



SOBEK-modellering Watergebiedsplan Flakkee West

Waterschap Hollandse Delta

6 maart 2026

Kenmerk R001-1297194BRW-V04-agv-NL

Verantwoording

Titel	SOBEK-modellering Watergebiedsplan Flakkee West Waterschap Hollandse Delta
Opdrachtgever	Waterschap Hollandse Delta
Projectleider	Xander Tekelenburg
Auteur(s)	Bram Wijnants en Anna Hoogeveen
Tweede lezer(s)	Eric van Dijk, Siebe Bosch en Mirjam Hulsbos - Bloemerts
Kenmerk	R001-1297194BRW-V04-agv-NL
Aantal pagina's	62 (exclusief bijlagen)
Datum	6 maart 2026
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Systeemanalyse	6
2.2	Algemene uitgangspunten modelbouw	6
2.3	Gegevensvalidatie	7
2.4	CF-model	7
2.4.1	Randvoorwaarden	7
2.4.2	Watergangen	7
2.4.3	Dwarsprofielen	8
2.4.4	Weerstand	8
2.4.5	Kunstwerken	8
2.5	RR-model	10
2.5.1	Unpaved nodes	10
2.5.2	Paved nodes	11
2.6	Meteorologische data en statistiek	11
2.7	Gevoeligheidsanalyse en kalibratie	12
2.8	Validatie	13
2.9	Normeringskaart	13
2.10	Inundatie en knelpunten	13
3	Systeemanalyse	14
3.1	Bodem	14
3.2	Landgebruik en functiekaart	17
3.3	Oppervlaktewatersysteem	19
4	Waterbalans	23
5	Gegevensvalidatie	25
6	Modelbouw	27
6.1	Basismodel	27

6.2	Testberekeningen	30
6.2.1	Streefpeil check – winter	30
6.2.2	Streefpeil check – zomer.....	30
6.2.3	Maatgevende afvoer – 13 mm	31
6.3	Gevoeligheidsanalyse	32
6.3.1	Weerstanden alle drainagelagen	32
6.3.2	Weerstanden aparte drainagelagen.....	36
6.3.3	Neerslagbron.....	42
6.4	Kalibratie en validatie	44
7	Toetsing huidige situatie.....	46
7.1	Hydraulische toetsing	46
7.2	Werkwijze NBW-toetsing.....	50
7.3	Inundaties.....	51
7.4	Knelpunten	54
7.5	Wateropgave	55
8	Resultaten maatregelen	56
8.1	Inundaties.....	57
8.2	Knelpunten en resterende wateropgave	60
9	Conclusie en vooruitblik.....	62

Bijlage 1	Input CatchmentBuilder
Bijlage 2	Gevoeligheidsanalyse
Bijlage 2a	Parameters
Bijlage 2b	Neerslag
Bijlage 2c	Aanvullende gevoeligheidsanalyse
Bijlage 2d	Kalibratie en validatie
Bijlage 3	Resterende wateropgave per functie per peilgebied
Bijlage 4	Toelichting knelpunten indicatieve wateropgave

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het beheergebied van Waterschap Hollandse Delta (WSHD) liggen meerdere uitdagingen, onder andere op het gebied van waterkwantiteit. Met het oog op de toekomst heeft het waterschap zich als doel gesteld om het watersysteem onder klimaatscenario 2050 te laten voldoen aan de huidige normering voor wateroverlast (NBW). Voor ieder deelgebied van het waterschap wordt een watergebiedsplan opgesteld, waar waterkwantiteit en -overlast een onderdeel van zijn.

Eén van de deelgebieden is Flakkee-West. Om het watergebiedsplan in dit deelgebied te realiseren dienen knelpunten en opgaven voor waterkwantiteit in het watersysteem geïdentificeerd te worden. Zo kunnen effectieve onderhouds- en vernieuwingsmaatregelen uitgevoerd worden in het gebied voor een toekomstbestendig watersysteem.

Om tot een set van goed onderbouwde onderhouds- en vernieuwingsmaatregelen te komen is voor Flakkee-West een gekoppeld SOBEK-RR/CF-model gebouwd. Voor een adequate simulatie van het systeem is het model gekalibreerd en gevalideerd. Met het model is een watersysteemtoets uitgevoerd. Met de resultaten van de watersysteemtoets kan WSHD knelpunten in het systeem identificeren en het effect van mogelijke maatregelen analyseren.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om te komen tot een set aan maatregelen om het watersysteem van deelgebied Flakkee-West voor het WH-klimaatscenario 2050 te kunnen laten voldoen aan de normering voor wateroverlast zoals opgenomen in de provinciale verordening van de provincie Zuid-Holland. Om te komen tot een set aan maatregelen is een aantal doelen opgesteld:

- Goed begrip van het watersysteem Flakkee-West
- De bouw van een gekoppeld SOBEK-RR/CF-model dat stromingen en waterstanden accuraat simuleert
- Identificatie van hydraulische knelpunten (waterlopen, kunstwerken) in het watersysteem
- Toetsing van het watersysteem onder klimaatscenario 2050 aan de geldende normering en analyse van de oorzaak van knelpunten
- Het doorvoeren van een eerste set aan optimalisaties van knelpunten en 'quick wins'
- Bepaling van de resterende wateropgave na doorvoering van deze eerste set maatregelen

1.3 Leeswijzer

De watersysteemtoets is uitgevoerd in vier fases:

Fase 0 omvat het opstellen van de uitgangspunten, systeemanalyse, waterbalans, modelbouw, testberekeningen en gevoeligheidsanalyse, kalibratie en validatie van het model. Deze onderwerpen zijn beschreven in hoofdstukken 2 t/m 6.

In fase 1 zijn de hydraulische toetsing en de NBW-toetsing uitgevoerd. Het resultaat van fase 1 is de huidige wateropgave, beschreven in hoofdstuk 7.

In hoofdstuk 8 staan de resultaten van fase 2. In deze fase is een eerste set aan optimalisaties van knelpunten en 'quick wins' doorgevoerd in het model. Hierna is de indicatieve wateropgave bepaald. In het laatste hoofdstuk, hoofdstuk 9, staan conclusies en een vooruitblik naar fase 3.

In fase 3 worden knelpunten en optimalisaties verder uitgewerkt en doorgerekend. De resultaten van fase 3 worden los uitgewerkt en zijn geen onderdeel van deze rapportage.

2 Uitgangspunten

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten voor de systeemanalyse, waterbalans, modelbouw en het bepalen van de wateropgave. De inhoud van het hoofdstuk bevat voornamelijk technische beschrijvingen en details.

2.1 Systeemanalyse

Het doel van de systeemanalyse is om de modelbouw te ondersteunen. Begrip van het watersysteem is hiervoor noodzakelijk. De systeemanalyse moet het oppervlaktewatersysteem op hoofdlijnen beschrijven en omvat een overzicht van stroomrichtingen, (fluctuaties in) waterstanden, kunstwerken, bodemsoort en landgebruik. Daarnaast is ook inzicht nodig in het beheer tijdens natte periodes, droogte of andere calamiteiten.

Aan de hand van neerslag- en verdampingsgegevens en gemaaldebieten is vervolgens een meerjarige waterbalans opgesteld. Het verschil in berging zou over een dergelijke periode verwaarloosbaar moeten zijn ten opzichte van de andere balansposten. Hiermee wordt een eerste indruk verkregen van de kwaliteit van gemaalgegevens, neerslag, verdamping en kwel.

2.2 Algemene uitgangspunten modelbouw

De uitgangspunten voor de modelbouw zijn gebaseerd op de memo van WSHD 'Uitgangspuntennotitie Modellerings watergebiedsplannen 2024'.

Het SOBEK-model voor het gebied Flakkee-West omvat de bemalingsgebieden G22, G23, G24, G31 en G32. Voor het model zijn de Channel Flow (CF) en Rainfall-Runoff (RR) modules van SOBEK 2.16 gebruikt. Het model is opgebouwd met behulp van software van Hydroconsult: ChannelBuilder voor het CF-deel en CatchmentBuilder voor het RR-deel. Waar van toepassing zijn de uitgangspunten voor de modelbouw overgenomen uit de uitgangspunten die het waterschap hanteert voor de bouw van SOBEK-modellen.

Vanwege het hoge aantal afwaterende eenheden zijn de RR- en CF-modules van het SOBEK-model in serie gedraaid:

- De rekentijdstap is vijf minuten
- De outputtijdstap is één uur, waar de gemiddelde waarde wordt weggeschreven voor de modelchecks en de maximale waarde voor de waterstandsstatistiek

2.3 Gegevensvalidatie

De brongegevens zijn gevalideerd door de ChannelBuilder. Deze tool bevat een set aan validatieregels. Als gegevens in de brongegevens, zoals duikers en profielen, niet voldoen aan de validatieregels zijn ze gecorrigeerd door de tool. Daarnaast zijn, waar nodig, aanvullende correcties gedaan gedurende de modelbouw.

2.4 CF-model

2.4.1 Randvoorwaarden

- Voor randvoorwaardelocaties is een *boundary node* toegepast op basis van het aangeleverde GIS-bestand. Standaard is er voor de waterstand op deze boundary nodes een waarde van 0,6m +NAP toegepast

2.4.2 Watergangen

- Zowel primaire als secundaire watergangen uit de legger (2024, aangeleverd door WSHD) zijn gebruikt voor de schematisatie. Alle primaire en secundaire watergangen zijn opgenomen in de schematisatie
- Doodlopende watergangen (takken in de schematisatie) van minder dan 10 m zijn verwijderd
- Om rekeninstabiliteit te voorkomen zijn op een aantal plaatsen *vertical slots* (droogvalsleuven) toegepast met de volgende afmetingen:
 - Diepte: 0,5 m
 - Breedte: 0,2 m
- Voor de *Computational grid settings* (instellingen voor het genereren van extra rekenpunten), zijn de onderstaande instellingen gebruikt:

Tabel 2.1 Computational grid settings tab in Channel Builder

Parameter	Afstand	Parameter	Afstand
		Overall length:	250 m
		Merge points if distance <	80 m
Pumps	30 m	Bridges	30 m
Culverts	30 m	Universal weirs	30 m
Weirs	30 m	Q Boundary	10 m
Orifices	30 m	H Boundary	100 m

Dummytakjes

Per afwaterende eenheid is een dummytakje opgenomen, waaraan het RR-model is gekoppeld met paved en unpaved nodes. Dummytakjes bevatten een profiel die berging op het maaiveld meeneemt.

- Afwaterende eenheden die kleiner zijn dan 50 m² zijn niet meegenomen
- Ieder dummytakje heeft drie lateral nodes die verdamping, kwel en neerslag op en uit het open water binnen de afwaterende eenheid berekenen
 - Het oppervlak open water is afgeleid van de watergangen in de CF-schematisatie
- Bij het creëren van laterals op de dummytakjes is het watervlakken bestand gebruikt
- Overige instellingen dummytakjes:
 - Upstream en downstream snap location search radius: 25 m
 - Maximum depth w.r.t. target level: 2 m
 - Minimum percentage open water: 0,3, increase of open water per meter: 44 %

2.4.3 Dwarsprofielen

Voor het model is zowel gebruik gemaakt van ingemeten dwarsprofielen als van leggergegevens waaruit trapeziumprofielen zijn gegenereerd. Aan de ingemeten dwarsprofielen is 50 % slib toegevoegd, dat wil zeggen de helft van de dikte aan slib die maximaal in een profiel mag ontstaan voordat deze gebaggerd wordt.

Verder zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De minimale dwarsprofielbreedte die is aangehouden is 0,2 m
- Watergangen zonder IDEOMA-profielen zijn geschematiseerd op basis van informatie uit het beheerregister, waarbij geen slibhoogte is meegenomen
- Wanneer attributen ontbreken zijn de volgende standaardwaardes aangenomen:
 - Bodembreedte: 1,5 m
 - Talud: 1:1,5
 - Hoogte maaiveld ten opzichte van streefpeil: 2,5 m
 - Diepte ten opzichte van streefpeil: 0,80 m
- Prioritering van profielen: (IDEOMA) YZ-profielen zijn als eerste geïmplementeerd, daarna leggerdata in trapeziumprofielen, dan is er geïnterpoleerd tussen punten met beschikbare profielen en tot slot zijn de resterende lege takken opgevuld met het standaard profiel zoals hierboven beschreven

2.4.4 Weerstanden

Voor de wandruwheid van de watergangen is Bos en Bijkerk met een waarde van 23 s^{-1} (matig begroeide watergang) toegepast. Deze waarde is zowel in de zomer- als de winterperiode gebruikt. Deze waarde is een conservatieve waarde voor de weerstand in de winterperiode, doordat er dan nauwelijks nog waterplanten in de watergangen staan.

2.4.5 Kunstwerken

Algemeen

Als lengte voor complexe kunstwerkclusters met parallelle takken is 10 m aangenomen met een extra zoekmarge van 5 m wanneer een geschikte 'snapping' locatie in de nabijheid ligt. Dit betekent dat een kunstwerkcluster tot 20 m lang kan zijn. In de Channel Builder kan dit worden ingesteld om te voorkomen dat een duikerlengte ten opzichte van de watergang geometrie niet tot onverwachte schematisaties leidt.

Stuwen

Alle stuwen uit het beheerregister (2024) zijn in de modellering meegenomen. De shapefile moet voor iedere stuw informatie bevatten over minimum en maximum kruinhoogte en kruinbreedte.

Streefpeilen zijn automatisch opgehaald uit de onderliggende peilgebiedenkaart. De peilgebiedenkaart is aangeleverd door WSHD, de praktijkpeilgebieden zijn gebruikt. Verder gelden de volgende randvoorwaarden:

- Alle stuwen zijn als rechte stuwen geschematiseerd
- Parametrisering:
 - Discharge coëfficiënt: 1,5
 - Lateral contraction coëfficiënt: 0,7
 - Crest change velocity (m/s): 0,001
 - Inlet capacity (m^3/s) per m: 0,001

- Als er gegevens ontbreken, zijn de volgende gegevens gebruikt:
 - Kruinbreedte: 1 m
 - Constructiebreedte: 1 m
 - Kruinhoogte: -2 cm ten opzichte van streefpeil

Stuwsturing

- Vaste stuwen zijn zonder controller geschematiseerd
- Ingestelde hoogte stuw is -2 cm ten opzichte van streefpeil voor vaste stuwen of via PID controller (bovenstrooms kijkend, PID Proportional) voor geautomatiseerde stuwen
- Reguliere stuw van stuwen is op twee manieren ingebouwd: streefpeil (minus 2 cm om te corrigeren voor overstorthoogte) of adaptief (PID-controller). In de Channel Builder is er standaard een PID-controller geconfigureerd voor adaptieve sturing en een time-controller voor sturing op streefpeil. In het geval van een PID-controller legt Channel Builder het meetpunt standaard op 10 m bovenstrooms van de stuw. Daarbij is er altijd een rekenpunt tussen stuw en meetstation geplaatst om te voorkomen dat ten onrechte de benedenstroomse waterhoogte kan worden opgevraagd
- De stuwen hebben geen speciale sturing tijdens calamiteiten

Duikers

Alle duikers uit het beheerregister (2024) zijn in de modellering meegenomen. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Als de vorm van een duiker onbekend is, is deze als rond gemodelleerd
- De ruwheid voor alle materialen is $\eta=0,015 \text{ s/m}^{-1/3}$ (Manning)
- De intree- en uittreeweerstand is respectievelijk 0,77 en 1,1
- Bij ontbrekende informatie zijn de volgende waardes gebruikt:
 - Diameter: 0,6 m
 - B.o.k.:
 - Niet peilscheidend: 2/3 onder streefpeil
 - Peilscheidend: gelijk aan hoogste streefpeil
 - Lengte: 15 m

Gemalen

Voor gemalen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Afvoergemalen met één pomp:
 - Aanslagpeil: +2 cm ten opzichte van streefpeil
 - Afslagpeil: -6 cm ten opzichte van streefpeil
- Afvoergemalen met meerdere pompen:
 - Pomp 1
 - Aanslagpeil: +2 cm ten opzichte van streefpeil
 - Afslagpeil: -6 cm ten opzichte van streefpeil
 - Pomp 2
 - Aanslagpeil: +5 cm ten opzichte van streefpeil
 - Afslagpeil: -5 cm ten opzichte van streefpeil
 - Pomp 3
 - Aanslagpeil: +7 cm ten opzichte van streefpeil
 - Afslagpeil: -2 cm ten opzichte van streefpeil

- Pomp 4
 - Aanslagpeil: +10 cm ten opzichte van streefpeil
 - Afslagpeil: 0 cm ten opzichte van streefpeil
- Aanvoergemaal:
 - Aanslagpeil: -15 cm ten opzichte van streefpeil
 - Afslagpeil: +2 cm ten opzichte van streefpeil
- Als het een af- en aanvoergemaal betreft is er parallel een tak geschematiseerd met een capaciteit van 2,4 mm/d om de inlaatfunctie te representeren. De aan- en afslagpeilen zijn -15 cm en -5 cm ten opzichte van streefpeil. Dezelfde streefpeilen zijn gebruikt voor op- en onderbemalingen
- Capaciteit is overgenomen uit het beheerregister
- Als er voor een gemaal met meerdere pompen één capaciteit in het beheerregister staat, is deze evenredig verdeeld over de pompen, tenzij anders aangegeven

Sifons

Alle sifons zijn in de modellering meegenomen. Hierbij zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als voor duikers, met uitzondering van:

- Bij onbekende lengte is uitgegaan van 100 m
- Bij onbekende diameter is uitgegaan van 1 m

Afsluiters

Alle afsluiters zijn in de modellering meegenomen als onderspuier (orifice). Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De afsluiters hebben dezelfde breedte als de watergang of het kunstwerk waarin deze gelegen zijn
- Bij ontbrekende kruinhoogte is uitgegaan van streefpeil minus 2 cm

In de basisgegevens is er geen sturing op afsluiters opgenomen. Het waterschap heeft een overzicht aangeleverd met de sturing per afsluiter. Omdat de Channel Builder geen sturing op afsluiters ondersteunt, is de sturing handmatig in het SOBEK-model gezet.

Bruggen

Bruggen zijn niet geschematiseerd.

Sluizen

Sluizen zijn niet geschematiseerd.

2.5 RR-model

2.5.1 Unpaved nodes

Landgebruik

Voor het landgebruik is de landgebruikskaart van de WaterSchadeSchatter van Nelen en Schuurmans ([Lizard Viewer](#)) uit 2023 gebruikt (Bijlage 1). Deze kaart is gebaseerd op de BAG, BRP, TOP10NL en BGT.

Bodem

Het bodemtype komt uit de aangeleverde bodemkaart (vectorenbestand).

Infiltratie

Infiltratie wordt sterk beïnvloedt door een aantal factoren (zoals grondsoort, gewas, moment in groeicyclus van een gewas, wel of niet ploegen, drainage). Per perceel varieert de infiltratiewaarde door het jaar heen. Daarom is, in overleg met het waterschap, voor het hele gebied een vaste infiltratiewaarde van 99 mm/dag aangenomen.

Drainage

- Drainage is geïmplementeerd met de methode van Ernst
 - Het waterschap heeft waardes voor drainagedieptes en -weerstanden aangeleverd die gebaseerd zijn op het Cultuurtechnisch Vademecum. Deze zijn overgenomen (Bijlage 1)
 - Gereduceerde berging bij landbouw op zavelgronden niet meegenomen
- De standaard aangeleverde drainage-instellingen zijn gekoppeld aan bodemsoort en landgebruik (Bijlage 2)

Kwel

De kwel of wegzijging in het gebied ligt rond de 0 mm/dag (LHM4.3). Bovendien heeft kwel bij extreme neerslaggebeurtenissen een zeer klein aandeel in de totale waterbalans. Voor het hele deelgebied Flakkee West is daarom geen kwel aangenomen.

2.5.2 Paved nodes**Riolering**

Informatie over de riolering is aangeleverd door het waterschap:

- Rioleringsgebieden:
 - Ieder gebied is gekoppeld aan een RWZI
 - Gebieden met drukriolering en gescheiden riolering zijn geschematiseerd als 'separated', gebieden met gemengde riolering als 'mixed'
 - Pomp capaciteit
 - Volume aan berging
- Overstort locaties met het volume aan berging
- Locaties van de RWZI's
- Per rioleringsgebied wordt het verhard oppervlak naar rato van inliggend oppervlak van het oppervlak van de afwaterende eenheden afgetrokken
- Binnen rioleringsgebieden wordt het verhard oppervlak naar rato van drempelbreedte verdeeld over de overstorten

2.6 Meteorologische data en statistiek

- De initiële peilen zijn verkregen door restart files te maken. Deze zijn gemaakt door het model te draaien met de RESZ (zomer) en RESW (winter) buien.
 - RESZ: Geen neerslag, wel verdamping 2 mm/dag. Droge situatie, aanvoer vanuit buitenwater
 - RESW: neerslag 2 mm/dag voor 20 dagen. Geen verdamping
- Voor de overgang van zomer naar winter en vice versa wordt gebruikt gemaakt van een transitieperiode om schokgolven door het watersysteem te voorkomen. De overgang van winter naar zomer vindt plaats tussen 15 en 20 april. De overgang van zomer naar winter tussen 15 en 20 oktober

- Het model rekent 323 historische buien door, die zijn aangepast op het toekomstige (2050) klimaatscenario
 - 154 buien zijn winterbuien, de overige 169 zomerbuien
- Het model waarmee de tijdreeks gedraaid wordt krijgt de naamgeving *WSA_FLKW*
- Per bui wordt de maximale waterstand genoteerd
- De HydroToolbox gebruikt de maximale waterstanden voor de Generalized Pareto Distribution
 - Punten die een lagere herhalingstijd dan $T=5$ hebben zijn niet meegenomen in het creëren van de verdeling
- Op basis van de Generalized Pareto Distribution wordt per rekenpunt de waterstand en een representatieve bui afgeleid voor de volgende herhalingstijden:
 - $T=10$, $T=25$, $T=50$ en $T=100$
 - Voor de zomersituatie wordt alleen voor de $T=10$ herhalingstijd de waterstand en een representatieve bui afgeleid
 - De zomerbuien zijn de volgende buien uit de reeks, aangeleverd door WSHD:
 - 1;2;4;5;7;10;11;13;14;15;17;18;22;24;25;27;28;29;32;34;35;38;39;42;45;48;50;55;56;60;62;63;65;67;68;71;74;75;76;78;84;85;86;88;89;91;92;94;96;97;101;102;103;106;107;109;110;112;115;118;119;121;122;125;126;127;128;131;132;136;138;140;143;144;145;147;148;150;151;154;157;158;161;163;165;166;169;171;172;175;177;178;180;181;182;185;186;188;189;192;193;195;197;200;201;202;205;207;208;209;210;212;214;215;218;221;225;227;229;231;232;235;236;237;238;240;241;245;248;249;250;251;254;255;257;259;261;262;264;267;270;272;273;274;276;277;278;279;280;281;287;289;290;292;294;297;301;303;304;306;307;309;312;314;315;317;319;320;321
- Verdamping is overgenomen uit het aangeleverde bestand

2.7 Gevoeligheidsanalyse en kalibratie

- De gevoeligheid van het model is bepaald door een recente bui (8 maart 2023) door te rekenen. Er is één parameter per run aangepast. Er zijn negen runs gedraaid:
 - De drainageweerstand, drainagediepte en factor voor afvoer over het oppervlak zijn twee keer aangepast en doorgerekend
 - De gevoeligheid voor verschillende neerslag databronnen is geanalyseerd door drie bronnen door te rekenen:
 - Radardata uit het gebied zelf, onderscheid per bemalingsgebied
 - Data van het station uit Rotterdam (Meteobase) voor alle bemalingsgebieden
 - Een herijking van de data van station Rotterdam (Meteobase) op basis van grondstations, met behulp van de HydroToolbox
 - De cumulatief verpompte debieten door gemalen Smits, De Drie Polders, Koert en Westplaat II zijn vergeleken met de gemeten debieten
 - De gemodelleerde waterstanden zijn vergeleken met de gemeten waterstanden
- Er is een aanvullende gevoeligheidsanalyse gedaan in twee runs:
 - De drainageweerstand van alleen de diepe laag is verhoogd
 - De drainageweerstand van alleen de ondiepe laag is verlaagd
- Het model is gekalibreerd door combinatie van de best passende ondiepe en diepe drainageweerstand uit de gevoeligheidsanalyse

2.8 Validatie

Het gekalibreerde model is nogmaals doorerekend voor de periode 1 januari 2023 tot en met 1 april 2023.

2.9 Normeringskaart

Het waterschap heeft een functiekaart aangeleverd (Tabel 2.2). De polygonen bevatten ook het percentage maaiveld dat mag overstromen zonder normoverschrijding en de normering voor de herhalingstijd van inundatie. Om de polygonen die een herhalingstijd van $T=100$ hebben, is een buffer van 1 m gelegd. De minimale resolutie van een normeringskaart is $5 \times 5 \text{ m}^1$. Een grotere resolutie zorgt voor een hoger detailniveau van de resultaten. Daarom is er van de normeringskaart een raster gemaakt met een resolutie van $2 \times 2 \text{ m}$.

Tabel 2.2 Normering herhalingstijd (jaar) per landgebruiksklasse

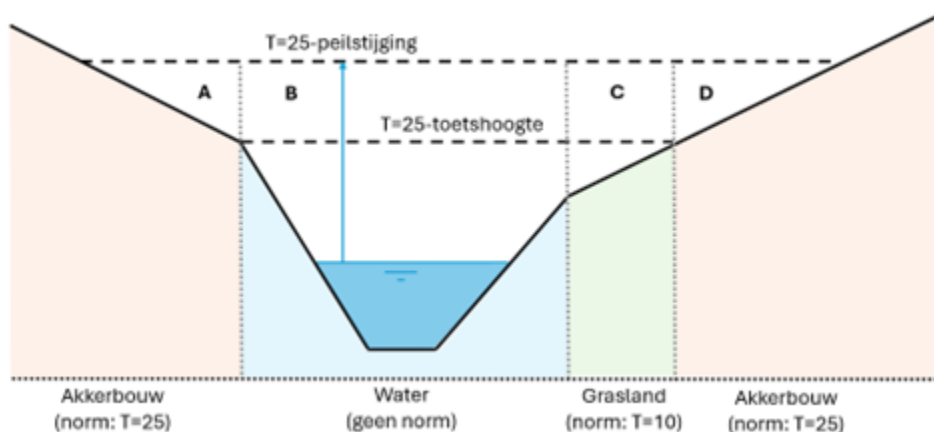
Code	Functiecategorie	Maaiveldcriterium (%)	Norm Herhalingstijd (jaar)
-1	Geen landbouw	N.v.t.	N.v.t.
1	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	0	100
2	Hoogwaardige landbouw en glastuinbouw binnen bebouwde kom	1	50
3	Akkerbouw buiten bebouwde kom	1	25
4	Grasland buiten bebouwde kom	10	10
5	Natuur buiten bebouwde kom	N.v.t.	N.v.t.
6	Recreatie buiten bebouwde kom	N.v.t.	N.v.t.
7	Overig binnen bebouwde kom	5	10
8	Hoofdinfrastructuur buiten bebouwde kom	1	100
9	Hoogwaardige landbouw en glastuinbouw buiten bebouwde kom	1	50
10	Overig buiten bebouwde kom	N.v.t.	N.v.t.
98	Waterondersteunend deel	N.v.t.	N.v.t.
99	Water	N.v.t.	N.v.t.

2.10 Inundatie en knelpunten

- Per peilgebieden wordt voor iedere normering ($T=10$, $T=25$, $T=50$, $T=100$), indien landgebruik met deze normering aanwezig in het peilgebied, de toetshoogte bepaald op basis van het AHN en het maaiveldcriterium
- De maatgevende waterstanden op de dummytakjes worden 'uitgesmeerd' over de bijbehorende afwaterende eenheid. Als afwaterende eenheden geen dummytakje hebben (omdat er geen open water is), krijgen ze de waterstand van de naastgelegen afwaterende eenheid binnen hetzelfde peilgebied
- Van de waterstand per afwaterende eenheid wordt een raster gemaakt met een resolutie van $2 \times 2 \text{ m}$
- De inundatiediepte per herhalingstijd wordt bepaald door de aangeleverde AHN van de waterstand af te trekken

¹ STOWA. (2011). Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast (Nr. 31).

- Per herhalingstijd wordt de wateropgave in volume en oppervlakte berekend. De wateropgave in m^3 is gelijk aan het inundatievolume dat tussen het waterpeil van $T=N$ en de toetshoogte van $T=N$ ligt. Zie onderstaande afbeelding, waar de wateropgave gelijk is aan volume A t/m D. In de tool is de berekening als volgt:
 - Per peilgebied wordt voor iedere herhalingstijd het totale volume aan inundatie berekend, ongeacht het landgebruik
 - Het inundatievolume dat onder de toetshoogte – die bij de juiste herhalingstijd hoort – ligt, wordt hiervan afgetrokken



- De wateropgave wordt per peilgebied berekend. Per peilgebied bepaalt de herhalingstijd met de grootste wateropgave de maatgevende opgave
- De wateropgave in m^2 wordt berekend door de maatgevende opgave te delen door het verschil tussen toetshoogte en het gemiddelde van het zomer- en winter streefpeil:

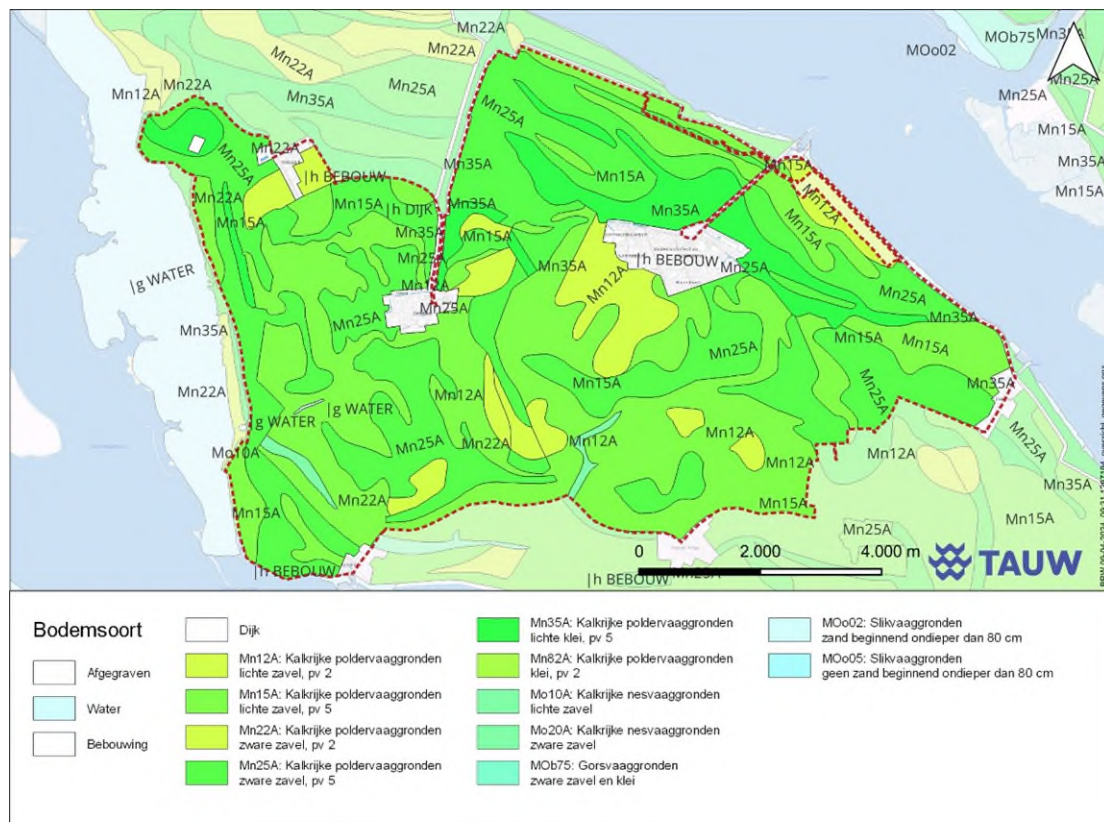
$$\text{Wateropgave}_{T=N} [m^2] = \text{wateropgave}_{T=N} [m^3] / (\text{toetshoogte}_{T=N} - \text{gemiddeld streefpeil}).$$

3 Systeemanalyse

Begrip van het watersysteem is essentieel voor de modelbouw, de knelpuntenanalyse en oplossingsrichtingen. Daarom is er een systeemanalyse gedaan van het projectgebied. Deze staat beschreven in dit hoofdstuk.

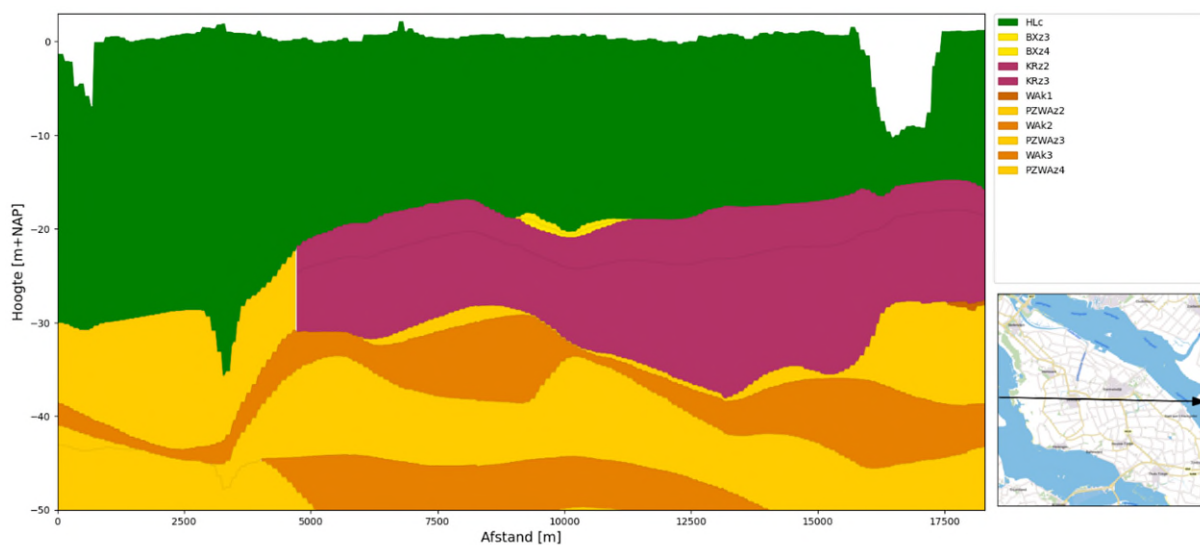
3.1 Bodem

De bodem (Figuur 3.1 Bodemkaart 1:50000 van Flakkee-West) van Flakkee-West bestaat grotendeels uit zeeklei of mariene klei. In tegenstelling tot zandafzettingen vanuit de zee is zeeklei vaak vruchtbare grond die een goede ontwatering vereist. De slechte doorlatendheid vraagt om een kleine afstand tussen watergangen. Inklinking kan optreden als grondwaterstanden te ver dalen. De kalkrijke poldervaaggronden zijn een subcategorie van zeeklei en zijn de dominante bodemsoort binnen het plangebied. Deze bodemsoort heeft geen veen en geen donkere bovengrond in de bovenste 80 centimeter. De poldervaaggronden zijn volledig gerijpt (bodenvorming proces na inpoldering) terwijl de nesvaaggronden dit nog niet zijn.

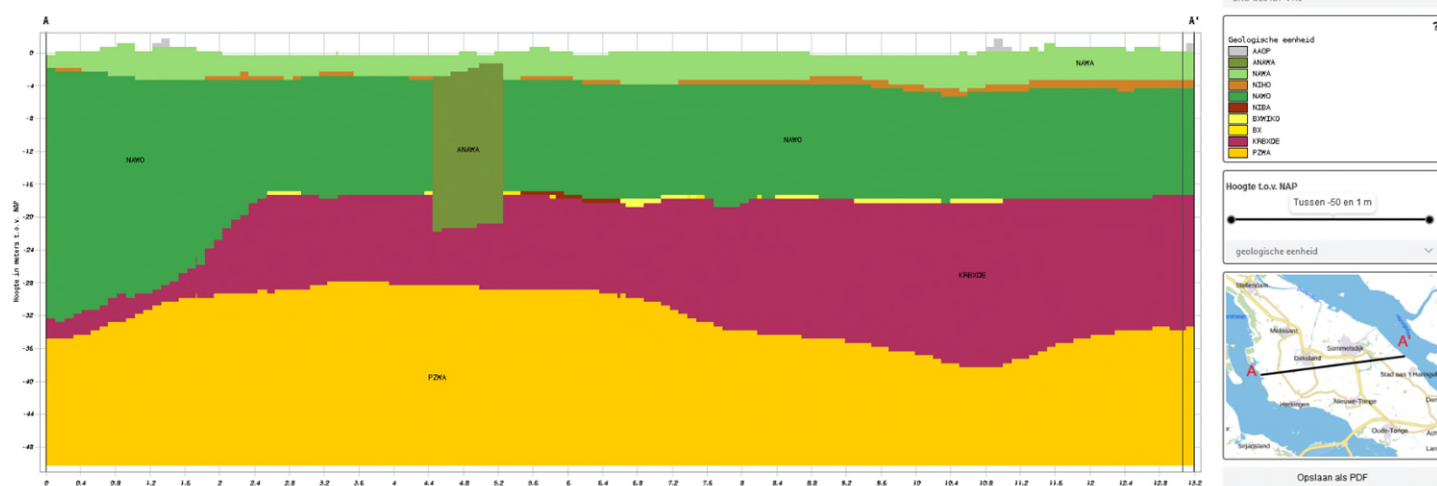


Figuur 3.1 Bodemkaart 1:50000 van Flakkee-West

De bovenste laag van de bodem bestaat uit een holocene deklaag van circa 30 m (Figuur 3.2, bovenste paneel). Deze deklaag bestaat uit de Formatie van Naaldwijk, die opgebouwd is uit het Laagpakket van Walcheren bovenop, dan de Formatie van Nieuwkoop, gevolgd door het Laagpakket van Wormer (Figuur 3.2 onderste paneel). In de Formatie van Naaldwijk bevinden zich een aantal geulafzettingen. Deze formaties zijn kalkhoudend en kunnen schelpen bevatten. Ondanks de variatie in de deklaag bevat het voornamelijk klei, zavel en een dunne veenlaag. De veenlaag (Formatie van Nieuwkoop) zit tussen de Laagpakketten van Walcheren en Wormer. Dit bestaat uit bruin tot zwart veen.



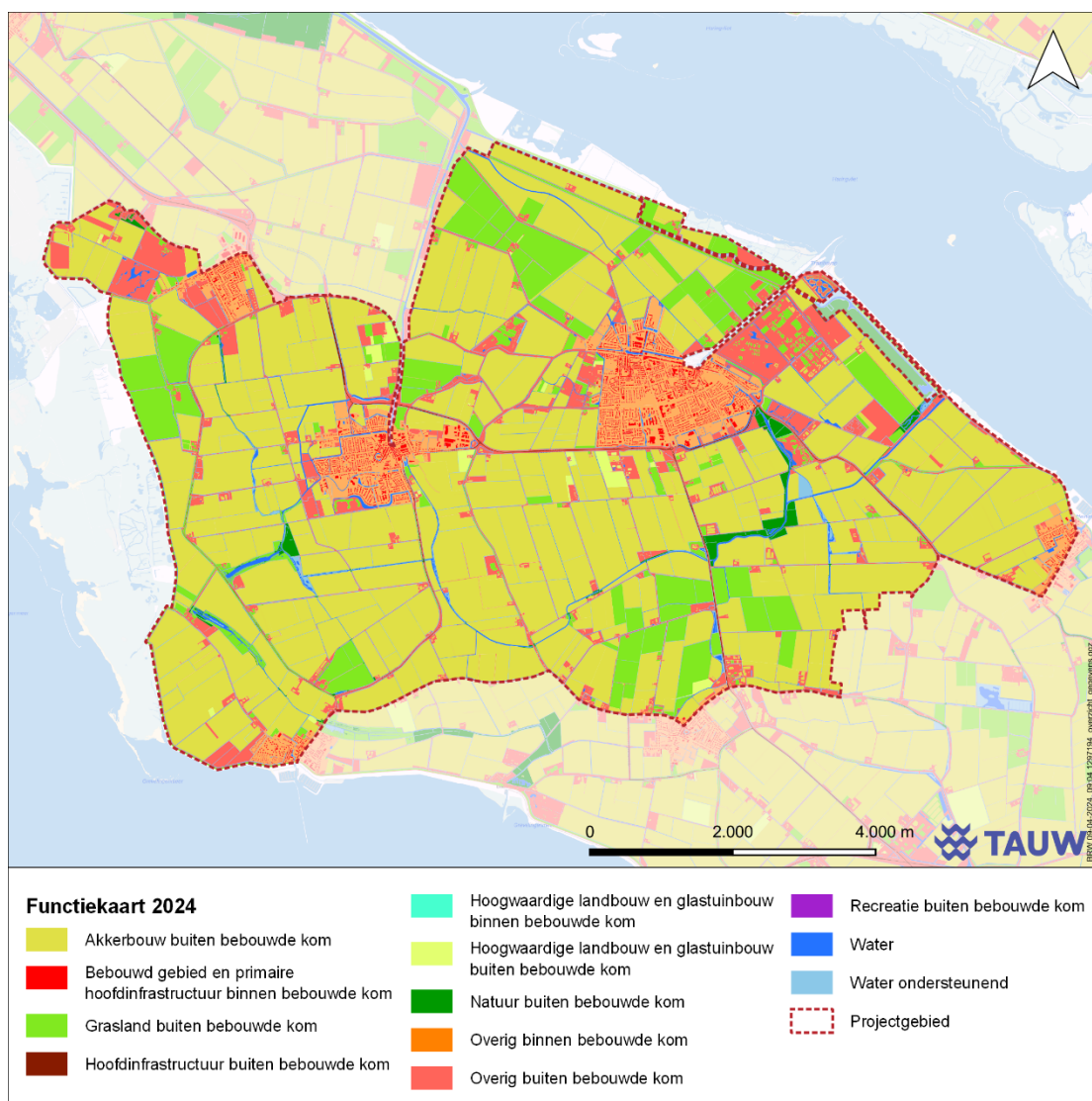
Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.6



Figuur 3.2 Bodemopbouw van Flakkee-West. Boven: REGIS II, beneden: BRO GeoTOP v1.6

3.2 Landgebruik en functiekaart

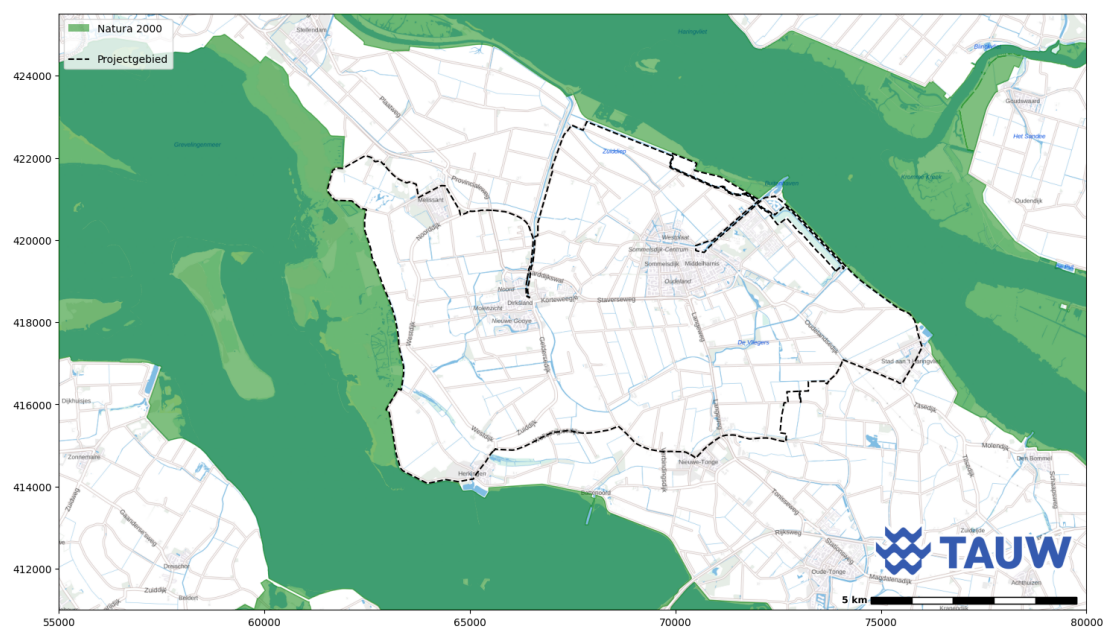
De functiekaart is weergegeven in Figuur 3.3. Zie Bijlage 1 voor een gedetailleerde landgebruikskaart. De Basisregistratie Gewaspercelen (BRP) staat in Figuur 3.4. Het gebied bestaat voornamelijk uit bouw- (akkerbouw) en grasland. De twee grote dorpen in het gebied zijn Middelharnis-Sommelsdijk en Dirksland. De oost- en westkant van het projectgebied grenzen respectievelijk aan het Haringvliet en de Grevelingen. Beide wateren zijn Natura 2000-gebieden (Figuur 3.5). Verder heeft het gebied geen Natura 2000 gebieden.



Figuur 3.3 Functiekaart (2024) Flakkee-West. Bron: Waterschap Hollandse Delta



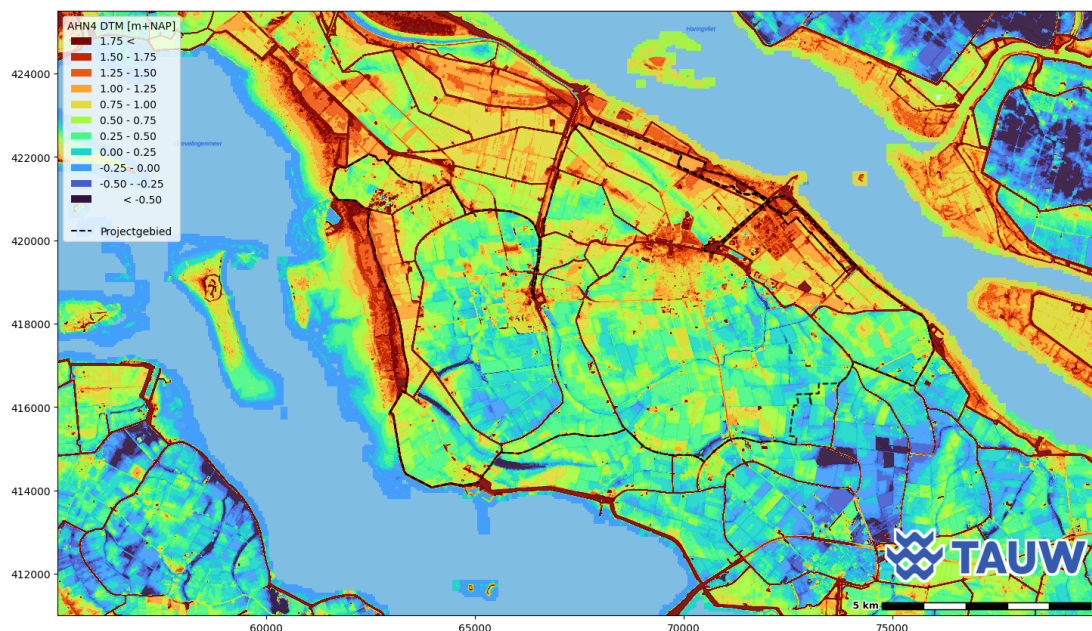
Figuur 3.4 Basisregistratie Gewaspercelen (BRP, 2022) en Natura 2000-gebieden Flakkee-West



Figuur 3.5 Natura 2000-gebieden rondom Flakkee-West

3.3 Oppervlaktewatersysteem

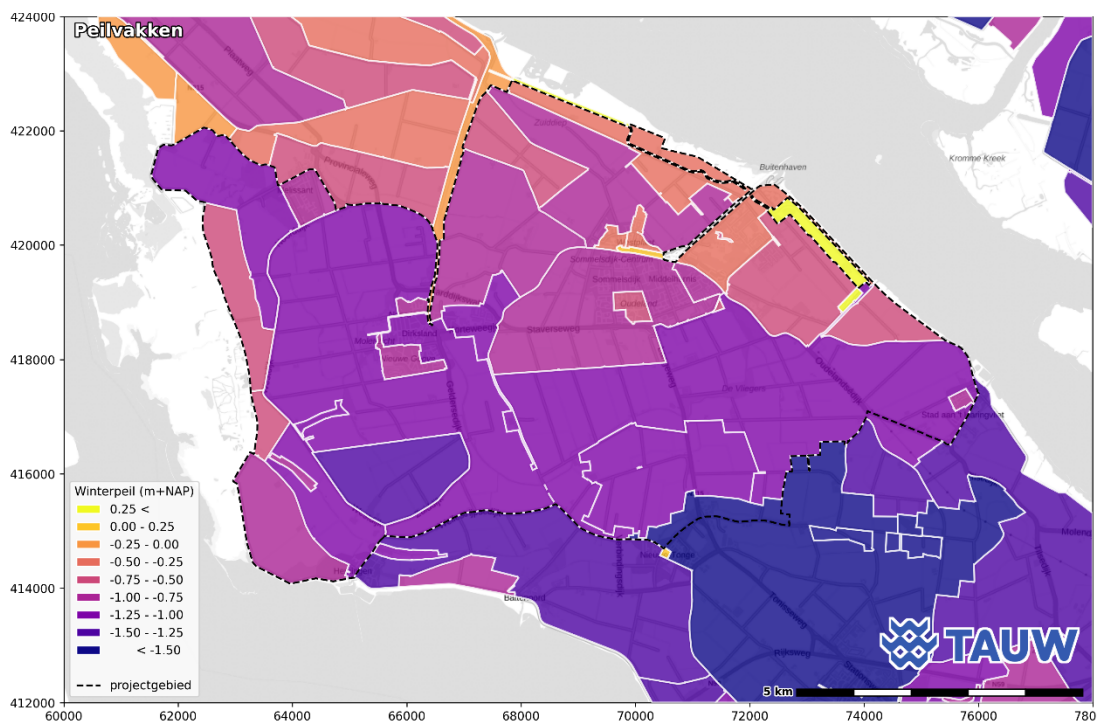
Het oppervlaktewatersysteem van Flakkee-West bestaat uit laaggelegen polders. Bijna het hele gebied wordt gedekt door peilvakken. Er zijn weinig tot geen vrij afwaterende watergangen. Het watersysteem wordt daarmee sterk gestuurd door kunstwerken zoals stuwen, gemalen en duikers. Deze kunstwerken zorgen er onder andere voor dat het gebied, dat onder zeeniveau ligt, niet onderloopt. Overtollig water wordt via gemalen geloosd op de Grevelingen en via de Zuiderdiepboezem op de Noordzee. Het minimale reliëf in het projectgebied (Figuur 3.6) loopt af naar het zuiden. Deze zuidelijke richting is terug te zien in de generieke stromingsrichting van het watersysteem.



Figuur 3.6 Hoogtekaart (AHN4) van Flakkee-West

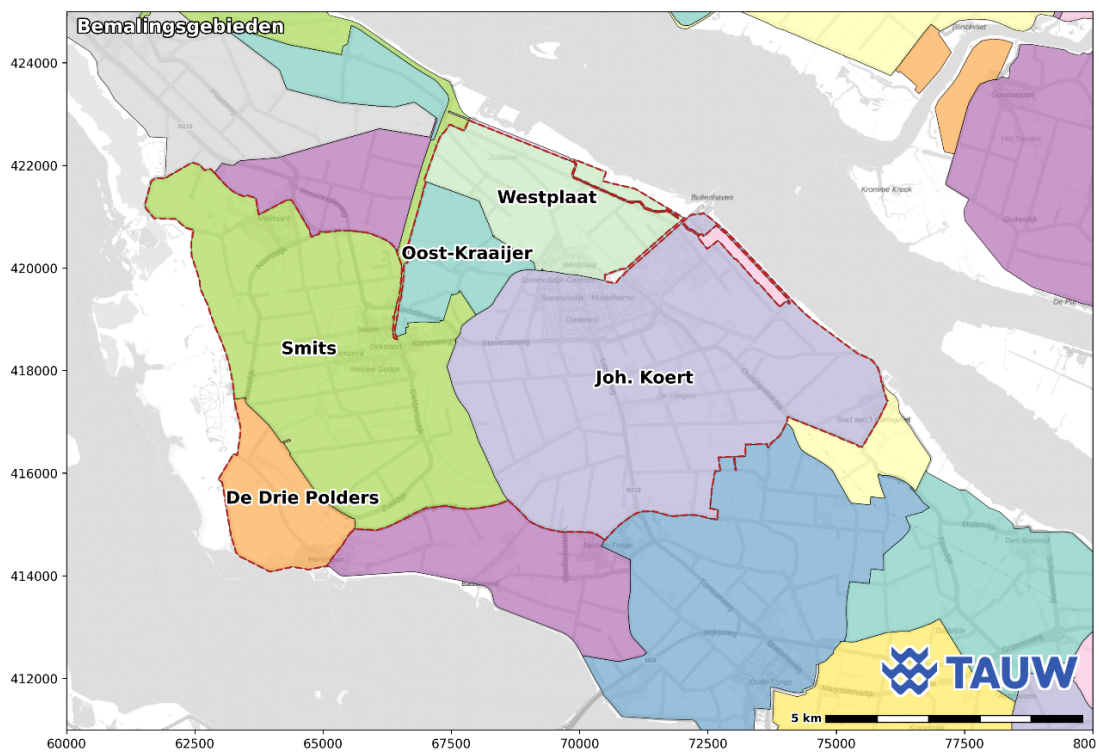
De peilvakken met winterpeilen staan weergegeven in Figuur 3.7, de bemalingsgebieden in Figuur 3.8 en de namen van de peilgebieden in Figuur 3.9. Een overzicht van de stuwen, gemalen, watergangen en stromingsrichting is weergegeven in Figuur 3.10. De peilen binnen Flakkee-West variëren tussen de -1,75 en 0 m NAP. De dominante stromingsrichting is zuidoost. De grootste afvoergemalen zijn Smits, De Drie Polders, Oost-Kraaijer, Westplaat II en Johan Koert (Koert). In de zomer wordt water ingelaten via het CMK Tracé vanuit het Haringvliet.

Tot slot zijn er enkele doorspoelgemalen te zien. Tijdens droogte staan de inlaten volledig open voor maximale wateraanvoer. Aan de noordoostzijde is het zoetwatertracé te zien wat buiten het projectgebied is gelaten. Dit is een opzichzelfstaand systeem waar zoetwater wordt ingelaten om zoutwaterindringing tegen te gaan en water aan te voeren in de zomer.



Figuur 3.7 Winterpeilen in Flakkee-West. De witte lijnen zijn de grenzen van de peilgebieden

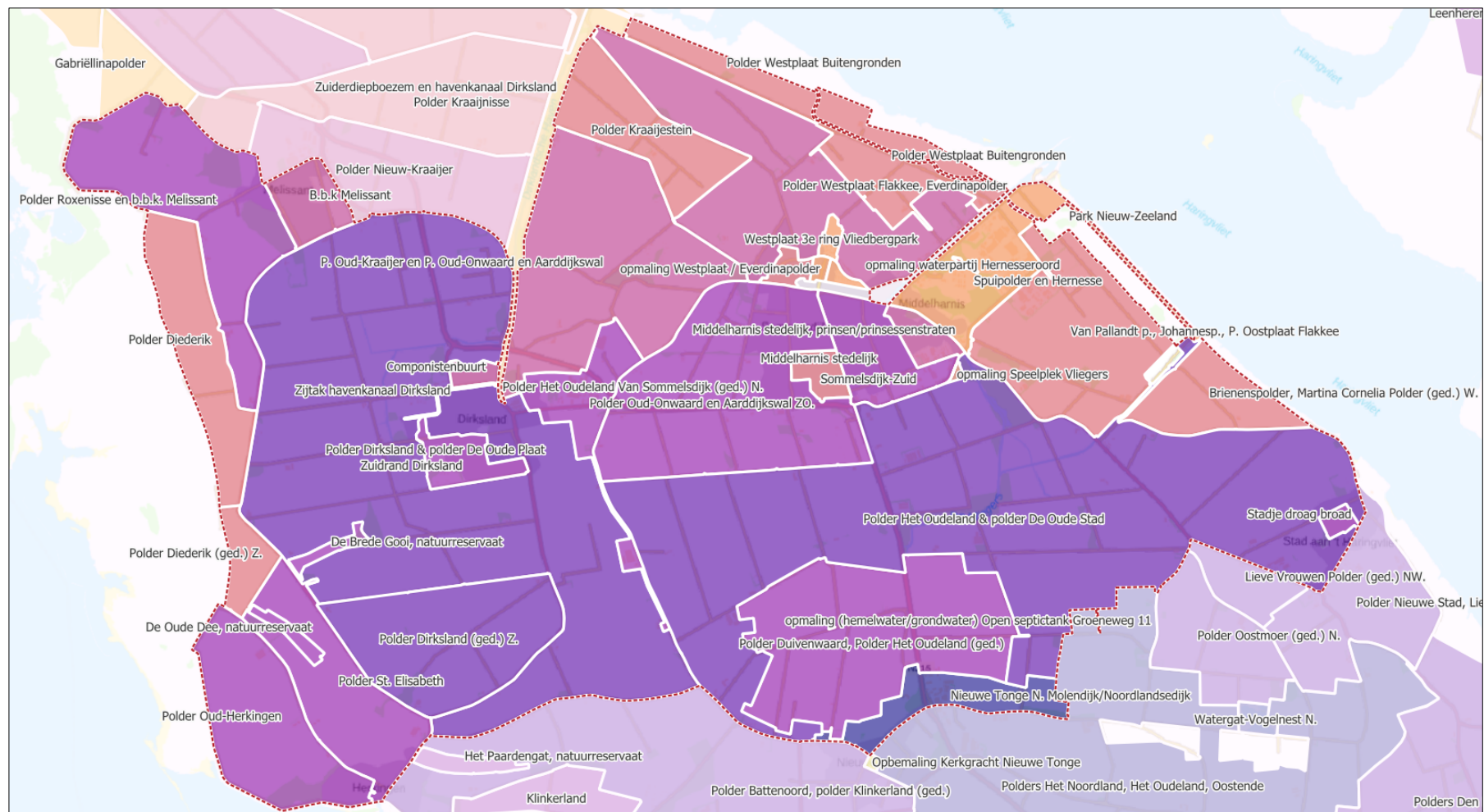
(bron: Waterschap Hollandse Delta)



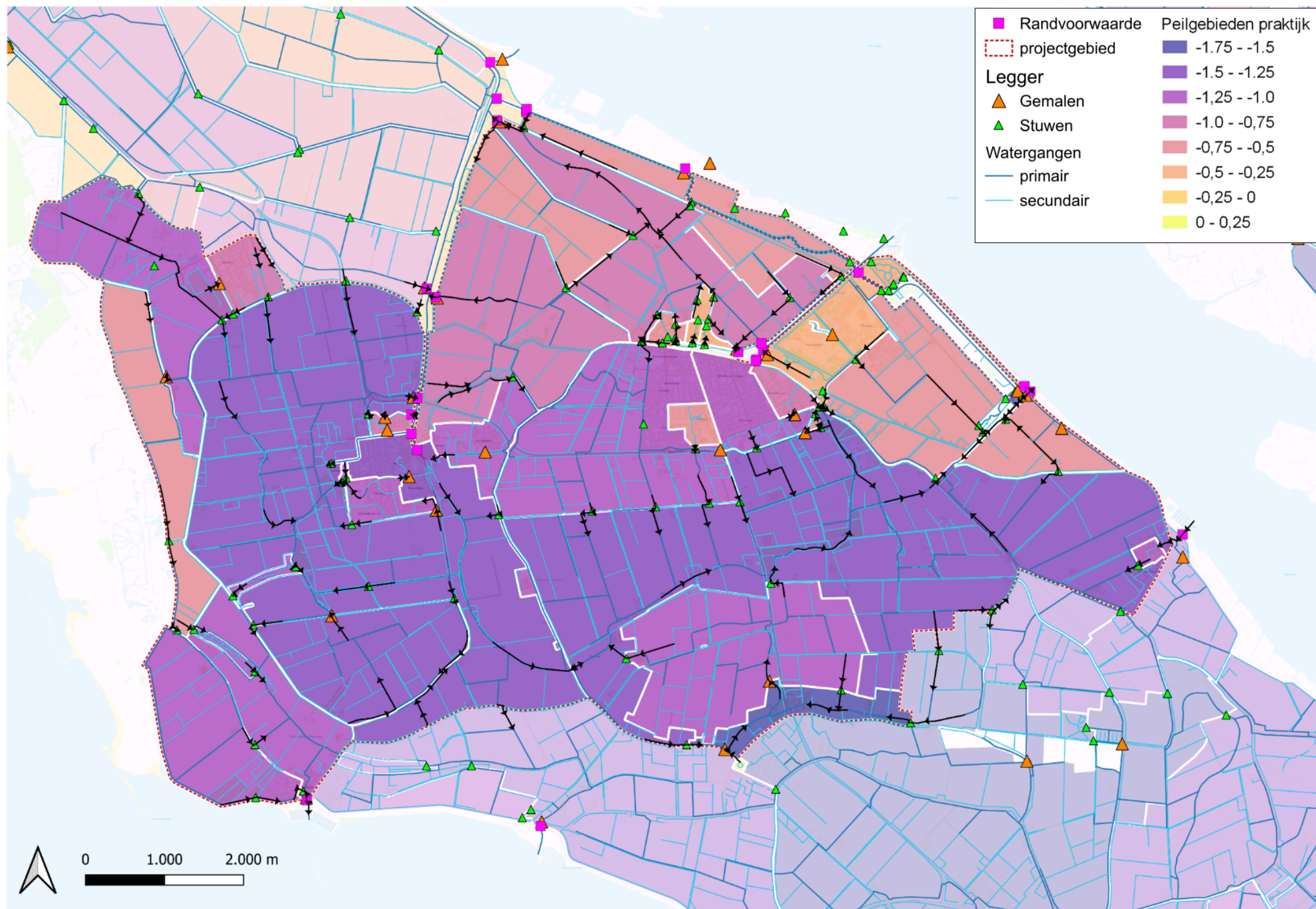
Figuur 3.8 Bemalingsgebieden Flakkee-West (bron: Waterschap Hollandse Delta)

Kenmerk

R001-1297194BRW-V04-agv-NL



Figuur 3.9 Peilgebieden Flakkee-West (bron: Waterschap Hollandse Delta)



Figuur 3.10 Systeemanalyse

4 Waterbalans

De systeemanalyse in hoofdstuk 3 geeft een eerste inzicht in het functioneren van het watersysteem in Flakkee-West. Om verder inzicht te krijgen, is er voor ieder bemalingsgebied (Drie polders, Westplaat, Smits, Koert en Oost-Kraaijer) (zie figuur bij de systeemanalyse) een waterbalans opgesteld. De balans is per seizoen gemaakt voor de jaren 2019 t/m 2021. De positieve fluxen in de balans zijn neerslag en het gemeten debiet van aanvoergemalen, de negatieve fluxen verdamping en het gemeten debiet van afvoergemalen. Een negatief resultaat op de waterbalans betekent dus dat er meer water wordt afgevoerd dan aangevoerd. Het resultaat per bemalingsgebied is te zien in Tabel 4.2. In alle bemalingsgebieden zijn grote verschillen te zien tussen aan- en afvoer in het gebied, met name in de zomer. Zo is het verschil in aan- en afvoer in gebied de Drie polders in de zomer van 2021 -451 %. Dit grote verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat een aanvoerpost mist in de balans.

Tabel 4.1 laat de totale waterbalans van alle deelgebieden over de gehele periode van 2019-2021 zien. In de totaalsom is het verschil tussen aan- en afvoer een stuk kleiner: -17,2 %. Dit getal indiceert dat er een aanvoerbron mist in de balans. Dit is waarschijnlijk de Inlaat van Pallandt. Het is bekend dat deze inlaat een belangrijke bron van aanvoer is, voornamelijk tijdens droge periodes. De inlaat is niet meegenomen omdat er geen debietsgegevens beschikbaar zijn. Het water dat aangevoerd wordt vanuit de inlaat wordt vanuit bemalingsgebied Koert doorgestuurd naar de oostelijke bemalingsgebieden. De bemalingsgebieden ten westen van het Havenkanaal Dirksland worden via het CMK tracé en bemalingsgebied Nieuw Kraaijer van water voorzien. Ook hier zijn geen debietgegevens beschikbaar van.

Tabel 4.1 Totale waterbalans van alle bemalingsgebieden over de periode 2019-2021

Totaal alle deelgebieden:	
In	
Neerslag	174.143.889
Gemalen	26.103.524
Uit	
Gemalen	87.886.872
Verdamping	146.742.921
Vershil [m3]	
Vershil (%)	
	-34.382.379
	-17,2

Kenmerk

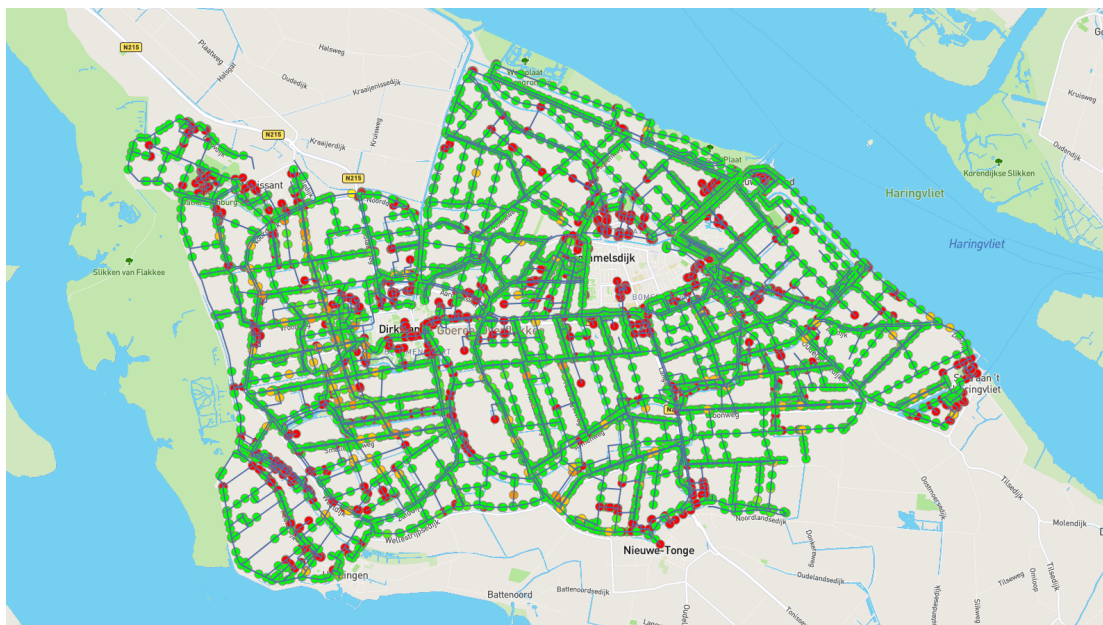
R001-1297194BRW-V04-agv-NL

Tabel 4.2 Waterbalans per seizoen per bemalingsgebied voor de periode 2019-2021

Drie polders	2019				2020				2021				Totaal
In	lente	zomer	herfst	winter	lente	zomer	herfst	winter	lente	zomer	herfst	winter	
Neerslag	998.222	741.170	846.845	1.287.436	1.221.662	401.901	1.319.356	968.962	687.971	955.904	594.871	1.448.244	11.472.543
Uit													
GO_INT_10553GM_pomp	429.418	1.383.155	271.712	509.352	690.614	534.728	260.163	1.088.959	1.355.027	3.979.612	1.855.236	1.118.465	13.476.441
Verdamping	346.766	1.320.807	1.294.690	243.752	343.381	1.567.460	1.256.483	234.079	356.922	1.283.083	1.165.560	254.392	9.667.376
Verschil	222.038	-1.962.791	-719.558	534.332	187.667	-1.700.288	-197.290	-354.076	-1.023.979	-4.306.791	-2.425.925	75.387	-11.671.274
Verschil (%)	22,2	-264,8	-85,0	41,5	15,4	-423,1	-15,0	-36,5	-148,8	-450,5	-407,8	5,2	-101,7
Westplaat													
In													
Neerslag	1.656.460	1.229.906	1.405.262	2.136.384	2.027.238	666.918	2.189.352	1.607.906	1.141.625	1.586.237	987.135	2.403.231	19.037.654
GO_INT_10511GM_inlaatpomp		55.989	57.272		3.915	33.845							151.020
Uit													
GO_INT_10511GM_HT	10.975			39.754		53.465	60.161	58.028	360	281	273	66.127	289.422
GO_INT_10511GM_LT	798.003	673.478	192.105	1.076.613	968.033	41.391	272.549	1.557.743	1.246.223	1.179.475	656.451	1.364.705	10.026.769
Verdamping	575.427	2.191.760	2.148.422	404.484	569.809	2.601.060	2.085.021	388.433	592.281	2.129.161	1.934.142	422.141	16.042.142
Verschil	272.055	-1.579.343	-877.993	615.532	493.310	-1.995.154	-228.378	-396.298	-697.238	-1.722.680	-1.603.731	550.259	-7.169.658
Verschil (%)	16,4	-122,8	-60,0	28,8	24,3	-284,7	-10,4	-24,6	-61,1	-108,6	-162,5	22,9	-37,4
Smits													
In													
Neerslag	5.066.008	3.761.461	4.297.761	6.533.775	6.199.968	2.039.657	6.695.770	4.917.513	3.491.471	4.851.242	3.018.987	7.349.883	58.223.497
GO_INT_12430GM_inlaat													
Uit													
GO_INT_12430GM_Pomp1	246.792	119	147.356	2.284.403	142.418	142.621	1.293.800	43.025	162.077	1.330.745	1.299.510	1.540.861	8.633.727
GO_INT_12430GM_Pomp2	2.134.694	1.392.467	644.670	15.962	2.226.155	701.619	2.998.449	3.464.906	4.101.244	1.758.036	1.869.553	2.250.419	23.558.172
Verdamping	1.759.849	6.703.133	6.570.592	1.237.048	1.742.667	7.954.908	6.376.690	1.187.959	1.811.392	6.511.685	5.915.251	1.291.046	49.062.221
Verschil	924.673	-4.334.257	-3.064.857	2.996.362	2.088.729	-6.759.492	-3.973.169	221.623	-2.583.242	-4.749.224	-6.065.327	2.267.557	-23.030.624
Verschil (%)	18,3	-115,2	-71,3	45,9	33,7	-331,4	-59,3	4,5	-74,0	-97,9	-200,9	30,9	-39,6
Koert													
In													
Neerslag	6.549.099	4.862.643	5.555.946	8.446.561	8.015.031	2.636.774	8.655.980	6.357.132	4.513.611	6.271.460	3.902.806	9.501.588	75268630,25
GO_INT_12282GM_inlaat1	191.669	2.882.621	1.854.968	-	540.317	1.218.115	5.163	110.099	150.587	324.001	29.426	2.560.853	9867819,6
GO_INT_12282GM_inlaat2	-	-	14	-	-	279.117	4.198.931	-	1.653.389	5.788.697	3.368.373	30.631	15319151,1
GO_INT_12282GM_inlaat3	7.786	72.368	128.290	-	19.919	63.347	-	-	54	-	-	-	291762,9
GO_INT_12282GM_inlaat4	-	-	23	-	-	16.664	178.268	-	1.253	213.865	63.698	-	473770,8
Uit													
GO_INT_12083GM_pomp (Spuipolder)	26.655	46.368	43.077	5.998	6.777	1.247	29.333	40	10.836	22.809	21.480	5.525	220144,5
GO_INT_00653GM_pomp (nieuwe stad)	128.549	507.428	391.226	274.176	251.833	299.075	181.360	207.654	676.574	951.476	199.484	250.754	4319587,8
GO_INT_12282GM_Pomp1	2.162.990	-	271.476	3.491.969	3.227.417	-	-	-	-	-	-	-	9153852,3
GO_INT_12282GM_Pomp2	131.513	-	-	218.303	192.568	62.981	467.584	4.872.897	3.627.725	149.279	5.222	2.742.148	12470218,2
Verdamping	2.275.050	8.665.499	8.494.156	1.599.199	2.252.839	10.283.735	8.243.488	1.535.738	2.341.684	8.418.004	7.646.962	1.669.005	63425358,86
Verschil [m3]	2.023.798	-1.401.663	-1.660.694	2.856.916	2.643.833	-6.433.024	4.116.578	-149.099	-337.924	3.056.457	-508.844	7.425.640	11.631.973
Verschil (%)	30,0	-17,9	-22,0	33,8	30,8	-152,7	31,6	-2,3	-5,3	24,3	-6,9	61,4	11,5
Oost-Kraaijer													
In													
Neerslag [m3]	882.414	655.184	748.599	1.138.075	1.079.931	355.274	1.166.292	856.549	608.156	845.006	525.857	1.280.228	10.141.565
Uit													
GO_INT_08842GM_Pomp1 [m3]	488.543	80.278	7.843	394.611	375.632	25.831	178.704	879.932	924.414	502.242	509.094	1.371.414	5.738.539
Verdamping [m3]	306.536	1.167.574	1.144.488	215.473	303.544	1.385.613	1.110.713	206.923	315.514	1.134.227	1.030.338	224.879	8.545.823
Verschil [m3]	87.335	-592.668	-403.732	527.990	400.756	-1.056.169	-123.126	-230.306	-631.773	-791.464	-1.013.575	-316.065	-4.142.797
Verschil (%)	9,9	-90,5	-53,9	46,4	37,1	-297,3	-10,6	-26,9	-103,9	-93,7	-192,7	-24,7	-40,8

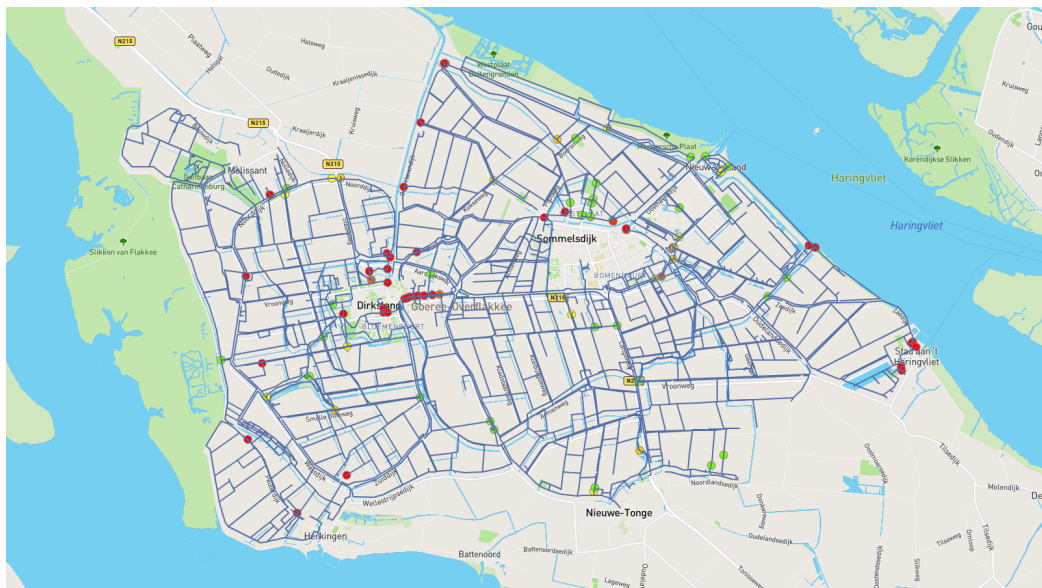
5 Gegevensvalidatie

In Figuur 5.1 is de gegevensvalidatie van alle kunstwerken en profielen weergegeven. De validatieviewer zit in de meegeleverde gegevens. Groene bolletjes hebben een rapportcijfer 10, oranje bolletjes een 5 en rode bolletjes een 0. Een rapportcijfer 0 betekent dat een kunstwerk of profiel niet voldoet aan een aantal validatieregels. Zie de [documentatie](#) voor de validatieregels en meer achtergrond over de opbouw van het rapportcijfer.



Figuur 5.1 Gegevensvalidatie van alle kunstwerken en profielen (HydroToolbox). Groene bolletjes betekenen een rapportcijfer 10

Figuur 5.2 toont de validatie van de kunstwerken (duikers, stuwen, afsluiters en gemalen) die een rapportcijfer 8 of lager hebben gekregen. Voor deze kunstwerken zijn aannames gedaan zoals beschreven in de uitgangspunten.



Figuur 5.2 Gegevensvalidatie van alle kunstwerken (HydroToolbox). Alleen de kunstwerken die een rapportcijfer 8 of lager hebben gekregen zijn weergegeven

Figuur 5.3 geeft de validatie van de profielen met een rapportcijfer 8 of lager weer. De profielen zijn zowel ingemeten profielen als profielen op basis van de leggerdata. Als beiden niet beschikbaar zijn is er een aanname gedaan zoals beschreven in de uitgangspunten. Veel profielen hebben een rapportcijfer van 5 of lager gekregen, waardoor er voor veel profielen aannames zijn gedaan voor de dimensies.



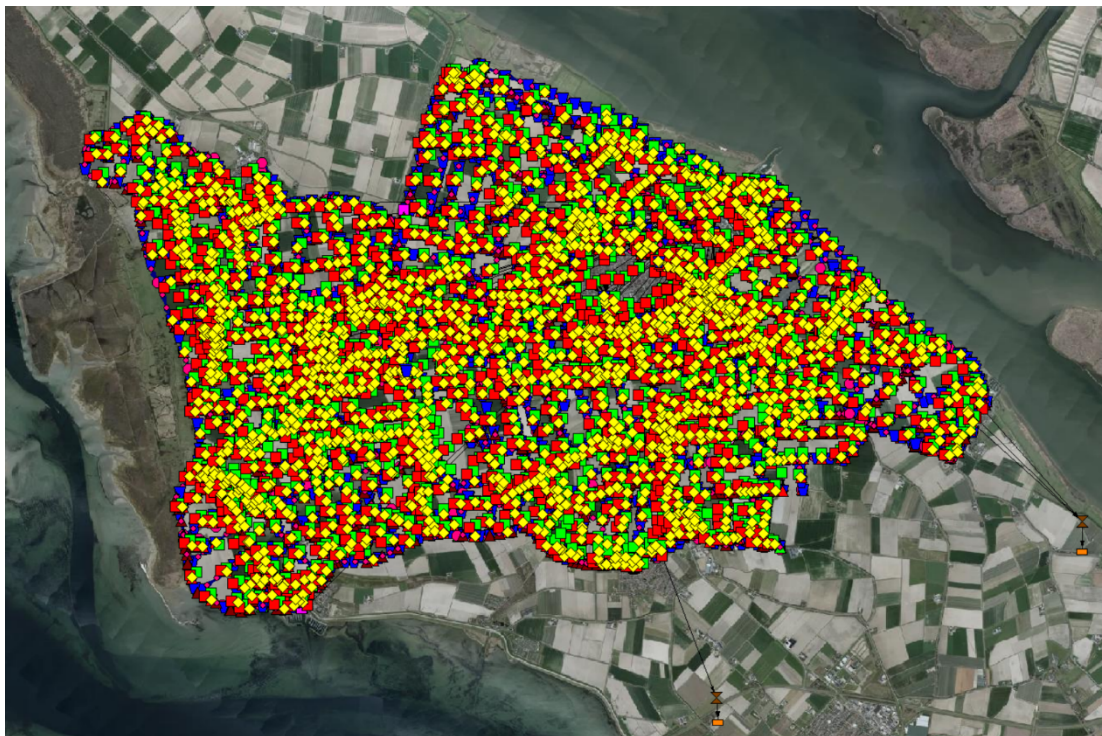
Figuur 5.3 Gegevensvalidatie van de profielen (HydroToolbox). Alleen de profielen die een rapportcijfer 8 of lager hebben gekregen zijn weergegeven

6 Modelbouw

Dit hoofdstuk beschrijft de technische details van de modelbouw, de resultaten van de testberekeningen met het basismodel en de resultaten van de gevoeligheidsanalyse, kalibratie en validatie van het model. Dit zijn de laatste stappen van fase 0.

6.1 Basismodel

Figuur 6.1 toont het SOBEK-model met alle watergangen, kunstwerken, RR-knopen, RR-links en overige knopen. In Figuur 6.2 zijn alleen de kunstwerken, watergangen en randvoorwaardes (boundary nodes) te zien. Deze zijn geschematiseerd door de ChannelBuilder op basis van de brondata.



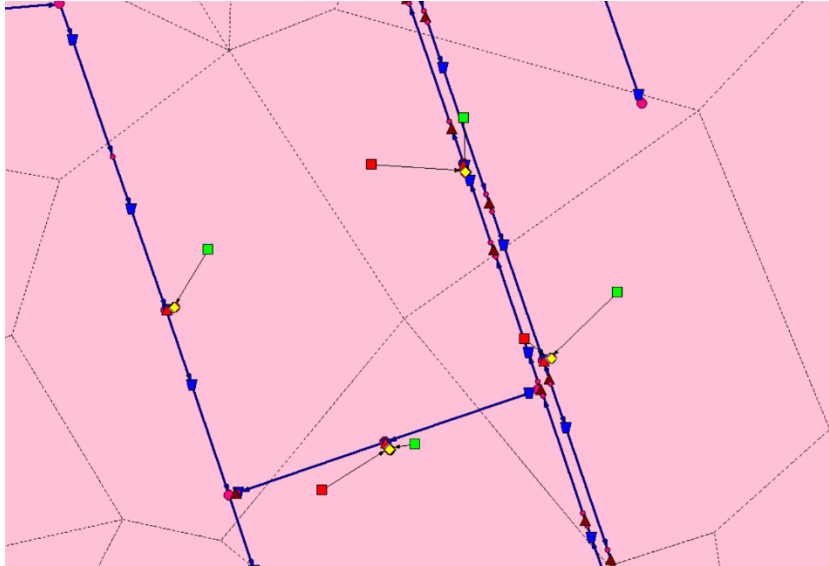
Figuur 6.1 SOBEK-model zoals deze uit de modelbouw is gekomen, inclusief watergangen, RR-links en alle knopen



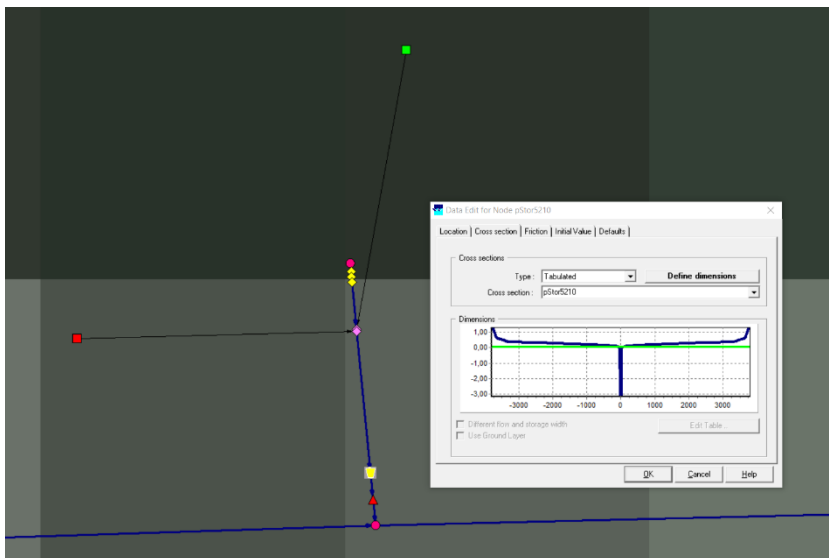
Figuur 6.2 Duikers (bruin), stuwen (lichtgroen), gemalen (oranje), afsluiters (donkergroen) en boundary nodes (roze) in het SOBEK-model. De blauwe lijnen zijn de watergangen

Rainfall-Runoff is per afwaterende eenheid geschematiseerd met een unpaved (onverhard) node en waar nodig met een paved (verhard) node. Deze knopen wateren vervolgens via een dummytakje af op een watergang, zie Figuur 6.3. Een voorbeeld van een dummytakje staat in Figuur 6.4. Van boven naar onder in het figuur zijn in het dummytakje de drie lateral nodes zichtbaar die kwel, verdamping en neerslag uit en op het open water in de afwaterende eenheid berekenen; de twee roze flow connection nodes die de paved en unpaved nodes met het dummytakje verbinden; het uitgeklapte profiel die rekening houdt met water op het maaiveld; een measurement station en een ronde flow connection node die het dummytakje met de watergang verbindt.

De rioleringsgebieden wateren af op de RWZI's: Middelharnis, Oude Tonge en Den Bommel. Deze gebieden hebben een aparte unpaved knoop gekregen die in verbinding staat met de RWZI. Bij extreme neerslag kan het voorkomen dat de pompcapaciteit niet voldoende is om al het water naar de RWZI te pompen. In het geval van een gemengd stelsel wordt het overtollige water via een overstort geloosd op het oppervlaktewater.



Figuur 6.3 Unpaved nodes (groen vierkant) en paved nodes (rood vierkant) zijn opgebouwd per afwaterende eenheid (stippellijn). Ze wateren via een dummytakje af op de watergang (blauwe lijnen)



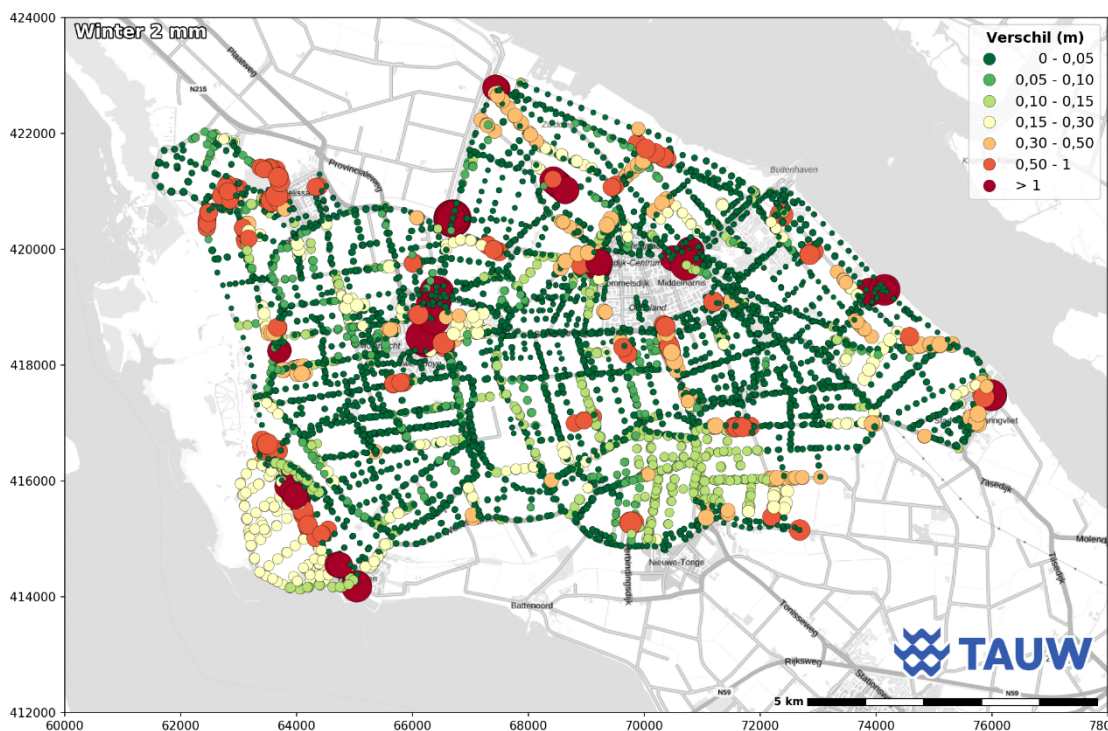
Figuur 6.4 Dummytakje met lateral, paved, unpaved en flow connection nodes en een profiel dat water op het maaiveld berekent

6.2 Testberekeningen

6.2.1 Streefpeil check – winter

Als eerste modelcheck is er tijdens de winterperiode stationair een bui van 2 mm per dag zonder verdamping gedraaid, totdat de waterpeilen in het model een evenwicht bereikten. Vervolgens zijn de peilen vergeleken met de winterstreefpeilen in de aangeleverde peilvakken kaart. Het verschil tussen gemodelleerd peil en streefpeil staat in Figuur 6.5.

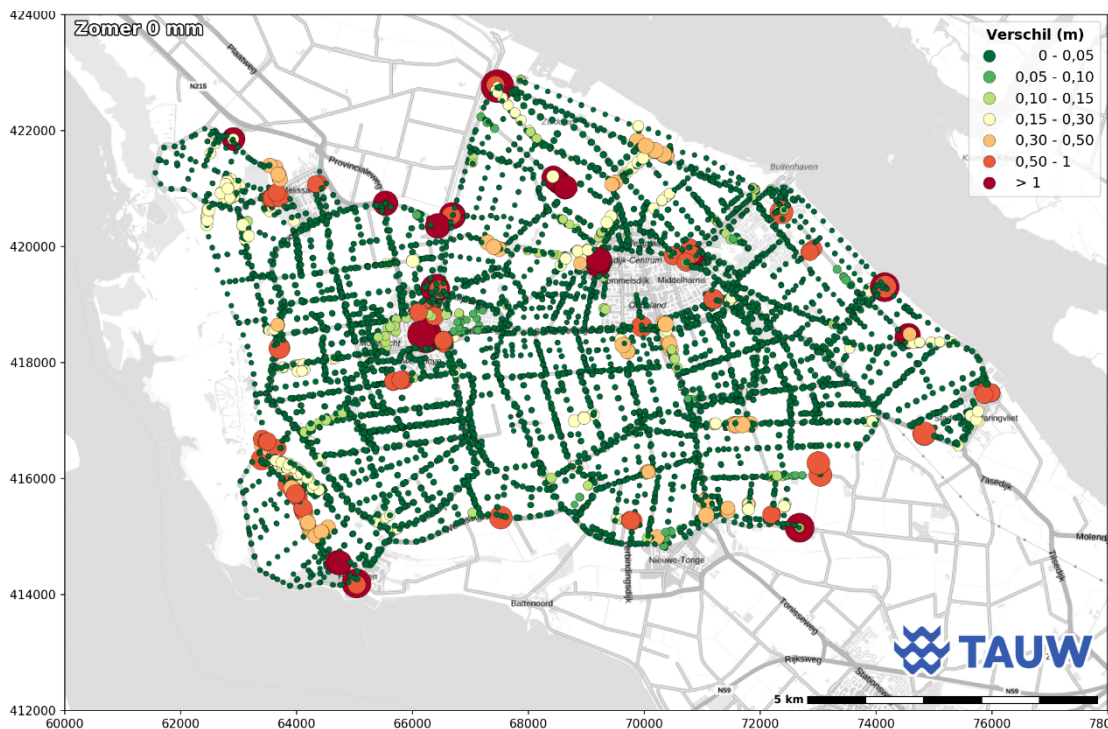
Op een aantal locaties komt het gemodelleerde peil niet overeen met het streefpeil, aangegeven met de rode bolletjes in het figuur. Deze locaties zijn nagelopen en het betreft individuele sloten die op een hoger peil dan het streefpeil gestuwd worden door een duiker die boven streefpeil ligt. Daarnaast geven de randvoorwaardes een verschil tussen streefpeil van gemodelleerd peil. Het betreft hier dus geen modelfouten.



Figuur 6.5 Standaard winterafvoer (2 mm/dag) in vergelijking tot winterstreefpeil

6.2.2 Streefpeil check – zomer

Voor de zomer streefpeilcheck is het model stationair gedraaid tijdens de zomerperiode met 2 mm verdamping per dag en zonder neerslag. Op een aantal hoger gestuwde sloten en boundary nodes na loopt het model goed naar zomerstreefpeil.



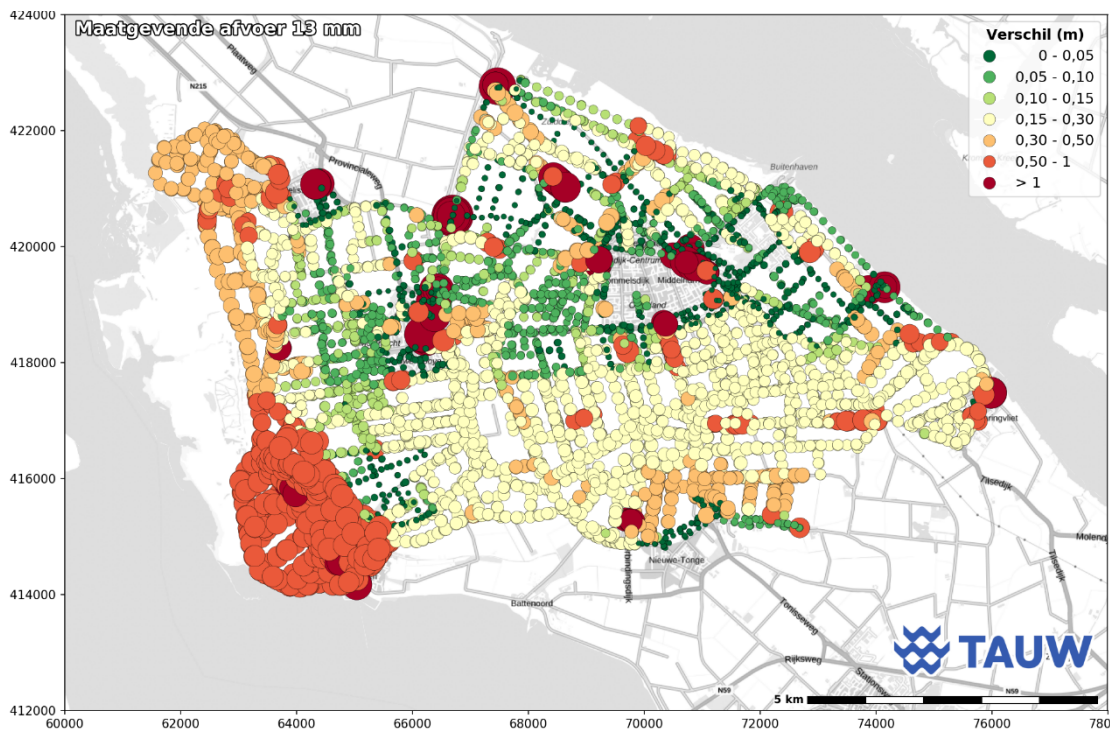
Figuur 6.6 Standaard zomerafvoer (0 mm/dag neerslag, 2 mm/dag verdamping) in vergelijking tot zomerstreefpeil

6.2.3 Maatgevende afvoer – 13 mm

Additioneel is er een maatgevende afvoer van 13 mm in 24 uur zonder verdamping doorgerekend. De resultaten staan in Figuur 6.7. Met name in het zuiden van het projectgebied neemt de waterstand bij een maatgevende afvoer toe. Dit komt omdat bemalingsgebied Koert een relatief groot bemalingsgebied is, dus er moet veel water weggepompt worden door één gemaal. De peilstijging in Polder Duivenwaard wordt veroorzaakt door een duiker met groot verval en een b.o.b. boven streefpeil. Deze duiker is gecorrigeerd.

In het noordoosten, Polder Roxenisse, is er een grote toename in waterstand te zien doordat dit gebied afwatert naar bemalingsgebied Smits via een smalle duiker. Deze duiker zorgt voor opstuwung waardoor het water niet snel genoeg wordt afgevoerd.

Polder Diederik, de lange strook in het westen, heeft net als bemalingsgebied De Drie Polders een verhoogde waterstand. Polder Diederik watert af op De Drie Polders. Door de capaciteit van gemaal De Drie Polders te delen door het oppervlak van Polder Diederik plus De Drie Polders kan de maximale afvoer vanuit dit gebied door gemaal De Drie Polders berekend worden. Die is gelijk aan 11,7 mm. Dit is dus minder dan de maatgevende afvoer van 13 mm, waardoor de waterstand in dit gebied blijft oplopen. De waterstand bereikt hier dus geen evenwicht.

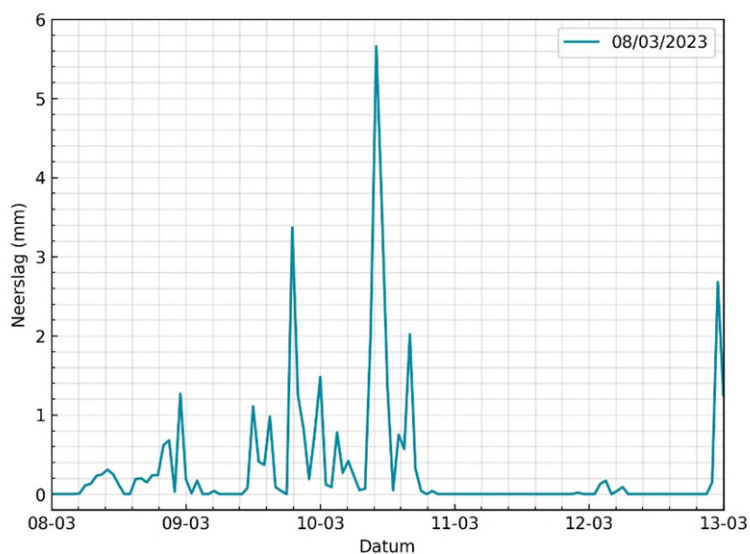


Figuur 6.7 Maatgevende afvoer (13 mm/dag) in vergelijking tot winterstreefpeil

6.3 Gevoeligheidsanalyse

6.3.1 Weerstanden alle drainagelagen

Voor de gevoeligheidsanalyse is een recente zware bui gemodelleerd met het basismodel. Het gaat om de bui die viel op 9 en 10 maart 2023. Het verloop van de bui is de zien in Figuur 6.8.



Figuur 6.8 Validatiebui, 9 en 10 maart 2023

De gevoeligheid van het model voor bepaalde parameters is geanalyseerd door drie parameters aan te passen. Alle parameters zijn onderdeel van het Rainfall-Runoff gedeelte van het model, dus ze hebben impact op de berging van water in de RR-knopen en op de snelheid waarmee het water naar de watergangen loopt. De eerste parameter is drainageweerstand (dagen). Het effect van de drainageweerstand op de waterpeilen is in beeld gebracht door de waterpeilen in het basismodel, met een drainageweerstand zoals beschreven in de uitgangspunten, te vergelijken met waterpeilen in een model waar de weerstand is vermenigvuldigd met een half of met twee. Daarnaast is ook het effect van drainagediepte op de waterstand getoetst, door de diepte in beide lagen te verhogen met 20 cm of te verlagen met 30 cm. Omdat de eerste laag in het basismodel op een diepte van 20 cm ligt, kan deze niet verder verhoogd worden dan 20 cm. De laatste parameter is de factor voor afvoer over het oppervlak (surface runoff). Hoe hoger deze factor, hoe sneller water kan afstromen richting het oppervlaktewater. Deze parameter is ook vermenigvuldigd met een half of met twee. De verschillende scenario's van de gevoeligheidsanalyse zijn geschematiseerd in Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Parameters waarop een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd: drainageweerstand, drainagediepte en factor voor afvoer over het oppervlak

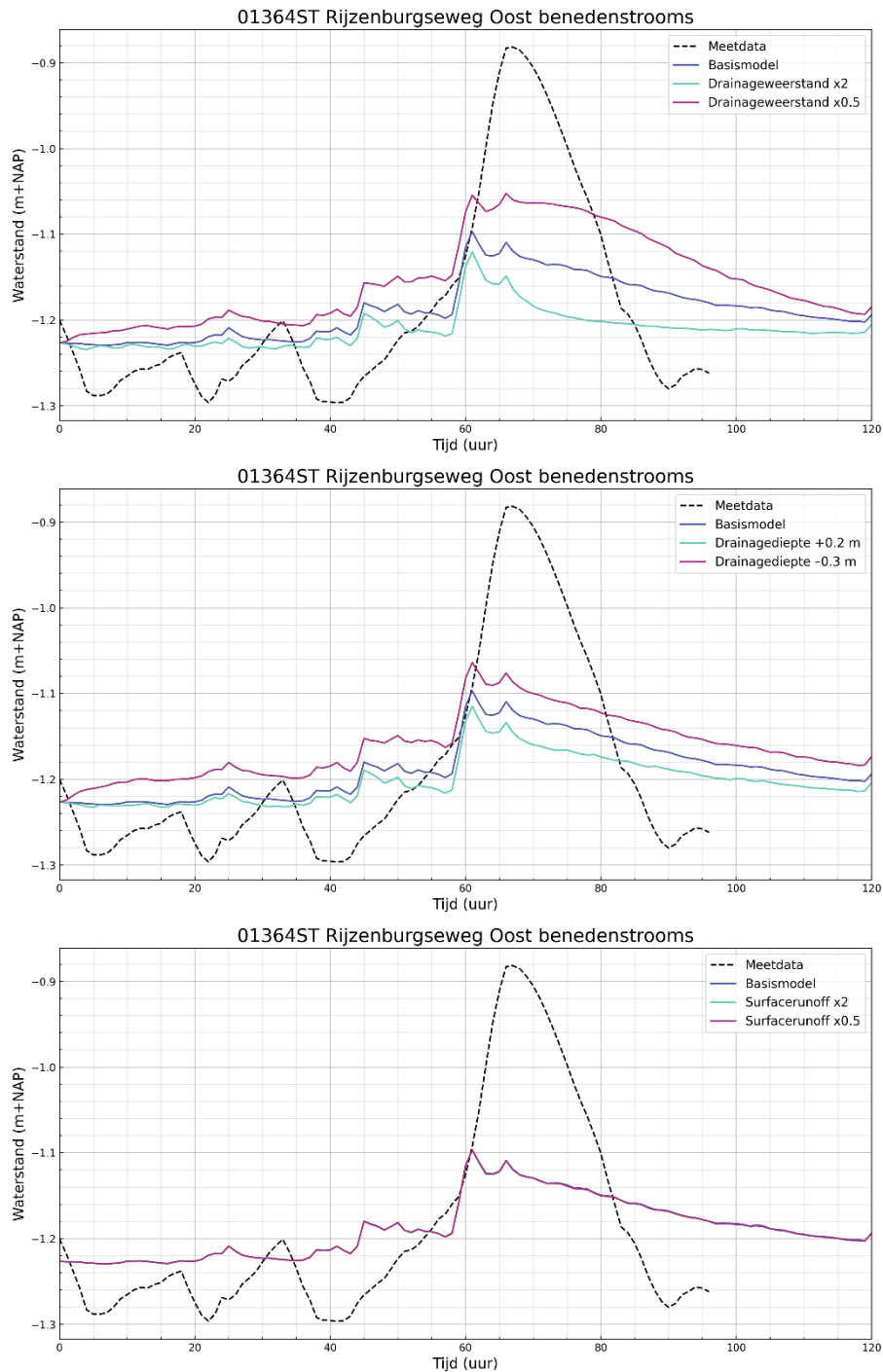
Parameter	Eenheid	Aanpassing
Drainageweerstand	Dagen	x 0,5
Drainageweerstand	Dagen	x 2
Drainagediepte (beide lagen)	Meter	+ 0,2
Drainagediepte (beide lagen)	Meter	- 0,3
Afvoer over oppervlak factor	-	x 0,5
Afvoer over oppervlak factor	-	x 2

Resultaten

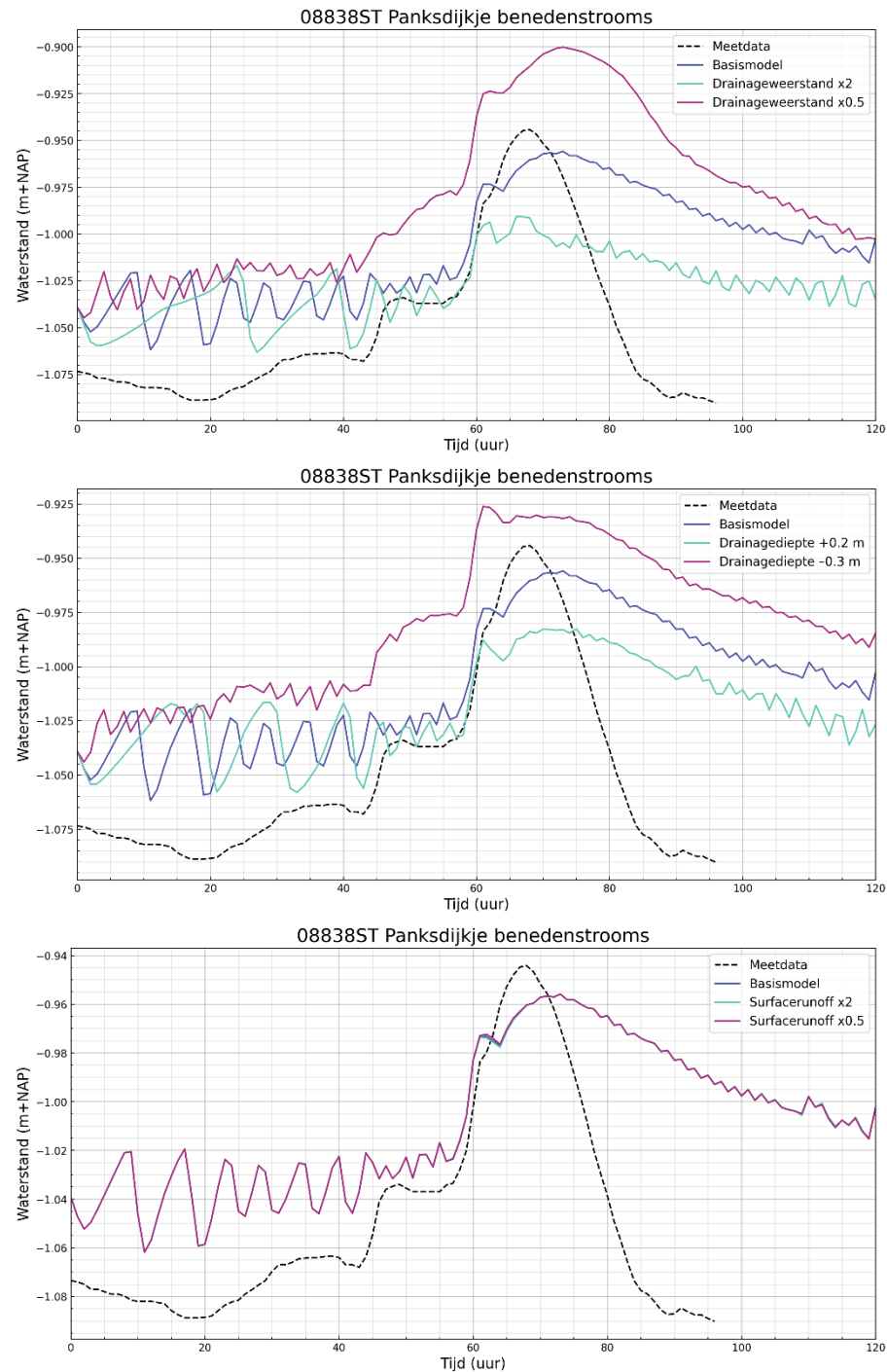
Voor de gevoeligheidsanalyse zijn de waterpeilen bovenstrooms en benedenstrooms van zes stuwen geanalyseerd. De resultaten van de waterpeilen bij twee van deze stuwen staan in Figuren 6.9 en 6.10. De gemeten peilen zijn ook geplot. De grafieken van de overige stuwen staan in Bijlage 2. Het doel van deze figuren is om de gevoeligheid van het watersysteem in het model voor bepaalde parameters te laten zien. Na de gevoeligheidsanalyse zijn er nog een aantal modelverbeteringen doorgevoerd waardoor de resultaten in de hier gepresenteerde figuren licht afwijken van de resultaten van het model waarmee de toetsing is uitgevoerd.

De belangrijkste conclusies uit de gevoeligheidsanalyse:

- De pieken worden structureel onderschat en het staartverloop is groter dan de gemeten data
- Halvering van de drainageweerstand zorgt voor een hogere piek, maar ook voor een bredere staart
- Verdubbeling van de drainageweerstand zorgt juist voor een lagere piek en kleiner staartverloop
- Aanpassing van de drainagediepte verplaatst de grafiek omhoog (verlaging drainagediepte) of omlaag (verhoging drainagediepte). De vorm verandert nauwelijks
- Aanpassing van de factor voor afvoer over het oppervlak heeft geen significant effect



Figuur 6.9 Effect van drainageweerstand (boven), drainagediepte (midden) en surface runoff (onder) op de waterstand benedenstrooms van 01364ST tijdens een piekbui. De zwarte gestreepte bui is de gemeten waterstand. Analyse gedaan met een vroegere versie van het model



Figuur 6.10 Effect van drainageweerstand (boven), drainagediepte (midden) en surface runoff (onder) op de waterstand benedenstrooms van 08838ST tijdens een piekbui. De zwarte gestreepte bui is de gemeten waterstand. Analyse gedaan met een vroegere versie van het model

6.3.2 Weerstanden aparte drainagelagen

Naast een gevoeligheidsanalyse van de weerstand van beide drainagelagen samen is ook een gevoeligheidsanalyse gedaan, waarbij alleen de weerstand van de diepe drainagelaag is aangepast. De waarde voor de drainageweerstand van de diepe laag in de uitgangspunten is 300. Deze waarde is waarschijnlijk te laag voor de zeeklei in het gebied (zie Systeemanalyse). Daarom is de drainageweerstand van de diepe laag in twee runs verhoogd naar 1500 en 3000.

Daarnaast heeft de weerstand van de ondiepe drainagelaag ook invloed op de snelheid waarmee water tijdens een piekbui in de sloot ligt. Bij een lagere weerstand ligt het water namelijk sneller in de sloot, waardoor er een hogere piek in de waterstand verwacht wordt. Daarom is de weerstand van alleen de ondiepe laag gehalveerd in een extra run (de gemodelleerde piek was immers lager dan de gemeten piek). De weerstand van deze laag is afhankelijk van het bodemtype en landgebruik. De scenario's van de aanvullende gevoeligheidsanalyse staan in onderstaande tabel.

Parameter	Aanpassing
Weerstand diepe drainagelaag	300 naar 1500
Weerstand diepe drainagelaag	300 naar 3000
Weerstand ondiepe drainagelaag	x 0,5

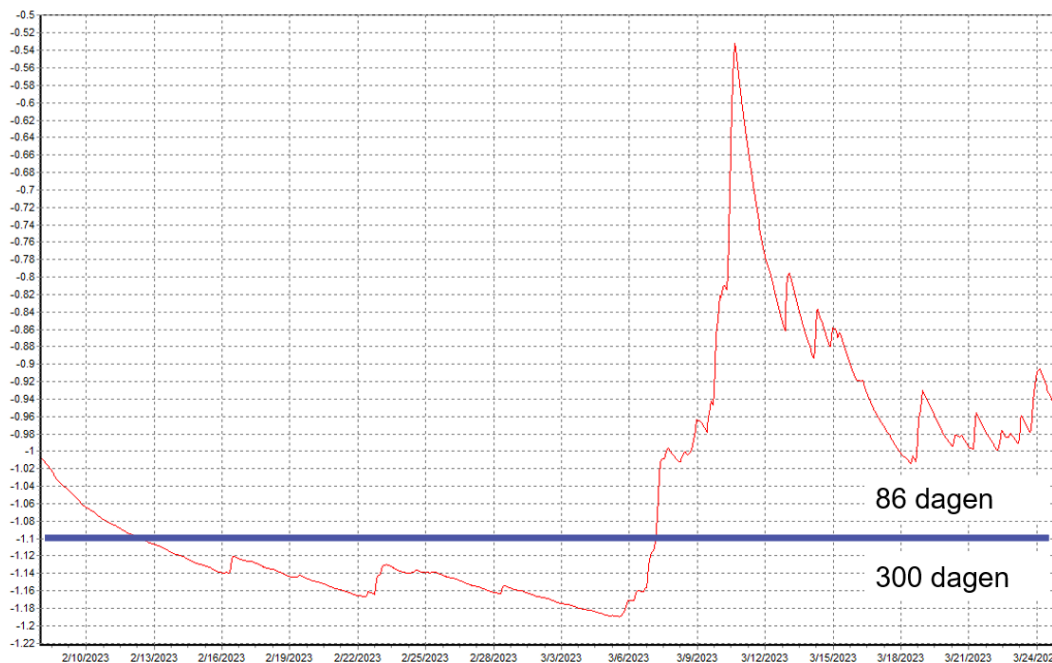
Maalstaten

De cumulatieve maalstaten staan in Figuur 6.12:

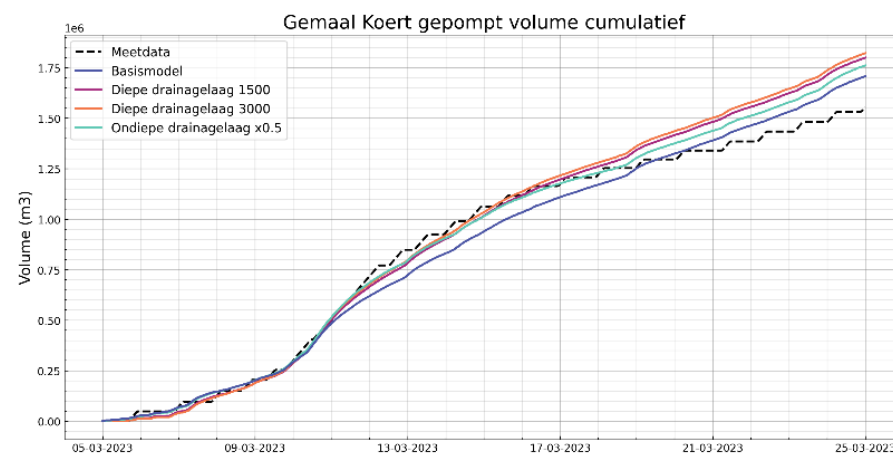
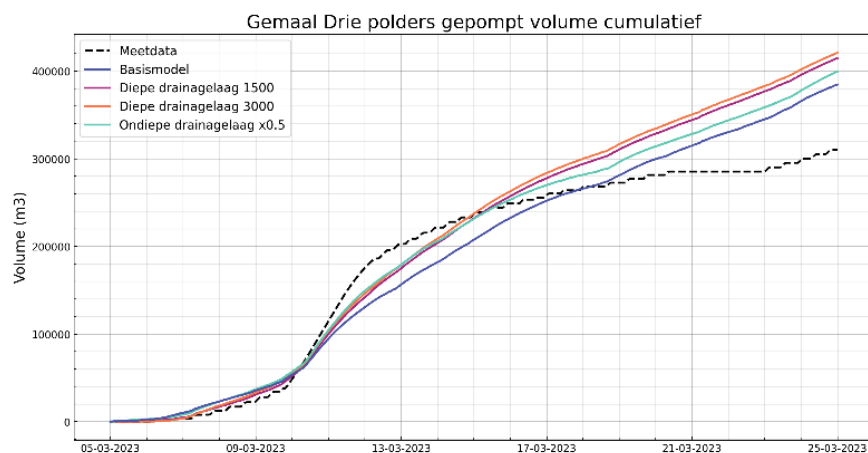
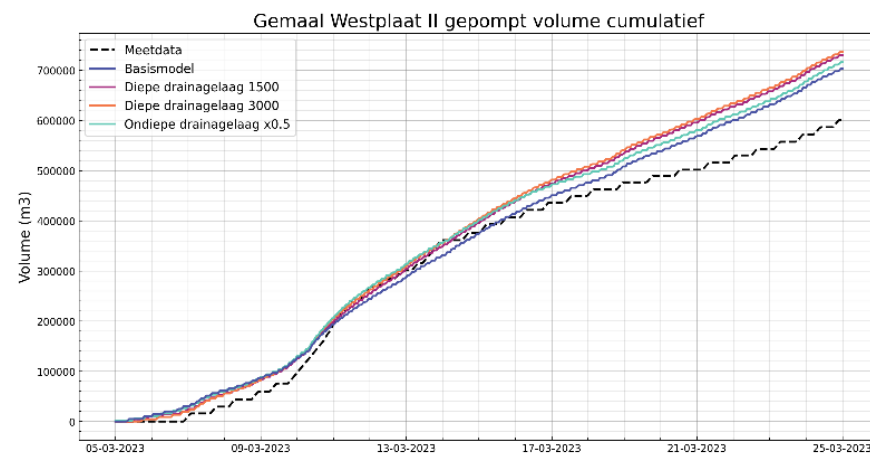
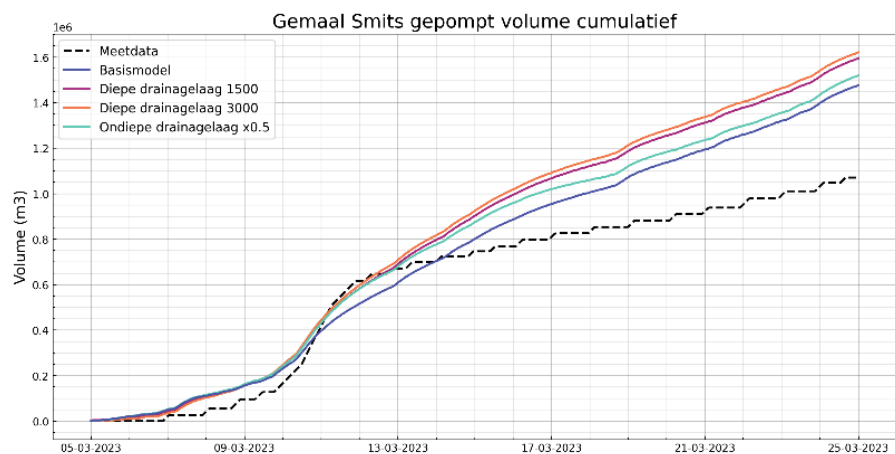
- De modellen waarin de drainageweerstand is aangepast reageren sneller op de neerslagpiek dan het basismodel:
 - Door het verhogen van de weerstand van de diepe drainagelaag zit het grondwater voller alvorens de piek dan in het basismodel. Tijdens de piek kan er dus minder water geborgen worden in het grondwatersysteem, waardoor het sneller afstroomt
 - Door de halvering van de weerstand van de ondiepe laag stroomt het water in de ondiepe laag sneller naar de sloot dan in het basismodel
- In alle modellen wordt er minder hard gepompt tijdens de neerslagpiek dan het gemeten debiet
- De gemalen in de modellen pompen meer water in de twee weken na de piek in vergelijking met het gemeten uitgepompte volume. Dit is voornamelijk zichtbaar bij gemaal Smits (bij gemaal De Drie Polders mist er meetdata van 20 tot 23 maart)
- Er wordt dus tijdens de piek minder water weggepompt in de modellen, terwijl er in de twee weken na de piek te veel water wordt weggepompt

Het pompen van de gemalen in het model in de weken na de piek wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat het grondwater lang blijft naleveren (zie Figuur 6.11). De hoogte van de grondwaterstand zit in deze periode in de ondiepe drainagelaag. In het model is de infiltratiecapaciteit 99 mm/dag (zie paragraaf 2.5.1). Omdat neerslag in het model infiltreert, wordt het grondwater tijdens de bui eerst aangevuld, voordat het water afstroomt. Als gevolg duurt het even voordat het water in de sloot ligt tijdens een piekbui en blijft het grondwater lang naleveren.

In de realiteit zal de infiltratiecapaciteit veel lager liggen, waardoor het water meteen afstroomt richting de sloot en het grondwater maar beperkt wordt aangevuld.



Figuur 6.11 Grondwaterstand in het basismodel van een unpaved node nabij gemaal De Drie Polders. De blauwe lijn toont de scheiding tussen de ondiepe en diepe drainagelaag, met weerstanden van respectievelijk 86 en 300 dagen



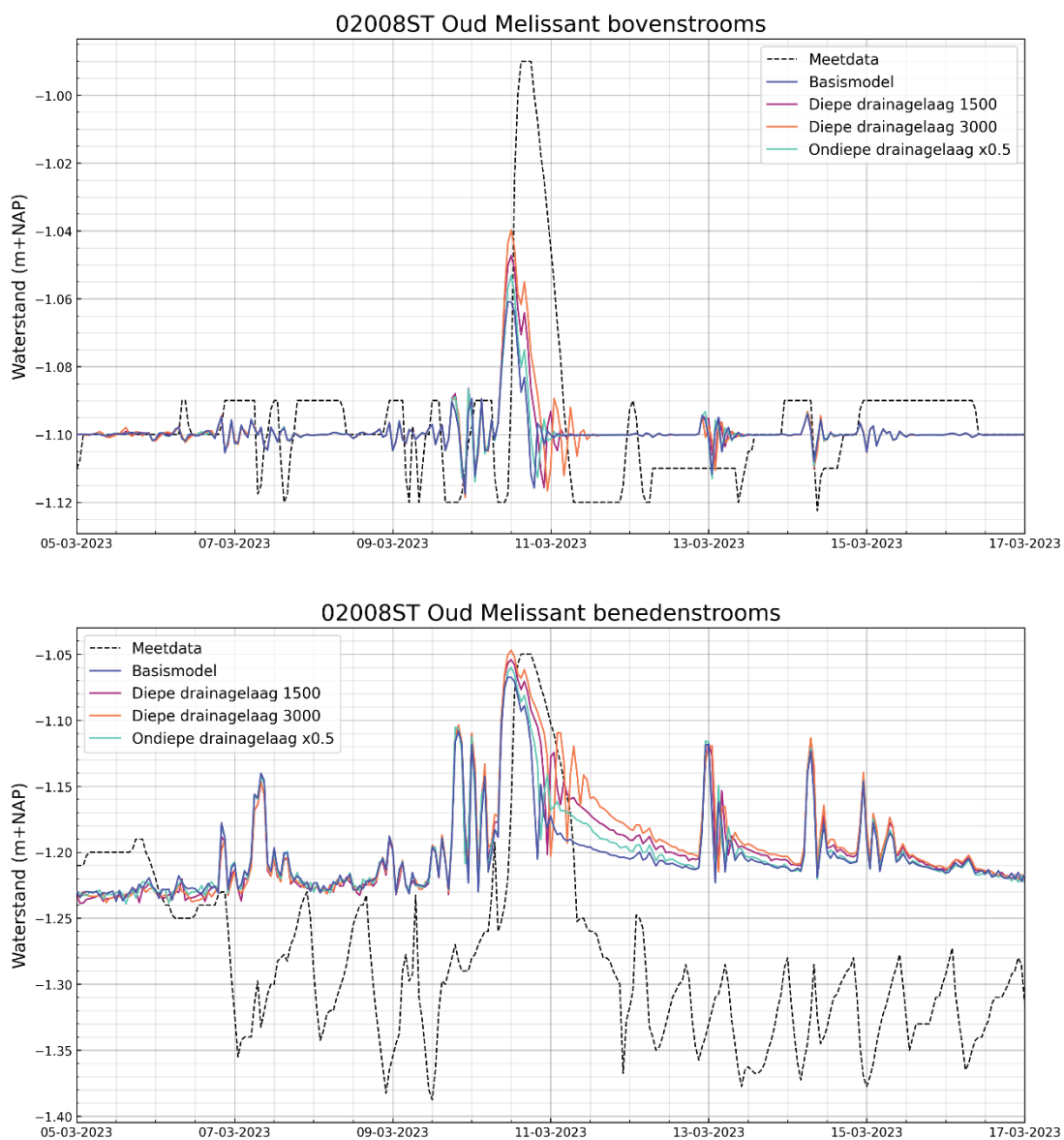
Figuur 6.12 Cumulatief uitgepompt volume door gemalen Smits, Westplaat II, Drie Polders en Koert tijdens een piekbui voor het basismodel met weerstand diepe draingelaag 300 (blauw), weerstand diepe drainagelaag 1500 (roze), weerstand diepe drainagelaag 3000 (oranje) en weerstand ondiepe drainagelaag gehalveerd (groen). De zwarte gestreepte lijn is het gemeten volume

Waterstanden

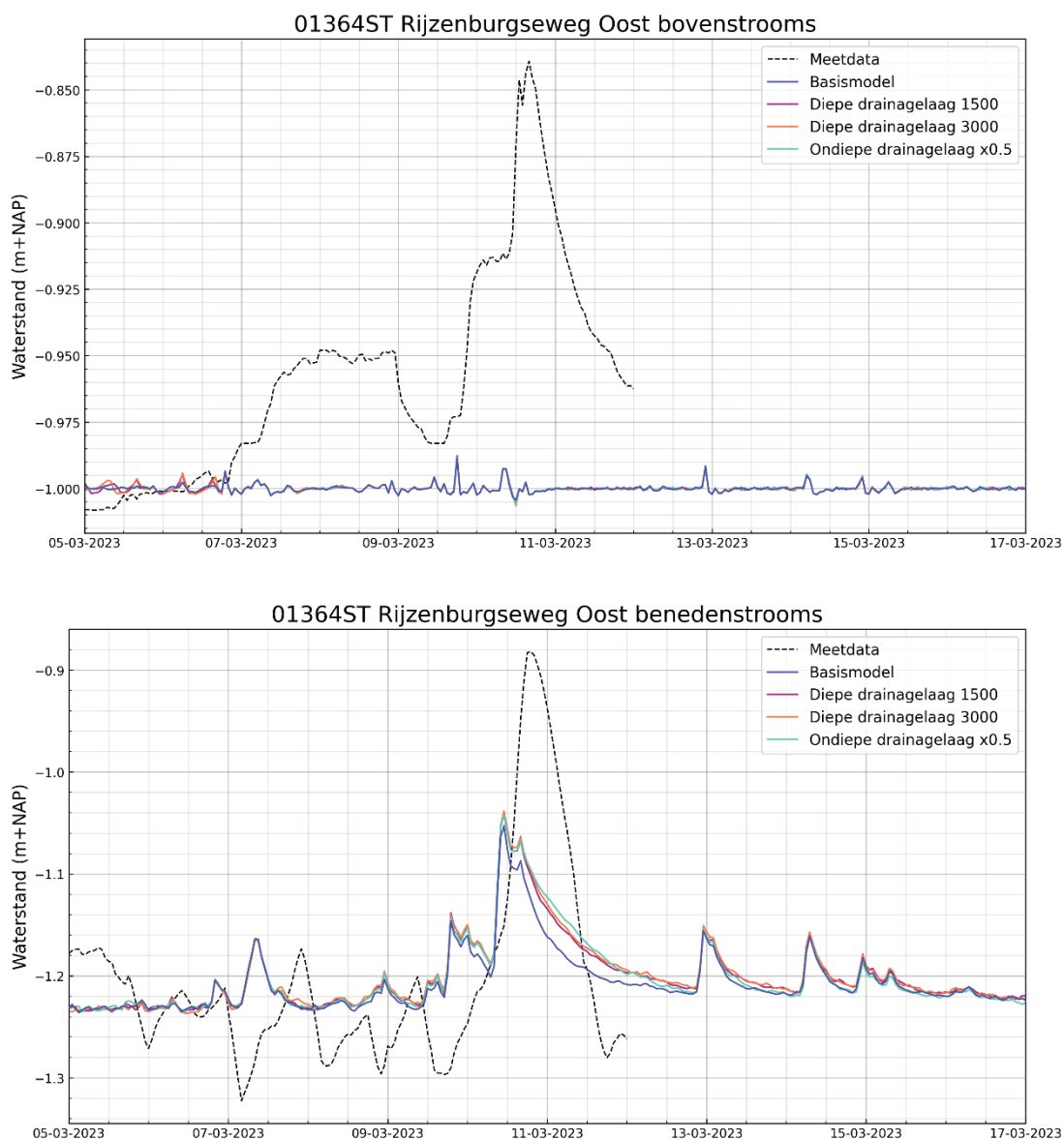
De waterstanden op twee van de zes geanalyseerde stuwen zijn weergegeven in Figuren 6.13 en 6.14. De overige figuren staan in Bijlage 2.

- Benedenstrooms van de stuwen worden de waterstanden redelijk gesimuleerd. Over het algemeen is er een kleine onderschatting van de pieken (± 10 cm). Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door de infiltratiecapaciteit, zoals beschreven bij de maalstaten
- Door de weerstand van de diepe drainagelaag te verhogen naar 1500 en 3000 dagen, wordt er een hogere piek gesimuleerd. Voor een weerstand van 3000 is dit effect groter dan voor een weerstand van 1500 dagen
- Door halvering van de weerstand van de ondiepe drainagelaag is er ook een hogere piek te zien, maar ook een langer staartverloop
- Bovenstrooms van de stuwen is er een grote onderschatting van de piek. In Figuur 6.14 is een peilstijging van 15 cm te zien in de metingen, maar niet in het model. Naast dat er structureel een onderschatting is van de pieken, hebben de PID-controllers in het model effect op de pieken bovenstrooms van de stuw

In de praktijk reageren de stuwen veel minder gevoelig dan de stuwen in het model. Dit betekent dat de kruin van de stuwen in het model veel sneller op en neer beweegt dan in de praktijk, waardoor het water beter op peil gehouden wordt. De stuwsturing in het model is dus een ideale situatie. Het gevolg voor de analyse is dat de piekwaterstand bovenstrooms van stuwen onderschat wordt.



Figuur 6.13 Effect van het verhogen van de diepe drainageweerstand van 300 (blauw, basismodel) naar 1500 (roze) of 3000 (oranje) dagen of het halveren van de ondiepe drainageweerstand (groen) op de waterstand bovenstrooms (boven) en benedenstrooms (onder) bij 02008ST tijdens een piekbui. De zwarte gestreepte lijn is de gemeten waterstand



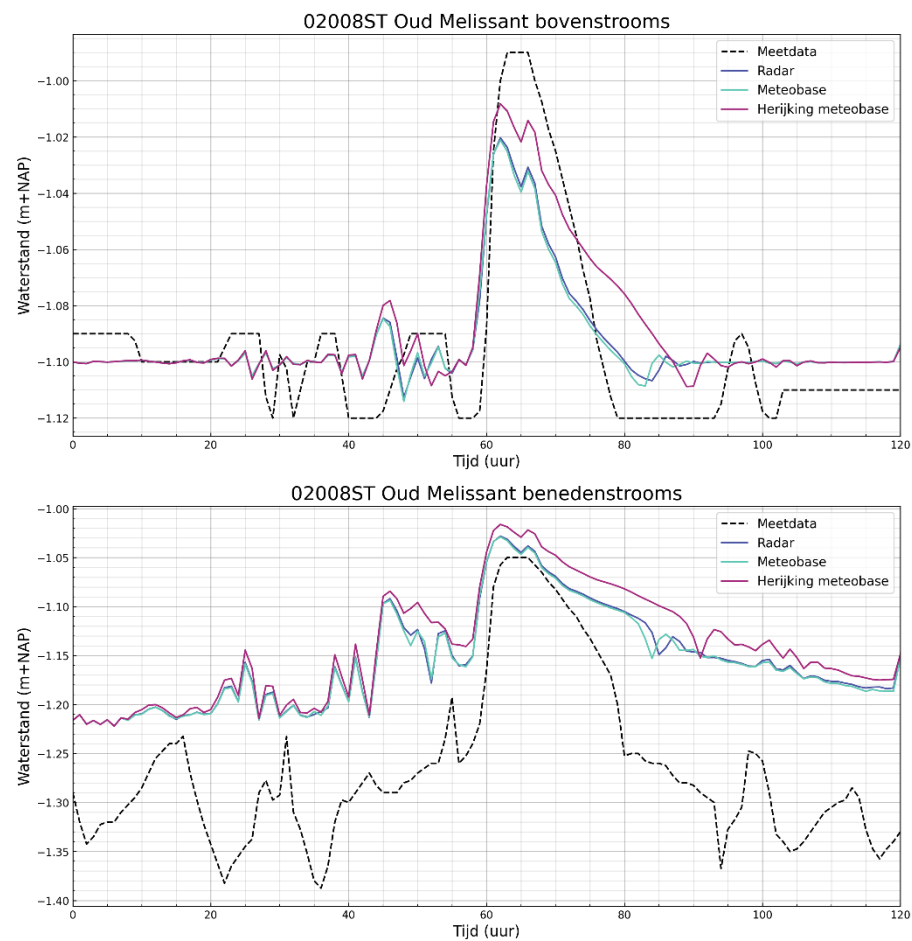
Figuur 6.14 Effect van het verhogen van de diepe drainageweerstand van 300 (blauw, basismodel) naar 1500 (roze) of 3000 (oranje) dagen of het halveren van de ondiepe drainageweerstand (groen) op de waterstand bovenstrooms (boven) en benedenstrooms (onder) bij 01364ST tijdens een piekbui. De zwarte gestreepte lijn is de gemeten waterstand

6.3.3 Neerslagbron

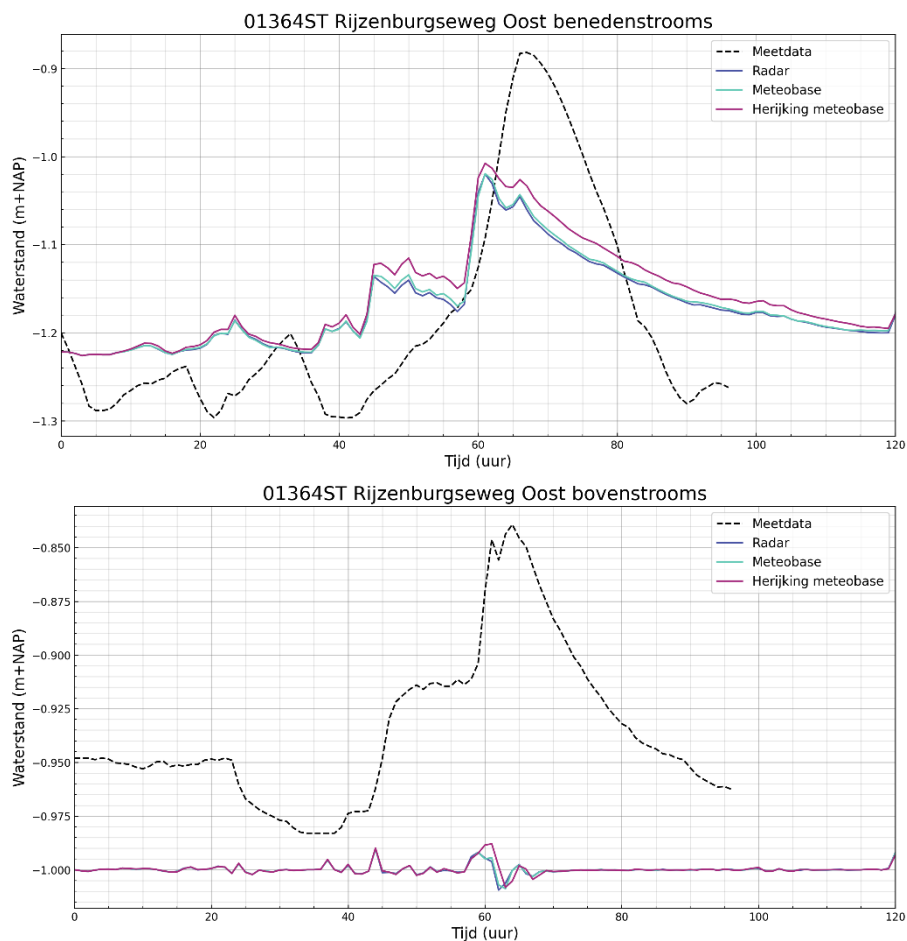
Omdat bleek dat de neerslaggegevens varieerden tussen verschillende beschikbare bronnen is er een aanvullende gevoeligheidsanalyse gedaan, waarbij naast radargegevens, geaggregeerd voor het hele gebied, ook gebruik is gemaakt van radargegevens, geaggregeerd per bemalingsgebied (met behulp van [Meteobase](#)), al dan niet herijkt op basis van grondstations in Flakkee-West.

Resultaten

De resultaten van het effect van drie verschillende neerslagbronnen op het waterpeil bij twee stuwen staan in Figuren 6.15 en 6.16. De waterpeilen bij de overige stuwen staan in Bijlage 2. Tussen de response van het waterpeil op neerslag van Meteobase en de radar neerslag zit weinig verschil. De herijkte neerslag van Meteobase zorgt voor hogere waterpeilen bij de stuwen, behalve bij stuw Kraaijestein Zuid. Ondanks dat er hogere pieken te zien zijn, laat het model geen grote gevoeligheid zien voor de verschillende neerslagbronnen. Bij de meeste stuwen wordt de hoogte van de afvoerpiek nog steeds onderschat. Daarnaast hebben de pieken een bredere staart dan de metingen.



Figuur 6.15 Effect van verschillende neerslagbronnen (Radar (blauw), Meteobase (groen) en herijking Meteobase (roze)) op de waterstand bovenstrooms (boven) en benedenstrooms (onder) bij 02008ST tijdens een piekbui. De zwarte gestreepte lijn is de gemeten waterstand



Figuur 6.16 Effect van verschillende neerslagbronnen (Radar (blauw), Meteobase (groen) en herijking Meteobase (roze)) op de waterstand bovenstrooms (boven) en benedenstrooms (onder) bij 01364ST tijdens een piekbui. De zwarte gestreepte lijn is de gemeten waterstand

6.4 Kalibratie en validatie

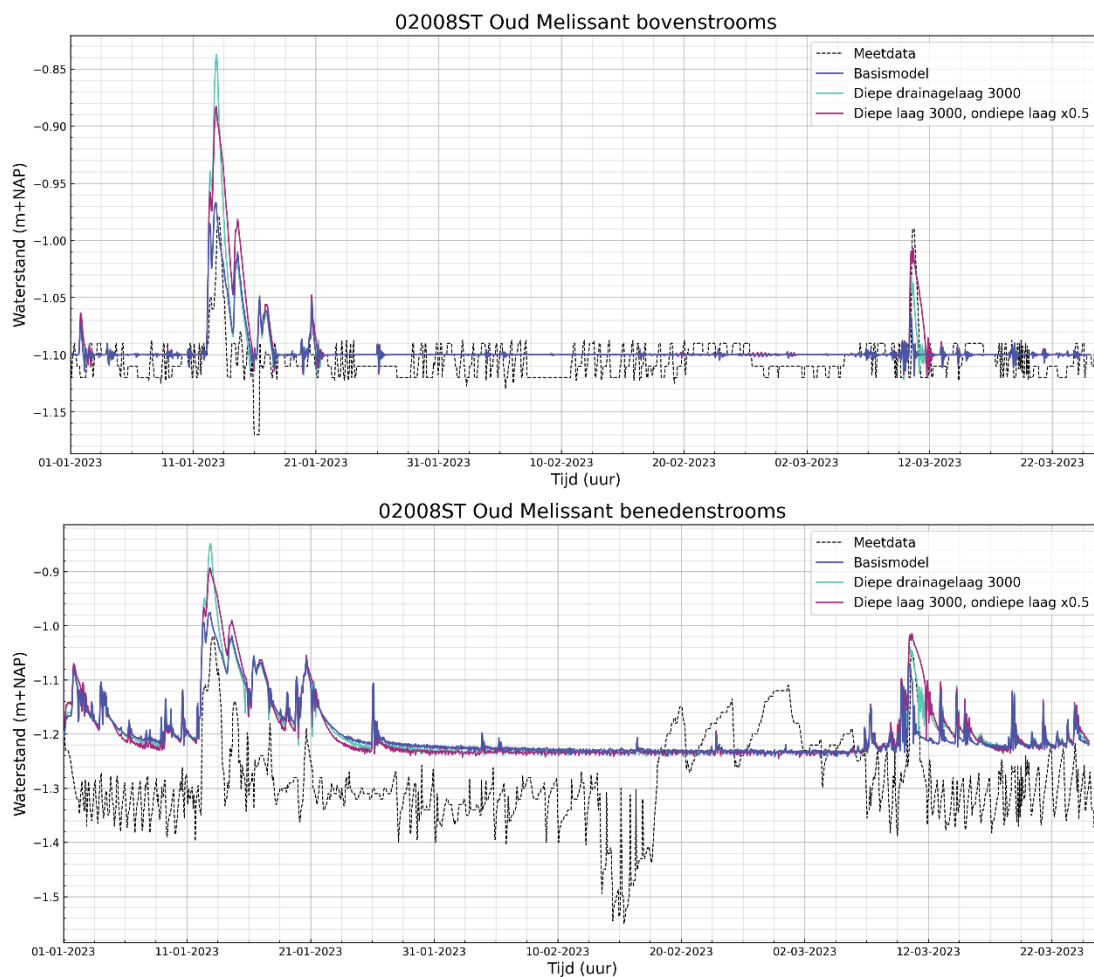
De kalibratie van het model is in drie stappen uitgevoerd:

1. Eerst is gekeken hoe het model presteert met standaardwaarden voor drainageweerstand uit de literatuur. Deze variëren per bodemtype en landgebruik
2. Daarna is de drainageweerstand van de diepe laag verhoogd naar 3000 dagen
3. Tenslotte is de drainageweerstand van de ondiepe laag gehalveerd

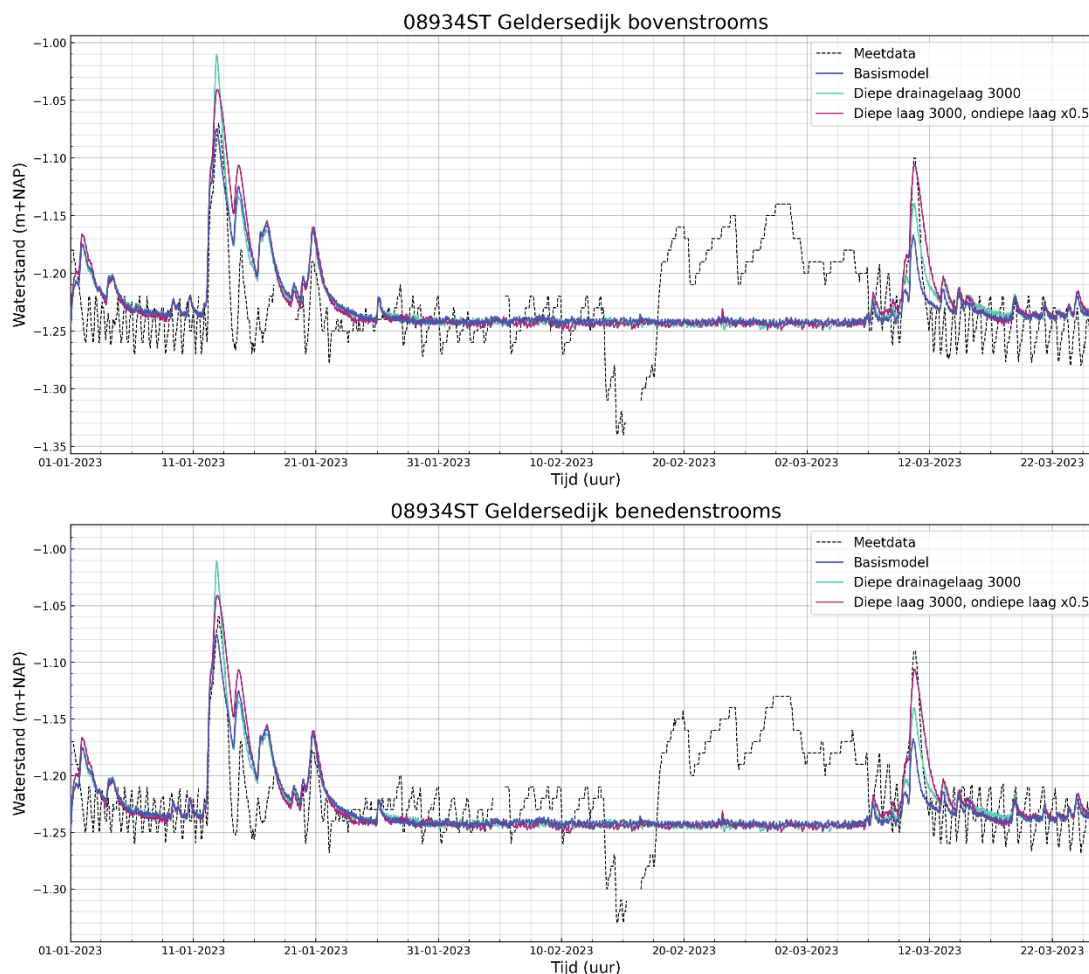
Figuren 6.17 en 6.18 tonen de waterstand in het gekalibreerde model en de gemeten waterstand bij twee stuwen. De resultaten voor de andere stuwen zijn te vinden in Bijlage 2.

Het basismodel simuleerde structureel een onderschatting van de pieken. Door de weerstand van alleen de diepe drainagelaag aan te passen naar 3000, worden pieken extreme pieken overschat, terwijl minder extreme pieken juist onderschat te worden. Uit de figuren blijkt dat verhoging van de drainageweerstand van de diepe laag in combinatie met halvering van de drainageweerstand van de ondiepe laag een betere fit geeft voor zowel extreme als milde pieken.

De toetsing (vastgelegd in hoofdstuk 7) is dan ook uitgevoerd met model met een drainageweerstand van 3000 dagen voor de diepe laag en gehalveerde waarden voor de ondiepe laag.



Figuur 6.17 Gemeten en berekende waterstanden bij stuw 02008ST bij verschillende drainageweerstand. De zwarte gestreepte lijn is de gemeten waterstand



Figuur 6.18 Waterstand bij stuw 08934ST bij verschillende drainageweerstanden. De zwarte gestreepte lijn is de gemeten waterstand

7 Toetsing huidige situatie

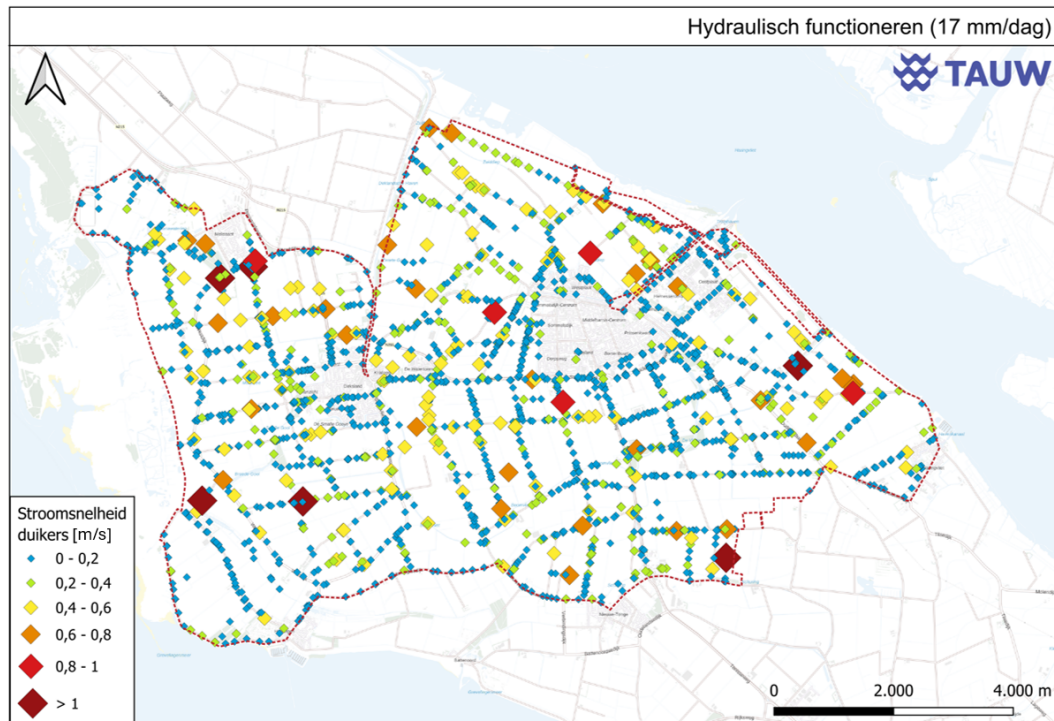
7.1 Hydraulische toetsing

Het hydraulisch functioneren van het watersysteem is getoetst door een maatgevende afvoer van 17 mm/dag (2 l/s/ha) door te rekenen.

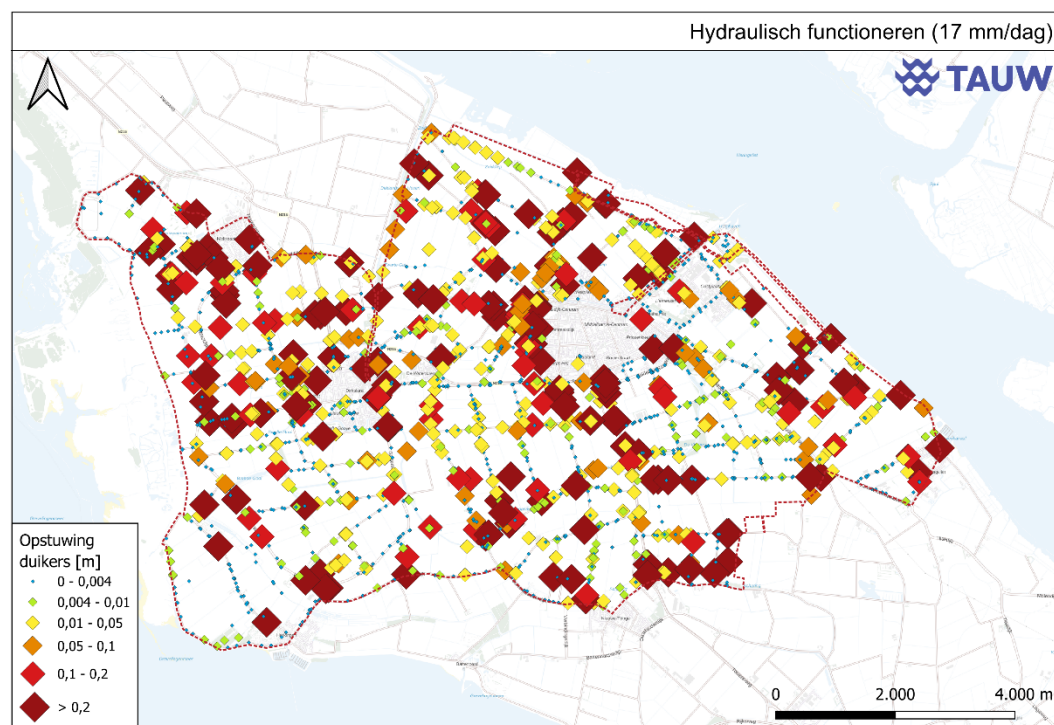
In Figuur 7.1 staat de stroomsnelheid door duikers weergegeven bij een maatgevende afvoer van 17 mm/dag, waarbij een maximale stroomsnelheid van 0,4 m/s is toegestaan. Uit de figuur blijkt dat het merendeel van de duikers aan deze eis voldoet. In het gebied ligt ook een aantal duikers met een stroomsnelheid tussen de 0,4 en 0,6 m/s. Veel van deze duikers zijn duikers in hoofdwatgangen die voor een hoofdwatgang relatief klein gedimensioneerd zijn, met een diameter van 0,6 - 0,8 m. Duikers waar de stroomsnelheid groter is dan 0,6 m/s, zijn hoofdzakelijk peilscheidende duikers.

Figuur 7.2 geeft de opstuwing bij duikers weer, waarbij een opstuwing van maximaal 4 mm is toegestaan. Bij een groot aantal duikers is echter een opstuwing van meer dan 1 cm zichtbaar, oplopend tot meer dan 20 cm. Een deel van deze duikers is peilscheidend of ligt direct achter een stuw of gemaal. Ook liggen er in het gebied nog veel verouderde duikers, die relatief klein gedimensioneerd zijn voor de watergang waarin ze liggen. Hoewel een groot deel van de duikers niet aan de opstuwingseis voldoet, dient opgemerkt te worden dat dit niet direct tot wateroverlast leidt vanwege de relatief grote drooglegging in het gebied.

In Tabel 7.1 staan de ID's van de duikers met de hoogste stroomsnelheid en opstuwing en de reden waarom ze niet voldoen aan de eisen die hiervoor gesteld zijn.



Figuur 7.1 Stroomsnelheid door duikers bij een maatgevende afvoer van 17 mm/dag



Figuur 7.2 Opstuwung over duikers bij een maatgevende afvoer van 17 mm/dag

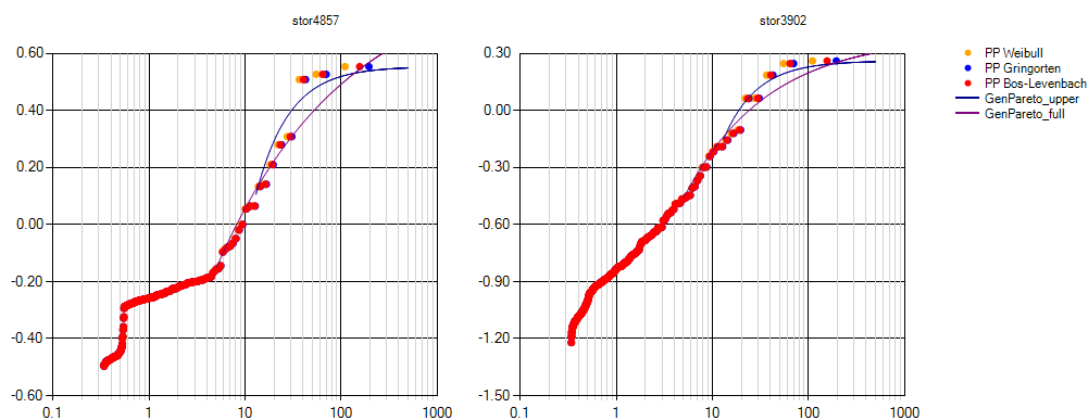
Tabel 7.1 Opstuwing over duikers (cm)

Duiker ID	Opstuwing [cm]	Oorzaak
12259DU	51	Diameter 32 cm, lengte 10 m
01270DU	43	Diameter 50 cm, lengte 11,8 m
07003DU	26	Diameter 50 cm, lengte 14 m
07134DU	23	Diameter 50 cm
10449DU	20	Diameter 50 cm
12439DU	17	Diameter 13 cm
12412DU	13	
06953DU	12	Hoofdwatgang, diameter 50 cm
08717DU	12	
08748DU	11	Diameter 50 cm
01678DU	9,6	
07029DU	8,4	Hoofdwatgang, diameter 50 cm
01237DU	8,3	Diameter 50 cm, lengte 12 m
08914DU	8,0	
12394DU	7,2	Diameter 50 cm, groot aantal sloten watert af op deze duiker
41058DU	5,6	
07171DU	5,3	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
10379DU	5	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
01818DU	4,8	Hoofdwatgang, diameter 50 cm
48925DU	4,7	
01911DU	4,3	
01495DU	4,0	
07023DU	3,4	Diameter 50 cm
08739DU	3,4	Diameter 50 cm
10509DU	3,3	Watgang gaat over in hoofdwatgang, diameter 50 cm
10504DU	3,2	
01010DU	3,1	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
01432DU	3,0	Hoofdwatgang, diameter 70 cm
01781DU	3,0	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
12215DU	3,0	
01831DU	2,6	Hoofdwatgang, diameter 60 cm
01782DU	2,4	Hoofdwatgang, diameter 60 cm
07051DU	2,4	Hoofdwatgang, diameter 50 cm
01024DU	2,4	In hoofd afvoeroute richting Gemaal Koert
07462DU	2,3	Knijpt hoofdwatgang
08874DU	2,2	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
07083DU	2,2	
08766DU	2,2	Hoofdwatgang, diameter 60 cm

Duiker ID	Opstuwing [cm]	Oorzaak
08749DU	2,2	Hoofdwatgang, diameter 60 cm
01797DU	2,1	Hoofdwatgang, diameter 60 cm
08874DU	2,1	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
01797DU	2,1	Hoofdwatgang, diameter 60 cm
12382DU	2,0	Hoofdwatgang, diameter 60 cm
10584DU	1,9	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
12399DU	1,8	Hoofdwatgang, diameter 65 cm
01796DU	1,8	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
08700DU	1,7	
01855DU	1,5	
08860DU	1,4	
12382DU	1,2	Hoofdwatgang, diameter 60 cm
01666DU	1,2	Hoofdwatgang, diameter 80 cm
01653DU	0,7	Hoofdwatgang, diameter 40 cm
49263DU		Afschot: 29 cm

7.2 Werkwijze NBW-toetsing

Met het gekalibreerde model zijn 323 buien doorgerekend. Aan de hand van de maximale waterstand per event en een Generalized Pareto verdeling zijn per afwateringsgebied de maatgevende waterstanden bepaald. In de onderstaande figuur staan voor twee afwateringsgebieden de maximale waterstanden geplot, samen met de trendlijn waaruit de maatgevende waterstanden zijn afgeleid.



Op basis van de resultaten kon voor het hele projectgebied een kaart met maatgevende waterstanden worden gemaakt. Vervolgens is van dit raster met waterstanden het AHN4 afgetrokken. Het resultaat is een gebiedsdekkend raster met inundatiedieptes.

7.3 Inundaties

In Figuren 7.3 tot en met 7.6 staan de inundatiebeelden voor de herhalingsstijden T=10 (zomer), T=10 (jaarrond), T=25, T=50 en T=100.

Voor T=10 (Figuur 7.3 en Figuur 7.4) is voornamelijk inundatie te zien in twee natuurgebieden, Brede Gooi en Oude Dee. Deze worden in de praktijk ingezet voor waterberging tijdens piekmomenten, dus inundatie is naar verwachting.

Voor T=25 (Figuur 7.5) neemt de inundatie in het gebied aanzienlijk toe, vooral in het zuiden: peilgebieden polder Dirksland (ged.) Z., polder St. Elisabeth, polder Het Oudeland & polder De Oude Stad en het zuiden van polder Dirksland & polder De Oude Plaat. Zie Figuur 3.9 voor de namen van de peilgebieden.

Herhalingsstijden T=50 en T=100 (Figuren 7.6 en 7.7) volgen het inundatiepatroon van T=25, alleen met grotere en diepere inundatievlakken.



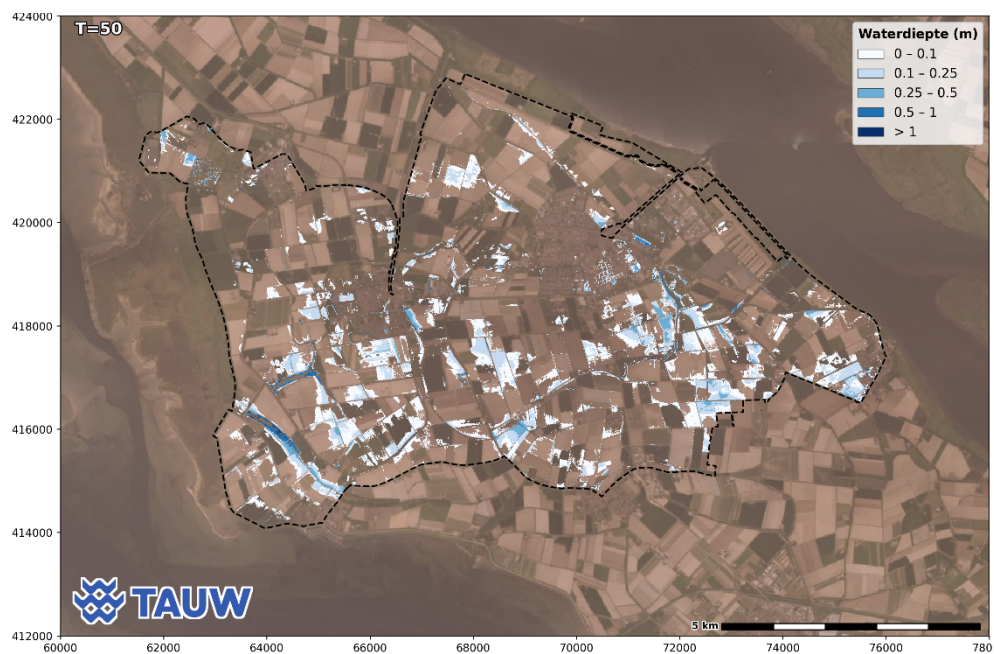
Figuur 7.3 Inundatie herhalingsstijd zomerbuien T=10



Figuur 7.4 Inundatie herhalingsijd T=10 (jaarrond)



Figuur 7.5 Inundatie herhalingsijd T=25



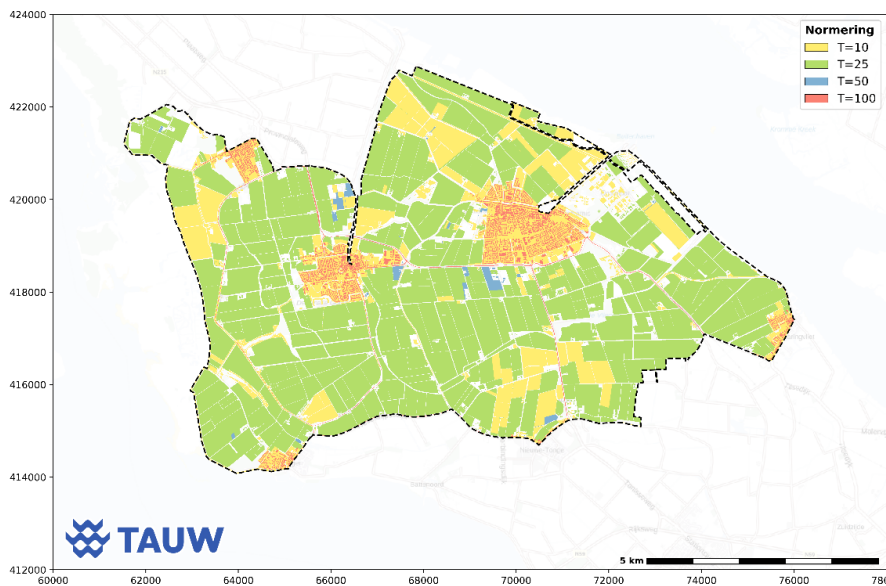
Figuur 7.6 Inundatie herhalingsijd T=50



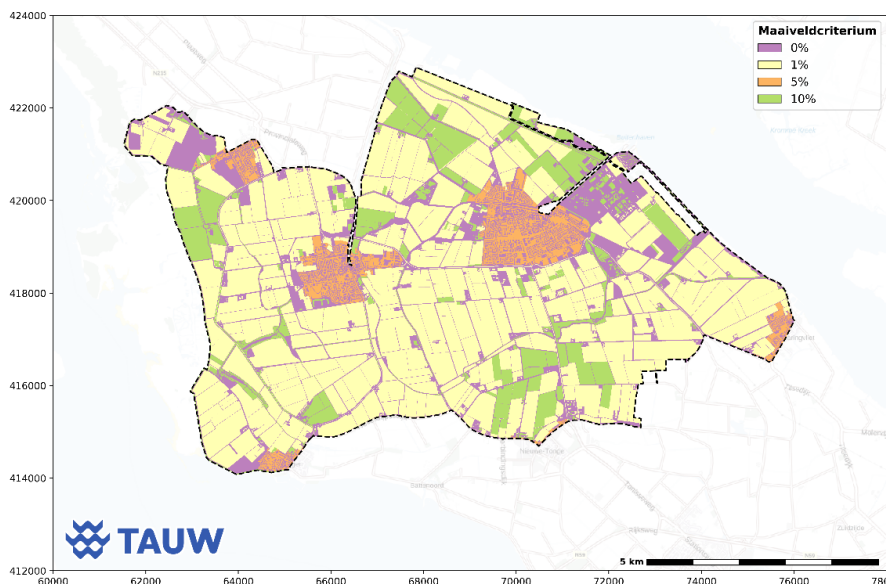
Figuur 7.7 Inundatie herhalingsijd T=100

7.4 Knelpunten

De maatgevende waterstanden zijn per peilgebied vergeleken met de toetshoogte, die bepaald is op basis van de normeringskaart (Figuur 7.8) en het bijbehorende maaiveldcriterium (Figuur 7.9). Een peilgebied voldoet niet aan de normering als er bij een bepaalde herhalingstijd inundatie optreedt van een oppervlak groter dan het maaiveldcriterium.



Figuur 7.8 Normeringskaart voor herhalingstijden $T=10$, $T=25$, $T=50$ en $T=100$, bepaald door de functie van een gebied



Figuur 7.9 Maaiveldcriterium, bepaald door de functie van een gebied

In Tabel 7.2 is een overzicht opgenomen van de geconstateerde knelpunten. Per knelpunt is aangegeven wat de verwachte oorzaak van het knelpunt is en wat een mogelijke oplossing hiervoor zou kunnen zijn.

Tabel 7.2 Knelpunten en mogelijke optimalisaties

Locatie	ID	Oorzaak inundatie	Mogelijke oplossing
Boezem Dirksland	07234DU	Duiker diameter 20 cm, lengte 22 m	Duiker verruimen
Peilgebied Polder Roxenisse en b.b.k. Melissant	08919DU	Duiker knelt (80 cm diameter), opstuwing	Duiker verruimen
Polder Dirksland & polder De Oude Plaat	P-G22.005	Peilstijging Smits is 75 cm bij T=25. Komt door water vanuit bemalingsgebied Koert	Peilstijging bemalingsgebied Koert aanpakken. Tussen Koert en Smits zit een duiker met afsluiter. Hier zit geen sturing op en sturing is ook niet wenselijk vanuit het waterschap.
Polder Dirksland (ged.) Z.	02007GM	Instroom vanuit Polder Dirksland & polder De Oude Plaat over inlaatstuw	Peilstijging bemalingsgebied Koert aanpakken. Maximale kruinhoogte in het model lijkt niet te kloppen.
Polder St. Elisabeth	H05588	Gemaal De Drie Polders heeft te lage capaciteit, krijg water in peilgebied niet weg	Stuw tussen twee peilgebieden op 0 mNAP zetten, zo wordt gestuurd op meer gelijke vulling
Peilgebied Oost-Kraaijer	P-G24.001	Instroom vanuit Polder Dirksland & polder De Oude Plaat	Peilstijging bemalingsgebied Koert aanpakken
Peilgebied Polder Het Oudeland & polder De Oude Stad	H31024	Waterstand in heel peilgebied T=25 ~0,10 m NAP. Grote aanvoer vanuit stedelijk gebied, waar grote vlakken volledig verhard zijn	Capaciteit gemaal verhogen naar daadwerkelijke capaciteit, noodpomp bij inlaat Van Pallandt toevoegen aan model
Duivenwaardseweg	10431DU	In beide stroomrichtingen knellen duikers in combinatie met een laag perceel	Peilscheiding verplaatsen
Pr. Margrietstraat Middelharnis	10423DU	Duiker knelt, water kan niet goed weggkomen	Duiker verruimen

7.5 Wateropgave

De wateropgave is het volume aan water dat per peilgebied geborgen moet worden om aan de normering te voldoen. In Tabel 7.3 staat de indicatieve wateropgave per peilgebied. De totale wateropgave bedraagt 1.206.000 m³. Om deze wateropgave onder de toetshoogtes in de polder te kunnen bergen is 155 ha extra open water nodig.

De voornaamste oorzaak van de wateropgave is peilstijging in bemalingsgebied Koert, veroorzaakt door snelle afvoer vanuit stedelijk gebied. Het stedelijk gebied in Middelharnis is grotendeels verhard, waardoor neerslag niet kan infiltreren en direct naar het riool of het open water stroomt. Als de instroom in de riolering de capaciteit overschrijdt, stort deze over met extra belasting van het open water als gevolg. Het waterbezwaar in Koert stroomt vervolgens naar bemalingsgebieden Smits en Oost-Kraaijer. Daarnaast is er een aantal hydraulische knelpunten, zie Tabel 7.2 voor toelichting en oplossingen voor de knelpunten.

Tabel 7.3 Indicatieve wateropgave, peilgebieden zonder wateropgave zijn weggelaten

CODE_PEIL	Indicatieve wateropgave (x 1000 m3)	Indicatieve wateropgave (ha)
P-G32.007	491	49
P-G22.005	170	16
P-G23.003	110	14
P-G23.004	69	29
P-G22.001	57	6
P-G22.003	53	5
P-G22.006	43	15
P-G24.001	39	4
P-G32.005	32	3
P-G31.003	31	3
P-G22.004	31	3
P-G32.006	30	3
P-G22.007	30	4
P-G23.002	10	1
P-G32.011	8	1
P-G23.001	2	0
P-G31.002	1	0
Totaal	1206	155

8 Resultaten maatregelen

De mogelijke oplossingen voor de knelpunten die in Tabel 7.2 zijn genoemd, zijn in fase 2 geïmplementeerd in het model, met uitzondering van het knelpunt bij de Duivenwaardseweg dat onderdeel zal vormen van fase 3. Met het model zijn opnieuw 323 historische buien doorgerekend. De resultaten van de statistische analyse zijn verwerkt tot inundatiebeelden. Het resultaat is de resterende wateropgave.

8.1 Inundaties

In Figuren 8.1 tot en met 8.4 zijn de inundaties voor alle herhalingstijden weergegeven. Door het doorvoeren van de maatregelen nemen de inundaties af in zowel omvang als diepte.



Figuur 8.1 Inundatie herhalingstijd zomerbuien T=10



Figuur 8.2 Inundatie herhalingsstijd T=10 (jaarrond)



Figuur 8.3 Inundatie herhalingsstijd T=25



Figuur 8.4 Inundatie herhalingsstijd T=50



Figuur 8.5 Inundatie herhalingsstijd T=100

8.2 Knelpunten en resterende wateropgave

Door het doorvoeren van de maatregelen neemt de wateropgave af tot 765.000 m³. Om deze wateropgave onder de toetshoogtes in de polder te kunnen bergen is 103 ha extra open water nodig. (Tabel 8.1).

Tabel 8.1 Indicatieve en resterende wateropgave; peilgebieden zonder wateropgave zijn weggelaten

CODE_PEIL	Indicatieve wateropgave (x 1000 m3)	Resterende wateropgave (x 1000 m3)	Indicatieve wateropgave (ha)	Resterende wateropgave (ha)	Reductie (%)
P-G32.007	491	301	49	30	39
P-G22.005	170	96	16	9	44
P-G23.003	110	95	14	12	14
P-G23.004	69	51	29	21	25
P-G22.001	57	34	6	3	40
P-G22.003	53	26	5	2	51
P-G22.006	43	32	15	11	25
P-G24.001	39	24	4	2	39
P-G32.005	32	13	3	1	60
P-G31.003	31	12	3	1	61
P-G22.004	31	26	3	3	15
P-G32.006	30	13	3	1	55
P-G22.007	30	26	4	3	12
P-G23.002	10	8	1	1	27
P-G32.011	8	5	1	0	35
P-G23.001	2	2	0	0	13
P-G31.002	1	0	0	0	100
Totaal	1206	765	155	103	34

Twee knelpunten zijn zelfs helemaal opgelost (Tabel 8.2): de knellende duikers bij de boezem van Dirksland en in Polder Roxenisse en b.b.k. Melissant.

Tabel 8.2 Knelpunten in resterende wateropgave

Locatie	ID	Knelpunt na eerste optimalisatie	Mogelijke oplossing
Boezem Dirksland	07234DU	Inundatie en opstuwing afgenomen. Inundatie blijft door overstort die verkeerd is aangesloten. Duiker zorgt in hydraulische toets niet meer voor opstuwing.	
Peilgebied Polder Roxenisse en b.b.k. Melissant	08919DU		
Polder Dirksland & polder De Oude Plaat	P-G22.005	Wateropgave is met 44% afgenomen	Stuwinstellingen Brede Gooi en Oude Dee aanpassen voor meer vulling in deze natuurgebieden
Polder Dirksland (ged.) Z.	02007GM	Wateropgave is met 40% afgenomen	
Polder St. Elisabeth	H05588	Wateropgave is met 14% afgenomen. Er loopt water vanuit De Drie Polders naar Smits via duiker 01958DU	
Peilgebied Oost-Kraaijer	P-G24.001	Wateropgave is met 39% afgenomen	
Peilgebied Polder Het Oudeland & polder De Oude Stad	H31024	Wateropgave is met 39% afgenomen	
Duivenwaardseweg	10431DU	In beide stroomrichtingen knellen duikers in combinatie met een laag perceel	Peilscheiding verplaatsen
Pr. Margrietstraat Middelharnis	10423DU	Wateropgave is met 35% afgenomen. Duiker geeft nog steeds opstuwing, mede door duiker verderop in watergang 01078DU	Waterstanden bij stuw vergelijken met maaiveldhoogte vergelijken. Mogelijk moet 01078DU ook vergroot worden -> check drooglegging Koert en Middelharnis

De resterende wateropgave per landgebruiksfunctie per peilgebied in is te vinden in Bijlage 4. In fase 3 worden de knelpunten verder uitgewerkt en doorgerekend om de resterende wateropgave verder aan te pakken.

9 Conclusie en vooruitblik

Het doel van dit onderzoek is om te komen tot een set aan maatregelen om het watersysteem van deelgebied Flakkee-West te kunnen laten voldoen aan de NBW-normering voor wateroverlast onder klimaatscenario 2050. Om de watersysteemtoets uit te voeren is voor het gebied een gekoppeld SOBEK-RR/CF-model gebouwd, gekalibreerd en gevalideerd.

Uit de hydraulische toetsing met een maatgevende afvoer van 17 mm/dag (2 l/s/ha) blijkt dat veel duikers in het gebied niet voldoen aan de opstuwingseisen. Dit leidt vaak echter niet direct tot wateroverlast vanwege de relatief grote drooglegging in het gebied.

Uit de NBW-toetsing blijkt dat de totale wateropgave 1.206.000 m³ (155 ha) bedraagt. Het grootste deel van de opgave ligt in akkerbouwgebied en dan met name in bemalingsgebied Koert. Door de hoge waterstand in dit bemalingsgebied stroomt water naar bemalingsgebieden Smits en Oost-Kraaijer, waardoor in die bemalingsgebieden ook inundatie ontstaat. Ook in bemalingsgebied De Drie Polders ligt een wateropgave, omdat de capaciteit van het gemaal beperkt is: 11,7 mm/dag. De wateropgave in stedelijk gebied is relatief klein. In Sommelsdijk ligt een knelpunt ter hoogte van de Olympiaweg, dat mogelijk opgelost kan worden via een meekoppelkans door de aanleg van een rotonde. Daarnaast is ter hoogte van de Pr. Margrietstraat in Middelharnis een knelpunt door meerdere duikers in de watergang.

Na het berekenen van de indicatieve wateropgave is een aantal 'quick wins' doorgevoerd in het model. Zo is van een aantal duikers de diameter vergroot, waardoor ze minder opstuwing geven. Daarnaast is de instelling van de stuw aan de Peuterdijk (De Drie Polders) aangepast van 'afwentelen' naar 'vasthouden' om te sturen op meer gelijke vulling tussen peilgebieden.

Na doorvoering van de 'quick wins' neemt de wateropgave af tot 765.000 m³ (103 ha).

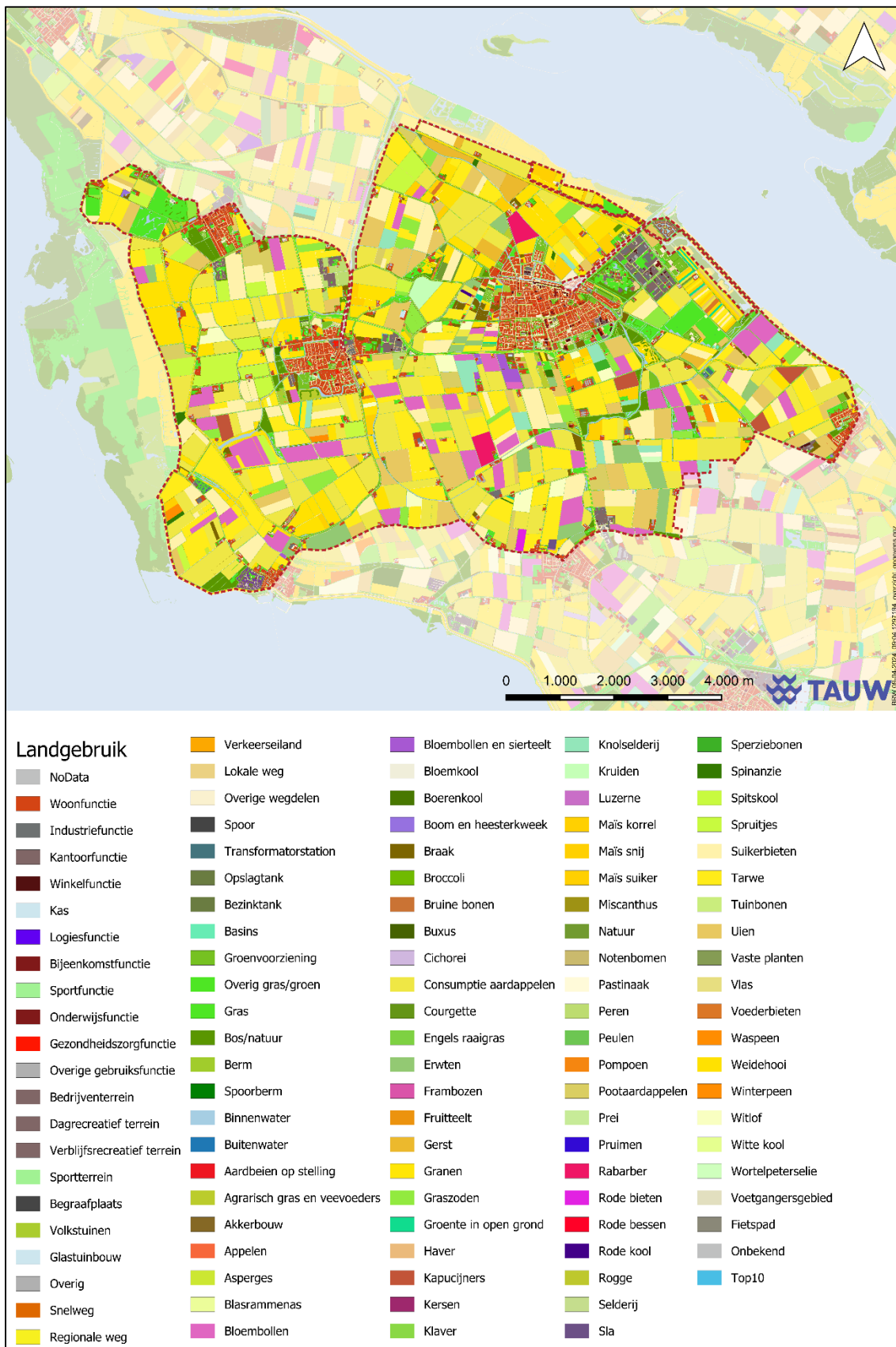
In de vervolgfase van de watersysteemtoets, fase 3, zal WSHD de resterende knelpunten verder uitwerken. Hierbij kan worden gedacht aan het beter vasthouden van water in stedelijk gebied, het vergroten van de bergingscapaciteit of het verbeteren van de afvoer rond de Pr. Margrietstraat in Middelharnis.

Bijlage 1 Input CatchmentBuilder

Drainageweerstand en -diepte

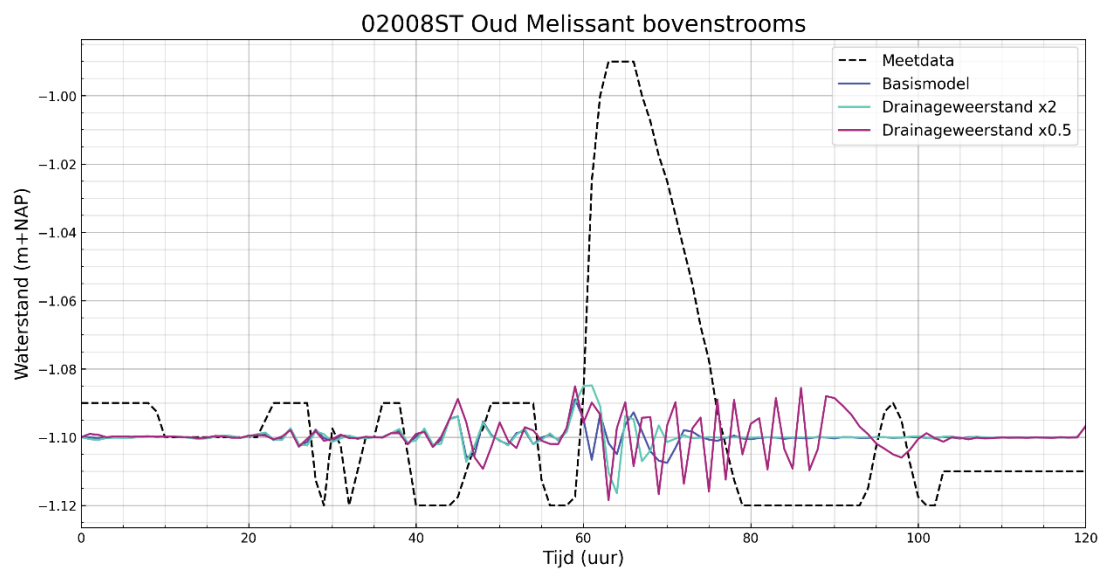
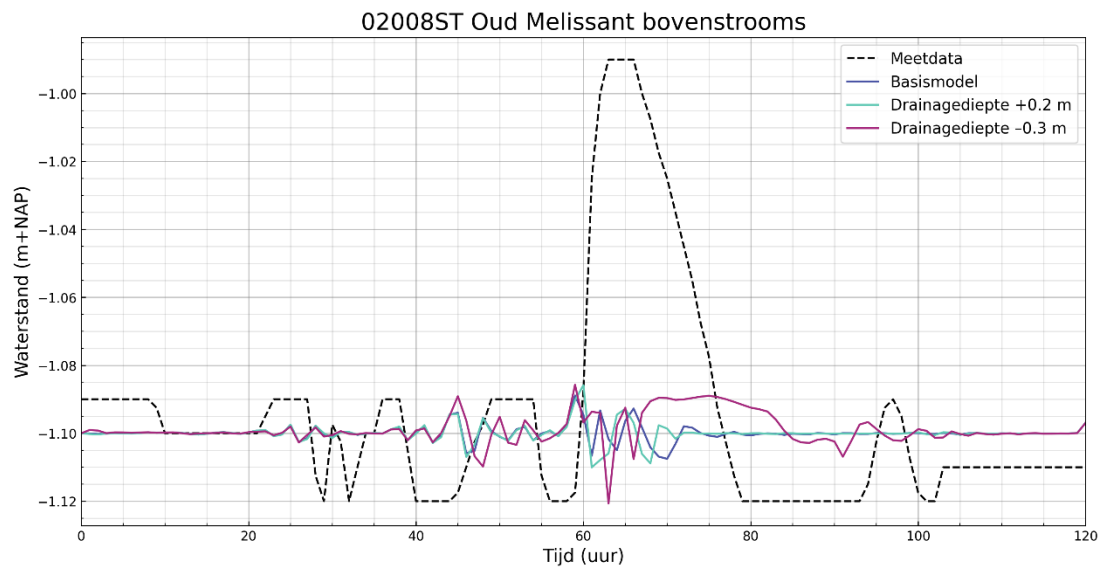
Bodem- klasse	Land-gebruik-klasse	W1	W2	W3	W4	D1	D2	D3	Surface runoff	Horizontal flow	Storage	Infiltration
zand	grasland	0	5	71	300	0	0,2	0,8	0,1	300	10	99
zand	ongedraineerd	0	5	100	300	0	0,2	1,2	0,1	300	10	99
zand	akkerbouw_tuinbouw	0	5	71	300	0	0,2	1	0,1	300	10	99
zand	stedelijk	0	5	100	300	0	0,2	1,2	0,1	300	10	99
zand	glastuinbouw	0	5	100	300	0	0,2	1,2	0,1	300	10	99
klei	grasland	0	5	71	300	0	0,2	0,8	0,1	300	10	99
klei	ongedraineerd	0	5	200	300	0	0,2	1,5	0,1	300	10	99
klei	akkerbouw_tuinbouw	0	5	86	300	0	0,2	1,1	0,1	300	10	99
klei	stedelijk	0	5	100	300	0	0,2	1,2	0,1	300	10	99
klei	glastuinbouw	0	5	100	300	0	0,2	1,2	0,1	300	10	99
veen	grasland	0	5	71	300	0	0,2	0,8	0,1	300	10	99
veen	ongedraineerd	0	5	100	300	0	0,2	0,8	0,1	300	10	99
veen	akkerbouw_tuinbouw	0	5	64	300	0	0,2	0,95	0,1	300	10	99
veen	stedelijk	0	5	100	300	0	0,2	1,2	0,1	300	10	99
veen	glastuinbouw	0	5	100	300	0	0,2	1,2	0,1	300	10	99

Landgebruikskaat

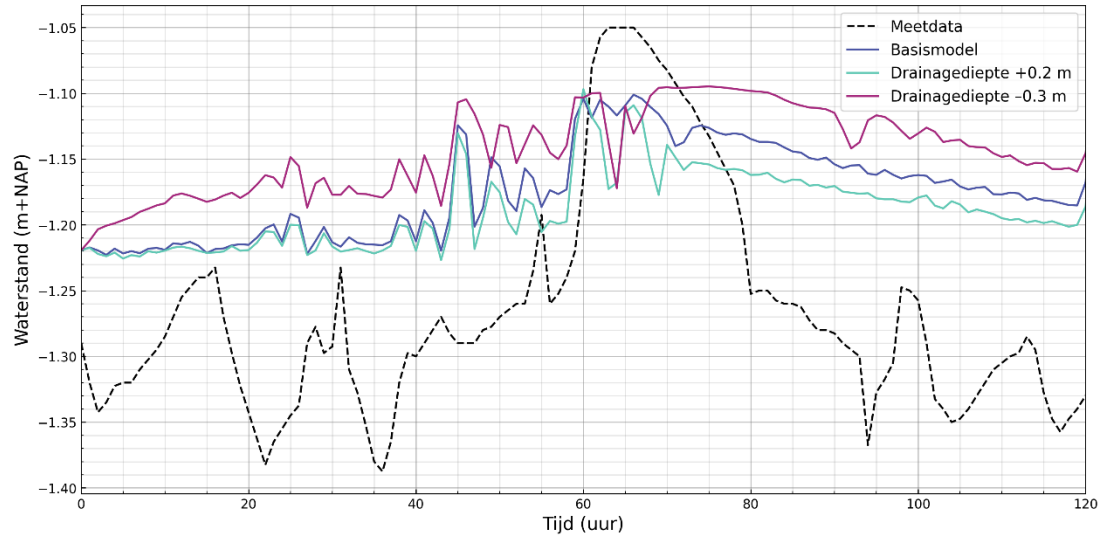


Bijlage 2**Gevoeligheidsanalyse**

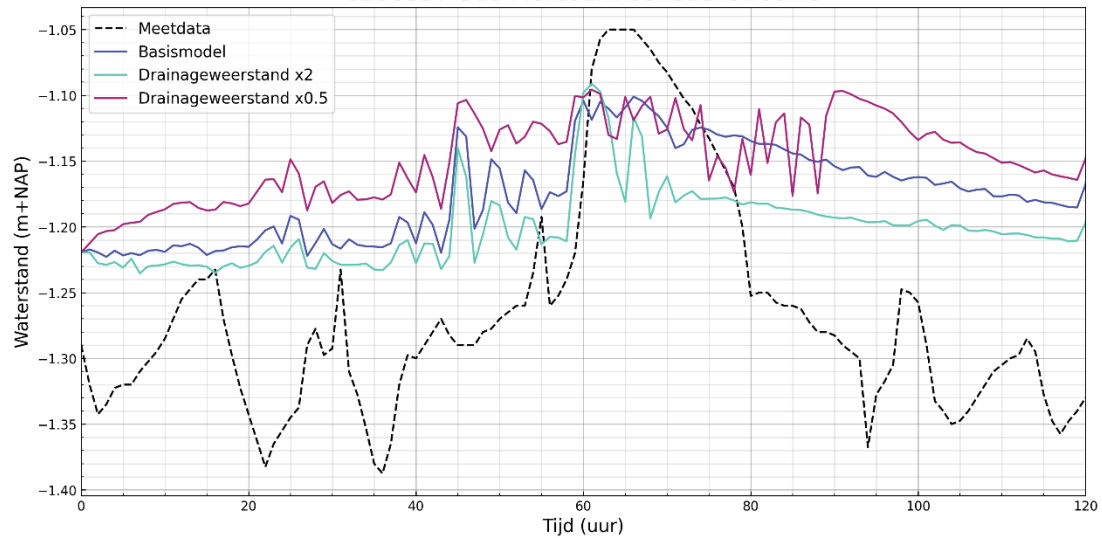
Bijlage 2a Parameters



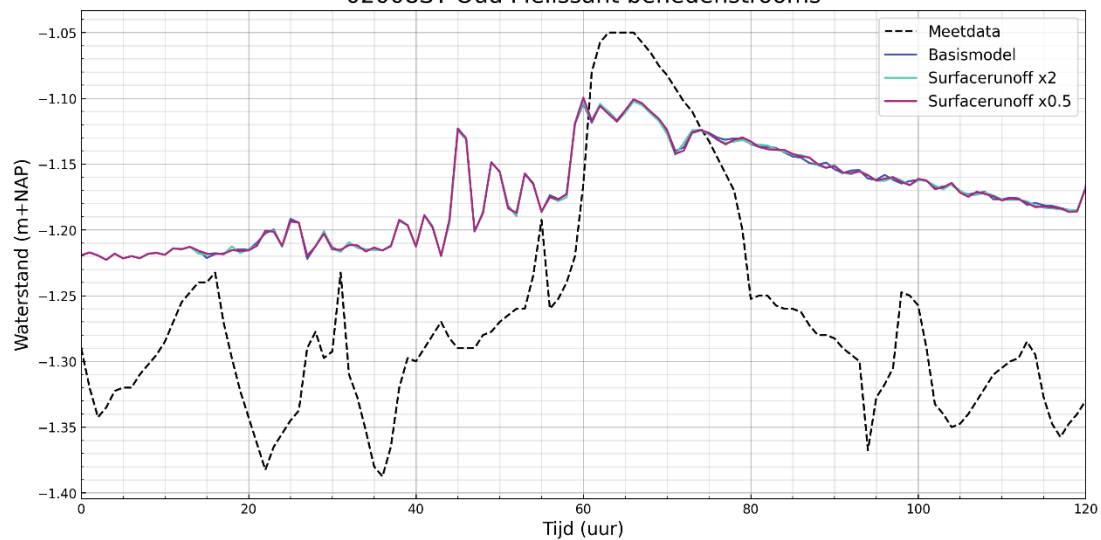
02008ST Oud Melissant benedenstrooms



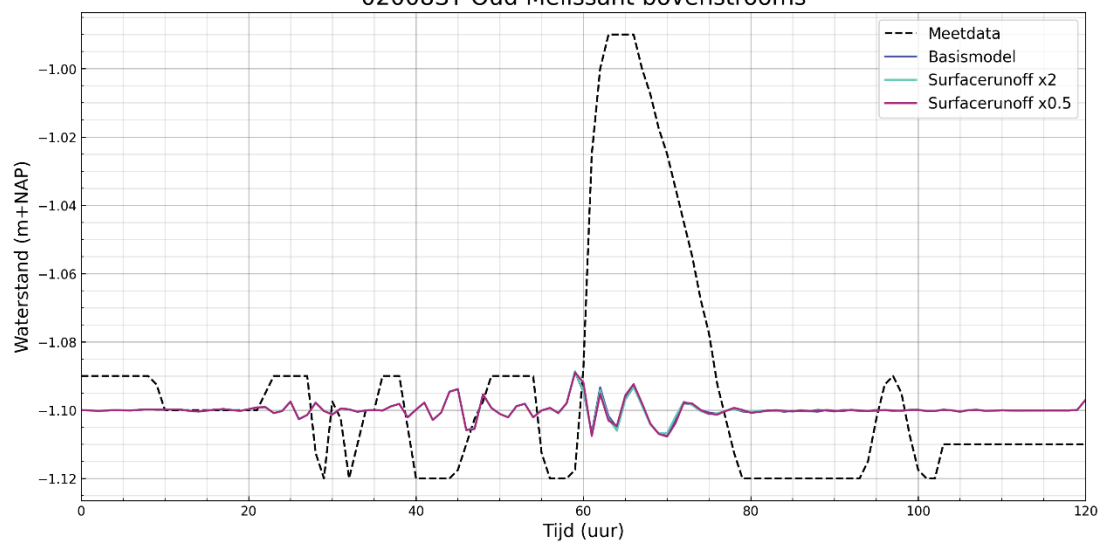
02008ST Oud Melissant benedenstrooms



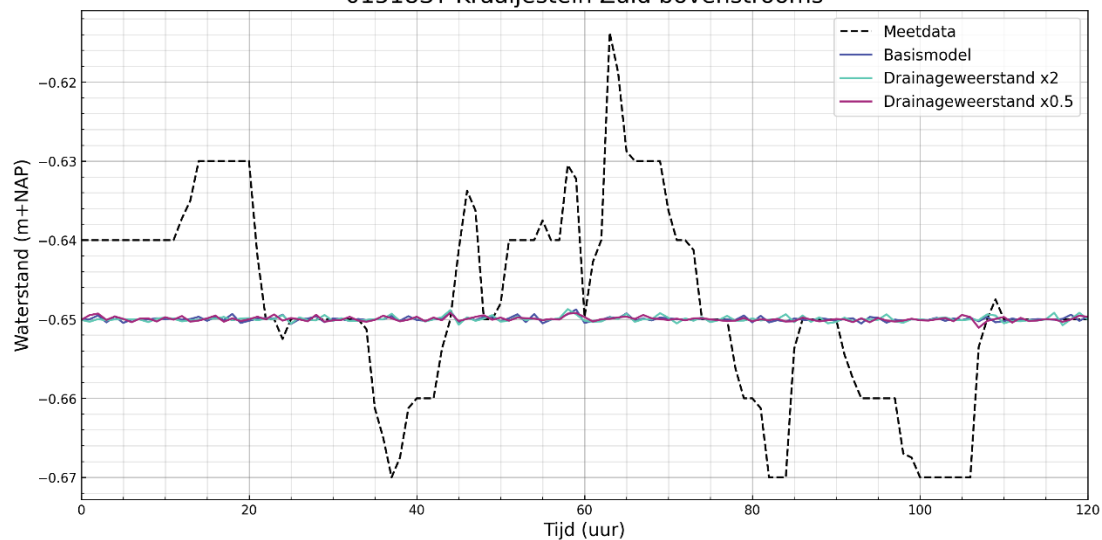
02008ST Oud Melissant benedenstrooms



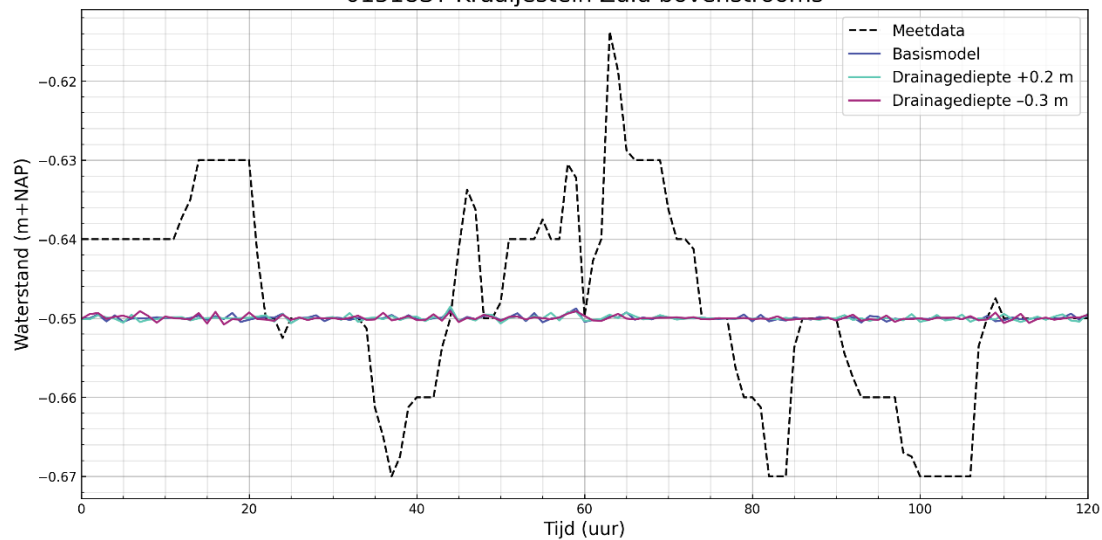
02008ST Oud Melissant bovenstrooms



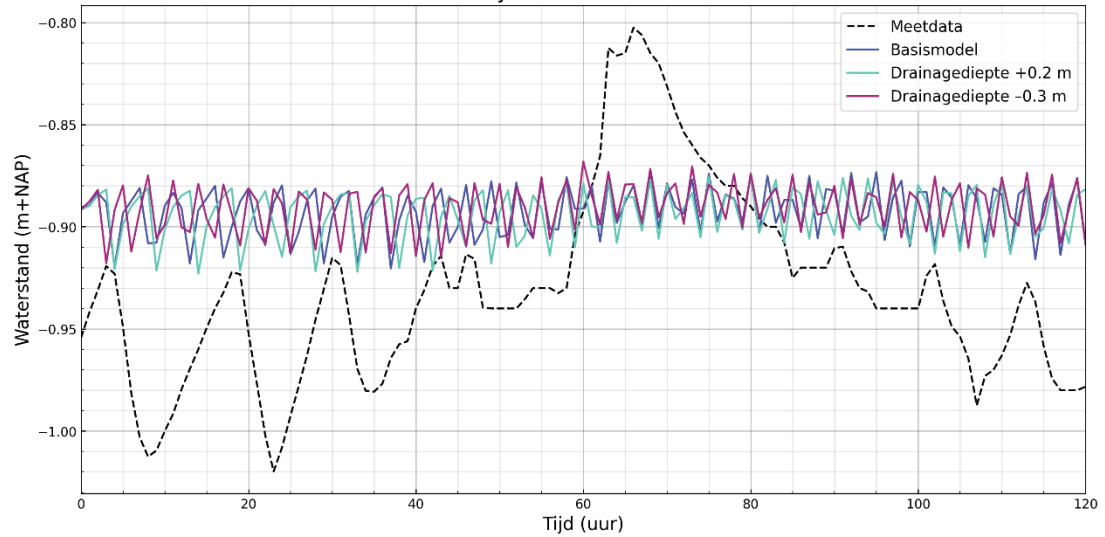
01518ST Kraaijestein Zuid bovenstrooms



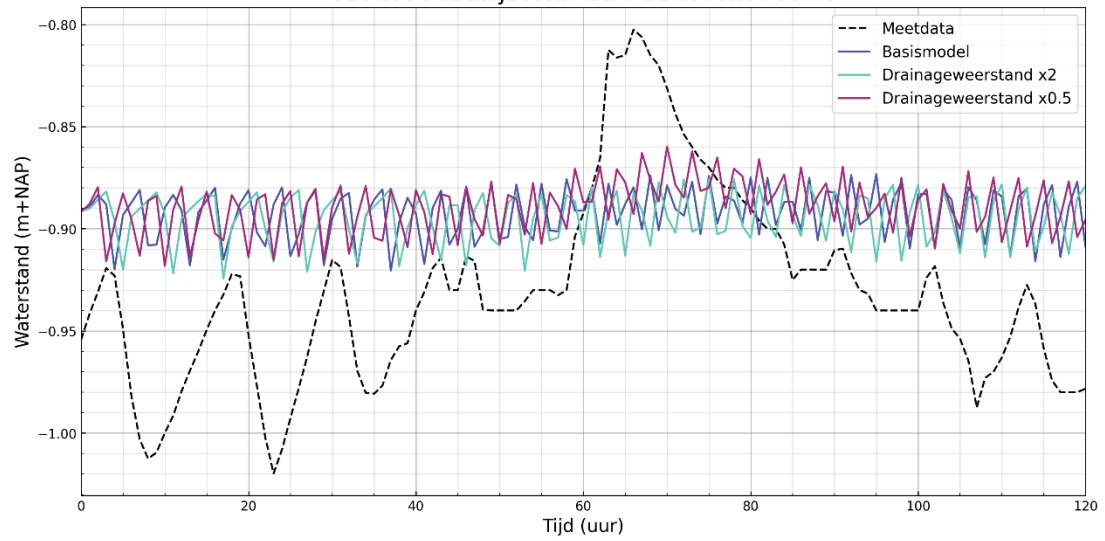
01518ST Kraaijestein Zuid bovenstrooms



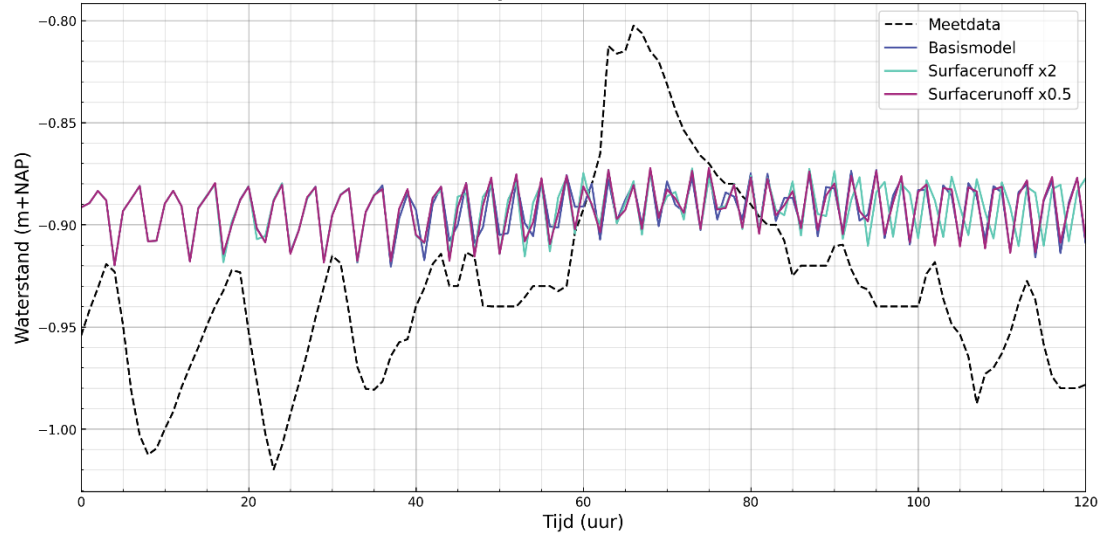
01518ST Kraaijestein Zuid benedenstrooms



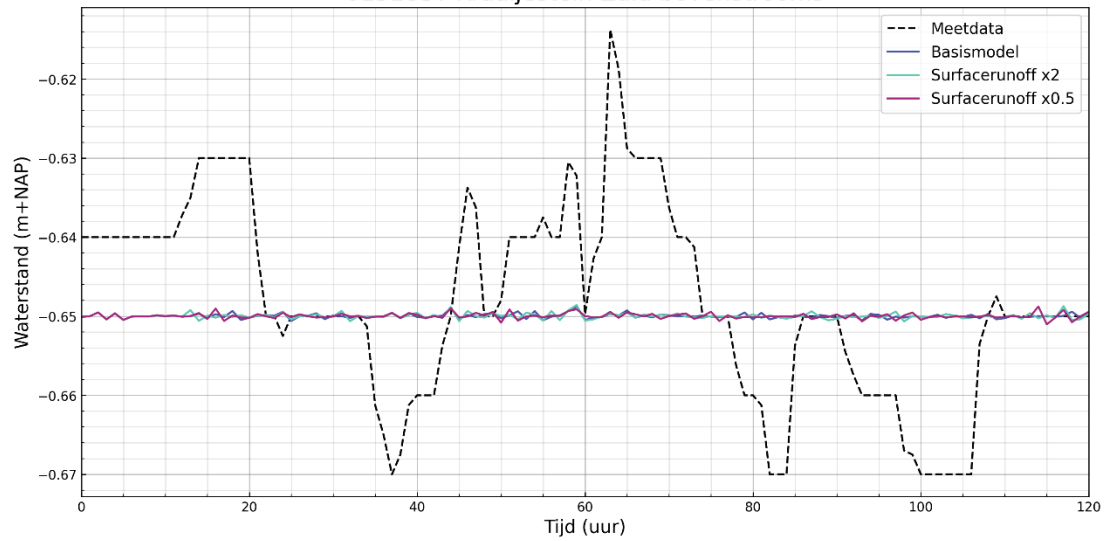
01518ST Kraaijestein Zuid benedenstrooms



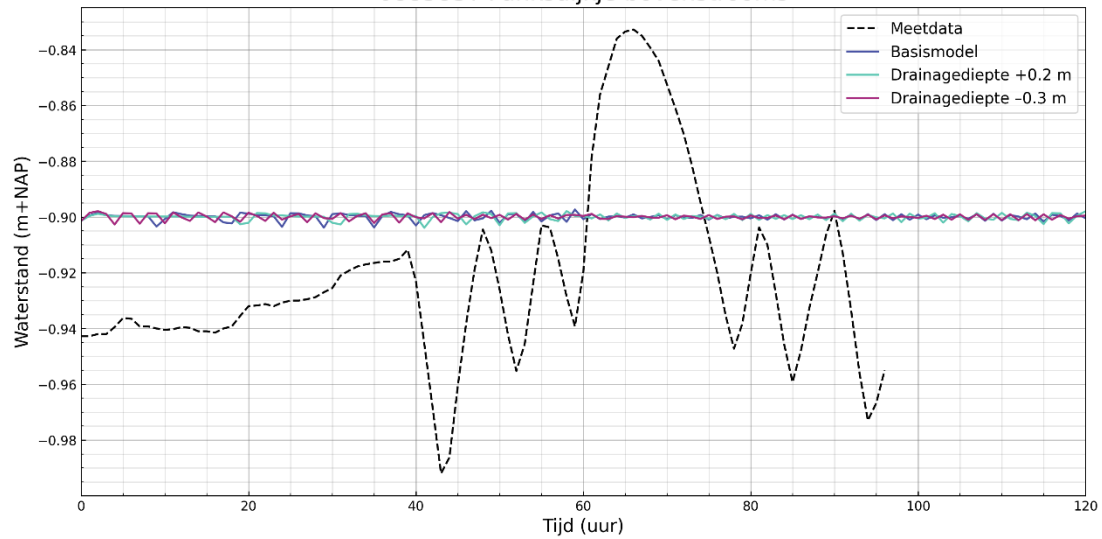
01518ST Kraaijestein Zuid benedenstrooms



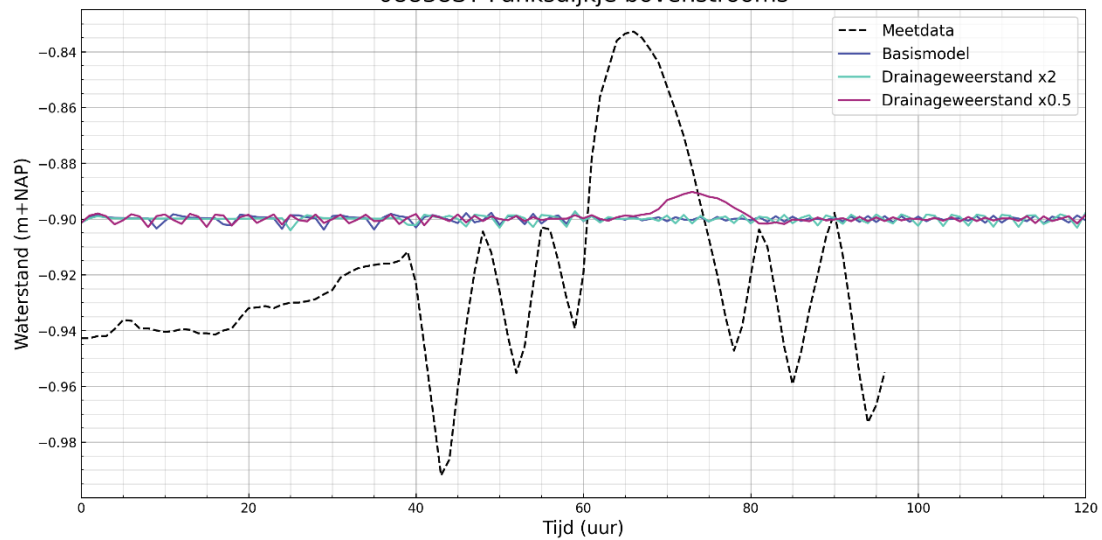
01518ST Kraaijestein Zuid bovenstrooms



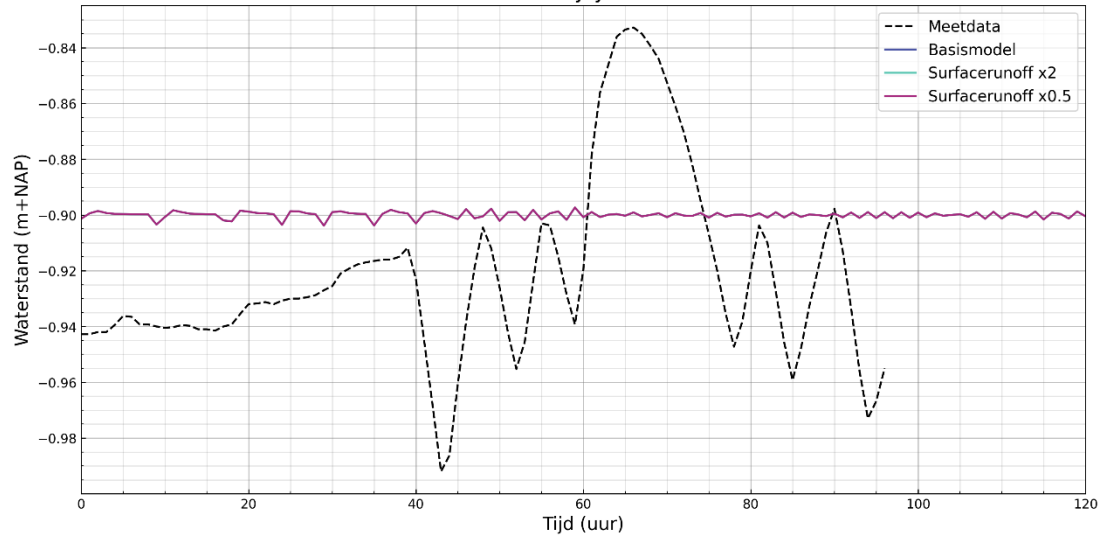
08838ST Panksdijkje bovenstrooms



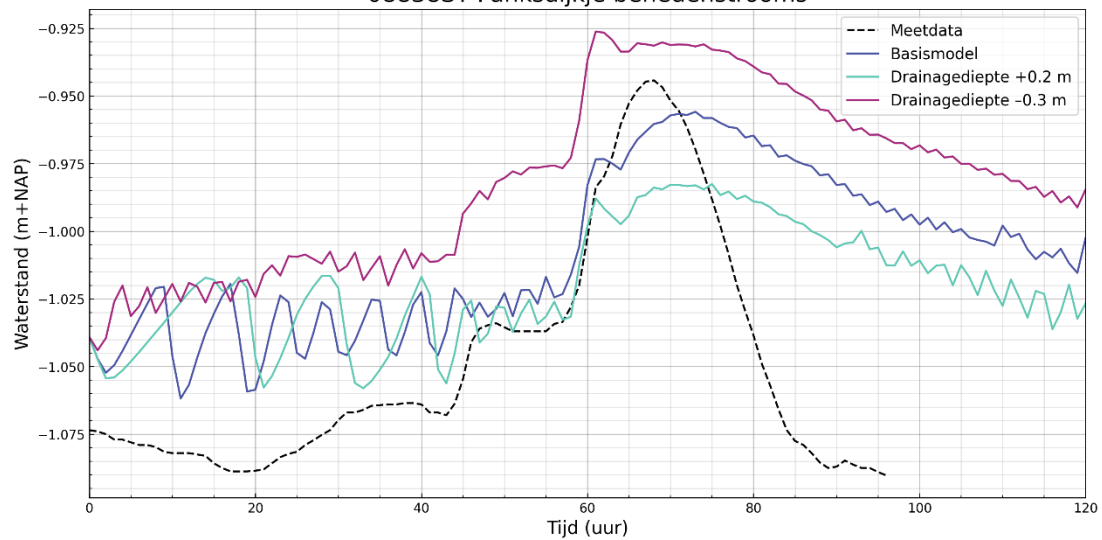
08838ST Panksdijkje bovenstrooms



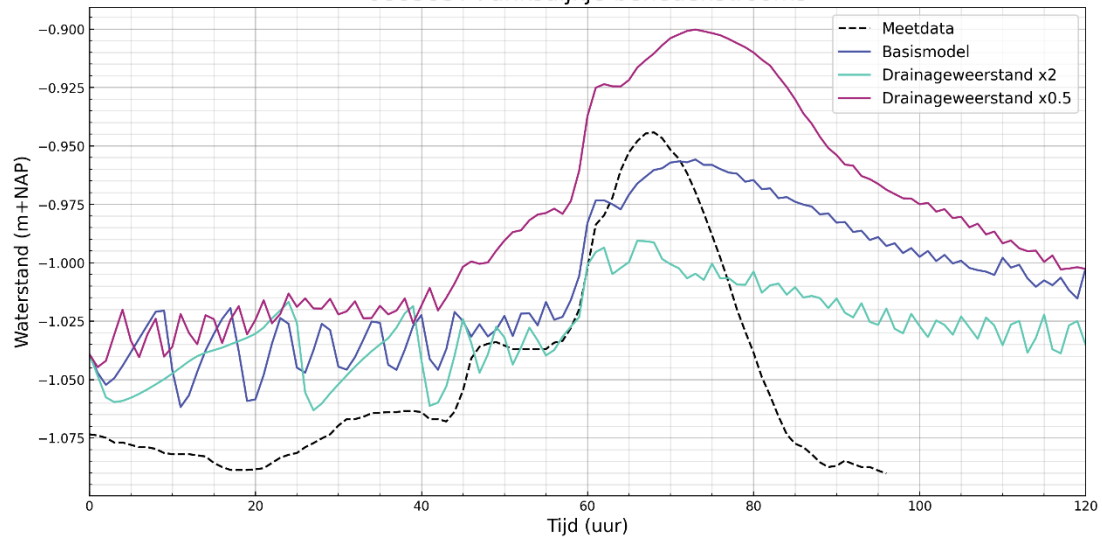
08838ST Panksdijkje bovenstrooms



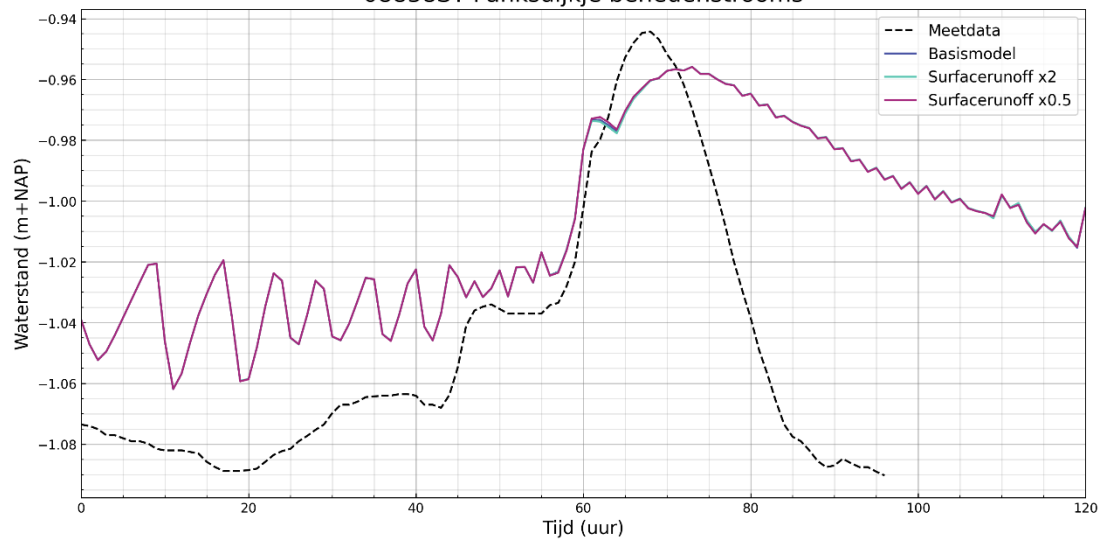
08838ST Panksdijkje benedenstrooms



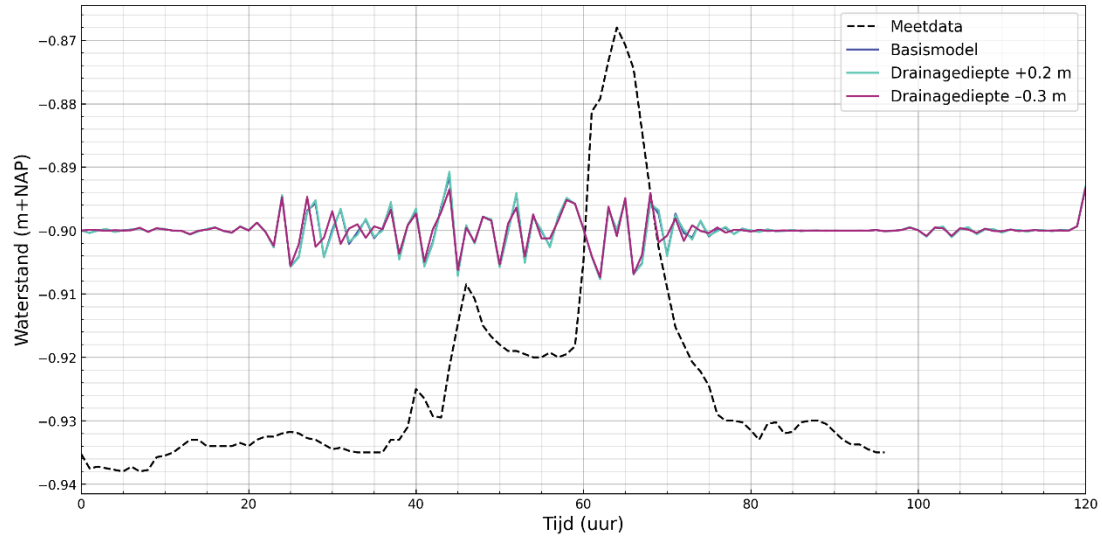
08838ST Panksdijkje benedenstrooms



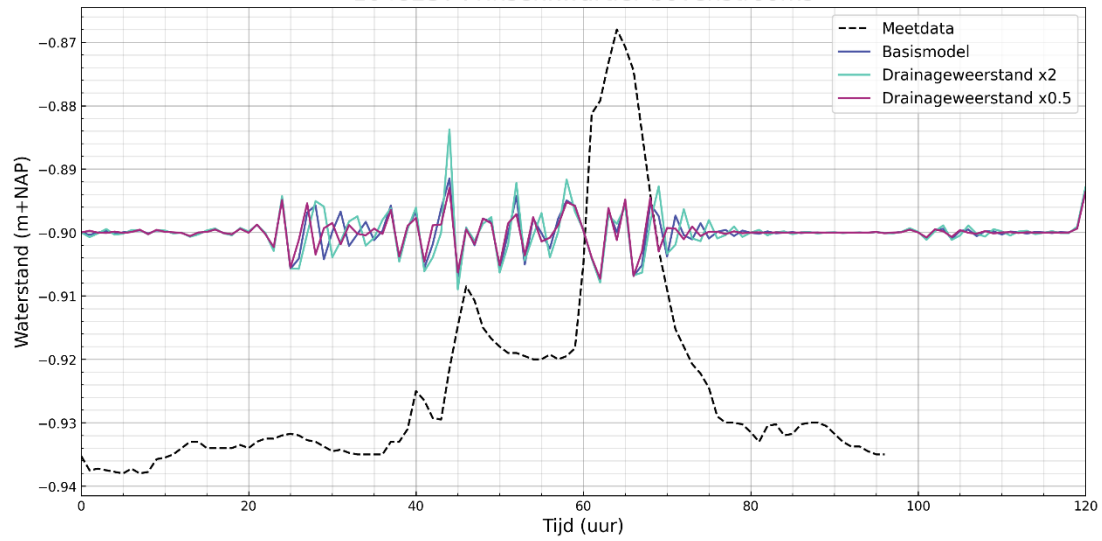
08838ST Panksdijkje benedenstrooms



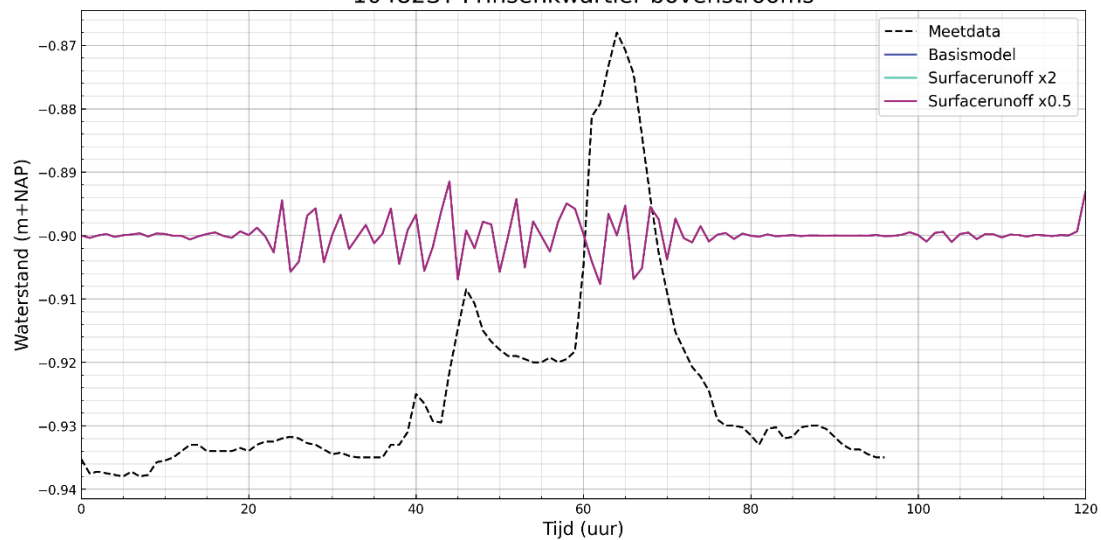
10482ST Prinsenkwartier bovenstrooms



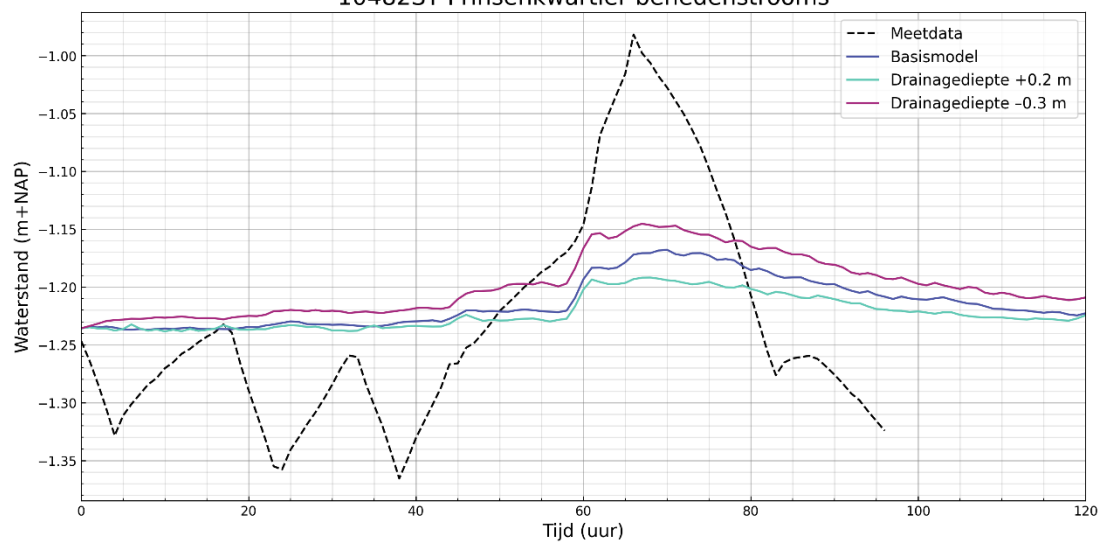
10482ST Prinsenkwartier bovenstrooms



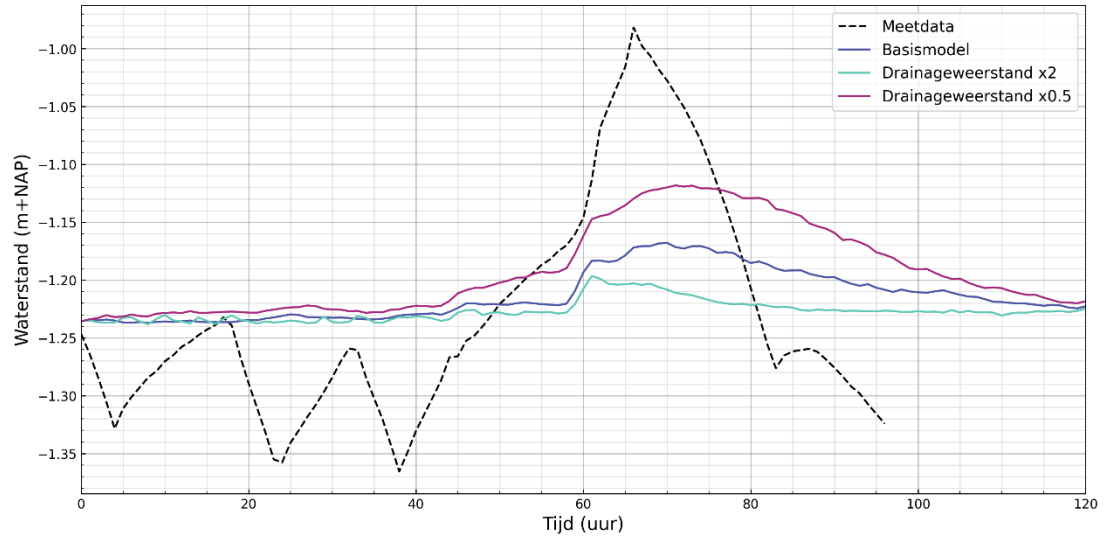
10482ST Prinsenkwartier bovenstrooms



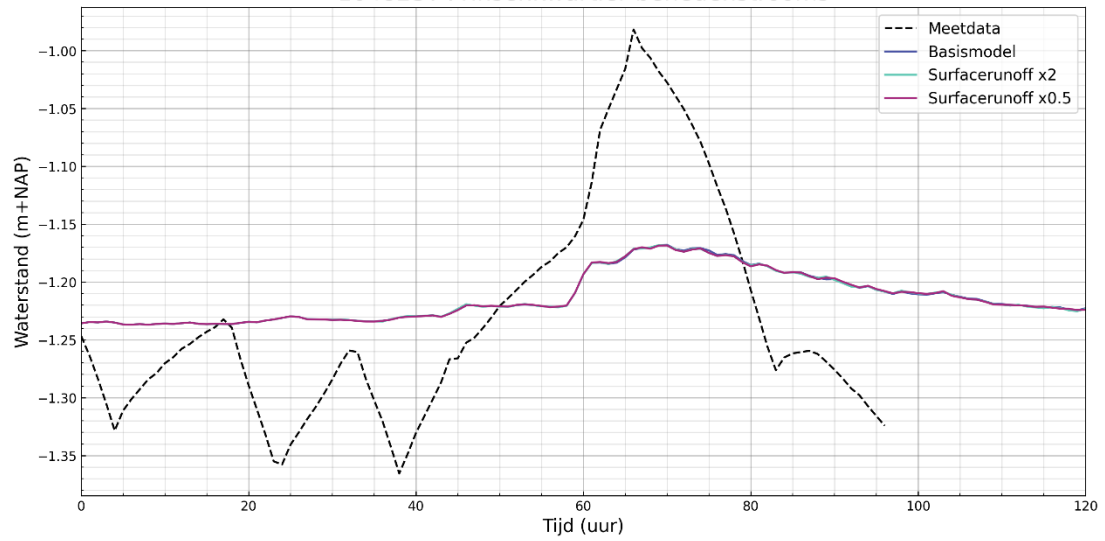
10482ST Prinsenkwartier benedenstrooms



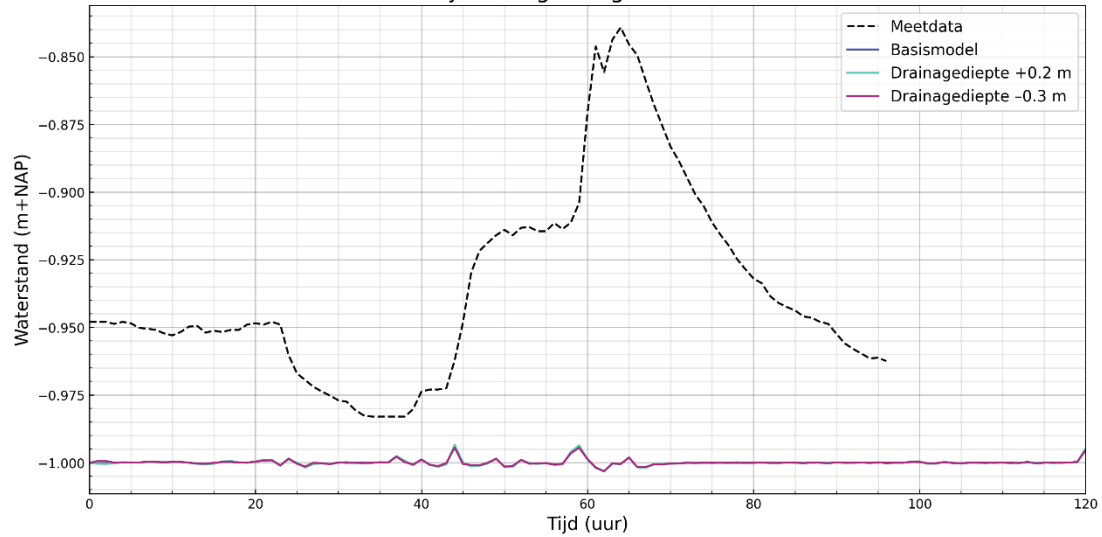
10482ST Prinsenkwartier benedenstrooms



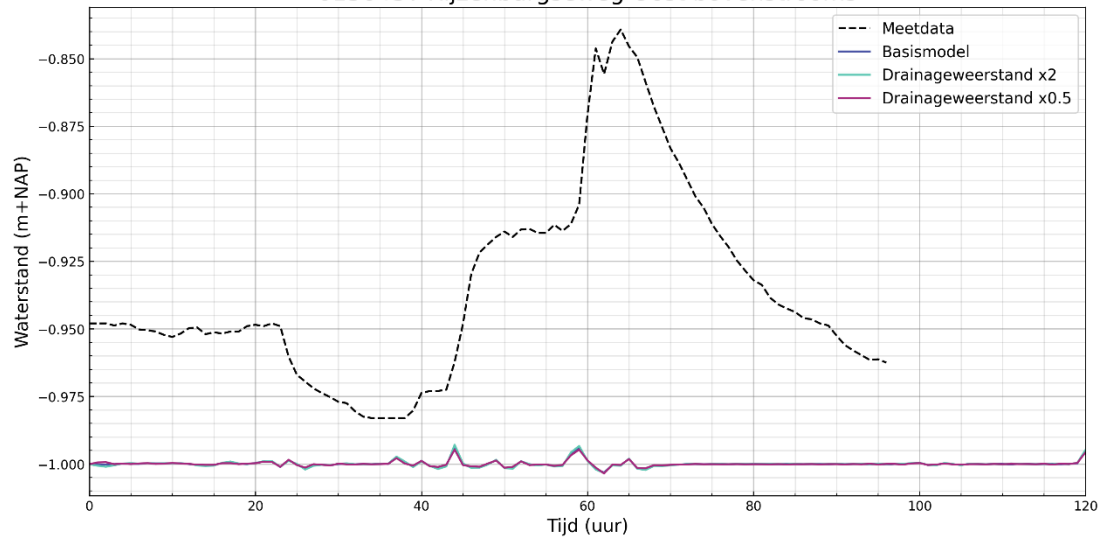
10482ST Prinsenkwartier benedenstrooms



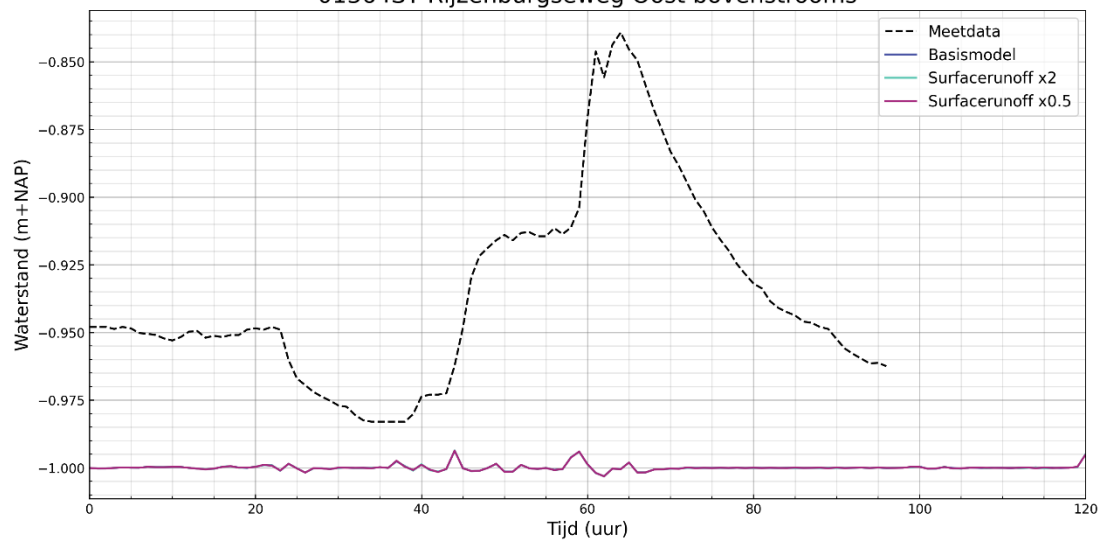
01364ST Rijzenburgseweg Oost bovenstrooms



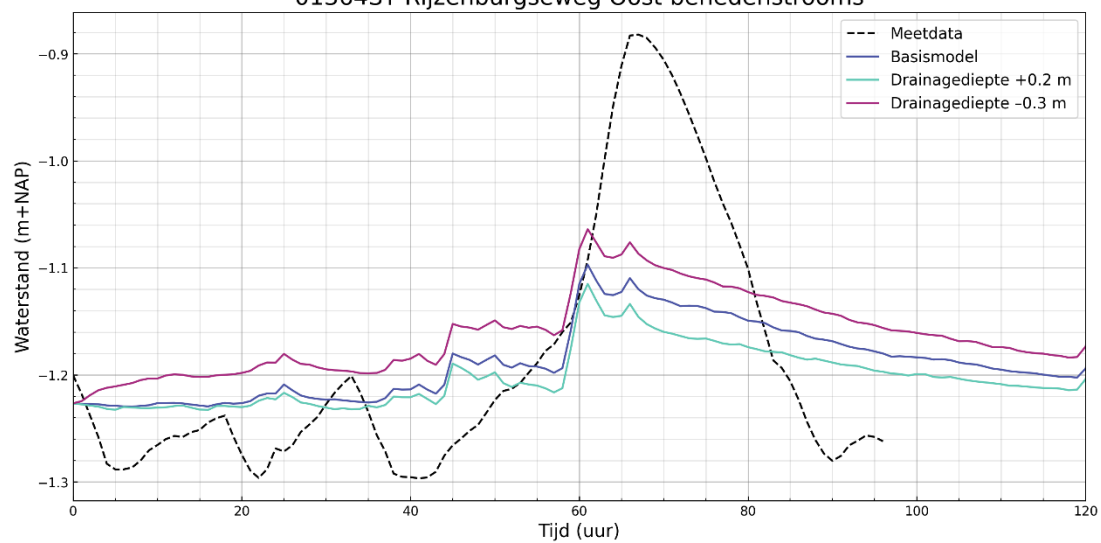
01364ST Rijzenburgseweg Oost bovenstrooms



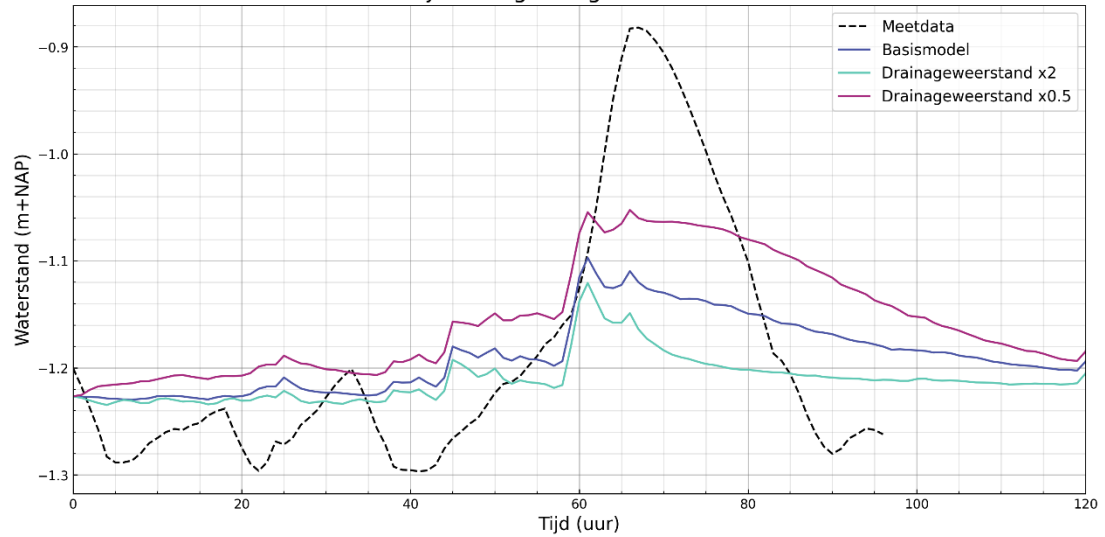
01364ST Rijzenburgseweg Oost bovenstrooms



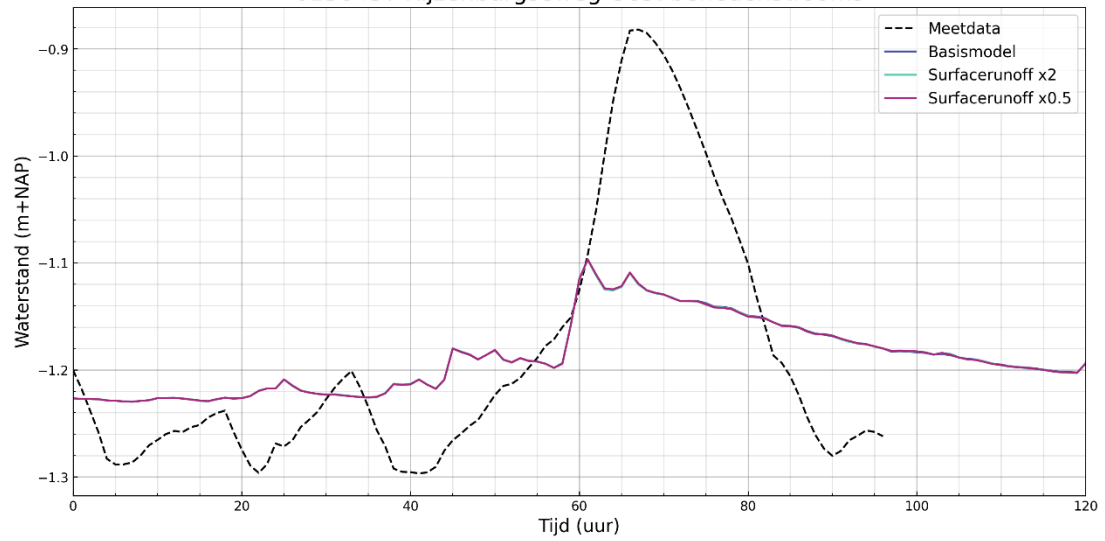
01364ST Rijzenburgseweg Oost benedenstrooms



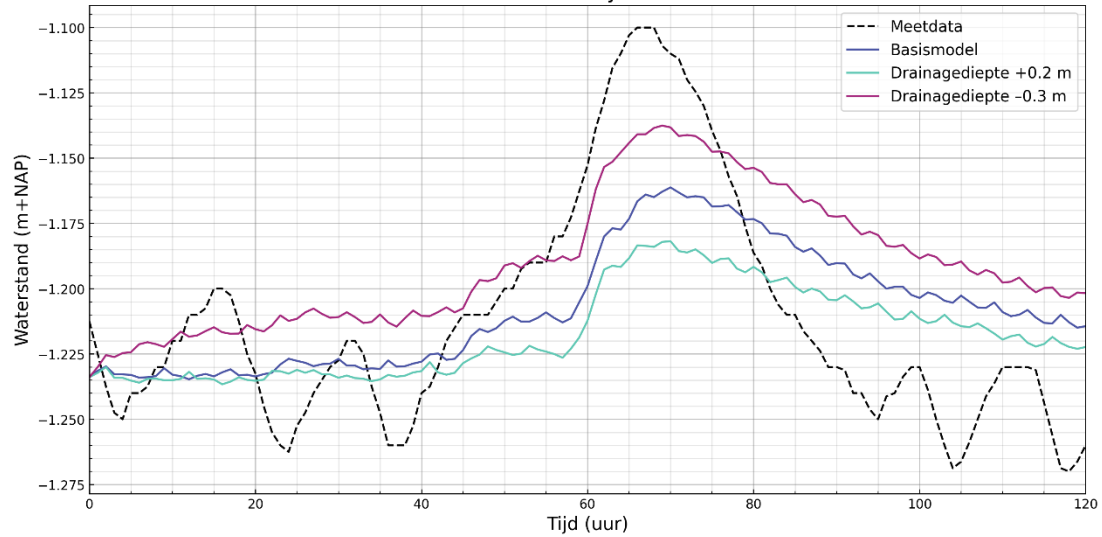
01364ST Rijzenburgseweg Oost benedenstrooms



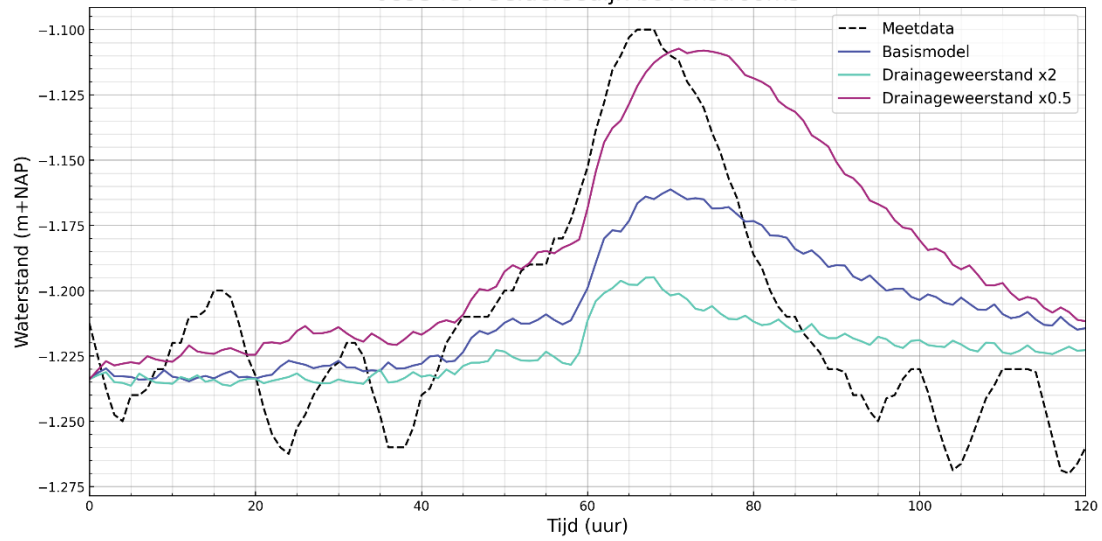
01364ST Rijzenburgseweg Oost benedenstrooms



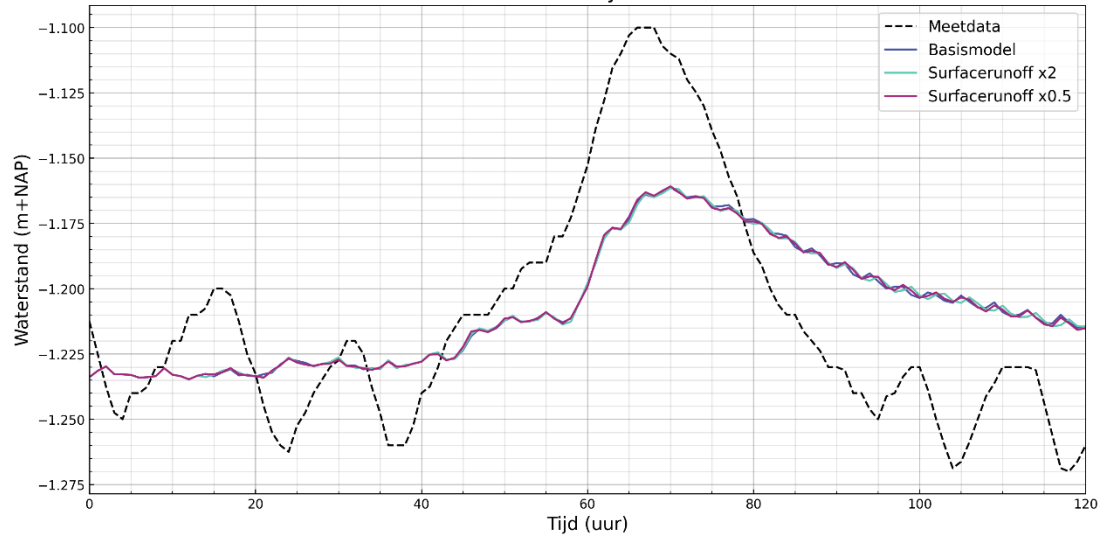
08934ST Geldersedijk bovenstrooms



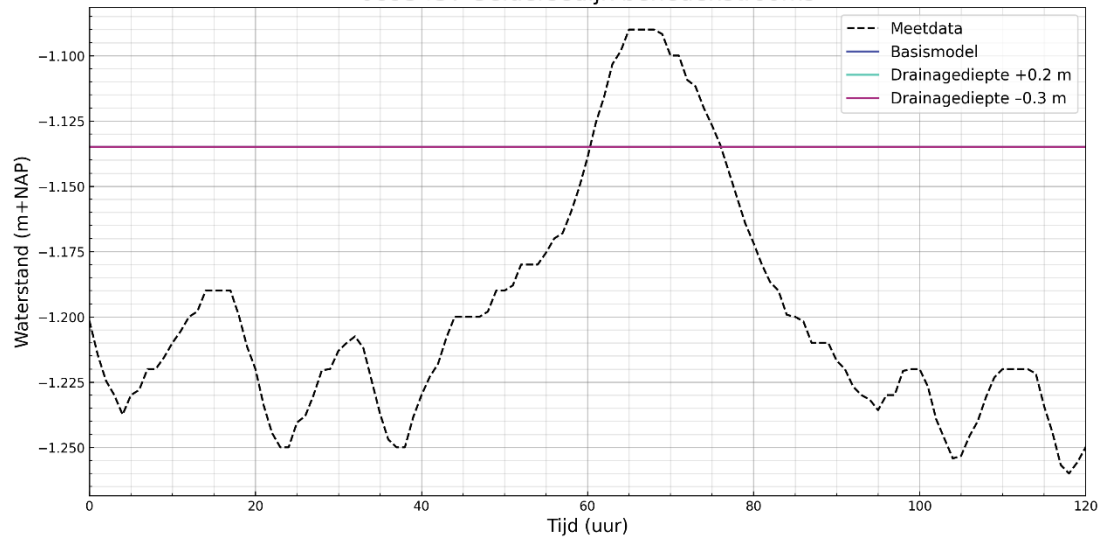
08934ST Geldersedijk bovenstrooms



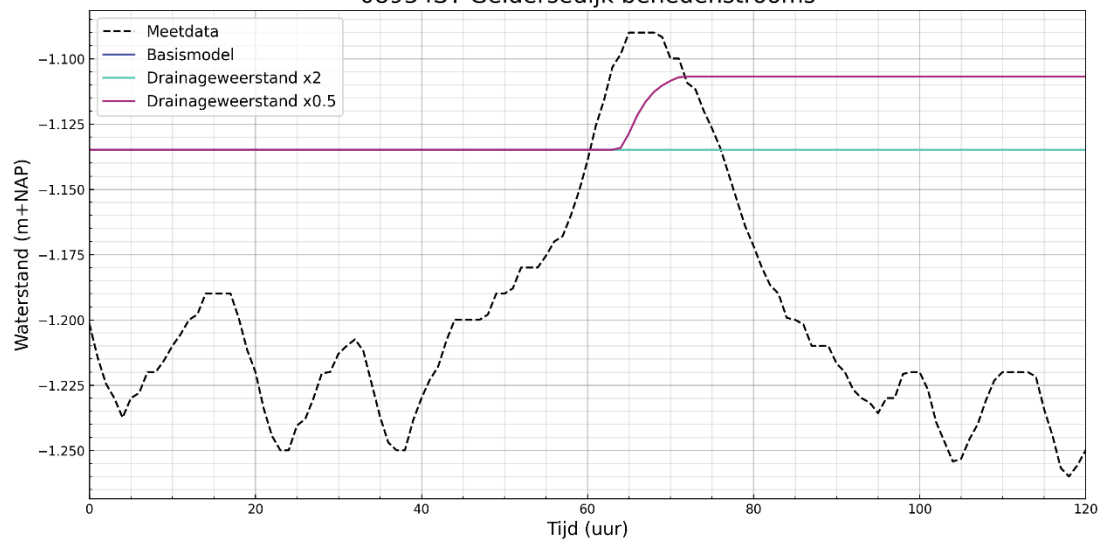
08934ST Geldersedijk bovenstrooms



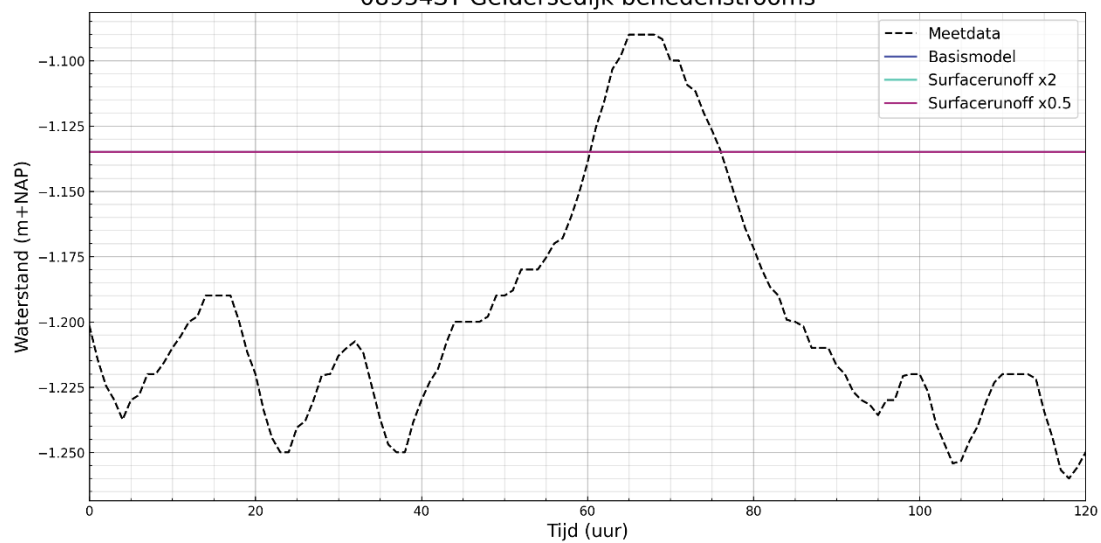
08934ST Geldersedijk benedenstrooms



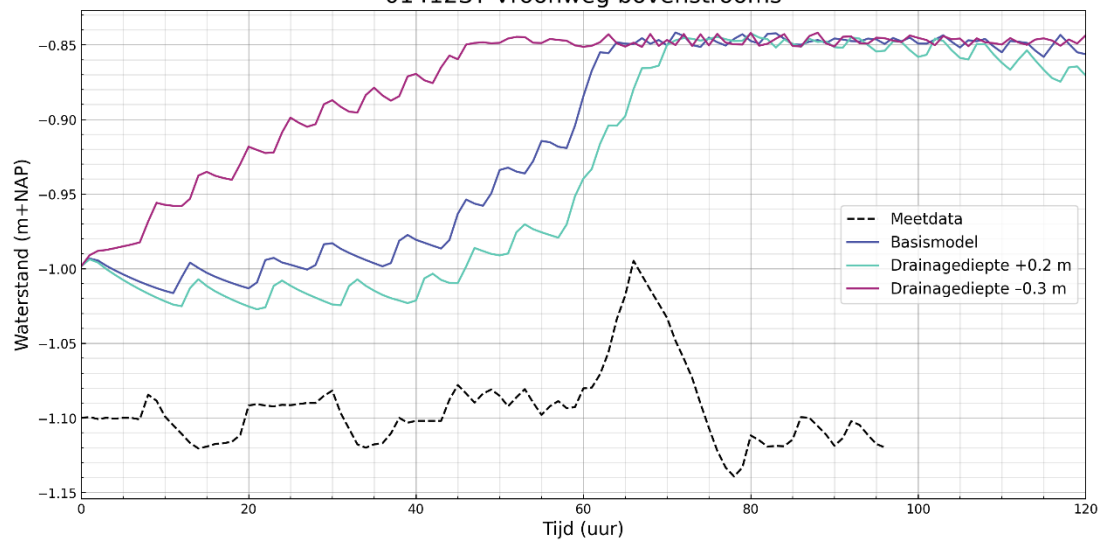
08934ST Geldersedijk benedenstrooms



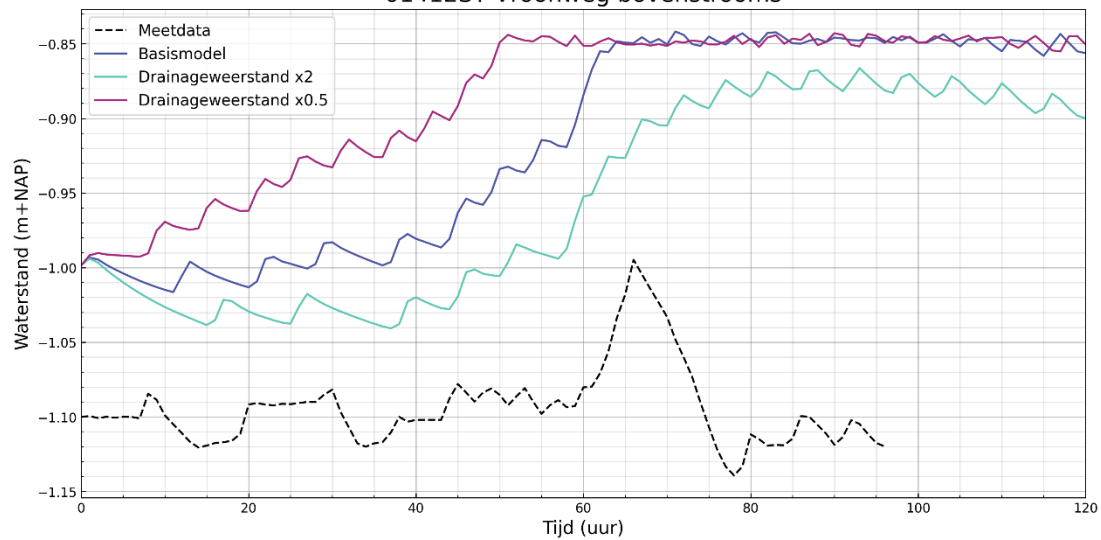
08934ST Geldersedijk benedenstrooms



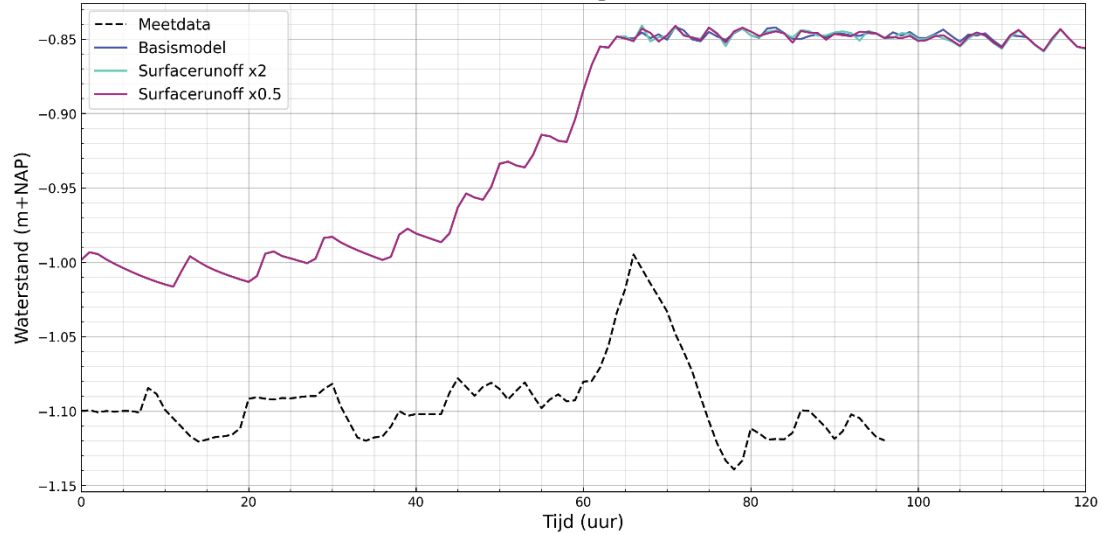
01412ST Vroonweg bovenstrooms



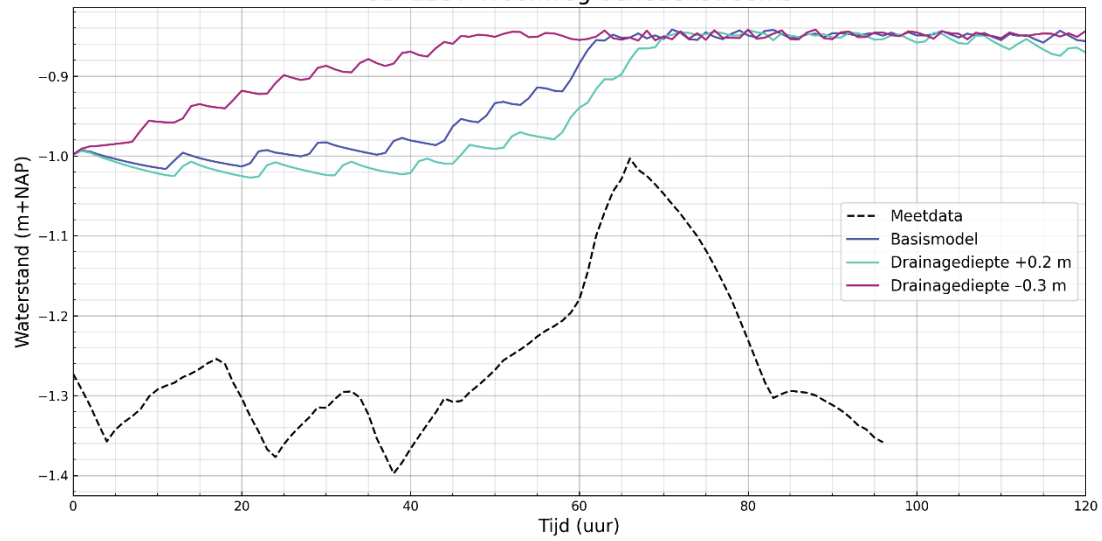
01412ST Vroonweg bovenstrooms

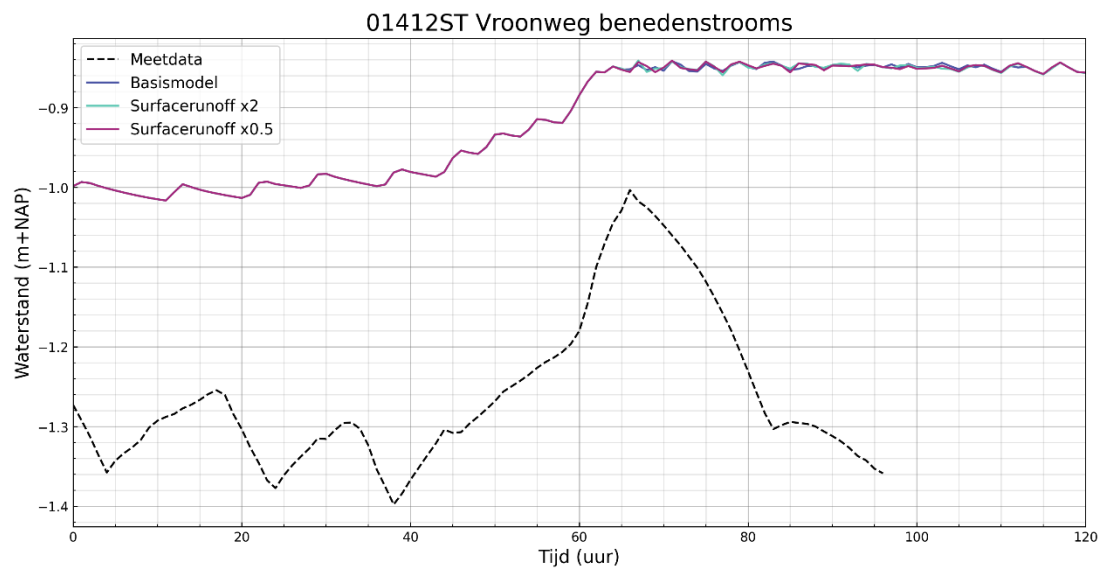
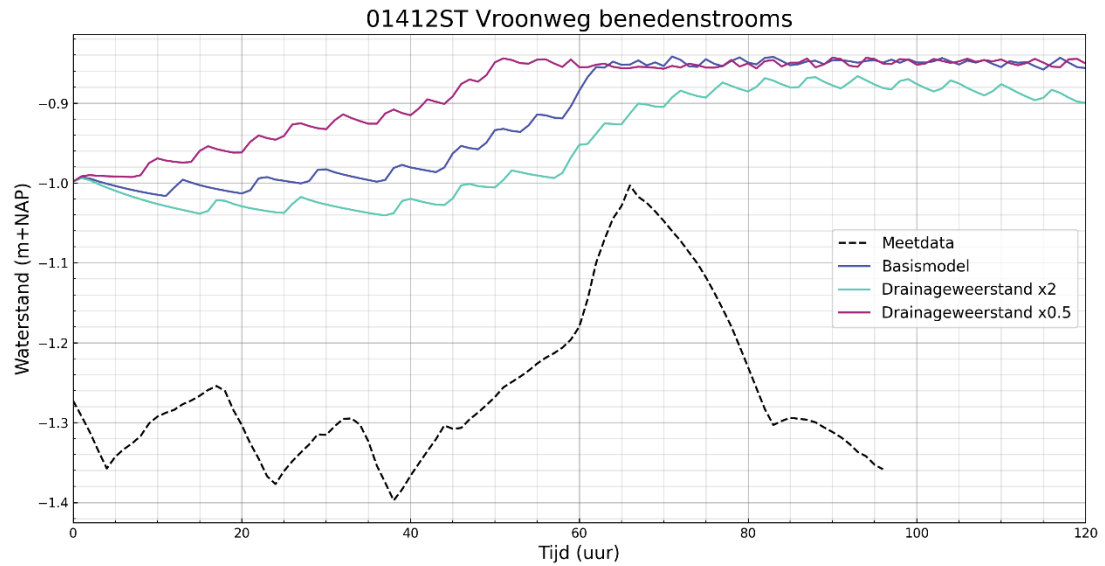


01412ST Vroonweg bovenstrooms

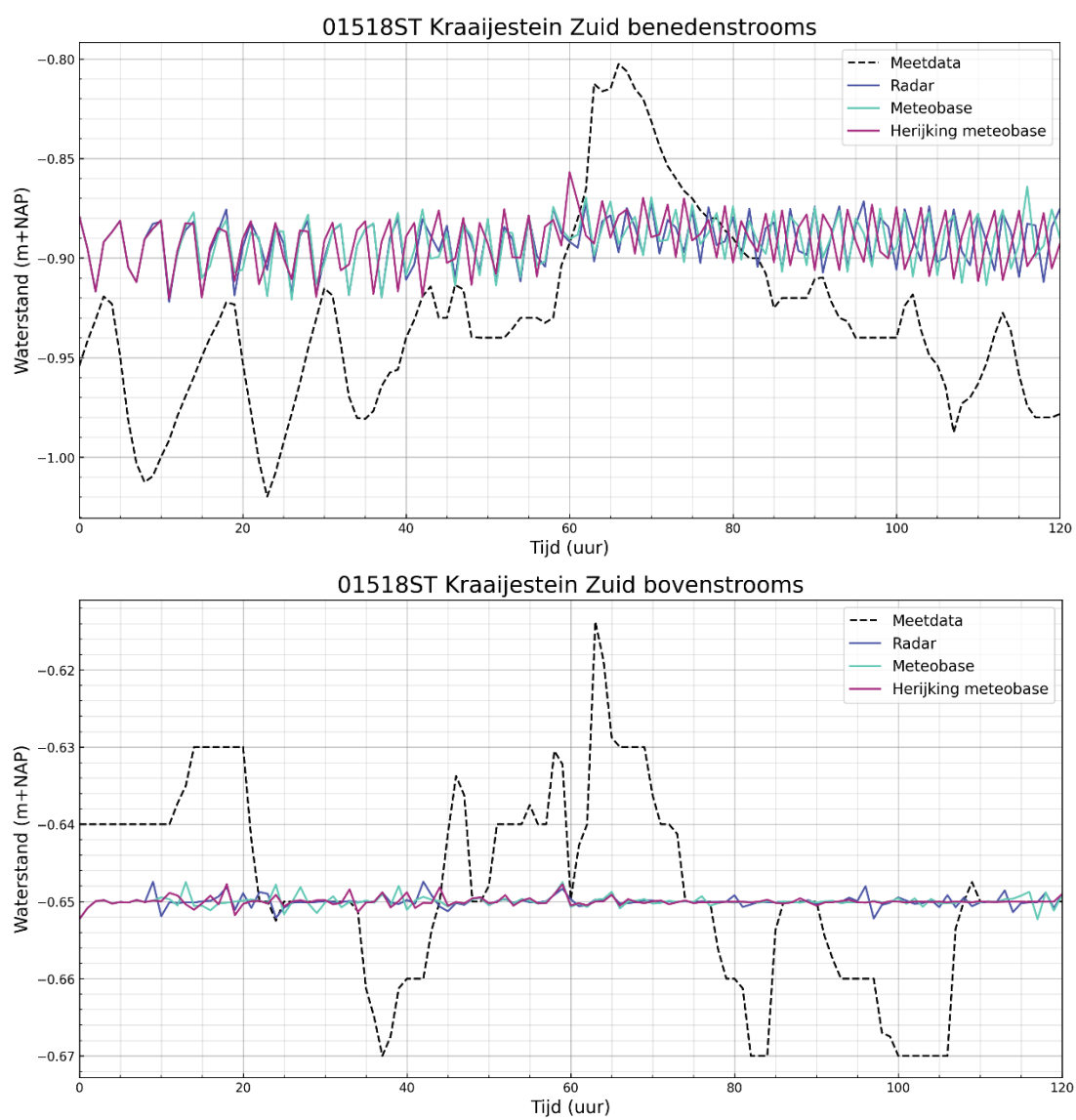


01412ST Vroonweg benedenstrooms

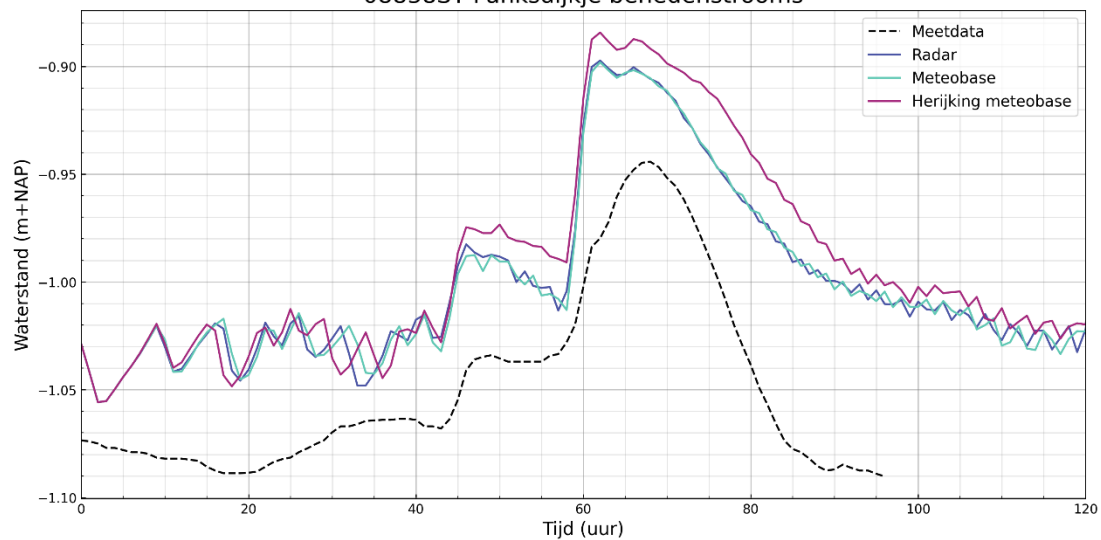




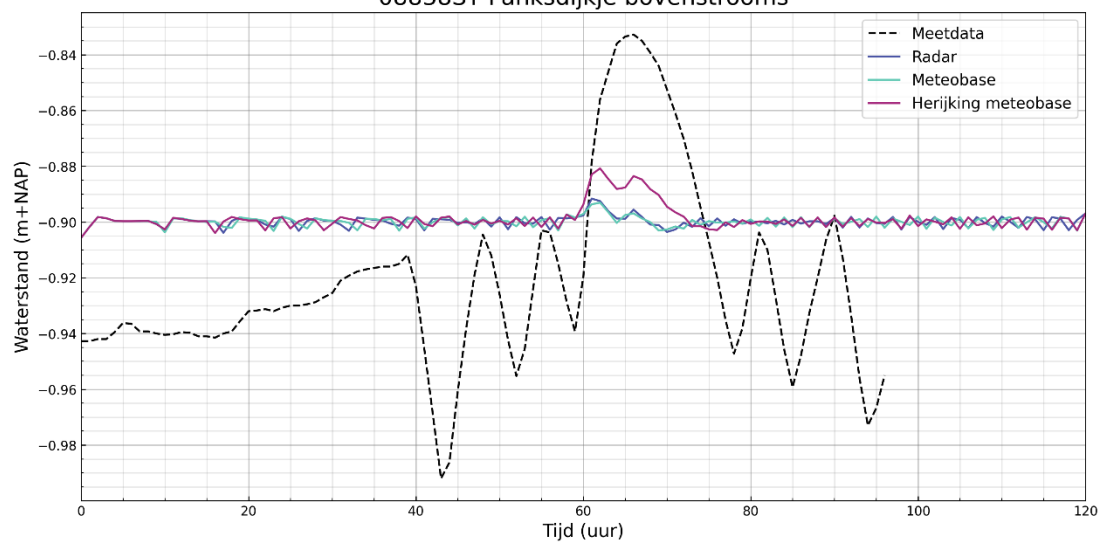
Bijlage 2b Neerslag



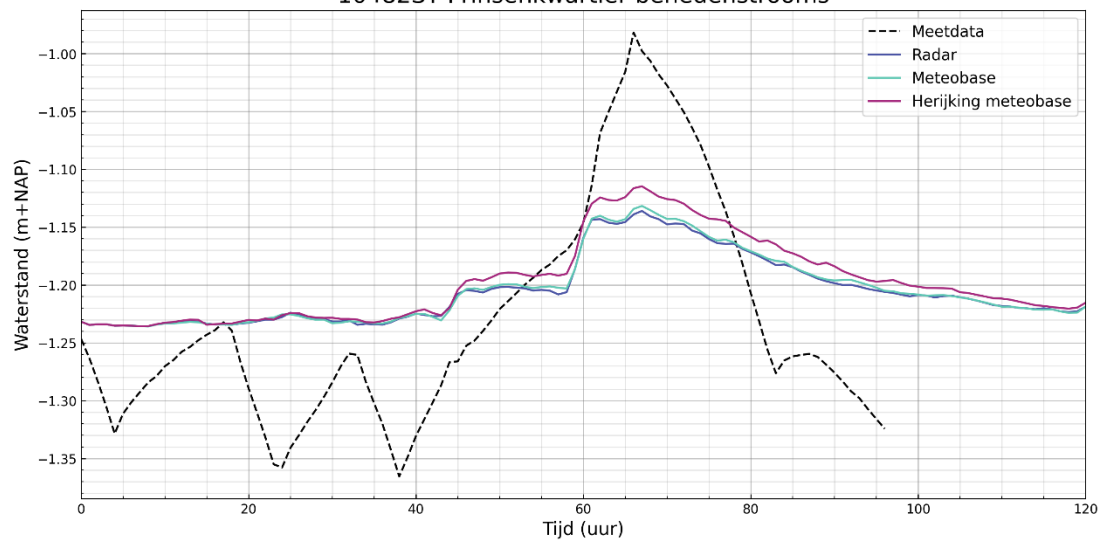
08838ST Panksdijkje benedenstrooms



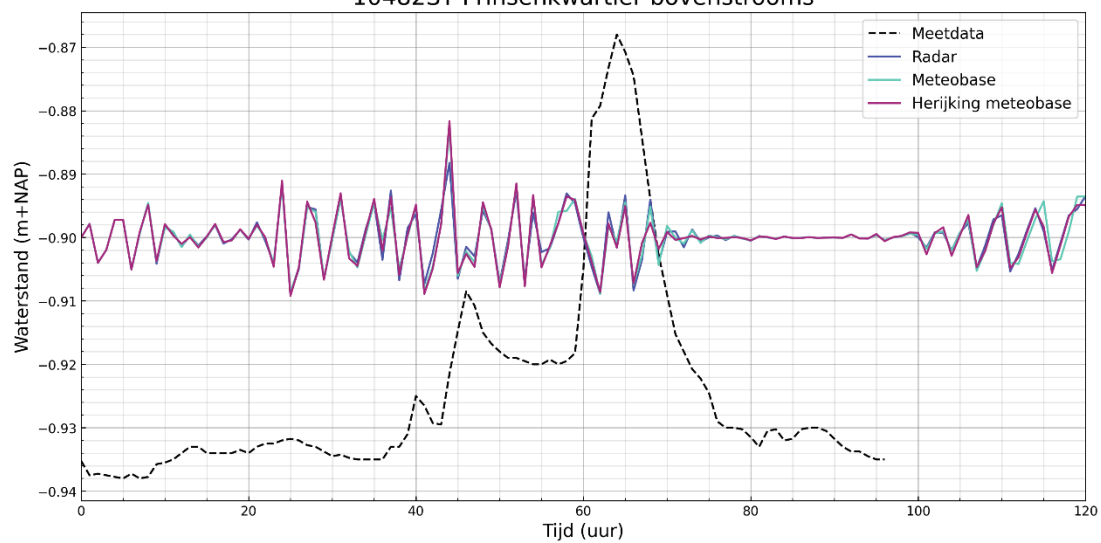
08838ST Panksdijkje bovenstrooms



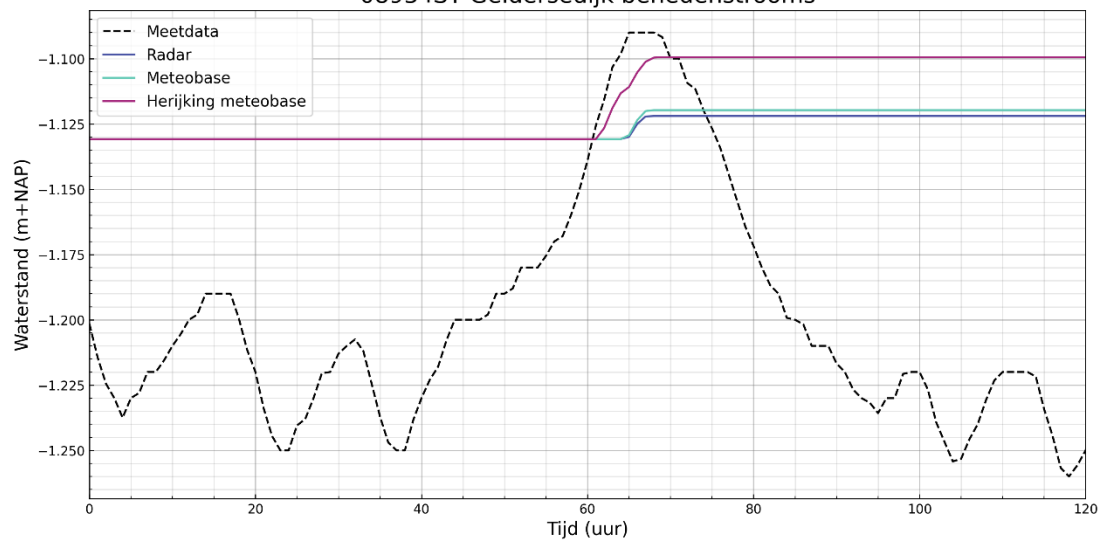
10482ST Prinsenkwartier benedenstrooms



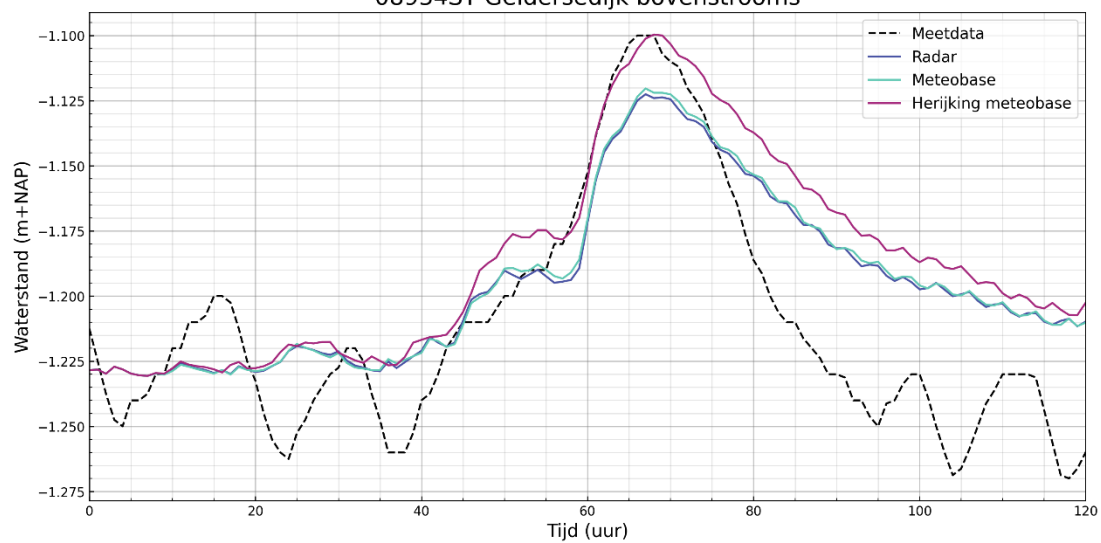
10482ST Prinsenkwartier bovenstrooms



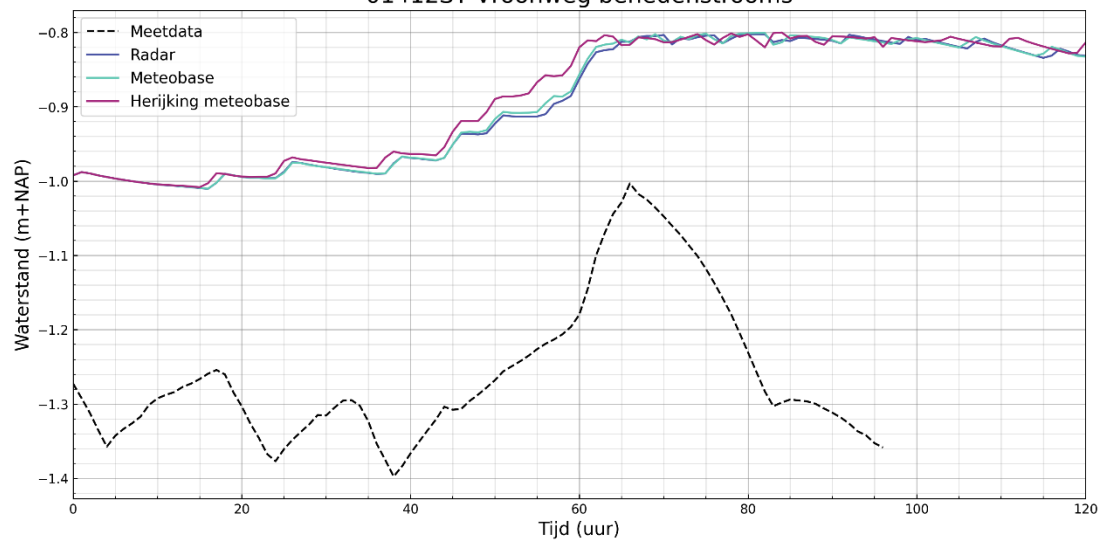
08934ST Geldersedijk benedenstrooms



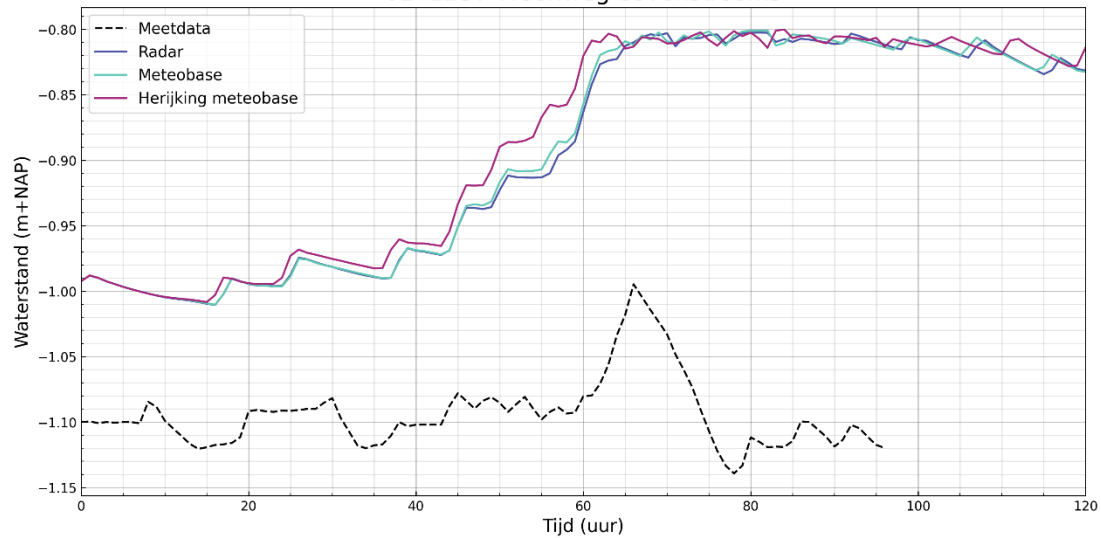
08934ST Geldersedijk bovenstrooms



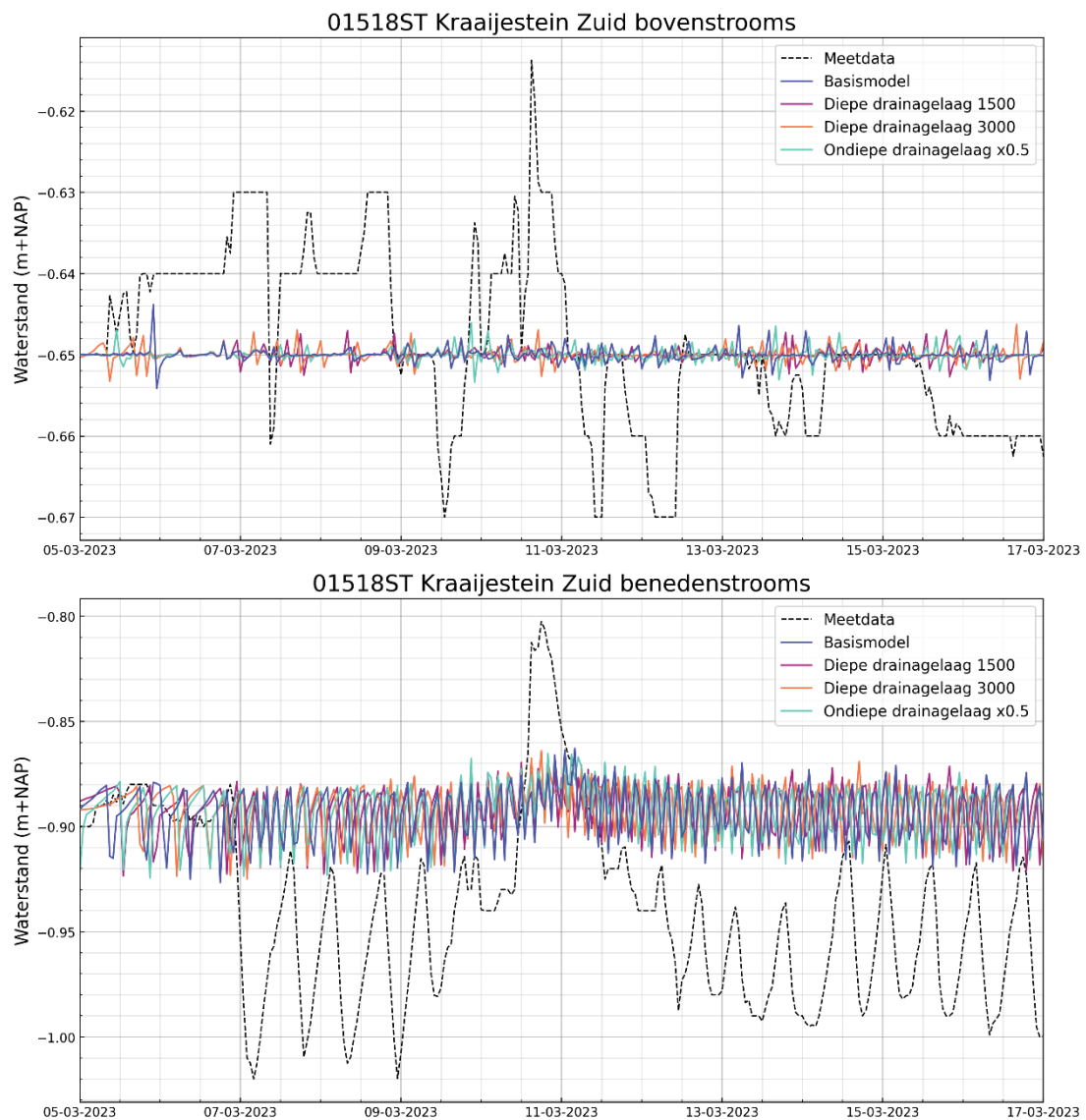
01412ST Vroonweg benedenstrooms

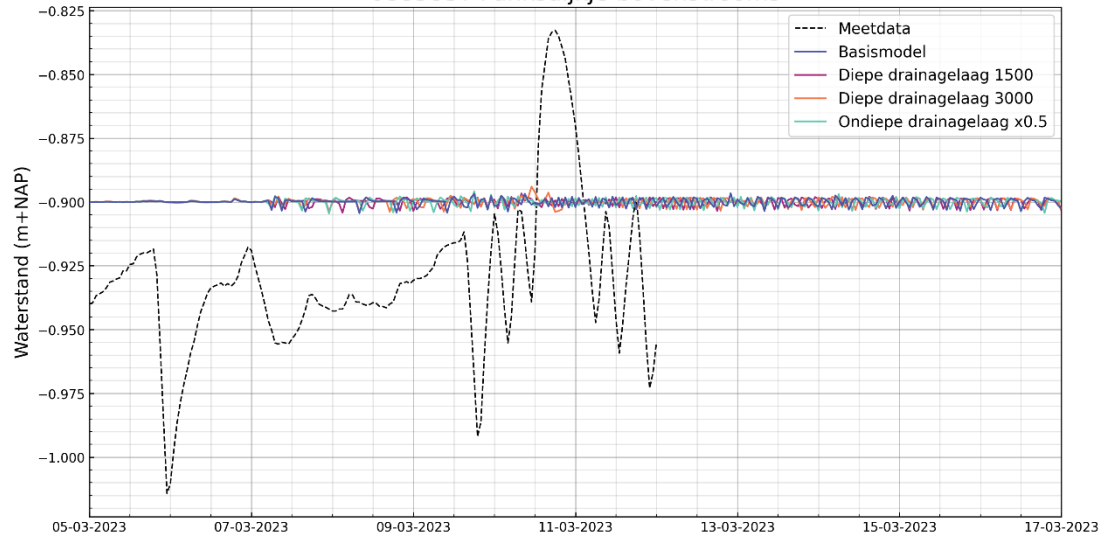
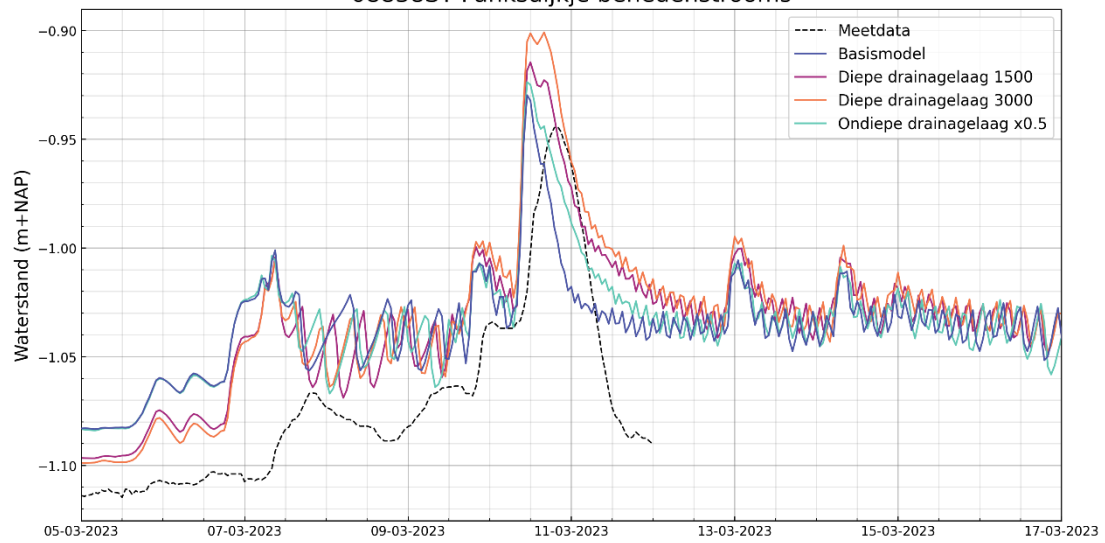


01412ST Vroonweg bovenstrooms

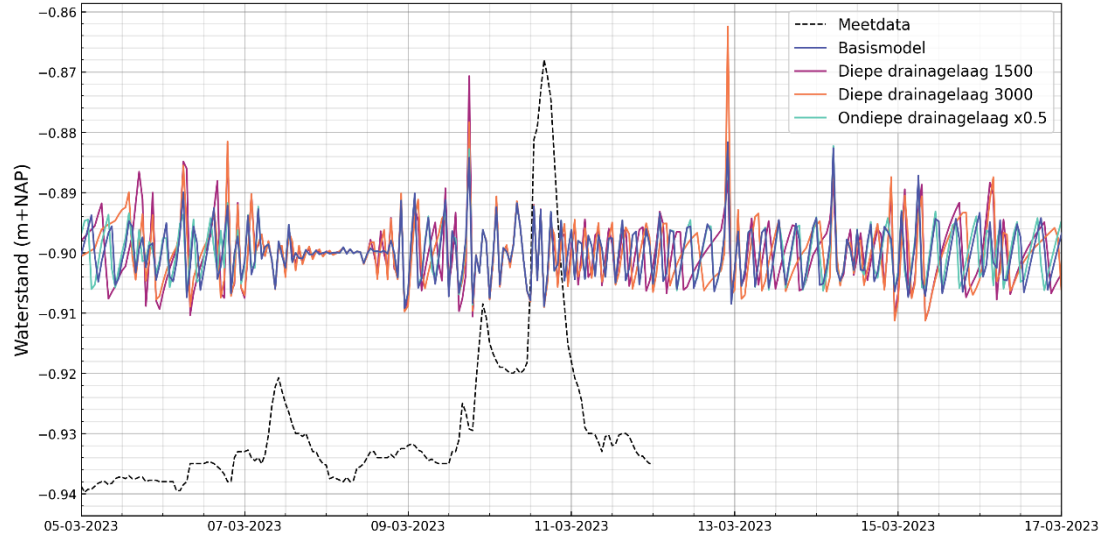


Bijlage 2c Aanvullende gevoeligheidsanalyse

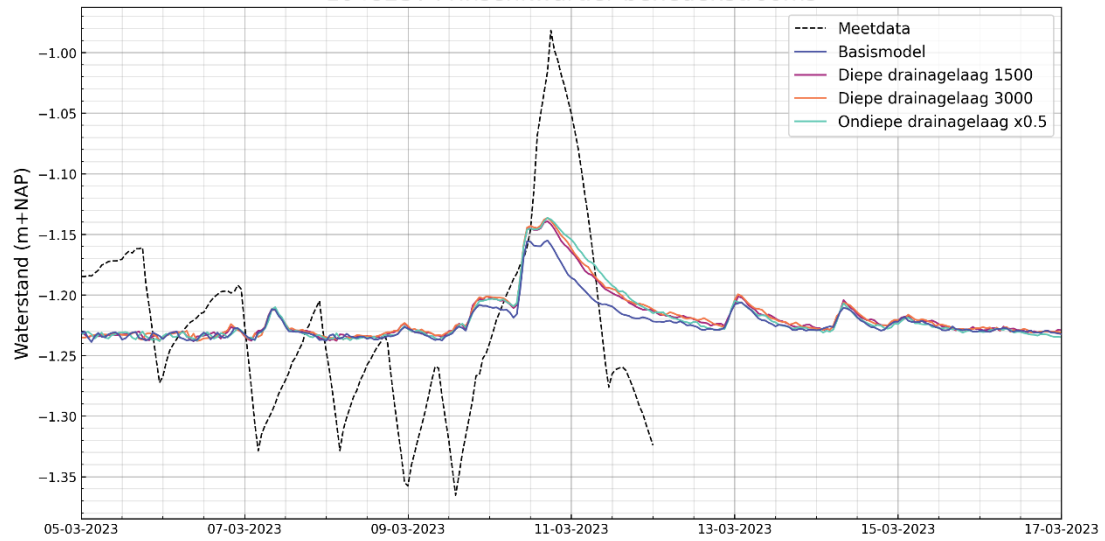


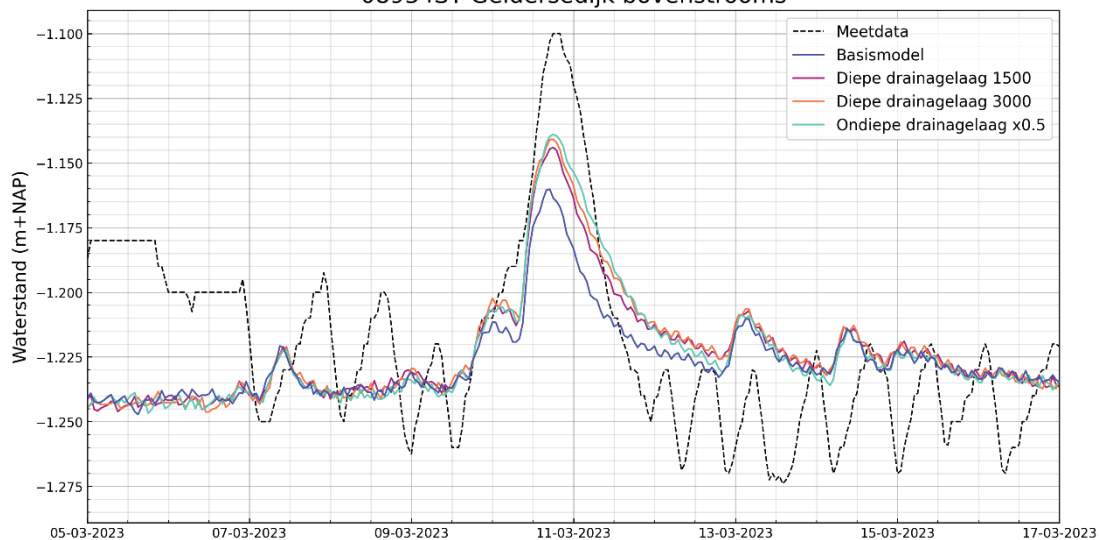
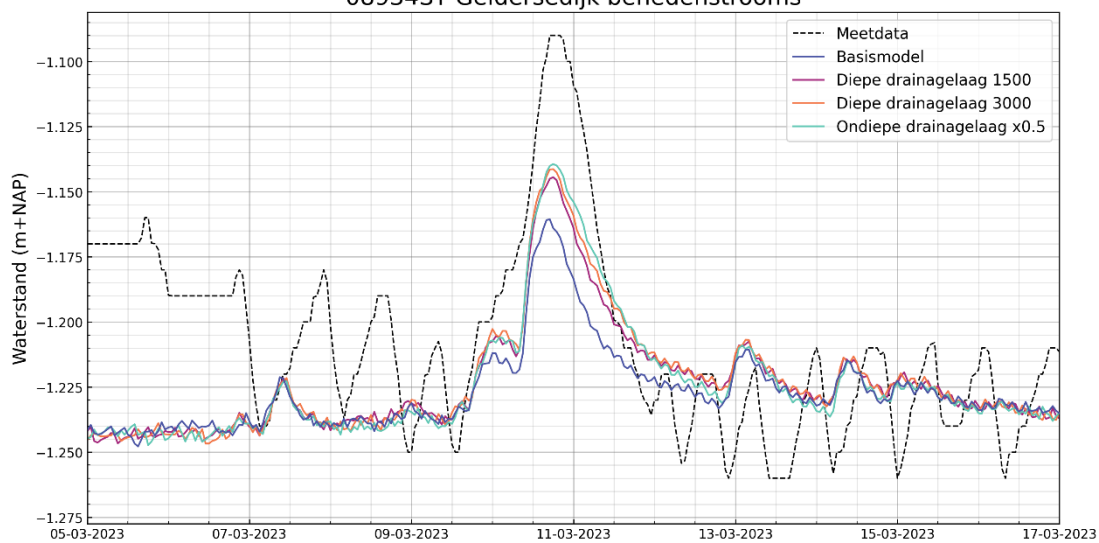
08838ST Panksdijkje bovenstrooms

08838ST Panksdijkje benedenstrooms


10482ST Prinsenkwartier bovenstrooms

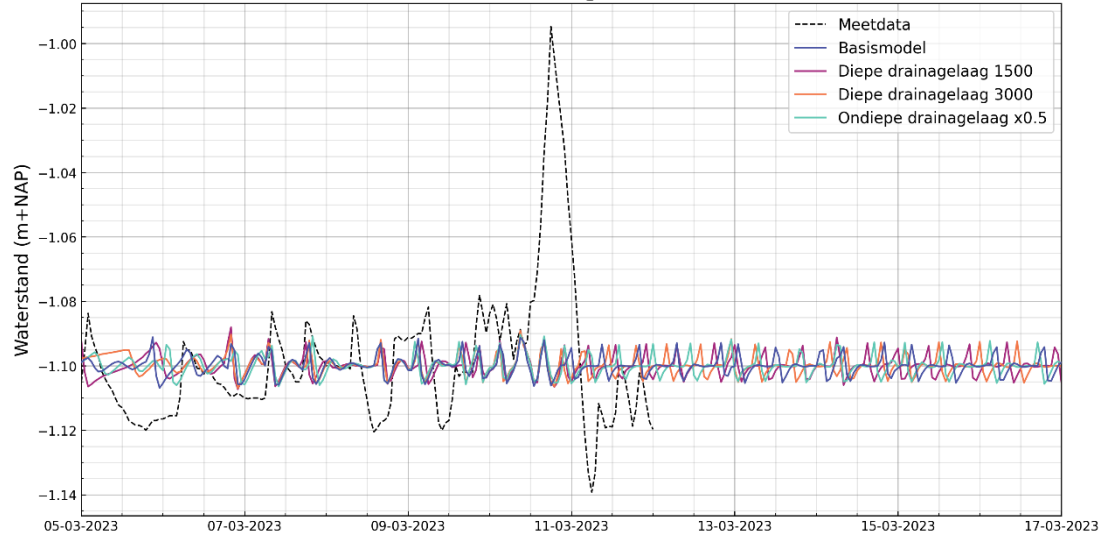


10482ST Prinsenkwartier benedenstrooms

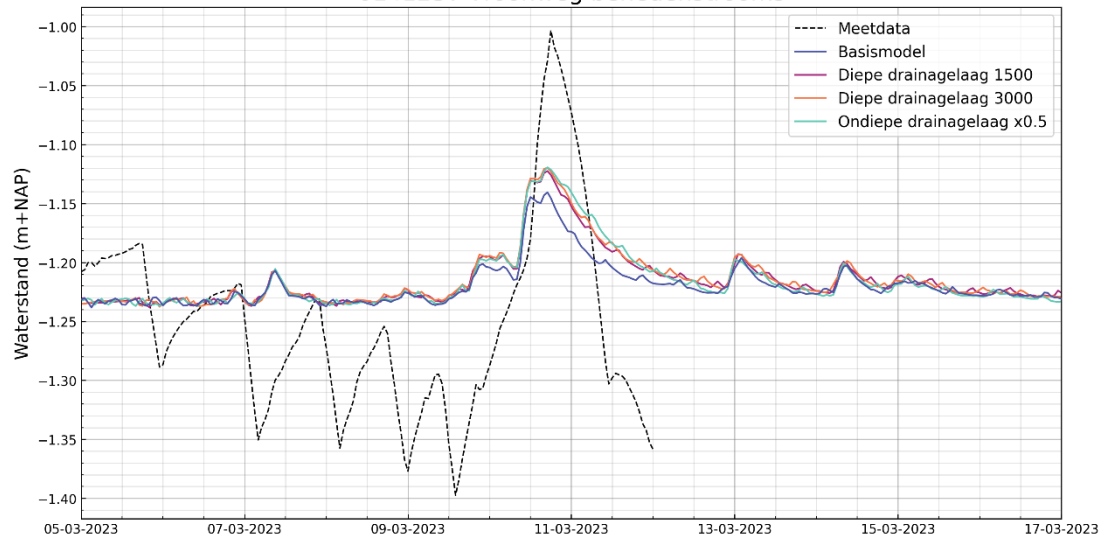


08934ST Geldersedijk bovenstrooms

08934ST Geldersedijk benedenstrooms


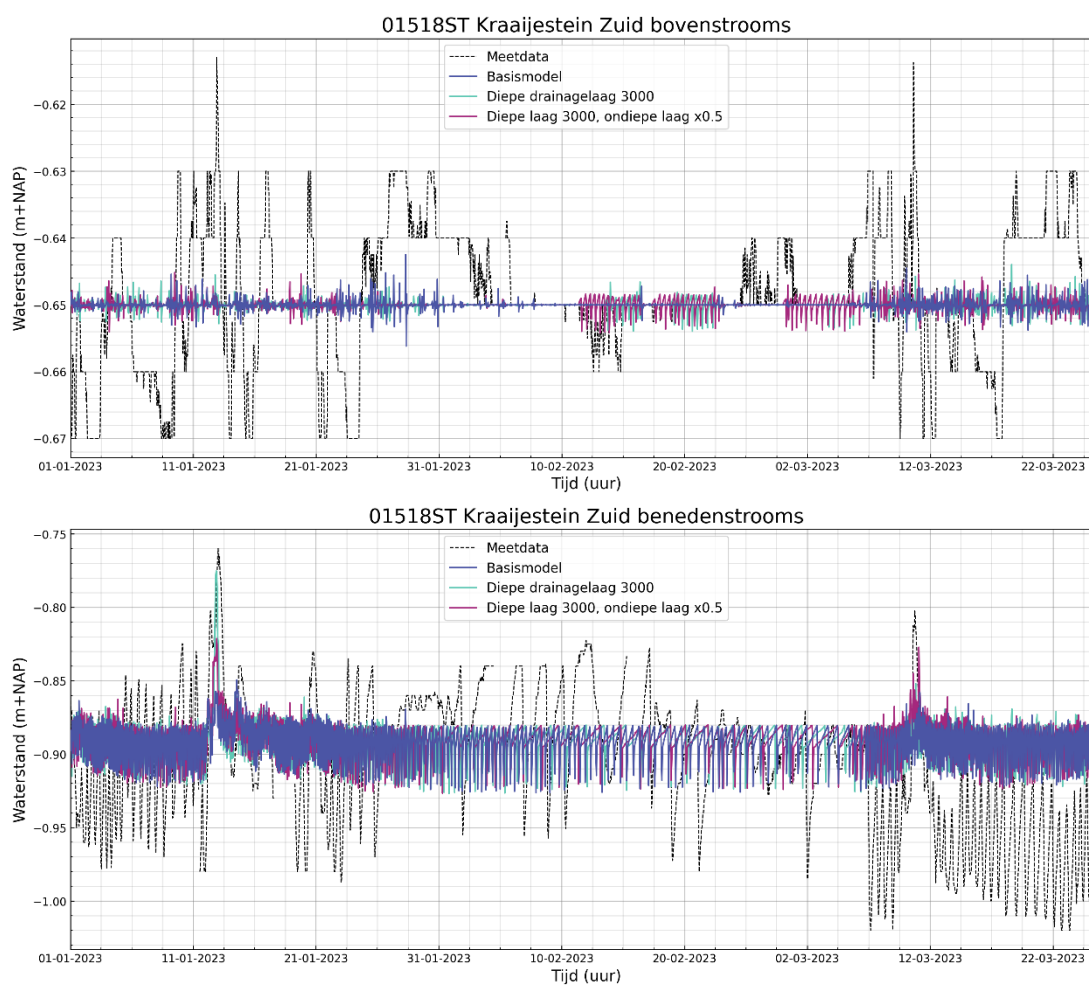
01412ST Vroonweg bovenstrooms



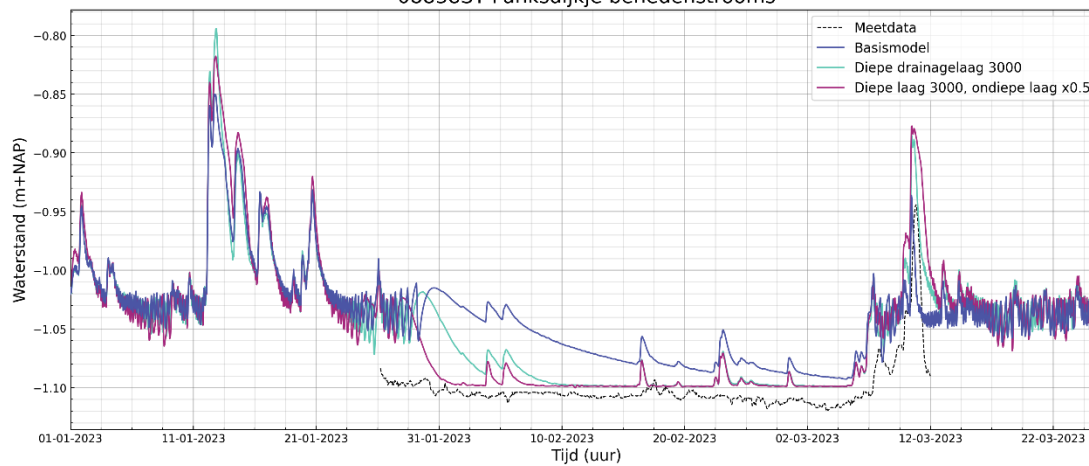
01412ST Vroonweg benedenstrooms



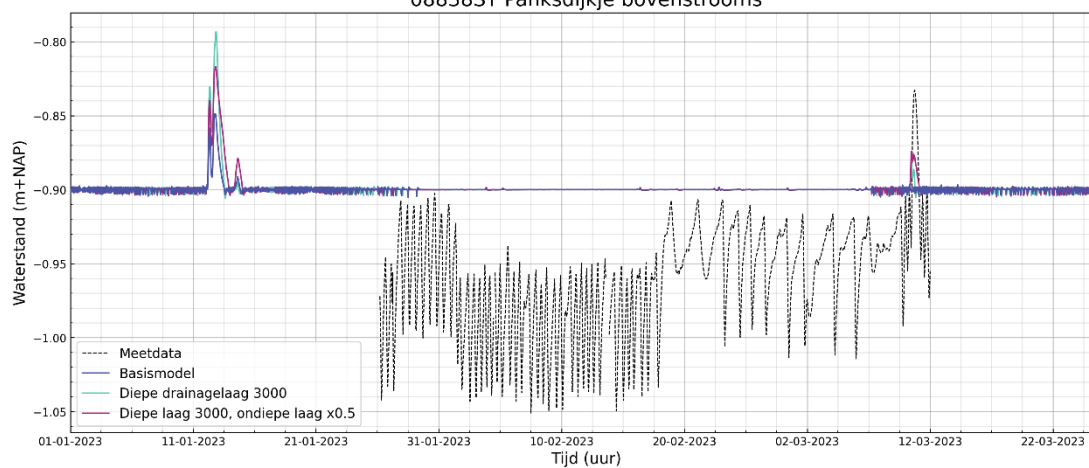
Bijlage 2d Kalibratie en validatie

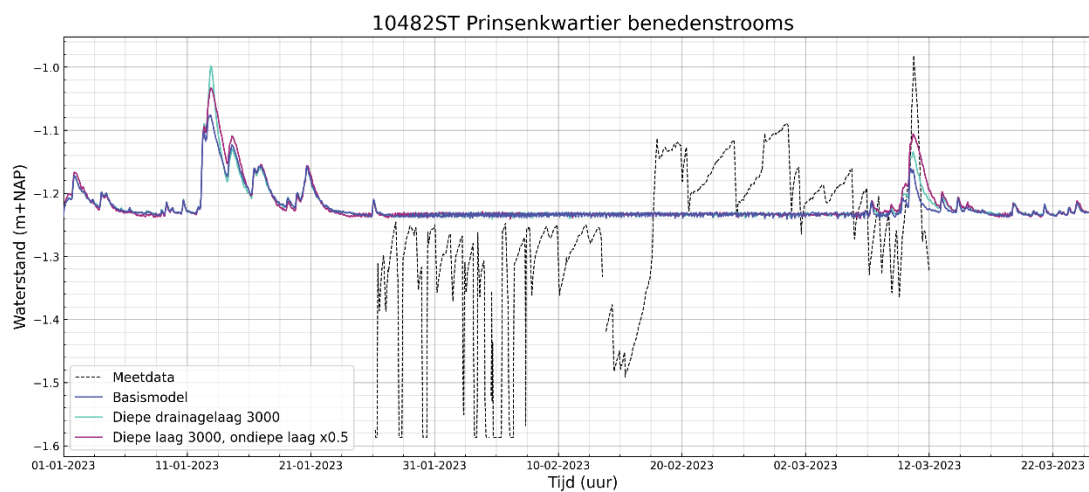
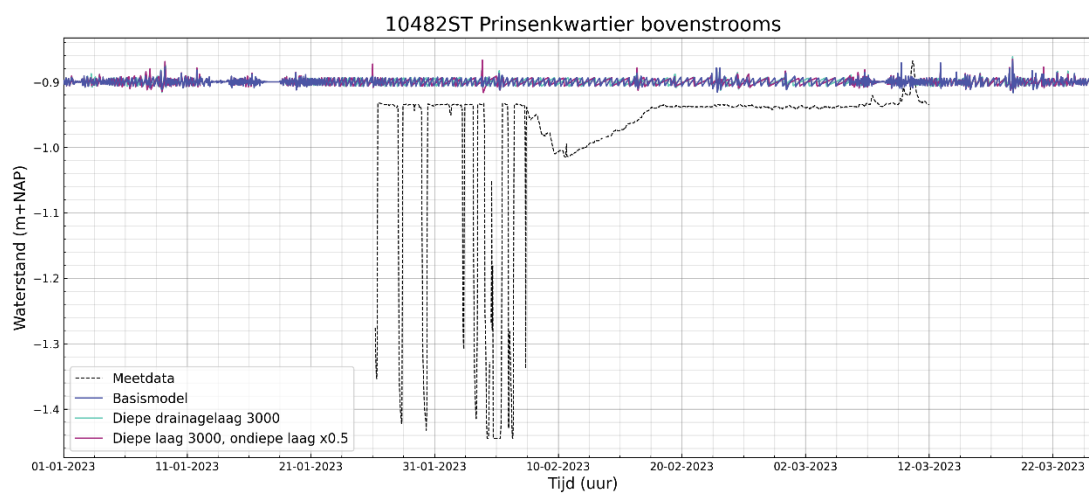


08838ST Panksdijkje benedenstrooms

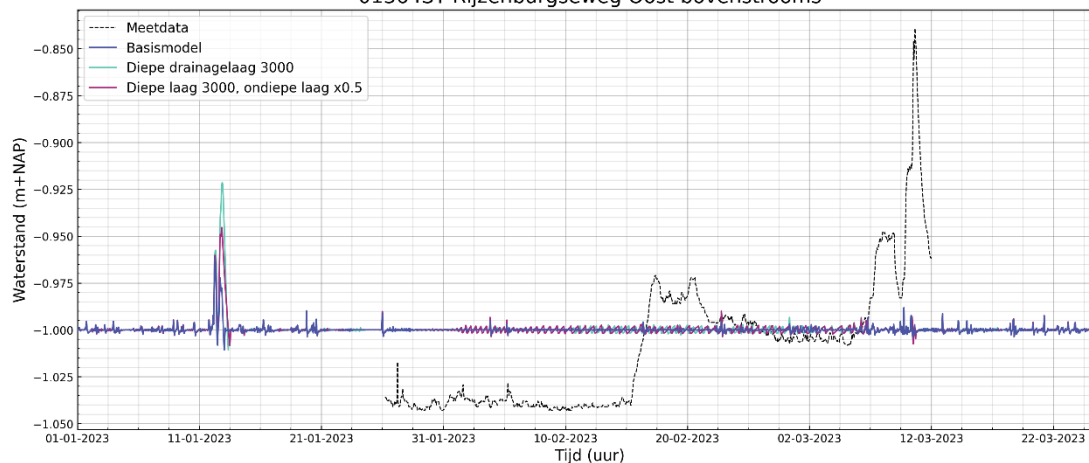


08838ST Panksdijkje bovenstrooms

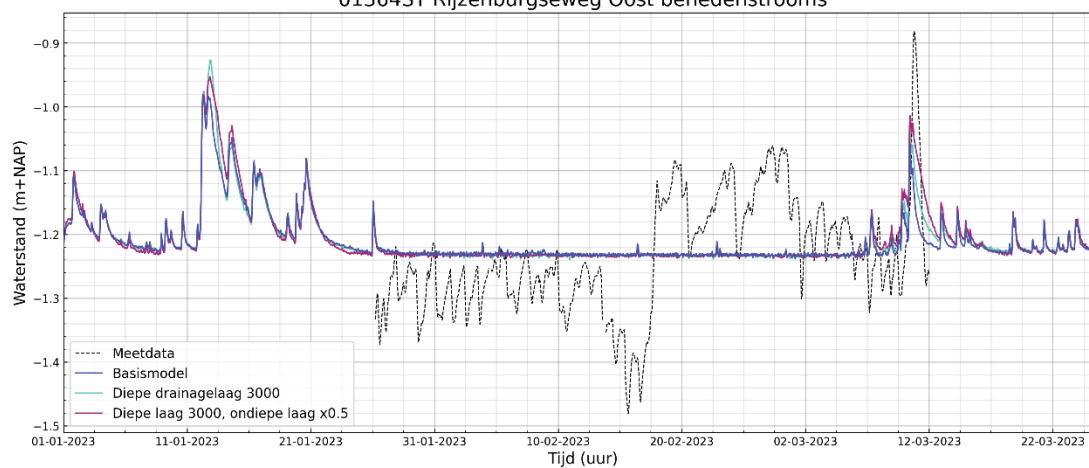


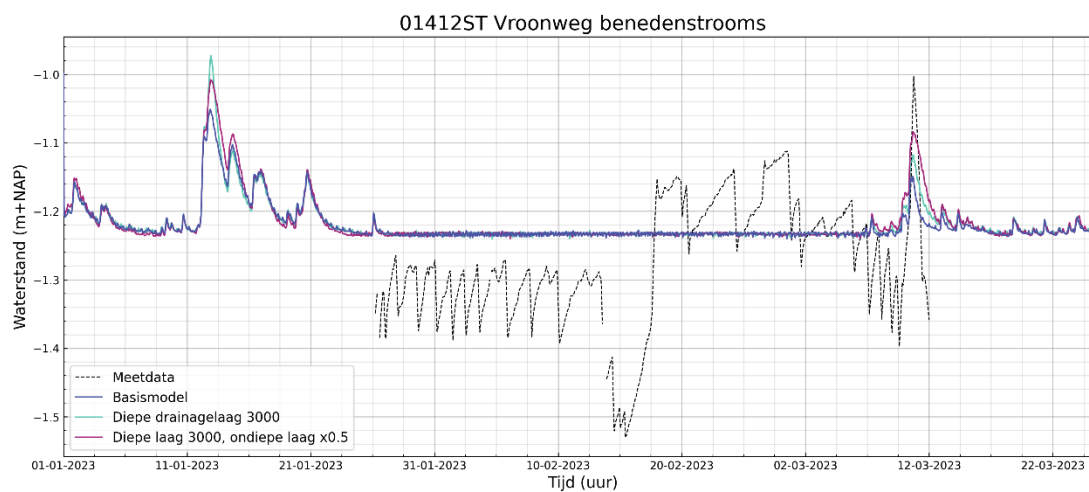
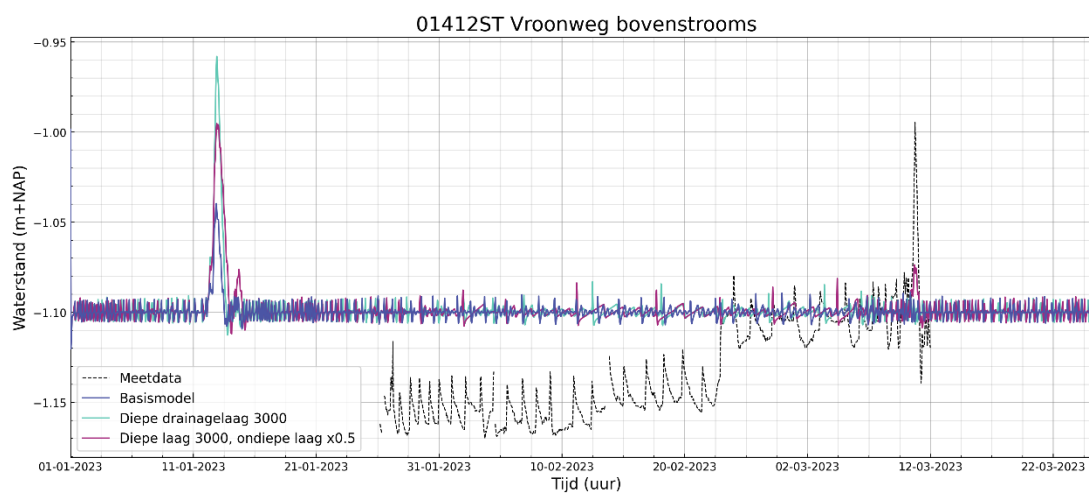


01364ST Rijzenburgseweg Oost bovenstrooms



01364ST Rijzenburgseweg Oost benedenstrooms





Bijlage 3 Resterende wateropgave per functie per peilgebied

ID_peilgebied	Streefpeil	Functienaam	Functie ID	Maaiveldcriterium	Normering	Toetshoogte	m3_wateropgave	m2_wateropgave
P-G22.001	-1.275	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	-0.28	34463	34636
P-G22.002	-0.45	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.74	0	0
P-G22.003	-0.95	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.09	25943	24945
P-G22.004	-1	Hoogwaardige landbouw en glastuinbouw buiten bebouwde kom	9	1	50	-0.01	26222	26486
P-G22.005	-1.125	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	-0.06	96237	90363
P-G22.006	-1.125	Grasland buiten bebouwde kom	4	10	10	-0.84	31988	112239
P-G22.007	-1	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	-0.24	25958	34155
P-G22.008	-0.8	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.7	0	0
P-G22.009	-0.8	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.56	0	0
P-G22.010	-0.1	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	1.04	0	0
P-G23.001	-0.6	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.45	1660	1581
P-G23.002	-0.9	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.18	7542	6983
P-G23.003	-1.075	Hoogwaardige landbouw en glastuinbouw buiten bebouwde kom	9	1	50	-0.27	94818	117786
P-G23.004	-1	Grasland buiten bebouwde kom	4	10	10	-0.76	51047	212697
P-G24.001	-0.8	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.17	23664	24396
P-G31.001	-0.4	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.8	0	0
P-G31.001.AP05	-0.35	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	1.7	0	0
P-G31.002	-0.525	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.46	0	0
P-G31.003	-0.8	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.18	12218	12467
P-G31.003.AP01	0.6	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	1.02	0	0
P-G31.003.AP02	-0.35	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	1.04	0	0
P-G31.003.AP03	-0.5	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	1.21	0	0
P-G31.003.AP04	-0.35	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	1.44	0	0
P-G31.004	-0.4	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.63	0	0
P-G32.001	-1.7	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.26	0	0
P-G32.003	-0.5	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	1.3	0	0
P-G32.004	-0.45	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.59	0	0
P-G32.005	-0.9	Hoogwaardige landbouw en glastuinbouw buiten bebouwde kom	9	1	50	0.18	12678	11738
P-G32.006	-0.975	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.1	13375	12442
P-G32.007	-1.125	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	-0.13	301272	302786
P-G32.007.AP01	-0.6	Natuur buiten bebouwde kom	5	10	-99	-0.33	0	0
P-G32.009	-0.4	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.81	0	0
P-G32.010	-1	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.38	0	0
P-G32.011	-0.9	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.39	5440	4217
P-G32.012	-0.6	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.72	0	0
P-G32.013	-1	Bebouwd gebied en primaire hoofdinfrastructuur binnen bebouwde kom	1	1	100	0.42	0	0
P-G32.014	-0.4	Akkerbouw buiten bebouwde kom	3	1	25	0.83	0	0
P-G32.015	0.3	Natuur buiten bebouwde kom	5	10	-99	0.51	0	0

Bijlage 4 Toelichting knelpunten indicatieve wateropgave

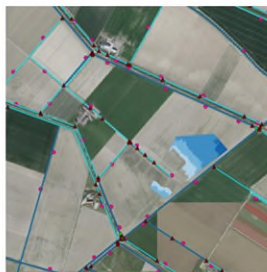
Aanpassingen model: stedelijk gebied

- Oppervlaktes rioolgebieden en verharde knooppjes nagelopen
- Oppervlakte verhard ongerioleerd gebied soms te groot, oppervlakte rioolgebied te klein
- Gecorrigeerd



Aanpassingen model: indeling afwateringsgebieden

- Hoger gestuwde sloot
- Duiker ligt op 0,98 mNAP
- Geen verbinding inundatie en watergang



Peilstijging Koert



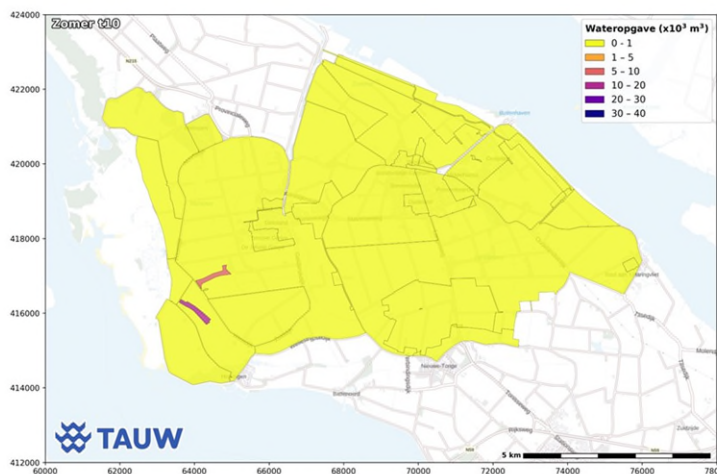
6.

Normtoets T=10 zomer, grasland



7.

Wateropgave T=10 zomer, grasland

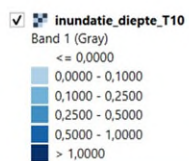


8

Boezem Dirksland

- 07234DU
- Duiker diameter 20 cm, 22 m lang

➤ Duiker verruimen

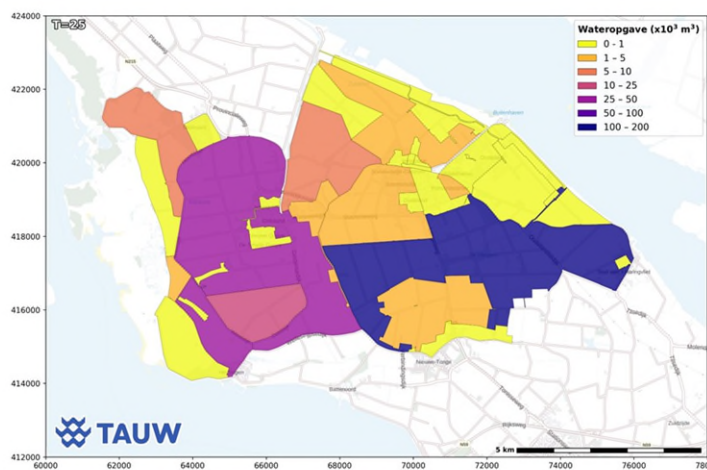


Normtoets T=25



11.

Wateropgave T=25



12.

Peilgebied Polder Het Oudeland & Polder De Oude Stad



Peilgebied Polder Het Oudeland & Polder De Oude Stad

- Peil in heel peilgebied $T=25 \sim 0,10$ mNAP
- Grote aanvoer vanuit stedelijk gebied, daar zijn grote vlakken volledig verhard



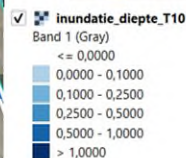
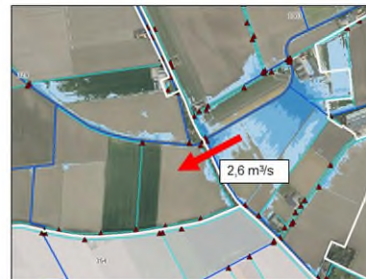
Peilgebied Polder Het Oudeland & Polder De Oude Stad

- Capaciteit Koert: 280 m³/min
 - Op gemalen.nl: 360 m³/min
- Stroomt er water vanuit Koert naar zuid/zuidwestelijke peilgebieden?
- Geen vertraging riolering in model, leidt waarschijnlijk tot overschatting piekafvoer
- Berging in stedelijk gebied vergroten, vijvers bijvoorbeeld

15

Peilgebied Polder Dirksland & polder De Oude Plaat

- Gemaal Smits wordt overbelast door binnenkomend water vanuit Koert
- Afsluiter tussen Smits en Koert staat altijd open?
- Waterstanden Koert verlagen
- Alternatief: Afvoer vanuit Koert knijpen



16

Polder Dirksland (ged.) Z.

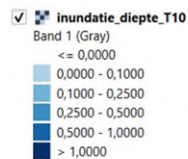
- Water vanuit aangrenzend peilgebied loopt binnen via aanvoerstuw
- Waterstanden Smits verlagen
- Alternatief: Maximale hoogte aanvoerstuw verhogen



17

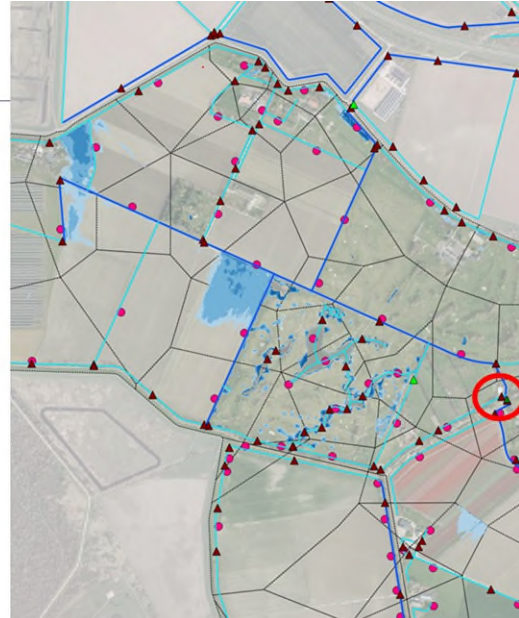
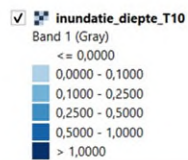
Peilgebied Oost-Kraaijer

- H13643, H23228, H13642
- T25-waterstand Oost-Kraaijer ~0,3 m NAP
- Oplossing ligt in Koert



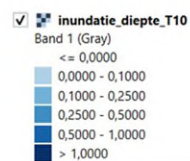
Peilgebied Polder Roxenisse

- 08919DU
 - Duiker en afsluiter (diameter 80 cm) knellen
- Oplossing: duiker vergroten



Polder St. Elisabeth

- Gemaal De Drie Polders krijgt het water niet weg
 - Capaciteit gemaal: 11,7 mm/dag
- Oplossing: capaciteit gemaal vergroten
- Extra bufferen in 992 (Klaasjeswater)



Duivenwaardseweg

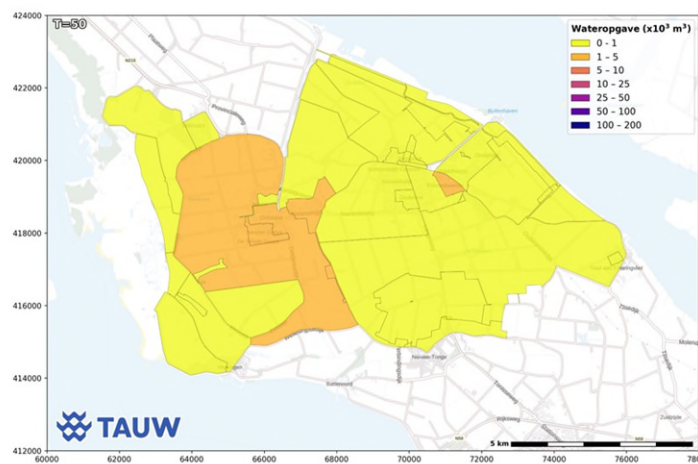
- Aaneenschakeling van licht knellende duikers
- Laag hoekje
- Ophogen maaiveld
- Peilscheiding verplaatsen



Normtoets T=50



Normtoets T=50



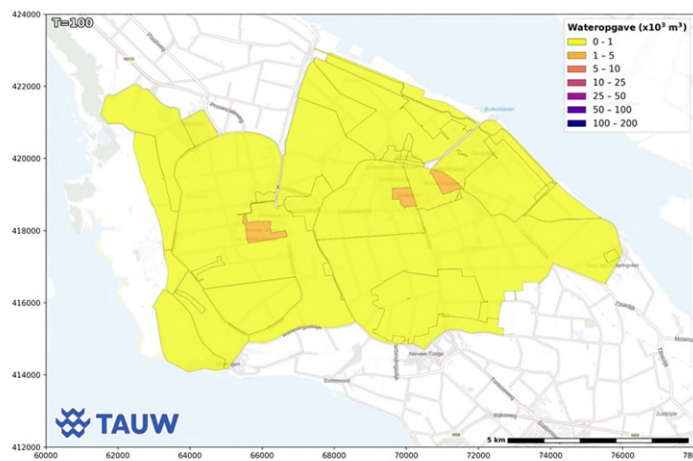
23.

Normtoets T=100



24.

Normtoets T=100



25

Pr. Margrietstraat Middelharnis

- Duiker (diameter 50 cm) knelt
- Water kan niet goed wegstromen
- Duiker vergroten



Kaaidreef Middelharnis

- Duiker (diameter 32 cm) met een lengte van 543 meter knelt
- Duiker vergroten
- Duiker vervangen door sloot



Olympiaweg Sommelsdijk

- Duiker (diameter 20 cm) knelt enorm
- Overstort loost op klein stukje watergang (oranje)
- Afkoppelen
- Berging op industrieterrein vergroten
- Duiker vergroten

