

Modellerling van lozingspluimen

F. Kleissen (Deltares) & E.M. Foekema

Rapport C080/11



IMARES Wageningen UR

Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Opdrachtgever:

Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water
van het ministerie van Infrastructuur en Milieu
p.a. Agentschap NL,
Postbus 93144,
2509 AC Den Haag

Publicatiedatum:

29 september 2011

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

© voorbladfoto's: IMARES

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
---	--	---	--

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V12

Inhoudsopgave

1	Doel van de pluimmodellering	4
2	Onderzoekslocaties	5
3	Modellering RWZI Garmerwolde	6
3.1	Beschikbare gegevens	6
3.2	Model grid	9
3.3	Modelforcering	9
3.4	Processen en parameters	10
3.5	Model resultaten	10
4	Model van rwzi-Amsterdam west	14
4.1	Beschikbare gegevens	14
4.2	Model grid	17
4.3	Modelforcering	18
4.4	Processen en parameters	18
4.5	Model resultaten	18
5	Conclusies	21
6	Referenties	22
	Kwaliteitsborging	23
	Verantwoording	24

1 Doel van de pluimmodellering

Om een goed beeld te krijgen van hoe migrerende vis op een lozingspluim reageert zijn in het kader van het project 'Een pluim voor vismigratie' experimenten uitgevoerd, waarbij migrerende vissen (aal en zeepril) werden voorzien van een zender. Door de signalen van deze zenders op te vangen via strategisch opgestelde ontvangers kan de positie van de vis in de waterweg worden vastgesteld. Om het gedrag van de vissen te kunnen interpreteren is inzicht nodig in de invloedssfeer van de lozingspluim op het moment dat de vissen op de locatie aanwezig zijn.

Om dit te bereiken is voor de onderzoekslocaties de verspreiding van de lozingspluim gemodelleerd met behulp van stromingsmodellen die zijn gebaseerd op het 3-dimensionale hydrodynamische model Delft3D-FLOW (Deltares, 2010).

Het belangrijkste doel van het model is het beschrijven van de dynamiek van de pluim in de tijd, onder invloed van de variatie in de lokale stroming in het kanaal als ook het debiet van het effluent.

Het model moet, vooral in het gebied waar de impact van de lozingspluim het grootst wordt geacht, voldoende nauwkeurig zijn en met voldoende resolutie het gedrag van de pluim weergeven om een combinatie met het visgedrag mogelijk te maken. Verder is het zaak om de randen van het model voldoende ver weg van het onderzoeksgebied te hebben, zodat de randvoorwaarden die nodig zijn om het model aan te sturen geen directe significante invloed hebben op de resultaten.

Bij het opzetten van de stromingsmodellen is het dan ook van belang dat de condities in het kanaal (wat stroming en pluimgedrag betreft) zo veel mogelijk overeenkomen met het werkelijke gedrag tijdens de waarnemingsperiode. Dit betekent dat de aansturing van het model is afgeleid van tijdsafhankelijke informatie van aangeleverde lozingsdebieten, gemeten temperaturen en stroomsnelheden gedurende de perioden dat de experimenten met de gezenderde vissen werden uitgevoerd.

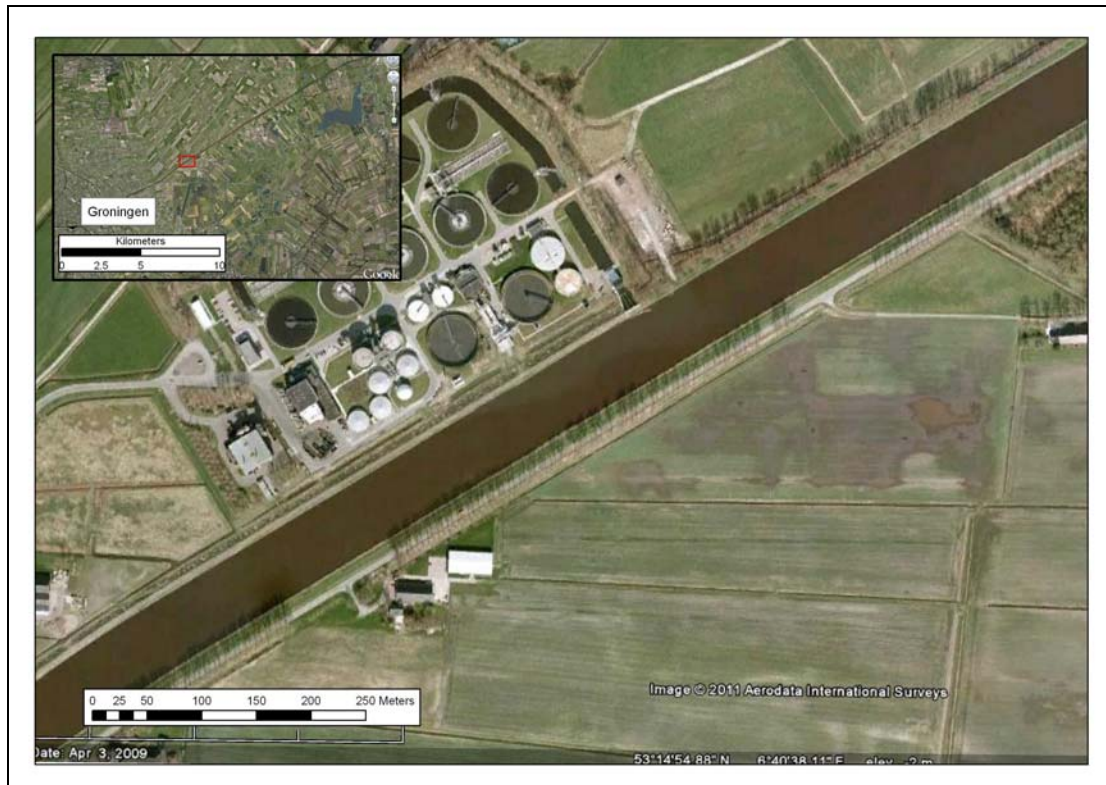
2 Onderzoekslocaties

Na een onderzoek van diverse mogelijke lozingslocaties zijn twee locaties geselecteerd voor telemetrisch onderzoek waarbij ook modelmatig naar het gedrag van lozingspluimen wordt gekeken. Het betrof twee locaties waar de lozing van rwzi-effluent uit relatief grote zuiveringsinstallaties in theorie zou moeten leiden tot substantiële lozingspluimen in het ontvangend oppervlaktewater. Het betreft rwzi-Garmerwolde die met een DWA capaciteit van 8400 m³/uur loost op het Eemskanaal en rwzi Amsterdam-West lozend met een DWA capaciteit van 4106 m³/uur op een zijkanaal van het Noordzeekanaal.

3 Modelling RWZI Garmerwolde

3.1 Beschikbare gegevens

De rwzi-Garmerwolde is gelegen aan het Eemskanaal ten noordoosten van de stad Groningen (Figuur 1).

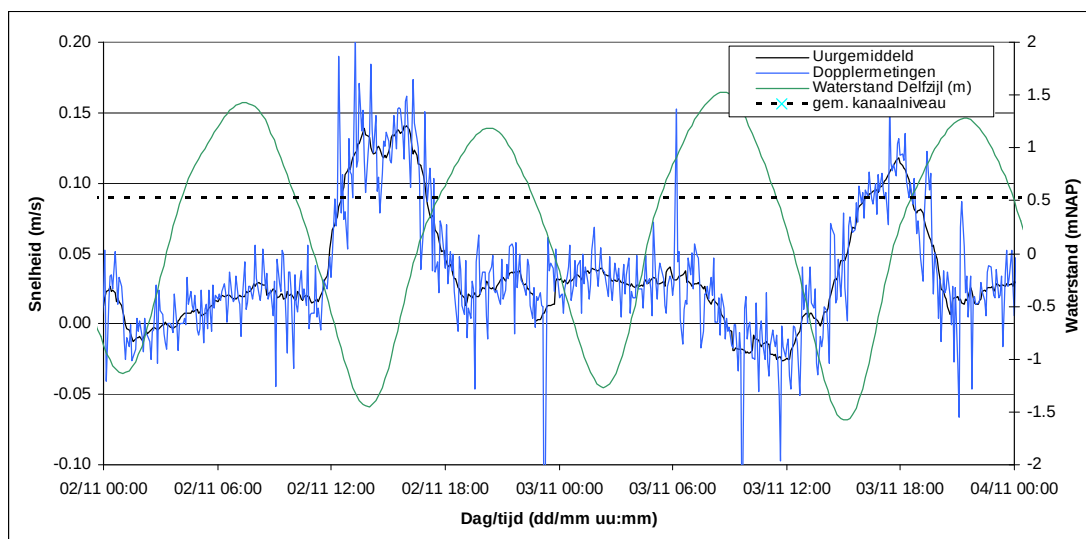


Figuur 1 Locatie RWZI Garmerwolde.

De stroming in het Eemskanaal wordt voornamelijk gestuurd door het spuuregiem bij Delfzijl, waar rondom laagwater de spuisluizen open gaan om het overtollige water te lozen in de haven van Delfzijl, dat ongeveer 19 km ten noordoosten van de rwzi ligt. De maximale spuifrequentie is hierdoor twee maal per dag. Afhankelijk van omstandigheden zijn er periodes waarin slechts eenmaal per dag, of in het geheel niet wordt gespuid. In de periode 2002-2007 is gemiddeld 217 miljoen m³/jaar gespuid, variërend van 83 miljoen m³ in 2006 tot 334 miljoen m³ in 2002 (data van Waterschap Hunze en Aa's).

Er zijn geen gedetailleerde geometrische gegevens van het kanaal beschikbaar, maar er is aangegeven dat het kanaal gemiddeld ongeveer 4 m diep en ongeveer 60 m breed is.

Tijdens de vismigratie-experimenten in november 2010 zijn stroomsnelheden in het kanaal gemeten, stroomopwaarts (zuidwesten) van de rwzi. Uit Figuur 2 is te zien dat ter hoogte van de rwzi de stroomsnelheid variabel is met periodes die als stagnant kunnen worden bestempeld.

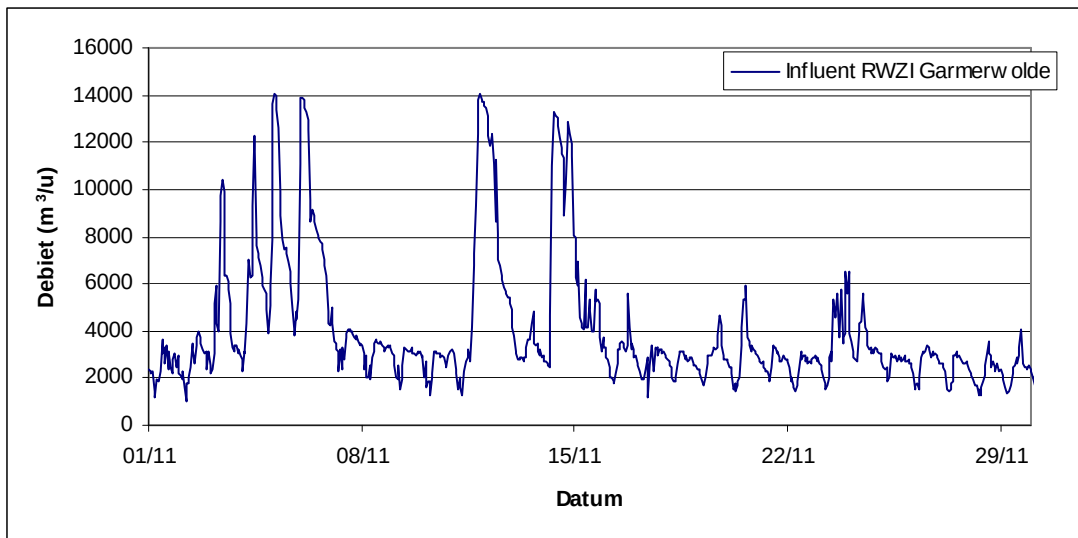


Figuur 2 Gemeten stroomsnelheden (instantaan en uurgemiddelde) in Eemskanaal, in combinatie met Waterstanden bij Delfzijl.

Figuur 2 laat een deel van de metingen zien waarin de correlatie van de snelheid in het kanaal en het spuieregiem duidelijk zichtbaar is. Het gemiddelde niveau in het kanaal is ongeveer 53 cm NAP, dus zodra het peil in Delfzijl lager is dan 53 cm, kan er gespuid worden. Uit Figuur 2 is te zien dat rondom het eerste laagwater van 3 november er niet wordt gespuid.

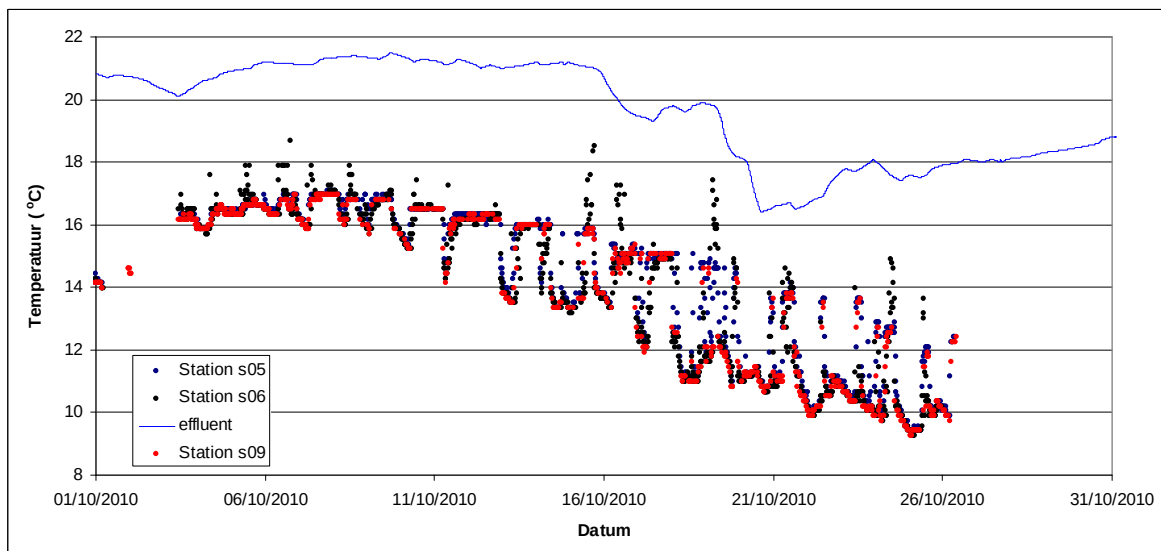
De in november 2010 gemeten stroomsnelheden (bovenstrooms ten opzichte van het rwzi-lozingspunt) zijn, tijdens het spuien, maximaal ongeveer 20 cm/s. Met een dwarsdoorsnede van ongeveer 240 m² komt dit neer op een debiet van ongeveer 48 m³/s. Voor 3 november is de daggemiddelde stroomsnelheid 3 cm/s hetgeen overeenkomt met een dagafvoer van ongeveer 0,6 10⁶ m³. Volgens de spuigegevens is er die dag 1,2 10⁶ m³ gespuid. Ter hoogte (stroomopwaarts) van de rwzi is het debiet door het kanaal dus ongeveer 50% van het gespuide debiet. Het debiet van de rwzi die dag is ongeveer 0,12 10⁶ m³/d. De rwzi zelf draagt dan voor ongeveer 10% bij aan de afvoer van het Eemskanaal.

Er zijn geen directe debiet gegevens van het effluent van de rwzi beschikbaar. Wel is aangegeven dat het debiet van het effluent ongeveer gelijk is aan dat van het influent. Het effluent wordt uitgeslagen door een set van 3 vijzels, die door het waterniveau in het afvoerkanaal worden aangestuurd. Data voor de vijzels zijn echter niet beschikbaar. In deze studie zijn dan ook de gegevens van het influent gebruikt voor de karakterisering van het geloosde effluent. De data zijn aangeleverd door Waterschap Noorderzijlvest. Voor oktober en november 2010 zijn uurgegevens van het debiet van het influent beschikbaar gemaakt (Figuur 3).



Figuur 3 Debiet van influent van rwzi Garmerwolde.

De gemeten temperaturen in het kanaal en van het effluent laten zien dat het temperatuurverschil tussen het effluent en het kanaalwater tijdens de monitoring periode ongeveer 4 graden Celsius is (Figuur 4). Dit temperatuurverschil veroorzaakt een verschil in dichtheid hetgeen een belangrijke invloed is op het verspreidingsgedrag van de lozingspluim. Dit temperatuurverschil zal dus in het model worden toegepast.



Figuur 4 Gemeten temperatuur van het effluent en van het water in het Eemskanaal (stations S05, S06 en S09).

3.2 Model grid

Een detail van het grid dat is toegepast bij de modelberekeningen voor het Eemskanaal rondom het lozingspunt van de rwzi-Garmerwolde is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5 Detail van het model grid rondom het lozingspunt van de rwzi-Garmerwolde.

De zuidwestelijke rand van het model ligt op ongeveer 500 m van het lozingspunt terwijl de Noordoostelijke rand op ongeveer 4500 m ligt. De keuze van de randen is met name gebaseerd op de algemene stromingsrichting in het kanaal (richting het noordoosten), waardoor de randvoorwaarden de stromingspatronen rondom het lozingspunt niet meer verstoren.

De resolutie van het curvilineair model grid varieert van ongeveer 3 m in de buurt van het lozingspunt tot ongeveer 10 m aan de oostelijke rand. Het lozingspunt wordt door ongeveer 4 gridcellen overbrugd. De breedte van het kanaal (60 m) wordt door 20 cellen overbrugd. In de buurt van het lozingspunt levert dit voldoende resolutie, gezien de breedte van het lozingskanaal, om de lozingspluim goed te kunnen beschrijven. Zonder gedetailleerde diepte-informatie is de diepte van het kanaal in het gehele model is gezet op 4 m. Het model heeft 10 sigmalagen in de verticaal, die ieder 0.4 m dik zijn. Het model omvat hierdoor een totaal van ongeveer 60.000 gridcellen.

3.3 Modelforcering

Het model heeft twee randen waar condities gedefinieerd moeten worden. In het zuidwesten is gebruik gemaakt van de tijdens de experimenten gemeten stromingsgegevens (snelheden). Ten westen van het onderzoeksgebied bestaat de randvoorwaarde uit uurgemiddelde stroomsnelheden. Aan de oostkant van het model wordt een vaste waterstand opgelegd van 0 m.

Ook de wind kan invloed uitoefenen op de verspreiding van de warmtepluim en de waterbeweging in het kanaal. Bij de modellering is gebruik gemaakt van de urengegevens van windsterkte en richting zoals gemeten op het KNMI station 280 (Eelde). Met lokale factoren die de windsterkte en richting op het kanaal beïnvloeden is geen rekening gehouden. Dit lijkt een redelijke aanname omdat het een open gebied betreft.

3.4 Processen en parameters

Vanwege het temperatuurverschil tussen effluent en ontvangend water is temperatuur in het model meegenomen, waardoor het model met de hieruit volgende dichtheidsverschillen rekening houdt. Warmte-uitwisseling met de atmosfeer is niet in het model opgenomen omdat resultaten alleen van belang zijn binnen het gebied dat wordt gedekt door de vismonitoringstations. Bij pluimverspreiding in dit gebied zijn de verblijftijden relatief kort en heeft de warmte-uitwisseling met de atmosfeer geen significante invloed op de temperatuur en dichtheid. Voor de achtergrondtemperatuur is 15°C aangehouden. Deze temperatuur heeft verder geen directe invloed op de modelresultaten omdat de dichtheidseffecten worden bepaald door dichtheidsverschillen, dus temperatuurverschillen, en niet door de absolute temperatuur. De ontwikkeling van de temperatuurverhoging in het kanaal ten gevolge van de lozing is dus direct gerelateerd aan de verdunning van de pluim. De mengfactor (M) kan dan worden berekend aan de hand van:

$$M = \Delta T_0 / \Delta T$$

Waarbij ΔT_0 het temperatuurverschil tussen het effluent en de achtergrondtemperatuur van het ontvangende water en ΔT de lokale temperatuurverhoging ten opzichte van de achtergrond ten gevolge van de lozing.

De effluentlozing is in het model opgenomen als een zogenaamde momentum discharge die uitkomt op het oppervlak, met een snelheid van 1 m/s. Op deze wijze wordt het effect van de geschatte snelheid van de lozing in het model meegenomen.

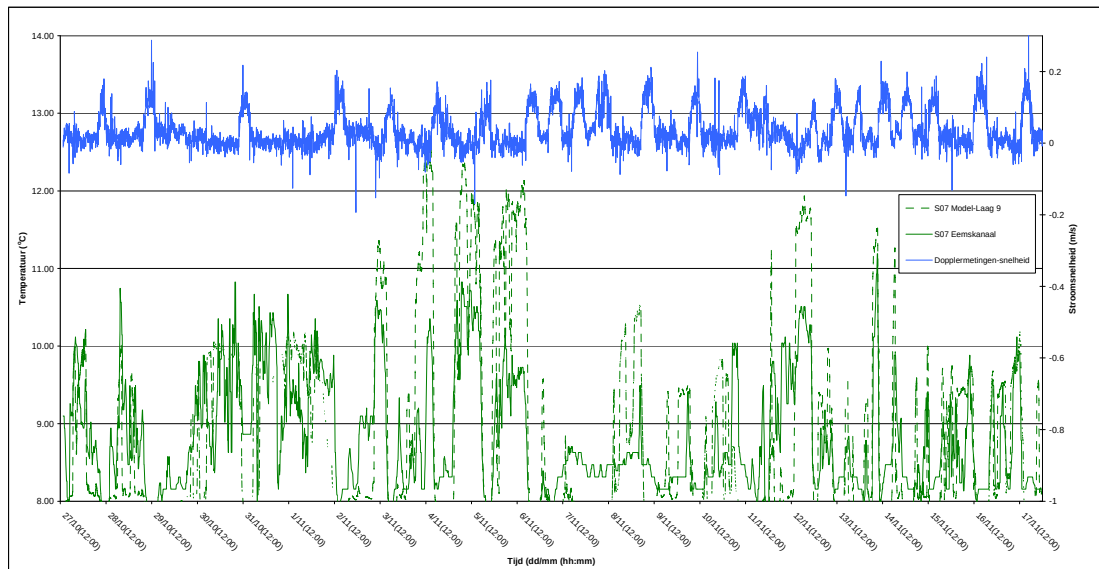
Op basis van een kort tijdstap-onderzoek is de tijdstap van de berekeningen op 15 seconden gezet. Voor viscositeit en diffusiviteit zijn beide de waarde 0,01 m²/s aangenomen. Ook voor bodemwrijving is een standaard waarde van de Manning coëfficiënt (0,025) gebruikt. De uitvoer van het model wordt elke 15 minuten gegenereerd om voldoende tijdsresolutie van de pluimontwikkeling en dynamiek te krijgen. Het model is opgezet voor de periode waarin de vismigratie experimenten zijn uitgevoerd. Het model simuleert dan ook de periode 27 oktober tot en met 21 november 2010, waarvoor een volledige set van randvoorwaarde gegevens beschikbaar was.

3.5 Model resultaten

De ontvangers van de viszenders waren voorzien van een sensor die de watertemperatuur op de positie van de ontvanger registreerde. Hierdoor was het mogelijk om op basis van de voorspelde watertemperatuur een indicatieve validatie van de modelberekeningen uit te voeren. Hiervoor is een positie tegenover het lozingspunt gekozen omdat hier de grootste variaties in de temperatuur ontstaan laat zien (vrij dicht bij het lozingspunt), zodat de schommelingen in de achtergrondtemperatuur die niet in het model zijn opgenomen niet dominant zijn.

Tijdens de simulatieperiode is er een verloop van de achtergrondtemperatuur te zien die niet in het model is opgenomen. Om de gesimuleerde temperatuur te kunnen vergelijken met waarneming moet

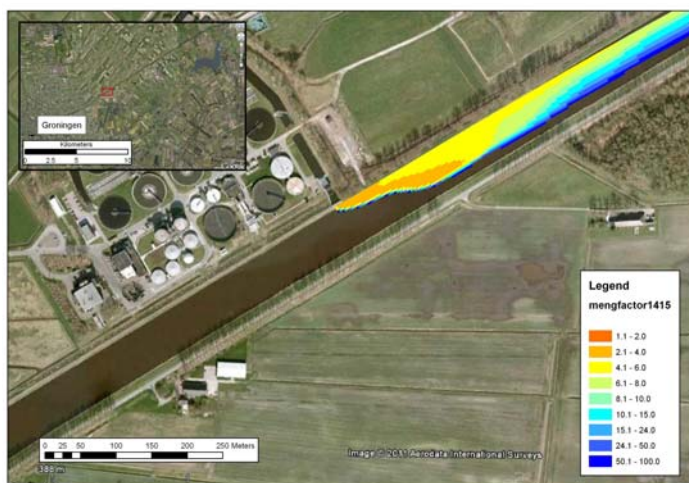
hiervoor worden gecorrigeerd door aan te nemen dat de gemeten minimumtemperatuur over een periode van 24 uur een maat is voor de achtergrond. Een vergelijking van het model en deze gecorrigeerde waarneming zijn te zien in Figuur 6.



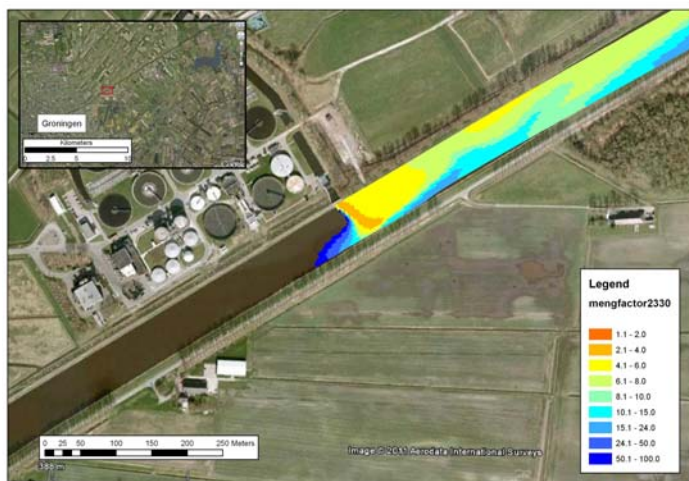
Figuur 6 Vergelijking gemodelleerde (groene stippellijn) en gemeten temperatuur (groene lijn). Boven in de figuur (blauwe lijn) is de gemeten stroomsnelheid weergegeven.

De dynamiek van de temperatuur, welke een maat is voor de verdunning van het effluent op het meetpunt, wordt door het model goed benaderd. Er zijn evenwel periodes waarin de temperatuur (dus de effluentconcentratie) wordt overschat. Dit kan diverse oorzaken hebben, zoals onnauwkeurigheid in de metingen door de correctie die is toegepast en/of het gegeven dat het temperatuurverschil tussen het effluent en kanaal niet constant is (zie ook Figuur 4). Verder kan worden opgemerkt dat er geen informatie beschikbaar was van de daadwerkelijke lozingsdebieten van de rwzi, waardoor er een verschil kan ontstaan tussen de aangenomen debieten die gebaseerd zijn op het influent debiet. Desondanks geven de resultaten aan dat de verspreiding van de pluim redelijk goed wordt gemodelleerd.

De resultaten van de pluimsimulatie geven duidelijk het dynamische gedrag van de lozingspluim weer, dat sterk wordt beïnvloed door het afvoerdebiet van het Eemskanaal (zie Figuur 7 t/m Figuur 9). Een mengfactor van 4, dus leidend tot een effluentconcentratie van 25%, wordt in de meeste gevallen bereikt binnen 200 m afstand van het lozingspunt.



Figuur 7 Voorbeeld verdeling mengfactor aan het oppervlak van het Eemskanaal bij de rwzi-Garmerwolde, uitgaande van een stromend kanaal.



Figuur 8 Voorbeeld verdeling mengfactor aan het oppervlak van het Eemskanaal bij de rwzi-Garmerwolde, uitgaande van een bijna stagnant kanaal.



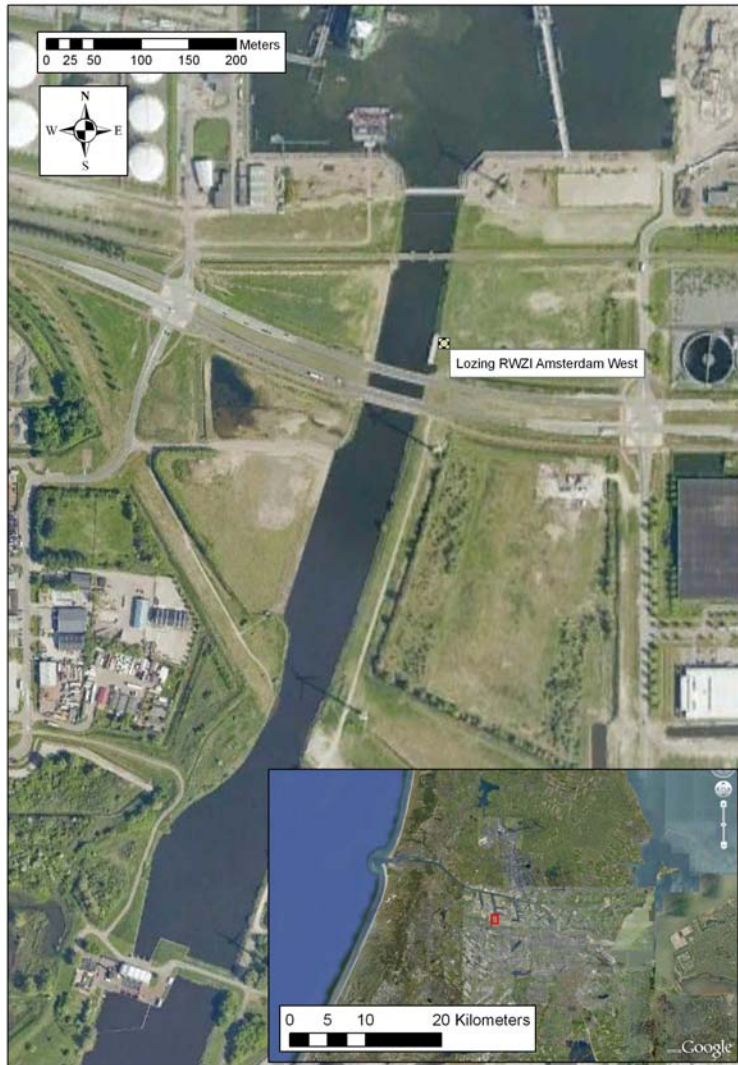
Figuur 9 Voorbeeld verdeling mengfactor aan het oppervlak van het Eemskanaal bij de rwzi-Garmerwolde, uitgaande van een, al enige tijd, stagnant kanaal.

De tijdafhankelijke uitvoer van het model is omgezet in zogenaamde kmz-bestanden die in Google Earth kunnen worden geladen zodat deze ook direct kunnen worden getoond in combinatie met de viswaarnemingen die ook via Google Earth kunnen worden gevisualiseerd. Hierdoor kan de reactie van de vissen op de lozingspluim worden gevisualiseerd. De uitvoertijdstep die hiervoor is gebruikt is 15 minuten, hetgeen, na overleg met het projectteam, als een optimum werd gezien tussen de tijddresolutie en omvang van de uitvoerfiles, en tevens voldoende werd geacht voor de analyse van het gedrag van migrerende vissen.

4 Model van rwzi-Amsterdam west

4.1 Beschikbare gegevens

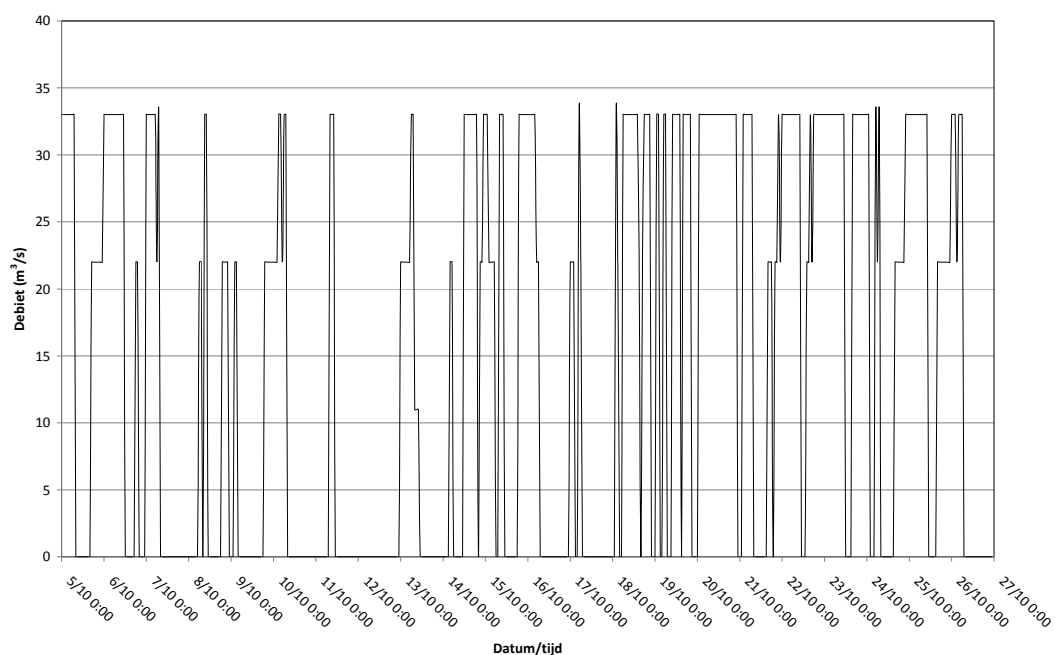
Zoals de naam al aangeeft ligt het lozingspunt van rwzi-Amsterdam-West ten westen van Amsterdam op een afstand van ongeveer 8 km ten noordwesten van het centrum (Figuur 10).



Figuur 10 *Overzicht van de locatie van rwzi-Amsterdam-West.*

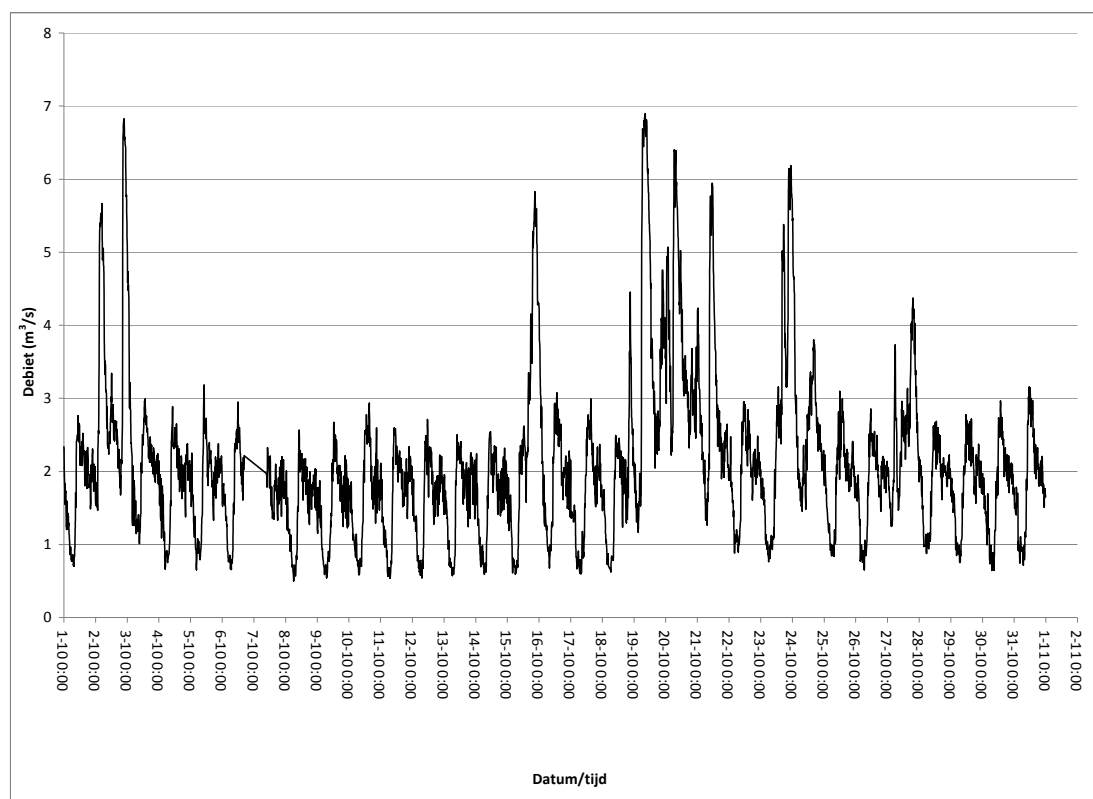
Het kanaal waar het effluent instroomt is een doodlopende kanaaltak van het Noordzeekanaal met in het zuiden een poldergemaal aan de Wethouder van Essenweg. Voor de periode waarin de visexperimenten zijn uitgevoerd zijn debiet gegevens bekend van dit gemaal.

Voor oktober 2010 zijn de uitgeslagen debieten in Figuur 11 weergegeven. Deze gegevens, die zijn verkregen via Hoogheemraadschap van Rijnland, zijn gebruikt als invoer voor het model.



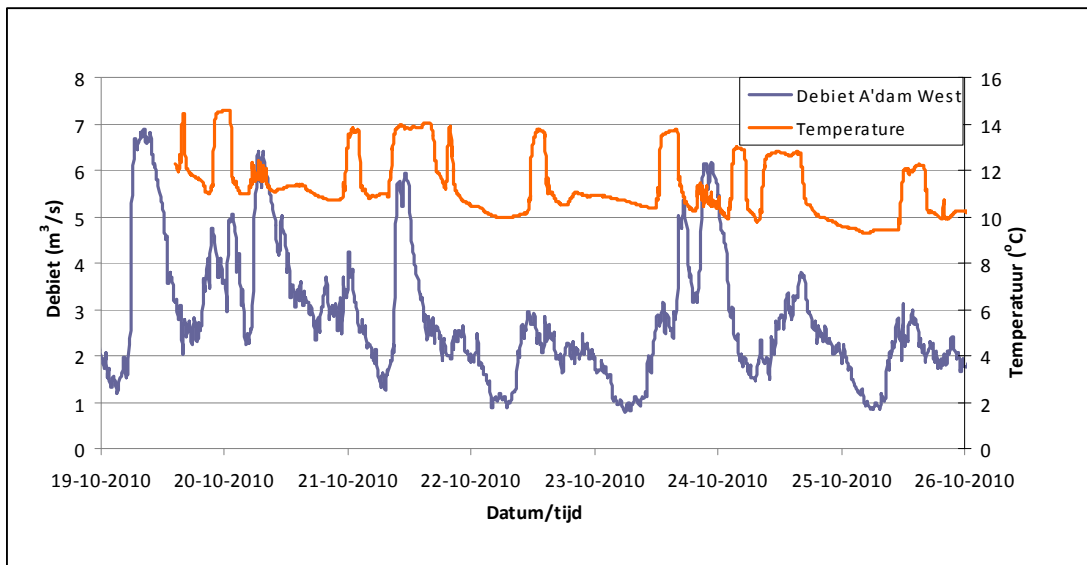
Figuur 11 Uitgeslagen debieten poldergemeaal Essenweg.

Gegevens van de rwzi-Amsterdam-West zijn beschikbaar gemaakt door Waternet en weergegeven in Figuur 12.

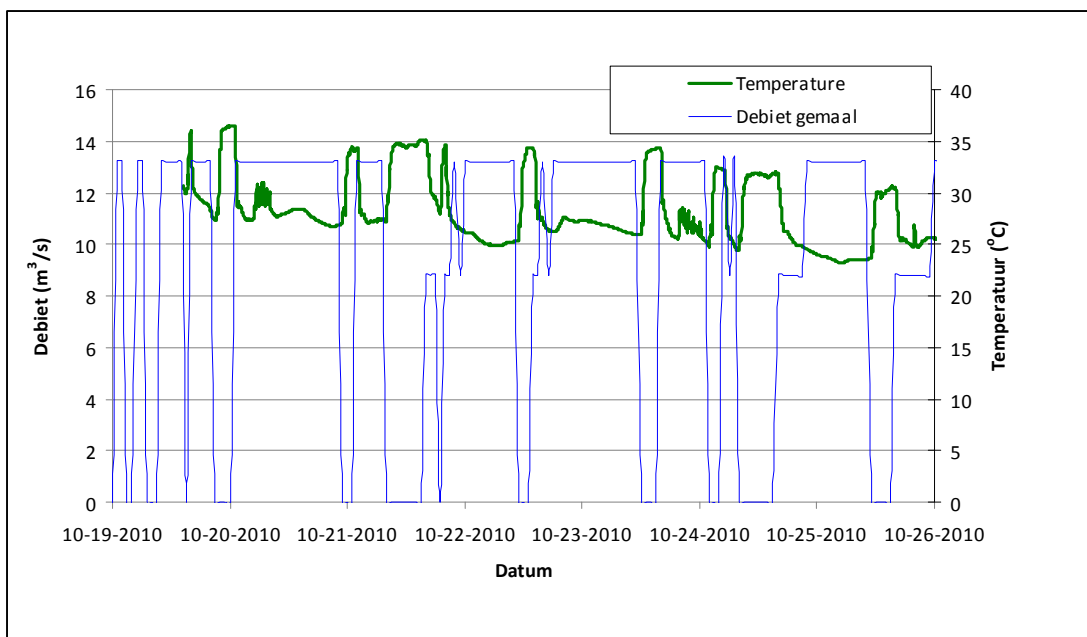


Figuur 12 Totaal debiet van rwzi-Amsterdam-West.

Temperaturen zijn ook gemeten in het kanaal, ter hoogte van het lozingspunt van de rwzi (Figuur 13).



Figuur 13 Debiet RWZI Amsterdam-West en temperatuur in het kanaal ter hoogte van het lozingspunt.



Figuur 14 Temperatuur in kanaal en debiet van poldergemaal.

Uit een vergelijking van de dynamiek van de temperatuur van het kanaalwater bij het lozingspunt en het debiet van het poldergemaal in een figuur (Figuur 14), blijkt dat de temperatuur in het kanaal een aantal graden hoger wordt wanneer het gemaal niet maalt. Dan wordt voornamelijk de temperatuur van het effluent gemeten terwijl bij stromend water de temperatuur van het langsstromende kanaalwater dominant is. Hieruit kan worden afgeleid dat de temperatuur van het effluent een aantal graden hoger is dan het kanaalwater. Gezien het feit dat het water al enigszins gemengd zal zijn bij het meetpunt is voor het model een temperatuurverschil tussen het effluent en kanaalwater aangenomen van 5°C. Hierdoor

worden de lokale dichtheidsverschillen, die van belang zijn voor de karakteristieken van de pluimverspreiding, meegenomen.

De lichte temperatuurstijging in het kanaal, gedurende periodes dat het gemaal geen water uitslaat, is voor de verspreiding van de pluim van het rwzi-effluent van belang, en deze dynamiek is in het model dan ook niet meegenomen. Tijdens de periode waarin de experimenten zijn uitgevoerd, neemt de oppervlaktewatertemperatuur langzaam af met ongeveer 2 – 3 graden in de week van 19 t/m 26 oktober. Deze langzame verandering is in het model niet meegenomen.

4.2 Model grid

Het grid rondom het lozingspunt van RWZI Amsterdam-West in weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15 Model grid rondom het lozingspunt van de rwzi-Amsterdam-West.

De stroming in het kanaal wordt door het gemaal gegenereerd die bovenstrooms (zuidzijde) de grens vormt van het gemodelleerde watersysteem. De haven vormt de benedenstroomse begrenzing van het gebied. Instroming vanuit de haven zal in de praktijk minimaal zijn en is in het model niet aanwezig. Net als bij het Eemskanaal hebben de randvoorwaarden geen direct verstrend effect op de stroming rondom het lozingspunt.

Het grid heeft een resolutie van ongeveer 3,5-4 m. Het kanaal heeft een gemiddelde diepte van ongeveer 4 m en in de verticaal zijn 5 lagen gedefinieerd. De lagen in dit model zijn dus 2 maal zo dik vergeleken met het Eemskanaal model. Het grid heeft in de horizontaal 26 bij 247 gridcellen en daardoor iets meer dan 32.000 gridcellen.

4.3 Modelforcering

In het noorden is een open rand gedefinieerd met een vaste waterstand (0 m). Vanuit het Noordzeekanaal is aangenomen dat er geen getijdeninvloed aanwezig is. Ook is er aangenomen dat er in het gebied dat door het model wordt gedekt geen stratificatie ontstaat door eventuele zoutindringing vanuit het Noordzeekanaal. Er zijn aanwijzingen dat dit wel voor kan komen, maar tijdens de experimenten zijn hier geen data van beschikbaar. Er is dus op de noordelijke rand geen verticale stratificatie opgelegd.

In het zuiden van het model wordt water uitgeslagen vanuit een gemaal. Dit is in het model geïmplementeerd door een lozing toe te voegen zonder van een open rand gebruik te maken. De debieten van het gemaal worden dus hier als invoer van het model gebruikt.

Ook in dit model wordt gebruik gemaakt van windgegevens (uurgemiddelde) van het KNMI, locatie Schiphol (nr. 240).

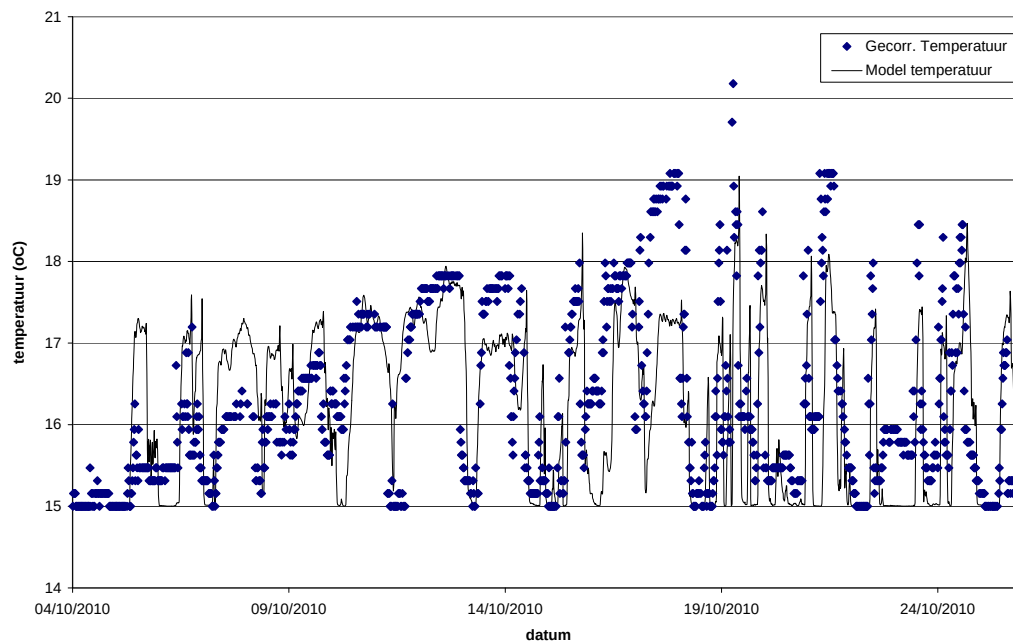
4.4 Processen en parameters

Vanwege de afwezigheid van kalibratie data, zijn de parameters die ook voor het model van het Eemskanaal bij Garmerwolde zijn gebruikt, ook in dit model toegepast.

Het model is opgezet voor de periode 05 oktober 2010 tot en met 26 oktober 2010.

4.5 Model resultaten

Net als bij het Eemskanaal is een uitgebreide kalibratie/validatie van de modelresultaten niet goed mogelijk. De modelparameters (zoals diffusiviteit, viscositeit, wrijving, tijdstap) die voor het Eemsmodel zijn toegepast zijn dan ook voor het model rondom Amsterdam-West gebruikt. De temperatuurmetingen van de ontvangers kunnen wel worden vergeleken met modelresultaten nadat de waarnemingen zijn genormaliseerd op een vaste achtergrondtemperatuur van 15°C, door het gebruik van de minimumtemperatuur over een periode van 24 uur. De vergelijking van het model met de gecorrigeerde temperatuur voor ontvanger S8 is in Figuur 16 weergegeven.

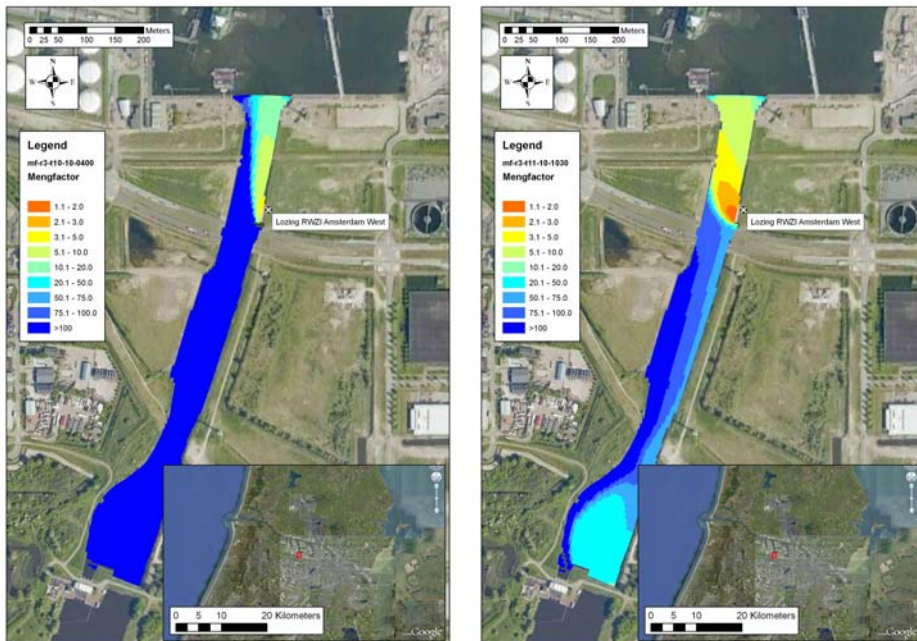


Figuur 16 Vergelijking van de gecorrigeerde waargenomen temperatuur (punt S8) met modelsimulatie.

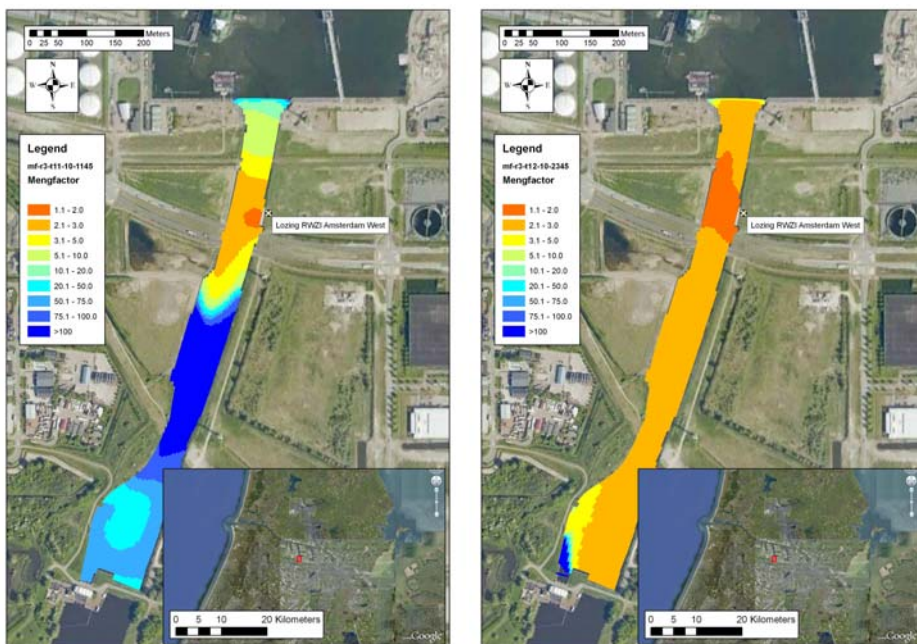
De beperkte validatie van Figuur 16 laat zien dat de dynamiek van de lozing vrij goed wordt benaderd. Er moet hierbij worden aangetekend dat een constant temperatuurverschil tussen ontvangend water en effluent is aangenomen en dat de gecorrigeerde temperatuur diverse onzekerheden bevat. Gezien deze beperkingen kan uit de figuur worden afgeleid dat het model voldoende nauwkeurig is opgezet om het gedrag van de pluim op een redelijke manier te beschrijven.

Resultaten laten dan ook goed zien dat de pluim variabel is (Figuur 17 en Figuur 18), wat ook hier vooral samenhangt met het debiet in het kanaal. Uit de modelberekeningen blijkt dat het gehele kanaal voor een belangrijk deel uit rwzi-water bestaat als het gemaal enige tijd niet heeft uitgeslagen, waarbij er een verticale gradiënt ontstaat (1-2°C verschil tussen oppervlak en vlak bij de bodem) vanwege de dichtheidsverschillen tussen het effluent en het ontvangende water. Of dit in werkelijkheid ook voorkomt kan niet worden geverifieerd.

Mengfactoren zijn relatief klein en scherpe horizontale gradiënten komen voor wanneer het kanaal stroomt, of vrij kort nadat het gemaal niet meer uitslaat.



Figuur 17 Pluimverspreidingsberekening van rwzi-Amsterdam-West in een doodlopende kanaaltak van het Noordzeekanaal (10 okt. 04:00-links, 11 okt. 10:30-rechts).



Figuur 18 Pluimverspreidingsberekening van rwzi-Amsterdam-West in een doodlopende kanaaltak van het Noordzeekanaal (11 okt. 11:45-links, 11 okt. 23:45-rechts).

5 Conclusies

De validatie van het model op grond van de waargenomen en gemodelleerde veranderingen in watertemperatuur geven aan dat de verspreiding van het geloosde effluent op beide locaties goed door het model wordt beschreven. De modelberekeningen bevatten bovendien voldoende resolutie in ruimte en tijd om te worden gebruikt bij de interpretatie van het visgedrag dat met telemetrisch onderzoek is vastgelegd.

6 Referenties

Deltares (2010): Delft3D-FLOW: Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, User Manual, Version: 3.14, Revision: 12556, September 1, 2010

Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Verantwoording

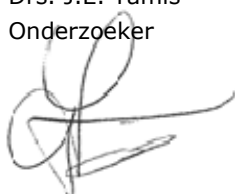
Rapport C080/11

Projectnummer: 4305103601

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Drs. J.E. Tamis
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 29 september 2011

Akkoord: Drs. J.H.M. Schobben
Afdelingshoofd

Handtekening:



Datum: 29 september 2011