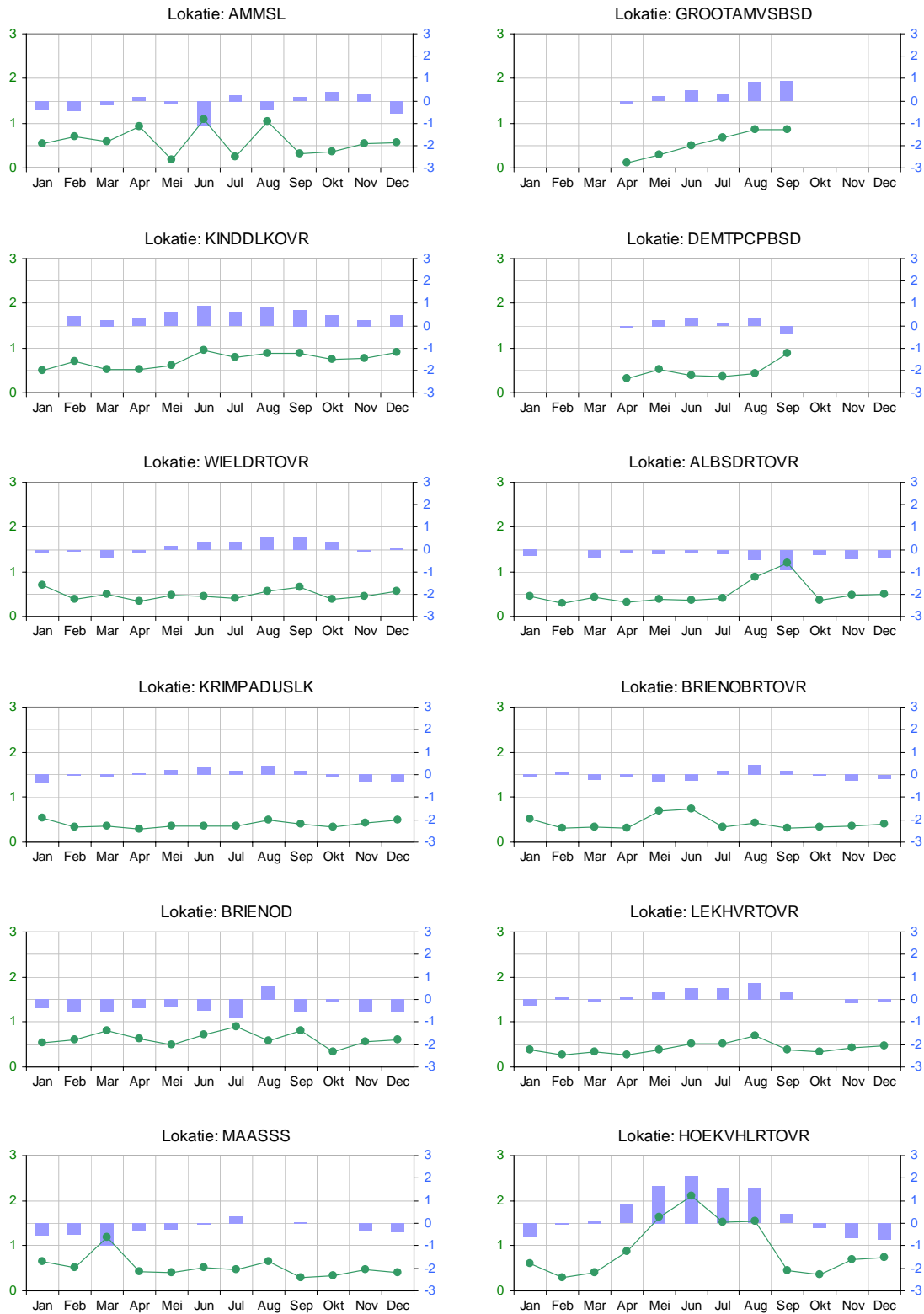
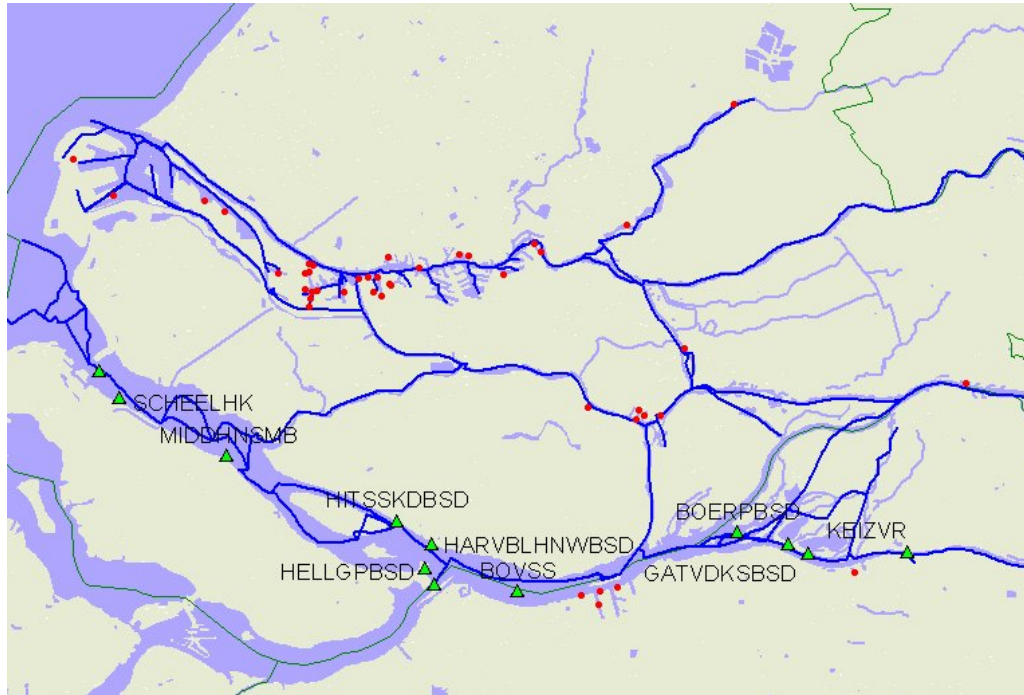


Fig. 12c Verschil tussen modelberekening en meting per maand in de periode 1991-1994 in het deltabekken Noordrand:
 gemiddelde van de absolute verschillen (linker-as) en gemiddelde van de verschillen (rechter-as)
 —•— gemiddeld absoluut verschil ■ gemiddeld verschil

Deltabekken -zuidrand



Figuur 13a Meetpunten (▲) en warmtelozingen (●) in de cluster Deltabekken zuidrand

In dit cluster liggen meetpunten in drie watergangen, de Bergse Maas, het Hollands Diep en Haringvliet. De invloed van lozingen is relatief groot in de Bergse Maas (tot 1.5°C), ook de grote lozing van Shell Moerdijk is terug te zien in bijvoorbeeld het nabijgelegen Bovss (Bovensluis) en de meetlokaties in het Hollands Diep.

Op meerdere locaties in het gebied is een systematische afwijking tussen model en metingen zichtbaar, het duidelijkst zichtbaar voor locatie Keizersveer (bijvoorbeeld in Figuur 12c). De gemeten zomerwaarden worden overschat terwijl de winterwaarden worden onderschat. Dat beeld zou verklaard kunnen worden door een te hard doorwerken van de luchttemperatuur. Luchttemperatuur werkt in het model door via het stralingsmodel maar ook via de laterale debieten (waardoor een afgeleide van de luchttemperatuur is aangenomen). Beide bronnen kunnen bijdragen aan de fout bij Keizersveer. Voor de locatie in het Hollands Diep en Haringvliet speelt lateraal debiet geen rol. De belangrijkste bron voor systematische afwijking daar is de zeerand. De watertemperatuur in onderlaag van de zeerand is in de zomer koeler en in de winters juist warmer dan de temperatuur in de toplaag. Het zeewater uit de onderlaag dringt als een zouttong de delta binnen waardoor de meetreeks van de onderlaag een betere keus is om aan het model op te leggen (zie verder 4.3.2). Overwogen kan worden om een gewogen gemiddelde van de temperatuur van de boven- en onderlaag te gebruiken.

Het model beschrijft de metingen in het gebied toch nog redelijk., de afwijkingen (Figuur 13c) liggen tussen 0.5 en 1.5°C, incidenteel meer. Door de modelrand te verbeteren zal het model de metingen in de zuidrand waarschijnlijk veel beter beschrijven.

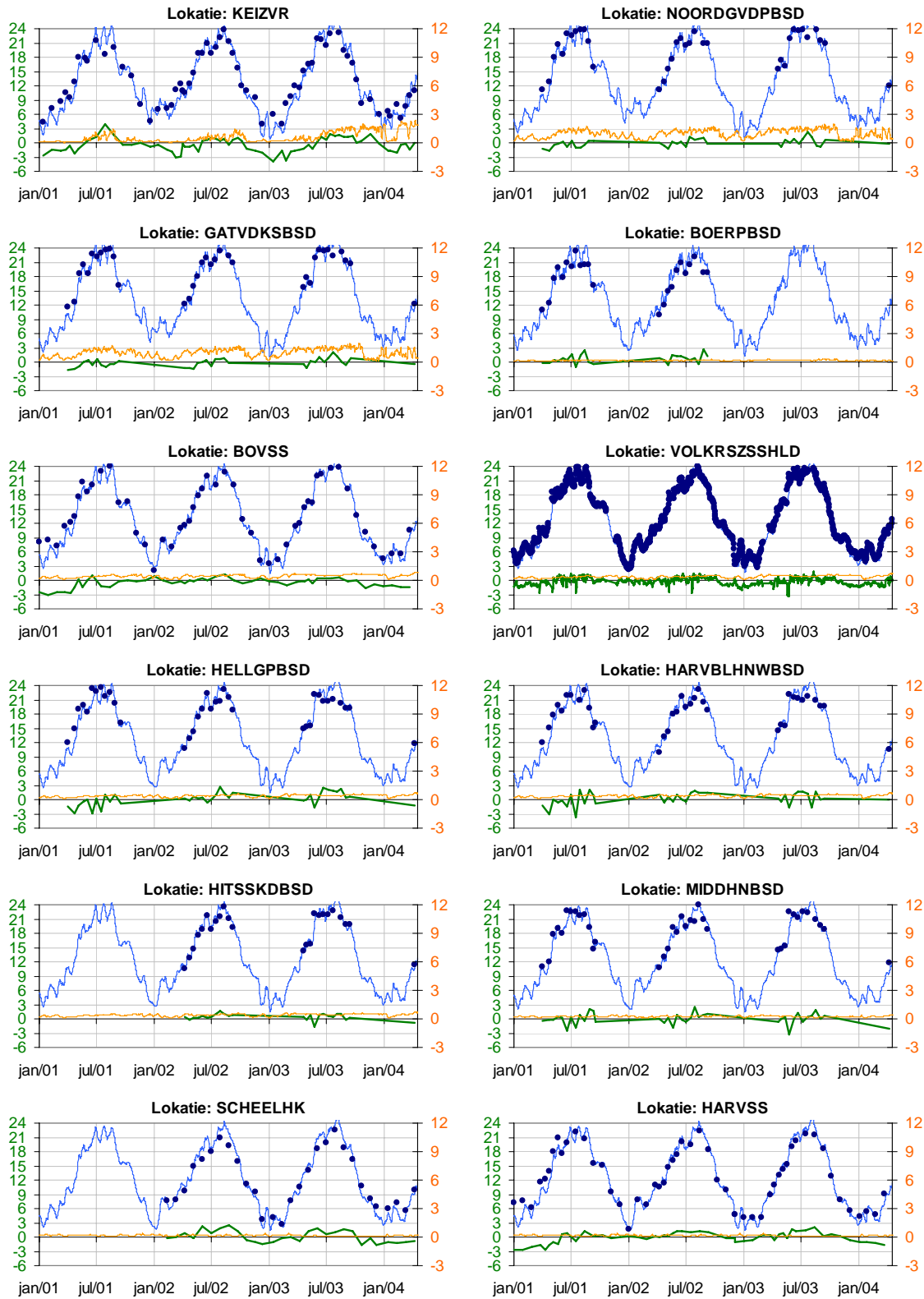


Fig. 13b Temperatuurmetingen en modelresultaten voor diverse locaties in het deltabekken Zuidrand. Model en meting op linker y-as, verschil en bijdrage lozing op rechter y-as

• meting — verschil (model-meting) — model — bijdrage lozing

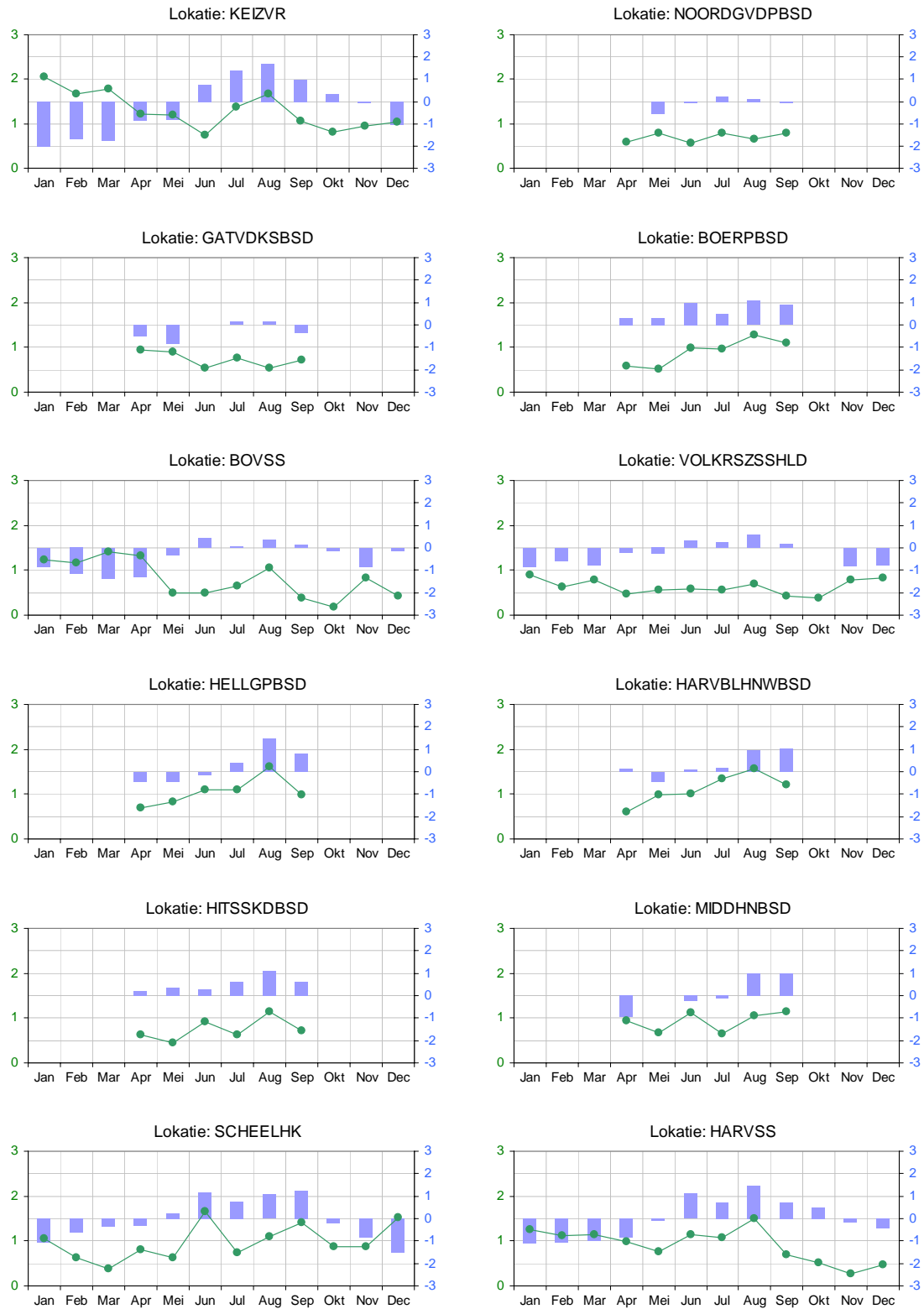
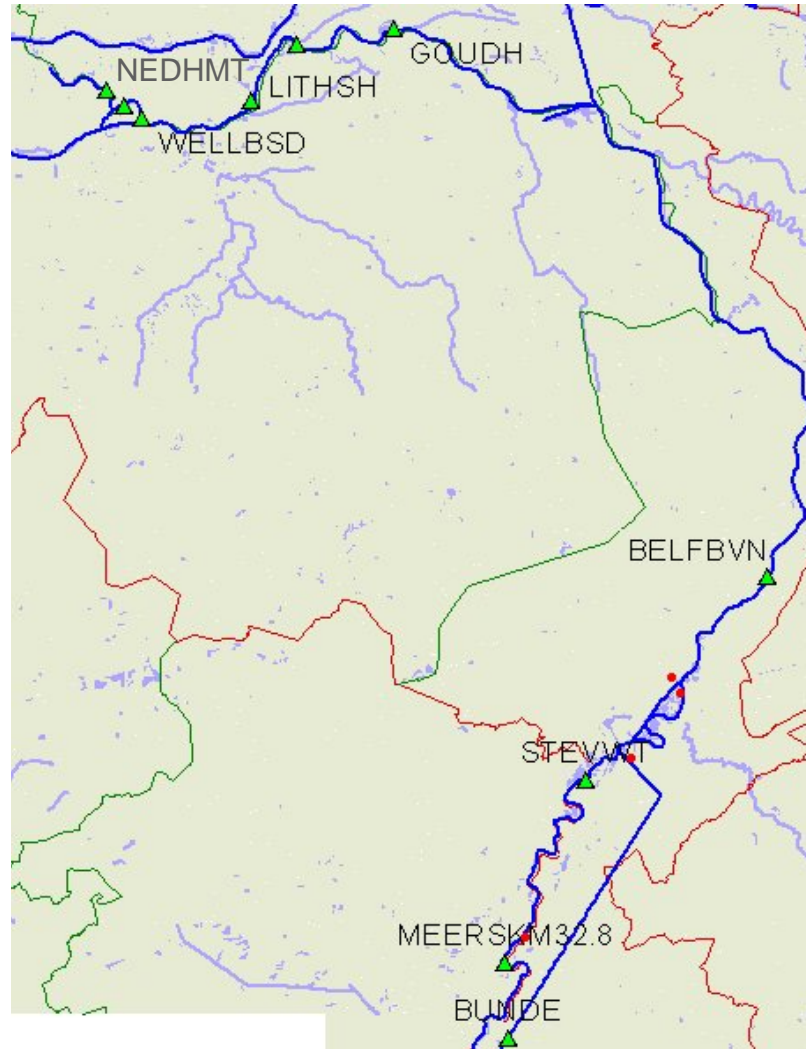


Fig. 13c Verschil tussen modelberekening en meting per maand in de periode 1991-1994 in het deltabekken Zuidrand: gemiddelde van de absolute verschillen (linker-as) en gemiddelde van de verschillen (rechter-as)
 —•— gemiddeld absoluut verschil ■ gemiddeld verschil

Tabel 10 Verschil in °C tussen model en meting per kwartaal in de periode 1991-1994 (gemiddelde van de absolute waarden van de verschillen)

ZDB	Water	1e-kwartaal	2e-kwartaal	3e-kwartaal	4e-kwartaal
KEIZVR	Bergse Maas	1.83	1.07	1.37	0.89
NOORDGVDPBSD	Bergse Maas		0.67	0.75	
GATVDKSBSD	Bergse Maas		0.78	0.68	
BOERPBSD	Bergse Maas		0.68	1.12	
BOVSS	Hollands Diep	1.28	0.73	0.69	0.49
VOLKRSZSSHL	Haringvliet	0.77	0.54	0.56	0.63
HELLGPBSD	Haringvliet		0.90	1.23	
HARVBLHNWBSD	Haringvliet		0.92	1.36	
HITSSKDBSD	Haringvliet		0.67	0.82	
MIDDHNBSD	Haringvliet				
SCHEELHK	Haringvliet	0.64	1.03	1.11	1.01
HARVSS	Haringvliet	1.17	0.94	1.09	0.41

Maas



Figuur 14a Meetpunten (▲) en warmtelozingen plaatsvinden (●) in het cluster Maas

De meetlocaties voor dit deel van het model liggen in het Juliana Kanaal, de Maas en de afgedamde Maas.

Het aandeel van lozingen is klein, alleen het effect van de energiecentrales bij Buggenem en Maasbracht zijn op locatie Belfbvn terug te zien, gemiddelde verhoging is ongeveer 1°C. In 2003 komt in de Afgedamde Maas het aandeel van de lozingen onrealistisch hoog uit, dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een artefact van de waterbeweging als gevolg van de extreem droge zomer. In die periode wordt op deze locatie ook een kleine fractie Noordzeewater gevonden. Dat geeft aan dat water vanuit het Westen te ver doordringt en dat daarmee ook warmtelozingen meekomen. De waterbeweging en dispersief transport in de Afgedamde Maas moet worden geverifieerd.

Hoewel het aantal meetpunten klein is, zijn de resultaten bij Bunde (Juliana kanaal) slecht. Er zijn twee metingen in de zomer die fors lager zijn dan het model voorspelt maar ook de andere metingen in de zomer worden overschat. Het model lijkt een bron van koud water te missen. Als eerste stap moet het debiet in het Julianakanaal worden gecontroleerd.

In het overige deel van de Maas (6 locaties zonder Meers km32.8) beschrijft het model de metingen behoorlijk (afwijkingen in het derde kwartaal tussen 0.5 en 0.8°C). Let wel dat in het deel rondom Roermond waar in het Maasmodel (WL, 2003) de problemen zaten, geen metingen voor evaluatie voorhanden zijn.

De resultaten in de Afgedamde Maas zijn, met name bij Nederhemert (Nedhmt) slecht, waarschijnlijk als gevolg van een foutieve waterbeweging.

Tabel 11 Verschil tussen model en meting per kwartaal in de periode 1991-1994 (gemiddelde van de absolute waarden van de verschillen)

Maas	Water	1e-kwartaal	2e-kwartaal	3e-kwartaal	4e-kwartaal
BUNDE	Jul. Kanaal	1.70	1.44	3.95	1.55
MEERS KM32.8	Maas		0.78	0.97	0.65
STEVWT	Maas	1.74	0.66	0.70	2.12
BELFBVN	Maas	1.47	0.76	0.91	1.89
GOUDH	Maas		0.70	0.84	
LITHSH	Maas		0.85	0.71	
KERKDZMR	Maas		0.72	0.55	
WELLBSD	Afged.Maas		0.85	1.03	
NEDHMT	Afged.Maas	2.79	1.24	0.62	0.54
WIJKSWDBSD	Afged.Maas		0.95	0.81	

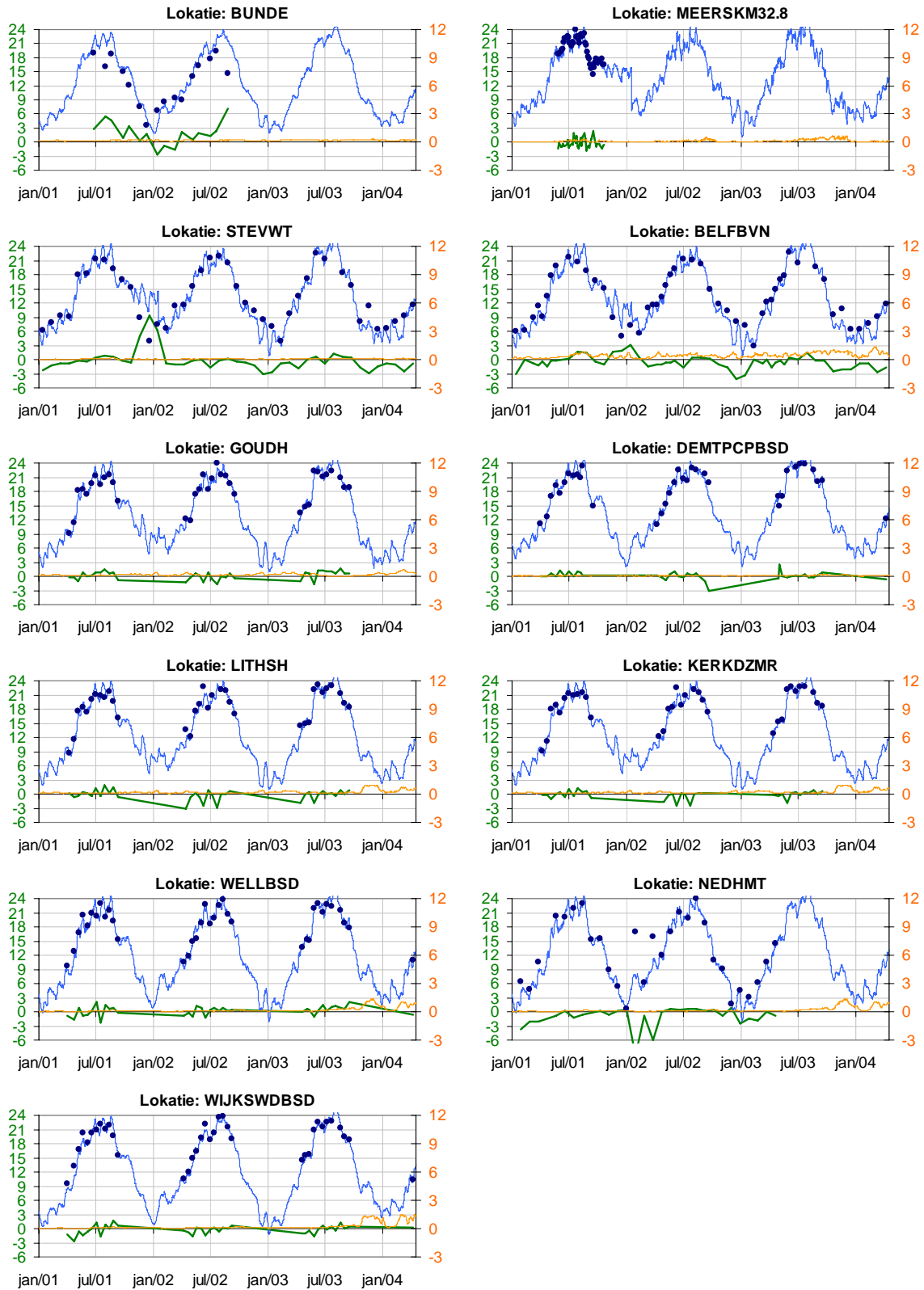


Fig. 14b Temperatuurmetingen en modelresultaten voor diverse locaties in het stroomgebied van de Maas. Model en meting op linker y-as, verschil en bijdrage lozing op rechter y-as

• meting — verschil (model-meting) — model — bijdrage lozing

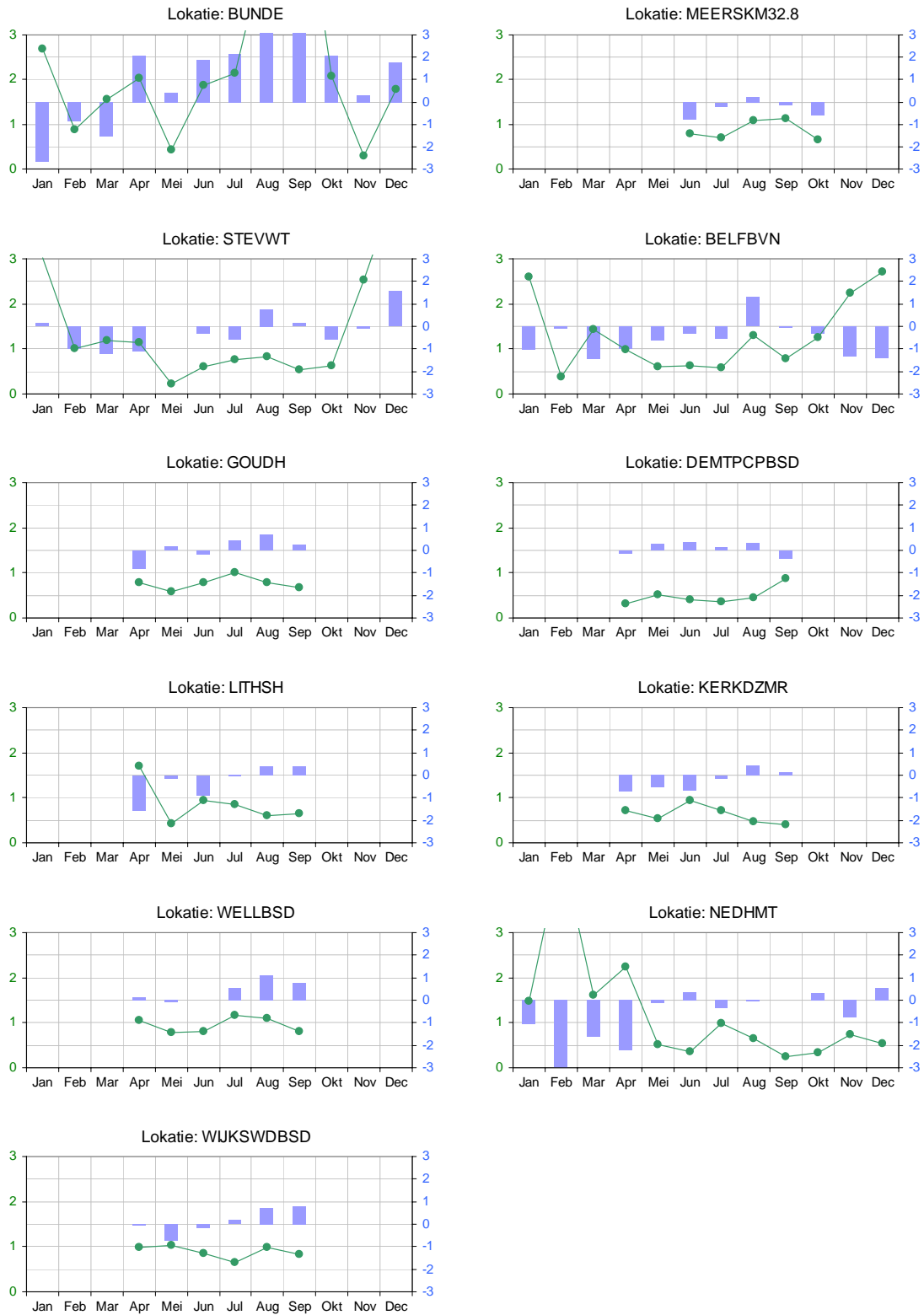
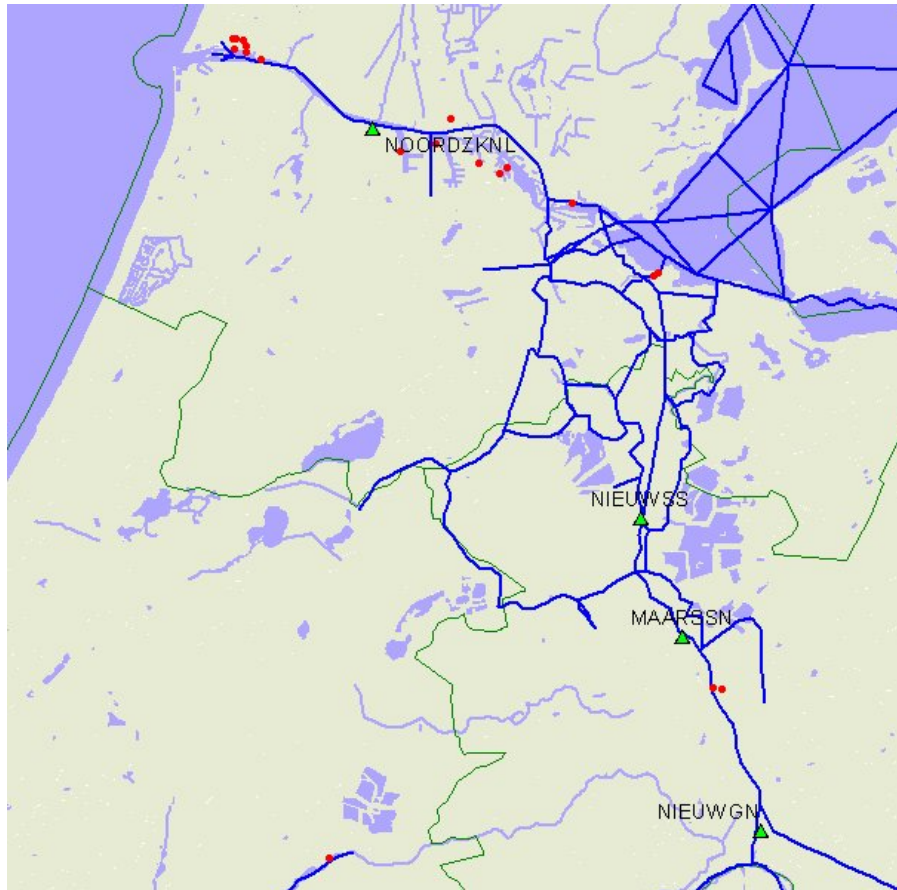


Fig. 14c Verschil tussen modelberekening en meting per maand in de periode 1991-1994 in het stroomgebied van de Maas: gemiddelde van de absolute verschillen (linker-as) en gemiddelde van de verschillen (rechter-as)
 —•— gemiddeld absoluut verschil | — gemiddeld verschil

Amsterdam Rijnkanaal – Noordzeekanaal



Figuur 15a Meetpunten (▲) en warmtelozingen plaatsvinden (●) in het cluster ARK-NZK

In het cluster Amsterdam Rijnkanaal – Noordzeekanaal is 1 meetlokatie gelegen in het Noordzeekanaal en 2 locaties in het Amsterdam Rijnkanaal. Daarnaast ligt 1 meetlokatie in het Lekkanaal

De invloed van lozingen is continue relatief groot (1.5 tot 3°C), de oorzaak zijn de relatief grote lozingen van Nuon en de relatief kleine debieten in het kanaal.

Het model fit de metingen in Noordzeekanaal redelijk goed: ‘zomers is de afwijking beperkt tot 0.75°C. Voor het Amsterdam Rijnkanaal is de fit nabij Nieuwegein veel minder goed dan verder noordwaarts bij Maarssen. De waarschijnlijke oorzaak is dat het model de twee warmtelozingen tussen beide meetpunten niet goed verspreid. In paragraaf 4.2.2 is geconstateerd dat de stroomrichting in het kanaal periodiek verkeerd is, blijkbaar komen de Nuon lozingen in het model bij meetpunt Nieuwegein terecht, hetgeen tot een vrij grote overschatting van de watertemperatuur leidt.

Tabel 12 Verschil in °C tussen model en meting per kwartaal in de periode 1991-1994 (gemiddelde van de absolute waarden van de verschillen)

ARKNZK	Water	1e-kwartaal	2e-kwartaal	3e-kwartaal	4e-kwartaal
NOORDZKNL	NZK	1.04	0.55	0.75	1.65
NIEUWSS	ARK	1.39	0.52	0.63	0.82
MAARSSN	ARK	0.63	0.58	0.70	0.66
NIEUWGN	Lekkanaal	0.41	0.88	1.50	1.08

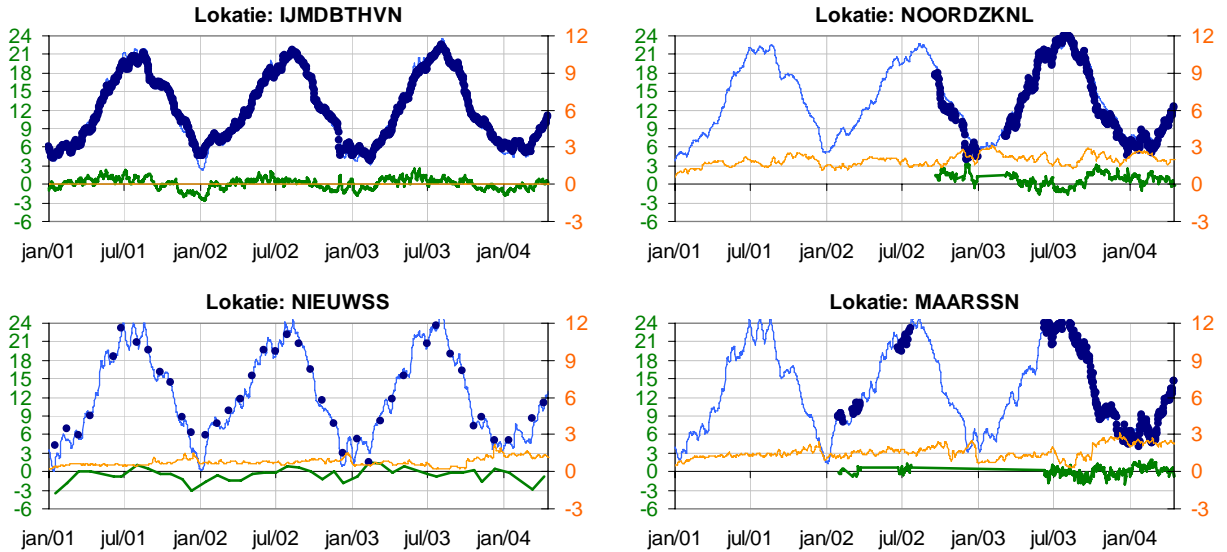


Fig. 15b Temperatuurmetingen en modelresultaten voor diverse locaties in het ARK-NZK. Model en meting op linker y-as, verschil en bijdrage lozing op rechter y-as

• meting — verschil (model-meting) — model — bijdrage lozing

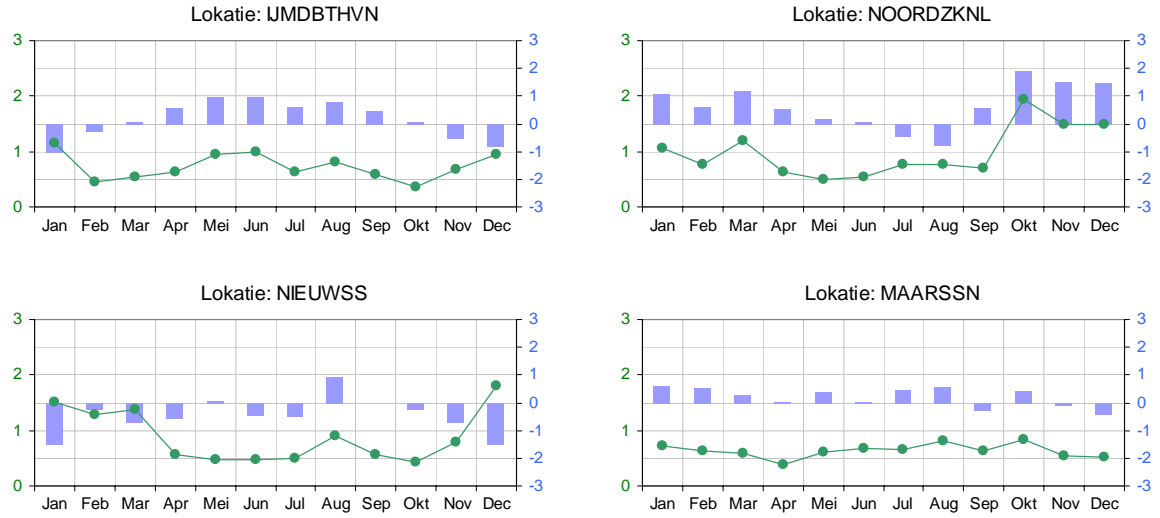
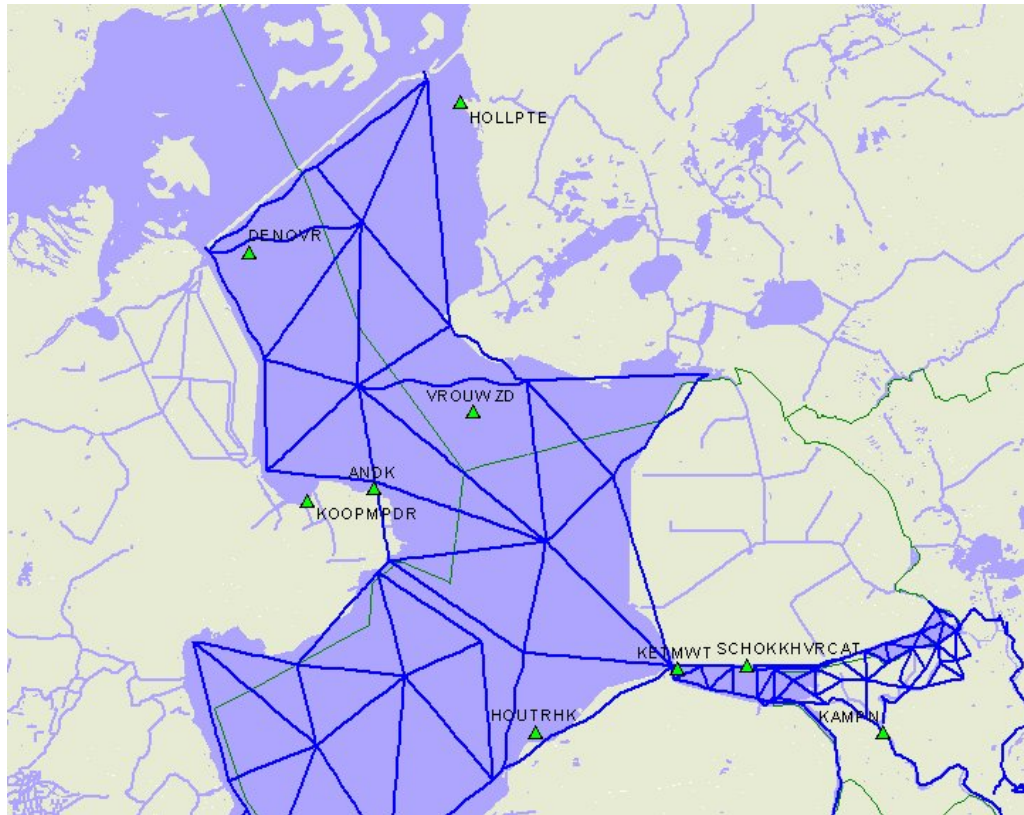


Fig. 15c Verschil tussen modelberekening en meting per maand in de periode 1991-1994 in het ARK-NZK: gemiddelde van de absolute verschillen (linker-as) en gemiddelde van de verschillen (rechter-as)
 —●— gemiddeld absoluut verschil ■ gemiddeld verschil

IJsselmeergebied



Figuur 16a Meetpunten (▲) en warmtelozingen (●) in het cluster IJsselmeergebied

In het cluster IJsselmeer zijn meetlokaties in de IJssel, het Ketelmeer en het IJsselmeer beschikbaar. Het landelijke meetpunt van het IJsselmeer is de centraal gelegen locatie Vrouwezand. De overige locaties in het IJsselmeer liggen allen in de nabijheid van oevers.

Er is in dit grote watersysteem geen invloed van lozingen terug te zien in het model resultaten.

Het model beschrijft de metingen goed voor de IJssel en redelijk goed voor het Ketelmeer. De belangrijkste locatie in het IJsselmeer (Vrouwezand) wordt minder goed beschreven dan verwacht. Met name de overschatting in de maand augustus (1.5°C) is minder goed dan mogelijk moet zijn. De overschatting duurt feitelijk de gehele zomer (zie Figuur 16c).

Er is, net als in het Zuidelijk Deltabekken, sprake van een systematische afwijking: onderschatting in de winter, overschatting in de zomer. Er zijn twee waarschijnlijke oorzaken voor de afwijking in het IJsselmeer: het stralingsmodel is waarschijnlijk de belangrijkste maar ook laterale debieten spelen een rol. In figuur 11b is te zien dat de bijdrage van lateraal water 20% bedraagt, een fout van 2-3 graden in de laterale temperatuurrand werkt dan met maximaal $0.4\text{-}0.6^{\circ}\text{C}$ door in het IJsselmeer. De rest van de afwijking (1°C) moet dan uit het stralingsmodel komen.

Voor de meetpunten aan de randen van het IJsselmeer is de overeenkomst tussen model en metingen niet goed: 1 tot 3°C overschatting met dezelfde systematische afwijking als boven vermeld. Als gevolg van uitgeslagen water van gemalen zal het aandeel van de laterale lozingen aan de randen van het IJsselmeer groter zijn dan in het centrale deel en daarom is ook te verwachten dat de overeenkomst met de metingen slechter is.

Tabel 13 Verschil in °C tussen model en meting per kwartaal in de periode 1991-1994 (gemiddelde van de absolute waarden van de verschillen)

IJM	Water	1e-kwartaal	2e-kwartaal	3e-kwartaal	4e-kwartaal
KAMPN	IJssel	0.87	0.56	0.55	0.29
SCHOKKHVRCAT	Ketelmeer		0.91	0.85	
KETMWT	Ketelmeer	1.41	0.63	0.85	0.45
VROUWZD	IJsselmeer	0.58	0.63	1.14	0.52
HOUTRHK	IJsselmeer	2.44	1.98	2.10	0.91
ANDK	IJsselmeer	0.74	0.90	1.10	1.17
KOOPMPDR	IJsselmeer		1.93	2.00	
HOLLPTE	IJsselmeer		2.25	1.80	
DENOVR	IJsselmeer	1.22	1.25	0.97	0.43

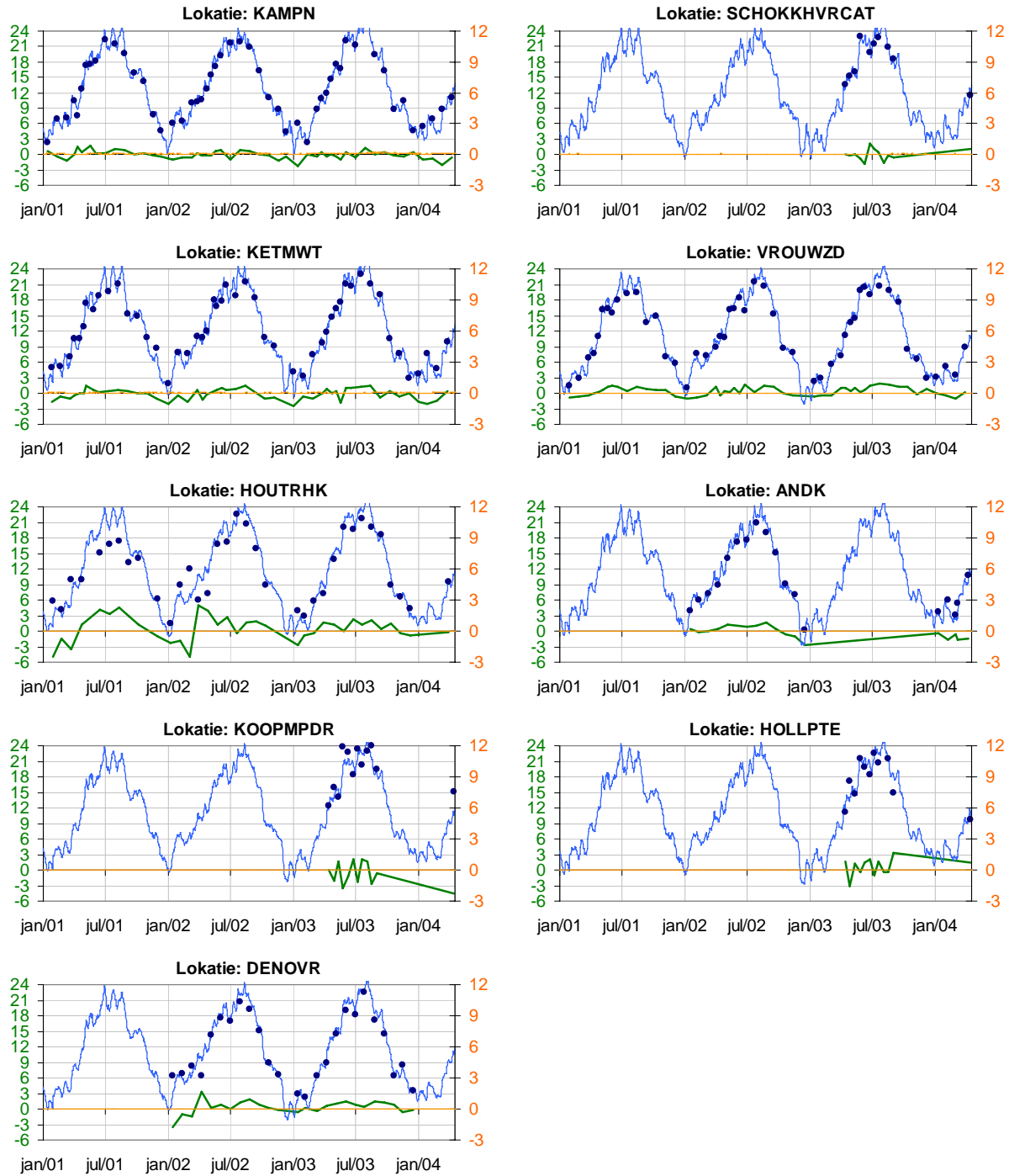


Fig. 16b Temperatuurmetingen en modelresultaten voor diverse locaties in het IJsselmeergebied. Model en meting op linker y-as, verschil en bijdrage lozing op rechter y-as

• meting — verschil (model-meting) — model — bijdrage lozing

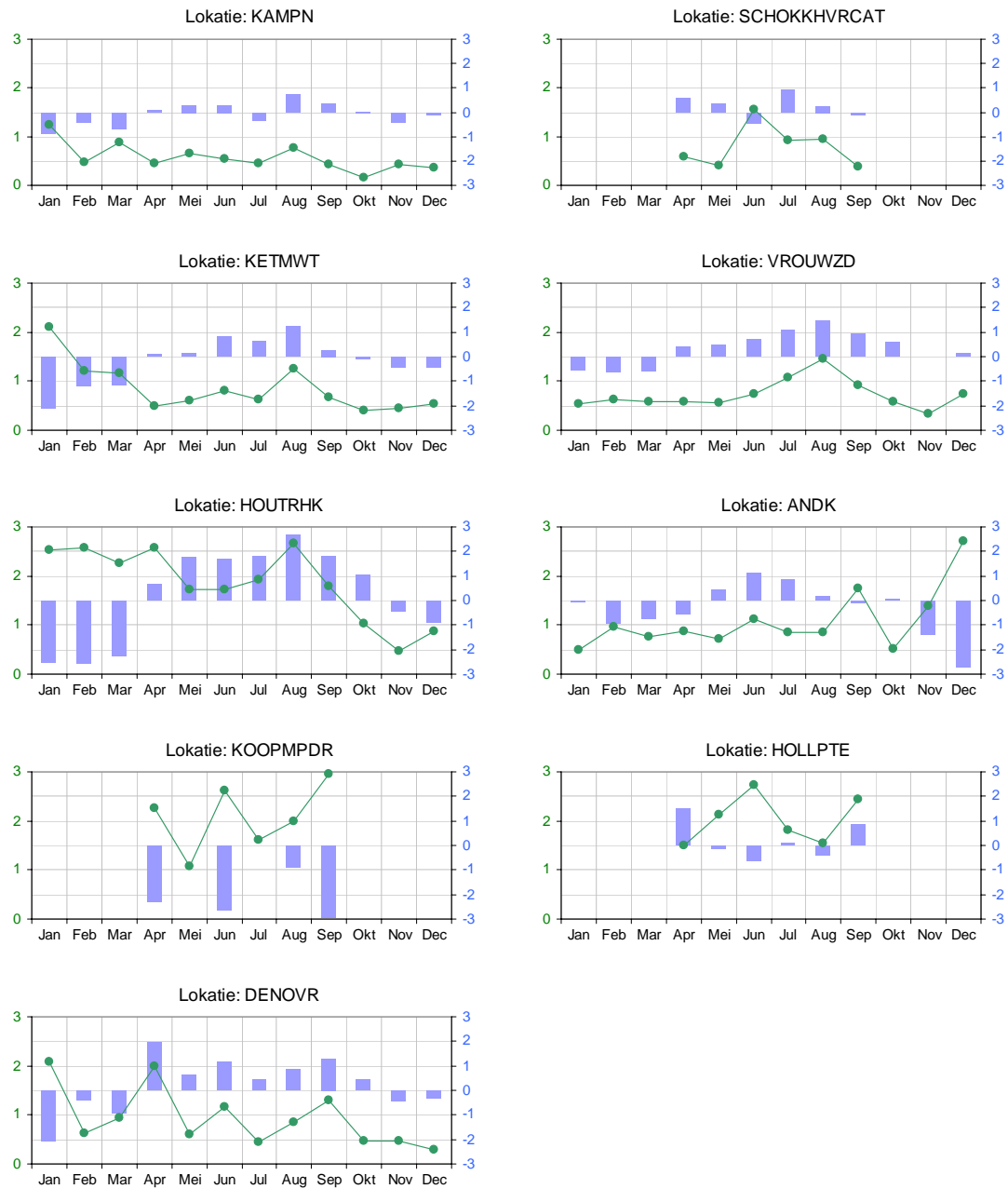
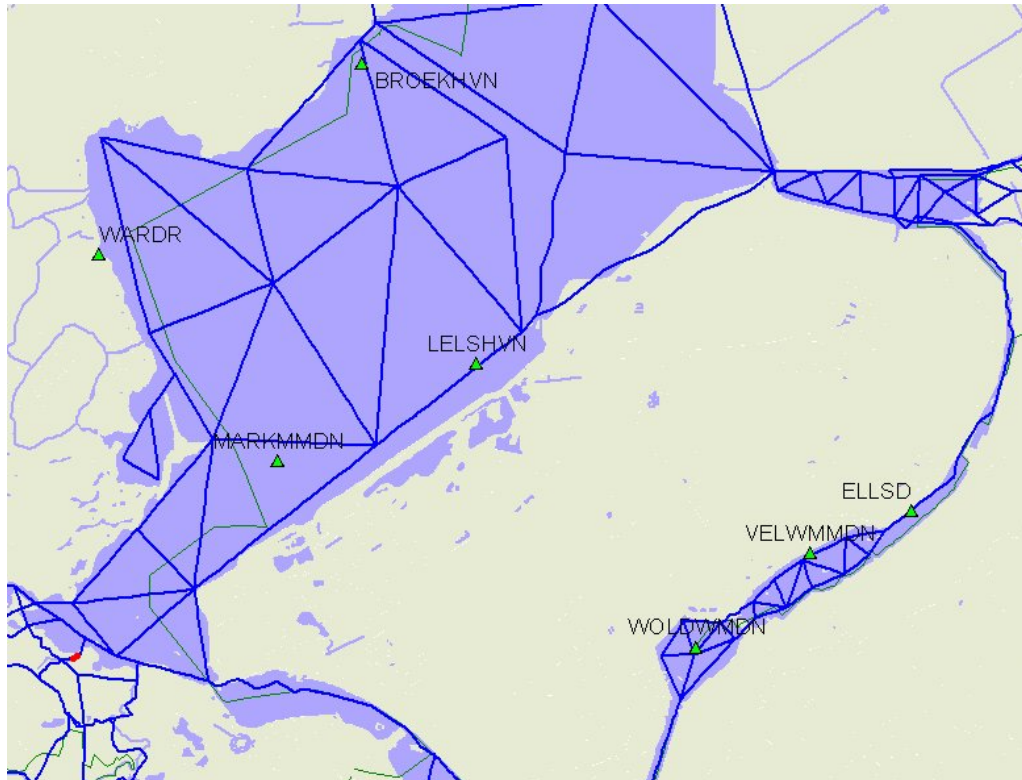


Fig. 16c Verschil tussen modelberekening en meting per maand in de periode 1991-1994 in het IJsselmeergebied: gemiddelde van de absolute verschillen (linker-as) en gemiddelde van de verschillen (rechter-as)

—•— gemiddeld absoluut verschil ■ gemiddeld verschil

Markermeergebied



Figuur 17a Meetpunten (▲) en warmtelozingen (●) in het cluster Markermeer en Veluwemeergebied

De meetlokaties uit het cluster Markermeer liggen in de randmeren (Wolderwijd, Veluwemeer en Drontermeer) en in het Markermeer. De belangrijkste locatie in het Markermeer is locatie Markermeer midden (Markmmdn).

De berekende temperatuurverhoging door warmtelozingen is nihil voor locaties in dit gebied.

De resultaten voor het Markermeer midden zijn vergelijkbaar met de resultaten van het IJsselmeer midden: 1.0-1.5°C overschatting in zomer, 0.5°C onderschatting in de winter. Het stralingsmodel en de bijdrage van laterale debieten is zijn hiervan de waarschijnlijke oorzaken.

De prestatie van het model in de randmeren is slecht. Het aandeel lateraal water is hier nagenoeg 100% en de slechte fit toont het belang van de juiste keuze van de opgelegde temperatuur op de modelranden.

Tabel 14 Verschil in °C tussen model en meting per kwartaal in de periode 1991-1994 (gemiddelde van de absolute waarden van de verschillen)

VELMAR	Water	1e-kwartaal	2e-kwartaal	3e-kwartaal	4e-kwartaal
WOLDWMDN	Wolderwijd	1.27	1.16	1.63	0.57
VELWMDN	Veluwemeer	1.30	1.23	1.28	0.82
ELLSD	Drontermeer		1.75	1.46	
MARKMDN	Markermeer	0.53	1.12	1.18	0.37
LELSHVN	Markermeer	2.68	1.23	1.74	1.04
BROEKHVN	Markermeer	1.29	1.66	1.34	0.93
WRDR	Markermeer				

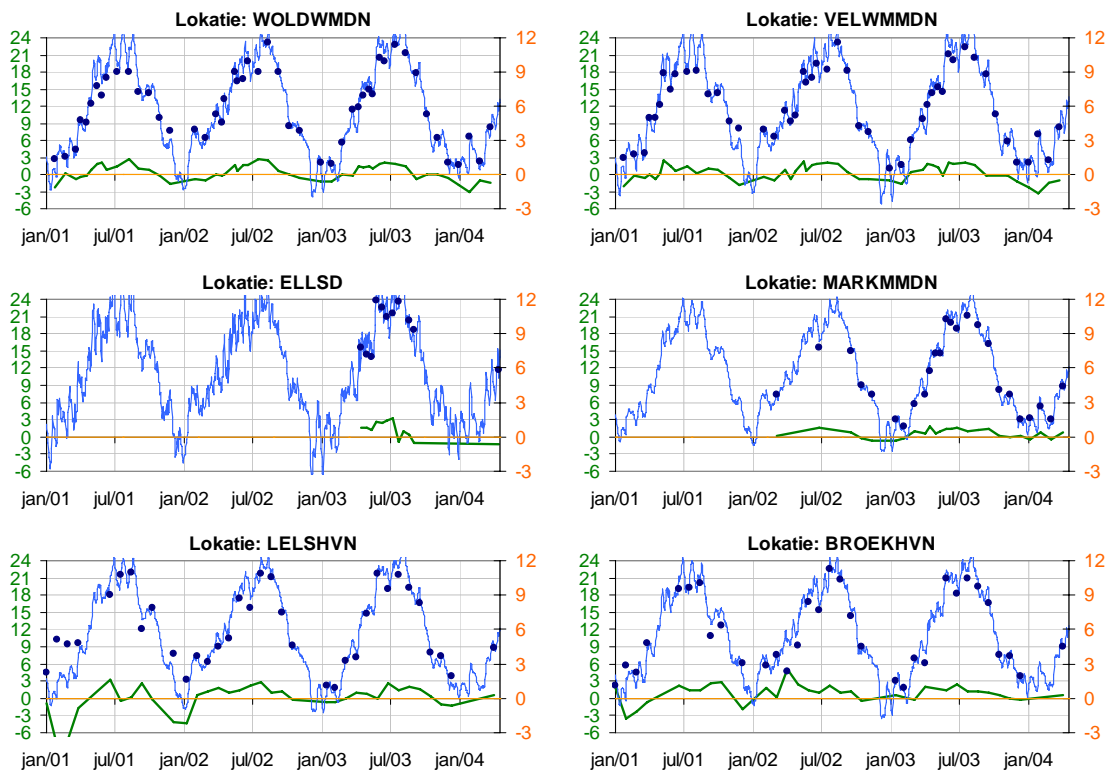


Fig. 17b Temperatuurmetingen en modelresultaten voor diverse locaties in het Markermeergebied. Model en meting op linker y-as, verschil en bijdrage lozing op rechter y-as

• meting — verschil (model-meting) — model — bijdrage lozing

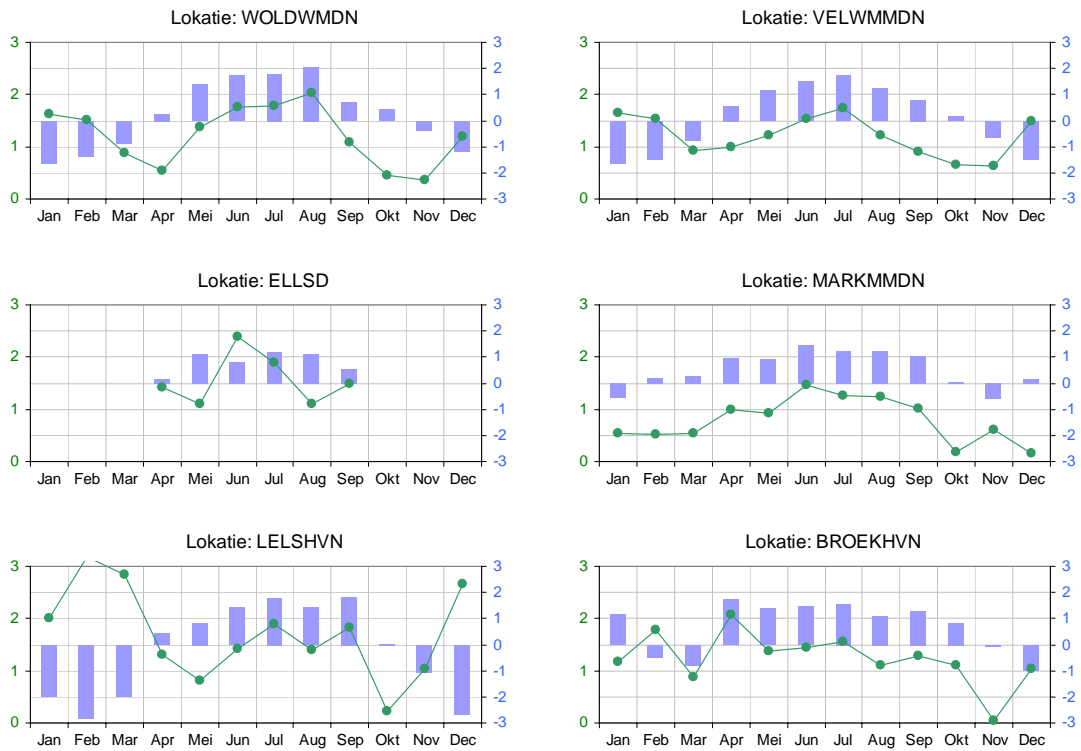


Fig. 17c Verskil tussen modelberekening en meting per maand in de periode 1991-1994 in het Markermeergebied:
 gemiddelde van de absolute verschillen (linker-as) en gemiddelde van de verschillen (rechter-as)
 —●— gemiddeld absoluut verschil ■ gemiddeld verschil

4.3.2 Model ten opzichte van diepe temperatuurmetingen

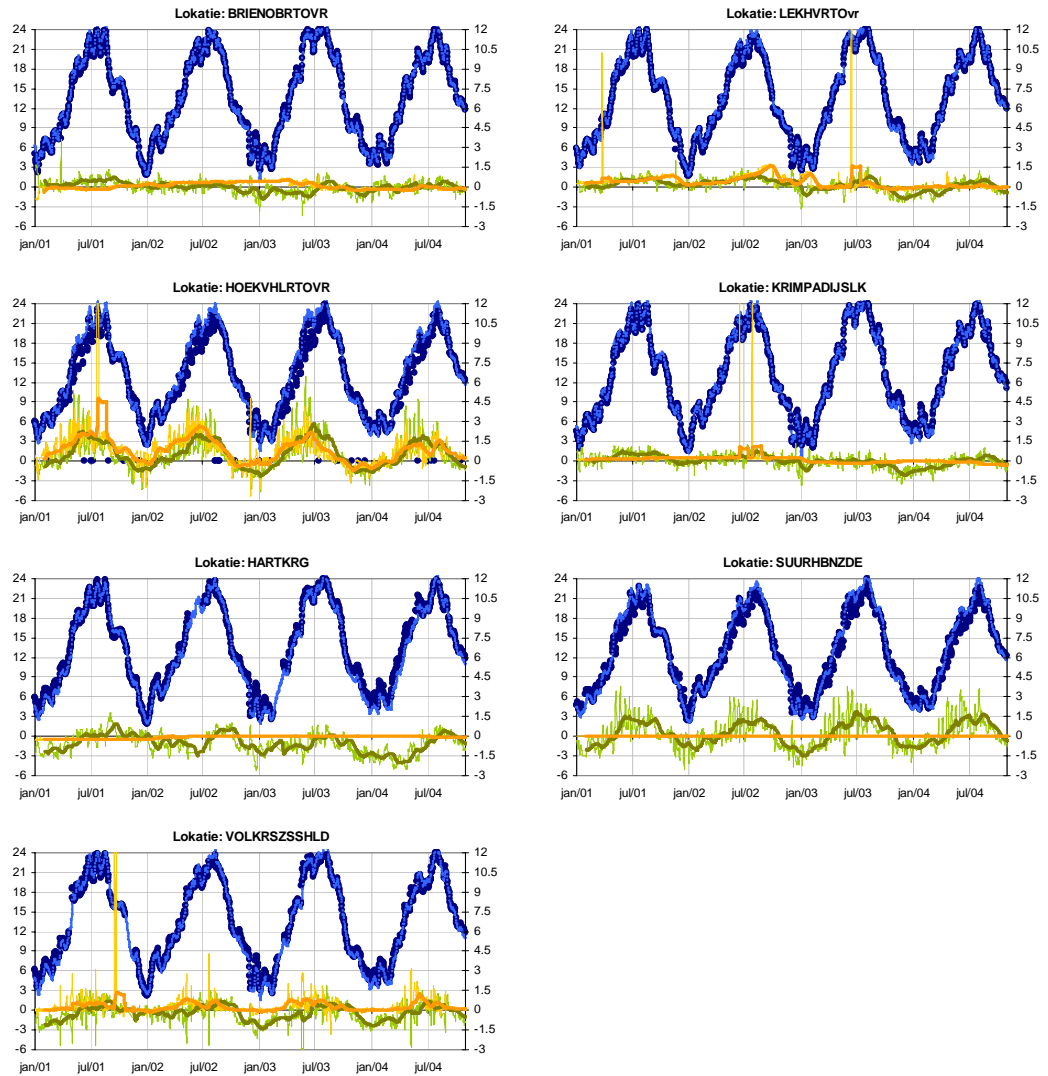
Voor de meetlocaties in Figuur 10 zijn temperatuurmetingen beschikbaar in diepere lagen (-7 tot -9m). In Figuur 18 zijn modelresultaten vergeleken met deze metingen. Daarbij is voor de dieptemeting de waarnemingen op de grootste diepte gebruikt (zie paragraaf 4.1). In Figuur 18 laat de groene lijn zien hoe het model afwijkt van de metingen aan het oppervlak. De oranje lijn laat eventuele temperatuur stratificatie zien.

Het valt op dat significante temperatuurstratificatie in de diepte gemeten wordt (de oranje lijn in Figuur 18) voor twee locaties, te weten Hoekvhlrtovr en Lekhvrtovr, daar is de temperatuurgradiënt over de diepte groter dan 0.5°C . Voor de twee locaties in het Hartelkanaal (Hartkr en Suurhbnzde) wordt geen temperatuurstratificatie gemeten.

Zeewaarts vanaf locatie Brienobrtovr via Lekhvrtovr naar Hoekvhlrtovr neemt de afwijking van het model ten opzichte van de metingen aan het oppervlak toe. Bij Hoekvhlrtovr is de afwijking maximaal. De tendens is dat het model de gemeten watertemperatuur 's winters onderschat en 's zomers juist overschat. De afwijking is niet symmetrisch, de overschatting is groter (bij Hoekvhlrtovr) in de zomer bedraagt $1-2^{\circ}\text{C}$ terwijl de onderschatting in de winter op die locatie 1°C bedraagt.

Op de meetlocaties Hoekvhlrtovr is de gemeten watertemperatuur in de toplaag in de zomer in werkelijkheid 2°C hoger dan in de onderlaag, in de winter is de toplaag een beetje koeler dan de onderlaag. De gemeten watertemperaturen van de toplaag van meetlocaties Hoekvhlrtovr zijn ook als modelrand voor de zeerand gebruikt (zie 3.2.3). Deze zeerand ligt overigens verder Westwaarts dan het meetpunt zelf. De afwijkingen tussen model en metingen op het traject Brienobrtovr via Lekhvrtovr naar Hoekvhlrtovr worden dus verklaard door het gebruik metingen uit de toplaag. Als voor de modelrand bij Hoek van Holland gemeten watertemperaturen van 9m diep gebruikt worden, dan zal de prestatie van het model op dit traject in de Maas verbeteren.

De prestatie van het model zal om dezelfde reden ook voor het Hartelkanaal en het Haringvliet verbeteren, ook in deze gebieden dringt Noorzeewater binnen dat niet de juiste temperatuur heeft in het huidige model.



Figuur 18 Temperatuurmetingen (oppervlakte) en modelresultaten voor diverse locaties (linker y-as) en verschillen tussen model en metingen en tussen metingen aan oppervlak en op diepte (rechter y-as). Diepte waarop gemeten is verschilt per locatie (6.5m – 9.0m). Voor de verschillen zijn ook de voortschrijdende gemiddelde waarden gegeven (30 dagen, dikke lijn)

- meting_oppervlak
- verschil (model-meting_opp.)
- model
- verschil metingen (oppervlak-diepte)

4.4 Meetplan

Het concept meetplan is opgenomen in bijlage A (versie mei 2005).

Vanwege de langere doorlooptijd van de studie en de urgentie om metingen in de zomer uit te voeren was het niet haalbaar om zoals gepland het meetplan met behulp van de modelresultaten om te zetten in een definitief meetplan. In plaats daarvan hebben discussies tussen deskundigen van WL (Arno Nolte en Pascal Boderie) en RIZA (Wim Werkman en Dju Bijstra) plaatsgevonden waarbij een concrete meetinspanning is afgesproken.

Eindconclusie van de discussie was dat er in principe voldoende temperatuurmetingen in het oppervlaktewater voor handen zijn om het model te kunnen calibreren. De vraag is echter of de metingen representatief zijn voor de gemiddelde temperatuur in de dwarsdoorsnede. Immers in een warme periode kan een meetlocatie nabij de oever in een situatie met ondieper water en minder stroming eerder opwarmen dan de rivier. Daarom is voorgesteld op enkele locaties dwarsprofielen van de temperatuur te meten en te vergelijken met puntmetingen op locaties waar deze puntmetingen continu worden gemeten. In de periode september tm november zal eenmalig bij Eijsden, Lobith en het Noordzeekanaal een dergelijke meting worden uitgevoerd. Een herhaling hiervan in de zomer van 2007 is wenselijk.

In de periode september tot en met november zal in het kader van de Evaluatie van de Nieuwe Beoordelingssystematiek Koelwaterlozingen eenmalig een vlucht worden uitgevoerd waarbij infra rood opnamen worden gemaakt van een groot deel van de rijkswateren (muv de grote meren). Hiermee wordt een 2D beeld verkregen van de temperatuur verdeling. Voor de nieuwe beoordelingssystematiek is vooral de verspreiding van de warmtepluim interessant. Echter, ook voor analyse van het koelwatermodel zijn deze beelden bruikbaar. Om de beelden te kunnen interpreteren is aan de belangrijkste warmtelezers gevraagd de inlaattemperatuur en de geloosde warmtevracht bij te houden gedurende drie maanden. Ook deze dataset zal bijdragen aan het calibratietraject.

RWS Noord-Holland beschikt over een gecalibreerd 3D waterbewegingsmodel van het gehele Noordzeekanaal waarmee ook de waterkwaliteit en temperatuur wordt bepaald. Vergelijking van het 1D SOBEK model met de resultaten van dit 3D model kan meer inzicht geven in de mogelijkheden van het SOBEK model in dergelijke wateren waar de zoet-zout verdeling van groot belang is voor de watertemperatuur.

5 Conclusies & aanbevelingen

5.1 Conclusies

software

De automatische import uit SOBEK RE naar SOBEK River werkt goed, bestaande kwantiteitsmodellen kunnen dus zonder veel problemen worden gebruikt voor studies van de waterkwaliteit.

De gepleegde softwareaanpassingen dragen ertoe bij dat het in de loop der jaren ontwikkelde temperatuurmodel nu ook door derden eenvoudig gebruikt kan worden vanuit het SOBEK User interface.

metingen

Er zijn op veel locaties veldmetingen van de watertemperatuur beschikbaar voor verificatie, echter de meetpunten zijn niet homogeen over de Nederlandse waterlopen verdeeld. Het aantal temperatuurmetingen in de Amstelboezem en Vechtboezem is onvoldoende om het model te valideren.

Metingen in de diepte zijn vooral beschikbaar in het westelijk deel van het land op locaties waar de invloed van het getij van belang is. Stratificatie is door menging als gevolg van getijdenstromen op die meetpunten beperkt (maximaal 0.5°C , meestal echter maar $0.1\text{-}0.2^{\circ}\text{C}$) en kleiner dan de modelnauwkeurigheid. Op locaties in het getijdengebied kan overwogen worden om aanvullend aan temperatuurgradiënten ook zoutgradiënten in de diepte te meten.

Er zijn geen metingen voorhanden van temperatuurverdeling over de dwarsrichting van grote rivieren. Zodoende is niet bekend of op splitsingspunten relevante laterale temperatuurverschillen (b.v. in de IJssel en de Nederrijn) voorkomen. Ook is onbekend hoe grote warmtelozingen als gevolg van E-centrales, bijvoorbeeld op de Waal, over de breedte mengen.

verificatie temperatuurmodel

In vergelijking met de temperatuurmetingen uit de periode 2001-2004 presteert het model redelijk. Voor alle 55 locaties gemiddeld over 4 jaar bedraagt de afwijking $0.7\text{-}1.0^{\circ}\text{C}$.

De prestatie van het temperatuur model is niet voor alle delen van het model gelijk. De prestatie in het Noordelijk en Zuidelijk deltabekken is al redelijk goed en na verbetering van de zeerland zeker goed, de deelmodellen voor de Maas, AmsterdamRijnkanaal-Noorzeeknaal en IJsselmeergebied redelijk, het Markermeergebied wordt niet goed door het model beschreven. De oorzaak van de mindere prestatie van het model in het Markermeer (en locaties nabij de oevers in het IJsselmeer) is het grote aandeel van water afkomstig uit onbemeten laterale debieten.

Het stralingsmodel lijkt een systematische afwijking te vertonen, dat heeft nadelige invloed op de prestatie van het model. De gewenste nauwkeurigheid van het model (0.5°C) wordt nu nog niet bereikt maar lijkt na calibratie van het stralingsmodel wel mogelijk.

Op dit moment is de kwaliteit van de hydrodynamica en de waterbalans onbekend en is het waarschijnlijk dat daar de grootste ruimte voor verbetering van het temperatuurmodel ligt. De kans is groot dat niet alle van de vele kunstwerken in het model correct zijn ingesteld.

De invloed van lozingen is globaal bekeken niet zo groot (lokale uitzonderingen zoals het Noordzeekanaal en de Rotterdamse havens daargelaten). De warmtelozingen zijn goed geïnventariseerd, en de verwachting is dat zelfs grote onzekerheden in de warmtelast geen grote invloed op de watertemperatuur zullen hebben. Veel ruimte voor verbetering van de modelprestatie is hier dan ook niet te verwachten.

Het model dat de uitwisseling met de atmosfeer beschrijft (de stralingsbalans) lijkt een systematische afwijking te geven en daar ligt ruimte voor verbetering. Het stralingsmodel is gevoelig voor o.a. wind en dus is calibratie een mogelijkheid. Daarnaast is er een stralingsmodel in Delft3D beschikbaar dat op een aantal punten afwijkt van model dat in SOBEK wordt gebruikt wordt. Omdat dit model voor gestratificeerd systemen goede resultaten geeft is het de moeite waard om het functioneren binnen SOBEK te testen.

5.2 Aanbevelingen

In volgorde van belangrijkheid worden de volgende aanbevelingen gedaan:

Voor zover dit niet al in de validatiestudie van de **waterbeweging** is voorzien wordt aanbevolen de debieten en stroomrichting te valideren, vooral in situaties met laagwater afvoer. De regionale beheerders dienen de kwaliteit van de waterbalans die ten grondslag ligt aan de laterale debieten van het model, te beoordelen. De beheerders van de regionale modellen dienen de invoer van het huidige model voor wat betreft randvoorwaarden (instroom, toestroming inclusief neerslag en het aan deel grondwater) te controleren. Daarnaast dienen ze de beheerregels van de kunstwerken en te controleren. In het huidige instrument kan de herkomst van water uit verschillende bronnen worden gevolgd, dat kan hierbij een handig hulpmiddel zijn.

Een formele vergelijking van de oude modelresultaten en de nieuwe modelresultaten voor de waterbeweging is aanbevolen, dit kan technisch goed en efficiënt met Delft-FEWS technieken worden uitgevoerd.

Daarnaast wordt aanbevolen om modelresultaten van het waterkwaliteitsmodel met chloridemetingen (en of zout of geleidbaarheid) te vergelijken. Het waterkwaliteitsmodel dat ten grondslag ligt aan het temperatuurmodel kan zo, onafhankelijk van het stralingsmodel en de warmtelozingen, worden gevalideerd. Door vergelijking met zout kan de **dispersie** in het getijdegebied worden gekalibreerd.

De bijdrage van **grondwater** aan de zijdelingse toestroming in het Maasgebied is in het model niet apart onderscheiden. Aanbevolen wordt om dat wel te doen door grondwater apart als lateraal debiet op te nemen. Aan dit grondwater dient dan ook een watertemperatuur toegekend te worden die karakteristiek is voor grondwater.

De systematische afwijking van het huidige **stralingsmodel** in Sobek dient te worden verholpen. Aanbevolen wordt om een tweede temperatuurmodel (optie 3 uit Delft3D) toe te voegen aan het Sobek instrumentarium. Op die manier kunnen beide modellen worden vergeleken en kan het beste, of het best kalibreerbare model, in de toekomst worden gebruikt. Tegelijkertijd kan de berekeningswijze van globale straling zoals die is toegepast in het ‘quickscan instrument’ (WL, 2005c) worden vergeleken met beide modellen.

IJsvorming dient te worden toegevoegd aan het **temperatuurmodel** om te voorkomen dat de berekende watertemperatuur negatief wordt.

Het beheersgebied van Amstel Gooi en Vecht, de randmeren en het Markermeer, het Noordzeekanaal en de benedenloop van de Maas (Roermond-Keizersveer) zijn, zeker ’s zomers gevoelig voor de invloed van **laterale toevoeren**. De temperatuur van deze modelranden is niet voorhanden. Verder onderzoek naar (i) de modelgevoeligheid en (ii) verbeterde schatter voor de laterale temperatuur is aanbevolen. Het is daarbij nodig om bijvoorbeeld temperatuurmetingen van uitgeslagen water van het gemalen, zijrivieren en grondwater te meten of te verzamelen.

Voor locaties die niet aan het getij onderhevig zijn is stratificatie te verwachten (diepe meren, havens maar ook in bovenrivieren). Veldmetingen van zulke watersystemen waren niet voorhanden. Naast veldmetingen is speuren in bestaande (onderzoek)gegevens een reële mogelijkheid om de datadichtheid te vergroten.

Op een aantal plaatsen ontbreken essentiële gegevens van belangrijke modelranden (Roer) en veldmetingen (rondom Roermond). In een volgende studie zouden deze metingen beschikbaar gemaakt moeten worden.

Nieuw ingewonnen veldmetingen van temperatuur dienen met modelresultaten worden vergeleken. Hiervoor zijn simulaties nodig van de periode waarin gemeten is. De bruikbaarheid van door remote sensing ingewonnen gegevens moet worden onderzocht.

De meteorologische gegevens van het KNMI die gebruikt zijn in deze studie zijn gratis via internet verkregen, en niet gecorrigeerd cq. gevalideerd door het KNMI. Het verdient aanbeveling om voor een aantal jaren de gegevens te vergelijken met aangekochte KNMI data die wel gevalideerd zijn. In het geval er verschillen zijn kan de gevoeligheid van het model hiervoor worden doorgerekend.

6 Referenties

Riza, 2005.

Een Nationaal SOBEK-model, versie NL2005_1

F. Dirksen en Q. Gao, Riza Werkdocument 2005.94x

Sobek Technical Reference Manual Salt. Sobek-RE 2.52.005. Augustus 2005.

WL | Delft Hydraulics, 2001

Boderie, P.M.A. and L. Dardengo, 2001. Warmtelozing in oppervlaktewater en uitwisseling met de atmosfeer. In opdracht van rws-riza Lelystad (Q3315/RI-3765

WL | Delft Hydraulics (2002). Sobek landelijk waterkwaliteitsmodel. Rapportnr. Q3317, 33 p. I.o.v. Rijkswaterstaat RIZA.

WL | Delft Hydraulics (2003)

Wijdeveld, A. en A. Kuin, 2003. Temperatuurmodellering Maas met Sobek. December 2003 (Q3527).

WL | Delft Hydraulics (2004). SOBEK Landelijk temperatuurmodel. E. Meijers en P. Boderie. December 2004. Project EMP3804/Q3861.

DHV en WL (2005a). Potentiële Koelcapaciteit Rijkswateren 2005-2050. Quick scan klimaatscenario's. December 2005

WL | Delft Hydraulics (2005b).

Vergelijking SOBEK-RE vs SOBEK River Met behulp van het Landelijk Warmtemodel December 2005. Rapport Q4045.30

WL | Delft Hydraulics (2005c).

Quick scan warmtelozingen Rijnstroomgebied. December 2005. Q4100.

DHV (2006).

Gegevensverzameling warmtelozingen in oppervlaktewater 2000-2005. DHV dossier A2248. Juni 2006.

WL | Delft Hydraulics (2006). De invloed van warmtelozingen op de watertemperatuur van de Rijn Augustus, 2006. Rapport Q4214. J. Icke, R. Peñailillo en M. Rutten

A Het concept meetplan

1. Introductie

Het nationale temperatuurmodel model (ntm) is ontwikkeld (WL, 2004) en toegepast (DHV, 2005) zonder dat het model geverifieerd is voor de onderliggende waterbeweging en de modellering van de temperatuur. Op dit moment worden verificatiestudies van de waterbeweging en het temperatuurmodel min of meer parallel uitgevoerd. WL voert de verificatiestudie voor het temperatuurmodel uit, waarvan dit memo voor het meetplan deel uitmaakt.

De gedachte achter het meetplan is dat er op sommige plaatsen van de modeschematisatie onvoldoende metingen beschikbaar zijn om de verificatie optimaal uit te voeren. Om deze gaten dan wel tekortkomingen in de meetset op te vullen, kan meetcapaciteit van RWS worden ingezet. Dit memo is de eerste aanzet tot identificatie van aanvullende meetgegevens.

2. Beperkingen

De verificatie van het model heeft nog niet kunnen plaatsvinden. Oorzaken daarvoor zijn (i) software problemen en (ii) verlate toelevering van de lozingen en laterale instromingen (randvoorwaarden). Dit betekent dat het voorliggende meetplan –nog– niet gebaseerd is op modelresultaten. Later vindt een update plaats waarin de resultaten van de modelverificatie worden verwerkt.

3. Doel van de nieuwe metingen

Het doel van de verificatiestudie is:

1. een beoordeling van het functioneren van het model (gedifferentieerd in ruimte en tijd);
2. een lijst van waarschijnlijke oorzaken van het al dan niet goed functioneren;
3. een aanbeveling voor verbetering (calibratie) van het model.

Metingen die in de zomer van 2006 worden verzameld kunnen niet worden vergeleken met de modelresultaten die in deze studie worden opgeleverd (simulatieperiode 2002-2004) en dragen dus niet bij aan (1). De metingen kunnen in de toekomst natuurlijk wel voor validatie gebruikt worden.

Het meetdoel is dus voornamelijk gericht op de interpretatie van de modelresultaten (2) en voor aanbevelingen t.b.v. calibratie (3). Totdat de verificatie daadwerkelijk heeft plaatsgevonden lijkt het het meest zinvol om te anticiperen op plaatsen waar verwacht kan worden dat het model de metingen niet goed zal volgen, en juist op die plaatsen de metingen te verrichten. Voorbeelden van zulke locaties kunnen gebieden zijn met:

- incomplete menging (linker vs. rechter oever, stratificatie)
- incorrecte of onvolledig gemengde lozingen;
- niet adequate procesformuleringen (warmteuitwisseling met de bodem, effect van wind op afkoeling etc.)

4. Aanpak

In dit memo is achtereenvolgens naar drie zaken gekeken. Eerst zijn de beschikbare meetlocaties vergeleken met de modelschematisatie (zie 4.1) daaruit kunnen ‘witte vlekken’ worden afgeleid.

In paragraaf 4.2 wordt gekeken voor welke watersystemen binnen het model het te verwachten is dat een 1D model meer moeite heeft om de complexe werkelijkheid te reproduceren. Als derde stap zijn in 4.3 de conclusies van een eerdere studie herlezen en worden de relevante passages eruit gepresenteerd.

4.1 Review van de beschikbare meetset.

De huidige meetset is verkregen uit centraal en decentraal Donar en is door Ton Visser van Riza aan WL aangeleverd in de vorm van spreadsheets. Van de aangeleverde meetlocaties liggen er om en nabij 107 in wateren die voor het nationaal temperatuurmodel relevant zijn, dat wil zeggen binnen de schematisatie van het model. In Tabel 1 zijn de betreffende wateren gegeven.

Tabel 1. Wateren die voorkomen in de metingen-database voor de verificatie van het model. In kolom 3 is het aantal bemeten lokaties in de betreffende watergang weergegeven.

Naam water	Code	Aantal Locaties bemeten
Afgedamde Maas	AFGDDMS	6
Amsterdam-Rijnkanaal	AMSDRKNL	3
Bergse Maas	BERGSMS	1
Bovenmerwede	BOVMWDE	1
Babantsche Biesbosch	BRABSBBH	7
Caland Kanaal	CALKNL	1
Dortse Kil	DORDTSKL	1
Eemmeer	EEMMR	1
Hartelkanaal	HARTKNL	2
Haringvliet	HARVT	14
Hollands Diep	HOLLDP	2
Hollandse IJssel	HOLLSIJSL	9
Hollandse Kust	HOLLSKT	2
IJssel	IJSSL	1
IJsselmeer	IJSSMR	14
Julianakanaal	JULANKNL	1
Ketelmeer	KETMR	4
Lek	LEK	4
Maas	MAAS	18
Markermeer	MARKMR	12
Nieuwe Maas	NIEUWMS	3
Nieuwe Waterweg	NIEUWWTWG	3
Noord	NOORD	1
Rijn	Rijn	1
Veluwemeer	VELWMR	2
Wolderwijd	WOLDWD	1

In Figuur 1. zijn alle individuele punten afgebeeld, deze punten zijn ook terug te vinden in Appendix A.

Het aantal beschikbare waarnemingen is groot (40.000 metingen) en de variatie over alle gemeten lokaties is behoorlijk groot (zie Figuur 2.). Dat betekent dus dat er gradiënten in temperatuur voorkomen: op een bepaald moment in de zomer varieert de watertemperatuur in de gemeten wateren in Nederland in de orde van 4 graden. Als er zulke gradiënten in plaats voorkomen moet verificatie op basis van deze metingen mogelijk zijn. Daarmee lijkt de beschikbare meetset geschikt om verificatie van het model uit te voeren.

In Figuur 1. valt op dat de meetpunten niet homogeen over de waterlopen zijn verdeeld. Vooral in de volgende watersystemen wordt op relatief weinig locaties gemeten:

- Overijsselse Vecht;
- Zwarte water;
- IJssel;
- Bovenloop van de Rijn (Nederrijn);
- Utrechtse Vecht;
- Amstelboezem;
- Bovenloop Waal (voor inname ARK);
- Bovenloop Maas vanaf Belfeld (voor MaasWaal kanaal).
- *Bergse Maas, Oude Maas en Spui (staan nog niet op de kaart, data zijn wel geleverd)*

Relatief weinig meetpunten betekent niet dat er automatisch meer punten moeten komen. Voor de grote rivieren correleren de benedenstroomse meetstations vaak goed met de bovenstrooms gemeten randen bij Lobith en of Eijsden. Zo ligt bijvoorbeeld het eerst volgende meetpunt in de IJssel pas bij Kampen, toch correleren de temperatuurwaarnemingen gemiddeld goed met die bij Lobith. Op bepaalde momenten, zoals in de zomer van 2003, ontstaan er echter verschillen. Op dit moment is nog niet duidelijk of het model (met daarin tussenliggende lozingen en afkoeling/opwarming) deze verschillen verklaart. Als dat niet het geval is zijn extra tussenliggende meetpunten te overwegen.

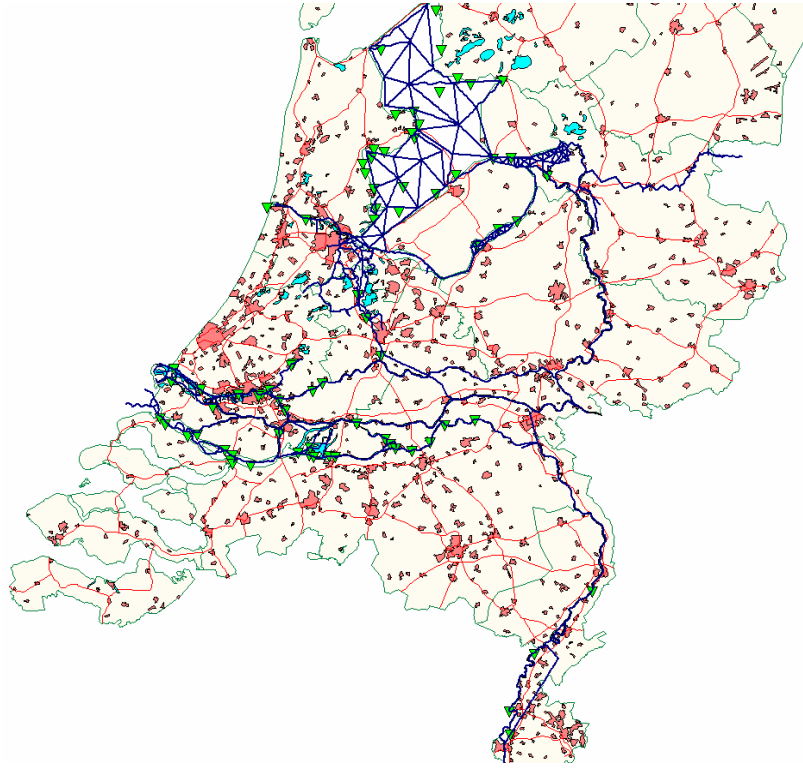
Aanbeveling 1:

Het aantal temperatuurmetingen in de Amstelboezem en Vechtboezem is onvoldoende. Aanbevolen wordt om bij Waternet (DWR) en HDSR navraag te doen naar metingen van watertemperatuur in deze watersystemen.

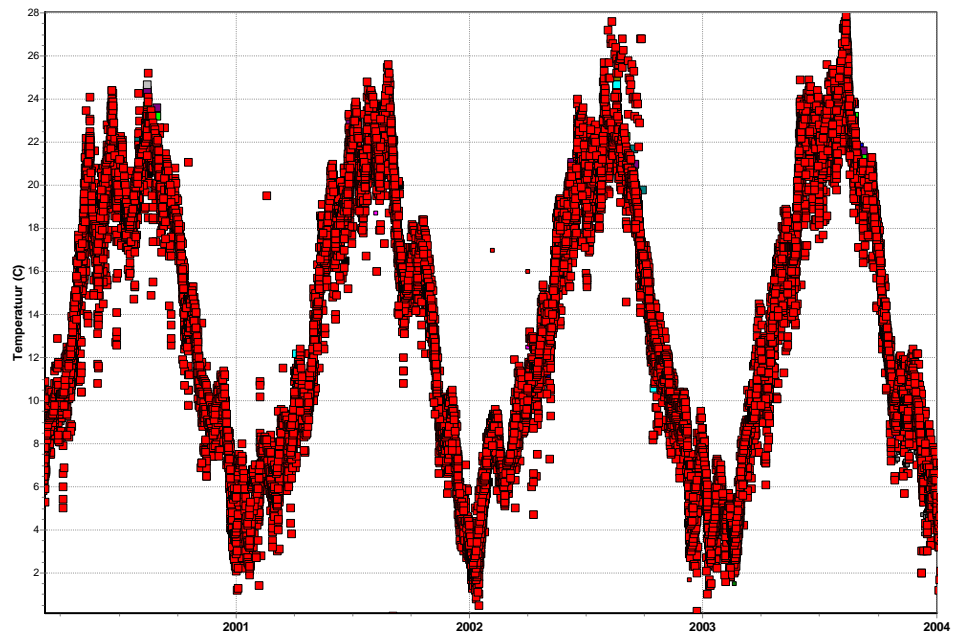
Het uitgeslagen water van het Hoogheemraadschap van Rijnland (gemalen Halfweg en Spaarndam) lozen op het Noordzeekanaal. Het wordt aanbevolen om voor deze gemalen de temperatuur (en debietreeksen voor zover niet al door Flip Dirksen verzameld) te achterhalen.

Conclusie 1

De nu beschikbare dataset heeft voldoende, behoudens suggestie in aanbeveling 1, dekking en inhoud om een verificatie mogelijk te maken. Zeker gezien de onzekerheden die er nog in de waterbeweging zullen zitten is het in dit stadium niet efficiënt om meer –historische– meetgegevens te verzamelen.



Figuur 1 Kaart van Nederland met modelschematisatie, meetpunten (groen). << in volgende versie ook lokatie en omvang van lozingen toevoegen >>



Figuur 2 Overzicht van alle beschikbare temperatuurmetingen in Nederland (± 107 lokaties) voor de periode 2000-2005. Het betreft ongeveer 40.000 waarnemingen. Zeerand waarnemingen zijn niet afgebeeld

4.2 Review van de verschillende watersystemen binnen de modelschematisatie

Deze paragraaf kijkt voor een zestal watersystemen welke processen dominant zijn in de warmtebalans en dus de watertemperatuur het meest beïnvloeden. De meest bepalende aspecten moeten het best bekend zijn om het beste modelresultaat te behalen. Deze aspecten worden dan in beginsel ook voor veldmeting voorgesteld.

De volgende aspecten zijn van invloed op de verspreiding van warmte en de resulterende watertemperatuur:

1. *de stroming en menging van het water.*

De volgende watersystemen zijn vaak niet volledig gemengd:

- getijdhavens en in getijderivieren als gevolg van zout- en of temperatuurstratificatie;
- diepe meren a.g.v. temperatuurstratificatie;
- grote rivieren als gevolg van snelheidsgradiënten in de dwarsrichting;
- alle watersystemen als gevolg van een onvolledige gemengde lozing die drijft op het ontvangende water.

Als gevolg van onvolledige menging zal een één-dimensionaal model dat volledige menging veronderstelt mogelijk niet goed functioneren. Voorgesteld wordt om de focus voor wat betreft additionele veldmetingen op dit soort systemen te leggen.

2. *de invloed van afkoeling/opwarming;*

De mate waarin een watersysteem onder vergelijkbare meteorologische (stralingsbalans) omstandigheden reageert op opwarming en afkoeling hangt grotendeels af van de geometrie van het systeem (diepte), de verblijftijd ervan en de snelheid van warmteuitwisseling met de atmosfeer. De wind is bij dat laatste de sterkste en meest onzekere factor.

3. *de warmtelozingen*

Het effect van warmtelozingen hangt af van hoe groot de lozing is ten opzichte van het ontvangende water en de snelheid en mate waarin de lozing gemengd wordt.

In onderstaande Tabel 2 is per watersysteem het dominante proces(sen) voor de watertemperatuur aangegeven. In de 3^e kolom van de tabel is de bijbehorende informatie of (veld)meting om dit proces te kwantificeren aangegeven. In het nationaal temperatuurmodel zou dus voor elk van deze watersystemen op een aantal lokaties metingen van het type uit Tabel 2 moeten voorkomen.

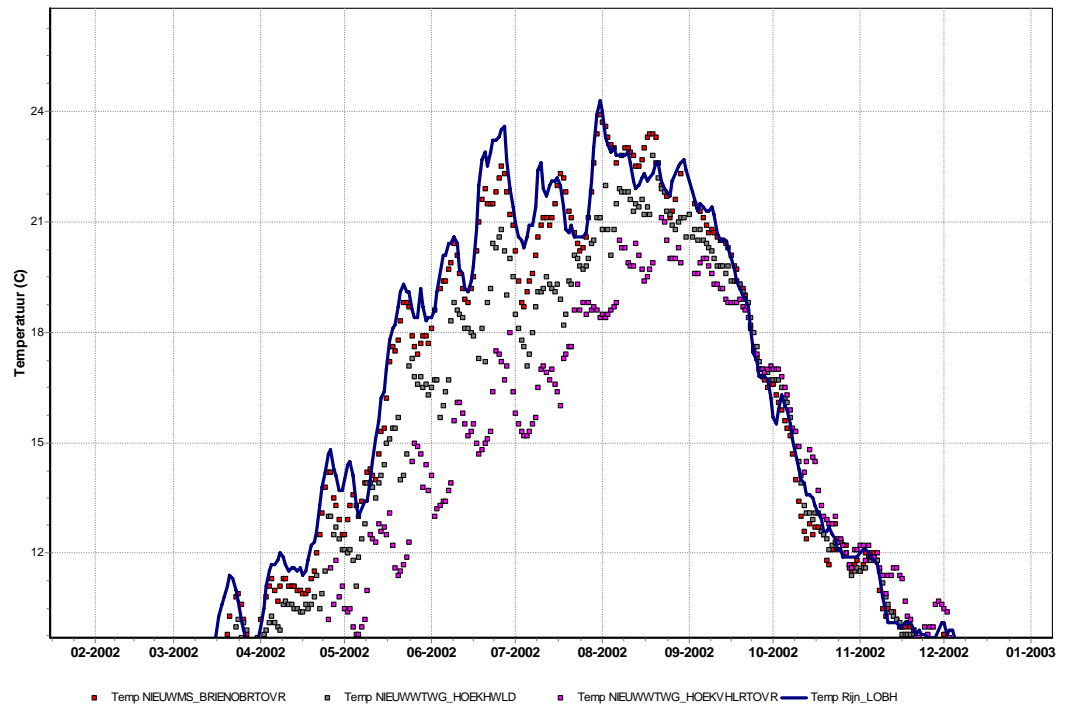
Uit Tabel 3 wordt afgeleid dat :

1. er voor kleinere wateren (rivieren en kanalen) geen additionele meetbehoefte is. Er zijn voldoende oppervlaktewater temperatuurmetingen voorhanden (zie 4.1). De tweede belangrijke variabele, de lozingen, worden of zijn op dit moment al naar beste kunnen gekwantificeerd. 3D-pluimverspreiding kan modelmatig worden gekwantificeerd op basis van lozingsgegevens zonder dat daarvoor in eerste instantie veldmetingen nodig zijn;

2. voor grote rivieren is voldaan aan de belangrijkste voorwaarde, nl. een betrouwbare hoogfrequent bemeten bovenstroomse rand. Er zijn echter geen gegevens voor de variatie van temperatuur over de breedte van de rivier voorhanden. Variatie over de dwarsraai is mogelijk van belang op splitsingspunten van de grote rivieren (Waal, Rijn, Lek, IJssel);
3. voor meren en plassen is het nuttig om te weten waar de spronglaag ligt. Echter op dit moment zitten er (?) geen diepe meren en plassen in het nationaal model. Het is daarom niet nodig om voor deze watersystemen metingen te verrichten. WL heeft bovendien uitgebreide ervaring met eenvoudige en nauwkeurige modellering van spronglagen in diepe meren en putten;
4. Getijderivieren en (getijde)havens kennen complexe mengprocessen als gevolg van zout- en temperatuurstratificatie. Metingen van temperatuur en zout profielen (in de diepte) over verschillende dwars- en lengteraaian van deze systemen zijn nuttig bij de interpretatie van 1D resultaten. Figuur 3 laat bijvoorbeeld mooi zien hoe de gemeten watertemperatuur ten opzichte van Lobith (doorgetrokken lijn) over de Nieuwe waterweg afneemt als gevolg van mening met kouder zeewater. De zeerand is goed gedefinieerd (Hoek van Holland kent temperatuurmetingen op 3 dieptes).

Tabel 2. Voor een aantal watersytemen (kol. 1) zijn de dominante processen voor de watertemperatuur (kol 2) gegeven samen met het soort veldmeting dat daarbij van belang is. De vetgedrukte metingen in kolom drie worden voorgesteld.

	Dominant proces	Type temperatuur meting
Grote rivieren	<ul style="list-style-type: none"> • bovenstroomse rivier rand • grote lozingen / menggedrag • onvolledige menging over dwarsprofiel 	<ul style="list-style-type: none"> • bovenstroomse rand opp.wat. • 3D pluim verspreiding grote lozing • dwarsraaien op 2 dieptes
Kleine rivieren	<ul style="list-style-type: none"> • kleinere lozingen • meteorologie en warmteopslag en teruglevering in de bodem 	<ul style="list-style-type: none"> • betrouwbare inventarisatie lozingen • voldoende metingen in de tijd (voor en najaar inclusief)
Kanalen	<ul style="list-style-type: none"> • kleinere lozingen • meteorologie 	<ul style="list-style-type: none"> • betrouwbare lozingsgegevens • voldoende frequent opp.wat.
Meren en plassen	<ul style="list-style-type: none"> • meteorologie, vnl. wind • warmteopslag en teruglevering in de bodem 	<ul style="list-style-type: none"> • opp.wat. metingen evt. aanvullen met 1DV berekeningen
Rivieren en kanalen met getij	<ul style="list-style-type: none"> • zeerand • menggedrag agv. zout- en temperatuurstratificatie 	<ul style="list-style-type: none"> • diepteprofiel van de zeerand • diepteprofielen van temperatuur en geleidbaarheid
(Amsterdamse en Rotterdamse) Havens	<ul style="list-style-type: none"> • lozingen in de haven • onvolledige menging over de horizontaal en vertikaal 	<ul style="list-style-type: none"> • betrouwbare lozingsgegevens • raaimeting vanuit haven de geul in met vertikaal profiel van temperatuur en geleidbaarheid



Figuur 3. Metingen van de watertemperatuur bij Lobith, bij de van Brienoordbrug en in de Nieuwe waterweg.

De volgende aanvullende veldmetingen zijn dus in principe gewenst.

- Diepteprofielen van gestratificeerde rivieren: deze komen behoorlijk frequent voor (zie Tabel 3) in de database;
- Dwarsraai-metingen: deze komen niet voor in de beschikbare database;
- Raaien en dieptemetingen in havens: deze komen niet voor in de database.

Tabel 3. Wateren en lokaties waar dieptemetingen van temperatuur beschikbaar zijn

Haringvliet
Hollands diep
Hollandse IJssel
Nieuwe Maas
Noordzee kanaal
Oude Maas
Spui

Aanbeveling 2

Voorstel om temperatuurmetingen te verrichten op drie dieptes in de dwarsrichting in de volgende grote rivieren. De exacte lokatie nog te bepalen:

- Nederrijn en de IJssel (na Pannerdens kanaal);
- de Waal voor de aftakking van het ARK.

Het doel van deze metingen is om onderzoeken of de temperatuur homogeen verdeeld is over de dwarsrichting en te zien of er hierdoor op de splitsingspunten verschil in temperatuur van de IJssel en Nederrijn kan ontstaan. Voor de Waal komt daar als doel nog bij om te zien hoe de grote E-centrale lozing(en) over de breedte en diepte mengen.

Aanbeveling 3:

Voorstel is om in een aantal nader te bepalen havens temperatuurmetingen te verrichten. De metingen kunnen het best worden verricht in die havens waar grote warmtelozingen plaatsvinden. Zie hiervoor voorlopig Tabel 4.

Uit berekeningen blijkt bijvoorbeeld dat in de Chemiehaven de temperatuur stratificatie als gevolg van de lokale lozing(en) niet (plaatselijk) wordt opgeheven gedurende het getij. De haven wordt als functie van het getij relatief homogeen over de diepte gevuld en geleegd.

De metingen moeten worden verricht in raaien die vanuit achter in de haven richting de rivier lopen. Op een raai worden diepteprofielen van de temperatuur en geleidbaarheid gemeten.

In paragraaf 5 is een voorlopig voorstel voor de te volgen meetstrategie gedaan.

Tabel 4 Voorgestelde lokaties voor het uitvoeren van raai-metingen

Lozer	Watersysteem	Type
Air products Pernis	Eemshaven (Rotterdamse haven)	havenbekken met getij en (mogelijk) zoutintrusie
Nuon Velsen	Noordzeekanaal (?)	kanaal met zoutintrusie
Cargill Multiseed Amsterdam	Amerikahaven (Noordzeekanaal)	havenbekken met zoutintrusie
Corus IJmuiden	Haven / Noordzeekanaal	havenbekken met zoutintrusie
AkzoNobel / Shin-Etsu	Chemiehaven (Rotterdam)	havenbekken met getij en (mogelijk) zoutintrusie
Shell Pernis	Botlekhaven / Petroleumhaven (?)	havenbekken met getij en (mogelijk) zoutintrusie
aanvullend lokaties kiezen op basis van lozingen informatie		

4. 3. Ervaring van eerdere studies

In deze paragraaf is de studie Temperatuurmodellering Maas met SOBEK (WL, 2003,) opnieuw bekeken in het licht van een op te stellen meetplan. In de studie werden destijds de volgende aanbevelingen gedaan:

1. “Het verdient aanbeveling om voor de zijrivier de Roer zowel een debiet- als een temperatuursmeting uit te voeren.”
2. “Indien de invloed van de Clauscentrale op de Zandmaas bovenstreams van Roermond dient te worden vastgesteld is het huidige meetstation Roermond minder geschikt.

Aanbevolen wordt om circa 1 km benedenstrooms van de Clauscentrale de watertemperatuur te monitoren”

3. “Verticale temperatuurstratificatie kan optreden indien een lozing/laterale instroom een sterk afwijkende temperatuur heeft. Mogelijk speelt dit een rol benedenstrooms van de Claus centrale en het instroompunt van de Roer. Het verdient aanbeveling op deze twee punten een profielmeting uit te voeren in een periode met een relatief groot temperatuursverschil tussen de Maas en de lozing/laterale instroom”
4. “De Rijn kent stratificatie, de watertemperatuur is niet homogeen over de horizontaal/verticaal. Aangezien de Rijn zich over meerdere takken verdeelt, wordt een fout gemaakt voor de berekening van de inlaat temperatuur voor deze takken.”

Aanbeveling 4

Het verdient aanbeveling om het derde punt over te nemen: Monitoring van profielen van de watertemperatuur bij de instroom van de Roer en in de Maas benedenstrooms van de Clauscentrale.

5. Meetstrategie

Aanbevolen wordt om een ‘discontinue metingen op losse punten’ uit te voeren voor de voorgestelde lokaties. Dit is een zeer flexibel system dat evt. goed gecombineerd kan worden met drijfvermetingen.

De onderstaande procedure is geschreven voor het vaststellen van de omvang van een koelwaterpluim. In de volgende versie van dit memo zal de methodiek worden aangepast om raaimetingen in havens en over de dwarsrichting ven een rivier te beschrijven. Het principe is echter vergelijkbaar, de vaarpatronen wijzigen wel.

Discontinue metingen op losse punten	
Methodiek	Bemeten van de koelwaterpluim vanuit een kleine boot. Vanuit de boot worden de sensoren tot verschillende dieptes in de waterkolom neergelaten. Tevens vaart de boot kriskras door de koelwaterpluim om zo nauwgezet mogelijk de horizontale verspreiding vast te stellen. Positiebepaling met DGPS legt gedetailleerd de meetpositie vast. Het vaarplan wordt zodanig opgezet dat de verstoring (menging) door de meetboot de metingen minimaal beïnvloed.

Bovenaanzicht	
Zijaanzicht	
Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Zeer flexibel, omdat meetstrategie direct aangepast kan worden aan de omstandigheden (terugkoppeling van resultaten, aanpassing aan weersinvloeden zoals wind) • De contouren van werkelijke pluim kunnen bepaald worden • Karakteristieken van het ontvangende water kunnen tegelijkertijd gemeten worden, inclusief visuele inspectie van vissterfte en inclusief meting van de stroomsnelheid • Meetploeg rouleert tussen de verschillende locaties; zelfde meetstrategie en kwaliteit en opslag van data
Nadelen	<ul style="list-style-type: none"> • Beperkt aantal metingen per locatie • Arbeidsintensief • Positiebepaling met GPS noodzakelijk (overigens niet kostbaar)
Geschatte kosten	<p>Apparatuur (exclusief boot, inclusief plaatsbepaling), software ± € 17.500,- De metingen worden verricht door twee personen (stuurman en meetman) vanuit eenvoudig bootje. Het dagtarief voor twee personen, vervoer en apparatuur zal 1500 tot 2000 Euro bedragen. Verwerking en validatie van de gegevens zal circa een a twee mandagen per locatie bedragen. Eventueel komt daar nog rapportage bij.</p>
Praktische haalbaarheid op korte	<p>Deze meetstrategie maakt gebruik van standaardtechnieken en is direct inzetbaar. Boot, sensoren en GPS zijn binnen twee weken inzetbaar. Per locatie zal op ten minste drie dagen de koelwaterpluim bemeten moeten worden onder verschillende</p>

termijn	condities (in getijsystemen bijvoorbeeld tijdens hoogtij en tijdens laagtij). Naar verwachting zal de pluim minimaal vier keer per dag bemeten kunnen worden.
Algemene beoordeling	Vanwege de relatief eenvoudige aanpak is deze meetstrategie op korte termijn uit te voeren. De grote flexibiliteit maakt het mogelijk de koelwaterpluim in detail te bemeten, hoewel de metingen in snelstromend water foutgevoeliger zullen zijn. Hoewel arbeidsintensief, is deze meetstrategie waarschijnlijk als enige snel inzetbaar.

Referenties

WL | Delft Hydraulics (2003)

Wijdeveld, A. en A. Kuin, 2003. Temperatuurmodellering Maas met Sobek. December 2003 (Q3527).

WL | Delft Hydraulics (2004). SOBEK Landelijk temperatuurmodel. E. Meijers en P. Boderie. December 2004. Project EMP3804/Q3861.

DHV en WL, 2005. Potentiële Koelcapaciteit Rijkswateren 2005-2050. Quick scan klimaatscenario's. December 2005

Lokaties waarvoor oppervlakte water metingen (tot -1m) van temperatuur beschikbaar zijn.

Water	Locatie	Aantal	Water	Locatie	Aantal
AFGDDMS	DEHGWCPSD	72	IJSSMR	HOUTRHBSD	33
AFGDDMS	DENWDNBSD	72	IJSSMR	HOUTRHK	66
AFGDDMS	DERSCPBSD	71	IJSSMR	KLIF	33
AFGDDMS	NEDHMT	45	IJSSMR	KOOPMPDR	33
AFGDDMS	WELLBSD	72	IJSSMR	KORNWD	25
AFGDDMS	WIJKSWDBSD	72	IJSSMR	LEMMBSD	33
AMSDRKNL	MAARSSN	606	IJSSMR	VROUWZD	89
AMSDRKNL	NIEUWGN	7126	JULANKNL	BUNDE	17
AMSDRKNL	NIEUWSS	70	KETMR	KAMPHBSD	33
BERGSMS	KEIZVR	100	KETMR	KETMWT	89
BOVMWDE	DEMTPCPSD	72	KETMR	SCHOKKHVRCAT	33
BRABSBBH	AAKVBSD	48	KETMR	ZWOLSHBSD	38
BRABSBBH	BOERPBSD	36	LEK	AMMSHBSD	37
BRABSBBH	GATVDKSBSD	72	LEK	AMMSL	44
BRABSBBH	GATVDEBSD	49	LEK	GROOTAMVSBSD	36
BRABSBBH	NOORDGVDPBSD	72	LEK	KINDDLKOV	1707
BRABSBBH	RIETPBSD	72	MAAS	BELFBVN	89
BRABSBBH	RIETPT	45	MAAS	EIJSDGS	1827
CALKNL	BEERKNMDN	44	MAAS	GELREZDE	11
DORDTSKL	WIELDRTOVR	1509	MAAS	GODHHSST	46
EEMMR	EEMMDK23	88	MAAS	GODHHZLD	46
HARTKNL	HARTKRG	1746	MAAS	GODHMTP	46
HARTKNL	SUURHBNZDE	1856	MAAS	GREFFLNZDE	46
HARVT	HARVBLHNOBSD	74	MAAS	HEMRSWDS	46
HARVT	HARVBLHNWBSD	74	MAAS	KERKDCPDBSD	46
HARVT	HARVSPT	18	MAAS	KERKZMRND	46

HARVT	HARVSS	101	MAAS	KERKDZMRWZDE	46
HARVT	HELLGPBSD	72	MAAS	LITHSHDSD	46
HARVT	HELLVSHLCBSD	74	MAAS	LITHSHGMTSD	46
HARVT	HELLVSSKDBSD	72	MAAS	MEERSKM28.8	42
HARVT	HELLVSVTRBSD	72	MAAS	MEERSKM32.5	41
HARVT	HITSSKDBSD	48	MAAS	MEERSKM32.8	35
HARVT	INLSU	259	MAAS	MEERSKM34.8	42
HARVT	MIDDHNBSD	73	MAAS	STEVWT	78
HARVT	MIDDHNSMB	290	MARKMR	BROEKHVN	63
HARVT	SCHEELHK	38	MARKMR	EDBSD	34
HARVT	STELLDJHVBSD	73	MARKMR	HOORN	11
HOLLDP	BOVSS	90	MARKMR	HOORNSHP	56
HOLLDP	VOLKRSZSSHL	2072	MARKMR	HOORNSPHK	33
HOLLSIJSL	GOUDJLANSBSD	25	MARKMR	LELSHVN	65
HOLLSIJSL	GOUDVHVN	82	MARKMR	MARKGZE	65
HOLLSIJSL	KRIMPADIJSLK	2129	MARKMR	MARKMMDN	89
HOLLSIJSL	MOORDOT	12	MARKMR	SCHARDM	33
HOLLSIJSL	MOORDOT01	22	MARKMR	SCHELLHT	33
HOLLSIJSL	MOORDOT02	23	MARKMR	UITDDPG	33
HOLLSIJSL	MOORDOT03	18	MARKMR	WARDR	33
HOLLSIJSL	MOORDOT03.2	18	NIEUWMS	BRIENOBRTOVR	2134
HOLLSIJSL	MOORDOT03.3	37	NIEUWMS	BRIENOD	89
HOLLSKT	BUIHVN8	5	NIEUWMS	LEKHVRTOVR	2140
HOLLSKT	IJMDBTHVN	2192	NIEUWWTWG	HOEKHWLD	2042
IJSSL	KAMPN	90	NIEUWWTWG	HOEKVHLRTOVR	2137
IJSSMR	ANDK	27	NIEUWWTWG	MAASSS	157
IJSSMR	DENOV	25	NOORD	ALBSDRTOVR	1796
IJSSMR	DENOVZDHVN	33	Rijn	LOBH	1827
IJSSMR	ENKHZRCATPKZ	33	VELWMR	ELLSD	33
IJSSMR	HINDLPBPVJN	33	VELWMR	VELWMMDN	is88
IJSSMR	HOGGZN	33	WOLDWD	WOLDWMDN	88
IJSSMR	HOLLPTE	33			

B Modelaanpassingen

B.1 Operationalisering Dry Waste Loads in Sobek

Voor temperatuursmodellering is het van groot belang dat droge stof lozingen in mogelijk worden. In Sobek-RE, het oude Sobek Rivers was daarvoor een mogelijkheid in de UI ingebakken. De nieuwe Sobek-Rural/Rivers lijn heeft deze mogelijkheid niet

Binnen Sobek zijn een aantal aanpassingen noodzakelijk. Deze zijn:

<i>nr</i>	<i>Actie</i>	<i>Wie</i>
1	Aanmaken “Dry Waste Load” knooptype	Jaap Zeekant
2	Modeledit, het schrijven en lezen van de data achter de “Dry Waste Load” knoop	Jaap Zeekant
3	Schrijven locaties van Dry Waste Loads in de ntrdlwq.poi file	JanJaap Brinkman
4	Opnemen van dry waste loads in WQint	Jos van Gils
5	Aanpassingen in de delwaq invoerfile	Erwin Meijers
6	Administratie van de bestanden in het CMT	Jaap Zeekant
7	Aanpassen id's Dry Waste Loads	Johan Crebas
8	Documentatie in online help	

B.1.1 Dry waste load knooptype

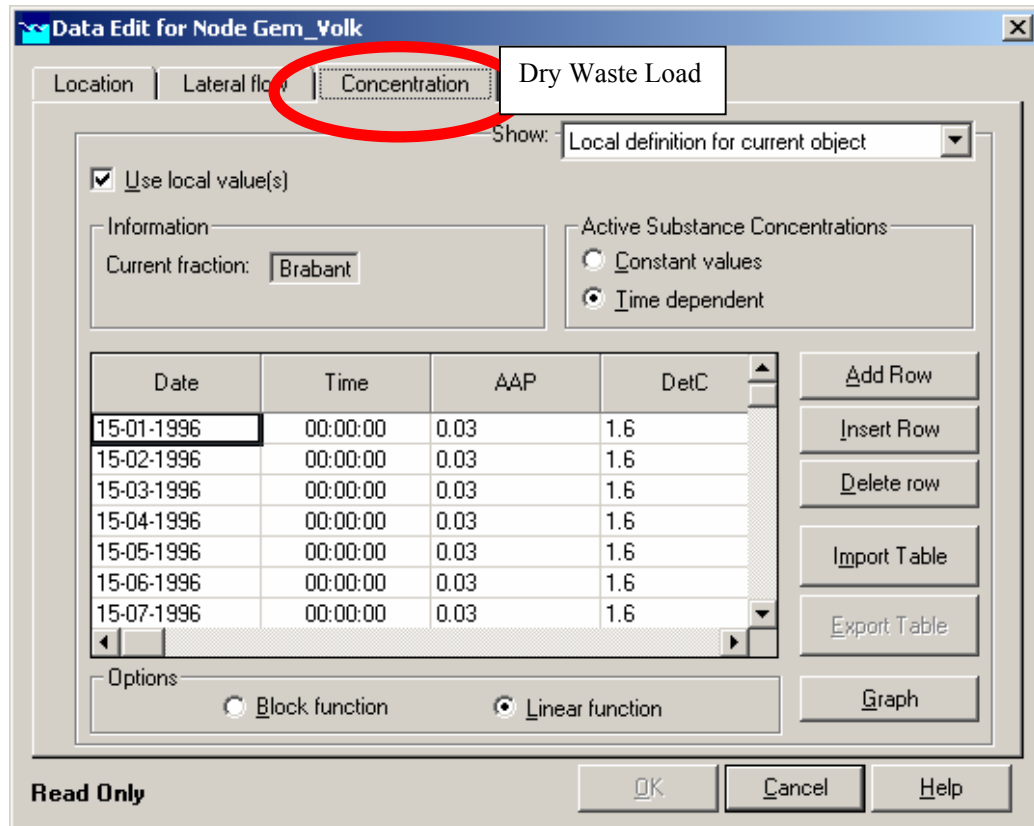
Het is noodzakelijk dat een nieuw knooptype wordt gedefinieerd. Dit is noodzakelijk in de volgende bestanden:

- Ntrpluv.ini
- Ntrpluvr.ini
- Catr.ini

Daarnaast zijn een aantal aanpassingen noodzakelijk in Schemat.exe en Prepmapp.exe. Deze twee programma's beïnvloeden de ntrpluv.ini en de ntrpluvr.ini.

B.1.2 Modeledit

Binnen Modeledit worden de lees- en schrijf acties voor een Dry Waste Load geregeld. Het invoerscherm voor een Dry Waste Load is hetzelfde als voor een waterkwaliteits randvoorwaarde. Het enige verschil zit het in de naam van het tabblad. Deze is niet “Concentration” maar “Dry Waste Load”.



Voor een Dry Waste Load wordt ook onderscheid gemaakt in een Locale definitie en in een Globale definitie. De afhandeling van deze twee definities is identiek aan een gewone waterkwaliteitsrand, alleen de bestandsnamen zijn anders:

<i>Definitie</i>	<i>Lateral Inflows en Boundaries</i>	<i>Dry Waste Load</i>
Local	boundwq.dat	loadswq.dat
Global	boundwq.typ	loadswq.typ

Voorbeeld van een WQ data file:

```

ITEM
USEFOR 'Zeeburg' 'Zeeburg'
ABSOLUTE TIME
CONCENTRATION
USEFOR 'CI' 'CI'
DATA          'CI'
'2003/11/10-00:00:00'  0
'2003/11/13-00:00:00' 1000
'2003/11/13-12:00:00'  0
'2003/11/30-00:00:00'  0

```

B.1.3 Opnemen Bestanden in Delwaq invoerfile

De nieuwe bestanden dienen in de delwaq invoer file te worden opgenomen. De exacte locatie is blok 6.

B.1.4 Ntrdlwq.poi

Netter moet voor een stuk administratie naar WQint zorgen. In de ntrdlwq.poi file zal bekend moeten zijn waar deze dry waste loads liggen in het netwerk.

B.1.5 WQint

WQint vertaald vervolgens de locatie van de lozingen naar delwaq segment nummers. De benodigde informatie ten aanzien van de dry waste loads wordt geleverd door Netter in de vorm van de ntrdlwq.poi file.

De afhandeling van de Dry Waste Loads door WQint kan exact hetzelfde verlopen als de afhandeling van de randen. Een verschil is, dat in het geval van een fractiesom, de Dry Waste Loads geen aandeel hebben in de randvoorwaarden.

WQint levert vervolgens een bestand (loadswq.id) aan Delwaq waarin de volgende informatie staat:

- Aantal lozingen
- Locatie lozing (segmentnummer, id, type)

B.1.6 Administratie bestanden in het CMT

Aan het CMT moeten twee bestanden worden toegevoegd, namelijk:

- Loadswq.dat; en
- Loadswq.typ

Deze bestanden moeten exact hetzelfde afgehandeld worden als de normale waterkwaliteitsrand bestanden (boundwq.dat en boundwq.typ). Met andere woorden, ze zullen exact dezelfde IO afhandeling moeten krijgen in de verschillende taakblokken.

B.1.7 Modelpaste – Verandering van id.

Het moet ook mogelijk zijn om de id van een Dry Waste Load aan te passen. Hiervoor is een aanpassing in modelpaste noodzakelijk.

B.1.8 Online help

In de online help hoort documentatie ten aanzien van de Dry Waste Loads.

B.2 Uitvoer van X, Y coördinaten vanuit netter

<i>nr</i>	<i>Actie</i>	<i>Wie</i>
9	Wegschrijven X, Y coördinaat vanuit netter	JanJaap Brinkman
10	X, Y coördinaat vanuit netter opnemen als segmentfunctie voor Delwaq via WQint.	Jos van Gils

B.2.1 Wegschrijven X,Y coördinaat

Vanuit Netter is het noodzakelijk op de X,Y coördinaat weg te schrijven in de ntrdlwq.poi file. Hierin moet per delwaq segment het centroid punt worden weggeschreven.

B.2.2 Aanmaken van een segmentfunctie

Wqint leest vanuit de ntrdlwq.poi file de centroidpunten voor de coördinaten. Vervolgens schrijft WQint deze punten in het delwaq formaat als een segmentfunctie.

B.3 Testrapporten

Op 12 mei zijn een aantal zaken afgerond voor de implementatie van Dry Waste Loads. Hieronder een overzicht van nieuwe executables en bestanden die noodzakelijk zijn voor een eerste test.

<i>nr</i>	<i>Actie</i>	<i>Wat</i>
1	Aanmaken "Dry Waste Load" knooptype	Ntrpluv.ini, Ntrpluvr.ini, Catr.ini, Prepmapp.exe, (2.2.0.29) Schemat.exe (2.2.0.54)
2	Modeledit, het schrijven en lezen van de data achter de "Dry Waste Load" knoop	nog niet
3	Schrijven locaties van Dry Waste Loads in de ntrdlwq.poi file	Netter.exe (4.0.0.937)
4	Opnemen van dry waste loads in WQint	Wqinr.exe, (2.2.0.0) wqinp.exe (2.2.0.0)
5	Aanpassingen in de delwaq invoerfile	wq.inp
6	Administratie van de bestanden in het CMT	Descprot.cmt, new (project/case)
7	Aanpassing aan id's	nog niet
8	Documentatie online help	nog niet
9	Wegschrijven X, Y coördinaat vanuit netter	Netter.exe (4.0.0.937)
10	X, Y coördinaat vanuit netter opnemen als segmentfunctie voor Delwaq via WQint.	Wqinr.exe, (2.2.0.0) wqinp.exe (2.2.0.0)

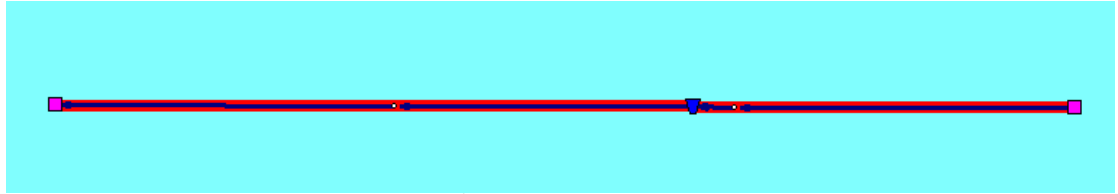
Met behulp van deze set bestanden is het mogelijk om een eerste test uit te voeren. Grote delen van de infrastructuur zijn beschikbaar. Het enige wat nog ontbreekt is de mogelijkheid om via UI de data in te voeren. Dit kan voor de test in eerste instantie ook rechtstreeks.

Opzetten testcase

Voor de test is gebruikt gemaakt van een Sobek versie 2.72.000.40. Dit is de laatste ontwikkelversie voor Sobek River. Bovenop deze versie komen een aantal extra bestanden. Deze zijn in de vorige paragraaf genoemd.

Basistest – geen DWL's

Simpel model, drie bakjes en 2 randen. Uniforme flow. Geen DWL's alleen twee boundary nodes. Zie onderstaande figuur:

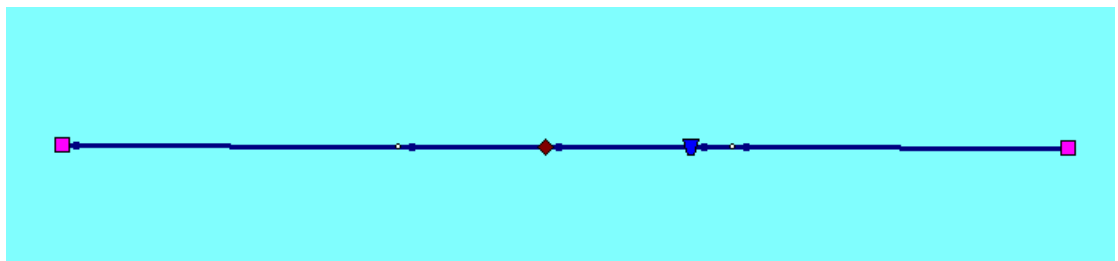


Figuur 2: Testopzet. Rechts inflow, $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Rechts waterlevel 0 m ref.

Voor de conservatieve som worden twee stoffen gebruikt, namelijk continuity en Cl. Op de randen komt Cl binnen met een concentratie van 10 mg/l .

Nr	Omschrijving	Case	Check
1	Dry Waste Load knoop type beschikbaar als WQ is aan?	Test1b: Geen DWL, conservatief	ok
2	Dry Waste Load knoop type <u>niet</u> beschikbaar als WQ is uit?	Test1a: Geen DWL, fractiesom	ok
3a	Eigen DWL type maken in User Defined Objects	Test1a: Geen DWL, fractiesom	ok
3b	Bij DWL geen mogelijkheid om fractie type te definiëren	DLW Test1a: Geen DWL, fractiesom	ok
4a	Fractiesom mogelijk?	DLW Test1a: Geen DWL, fractiesom	ok
4b	Resultaat klopt?	DLW Test1a: Geen DWL, fractiesom	ok
5a	Gewone WQ berekening mogelijk?	Test1b: Geen DWL, conservatief	ok
5b	Resultaat klopt?	Test1b: Geen DWL, conservatief	ok

DWL test



Figuur 3: Toevoeging van DWL (bruine ruit)

Op de DWL wordt enkel Chloride geloost. In totaal 10000 g/s . Verwachte concentratie na de lozing $10000 \text{ g/s} / 10 \text{ m}^3/\text{s} = 1000 \text{ mg/l}$ plus de randconcentratie van 10 mg/l .

Nr	Omschrijving	Case	Check
6a	Doorrekenen via UI, één DWL. Geen data invullen	Test2a: DWL - 1 enkele lozing	Error in delwaq.mon file: ERROR ON UNIT: 28, READING: delwaq-wastload.wrk
6b	Doorrekenen via UI, één DWL. Data via modeledit	Test2a: DWL - 1 enkele lozing	wachten op Modeledit
7a	Doorrekenen via UI, één DWL. Data via Textpad	Test2a: DWL - 1 enkele lozing	ok
7b	Resultaat klopt?	Test2a: DWL - 1 enkele lozing	ok
8a	Doorrekenen via UI, twee DWL's op verschillende delwaq segmenten	Test2b: DWL - 2 lozingen meerdere segmenten	ok
8b	Resultaat klopt?	Test2c: DWL - 2 lozingen meerdere segmenten	ok
9a	Doorrekenen via UI, twee DWL's op verschillende delwaq segmenten	Test2c: DWL - 2 lozingen 1 segment	ok
9b	Resultaat klopt?	Test2c: DWL - 2 lozingen 1 segment	ok

X, Y Coördinaten

Als extra uitvoer variabelen zijn Xseg en Yseg toegevoegd.

Nr	Omschrijving	Case	Check
10	Dry Waste Load knoop type beschikbaar als WQ is aan?	Test3: XY	ok