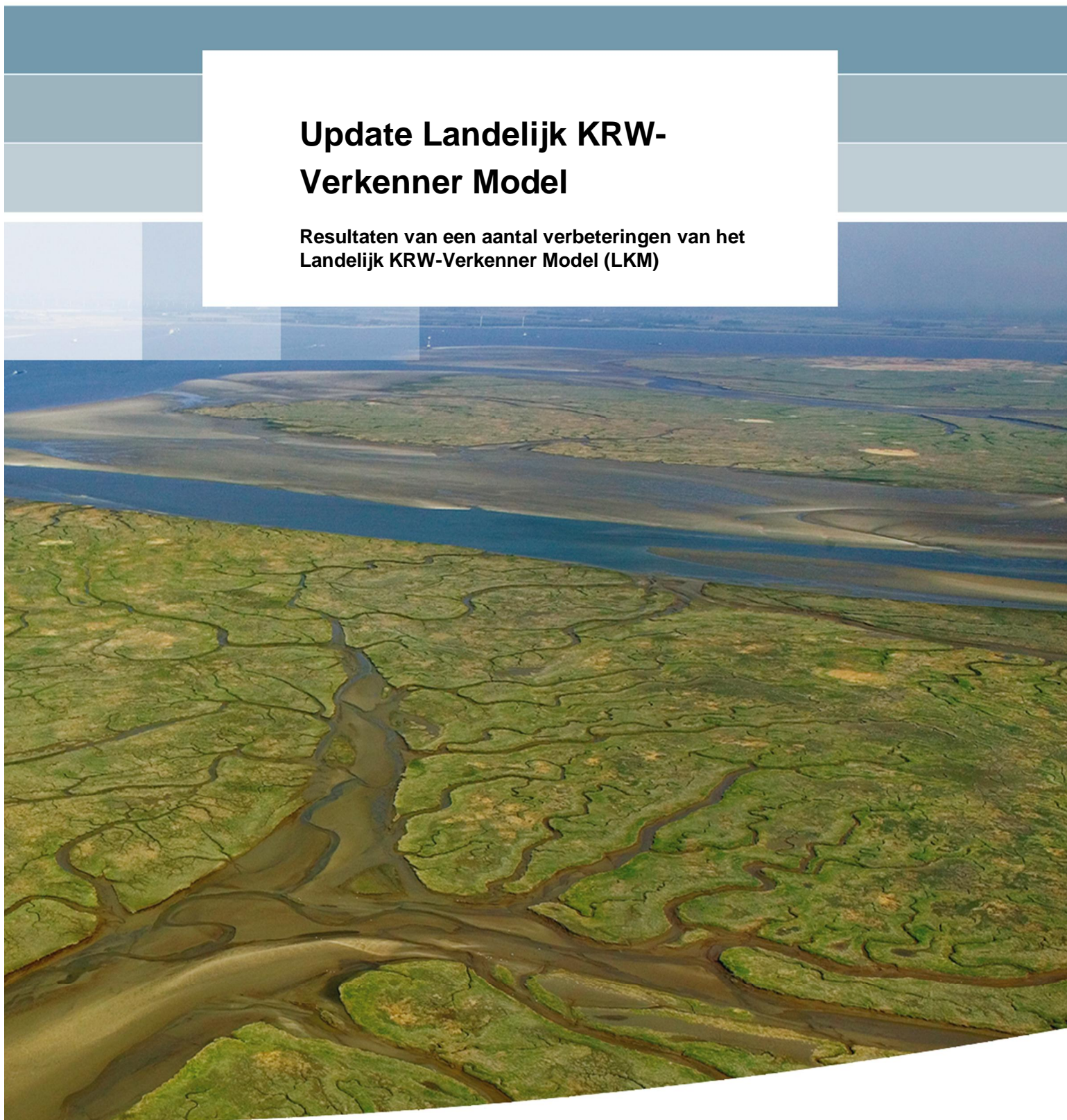


Update Landelijk KRW- Verkenner Model

**Resultaten van een aantal verbeteringen van het
Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM)**



Update Landelijk KRW-Verkenner Model

**Resultaten van een aantal verbeteringen van het Landelijk
KRW-Verkenner Model (LKM)**

Peter Cleij
Erwin Meijers
Robert Smit (Alterra)

1208780-000

Titel

Update Landelijk KRW-Verkenner Model

Opdrachtgever

Gerard Rijs, RWS-WVL

Project

1208780-000

Kenmerk

1208780-000-ZWS-0011

Pagina's

78

Trefwoorden




Kaderrichtlijn Water, KRW-Verkenner, waterkwaliteit, nutriënten

Samenvatting

Het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM) is op een aantal punten verbeterd en opnieuw gevalideerd. Beschreven wordt de uitvoering van de verbeteringen en de resultaten van de validatie van de nieuwe versie 1.1 van het LKM. Aanbevelingen worden gedaan hoe om te gaan met de belangrijkste resterende knelpunten.

Referenties

P. Cleij et al, Update Landelijk KRW-Verkenner Model: Resultaten van een aantal verbeteringen van het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM), rapportnummer 1208780-000-ZWS-0011, Deltares.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
2	feb. 2014	Peter Cleij		Joost van den Roovaart		Sacha de Rijk	
		Erwin Meijers					
		Robert Smit (Alterra)					

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Landelijk KRW-Verkenner Model 1.0	3
3	Verbeteracties	7
3.1	A07 / Corrigeren LSW-routing	7
3.2	C01 / Niet meer rekenen voor district 0	11
3.3	A01 / Koppelen ADW-nodes aan SWU's	11
3.4	A02 / Opsplitsen MOZART somdebieten	11
3.5	A06' / Gebruik jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes	12
3.6	C02 / Gebruik diffuse emissies voor buitenlandse aanvoer	13
3.7	A15 / Correctie KRW-waterlichaam ID's	14
3.8	A03 / Schut- en lekverliezen niet meenemen	14
3.9	C03 / Implementeren districtsnodes als virtuele koppelnodes	14
3.10	A16 / Herberekenen retentievoëfficiënten	14
3.11	B04 / Geen emissies op node DM200	16
3.12	C04 / Samenvoegen pre-processing scripts voor LHM en STONE uitvoer	16
3.13	A14 / Update overlay STONE grid-kaart met LSW-kaart	16
3.14	Update basin- en SWU-kaarten	16
4	Nieuwe structuur LKM	19
5	Validatie	21
5.1	Inleiding	21
5.2	Hoofdwateren	21
5.3	Regionale wateren	24
6	Conclusies en aanbevelingen	29
7	Referenties	33
A	Analyse LKM 1.0	35
B	Schematisatie Benedenrivierengebied	55
C	Schematisatie rond Dommel en Tongelreep	59
D	Schatting SWU- watervolumes voor zomerhalfjaar	61
E	Verdeling van de LSW-types over de LHM 2.2 districten	65
F	Voorbeeld LSW-routing update	71
G	Retentievoëfficiënten	75
H	Verklaring begrippen	77

1 Inleiding

Eind 2012 is de *Landelijke pilot KRW-Verkenner* afgerond (Roovaart et al. 2012). In het kader van deze pilot is een landsdekkende toepassing van de KRW-Verkenner ontwikkeld gericht op het doorrekenen van de waterkwaliteit van de KRW-waterlichamen (exclusief zout). Deze toepassing in de vorm van het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM), versie 1.0, is gevalideerd voor N- en P-concentraties door berekende zomer- en wintergemiddelde concentraties in het oppervlaktewater voor de periode 1996-2006 te vergelijken met meetwaarden. Het resultaat van de validatie liet zien dat het model nog niet goed genoeg presteert, vooral niet voor de regionale wateren.

Binnen het tijdsbestek van het pilot project is het niet gelukt een grondige analyse te maken van de oorzaken van het beperkte voorspellende vermogen van het model. Een dergelijke analyse is daarna wel gemaakt (Bijlage A). Hierbij is met name gekeken naar verbeterpunten die op korte termijn gerealiseerd kunnen worden en die (dus) geen aanpassingen van de onderliggende systemen (LHM¹, STONE, RWZI-base, Emissieregistratie database en Alterra ECHO-database) vereisen. Het gaat dan om een verbeterde aansluiting op deze systemen en/of om aanvullingen of correcties op deze systemen, met name het LHM.

Uit de in de Bijlage A genoemde verbeterpunten is een selectie gemaakt die in het kader van onderhavig project *Verbeteracties landsdekkende toepassing KRW-Verkenner* (Deltares project 1208780, uitgevoerd i.s.m. Alterra) zijn doorgevoerd. Ook zijn enkele verbeterpunten doorgevoerd in het kader van andere projecten. Dit betreft:

- een update van de afwateringsrelaties van het LHM-MOZART deel van de LKM-schematisatie via een update van de onderliggende *LSW-routing* van het LHM. Uitvoering van dit onderdeel heeft plaatsgevonden in het kader van een uitbesteding vanuit het PBL project *Doelmatig Waterkwaliteitsbeleid* aan Deltares (Deltares project 1208244.005),
- gebruik van jaarafhankelijke watervolumes voor oppervlaktewatereenheden en afwateringseenheden (uitbesteding van Deltares aan Alterra), en
- samenvoegen en consolidatie van de Alterra en Deltares pre-processing scripts voor de LHM en STONE uitvoer (activiteit binnen het Alterra project *Integratie KRW-ECHO/KRW-Verkenner*).

Hierbij is een deel van de verbeterpunten doorgevoerd in samenhang met de samenvoeging en consolidatie van de LHM/STONE pre-processing scripts.

De doorgevoerde verbeteringen hebben geleid tot versie 1.1 van het Landelijk KRW-Verkenner Model. Deze versie is vervolgens gevalideerd voor nutriëntconcentraties conform de aanpak van de *Landelijke pilot KRW-Verkenner*.

In hoofdstuk 2 wordt de eerste versie van het model beschreven. Het tweede hoofdstuk beschrijft de doorgevoerde verbeteringen. De nieuwe structuur van het LKM is beschreven in Hoofdstuk 3. Hoofdstuk 5 beschrijft de resultaten van de validatie van het nieuwe model. En hoofdstuk 6, ten slotte, geeft een aantal conclusies en aanbevelingen.

¹ LHM staat voor het Landelijk Hydrologisch Model. Het betreft een model van het Nederlandse grond- en oppervlaktewater en is één van de operationele modellen gebaseerd op het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). Het Landelijk Hydrologisch Model is een recent geïntroduceerde benaming met als doel het LHM te onderscheiden van het generieke, op meer schalen toepasbare NHI instrumentarium. Voorheen werd het LHM vaak aangeduid met de term NHI.

2 Landelijk KRW-Verkenner Model 1.0

De eerste versie van het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM 1.0) bestaat uit:

- het modelprogramma KRW-Verkenner 2.0.0 (Meijers & Witteveen 2013),
- programmatuur voor de verwerking van brondata tot invoer voor de KRW-Verkenner (divers, bij Deltares en Alterra),
- een (tijdsonafhankelijke) schematisatie van het Nederlandse oppervlaktewatersysteem, en
- een serie invoerbestanden met tijdsafhankelijke debieten en stikstof- en fosfor-emissies voor de periode 1996-2006 (historische gegevens t.b.v. validatie en als basis voor scenario-berekeningen, c.q. doorrekenen van maatregelpakketten).

De schematisatie van het Nederlandse oppervlaktewatersysteem bestaat hierbij uit de volgende kaarten (shape files) en tekstbestanden (CSV files):

1. *KrwLdS_Basins_003.shp*

Basiskaart met afwateringsgebieden (basins). Aangepaste versie van de LHM 2.2 kaart met LSW-afwateringsgebieden. Via attribuut Tag (TYPE in de originele LSW-kaart) worden verschillende typen LSW's onderscheiden:

P: Polder

V: Vrij-afwaterend (in het LHM kent dit type LSW een onderverdeling in 'peilgebieden')

O: Vrij-afwaterend (zonder verdere onderverdeling)

W: Vrij-afwaterend met wateraanvoer (in het LHM kent dit type LSW een onderverdeling in 'peilgebieden')

De kaart bevat ook een aantal LKM-specifieke attributen, o.a.:

- WATERHSURF: Grootte van het wateroppervlak (m^2) van de LSW, gemiddeld o.b.v. de LHM-MOZART uitvoer over de periode 1996-2006 (LHM 2.2 data).
- WATERVOL: Watervolume (m^3) van de Basin-node van de LKM-schematisatie in de vorm het watervolume van de LSW, gemiddeld over de periode 1996-2006 en gecorrigeerd voor het watervolume van het SWU-deel van de LSW. Bepaald op basis van data uit LHM 2.2, de geïntegreerde kaart met KRW-waterlichamen en een afkap-criterium waarbij de SWU's samen niet meer dan 70% van het totale watervolume van de LSW kunnen uitmaken.

N.B. De watervolumes zijn onbetrouwbaar vanwege onbetrouwbare watervolumes in de kaart met KRW-waterlichamen! Zie Bijlage A, verbeterpunt A05 (Corrigeren watervolumes van regionale SWU's en basins).

- WATERLEN: Lengte (m) van de Basin-node. Attribuut is gevuld met de dummy waarde 0 en wordt niet gebruikt.

2. *KrwLdS_Basins_004_zonderDWO.shp*

Afgeleide van de basiskaart met afwateringsgebieden, waarbij de afwateringsgebieden van Zuid-Limburg en de Waddeneilanden zijn verwijderd en aan de overige 50 in district 0 gelegen afwateringsgebieden en ander district is toegekend (attribuut DWNR). Uitgangspunt voor de berekeningen met het LKM.

3. *Basins.csv*

Invoerbestand met de basins buiten Zuid-Limburg en de Waddeneilanden. Afgeleide van *KrwLdS_Basins_004_zonderDW0.shp* met o.a. de attributen TYPE, WATERHSURF, en WATERVOL.

4. *KrwLdS_SWUs_005.shp*

Basiskaart met oppervlaktewatereenheden (surface water units of SWU's). Gebaseerd op de LHM 2.2 schematisatie (DM-schematisatie en LSW-kaart) en de kaart met KRW-waterlichamen uit de eerste stroomgebiedbeheerplannen 2009-2015.

De SWU's in de kaart kunnen worden onderscheiden in een aantal hoofdtypen. Het hoofdtype van een SWU wordt hierbij getypeerd door de eerste 2 of 3 letters van de ID. Zie Tabel 2.1. Het attribuut TAG geeft een verdere onderverdeling van de SWU's in typen. Deze typering wordt gebruikt voor het gedifferentieerd toepassen van retentiecoëfficiënten.

De SWU-kaart bevat evenals de Basin-kaart de attributen WATERHSURF, WATERVOL en WATERLEN:

- WATERHSURF: Voor DM-nodes het wateroppervlak uit de LHM-DM schematisatie (met een aantal dummy waarden in de vorm van 1 m^2), voor KL-nodes het wateroppervlak afgeleid uit de wateroppervlaktes uit de geïntegreerde kaart met KRW-waterlichamen, voor VL-nodes een wateroppervlak van 0 m^3 en voor DW- en ADW-nodes een wateroppervlak van 1 m^2 .
- WATERVOL: Voor DM-nodes is dit het watervolume uit de LHM-DM schematisatie (met een aantal dummy waarden in de vorm van 1 m^3), voor KL-nodes het watervolume afgeleid uit de geïntegreerde kaart met KRW-waterlichamen met een afkap-criterium waarbij de SWU's samen niet meer dan 70% van het totale, o.b.v. de LHM-MOZART uitvoer over de periode 1996-2006 gemiddelde, watervolume van de LSW kunnen uitmaken, voor VL-nodes een waarde gelijk aan 0.393 maal het over de periode 1996-2006 gemiddelde watervolume van de LSW (de factor 0.393 is bepaald als gemiddelde voor afwateringsgebieden met KL-nodes), voor DW- en ADW-node een waarde van 1 m^3 .
- WATERLEN: Lengte (m) van de SWU, berekend als de omtrek van de SWU gedeeld door 2. Attribuut wordt niet gebruikt.

Daarnaast bevat de kaart de attributen WATERBODID (ID van het KRW-waterlichaam waar de SWU onderdeel van uit maakt) en WFDTYPE (KRW-typering van het waterlichaam).

5. *KrwLdS_SWUs_005_v4.shp*

Afgeleide van de basiskaart met SWU's, waarbij de SWU's van Zuid-Limburg en de Waddeneilanden zijn verwijderd. Uitgangspunt voor de berekeningen met het LKM.

6. *Swu_tagged.csv*

Invoerbestand met de SWU's buiten Zuid-Limburg en de Waddeneilanden. Afgeleide van *KrwLdS_Basins_004_zonderDW0.shp* met o.a. de attributen TYPE, WATERHSURF, en WATERVOL, WATERBODID en WFDTYPE. De extensie '_tagged' heeft betrekking op het feit dat de SWU's van nieuwe tags zijn voorzien die (nog) niet zijn doorgevoerd in de SWU-kaarten. De tags worden gebruikt voor het gedifferentieerde gebruik van retentiecoëfficiënten (zie Roovaart et al. 2012, tabel 5.1).

7. *1996_2006_Links.csv*
Invoerbestand met de links tussen de Basin-nodes en SWU's. Gebaseerd op de links tussen DM-nodes, de LSW-routing informatie en de koppelingen tussen districten (districtswateren) en DM-knopen uit LHM 2.2 (voor details zie Roovaart et al. 2012). N.B. Anders dan de naam suggereert gaat het hier om tijdsafhankelijke data.
 8. *1996_2006_PointSource_Loc.csv*
Invoerbestand met puntbronnen in de vorm van grensoverschrijdende rivieren (t.b.v. de specificatie van debieten) en RWZI's (t.b.v. de specificatie van N- en P-emissies). De RWZI-lozingslocaties (in de vorm van de SWU waarop wordt geloosd) zijn hierbij gebaseerd op de X/Y-coördinaten uit RWZibase (CBS), aangevuld met X/Y-coördinaten uit de Emissieregistratie. N.B. Anders dan de naam suggereert gaat het hier ook om tijdsafhankelijke data.
 9. *grote_rivieren_locaties.csv*
Invoerbestand met puntbronlocaties in de vorm van grensoverschrijdende grote rivieren (t.b.v. de specificatie van de aanvoer van N en P).
 10. *decay_coeffs_krww_nl.xlsx*
Invoerbestand met retentievoëfficiënten (invoer via Copy/Paste).
- Het tijdsafhankelijke deel van het LKM 1.0 bestaat uit de volgende invoerbestanden met debieten en stikstof en fosfor emissies:
11. *1996_2006_flows.csv*
Invoerbestand met stromingsgegevens in de vorm van absolute en relatieve debieten langs de links voor de periode 1996-2006. Gebaseerd op LHM 2.2 uitvoer.
 12. *1996_2006_PointSource_Data.csv*
Invoerbestand met puntbronemissies in de vorm van debieten voor grensoverschrijdende (grote en kleine) rivieren en bruto N- en P-emissies met zuiveringsrendementen voor RWZI's voor de periode 1996-2006. Data afkomstig uit LHM 2.2, resp. RWZibase.
 13. *1996_2006_DifSources.csv*
Invoerbestand met diffuse emissies in de vorm van de toevoer naar en onttrekking van water uit DM-nodes, uit- en afspoeling van N en P in het landelijk gebied en overige N- en P-emissies voor de periode 1996-2006. Data afkomstig uit LHM 2.2, STONE 2.4 (EMW2012 runs), resp. de Emissieregistratie.
 14. *grote_rivieren_vrachten.csv*
Invoerbestand met puntbronemissies in de vorm van N- en P-vrachten voor grote grensoverschrijdende rivieren voor de periode 1996-2006. Gebaseerd op MWTL-metingen (DONAR). N.B. Anders dan de naam suggereert gaat het hier dus om tijdsafhankelijke data voor de periode 1996-2006.
 15. *kleine_rivieren.csv*
Invoerbestand met diffuse emissies in de vorm van N- en P-vrachten voor kleine grensoverschrijdende rivieren voor de periode 1996-2006. Gebaseerd op data uit de KRW-ECHO database. N.B. Anders dan de naam suggereert gaat het hier om tijdsafhankelijke data voor de periode 1996-2006.

Tabel 2.1 SWU hoofdtypes

Hoofdtype	Omschrijving
DM-node	Node uit de <u>DM</u> -schematisatie van LHM 2.2, al dan niet gerelateerd aan een KRW-waterlichaam.
KL-node	Deel van een <u>KRW</u> -waterlichaam binnen een <u>LSW</u> -afwateringsgebied uit de MOZART-schematisatie van LHM 2.2 (attribuut LSWNR is dan ingevuld met het LSW-nummer), of een deel van een KRW-waterlichaam buiten de LSW-afwateringsgebieden (attribuut LSWNR is dan leeg). Binnen een LSW-afwateringsgebied kunnen zich meerdere KL-node bevinden, indien hier ook meerdere waterlichamen voorkomen.
VL-node	<u>V</u> irtuele SWU binnen een <u>LSW</u> -afwateringsgebied, gedefinieerd voor LSW-afwateringsgebieden zonder KL-nodes, oftewel zonder waterlichamen.
DW-node	<u>D</u> istrictswater uit de LHM 2.2 schematisatie.
ADW-node	Toegevoegde <u>d</u> istrictswater node voor het modelleren van de wateraanvoer vanuit DM-knopen naar LSW's binnen de LKM schematisatie.

3 Verbeteracties

De volgende verbeteringen zijn doorgevoerd:

1. A07 / Corrigeren LSW-routing,
2. C01 / Niet meer rekenen voor district 0,
3. A01 / Koppelen ADW-nodes aan SWU's,
4. A02 / Opsplitsen MOZART somdebielen,
5. A06' / Gebruik jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes,
6. C02 / Gebruik diffuse emissies voor buitenlandse aanvoer,
7. A15 / Correctie KRW-waterlichaam ID's,
8. A03 / Schut- en lekverliezen niet meenemen,
9. C03 / Implementeren districtsnodes als virtuele koppelnodes,
10. A16 / Herberekenen retentiecoëfficiënten,
11. B04 / Geen emissies op node DM200,
12. C04 / Samenvoegen pre-processing scripts voor LHM en STONE uitvoer,
13. A14 / Update overlay STONE grid-kaart met LSW-kaart,
14. Update Basin- en SWU-kaarten.

Hierbij de volgende opmerkingen:

- De code in de omschrijving verwijst naar een verbeteractie in Bijlage A (zie de titels met gele achtergrond).
- Verbetering 1 is uitgevoerd in het kader van een uitbesteding van het PBL aan Deltares in het kader van PBL-project *Doelmatig Waterkwaliteitsbeleid* en is vooral gericht geweest op het kunnen bepalen van beïnvloedingsgebieden van KRW-waterlichamen o.b.v. afwateringsrelaties.
- Bij verbetering 7 zijn ook nog twee andere, kleine correcties meegenomen.
- Het eerste deel van verbeteractie 5 is uitgevoerd in het kader van een uitbesteding van Deltares aan Alterra.
- Verbetering 11 maakt in de offerte onderdeel uit van verbetering 6.
- Verbeteringen 12 en 13 zijn uitgevoerd in het kader van Alterra project *Integratie KRW-ECHO/KRW-Verkenner* (met inbreng vanuit Deltares). Bij de ontwikkeling van het nieuwe pre-processing script zijn ook de verbeterpunten 4, 5 (tweede deel) en 8 gerealiseerd.
- Verbetering 14 behelst een niet-voorzien update van de basiskaarten.

De verbeteringen worden in de navolgende paragrafen nader toegelicht.

3.1 A07 / Corrigeren LSW-routing

De verbeteracte betreft een update van de in LKM 1.0 gebruikte LSW-routing tabel uit LHM 2.2 en het genereren van een nieuwe link file voor de LKM schematisatie.

Tijdens de update bleek dat de LSW-routing file behorend bij LHM 2.2 niet de meest volledige was. De LHM 2.0 versie bleek in combinatie met de LHM 2.2 LSW-kaart (inclusief district-0 LSW's) meer bruikbare links, d.w.z. links waarbij beide LSW in de LSW-kaart voorkomen, op te leveren. Zie Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Aantallen links in de LSW-routing tabellen van twee LHM versies. Aantal bruikbare links is het aantal links waarbij beide LSW's voorkomen in de LHM 2.2 LSW-kaart.

LHM versie	Totaal aantal links	Aantal bruikbare links	Inclusief Zuid-Limburg?
2.0	6340	6284	ja
2.2	4965	4785	nee

Hierbij wordt het verschil in aantallen bruikbare links slechts zeer gedeeltelijk verklaard door het feit dat de LSW-routing ook links voor Zuid-Limburg (70) bevat.

Het mindere aantal bruikbare links bij een hogere LHM versie wordt ten dele verklaard door het feit dat na de introductie van de LSW-routing in LHM 2.0 deze niet meer is aangepast terwijl er wel LSW's zijn verdwenen en nieuwe zijn gedefinieerd.

Een consequentie is dat niet de LSW-routing van LHM 2.2 als uitgangspunt van de update is gebruikt, maar de routing van LHM 2.0. Een bijkomend voordeel hierbij is dat de LSW-routing voor Zuid-Limburg zo ook beschikbaar is. De routing voor Zuid-Limburg zal in de toekomst nodig zijn bij de overgang op het LHM 3.0 (of hogere versie) als basis voor de schematisatie van het LKM.

De update heeft de vorm gekregen van twee tabellen, één met te verwijderen links en één met toe te voegen links. Hierbij was het ook mogelijk aan nieuwe links een gewicht ongelijk aan 1 toe te kennen (de bestaande links krijgen automatisch een gewicht 1). Dit is anders dan bij de LSW-routing van het LHM, waarbij elke link feitelijk eenzelfde gewicht heeft, waardoor het uitgaande debiet vanuit een bepaalde LSW evenredig verdeeld wordt over de uitgaande links naar andere LSW's. Van de mogelijkheid tot het gebruik van afwijkende gewichten voor links is overigens alleen in enkele bijzondere gevallen gebruik gemaakt.

De nieuwe LSW-routing file met de velden *lsw_from* (ID bovenstroomse LSW), *lsw_to* (benedenstroomse LSW) en *fraction* (fractie van het uitgaande debiet dat de bovenstroomse LSW langs de link verlaat) is vervolgens automatisch gegenereerd o.b.v. de LHM 2.0 routing en de twee tabellen.

Bij het (hoofdzakelijk) handmatig vullen van beide tabellen is gebruik gemaakt van de LKM variant van de LHM 2.2 LSW-kaart (basin kaart), de LKM SWU-kaart, een GIS representatie van de LHM 2.0 routing en van de update, het Waterstaatkundig Informatie Systeem (WIS), de PCSTREAM afwateringsrelaties, de kaart met KRW-waterlichamen, de TOP10NL-2013 kaart en de LHM peilgebiedenkaart. In totaal zijn er 910 links (inclusief de 56 'niet-bruikbare' links) verwijderd en 1293 links toegevoegd. In totaal dus 2203 modificaties met een netto toevoeging van 323 links, resulterend in een totaal van 6663 links in de nieuwe LSW-routing tabel. Ten opzichte van de LSW-routing van LHM 2.2 zijn er netto 1698 links toegevoegd. Een deel van deze verwijderingen en toevoegingen vormen paren waarbij een link is feite van richting is omgekeerd. Ook zijn 27 knelpunten gesignaleerd, die mogelijk opgelost konden worden bij de aanmaak van de LKM link file, waar meer vrijheidsgraden zijn om de routing van het oppervlaktewater te modelleren.

In Bijlage F is een voorbeeld gegeven van de drie LSW-routing varianten: LHM 2.2 (figuur F-1), LHM 2.0 (figuur F-2) en het resultaat van de update (figuur F-3).

Dat er zo veel links zijn verwijderd heeft te maken met de inschatting dat veel LSW links geen afwateringsrelaties, maar wateraanvoerrelaties zijn. Ook is in een aantal gevallen de routing vereenvoudigd, waarbij minder belangrijke afwateringsrelaties zijn verwijderd. Verder is er bij de update ook expliciet rekening gehouden met de overlap DM-MOZART in de vorm van DM-wateren die door LSW-afwateringsgebieden lopen. In het LHM maken deze DM-wateren geen deel uit van de LSW's. De LSW watervolumes zijn in het LHM dan ook gecorrigeerd voor het volume van het DM-water liggend binnen het LSW-afwateringsgebied.

Wanneer een LSW afwatert op een DM-water, liggend in het LSW-afwateringsgebied, is ervoor gezorgd dat de routing op dit punt stopt. Dit betekent dat een eventuele link vanuit de LSW naar een benedenstroomse LSW is verwijderd (een dergelijk link zal veelal niet een LSW-LSW link representeren, maar de waterafvoer via het DM-water). Zo zal de LSW (via het districtswater) afwateren op DM-node, terwijl de verdere waterafvoer via de nodes van de DM-schematisatie zal verlopen.

Voor een aantal districten (ca. 20) was het niet mogelijk om tot een plausibele set met afvoerrelaties te komen, o.a. vanwege een moeilijk te rijmen indeling van het gebied in afwateringseenheden met de afvoer van water via het oppervlaktewater. Ook individuele LSW-afwateringsgebieden gaven soms problemen bij de definitie van de routing, zoals gebieden bestaande uit twee niet-gerelateerde deelgebieden en gebieden die alleen door splitsing in twee afzonderlijke delen tot een correcte routing kunnen leiden.

Binnen de geüpdatete LSW-routing vindt in een aantal gevallen ook overschrijding van de districtsgrenzen plaats, terwijl dit nu in het LHM niet mogelijk is. Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur F-4 van Bijlage F.

N.B. Dit soort overschrijdingen van de LHM districtsgrenzen kan een probleem vormen bij het in de toekomst weer gelijk trekken van de LSW-routing in LHM en LKM.

Op basis van de nieuwe LSW-routing tabel is vervolgens een nieuwe link file voor de LKM schematisatie gemaakt, zonder de nodes in district 0 (zie verbeterpunt 2 / Niet meer rekenen voor district 0). Hierbij is tevens verbeterpunt 3 (Koppelen ADW-nodes aan SWU's) gerealiseerd volgens het principe van de 'master-SWU' geïmplementeerd. Voor afwateringsgebieden met maar één inliggende KL- of VL-node is deze node als master-SWU aangewezen. Voor de 135 afwateringsgebieden met meerdere inliggende KL-nodes (maximaal 6) is handmatig een keuze gemaakt, waarbij zoveel mogelijk de meest bovenstroomse SWU als master-SWU is aangewezen. De wateraanvoer vanuit het districtswater naar een LSW is vervolgens aan de master-SWU toegekend door een link te definiëren van de districtswater node voor wateraanvoer (ADW-node) naar de master-SWU, daarbij de links van de ADW-nodes naar de basins uit de LKM 1.0 schematisatie vervangend.

Tevens vervult de master-SWU een rol bij het automatisch genereren van andere (default) links van de LKM schematisatie: een LSW-LSW link uit de LSW-routing wordt vertaald naar een master-SWU – master-SWU link, en de niet-master-SWU's binnen een afwateringsgebied krijgen een link naar de master-SWU.

Met behoud van de andere links uit de LKM 1.0 schematisatie (DM-DM, DW-DM, DM-ADW en DW-ADW links) is zo een nieuwe default link file gegenereerd. De default is vervolgens handmatig aangepast met hulp van twee tabellen voor te verwijderen, respectievelijk toe te voegen links, waarbij zo nodig correcties zijn toegepast op de link structuur rond afwateringsgebieden met meerdere inliggende SWU's en zijn de knelpunten uit de LSW-routing voor een deel opgelost. Hierbij zijn 359 links verwijderd en 339 toegevoegd. Resterende knelpunten vormen een aantal LSW-gebieden, waarvoor alleen een correcte LSW-routing gedefinieerd kan worden bij splitsing van het gebied in afzonderlijke delen. In een aantal van deze gevallen omvat het LSW-gebied ook een SWU, die feitelijk uit twee losstaande delen bestaat. Bij splitsing van deze SWU's kan veelal op LKM link-niveau wel een correcte routing worden gedefinieerd.

N.B. Bij een nieuwe versie van het LKM zouden de SWU's die uit twee afzonderlijke delen bestaan, dan ook opgesplitst moeten worden.

Bij het handmatig aanpassen van de default link structuur zijn een aantal speciale link constructies gebruikt die nodig waren om tot een correcte afwateringsstructuur te komen zonder te hoeven ingrijpen in de basin en SWU definities. Dit betreft links tussen een Basin-node en een KL- of VL-node waarbij deze nodes in een ander afwateringsgebied liggen, links tussen een SWU-node en een Basin-node, links tussen een Basin-node en een Basin-node en links tussen een Basin-node en een DW-node. In de Tabel 3.2 zijn de aantallen links van verschillende type in de nieuwe link tabel weergegeven. Daarnaast zijn er als een speciale link constructie ook nog 59 SWU's als onderdeel van een LSW zonder een link vanuit een Basin-node (standaard watert een Basin-node namelijk af op de VL-node binnen hetzelfde afwateringsgebied, dan wel in gelijke mate op de KL-nodes binnen het afwateringsgebied).

Tabel 3.2 Link types en aantallen in de nieuwe LKM link tabel

Link type	Subtype	Aantal	Omschrijving
Basin_SWU ¹⁾	Standaard	8538	Link van Basin-node naar KL- of VL-node binnen zelfde afwateringsgebied
SWU_SWU	Standaard	6726	Link van KL- of VL-node naar KL- of VL-node
SWU_DW	Standaard	2196	Link van KL- of VL-node naar DW-node (afwatering naar districtswater)
DW_ADW	Standaard	151	Link van DW-node naar ADW-node (wateraanvoer binnen een district)
DW_DM	Standaard	286	Link van DW-node naar DM-node (waterafvoer vanuit district naar DM-water)
DM_DM	Standaard	323	Link van DM-node naar DM-node
DM_ADW	Standaard	286	Link van DM-node naar ADW-node (wateraanvoer vanuit DM-water naar district)
ADW_SWU	Standaard	8433	Link van ADW-node naar master-SWU (KL- of VL-node) (wateraanvoer binnen een district)
Basin_SWU ¹⁾	Speciaal	38	Link van Basin-node naar KL- of VL-node in ander afwateringsgebied
SWU_Basin	Speciaal	11	Link van KL- of VL-node naar Basin-node in ander afwateringsgebied
Basin_Basin	Speciaal	5	Link van Basin-node naar Basin-node
Basin_DW	Speciaal	4	Link van een Basin-node naar een DW-node (directe afwatering van Basin-node naar districtswater)
Alle typen		26997	

1) Alleen voor link type Basin_SWU bestaat dus zowel een standaard als een speciaal subtype.

Naast de link file zelf (*Links.csv*) levert de procedure van aanmaak van de link file ook het bestand *FixedFlows.csv* op. Dit is grotendeels een vertaling van de verdelingsfractie informatie in de LSW-routing tabel naar een basisbestand met relatieve flows voor de links van type *Basin_SWU*, *SWU_SWU*, *SWU_DW*, *Basin_Basin*, *SWU_Basin* en *Basin_DW*. Het tijdsafhankelijke fixed-flows bestand is invoer voor het LHM/STONE pre-processing script (zie verbeterpunt 12 / Samenvoegen pre-processing scripts voor LHM en STONE uitvoer), waar het wordt gecombineerd met de tijdsafhankelijke flow data voor de andere link types (*DW_DM*, *DW_ADW*, *DM_DM* en *ADW_SWU*).

3.2 C01 / Niet meer rekenen voor district 0

Het betreft hier 50 district-0 LSW's buiten Zuid-Limburg en de Waddeneilanden die in de LKM 1.0 schematisatie zijn toegekend aan niet-0 districten en waarvoor werd gerekend zonder hydrologische invoer vanuit het LHM met niet-buikbare resultaten al gevolg. Om het doorrekenen van deze LSW's in de vorm van basins en inliggende SWU's in de LKM schematisatie te voorkomen zijn de volgende acties uitgevoerd:

- In de nieuwe versie van de Basin-kaart is het attribuut DWNR (districtsnummer) ingevuld conform de indeling van LSW's van LHM 2.2 (zie verbeterpunt 13). Het LHM/STONE pre-processing script, waarvoor de kaart als invoer dient, skipt de afwateringsgebieden in district 0 (zie verbeterpunt 12). De resulterende Basin invoerbestanden bevatten zo geen afwateringsgebieden meer in district 0.
- Het LHM/STONE pre-processing script gebruikt de nieuwe versie van de SWU-kaart (zie verbeterpunt 13) en skipt alle SWU's in afwateringsgebieden in district 0, gebruikmakend van het attribuut DWNR in de nieuwe Basin-kaart (zie verbeterpunt 12). De resulterende SWU invoerbestanden bevatten zo geen SWU's in district 0 meer.
- De nieuwe link file bevat geen verwijzingen meer naar afwateringsgebieden en SWU's in district 0 (zie verbeterpunt 1).
- Het invoerbestand met diffuse emissies (*1996_2006_DifSources.csv*) is ontdaan van emissies voor basins en SWU's in district 0, in totaal 3800 records met overige N- en P-emissies uit de Emissieregistratie.

3.3 A01 / Koppelen ADW-nodes aan SWU's

Het koppelen van ADW-nodes aan SWU's in plaats van basins-nodes t.b.v. de wateraanvoer is uitgevoerd in het kader van de aanmaak van de nieuwe link file. Zie verbeterpunt 1.

3.4 A02 / Opsplitsen MOZART somdebieten

In LKM 1.0 worden de lozingen op en onttrekkingen uit de LSW's (water) van de LHM-MOZART schematisatie vertaald naar diffuse water-emissies op de samenstellende Basin- en SWU-nodes. Hierbij was steeds sprake van één totaal debiet als som van lozingen en onttrekkingen, waardoor een vertekening ontstaat van het debiet dat door de basins en inliggende SWU's stroomt, met o.a. gevolgen voor de retentie-berekening, gegeven het feit dat de retentie weer afhankelijk is van de gemiddelde verblijftijd van het water in de SWU. Correct is een splitsing is minimaal één lozingstotaaldebiet en één onttrekkingstotaaldebiet. Als voorbereiding op het kunnen doorrekenen van de post verdamping als een speciale onttrekking (zonder medeneming van stof) is het ook zinvol verdamping als derde post te onderscheiden.

De opsplitsing is in het nieuwe LHM/STONE pre-processing script geïmplementeerd door het (negatieve) MOZART debiet EVAPORATION als een diffuse emissie van type *Evap* weg te schrijven en voor de debieten PRECIP, DRAINAGE_SH, DRANAGE_DP, URBAN_RUNOFF, ALLOC_AGRIC, ALLOC_PUBWAT, ALLOC_INDUS, ALLOC_GRHOUS, INFILTR_SH en INFILSTR_DP de som van alle positieve debieten weg te schrijven als een diffuse wateremissie van type *Input* (totaal aan lozingen) en de som van alle negatieve debieten weg te schrijven als een diffuse wateremissie van type *Output* (totaal aan onttrekkingen).

3.5 A06' / Gebruik jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes

Voor KL-, VL- en Basin-nodes worden jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes bepaald in het LHM/STONE pre-processing script, die vervolgens worden weggeschreven in jaar-specifieke SWU en Basin invoerbestanden voor zomer- en winterhalfjaar (in totaal 44 bestanden voor de periode 1996 – 2006). Voor de overige nodes (DM-, DW- en ADW-nodes) worden de (al dan niet dummy) watervolumes uit de SWU-kaart overgenomen.

De watervolumes van de KL-nodes voor het zomer- en winterhalfjaar worden hierbij berekend volgens:

$$V_{SWU,j,hj} = (1 - Ofrac_{Basin,j,hj})^{-1} * \frac{f_t}{(1 - Ofrac_{Basin,j,hj})^{-1} + f_t - 1} * \frac{O_{SWU}}{O_{LSW,j,hj}} * V_{LSW,j,hj}$$

waarbij

$$Ofrac_{Basin,j,hj} = 1 - \frac{O_{SWUs}}{O_{LSW,j,hj}}$$

en

- $V_{SWU,j,hj}$: Watervolume van de SWU voor jaar j en halfjaarsperiode hj (*winter* = januari t/m maart + oktober t/m december, of *zomer* = april t/m september).
- $V_{LSW,j,hj}$: Watervolume van de LSW voor jaar j en halfjaarsperiode hj .
- f_t : Verhouding van de waterdiepte van de SWU t.o.v. waterdiepte van de rest van de LSW als functie van het LSW-watersysteemtype t .
- O_{SWU} : Wateroppervlak van de SWU volgens SWU-kaart.
- O_{SWUs} : Totale wateroppervlak van alle SWU's van de LSW volgens de SWU kaart.
- $O_{LSW,j,hj}$: Wateroppervlak van de LSW voor jaar j en halfjaarsperiode hj .
- $Ofrac_{Basin,j,hj}$: Fractie van het wateroppervlak van de LSW dat wordt ingenomen door de Basin-node voor jaar j en halfjaarsperiode hj .

N.B. Deze formulering is conform Eq. 17 van Bijlage E, waarbij de benadering van Eq. 8 is toegepast, maar niet die van Eq. 9. In een volgende versie van het LKM zal ook de tweede benadering worden geïmplementeerd omdat het hier gaat om twee samenhangende benaderingen.

Het wateroppervlak van de SWU's wordt hierbij aangepast als het totale wateroppervlak van de SWU's meer is dan 70% van het wateroppervlak van de LSW. De wateroppervlakken van de SWU's worden dan geschaald met een factor, zodanig dat de som van de gecorrigeerde wateroppervlakken 70% van het wateroppervlak van de LSW is. Dit voorkomt o.a. de situatie dat som van de wateroppervlakken van de SWU's groter is dan het wateroppervlak van de LSW. Gegeven het feit dat de SWU wateroppervlakken afkomstig zijn van een heel andere bron dan de LSW wateroppervlakken, komt deze situatie ook in praktijk voor.

De factor f_t is bepaald op basis van de zomer- en wintergemiddelde waterdiepten per TOP10 waterlooptype en hydrotype uit de Hydrotypen-kaart, de TOP10 kaart en een koppeling van de Hydrotypen-kaart met de LKM-versie van de LSW-kaart (*KrwLdS_Basins_003.shp*). Hierbij is ervan uitgegaan dat de SWU's binnen een afwateringsgebied het primaire oppervlaktewatersysteem representeren en dat het overige deel van de LSW in de winter het secundaire en tertiaire systeem en in de zomer alleen het secundaire systeem representeert, waarbij het primaire, secundaire en tertiaire systeem overeenkomen met TOP10 waterlooptype 600, 601, resp. 602. De gemiddelde waterdiepte per hydrotype voor het secundaire en tertiaire systeem in de winter is bepaald als een waterlooptype gewogen gemiddelde (waterlooptypes uit de TOP10 kaart). Via de koppeling van de Hydrotypen-kaart met de LSW-kaart is per LSW een f -waarde voor het zomerhalfjaar, het winterhalfjaar en het hele jaar bepaald worden. Door een (ongewogen) middeling van deze waarden over alle LSW's en de LSW's van een bepaald type zijn zo de resultaten in Tabel 3.3 verkregen.

Tabel 3.3 Verhouding van de waterdiepte van de SWU's en de waterdiepte van de rest van de LSW, geschat o.b.v. waterdieptes uit de Hydrotypen-kaart. De vetgedrukte getallen zijn de getallen die uiteindelijk gebruikt zijn voor de parameter f_r .

LSW-type	Zomer	Winter	Jaar
P	1.47	1.47	1.47
V	1.87	1.95	1.91
W	2.20	2.00	2.10
O	1.85	1.78	1.81
Alle typen	1.67	1.73	1.70

Gegeven het feit dat er weinig verschil is tussen de cijfers voor de zomer- en winterperiode is gekozen om de jaarcijfers te gebruiken.

Voor VL-nodes is geen wateroppervlak (O_{SWU}) beschikbaar. Voor deze nodes is daarom gekozen voor een vaste waarde per LSW-type van de verhouding O_{SWU}/O_{LSW} . Deze verhoudingen zijn bepaald o.b.v. de gemiddelde verhoudingen per LSW-type voor de KL-nodes, waarbij ook weer een afkapwaarde van 0.7 is gehanteerd. Zie Tabel 3.4 voor het resultaat.

Tabel 3.4 Gehanteerde waarden voor de verhouding O_{SWU}/O_{LSW} voor VL-nodes.

LSW-type	O_{SWU}/O_{LSW}
P	0.43
V	0.57
W	0.57
O	0.57

3.6 C02 / Gebruik diffuse emissies voor buitenlandse aanvoer

Deze verbeteractie behelst het:

1. Het verplaatsen van de grensoverschrijdende debietgegevens voor de grote en kleine rivieren in de invoerbestanden met puntbronlocaties en -emissies *1996_2006_PointSource_Loc.csv* en *1996_2006_PointSource_Data.csv* naar het invoerbestand met diffuse emissies (*1996_2006_DifSources.csv*).
2. Het verplaatsen van de N- en P-emissiegegevens voor de grensoverschrijdende grote rivieren, behalve de Schelde (verbeterpunt 11 / B04), in de invoerbestanden met puntbronlocaties en -emissies *grote_rivieren_locaties.csv* en *grote_rivieren_vrachten.csv* naar het invoerbestand met diffuse emissies (*1996_2006_DifSources.csv*).
3. Het verplaatsen van N- en P-emissiegegevens voor de kleine grensoverschrijdende rivieren in invoerbestand met diffuse emissies *kleine_rivieren.csv* naar het invoerbestand met diffuse emissies (*1996_2006_DifSources.csv*).

Hiermee worden de invoerbestanden *grote_rivieren_locaties.csv*, *grote_rivieren_vrachten.csv* en *kleine_rivieren.csv* overbodig.

Uit het invoerbestand met diffuse emissies *1996_2006_DifSources.csv* zijn vervolgens de emissiegegevens voor de grensoverschrijdende rivieren (water, N en P) en de gegevens voor de overige emissies uit de Emissieregistratie (N en P), behalve voor de DW- en ADW-nodes (verbeteractie 9 / C03), overgebracht naar bestand *1996_2006_DifSources_aanvullend.csv*. Dit laatste bestand dient nu gebruikt te worden in combinatie met de uitvoer van het pre-processing script voor wat betreft diffuse emissies (water uit LHM, behalve buitenlandse aanvoer, en N en P uit STONE).

3.7 A15 / Correctie KRW-waterlichaam ID's

De correctie van de KRW-waterlichaam ID's is geïmplementeerd door bij de aanmaak van de nieuwe SWU invoerbestanden door het LHM/STONE pre-processing script uit te gaan van de nieuwe SWU-kaart (versie 006) met volledige KRW-waterlichaam ID's.

3.8 A03 / Schut- en lekverliezen niet meenemen

Het niet meer meenemen van schut- en lekverliezen is geïmplementeerd in het LHM/STONE pre-processing script door deze debieten uit de LHM-DM uitvoer te filteren.

3.9 C03 / Implementeren districtsnodes als virtuele koppelnodes

Het implementeren van de districtswaternodes als virtuele nodes, zonder emissies, is gebeurd in het kader van verbeteractie 6 / C02 door geen emissies voor DW- en ADW-nodes op te nemen in bestand *1996_2006_DifSources_aanvullend.csv*, het aanvullende invoerbestand met diffuse emissies. Tevens zullen voor de DW- en ADW-nodes retentievoëfficiënten van 0 gebruikt worden, zodat in deze nodes geen stofretentie meer kan optreden. Zie ook verbeteractie 10 / A16.

3.10 A16 / Herberekenen retentievoëfficiënten

De retentievoëfficiënten voor de verschillende typen van watersystemen zijn herberekend conform de retentieformulering van de KRW-Verkenner (zie Bijlage A). Hierbij is uitgegaan van verblijftijden en retentiefactoren behorend bij een tussentijdse aanpassing van de retentievoëfficiënten (zie Bijlage G). Zie Tabel 3.5 en Tabel 3.6 voor de coëfficiënten zoals die voor LKM 1.0 zijn gebruikt, de coëfficiënten conform de oude formulering behorend bij de tussentijdse update van verblijftijden en retentiefactoren en de coëfficiënten conform de retentieformulering van de KRW-Verkenner, gebruikmakend van de geüpdatete verblijftijden en retentiefactoren.

De cijfers voor de herberekende coëfficiënten en de Update verschillen dus maar weinig, uitgezonderd die voor Laag Nederland. Wel zijn alle herberekende coëfficiënten lager dan die volgens de oude formulering. Dit zou betekenen dat de gemodelleerde concentraties bij gebruik van de herberekende coëfficiënten verder omlaag zullen gaan. Gezien de toch al te lage concentraties van LKM 1.0 is besloten de herberekende coëfficiënten niet te gebruiken, maar wel gebruik te maken van de coëfficiënten van de tussentijdse update. Deze zijn vertaald naar coëfficiënten per type node zoals die in het TAG veld van de Basin- en SWU-kaart zijn vastgelegd (zie Bijlage G). Hierbij zijn tevens de coëfficiënten voor de districtsnodes op 0 gezet (conform verbeterpunt C03 / Implementeren districtsnodes als virtuele koppelnodes) en dit is ook gebeurd voor de DM-nodes van het type 1 en 51 (randnodes zonder fysieke betekenis). Verder zijn coëfficiënten voor nodes gerelateerd aan een O-type LSW (TAG = "O", "LSW_{'O'}" of "KRWwb-inLSW_{'O'}") gelijk gesteld aan de coëfficiënten voor vrij-afwaterend gebied. In LKM 1.0 waren deze nog gelijk aan de coëfficiënten voor polders, maar dat was onlogisch gezien het feit dat het bij een O-type LSW om vrij-afwaterend gebied gaat.

Tabel 3.5 Retentiecoëfficiënten voor stikstof voor verschillende watersystemen zoals gebruikt voor LKM 1.0, bepaald volgens de oude retentieformulering o.b.v. een tussentijdse update van verblijftijden en retentiefactoren en berekend volgens de retentieformulering van de KRW-Verkenner, gebruikmakend van de geüpdatete verblijftijden en retentiefactoren. Significante verschillen tussen de Update en LKM 1.0 zijn met geel weergegeven.

Watersysteem	LKM 1.0	Update	Herberekend
Hoog Nederland; vrij-afwaterend ¹⁾	0.195	0.195	0.195
Hoog Nederland; vrij-afwaterend met wateraanvoer ¹⁾	0.195	0.195	0.195
Laag Nederland; poldergebieden	0.02	0.0198	0.0286
Maas	0.012	0.0117	0.0119
Markermeer	0.0008	0.000719	0.000833
Rijn	0.023	0.0233	0.0238
Randmeren	0.0038	0.00384	0.00444
IJssel	0.034	0.0340	0.0347
IJsselmeer	0.0024	0.00240	0.00278

1) Retentiecoëfficiënten op alternatieve wijze bepaald en niet aangepast.

Tabel 3.6 Retentiecoëfficiënten voor fosfor voor verschillende watersystemen zoals gebruikt voor LKM 1.0, bepaald volgens de oude retentieformulering o.b.v. een tussentijdse update van verblijftijden en retentiefactoren en berekend volgens de retentieformulering van de KRW-Verkenner, gebruikmakend van de geüpdatete verblijftijden en retentiefactoren. Significante verschillen tussen de Update en LKM 1.0 zijn met geel weergegeven.

Watersysteem	LKM 1.0	Update	Herberekend
Hoog Nederland; vrij-afwaterend ¹⁾	0.15	0.150	0.150
Hoog Nederland; vrij-afwaterend met wateraanvoer ¹⁾	0.15	0.150	0.150
Laag Nederland; poldergebieden	0.02	0.0198	0.0286
Maas	0.027	0.0269	0.0283
Markermeer	0.0016	0.000102	0.000104
Rijn	0.054	0.0539	0.0565
Randmeren	0.0079	0.000544	0.000556
IJssel	0.079	0.0786	0.0824
IJsselmeer	0.0049	0.000340	0.000347

1) Retentiecoëfficiënten op alternatieve wijze bepaald en niet aangepast.

3.11 B04 / Geen emissies op node DM200

Het niet mee meenemen van de grensoverschrijdende N- en P vrachten voor de Schelde is geïmplementeerd in combinatie met verbeteractie 6 /C02. Zie par. 3.6.

3.12 C04 / Samenvoegen pre-processing scripts voor LHM en STONE uitvoer

In kader van het samenvoegen en consolideren van de pre-processing scripts is een nieuw R-script (<http://www.r-project.org/>) ontwikkeld voor de verwerking van het tijdsafhankelijke deel van de LHM en STONE uitvoer tot invoer voor de KRW-Verkenner op basis van de van de LKM schematisatie in de vorm van de basin- en SWU-kaart en het link-bestand (Smit en Mulder 2014).

Het script genereert voor een serie van jaren de volgende KRW-Verkenner invoerbestanden:

1. Basin-bestanden voor elk zomerhalfjaar (kwartalen 2 en 3) en elk winterhalfjaar (kwartalen 1 en 4) voor alle jaren. De bestanden bevatten o.a. door het script berekende watervolumes en wateroppervlaktes voor de Basin-nodes. Zie verbeterpunt A06' / Gebruik jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes.
2. SWU-bestanden voor elk zomerhalfjaar (kwartalen 2 en 3) en elk winterhalfjaar (kwartalen 1 en 4) voor alle jaren. De bestanden bevatten o.a. door het script berekende watervolumes en wateroppervlaktes voor KL- en VL-nodes. Zie verbeterpunt A06' / Gebruik jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes
3. Bestand met 'internal flows' voor de hele rekenperiode. Bevat de relatieve en absolute debieten langs de links van de LKM-schematisatie, bepaald op basis van de LHM-uitvoer (DM en MOZART).
4. Bestanden met diffuse emissies voor alle jaren. Bevat alle 'wateremissies' (forceringen) uit het LHM uitvoer (DM en MOZART), behalve de grensoverschrijdende aanvoer via de grote en kleine rivieren, en de omgerekende N- en P-emissies uit STONE.

3.13 A14 / Update overlay STONE grid-kaart met LSW-kaart

Toekenning van diffuse emissies uit het landelijke gebied (uit- en afspoeling) gebeurt nu met een overlay van de STONE grid-kaart (250x250 m2 cellen) met een vergridde versie van de basin-kaart, wat bij kleine afwateringsgebieden kan leiden tot fouten in de diffuse stofbelasting.

De grid overlay is nu vervangen door een overlay van de polygoon-versie van de STONE plot-kaart met de Basin 003 kaart. De resulterende overlay wordt nu binnen het pre-processing script gebruikt om STONE emissies voor Basin-nodes te berekenen (zie verbeterpunt C04 / Samenvoegen pre-processing scripts voor LHM en STONE uitvoer).

3.14 Update basin- en SWU-kaarten

In het kader van de verbeteracties zijn er nieuwe versies van de Basin- en SWU-kaart gemaakt uitgaande van versie 003 van de basiskaart met afwateringseenheden (*KrwLdS_Basins_003.shp*) en versie 005 van de basiskaart met oppervlaktewatereenheden (*KrwLdS_SWUs_005.shp*).

Dit is primair gebeurd in het kader van de verbeteracties 5 (Gebruik jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes) en 12 (Samenvoegen pre-processing scripts voor LHM en STONE uitvoer). Daarnaast zijn nog enkele kleine correcties toegepast.

In de Basin-kaart is de volgende aanpassing doorgevoerd:

1. De attributen WATERHSURF, WATERVOL en WATERLEN zijn op de (dummy) waarde 1 gezet.
De oude waarden voor deze attributen zijn obsoleet of dummy waarden. Geen van de attributen wordt nog gebruikt binnen de nieuwe versie van het LKM. De attributen WATERHSURF en WATERLEN werden ook al niet gebruikt in LKM 1.0. In de nieuwe versie van het LKM wordt ook attribuut WATERVOL niet meer gebruikt. In plaats daarvan worden de jaarafhankelijke zomer- en wintervolumes gebruikt uit de Basin-invoerbestanden, die door het LHM/STONE pre-processing script worden gegenereerd.
2. De naam van attribuut Tag is veranderd in 'TAG'.
Dit t.b.v. het LHM/STONE pre-processing script dat de naam van het attribuut in hoofdletters verwacht.

Resultaat is versie 005 van de Basin-kaart (*KrwLdS_Basins_005.shp*).

In de SWU-kaart zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

1. Attribuut WATERHSURF is voor VL-, DW- en ADW-nodes op de dummy waarde 1 gezet.
Alleen voor KL-nodes en (het grootste deel van de) DM-nodes kent dit attribuut zo nog reële waarden. De attribuut-waarden voor KL-nodes worden in het LHM/STONE pre-processing script gebruikt voor het berekenen van watervolumes.
2. Attribuut WATERVOL is op de dummy waarde 1 gezet behalve voor DM-nodes.
Alleen voor (het grootste deel van de) DM-nodes kent dit attribuut zo nog reële waarden. Het LHM/STONE pre-processing script schijft de waarde van dit attribuut naar de SWU invoerbestanden, behalve voor KL- en VL-nodes.
3. Attribuut WATERLEN is op dummy waarde 1 gezet.
Wordt niet gebruikt.
4. De Tag-waarden uit invoerbestand *swu-tagged.csv* zijn overgenomen en gekopieerd naar attribuut Tag van de kaart.
5. De naam van attribuut Tag is veranderd in 'TAG'.
Dit t.b.v. het LHM/STONE pre-processing script dat de naam van het attribuut in hoofdletters verwacht.
6. De waarde van attribuut WATERBODID (ID KRW-waterlichaam) verwijderd voor de SWU's DM203, DM204 en DM205.
Betreft de SWU's van KRW-waterlichaam NL95_3A (Hollandse kust / kustwater) waarvoor niet zinvol gerekend kan worden door het LKM. Het verwijderen voorkomt dat er voor dit waterlichaam stofconcentraties worden berekend.
7. Attribuut WATERBODID (ID KRW-waterlichaam) van SWU DM60081 gevuld met de waarde 'NL91ZM'. SWU DM60081 is onderdeel van KRW-waterlichaam NL91ZM (Zandmaas).

Resultaat is versie 006 van de SWU-kaart (*KrwLdS_SWUs_006.shp*).

4 Nieuwe structuur LKM

De verbeteracties hebben geleid tot een gewijzigde structuur van het LKM. Het nieuwe LKM werkt nog wel steeds met de KRW-Verkenner 2.0.0 als modelprogramma, maar de pre-processing programmatuur is nu echter geheel nieuw van opzet van betreft de verwerking van de LHM 2.2 en STONE 2.4 uitvoer. De overige pre-processing programmatuur t.b.v. de verwerking van N- en P-emissie gegevens uit RWZlbase en de Emissieregistratie is niet gewijzigd (maar zal te zijner tijd wel worden opgenomen in de nieuwe pre-processing programmatuur om het beheer en onderhoud van het LKM te vereenvoudigen).

De (tijdsafhankelijke) schematisatie bestaat nu uit de volgende kaarten en bestanden:

1. *KrwLdS_Basins_005.shp*

Basiskaart met basins voor heel Nederland. Gekuiste versie van de LHM 2.2 LSW-kaart. De velden WATERVOL, WATERHSURF en WATERLEN zijn gevuld met de dummy waarde 1. Dit betekent dat de basin kaart niet meer voor berekeningen gebruikt kan worden, tenzij de het veld WATERVOL wordt gevuld met watervolumes, zoals die door het LHM/STONE pre-processing script worden geleverd. Wel kunnen de basin-kaarten voor de zomer- en winterperiode, die uitvoer zijn van het pre-processing script, voor berekeningen gebruikt worden. Deze bevatten langjarig-gemiddelde wateroppervlaktes en watervolumes voor de zomer, respectievelijk winterperiode.

2. *Krw_LdS_Basins_<jaar>_<halfjaar>.csv*

Serie invoerbestanden met basins, waarbij <jaar> = 1996...2006 en <halfjaar> = "summer" of "winter". Afgeleiden van shape file *KrwLdS_Basins_005.shp* middels het LHM/STONE pre-processing script. De bestanden verschillen alleen wat betreft de inhoud van veld WATERVOL. De afwateringsgebieden in Zuid-Limburg en op de Waddeneilanden en de overige verspreide district-0 afwateringseenheden zijn hier uitgefilterd.

3. *KrwLdS_SWUs_006.shp*

Basiskaart met SWU's. Gebaseerd op de LHM 2.2 schematisatie (DM-schematisatie en LSW-kaart) en de kaart met KRW-waterlichamen uit de eerste stroomgebiedbeheerplannen 2009-2015. Het veld WATERVOL is alleen gevuld met reële waarden voor SWU's in de vorm van DM-nodes (ID begint met 'DM'). Het veld WATERHSURF is alleen gevuld met reële waarden voor SWU's in de vorm van DM-nodes en onderdelen van KRW-waterlichamen binnen basins (ID begint met 'KL'). De overige WATERVOL en WATERHSURF velden, evenals alle WATERLEN velden, zijn gevuld met de dummy waarde 1. Dit betekent dat de SWU kaart niet meer voor berekeningen gebruikt kan worden, tenzij voor SWU's in de vorm van delen van KRW-waterlichamen binnen afwateringsgebieden (ID begint met 'KL' of 'VL') het veld WATERVOL wordt gevuld met watervolumes, zoals die door het LHM/STONE pre-processing script worden berekend. Wel kunnen de SWU-kaarten voor de zomer- en winterperiode, die uitvoer zijn van het pre-processing script, voor berekeningen gebruikt worden. Deze bevatten langjarig-gemiddelde wateroppervlaktes en watervolumes voor de zomer, respectievelijk winterperiode.

4. *KrwLdS_SWUs_<jaar>_<halfjaar>.csv*
Serie invoerbestanden met SWU's, waarbij <jaar> = 1996...2006 en <halfjaar> = "summer" of "winter". Afgeleiden van *KrwLdS_SWUs_006.shp* middels het LHM/STONE pre-processing script. De SWU's binnen de afwateringsgebieden van Zuid-Limburg en op de Waddeneilanden en binnen de overige verspreide district-0 afwateringsgebieden (ID begint met 'KL' of 'VL') zijn hier uitgefilterd, evenals de SWU's in de vorm van delen van KRW-waterlichamen buiten de afwateringsgebieden, zijnde geen DM-nodes (ID begint met 'KL').
5. *KrwLdS_Links.csv*
Invoerbestand met de links tussen de nodes van de LKM-schematisatie. Gebaseerd op de DM links uit LHM 2.2 en de LKM update van de LSW-routing van LHM 2.2.
6. *KrwLdS_PointSourceLoc.csv*
Invoerbestand met puntbronnen in de vorm van RWZI's. De RWZI-lozingslocaties (in de vorm van de SWU waarop wordt geloosd) zijn hierbij gebaseerd X/Y-coördinaten uit RWZlbase (CBS), aangevuld met X/Y-coördinaten uit de Emissieregistratie.
7. *KrwLdS_RetentionCoefficients.xlsx*
Invoerbestand met retentiecöefficiënten (invoer van de retentiecöefficiënten in sheet *Operationeel* via Copy/Paste)

Het tijdsafhankelijke deel van het LKM 1.1 bestaat uit de volgende invoerbestanden met debieten en stikstof en fosfor emissies:

8. *KrwLdS_InternalFlows.csv*
Invoerbestand met stromingsgegevens in de vorm van absolute en relatieve debieten langs de links voor de periode 1996-2006. Uitvoer van pre-processing script.
9. *KrwLdS_PointSourceData.csv*
Invoerbestand met puntbronemissies in de vorm van bruto N- en P-emissies met zuiveringsrendementen voor RWZI's voor de periode 1996-2006. Data afkomstig uit RWZlbase.
10. *KRWLdS_EmissionsDiffuseSources_<jaar>.csv*
Serie invoerbestanden met diffuse emissies, waarbij <jaar> = 1996...2006. Bevat 'wateremissies' (lozingen en onttrekkingen) en stofemissies in de vorm uit- en afspoeling van N en P uit het landelijk gebied op de nodes van de LKM-schematisatie. Data uit LHM 2.2 en STONE 2.4 (EMW2012 runs).
11. *KrwLdS_DifSources_additional.csv*
Invoerbestand met diffuse emissies voor de periode 1996-2006 in de vorm van debieten en N- en P-vrachten voor grensoverschrijdende (grote en kleine) rivieren en overige N- en P-emissies. Data afkomstig uit LHM 2.2, DONAR (MWTL metingen, de KRW-ECHO-database en de Emissieregistratie).

5 Validatie

5.1 Inleiding

De validatie is op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de eerste versie van het LKM, ontwikkeld in het kader van de *Landelijke pilot KRW-Verkenner* met een vergelijking van gemodelleerde en gemeten concentraties voor de periode 1996-2006 (Roovaart et al. 2012).

5.2 Hoofdwaters

Voor een serie MWTL-meetpunten zijn de gemodelleerde kwartaalconcentraties voor N-totaal en P-totaal vergeleken met kwartaal-gemiddelde meetwaarden. Hierbij zijn ook nu de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel uit de oorspronkelijke validatieset niet meegenomen in de vergelijking.

In Tabel 5.1 en Tabel 5.2 zijn de resultaten van de vergelijking voor N-totaal weergegeven voor zowel de eerste versie van het LKM (1.0) als de nieuwe versie 1.1.

Tabel 5.1 Gemiddelde verhouding (in %) tussen de gemodelleerde en gemeten N-totaal concentratie voor de set van MWTL meetpunten (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel) per kwartaal en jaar plus geaggregeerde waarden voor LKM 1.0.

kwart.	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	gem.
1	84	68	85	89	83	88	77	79	88	84	87	83
2	88	78	78	82	88	95	85	84	91	101	94	88
3	93	101	102	89	102	100	88	82	96	90	100	95
4	85	82	96	125	82	94	90	81	106	88	93	93
gem.	88	82	90	96	89	94	85	82	95	91	94	90

Tabel 5.2 Gemiddelde verhouding (in %) tussen de gemodelleerde en gemeten N-totaal concentratie voor de set van MWTL meetpunten (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel) per kwartaal en jaar plus geaggregeerde waarden voor LKM 1.1.

Kwart.	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	gem.
1	84	68	85	89	83	87	76	79	88	83	87	83
2	86	76	76	80	86	93	84	82	89	98	92	86
3	94	101	100	89	101	97	88	81	95	89	99	94
4	88	85	98	131	84	97	92	83	111	92	96	96
gem.	88	82	90	97	88	94	85	81	96	91	94	90

De cijfers laten weinig veranderingen zien en de overall verhouding gemodelleerd/gemeten voor N-totaal is, met 90%, zelfs niet veranderd. Dit is conform de verwachting aangezien er wat betreft de schematisatie van het hoofdwatersysteem en N-totaal nauwelijks veranderingen hebben plaatsgevonden t.o.v. de eerste versie van het LKM. Kleine effecten waren alleen te verwachten als gevolg van iets gewijzigde retentiecoëfficiënten en een wat andere toestroom van N vanuit de regionale wateren.

In Tabel 5.3 en Tabel 5.4 zijn de resultaten van de vergelijking voor P-totaal weergegeven voor LKM 1.0 en LKM 1.1.

Tabel 5.3 Gemiddelde verhouding (in %) tussen de gemodelleerde en gemeten P-totaal concentratie voor de set van MWTL meetpunten (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel) per kwartaal en jaar plus geaggregeerde waarden voor LKM 1.0.

kwart.	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	gem.
1	116	107	105	131	97	114	104	137	113	90	91	110
2	110	101	100	97	89	108	99	99	79	99	90	97
3	94	103	99	74	93	90	95	84	85	79	79	89
4	101	92	136	127	94	115	127	85	75	87	84	102
gem.	105	101	110	107	93	107	106	101	88	89	86	99

Tabel 5.4 Gemiddelde verhouding (in %) tussen de gemodelleerde en gemeten P-totaal concentratie voor de set van MWTL meetpunten (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel) per kwartaal en jaar plus geaggregeerde waarden voor LKM 1.1.

kwart.	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	gem.
1	141	119	119	148	109	137	114	155	124	107	112	126
2	141	122	114	113	112	135	114	116	103	125	107	118
3	119	126	114	92	123	109	120	102	103	99	96	109
4	118	111	155	143	116	153	146	107	99	115	104	124
gem.	130	119	126	124	115	134	123	120	107	112	105	120

Voor P-totaal zijn de verhoudingen gemodelleerd/gemeten dus wel duidelijk veranderd, waarbij de nieuwe verhouding te hoog uitkomt met 120% tegen 99% voor LKM 1.1. Dit zal zijn oorzaak voornamelijk hebben in de veel lagere retentievoëfficiënten voor P-totaal die in de nieuwe LKM versie zijn gehanteerd voor IJsselmeer, Markermeer en de Randmeren. Vooral voor het Wolderwijd en Veluwemeer worden veel te hoge P-concentraties berekend.

Ook zijn de *bias factor*, *confidence factor* (foutfactor) en de *confidence based modelling efficiency* bij absoluut en relatief gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde concentraties bepaald, en vergeleken met de overeenkomstige waarden voor LKM 1.0 (Roovaart et al. 2012). Zie Tabel 5.5 voor de LKM 1.0 waarden en Tabel 5.6 voor de nieuwe waarden.

Tabel 5.5 Waarden voor LKM 1.0 van de bias factor (BF), 95%-confidence factor (CF) en de 95%-confidence based modelling efficiency (cME) voor zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties bij absoluut modelgebruik voor de hoofdwateren (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel).

Parameter	Periode	BF	CF	cME
N-totaal	Zomer	0.77	3.85	-1.99
N-totaal	Winter	0.78	2.86	-0.65
P-totaal	Zomer	0.74	3.88	-0.50
P-totaal	Winter	0.88	3.32	-0.30

Tabel 5.6 Waarden voor LKM 1.1 van de bias factor (BF), 95%-confidence factor (CF) en de 95%-confidence based modelling efficiency (cME) bij absoluut gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties voor de hoofdwateren (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel).

Parameter	Periode	BF	CF	cME
N-totaal	Zomer	0.76	3.85	-1.98
N-totaal	Winter	0.79	2.89	-0.70
P-totaal	Zomer	0.87	3.77	-0.43
P-totaal	Winter	1.01	3.30	-0.29

Bij absoluut gebruik van de gemodelleerde concentraties zijn de verschillen tussen de de performance van de oude en nieuwe versie van het systeem gering. De CF- en cME-waarden, behalve die voor N-totaal / winter, zijn iets beter. Het enige duidelijke verschillen zijn de bias factoren voor P-totaal. Deze bias factor stijgt voor de zomer van 0.74 naar 0.87 en voor de winter van 0.88 naar 1.01, en is dus beter geworden. Dit lijkt in tegenspraak met de stijging van de overall gemiddelde verhouding gemodelleerd/gemeten voor P-totaal van 99% naar 120% (zie Tabel 5.3, resp. Tabel 5.4), wat juist duidt op een verslechtering. Hierbij moet bedacht worden dat de bias factor weliswaar ook een gemiddelde verhouding gemodelleerd/gemeten representeert, maar dat het dan gaat om een geometrisch gemiddelde i.p.v. een gewoon (rekenkundig) gemiddelde. Het feit dat geometrische gemiddelden altijd lager uitvallen dan rekenkundige gemiddelden, kan de verschillende conclusies verklaren. M.a.w. er zit ook nog het een en ander aan 'ruis' bij de keuze van de performance criteria.

Voor de situatie van relatief modelgebruik zijn in Tabel 5.7 de performance getallen voor het oude systeem weergegeven, en in Tabel 5.7 de overeenkomstige getallen voor het nieuwe systeem.

Tabel 5.7 Waarden voor LKM 1.0 van de 95%-confidence factor (CF) bij $m = \infty$ (minimum waarde) en $m = 1$ (maximum waarde) en de confidence based modelling efficiency (cME) bij relatief gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties voor de hoofdwatersen (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel).

Parameter	Periode	CF	cME
N-totaal	Zomer	1.35 - 1.52	0.32
N-totaal	Winter	1.43 - 1.67	0.05
P-totaal	Zomer	1.68 - 2.08	0.13
P-totaal	Winter	1.91 - 2.51	-0.38

Tabel 5.8 Waarden voor LKM 1.1 van de 95%-confidence factor (CF) bij $m = \infty$ (minimum waarde) en $m = 1$ (maximum waarde) en de confidence based modelling efficiency (cME) bij relatief gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties voor de hoofdwatersen (zonder de meetpunten bij Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel).

Parameter	Periode	CF	cME
N-totaal	Zomer	1.34 - 1.52	0.33
N-totaal	Winter	1.44 - 1.67	0.05
P-totaal	Zomer	1.68 - 2.09	0.11
P-totaal	Winter	1.91 - 2.50	-0.37

De getallen laten zien dat de veranderingen in performance wat betreft het relatief modelgebruik voor de hoofdwatersen nihil is.

5.3 Regionale wateren

Ook de regionale wateren zijn gevalideerd conform de methode van de *Landelijk pilot KRW-Verkenner* (Roovaart et al. 2012), zij het minder uitgebreid. Verder is stroomgebied *Bovenloop Aa* nu niet in de validatie meegenomen. Als gevolg van het gebruik van de nieuwe afwateringsrelaties - met overschrijdingen van de LHM districtsgrenzen - wordt nu bijna al het water binnen het betreffende LHM district 63 rechtstreeks afgevoerd naar district 62. Hierdoor is de afvoer vanuit district 62 via het LHM districtswater niet meer representatief voor de totale afvoer vanuit het district, en kan dit ook niet meer vergeleken worden met meetgegevens voor stroomgebied *Bovenloop Aa*.

In Tabel 5.9 en Tabel 5.10 is voor respectievelijk LKM 1.0 en LKM 1.1 een vergelijking gemaakt van berekende en gemeten concentraties in de vorm van langjarige gemiddelden (1996-2006) voor zomer en winter.

Tabel 5.9 Overzicht voor LKM 1.0 van langjarig (11 jaar) gemiddelde berekende en gemeten concentraties N-totaal en P-totaal (mg/l) voor het zomer- en het winterhalfjaar.

		N-totaal			P-totaal		
		polder	vrij afwat	vrij afwat +aanvoer	polder	vrij afwat	vrij afwat +aanvoer
zomer	gemeten	3.2	5.2	4.6	0.46	0.19	0.31
	berekend	3.3	2.8	2.2	0.28	0.19	0.19
	%	103	54	48	61	100	61
winter	gemeten	5.5	7.4	6.6	0.37	0.20	0.32
	berekend	5.1	4.9	3.8	0.40	0.21	0.22
	%	93	66	58	108	105	69

Tabel 5.10 Overzicht voor LKM 1.1 van langjarig (11 jaar) gemiddelde berekende en gemeten concentraties N-totaal en P-totaal (mg/l) voor het zomer- en het winterhalfjaar zonder stroomgebied *Bovenloop Aa* (in vrij-afwaterend gebied met wateraanvoer).

		N-totaal			P-totaal		
		polder	vrij afwat	vrij afwat +aanvoer	polder	vrij afwat	vrij afwat +aanvoer
zomer	gemeten	3.2	5.2	4.6	0.46	0.19	0.30
	berekend	3.5	2.9	1.7	0.29	0.20	0.16
	%	109	56	37	63	105	53
winter	gemeten	5.5	7.4	6.5	0.37	0.20	0.31
	berekend	5.2	4.8	3.7	0.40	0.21	0.20
	%	95	65	57	108	105	65

De cijfers voor de nieuwe versie van het LKM laten nog steeds het zelfde wisselende beeld zien met een aantal gemiddelde berekende concentraties die dicht tegen de gemiddelde gemeten waarden aanliggen en een aantal berekende concentraties die duidelijk te laag zijn, zoals N-totaal en P-totaal concentraties in vrij-afwaterende gebieden met wateraanvoer, N-totaal concentraties in vrij-afwaterende gebieden en zomergemiddelde P-totaal concentraties in poldergebieden.

Ook zijn de *bias factor*, *confidence factor* (foutfactor) en de *confidence based modelling efficiency* bij absoluut en relatief gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde concentraties bepaald en vergeleken met de overeenkomstige waarden voor LKM 1.0.

Zie Tabel 5.11 voor de LKM 1.0 waarden bij absoluut modelgebruik en Tabel 5.12 voor de overeenkomstige LKM 1.1 waarden.

Tabel 5.11 Waarden voor LKM 1.0 van de bias factor (BF), 95%-confidence factor (CF) en de 95%-confidence based modelling efficiency (cME) bij absoluut gebruik van zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties voor de regionale wateren.

Parameter	Periode	BF	CF	cME
N-totaal	Zomer	0.66	6.25	-2.43
N-totaal	Winter	0.76	3.03	-0.64
P-totaal	Zomer	0.73	9.16	-0.94
P-totaal	Winter	1.09	2.72	0.40

Tabel 5.12 Waarden voor LKM 1.1 van de bias factor (BF), 95%-confidence factor (CF) en de 95%-confidence based modelling efficiency (cME) bij absoluut gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties voor de regionale wateren (zonder stroomgebied Bovenloop Aa).

Parameter	Periode	BF	CF	cME
N-totaal	Zomer	0.67	4.69	-1.43
N-totaal	Winter	0.77	3.02	-0.62
P-totaal	Zomer	0.74	4.53	0.10
P-totaal	Winter	1.10	2.54	0.48

De bias factoren zijn dus nauwelijks veranderd. Met uitzondering van P-totaal in de winter, zijn de bias factoren nog steeds te laag.

Wel zijn de foutfactoren voor de twee winter concentraties duidelijk verbeterd, evenals de bijbehorende modelling efficiencies. Niettemin blijven de verschillen tussen gemodelleerde en gemeten waarden groot en ook de modelling efficiencies (behalve misschien voor wintergemiddelde P-totaal concentraties) zijn te laag met waarden dichtbij 0 en zelfs beneden 0.

Zie Tabel 5.13 voor de LKM 1.0 waarden van de *confidence factor* (foutfactor) en *confidence based modelling efficiency* bij relatief modelgebruik en Tabel 5.14 voor de overeenkomstige waarden voor LKM 1.1.

Tabel 5.13 Waarden voor LKM 1.0 van de 95%-confidence factor (CF) bij $m = \infty$ (minimum waarde) en $m = 1$ (maximum waarde) en de confidence based modelling efficiency (cME) bij relatief gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties voor de regionale wateren.

Parameter	Periode	CF	cME
N-totaal	Zomer	3.08 - 4.91	-4.55
N-totaal	Winter	1.63 - 2.00	-0.31
P-totaal	Zomer	5.25 - 10.4	-7.17
P-totaal	Winter	1.77 - 2.24	0.03

Tabel 5.14 Waarden voor LKM 1.1 van de 95%-confidence factor (CF) bij $m = \infty$ (minimum waarde) en $m = 1$ (maximum waarde) en de confidence based modelling efficiency (cME) bij relatief gebruik van gemodelleerde zomer- en wintergemiddelde N-totaal concentraties voor de regionale wateren (zonder stroomgebied Bovenloop Aa).

Parameter	Periode	CF	cME
N-totaal	Zomer	2.04 - 2.74	-1.23
N-totaal	Winter	1.65 - 2.03	-0.38
P-totaal	Zomer	2.19 - 3.02	-0.83
P-totaal	Winter	1.74 - 2.19	0.07

De cijfers laten zien dat voor de twee zomerconcentraties de foutfactoren duidelijk verbeterd zijn evenals de bijbehorende modellering efficiencies. De performance voor de winter concentraties is echter ongeveer gelijk gebleven. De extreem lage gemodelleerde zomer concentraties, zoals die door LKM 1.0 werden berekend, zijn bij de nieuwe versie verdwenen. Dit lijkt de belangrijkste oorzaak van de performance verbetering voor de zomer concentraties.

De nieuwe cijfers laten zien dat de foutfactoren nog steeds hoog zijn en dat alleen voor de twee winter concentraties een nauwkeurigheid binnen een factor 2 gehaald kan worden indien bij het relatieve modelgebruik van voldoende lange meetreeksen gebruik wordt gemaakt. Voor meetreeksen van 10 jaar ($m = 10$) komt de foutfactor al dicht tegen het minimum (voor $m = \infty$) aan.

Uit efficiency overwegingen is zelfde procedure van valideren gehanteerd als voor de eerste versie van het Landelijk KRW-Verkenner Model, waarbij de LSW-routing van LHM 2.2 werd gebruikt en waarbij de afvoerrelaties niet districtsgrenzen passeren. Uitgaande van dit principe is indertijd de validatie opgezet en is de waterafvoer van hele districten via de districtswateren de basis geworden van de validatie. Echter, de aanpassingen in de afvoerrelaties voor het LHM-MOZART deel van de LKM schematisatie hebben geleid tot een serie afvoerrelaties die wél de districtsgrenzen overschrijden. Dit heeft er toe geleid dat de oude validatie procedure nu minder betrouwbaar is geworden. Omdat de vergelijking wordt uitgevoerd voor stroomgebieden, bestaande uit (eventueel opgeschaalde) ECHO-stroomgebieden en LHM-districten, is de procedure met name minder betrouwbaar voor stroomgebieden waarbij, volgens de LSW-routing, waterafvoer vanuit het stroomgebied plaatsvindt naar een buiten het stroomgebied liggend LHM-district. Het duidelijkste voorbeeld daarvan is het eerder genoemde stroomgebied *Bovenloop Aa* (= LHM district 631), waarvan de afvoer via het districtswater nu niet meer zinvol kan worden vergeleken met meetgegevens. Behalve in dit geval – waarbij het betreffende stroomgebied dan ook niet meer is meegenomen met de validatie - zullen er waarschijnlijk meer gevallen zijn waarin de vergelijking van gemodelleerde en meetgegevens minder gelukkig is. Dit betekent dat de performance van het nieuwe model waarschijnlijk enigszins is onderschat.

Bij het opnieuw toepassen van de gehanteerde validatie procedure zal deze dan ook eerst gecontroleerd moeten worden op de effecten van districtoverschrijdingen en zo nodig moeten worden aangepast.

De effecten van districtoverschrijdingen zullen ernstiger zijn in het geval van de vergelijking van berekende en gemeten afvoerdebieten. Deze vergelijking is wel gemaakt, maar wordt om deze reden hier niet gepresenteerd.

6 Conclusies en aanbevelingen

Het Landelijk KRW-Verkenner Model is op een aantal punten aangepast, waarvan de completering en correctie van de afvoerrelaties van het LHM-MOZART deel van de LKM-schematisatie en de nieuwe methode voor het seizoens- en jaarafhankelijk verdelen van de LSW watervolumes over de corresponderende nodes in de LKM-schematisatie, de belangrijkste zijn. Met de completering van de afvoerrelaties is het nu ook mogelijk om op basis van de LKM-schematisatie automatisch beïnvloedingsgebieden van KRW-waterlichamen te genereren. Daarnaast is er een belangrijke stap gezet in de onderhoudbaarheid van het systeem door de koppeling van het LKM met het LHM en STONE model vast te leggen in een geïntegreerde en geautomatiseerde procedure in de vorm van een R-script.

De validatie van het nieuwe systeem laat zien dat de performance voor de hoofdwateren nauwelijks is veranderd. Dit was overigens ook niet de verwachting om dat de aanpassingen zich voornamelijk gericht hebben op het LHM-MOZART deel van de schematisatie. De grote onzekerheden in de gemodelleerde N-totaal en P-totaal concentraties voor de hoofdwateren blijven zo bestaan.

De performance voor de regionale wateren, op het niveau van de 79 (opgeschaalde) ECHO-stroomgebieden, is wat betreft de systematische onder- of overschatting van de concentraties niet veel veranderd ten opzichte van de eerste versie van het Landelijk KRW-Verkenner Model en laat nog steeds een sterk wisselend patroon zien afhankelijk van de stof (N of P), het seizoen (zomer of winter) en het type gebied (polder, vrij-afwaterend of vrij-afwaterend met wateraanvoer). Het voorspellend vermogen voor zomergemiddelde N-totaal en P-totaal concentraties is wel duidelijk verbeterd, al blijven ook hier grote onzekerheden bestaan in de gemodelleerde concentraties. Het maximale voorspellende vermogen wordt verkregen door de gemodelleerde concentraties relatief toe te passen, gebaseerd op meetreeksen van een lange serie van jaren (10 jaar of meer).

In het kader van de in dit rapport beschreven aanpassingen aan het LKM zijn echter maar een beperkt deel van de knelpunten opgelost en zijn er nog een aantal mogelijkheden de performance van het systeem te verbeteren.

De belangrijkste resterende knelpunten zijn:

1. De gebruikte DM-schematisatie voldoet op een aantal punten niet:
 - De schematisatie is te grof of de grenzen tussen de DM-wateren liggen zodanig dat veel KRW-waterlichamen niet binnen de DM-schematisatie, en dus LKM-schematisatie, gedefinieerd kunnen worden.
 - Delen van de DM-schematisatie kunnen moeilijk aan de werkelijke situatie gekoppeld worden, met name het Benedenrivierengebied, de instroom van water vanuit België via de Boven Mark en Aa of Weerijns en situatie rond de Dommel en Tongelreep.
 - Door de grove schematisatie van het centrale merengebied (IJsselmeer, Ketelmeer, Markermeer, Randmeren) is het moeilijk om een bruikbare set van retentiecöëfficiënten voor deze meren te definiëren.

- De koppeling tussen de DM-schematisatie en de MOZART schematisatie via de een enkel districtswater per district, nu 1 op 1 overgenomen in de LKM-schematisatie, is veel te grof en niet geschikt voor waterkwaliteitsberekeningen, gegeven de onrealistische menging van water die hiermee plaatsvindt.
- 2. De nalevering van fosfaat uit de waterbodem zou in een aantal situaties en met name in de zomerperiode een significante emissiebron kunnen zijn, maar wordt nu niet meegenomen in het LKM.
- 3. De gebruikte retentievoëfficiënten lijken onvoldoende de werkelijkheid te kunnen beschrijven gezien de in een aantal situaties systematisch te laag berekende concentraties.
- 4. Het LKM 1.1 is nog gebaseerd op de oude LHM 2.2 versie. Intussen is ook de 3.0 versie beschikbaar. Hierdoor is het nu bijvoorbeeld met het LKM niet mogelijk Zuid-Limburg door te rekenen of aan te sluiten op de Delta scenario's.
- 5. Het LKM 1.1 maakt nu gebruik van een eigen versie van de LSW-routing waardoor mogelijk ongewenste verschillen kunnen ontstaan tussen de afvoer en aanvoer van water, zoals berekend door het LHM en het LKM.
- 6. Het gelijktijdig gebruik van twee hydrologieën, die van het LHM en die van STONE, voegt een onbekende hoeveelheid ruis toe aan de modelresultaten. Deze situatie zal blijven voort bestaan zoals het LKM gebruik maakt van STONE en STONE nog geen gebruik maakt van de LHM hydrologie.
- 7. De STONE schematisatie is te grof voor de schaal waarop er binnen het LKM gerekend wordt.

De problemen met de DM-schematisatie zijn voor een deel op te lossen door delen van de DM-schematisatie te converteren naar een voor het LKM geschiktere schematisatie. Dat is waarschijnlijk mogelijk voor het Benedenrivierengebied, de situatie rond de Boven Mark en Aa of Weerij en de Dommel en Tongelreep en voor het centrale merengebied. Ook moet het mogelijk zijn de grenzen tussen DM-knopen van de grote rivieren te 'verplaatsen'. Dat laatste is nu ook gebeurd voor een afgeleide van de LKM-schematisatie, gebruikt voor het doorrekenen van de ecologie voor de Rijkswateren. Wat niet mogelijk is, is een verfijning van de schematisatie van de boezemstelsels om zo de inliggende KRW-waterlichamen binnen de LKM-schematisatie te kunnen definiëren. Hiervoor kan het DM-model niet de benodigde gegevens leveren. Het hier dus slechts om een gedeeltelijke oplossing, zonder uitzicht op een definitieve oplossing, daar het niet in de lijn der verwachting ligt dat de DM-schematisatie op termijn verfijnd zal worden.

Een andere oplossing voor het DM-schematisatie probleem, met meer perspectief, ligt in het aansluiten van het LKM op het Landelijk Sobek Model (LSM) in plaats van op DM. De schematisatie van het LSM vormt in feite een dusdanig verfijning van de DM-schematisatie, dat waarschijnlijk wel alle relevante KRW-waterlichamen een plek kunnen krijgen, inclusief de waterlichamen in de boezems. Wel zal hiervoor een tool moeten worden ontwikkeld die een Sobek schematisatie en waterbeweging omzet in een KRW-Verkenner schematisatie en in (geaggregeerde) randvoorwaarden voor een KRW-Verkenner waterbeweging. Een dergelijke tool kan mogelijk ook nuttig toegepast worden door de waterschappen bij het gebruik van Sobek toepassingen als uitgangspunt voor KRW-Verkenner toepassingen. Met het omzetten van Sobek schematisaties in een KRW-Verkenner schematisaties is overigens al enige ervaring opgedaan.

Een aanbeveling is dan ook om de mogelijkheden van aansluiting van het Landelijk KRW-Verkenner Model op het Landelijk Sobek Model nader te onderzoeken.

De mogelijkheid om de nalevering van fosfaat vanuit de waterbodem als emissiebron aan het LKM op te nemen zou verder onderzocht kunnen worden (Osté & Witteveen 2013), en ook lijkt het zinvol om over te gaan op een kalibratie van de retentiecoëfficiënten, bij voorkeur na aanpassingen m.b.t. de schematisatie en de nalevering van fosfaat.

Wat betreft de LSW-routing en de aansluiting op een nieuwere versie van het LHM is met het LHM-projectteam de principe afspraak gemaakt dat het LKM zal overgaan op LHM 3.0 en daarbij ook de geüpdatete LHM 2.2 routing verder zal aanpassen aan de LHM 3.0 situatie. Deze versie van de LSW-routing kan dan dienen als basis voor de LSW-routing van een nieuwe LHM versie. Hierdoor zal het bij voorbeeld versie 3.1 van het LHM weer mogelijk zijn om de LSW-routing 1 op 1 overnemen in het LKM.

Verder zou de ontwikkeling van het LKM zeer gebaat zijn bij een aansluiting van het STONE model op het LHM en bij een verfijning van de STONE schematisatie.

7 Referenties

Roovaart (2012), Joost van den, Erwin Meijers, Robert Smit, Peter Cleij, Frank van Gaalen en Stefan Witteveen, *Landelijke pilot KRW-Verkenner 2.0: Effecten van beleidsscenario's op de nutriëntenkwaliteit*, Deltares, PBL en Alterra, Deltares-rapport 1205716-000.

Meijers (2103), Erwin en Stefan Witteveen, *Gebbruikershandleiding KRW-Verkenner / WFD-Explorer 2.0.0*, Deltares-rapport 1205958-002.

Smit A.A.M.F.R. (2014) en H.M. Mulder, *Beschrijving pre-processor voor de invoerdatabestanden van de KRW-Verkenner – Landelijke Toepassing*, Alterra (in prep.).

Osté (2013), Leonard, Stefan Witteveen, *Waterbodems in de KRW-Verkenner: Methodiek en pilot*, Deltares-rapport 1206111-006-BGS-0002.

Hoogewoud (2013), J.C., G.F. Prinsen, J.C. Hunink, A.A. Veldhuizen, F.J.E. van der Bolt, W.J. de Lange, *Toetsingsrapportage NHI 3.0*, Deltares-rapport 1206107-000-BGS-0011.

A Analyse LKM 1.0

Inleiding

Deze bijlage beschrijft de resultaten van de analyse van de eerste versie van de landsdekkende toepassing van de KRW-Verkenner (LKM 1.0) n.a.v. de validatie van gemodelleerde N- en P-concentraties. Beschreven worden zowel punten, die in de rapportage van de Landelijke pilot KRW-Verkenner (Roovaart et al. 2012) als knelpunten vermeld zijn, als punten die het resultaat zijn van een nadere analyse van de validatieruns van de landsdekkende toepassing voor de periode 1996-2006. De nadere analyse is vooral gericht geweest op de te lage en soms zeer lage concentraties die door de Verkenner berekend worden.

De resultaten van de analyse zijn al zo veel mogelijk vertaald naar een aantal die geen aanpassingen van de toeleverende systemen vereisen (LHM, STONE, RWZI-base, ER-database en Alterra ECHO-database) en op korte termijn gerealiseerd kunnen worden.

Aandachtpunten die niet direct naar korte-termijn verbeterpunten konden worden vertaald zijn vermeld in paragraaf 'Overige aandachtpunten'.

N.B. Van verbeterpunten, die in het kader van het onderhavige project zijn aangepakt, is de titel met een gele achtergrond weergegeven.

Korte-termijn verbeterpunten

In deze paragraaf worden een aantal problemen met de landsdekkende toepassing beschreven die vertaald kunnen worden naar korte-termijn verbeterpunten in de vorm van aanpassingen aan de toepassing en/of de KRW-Verkenner programmatuur. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen:

- A. Algemene, niet-locatie-specifieke aanpassingen met effecten op de modelresultaten.
- B. Locatie-specifieke aanpassingen met effecten op de modelresultaten.
- C. Aanpassingen i.v.m. transparantie / onderhoudbaarheid (zonder effect op de modelresultaten).
- D. Wijzigingen wat betreft de wijze van valideren.

Algemene, niet-locatie-specifieke aanpassingen met effect op resultaten

A01 **Koppelen ADW-nodes aan SWU's**

Momenteel zijn t.b.v. wateraanvoer de ADW-nodes gekoppeld aan de basins. Dit lijkt één van oorzaken te zijn voor de zeer lage concentraties die voor DW-nodes (en andere SWU's) in droge zomersituaties berekend worden. Een test waarbij de ADW-nodes gekoppeld werden aan de inliggende SWU's gaf liet in veel gevallen, maar niet alle gevallen, duidelijk realistischer (no-decay) concentraties zien.

Bij het koppelen van ADW-nodes aan SWU's treedt een extra probleem op in de vorm van LSW's met meerdere inliggende SWU's. Dit zou dan betekenen dat de ADW-nodes aan al deze SWU's gekoppeld zouden moeten worden. Samen met de toch al ingewikkelde link structuur rond het verschijnsel van meerdere SWU's per LSW levert dit een onwenselijke situatie op. Een oplossing voor dit probleem is tegelijkertijd ook de link structuur rond situaties met meerdere nodes per LSW te vereenvoudigen. Dit kan door voor elke LSW in principe één master-SWU aan te wijzen, waarop de (eventuele) andere SWU's binnen de LSW afwateren, en die als enige wordt doorgelinkt met andere master-SWU's of DM-nodes. Het gaat hier om 135 LSW's met tussen de 2 en 6 inliggende SWU's.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Nader uit te werken. Resultaat verwerken in een nieuwe versie van invoerbestand met de links. Ook het pre-processing script van Alterra zal moeten worden aangepast (verleggen van de posten toDW en fromDW van basin naar SWU) en opnieuw moeten worden gedraaid als input voor een nieuwe versie van het Flows invoerbestand met flows.

Effect: +++

Prioriteit: Hoog

A02 **Gebruik MOZART debieten in de vorm van drie (som)termen, één voor som lozingen-totaal, één voor onttrekkingen-totaal en één voor verdamping**

Een basin kent in de Verkenner invoer maar één positieve of negatieve diffuse water-emissie, die tot stand is gekomen door het sommeren een aantal MOZART debieten. Het zelfde geldt voor SWU's binnen een LSW. Dit sommeren heeft tot gevolg dat de doorstroom door een basin of SWU wordt onderschat als de betreffende MOZART debieten uit zowel positieve als negatieve debieten (lozingen en onttrekkingen) bestaan en vooral als de positieve als negatieve debieten elkaar ongeveer in evenwicht houden. Hierdoor worden te hoge retenties en dus te lage concentraties berekend. Om dit effect te vermijden zullen per basin / SWU minimaal twee water-emissies, een lozing (som positieve debieten) en een onttrekking (som negatieve debieten), gedefinieerd moeten worden. Om alvast voorbereid te zijn op het rekenen met verdamping als een speciale uit-post in DELWAQ (een uit-post die geen stof meeneemt) is het verstandig verdamping als derde post te onderscheiden.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Omzetten van de MOZART debieten in drie water-emissies per basin / SWU in de vorm van één lozing (som positieve debieten), één onttrekking (som negatieve debieten behalve verdamping) en de post verdamping (verdeling over SWU en basin volgens de huidige methode, of methode aanpassen als hiervoor aanleiding is). Hierbij de drie water-emissies baseren op de volgende MOZART posten: PRECIP, DRAINAGE_SH, DRANAGE_DP, URBAN_RUNOFF, ALLOC_AGRIC, ALLOC_PUBWAT, ALLOC_INDUS, ALLOC_GRHOUS, EVAPORATION, INFILTR_SH en INFILSTR_DP (dus geen ALLOC_WM, ALLOC_FLUSH en ALLOC_FLUSHR). Vervolgens de nieuwe MOZART fluxen opnemen in een nieuwe versie van invoerbestand diffuse emissies.

Effect: +/++

Prioriteit: Hoog

A03 Schut- en lekverliezen niet meenemen

Schut- en lekverliezen worden conform het LHM in de Verkenner meegenomen middels een onttrekkingsdebiet op één node en een even groot lozingsdebiet op een andere node. Hierdoor komt er 'Spa water' het systeem in (onttrekkingsdebiet) en verdwijnt er stof uit het systeem (lozingsdebiet), terwijl er in werkelijkheid van geen van beide sprake is. Hierdoor zullen lokaal te lage concentraties berekend worden. Dit probleem kan eenvoudig worden opgelost door de LHM debieten voor schut- en lekverliezen niet mee te nemen in de Verkenner invoer.

N.B. Een andere oplossing is het schut- en lekverliesdebiet als absoluut debiet op te leggen aan de link tussen de DM-nodes waarvoor de schut- en lekverliesdebieten zijn gespecificeerd. Maar deze oplossing lijkt geen voordelen te hebben t.o.v. de bovenstaande zeer eenvoudige oplossing.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Debieten van het type Schut-/lekverlies verwijderen uit invoerbestand met diffuse emissies.

Effect: 0/+

Prioriteit: Gemiddeld

A04 Gebruik van langjarig-gemiddelde LHM watervolumes voor SWU's corresponderend met een DM-knoop met een variabel volume

De gebruikte watervolumes van SWU's, corresponderend met een DM-water met variabel watervolume, komen niet overeen met de bedoelde langjarig-gemiddelde LHM waarden. De gebruikte getallen zijn nu een mix van waarden bij een bepaald peil, minimum waarden en orde-van-grootte schattingen (knelpunt 1, pilot-rapportage).

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Op basis van de LHM uitvoer langjarig-gemiddelde volumes bepalen voor de periode 1996-2006 en toevoegen aan de SWU-kaart.

Effect: +

Prioriteit: Laag

A05 Corrigeren watervolumes van regionale SWU's en basins

De watervolumes van de waterlichamen van de geïntegreerde kaart met KRW-waterlichamen zijn onbetrouwbaar en waarschijnlijk vaak te groot (knelpunt 3 in Roovaart et al. 2012). Dit betekent dat ook de hiervan afgeleide watervolumes van de regionale SWU's (SWU's in LSW's) eveneens onbetrouwbaar zijn, wat zal leiden tot onjuiste (te hoge) retenties en onjuiste (te lage) concentraties.

Correctie is mogelijk door de geïntegreerde kaart met KRW-waterlichamen en de SWU-kaart, inclusief watervolumes, opnieuw aan te maken. Een mogelijk minder arbeidsintensief alternatief is te pogen de watervolumes van de SWU-kaart rechtstreeks, zonder opnieuw aanmaken van de geïntegreerde kaart met KRW-waterlichamen, opnieuw te bepalen.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Zo goed mogelijk koppelen van de standaard waterloopprofielen van de hydrotypenkaart aan de regionale SWU's van de bestaande SWU-kaart, gevolgd door het opnieuw bepalen van watervolumes o.b.v. deze profielen en geschatte lengtes van de SWU's. Daarna opnieuw bepalen van de watervolumes van de basins, waarbij mogelijk ook nog de SWU-watervolumes gecorrigeerd moeten worden in geval deze niet matchen met de LSW-watervolumes.

N.B. Deze aanpak werkt alleen voor SWU's die vertaald kunnen worden naar lijnvormige waterloop-trajecten (a.h.v. bijvoorbeeld de lijnenkaart met KRW-waterlichamen) met bepaalde TOP10-vector breedteklasse. Voor overige regionale SWU's is een andere aanpak vereist of dienen de oude watervolumes gehandhaafd te worden, die (in de meeste gevallen) gebaseerd zullen zijn op een standaard waterdiepte van 2 meter, vermenigvuldigd met de grootte (m^2) van het wateroppervlak.

Effect: ++

Prioriteit: Hoog

A06 *Gebruik verschillende watervolumes van regionale SWU's en basins voor zomer en winter*

Momenteel worden vaste watervolumes voor regionale SWU's gebruikt. Dit zullen een soort jaargemiddelden zijn. In de zomer kunnen de watervolumes echter veel kleiner zijn, waardoor met de vaste watervolumes te hoge retenties worden berekend. Gebruik van zomervolumes kan zo mogelijk bijdragen aan de oplossing van het probleem van te laag berekende zomerconcentraties. Het gebruik van zomer- en wintervolumes is mogelijk met de huidige versie van de KRW-Verkenner. Het vereist wel aparte invoer en aparte berekeningen voor zomer en winter (en de verschillende jaren). Zomer- en wintervolumes voor SWU's in LSW's zouden bepaald kunnen worden o.b.v. een aangepaste hydrotypenkaart met waterloop-profielen voor zowel zomer als winter, waarbij deze profielen zo goed mogelijk gekoppeld worden aan de SWU's (conform A05).

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering:

- A. Bepalen van standaard waterloopprofielen per breedteklasse en hydrotype voor de zomer én de wintersituatie op basis van een correctie van de data waarop de huidige hydrotypenkaart is gebaseerd, of
- B. gebruik van de nieuwe profielen om zomer- en wintervolumes toe te kennen aan SWU's en basins (conform A05).

Effect: +++

Prioriteit: Hoog

A06' *Gebruik van jaarafhankelijke zomer- en winterwatervolumes voor regionale SWU's en basins o.b.v. wateroppervlaktes (alternatief voor A06)*

Momenteel worden vaste watervolumes voor regionale SWU's (SWU's als onderdeel van LSW's) gebruikt. Dit zullen een soort jaargemiddelden zijn. In de zomer kunnen de watervolumes echter veel kleiner zijn, waardoor met de huidige vaste watervolumes te hoge retenties worden berekend. Gebruik van afzonderlijke zomer- en wintervolumes kan bijdragen aan de oplossing van het probleem van te laag berekende zomerconcentraties. Het gebruik van zomer- en wintervolumes is mogelijk met de huidige versie van de KRW-Verkenner. Het vereist wel aparte invoer en aparte berekeningen voor zomer en winter. Zomer- en wintervolumes voor regionale SWU's zouden bepaald kunnen worden o.b.v. een verdeling van de LSW watervolumes voor zomer en winter over basin en inliggende SWU's gebaseerd op wateroppervlakken. Zowel het totale wateroppervlak binnen een LSW is bekend (MOZART uitvoer) als het wateroppervlak van de SWU's (SWU-kaart). Het SWU-watervolume voor de zomer kan bijvoorbeeld als volgt worden geschat (zie Bijlage D):

$$V_{SWU,zo} \approx \frac{f}{\left(\frac{O_{SWU}}{O_{LSW}}\right)^{-1} + f - 1} * V_{LSW,zo}$$

waarbij

$V_{SWU,zo}$: Zomergemiddeld watervolume SWU

$V_{LSW,zo}$: Zomergemiddeld watervolume LSW volgens MOZART

f : Verhouding waterdiepte SWU t.o.v. waterdiepte van de rest van de LSW

O_{SWU} : grootte wateroppervlak SWU volgens SWU-kaart

O_{LSW} : grootte wateroppervlak LSW als langjarig gemiddelde o.b.v. MOZART

Door $V_{SWU,zo}$ (en $V_{SWU,wi}$) per jaar te bepalen, en niet als langjarig-gemiddelde, kan ook onderscheid gemaakt worden tussen droge en natte jaren en wordt optimaal gebruik gemaakt van de MOZART uitvoer.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Bepalen van zomer- en wintergemiddelde wateroppervlaktes en watervolumes per LSW en jaar o.b.v. de MOZART uitvoer voor de periode 1996-2006. Berekenen van de gemiddelde zomer- en winterwatervolumes per fysieke SWU binnen een LSW per jaar conform bovenstaande formule met bijvoorbeeld $f = 1.5$ of een f die bepaald wordt door het (dominante) hydrotype van het LSW-gebied. Watervolumes voor basins berekenen als verschil tussen het LSW-watervolume en het (gesommeerde) SWU-watervolume.

Bijzondere behandeling voor LSW's

1) met virtuele SWU's (bijvoorbeeld gebruik gemiddelde waarden per hydrotype, bepaald voor LSW's met fysieke SWU's) en

2) van situaties waarin het SWU wateroppervlak bijna even groot of groter is dan het LSW-wateroppervlak (bijvoorbeeld maximeren totaal SWU-watervolume per LSW op 90% van het totale LSW-watervolume).

Aanmaak per jaar van twee SWU en twee basin invoerbestanden met (jaarafhankelijke) zomer-, resp. winterwatervolumes.

Effect: +++

Prioriteit: Hoog

A07 **Corrigeren LSW-routing**

De op de LSW-routing van LHM 2.2 gebaseerde afwateringsstructuur van het LHM-MOZART deel van de LKM schematisatie lijkt op aantal punten niet juist, dan wel ontbreekt geheel of gedeeltelijk (knelpunten 13 en 14 uit de pilot-rapportage). Een voorbeeld is het bovenstroomse deel van de Drentsche Aa dat nu in de LKM schematisatie niet afwatert op het benedenstroomse deel. Ook krijgen waterlopen soms een onterechte 'knip' bij de LHM-districtsgrenzen. Dit komt met name voor bij twee sets van LHM districten, waarbij de districten geheel bestaan uit vrij-afwaterende LSW's zonder wateraanvoer of geheel bestaan uit vrij-afwaterende LSW's zonder wateraanvoer. Zie Bijlage E.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Correctie van de LSW-routing via visuele inspectie van de Basin-kaart en kaart met links tegen de achtergrond van bijvoorbeeld de TOP10-vector, de WIS-kaart en/of de PCSTREAM-kaart. Aanpassingen vastleggen in twee tabellen, één met te verwijderen links en één met toe te voegen links en hiermee de LSW-routing updaten.

Effect: ++

Prioriteit: Hoog

A08 *Controle en correctie van de toekenning van RWZI's aan DM-nodes*

De SWU-kaart bevat een aantal DM-nodes die worden weergegeven door een cirkelvormig vlakje, maar die wel een 'gewoon' oppervlaktewater representeren. Dit zijn DM-nodes uit LHM 2.2 die niet aanwezig waren in de gebruikte (verouderde) DM-polygonenkaart. Voorbeelden zijn:

- Friese Boezem NW, NO en ZO (DM11251, DM11252 en DM11253),
- Schermerboezem-Zaan (DM21251 en DM21252) en Schermerboezem (Noord-Zuid) & Waterlandse boezem (DM6113),
- Boezem Rijnland-noord (DM40911 en DM40912),
- IJsselmeer NoordWest en NoordOost (DM60571 en DM60572),
- Eemmeer (DM60581).

Volgens invoerbestand met puntbronnen lozen op deze DM-nodes, op enkele uitzonderingen na (met name Waddenzee), geen RWZI's. Dit lijkt niet erg waarschijnlijk. De betreffende RWZI's zullen nu gekoppeld zijn aan DM-nodes die wel in de verouderde DM-polygonenkaart terug te vinden zijn. Bijvoorbeeld de RWZI's die lozen op DM11251, DM11252 en DM11253 (Friese Boezem NW, NO en ZO) zullen nu gekoppeld zijn aan DM-node DM1125. DM-node DM1125 representeert in de verouderde DM-polygonenkaart namelijk de hele Friese boezem, maar staat in LHM 2.2 maar voor een deel van de Friese boezem. De hele Friese boezem bestaan in LHM 2.2 dus uit vier nodes: DM1125, DM11251, DM11252 en DM11253.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Selectie van de relevante DM-nodes, navragen bij LHM welk deel van het watersysteem zij representeren, controleren van RWZI's die gekoppeld zijn aan in LHM 2.2 opgesplitste DM-nodes (zoals Friese boezem) en zo nodig de koppeling aanpassen in invoerbestand 1996_2006_PointSource_Loc.csv.

Effect: +

Prioriteit: Laag

A09 *Toevoegen buitenlandse wateraanvoer (water en stoffen) voor een aantal kleinere grensoverschrijdende waterlopen die niet in LHM 2.2 zijn opgenomen*

Voor een deel van de kleinere grensoverschrijdende wateren ontbreekt de buitenlandse wateraanvoer, waardoor de debieten en stofvrachten voor deze wateren in Nederland te laag zullen zijn (knelpunt 24 in Roovaart et al. 2012).

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Toevoegen van een aantal grensoverschrijdende debieten en stofvrachten o.b.v. de Alterra ECHO-database (debieten en vrachten).

Effect: +

Prioriteit: Gemiddeld

A10 *Gebruik van RWZI-debieten uit RWZI-base*

In de landsdekkende toepassing worden voor RWZI effluënten wel de stofvrachten maar niet de debieten gebruikt. Dit kan leiden tot te hoge concentraties voor met name SWU's waar het RWZI debiet een substantieel deel uitmaakt van het totale doorstroomdebiet. Dit verschijnsel uit zich in het feit dat (zeer) hoge concentraties vooral berekend worden voor SWU's met emissies vanuit RWZI's.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Toevoegen van RWZI-debieten uit RWZI-base aan de Verkenner invoer. Voor de 10 RWZI's die vanuit het LHM wel al een debiet kennen, het RWZI-base debiet niet toevoegen of eventueel gebruiken als vervanging voor het LHM-debiet.

Effect: +/++

Prioriteit: Gemiddeld

Onzekerheid: Betekenis stedelijke run-off binnen LHM (= RWZI debiet?)

A11 *Verdampingstermen als zodanig laten behandelen door DELWAQ*

In de huidige KRW-Verkenner opzet wordt de post verdamping op dezelfde wijze behandeld als een onttrekking of infiltratie, waarbij stof aan het watersysteem wordt onttrokken. Dit is niet juist gegeven het feit dat er bij verdamping normaal gesproken geen stof meegaat. Hierdoor worden te lage concentraties berekend. DELWAQ heeft echter een speciale voorziening voor het correct omgaan met verdamping, die in de KRW-Verkenner niet wordt gebruikt maar wel gebruikt zou kunnen worden.

Aanpassing KRW-Verkenner: ja (?)

Uitvoering: Verdamping als een aparte post in de invoer voor de Verkenner (diffuse emissies) opnemen onder emissietype *Evaporation*. Voor de MOZART debieten kan dit gecombineerd worden met verbeteractie A02. Voor de DM-nodes wordt verdamping al als een aparte diffuse-wateremissie onder emissietype *Evaporation* meegenomen.

Verder zal ervoor gezorgd moeten worden dat de KRW-Verkenner de post verdamping en als zodanig verwerkt. Hiervoor is een aanpassing van de KRW-Verkenner programmatuur nodig.

Effect: +/++

Prioriteit: Gemiddeld

A12 *Rekenkundig beperken van de retentie*

Het berekenen van soms zeer lage concentraties door de KRW-Verkenner kan samenhangen met zeer hoge retenties. In zulke gevallen zou de retentie kunstmatig beperkt kunnen worden door een bovengrens te stellen aan de node retenties.

Aanpassing KRW-Verkenner: Ja

Uitvoering: Alleen uitvoeren als na implementatie van de overige verbeteringen het probleem van de zeer hoge retenties nog steeds substantieel is. Wijze van uitvoering nog nader te bepalen.

Effect: PM

Prioriteit: PM

A13 *Kalibreren retentie-coëfficiënten regionale wateren*

Het kalibreren van retentie-coëfficiënten is een mogelijkheid om modelresultaten en metingen beter op elkaar af te stemmen.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Alleen uitvoeren als na implementatie van de overige verbeteringen de validatie nog steeds onbevredigend uitpakt.

Uitvoering via kalibratie van 4 basis retentie-coëfficiënten: N voor vrij-afwaterende gebieden (nu: 0.195), N voor polders (nu: 0.02), P voor vrij-afwaterende gebieden (nu: 0.15) en P voor polders (nu: 0.02). Hierbij wordt vooraf het bereik van de retentiecoëfficiënten voor elk van de stoffen en voor ieder watersysteem vastgesteld. Kalibratie op basis van een deel van de meetreeks 1996-2006 gegevens voor de 79 validatie-gebieden, de rest gebruiken voor de uiteindelijke validatie. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van kalibratiesoftware (bv. PEST).

Effect: PM

Prioriteit: PM

A14 *Update overlay STONE grid-kaart met LSW-kaart*

Toekenning van diffuse emissies uit het landelijke gebied (uit- en afspoeling) gebeurt nu met een overlay van de STONE grid-kaart (250x250 m² cellen) met een vergridde versie van de LSW-kaart. Bij kleine LSW's kan dit tot fouten in de diffuse stofbelasting leiden. Oplossing is de overlay te baseren op de originele polygonen-versie van de LSW-kaart.

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: Maken van een overlay van de polygoon-versie van de STONE plot-kaart met de LSW-kaart zoals gebruikt als basins-kaart in de landsdekkende toepassing, gevolgd door het toepassen van de overlay bij het opnieuw genereren van de STONE-emissies op de basins voor de periode 1996-2006.

Effect: 0/+

Prioriteit: Laag

A15 Correctie KRW-waterlichaam ID's

Momenteel zij de KRW-waterlichaam ID's in invoerbestand swu_tagged.csv maximaal 20 karakters lang. Dit betekent dat een aantal ID's (23 stuks) zijn afgebroken. Afgezien van mogelijke problemen bij het gebruik van de Verkenner uitvoer op waterlichaam niveau, heeft dit ook als consequentie dat voor twee paren van waterlichamen geldt dat de twee waterlichamen niet onderscheiden kunnen worden en door het systeem als één waterlichaam worden gezien. Het gaat hierbij om de paren:

- NL04_OVERIJSSELSKNL-DE en NL04_OVERIJSSELSKNL-ZW (afgebroken tot NL04_OVERIJSSELSKNL-)
- NL04_SAL-NIEUWEWTR-BE en NL04_SAL-NIEUWEWTR-BO (afgebroken tot NL04_SAL-NIEUWEWTR-B).

Daarnaast is aan de SWU's DM203, DM204 en DM205 waterlichaam ID NL95_3A (Hollandse kust / kustwater) toegekend. Voor deze SWU's berekent de Verkenner echter geen realistische concentraties de waterlichaam ID voor deze SWU kan dan ook het beste verwijderd worden om analyses op KRW-waterlichaam niet te storen.

Verder ontbreekt de KRW-waterlichaam ID voor node DM60081 (een node die ontbreekt in de gebruikte DM-polygonenkaart).

Aanpassing KRW-Verkenner: Nee

Uitvoering: De (afgebroken) waterlichaam ID's in invoerbestand swu_tagged.csv vervangen door volledige ID's. De waterlichaam ID's NL95_3A uit het bestand verwijderen. Toekennen van waterlichaam ID NL91ZM aan node DM60081.

Effect: PM

Prioriteit: Hoog

A16 Herberekenen retentievoëfficiënten

Deze wijze waarop (de meeste) retentievoëfficiënten voor LKM 1.0 zijn afgeleid komt neer op het gebruik van de volgende retentiefactor:

$$R' = 1 - e^{-k \cdot HRT} \quad (1)$$

waarbij k de retentievoëfficiënt en HRT de verblijftijd (Hydraulic Residence Time) is.

De wijze waarop in de KRW-Verkenner de retentie wordt berekend komt neer op het toepassen van de volgende retentiefactor voor een node:

$$R = 1 - \frac{1}{1+k \cdot HRT} \quad (2)$$

In het eerste geval wordt uitgegaan van een propstroom benadering. In het tweede geval wordt uitgegaan van een node als een ideale mixer (ideaal mengvat onder stationaire omstandigheden). Voor beide formuleringen is iets te zeggen.

De propstroom benadering lijkt beter te passen bij beken, de ideale mixer benadering lijkt meer geschikt voor meren. Bij lage retenties lijken beide benaderingen overigens veel op elkaar, en bij het opdelen van een beek in meerdere gemengde bakjes is het resultaat van de ideale-mixer benadering iets wat veel lijkt op de propstroom benadering voor het totale beektraject.

Formule (1) kan herschreven worden tot

$$k = -\frac{\ln(1-R')}{HRT} \quad (3)$$

en formule (2) tot

$$k = \frac{R}{HRT*(1-R)} \quad (4)$$

Formule 3 is nu gebruikt voor de omrekening van verblijftijden en retentiefactoren naar de retentievoëfficiënten voor verschillende watersystemen. Zie Hoofdstuk 5 van de pilot-rapportage. Dit is dus niet conform de retentie-formulering van de KRW-Verkenner en betekent dat de retentievoëfficiënten opnieuw bepaald moeten worden conform formule (4).

Uitvoering: Herberekenen van retentievoëfficiënten op basis van verblijftijden en retentiefactoren conform formule 4.

Effect: Gering

Prioriteit: Gemiddeld

Locatie-specifieke aanpassingen met effect op resultaten

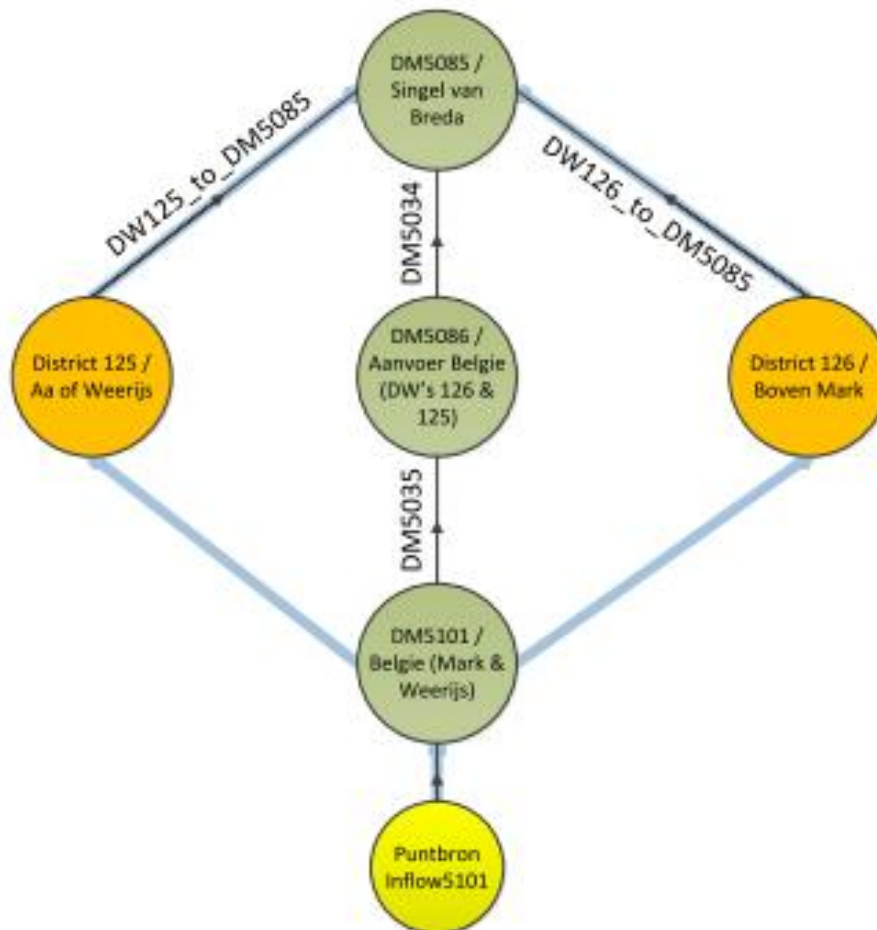
B01 Gebruik gecorrigeerde N- en P-vrachten voor de buitenlandse aanvoer vanuit België op node DM5101 (Mark & Weerij)

Betreft knelpunt 26 in Roovaart et al. 2012, omschreven als "De Berkel i.p.v. de Boven Mark is gekoppeld aan de DM knoop 5101".

Uitvoering: PM (is al gerealiseerd in de meest recente set met invoergegevens).

B02 Aanpassen schematisatie rond Boven Mark en Aa of Weerij

De schematisatie rond de Boven Mark en Aa of Weerij ziet er momenteel uit als geschetst in onderstaande figuur (zwarte lijnen: de huidige links).



De Boven Mark wordt in de schematisatie gerepresenteerd door een aantal SWU's in district 126 en de Aa of Weerij door een aantal SWU's in district 125. De wateraanvoer vanuit België voor deze beken, gerepresenteerd door lozing van water vanuit puntbron Inflow5101 op node DM5101, komt echter niet in deze beken zelf terecht, maar komt via een tussen-node (DM-knoop 5086) direct in de Singel van Breda (DM5085) terecht. Hierdoor zullen onjuiste debieten en concentraties worden berekend voor beide beken. Dit probleem kan worden opgelost door een van aanpassing van de schematisatie conform de blauwe links in de figuur.

Uitvoering: Node DM5086 en links DM5035 en DM5034 verwijderen uit de schematisatie en node DM5101 verbinden met node KL1307 (Aa of Weerij bij de Belgische grens), node KL1257 (Boven Mark bij de Belgische grens) en eventueel node KL1398 (Merkske bij de Belgische grens), in combinatie met het definiëren van relatieve debieten van DM5101 naar deze nodes (o.b.v. gegevens Alterra ECHO-database). Zo nodig ook de routing in beide districten corrigeren om te voorkomen dat het effect van de aanpassing feitelijk teniet wordt gedaan.

Effect: + (lokaal)

Prioriteit: Gemiddeld

B03 Correctie schematisatie Benedenrivierengebied

De schematisatie van het Benedenrivierengebied, afkomstig van DM, wijkt op een aantal punten sterk af van de werkelijkheid, het geen zich o.a. uit in te lage berekende concentraties voor de Oude Maas (MWTL meetpunt Puttershoek).

Zie bijlage B. Figuur B-1 laat de schematisatie van het Benedenrivierengebied zien met de debieten voor een droog kwartaal (2003, kwartaal 3), en figuur B-2 met de debieten voor een nat kwartaal (2002, kwartaal 1).

De links in de schematisatie wijken op een aantal punten sterk af van de links die je zou verwachten o.b.v. van de fysieke relaties tussen de gemodelleerde wateren. In het NHI rapport Deelrapport 'Kenmerken Landelijk Oppervlaktewater' (december 2008), paragraaf 3.5, wordt hiervoor een verklaring gegeven. Zie ook Figuur B-3 uit dit rapport. Een aantal SWU's, zoals Nieuwe Merwede en de Oude Maas zijn feitelijk niet in het hoofdwatersysteem opgenomen en dienen (kennelijk) alleen voor de afvoer van en de aanvoer van water naar de aangesloten districten. Hierdoor worden voor de betreffende SWU's zeer lage debieten berekend en, in combinatie met de grote watervolumes, hoge retenties en lage concentraties.

Correctie van deze situatie is voor een belangrijk deel mogelijk door de links te herdefiniëren (oude verwijderen, nieuwe toevoegen) en de (relatieve) debieten voor de nieuwe links te baseren op de debieten voor o.a. de verwijderde links.

Uitvoering: Herdefiniëren van de links tussen de SWU's in het Benedenrivierengebied conform de fysieke koppelingen tussen deze oppervlaktewateren (zie de blauwe pijlen in Figuur B-2). Vervolgens de absolute debieten voor een aantal bestaande en nieuwe links herberekenen en vervolgens zoveel mogelijk omzetten in relatieve debieten. Het werkelijke debiet voor link DM6011 kan bijvoorbeeld geschat worden door de som te nemen van de debieten voor de (oude) links DM6114, DM6113 en DM6026.

N.B. Waarschijnlijk lukt het niet om wat betreft debieten een onderscheid te maken tussen de weg van de Waal (DM6023) naar het Hollandsch Diep (DM6014) via 1) de Nieuwe Merwede (DM6024) en Amer (DM6014) en 2) de Dordtsche Kil (DM6026). De debieten voor deze twee wegen worden feitelijk gerepresenteerd door het ene debiet voor link DM6101, en deze is niet zomaar op te splitsen. Een oplossing zou kunnen zijn de Dordtsche Kil (DM6026) uit de schematisatie te verwijderen en het debiet voor link DM6101 in zijn geheel toe te kennen aan de link tussen de Waal (DM6023) en de Nieuwe Merwede (DM6024) en het watervolume van de Dordtsche Kil (DM6026) op te tellen bij die van de Nieuwe Merwede (DM6024). Zo gaat er weinig fout, behalve dan dat er niets meer over de Dordtsche Kil gezegd kan worden.

Effect: +++ (lokaal)

Prioriteit: Hoog

B04 Geen emissies op node DM200

Middels puntbron SCHVOD (Schelde) wordt de aanvoer van N en P vanuit België via de Schelde naar node DM200 (Westerschelde) gespecificeerd. Voor deze emissies is echter geen corresponderend debiet vanuit het LHM beschikbaar, hetgeen resulteert in niet-reële hoge concentraties voor node DM200.

De aanvoer vanuit de Schelde naar de Westerschelde maakt kennelijk geen deel uit van de LHM schematisatie, gegeven ook het feit dat de LHM-schematisatie geen aparte node kent om de grensoverschrijdende aanvoer van water via de Schelde aan te koppelen, zoals dat wel het geval is voor andere grensoverschrijdende wateren. Node *DM200*, met een watervolume van 1 m^3 , lijkt overigens bedoeld als een Noordzee eindnode en omvat in de Verkenner schematisatie ook de Oosterschelde, het Veerse Meer en een deel van de Noordzee. Deze polygoon is afkomstig uit de LHM shape file *geschematiseerd_dmnetwerk.shp* (verouderd, waarschijnlijk LHM 2.1), waarbij de polygonen voor knoop *200a* (Veerse Meer) en *200b* (Noordzee) zijn samengevoegd. Voor dit soort eindnodes kunnen (met alleen emissies vanuit land) geen zinvolle concentraties worden bepaald.

M.a.w. het specificeren van emissies op node *DM200* is niet zinvol gezien het ontbreken van een LHM-debiet voor de Schelde en het karakter van *DM200* als DM eindnode. Puntbron *SCHVOD* kan hiermee uit de Verkenner schematisatie verwijderd worden. Ook de RWZI-emissies op *DM200* (6 stuks) hebben feitelijk geen functie.

Uitvoering: Verwijderen van puntbron *SCHVOD* uit het invoerbestand met locaties van instroompunten van de grote buitenlandse rivieren en verwijderen van de overeenkomstige emissies uit het invoerbestand met de inkomende stofvrachten van uit deze waterlopen.

Effect: PM

Prioriteit: Hoog

Aanpassingen i.v.m. transparantie / onderhoudbaarheid

C01 **Niet meer rekenen voor basins en SWU's in district 0**

Als basis voor het invoerbestand met basins is shape file *KrwLdS_Basins_004_zonderDW0.shp* gebruikt. Deze shape file bevat 8483 van de in totaal 8615 basins uit de originele shape file *KrwLdS_Basins_003.shp* en is tot stand gekomen door 50 basins in district 0, die feitelijk in een regulier district liggen, het nummer van dit reguliere district te geven en vervolgens alle nog resterende district-0 basins uit de kaart te verwijderen. Dit betekent ook dat afgeleide invoerbestand basins bevat die eigenlijk in district 0 liggen en waarvoor het LHM heen debieten aanlevert. Deze basins kennen echter vaak wel emissies waardoor een situatie ontstaat met emissies maar zonder debiet. De Verkenner gaat hier vreemd mee om door wel een concentratie te berekenen, vaak een zeer lage concentratie als met no-decay wordt gerekend, en een zeer hoge concentratie als met decay wordt gerekend (met als consequentie een sterk negatieve retentie).

Voor de 50 SWU's in invoerbestand met SWU's, die in 50 district-0 basins liggen, geldt iets vergelijkbaars.

Rekenen voor basins en SWU's in district 0 is dus niet zinvol en levert slechts verwarrende resultaten op.

Uitvoering: Verwijderen van de 50 basins, die oorspronkelijk in district 0 lagen, samen met de 50 inliggende SWU's, uit de Verkenner invoer.

Effect: 0

Prioriteit: Hoog

C02 Gebruik van diffuse emissies op grens-nodes voor buitenlandse aanvoer

De situatie wat betreft de specificatie in de Verkenner invoer van de buitenlandse aanvoer van water (Q), N en P is tamelijk complex:

Q grote rivieren:

via de puntbronnen *Inflow104* (Rijn), *Inflow111* (Maas) en *Inflow5098* (Kan. Gent-Terneuzen) in het invoerbestand met de locaties van puntbronnen (*1996_2006_PointSource_Loc.csv*) en het invoerbestand met de bijbehorende debieten (*1996_2006_PointSource_Data.csv*).

Q kleine rivieren:

via de puntbronnen *Inflow1001* (Overijsselse Vecht), *Inflow101* (Roer), *Inflow102* (Swalm), *Inflow103* (Niers), *Inflow5101* (Mark & Weerijis) en *Inflow5102* (Dommel & Tongelreep) in het invoerbestand met de locaties van puntbronnen (*1996_2006_PointSource_Loc.csv*) en het invoerbestand met de bijbehorende debieten (*1996_2006_PointSource_Data.csv*).

N & P grote rivieren:

via de puntenbronnen *LOBITH* (Rijn), *EIJSDEN* (Maas), *SCHVOD* (Schelde) en *KAGETE* (Kan. Gent-Terneuzen) in het invoerbestand met de locaties van de instroompunten van de grote rivieren (*grote_rivieren_locaties.csv*) en het invoerbestand met de bijbehorende stofvrachten (*grote_rivieren_vrachten.csv*).

N & P kleine rivieren:

via diffuse emissies op de nodes *DM1001* (Overijsselse Vecht), *DM101* (Roer), *DM102* (Swalm), *DM103* (Niers), *DM5101* (Mark & Weerijis) en *DM5102* (Dommel & Tongelreep) in het invoerbestand met de inkomende stofvrachten voor de kleine rivieren (*kleine_rivieren.csv*).

Dit zou ook eenvoudiger / overzichtelijker kunnen door alle grensoverschrijdende debieten en stofvrachten als diffuse emissies op de grensnodes te specificeren. Het specificeren van de emissies via puntbronnen kan ook, maar vereist ook het definiëren van puntbronnen zonder dat dit een duidelijke meerwaarde heeft t.o.v. het gebruik van diffuse emissies.

Uitvoering: De grensoverschrijdende debieten en stofvrachten in de vorm van diffuse emissies van het type 'buitenland' koppelen aan de grensnodes van de grensoverschrijdende wateren:

- Rijn: node *DM104*,
- Maas: node *DM111*,
- Kanaal Gent-Terneuzen: node *DM5098*,
- Overijsselse Vecht: node *DM1001*,
- Roer: node *DM101*,
- Swalm: node *DM102*,
- Niers: node *DM103*,
- Mark & Weerijis: node *DM5101* (zie ook B02),
- Dommel & Tongelreep: node *DM5102* (zie ook E02).

Geen emissies voor de Schelde (zie B04).

De betreffende emissies toevoegen aan invoerbestand met diffuse emissies (1996_2006_DifSources.csv). De invoerbestanden, specifiek voor de grote en kleine rivieren (grote_rivieren_locaties.csv, grote_rivieren_vrachten.csv en kleine_rivieren.csv) kunnen hiermee vervallen.

Effect: 0

Prioriteit: Hoog

C03 Implementeren districtsnodes (DW en ADW) als virtuele koppel-nodes (zonder fysieke betekenis)

De districtsnodes (DW-nodes voor afvoer en ADW-nodes voor wateraanvoer) zijn in feite virtuele nodes zonder fysieke betekenis die gebruikt worden voor de koppeling van het regionale water van de districten aan de DM-wateren. Om deze reden is eerder een dummy watervolume van 1 m³ aan de districtsnodes toegekend. Niettemin vindt er in de huidige opzet ook in de districtsnodes retentie plaats omdat de retentie coëfficiënten voor deze nodes niet op 0 staan. Met name in geval van een zeer lage doorstroming kan dit tot ongewenste effecten leiden in de vorm van te lage berekende concentraties. Ook zijn er emissies toegekend aan de districtsnodes als gevolg van de gevolgde procedure voor het verdelen van de emissies uit de Emissieregistratie. Om de districtsnodes als puur virtuele (koppel)nodes te gebruiken zouden

- de retentie coëfficiënten op 0 moeten worden gezet, en
- zouden er geen water- en stofemissies (behalve misschien om model-technische redenen) voor deze nodes gespecificeerd moeten worden.

Deze aanpassingen zouden vanuit het oogpunt van transparantie geïmplementeerd moeten worden vanuit het idee dat het hier om model-technische nodes gaat zonder fysieke betekenis. Op het modelresultaat hebben deze aanpassingen wel enig effect, maar de grootte ervan is waarschijnlijk te verwaarlozen.

Uitvoering: Verwijderen van records in het invoerbestand met diffuse emissies (1996_2006_DifSources.csv) voor nodes met een tag *District water* of *District water Aanvo* (of waarbij de ID begint met 'DW' of 'ADW').

Aanpassen van het overzicht met retentie coëfficiënten: retentie coëfficiënten voor tag *District water* en *District water Aanvo* op 0 zetten.

Effect: 0/+

Prioriteit: Laag

C04 Samenvoegen pre-processing scripts voor LHM en STONE uitvoer

Momenteel vindt de verwerking van de LHM en STONE uitvoer (water regionaal op LSW niveau) voor een deel plaats bij Alterra en een ander deel bij Deltares. T.b.v. de transparantie en onderhoudbaarheid van de programmatuur zou het beter zijn deze verwerking op één plaats te laten plaatsvinden.

Uitvoering: De Alterra pre-processing scripts voor de verwerking van de LHM en STONE uitvoer worden uitgebreid het deel van de verwerking zoals die nu bij Deltares plaatsvindt.

Effect: 0

Prioriteit: Gemiddeld

Aanpassingen m.b.t. de validatie

D01 **Meetpunt SCHAARVODDL niet meer meenemen bij validaties**

Meetpunt SCHAARVODDL (Schaar van Ouden Doel) ligt in de Schelde nabij de Belgisch-Nederlandse grens. De grensoverschrijdende wateraanvoer vanuit de Schelde wordt door het LHM echter niet gemodelleerd (zie B04), waardoor er geen gemodelleerde concentraties zijn om de gemeten concentraties mee te vergelijken. De huidige opzet waarbij de gemeten concentraties voor meetpunt SCHAARVODDL worden vergeleken met de berekende concentraties voor node DM200 is ook niet zinvol gezien het ontbreken van het Schelde debiet (met als gevolg veel te hoge concentraties) en het eindnode karakter van deze node (zie B04).

D02 *Bij validatie meetpunt SASVGT koppelen aan node DM5098 (i.p.v. DM5100)*

Het meetpunt SASVGT (Sas van Gent) ligt in het Kanaal Gent-Terneuzen bij de grens met België. Dit betekent dat in het kader van de validatie dit meetpunt beter aan node DM5098 (België) kan worden gekoppeld dan aan node DM5100 (zie B02).

Node DM5100 wordt omschreven als 'België (Zeeuws Vlaanderen)', maar het lijkt hier te gaan om het Nederlandse deel van het Kanaal van Gent-Terneuzen. De uitstroom van node DM5098 representeert dus de situatie bij de grens in het Kanaal Gent-Terneuzen, ofwel de situatie rond meetpunt SASVGT.

D03 *Meetpunten op de grens niet meenemen in de validatie*

De berekende concentraties voor de grensnodes, zoals de Rijn bij Lobith, vormen in feite een directe afspiegeling van de invoergegevens (debieten en stofvrachten), die weer gebaseerd zijn op meetgegevens (debieten en concentraties). Vergelijken van deze berekende concentraties met gemeten concentraties is dan ook niet zinvol: feitelijk worden zo gemeten concentraties met gemeten concentraties vergeleken.

Overige aandachtspunten

Probleempunten uit de analyse, waarvoor (nog) geen korte-termijn oplossing voor handen is, zijn:

E01 *Schematisatie rond Dommel en Tongelreep*

De Verkenner schematisatie rond de Dommel en de Tongelreep (zijbeek Dommel) lijkt niet in overeenstemming met LHM 2.2, mogelijk veroorzaakt door het feit dat de Verkenner schematisatie gebaseerd is op een verouderde polygonen-kaart van de DM-schematisatie (geschematiseerd_dmnetwerk.shp).

Figuur C-1 (Bijlage C) geeft de situatie weer volgens de Verkenner schematisatie. Hier staat node DM5102 (DM omschrijving: Dommel & Tongelreep) voor de Tongelreep vanaf de grens tot aan de monding in de Dommel plus de Dommel vanaf het 'verdeelwerk Eindhoven' tot aan de Stadsdommel in Den Bosch. En SWU DM5104 (DM omschrijving: Dommel - Tongelreep- vanaf grens tot aan stuw Verdeelwerk Eindhoven) staat voor de Dommel vanaf de grens tot aan het verdeelwerk Eindhoven. Dit levert echter een onmogelijke situatie op waarbij er geen verbinding is tussen het centrale deel van de Dommel en de Stadsdommel, en waarbij het centrale deel van de Dommel (DM5102) afwatert op het bovenstroomse deel van de Dommel (DM5104).

Waarschijnlijk staat node DM5102 in LHM 2.2 echter voor de aanvoer vanuit België naar de Dommel en de Tongelreep en node DM5104 voor de Dommel (exclusief Stadsdommel) en Tongelreep zelf.

Dit wordt bevestigd door het feit dat node *DM5102* een dummy watervolume kent van 1 m³ (zoals bij andere grensnodes), terwijl *DM5104* een watervolume van 200000 m³ kent. Dit levert ook een meer reële situatie op waarbij het centrale deel van de Dommel gewoon afwatert op de Stadsdommel. Zie Figuur C-2. Een consequentie hiervan is o.a. dat de huidige toekenning van KRW-waterlichamen aan nodes *DM5102* en *DM5104* niet klopt.

Verder is de afwatering van district 71+ (71, 711 en 712) op node *DM5076* (Stadsdommel) niet logisch. Het centrale deel van de Dommel loopt door district 71+ heen en zal dus logischerwijs afwateren op *DM5104* (Dommel & Tongelreep) en niet op de Stadsdommel. Voor node *DM5104* kunnen dan ook geen realistische uitstroomdebieten en concentraties verwacht worden.

E02 Overlap DM en LSW-gebied

De DM-schematisatie overlapt voor een deel met de MOZART-schematisatie, waardoor soms (delen van) DM-nodes binnen het LSW-gebied vallen en dan ook vaak overlappen met meerdere LSW's (knelpunt 10 in Roovaart et al. 2012). Niet duidelijk is hoe dergelijke situaties geïnterpreteerd moeten worden en wat de gevolgen zijn voor de berekende debieten en concentraties.

Een voorbeeld van een dergelijke overlap is de node *DM5102* (Dommel en de Tongelreep), die overlapt met 32 LSW's (zie E01).

Andere voorbeelden van overlap zijn o.a.: *DM3087* (Linge- stuw de Aftak), *DM3085* (Linge inlaat Doornen), *DM1100* (Twentekanaal- Eefde-), *DM1101* (Twentekanaal-Delden), *DM1102* (Twentekanaal- Hengelo), *DM1103* (Overijssels kanaal-O), *DM1107* (NL04_OVERIJSSSELSKNL-), *DM1108* (Overijssels kanaal H), *DM1109* (Soestwetering Almelo), *DM1105* (Overijsselse Vecht-), *DM1114* (Ommer Kanaal), *DM1154* (De Reest).

E03 Door LHM berekende veranderingen in watervolumes

Als gevolg van veranderingen in watervolume, die het LHM voor LSW's en voor DM-knopen met variabele volume berekent, zal de Verkenner andere uitwisselingsdebieten tussen nodes berekenen dan het LHM. De Verkenner kan in zulke gevallen ook extra positieve 'outflows' en negatieve outflows ('Spa water' onttrekkingen) genereren, met als gevolg te lage berekende concentraties. De extra positieve outflows zijn moeilijk te traceren (moeilijk te onderscheiden van 'reguliere' outflows), maar voor de Spa-water onttrekkingen is dat makkelijker. Spa-water onttrekkingen (> 1% van het totale instroomdebiet) komen alleen voor bij DM-nodes en DW-nodes, maar dat kan oplopen tot 100% van het totale instroomdebiet. Concentraties zullen ook navenant te laag berekend worden. Hoe serieus dit effect overall is, is echter (nog) niet duidelijk.

Een mogelijk oplossing voor dit probleem is de volume veranderingen omzetten in debieten en die dan aan de Verkenner invoer toevoegen. Het is echter de vraag of een dergelijke aanpak leidt tot het beter kunnen voorspellen van concentraties.

E04 Validatie in gevallen zonder afvoer vanuit district

De validatie van berekende concentraties voor de regionale wateren is gebaseerd op concentraties in de afvoerende water vanuit de LHM-districten. In een aantal gevallen berekent het LHM in het geheel geen afvoer vanuit het district naar de DM-nodes (voor 113 combinaties van district, jaar en kwartaal). Deze situaties zijn in de Verkenner invoer te herkennen doordat alle (relatieve) flows vanuit een DW-node naar de DM-node(s) op 0 staan.

Daarnaast resteren nog de volgende knelpunten uit Roovaart et al. 2012 (waarvoor dus geen korte-termijn oplossing is):

- 04 De LHM 2.2 DM-nodes voor de grotere Rijkswateren zijn in een aantal gevallen veel groter dan de KRW-waterlichamen: één DM-node kan dan bestaan uit een aantal KRW-waterlichamen.
- 05 De LHM 2.2 LSW-kaart bevat LWS's die in een aantal gevallen met elkaar overlappen.
- 06 De LHM 2.2 LSW-kaart bevat veel losse LSW-fragmenten en gaatjes in en tussen LSW's. Dit maakt de kaart minder geschikt om als achtergrondkaart te dienen, geeft problemen bij de opsplitsing van KRW-waterlichamen volgens LSW-grenzen en levert ook (kleine) problemen op bij het toekennen van diffuse emissies aan de LSW's.
- 07 De LHM 2.2 LSW-kaart is op de landsgrenzen afgekapt, waardoor deze LSW's eigenlijk geen echte afwateringsgebieden zijn. Hierdoor treden er onnauwkeurigheden op wat betreft debieten en vrachten bij deze LSW's.
- 08 In de LHM 2.2 LSW-kaart ontbreken de Waddeneilanden en een deel van Zuid-Limburg.
- 09 Er is gebruik gemaakt van een verouderde DM polygonen kaart (geschematiseerd dmnetwerk.shp).
- 11 De LHM 2.2 DM-nodes voor de grotere Rijkswateren sluiten qua grenzen in veel gevallen niet goed aan bij de grenzen van de KRW-waterlichamen. Dit is een variant op knelpunt 4.
- 12 De LHM 2.2 DM-nodes voor een aantal regionale boezemsystemen sluiten qua grenzen in veel gevallen niet goed aan bij de grenzen van de KRW-waterlichamen, in veel gevallen bevat één DM-node een groot aantal KRW-waterlichamen of onderdelen daarvan (bijvoorbeeld de Friese Boezem).
- 15 De koppeling van de LSW's met het DM-netwerk via de Districten is in een aantal gevallen een versimpelde weergave van de werkelijkheid.
- 16 De doorvertaling van de nutriëntenconcentraties naar de zoute wateren is nog niet uitgevoerd.
- 17 Er zijn geen LHM-berekeningen beschikbaar voor de jaren na 2006.
- 18 De STONE-berekeningen zijn niet geschikt voor gebruik op een klein schaalniveau, zoals KRW-oppervlaktewaterlichamen. Dit is al bekend uit vorige studies en uitgebreid gedocumenteerd. Hoewel STONE uitvoer levert op het niveau van 6404 plots, worden de uitkomsten daarom gewoonlijk geaggregeerd naar ongeveer 120 grotere gebieden. Deze werkwijze wordt bijvoorbeeld bij de levering van data aan de Emissieregistratie gevolgd.

STONE levert dus uitvoer voor plots (Unieke Combinaties of UC's). Op basis van combinaties van landgebruik, bodem en hydrologie is hiermee een landsdekkende schematisatie opgebouwd. Mede vanwege het ontbreken van bepaalde combinaties is vastgesteld dat de STONE-uitspoelingscijfers pas op een bepaald minimum schaalniveau mogen worden toegepast.
- 19 De STONE-berekeningen zijn gebaseerd op een andere hydrologie dan het LHM. Een vergelijking tussen beide hydrologieën wordt momenteel uitgevoerd in het kader van een validatie voor LHM 3.0. Verder levert de validatie op afvoeren berekend met LHM 3.0 een matige modefficiency op (Hoogewoud et al. 2013).

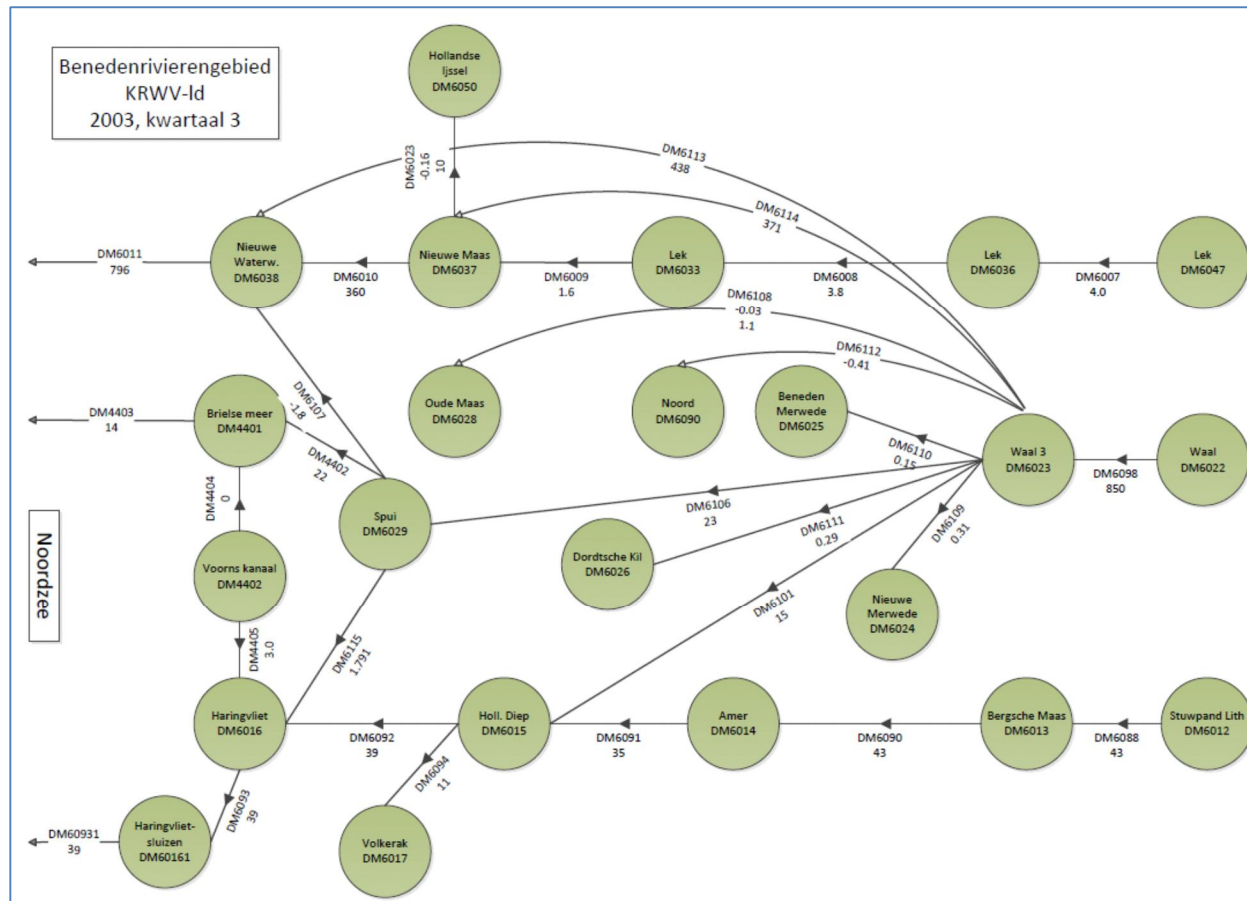
- 20 De gebieden in de Emissieregistratie: de afwateringseenheden, bestaan soms enkel uit water en soms uit land + water. Dit bemoeilijkt het toekennen van de ER-data aan de KRW-Verkenner schematisatie.
- 21 De Emissieregistratie bevat alleen data over een aantal ijkjaren (om de 5 jaar) en niet over alle tussenliggende jaren. Momenteel wordt dan ook mede gebruik gemaakt van oude ER-gegevens en interpolatie, wat geen ideale situatie is wat betreft betrouwbaarheid en consistentie.
- 22 De Emissieregistratie en ook de afgeleide database WP ERC-2009 bevat alleen data over jaarvrachten, er is geen onderscheid gemaakt in kwartalen of zomer- en wintervrachten. Emissies worden nu gelijk verdeeld over de 4 kwartalen, hetgeen niet in alle gevallen even realistisch zal zijn.
- 23 Voor een deel van de grensoverschrijdende wateren in de landelijke toepassing ontbreken data over concentraties van N of P of debieten in de Alterra ECHO-database.
- 24 In het LHM ontbreekt een groot deel van de kleinere grensoverschrijdende wateren, waardoor geen instroomdebieten vanuit het buitenland bekend zijn.
- 25 Er zijn grote verschillen geconstateerd in debieten vanuit LHM en vanuit RWS-WD data en iBever data voor de locaties Sas van Gent en Schaar van Ouden Doel.

N.B. Het LHM levert dus geen debiet voor de Schelde bij Schaar van Ouden Doel (zie B04).

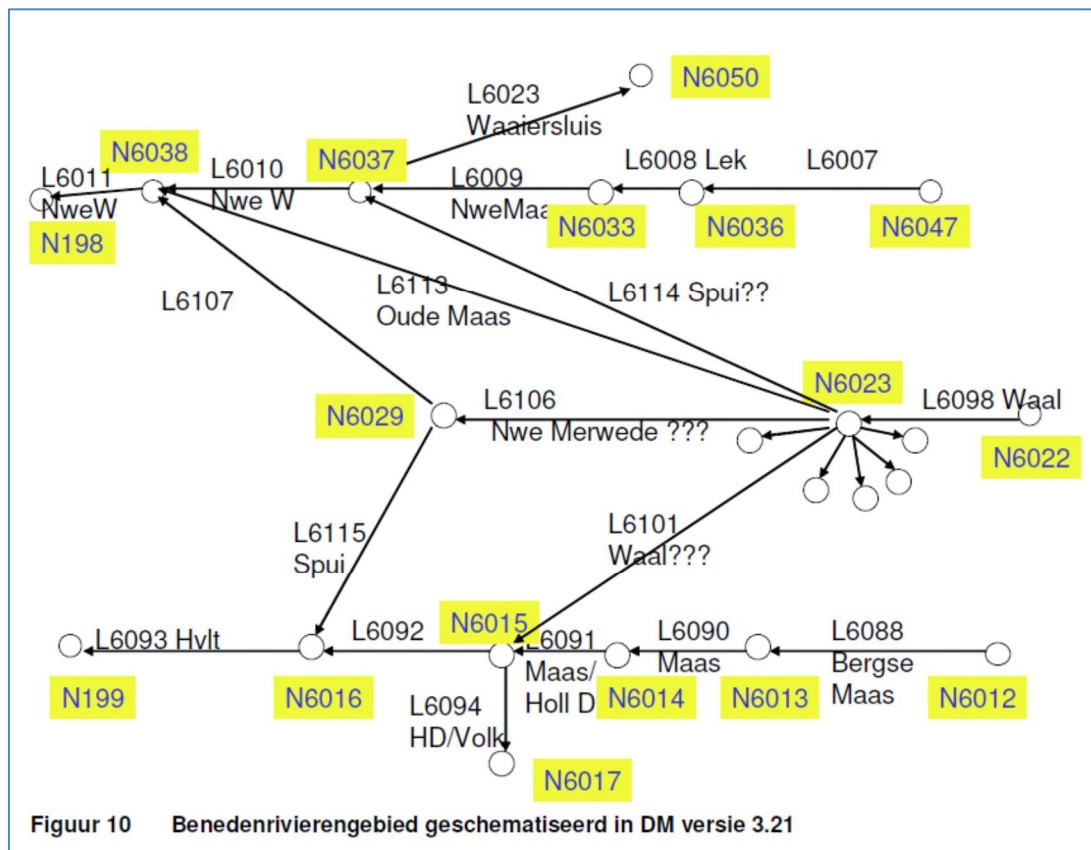
Verder is tijdens een van de stuurgroep vergaderingen nog het volgende knelpunt ingebracht:

- 27 **Nalevering vanuit de waterbodem**
 Nalevering van met name fosfaat vanuit de waterbodem kan een significante invloed hebben op concentraties. De landsdekkende toepassing houdt echter geen rekening met deze nalevering waardoor in een aantal gevallen te lage concentraties berekend zullen worden.
 Een oplossing van dit probleem zou kunnen zijn het toevoegen van de bron 'waterbodem' aan de Verkenner invoer. Onduidelijk is op dit moment echter hoe deze bron zou moeten worden geïmplementeerd en of er voldoende landsdekkende gegevens m.b.t. de waterbodem beschikbaar zijn om deze bron op korte of langere termijn aan de Verkenner invoer toe te voegen.
 Zie voor nadere info de rapporten Nalevering van nutriënten uit waterbodems in de KRW-Verkenner van Dick Bakker (Deltares 2011) en *Waterbodems in de KRW-Verkenner* van Leonard Osté en Stefan Witteveen (Deltares 2013).

B Schematisatie Benedenrivierengebied

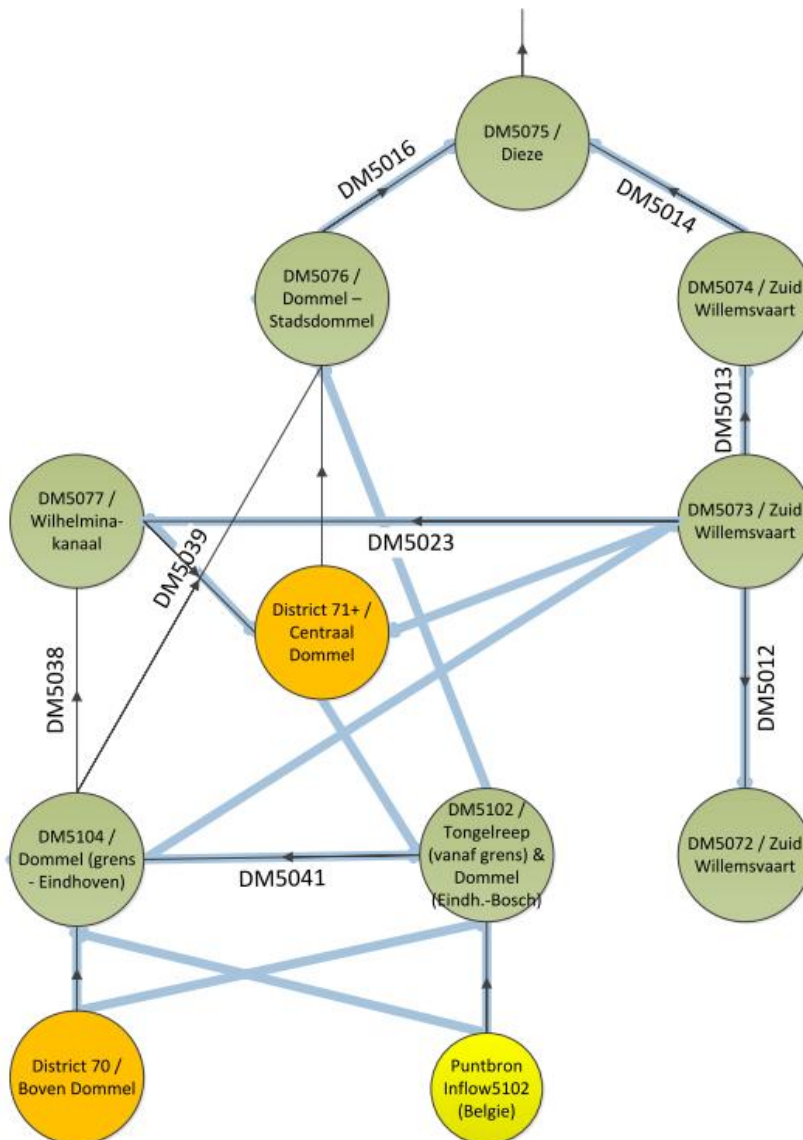


Figuur B-1: Schematisatie van het Benedenrivierengebied met SWU's, links en debieten tussen SWU's voor kwartaal 3 van 2003 (droge situatie).



Figuur B-3: Schematisatie van het Benedenrivierengebied volgens de LHM documentatie.

C Schematisatie rond Dommel en Tongelreep



Figuur C-1: Schematisatie rond Dommel en Tongelreep met een interpretatie van DM5102 en DM5104 conform de bijbehorende polygonen (afkomstig van een verouderde LHM-kaart). De blauwe pijlen / verbindingen geven de (ingeschatte) werkelijke uitwisselingsmogelijkheden van water weer. District 71+ staat voor de districten 71 (vrij-afwaterend zonder wateraanvoer), 711 (vrij-afwaterend met wateraanvoer) en 712 (vrij-afwaterend met wateraanvoer).

D Schatting SWU- watervolumes voor zomerhalfjaar

Situatie met één SWU per LSW

Uitgangspunten:

$$V_{LSW,zo} = V_{SWU,zo} + V_{Basin,zo} \quad (1)$$

$$O_{LSW,zo} = O_{SWU,zo} + O_{Basin,zo} \quad (2)$$

$$V_{SWU,zo} = D_{SWU,zo} * O_{SWU,zo} \quad (3)$$

$$V_{Basin,zo} = D_{Basin,zo} * O_{Basin,zo} \quad (4)$$

$$f = \frac{D_{SWU,zo}}{D_{Basin,zo}} \quad (5)$$

Waarbij de aanduiding 'Basin' betrekking heeft op de Basin-node (deel van de LSW dat niet tot de SWU behoort) en

V: watervolume (m³)

O: wateroppervlak (m²)

D: waterdiepte (m)

zo: zomerhalfjaar-gemiddelde

f: Verhouding waterdiepte SWU en waterdiepte rest van de LSW (=waterdiepte binnen basin)

$$3+5 \rightarrow V_{SWU,zo} = f * D_{Basin,zo} * O_{SWU,zo} \quad (6)$$

$$1+3+4 \rightarrow V_{LSW,zo} = D_{SWU,zo} * O_{SWU,zo} + D_{Basin,zo} * O_{Basin,zo}$$

$$\rightarrow +5 \quad V_{LSW,zo} = f * D_{Basin,zo} * O_{SWU,zo} + D_{Basin,zo} * O_{Basin,zo}$$

$$\rightarrow \quad V_{LSW,zo} = D_{Basin,zo} * (f * O_{SWU,zo} + O_{Basin,zo})$$

$$\rightarrow +2 \quad V_{LSW,zo} = D_{Basin,zo} * (f * O_{SWU,zo} + O_{LSW,zo} - O_{SWU,zo})$$

$$\rightarrow \quad V_{LSW,zo} = D_{Basin,zo} * ((f - 1) * O_{SWU,zo} + O_{LSW,zo})$$

$$\rightarrow \quad D_{Basin,zo} = \frac{V_{LSW,zo}}{(f-1)*O_{SWU,zo}+O_{LSW,zo}}$$

$$\rightarrow +6 \quad V_{SWU,zo} = f * \frac{V_{LSW,zo}}{(f-1)*O_{SWU,zo}+O_{LSW,zo}} * O_{SWU,zo}$$

$$\rightarrow \quad V_{SWU,zo} = \frac{f}{\left(\frac{O_{SWU,zo}}{O_{LSW,zo}}\right)^{-1} + f - 1} * V_{LSW,zo} \quad (7)$$

Met de benaderingen

$$O_{SWU,zo} \approx O_{SWU} \quad (8)$$

en

$$O_{LSW,zo} \approx O_{LSW} \quad (9)$$

ofwel

$$\frac{O_{SWU,zo}}{O_{LSW,zo}} \approx \frac{O_{SWU}}{O_{LSW}} \quad (10)$$

waarbij

O_{SWU} : Wateroppervlak van de SWU volgens de SWU-kaart.

O_{LSW} : Wateroppervlak van de LSW in de vorm van langjarig gemiddelde volgens MOZART.

kan Eq. 7 worden omgezet in de volgende benadering

$$V_{SWU,zo} \approx \frac{f}{\left(\frac{O_{SWU}}{O_{LSW}}\right)^{-1} + f - 1} * V_{LSW,zo} \quad (11)$$

Ter controle: als $f = 1$ dan

$$V_{SWU,zo/wi} \approx \frac{O_{SWU}}{O_{LSW}} * V_{LSW,zo/wi} \quad (12)$$

OK.

Situatie met meerdere SWU's per LSW

Uitgangspunten:

$$V_{LSW,zo} = V_{SWUs,zo} + V_{Basin,zo} \quad (13)$$

$$O_{LSW,zo} = O_{SWUs,zo} + O_{Basin,zo} \quad (14)$$

waarbij de aanduiding $SWUs$ betrekking heeft op alle SWU's van de LSW.

Verder wordt aangenomen dat de waterdieptes, en dus de f -waarden, gelijk zijn voor alle SWU's.

Naar analogie van Eq. 7 kan dan worden afgeleid:

$$V_{SWUs,zo} = \frac{f}{\left(\frac{O_{SWUs,zo}}{O_{LSW,zo}}\right)^{-1} + f - 1} * V_{LSW,zo} \quad (15)$$

Ook zal gelden:

$$V_{SWU,zo} = \frac{O_{SWU,zo}}{O_{SWUs,zo}} * V_{SWUs,zo} \quad (16)$$

$$15+16 \rightarrow V_{SWU,zo} = \frac{O_{SWU,zo}}{O_{SWUs,zo}} * \frac{f}{\left(\frac{O_{SWUs,zo}}{O_{LSW,zo}}\right)^{-1} + f - 1} * V_{LSW,zo} \quad (17)$$

Volgens de benadering van Eq. 8 zal ook gelden:

$$O_{SWUs,zo} \approx O_{SWUs} \quad (18)$$

waarbij O_{SWUs} het totale wateroppervlak volgens de SWU-kaart van alle SWU's van de LSW is, ofwel

$$\frac{O_{SWU,zo}}{O_{SWUs,zo}} \approx \frac{O_{SWU}}{O_{SWUs}} \quad (19)$$

$$17+8+9+19 \rightarrow V_{SWU,zo} \approx \frac{O_{SWU}}{O_{SWUs}} * \frac{f}{\left(\frac{O_{SWUs}}{O_{LSW}}\right)^{-1} + f - 1} * V_{LSW,zo} \quad (20)$$

N.B. Eq. 17 kan ook als volgt geschreven worden:

$$V_{SWU,zo} = (1 - Ofrac_{Basin,zo})^{-1} * \frac{f}{(1 - Ofrac_{Basin,zo})^{-1} + f - 1} * \frac{O_{SWU,zo}}{O_{LSW,zo}} * V_{LSW,zo} \quad (21)$$

waarbij $Ofrac_{Basin,zo}$ de fractie is van het wateroppervlak van de LSW dat wordt ingenomen door de Basin-node, gegeven door:

$$Ofrac_{Basin,zo} = 1 - \frac{O_{SWU,zo}}{O_{LSW,zo}} \quad (22)$$

E Verdeling van de LSW-types over de LHM 2.2 districten

Zie tabel E-1 voor de verdeling van de drie LSW-typen (P = Polder; V = Vrij-afwaterend; W = Vrij-afwaterend met wateraanvoer) over de LHM 2.2 districten.

Tabel E-1: Relatieve verdeling (gebiedspercentages) van LSW-typen over de LHM 2.2 districten. Gebaseerd op de versie 003 van de LKM basin-kaart.

Nr	Name	% P	% V	% W
0	District 0	12.4	85.9	1.8
1	Friesland	100	0	0
3	Peize- en Eelderdiep / Fochtteloerveen	25	63	11.9
4	Reitdiep-zuid	100	0	0
5	Eemskanaal Noord	100	0	0
6	Oldambt	100	0	0
7	Westerwoldse Aa	100	0	0
9	Reitdiep-noord	100	0	0
10	Noordoost Drenthe	100	0	0
11	Zuidoost Drenthe	0.7	31.2	68.1
12	Zuidwest Drenthe	6.5	30.9	62.6
13	Vollenhove	59.3	20.1	20.7
14	Noordoostpolder	100	0	0
15	Mastenbroek	92	2.8	5.1
16	Overijsselse Vecht	1	38.1	60.9
17	Dinkel	0	100	0
18	Twenthe-zuid	0	0	100
19	Salland	86.2	6.8	7
20	Twenthekanaal	0	99.8	0.2
21	Oudeland (van Strijen)	100	0	0
22	IJssel	63.7	35.6	0.7
23	Noordoost Veluwe	2.4	95.6	1.9
24	Berkel/Slinge	14.8	81.5	3.6
25	Rijnwaarden	12.9	87.1	0
26	Arnhem	0	80.3	19.7
27	Reigenbergsche polder	100	0	0
28	Zuidwest Veluwe	9.7	89.3	1
29	Noordwest Veluwe	7.6	87.3	5.1
30	Flevoland	100	0	0
31	Wieringermeerpolder	100	0	0
32	Amstelmeer	100	0	0
33	Medemblik	100	0	0
34	Polders Drieban, Westerkogge en Oosterpolder	100	0	0
35	Polders Schermerboezem	100	0	0

Nr	Name	% P	% V	% W
36	Waterland	100	0	0
37	Noordzeekanaal	100	0	0
38	Polders Rijnland	100	0	0
39	Amstelland	100	0	0
40	Gooi	73.5	26.5	0
41	Utrechtse heuvelrug / Kromme Rijn	51.9	48.1	0
42	Leidse Rijn	100	0	0
43	Woerden	100	0	0
44	Lopikerwaard	100	0	0
45	Krimpenerwaard	100	0	0
46	Polders Schieland	100	0	0
47	Polders Delfland	100	0	0
48	Voorne	100	0	0
49	Goeree	100	0	0
50	Beijerland	100	0	0
52	IJsselmonde Noord	100	0	0
53	Alblasserwaard	100	0	0
54	Land van Heusden en Altena	100	0	0
55	Tielervaard	100	0	0
61	Maaskant, Maaskant-Bovengebied	0	32.4	67.6
62	Maaskant, Maaskant-Midden	10.9	13.8	75.3
63	de Aa	0	6.8	93.2
64	Peel & Maasvallei, De Peel	0	26.7	73.3
65	Peel & Maasvallei, Rechter Maasoever	0	100	0
66	Maas-Noord	0	100	0
67	Maas-Zuid	0	100	0
68	Peel & Maasvallei, Midden Limburg	0	46.5	53.5
69	Gender	0	100	0
70	Boven Dommel	0	66.7	33.3
71	Centraal Dommel	0	100	0
73	Dongestroom, Donge	12.4	86.1	1.6
76	Oostflakkee	100	0	0
79	Walcheren / Noord Beveland	100	0	0
80	Zeeuws Vlaanderen	100	0	0
81	Stadsboezem Amsterdam	100	0	0
82	Polders Obdam, Wogmeer, Hensbroek, Kaagpolder, Lage Hoek en bedijkte boezem	100	0	0
83	Stadsgebied Utrecht	100	0	0
84	Amsterdam Rijnkanaal / Lek	100	0	0
85	Kromme Rijn / Amsterdam Rijnkanaal	100	0	0
86	IJsselmonde (noordoever Oude Maas)	100	0	0
87	Dordrecht (Beneden Oude Maas)	100	0	0

Nr	Name	% P	% V	% W
88	Strijen	100	0	0
89	Korendijk	100	0	0
90	Overflakkee-oost	100	0	0
91	de Noordwaard	100	0	0
92	Vijfheerenlanden	100	0	0
93	Maurikse Wetering	100	0	0
94	Neder Betuwe	100	0	0
95	Over Betuwe	100	0	0
96	Arnhem Zuid	100	0	0
97	Schipbeek-zuid	44.7	47.7	7.6
98	Eefsebeek	53.4	46.6	0
99	Grote waterleiding/Slinge Afwateringskanaal	0	83.2	16.8
100	Baakse Beek / Veengoot	0	100	0
101	Grote Beek	1.5	98.5	0
102	Oude IJssel	0	100	0
103	Liemers/Bevermeer	0	100	0
105	IJssel-zuid	100	0	0
106	IJssel-noord	100	0	0
107	Schipbeek-Noord	99.8	0	0.2
108	Twente-noord	0	12.7	87.3
109	Dongeradeel	100	0	0
110	Maaskant, Maaskant-West	20.7	0	79.3
111	Bommelerwaard, de Baanbreker	100	0	0
112	Bommelerwaard, polders Rietschoof en H.C. de Jong	100	0	0
113	Bommelerwaard, polder van Dam van Brakel	100	0	0
114	Bemalingsgebieden Bloemers & Quarles van Ufford	99.6	0	0.4
115	Hollands-Duitsch gemaal/Landweijer	2.2	95	2.9
116	van Citters 1	30.8	0	69.2
117	van Citters 2	0	53.8	46.2
118	Bommelerwaard, Heerwaarden, Alem	100	0	0
119	Dinteloord	100	0	0
120	Zevenbergen	100	0	0
121	Moerdijk	93.6	6.4	0
122	Amer	100	0	0
123	Geertruidenberg	17.2	82.8	0
124	Mark	0	100	0
125	Aa of Werijs	0	100	0
126	Bovenmark	0	100	0
127	Plaatvliet	0	100	0
128	Kapelberg	0	100	0
129	Leurschans	0.2	99.8	0
130	Heerjansland	0	100	0

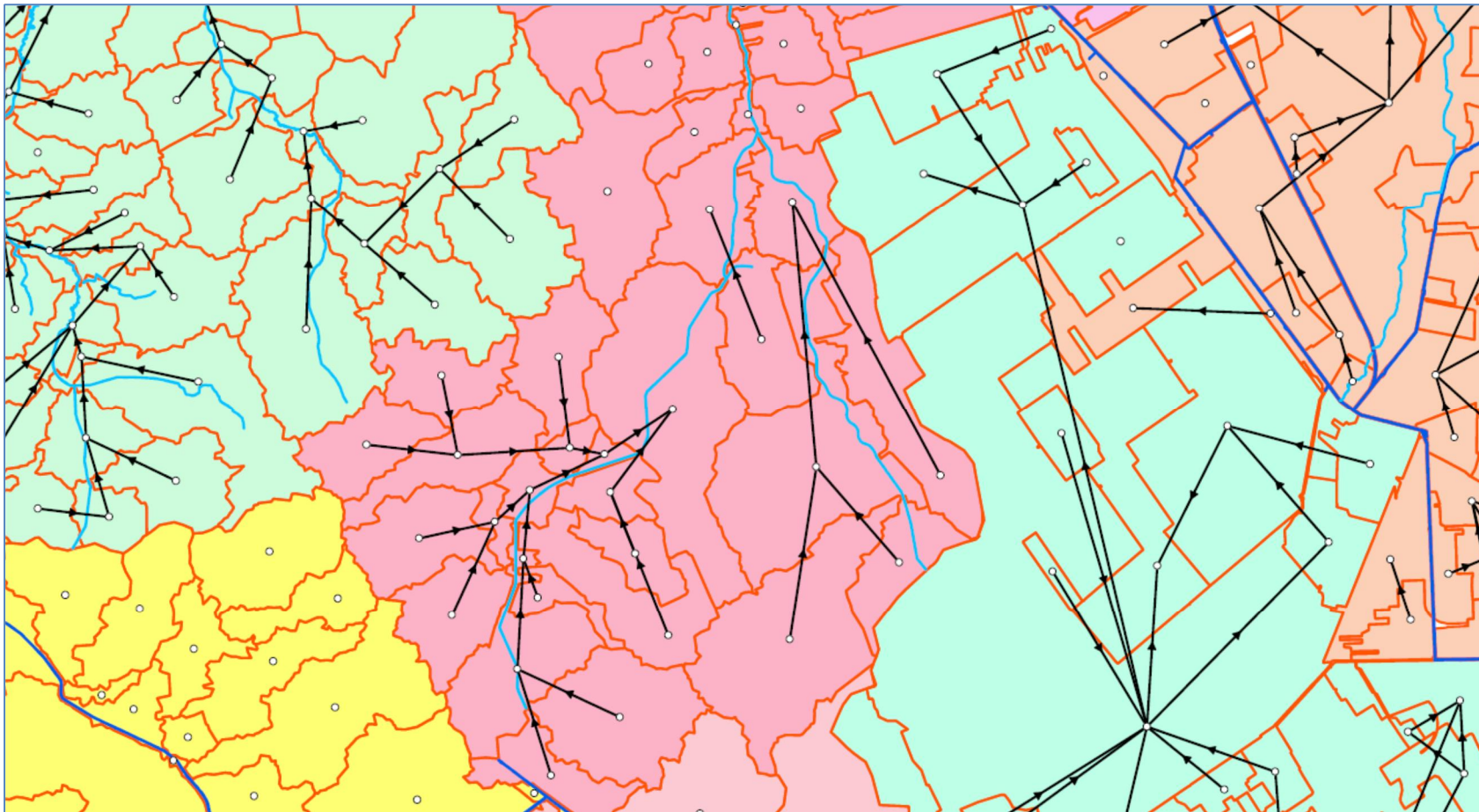
Nr	Name	% P	% V	% W
131	Goudbloem	0	100	0
132	Zuid Beveland, (+Scheldekwartier, Woensdrechtse en Ossendrechtse Kil, Polders + vrij afwaterend gebied	79.9	20.1	0
133	Noord Beveland	100	0	0
134	Tholen	100	0	0
135	Schouwen	100	0	0
136	Philippsland	100	0	0
137	Zandleij	0	70.1	29.9
138	Voorne-oost	100	0	0
140	Rozenburg	100	0	0
141	Putten	100	0	0
142	Noordelijke kustpolders	100	0	0
144	Fivelingo	100	0	0
145	Lauwersmeer	100	0	0
146	Leeksterhoofddiep & Dwarsdiep	100	0	0
201	Lende-ZO Friesland	100	0	0
202	Tjonger-ZO Friesland	100	0	0
203	Vledder Aa-ZO Friesland	100	0	0
204	Schoterland - Opsterland ZO Friesland	100	0	0
205	Koningsdiep-ZO Friesland	100	0	0
206	Het Bildt-Zwarte Haan	100	0	0
207	Het Bildt-Ropta	100	0	0
210	Bakkeveense vaart-ZO Friesland	100	0	0
211	Haarlemmermeer	100	0	0
212	Groot-Mijdrecht	100	0	0
213	Tempelpolder Rijnland	100	0	0
381	polder Noordplas Rijnland	100	0	0
500	Kustzone & haven Rotterdam	100	0	0
501	Biesbosch type	100	0	0
601	Noordwest Drenthe midden	46.6	35.2	18.1
602	Noordwest Drenthe oost	100	0	0
603	Noordwest Drenthe west	6.8	81.7	11.5
631	de Aa zuid	0	18.7	81.3
711	Centraal Dommel - oost met aanvoer	0	0	100
712	Centraal Dommel - mid met aanvoer	0	0	100
918	Twenthe-zuid geen wateraanvoer	0	100	0

De tabel laat zien dat er drie districten (18, 711 en 712) zijn die voor 100% bestaan uit vrij-afwaterend gebied met wateraanvoer (LSW-type W).

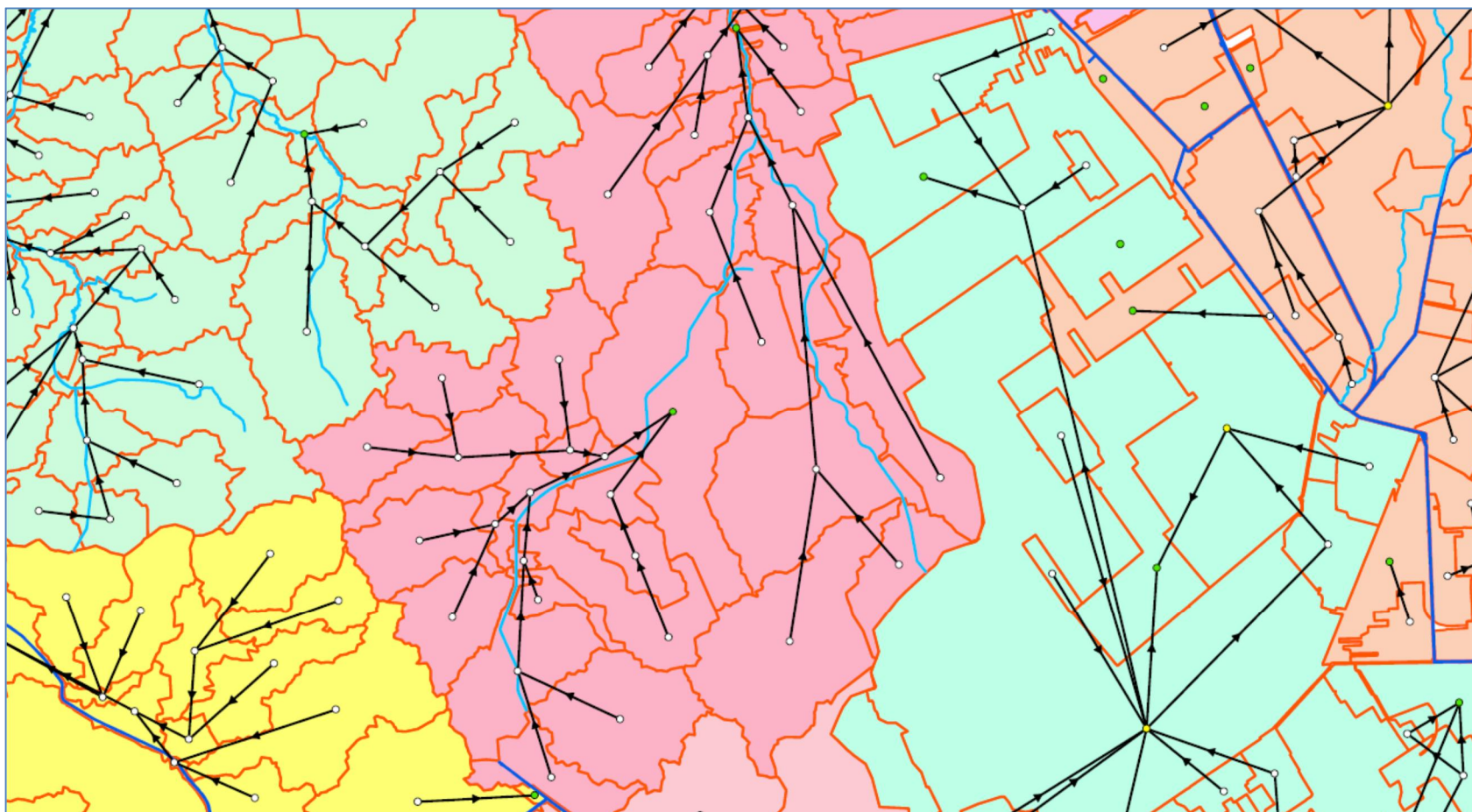
District 18 (Twenthe-zuid) lijkt hierbij een eenheid te vormen met district 918 (Twenthe-zuid geen wateraanvoer), waarbij district 918 (100% LSW-type V) het vrij-afwaterende deel vormt en district 18 het vrij-afwaterende deel met wateraanvoer. Zie ook de groene regels in tabel E-1.

Evenzo lijken de districten 711 (Centraal Dommel - oost met aanvoer) en 712 (Centraal Dommel - mid met aanvoer) een eenheid te vormen met district 71 (Centraal Dommel), waarbij district 71 (100% LSW-type V) het vrij-afwaterende deel vormt en de districten 711 en 712 het vrij-afwaterende deel met wateraanvoer. Zie ook de gele regels in de tabel.

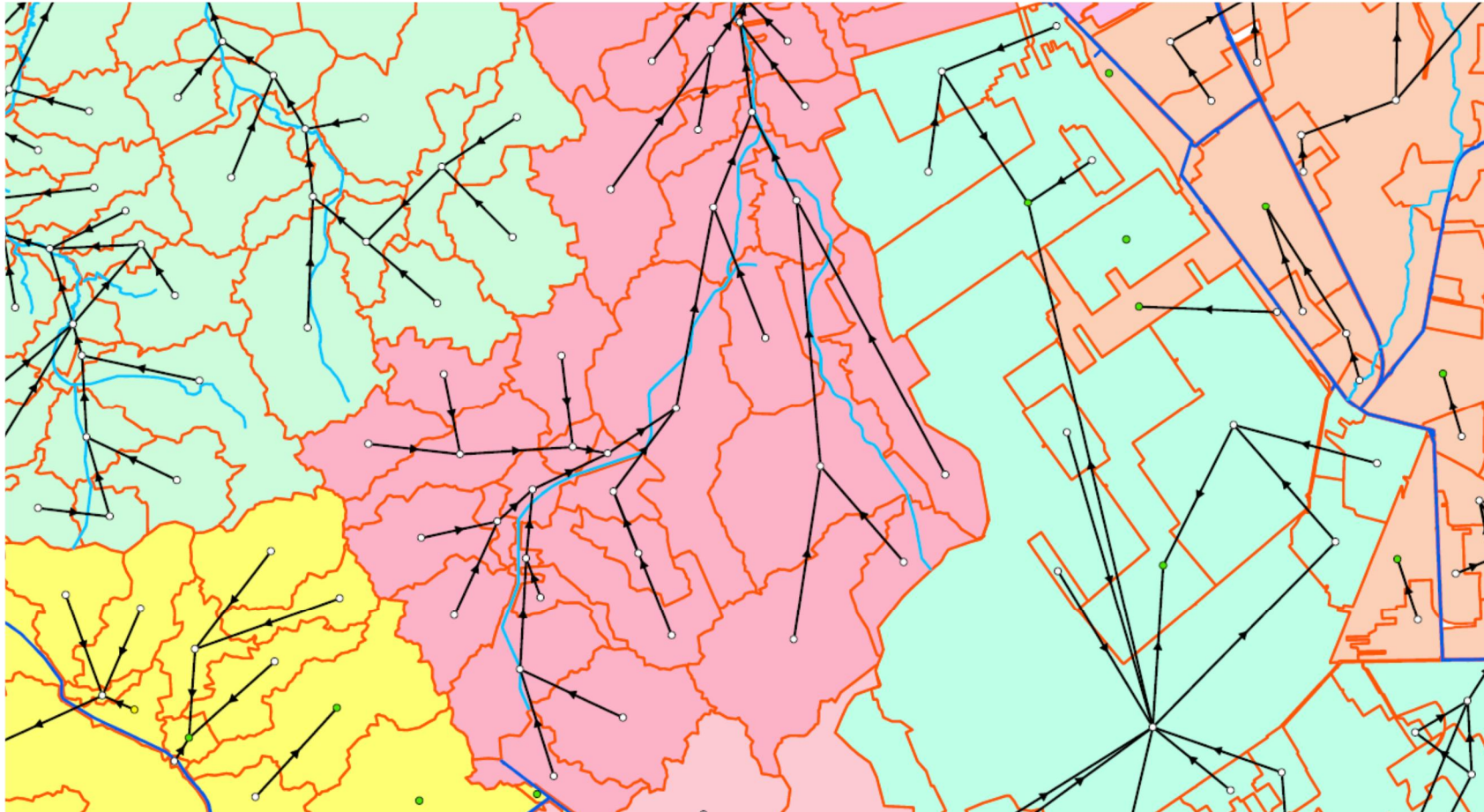
F Voorbeeld LSW-routing update



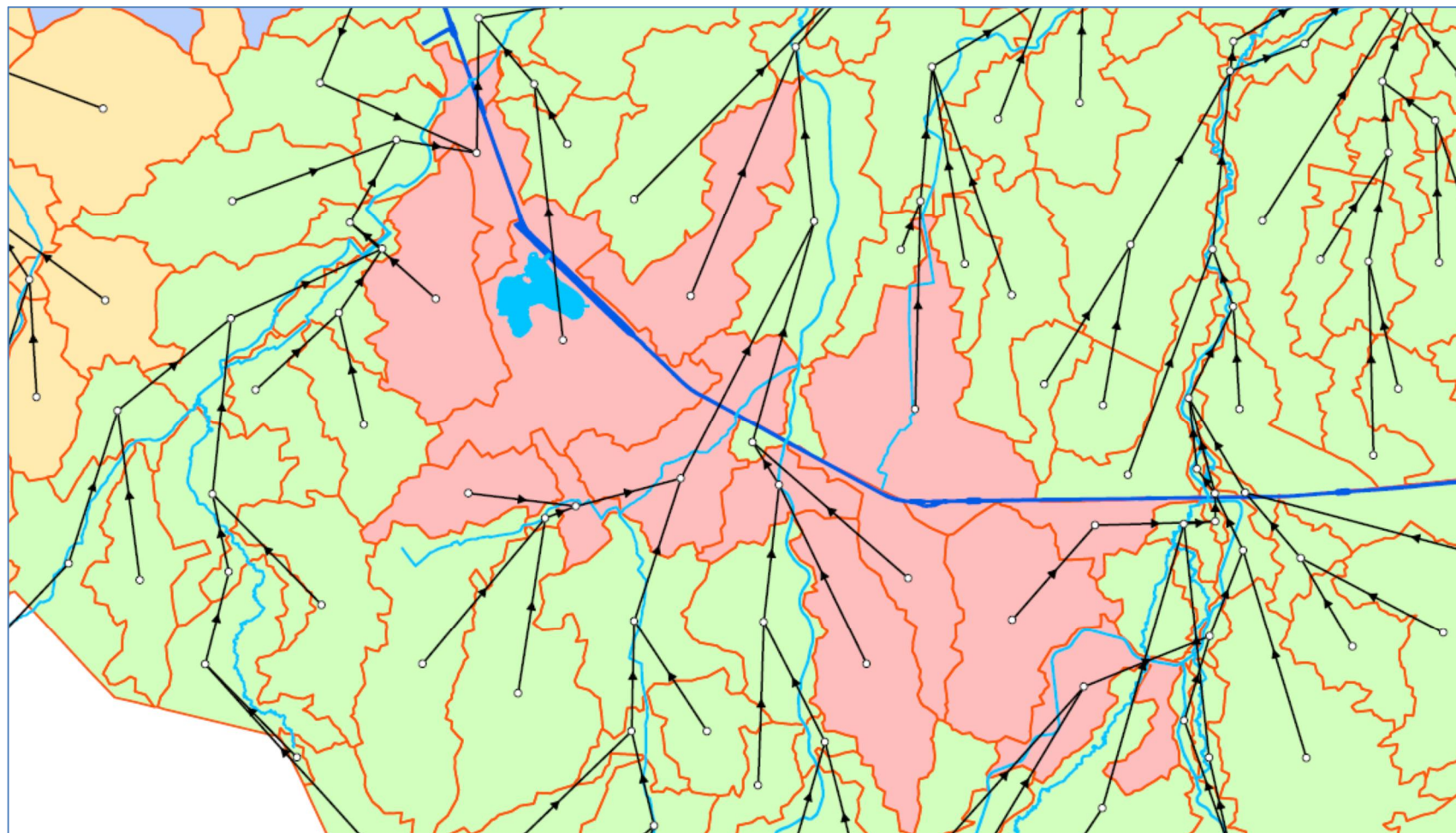
Figuur F-1: Voorbeeld van de LSW-routing uit LHM 2.2 (zwarte pijlen) in het gebied rond de bovenstroom van de Hunze. De verschillende kleuren geven LHM-districten aan, de rode lijnen de LSW-gebiedsgrenzen en de blauwe lijnen de SWU's uit het LKM 1.0.



Figuur F-2: Hetzelfde voorbeeld als in figuur F-1, maar dan met van de LSW-routing uit LHM 2.0. De routing is vollediger, maar bevat nog steeds enkele 'gaten' waardoor bijvoorbeeld het bovenstroomse deel van de Hunze niet afwaart op het benedenstroomse deel.



Figuur F-3: Hetzelfde voorbeeld als in figuur F-1 en F-2, maar dan met van de gecorrigeerde LSW-routing. Alleen de groene nodes kennen geen (explicite) afwatering. Het gaat hier om 'eindnodes' van de routing die conform de LHM opzet afwateren op het districtswater en daarmee op een DM-water (donkerblauwe lijnen).



Figuur F-4: Voorbeeld van overschrijding van de LHM-districtsgrenzen in de geüpdatete LSW-routing. Het betreft hier de districten 71 (Centraal Dommel: lichtgroen) en 711 (Centraal Dommel - oost met aanvoer: lichtrood).

G Retentievoëfficiënten

In Tabel G.1 en Tabel G.2 zijn voor respectievelijk stikstof en fosfor de verblijftijden en retentiefactoren weergegeven zoals gebruikt bij de tussentijdse aanpassing van de retentievoëfficiënten, alsook de berekende retentievoëfficiënten conform Eq. 3 (oude formulering) en Eq. 4 (conform KRW-Verkenner).

N.B. Hoog-Nederland is niet in de tabellen vertegenwoordigd omdat de retentievoëfficiënten voor Hoog Nederland op een alternatieve wijze zijn bepaald.

Tabel G.1 *Verblijftijden (HRT in dagen) en retentiefactoren voor stikstof voor verschillende watersystemen behorend bij de tussentijdse update van de retentievoëfficiënten, alsook de berekende retentievoëfficiënten (in 1/dag) volgens Eq. 3 en 4.*

Watersysteem	HRT	Retentie-factor	Retentie-coëfficiënt volgens Eq. 3	Retentie-coëfficiënt volgens Eq. 4
Laag Nederland; poldergebieden	35	0.5	0.0198	0.0286
Maas	3.5	0.04	0.0117	0.0119
Markermeer	400	0.25	0.000719	0.000833
Rijn	1.75	0.04	0.0233	0.0238
Randmeren	75	0.25	0.00384	0.00444
IJssel	1.2	0.04	0.0340	0.0347
IJsselmeer	120	0.25	0.00240	0.00278

Tabel G.2 *Verblijftijden (HRT in dagen) en retentiefactoren voor fosfor voor verschillende watersystemen behorend bij de tussentijdse update van de retentievoëfficiënten, alsook de berekende retentievoëfficiënten (in 1/dag) volgens Eq. 3 en 4.*

Watersysteem	HRT	Retentie-factor	Retentie-coëfficiënt volgens Eq. 3	Retentie-coëfficiënt volgens Eq. 4
Laag Nederland; poldergebieden	35	0.5	0.0198	0.0286
Maas	3.5	0.09	0.0269	0.0283
Markermeer	400	0.04	0.000102	0.000104
Rijn	1.75	0.09	0.0539	0.0565
Randmeren	75	0.04	0.000544	0.000556
IJssel	1.2	0.09	0.0786	0.0824
IJsselmeer	120	0.04	0.000340	0.000347

In Tabel G.3 is de uiteindelijke toekenning weergegeven van de retentievoëfficiënten aan de verschillende typen van nodes van de schematisatie van LKM 1.0 en LKM 1.1.

Tabel G.3 Retentiecoëfficiënten voor stikstof en fosfor zoals gebruikt in LKM 1.0 en LKM 1.1 op basis van een indeling van de nodes in verschillende types zoals vastgelegd in het TAG veld van de Basin- en SWU-kaart.

TAG	Stikstof		Fosfor	
	LKM 1.0	LKM 1.1	LKM 1.0	LKM 1.1
District water	0.195	0	0.15	0
District water Aanvo	0.195	0	0.15	0
DM-node type 1	0.195	0	0.15	0
DM-node type 51	0.195	0	0.15	0
DM-node type 51_Maas	0.012	0	0.027	0
DM-node type 52_Hoog	0.195	0.195	0.15	0.15
DM-node type 52_Laag	0.02	0.0198	0.02	0.0198
DM-node type 52_Maas	0.012	0.0117	0.027	0.0269
DM-node type 52_Mrkm	0.0008	0.000719	0.0016	0.000102
DM-node type 52_Rijn	0.023	0.0233	0.054	0.0539
DM-node type 52_Rndm	0.0038	0.00384	0.0079	0.000544
DM-node type 52_Yssl	0.034	0.034	0.079	0.0786
DM-node type 52_Yssm	0.0024	0.0024	0.0049	0.00034
KRWwb-inLSW_{'O'}	0.02	0.195	0.02	0.15
KRWwb-inLSW_{'P'}	0.02	0.0198	0.02	0.0198
KRWwb-inLSW_{'V'}	0.195	0.195	0.15	0.15
KRWwb-inLSW_{'W'}	0.195	0.195	0.15	0.15
LSW_{'O'}	0.02	0.195	0.02	0.15
LSW_{'P'}	0.02	0.0198	0.02	0.0198
LSW_{'V'}	0.195	0.195	0.15	0.15
LSW_{'W'}	0.195	0.195	0.15	0.15
O	0.02	0.195	0.02	0.15
P	0.02	0.0198	0.02	0.0198
V	0.195	0.195	0.15	0.15
W	0.195	0.195	0.15	0.15

H Verklaring begrippen

DM-knoop	Begrip uit het LHM. Deel van het (Nederlandse) oppervlaktewater binnen de schematisatie van het Distributiemodel (DM) van het LHM. De DM-schematisatie omvat in principe al het oppervlaktewater dat van belang is voor de wateraanvoer en omvat met name hoofdwatervaten en boezemstelsels.
Local Surface Water (LSW)	Begrip uit het LHM. Deel van het (lokale) oppervlaktewater dat buiten de DM schematisatie valt en beschreven wordt binnen het MOZART deel van de LHM schematisatie. In de LKM schematisatie is een LSW gesplitst in een Basin-node en één of meer oppervlaktewatereenheden (SWU's).
LSW-afwateringsgebied	Gebied dat afwatert op een Local Surface water. De LSW-kaart van het MOZART deel van het LHM geeft de LSW-afwateringsgebieden weer (en niet de LSW's zelf).
Afwateringsgebied	Gebied dat afwatert op een deel van het oppervlaktewater binnen een KRW-Verkenner schematisatie. In de LKM-schematisatie komt een afwateringsgebied overeen met een LSW-afwateringsgebied.
Basin	Synoniem voor afwateringsgebied (term wordt gebruikt binnen de KRW-Verkenner software).
Oppervlaktewatereenheid	Deel van het oppervlaktewater binnen een KRW-Verkenner schematisatie. In het LKM terug te vinden in de vorm van DM-knopen, delen van KRW-waterlichamen binnen (en buiten) afwateringsgebieden, 'virtuele' oppervlaktewatereenheden binnen afwateringsgebieden en speciale districtsnodes (gerelateerd aan de LHM districtswatervaten).
Surface Water Unit (SWU)	Synoniem voor oppervlaktewatereenheid (term wordt gebruikt binnen de KRW-Verkenner software).
Basin-node	Deel van het oppervlaktewater binnen een afwateringseenheid van een KRW-Verkenner schematisatie, dat niet wordt gerepresenteerd door één of meer oppervlaktewatereenheden (SWU's). Bedoeld om de 'haarvaten' van het oppervlaktewatersysteem binnen een afwateringsgebied te representeren.
DM-node	Een oppervlaktewatereenheid binnen de LKM schematisatie overeenkomend met een DM-knoop.
KL-node	Een oppervlaktewatereenheid binnen de LKM schematisatie in de vorm van het deel van een KRW-waterlichaam binnen een LSW-afwateringsgebied (of een deel van een KRW-waterlichaam dat geheel buiten de LSW-schematisatie valt). Binnen een afwateringseenheid kunnen zich meerdere KL-node bevinden, behorend bij verschillende KRW-waterlichamen (maximaal één KL-node per waterlichaam binnen een afwateringsgebied).
VL-node	Een 'virtuele' oppervlaktewatereenheid binnen de LKM schematisatie in de vorm van een oppervlaktewatereenheid

	zonder directe fysische betekenis. Voor afwateringseenheden zonder KL-nodes is er één VL-node binnen de schematisatie gedefinieerd.
DW-node	Oppervlaktewater eenheid binnen de LKM schematisatie in de vorm van een LHM-districtswater. Wordt binnen de schematisatie primair gebruikt voor de afvoer van water vanuit district naar één of meer DM-nodes. Speelt tevens een rol bij de wateraanvoer die binnen het district zelf wordt afgehandeld.
ADW-node	Oppervlaktewater eenheid binnen de LKM schematisatie in de vorm van een tweede LHM-districtswater. Wordt primair gebruikt voor de wateraanvoer vanuit DM-nodes naar het district. Speelt tevens een rol bij de wateraanvoer die binnen het district zelf wordt afgehandeld.
Master-SWU	De KL- of VL-node binnen een afwateringsgebied waar naar toe het aanvoerwater, bestemd voor dit afwateringsgebied, wordt geleid (feitelijk 'geteleporteerd') binnen de LKM-schematisatie.