

Waterkwaliteit- en waterkwantiteitanalyse voor de Meedstermaar

Stefan Fikkert en Melle Eijkelkamp

2010



DE DOELSTELLING VAN DE MODELSTUDIE IS OM TE ONDERZOEKEN WAT DE EFFECTEN ZIJN VAN HET SAMENVOEGEN VAN TWEE RWZI'S TE UITHUIZERMEEDEN OP DE WATERKWANTITEIT EN -KWALITEIT VAN DE MEEDSTERMAAR. TEVENS WORDT ONDERZOCHT WAT HET EFFECT VAN ALTERNATIEVE LOZINGSPUNTEN IS OP DE WATERKWALITEIT.

Waterschap NOORDERZIJLVEST



Hogeschool
**VAN HALL
LARENSTEIN**

ONDERDEEL VAN WAGENINGEN UR

Verantwoording

Projecttitel	:	Waterkwaliteit- en waterkwantiteitanalyse voor de Meedstermaar
Soort document	:	Afstudeerrapport
Status document	:	Definitieve versie
Opdrachtgever	:	Waterschap Noorderzijlvest Stedumermaar 1, Groningen Telefoon: (050) 304 89 11, Fax: (050) 304 82 26 E-mail info@noorderzijlvest.nl
Paraaf opdrachtgever	:	
Opgesteld door	:	Dhr. M.M. Eijkelkamp Oosterlaan 9A 8011 GA Zwolle Telefoon: +31(0) 616830177 E-mail: melle.eijkelkamp1984@gmail.com Dhr. S.J. Fikkert Klimopstraat 45 7601 SK Almelo Telefoon: +31(0) 653892407 E-mail: sfikkert@gmail.com
Paraaf opstellers	:	
Afstudeerbegeleider Intern	:	Mevr. A.M.J. Sloot
Paraaf begeleider	:	
Afstudeerbegeleider Extern	:	Dhr. J.J.Gooijer
Paraaf begeleider	:	
Datum	:	Augustus 2010

Inhoud

<i>Tekst</i>	<i>Pagina</i>
VERANTWOORDING	1
INHOUD	2
VOORWOORD	4
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
1.1. AANLEIDING EN KADER VAN HET ONDERZOEK	7
1.2. PROBLEEMSTELLING	8
1.3. ONDERZOEKSVRAGEN	8
1.4. DOELSTELLING	8
1.5. RANDVOORWAARDEN EN AFBAKENING	8
1.6. DOELGROEP	9
1.7. METHODIEK EN LEESWIJZER	9
2. SYSTEEMBESCHRIJVING	11
2.1. POLDER- BOEZEMSYSTEEM VAN WATERSCHAP NOORDERZIJLVEST	11
2.2. WATERBEWEGING	13
2.3. WATERKWALITEIT EN KRW	14
2.4. RWZI's	16
3. MODELSCHEMATISATIE	18
3.1. METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN	19
3.2. MODEL VOOR WATERKWANTITEIT	20
3.2.1 Kalibratie	23
3.2.2. Kalibratie resultaat	24
3.3. MODEL VOOR WATERKWALITEIT	29
3.3.1. Resultaten en conclusie	31
4. BEOORDELING WATERKWALITEIT	34
4.1. HERKOMST VAN HET WATER	34
4.1.1. Methode	34
4.1.2. Resultaten huidige situatie	35
4.1.3. Resultaten na samenvoeging RWZI Uithuizermeeden en Uithuizen	38
4.2. CONCENTRATIES N EN P IN DE MEEDSTERMAAR VOOR VERSCHILLENDE SCENARIO'S	43
4.2.1. Methode	43

4.3.2. Resultaten.....	45
4.3. REDUCERENDE MAATREGELEN VOOR DE BRONNEN LANDBOUW EN RWZI UITHUIZERMEEDEN	53
4.3.1. Methode	53
4.3.2. Resultaten.....	54
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	57
5.1 CONCLUSIES	57
5.2 AANBEVELINGEN	60
LITERATUURLIJST	61

Bijlagen:

1. WATER AAN- EN AFVOERKAART ZOMER
2. WATER AAN- EN AFVOERKAART WINTER
3. SAINT-VENANT VERGELIJKINGEN
4. MODELLEERPROCEDURE
5. FRACTIES HUIDIGE SITUATIE WINTER
6. FRACTIES HUIDIGE SITUATIE ZOMER
7. FRACTIES NA SAMENVOEGING WINTER
8. FRACTIES NA SAMENVOEGING ZOMER

Voorwoord

Dit rapport is het eindverslag van het afstudeeronderzoek: “waterkwaliteit- en waterkwantiteitanalyse voor de Meedstermaar”. Het afstudeeronderzoek vormt de afsluiting van de studie Land- en Watermanagement aan Hogeschool van Hall Larenstein te Velp.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van waterschap Noorderzijlvest waar wij zijn begeleid door: dhr. J.J. Gooijer, dhr. K. van de Ven en mevr. M. van Hoorn. Hierbij willen wij graag een aantal mensen bedanken: mevr. A.M.J. Sloot voor de algemene begeleiding vanuit Hogeschool van Hall Larenstein, dhr. S. Bosch voor het overbrengen van zijn Sobek kennis, en de inzet, tijd en geduld die hiermee gepaard is gegaan en dhr. R. Bakkum voor de hulp bij waterkwaliteitmodellering. Ook willen wij Deltares (Delft) bedanken voor het beschikbaar stellen van de Sobek-licentie en helpdesk. Tot slot willen wij waterschap Noorderzijlvest bedanken voor het beschikbaar stellen van een afstudeerplaats.

Velp , juni 2010

Stefan Fikkert en Melle Eijkelkamp

Samenvatting

Waterschap Noorderzijlvest moet in 2015 maatregelen hebben toegepast om aan de Kader Richtlijn Water (KRW) te voldoen. Hiertoe heeft waterschap Noorderzijlvest voor de te beheren KRW-wateren ecologische doelen opgesteld. De maatregelen die genomen moeten worden om deze doelen te halen, hebben voor een deel betrekking op het reduceren van de concentraties stikstof (N) en fosfor (P) vanuit de landbouw en rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Dit onderzoek richt zich op de twee RWZI's van Uithuizermeeden en Uithuizen die in 2012 moeten worden samengevoegd tot één RWZI in Uithuizermeeden. In dit onderzoek is aandacht besteed aan de gevolgen van deze samenvoeging ten aanzien van de lozing van effluent op het Meedstermaar. De RWZI te Uithuizermeeden bepaalt op dit moment voor een belangrijk deel de waterkwaliteit en het debiet van de Meedstermaar. De Meedstermaar voldoet niet aan de (ecologische) KRW-doelstellingen voor nutriënten. Waterschap Noorderzijlvest wil inzicht verkrijgen in de invloed van het effluent op het ontvangende oppervlaktewater wat betreft de waterkwaliteit (nutriënten) en waterkwantiteit (debiet). De doelstelling van de modelstudie is om te onderzoeken wat de effecten zijn van het samenvoegen van twee RWZI's te Uithuizermeeden op de waterkwantiteit- en waterkwaliteit van de Meedstermaar. Tevens is onderzocht wat het effect is van twee alternatieve lozingspunten op de waterkwaliteit en -kwantiteit.

In eerste instantie is de werking van het huidige watersysteem geanalyseerd. Hierbij is gekeken naar herkomst van water en emissiebronnen. In Sobek is vervolgens een waterkwantiteitmodel vervaardigd en gekalibreerd. Met toevoeging van de module Sobek-1DWAQ is dit model goed bruikbaar voor het maken van fractieberekeningen en het maken van waterkwaliteitsimulaties. Met fractieberekeningen is het aandeel van iedere bron op het totale volume water voor ieder tijdstip en locatie en het invloedsgebied van het effluent bepaald. Er is gekeken wat de concentratie N en P op ieder tijdstip en locatie is, en hoe deze concentratie zich verhoudt ten opzichte van de KRW. Uit de resultaten van de huidige situatie blijkt dat de landbouw verreweg het grootste aandeel heeft in de toevoer van de totale vracht N en P. Door het inlaten van water in de zomer verandert de stromingsrichting. Hierdoor wordt vrijwel al het effluent van RWZI Uithuizermeeden uitgemalen via de gemalen Oosternieland en Blijcke. Het effluent van RWZI Uithuizen stroomt in deze periode wel richting het Meedstermaar, dit heeft nadelige gevolgen van de waterkwaliteit in de Meedstermaar (KRW-deel). De huidige situatie voldoet niet aan de door het waterschap gehanteerde concept KRW-norm. Deze norm stelt voor N 0,25 mg/l en P 3,0 mg/l.

Voor de volgende scenario's is de waterkwaliteit van de Meedstermaar(KRW-deel) onderzocht: Na samenvoeging van RWZI Uithuizermeeden met RWZI Uithuizen te Uithuizermeeden, Lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar de Boterdiep, Lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst buiten de eerste schil. Uit dit onderzoek blijkt dat het samenvoegen van RWZI Uithuizermeeden met Uithuizen te Uithuizermeeden een positief effect heeft op de waterkwaliteit van de Meedstermaar. Door het inlaten van water in de zomer verandert de stromingsrichting. Hierdoor wordt vrijwel al het effluent uitgemalen via de gemalen Oosternieland en Blijcke. Het KRW deel van de Meedstermaar wordt daarom minimaal belast door het effluent. In de winter stroomt het effluent wel richting het KRW-deel van de Meedstermaar waardoor de belasting van effluent groter is dan in de zomer. Na samenvoeging voldoet de Meedstermaar(KRW-deel) niet aan de KRW-norm. De hoeveelheid effluent ten

opzichte van het totaal volume water in de Meestermaar neemt na samenvoeging in de winterperiode met ongeveer 10 % toe. In de zomer neemt het aandeel effluent met ongeveer 20% toe. De waterkwaliteit voldoet ook niet aan de gestelde norm wanneer het lozingspunt wordt verplaatst buiten de eerste schil of naar het Boterdiep. Hieruit blijkt dat de invloed van de landbouw dermate groot is dat deze bron alleen al zorgt voor een overschrijding van de norm.

Omdat vanuit het waterschap Noorderzijlvest het scenario waarin RWZI Uithuizen aan RWZI Uithuizermeeden wordt toegevoegd en het huidige lozingspunt wordt gehanteerd de grootste realisatiekans heeft. Is het effect van het reduceren van de concentraties N en P vanuit de landbouw en RWZI Uithuizermeeden onderzocht. Daarnaast is er ook voor het scenario waarin het effluent buiten de eerste schil loost deze reductie onderzocht.

Samengevoegde RWZI met het huidige lozingspunt

Reductie van de concentratie P van 30% in het effluent heeft geen invloed op de concentratie P in het KRW-deel van de Meestermaar. Reductie van de concentratie N van 30% heeft alleen effect in de zomer. De concentraties N en P voldoen na reductie vanuit het effluent niet aan de KRW-norm. De concentraties N en P voldoen ook na het reduceren van de landbouw en het effluent niet aan de KRW-norm.

Lozing buiten eerste schil

Bij het scenario waarin het effluent buiten de eerste schil loost heeft reductie van de concentraties N en P met 30% vanuit de landbouw voor beide concentraties een groot effect. De concentratie P daalt met 0,4 mg/l en de concentratie N met ongeveer 1 mg/l. Echter voldoen beide concentraties nog niet aan de KRW-norm.

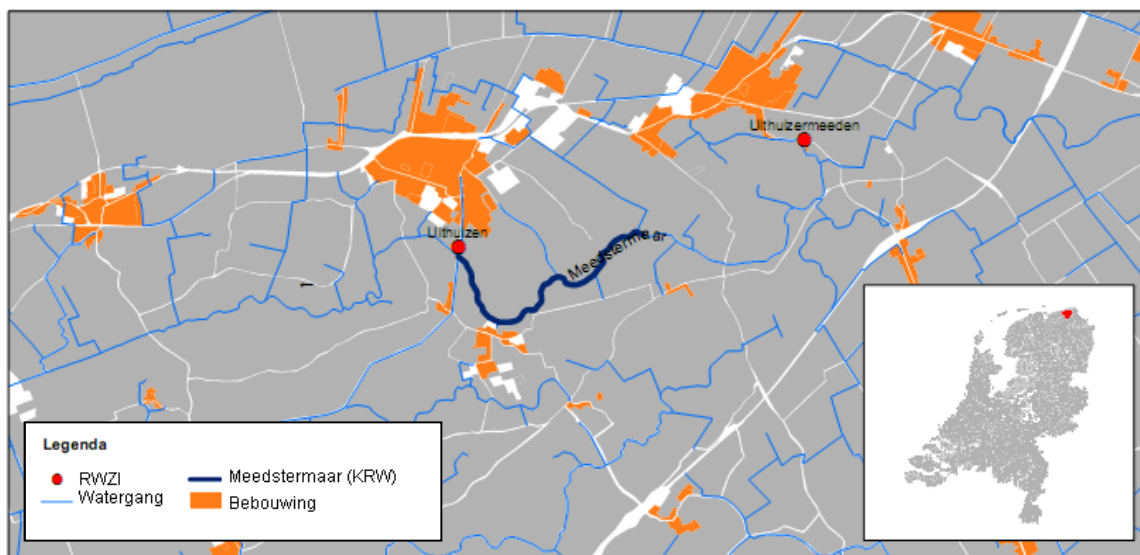
Verder onderzoek is nodig om vast te stellen welke maatregelen kunnen worden toegepast om de concentratie N en P vanuit de landbouw en het effluent terug te brengen. Men moet zich hierbij afvragen welke reductie eisen maximaal haalbaar zijn.

1. Inleiding

1.1. Aanleiding en kader van het onderzoek

Waterschap Noorderzijlvest moet in 2015 maatregelen hebben toegepast om aan de Kader Richtlijn Water (KRW) te voldoen. De KRW beoogt de kwaliteit van het aquatisch milieu in alle oppervlaktewateren in de Europese Unie in stand te houden en te verbeteren. Hiertoe heeft waterschap Noorderzijlvest voor de te beheren KRW-wateren ecologische doelen opgesteld. De maatregelen die genomen moeten worden om deze doelen te halen, hebben voor een deel betrekking op het reduceren van de concentraties stikstof (N) en fosfor (P) vanuit de landbouw en rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's).

Dit onderzoek richt zich op de twee RWZI's van Uithuizermeeden en Uithuizen die in 2012 moeten worden samengevoegd tot één RWZI in Uithuizermeeden. In dit onderzoek is aandacht besteed aan de gevolgen van deze samenvoeging voor de lozing van effluent op de Meedstermaar. Hierbij gaat het om de invloed van het debiet van het effluent op het totale debiet in de Meedstermaar, en de invloed van de vracht van nutriënten in het effluent van de RWZI op de waterkwaliteit in de KRW-watergang Meedstermaar. De topografische ligging van de desbetreffende RWZI's zijn weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Topografische ligging onderzoeksgebied

1.2. Probleemstelling

In 2012 worden de RWZI's van Uithuizermeeden en Uithuizen samengevoegd. De RWZI te Uithuizermeeden bepaalt op dit moment voor een belangrijk deel de waterkwaliteit en het debiet van het ontvangende oppervlaktewater de Meedstermaar. De Meedstermaar voldoet niet aan de (ecologische) KRW-doelstellingen voor nutriënten. Waterschap Noorderzijlvest wil inzicht verkrijgen in de invloed van het effluent op het ontvangende oppervlaktewater wat betreft de waterkwaliteit (nutriënten) en waterkwantiteit (debiet).

1.3. Onderzoeksvragen

Op basis van de opdracht van waterschap Noorderzijlvest kan de hoofdvraag gepreciseerd worden en kan een viertal onderzoeksvragen worden afgeleid. De hoofdvraag luidt als volgt:

Wat is het effect van RWZI Uithuizermeeden en RWZI Uithuizen nu en na samenvoeging op de waterkwaliteit en -kwantiteit van de Meedstermaar, en wat is het effect van alternatieve lozingspunten op de waterkwaliteit?

De hoofdvraag wordt uitgewerkt in vijf onderzoeksvragen:

1. Wat is het huidige (situatie 2008) aandeel (kwantitatief en kwalitatief) van het effluent van RWZI Uithuizermeeden en RWZI Uithuizen in de boezem en specifiek op de Meedstermaar?
2. Wat is het aandeel (kwantitatief en kwalitatief) van het effluent van RWZI Uithuizermeeden na samenvoeging met RWZI Uithuizen in de Meedstermaar zonder aanvullende maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van het effluent?
3. Wat is het effect van alternatieve lozingspunten op de waterkwaliteit van het KRW-deel van de Meedstermaar?
4. In welke mate zijn de bronnen landbouw en de samen te voegen RWZI Uithuizermeeden verantwoordelijk voor de aanwezige N en P in het KRW-deel van de Meedstermaar?
5. Wat is het effect van het reduceren van de emissies N en P uit de landbouw en/of RWZI Uithuizermeeden op de waterkwaliteit in het KRW-deel van de Meedstermaar?

1.4. Doelstelling

De doelstelling van de modelstudie is om te onderzoeken wat de effecten zijn van het samenvoegen van twee RWZI's te Uithuizermeeden op de waterkwantiteit- en waterkwaliteit van de Meedstermaar. Tevens is onderzocht wat het effect van alternatieve lozingspunten is op de waterkwaliteit en -kwantiteit.

1.5. Randvoorwaarden en afbakening

Dit project beperkt zich tot het onderzoeken van situaties en effecten die nodig zijn om de hoofdvraag goed te kunnen beantwoorden. Hiertoe zijn de volgende randvoorwaarden en afbakening aan het onderzoek opgelegd:

- De samen te voegen RWZI's van Uithuizermeeden en Uithuizen zijn in dit onderzoek besproken. Overige emissiebronnen zijn als diffuse bron meegenomen in het onderzoek;
- In dit onderzoek is gekeken naar de KRW ecologie ondersteunende stoffen stikstof en fosfor. Prioritaire en specifiek verontreinigende stoffen zijn buiten beschouwing gelaten;
- In dit onderzoek is de waterkwaliteit getoetst aan de KRW eisen, overige voorwaarden die van belang zijn voor de KRW zijn buiten beschouwing gelaten;
- Meetgegevens van concentraties stikstof en fosfor afkomstig van het waterschap Noorderzijlvest zijn als randvoorwaarden genomen in dit onderzoek.

1.6. Doelgroep

Waterschap Noorderzijlvest: In het rapport zijn de onderzoeksresultaten gegeven die antwoord geven op de onderzoeksvragen. Deze resultaten geven inzicht in de effecten van het samenvoegen van twee RWZI's te Uithuizermeeden op de waterkwantiteit en -kwaliteit van de Meedstermaar. Tevens kunnen de resultaten worden gebruikt bij de locatiekeuze van de effluentlozing van de samen te voegen RWZI's.

1.7. Methodiek en leeswijzer

De voor dit onderzoek gehandhaafde methodiek is toegelicht door middel van een beschrijving van de verschillende stappen die zijn doorlopen, zie figuur 2. Tevens is vermeld in welk hoofdstuk de stap is uitgewerkt.

Stap 1 Analyse huidige situatie (hoofdstuk 2)

In deze stap is de werking van het huidige watersysteem geanalyseerd. Hierbij is gekeken naar herkomst van water en emissiebronnen.

Stap 2 Modelwerkzaamheden (hoofdstuk 3)

Voor dit onderzoek is in Sobek een waterkwantiteitmodel vervaardigd en gekalibreerd. Met toevoeging van de module Sobek-1DWAQ is dit model na kalibratie goed bruikbaar voor het maken van fractieberekeningen en het maken van waterkwaliteitsimulaties.

Stap 3 Herkomstberekeningen (hoofdstuk 4)

In deze stap is inzicht verkregen in de samenstelling van het water op iedere tijd en locatie. Tevens is er gekeken wat het aandeel van een bepaalde bron is aan het totaal, ook wel 'fractie' genoemd. Hierbij is onderscheid gemaakt in water van verschillende herkomst.



Figuur 2 Stappenplan

Deze actie is uitgevoerd voor de huidige situatie (2008) en voor de situatie na samenvoeging van RWZI Uithuizen met Uithuizermeeden.

Stap 4 Bepaling herkomst N en P (hoofdstuk 4)

Vervolgens is het waterkwaliteitmodel gebruikt om op ieder tijdstip en locatie de hoeveelheid N en P te bepalen. Tevens is per bron inzicht verkregen in de bijdrage van N en P op het totaal. De invoer van het waterkwaliteitmodel is verkregen van waterschap Noorderzijlvest en de emissieregistratie. Deze data is geconverteerd naar de invoer die kwaliteitmodule SOBEK 1DWAQ hanteert. Het converteren is gedaan met de Emissietool. Hiermee is de herkomst van N en P in kaart gebracht. Vervolgens zijn de modelresultaten geverifieerd door deze te vergelijken met de empirische gegevens verkregen van waterschap Noorderzijlvest. Deze actie is uitgevoerd voor de huidige situatie (2008).

Stap 5 Uitwerken alternatief lozingspunt en toetsing KRW (hoofdstuk 4)

Om de Meedstermaar aan de KRW-doelstellingen te laten voldoen zijn de volgende scenario's opgesteld: Na samenvoeging met RWZI Uithuizen, Lozingspunt RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar de Boterdiep, Lozingspunt RWZI Uithuizermeeden verplaatst buiten de eerste schil. Hierbij is het lozingspunt op verschillende locaties in het model gemodelleerd.

Stap 6 Conclusies en aanbevelingen (Hoofdstuk 5)

Uit de verkregen resultaten zijn tot slot conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.
(Grit, 2003)

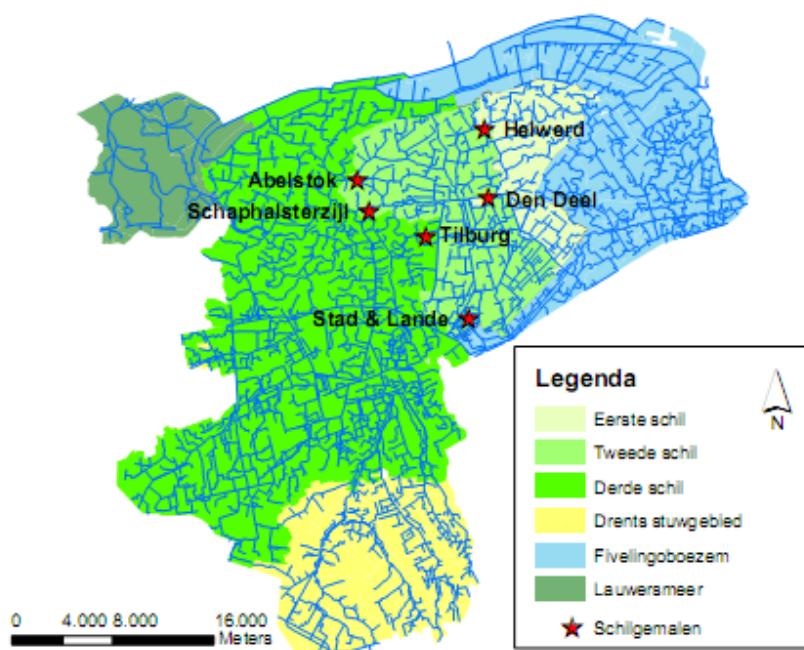
2. Systeembeschrijving

In dit hoofdstuk is het watersysteem van het onderzoeksgebied geanalyseerd. In paragraaf 2.1. is globaal de werking van het watersysteem binnen het beheergebied van waterschap Noorderzijlvest beschreven. Vervolgens is een korte gebiedsbeschrijving gegeven van het projectgebied. De werking van het watersysteem van het projectgebied is beschreven in paragraaf 2.2. waarbij onderscheid is gemaakt tussen de aan- en afvoer situatie. Vervolgens is in paragraaf 2.3. aan de hand van waterkwaliteitgegevens en het opgestelde KRW-gebiedsdocument een analyse gemaakt van de huidige waterkwaliteit. Tot slot zijn in de laatste paragraaf de RWZI's Uithuizen en Uithuizermeeden besproken. Er is gekeken naar het rendement en de toegestane vrachten N en P in het effluent.

2.1. Polder- boezemsysteem van waterschap Noorderzijlvest

Het beheergebied van waterschap Noorderzijlvest is gelegen in het noordelijke en noordwestelijke deel van de provincie Groningen, Noordwest-Drenthe en het Lauwersmeergebied. Het gebied heeft een oppervlak van 1663 km² en is opgedeeld in 2 boezems, de Electraboezem en de Fivelingoboezem. De Electraboezem loost het overtollige water via het Lauwersmeer op de Waddenzee. De Fivelingoboezem loost direct op de Eems-Dollard. Het zuidelijk gelegen gebied van Drenthe watert vrij af op de Electraboezem.

Door de gaswinning rond Slochteren is een groot deel van het maaiveld in de afgelopen decennia gedaald, verwacht wordt dat deze bodemdaling zich in de toekomst gaat voortzetten. De daling heeft voor een groot verschil in maaiveldhoogte gezorgd waardoor grote delen van de Electraboezem niet meer onder vrij verval kunnen afwateren op het Lauwersmeer.



Figuur 3 Beheergebied waterschap Noorderzijlvest

Om de afwatering in het beheergebied te bevorderen heeft het waterschap de Electraboezem opgedeeld in drie schillen met ieder een eigen peilbeheer. Hierbij is de maaiveldhoogte de primaire factor waarop de schillen zijn onderverdeeld. Het overtollige water uit de eerste en tevens laagst gelegen schil wordt opgemalen naar de hoger gelegen tweede schil. De tweede schil maalt het water vervolgens naar de derde en grootste schil. De derde schil loost uiteindelijk op het Lauwersmeer dat het water afvoert naar de Waddenzee. In figuur 3 zijn de verschillende schillen, hoofdwatertangen en schilgemalen weergegeven.

Omdat in het beheergebied grote hoogteverschillen voorkomen is het beheergebied opgedeeld in meer dan 600 peilgebieden. Voor elk peilgebied is door het waterschap het streefpeil voor het zomer- en winterhalfjaar vastgelegd.

Beknopte systeembeschrijving:

- De eerste schil is het laagst gelegen gebied. De waterstand op de boezem wordt binnen deze schil op -1.16 m NAP gehouden, en het overtollige water wordt opgemalen naar de tweede schil;
- De tweede schil is een ring rond de eerste schil. Hier wordt de boezemwaterstand op -0.93 m NAP gehouden;
- De derde schil beslaat het grootste gebied. Hiervandaan wordt overtollig water via het Lauwersmeer op de Waddenzee geloosd;
- De Fivelingoboezem ligt aan de oostzijde van het gebied en loost het waterbezwaar op de Eems-Dollard.

(Hydroconsult, 2010)

Projectgebied

In dit onderzoek is toegespitst op het watersysteem van de Meedstermaar. Het watersysteem van de Meedstermaar bevindt zich in het noorden van de eerste schil. De Meedstermaar ligt in het waterlichaam Maren Reitdiep. Dit waterlichaam maakt deel uit van deelstroomgebied Rijn Noord. Vanuit de KRW zijn voor dit waterlichaam de ecologische doelstellingen bepaald aan de hand van het type M14 (grote ondiepe gebufferde plassen met de statussen: sterk veranderend en kunstmatig). De waterloop Meedstermaar heeft een lengte van 7,4 km waarvan 3,3 km onder de KRW valt. In figuur 1 is zichtbaar gemaakt welk deel van de Meedstermaar dit betreft. De Meedstermaar valt vanuit de KRW-richtlijnen gezien onder het type R6, langzaam stromend riviertje op zand/klei.

Het projectgebied bestaat uit het deel van de eerste schil dat zich ten noorde van gemaal Den Deel bevindt, zie figuur 1. Waterschap Noorderzijlvest beheert het gehele oppervlaktewater in dit gebied. Op basis van het Provinciaal Omgevingsplan (POP) van de provincie Groningen zijn in het Waterbeheerplan Noorderzijlvest functies aan gebieden toegekend. Het overgrote deel van dit gebied heeft de functie 'water voor landbouw' toegekend gekregen. Daarnaast komen in mindere mate de functies 'stedelijk water' en 'water voor natuur' voor.

Voor de landbouw is het zoetwaterplan opgesteld wat er voor moet zorgen dat er voldoende zoetwater in het gebied is voor de landbouw. Hiertoe wordt in bepaalde perioden water ingelaten om het systeem door te spoelen. Het landgebruik wordt met name gekenmerkt door de akkerbouw. Het aandeel bebouwing, glastuinbouw, natuur en grasland is relatief klein. De maaiveldhoogte ligt in het gebied tussen de 0,3 en 1,7 m NAP. In het noorden bevindt zich een zandrug wat resulteert in een maaiveld dat hoger ligt dan de rest van het gebied. Ten zuiden van deze zandrug komt lichte zavel voor wat in het zuidwesten overgaat in zware zavel (Waterschap Noorderzijlvest, 2008a).

2.2. Waterbeweging

In deze paragraaf is de stroming van het water in de eerste schil toegelicht. Omdat de waterbeweging in de zomer en winter van elkaar verschillen zijn er twee water aan- en afvoerkaarten gemaakt (bijlage 1 en 2). De gele pijlen in de kaarten geven de stromingsrichting aan, de stroming wordt gestuurd door gemalen binnen de eerste schil. Gemaal Oldenoord onderscheid zich van de overige gemalen, omdat het een onderbemalingsgemaal betreft. Desbetreffend gemaal houdt watergang Startenhuizermaar op het gewenste peil. De overige gemalen zorgen voor water af- en aanvoer.

Waterafvoer

Tijdens de winterperiode is er binnen de eerste schil van de Electraboezem sprake van een neerslag overschot, het watersysteem wordt daarom als waterafvoerend systeem ingericht. Zoals aangegeven in de water aan- en afvoerkaart (winterperiode) wordt al het overtollige water weggemalen naar de tweede schil. Omdat het waterpeil van de eerste schil lager ligt dan het waterpeil van de tweede schil zijn de twee gemalen Den Deel en Helwerd noodzakelijk. Den Deel is het belangrijkste gemaal binnen de eerste schil, in de winterperiode voert Den Deel het meeste water af. Helwerd wordt alleen handmatig ingeschakeld bij extreme waterstanden. In de periode van waterafvoer wordt er geen water ingelaten.

Wateraanvoer

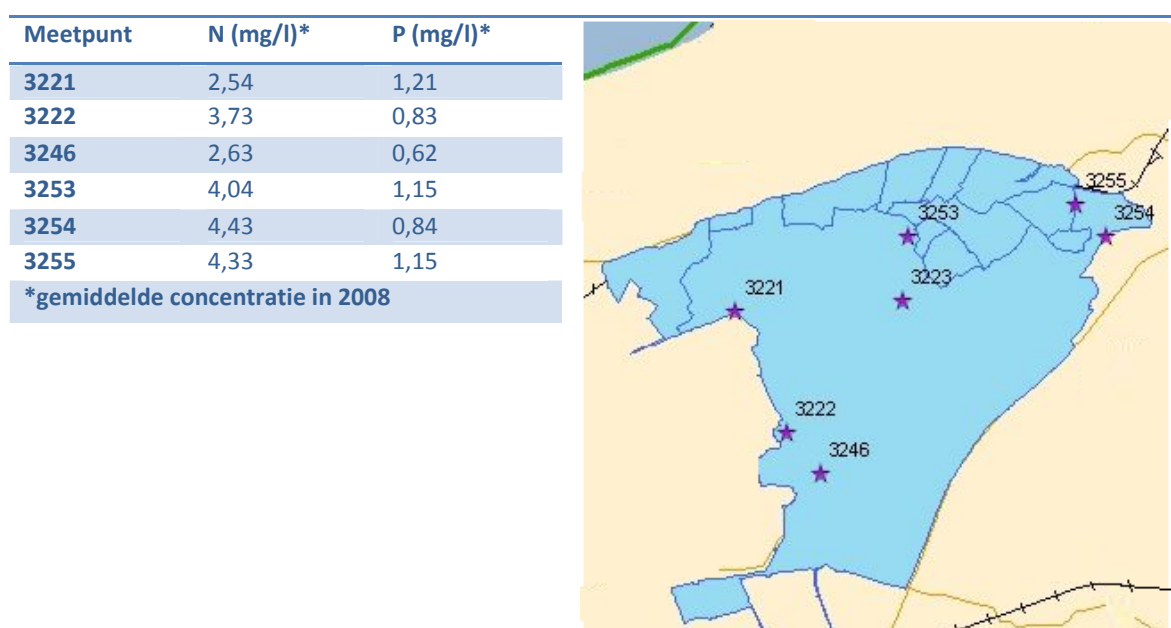
In de zomerperiode is er in de eerste schil een watertekort, het watersysteem wordt daarom als wateraanvoerend systeem ingericht. Tevens wordt, om verzilting tegen te gaan, water ingelaten om het watersysteem door te spoelen. Er wordt dus meer water ingelaten dan nodig is voor de peilhandhaving in de eerste schil. Het overtollige water wordt afgevoerd naar de Fivelingoboezem door de gemalen Oosternieland en Blijcke. De wateraanvoer vindt plaats op vier locaties:

- Quatre-Bras (Dit gemaal voert water aan van 23 april tot 1 augustus);
- Katershorn (Dit gemaal voert water aan van 23 april tot 8 augustus);
- Groote Hadder (Dit gemaal voert water aan van 23 april tot 8 augustus);
- Inlaat Den Deel (Handhaaft het streefpeil binnen de eerste schil) (Waterschap Noorderzijlvest, 2010).

2.3. Waterkwaliteit en KRW

In figuur 4 zijn de locaties van meetpunten weergegeven waar de waterkwaliteit is gemeten. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de waterkwaliteitgegevens uit 2008. Om een globale indruk te krijgen over hoe deze gegevens zich verhouden ten opzichte van de huidige normen is er gekeken naar het emissiebeheerplan en het KRW rapport Maren Reitdiep (Waterschap Noorderzijlvest, 2008a).

In het emissiebeheersplan zijn de hoofdlijnen van de uitvoeringsstrategie voor het terugdringen van de emissies in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest vastgesteld. Uitgangspunten voor dit emissiebeheersplan zijn de relevante nationale en provinciale beleidskaders, maar ook de eigen missie en visie van Waterschap Noorderzijlvest. In het bijzonder is aandacht besteed aan de implementatie van de KRW.



Figuur 4 Meetlocaties en meetwaarde waterkwaliteit in de eerste schil

De KRW die in 2000 van kracht is geworden, stelt dat in 2015 voor alle oppervlaktewateren maatregelen moeten zijn genomen om de goede ecologische (GET) en goede chemische toestand (GCT) te bereiken. Voor deze (GET) en (GCT) zijn milieukwaliteitsnormen opgesteld. In de KRW hebben de volgende uitgangspunten een directe relatie met het emissiebeheer:

- De KRW eist minimaal een stand-still van de toestand van het water, ook als de economie groeit en de bevolking toeneemt;
- Emissies uit het beheergebied van het waterschap Noorderzijlvest mogen de kwaliteit van het ontvangende water buiten het beheergebied niet in gevaar brengen; het zogenaamde afwentelingprincipe.

De ecologische toestand van het water wordt voor een groot deel bepaald door de chemische waterkwaliteit en de hydromorfologie. De chemie, zoals opgenomen in de KRW, is in drie groepen beschreven:

- Prioritaire stoffen (zware metalen, PAK's en bestrijdingsmiddelen);
- Specifiek verontreinigende stoffen;
- Ecologieondersteunende stoffen (belangrijkste zijn: fosfaat en stikstof).

Waterschap Noorderzijlvest heeft voor alle waterlichamen een KRW-gebiedsdocumenten opgesteld. Hierin is een analyse gemaakt van de huidige waterkwaliteit en worden maatregelen opgesteld die nodig zijn om de doelen gesteld vanuit de KRW te behalen. De Meedstermaar valt binnen waterlichaam Maren Reitdiep. Voor de ecologische-ondersteunende stoffen staan de concept (KRW)-werknormen voor kunstmatige wateren beschreven in dit KRW-gebiedsdocument, deze zijn afgeleid van de normen voor natuurlijke wateren. Deze normen zijn weergegeven in tabel 1, hierin staat ook het maximaal toelaatbaar risico (MTR) afkomstig uit de vierde nota waterhuishouding.

Tabel 1 Normen N en P

	Huidige situatie	Verwachte situatie 2015	MTR	Concept KRW-normen	Maatregelen nodig
N (mg/l)*	3,82	3,5	2,2	3	Ja
P (mg/l)*	1,18	1,09	0,15	0,25	Ja

* bovenstaande concentraties zijn weergegeven in zomergemiddelden

Uit bovenstaande tabel kan de conclusie worden getrokken dat er nog een belangrijke KRW-opgave ligt om het eutrofiëringprobleem op te lossen. De huidige ecologische kwaliteit is middels de KRW-methodiek beoordeeld als matig tot ontoereikend. Er komen niet veel waterplanten voor. De oeverzone, die erg belangrijk is in dit soort wateren, is slecht ontwikkeld. Vanwege het gebrek aan voldoende structuur in het water en langs de rand is de visstand matig ontwikkeld. Het water behoort nu bij benadering tot het blankvoorn-brasemtype.

De invloeden met de grootste belasting op de ecologische kwaliteit kunnen als volgt worden weergegeven:

- Diffuse bronnen: bestaat voornamelijk uit uit- en afspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen van landbouwgronden in het gebied;
- Overstorten: dit betekent een belasting van het water met nutriënten, zware metalen en bestrijdingsmiddelen. Voor het overgrote deel van het gebied zijn deze belastingen lokaal en tijdelijk van aard en hebben ze een zeer beperkte (indirecte) invloed;
- RWZI's: in het onderzoek is met name aandacht besteed aan de RWZI van Uithuizermeeden. Deze RWZI loost het effluent op de Meestermaar (Waterschap Noorderzijlvest, 2008a,b).

2.4. RWZI's

Binnen het projectgebied bevinden zich een tweetal RWZI's die lozen op de boezem van de eerste schil: Uithuizen en Uithuizermeeden. De samenstelling van het effluent dat de RWZI's lozen is zowel afhankelijk van het influent als de zuiveringsmethode die wordt toegepast. In tabel 2 zijn de meetgegevens van het influent en effluent van RWZI's Uithuizen en Uithuizermeeden weergegeven. Uit de meetgegevens is af te lezen dat het zuiveringsrendement van RWZI Uithuizermeeden vele malen hoger ligt dan Uithuizen. Dit verschil heeft te maken met de zuiveringsmethode die wordt toegepast. RWZI Uithuizen maakt gebruik van oxidatiebedden en RWZI Uithuizermeeden van de actieve slib methode. Over het algemeen kan gesteld worden dat RWZI's met oxidatiebedden een veel lager zuiveringsrendement hebben dan die met actief slibinstallaties (De Zeeuw & Baas, 2008).

Tabel 2 Zuiveringsmethodes en rendement

RWZI	Zuiverings- methode	Zuiverings- rendement (%)		Influent concentratie (kg/dag)		Effluent concentratie (kg/dag)	
		N	P	N	P	N	P
Uithuizen	Oxidatiebedden	33,2	37,2	94,8	14,5	63,4	9,1
Uithuizermeeden	Actiefslib	87,1	91,6	74,9	11,9	9,7	1

Wanneer de effluent concentratie is getoetst aan de Vergunning Toegestane Vrachten opgesteld door het waterschap (tabel 3), moet gesteld worden dat de effluentkwaliteit van Uithuizen niet voldoet aan de eisen. Uithuizermeeden voldoet wel aan de Vergunning Toegestane Vrachten. Ook is er een richtlijn opgesteld voor stedelijk afvalwater. Deze richtlijn heeft als doel het milieu te beschermen tegen de nadelige gevolgen van de lozing van stedelijk afvalwater. In de Nederlandse wetgeving komt de stedelijke afvalwaterrichtlijn tot uitdrukking in het Lozingenbesluit Stedelijk Afvalwater in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo). Onder 'stedelijk afvalwater' wordt verstaan: huishoudelijk afvalwater, al dan niet vermengd met industrieel afvalwater en/of afvloeiend hemelwater. De richtlijn stelt eisen aan het rioolstelsel, de zuiveringsinrichtingen en de afvoer van zuiveringsslib dat als afval ontstaat bij de zuivering. Ook stelt de richtlijn dat in kwetsbare gebieden 75% of meer van het stikstof en fosfaat uit het afvalwater moet worden verwijderd per eind 2005. Heel Nederland is als kwetsbaar gebied aangemerkt (Waterschap Noorderzijlvest, 2008b). Het zuiveringsrendement van Uithuizen is voor stikstof (N) 33,2% en voor fosfaat (P) 37,2% hieruit is geconcludeerd dat RWZI Uithuizen niet voldoet aan de richtlijn stedelijk afvalwater. Uithuizermeeden voldoet met de waarde stikstof (N) 87,1% en fosfaat (P) 91,6% wel aan de richtlijn.

Tabel 3 Toegestane vrachten (Waterschap Noorderzijlvest, 2008a)

RWZI	Stof	2005 (kg/dag)	2007 (kg/dag)	2011 (kg/dag)
Uithuizen	N	54	-	31
	P	10	-	3
Uithuizermeeden	N	16	15	-
	P	2	2	-

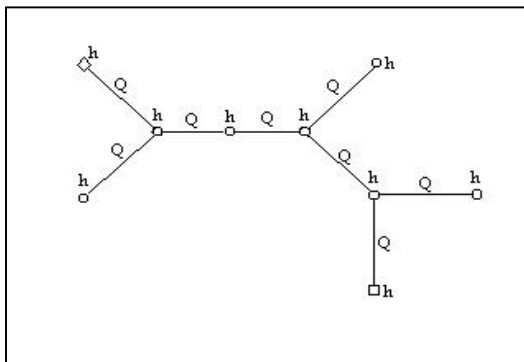
* - Gegevens niet bekend

3. Modelschematisatie

Voor het analyseren van de invloed van het effluent op de waterkwaliteit en -kwantiteit is in het programma Sobek een waterkwantiteit- en waterkwaliteitmodel vervaardigd. De opbouw van het model is gebaseerd op de factorcomplexen: systeemvoorwaarden (neerslag, hoogteverschil, bodem. etc.), stroming (hydrologie) en stoffen (concentraties). Deze factoren en processen en hun onderlinge samenhang zijn geschematiseerd in een Sobek-model. Sobek is een modelprogramma ontwikkeld door WL Delft Hydraulics. Sobek bestaat uit verschillende modules welke afzonderlijk en gekoppeld gebruikt kunnen worden. Voor het waterkwantiteitmodel is gebruik gemaakt van een koppeling van de Rainfall-Runoff (RR) en Channel Flow (CF) module. In paragraaf 3.2. wordt de opbouw van dit waterkwantiteit model nader toegelicht. Voor het waterkwaliteitmodel is de Water Quality (1DWAQ) aan het waterkwantiteitmodel toegevoegd. Dit waterkwantiteitmodel wordt in paragraaf 3.3. toegelicht. Hieronder volgt in het kort de werking van de gebruikte Sobek modules.

De RR-module berekent de afvoer naar het oppervlaktewater bij een opgegeven neerslag. Processen als oppervlakkige afstroming, drainage, berging in de verzadigde en onverzadigde zone, gewasverdamping, capillaire opstijging en percolatie zijn gesimuleerd. De berekende afvoer is input voor de CF-module.

De CF-module berekent waterstanden en debieten in een één-dimensionaal oppervlaktewaternetwerk. Het berekenen van de waterniveaus en debieten in Sobek gebeurt met het Delft-schema. Dit schema bestaat uit een versprongen rooster (zie figuur 5). Dit houdt in dat waterstanden en debieten niet op dezelfde locaties in het rekengrid worden berekend. De waterstanden (h) worden berekend op de knooppunten en de debieten (Q) worden berekend van de tussenliggende segmenten.



Figuur 5 Versprongen rooster van Sobek

Sobek heeft een robuust rekenhart dat strikt massabehoudend is. Voor de beschrijving van de waterbeweging worden de volledige Saint Venant vergelijkingen opgelost. Deze zijn te zien in bijlage 3 (de Boer & Wester, 2007).

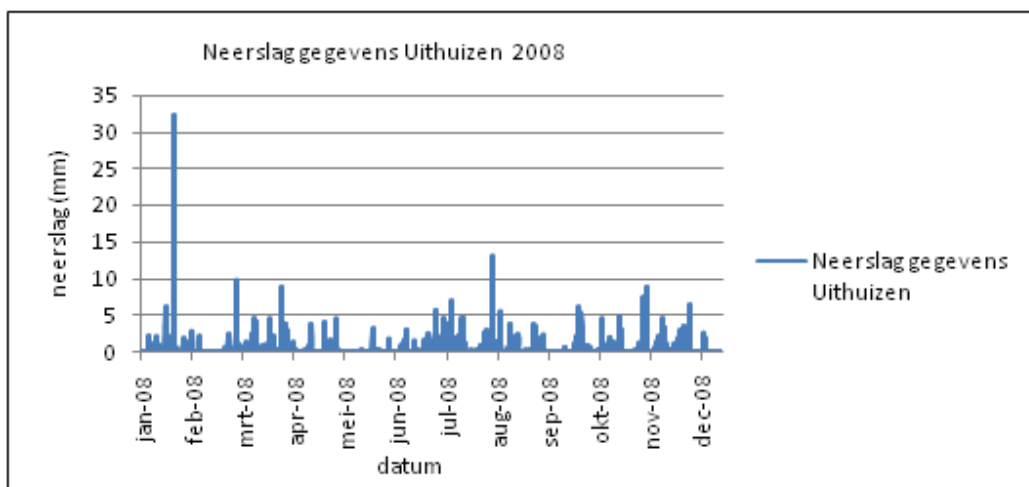
De 1DWAQ-module berekent de waterbalans per opgegeven tijdstap. Een 1DWAQ-segment is een verzameling van CF-segmenten en knooppunten. Met deze module is het water van verschillende herkomst gelabeld waarna vervolgens de fractie van ieder type water per locatie en tijdseenheid kan worden berekend. Tevens kunnen er aan de labels stoffen worden toegeschreven waarmee de waterkwaliteit berekend kan worden (Alterra, 2003).

Het waterkwantiteitmodel is gekalibreerd met behulp van neerslag- en meetgegevens uit 2008, afkomstig van waterschap Noorderzijlvest. Een beschouwing van de meteorologische omstandigheden in 2008 en de keuze voor dit referentiejaar worden in de paragraaf 3.1. van dit hoofdstuk besproken. In paragraaf 3.2.1. wordt het kalibratie-proces nader toegelicht.

3.1. Meteorologische omstandigheden

Er is gekozen om het jaar 2008 als huidige situatie te beschouwen. Omdat dit het meest recente jaar is waarvan alle benodigde gegevens beschikbaar zijn. In figuur 14 is de neerslagreeks uit 2008 weergegeven, die als randvoorwaarde aan het model is opgelegd. Deze neerslaggegevens zijn afkomstig van meetstation Uithuizen.

Het jaar 2008 was een zonnig jaar. Met gemiddeld over het land 828 mm viel er meer neerslag dan het langjarig gemiddelde van 797 mm. Het voorjaar was vooral in het noorden van het land droog. April en mei leverden samen in dit deel van het land lokaal 30 mm neerslag op. Het gevolg hiervan is dat in de maand mei relatief veel water is ingelaten. De maanden juli en augustus daarentegen waren juist extreem nat. (KNMI, 2008)



Figuur 6 Neerslaggegevens Uithuizen 2008

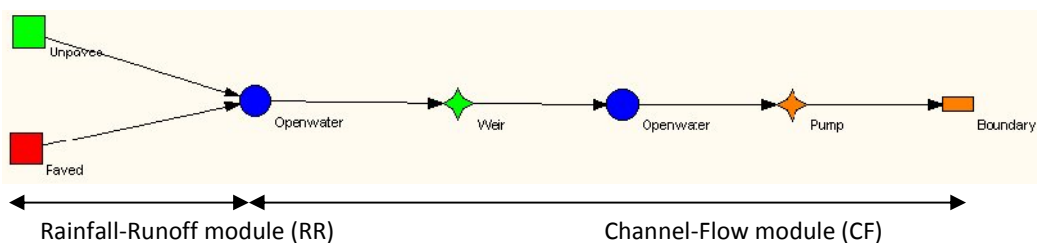
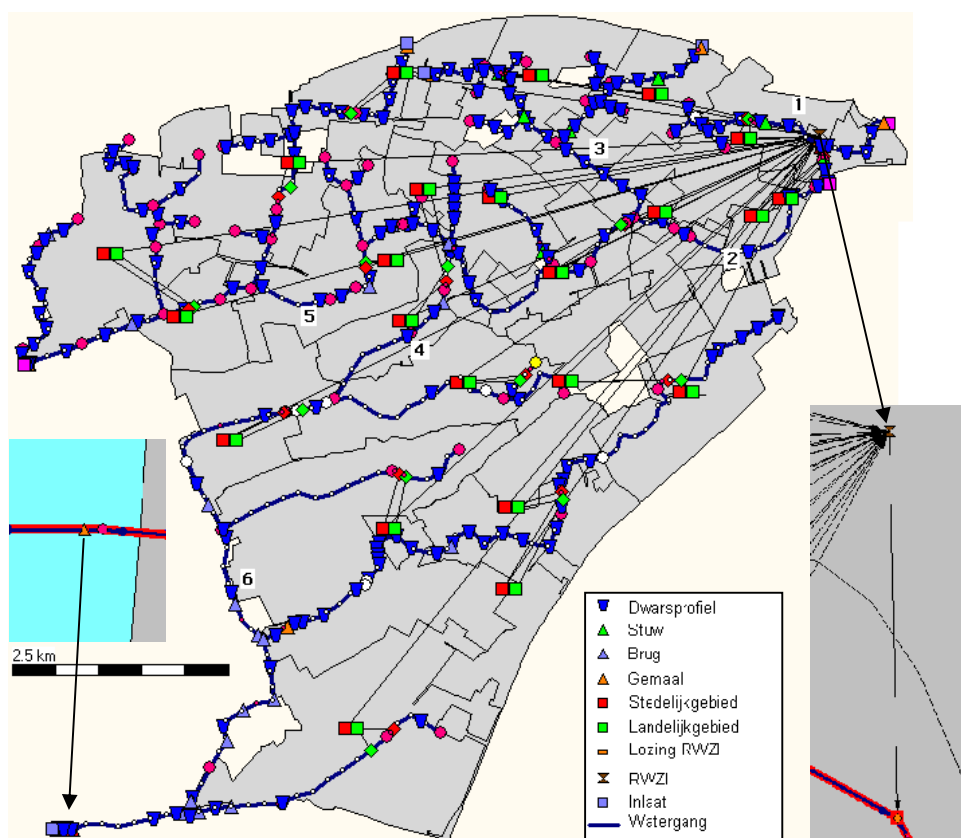
3.2. Model voor waterkwantiteit

Het watersysteem van de Meedstermaar is geschematiseerd in SOBEK (versie 2.12), waarbij gebruik is gemaakt van een koppeling tussen de RR en CF module. De modelschematisatie is weergegeven in figuur 6.

Bij de opbouw van het model is voor een detailniveau gekozen, dat voldoende gedetailleerd is om de invloed van RWZI Uithuizen en Uithuizermeeden op het watersysteem te kunnen onderzoeken. Hiertoe zijn alle aanwezige hoofdwatergangen in het model opgenomen.

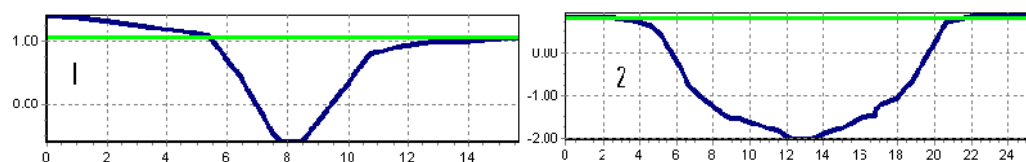
In eerste instantie zijn de hoofdwatergangen met bijbehorende dwarsprofielen geschematiseerd. De afmetingen en diepten van de dwarsprofielen zijn afkomstig van waterschap Noorderzijlvest. Bij het waterschap zijn van elk dwarsprofiel waarden van voor en na het baggeren bekend. Het verschil is dat bij de situatie van voor het baggeren een grotere sliblaag aanwezig is waardoor deze profielen minder diep zijn dan de profielen ingemeten na het baggeren. Aangezien in de meeste watergangen een aantal jaar niet gebaggerd is zijn de profielen opgelegd die zijn ingemeten bij een situatie van voor het baggeren. In figuur 7 zijn een aantal dwarsprofielen weergegeven, de nummers corresponderen met de weergegeven nummers in de modelschematisatie. Er is een hydraulische weerstand voor alle watergangen (Km) van 30 Km gehanteerd voor zowel de zomer als de winter. De Km-waarde beschrijft de wandruwheid, hoe groter deze coëfficiënt is hoe geringer de stromingssnelheid. Voor allerlei sloottypen met verschillende onderhoudstoestanden en wandruwheden zijn Km-waarden gemeten en bepaald. De gebruikte Km-waarde van 30 staat voor een schone waterloop waarbij bodem en taluds zeer licht begroeid zijn (enkele cm) of plaatselijke begroeiing met veel kale plekken.

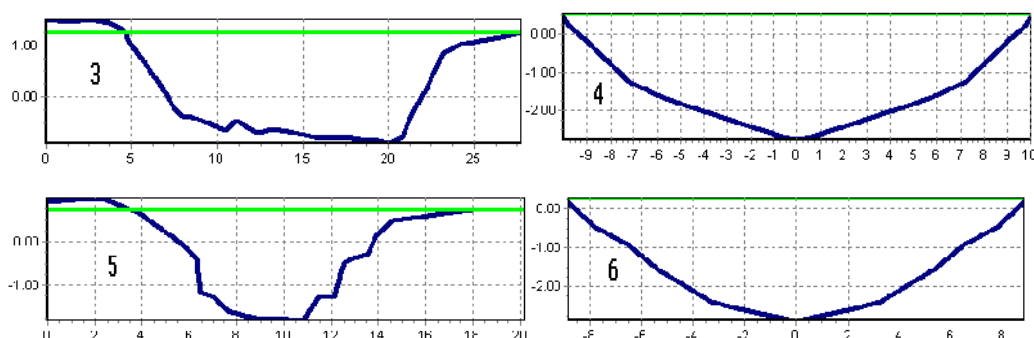
Al het stedelijk gebied loost het water op RWZI Uithuizen en Uithuizermeeden. Welk gebied op welke RWZI loost is niet precies bepaald, omdat dit ook geen verdere gevolgen heeft. Het belangrijkste is dat al het stedelijk gebied loost op een RWZI om het model goed te laten functioneren. Wanneer het rioolstelsel de hoeveelheid water in het stedelijk gebied niet meer aan kan stort deze over op het oppervlaktewater. Aan de RWZI's is vervolgens een continue debiet voor het effluent opgegeven. In werkelijkheid wordt het effluent niet met een continue debiet op het oppervlaktewater geloosd en schommelt dit in de tijd. Omdat dit niet mogelijk is te moduleren is er voor gekozen om een gemiddelde te nemen en dit als continue debiet aan de RWZI op te leggen.



Figuur 7 Modelschematisatie eerste-schil in Sobek RR en CF

Ik begrijp bovenstaande figuur niet, dit is toch allemaal RR? CF gebruikt andere symbolen...





Figuur 8 Dwarsprofielen

Bij de begrenzing van het model is rekening gehouden met het watersysteem de Meedstermaar en het verwachte invloedsgebied van RWZI Uithuizermeeden. Hiertoe is de eerste schil als modelrand gekozen waarbij het zuiden van de eerste schil, ter hoogte van gemaal Den Deel, is komen te vervallen. Het zuidelijke gedeelte van de eerste schil laat geen water in uit het noordelijke gedeelte. Het logische gevolg hiervan is dat het zuidelijke gedeelte geen invloed ondervindt van het effluent afkomstig van Uithuizen en Uithuizermeeden. De randvoorwaarden van het model worden gehanteerd door middel van gemalen en inlaten.

Ter plaatse van de begrenzing zijn de randvoorwaarden gehanteerd zoals deze in tabel 4 zijn weergegeven. In figuur 3 zijn de ligging van de desbetreffende gemalen afgebeeld.

Tabel 4 Randvoorwaarden gemalen

Afvoer gemaal (01-01 t/m 31-12)	pomp	Aanslag (mNAP)	Afslag (mNAP)	Capaciteit (m ³ /s)	Maaiveld (mNAP)	Ontvangend water
Den Deel	1	-0,78	-0,90	1,38	0,40	Tweede schil
	2	-0,77	-0,78	1,75		
	3	-0,74	-0,77	3,00		
	4	-0,70	-0,74	4,00		
	5	-0,68	-0,70	6,50		
Helwerd	1	-0,60	-0,90	2,00	0,63	Tweede schil
Afvoer gemaal (24-04 tot 08-08)						
Oosternieland	1	-0,80	-0,92	0,03	0,81	Spijksterpompen
Blijcke	1	-0,80	-0,92	0,20	0,68	Fiveringboezem
Inlaat gemalen (24-04 tot 08-08)						
Groote Hadder	1	-0,80	-1	0,02	1,25	Eerste schil
Quatre-Bras	1	-0,80	-1	0,02	1,71	Eerste schil
Katershorn	1	-0,80	-1	0,02	1,73	Eerste schil
Inlaat						
Hele jaar						
Inlaat Den Deel	1	-0,91	-0,93	0,86	0,40	Eerste schil

Naast de gemalen zijn de stuwen in het gebied van groot belang bij het hanteren van het gewenste peil. De randvoorwaarden van de stuwen die zijn meegenomen in het model zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Randvoorwaarden stuwen

Stuw naam	IDENT	Maaiveld (mNAP)	Breedte (m)	Kruinhoogte winter (mNAP)	Kruinhoogte zomer (mNAP)
Battenstuw	KST226	0,81	1,10	-0,12	..*
Meedsterstuw	KST381	1,04	1,43	0,04	0,04
Rensemalaanstuw	KST556	1,25	0,80	0,90	0,90
Rensemastuw	KST300	1,71	1,33	0,85	0,85
Middelste Menkemastuw	KST231	1,71	1,45	1,31	1,31
Hoge Menkemastuw	KST127	1,71	1,23	1,35	1,35
Lage Hoeshornerstuw	KST344	1,49	0,92	0,49	0,49
Hoge Hoeshornerstuw	KST283	1,50	0,85	0,50	0,50
Bovenhuisterstuw	KST321	1,01	1,20	0,41	0,46

*Staat helemaal naar beneden i.v.m. doorspoeling in de zomer.

De stappen die zijn doorlopen, en de tools die zijn gebruikt om te komen tot de uiteindelijke modelschematisatie staan beschreven in bijlage 4.

3.2.1 Kalibratie

Omdat niet alle invoerparameters van het model bekend zijn is het model gekalibreerd aan de hand van gemeten waarden. Een systeemkalibratie houdt in dat het gemodelleerde systeem wordt vergeleken met empirische gegevens. Deze empirische gegevens komen van het waterschap en bestaan uit de cumulatieve afvoer (Q) en waterstand (H). Modelresultaten die niet overeenkomen met de empirische gegevens kunnen duiden op fouten en/of onnauwkeurigheden in het model. Om de empirische gegevens en de berekende gegevens in één grafiek te plotten is gebruik gemaakt van de Excel applicatie Results2Excel. Hiermee is het verschil tussen de berekende en gemeten waarden in een oogopslag duidelijk.

Uitgangspunten

Kalibratieperiode

Bij de kalibratie moet de rekenperiode van het Sobek-model overeenkomen met het tijdstip van de opgelegde neerslagreeks. Een model kan worden doorgerekend met verschillende neerslagreeksen, het voordeel hiervan is dat het systeemgedrag nauwkeurig kan worden gesimuleerd. In dit onderzoek is gerekend met een neerslagreeks uit 2008 van weerstation Uithuizen.

Kalibratieparameters

Wanneer gemeten waarden en de door het Sobek-model berekende waarden niet voldoende overeenkomen moeten onzekere parameters dermate worden aangepast, teneinde berekende en gemeten waarden voldoende corresponderen. Onzekere parameters zijn in dit geval geschatte waarde die in het model zijn opgenomen. Onzekere parameters waar eventueel aan gekalibreerd kan worden zijn:

- Kwel en wegzijging;
- Berging;
- Pompcapaciteit en controller van pomp;
- Inlaatdebiet;
- Drainage weerstand bodem.

Parameters die vast staan en waar niet aan gekalibreerd wordt zijn:

- Oppervlakte verhard en onverhard gebied;
- Gewas verdeling onverhard gebied;
- Dwarsprofielen;
- Afmetingen kunstwerken;
- Debiet RWZI.

Metingen voor kalibratie

Voor de kalibratie zijn van de volgende twee gemalen metingen uit het veld beschikbaar:

- Den Deel;
- Helwerd.

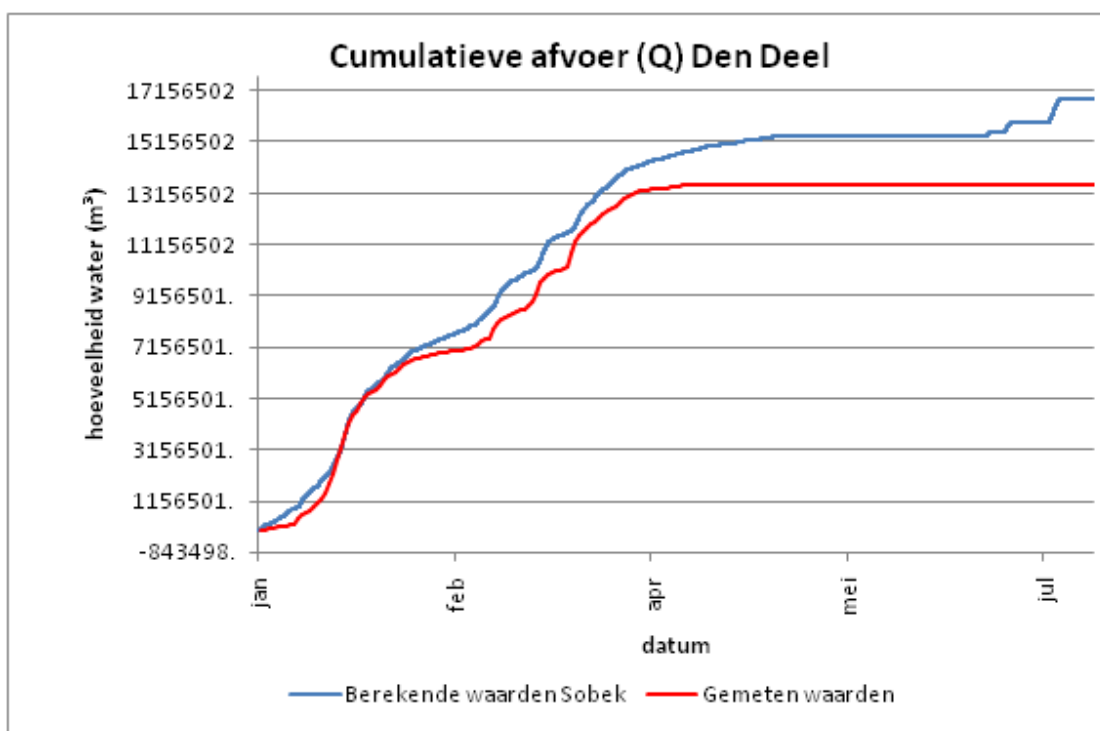
Omdat gemaal Helwerd handmatig wordt ingeschakeld bij extreem hoog water is op dit gemaal niet gekalibreerd. Gemaal Den Deel was in de kalibratie periode 2008 het enige gemaal wat werkend was binnen de eerste schil. Van dit gemaal zijn meetgegevens beschikbaar gesteld door het waterschap.

3.2.2. Kalibratie resultaat

De kalibratie resultaten van het model zijn beschreven aan hand van de resultaten van de eerste en uiteindelijke kalibratieslag. In de figuren zijn de gemeten waarden (rode lijn) en de door Sobek berekende waarden (blauwe lijn) uitgezet in een grafiek. Eerst is geanalyseerd wat er in de figuren is afgebeeld, vervolgens is beschreven hoe de uiteindelijk kalibratie tot stand is gekomen.

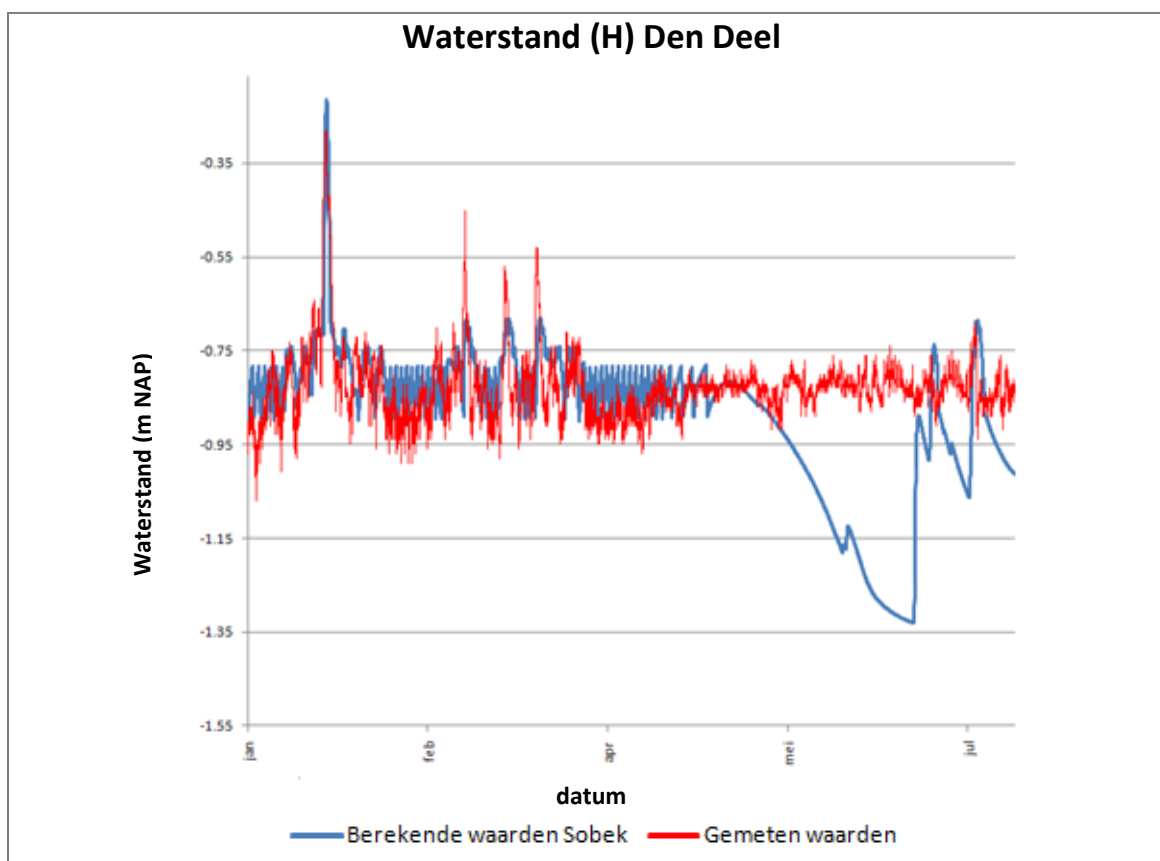
Eerste kalibratieslag

De onderstaande figuur 8 geeft de cumulatieve afvoer (Q) op locatie Den Deel weer. Zoals in de figuur is weergegeven ligt de berekende cumulatieve afvoer uit Sobek hoger dan de gemeten waarden. Dit duidt op het teveel uitpompen van water door het model. Dit kan te maken hebben met de in het Sobek-model opgegeven kwel- of wegzijgingwaarde. Een te hoge kwelwaarde of een te lage wegzijgingwaarde kan zorgen voor een wateroverschot. Ook kan een tekort aan berging de reden zijn van de te hoge cumulatieve afvoer. Bij een tekort aan berging wordt de waterstand in de watergangen hoger waardoor het gemaal Den Deel meer water weg moet pompen om het streefpeil te handhaven. Opvallend is dat er vanaf april geen water meer wordt weggepompt via gemaal Den Deel. Dit duidt erop dat vanaf deze periode geen wateroverschot meer in het gebied is.



Figuur 9 eerste kalibratieslag Cumulatieve afvoer (Q)

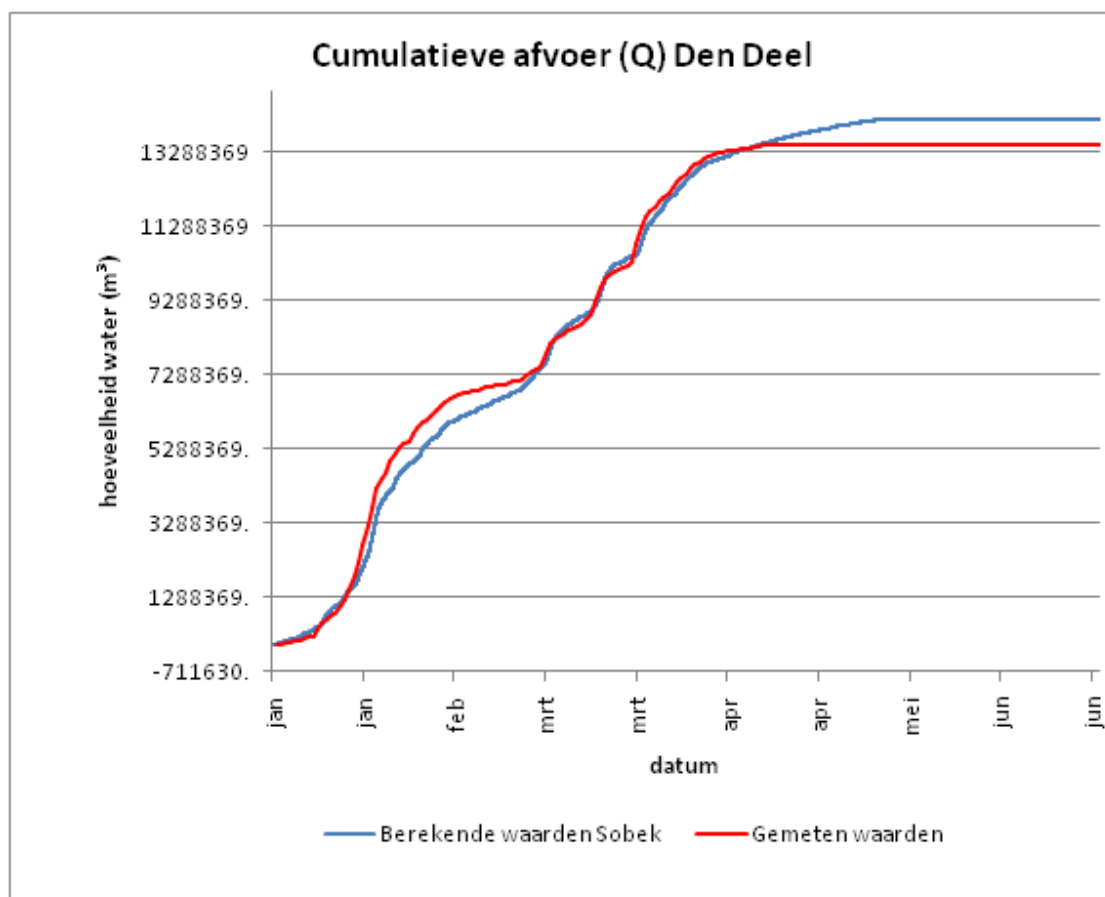
De waterstand (H) op locatie Den Deel van de eerste kalibratieslag is weergegeven in figuur 9. De berekende- en gemeten waarden komen tot begin mei aardig met elkaar overeen. Echter daalt de waterstand vanaf mei in het model sterk en is er een groot verschil met de gemeten waarden. Deze daling wordt veroorzaakt doordat in het model geen inlaat is geschematiseerd, terwijl in werkelijkheid wel wordt ingelaten. Andere parameters die gekalibreerd zijn aan de hand van de waterstand grafiek zijn het aan en afslag punt van de pomp, pompcapaciteit en de hoeveelheid berging. Het aan- en afslag punt is bepaald door naar de heen- en weergaande beweging van de grafiek te kijken. De hoeveelheid berging in het model beïnvloedt de breedte van de pieken. Wanneer de berging toeneemt wordt de breedte van de piek groter. De hoogte van de pieken wordt beïnvloed door de gemaalcapaciteit.



Figuur 10 Eerste kalibratieslag waterstand (H)

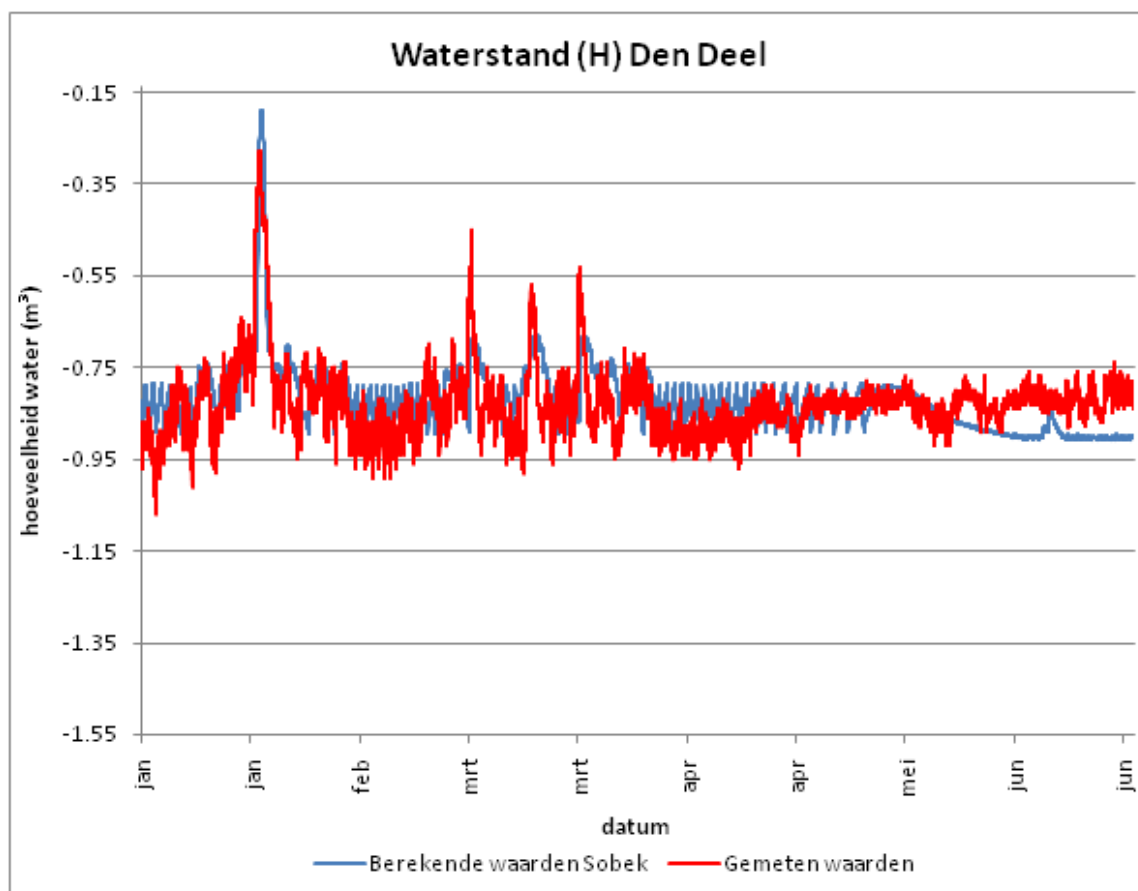
Uiteindelijke kalibratie

Het resultaat van de cumulatieve afvoer (Q) van de uiteindelijke kalibratieslag is weergegeven in figuur 10. De berekende waarden uit Sobek komen voldoende overeen met de gemeten waarden voor een Sobek waterkwaliteitanalyse. In vergelijking met de eerste kalibratieslag is te zien dat vanaf de maand maart de berekende waarden dicht bij de werkelijkheid komen. Dit is bereikt door de hoeveelheid kwel van 2 mm terug te brengen naar 1,7 mm. Ook ligt de cumulatieve afvoer (Q) vanaf april een stuk lager dan de eerste kalibratieslag, dit is gerealiseerd door de inlaat bij Den Deel anders in te stellen. De inlaat had een hoger streefpeil in het model dan gemaal Den Deel waardoor het gemaal dit verschil wegpompte.



Figuur 11 Uiteindelijke kalibratie cumulatieve afvoer (Q)

De onderstaande figuur 11 geeft de waterstand (H) op locatie Den Deel weer van de laatste kalibratieslag. De berekende waarden van het model komen aardig overeen met de gemeten waarden. Ook zakt de waterstand in begin mei niet meer zover weg omdat er een inlaat bij Den Deel is gemodelleerd, deze inlaat laat water in bij een waterstand tussen de 0,91 en -0,93 m NAP.



Figuur 12 Uiteindelijke kalibratie waterstand (H)

3.3. Model voor waterkwaliteit

In deze paragraaf wordt het model voor waterkwaliteit behandeld. Echter moet bij het woord 'waterkwaliteit' een aantal kanttekeningen worden geplaatst. Bij deze waterkwaliteits simulaties wordt namelijk alleen gerekend met de concentraties van N en P. Dit wordt gedaan door de bronnen van N en P te moduleren en de stoffen N en P mee te laten liften met het debiet. Daarnaast wordt een aantal eenvoudige processen meegenomen die van toepassing zijn op N en P. Hiervoor is ook het zwevende stof en de sedimentlaag gemoduleerd. Diverse algensoorten, chloride, overige stoffen en een aantal processen worden buiten beschouwing gelaten.

In het kort kan worden gezegd dat er is gerekend met de stoffen N en P, stoffentransport en een aantal eenvoudige processen. Hoe de simulatie van N en P tot stand is gekomen wordt in deze paragraaf nader beschreven.

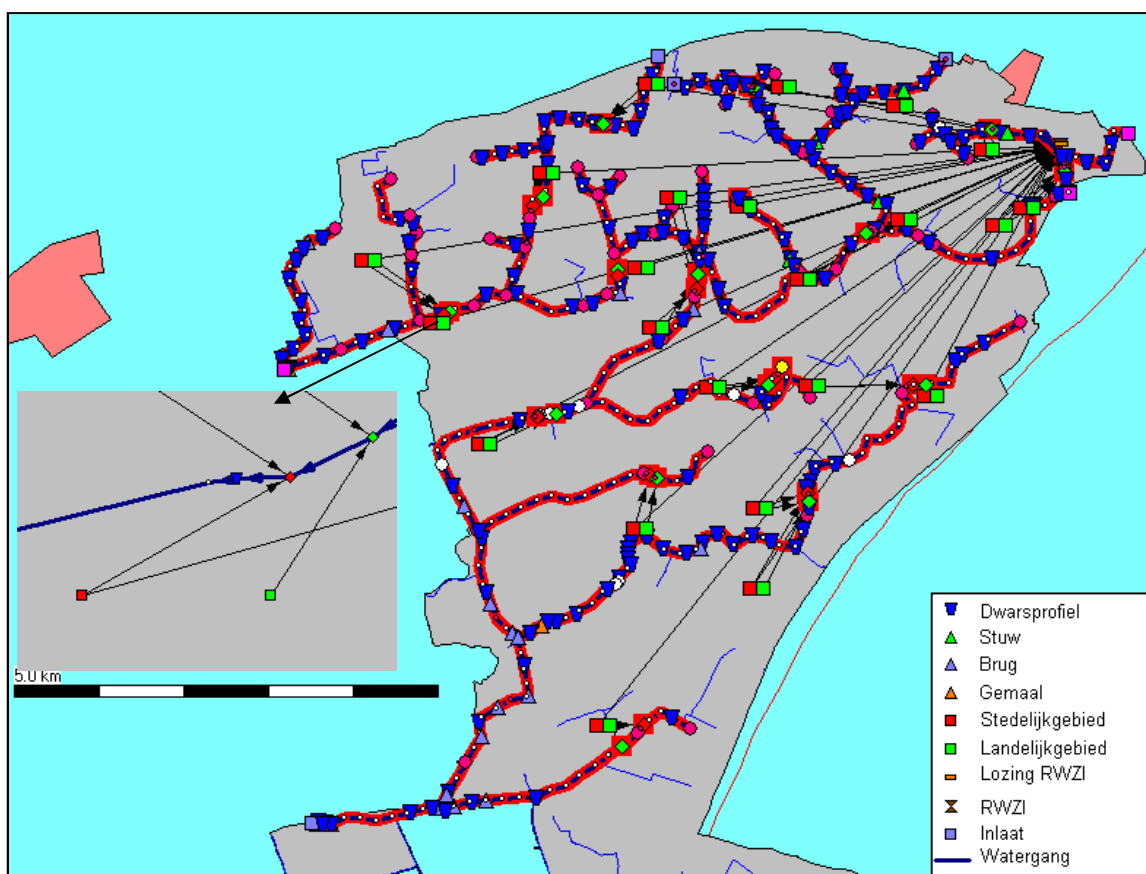
Bij het opbouwen van het in paragraaf 3.1. beschreven waterkwantiteitmodel is reeds rekening gehouden met het feit dat dit model ook voor waterkwaliteitsdoeleinden gebruikt moet worden. Hiertoe zijn de mogelijkheden om water in te laten en het systeem door te spoelen al in het model opgenomen. Daarnaast is het oppervlak opgedeeld in verhard en onverhard gebied. Het onverharde gebied is opgedeeld in bodemgebruiktypen en loost op de CF-module. Het verharde gebied loost op RWZI Uithuizermeeden en RWZI Uithuizen. Wanneer het rioolstelsel van het verharde gebied de hoeveelheid water niet meer kan afvoeren stort deze over op de CF-module. Tot slot is ook het lozen van de RWZI's op de watergang al gemodelleerd in het waterkwantiteitmodel. Omdat deze mogelijkheden zijn opgenomen in het reeds gemodelleerde waterkwantiteitmodel is het toevoegen van de 1DWAQ-module voldoende om een goed werkend waterkwaliteitmodel te krijgen. Na toevoeging van de 1DWAQ-module is het niet nodig het model opnieuw te kalibreren op de waterkwantiteit, aangezien er geen veranderingen in stroming en aan- en afvoer zijn aangebracht. Om de berekende concentraties van N en P redelijk overeen te laten komen met de werkelijkheid is het wel noodzakelijk dat de waterkwaliteit aan de hand van meetgegevens wordt gekalibreerd.

Modelschematisatie waterkwaliteitmodel

De modelschematisatie van het waterkwaliteitmodel is weergegeven in figuur 12. Om de herkomst van het water van de paved- en unpaved nodes te kunnen onderscheiden is per paved- en unpaved node een RR-CF connection node aangemaakt. Dit is gedetailleerd weergegeven in de modelschematisatie. Aan de hand van de afwateringseenhedenkaart zijn de RR-CF connection nodes aan het model opgelegd. Waar mogelijk zijn de RR-CF connection nodes bovenstrooms aan de watergang opgelegd. Belangrijk om in ogenschouw te nemen is dat wanneer bijvoorbeeld vlak naast een RR-CF connection node gekeken wordt naar de waterkwaliteit het lozen van deze RR-CF connection node meer invloed heeft dan wanneer een stuk verder wordt gekeken.

Bij de opbouw van het waterkwaliteitmodel zijn in eerste instantie de verschillende bronnen van water afzonderlijk gelabeld zodat deze in het watersysteem gevolgd kunnen worden. Dit is gedaan door de 1DWAQ-module toe te voegen en de standaardobjecten die verantwoordelijk zijn voor water aan- en afvoer in het model te vervangen voor objecten die het water labelen. Er is zowel in de zomer als in de winter onderscheid gemaakt in water van de volgende herkomst:

- Stedelijk gebied (water afkomstig van overstorten van het stedelijk gebied);
- Landelijk gebied (water uit het landelijk gebied dat door drainage en oppervlakkige afstroming in het oppervlaktewater terecht komt);
- Effluent (water van RWZI Uithuizermeeden en Uithuizen dat wordt geloosd op de Meedstermaar);
- Inlaat (water dat in de eerste schil wordt ingelaten op locaties; Den Deel, Katershorn, Quatre-Bras en Groote Hadder);
- Initieel water (water dat in het begin van de simulatieberekening aanwezig is, hiervan kan de herkomst niet bepaald worden. De snelheid waarmee het initiële water verdwijnt is een indicatie voor de verblijftijd van het water in de watergang).



Figuur 13 Modelschematisatie eerste-schil in Sobek RR, CF en 1DWAQ

Het water van verschillende herkomst is vanaf het moment van binnenstromen gelabeld, zodat het verloop van de afzonderlijke bronnen door het watersysteem gevolgd kan worden.

Vervolgens is de RR en CF modelschematisatie gekoppeld aan de 1DWAQ-module. Het model is na deze bewerkingen gereed om fractiesommen te maken. Hiermee kan op ieder tijdstip en locatie bepaald worden

uit welke verschillende bronnen van herkomst het water bestaat. Direct zegt dit nog niks over de waterkwaliteit omdat stoffentransport van N en P nog niet wordt meegenomen.

Om uiteindelijk waterkwaliteitsimulaties te kunnen doen is het noodzakelijk dat de stoffen N en P meegevoerd kunnen worden met het debiet uit de RR- en CF-module. Om dit te bewerkstelligen is gebruik gemaakt van de emissietool. In de emissietool kunnen de hoeveelheden N en P die op het oppervlaktewater lozen in kilogrammen worden opgegeven. De emissietool vertaalt deze kilogrammen naar concentraties in het oppervlaktewater en schrijft vervolgens een randvoorwaardenbestand voor de SOBEK-1DWAQ module. Dit randvoorwaardenbestand kan in Sobek worden ingevoerd waarna de concentraties van N en P meegevoerd kunnen worden met het debiet.

Naast de hierboven genoemde stoffentransport zijn een aantal processen in de modulatie meegenomen. In bijlage 4 staan de precieze bewerkingen beschreven die zijn uitgevoerd om te komen tot het waterkwaliteitmodel.

3.3.1. Resultaten en conclusie

In figuur 14 zijn de gemeten en berekende concentraties N en P voor drie locaties weergegeven. Het getal in de grafiektitel correspondeert met de weergegeven punten van meetlocaties op het kaartje. Om het verloop van de concentraties N en P in het verloop van de tijd te kunnen verklaren worden eerst een aantal processen besproken die een belangrijke bijdrage leveren aan de toe- en afname van N en P in de tijd. Voor stikstof geldt dat de concentratie die uitspoelt toeneemt naarmate de grond droger wordt. Dit wordt veroorzaakt doordat er in droge gronden minder stikstof door denitrificatie verdwijnt. Uitspoeling van de landbouw is de voornaamste bron van de aanwezige NO₃. Na de bemesting wordt een relatief klein deel, namelijk 25-30%, van het stikstof door planten opgenomen. De rest komt via de bodem in grond- en oppervlaktewater terecht, omdat vooral nitraten heel goed oplosbaar zijn. De aanwezige NH₄ is grotendeels afkomstig van effluent.

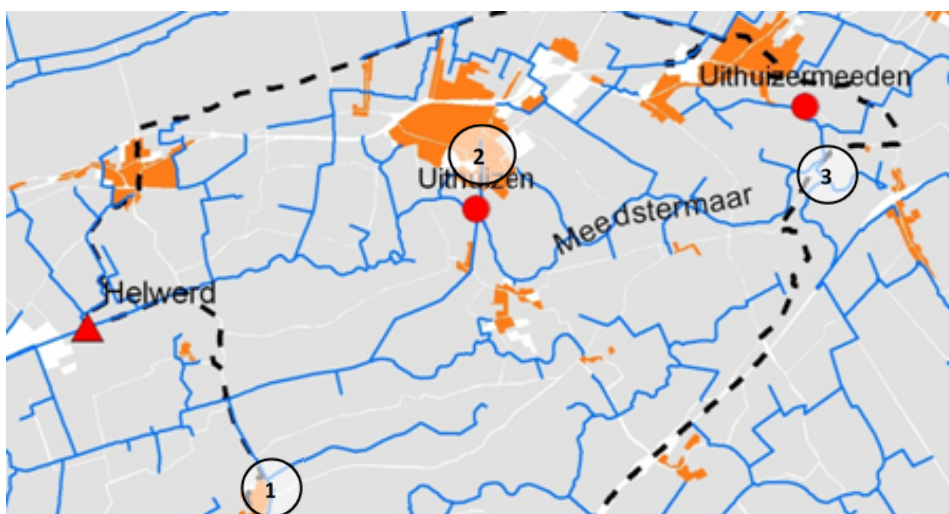
Voor fosfor neemt de uitspoelingconcentratie af naarmate de grond droger wordt. Dit wordt veroorzaakt doordat het water op een diepte tot uitspoeling komt waar het profiel lagere concentraties bevat. Fosfaat bindt zich sterk aan sedimentdeeltjes. In de zomerperiode neemt de nalevering van fosfaat vanuit de waterbodem toe, vanwege de hogere (water)temperaturen en daaraan gekoppeld een hogere mineralisatiesnelheid. Daarnaast kunnen omwoelende vissen (o.a. brasem) ook de mineralisatiesnelheid bevorderen en daarmee de nalevering van fosfaat (KCwaterbodem, 2009).

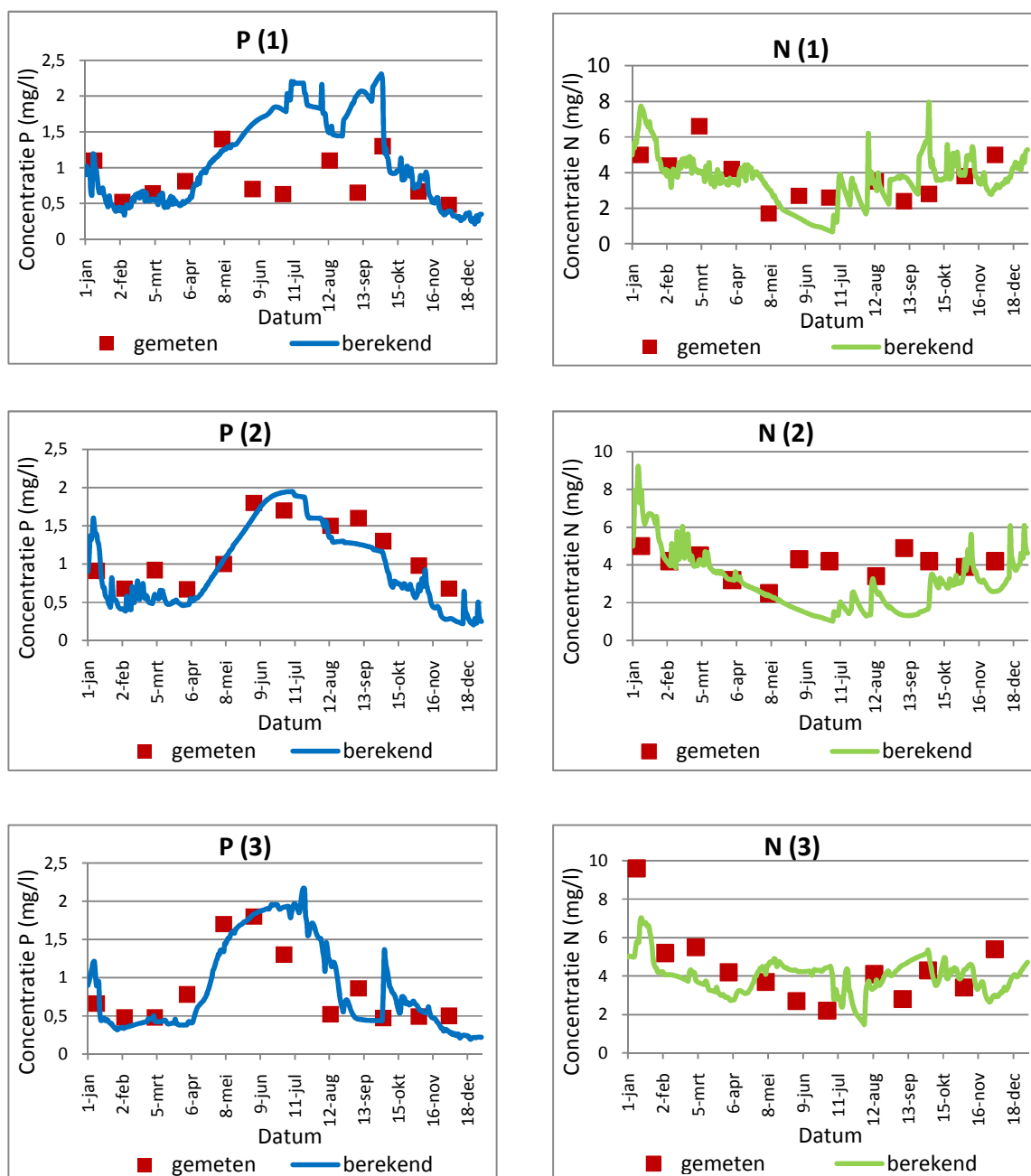
Op basis van de grafieken in figuur 13 is geconcludeerd, dat het model de werkelijkheid op de weergegeven punten redelijk goed beschrijft. Voor een waterkwaliteitmodel, zoals in deze paragraaf geschetst, is het van belang dat alle bronnen die een bijdrage leveren aan N en P tezamen een orde van grootte hebben die overeenkomt met de werkelijkheid. Op dit gegeven is dan ook als eerste gekalibreerd. Daarnaast is het van belang dat de grafieken van N en P een gelijke trend vormen met de werkelijkheid.

Voor de grafieken waarin de berekende en gemeten P concentraties uit zijn gezet blijkt dat voor de punten 2 en 3 de berekende concentraties goed overeenkomen met de gemeten concentraties. In punt 1 is echter de berekende concentratie van mei tot oktober een stuk hoger dan in werkelijkheid. Dit kan betekenen dat het debiet op dit punt in werkelijkheid groter is dan in het model. Over het algemeen geldt dat bij stilstaand

water de waterkwaliteitsprocessen de dominerende factor zijn en bij goed doorstromende watergangen het stoffentransport dominant is voor de waterkwaliteit. Het lijkt erop dat hier de waterkwaliteitsprocessen die ervoor zorgen dat fosfor wordt nageleverd uit de bodem een te groot aandeel hebben. Ook kan het zijn dat het water dat wordt ingelaten om het systeem door te spoelen in werkelijkheid een lagere concentratie P bevat dan is opgegeven in het model. Belangrijk is dat bij de analyse voor punt 1 wordt meegenomen dat de concentratie P in de zomer hoger ligt dan in werkelijkheid het geval is.

Voor de berekende concentraties N geldt dat op de punten 1 en 2 de totale vracht redelijk overeenkomt met de werkelijkheid. Punt 2 daarentegen heeft in het model in de zomerperiode een tekort aan N. Waarschijnlijk is de stroming in deze tak in werkelijkheid anders waardoor er meer effluent en dus N afkomstig van RWZI Uithuizen in deze tak komt. Waardoor de N concentratie in de zomer stijgt in plaats van daalt. Dit moet wel worden veroorzaakt door een externe bron omdat normaal gesproken de N concentratie in de zomer lager ligt dan in de winter door denitrificatie. De berekende N concentratie op locatie 1 komt het meest in de buurt bij de gemeten waarden. De concentratie in de zomer ligt lager dan in de winter. Op locatie 3 kent de grafiek van gemeten waarden ook een dal in de zomer.





Figuur 14 Totaal N en P concentratie gemeten en berekend voor het jaar 2008

4. Beoordeling waterkwaliteit

In dit hoofdstuk is aan de hand van een aantal stappen een waterkwaliteitanalyse uitgevoerd. Hierbij is toegespitst op de invloed van RWZI Uithuizermeeden en Uithuizen op de waterkwaliteit. Het effect van RWZI Uithuizen en Uithuizermeeden (voor en na samenvoeging) op de waterkwaliteit is beoordeeld op de volgende punten:

- Het invloedsgebied van het effluent op de boezem;
- Het aandeel effluent op een bepaald tijdstip en locatie op basis van fractiesommen;
- De concentratie N en P in de Meedstermaar (voor en na samenvoeging), en hoe deze concentratie zich verhoudt ten opzichte van de KRW;
- Het effect van alternatieve lozingspunten op de waterkwaliteit van de Meedstermaar;
- Het effect van het reduceren van de concentraties N en P uit de landbouw en/of RWZI Uithuizermeeden.

Voor deze beoordeling is gebruik gemaakt van het Sobek-waterkwaliteitmodel. De methode en resultaten zijn in dit hoofdstuk besproken.

4.1. Herkomst van het water

In deze paragraaf wordt de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen op het totaal watervolume beschreven. Tevens wordt het invloedsgebied van het effluent inzichtelijk gemaakt.

4.1.1. Methode

In eerste instantie zijn fractieberekeningen gemaakt. Hiermee is inzicht verkregen hoe het water op iedere tijd en locatie is samengesteld uit water van verschillende herkomst. Het aandeel water van een bepaalde bron in het totaal volume water op een bepaalde locatie noemen we 'fractie'. De fractieberekening wordt gebruikt om inzicht te krijgen in de bronnen die in verschillende mate verantwoordelijk zijn voor het totaal volume water op een bepaald punt. Daarnaast kan met een fractieberekening ook het invloedsgebied van een bepaalde bron worden bepaald. Tevens kan aan de hand van een fractieberekening worden gekeken of de verdeling van het water door het watersysteem logisch is. Hiertoe wordt gekeken of het initiële water tijdig uit het systeem wegstroomt, de concentratie effluent afneemt naarmate de afstand tot de RWZI toeneemt en of het inlaatwater overeenkomt met de periode van de inlaten. Direct zegt een fractiesom nog niks over de waterkwaliteit omdat stoffentransport van N en P nog niet wordt meegenomen in deze stap.

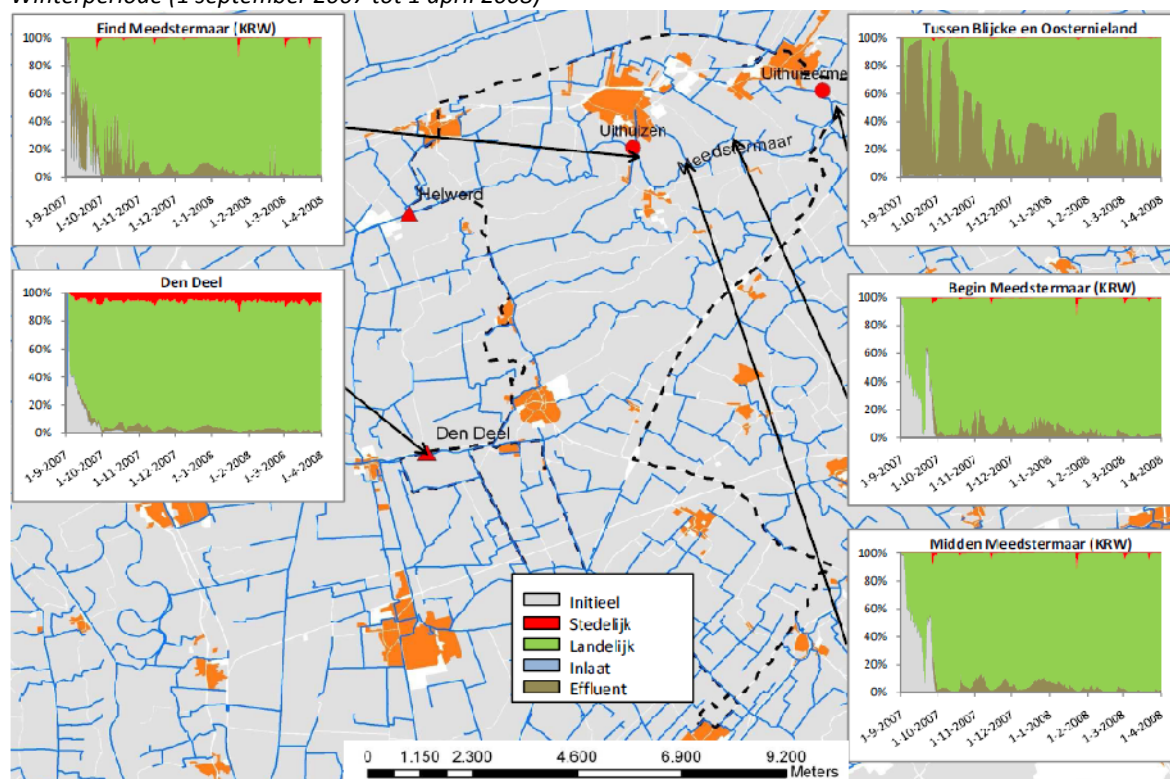
Om het effect van de uitbreiding van RWZI Uithuizermeeden te kunnen beoordelen zijn grafieken van de fractiesommen van de huidige situatie en situatie na samenvoeging met RWZI Uithuizen weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de winterperiode (1 september 2007 tot 1 april 2008) en de zomerperiode (1 juni tot 1 september). De weergegeven grafieken verwijzen met een pijl naar de locatie waarvoor de fractiesom is gemaakt. In de grafieken geeft de Y-as de relatieve bijdrage (van 0 - 100 %) van iedere bron per tijdstap (X-as) weer.

Ook is voor iedere situatie een kaart toegevoegd waarin het invloedsgebied van het effluent afkomstig van RWZI Uithuizermeeden en Uithuizen inzichtelijk is gemaakt.

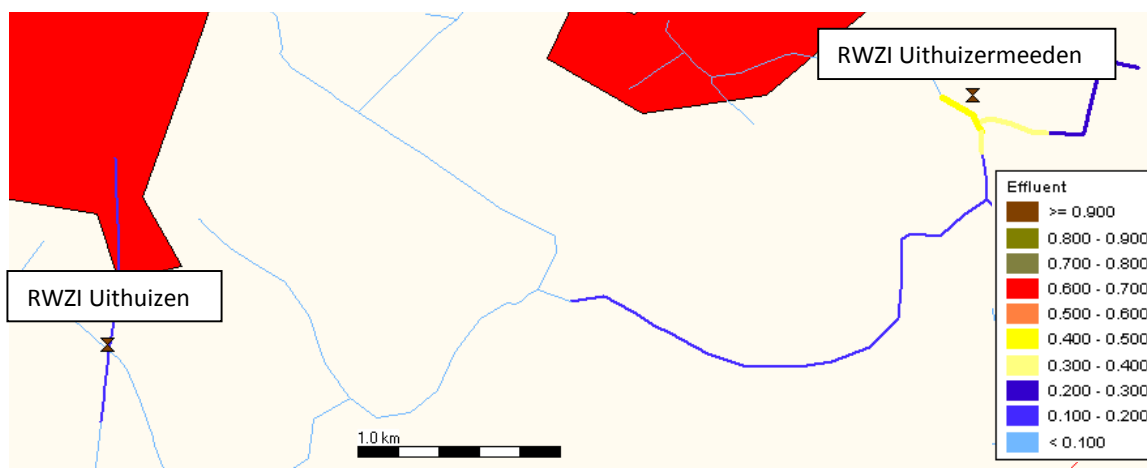
4.1.2. Resultaten huidige situatie

De resultaten van de herkomst van het water voor de huidige situatie zijn aan de hand van de figuren 15 t/m 18 geïllustreerd.

Winterperiode (1 september 2007 tot 1 april 2008)



Figuur 15 Herkomstverdeling van water voor de winterperiode (2008)(leesbare kaart bijlage 5).

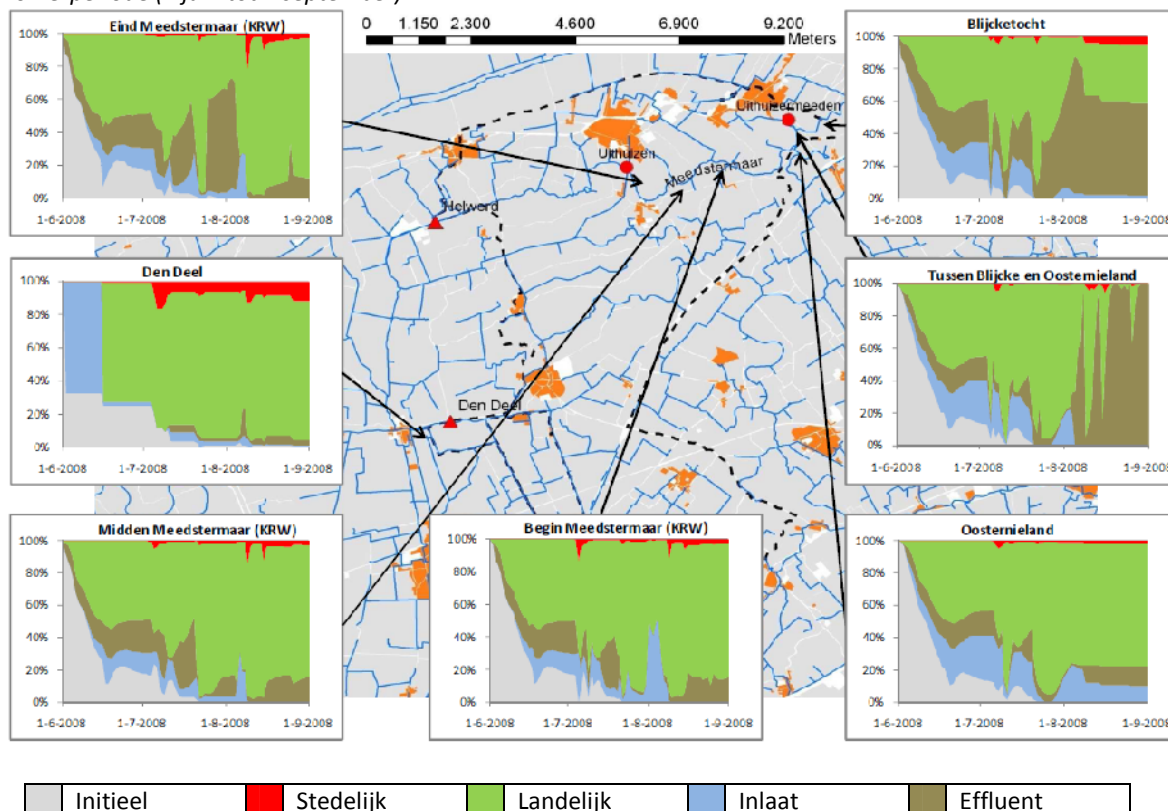


Figuur 16 Invloedsgebied effluent Uithuizermeeden (wintergemiddelde 2008)

Figuur 15 geeft de resultaten van de herkomst verdeling van het water in de winterperiode weer. Het totaal volume water bestaat geheel uit initieel, effluent en water afkomstig van het landelijk- en stedelijk gebied. Duidelijk zichtbaar is dat het overgrote deel van het water afkomstig is van drainage en oppervlakkige afstroming uit het landelijk gebied. Het aandeel stedelijk water is vele malen kleiner. Het stedelijke water wordt in pieken aan het oppervlaktewater toegevoegd. Het gaat hierbij om riooloverstorten bij hevige neerslag. Te zien is dat het water bij het lozingspunt van RWZI Uithuizermeeden bestaat uit 10% tot 50% effluent. Aan het begin van de grafiek (1 september 2007 tot 1 december 2007) is het aandeel effluent groter omdat het model in deze periode nog niet in evenwicht is. Het volume water vanuit het landelijk gebied is 50% tot 90%. De schommeling in de tijd wordt veroorzaakt door het verschil in hoeveelheid neerslag. De relatieve bijdrage van het effluent neemt af wanneer de neerslag toeneemt, het aandeel van het landelijk gebied neemt dan logischer wijs toe. Het aandeel effluent neemt in het verloop van het watersysteem snel af, bij kruising Boterdiep is het aandeel verminderd naar 5% tot 10%. Bij gemaal Den Deel is dit aandeel nog slechts ongeveer 3%.

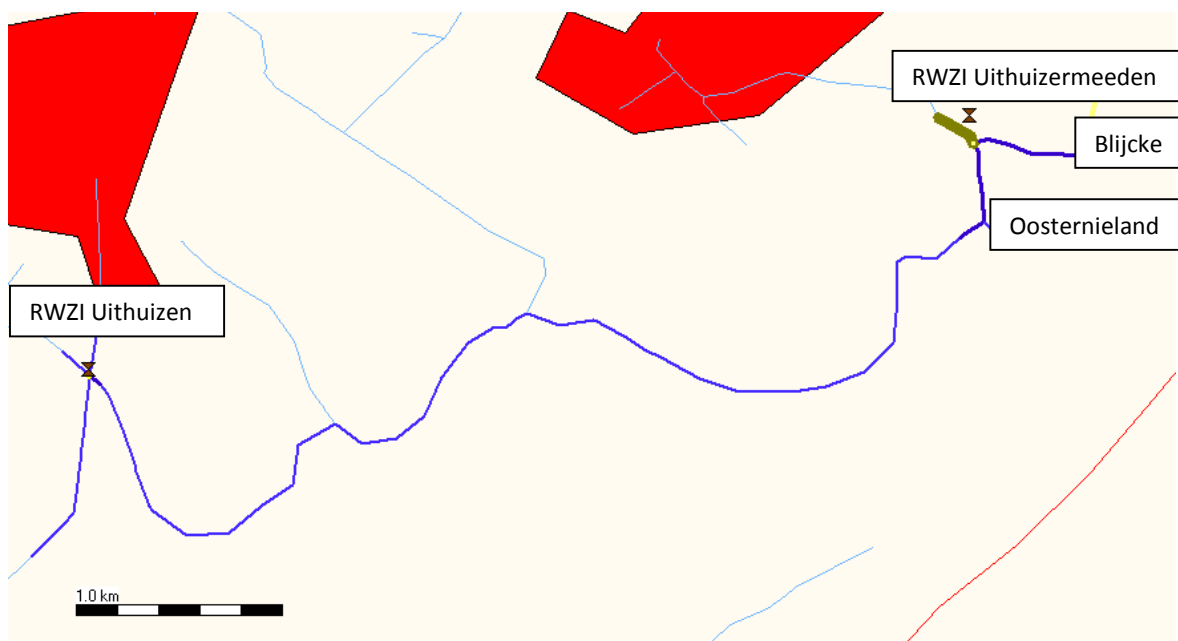
In figuur 16 is het gemiddelde invloedsgebied van het effluent voor de winter weergegeven. Hierin is te zien dat het effluent afkomstig van RWZI Uithuizermeeden zich verspreidt in de Meedstermaar richting het Boterdiep. Het aandeel afkomstig van RWZI Uithuizermeeden is het grootst direct bij het lozingspunt en in de watergang die uitmondt op gemaal Blijcke. Het aandeel effluent afkomstig van RWZI Uithuizen is aan het begin van het Boterdiep het grootst.

Zomerperiode (1 juni tot 1 september)



Figuur 17 Herkomstverdeling van water voor de zomerperiode (2008)(leesbare kaart bijlage 6).

Uit de grafieken van de zomerperiode (figuur 17) blijkt, dat de relatieve bijdrage van het effluent een stuk groter is dan in de winter. Dit is te verklaren doordat de effectieve neerslag in de zomer kleiner is waardoor het aandeel vanuit het landelijk gebied kleiner is. Ook is te zien dat het initiële water langer in het systeem blijft in vergelijking met de winterperiode, dit duidt er op dat in de zomerperiode minder doorspoeling plaats vindt. Het meetpunt bij RWZI Uithuizermeeden bestaat tijdens de inlaat periode van 23 april tot 1 augustus uit 5% tot 20% effluent, 5% tot 20% uit inlaatwater en 10% tot 90% uit water vanuit het landelijk gebied. Ook hier is te zien dat op sommige momenten het aandeel effluent verminderd naar 10%, dit heeft eveneens te maken met het toenemen van water afkomstig van het landelijk gebied op dat moment. Wanneer de neerslaggegevens worden vergeleken met de herkomstverdeling, kan gesteld worden dat het systeem vrij snel reageert op een neerslaggebeurtenis. Dit betekent dat de gevallen neerslag via drainage en oppervlakkige afspoeling snel terecht komt in het watersysteem waardoor de relatieve bijdrage van het effluent op dat moment vermindert. Op het punt waar de Meedstermaar de Boterdiep kruist bestaat het totale water uit 10% tot 20% inlaatwater, 10% tot 60% uit effluent en tot 90% uit water van het landelijk gebied. In de periode van 1 april tot 1 augustus is te zien dat het aandeel effluent kleiner is dan na 1 augustus, dit verschil heeft te maken met het stoppen van water inlaten na 1 augustus. De samenstelling van het water bij gemaal Blijcke bestaat voor 20% tot 80% uit effluent, 20% uit inlaat water en tot 90% uit water van het landelijk gebied.



Figuur 18 Invloedsgebied effluent Uithuizermeeden (zomergemiddelde 2008)

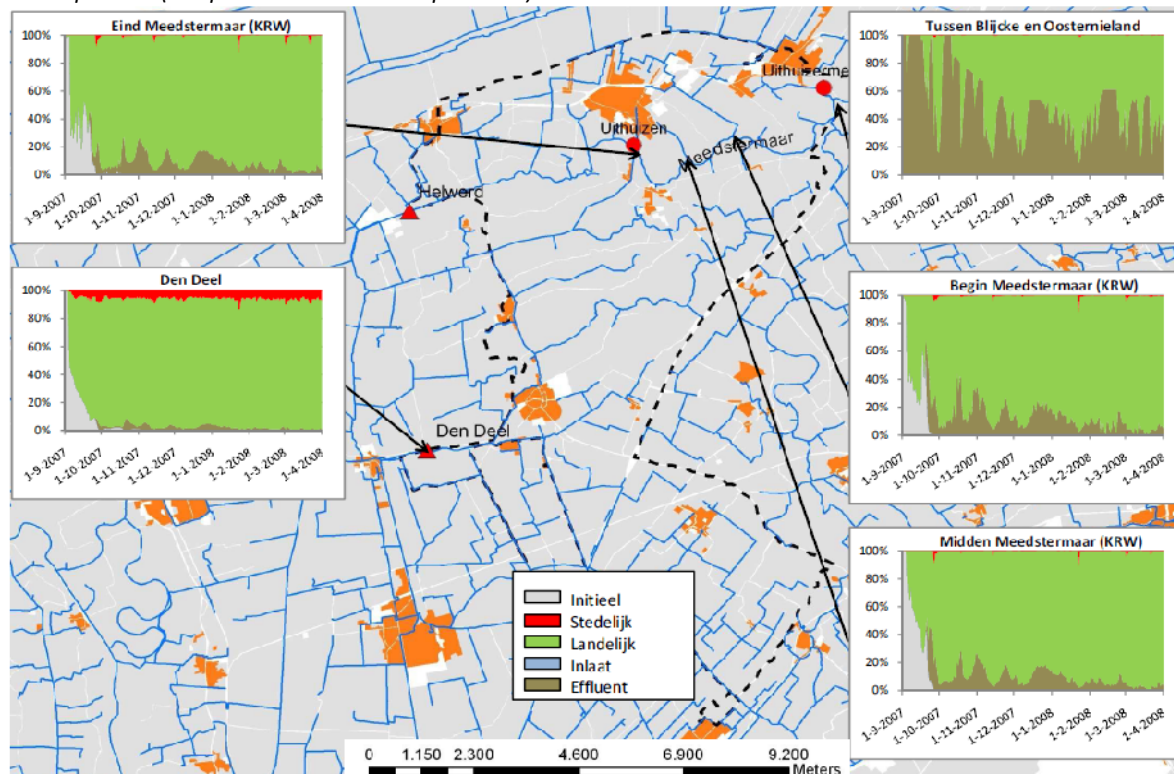
Uit figuur 18 blijkt dat de stromingsrichting in de zomerperiode is veranderd ten opzichte van de winterperiode.

In de winterperiode stroomt het water van oost naar west waar het wordt uitgedumpt door gemaal Den Deel. In de zomerperiode verandert deze stromingsrichting omdat water wordt ingelaten en vervolgens door Blijcke en Oosternieland wordt uitgedumpt. Het gevolg hiervan is dat het effluent zich meer spreidt richting de uitlaten Blijcke en Oosternieland. De invloed van het effluent elders in het systeem is nihil. Dit betekent dat er veel effluent wordt verpompt naar de Fivelingboezem en Spijksterpompen.

4.1.3. Resultaten na samenvoeging RWZI Uithuizermeeden en Uithuizen

De relatieve bijdrage van de verschillende bronnen op het totaal watervolume voor een situatie waarbij RWZI Uithuizen is toegevoegd aan RWZI Uithuizermeeden is geïllustreerd aan de hand van de figuren 19 t/m 22. Tevens wordt ook voor deze situatie het invloedsgebied van het effluent inzichtelijk gemaakt.

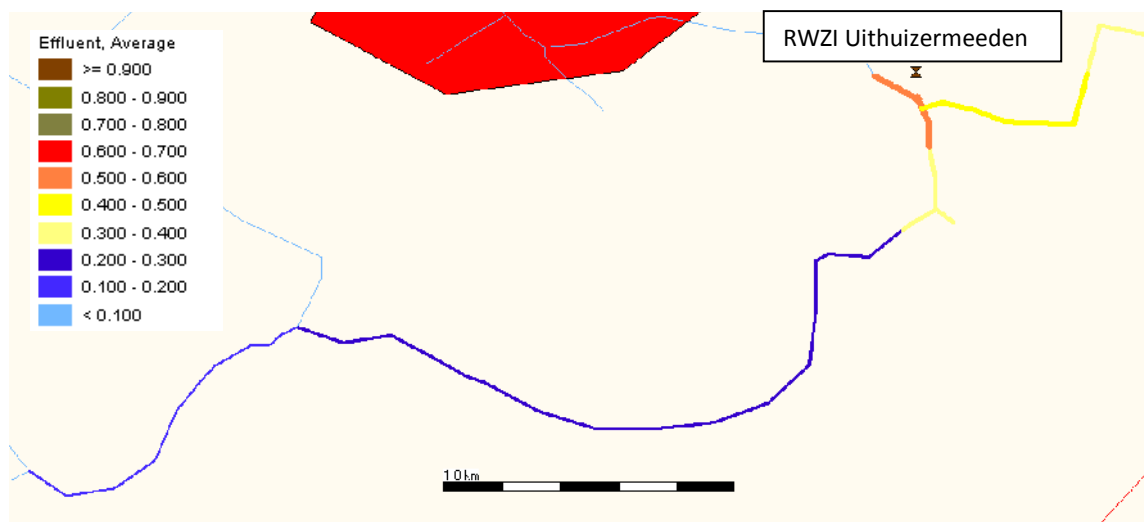
Winterperiode (1 september 2007 tot 1 april 2008)



Figuur 19 Herkomstverdeling van water voor de winterperiode (2008) (leesbare kaart bijlage 7).

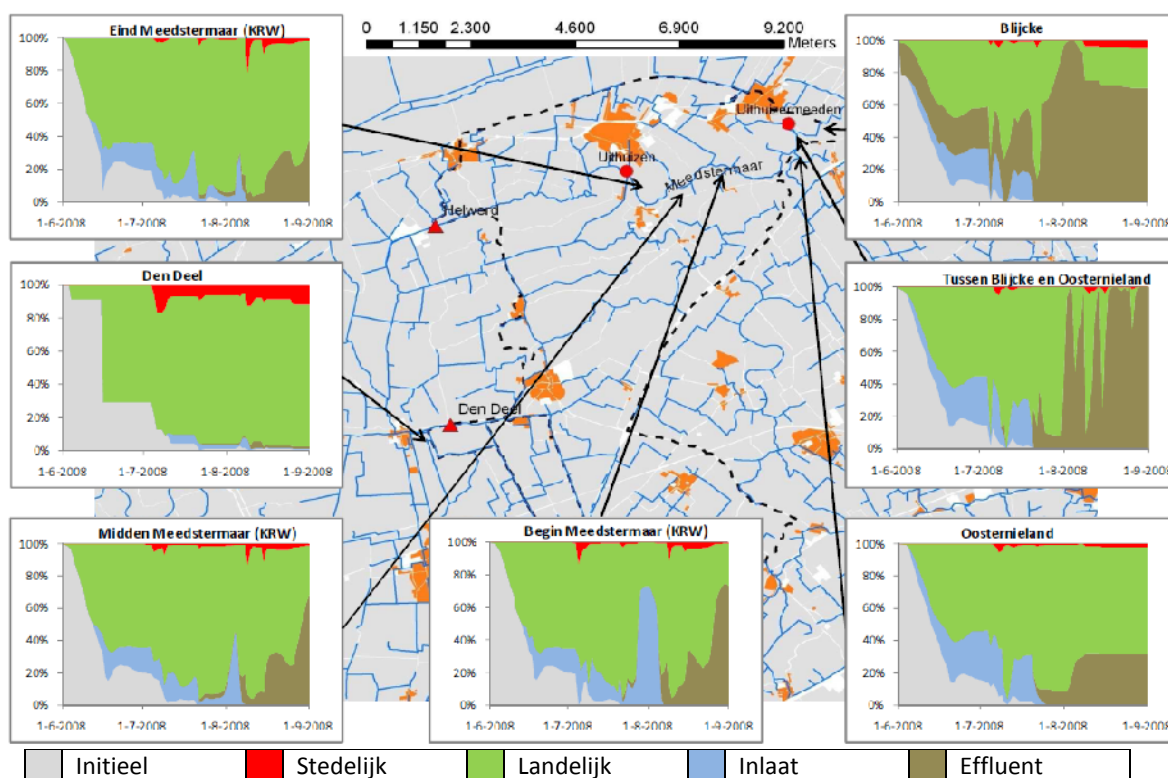
Bovenstaande figuur 19 geeft de herkomstverdeling van het water in de winterperiode weer. Het grootste verschil met de huidige situatie weergegeven in figuur 15, is dat het aandeel van het effluent tot de kruising Boterdiep met ongeveer 15% is gestegen. Dit komt doordat in de huidige situatie bijna geen effluent van RWZI Uithuizen richting de Meedstermaar stroomt. Na samenvoeging komt het effluent van RWZI Uithuizen bij Uithuizermeeden wat richting Den Deel stroomt. Hierdoor neemt het aandeel effluent in de Meedstermaar toe ten opzichte van de huidige situatie.

De invloed van de samenvoeging is duidelijk zichtbaar in de afname van het invloedsgebied weergegeven in figuur 20. Het water van de Meedstermaar bestaat voor een gemiddelde wintersituatie minimaal uit 10 % tot 20 % effluent. Daarnaast is ook op deze kaart te zien dat het aandeel effluent in de buurt van het lozingspunt van RWZI Uithuizermeeden fors is toegenomen in vergelijking met de huidige situatie (figuur 16). Het aandeel effluent voor een gemiddelde wintersituatie nabij het lozingspunt is 50 % tot 60 %.



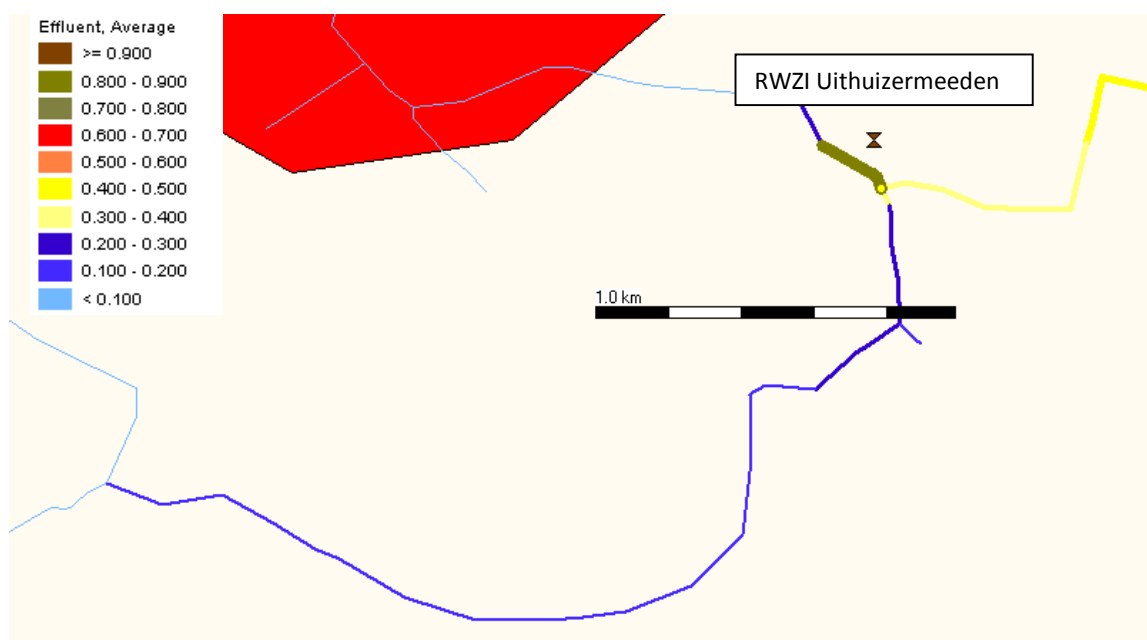
Figuur 20 Invloedsgebied effluent na samenvoeging van Uithuizermeeden met Uithuizen (wintergemiddelde 2008)

Zomerperiode(1 juni tot 1 september)



Figuur 21 Herkomstverdeling van water voor de zomerperiode (2008)(leesbare kaart bijlage 8).

Figuur 21 geeft de herkomstverdeling van water voor de zomerperiode na samenvoeging van RWZI Uithuizermeeden met RWZI Uithuizen weer. Het grootste verschil met de huidige situatie is dat in de inlaatperiode nauwelijks effluent voorkomt in het KRW deel van de Meedstermaar. Dit komt omdat de stroomrichting weer verandert ten opzichte van de winterperiode. Bijna al het effluent wordt nu weggepompt door met name gemaal Blijcke. Omdat RWZI Uithuizen in deze situatie aan RWZI Uithuizermeeden is toegevoegd komt er nog nauwelijks effluent in het KRW deel van de Meedstermaar. Wanneer de zomerperiode wordt vergeleken met de winterperiode worden een aantal verschillen waargenomen. Tijdens de inlaat periode is het aandeel effluent in de zomerperiode in het KRW deel van de Meedstermaar sterk verminderd. Deze vermindering wordt veroorzaakt door het inlaatwater. Dit inlaatwater zorgt er voor dat het effluent wordt verdrongen naar de gemalen Oosternieland en Blijcke.



Figuur 22 Invloedsgebied effluent na samenvoeging van Uithuizermeeden met Uithuizen (zomergemiddelde 2008)

In figuur 22 is eveneens als in de huidige situatie (figuur 18) zichtbaar dat de stromingsrichting verandert in de zomerperiode waarin wordt ingelaten. Omdat grote hoeveelheden effluent worden verpompt door met name Blijcke en in mindere mate door Oosternieland is het invloedsgebied in de eerste schil verkleint ten opzichte van de winterperiode. Ook is het invloedsgebied verkleint ten opzichte van de huidige situatie omdat er nu in plaats van twee puntlozingen nog een puntlozing is.

Kort samengevat kunnen de volgende conclusies worden getrokken aan de hand van de fractiesommen. Voor de winterperiode geldt dat het aandeel effluent na samenvoeging van RWZI Uithuizen met RWZI Uithuizermeeden toe neemt in de Meedstermaar. Voor zowel de huidige als de situatie na samenvoeging van beide RWZI's geldt dat de stroomrichting in de zomerperiode verandert ten opzichte van de winterperiode. In de winterperiode is deze van oost naar west en wordt het water afgevoerd door gemaal Den Deel. In de zomerperiode is de stromingsrichting omgekeerd doordat water wordt ingelaten en

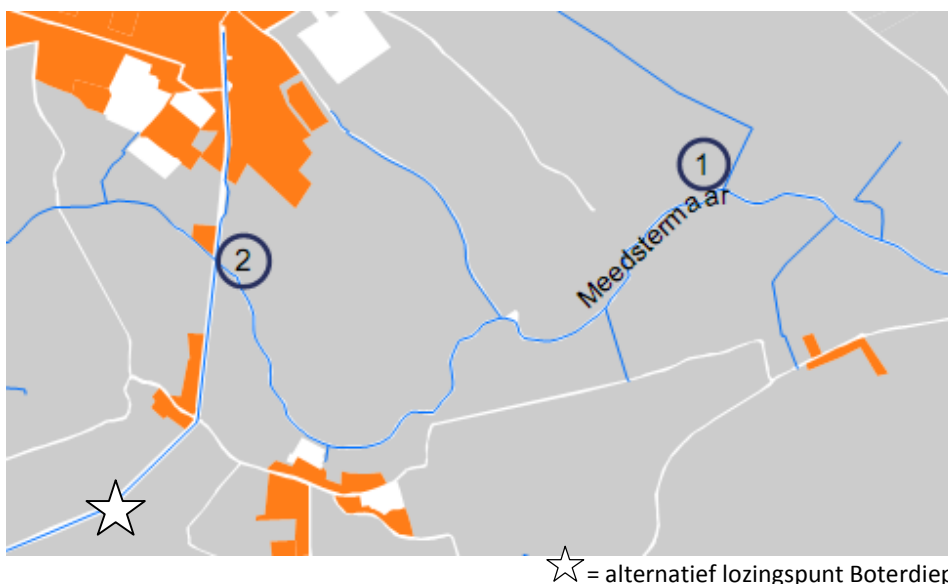
uitgemalen via Blijcke en Oosternieland. Gevolg hiervan is dat met name na samenvoeging van beide RWZI's bijna al het effluent in de zomerperiode wordt uitgemalen naar de Fivelingboezem en Spijksterpompen. Daarom bevindt zich tijdens de inlaatperiode nauwelijks effluent in het KRW deel van de Meedstermaar. Wanneer in de zomerperiode niet wordt ingelaten is de relatieve bijdrage van het effluent in de gehele Meedstermaar groter. Dit komt doordat in de zomer de effectieve neerslag kleiner is waardoor het aandeel vanuit het landelijk gebied kleiner is.

4.2. Concentraties N en P in de Meedstermaar voor verschillende scenario's

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van de waterkwaliteitsmodulatie. Voor deze waterkwaliteitsmodulatie zijn de stoffen N en P aan de bronnen toegekend en zijn vereenvoudigde kringlopen van N en P meegenomen. In hoofdstuk 3.2. "Model voor waterkwaliteit" staat de opbouw en werking van dit model beschreven.

4.2.1. Methode

Het gekalibreerde waterkwaliteitsmodel is het uitgangspunt voor de resultaten zoals deze worden beschreven. De resultaten bestaan uit grafieken van de N en P concentraties die zijn berekend met het waterkwaliteitsmodel. Waterschap Noorderzijlvest is met name geïnteresseerd in de N en P concentraties in het deel van de Meedstermaar dat onder de KRW-norm valt. Hiertoe worden de concentraties van N en P aan de uiteinden van het KRW-deel van de Meedstermaar berekend en weergegeven. In figuur 23 zijn de twee locaties weergegeven waarbij locatie 1 wordt beschouwd als het begin en locatie 2 als het eind van het KRW-deel. Uit de fractiesommen is gebleken dat het water in de winterperiode van punt 1 naar punt 2 stroomt, in de zomerperiode is de waterbeweging omgekeerd.



Figuur 23 Toetsingslocaties de Meedstermaar

In eerste instantie worden de resultaten voor de huidige situatie weergegeven. In de huidige situatie lozen zowel RWZI Uithuizen alsmede Uithuizermeeden hun effluent binnen de eerste schil. De concentraties en het debiet van het effluent staan weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 Gegevens RWZI

RWZI	N (mg/l)	P (mg/l)	Debiet (m³/s)
Uithuizen	28,67	4,13	0,026
Uithuizermeeden	5,5	0,44	0,023
Samenvoeging Uithuizen en Uithuizermeeden	13,2	1,04	0,049

Het lozen van het effluent is nogmaals als een continue debiet gemoduleerd daar waar in werkelijkheid dit debiet in de tijd fluctueert. In de resultaten worden de weergegeven grafieken van de huidige situatie nader beschreven en toegelicht.

Naast de huidige situaties worden de volgende drie scenario's uitgewerkt en met elkaar vergeleken:

- 1 Samenvoeging RWZI Uithuizen met RWZI Uithuizermeeden te Uithuizermeeden;
- 2 Lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar het Boterdiep;
- 3 Lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaats buiten de eerste schil.

Scenario 1 waarbij RWZI Uithuizen wordt opgeheven en het influent van deze RWZI wordt toegevoegd aan RWZI Uithuizermeeden moet in 2012 worden gerealiseerd. In dit scenario wordt het lozingspunt van het effluent gehanteerd zoals deze nu is van RWZI Uithuizermeeden. Het effluent na samenvoeging is berekend en staat weergegeven in tabel 6.

Voor scenario 2 wordt het lozingspunt van de samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar het Boterdiep. Dit scenario is inherent aan scenario 1 het enige verschil is dat het lozingspunt is verplaatst naar het Boterdiep. In figuur 23 is het alternatieve lozingspunt weergegeven.

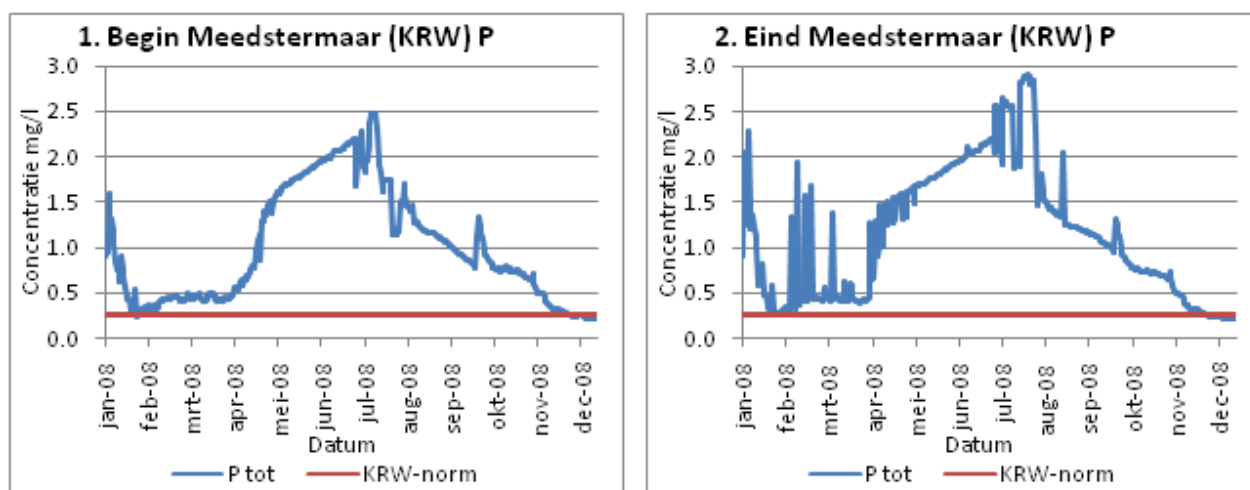
Voor scenario 3 wordt het lozingspunt van de samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar buiten de eerste schil. De exacte plaats van het lozingspunt is niet bekend en ook niet van belang voor de resultaten. Aangezien het effluent van de samengevoegde RWZI te Uithuizermeeden niet wordt geloosd binnen de eerste schil en hier naar gekeken wordt. In het model wordt het effluent geloosd op een RR-Boundary node waardoor het effluent niet in het gemoduleerde watersysteem terecht komt. Alle overige randvoorwaarden blijven gelijk aan scenario 1.

De resultaten bestaan uit grafieken waarin de N en P concentraties worden weergegeven. Voor alle grafieken geldt dat de weergegeven waarden voor de eerste maand niet representatief zijn. Het model heeft namelijk tijd nodig om in evenwicht te komen waardoor de begin waarden in de maand januari extreem hoog of dan wel laag uit kunnen vallen. In de grafieken staat ook de door het waterschap gehanteerde concept KRW-norm. Deze norm bedraagt voor N 0,25 mg/l en voor P 3,0 mg/l.

4.3.2. Resultaten

Huidige situatie

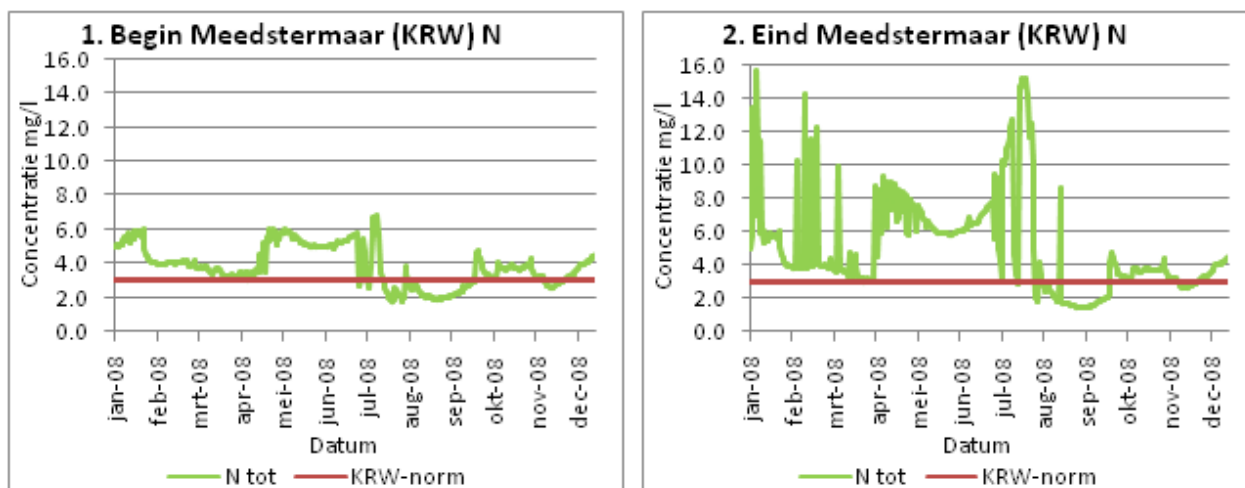
In figuur 24 is de concentratie P aan het begin en het eind van het KRW-deel van de Meedstermaar weergegeven. Uit figuur 24 blijkt dat de concentratie P in het gehele KRW-deel van de Meedstermaar wordt overschreden. Vanaf april t/m september is deze overschrijding het grootst. Dit komt door nalevering van P vanuit de waterbodem in de zomer. Bij het vergelijken van de twee grafieken in figuur 24 valt op dat het concentratie verloop aan het eind van de Meedstermaar grilliger verloopt dan aan het begin. Doordat het effluent van Uithuizen een zeer hoge concentratie P bevat stijgt de concentratie vrijwel gelijk wanneer dit de Meedstermaar (eind) instroomt. Aan het begin van de Meedstermaar stijgt de concentratie in deze periode minder omdat de afstand tot Uithuizen groter is. Uithuizermeeden heeft minder invloed op de waterkwaliteit omdat dit effluent een veel lagere concentratie P bevat. In de zomer wordt het concentratie verloop ook beïnvloed door het veranderen van de stromingsrichting, hierdoor stroomt er meer effluent van Uithuizen de Meedstermaar in.



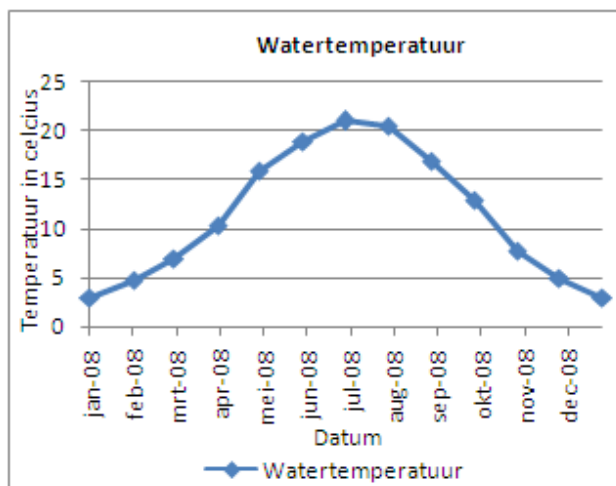
Figuur 24 Concentratie P huidige situatie

De concentratie N van de huidige situatie zijn weergegeven in figuur 25. De concentratie N overschrijdt bijna het hele jaar de KRW-norm. De concentratie N in de Meedstermaar stijgt snel in april. Dit komt door verandering van de stromingsrichting van westelijke naar oostelijke richting wat te maken heeft met de inlaatperiode (23 april t/m 1 augustus). Hierdoor komt er meer effluent van Uithuizen in de watergang. In figuur 26 is de watertemperatuur van 2008 weergegeven, hierin is te zien dat de watertemperatuur in de zomer snel stijgt, er zal dus meer denitrificatie plaatsvinden. Omdat het effluent van Uithuizen door de verandering van de stromingsrichting de Meedstermaar in stroomt is denitrificatie niet zichtbaar in figuur 25. Een ander opvallend verschijnsel is dat de concentraties vanaf augustus tot eind september onder de KRW-norm komt. Deze daling komt doordat er niet meer wordt ingelaten en het water weer van oost naar west stroomt. Ook heeft het eerder genoemde proces denitrificatie invloed op de daling van de concentratie. Uit figuur 26 blijkt dat in de maanden augustus en september het water een hoge temperatuur

heeft, er vindt dus denitrificatie plaats. Begin oktober stijgt de concentratie dit kan erop duiden dat er minder denitrificatie plaats vindt bij een watertemperatuur van ongeveer 13 graden Celsius. De concentratie N aan het eind van het KRW-deel van de Meedstermaar (figuur 25) ligt net als bij de concentratie P veel hoger in vergelijking met het begin van het KRW-deel van de Meedstermaar. Wel is de vorm van het concentratieverloop gelijk aan het begin van de Meedstermaar. RWZI Uithuizen heeft op de concentratie N aan het eind van de Meedstermaar een hele grote invloed omdat zoals eerder gezegd het lozingspunt van Uithuizen dichtbij het einde van het KRW deel van de Meedstermaar ligt. Door de hoge N concentratie die het effluent van Uithuizen bevat ligt hier de concentratie veel hoger.



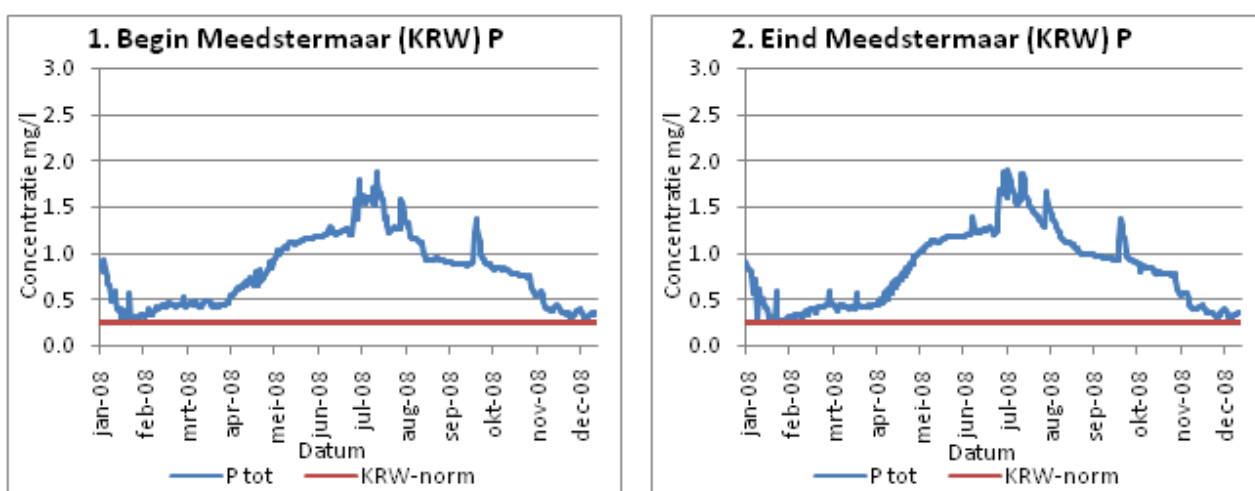
Figuur 25 Concentratie N huidige situatie



Figuur 26 Watertemperatuur

Scenario 1: Samenvoeging RWZI Uithuizen met RWZI Uithuizermeeden te Uithuizermeeden

De onderstaande figuur 27 geeft de concentratie P in het begin en eind van het KRW-deel van de Meedstermaar weer na samenvoeging van RWZI Uithuizen en Uithuizermeeden. Uit de figuur blijkt dat op beide locaties de concentratie P vrijwel het hele jaar de KRW-norm overschrijdt. Ook hier is net als bij de huidige situatie sprake van oplading (sedimentatie) van de waterbodem in de winterperiode, en nalevering van P vanuit de waterbodem in de zomer. Het verschil met de huidige situatie is dat de concentratie P aan het begin en het einde van het KRW-deel van de Meedstermaar in de zomer een stuk lager ligt. Dit komt doordat de vracht P nu een stuk lager ligt dan bij de huidige situatie. Het verschil in P vrachten van de huidige situatie en het scenario 'na samenvoeging' is weergegeven in tabel 7, de samengevoegde RWZI zal 74% minder kg P lozen ten opzichte van de huidige situatie. De samengevoegde RWZI zal beter zuiveren waardoor de totale vracht P lager is. Aan het eind van het KRW deel van de Meedstermaar is het verschil met de huidige situatie het grootst, de hoge pieken komen niet meer voor en in de zomer ligt de concentratie aanzienlijk lager. Dit komt door het wegvallen van RWZI Uithuizen, en verklaard tevens dat het effluent van RWZI Uithuizen een hoge concentratie P bevat.

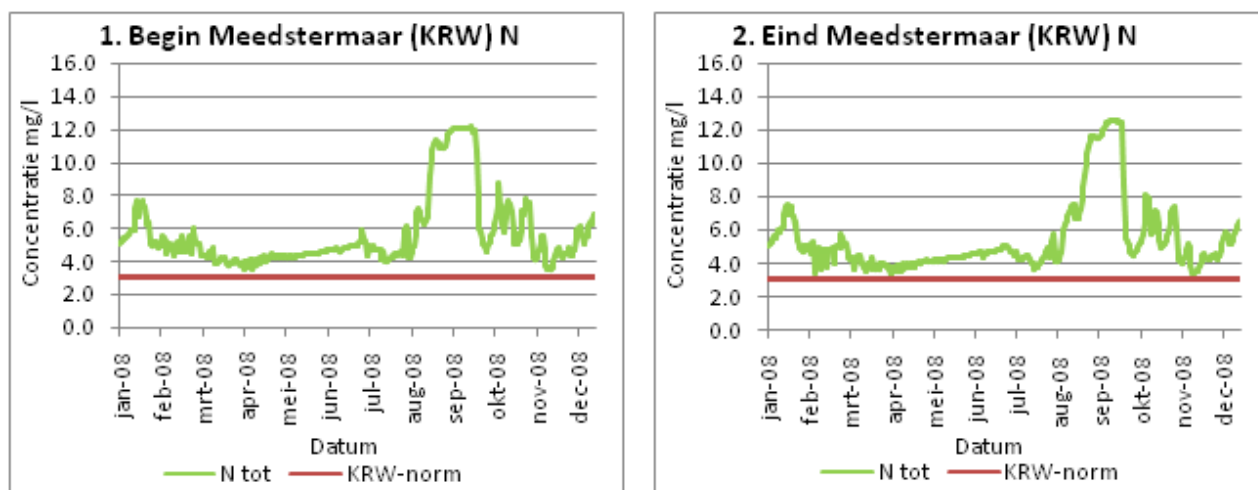


Figuur 27 Concentratie P na samenvoeging

RWZI	Debiet		Conc. N	Conc. P	Totale vracht N	Totale vracht P
	m ³ /s	m ³ /dag	mg/l	mg/l	kg/jaar	kg/jaar
Uithuizen	0.026	2246.40	28.67	4.13	23507.57	3386.34
Uithuizermeeden	0.023	1987.20	5.50	0.44	3989.30	319.14
Totaal Huidige situatie					27496.87	7375.64
Na samenvoeging	0.049	4233.60	13.20	1.04	20397.48	1607.07
				Vershil in kg	7099.38	5768.57
				Vershil in %	74	22

Tabel 7 Concentraties en vrachten RWZI's

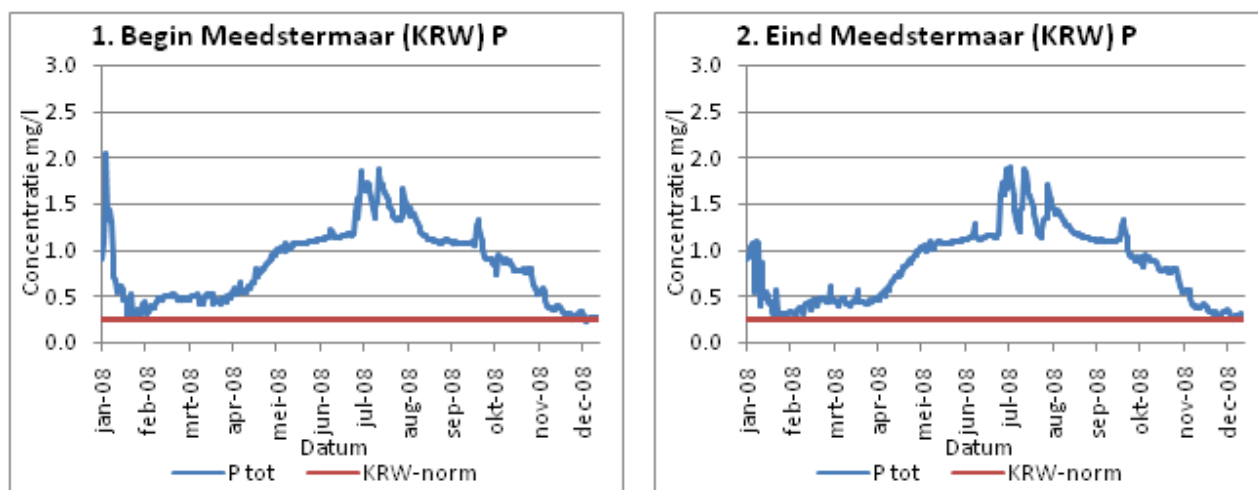
Uit de grafiek van de concentratie N (figuur 28) blijkt dat het KRW-deel van de Meedstermaar het hele jaar de KRW-norm overschrijdt. In de huidige situatie blijft de concentratie N onder de KRW-norm in de maanden augustus en september. In deze situatie is juist een sterke stijging te zien in deze maanden. De stijging na samenvoeging kan verklaard worden door naar het afwateringspatroon te kijken. In de huidige situatie ligt het lozingspunt van RWZI Uithuizen bij de kruising Meedstermaar-Boterdiep. Vanaf 1 augustus stroomt het effluent van Uithuizen richting Den Deel, Uithuizen belast in deze periode de Meedstermaar niet. Het effluent van RWZI Uithuizermeeden heeft in het scenario na samenvoeging een hogere concentratie N in vergelijking met de huidige situatie, doordat de stromingsrichting op 1 augustus veranderd richting Den Deel komt er meer N afkomstig van het effluent in de Meedstermaar.



Figuur 28 Concentratie N na samenvoeging

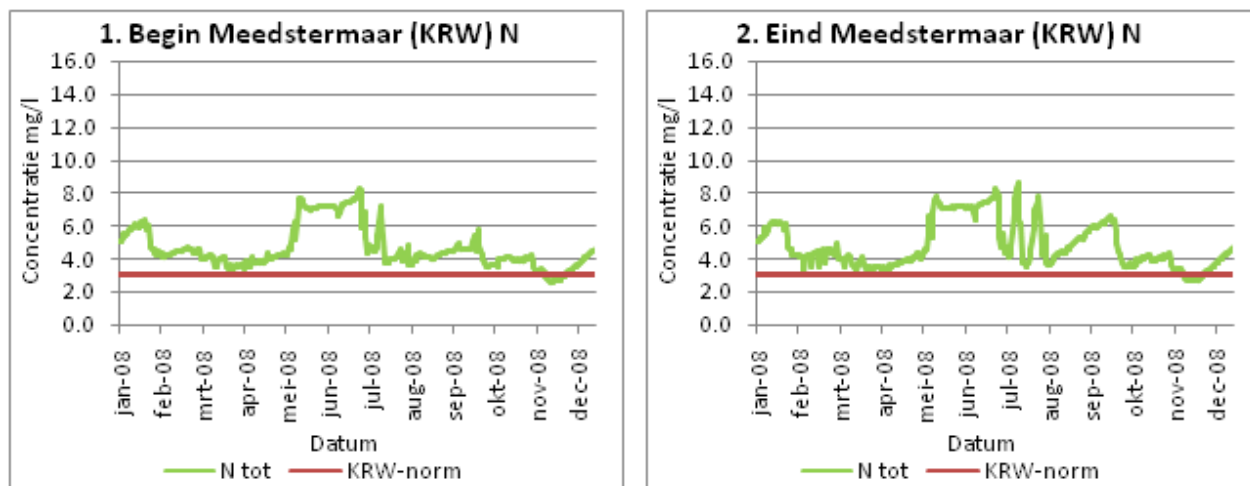
Scenario 2: Lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar het Boterdiep

In figuur 29 zijn de grafieken met de P concentraties weergegeven van het scenario waarbij het lozingspunt van de samengevoegde RWZI te Uithuizermeeden is verplaatst naar het Boterdiep. In figuur 23 is doormiddel van een ster de locatie van het alternatieve lozingspunt weergegeven. De grafieken waarin de concentratie van P is uitgezet zijn vrijwel gelijk aan de grafieken waarbij het huidige lozingspunt wordt gehanteerd. Blijkbaar heeft het verschuiven van het lozingspunt naar het Boterdiep geen directe gevolgen voor de concentratie P in het KRW-deel van de Meedstermaar. Ook nu voldoet de concentratie P niet aan de KRW-norm.

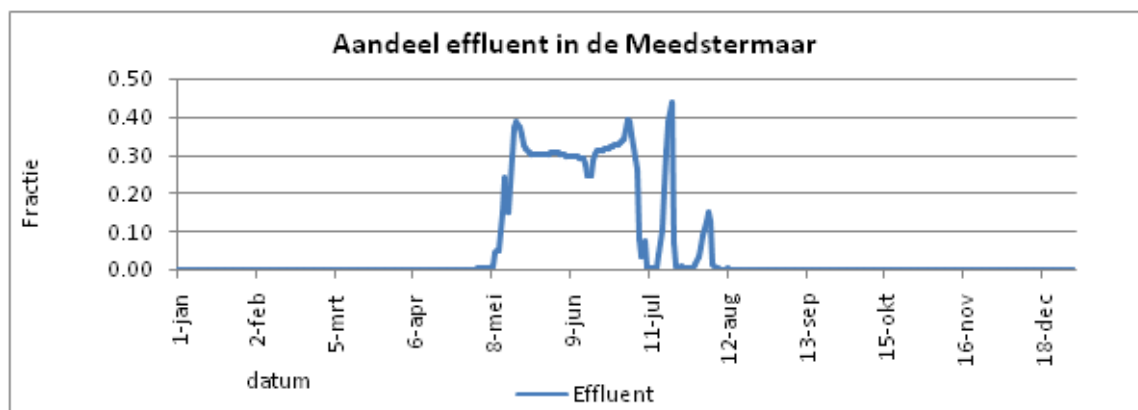


Figuur 29 Concentratie P lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar het Boterdiep.

Uit de grafieken waarin de concentratie N is uitgezet (figuur 30) blijkt dat het verplaatsen van het lozingspunt naar het Boterdiep wel een effect heeft op de concentratie N. Daar waar het huidige lozingspunt wordt gehanteerd schiet de concentratie N in augustus omhoog (figuur 30) dat gebeurt nu in mindere mate in mei tot en met juli. Te zien is dat de concentratie stijgt tot 8 mg/l en een tijd constant blijft. Deze plotselinge stijging kan verklaard worden met een fractiegrafiek van het effluent in het KRW-deel van de Meedstermaar. Deze is weergegeven in figuur 31 hierin is duidelijk zichtbaar dat de periode waarin effluent voorkomt overeenkomt met de stijging van de concentratie N. Het voorkomen van het effluent op dat tijdstip in de Meedstermaar heeft te maken met het veranderen van de stromingsrichting. Wanneer water wordt ingelaten door Den Deel stroomt het effluent in plaats van zuidelijk, richting Den Deel, noordelijk en komt een deel terecht in de Meedstermaar. De concentratie N die hoort bij dit scenario is lager ten opzichte van scenario 1 maar voldoet nog steeds niet aan de KRW-norm.



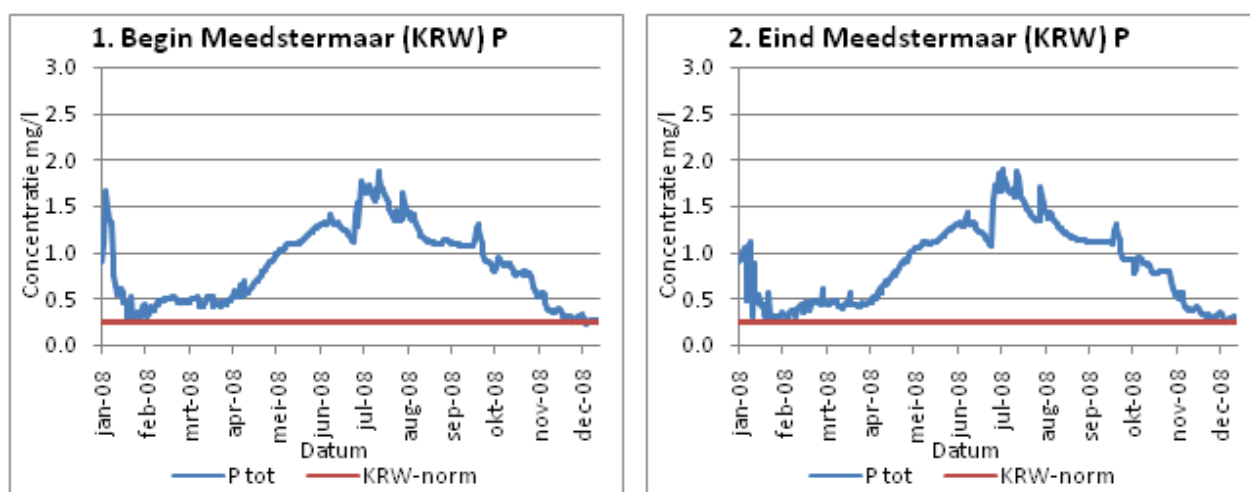
Figuur 30 Concentratie N lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaatst naar het Boterdiep



Figuur 31 Aandeel effluent in de Meedstermaar

Scenario 3: Lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaats buiten de eerste schil

In figuur 32 zijn de grafieken met de P concentraties weergegeven voor de situatie waarbij geen effluent in de eerste schil wordt geloosd. Wat opvalt is dat de grafieken geen zichtbare verschillen vertonen met de grafieken van scenario 1 en 2. Het al dan niet lozen van effluent in de eerste schil lijkt weinig tot geen effect te hebben op de concentratie P in de Meedstermaar. Dit kan verklaard worden door te kijken naar zowel de fractiesommen alsmede de concentraties P die afkomstig zijn van de landbouw en de RWZI. In tabel 8 staan de concentraties P die afkomstig zijn van zowel de landbouw en de RWZI hieruit blijkt dat deze concentraties nagenoeg gelijk zijn. Uit de fractiesommen is gebleken dat het aandeel van de landbouw vele malen groter is dan het aandeel effluent in het KRW-deel van de Meedstermaar. Het al dan niet voorkomen van effluent lijkt daarom geen invloed te hebben op de concentratie P. Daarom voldoet ook voor dit scenario de concentratie P in het KRW deel van de Meedstermaar niet aan de gestelde KRW norm.



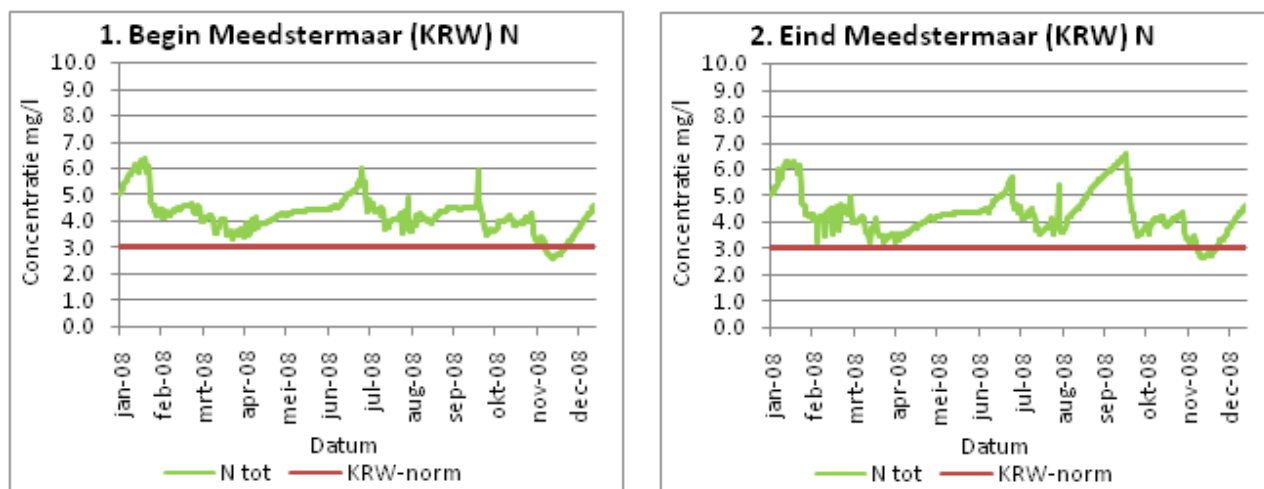
Figuur 32 Concentratie P lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaats buiten de eerste schil

Bron	N (mg/l)	P (mg/l)
RWZI	13,2	1,04
Landbouw	3,40	0,92

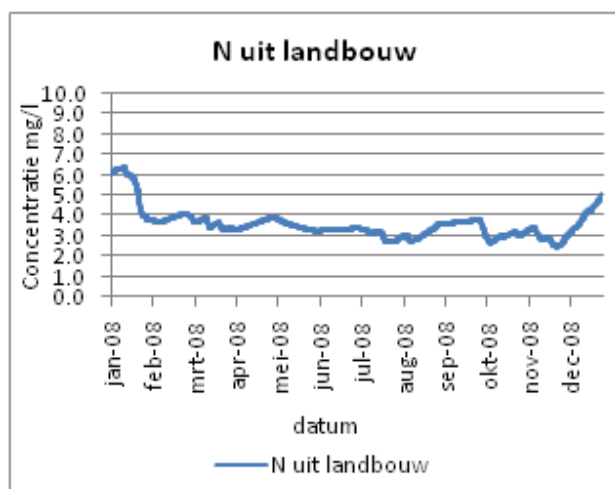
Tabel 8 Concentraties N en P afkomstig van RWZI en landbouw

Voor de concentratie N (figuur 33) geldt dat deze sterk is afgenomen ten opzichte van de andere twee scenario's waarbij wel effluent wordt geloosd in de eerste schil. Uit tabel 8 blijkt dat de concentratie N afkomstig van de RWZI vele malen groter is dan de concentratie N afkomstig van de landbouw. Hierdoor heeft het al dan niet voorkomen van effluent in de Meedstermaar wel invloed op de hoogte van de concentratie N.

In figuur 34 is een grafiek weergegeven van de concentratie N afkomstig van de landbouw. Wanneer deze grafiek wordt vergeleken met de grafieken van de concentratie N (figuur 33) in de Meedstermaar blijken deze sterke overeenkomsten te vertonen. De pieken die wel in de grafieken van figuur 33 voorkomen en niet in figuur 34 kunnen worden toegeschreven aan de riooloverstorten. Gesteld kan worden dat ook dit scenario niet voldoet aan de gestelde KRW norm voor N.



Figuur 33 Concentratie N lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaats buiten de eerste schil



Figuur 34 Concentratie N uit landbouw

4.3. Reducerende maatregelen voor de bronnen landbouw en RWZI Uithuizermeeden

Uit de vorige paragraaf is gebleken dat geen van de scenario's voldoet aan de gestelde KRW-norm. Hiertoe en in overleg met het waterschap wordt in deze paragraaf onderzocht wat het effect is van het reduceren van de emissies N en P vanuit RWZI Uithuizermeeden en/ of de landbouw op de concentratie N en P in het KRW-deel van de Meedstermaar. De reducerende maatregelen houden in dat de vrachten N en P die afkomstig zijn van het effluent en/of de landbouw worden verminderd.

4.3.1. Methode

In de emissietool zijn de vrachten N en P verminderd. Het debiet van het effluent en drainage zijn niet gereduceerd waardoor de concentraties afnemen.

Vanuit waterschap Noorderzijlvest heeft scenario 1 (waarin RWZI Uithuizen aan RWZI Uithuizermeeden wordt toegevoegd en het huidige lozingspunt wordt gehanteerd) de grootste realisatiekans. Dit scenario voldoet nog niet aan de KRW-norm. Daarom is er voor gekozen dit scenario nogmaals uit te werken met toevoeging van reducerende maatregelen. De volgende reducties zijn aan scenario 1 opgelegd en uitgewerkt:

- 1 Reduceren emissies van RWZI effluent met 30%
- 2 Reduceren emissies RWZI effluent en landbouw met 30%

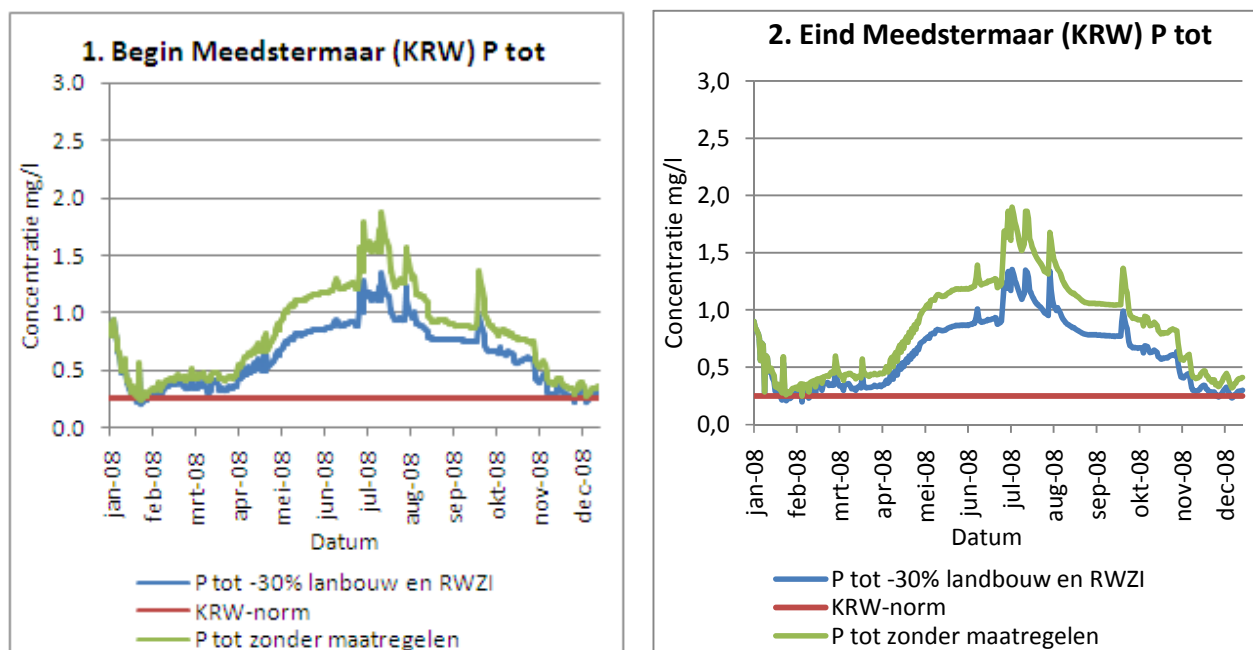
Daarnaast is er voor gekozen om ook scenario 3 (waarin het effluent buiten de eerste schil loost) reducerende maatregelen op te leggen. Er is voor dit scenario gekozen omdat dit scenario de KRW-norm in vergelijking met scenario 2 (effluent lozing Boterdiep) minder overschrijdt.

De resultaten worden weergegeven in grafieken. Hierin staan de concentraties voor N en P met en zonder reductie van 30 procent uitgezet.

4.3.2. Resultaten

Scenario 1 met reducerende maatregelen

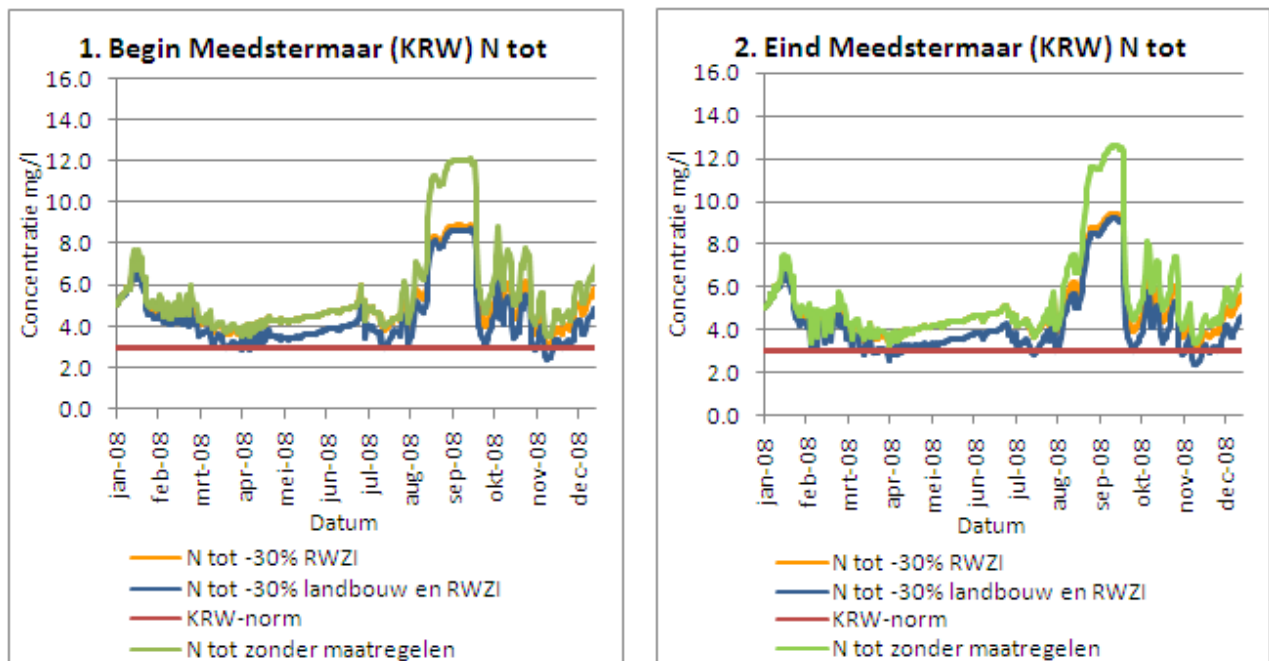
In figuur 33 geeft de groene lijn het concentratie verloop zonder reductie vanuit de landbouw en RWZI weer. De blauwe lijn geven de resultaten van het reduceren van de emissies vanuit de landbouw en het RWZI effluent weer. Het alleen reduceren van P vanuit RWZI effluent met 30% is buiten beschouwing gelaten omdat deze reductie geen effect heeft op het concentratie verloop P. Uit figuur 33 blijkt dat in de periode april tot en met november de concentratie P in het KRW-deel van de Meedstermaar tot maximaal 0,4 mg/l afneemt wanneer de P uit de landbouw en het RWZI effluent met 30 procent wordt gereduceerd. Ook na het reduceren van de concentratie P van de landbouw en de RWZI blijkt dat de concentratie P het hele jaar boven de KRW-norm ligt.



Figuur 25 P tot reductie -30% na samenvoeging

In figuur 34 wordt de concentratie N in de Meedstermaar(KRW-deel) afgebeeld. De groene lijn geeft de concentratie N zonder reductie weer. De resultaten na het reduceren van de N uit het RWZI effluent met 30% worden gepresenteerd door de oranje lijn. De blauwe lijn presenteert de resultaten na het reduceren van de N uit de landbouw en het RWZI effluent. Opvallend bij de reductie van het effluent is dat er tot augustus geen verandering in de concentratie N zichtbaar is, wel is de piek in de periode augustus tot oktober met $\pm 2,5$ mg/l afgenomen. Het afnemen van de piek duidt erop dat het effluent een grote invloed heeft op de waterkwaliteit in deze periode. Uit de fractiesommen (bijlage 8) blijkt ook dat het aandeel volume water vanuit de samengevoegde RWZI hier groot is. Bij het reduceren van de N uit de landbouw en de RWZI (blauwe lijn) zijn de resultaten het meest gunstig. Tot de maand augustus is een daling van de

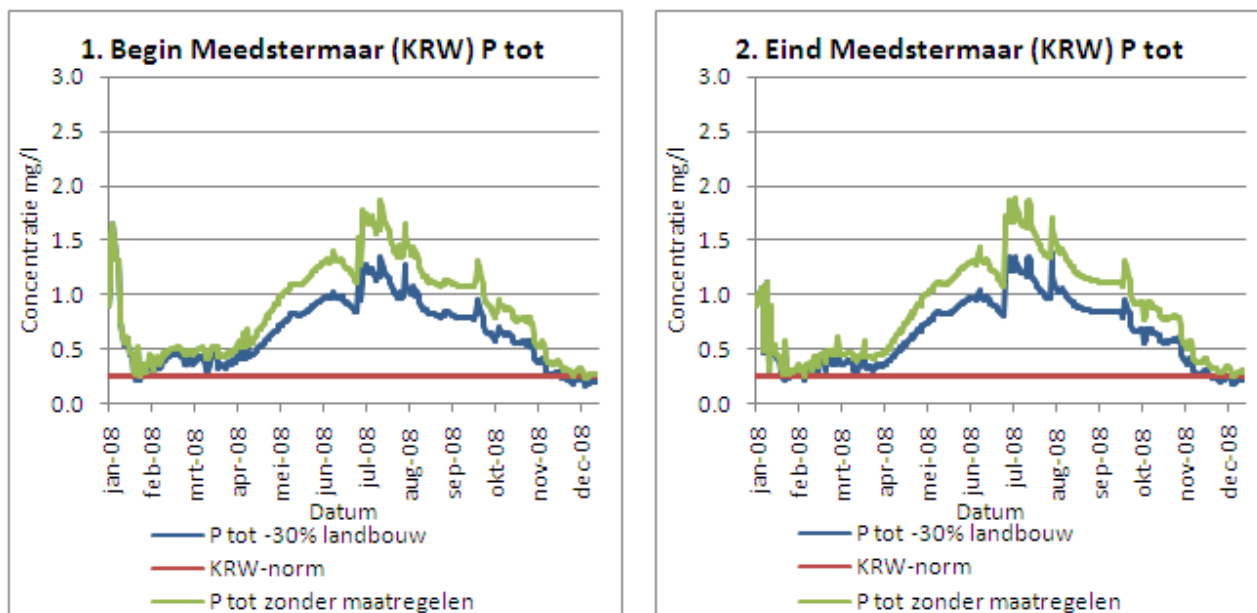
concentratie N met $\pm 0,5$ mg/l zichtbaar. In de maand augustus tot oktober is de concentratie met $\pm 2,5$ mg/l afgenomen, het verschil met het reduceren van alleen het effluent is erg klein. Het reduceren van de concentratie N uit het RWZI effluent en/of de landbouw blijkt niet voldoende te zijn om aan de KRW-norm te voldoen.



Figuur 26 N tot reductie -30% na samenvoeging

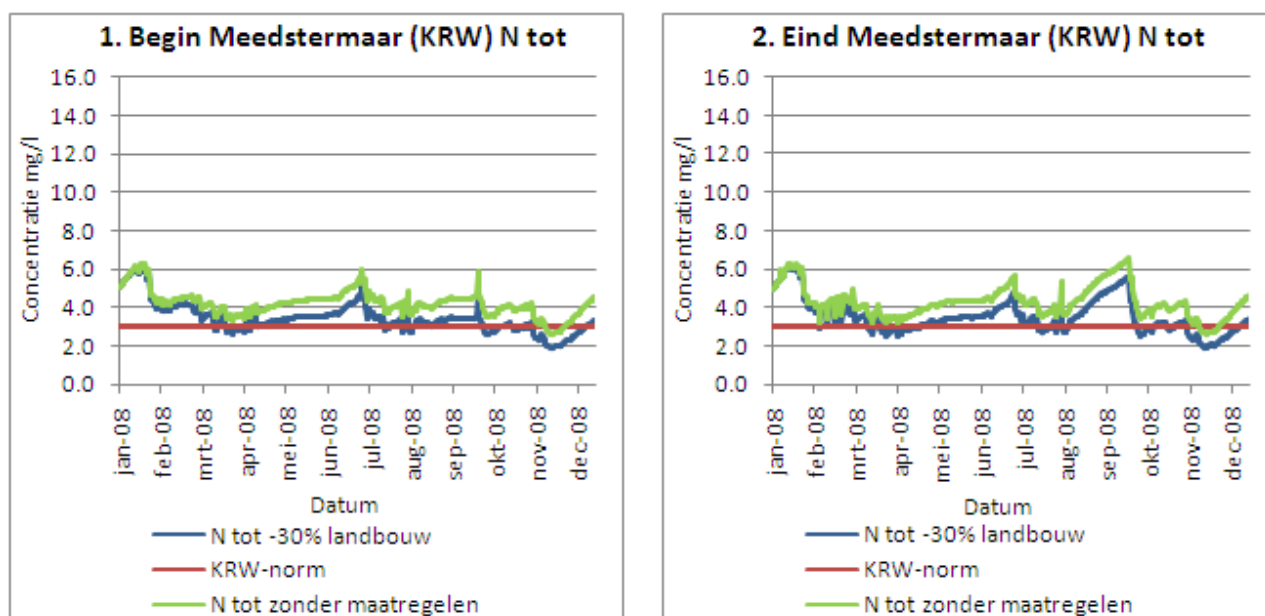
Scenario 2 met reducerende maatregelen

In figuur 35 geeft de blauwe lijn de concentraties P weer voor de situatie waarbij het effluent buiten de eerste schil wordt geloosd en de P belasting vanuit de landbouw met 30 procent is verminderd. De groene lijn geeft de situatie weer waarbij wel het effluent buiten de eerste schil loost maar de landbouw niet is gereduceerd. Uit de grafieken blijkt dat in de periode van mei t/m oktober de concentratie P in het KRW-deel van de Meedstermaar met ongeveer 0,4 mg/l afneemt wanneer de P uit de landbouw met 30 procent wordt gereduceerd. Ook blijkt hieruit dat met reductie van 30 procent vanuit de landbouw de KRW-norm voor P niet wordt gehaald. In juli is deze overschrijding het grootst en zit de concentratie P 1 mg/l boven de norm.



Figuur 27 P tot reductie -30% buiten eerste schil

Voor N zijn twee soortgelijke grafieken opgesteld (figuur 36). Hiervoor geldt dat de reductie vanuit de landbouw de N concentratie met ongeveer 1 mg/l laat verlagen. Op een aantal pieken na voldoet de concentratie N met 30 procent reductie vanuit de landbouw nu aan de gestelde KRW-norm. De pieken die zorgen voor de overschrijding kunnen waarschijnlijk worden toegeschreven aan riooloverstorten. Wanneer gekeken wordt naar de fractiegrafieken blijken de pieken overeen te komen met de pieken vanuit het stedelijk gebied.



Figuur 28 N tot reductie -30% buiten eerste schil

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden tot slot een aantal conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan voor nader onderzoek.

5.1 Conclusies

In het kader van het samenvoegen van RWZI Uithuizen met Uithuizermeeden te Uithuizermeeden, zijn de volgende zaken onderzocht:

1. Het huidige (situatie 2008) aandeel (kwantitatief en kwalitatief) van het effluent van RWZI Uithuizen en RWZI Uithuizermeeden in de boezem en de Meedstermaar;
2. Het aandeel van het effluent van RWZI Uithuizermeeden na samenvoeging met RWZI Uithuizen in de Meedstermaar zonder aanvullende maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van het effluent;
3. Het effect van alternatieve lozingspunten op de waterkwaliteit van het KRW-deel van de Meedstermaar;
4. De mate waarin de bronnen landbouw en de samen te voegen RWZI Uithuizermeeden verantwoordelijk zijn voor de aanwezigheid N en P in het KRW-deel van de Meedstermaar;
5. Het effect van het reduceren van de concentraties N en P uit de landbouw en/of RWZI Uithuizermeeden.

Ad 1) Het aandeel effluent van beide RWZI's is in zomer (1 juni tot 1 september) en winter (1 september tot 1 april) verschillend.

Kwantitatief winter: In de winter stroomt het water richting schilgemaal Den Deel. RWZI Uithuizermeeden is bij deze stromingsrichting vooral verantwoordelijk voor het aanwezige effluent in de Meedstermaar. Het aandeel effluent in het KRW-deel van de Meedstermaar bedraagt 5-10%. Tussen de gemalen Blijcke en Oosternieland is het aandeel effluent 10-80%.

Kwantitatief zomer: In de zomer wordt water ingelaten en stroomt het water naar de gemalen Blijcke en Oosternieland waar het wordt uitgemalen. Bijna al het effluent afkomstig van Uithuizermeeden wordt nu uitgedompt naar de Fivelingoboezem en Spijksterpompen. RWZI Uithuizen is met name verantwoordelijk voor het belasten van het KRW-deel van de Meedstermaar. Het aandeel effluent in dit deel is ongeveer 20%.

Kwalitatief P: In de Meedstermaar wordt de KRW-norm van 0,25 mg/l P het hele jaar overschreden. In de zomerperiode is door nalevering vanuit sediment de concentratie het grootst en stijgt deze tot 2,75 mg/l in het KRW-deel van de Meedstermaar. Het effluent van RWZI Uithuizen bevat gemiddeld 4,13 mg/l P. Het effluent van RWZI Uithuizermeeden bevat gemiddeld 0,44 mg/l P. Het gemiddelde debiet van beide RWZI's is nagenoeg gelijk waardoor RWZI Uithuizen een negen maal grotere invloed heeft op de concentratie P dan Uithuizermeeden.

Kwaliteit N: In de maanden augustus en september voldoet het KRW-deel van de Meedstermaar aan de KRW-norm van 3,0 mg/l N. De overige 10 maanden voldoet dit deel niet aan de gestelde KRW-norm. De overschrijding is het grootst in de maanden waarin water wordt ingelaten (april tot augustus). Door

verandering van stromingsrichting heeft RWZI Uithuizen (effluent 28,67 mg/l N) een groot aandeel in de aanwezige N. de overschrijding in deze maanden is maximaal 17 mg/l.

Ad 2) Kwantitatief winter: Het aandeel effluent neemt na samenvoeging van RWZI Uithuizen met RWZI Uithuizermeeden in de Meedstermaar toe met ongeveer 10% ten opzichte van de huidige situatie.

Kwantitatief zomer: In de periode waarin wordt ingelaten bevindt zich geen effluent in het KRW-deel van de Meedstermaar. Bijna al het effluent wordt door de gemalen Blijcke en Oosternieland uit de eerste schil gemalen. Wanneer het inlaten stopt neemt het aandeel effluent in het KRW-deel van de Meedstermaar toe tot maximaal 80%. In de zomer neemt het aandeel van drainage af waardoor het aandeel effluent toeneemt.

Kwaliteit P: In de Meedstermaar wordt de KRW-norm van 0,25 mg/l P het hele jaar overschreden. De concentratie in het KRW-deel van de Meedstermaar is maximaal 1,9 mg/l P. De concentratie daalt met ongeveer 0,5 mg/l aan het begin en met ongeveer 1,0 mg/l aan het eind van het KRW-deel ten opzichte van de huidige situatie.

Kwaliteit N: In de Meedstermaar wordt de KRW-norm van 3,0 mg/l N het hele jaar overschreden. De overschrijding is het grootst in de maanden augustus en september. De concentratie is dan gemiddeld 12 mg/l N. De maximale overschrijding daalt met 5 mg/l ten opzichte van de huidige situatie. Doordat RWZI Uithuizen wegvalt is de vermindering van de concentratie N het meest zichtbaar aan het eind van de Meedstermaar.

Ad 3) Er zijn twee alternatieve lozingspunten doorgerekend voor de samen te voegen RWZI te Uithuizermeeden. De alternatieve lozingspunten zijn vergeleken met de situatie waarbij het huidige lozingspunt wordt gehanteerd.

Lozingspunt verplaatst naar het Boterdiep.

De concentratie P blijft in dit scenario gelijk en voldoet niet aan de KRW-norm. De stikstofconcentratie daalt maar voldoet nog steeds niet aan de KRW-norm. De concentratie daalt in de winterperiode met ongeveer 1 mg/l N. In de maand augustus tot en met september is de piek van 12 mg/l N niet meer zichtbaar. In de zomer periode is echter door het veranderen van de stromingsrichting de concentratie N gestegen naar maximaal 8 mg/l N.

Lozingspunt verplaats buiten de eerste schil.

De concentratie P blijft ook in dit scenario nagenoeg gelijk en voldoet niet aan de KRW-norm. De concentratie N daalt wel maar voldoet niet aan de KRW-norm. In de zomer periode komen enkel nog hoge pieken voor afkomstig van riooloverstorten. De maximale concentratie N in het KRW-deel van de Meedstermaar bedraagt 6,5 mg/l N.

Ad 4) In het scenario, waarin het effluent buiten de eerste schil wordt geloosd, blijft de concentratie P nagenoeg gelijk. Hieruit blijkt dat RWZI Uithuizermeeden een verwaarloosbare invloed uitoefent op de concentratie P in het KRW-deel van de Meedstermaar. Wanneer het effluent wel binnen de eerste schil loost is de concentratie nagenoeg gelijk aan de concentratie afkomstig van de landbouw (effluent 1,04 mg/l P en landbouw 0,92 mg/l). Het aandeel van de landbouw op het totale volume water is daarentegen vele male groter. De concentratie N neemt met maximaal 1,5 mg/l N af wanneer het effluent (13,2 mg/l N) buiten de

eerste schil wordt geloosd. De landbouw belast het KRW-deel van de Meedstermaar met gemiddeld 3,4 mg/l N en maximaal 5,0 mg/l N.

Ad 5) De volgende scenario's zijn bestudeerd met betrekking tot het reduceren van de concentraties N en P:

Samenvoeging RWZI Uithuizen met RWZI Uithuizermeeden te Uithuizermeeden.

Reductie van de concentratie P van 30% in het effluent heeft geen invloed op de concentratie P in het KRW-deel van de Meedstermaar. Reductie van de concentratie N van 30% heeft alleen effect in de zomer. Het reduceren van de concentratie N zorgt in de maanden augustus en september voor een daling van 12 mg/l N naar 9 mg/l N. De concentraties N en P voldoen na reductie vanuit het effluent niet aan de KRW-norm. Reductie van de concentraties N en P met 30% vanuit zowel de landbouw alsmede het effluent heeft een groot effect. De concentratie P daalt in de zomer van ongeveer 0,25 mg/l. De concentratie N ligt het hele jaar ongeveer 1 mg/l N lager, in de maanden augustus en september daalt de concentratie met ongeveer 3 mg/l N. De concentraties N en P voldoen ook na het reduceren van de landbouw en het effluent niet aan de KRW-norm.

Lozingspunt samengevoegde RWZI Uithuizermeeden verplaats buiten de eerste schil.

Reductie van de concentraties N en P met 30% vanuit de landbouw heeft voor beide concentraties een groot effect. De concentratie P daalt met 0,4 mg/l en de concentratie N met ongeveer 1 mg/l. Echter voldoen beide concentraties nog niet aan de KRW-norm. De concentratie P overschrijdt in juli de KRW-norm maximaal met ongeveer 1 mg/l P. De KRW-norm voor de concentratie N wordt overschreden met maximaal 2,5 mg/l N. Deze worden met name veroorzaakt door riooloverstorten.

Geen van de hierboven genoemde scenario's zorgt ervoor dat het KRW-deel van de Meedstermaar gaat voldoen aan de KRW-norm. Het samenvoegen van RWZI Uithuizen met Uithuizermeeden heeft wel een zichtbare daling van de concentraties N en P in het KRW-deel van de Meedstermaar tot gevolg. Het verplaatsen van het lozingspunt buiten de eerste schil laat de concentratie N het sterkst dalen maar voldoet niet aan de KRW-norm. Ook reductie van de concentraties N en P met 30% vanuit de landbouw en RWZI zorgen er niet voor dat de Meedstermaar aan de KRW-norm voldoet.

5.2 Aanbevelingen

Uit het onderzoek zijn enkele concrete aanbevelingen voor nader onderzoek naar voren gekomen. Deze aanbevelingen zijn hieronder aangegeven.

Verder onderzoek is nodig om vast te stellen of reductie van P uit de landbouw met meer dan 30% ervoor kan zorgen dat de Meedstermaar aan de KRW-norm gaat voldoen. Men moet zich hierbij afvragen welke reductie eisen voor de landbouw maximaal haalbaar zijn.

In de zomerperiode vindt veel nalevering van P vanuit de waterbodem plaatst. Dit kan door baggeren terug gedrongen worden, maar de effectiviteit van deze maatregel is in dit onderzoek niet meegenomen.

Wanneer het lozingspunt buiten de eerste schil wordt verplaatst en de concentratie N vanuit de landbouw met 30% afneemt voldoet de Meedstermaar nog niet aan de KRW-norm. Verder onderzoek is nodig naar de additionele waarde van het reduceren van riooloverstorten op de concentratie N. Daarnaast is onderzoek nodig naar de haalbaarheid van een reductie van N met 30% vanuit de landbouw.

Bij het opstellen van het waterkwantiteitmodel zijn voor een aantal dwarsprofielen in de Meedstermaar aannames gedaan. Belangrijk is om in de toekomst meetgegevens te blijven verzamelen ter vorming en verbetering van huidige en toekomstige modellen.

Literatuurlijst

Alterra. (2003). *Modelinstrumentarium ecologische oppervlaktewaterkwaliteit*. Wageningen: Alterra.

Bosch, S. (2010, april 17). *De Emissietool voor Sobek*. Opgeroepen op april 19, 2010, van Hydroconsult: <http://www.hydroconsult.nl>

de Boer, A., & Wester, H. (2007). *Modelleren van water over straat*. Deventer: Tauw.

De Zeeuw, M., & Baas, K. (2008). *Verwijdering van fosfaat en stikstof door rioolwaterzuiveringsinstallaties*. Den Haag: CBS.

Grit, R. (2003). *Project Management*. Groningen: Wolters Noordhoff.

Hydroconsult, S. B. (2010). *Rekenen aan oppervlaktewater (verdieping)*. Den Haag: Siebe Bosch.

KCwaterbodem. (2009, 1 1). *Eutrofe waterbodems*. Opgeroepen op 6 4, 2010, van KCwaterbodem: www.kcwaterbodem.nl

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (2008, januari 1). *Klimatologie*. Opgeroepen op maart 15, 2010, van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: <http://www.knmi.nl>

Schoumans, O., Groenendijk, P., Renaud, L., & van der Bolt, F. (2008). *nutrientenbelasting van het oppervlaktewater*. Wageningen: Alterra.

Waterschap Noorderzijlvest. (2008a). *Europese Kaderrichtlijn Water (Waterlichaam Maren Reitdiep)*. Groningen: Waterschap Noorderzijlvest.

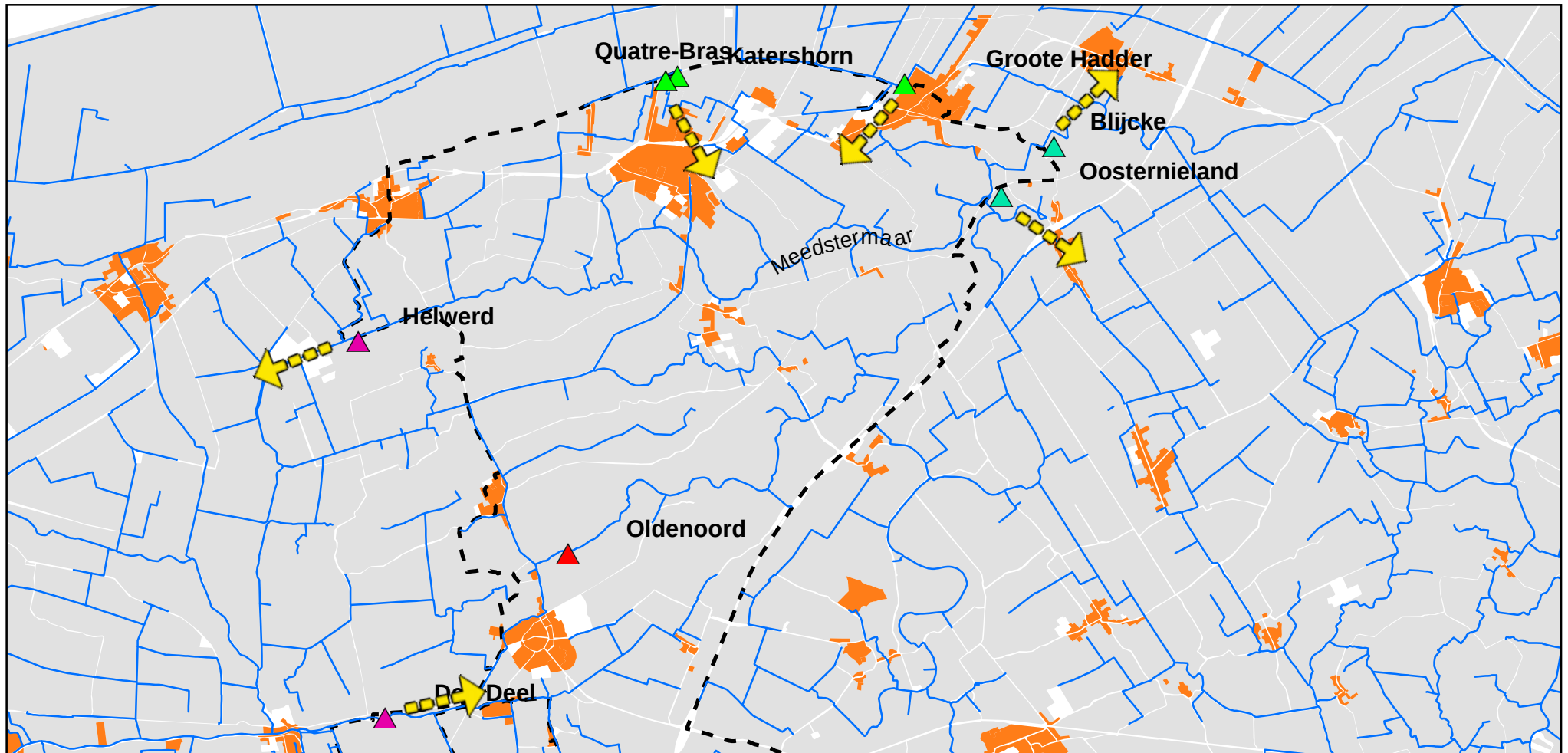
Waterschap Noorderzijlvest. (2010). *Waterbeheerplan 2010-2015*. Groningen: Waterschap Noorderzijlvest.

Waterschap Noorderzijlvest. (2008b). *Emissiebeheersplan 2008-2012*. Groningen: Waterschap Noorderzijlvest.

Bijlage 1:

Water aan- en afvoerkaart zomer

Water aan- en afvoerkaart zomer



Legenda

- | | |
|---|--|
|  Inlaatgemaal |  hoofdwatergangen |
|  Onderbemaling |  Woongebied |
|  Opvoergemaal | |
|  Schilgemaal | |

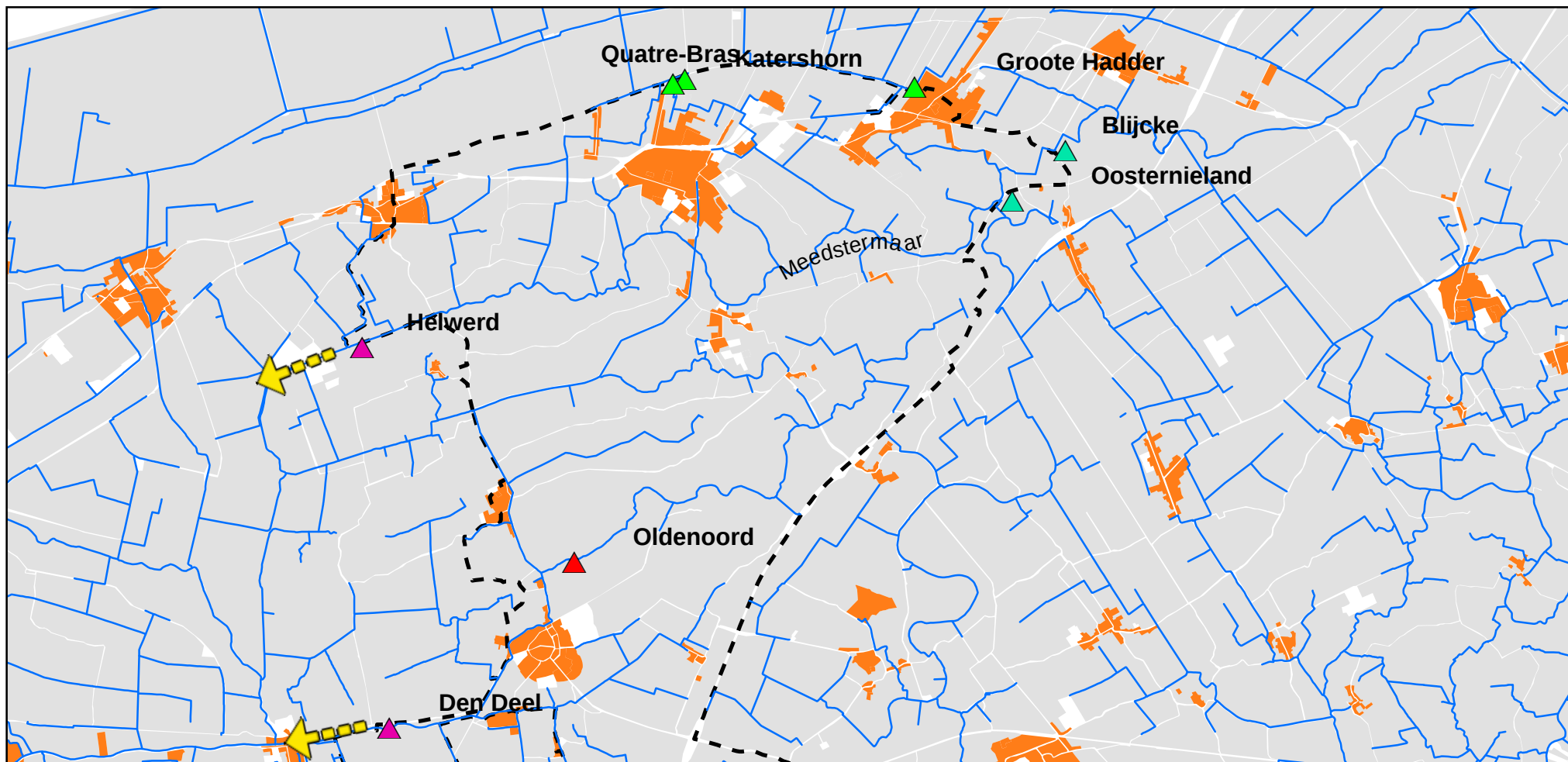
0 850 1.700 3.400 5.100 6.800 Meters



Bijlage 2:

Water aan- en afvoerkaart winter

Water aan- en afvoerkaart winter



Legenda

- | | | | |
|---|---------------|---|-------------------|
|  | Inlaatgemaal |  | hoofdwatervanngen |
|  | Onderbemaling |  | Woongebied |
|  | Opvoergemaal | | |
|  | Schilgemaal | | |

0 850 1.700 3.400 5.100 6.800 Meters



Bijlage 3:

Saint-Venant vergelijkingen

Saint-Venant vergelijkingen

$$\frac{\delta A_r}{\delta t} + \frac{\delta Q}{\delta x} = q_{lat} \quad \text{Continuïteit vergelijking}$$

waarin:

- A_f Doorstroemd oppervlak (m^2)
- t Tijd (m)
- Q Afvoer (m^3/s)
- x Afstand (m)
- q_{lat} Laterale toevoer per eenheid van lengte (m^2/s)

$$\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{Q^2}{A_f} \right) + g \cdot A_f \cdot \frac{\delta h}{\delta x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 R A_f} - W_f \cdot \frac{\tau_{wi}}{\rho_w} = 0 \quad \text{Momentum vergelijking}$$

waarin:

- Q Afvoer (m^3/s)
- t Tijd (m)
- x Afstand (m)
- A_f Doorstroemd oppervlak (m^2)
- g Versnelling van de zwaartekracht ($m/s^2 = 9,81$)
- h Waterpeil (m) (ten opzichte van referentie niveau)
- C Chézy coëfficiënt ($m^{1/2}/s$)
- R Hydraulische straal (m)
- W_f Doorstromende breedte (m)
- τ_{wi} Windkracht (N/m^2)
- ρ_w Dichtheid van de vloeistof (kg/m^3) (voor water normaal 1000)

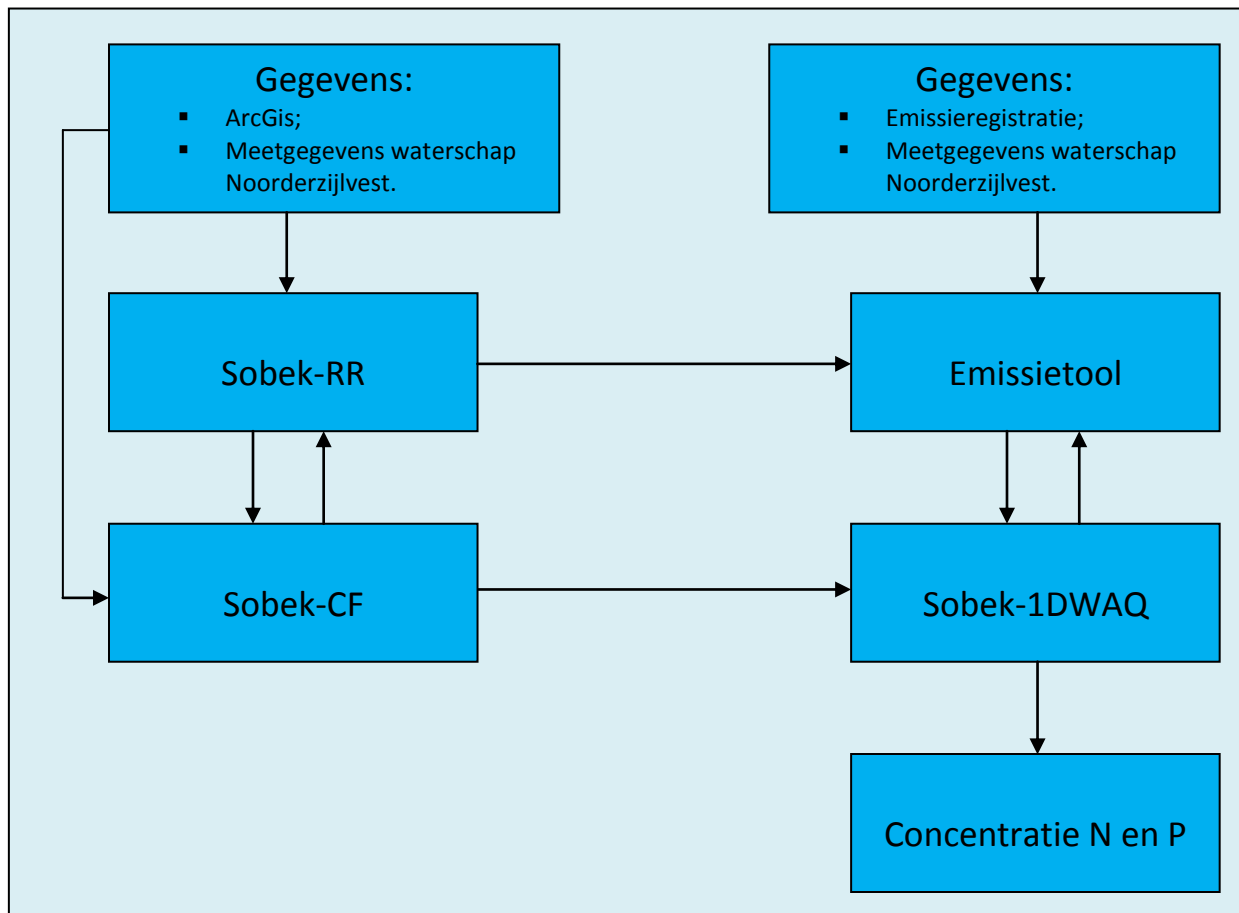
Dit rekenschema is gebaseerd op een rekenrooster waarbij afwisselend waterstanden en afvoeren worden berekend. Het systeem van vergelijkingen wordt efficiënt opgelost door een algoritme op basis van netwerk structuur herkenning. Hiermee neemt de rekentijd voor simulaties van stroming in netwerken in veel gevallen slechts lineair toe met een toenemende grootte van het stelsel. Dit stelt de gebruiker in staat om vele duizenden takken in het netwerk op te nemen. De efficiency wordt vergroot door toepassing van een zelf te selecteren tijdstap.

Bijlage 4:

Modelleerprocedure

Inleiding

In figuur 1 zijn de stappen die zijn gevolgd bij het modelleren schematisch weergegeven.



Figuur 1 Modelleerprocedure

De relaties tussen de verschillende stappen worden hieronder kort weergegeven:

Sobek-RR: Het Sobek-RR model is geschematiseerd aan de hand van gegevens van ArcGis en het waterschap zoals o.a. bodemgebruiktype, AHN, kwelintensiteit, lozingsdebieten en oppervlakte van verhard en onverhard gebied. De uitlaten in de RR-module worden gevoed met het debiet berekend in de CF-module.

Sobek-CF: Het Sobek-CF model is geschematiseerd aan de hand van gegevens van ArcGis en het waterschap zoals o.a. ingemeten dwarsprofielen en gegevens van kunstwerken. De CF-module ontvangt drainage debieten, oppervlakkige afstroming en overstorten van het stedelijk gebied van de RR-module.

Emissietool: De input voor de emissietool is afkomstig van emissieregistratie en van de ingeladen gegevens uit de RR-module. Tevens is er voor gekozen om uit de 1DWAQ-module de stoffenconcentraties van

inlaatwater in de emissietool te laden. Voor RWZI's Uithuizen en Uithuizermeeden is een constante concentratie opgelegd.

Sobek-1DWAQ: Sobek-1DWAQ hangt aan de uit de CF-module berekende debieten een stoffenconcentratie die berekend is door de emissietool. Na het doorrekenen van deze module kan nu per locatie en tijdstap de concentratie van een bepaalde stof worden weergegeven.

Modelleerstappen

Stap 1 Waterkwantiteitmodel

Hydrologie en hydraulica zijn de basis voor het maken van een waterkwaliteitanalyse. De waterkwaliteit wordt uiteindelijk bepaald door de herkomst van het water en hoe het water vervolgens door het systeem stroomt. Daarom is in dit onderzoek begonnen met het schematiseren van een waterkwantiteitmodel met een gekoppelde Rainfall-Runoff- en Channel-Flow Sobek-module. Hiermee kan de neerslagafvoer en het verhard- en onverhard oppervlak (RR) en de waterstroming (CF) worden gesimuleerd.

Stap 2 Schematiseren waterkwantiteitmodel

De stappen die zijn doorlopen om het waterkwantiteitmodel in de RR- en CF-module op te bouwen worden hier in chronologische volgorde beschreven.

- a. **Schematiseren watergangen:** De watergangen zijn vanuit een ArcGis-layer in Sobek geschematiseerd. Hierbij zijn alleen de hoofdwatergangen in het model opgenomen;
- b. **Toevoegen dwarsprofielen:** Aan de watergangen zijn dwarsprofielen toegekend. De afmetingen en diepte van de dwarsprofielen zijn afkomstig van waterschap Noorderzijlvest. Aan het model zijn de ingemeten profielen bij een situatie van voor het baggeren opgelegd, aangezien er al een aantal jaar niet gebaggerd is in de meeste watergangen;
- c. **Toevoegen paved- en unpaved nodes:** Om het verhard oppervlak, zoals daken en wegen en het onverharde oppervlak zoals grasland te schematiseren zijn paved en unpaved nodes aan het model toegevoegd. Deze RR nodes voeren hun water af op de watergangen die in de CF module zijn gemoduleerd. Er is voor gekozen om in ArcGis de peilgebiedenkaart aan de hand van de afwateringskaart te verfijnen. En aan elk ontstaand gebied een paved- en unpaved node toe te kennen. Peilgebieden die op verschillende hoofdwatergangen afvoeren zijn hiertoe opgedeeld in twee of meerdere verschillende gebieden. Deze verfijning is gemaakt om op een gelijk detailniveau te komen met de gemoduleerde watergangen. Na opdeling van de peilgebieden zijn 23 afzonderlijke gebieden ontstaan die ieder een paved en unpaved node hebben gekregen;
- d. **Gegevens bepalen van de paved- en unpaved nodes:** Aan de paved- en unpaved nodes zijn de gegevens maaiveldhoogte, oppervlakte (per gewas), bodemsoort en infiltratiecapaciteit toegekend. Deze gegevens zijn verkregen door in ArcGis met 'X Tools Pro' het oppervlak en de locatie van de 23 verfijnde peilgebieden te bepalen. Van de verkregen kaart, de bodemkaart en de LGN5 kaart is een 'intersect' gemaakt. Met deze handeling zijn de drie kaarten samengevoegd. Dit heeft geresulteerd in een kaart met vlakken van unieke combinaties van de 23 gebieden, LGN5 en de bodemkaart. Tevens is in ArcGis met 'HawthsTools' de gemiddelde maaiveldhoogte per gebied bepaald;
- e. **De invoergegevens toekennen aan de paved- en unpaved nodes in het Sobek-model:** Hiervoor is gebruik gemaakt van een Excel-macro. In deze macro is de verkregen ArcGis data ingevoerd waarna deze de juiste paved- en unpaved nodes heeft berekend. In het model zijn RR-CF connection nodes toegevoegd om aan te geven waarop de paved en unpaved nodes moeten afwateren;

- f. **Toevoegen kunstwerken:** Vanuit ArcGis-layers zijn de kunstwerken zoals: stuwen, gemalen, bruggen en duikers aan het Sobek-model toegevoegd. De invoergegevens zijn afkomstig van waterschap Noorderzijlvest. Gegevens zoals kruinhoogte, stuwbreedte en pompcapaciteit zijn vervolgens voor de kunstwerken in Sobek ingevoerd;
- g. **Toevoegen RWZI:** Tot slot zijn de RWZI's Uithuizen en Uithuizermeeden aan het model toegevoegd. Deze RWZI-knoop lost het effluent op een RR-CF connection node zodat het effluent wordt meegevoerd met de CF-module. Aan de RWZI is een constant debiet opgelegd aangezien er alleen van elke maand een daggemiddelde van de effluentlozing bekend is. Het debiet bedraagt bij de huidige situatie voor Uithuizen 0,026 m³/s en Uithuizermeeden 0,023 m³/s en voor de situatie na samenvoeging van RWZI Uithuizen en Uithuizermeeden is een debiet van 0,049 m³/s gehanteerd.

Stap 3 Kalibreren waterkwantiteitmodel

Omdat niet alle invoerparameters van het model bekend zijn is het model gekalibreerd aan de hand van gemeten waarden. Een systeemkalibratie houdt in dat het gemodelleerde systeem wordt vergeleken met empirische gegevens. Deze empirische gegevens komen van het waterschap en bestaan uit de cumulatieve afvoer (Q) en waterstand (H). Modelresultaten die niet overeenkomen met de empirische gegevens kunnen duiden op fouten en/of onnauwkeurigheden in het model. Om de empirische gegevens en de berekende gegevens in één grafiek te plotten is gebruik gemaakt van de Excel applicatie Results2Excel. Hiermee is het verschil tussen de berekende en gemeten waarden in een oogopslag duidelijk te maken. In paragraaf 3.2. 'Kalibratie' zijn de resultaten van de kalibratie nader beschreven.

Stap 4 Schematiseren waterkwaliteitmodel

Door het toevoegen van de 1DWAQ-module aan het waterkwantiteitmodel is een goed werkend waterkwaliteitmodel verkregen. Na toevoeging van de 1DWAQ-module was het niet nodig het model opnieuw te kalibreren op waterkwantiteit aangezien er geen veranderingen in stroming en aan- en afvoer zijn aangebracht. De volgende stappen zijn genomen om het waterkwaliteitmodel goed te laten functioneren:

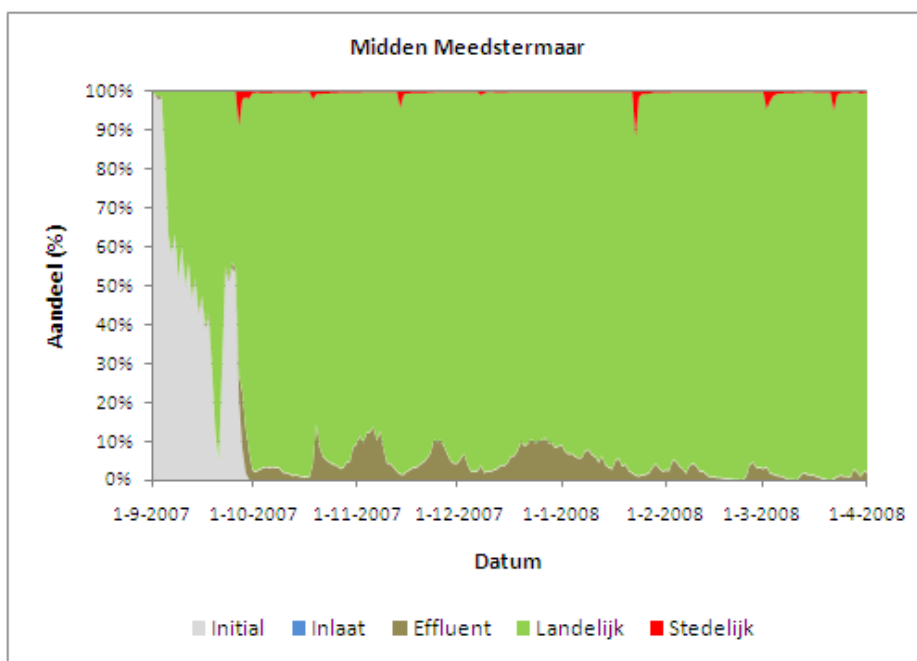
- a. **labelen van bronnen:** Bij het toevoegen van de 1DWAQ-module zijn verschillende bronnen van water afzonderlijk gelabeld, zodat deze in het watersysteem gevolgd kunnen worden. In de 1DWAQ-module is gekozen voor de simulatie optie 'calculate fraction'. Vervolgens zijn de labels van de verschillende bronnen van water aangemaakt door bij 'Schematisation' te kiezen voor 'edit user defined objects'. De verschillende bronnen van het water zijn vervolgens toegekend door de standaard RR-CF connection nodes te vervangen door de aangemaakte 'user defined objects'. Er is hierbij onderscheid gemaakt op basis van de herkomst van het water. De volgende categorieën zijn gehanteerd:
 - Stedelijk gebied;
 - Landelijk gebied;
 - Effluent;
 - Initieel water.
- b. **1DWAQ-module koppelen aan het waterkwantiteitmodel:** Vervolgens is de RR en CF modelschematisatie gekoppeld aan de 1DWAQ-module door in de huidige RR en CF schematisatie

DELWAQ-segmenten toe te voegen. In het waterkwantiteitmodel is reeds per opgedeeld peilgebied een paved- en unpaved node toegevoegd die gezamenlijk afvoeren op één RR-CF connection node. Om de herkomst van het water van de paved- en unpaved nodes te kunnen onderscheiden is per paved- en unpaved node een RR-CF connection node aangemaakt.

Stap 5 Herkomstberekeningen

Door fractiesommen te maken is inzicht verkregen in de samenstelling van het water op iedere tijd en locatie. 'Fractie' is gedefinieerd als het aandeel water van een bepaalde bron in het totale volume water op een bepaalde locatie. De fractieberekening is gebruikt om inzicht te verkrijgen in welke mate een bepaalde bron bijdraagt aan het totaal volume water op een bepaald punt. Daarnaast kan met een fractieberekening ook het invloedsgebied van bepaalde bronnen worden bepaald. Tevens kan aan de hand van een fractieberekening worden gekeken of de verdeling van het water door het watersysteem logisch is. Hiertoe is gekeken of het initiële water tijdig uit het systeem wegstroomt, de concentratie effluent afneemt naarmate de afstand tot de RWZI toeneemt en of het inlaatwater overeenkomt met de periode van de inlaten. Een fractiesom is geen directe maat voor de waterkwaliteit, aangezien de stoffentransport van N en P nog buiten beschouwing wordt gelaten.

De fractiesommen zijn vervaardigd door in de 1DWAQ module de optie 'calculate fractions' aan te vinken. Vervolgens is na het volgen van de stappen beschreven in *stap 4* het model doorgerekend. Waarna bij de resultaten de fractiesommen voor de gewenste nodes zijn aangemaakt.



Figuur 2 fractiegrafiek

In figuur 2 is een voorbeeld weergegeven van een grafiek die is gemaakt aan de hand van een fractieberekening. Op de x-as is de datum weergegeven en op de y-as het aandeel in procenten. De y-as geeft

het totaal watervolume weer en loopt daarom van 0% tot 100%. De kleuren geven de relatieve bijdrage van iedere bron weer. Zo kan in dit voorbeeld gesteld worden dat op 1 september het water volledig bestaat uit initieel water. Verder is te zien dat water afkomstig van het landelijk gebied verreweg de grootste bijdrage levert aan het totaal volume water.

Stap 6 Rekenen met concentraties N en P

In het kort kan worden gezegd dat er is gerekend met de stoffen N en P, stoffentransport en een aantal eenvoudige processen. Hieronder wordt stapsgewijs beschreven hoe de waterkwaliteits simulatie voor N en P tot stand is gekomen.

Stoffentransport

Voor de waterkwaliteit geldt over het algemeen dat bij stilstaand water de waterkwaliteitsprocessen de dominerende factor zijn voor de waterkwaliteit. Bij goed doorstromende watergangen is over het algemeen het stoffentransport dominant.

Door middel van de emissietool die is ontwikkeld door Hydroconsult zijn de stoffen N en P gekoppeld aan het debiet uit de RR- en CF-module.

De Emissietool is een stand-alone programma waarmee emissies uit landelijk en stedelijk gebied meegevoerd worden met de hydrologische fluxen in Sobek-RR. Dit programma maakt het mogelijk dat aan de paved- en unpaved nodes in Sobek een concentratie N en P wordt opgelegd. Het is mogelijk om een unieke stofvracht in (kg/j) per unpaved node op te geven voor talloze combinaties van landgebruik en bodemsoort. De verdeling van de vracht over het jaar kan per maand worden vastgelegd. In de emissietool is per paved- en unpaved node worden ingevoerd hoeveel N en P wordt geloosd van de desbetreffende node op het oppervlaktewater. De invoer voor de Emissietool is afkomstig van emissieregistratie. Bij emissieregistratie zijn per afwateringseenheid gegevens opgevraagd over de belasting van N en P door landbouw op het oppervlaktewater. Deze en overige gebruikte belasting op het systeem zijn ingevoerd in de Emissietool. De in de emissietool ingevoerde gegevens zijn weergegeven in tabellen 1 en 2. In tabel 2 is de jaarverdeling weergegeven die in eerste instantie is gehanteerd.

Tabel 1 Invoergegevens emissietool

	Overstort gemengd stelsel (mg/l)	RWZI huidige situatie (mg/l)	RWZI na samenvoeging (mg/l)	Kwel (mg/l)	Initiële grondwaterconcentratie (mg/l)	Landelijk gebied (kg/ha/j)
Totaal N	11,8	5,5	13,2	10	7	37,06
Totaal P	3	0,43	1,04	1	0,3	2,06

Tabel 2 Jaarverdeling emissietool

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Relatieve bijdrage N	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Relatieve bijdrage P	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Wij hebben de concentraties van het inlaatwater in Sobek ingevoerd en de emissietool de concentraties uit Sobek laten halen .

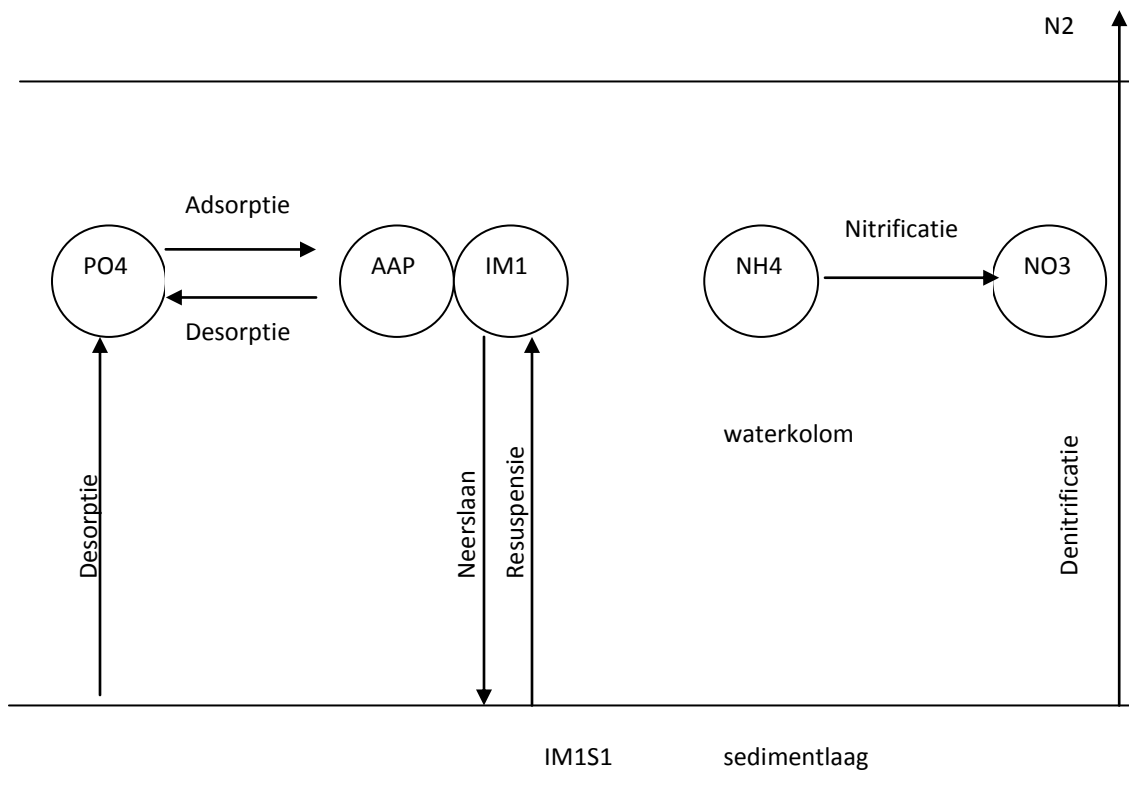
Sobek rekent niet met totale N en P concentraties, maar met componenten van N en P, namelijk NH₄, NO₃, PO₄ en AAP. Om de emissietool en Sobek op elkaar af te stemmen is de totale concentratie N in de emissietool ingevoerd als 50% NH₄ en 50% NO₃. De totale concentratie P is in de emissietool ingevoerd als 50% PO₄ en 50% AAP. Bij de totale concentratie P is fosfaat aanwezig in detritus (dode algen), algen en overig organisch materiaal buiten beschouwing gelaten.

Na het doorrekenen van de emissietool schrijft deze een Boundwaq.dat file weg die in de Sobek-1DWAQ module is ingevoerd als randvoorwaardenbestand. In Sobek zijn de deelconcentraties NH₄ en NO₃ bij elkaar opgeteld, waarna verder is gerekend met de totale concentratie N. De deelconcentraties PO₄ en AAP zijn ook bij elkaar opgeteld, waarna verder is gerekend met de totale concentratie P. Er is niet met de deelconcentraties doorgerekend, omdat wij de splitsing van de totale concentratie N en P willekeurig op 50% hebben gesteld. In de praktijk is NO₃ voornamelijk afkomstig uit de landbouw en de aerobe toplaag van de bodem, terwijl NH₄ grotendeels afkomstig is van effluent. Ook de verdeling van P ligt in de praktijk anders, op basis van nauwkeurige processen die hier buiten beschouwing zijn gelaten. Samengevat doet de emissietool het volgende:

- Vertalen van emissievrachten naar stoffenconcentraties in het oppervlaktewater;
- Schrijven van een randvoorwaardenbestand voor de SOBEK-1DWAQ module (Bosch, 2010).

Processen

Naast stoffentransport is er gerekend met een aantal eenvoudige processen. In figuur 3 zijn deze processen schematisch weergegeven.



Figuur 3 processen

De processen worden hieronder voor P en N afzonderlijk besproken.

Fosfor P

De werkelijke processen die betrekking hebben op fosfor zijn in het model sterk vereenvoudigd. De invloed van planten en algen is buiten beschouwing gelaten. Aan het begin van de simulatie bestaat de helft van de aanwezige P uit PO4 en de andere helft uit AAP. De PO4 is opgelost in het water en de AAP is gebonden aan niet organisch materiaal (IM1, Inorganic Matter). Tussen PO4 en AAP bestaat een evenwicht: PO4 kan zich binden aan IM1(adsorptie) waardoor AAP ontstaat. AAP kan zich ontbinden aan IM1 en oplossen waardoor PO4 ontstaat (desorptie). In de schematisatie zijn naast de stoffen en processen de bovenste sedimentlaag weergegeven (IM1S1, Inorganic Matter Substrate). De AAP slaat neer in de sedimentlaag en kan door desorptie weer opgelost in het water terecht komen. Het proces van desorptie vanuit de sedimentlaag is sterk temperatuur afhankelijk. In de zomerperiode neemt de nalevering van fosfaat vanuit de waterbodem toe, vanwege de hogere (water)temperatuur en daaraan gekoppeld een hogere mineralisatiesnelheid. In werkelijkheid kunnen ook vissen (o.a. brasem) de mineralisatiesnelheid en nalevering van fosfaat bevorderen door het omwoelen van de bodem. Dit zorgt er ook voor dat de resuspensie toe neemt. Resuspensie betekent dat neergeslagen IM1 weer wordt opgelost in het water. Omdat activiteit van vissen toeneemt naarmate de temperatuur toeneemt is de resuspensie temperatuur afhankelijk. Tussen de P in de sedimentlaag en P in het water bestaat een evenwicht. Dit evenwicht heeft een osmotisch karakter wat

betekent dat bij een afname van de concentratie P in het water de sedimentlaag meer P gaat naleveren. Wanneer de sedimentlaag een grote hoeveelheid P heeft opgeslagen neemt de concentratie P in het water niet of nauwelijks af bij een reductie van P op het oppervlaktewater.

Stikstof N

Ook de processen die betrekking hebben op stikstof zijn sterk vereenvoudigd. De aanname is gedaan dat alle stikstof is opgelost in het water. De invloed van planten en algen is buiten beschouwing gelaten. Er is aangenomen dat het zuurstofgehalte in de waterkolom constant 5 g/m^3 is. De opgeloste NH_4 wordt door aerobe bacteriën omgezet in NO_3 . Dit proces waarbij aerobe bacteriën met behulp van zuurstof NH_4 omzetten in NO_3 wordt nitrificatie genoemd. De gevormde NO_3 kan vervolgens door denitrificatie worden omgezet in N_2 en uit het systeem verdwijnen. NO_3 kan alleen onder zuurstofloze (anaerobe) omstandigheden worden omgezet in N_2 . Sobek beschouwt de sedimentlaag voor N als zuurstofloos en hanteert een evenwicht tussen de opgeloste NO_3 en NO_3 in de sedimentlaag. Denitrificatie is een temperatuur afhankelijk proces. Naarmate de temperatuur toeneemt zal ook het denitrificatie proces toenemen waardoor meer N_2 uit het systeem verdwijnt. Mede daarom komen over het algemeen in de zomer lagere N concentraties voor dan in de winter.

Om de processen van N en P zoals hierboven beschreven mee te nemen in de berekeningen van Sobek is in 1DWAQ een 'Processen library' toegevoegd. Hierin staan de processen die een rol spelen bij eutrofiering en nalevering vanuit sediment. De watertemperatuur is per maand ingevoerd omdat bij de standaard instelling van 0°C geen afbraakprocessen plaats vinden. In tabel 3 zijn de ingevoerde temperaturen weergegeven.

Tabel 3 Invoergegevens watertemperatuur voor Sobek

Maand	Oppervlaktewatertemperatuur ($^\circ\text{C}$)
Januari	3
Februari	4.7
Maart	7
April	10.4
Mei	16
Juni	19
Juli	21
Augustus	20.5
September	17
Oktober	13
November	7.8
December	5

Kalibratie

Nadat de processen zijn ingevoerd is een eerste waterkwaliteits simulatie gedaan. Op een aantal plaatsen in de eerste schil worden de concentraties voor N en P maandelijks gemeten. De uitkomsten van de simulatie zijn in een grafiek uitgezet tegen de berekende waarden. Na de eerste simulatie bleken gemeten en berekende waarden niet voldoende overeen te komen. Daarom is besloten het model te kalibreren. Hiervoor zijn onzekere parameters dermate aangepast, dat berekende en gemeten waarden voldoende

correspondeerden. Onzekere parameters zijn in dit geval geschatte waarden die in het model zijn opgenomen. De parameters die wij hebben veranderd zijn de jaarverdeling in de emissietool (zie tabel 4) en de procesparameters.

Tabel 4 Jaarverdeling emissietool

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Relatieve bijdrage N	0,09	0,09	0,13	0,09	0,01	0,03	0,03	0,09	0,03	0,09	0,09	0,23
Relatieve bijdrage P	0,08	0,08	0,1	0,25	0,3	0,08	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01

Voor de kalibratie met de procesparameters is in eerste instantie een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Door per simulatie één procesparameter drastisch te verhogen of te verlagen is duidelijk geworden welk effect dit heeft op de concentratie N en P. Bij de procesparameters moet gedacht worden aan de snelheid van nitrificatie, desorptie, resuspensie en dergelijke.

Stoffenbalans

De stoffenbalans laat zien in welke mate bronnen verantwoordelijk zijn voor inkomende en uitgaande concentraties N en P. Tevens is met de stoffenbalans het model op betrouwbaarheid gecontroleerd. De maximaal aanvaardbare balansfout van een goed model hebben wij gesteld op 10%. De balansfout geeft het verschil in procenten weer tussen de inkomende en uitgaande stofvrachten. Een eventuele balansfout wordt veroorzaakt doordat de invoergegevens voor de stoffenbalans afkomstig zijn van zowel Sobek alsmede de Emissietool.

De stoffenbalans wordt opgesteld over een periode van een jaar, in dit geval 2008. De inkomende en uitgaande concentraties N en P zijn een gemiddelde waarde van het gehele watersysteem binnen de eerste schil. Voor de inkomende en uitgaande concentraties N en P zijn de volgende bronnen gedefinieerd:

- Stedelijk gebied,
- Landelijk gebied,
- Inlaat,
- Processen,
- Storage in,
- RWZI,
- Uitgemalen,
- Drainage en infiltratie.

Bij het opstellen van de stoffenbalans hebben wij gebruik gemaakt van gegevens uit Sobek en de Emissietool. Deze gegevens bevatten de inkomende en uitgaande vrachten van verschillende bronnen, en zijn door middel van Excel samengevoegd tot een stoffenbalans. De bestanden van Sobek en de emissietool zijn beide

nodig om een kloppende stoffenbalans op te kunnen stellen. De uitvoergegevens van Sobek bevatten vrachtgegevens van processen, inlaatwater en uitgemalen water die berekend zijn door Sobek. De Emissietool is niet in staat om deze gegevens te berekenen. Alleen de Sobek gegevens zijn daarentegen ook niet voldoende voor een kloppende stoffenbalans. De uitvoergegevens van de Emissietool en Sobek die voor de stoffenbalans gebruikt zijn:

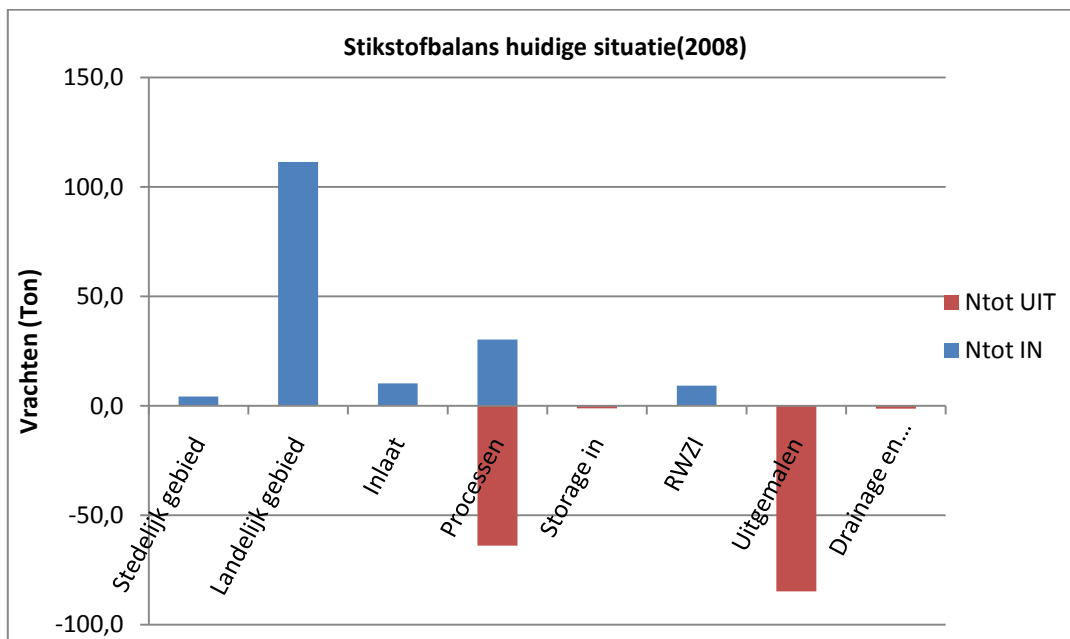
- **Samenvatting uitvoergegevens Emissietool:**
Dit bestand laat een samenvatting zien van de uitvoergegevens die de Emissietool berekent. Bij het opstellen van de stoffenbalans worden de door de Emissietool berekende concentraties van N en P die afkomstig zijn van het stedelijk gebied, landelijk gebied, RWZI, drainage en infiltratie gebruikt.
- **Waterkwaliteitbalans Sobek:**
In dit bestand zijn de door Sobek berekende concentraties weergegeven. De concentraties uit dit bestand die worden gebruikt voor de stoffenbalans zijn die van: inlaatwater, processen, water dat wordt geborgen en in- en uitgemalen.

Onderstaande tabel 5 geeft de inkomende en uitgaande vrachten van N totaal en P totaal. Hieruit kan de relatieve bijdrage van N en P aan de totale hoeveelheid N en P in de eerste schil van iedere bron afzonderlijk worden afgelezen. De gegevens van deze tabel vormen de invoer gegevens van figuur 4 en 5

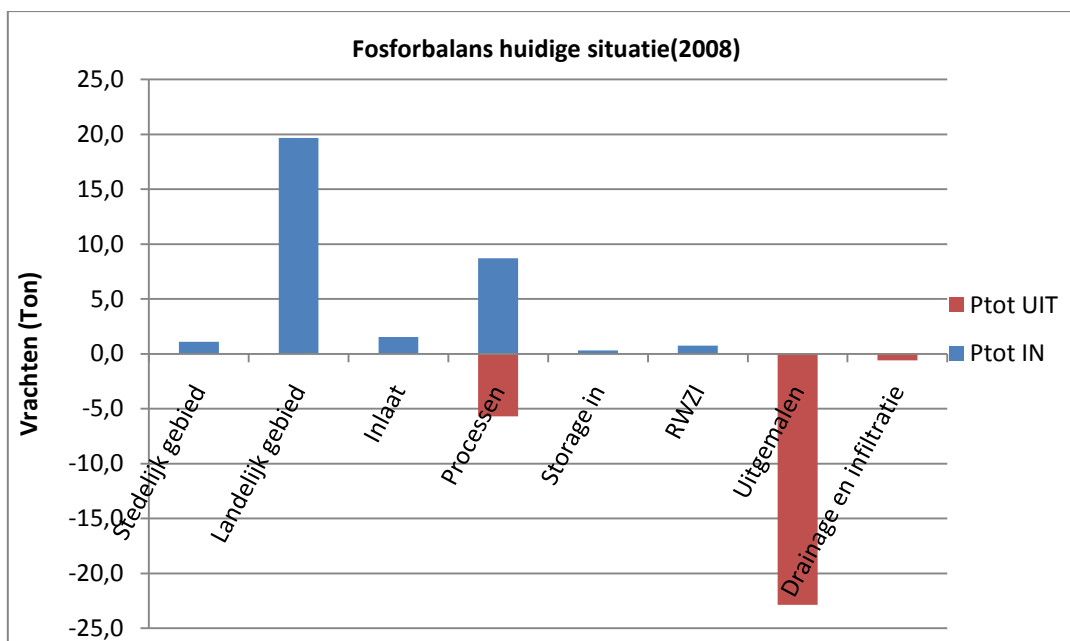
Tabel 5 Stofvrachten N en P eerste schil voor huidige situatie (kg x 1000)

	N totaal		P totaal	
	in	uit	in	uit
Stedelijk gebied	4.3	0.0	1.1	0.0
Landelijk gebied	111.4	0.0	19.7	0.0
Inlaat	10.3	0.0	1.5	0.0
Processen	30.3	-63.8	8.7	-5.7
Storage in	0.0	-1.2	0.3	0.0
RWZI	9.2	0.0	0.7	0.0
Uitgemalen	0.0	-84.8	0.0	-22.9
Drainage en infiltratie	0.0	-1.3	0.0	-0.6
Totaal	165.4	-151.0	32.0	-29.1
Balans fout	8.7%		9.1%	

Als figuur 4 wordt geanalyseerd kan geconcludeerd worden dat de landbouw de grootste bron van de inkomende vracht N totaal is. Wanneer deze vracht wordt vergeleken met de inkomende vracht vanuit de RWZI moet gesteld worden dat de totaal vracht vanuit de landbouw ($111,4/9,2=$) 12 keer zo groot is, dit kan er op wijzen dat de RWZI een kleine invloed heeft op de waterkwaliteit binnen de eerste schil. Echter kan dit voor de Meedstermaar wel van grote invloed zijn omdat de lozingspunten van Uithuizen en Uithuizermeeden dichtbij het KRW deel van de Meedstermaar ligt. Als er naar de fosforbalans in figuur 5 wordt gekeken moet worden gesteld dat ook hier het landelijk gebied de grootste bron is voor de inkomende vracht fosfor.



Figuur 4 Stikstofbalans huidige situatie (2008)

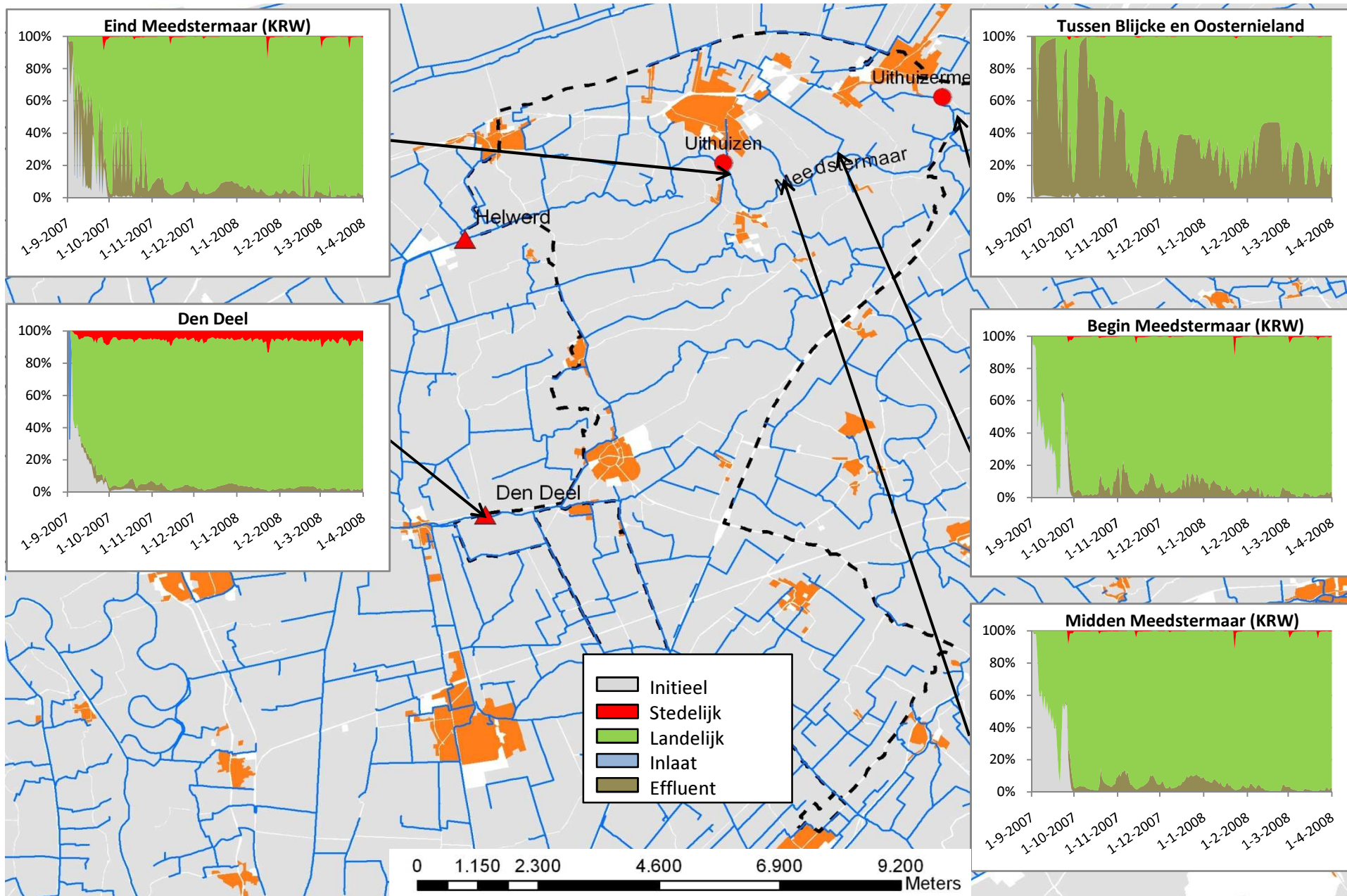


Figuur 1 Stikstofbalans huidige situatie (2008)

Bijlage 5:

Fracties huidige situatie winter

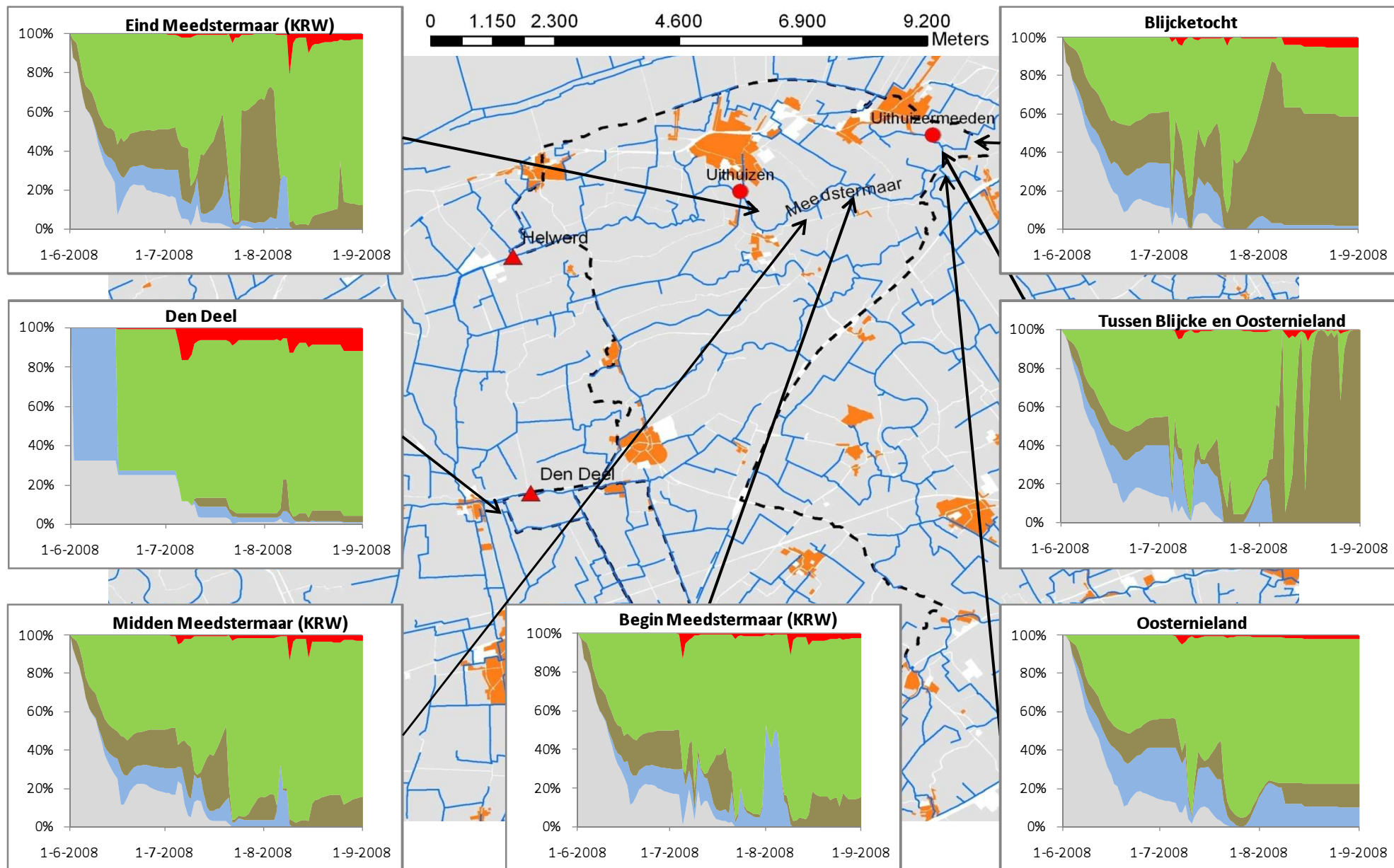
Herkomstverdeling huidige situatie in de winter



Bijlage 6:

Fracties huidige situatie zomer

Herkomstverdeling huidige situatie in de zomer

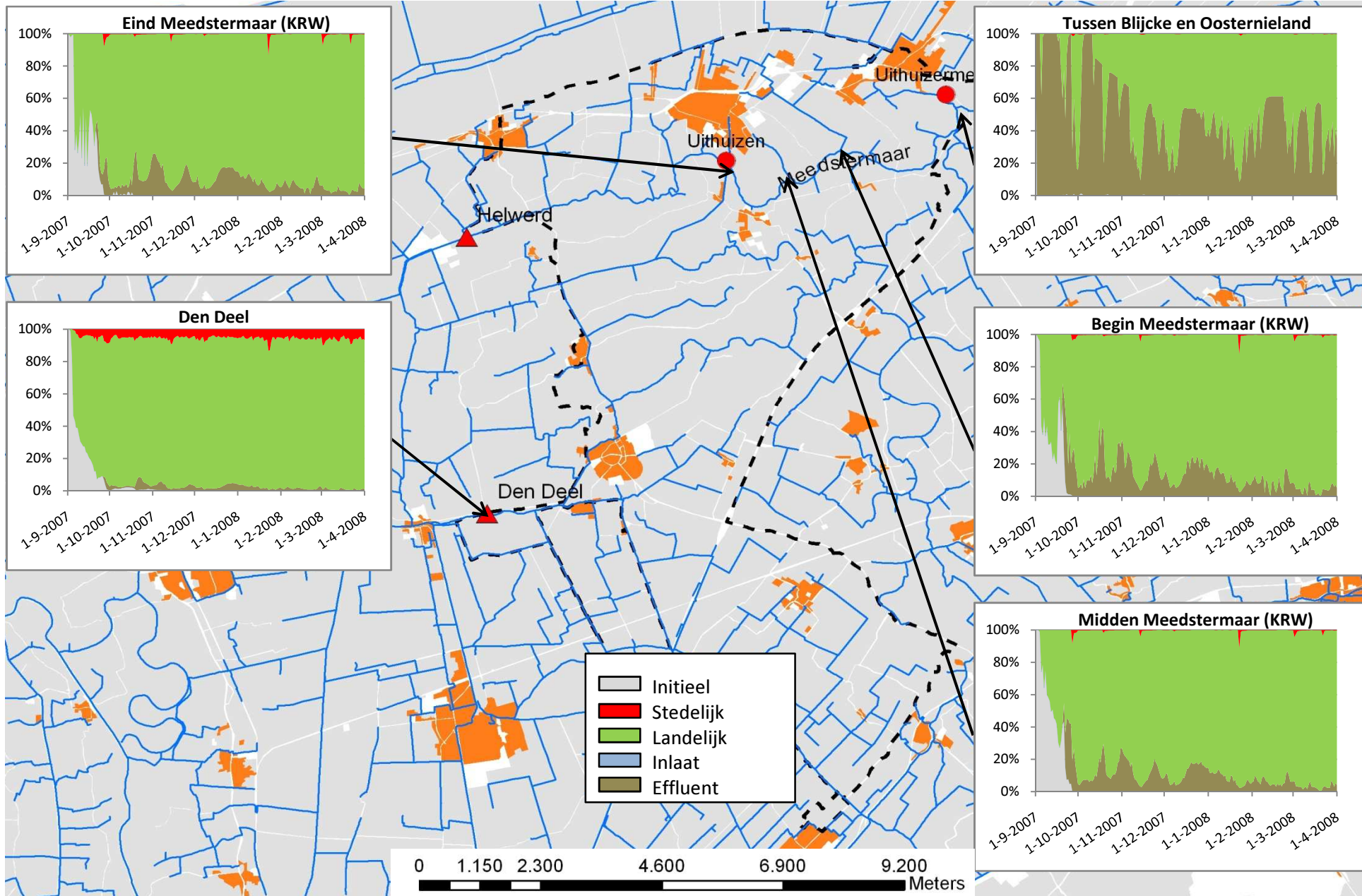


Initieel Stedelijk Landelijk Inlaat Effluent

Bijlage 7:

Fracties na samenvoeging winter

Herkomstverdeling na samenvoeging in de winter



Bijlage 8:

Fracties na samenvoeging zomer

Herkomstverdeling na samenvoeging in de zomer

