

Optimalisatie Onlanden

**Actualisatie model en onderzoek varianten
Waterschap Noorderzijlvest**

21 augustus 2016 Confidential

Contactpersoon

ARJAN SCHENKEL
Projectmanager

T +31646021504
M +31 646021504
E arjan.schenkel@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

Inhoudsopgave

1	Begrippen en projectgroep	8
1.1	Begrippenlijst	8
1.2	Projectgroep	9
2	Inleiding	10
2.1	Aanleiding	10
2.2	Doel van deze studie	11
2.3	Actualisatie model	11
2.4	Leeswijzer	11
3	Watersysteem	13
3.1	Algemeen	13
3.2	Peilgebieden	13
3.3	Stroomgebieden	14
3.4	Bemalen en vrij afwaterende gebieden	15
4	Uitleg maatregel Optimalisatie Onlanden	16
4.1	Optimalisatie Onlanden op hoofdlijnen	16
4.2	Impact op lagere herhalingstijden	18
4.3	Illustratie werking berging	19
4.4	Noodzaak van de DV2050 en Optimalisatie Onlanden	20
5	Actualisatie boezemmodel	21
5.1	Stuwen	21
5.2	De Koppeling	23
5.3	Bemalen en vrij afwaterende gebieden	24
5.4	Bodembreedtes en ligging watergangen/slenken	25
5.5	Open water	25

6	Validatie	26
6.1	Validatieperiode	26
6.2	Waterstanden boezem	26
6.2.1	Gemaal H.D. Louwes	26
6.2.2	Gemaal Waterwolf	27
6.2.3	Schaphalsterzijk-benedenstrooms	28
6.2.4	Waterstanden bij (debiet) meetpunt Munnikesloot	28
6.2.5	Conclusie 'Waterstanden boezem'	29
6.3	Waterstanden De Onlanden	29
6.3.1	Doolhofstuw	29
6.3.2	Gouwstuw	30
6.3.3	Weringsestuw	30
6.3.4	Waterstanden bij (debiet) meetpunt Eelderdiep	31
6.3.5	Waterstanden bij (debiet) meetpunt Peizerdiep	31
6.3.6	Conclusie 'Waterstanden De Onlanden'	32
6.4	Debieten in De Onlanden	32
6.4.1	Leekster Hoofddiep	32
6.4.2	Peizerdiep	33
6.4.3	Meetpunten Schipsloot en Eelderdiep	34
6.4.4	Conclusie 'Debieten in De Onlanden'	35
7	Kalibratie	37
7.1	Afvoer Peizerdiep	37
7.2	Slib en profielen	38
7.3	Bruggen	38
7.4	Uitsnede model en kalibreren op verhang	39
7.4.1	Uitgangspunten uitsnede model	39
7.4.2	1e kalibratieronde	40
7.4.3	2e kalibratieronde	41
7.4.4	Definitieve kalibratieronde	43
8	Varianten op hoofdlijnen	45
8.1	Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050	45
8.2	Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied	46
8.3	Variant 3: Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant	47
9	Hydrologisch ontwerp objecten	49

9.1	Eisen aan het ontwerp en methode	49
9.1.1	Eisen en wensen	49
9.1.2	Methode en representatieve stochast	50
9.2	Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050	51
9.2.1	Object 1: stuwende constructie Noordelijke Slenk	51
9.2.2	Object 2: stuwende constructie Zuidelijke Slenk	58
9.2.3	Object 3: Doolhofstuw	58
9.2.4	Object 4: Weringsestuw	60
9.3	Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied	63
9.3.1	Object 5: Gouwstuw (compartimenteringsstuw)	63
9.3.2	Object 5: Gouwstuw - Effect compartimenteren op MHW's	66
9.3.3	Object 6: Duiker onderdoor de 'weg Drentsedijk'	67
9.4	Variant 3: Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant	71
9.4.1	Object 1: stuwende constructie Noordelijke Slenk	71
9.4.2	Object 2: stuwende constructie Zuidelijke Slenk	72
9.4.3	Object 3: Doolhofstuw	72
9.4.4	Object 4: Stuw Weringsestuw	72
9.4.5	Object 6: Duiker onderdoor 'weg Drentsedijk'	72
10	Hydrologie per variant	73
10.1	Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050	73
10.1.1	Beoordeling	73
10.1.2	Maximale waterstanden	74
10.1.3	Verloop waterstanden en leegloop	75
10.1.4	Effect MHW	77
10.1.5	Poldergemalen	77
10.1.6	Samenvatting benodigde aanpassingen aan het watersysteem	79
10.2	Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied	81
10.2.1	Beoordeling	81
10.2.2	Maximale waterstanden	82
10.2.3	Verloop waterstanden en leegloop	82
10.2.4	Effect MHW	85
10.2.5	Poldergemalen	86
10.2.6	Samenvatting benodigde aanpassingen aan het watersysteem	88
10.3	Variant 3: Optimaal natuuralternatief/ Hooiwegvariant	92
10.3.1	Beoordeling	92
10.3.2	Maximale waterstanden	93
10.3.3	Verloop waterstanden en leegloop	94

10.3.4	Effect MHW	97
10.3.5	Poldergemalen	98
10.3.6	Samenvatting benodigde aanpassingen aan het watersysteem	99
11	Worst-case	102
11.1	Aanpak	102
11.1.1	Scenario's	102
11.1.2	Uitgangspunten	102
11.1.3	Beoordelingskader	103
11.2	Scenario 1: Inzet twee opeenvolgende jaren	104
11.2.1	Kwantitatieve analyse	104
11.2.2	Kwalitatieve analyse	106
11.3	Scenario 2: Inzet in flora en fauna kritische periode	106
11.3.1	Kwantitatieve analyse	106
11.3.2	Kwalitatieve analyse	106
11.4	Scenario 3: Twee keer inzet kort achter elkaar	108
11.4.1	Aanvullende uitgangspunten	108
11.4.2	Kwantitatieve analyse	109
11.5	Scenario 4: leegloop in 20 dagen	111
11.5.1	Kwantitatieve analyse	111
11.6	Conclusies worst-case	113
12	Conclusie	114
12.1	Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050	114
12.2	Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied	114
12.3	Variant 3: Optimaal natuuralternatief/ Hooiwegvariant	115
12.4	Worst case- scenario's	115
13	Aanbevelingen	116
13.1	Berging op maaiveld	116
13.2	Afname berging door begroeiing	116
13.3	Vullen van de Onlanden	116
13.4	Legen van De Onlanden	118
13.5	Feedback op de inzet van de berging van De Dijken/ Bakkerom (en daarmee ook berging Driepolders)	118

Bijlagen

Bijlage A Uitgangspuntennotitie	120
Bijlage B Logboek	125
Bijlage C KNMI- bui	138
Bijlage D Slibhoogtes afleiden	145
Bijlage E Bruggen	151
Bijlage F Maatgevende debieten	152
Bijlage G Ontwerp watersysteem	154
Bijlage H Stroomsnelheden	160
Bijlage I Inundatie	172
Colofon	181
Over Arcadis	182

1 Begrippen en projectgroep

1.1 Begrippenlijst

Allereerst lichten we een aantal begrippen toe.

Tabel 1: Relevante begrippen binnen de maatregel Optimalisatie Onlanden.

Term	Uitleg
DV2050-studie (Droge Voeten studie 2050)	Het project van het waterschap om naast regionale kades op te hogen, watersysteemmaatregelen uit te voeren, met als doel om te voorkomen dat regionale kades overstromen. Twee voorbeelden van watersysteemmaatregelen zijn uitbreiden gemaalcapaciteit HD-Louwes en benutten extra berging in De Onlanden.
Schillen in de boezem	Vóór de gaswinning was de Electraboezem één boezem. Om te compenseren voor bodemdaling is de Electraboezem opgedeeld in drie schillen inclusief boezemgemalen. De Onlanden watert af op de 3e schil van de (Electra)boezem.
Optimalisatie Onlanden	In de DV2050-studie is besloten om in De Onlanden extra berging te benutten tot +0,15 m NAP. De naam van deze maatregel is Optimalisatie Onlanden.
MER	Er loopt een Milieu Effecten Rapportage (MER). Binnen de MER zijn varianten voor Optimalisatie Onlanden gemaakt en van de negen oorspronkelijke varianten zijn nog drie over: • Variant 1: 'Alternatief Droge Voeten 2050' • Variant 2: 'Compartimentering kwetsbaar natuurgebied' • Variant 3: 'Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant'
Boezemmodel	Om de effecten van varianten te bepalen, is in de DV2050-studie gebruik gemaakt van het boezemmodel. Hierin worden de hydrologische en hydraulische processen bij extreem (hoge) neerslag in de boezem benaderd in een model.
T100-waterstand	Een waterstand met een overschrijdingskans van ca. 1 keer per 100 jaar. Oftewel de kans een waterstand in een jaar wordt overschreden is 1%. Situaties waarbij dit optreedt, worden T100-situaties, T100 of T100-gebeurtenis genoemd.
T25-waterstand	Een waterstand met een overschrijdingskans van ca. 1 keer per 25 jaar. Oftewel de kans een waterstand in een jaar wordt overschreden is 4%. Situaties waarbij dit optreedt, worden T25-situaties, T25 of T25-gebeurtenis genoemd.
MHW	Maatgevend hoogwater. Dit is veelal de T100-waterstand. Bij een aantal regionale keringen geldt de T300-waterstand.
NAP	Normaal Amsterdams Peil. Een NAP-hoogte van 0 m is ongeveer gelijk aan het gemiddeld zeeniveau van de Noordzee.
Zichtjaar	Veelal worden de zichtjaren 2008, 2025, 2050 en 2070 gebruikt. Verder in de toekomst zijn de effecten van bodemdaling en toename van de neerslag als gevolg van klimaatverandering op de MHW groter.
Inzetprotocol	Dit protocol beschrijft de benodigde acties in het veld op het moment dat er besloten is om de waterberging in te zetten ten tijde van extreme neerslagsituatie. Een voorbeeld van zo'n actie is het ontruimen van vee.
Beheerprotocol	Dit protocol beschrijft het beheer van de waterberging in normale omstandigheden. Activiteiten die daaronder vallen zijn: het constant zorgdragen voor streefpeilen, beheer en onderhoud, maaien van sloten en kades.
Besluitvormingsprotocol	Geeft richting aan de calamiteitenorganisatie over de vraag welke maatregel als eerste moet worden ingezet. Hierin is o.a. de volgorde van de DV-maatregelen vastgelegd.
Inzetsfrequentie	Een indicatie van de frequentie waarmee de maatregelen worden ingezet. Zo wordt de extra gemaalcapaciteit van HD-Louwes ingezet wanneer nodig. En de Optimalisatie Onlanden pas bij T25 in zichtjaar 2025.
BOS	Staat voor Beslissing Ondersteunend Systeem. Tijdens calamiteiten gebruikt de afdeling Beheer WSWV dit systeem om de waterstanden te voorspellen. En op basis van die kennis

Term	Uitleg
	worden de DV2050-maatregelen ingezet. Deze afdeling vaart niet blind op de voorspellingen, ze gebruiken ook hun praktijkkennis over het systeem.
Volgordelijkheid	De DV2050-maatregelen hebben een volgordelijkheid. Zo wordt indien nodig direct de extra capaciteit bij gemaal HD-Louwes ingezet. En bijvoorbeeld het vasthouden in het Dwarsdiep 1x per 10 jaar en (optimalisatie) Onlanden 1x per 25 jaar.
Alarmpeil	Het BOS heeft alarmpeilen. Dit zijn vooraf vastgestelde niveaus. Voor (Optimalisatie) Onlanden geldt dat deze wordt ingezet, zodra het BOS aangeeft dat in de 3e schil (in het Van Starkenborghkanaal) de waterstand het alarmpeil $-0,2$ m NAP gaat overschrijden. Een paar dagen vóór het overschrijden van het alarmpeil wordt dan begonnen met het vasthouden van water in De Onlanden.
Inzetniveau	Optimalisatie Onlanden wordt pas ingezet als nabij de Onlanden $-0,5$ m NAP wordt overschreden. Dit kan o.b.v. een meetpunt zijn in het Leekstermeer of de waterstand die straks wordt gemeten nabij de stuwende constructies.
Ledigingstijd	Er is geen harde eis geformuleerd in hoeveel dagen De Onlanden weer geleegd moet worden na het vullen. In een eerdere studie is geadviseerd De Onlanden na het vullen (en na het hoogwaterevent) weer zo snel mogelijk leeg te laten lopen. Daarmee kan het waterschap inspelen op een evt. volgend hoogwaterevent. Ook is een korte ledigingstijd belangrijk om schade aan natuur, overlast en uitstralingseffecten te verminderen. Concreet is genoemd dat binnen 3 dagen de waterstand $-0,2$ m NAP moet zijn (in De Onlanden) en binnen 10 dagen weer op streefpeil (zonder verdere noemenswaardige neerslag).

1.2 Projectgroep

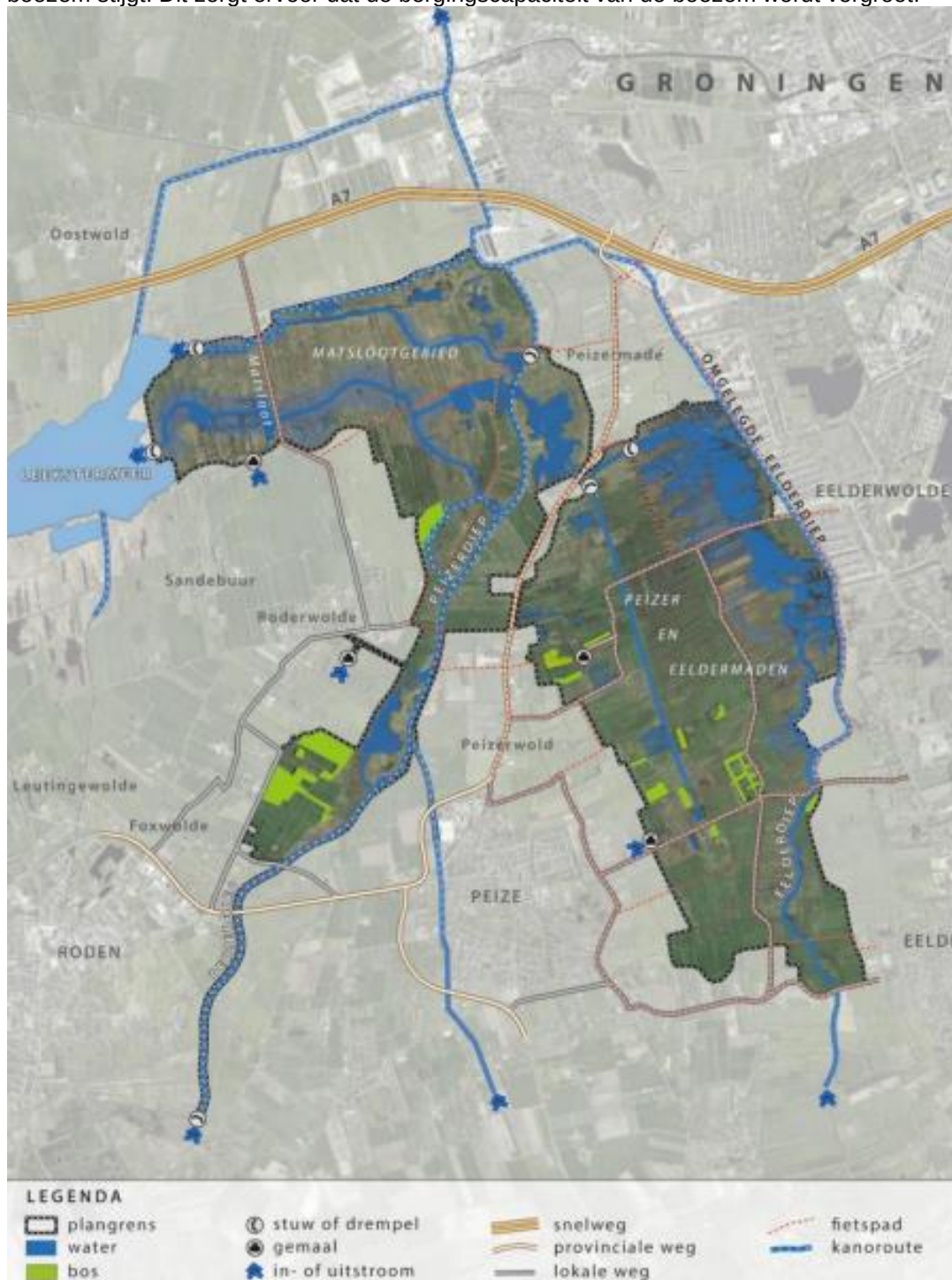
De projectgroepleden die voorliggende studie hebben uitgevoerd, zijn:

1. Gerard Zeemans (waterschap Noorderzijlvest)
2. Vincent de Looij (waterschap Noorderzijlvest)
3. Arjan Schenkel (Arcadis)
4. Danielle Hjartåker (Arcadis)
5. Niels de Hulster (onderaannemer Arcadis)

2 Inleiding

2.1 Aanleiding

Natuur- en waterbergingsgebied De Onlanden bevindt zich op de grens van Groningen en Drenthe. Het is ontworpen als een meebewegende berging, wat betekent dat de waterstand in De Onlanden stijgt wanneer de waterstand in de boezem stijgt. Dit zorgt ervoor dat de bergingscapaciteit van de boezem wordt vergroot.



Figuur 1: Plangebied De Onlanden.

Als gevolg van klimaatverandering wordt extreme neerslag heviger en langduriger. Hierdoor voldoet de boezem niet meer aan het gewenste veiligheidsniveau. Om deze uitdaging aan te pakken, hebben de drie Noordelijke provincies en de drie Noordelijke waterschappen het programma 'Droge Voeten 2050' opgesteld. Eén van de maatregelen die voortkomt uit dit programma is de Optimalisatie Onlanden, waarbij De Onlanden in staat moet zijn om tijdens extreme weersomstandigheden 5,2 miljoen m³ extra water te bergen.

2.2 Doel van deze studie

Het project Optimalisatie Onlanden volgt een uitgebreide Milieueffectenrapportage (MER) procedure waarbij participatie een belangrijke rol speelt. In het vroege stadium van de procedure zijn oplossingsrichtingen aangedragen door de omgeving en belanghebbenden. Van de aangedragen oplossingsrichtingen zijn drie kansrijke varianten geselecteerd om verder te worden onderzocht om vervolgens tot een voorkeursalternatief (VKA) te komen. De drie varianten zijn als volgt:

- Variant 1: 'Alternatief Droge Voeten 2050'
- Variant 2: 'Compartimentering kwetsbaar natuurgebied'
- Variant 3: 'Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant'

Tabel 2: Overzicht varianten.

Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050	Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied	Variant 3: Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant
Ophogen kades, aanpassen kunstwerken	Ophogen kades, aanpassen kunstwerken	Ophogen kades, aanpassen kunstwerken
Maximaal peil +0,15 m NAP	Maximaal peil +0,15 m NAP	Maximaal peil +0,18 m NAP
	Uitgestelde inundatie bij het gebied in het zuidoosten van de Onlanden (rondom de uitkijktoren) waar kwetsbare natuur aanwezig is	De begrenzing van de waterberging wordt verlegd vanaf de peilscheiding bij het Leekstermeer tot de Hooiweg
	Een gebied binnen peilgebied Gouw wordt aangesloten op peilgebied Wering	Een gebied binnen peilgebied Gouw wordt aangesloten op peilgebied Wering
	Vluchtheuvels realiseren voor fauna	Vluchtheuvels realiseren voor fauna
		Slenken en doorstroming van het gebied nabij het Peizerdiep t.b.v. waterkwaliteit. Deze maatregelen zijn op initiatief van Natuurmonumenten

Het doel van deze studie is om de hydrologische haalbaarheid van deze varianten te onderzoeken. Hierbij worden tegelijkertijd de benodigde aanpassingen aan het watersysteem gedimensioneerd.

2.3 Actualisatie model

Om de varianten te onderzoeken, is een model nodig dat het werkelijke watersysteem nauwkeurig representeert. Het waterschap beschikt over het boezemmodel uit 2013 maar dit model bevat niet alle belangrijke aanpassingen die sindsdien aan het watersysteem zijn gedaan. Bovendien zijn er aanvullende meetgegevens beschikbaar waarmee het model uitgebreider kan worden gekalibreerd en gevalideerd.

De eerste stap in deze studie is dan ook het verbeteren van het model. In dit rapport worden de verschillende technische en inhoudelijke stappen beschreven die hiervoor zijn genomen.

2.4 Leeswijzer

Het rapport bestaat uit twee delen. Het eerste deel, Hoofdstuk 3 t/m 7, gaat in detail in op het watersysteem en de verbeterstappen in het model. Hoofdstuk 3 behandelt het watersysteem en Hoofdstuk 4 legt uit wat de maatregel Optimalisatie Onlanden inhoudt. Vervolgens beschrijft Hoofdstuk 5 op welke punten het model is geactualiseerd. Ten slotte worden in Hoofdstuk 6 en 7 respectievelijk de validatie en kalibratie van het model beschreven.

Het tweede deel van het rapport, Hoofdstuk 8 t/m 11, behandelt de verschillende varianten. Hoofdstuk 8 geeft een overzicht van de varianten. In Hoofdstuk 9 worden de gemaakte hydrologische ontwerpkeuzes binnen elke variant in detail besproken. In Hoofdstuk 10 wordt geëvalueerd of de varianten haalbaar zijn en welke waterstanden kunnen optreden. Tot slot gaat Hoofdstuk 11 in op een aantal worst-case scenario's.

3 Watersysteem

In dit hoofdstuk wordt het functioneren van het watersysteem op hoofdlijnen uitgelegd. Inzicht in de werking van het watersysteem dient als basis voor voorliggend rapport en is noodzakelijk voor het doorlopen van de stappen om te komen tot een geactualiseerd model.

3.1 Algemeen

De Onlanden is een grootschalig natuur- en waterbergingsgebied. Het gebied wordt omringd door de dorpen Eelde-Paterswolde, Peize, Roden, Roderwolde, Nietap, Leek en Hoogkerk. Aan de noordoostzijde ligt De Onlanden tegen de buitenwijken van Groningen aan.

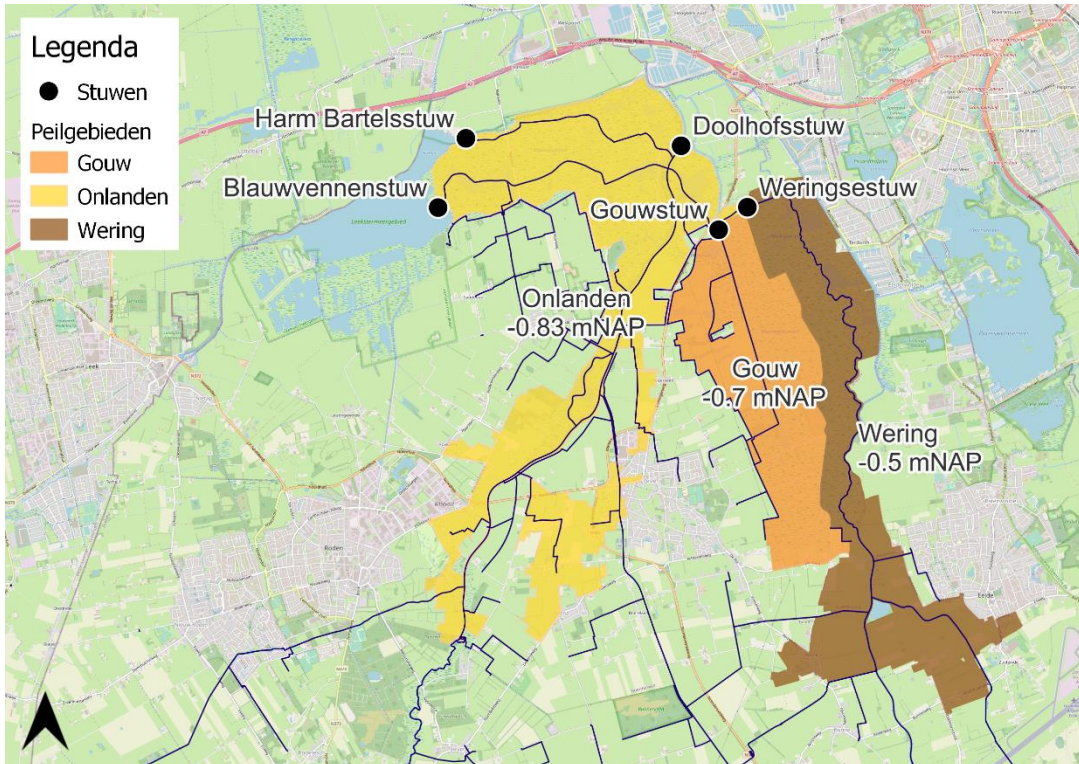
Van oudsher is De Onlanden een laagveengebied gelegen tussen het Drentse zand en de Groninger zeeklei. Vanaf het Drents zandplateau monden het Eelder- en Peizerdiep uit in De Onlanden.

In de periode 2008-2013 is de herinrichting uitgevoerd waarbij meer ruimte voor waterberging en natuur is gecreëerd. In 2008 werd begonnen met de herinrichting van het Leekstermeergebied. De Peizermeden volgden vanaf 2010 en de inrichting is in 2013 afgerond. Het water uit het Peizer- en Eelderdiep heeft de ruimte gekregen in een gebied van zo'n 2.500 ha tussen het Leekstermeer en het Paterswoldsemeer: De Onlanden. In januari 2012 werd het waterbergingsgebied, tijdens een periode met extreem hoog water in Groningen en Drenthe, versneld in gebruik genomen. Hierdoor werd voorkomen dat het gebied rond de Tolberterpetten onder water liep.

3.2 Peilgebieden

Het grootste peilgebied is 'Onlanden'. In dit peilgebied vindt het grootste deel van de afvoer plaats over de drempelconstructies genaamd de Harm Bartelsstuw en Blauwvennenstuw gelegen in het noordwesten van De Onlanden. Deze stuwen hebben een breedte van meer dan 25 meter waardoor weinig opstuwing plaatsvindt en bij hogere afvoeren feitelijk een open verbinding is met de boezem. Een deel van de afvoer vindt plaats over de Doolhofstuw die met een automatische klep stuurt op het streefpeil van -0,83 m NAP bovenstrooms.

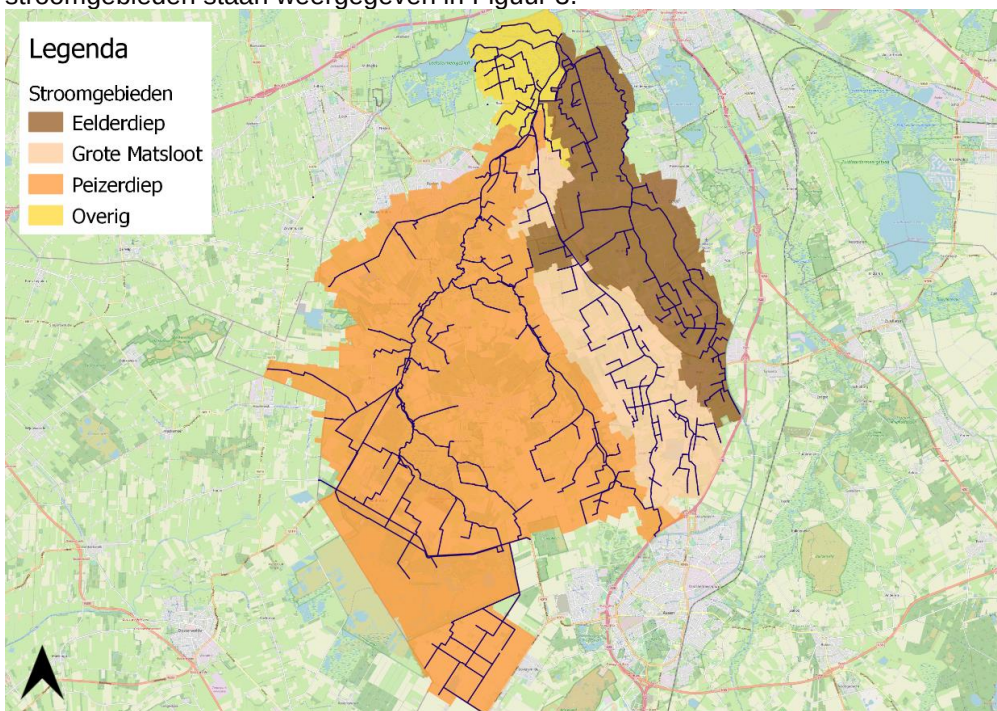
Het peilgebied Gouw watert af op de Gouwstuw en het peilgebied Wering watert af op de Weringsestuw (ook wel stuw Weringse dijk genoemd). Beide stuwen zijn vaste overlaten. De peilgebieden zijn weergegeven in Figuur 2. Meer informatie over de stuwen en het watersysteem staat beschreven in hoofdstuk 5.



Figuur 2: De drie grote peilgebieden in De Onlanden.

3.3 Stroomgebieden

De Onlanden wordt gevoed door drie beken, namelijk Peizerdiep, de Grote Masloot en het Eelderdiep. Deze stroomgebieden staan weergegeven in Figuur 3.

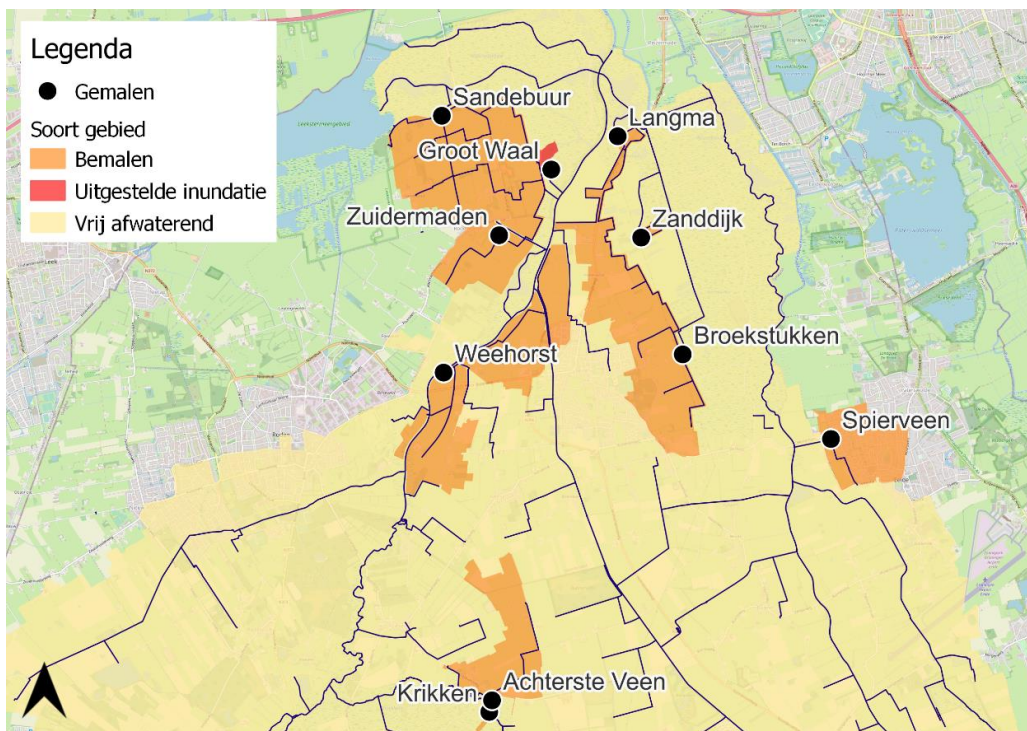


Figuur 3: Stroomgebieden beken.

3.4 Bemalen en vrij afwaterende gebieden

Het grootste deel van De Onlanden en het bovenstroomse gebied is vrij afwaterend maar in en rondom De Onlanden komen ook bemalen gebieden voor. Deze bemalen gebieden hebben andere hydrologische eigenschappen dan de vrij afwaterende gebieden. De afvoercapaciteit van de bemalen gebieden zijn beperkt door poldergemalen en de gebieden zijn beschermd tegen hoge waterstanden door regionale kades.

Figuur 4 toont een overzicht van de gemalen en vrij afwaterende gebieden. Een uniek gebied is het Groot Waal die wordt bemalen door een windmolen. Hier zijn de omringende kades relatief laag en spreekt men bij dit gebied over 'uitgestelde inundatie'.



Figuur 4: Bemalen en vrij afwaterende gebieden.

4 Uitleg maatregel Optimalisatie Onlanden

Vanuit waterveiligheid geredeneerd is De Onlanden belangrijk voor de boezem. De grote hoeveelheid waterberging resulteert namelijk in lagere waterstanden en maatgevende hoogwaterstand (MHW). En zeker gelet op de toename van extreme neerslag als gevolg van klimaatverandering wordt de beschikbaarheid van waterberging alleen maar belangrijker. De gevolgen van klimaatverandering zijn significant. Als het waterschap geen enkele DV2050-maatregel treft dan stijgt de MHW in De Onlanden naar +0,08 m NAP¹ (zichtjaar 2025) en in de boezem nabij het van Starkenborghkanaal naar +0,02 m NAP.

In de DV2050-studie is een breed maatregelenpakket vastgesteld waarmee deze stijging van de MHW's in de boezem wordt voorkomen. Een voorbeeld van zo'n Droge Voeten-maatregel is het afsluiten van sluis Schouwerzijl en het vergroten van gemaal H.D. Louwes. Deze maatregelen zijn effectief. Als alle maatregelen worden ingezet dan daalt de MHW in de boezem naar -0,31 m NAP. Stel dat alle maatregelen worden uitgevoerd zonder Optimalisatie Onlanden dan wordt de MHW in De Onlanden fors lager dan de +0,08 m NAP.

Vanuit waterveiligheid geredeneerd is een fors lager MHW creëren in De Onlanden niet doelmatig, want het is een waterbergingsgebied waarin juist water geborgen dient te worden. Om die reden is de maatregel Optimalisatie Onlanden bedacht. Het belangrijkste onderdeel van deze maatregel is dat bij de drempelconstructies stuwende constructies worden geplaatst. Daarmee kan het waterschap bij extremen de waterstand tijdelijk (aantal dagen) opstuwen tot maximaal +0,15 m NAP. Dit hoofdstuk geeft meer uitleg over deze maatregel.

4.1 Optimalisatie Onlanden op hoofdlijnen

Deze paragraaf beschrijft de maatregel op hoofdlijnen. In de MER wordt deze maatregel Variant 1 genoemd. In Figuur 5 worden de maatregelen die horen bij variant 1 weergegeven.



Figuur 5: Maatregelen voor variant 1: het aanpassen van drempels, stuwende (oranje symbolen) en kades (gele lijnen).

¹ 2018, Arcadis, Optimalisatie Onlanden

Aanloop extreme gebeurtenis

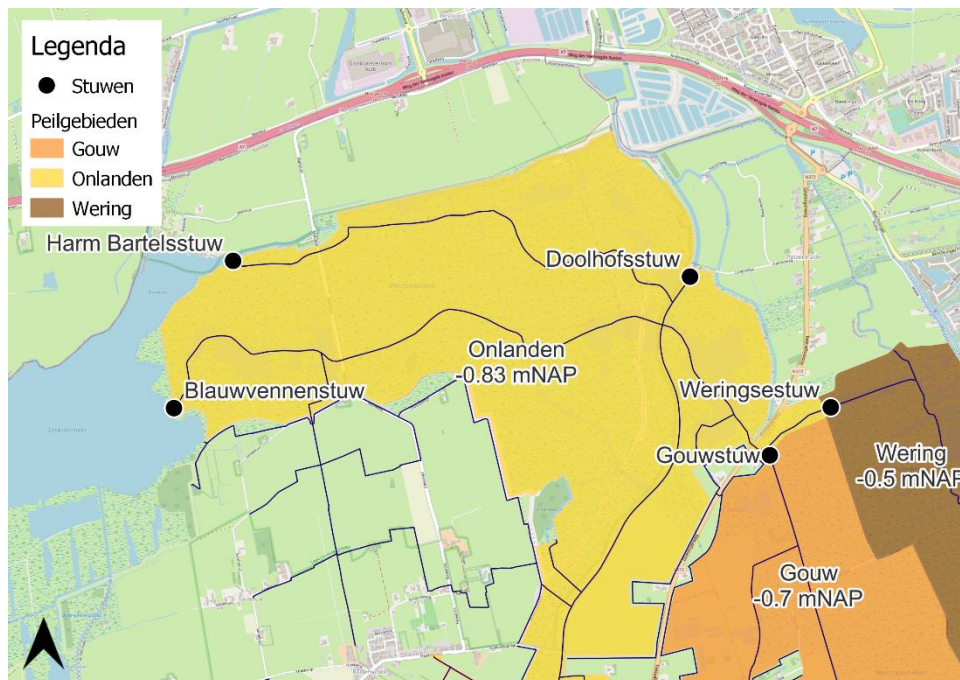
In de aanloop van een extreme neerslaggebeurtenis stijgen de waterstanden in De Onlanden. Bij de aanpassingen aan het watersysteem is een ontwerpuitsgangspunt niet te veel opstuwing te veroorzaken. Daarmee wordt bedoeld dat de nieuwe stuwende constructies weinig opstuwing mogen veroorzaken. Ze worden voldoende ruim gedimensioneerd en liggen plat. Op die manier is voldoende bergingsruimte aanwezig op het moment dat de berging nodig is.

Vullen berging

Het water uit De Onlanden stroomt over de Harm Bartelsstuw, Blauwvennenstuw en Doolhofstuw naar de boezem (zie Figuur 6). De maatregel Optimalisatie Onlanden in de DV2050-studie houdt in dat de afvoer op deze drie locaties kan worden geblokkeerd. Bij de Harm Bartelsstuw en Blauwvennenstuw worden stuwende constructies geplaatst en de klep van de Doolhofstuw wordt verlengd. Daarbij wordt de waterstand bovenstrooms van de stuwen opgezet tot maximaal +0,15 m NAP.

Ledigen berging

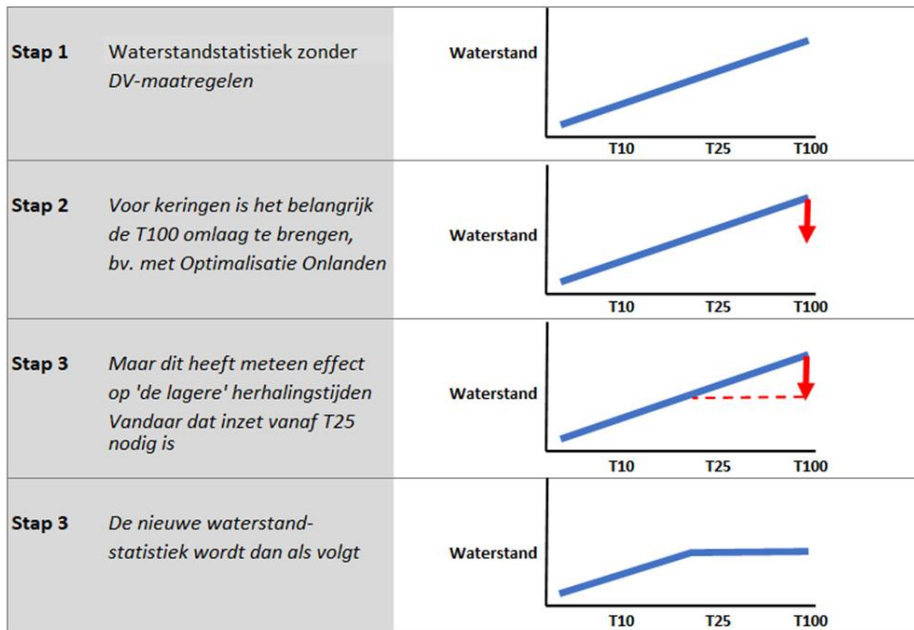
Zodra het BOS voorspelt dat de MHW's gaan dalen, wordt De Onlanden zo spoedig mogelijk geleegd. Ledigen gebeurt via de stuwende constructies en Doolhofstuw.



Figuur 6: Stuwen in De Onlanden.

4.2 Impact op lagere herhalingstijden

De maatregel die de MHW's (T100) moet verlagen, heeft een invloed op lagere herhalingstijden. Om dit te begrijpen wordt onderstaand vereenvoudigd figuur gebruikt (Figuur 7). Het figuur benadert de waterstand vanuit de boezem en niet vanuit De Onlanden.



Figuur 7: Versimpelde uitleg effecten op lagere herhalingstijden van Optimalisatie Onlanden.

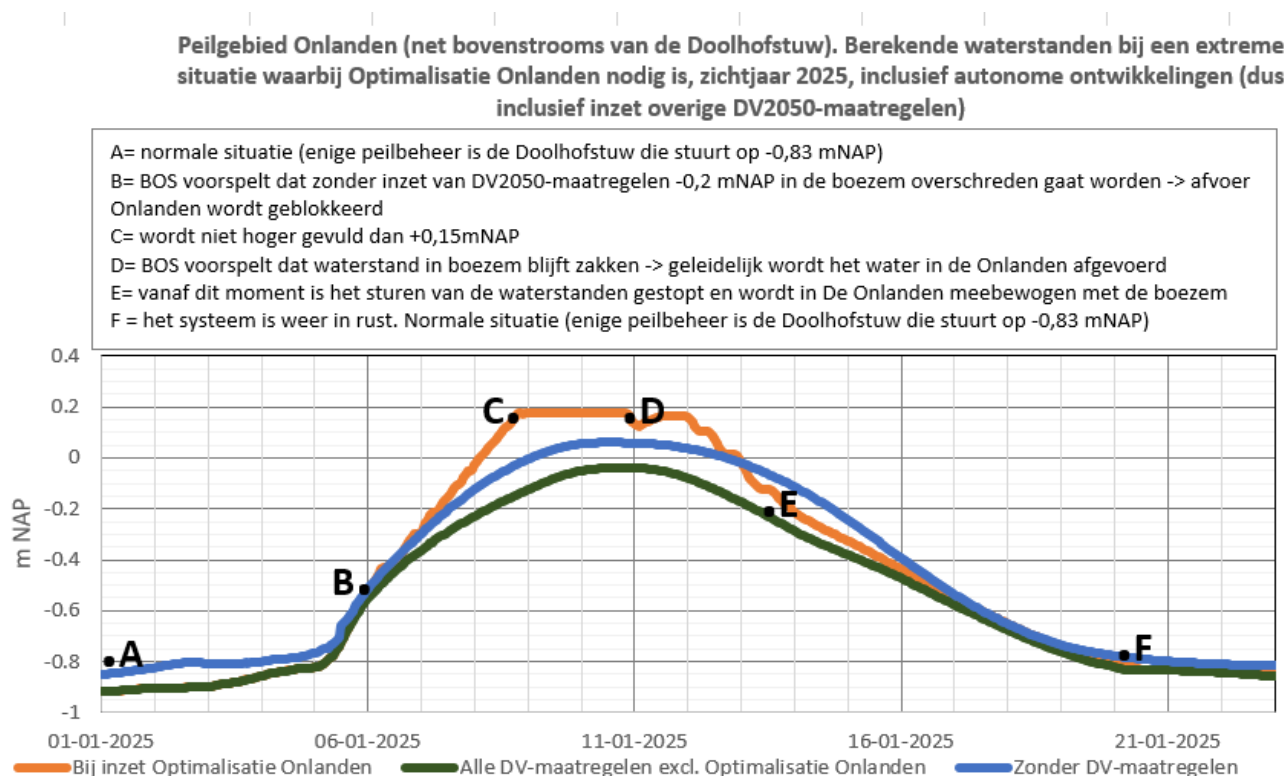
4.3 Illustratie werking berging

Met behulp van het model zijn verschillende scenario's geanalyseerd. De waterstanden wanneer de berging wordt ingezet, zijn berekend. Daarnaast zijn andere situaties onderzocht, zoals het implementeren van alle DV-maatregelen, exclusief de Optimalisatie Onlanden.

Figuur 8 toont de berekende waterstanden in De Onlanden bij drie situaties. Dit is doorgerekend met een representatieve extreme gebeurtenis die in werkelijkheid op andere wijze kan optreden:

- **Blauwe lijn:** situatie zonder enige DV-maatregel. Bij deze doorgerekende extreme situatie stijgt de hele boezem en beweegt de Onlanden mee. Dat waterstand stijgt tot +0,06 m NAP.
- **Donkergroene lijn:** situatie met alle DV-maatregelen exclusief de Optimalisatie Onlanden. Net als bij de vorige situatie is een open verbinding aanwezig met de boezem en De Onlanden beweegt mee qua waterstanden. De waterstanden zijn maximaal -0,04 m NAP.
- **Oranje lijn:** situatie waarbij alle DV-maatregelen, inclusief Optimalisatie Onlanden zijn uitgevoerd. In deze situatie worden stuwende constructies geplaatst die het water kunnen opstuwten. Dit gebeurt tot +0,15 m NAP.

De letters in Figuur 8 geeft een aantal momenten aan qua sturing van de berging bij Optimalisatie Onlanden. Zo geeft punt D het moment weer dat gestart wordt met het ledigen van de berging waarbij wordt geprobeerd zo snel mogelijk -0,2 m NAP te bereiken. Als dit te snel gebeurt, ontstaan te hoge waterstanden in de boezem benedenstrooms. Daarom duurt het uiteindelijk 3 dagen voordat -0,2 m NAP wordt bereikt.



Figuur 8: Berekende waterstanden bij een representatieve stochastencombinatie (Zichtjaar 2025, Winter, Patroon Hoog, Volume T25).

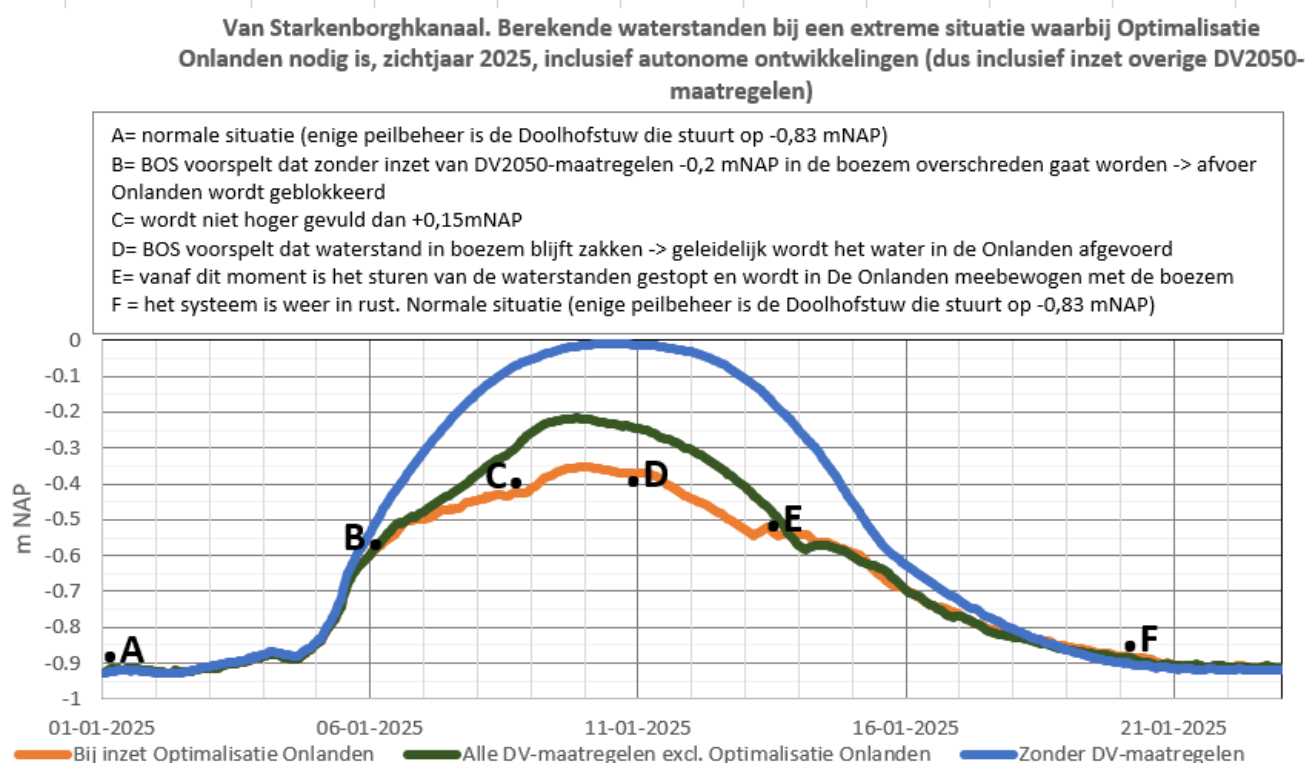
4.4 Noodzaak van de DV2050 en Optimalisatie Onlanden

In Figuur 9 worden de waterstanden in de boezem (Van Starkenborghkanaal) weergegeven. Het figuur toont duidelijk waarom de DV-maatregelen en Optimalisatie Onlanden van groot belang zijn voor het beheersen van de waterstanden in de boezem.

Figuur 9 geeft inzicht in de noodzaak van de DV-maatregelen en Optimalisatie Onlanden. Dit is doorgerekend met een representatieve extreme gebeurtenis die in werkelijkheid op andere wijze kan optreden:

- **Blauwe lijn:** situatie zonder enige DV-maatregel. Bij deze doorgerekende extreme situatie stijgt de boezem tot 0 m NAP. De keringen zijn niet gedimensioneerd op zulke hoge waterstanden en als dit zou optreden overstromen de keringen.
- **Donkergroene lijn:** situatie met alle DV-maatregelen exclusief de Optimalisatie Onlanden. Bij deze extreme situatie stijgen de waterstanden tot -0,22 m NAP. De doorgerekende situatie is voor de boezem een T75, dus nog geen T100. Waarschijnlijk overstromen de keringen bij deze situatie.
- **Oranje lijn:** situatie waarbij alle DV-maatregelen, inclusief Optimalisatie Onlanden zijn uitgevoerd. In deze situatie is de maximale waterstand -0,35 m NAP. Dit betekent dat bij deze extreme situatie Optimalisatie Onlanden leidt tot 13 cm lagere waterstanden in het Van Starkenborghkanaal.

In Figuur 9 zijn de letters opgenomen die horen bij de sturing van Optimalisatie Onlanden. Het doel daarvan is in te kunnen zien hoe de sturing van De Onlanden zich verhoudt tot de waterstanden in de boezem. Zo is bijvoorbeeld te zien bij punt B dat de waterstanden nog niet hoog zijn maar dat o.b.v. BOS-voorspellingen ruim van tevoren wordt besloten Optimalisatie Onlanden in te zetten.



Figuur 9: Berekende waterstanden bij een representatieve stochastencombinatie (Zichtjaar 2025, Winter, Patroon Hoog, Volume T25).

5 Actualisatie boezemmodel

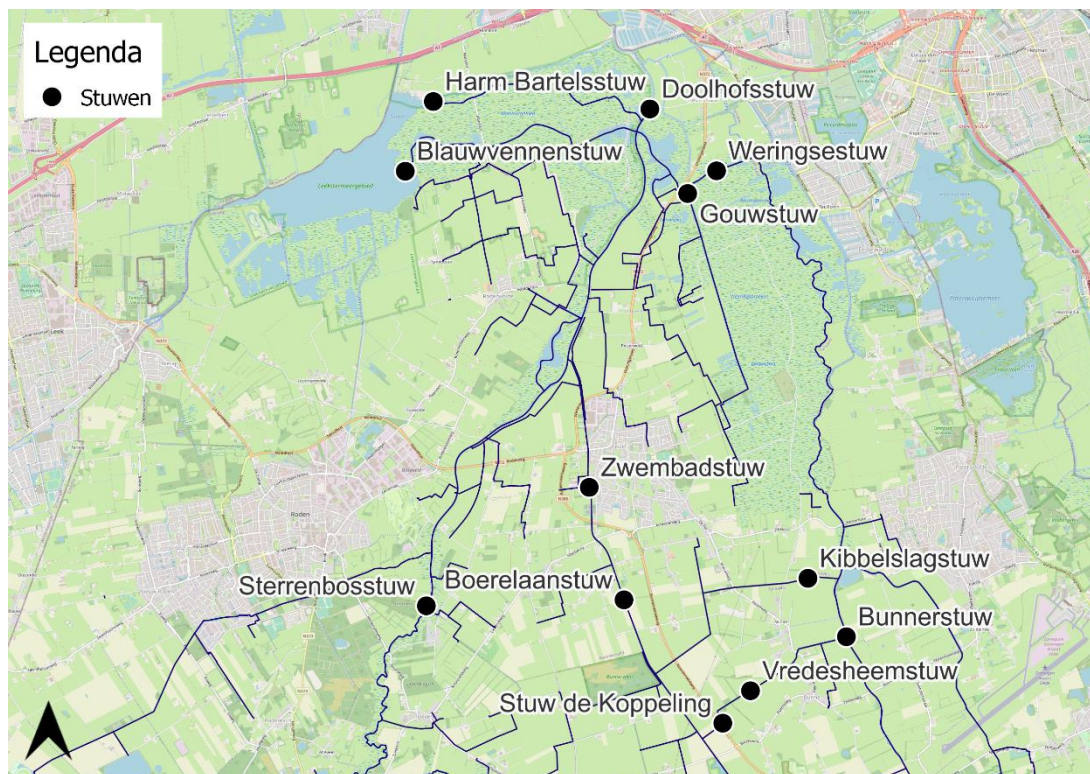
In dit hoofdstuk beschrijf we de doorlopen stappen om tot een actueel boezemmodel te komen.

De hydrologische werking van De Onlanden is opgenomen in het boezemmodel. Omdat de afgelopen jaren veel is veranderd in en rondom De Onlanden, samen met een grotere beschikbaarheid aan meetgegevens, is de wens het model te actualiseren.

Op 50 locaties is het model geactualiseerd. De belangrijkste aanpassingen staan beschreven in dit hoofdstuk en de volledige lijst samen met het logboek zijn opgenomen in Bijlage B.

5.1 Stuwen

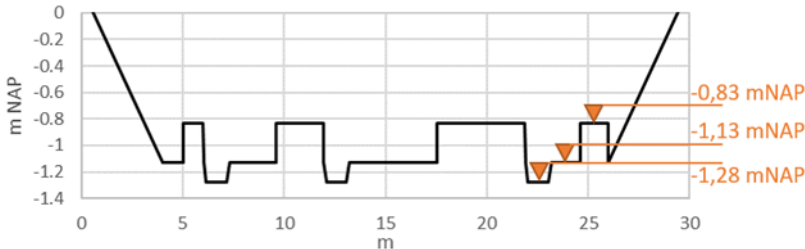
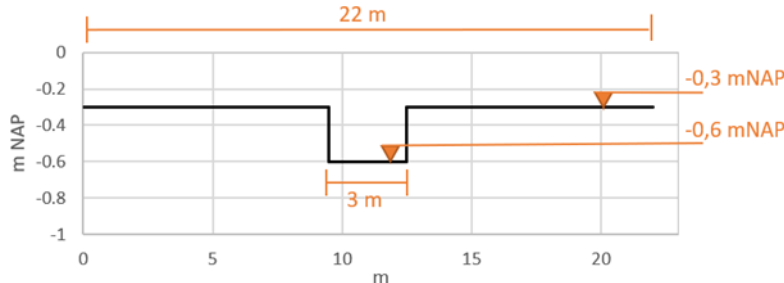
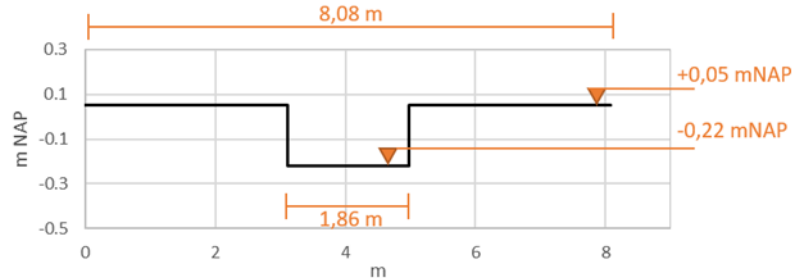
De stuwen in en rondom De Onlanden hebben invloed op de waterstanden en debietverdeling. Informatie over de stuwen in het gebied zijn gehaald van bestekstekeningen, uit metingen en door kennis van het projectteam. Figuur 10 toont de gecontroleerde en verbeterde stuwen in het boezemmodel.

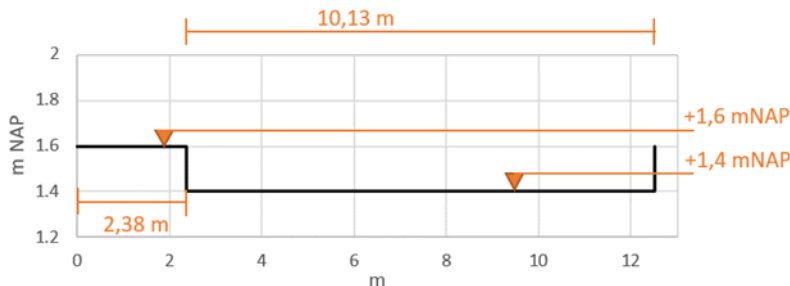
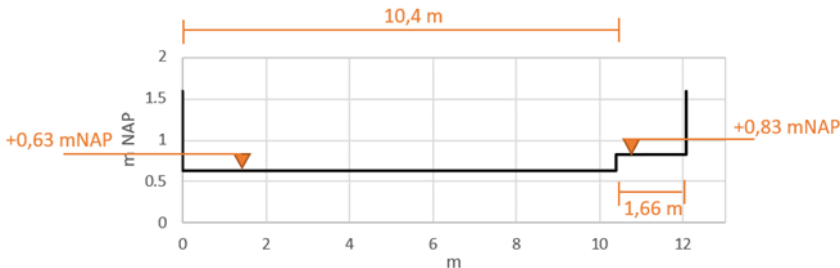


Figuur 10: Geactualiseerde stuwen.

Tabel 3 geeft weer hoe de stuwen zijn opgenomen in het model.

Tabel 3: Toelichting actualisatie kunstwerken.

Naam	Dimensies
Harm Bartelsstuw	Deze stuw is uitgevoerd met keien en heeft daardoor een grillig verloop. In het model is een geschematiseerde versie opgenomen.
	
Blauwvennenstuw	Gelijk aan de Harm Bartelsstuw
Doolhofstuw	Dit is een stuw met een automatische klep en heeft de volgende eigenschappen: - Breedte klep = 4 m - Minimale klepstand = -1,85 m NAP - Maximale klepstand = -0,21 m NAP - Streefpeil(en) = -0,83 m NAP
Weringsestuw (stuw Weringse dijk)	Dit is een vaste overlaat met volgende eigenschappen: - Laagste trap = 3 m breed op -0,6 m NAP - Hoogste trap = 22 m breed op -0,3 m NAP - In bijlage A staat meer info over hoe de bekkenpassage is opgenomen.
	
Gouwstuw	Dit is een vaste overlaat en als volgt opgenomen 20 m breed - Hoogte -0,7 m NAP - In bijlage A staat meer info over hoe de bekkenpassage is opgenomen.
Sterrenbosstuw	Is een vaste overlaat en als volgt opgenomen: In bijlage A staat meer info over hoe de bekkenpassage is opgenomen.
	
Zwembadstuw	Is een vaste overlaat: - Breedte 4,7 m - Hoogte gelijk aan streefpeil(en) = +0,95 m NAP

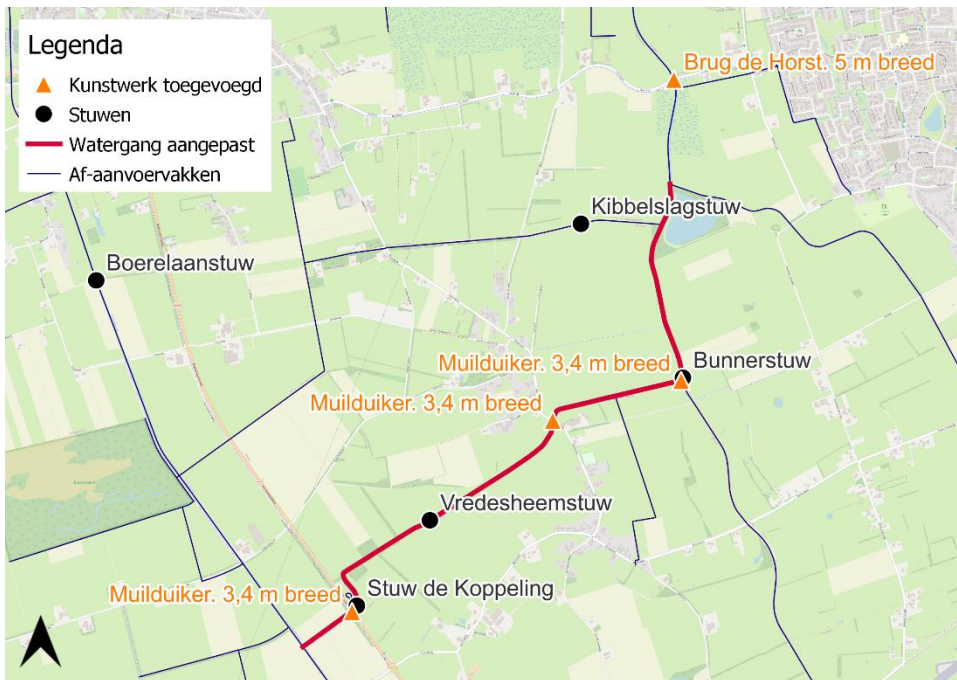
Naam	Dimensies
Boerelaanstuw	Dit is een stuw met een automatische klep en heeft de volgende eigenschappen: - Breedte klep = 4,66 m - Minimale klepstand = +1,88 m NAP - Maximale klepstand = +2,3 m NAP - Streefpeil(en) = +2,2 m NAP
Stuw de Koppeling	Dit is een stuw met een automatische klep en heeft de volgende eigenschappen: - Breedte klep = 4 m - Minimale klepstand = +0,83 m NAP - Maximale klepstand = +2,38 m NAP - Streefpeil(en) = +2,2 m NAP - In bijlage A staat meer info over hoe de bekkenpassage is opgenomen.
Vredesheemstuw	Is een vaste overlaat en als volgt opgenomen.
	
Bunnerstuw	Is een vaste overlaat en als volgt opgenomen
	
Kibbelslagstuw	Deze stuw is regelbaar, maar niet automatisch. Deze stuw is in het model opgenomen met een winter- en zomerpeil. - Zomerpeil = +0,95 m NAP - Winterpeil = +0,8 m NAP - Breedte = 2 m

5.2 De Koppeling

Met het project De Koppeling heeft het waterschap een nieuwe afvoerroute gecreëerd tussen de Grote Masloot en het Eelderdiep. In de praktijk gaat het grootste deel van de afvoer over stuw De Koppeling in plaats van de Boerelaanstuw. In het model is aangenomen dat 75% stroomt over stuw de Koppeling en 25% over de Boerelaanstuw.

Figuur 11 geeft de modelaanpassingen weer:

- Dikke rode lijn: In deze watergang zijn de profielen geactualiseerd. Deze profielen zijn overgenomen uit de Revisiemetingen (2014, project De Koppeling Peize).
- De oranje driehoeken geven de drie duikers en een brug weer die zijn toegevoegd.



Figuur 11: Actualisatie De Koppeling.

5.3 Bemalen en vrij afwaterende gebieden

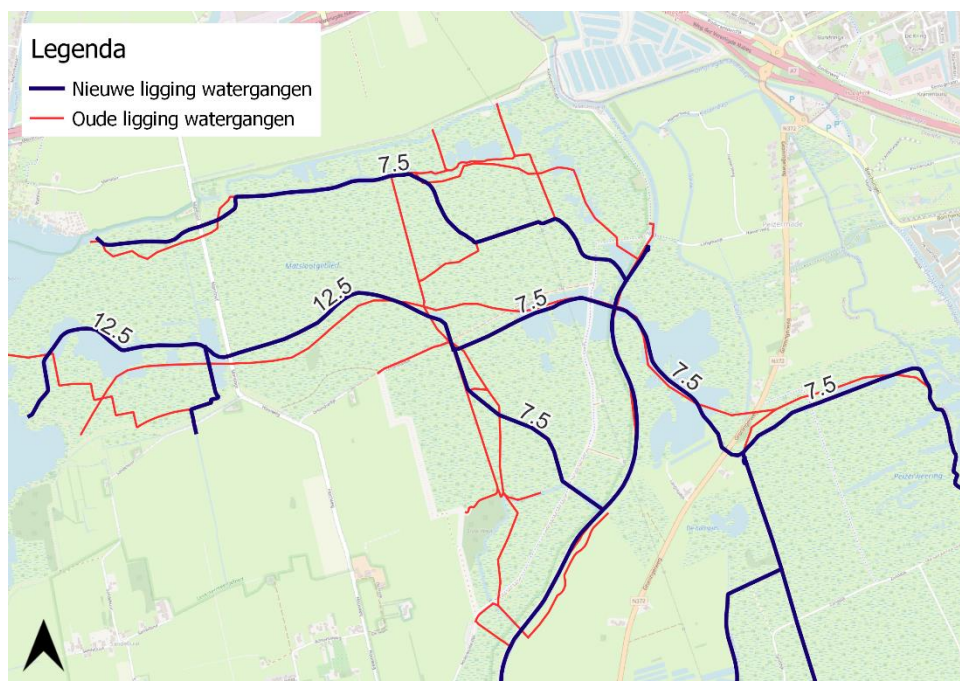
In paragraaf 3.4 staat beschreven dat in het gebied bemalen en vrij afwaterende gebieden voorkomen. Het is belangrijk dat deze gebieden goed in het model staan; bemalen gebieden worden beschermd door kades en maken om deze reden geen deel uit van het vrij afwaterende watersysteem van De Onlanden. In het model was dit in een aantal gevallen niet correct opgenomen en hierop is het model verbeterd. Tabel 4 beschrijft de modelaanpassingen.

Tabel 4: Actualisatie van gemalen en achterliggend bemalen gebied (meer details staan beschreven in het logboek in bijlage 2).

Naam	Modelverbetering
Gemaal Sandebuurt	Dit gemaal stond in het model niet op de juiste locatie waardoor deze afvoerde op het Leekstermeer i.p.v. De Onlanden. Dit is gecorrigeerd.
Gemaal Groot Waal en gemaal Zanddijk	Deze gemalen (en bemalingsgebieden) zijn zo klein dat is gekozen deze gemalen niet op te nemen in het model.
Gemaal Zuidermaden	Een deel van het bemalingsgebied is vrij afwaterend geworden. Dit is aangepast in het model door in het bemalingsgebied de S-curve (tabel met maaiveldhoogtes) te verkleinen en een nieuwe S-curve als vrij afwaterend op te nemen.
Gemaal Langma	Was niet in het model opgenomen. Deze is samen met het achterliggende gebied opgenomen in het model.
Gemaal Broekstukken	Gemaal Broekstukken was niet in het model opgenomen. Deze is samen met het achterliggende gebied opgenomen in het model.
Gemaal Weehorst	Het gemaal was wel opgenomen in het model maar de afwatering en berging op het maaiveld was benedenstrooms van het gemaal geplaatst. Dit is verbeterd.
Gemaal Krikken	Was al correct opgenomen. Geen aanpassing.
Gemaal Achterste Veen	Hier is een verschil in het bemalingsgebied tussen het model en de actuele situatie, maar omdat dit gebied qua maaiveld relatief hoog ligt, ontstaat nauwelijks effect op de maatregel Optimalisatie Onlanden. Het model is hierop niet aangepast.
Gemaal Spierveen	Was niet in het model opgenomen. Het gemaal en achterliggende gebied zijn correct opgenomen in het model.

5.4 Bodembreedtes en ligging watergangen/slenken

In het model waren de slenken opgenomen op de oude ligging van de polderwatergangen. Dit kan ervoor zorgen dat er modelmatig een andere opstuwing plaatsvindt dan in werkelijkheid. Figuur 12 toont de oude en de nieuwe (verbeterde) ligging van de watergangen. De getallen zijn de bodembreedtes van de watergangen en slenken in het geactualiseerde model.



Figuur 12: Oude ligging watergangen in het model en de nieuwe ligging. De getallen zijn de bodembreedtes van de watergangen en slenken in het geactualiseerde model.

5.5 Open water

Het model bevat modelementen die de neerslagafvoer relatie simuleren. Modelementen waarin dit oppervlak is opgenomen zijn 'Unpaved-nodes', 'Paved-nodes' en 'Laterals' met open water. Het totale oppervlak in het model kwam niet overeen met het stroomgebied en was 5% te hoog. Het gevolg is dat het model te hoge debieten berekende.

Op dit punt is een modelverbetering ontdekt, namelijk dat het oppervlak in de Laterals met open water is overschat. Zo was bovenstrooms van de Gouwstuw het oppervlak open water 521 ha terwijl de grootte van dit peilgebied 567 ha is. Op basis van de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) is het oppervlak open water opnieuw afgeleid. Een gedetailleerde uitleg staat beschreven in het logboek in Bijlage B. Tabel 5 toont de geactualiseerde oppervlaktes.

Tabel 5: Actualisatie oppervlaktes open water (uitgaande van normale omstandigheden waarbij de waterstanden gelijk zijn aan de streefpeilen).

Naam peilgebied	Oppervlak open water oorspronkelijk model (ha)	Oppervlak open water geactualiseerd model (ha)
Onlanden	714	40
Gouw	521	108
Wering	409	138

6 Validatie

Het boezemmodel is voor het laatste gekalibreerd in 2013. Sindsdien zijn er nieuwe waterstand- en debietmeetpunten bijgekomen en is het watersysteem veranderd. Op voorhand is niet bekend hoe goed het model presteert t.o.v. metingen en of een kalibratie nodig is. Om die reden is eerst een validatie uitgevoerd waarbij verschillen tussen metingen en model zijn onderzocht.

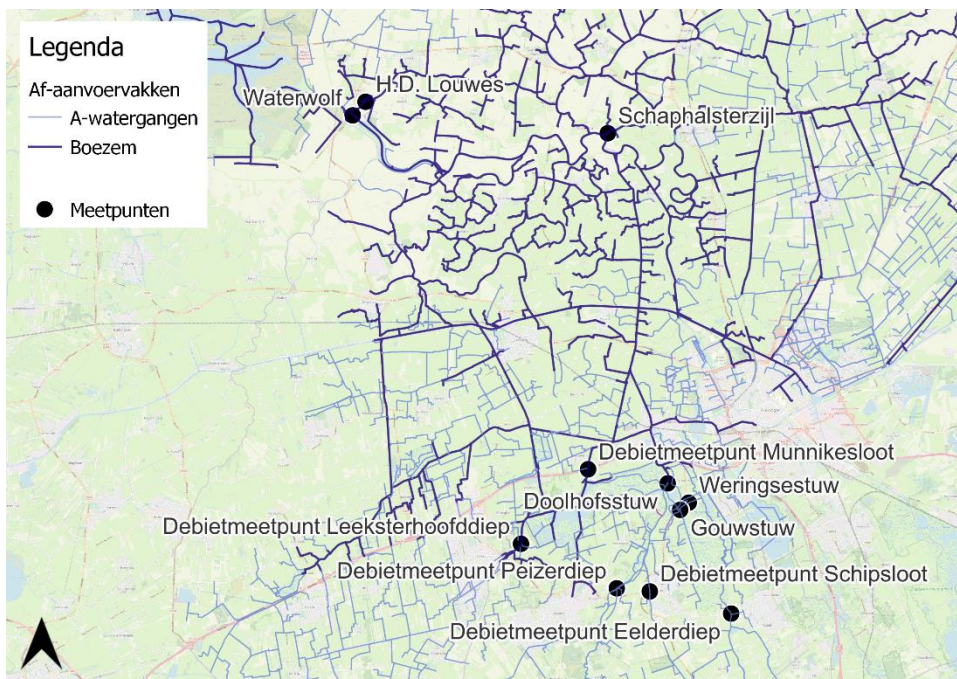
Dit hoofdstuk gaat in op de belangrijkste inzichten uit de validatie inclusief aanbevelingen voor het vervolg. Bijlage C toont alle grafieken die zijn geproduceerd.

6.1 Validatieperiode

In februari 2022 leidde extreme neerslag tot hoge waterstanden in de boezem. De waterstand in het Van Starckenborghkanaal steeg tot -0,41 m NAP en het waterschap was genoodzaakt DV2050-maatregelen in te zetten. De compartimenteringsstuwen zijn in werking getreden en bergingsgebied De Dijken Bakkerom werd gevuld.

In de validatie wordt gekeken naar een langere periode dan alleen het hoogwaterevent, namelijk 1 september 2021 t/m 1 juni 2022, met als doel om ook het model bij lage en normale afvoeren te beoordelen.

Figuur 13 toont de ligging van de meetlocaties die worden behandeld in dit hoofdstuk.



Figuur 13: Namen locaties validatie.

6.2 Waterstanden boezem

Allereerst worden de waterstanden in de boezem beschouwd.

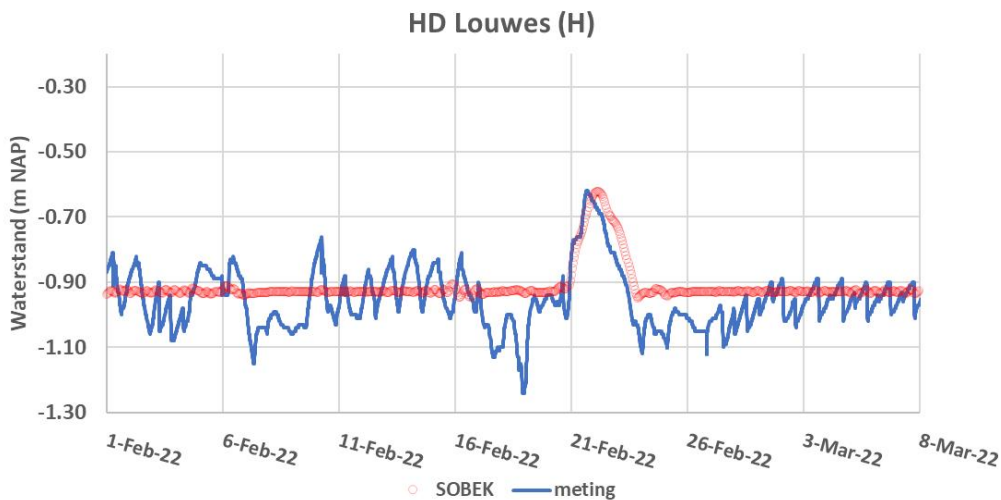
6.2.1 Gemaal H.D. Louwes

De waterstanden in De Onlanden zijn sterk gekoppeld aan de waterstanden in de 3^e schil van de Electraboezem. Zo hebben bijvoorbeeld de waterstanden bij gemaal H.D. Louwes indirect effect op De Onlanden.

De blauwe lijn in Figuur 14 geeft de gemeten waterstanden weer bij gemaal H.D. Louwes. De rode lijn is de berekende waterstand. De metingen geven weer dat buiten om de hoogwaterpiek de waterstanden in de boezem fluctueren met grofweg 0,1 tot 0,2 m. De oorzaak van deze fluctuatie is de vrije lozing naar het Lauwersmeer en indirect de

Waddenzee. Deze vrije lozing is uitgeschakeld in het model, omdat het geen invloed heeft op extreem hoge waterstanden waarvoor dit model is bedoeld. Dit betekent dat het geen probleem is dat het model deze fluctuatie niet berekend.

In de 2^e helft van februari 2022 vond een hoogwaterpiek plaats waarbij de afvoer hoger was dan de gemaalcapaciteit van gemaal HD-Louwes. Hierdoor stegen de waterstanden. De hoogte en timing van de berekende piekwaterstand komt goed overeen met de meting.

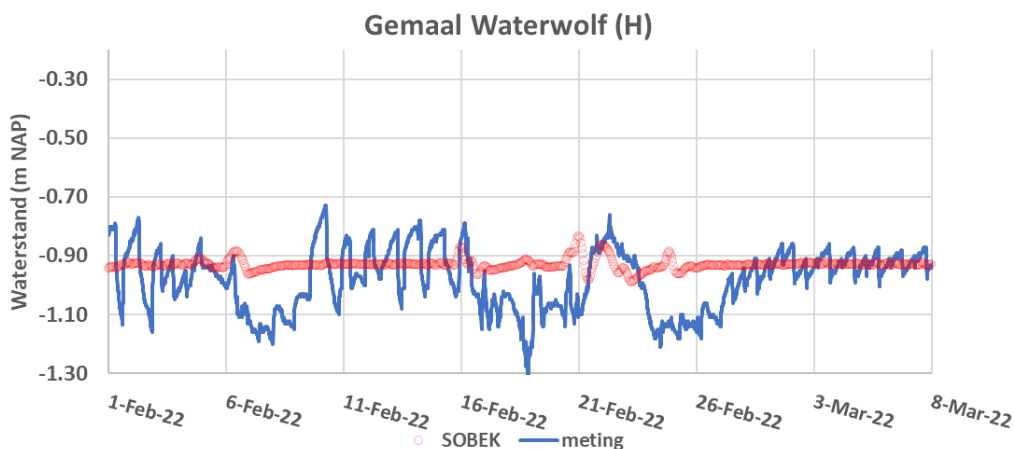


Figuur 14: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bovenstrooms van gemaal HD-Louwes.

6.2.2 Gemaal Waterwolf

Voor gemaal Waterwolf (zie Figuur 15) geldt hetzelfde als bij gemaal H.D. Louwes qua fluctuatie van de waterstanden als gevolg van de vrije lozing. De meting laat zien dat het gemaal de afvoer van water kan verpompen waardoor de waterstand niet stijgt. Hetzelfde gebeurt in het model wat betekent dat het model de waterstanden goed berekend.

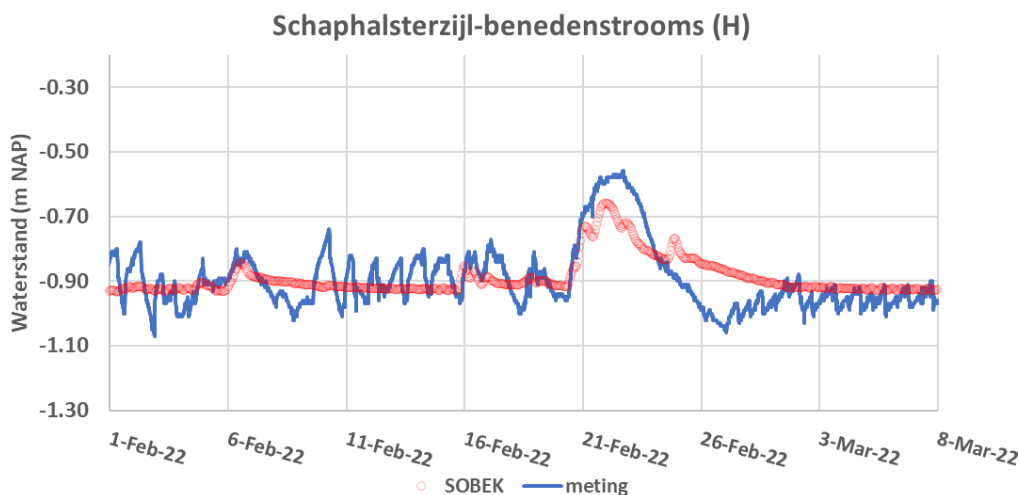
Wat verder opvalt aan de metingen – en niet in het model is opgenomen – is dat voor en na het hoogwaterevent een lager streefpeil is gehanteerd. Dit lagere streefpeil wordt niet in het model opgenomen, omdat dit ook niet is gedaan in de Droge Voeten studie.



Figuur 15: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bovenstrooms van gemaal Waterwolf.

6.2.3 Schaphalsterzijk-benedenstrooms

Figuur 16 toont de waterstanden bij gemaal Schaphalsterzijk. Er is een aanzienlijk verschil tussen de hoogst gemeten en berekende waterstanden. Met als grootste verschillen dat de gemeten hoogste waterstanden hoger zijn dan de berekende waterstanden en dat in het model de waterstand na de piek te langzaam daalt.



Figuur 16: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden benedenstrooms van gemaal Schaphalsterzijk.

Onderstaande bullets gaan in op de meest aannemelijke oorzaken van de afwijkingen:

- **Hoogte van de piek:** Na afronding van de validatie werd duidelijk dat de ingevoerde neerslag (uit Meteobase) in het model de neerslag onderschat. Om die reden is een berekening gedaan met KNMI-neerslag en daaruit volgt dat het model de hoogte van de piek goed benadert.
- **Te langzaam dalen van de waterstand:** Hier zijn drie mogelijke oorzaken voor:
 - In de praktijk is na het hoogwaterevent een lager streefpeil gehanteerd op de boezem. Omdat dit niet in het model is opgenomen, zakt de waterstand in het model te langzaam uit.
 - In het model is het verhang in de boezem te groot waardoor het water moeilijk bij gemaal HD-Louwes en Waterwolf komt.
 - In het model leidt de neerslag-afvoer schematisatie (Unpaved) te langzaam.

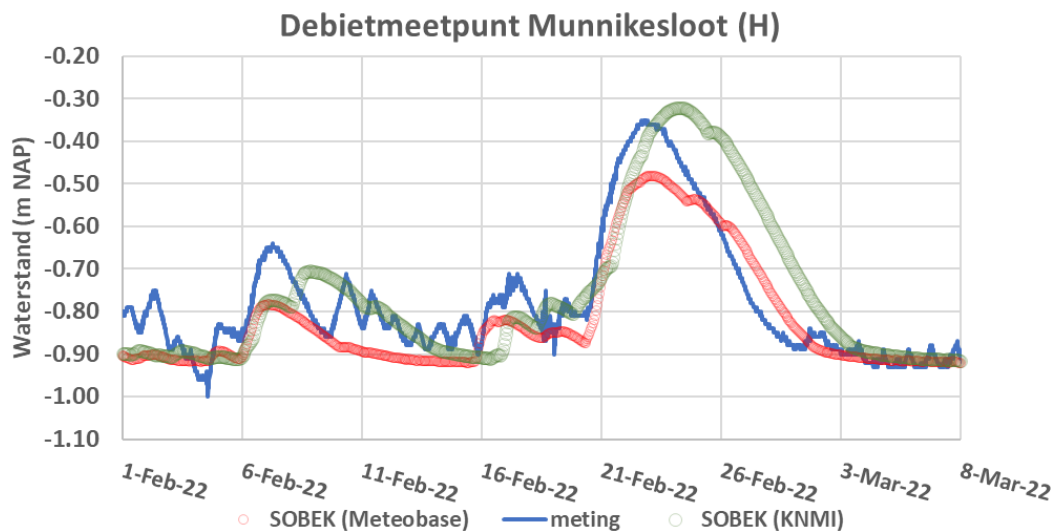
Besloten is dit niet verder uit te zoeken, omdat dit meetpunt niet in de buurt ligt van De Onlanden en de genoemde afwijkingen niet tot nauwelijks invloed hebben op de maatregel Optimalisatie Onlanden.

6.2.4 Waterstanden bij (debiet) meetpunt Munnikesloot

Dit meetpunt ligt slechts 500 m van De Onlanden vandaan. Figuur 17 geeft weer:

- Met de blauwe lijn de gemeten waterstand.
- Met de rode lijn de berekende waterstand waarbij in het model neerslag uit Meteobase is gehanteerd. Net als bij meetpunt Schaphalsterzijk-benedenstrooms is in het model de piekwaterstand te laag en zakt de waterstand te langzaam. Ook is te zien dat in werkelijkheid de waterstand sneller was gestegen.
- Aangezien Meteobase de neerslag onderschatte, is een extra berekening uitgevoerd met neerslag van neerslagstations van het KNMI. Het resultaat is weergegeven met de groene lijn. Opvallend is dat de maximale waterstand beter de werkelijkheid benadert, maar dat de waterstand 2,5 dag te laat uitzakt.

De mogelijke verklaringen voor de afwijkingen, zoals genoemd bij Schaphalsterzijk-benedenstrooms, gelden ook voor dit meetpunt.



Figuur 17: Waterstanden bij (debiet) meetpunt Munnikesloot. Vergelijking tussen gemeten, berekende waterstanden met neerslag uit Meteobase en berekende waterstanden met neerslag van het KNMI.

6.2.5 Conclusie 'Waterstanden boezem'

In het projectteam is besloten niet verder onderzoek te doen naar de verschillen tussen het model en de metingen in de boezem. Het model geeft voldoende inzicht in de gemeten waterstanden en de focus ligt hoofdzakelijk op De Onlanden en niet zozeer op de boezem.

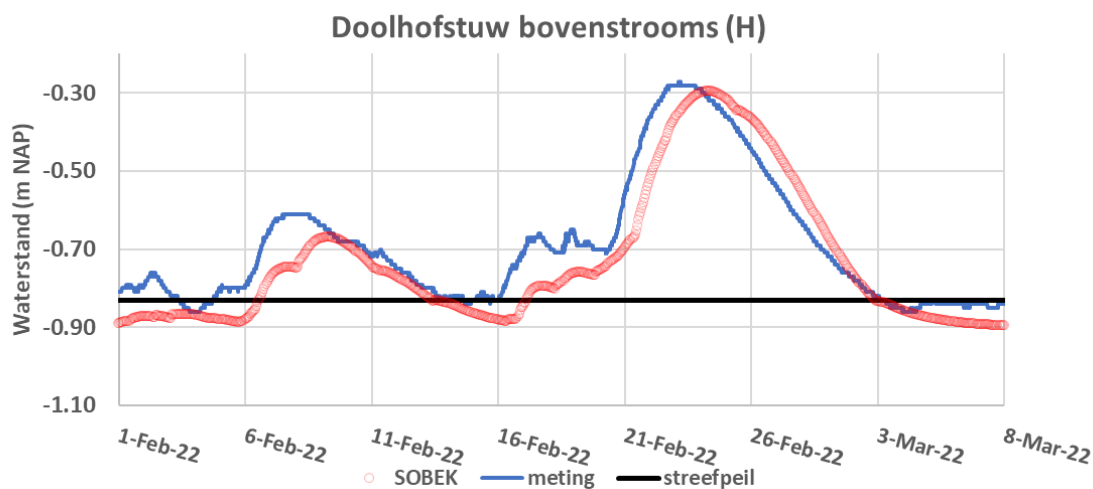
6.3 Waterstanden De Onlanden

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de waterstanden in De Onlanden. In de rest van de rapportage worden geen resultaten meer van het model met neerslag uit Meteobase getoond. In plaats daarvan wordt het resultaat van het model met neerslag uit het KNMI getoond. Bijlage C beschrijft de uitgangspunten voor de KNMI-bui.

6.3.1 Doolhofstuw

Figuur 18 toont de vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bovenstrooms van de Doolhofstuw. De berekende waterstand komt voldoende overeen met de meting. De piek in het model kent echter een 0,75 dag vertraging.

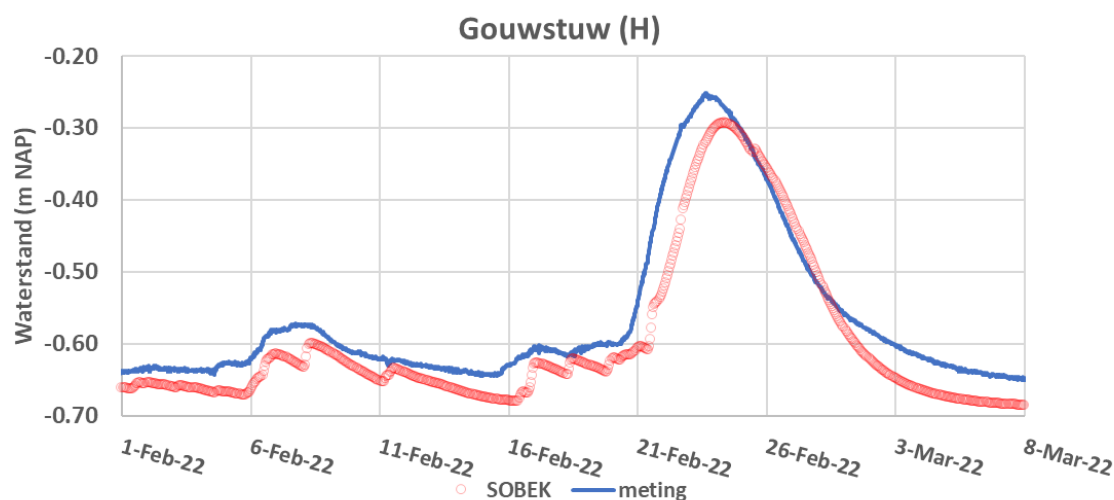
Ook zakken de waterstanden in het model snel en vaak uit tot onder streefpeil. Dit is omdat in het model het verhang in De Onlanden te laag is. Hierdoor stroomt relatief veel water over de drempelconstructies en niet over de Doolhofstuw. Bij de kalibratie van het model wordt dit verbeterd.



Figuur 18: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bovenstrooms van de Doolhofstuw.

6.3.2 Gouwstuw

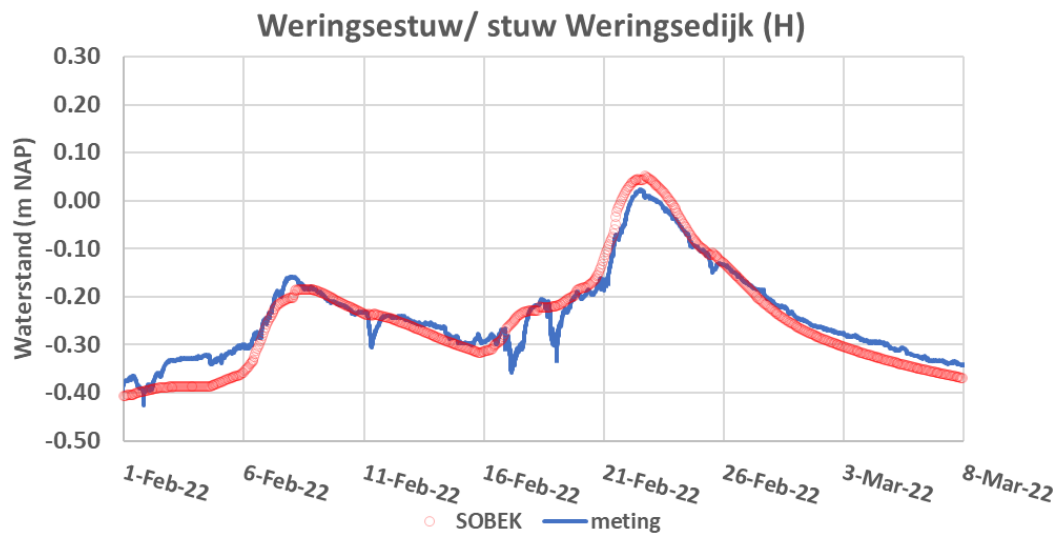
Figuur 19 toont de vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bij de Gouwstuw. Dit is een goed validatieresultaat met als enige kanttekening dat de timing van de berekende waterstanden een geringe vertraging heeft ten opzichte van de gemeten waterstanden. Ook is te zien dat de waterstanden verder uitzakken in het model.



Figuur 19: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bovenstrooms van de Gouwstuw.

6.3.3 Weringsestuw

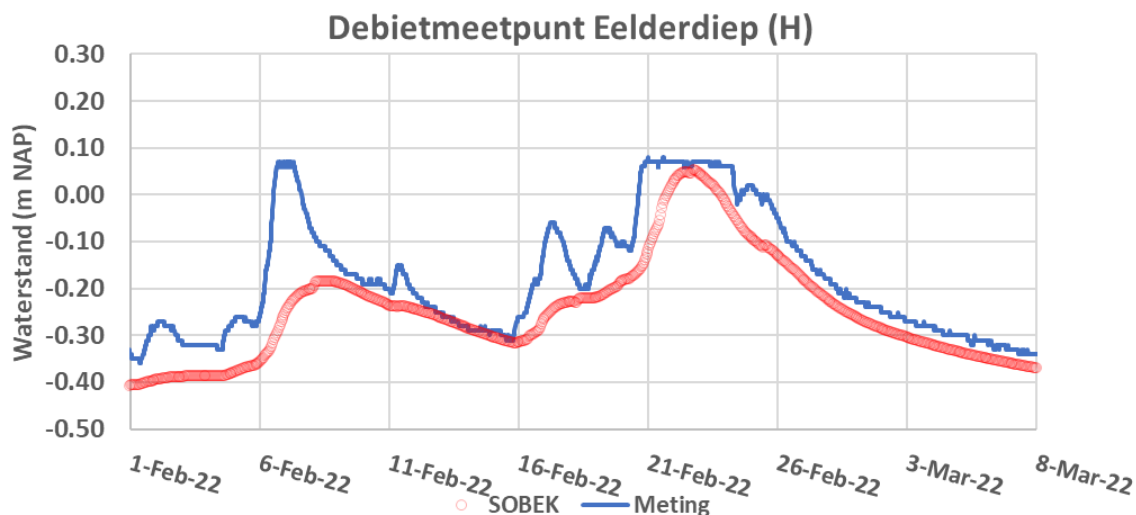
Figuur 20 geeft weer dat het model de gemeten waterstand zeer goed benaderd.



Figuur 20: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bovenstrooms van de Weringsestuw.

6.3.4 Waterstanden bij (debiet) meetpunt Eelderdiep

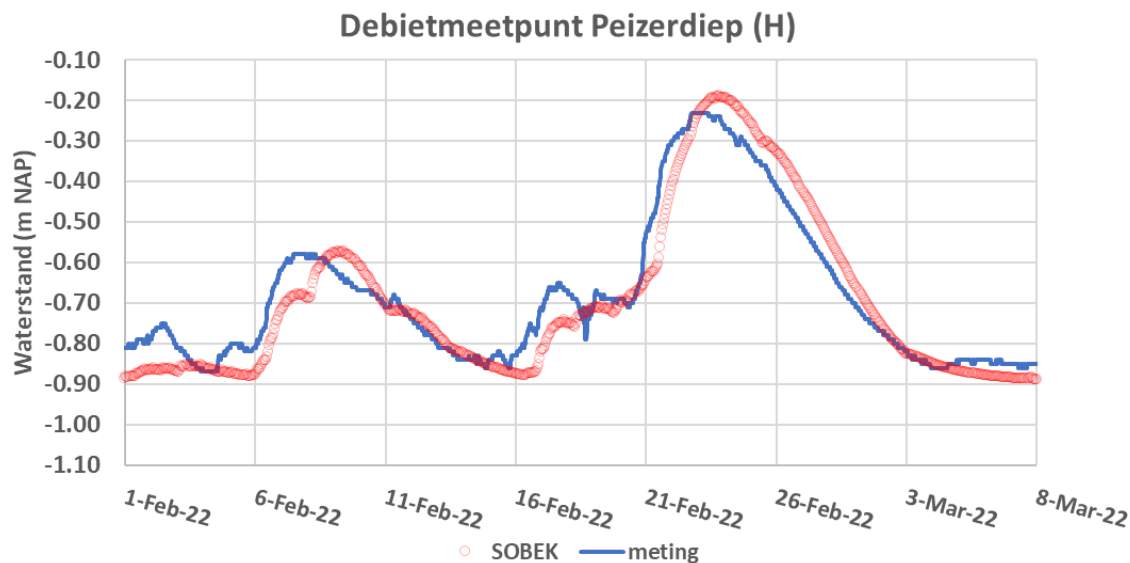
Dit meetpunt ligt bovenstrooms in het Eelderdiep. De metingen laten hier een sterk verhang zien, het verhang hier is het verschil tussen de metingen in Figuur 21 en de metingen bij de Weringsestuw. Dit verhang is echter niet aanwezig in het SOBEK-model. Het model wordt hierop verbeterd in de kalibratie.



Figuur 21: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bij debietmeetpunt Eelderdiep.

6.3.5 Waterstanden bij (debiet) meetpunt Peizerdiep

Figuur 22 laat zien dat het model de gemeten waterstanden goed benaderd. Het model laat wel een vertraging van de piek zien van 0,5 dag (bij de opbouw van de piek) tot 1 dag (bij de afloop van de piek). Het model wordt bij dit meetpunt verbeterd in de kalibratie.



Figuur 22: Vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bij debietmeetpunt Peizerdiep.

6.3.6 Conclusie 'Waterstanden De Onlanden'

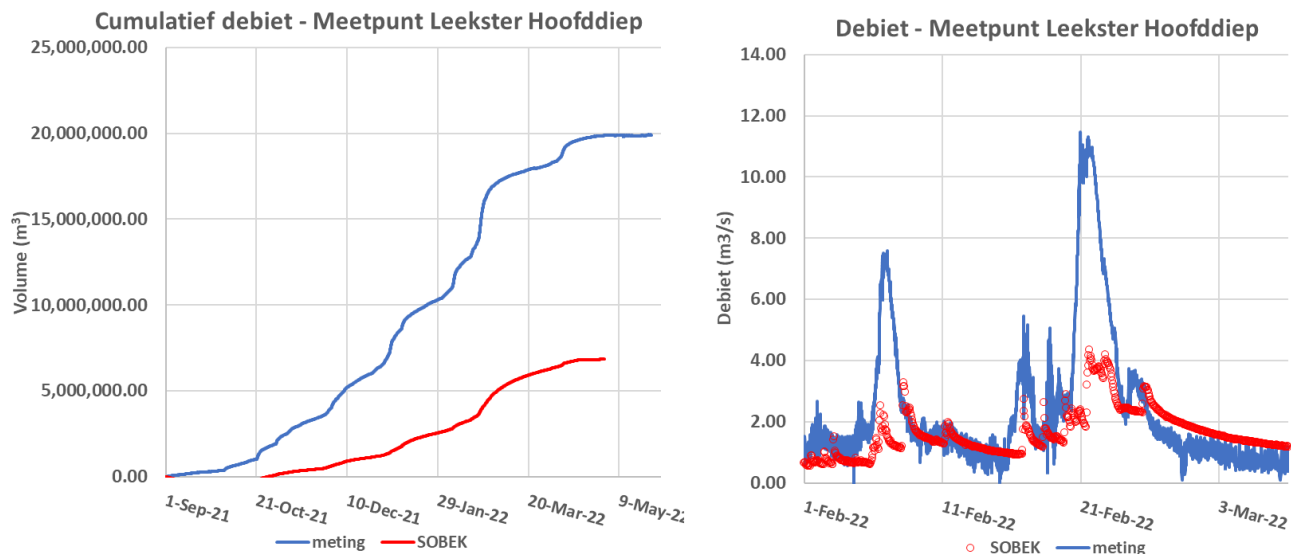
Het model benaderd de waterstanden in De Onlanden voldoende. In een aantal gevallen wordt het verhang onderschat om deze reden wordt een kalibratie van het model uitgevoerd. Daarbij nemen we ook bruggen op in het model, omdat die opstuwung (kunnen) veroorzaken en uiteindelijk een rol spelen bij de leegloop van De Onlanden.

6.4 Debieten in De Onlanden

In de volgende paragrafen worden de debieten in en rondom De Onlanden beschreven.

6.4.1 Leekster Hoofddiep

Het eerste debietmeetpunt bevindt zich benedenstrooms in het kanaal Leekster Hoofddiep. Dit kanaal mondt uit in het Leekstermeer en heeft daarmee indirect invloed op De Onlanden. Figuur 23 toont met de linker figuur de vergelijking bij het cumulatieve debiet voor een relatief lange periode (1 september 2021 t/m 1 juni 2022). De rechter figuur toont een kortere periode (1 februari 2022 t/m 8 maart 2022) waarbij de focus ligt op de hoogwaterpiek.



Figuur 23: Vergelijking cumulatieve en absolute debieten tussen gemeten en berekende debieten bij het debietmeetpunt Leekster Hoofddiep.

Het figuur met de cumulatieve afvoeren geeft weer dat in SOBEK de afvoer fors lager is. Mogelijke oorzaken die zijn verkend:

- In het model mist het effluent uit RWZI Leek. Dit is onderzocht, maar de debieten van de RWZI zijn zo laag, dat daarmee niet de verschillen worden verklaard.
- In het model wordt ten onrechte water afgevoerd naar het Dwarsdiep. Hierop is het model gecontroleerd en dit is niet het geval.
- Het meetpunt klopt niet. Op basis van een aantal controleslagen van zowel het waterschap en Arcadis is de conclusie dat de meting klopt.
- Het model bevat infiltratie naar de diepe ondergrond. Dit is de meest aannemelijke verklaring waarom in het model de debieten lager zijn dan de metingen. Om dit goed mee te nemen, dient de neerslagafvoer schematisatie opnieuw gekalibreerd te worden en dat valt buiten de scope van dit project.

Het figuur met absolute afvoeren geeft het volgende weer:

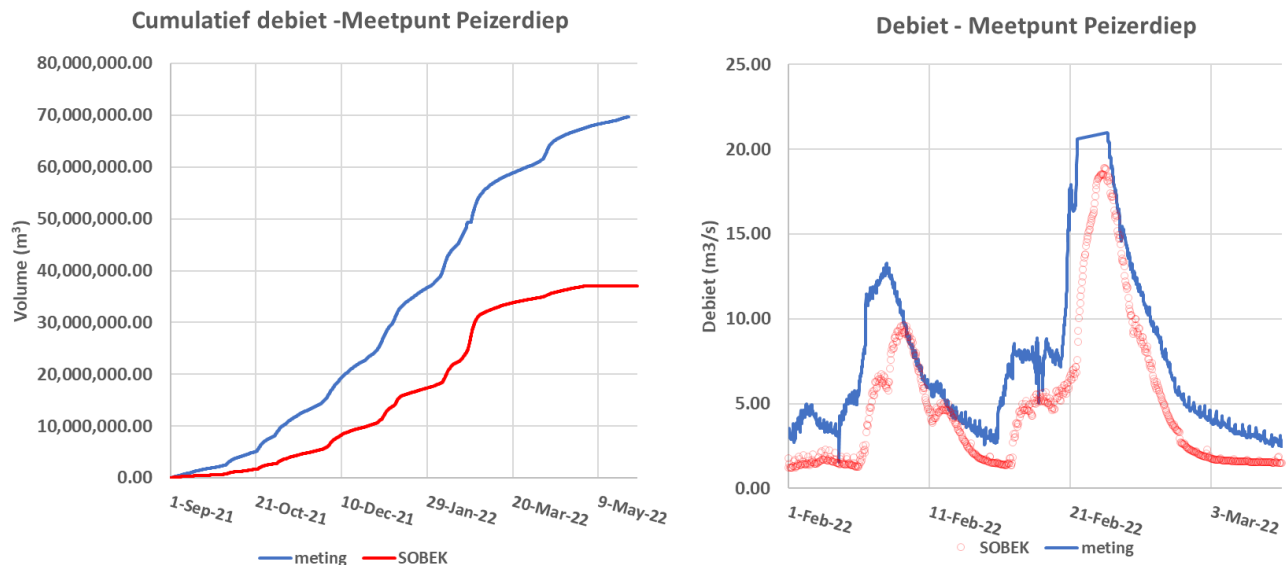
- Het model berekent de dynamiek van de piekafvoeren onvoldoende. Om dit te verbeteren, is een herkalibratie van de neerslagafvoer schematisatie nodig. In de projectgroep is besloten dit niet te doen met als belangrijkste argument dat de te laag berekende piekafvoer nauwelijks effect heeft op (de ontwerpkeuzes binnen) de maatregel Optimalisatie Onlanden.

6.4.2 Peizerdiep

Het Peizerdiep is een watergang die uitmondt in De Onlanden en voor de maatregel Optimalisatie Onlanden is het belangrijk dat het model de gemeten debieten goed benaderd. Binnen de maatregel Optimalisatie Onlanden heeft dit in het bijzonder invloed op de dimensionering van de nieuwe stuw/stuwende constructies bij de drempelconstructies.

Figuur 24 toont de vergelijking van de debieten. Bij dit meetpunt vinden dezelfde afwijkingen plaats als bij het meetpunt Leekster Hoofddiep. De oorzaak hiervoor is grondig onderzocht. De meest aannemelijke reden voor de afwijking is dat er te veel infiltratie naar de ondergrond in het model is opgenomen. Daarnaast is een verbeterpunt de wateraanvoer, al zijn die debieten niet heel hoog.

Het rechter figuur met het absolute debiet geeft weer dat ook bij pieken het debiet wordt onderschat. In de projectgroep is besloten hieraan aandacht te geven tijdens de kalibratie van het model. Meer uitleg daarover volgt in het hoofdstuk kalibratie (Hoofdstuk 7).



Figuur 24: Vergelijking cumulatieve en absolute debieten tussen gemeten en berekende debieten bij het debietmeetpunt Peizerdiep.

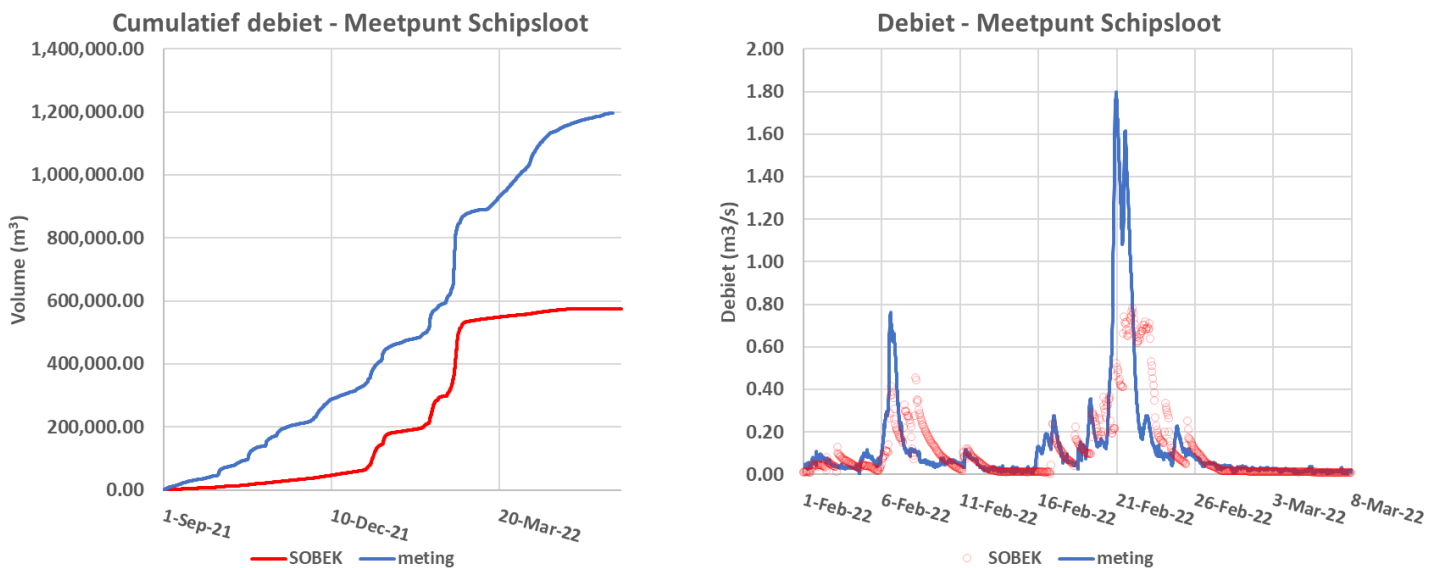
6.4.3 Meetpunten Schipsloot en Eelderdiep

In deze paragraaf worden de grafieken van meetpunt Schipsloot en het Eelderdiep samen getoond, omdat beide meetpunten sterke invloed op elkaar hebben. Vanwege de aanleg van de Koppeling wordt het debiet uit de Grote Masloot nog maar deels langs meetpunt Schipsloot afgevoerd, maar vindt deze afvoer grotendeels langs meetpunt Eelderdiep plaats. Bij het ontwerp van de Koppeling was het uitgangspunt dat 75% van het debiet afvoert naar het Eelderdiep en 25% door de Grote Masloot (richting meetpunt Schipsloot).

De grafieken (zie Figuur 25) van debietmeetpunt Schipsloot geven weer dat:

- Bij de cumulatieve afvoer (linker figuur) is het gemeten debiet hoger dan het berekende debiet. Dat gaat om ongeveer 600.000 m³. In de winter komt het gemeten en berekende debiet goed overeen. Het verschil zit hem vooral in periodes van lagere afvoer, bijvoorbeeld het najaar van 2021 en voorjaar 2022. Waarschijnlijk wordt stuw Boerelaan zo ingesteld dat een basisafvoer door de Grote Masloot blijft stromen.
- Bij de piekafvoer (rechter figuur) is de gemeten piekafvoer hoger dan berekend. Hier zien we twee verklaringen voor:
 - Bij debietmeetpunt Eelderdiep is juist een hogere piekafvoer berekend dan gemeten. Dit verschil kan ontstaan door dat er tijdens piekafvoeren een hoger debiet over stuw de Koppeling gaat dan gemeten wordt.
 - Het model berekent de neerslagafvoerdynamiek niet goed.

De afwijkingen bij debietmeetpunt Schipsloot worden geaccepteerd. Het gaat om kleine debiethoeveelheden waardoor afwijkingen niet tot nauwelijks invloed hebben op de maatregel Optimalisatie Onlanden.

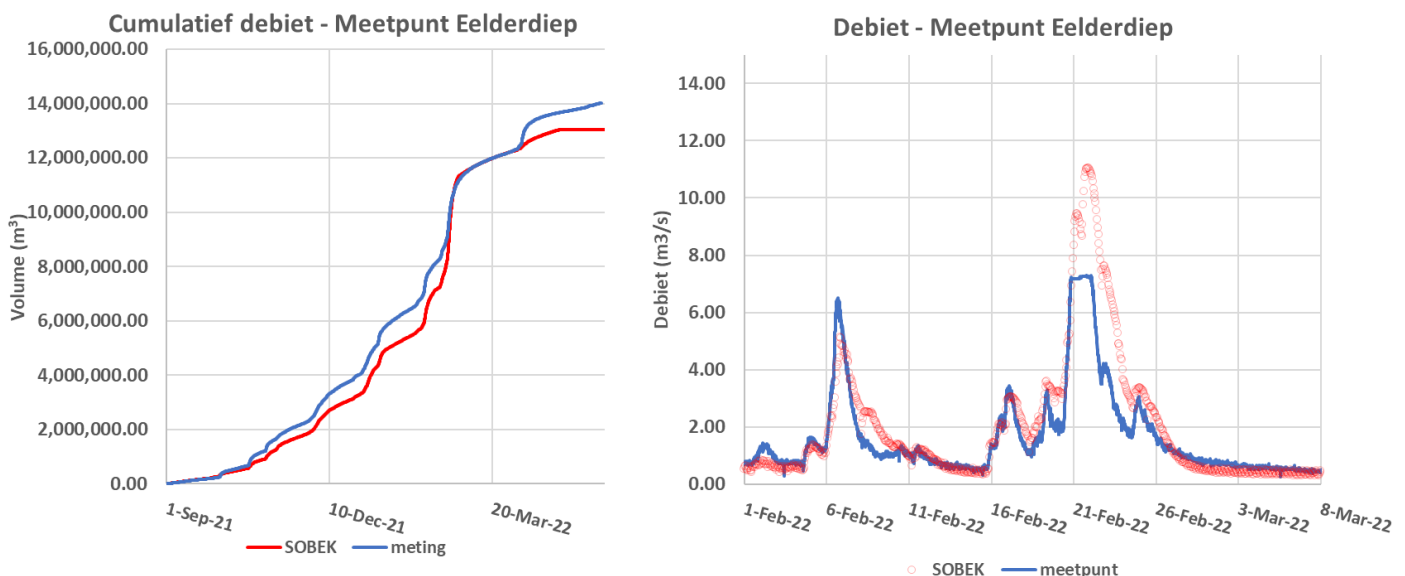


Figuur 25: Vergelijking cumulatieve en absolute debieten tussen gemeten en berekende debieten bij het debietmeetpunt Schipsloot.

Figuur 26 toont de vergelijking qua debieten bij debietmeetpunt Eelderdiep/De Horsten. Uit de vergelijking qua absolute debieten (rechterfiguur) wordt het volgende afgeleid:

- Het volume van de gemeten piek wordt onterecht begrenst op 7,5 m³/s.
- Het volume van de piekafvoer is in het model hoger dan gemeten.

Voor dit meetpunt is de conclusie dat het model goed presteert.



Figuur 26: Vergelijking cumulatieve en absolute debieten tussen gemeten en berekende debieten bij het debietmeetpunt Eelderdiep.

6.4.4 Conclusie 'Debieten in De Onlanden'

Bij de debietmeetpunten Schipsloot en Eelderdiep presteert het model goed. Het model wordt niet aangepast op dit punt.

Het model onderschat het debiet in het Peizerdiep. In de projectgroep is besloten hieraan aandacht te besteden in de kalibratie en daarbij voor een praktische oplossing te gaan, namelijk door in het model het oppervlak te vergroten.

Een alternatieve aanpak is Unpaved opnieuw te kalibreren. Dat leidt weliswaar tot een model wat beter presteert, maar is arbeidsintensief. Vandaar de pragmatische optie om alleen het oppervlak te vergroten.

Om te voorkomen dat de nieuwe kunstwerken op onjuiste debieten worden gedimensioneerd, zijn o.b.v. de metingen, stationaire afvoeren afgeleid. In Hoofdstuk 8 wordt hierover meer uitgelegd.

7 Kalibratie

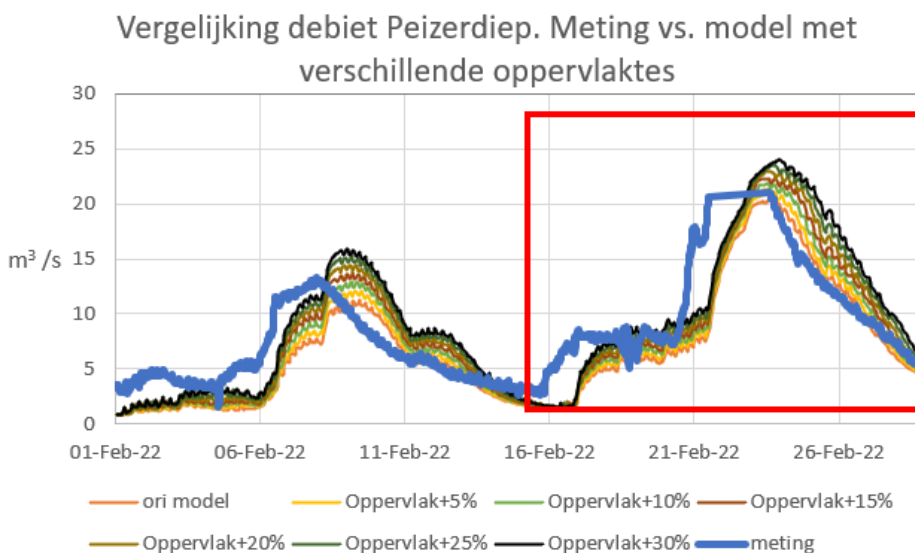
Het doel van de kalibratie is het boezemmodel dusdanig te verbeteren dat de effecten van de varianten correct worden bepaald. Ook moet het model goed genoeg presteren om de nieuwe kunstwerken te dimensioneren. Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de kalibratiestappen.

7.1 Afvoer Peizerdiep

Zoals in de validatie staat beschreven, is voor het meetpunt Peizerdiep het berekende debiet vergeleken met het gemeten debiet. Hieruit volgt dat bij de piekafvoer het model een te lage afvoer berekend. Dit is een aandachtspunt want dit kan leiden tot het onder dimensioneren van de afsluitwerken bij de drempelconstructies.

Op dit onderdeel is veel onderzoek gedaan en heeft de projectgroep een aantal keuzes gemaakt:

1. Het waterschap heeft de betrouwbaarheid van dit meetpunt onderzocht en geen fouten in de meting gevonden.
2. Controle is uitgevoerd op grote verbeterpunten in het model, bijvoorbeeld in het oppervlak of de neerslag. Hieruit volgt dat het model geen grote verbeterpunten bevat. Wel zijn twee kleine verbeterpunten ontdekt waardoor een deel van de afvoer te traag wordt afgevoerd. Dit is verbeterd in het model, maar heeft weinig effect op de berekende afvoerpiek.
3. Ook is in het model verkend of autonome ontwikkelingen de verschillen kunnen verklaren. Zo zijn de bovenstroomse vernattingsprojecten nog niet in het model opgenomen. Geconcludeerd wordt dat het wel meenemen van de vernattingsprojecten nauwelijks effect heeft op de berekende afvoerpiek. Toch kan dit nog verder worden verkend. De afgelopen 10 jaar zijn veel gebieden vernat en bemalen gebieden zijn vrij afwaterend geworden. Beide ontwikkelingen kunnen invloed hebben op de afvoerdynamiek.
4. Een optie die overblijft, is het opnieuw kalibreren van Rainfall-Runoff. Dit is echter arbeidsintensief en in overleg is gekozen voor een pragmatische oplossing.
5. De pragmatische oplossing is in het model het oppervlak bovenstrooms van meetpunt Peizerdiep te vergroten. Figuur 27 toont de gemeten afvoer en berekende debieten waarbij het oppervlak in het Peizerdiep in stappen is vergroot.

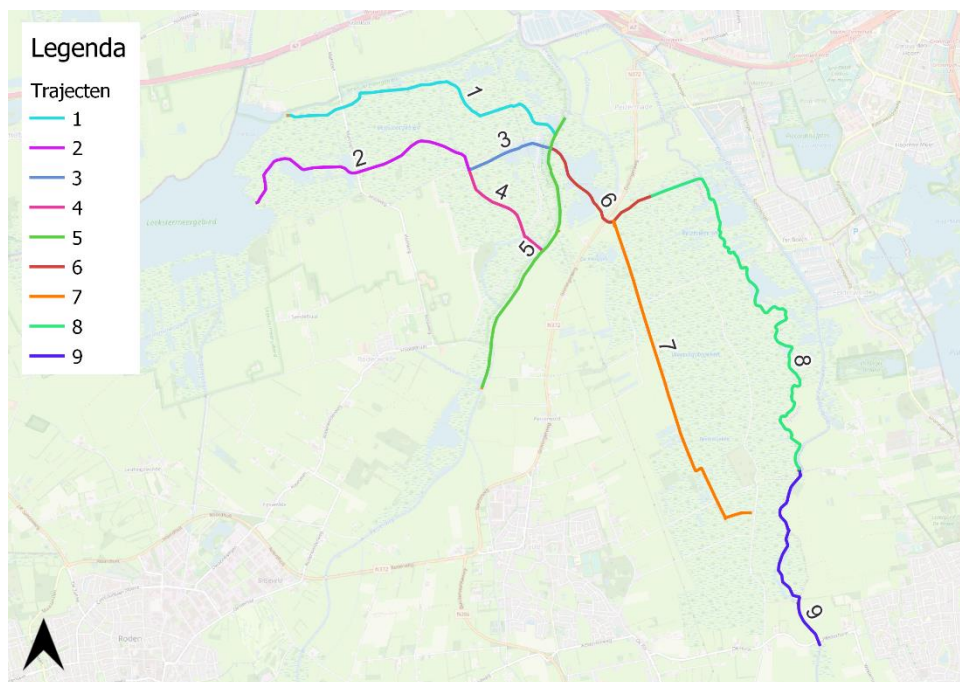


Figuur 27: Vergelijking gemeten debiet op het meetpunt Peizerdiep en debieten in het model. De rode rechthoek is de periode waarin de debieten zijn opgeteld.

In de periode van de grootste piekafvoer, 15 februari 2022 tot 1 maart 2022, is het totale debiet van de gemeten afvoer in de modellen bepaald. Het totale debiet van het model waarin het oppervlak met 25% is vergroot, komt hierbij het dichtst in de buurt. Maar bij de gemeten piekafvoer mist de hoogste afvoer omdat de meting is begrensd. Om die reden wordt het model gehanteerd waarin het oppervlak 30% is vergroot.

7.2 Slib en profielen

Binnen dit project zijn veldmetingen uitgevoerd met als doel de slibhoogtes en profielen in het model te verbeteren om uiteindelijk realistischere waterstanden te berekenen. Voor deze stap is allereerst onderscheid gemaakt in 9 trajecten (zie Figuur 28).



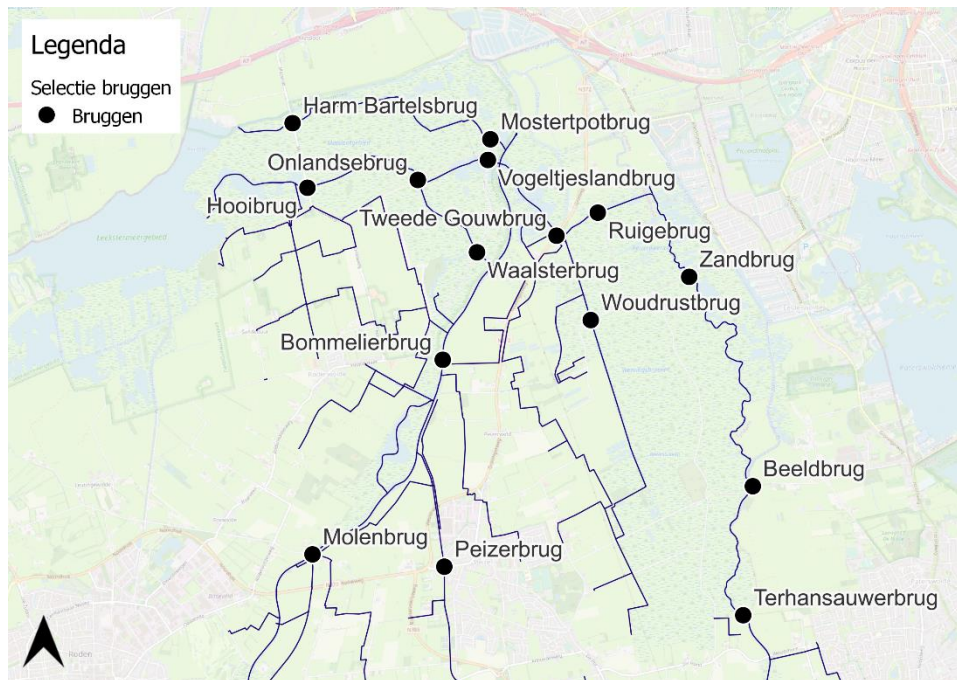
Figuur 28: Trajecten verbeterde profielen.

Bijlage D bevat de analyse van de gemeten slibhoogtes en hieruit volgt dat in vrijwel alle trajecten (m.u.v. traject 6) de gemeten sliblaag hoger is dan de bodemhoogte in het model. Ter verbetering van het model is de gemeten sliblaag opgenomen in het model.

De gemeten profielen geven niet alleen inzicht in de sliblaag, maar ook in de grootte van het profiel. In de meeste trajecten komt het profiel in het model qua nat oppervlak voldoende overeen met het gemeten profiel. Er is geen noodzaak om het model aan te passen. Alleen in traject 5 en 7 is het profiel in het model (veel) te klein, deze profielen zijn in het model verbeterd.

7.3 Bruggen

Een veldbezoek en nadere analyse van het AHN laat zien dat een aantal bruggen een flessenhals vormen. Dit kan bij leegloop van de berging invloed hebben op de leeglooptijd. Om deze reden is besloten de bruggen in de Onlanden in het boezemmodel op te nemen. Figuur 29 toont de bruggen in De Onlanden o.b.v. de aangeleverde bruggegevens.



Figuur 29: Opgenomen bruggen

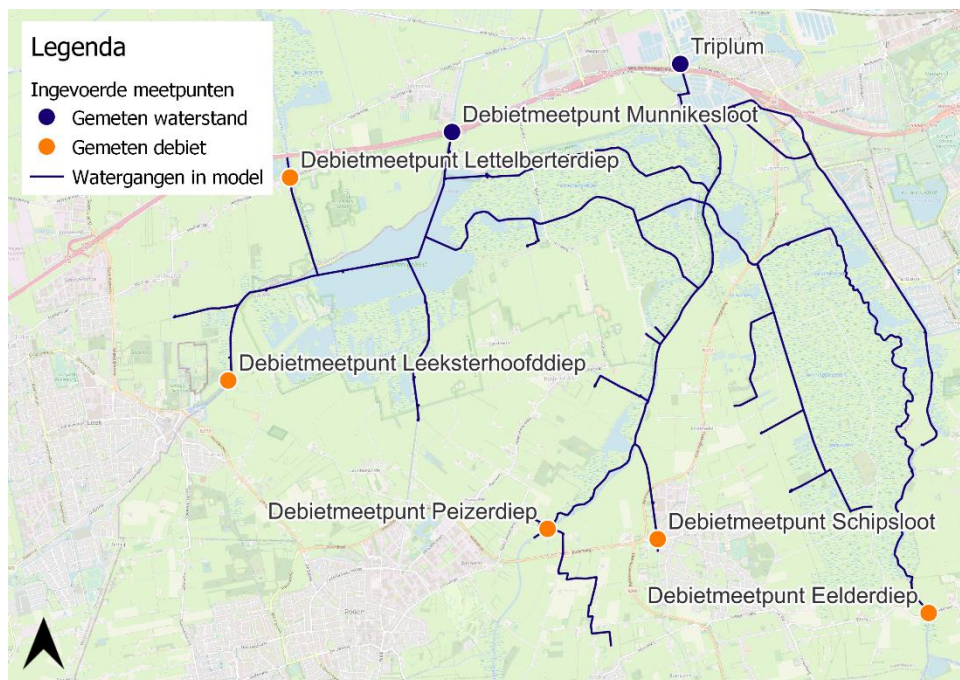
Bijlage E geeft weer welke bruggen zijn opgenomen in het model inclusief de dimensies. Daarbij valt één brug op, namelijk de Woudrustbrug die 7,1 m breed is en daarmee relatief smal.

7.4 Uitsnede model en kalibreren op verhang

Voor het kalibreren van het verhang in De Onlanden is besloten een uitsnede te maken van het model en op de randen meetgegevens te plaatsen. Met deze werkwijze kan met grotere zekerheid worden gekalibreerd op het verhang. De verbeteringen zijn uiteindelijk weer overgenomen in het boezemmodel. De volgende paragrafen gaan in op de uitgangspunten en resultaten.

7.4.1 Uitgangspunten uitsnede model

Figuur 30 toont de uitsnede van het model en welke meetpunten zijn gehanteerd. Merk daarbij op dat zowel debiet- als waterstandsmeetpunten zijn opgelegd.

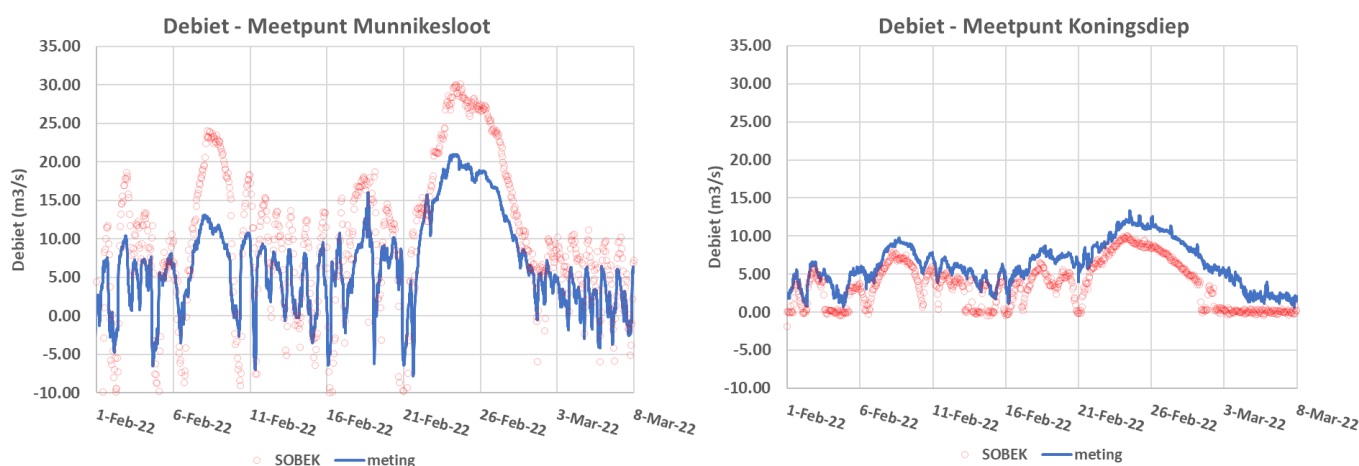


Figuur 30: Uitsnede model en opgelegde metingen.

7.4.2 1e kalibratieronde

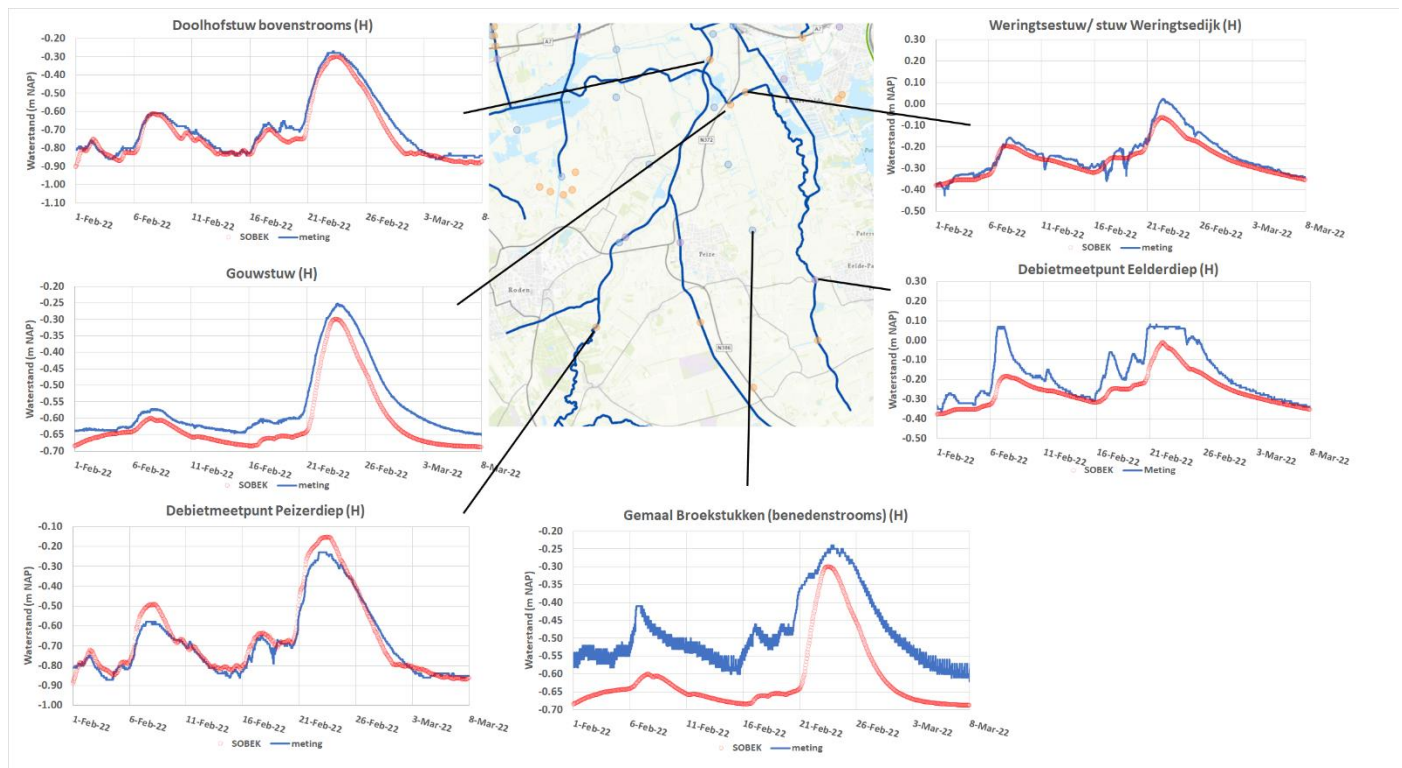
Figuur 31 toont de berekende debieten bij debietmeetpunt Munnikesloot en debietmeetpunt Koningsdiep. Debietmeetpunt Koningsdiep ligt direct bovenstrooms van meetpunt Triplum. Figuur 31 geeft weer dat het berekende debiet in het meetpunt Munnikesloot (fors) hoger is dan het gemeten debiet. Bij debietmeetpunt Koningsdiep is het omgekeerde het geval; het berekende debiet is lager dan het gemeten debiet.

De meest aannemelijke oorzaak van deze verschillen is dat het verhang binnen De Onlanden naar het Leekstermeer wordt onderschat. Hierdoor stroomt modelmatig relatief veel afvoer over de drempelconstructies en relatief weinig over de Doolhofstuw naar het Koningsdiep. Dit wordt in het kalibratieproces opgepakt.



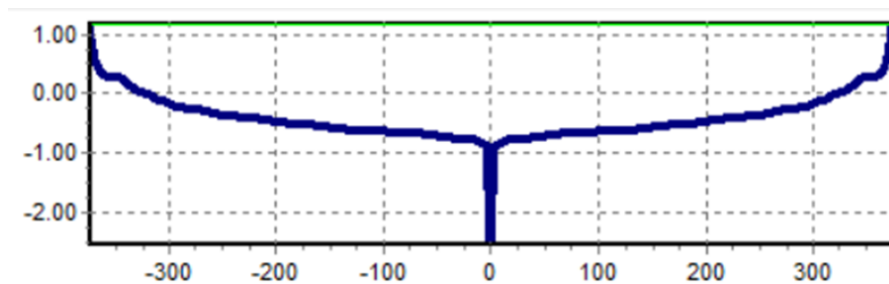
Figuur 31: Vergelijking gemeten en berekende debieten bij de debietmeetpunten Munnikesloot en Koningsdiep.

Figuur 32 toont de vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden.



Figuur 32: Vergelijking gemeten en berekende waterstanden op zes locaties in De Onlanden.

Figuur 32 geeft weer dat op alle locaties – met uitzondering bij het debietmeetpunt Peizerdiep – de waterstanden in het model worden onderschat. De oorzaak is dat berging op maaiveld in de dwarsprofielen is opgenomen en de weerstand in het hele profiel Manning 0,02 is (oftewel Strickler(ks) 50). Dit is extreem weinig weerstand waardoor het verhang in het model wordt onderschat. Tijdens het veldbezoek is duidelijk geworden dat de aanwezige vegetatie veel meer weerstand veroorzaakt dan wat nu in het model is opgenomen.



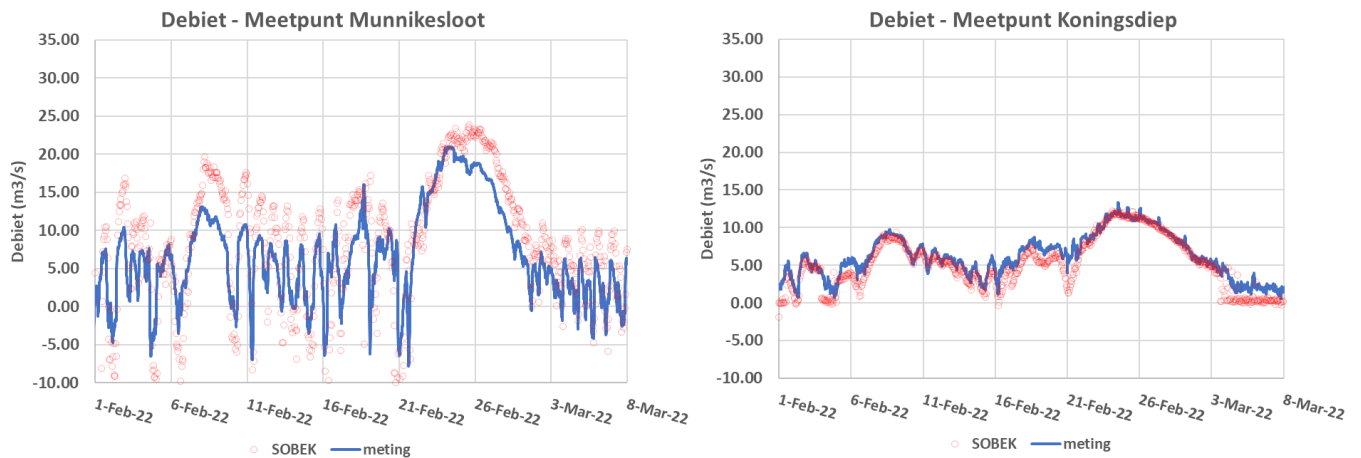
Figuur 33: Een dwarsprofiel in het model in De Onlanden.

7.4.3 2e kalibratieronde

De belangrijkste kalibratieknop om aan te draaien is de weerstand van de profielen in De Onlanden. Voor de normale watergangen wordt uitgegaan van de gangbare weerstand voor goed onderhouden watergangen in de winterperiode. Dat is aangenomen op Strickler(ks) 33 en wordt niet aangepast (geen onderdeel van de kalibratie).

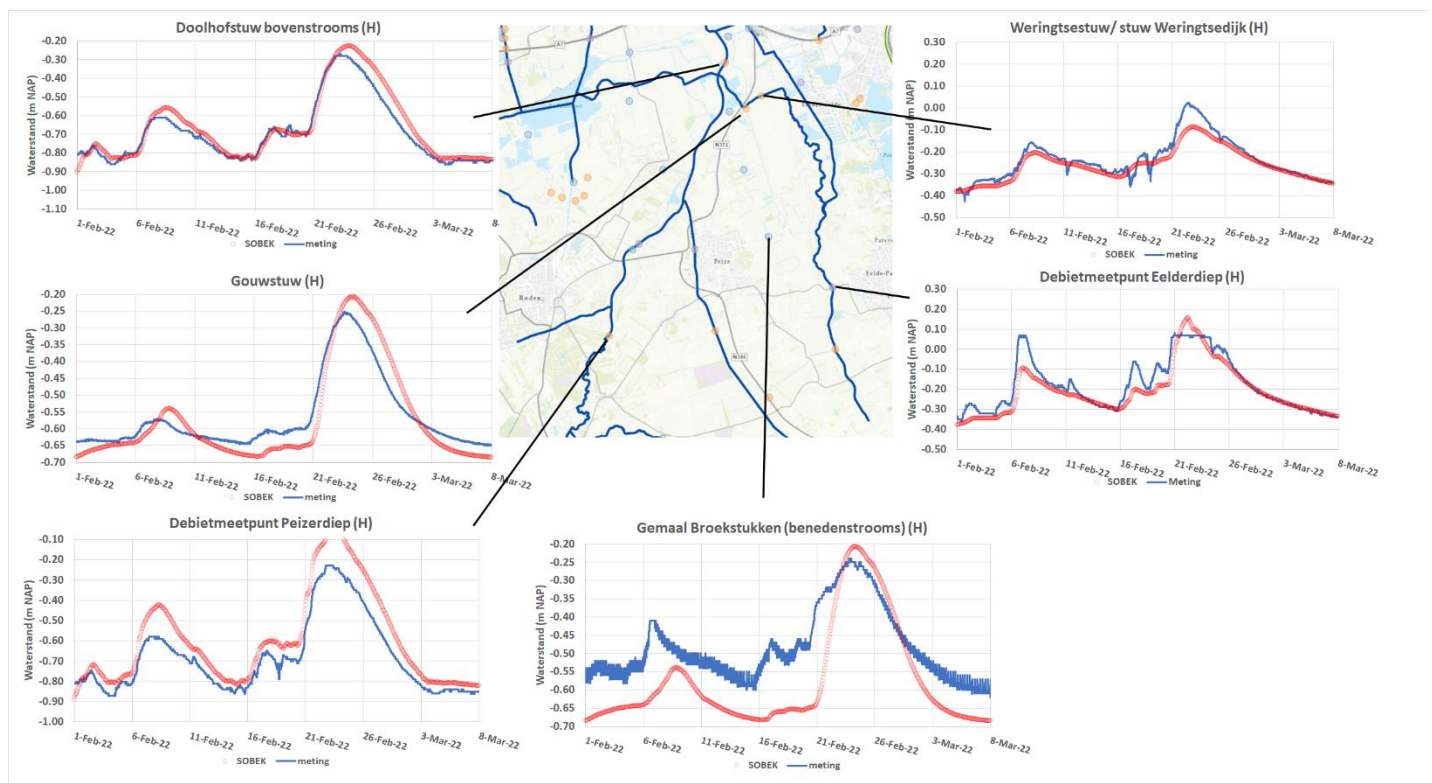
Voor het deel van de profielen wat de berging op maaiveld simuleert, is uitgegaan van een zeer hoge weerstand, namelijk Strickler(ks) 1 in deze kalibratieronde. Dit is de belangrijkste kalibratieknop waaraan kan worden gedraaid.

Figuur 34 toont de vergelijking tussen gemeten en berekende debieten. Ten opzichte van de eerste kalibratierun is een grote verbetering qua verdeling tussen het debiet in Munnikesloot en het Koningsdiep.



Figuur 34: Vergelijking gemeten en berekende debieten bij de debietmeetpunten Munnikesloot en Koningsdiep.

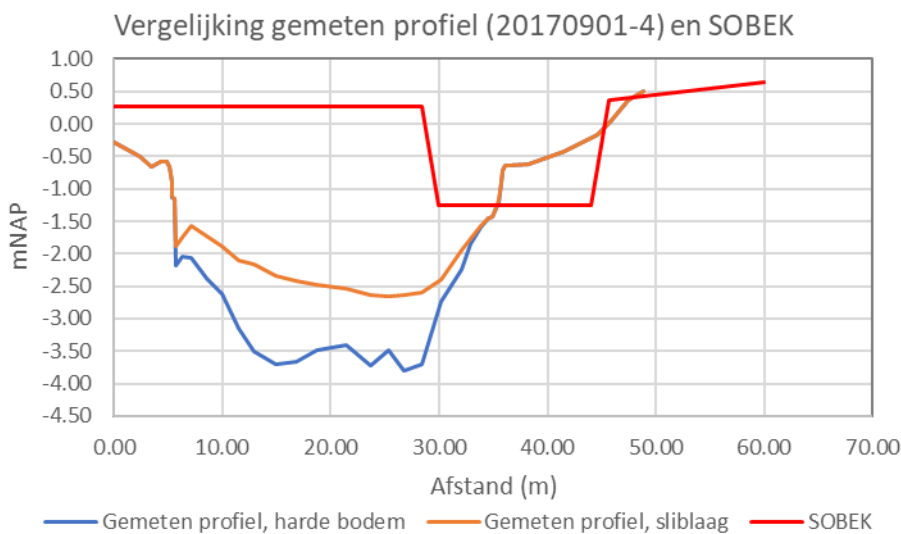
Figuur 35 geeft weer dat de waterstanden te hoog stijgen in het model. Dit betekent dat Strickler(ks) 1 een te hoge weerstand is.



Figuur 35: Vergelijking gemeten en berekende waterstanden op zes locaties in De Onlanden.

De waterstanden bij de Weringsestuw zijn te laag berekend. De oorzaak is dat het opgelegde debietmeetpunt (Eelderdiep) te lage waarden geeft bij extreme afvoeren, omdat de meting is afgetopt. Dit is acceptabel en kalibratie van de waterstanden bij de Weringsestuw is niet nodig.

Bij debietmeetpunt Peizerdiep zijn de berekende waterstanden hoger dan de gemeten waterstand. De oorzaak is dat in het model van het Peizerdiep een te klein dwarsprofiel is opgenomen (zie Figuur 36). Dit is in het model verbeterd door het SOBEK-profiel te verwijderen en te vervangen door het gemeten dwarsprofiel 20170901-4 (inclusief sliblaag).

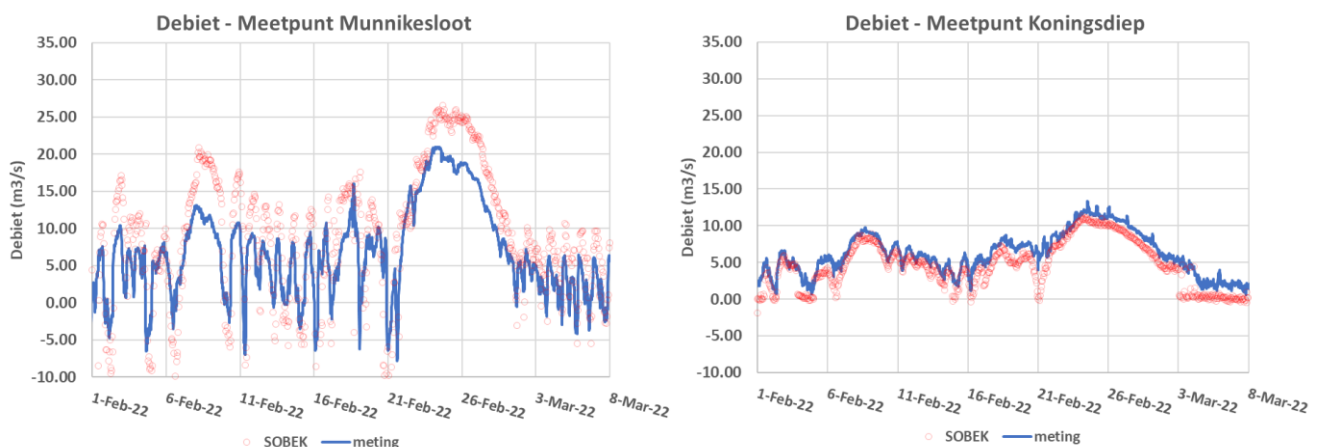


Figuur 36: Vergelijking gemeten profiel en profiel in SOBEK in het Peizerdiep, benedenstrooms (maar dicht in de buurt) van debietmeetpunt Peizerdiep.

7.4.4 Definitieve kalibratieronde

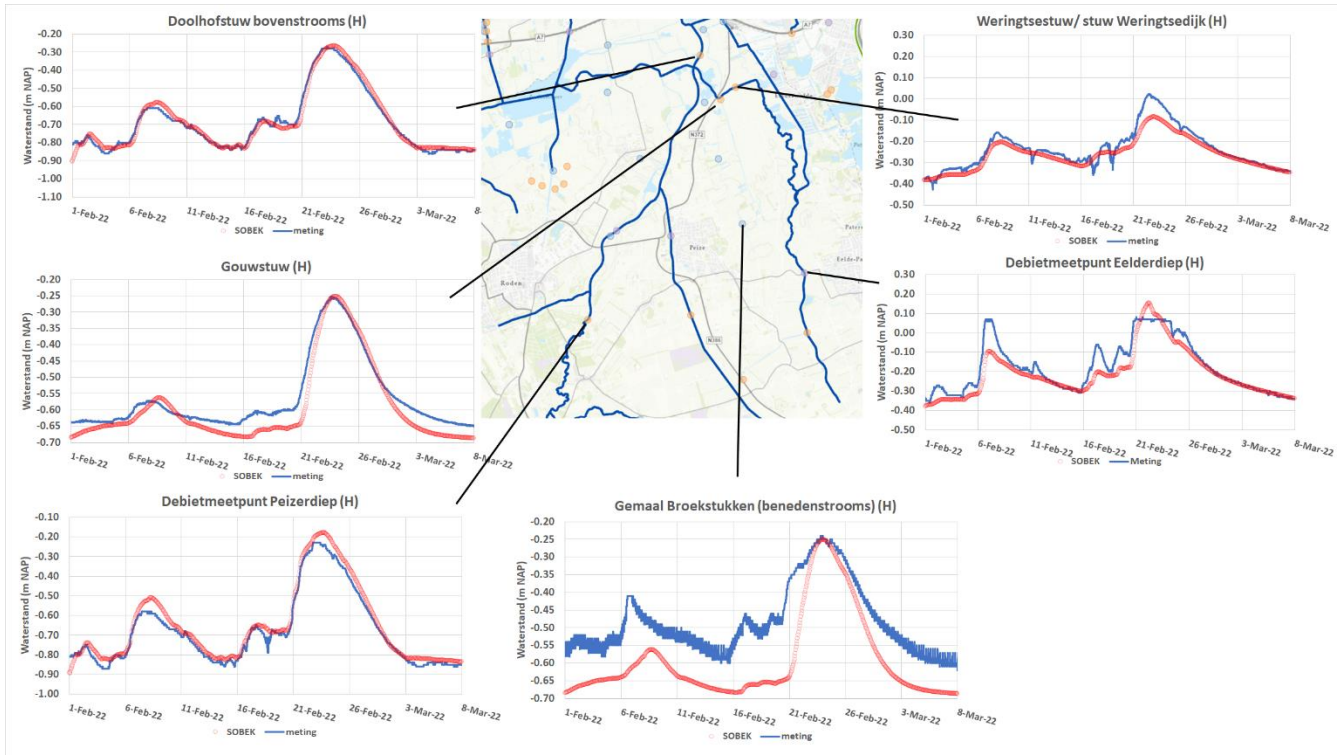
In deze kalibratieronde is qua weerstand van de mee stromende berging Strickler(ks) 5 gehanteerd. Met uitzondering van het Eelderdiep, daar is voor de mee stromende berging Strickler(ks) 1 gehanteerd, omdat dat een beter kalibratieresultaat geeft. De verklaring waarom de hoeveelheid opstuwing plaatsvindt – en Strickler(ks) 1 nodig is – is dat in werkelijkheid hier veel wegen haaks op het beekdal liggen en regionale kades dicht bij de watergang. Dit genereert bottlenecks waardoor in werkelijkheid weinig mee stromende berging optreedt.

Figuur 37 toont de resultaten qua debieten. Ten opzichte van de 1^e kalibratieronde presteert het model significant beter.



Figuur 37: Vergelijking gemeten en berekende debieten bij de debietmeetpunten Munnikesloot en Koningsdiep.

Figuur 38 toont de resultaten qua waterstanden. Met de gekozen uitgangspunten presteert het model goed. Verdere kalibratie van het model is niet noodzakelijk.



Figuur 38: Vergelijking gemeten en berekende waterstanden op zes locaties in De Onlanden.

8 Varianten op hoofdlijnen

Met het verbeterde model kunnen de varianten worden onderzocht. Het doel van dit hoofdstuk is de drie varianten op hoofdlijnen te beschrijven, zodat de lezer snel een beeld krijgt van de onderlinge verschillen.

Tabel 6: De drie varianten.

Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050	Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied	Variant 3: Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant
Ophogen kades, aanpassen kunstwerken	Ophogen kades, aanpassen kunstwerken	Ophogen kades, aanpassen kunstwerken
Maximaal peil +0,15 m NAP	Maximaal peil +0,15 m NAP	Maximaal peil +0,18 m NAP
	Uitgestelde inundatie bij het gebied in het zuidoosten van de Onlanden (rondom de uitkijktoren) waar kwetsbare natuur aanwezig is	De begrenzing van de waterberging wordt verlegd vanaf de peilscheiding bij Leekstermeer tot de Hooiweg
	Een gebied binnen peilgebied Gouw wordt aangesloten op peilgebied Wering	Een gebied binnen peilgebied Gouw wordt aangesloten op peilgebied Wering
	Vluchtheuvels realiseren voor fauna	Vluchtheuvels realiseren voor fauna
		Slenken en doorstroming van gebied nabij Peizerdiep t.b.v. waterkwaliteit. Deze maatregelen zijn op initiatief van Natuurmonumenten

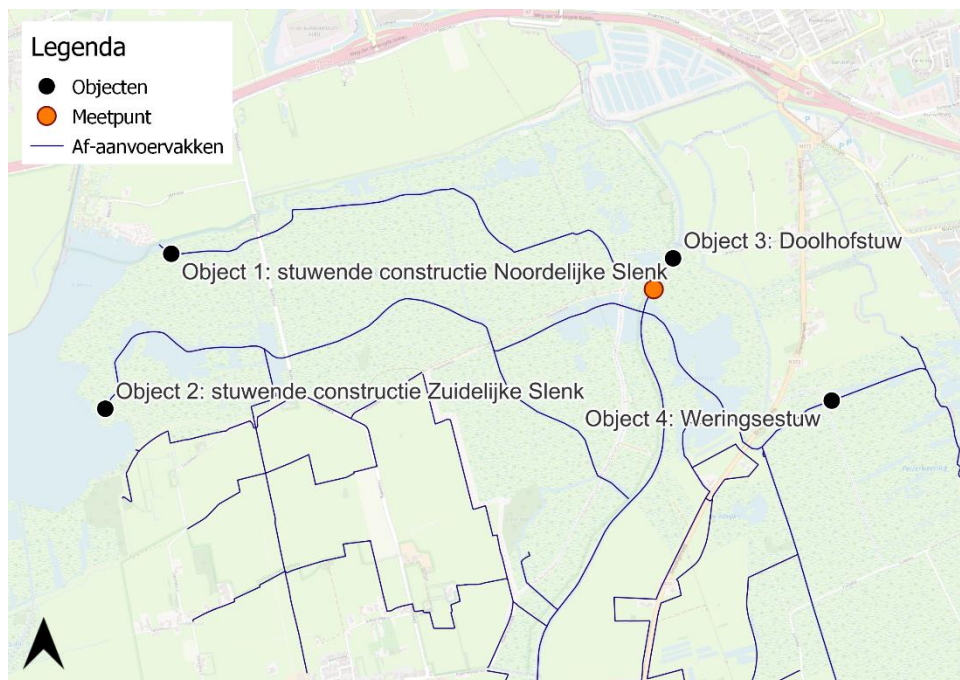
De vluchtheuvels voor de fauna hebben geen invloed op het hydrologisch onderzoek dus worden niet verder behandeld. Hetzelfde geldt voor de slenken en doorstroming t.b.v. waterkwaliteit nabij Peizerdiep.

8.1 Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050

Dit is de variant zoals oorspronkelijk bedacht in de Droge Voeten studie. Bij de drempelconstructies worden objecten geplaatst die wanneer nodig kunnen opstuwen tot +0,15 m NAP. Dit worden ook wel stuwende constructies genoemd.

De kunstwerken dienen te sturen op een meetpunt – waar +0,15 m NAP niet overschreden mag worden – en de gekozen locatie is benedenstrooms in het Peizerdiep (oranje stip in Figuur 39). In de praktijk kan men de telemetrie-locatie van Doolhofstuw-bovenstrooms gebruiken.

De Doolhofstuw dient te worden aangepast om te kunnen keren tot +0,15 m NAP. Verder wordt onderzocht (in Hoofdstuk 9) of de Weringsestuw dient te worden geautomatiseerd.



Figuur 39: Objecten Variant 1.

Onder normale omstandigheden liggen de Objecten 1 en 2 'plat' en hebben niet tot nauwelijks invloed op het watersysteem. Een nieuw kunstwerk geeft bij hoge afvoeren altijd extra opstuwing. Het waterschap heeft normen voor de maximale opstuwing en hieraan wordt bij de stuwende constructies ruim voldaan (uiteindelijk is de opstuwing ongeveer 7 mm bij 1Q).

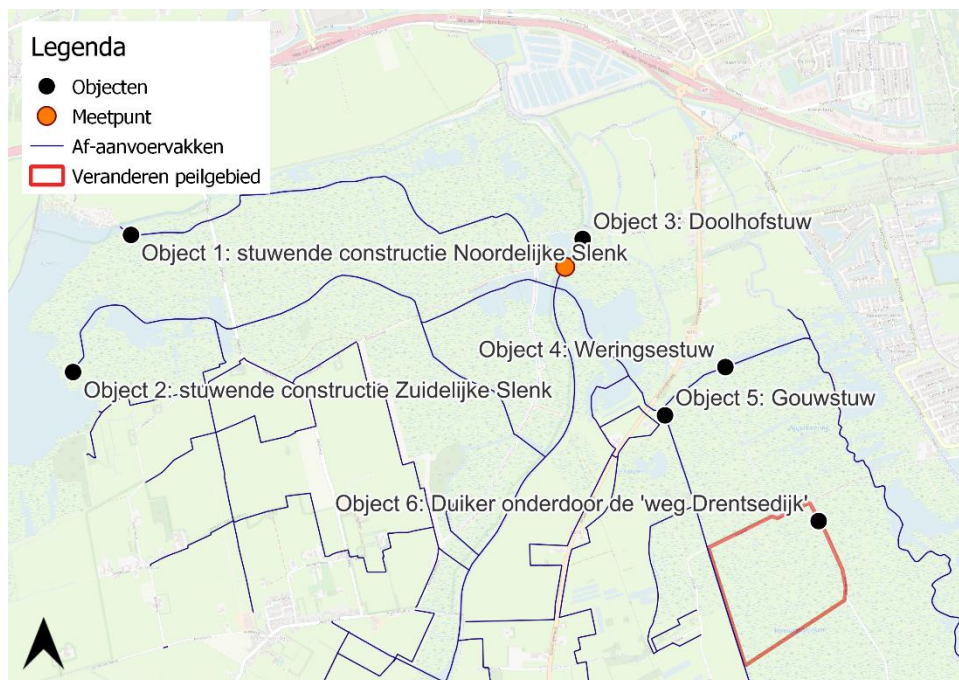
Overigens geldt voor alle nieuwe objecten (binnen alle varianten) dat deze vispasseerbaar worden gemaakt.

8.2 Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied

Variant 2 is gelijk aan Variant 1 met twee uitzonderingen. Allereerst wordt het kwetsbare natuurgebied in peilgebied Gouw zoveel mogelijk beschermd tegen hoge waterstanden. Het beschermen gebeurt via een automatische stuw (of automatische schuiven) die nabij de Gouwestuw wordt geplaatst. Deze stuw wordt ook wel de compartimenteringsstuw genoemd.

Als de waterstand in peilgebied Onlanden stijgt tot -0,2 m NAP gaat de compartimenteringsstuw dicht. Indien de berging echt nodig is in peilgebied Gouw kan de compartimenteringsstuw later alsnog worden geopend.

De tweede verandering is dat in peilgebied Gouw een gebied ligt waarvan het peil verandert. Via een nieuwe verbinding onderdoor Drentsedijk wordt dit gebied verbonden aan peilgebied Wering. Daardoor verandert het peil in dit gebied van -0,7 m NAP naar -0,5 m NAP.



Figuur 40: Objecten Variant 2.

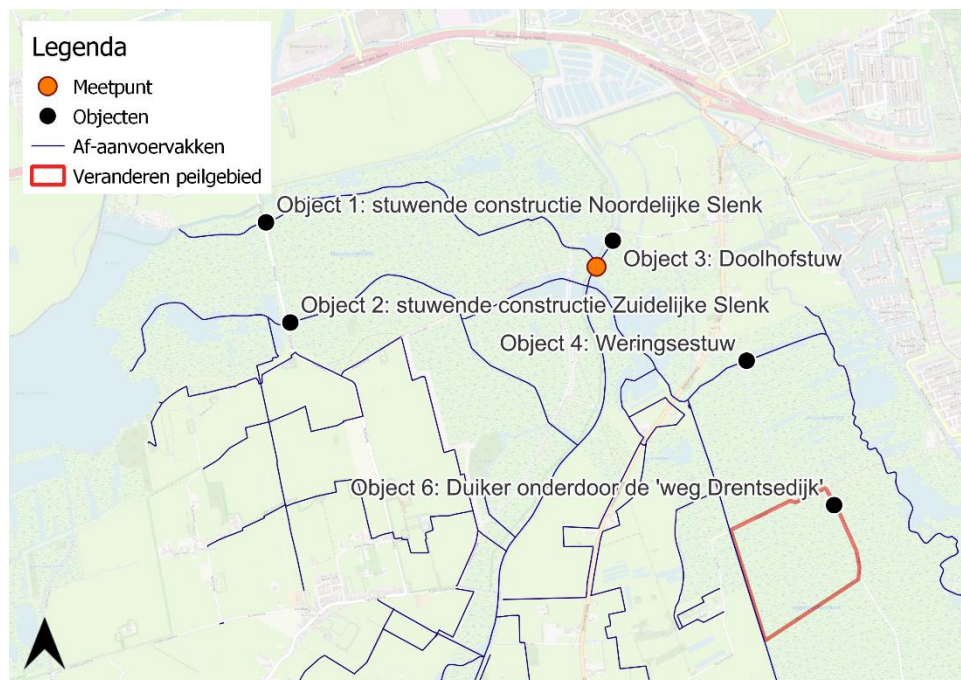
De veranderingen aan de Gouwstuw worden dusdanig uitgevoerd dat dit geen invloed heeft op het reguliere waterbeheer.

8.3 Variant 3: Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant

Bij deze variant worden Object 1 en 2 niet bij de drempelconstructies bij de Leeksterkade geplaatst maar bij de Hooiweg. Hierdoor verliest de maatregel Optimalisatie Onlanden bergingsruimte en om daarvoor te compenseren wordt niet opgestuwd tot +0,15 m NAP (zoals bij Variant 1 en 2) maar tot +0,18 m NAP. Ook de Doolhofstuw wordt dusdanig aangepast dat deze kan keren tot +0,18 m NAP.

Net als bij de overige varianten is onderzocht of de Weringsestuw daadwerkelijk geautomatiseerd dient te worden. Dat onderzoek staat beschreven in Hoofdstuk 9.

In deze variant wordt geen compartimenteringsstuw geplaatst bij de Gouwstuw. Tot slot geldt ook in deze variant dat in een gebied het peil veranderd, zoals rood is omcirkeld in Figuur 41.



Figuur 41: Objecten Variant 3.

9 Hydrologisch ontwerp objecten

Dit hoofdstuk gaat in meer detail in op het hydrologisch ontwerp van de objecten. Het doel van dit hoofdstuk is de objecten in detail uit te werken, de tussenliggende denkstappen te beschrijven en praktische aandachtspunten mee te geven.

Wat dit hydrologische ontwerp uiteindelijk betekent voor de peilgebieden – qua waterstanden en leegloop – en varianten wordt behandeld in Hoofdstuk 10. Daar wordt ook een beoordeling gegeven of de varianten wel of niet voldoen aan de eisen.

9.1 Eisen aan het ontwerp en methode

9.1.1 Eisen en wensen

De objecten moeten voldoen aan de ontwerpeisen van het waterschap en zoals ze zijn geformuleerd in de projectgroep. Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft het overzicht van deze ontwerpeisen.

Uiteindelijk wordt in Hoofdstuk 10 per variant de beoordeling uitgewerkt. Daarin wordt aangegeven of ontwerpeisen gehaald worden en of dat wel/ niet acceptabel is.

Een aantal ontwerpeisen zijn heel praktisch, zoals het vispasseerbaar maken van kunstwerken, daar wordt aan voldaan bij het ontwerpen van de kunstwerken. Deze ontwerpeis heeft geen invloed op het hydrologische aspect en wordt niet beschouwd in de beoordeling (in Hoofdstuk 10). De rechterkolom toont de daarin gemaakte keuze.

Tabel 7: Ontwerpeisen.

Categorie	Eis	Behandeld in beoordeling in Hoofdstuk 9
Algemeen	Variant 1 is in lijn met de oorspronkelijke Droge Voeten studie en resulteert in een bepaalde verlaging van de MHW's op de boezem. Variant 2 en 3 mogen niet leiden tot hogere MHW's (t.o.v. Variant 1).	Ja
	Alle kunstwerken worden vispasseerbaar gemaakt.	Nee
	De terreinbeheerders zijn tevreden met de huidige waterhuishouding. Daarom mogen de aanpassingen aan het watersysteem geen effect hebben op de reguliere waterhuishouding.	Ja
	Binnen de drie peilgebieden – Onlanden, Gouw en Wering – mag de waterstand niet hoger worden dan +0,15 m NAP (en in Variant 3 +0,18 m NAP).	Ja
Bij maatgevende afvoer (1Q)	Bij nieuwe duikers mag de stroomsnelheid niet meer bedragen dan 0,5 m/s en maximaal 20 mm opstuwing. Ook moet minimaal 20% lucht in de duiker aanwezig zijn.	Nee
	Voor de stuwende constructies is de maximale opstuwing ook 20 mm (bij 1Q).	
	(Geen eis, maar wens) Als de stroomsnelheid hoger is dan 0,5 m/s is oeverbescherming nodig.	
	(Geen eis, maar wens) Als de stroomsnelheid hoger is dan 1 m/s is oeverbescherming en bodembescherming nodig.	
Bij extreme afvoeren (T100)	De maximale stroomsnelheid in de watergangen is 0,5 m/s	Nee
	De maximale stroomsnelheid in duikers en bruggen is 1 m/s	
	(Geen eis, maar wens). Bij zeer extreme afvoeren T100 + 20% mogen de stuwende constructies niet meer dan 40 mm opstuwing veroorzaken. Hierdoor blijven de bovenstroomse waterstanden relatief laag en blijft berging beschikbaar op het moment dat het nodig is.	

Categorie	Eis	Behandeld in beoordeling in Hoofdstuk 9
	(Geen eis, maar wens) Als de stroomsnelheid hoger is dan 0,5 m/s is oeverbescherming nodig.	
	(Geen eis, maar wens) Als de stroomsnelheid hoger is dan 1 m/s is oeverbescherming en bodembescherming nodig.	
Grond in duikers	(Geen eis, maar wens): Bij nieuwe ronde duikers worden de BOK's 10% onder de bodem gelegd. Bij rechthoekige duikers 5%.	Nee
Ledigen van de berging	Na de start van het ledigen van de extra berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 3 dagen -0,2 m NAP bereiken Na de start van het ledigen van de berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 10 dagen weer het streefpeil bereiken (Geen eis maar wens): de berging zo snel mogelijk leeg laten lopen	Ja
Vullen peilgebied Gouw in Variant 2	Bij Variant 2 wordt bij de Gouwstuw een compartimenteringsstuw geplaatst. De eis is dat wanneer nodig het peilgebied in 24 uur gevuld kan worden.	Nee
Gebied waarvan het peil veranderd	Bij Variant 1 veranderd niks aan het peilgebied Gouw. Bij Variant 2 en 3 wordt een deel van dit peilgebied gekoppeld aan peilgebied Wering. De eis is dat het gebied (wat veranderd qua peil) binnen 24 uur gevuld kan worden.	Nee

9.1.2 Methode en representatieve stochast

Voor het hydrologisch ontwerpen worden verschillende methodes gebruikt. Zo wordt voor het bepalen van de stuwbreedtes gebruik gemaakt van analytische formules met o.a. als input stationaire debieten (Bijlage F beschrijft hoe de stationaire debieten zijn afgeleid).

De methodiek die het vaakst wordt gebruikt voor het onderzoeken van het systeem en presenteren van de waterstanden is het doorrekenen van de zogenaamde 'representatieve stochast' met het model.

De representatieve stochastencombinatie

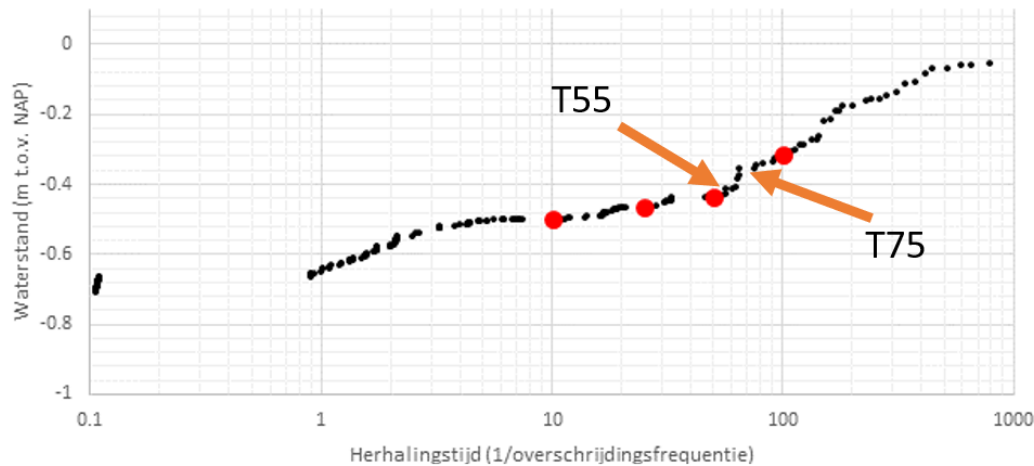
Wanneer in deze rapportage wordt gesproken over 'de representatieve stochastencombinatie'. Dan wordt daarmee deze combinatie bedoeld:

- Zichtjaar 2025 (toename van het neerslagvolume als gevolg van klimaatverandering en bodemdaling voor zichtjaar 2025).
- Voorgeschiedenis Gemiddeld Droog.
- Neerslagpatroon Hoog.
- Buivolume T25.
- Seizoen is winter.

Dit is één stochastencombinatie van de 256 stochastencombinaties die worden gebruikt voor het bepalen van de waterstandstatistiek per rekenpunt. Elke zwarte punt in Figuur 42 is één stochastencombinatie.

Deze representatieve stochastencombinatie heeft een herhalingsijd van T55 op deze locatie (in het Van Starkenborghkanaal). In het onderzoek wordt uitgegaan van 30% extra afvoer uit het Peizerdiep, waardoor de waterstand in het Van Starkenborghkanaal stijgt naar -0,35 m NAP. Dit staat gelijk aan T75. Dit betekent dat deze combinatie extreem genoeg is om uitspraken te doen over Optimalisatie Onlanden en een doorkijk te geven naar de MHW's (waar T100 belangrijk is).

Van Starkenborghkanaal (rekenpunt 1184)



Figuur 42: Herhalingsjijd van de representatieve stochast.

Waar nodig is uitgegaan van het doorrekenen van extra representatieve stochasten

Het is belangrijk op te merken dat één stochastencombinatie inzicht kan bieden in effecten en het functioneren van het watersysteem, inclusief bijvoorbeeld het leeglopen. Echter, bij het gebruik van absolute getallen moet men voorzichtig zijn, vooral bij het bepalen van de effecten van de verschillende varianten op de MHW's. Om hier op een goede manier mee om te gaan, zijn waar nodig extra representatieve stochasten doorgerekend.

9.2 Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050

9.2.1 Object 1: stuwende constructie Noordelijke Slenk

Algemeen

Object 1 is een stuwende constructie die onder normale omstandigheden platligt en niet tot nauwelijks invloed heeft op het reguliere watersysteem. De bodemhoogte van de watergang is naar verwachting $-2,00$ m NAP en de stuw komt op $-2,30$ m NAP te liggen.

Zodra de maatregel Optimalisatie Onlanden in werking treedt, kan de stuwende constructie het water opstuwen tot $+0,15$ m NAP. Bij deze maximale waterstand moet de stuwende constructie snel kunnen reageren als onverwachts de afvoer hoger is dan verwacht. Daarom is een klepstuw nodig (of een soortgelijke constructie die de waterstand kan sturen).

Breedte stuwende constructie

Onder normale omstandigheden ligt de klepstuw plat en mag niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaken. Het waterschap heeft eisen voor de maximale opstuwing zoals geformuleerd in **Error! Reference source not found.**. Gekozen is de opstuwing te berekenen met de duikerformule.

Optimaliseren in- en uittreeverliezen duiker

Het is gebruikelijk om in hydrologische studies standaardwaarden aan te nemen voor de in- en uittreeverliezen van duikers. Vanwege de omvang van de stuwende constructies is ervoor gekozen om dit te optimaliseren. In de praktijk betekent dat een geleidelijke instroom en uitstroom gecreëerd bij de stuwende constructies, waardoor er minder opstuwing ontstaat en de stuwen zelf smaller kunnen worden gemaakt.

Dit verklaart waarom in dit hoofdstuk zoveel aandacht wordt besteed aan 'in- en uittreeverliezen', 'geleiden van water' en 'beperken van energieverliezen'.

Wat betreft de opstuwing van de stuw moet worden voldaan aan de ontwerpeis (maximaal 20 mm bij 1Q) en de 'ontwerpwns' (maximaal 40 mm bij 2,2Q). Onderstaande tabel geeft weer dat bij een stuw van 5,5 m breedte hieraan wordt voldaan (Bijlage G toont de achterliggende berekeningen).

Tabel 8: Uitwerking breedte Object 1.

	Bodem- hoogte object voor nat oppervlak (m NAP)	Breedte (m)	Opstuwing bij 1Q (7,5 m³/s en peil is -0,83 m NAP) (mm)	Stroom- snelheid bij 1Q (m/s)	Opstuwing bij 2,2Q (18,2 m³/s en waterstand is -0,5 m NAP) (mm)	Stroom- snelheid bij 2,2Q (m/s)
Ontwerpen op de 'Ontwerpwns' van maximaal 40 mm bij 2,2Q	-2,3	5,5	7	0,92	38	1,80

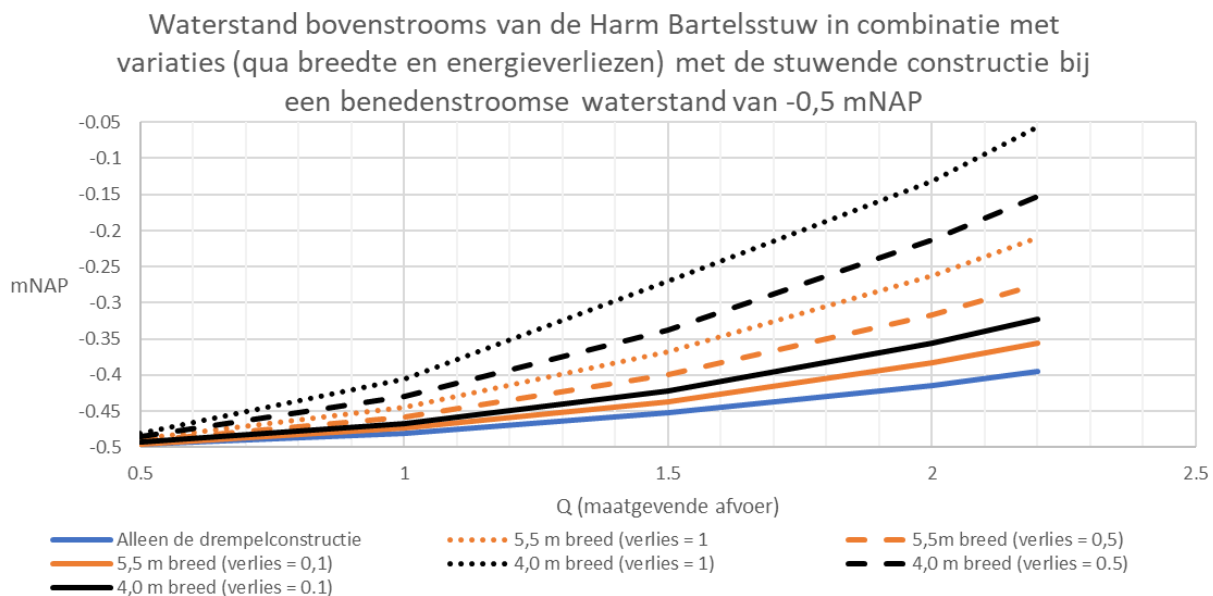
De ontwerpwns (40 mm bij 2,2Q) tegenover de ontwerpeis (20 mm bij 1Q)

Bovenstaande tabel geeft weer dat bij een stuw van 5,5 m breed de opstuwing slechts 7 mm is bij 1Q. Dit roept de vraag op of het object niet wordt overgedimensioneerd. Onderstaande stappen beschrijven waarom is gekozen voor de stuw van 5,5 m breed (en daarmee de ontwerpwns van maximaal 40 mm bij 2,2Q):

1. In grote mate extra opstuwing veroorzaken in De Onlanden is niet gewenst, omdat:
 - a. De natuur gevoelig is voor inundatie. Significante extra inundatie veroorzaken op momenten dat Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet is niet acceptabel.
 - b. De berging moet zo leeg mogelijk zijn op het moment dat Optimalisatie Onlanden nodig is.
 - c. In de toekomst stijgen de MHW's in de boezem en +0,15 m NAP mag niet worden overschreden.
2. We optimaliseren op het beperken van de energieverliezen. Echter bij zeer extreme situaties is het onzeker of dit in de praktijk lukt:
 - a. Bij de minder extreme situaties zoals 1Q en waarschijnlijk 1,5Q is de verwachting dat het grootste deel van de afvoer door de slenken stroomt. We verwachten dat het in die situatie lukt om de energieverliezen te beperken.
 - b. Bij zeer extreme situaties zoals 2Q en 2,2Q worden de onzekerheden steeds groter. Mogelijk gaat het riet platliggen en treedt in grote mate meestromende berging op. Bij de stuwende constructies gaat het water van een heel groot nat oppervlak naar klein nat oppervlak waardoor de energieverliezen toenemen.
 - c. Bij een smalle stuw is het daardoor moeilijker om te sturen bij extremen.
3. Bij het optimaliseren van energieverliezen en alleen toetsen op maximaal 20 mm bij 1Q, is een stuw van 4 m breed nodig.

Figuur 43 geeft drie situaties weer bij verschillende afvoeren van 0,5Q t/m 2,2Q:

- **Blauwe lijn:** de huidige situatie met alleen de Harm Bartelsstuw. Door de grote breedte van de stuw veroorzaakt deze weinig opstuwing.
- **Oranje lijnen:** de waterstanden bovenstrooms van de Harm Bartelsstuw en de stuwende constructie van 5,5 m breed. De waterstanden worden getoond bij drie waardes qua energieverliezen:
 - 0,1: het beperken van energieverliezen. Op deze situatie en deze stuwbreedte wordt de stuw uiteindelijk ontworpen.
 - 0,5: de standaardwaarde qua energieverliezen.
 - 1: als in de praktijk onverwachts hoge energieverliezen optreden.
- **Zwarte lijnen:** de waterstanden bovenstrooms van de Harm Bartelsstuw en de stuwende constructie van 4 m breed. De waterstanden worden getoond bij drie waardes qua energieverliezen:
 - 0,1: het beperken van energieverliezen.
 - 0,5: de standaardwaarde qua energieverliezen.
 - 1: als in de praktijk onverwachts hoge energieverliezen optreden.



Figuur 43: Waterstanden bovenstrooms bij de Harm Bartelsstuw bij verschillende situaties.

Merk op in Figuur 43 dat bij een stuw van 4 m breed in combinatie met het beperken qua energieverliezen, de opstuwing zeer beperkt is. Maar zodra hogere energieverliezen optreden, ontstaat een forse stijging van de waterstanden. Dit is de reden dat wordt gekozen voor een stuw van 5,5 m breed.

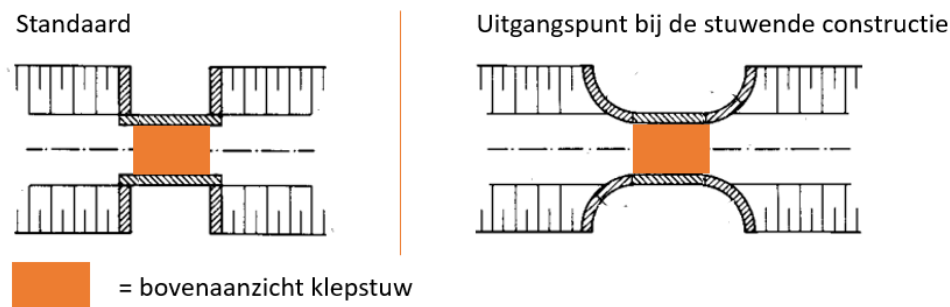
Van 5,5 naar 6 m breedte

Voor Object 2 is dezelfde analyse doorlopen en deze dient 6 m breed te worden (wordt later in dit hoofdstuk behandeld).

De projectgroep hecht waarde aan een eenduidige aanpak en daaruit volgt de wens om ook voor Object 1 een 6 m brede stuw te hanteren. Dit is breder dan de noodzakelijke 5,5 m maar levert als voordeel op dat de stuwende constructie nog minder opstuwing veroorzaakt. De opstuwing voldoet al ruim aan de ontwerpeisen van het waterschap, maar wordt hierdoor nog minder.

Verminderen energieverliezen

Bij het bepalen van de stuwbreedte is rekening gehouden met het beperken van de energieverliezen. Bij de aanleg van de stuwende constructie is het belangrijk voor geleidelijke overgangen te zorgen. Figuur 44 illustreert hoe het beperken van deze verliezen eruit ziet (bij één stuw van 5,5 m breed). Het geleiden van water dient in ieder geval van insteek tot insteek plaats te vinden en iets verder – een pragmatische keuze is 3 m – om ook stroming over maaiveld te begeleiden.

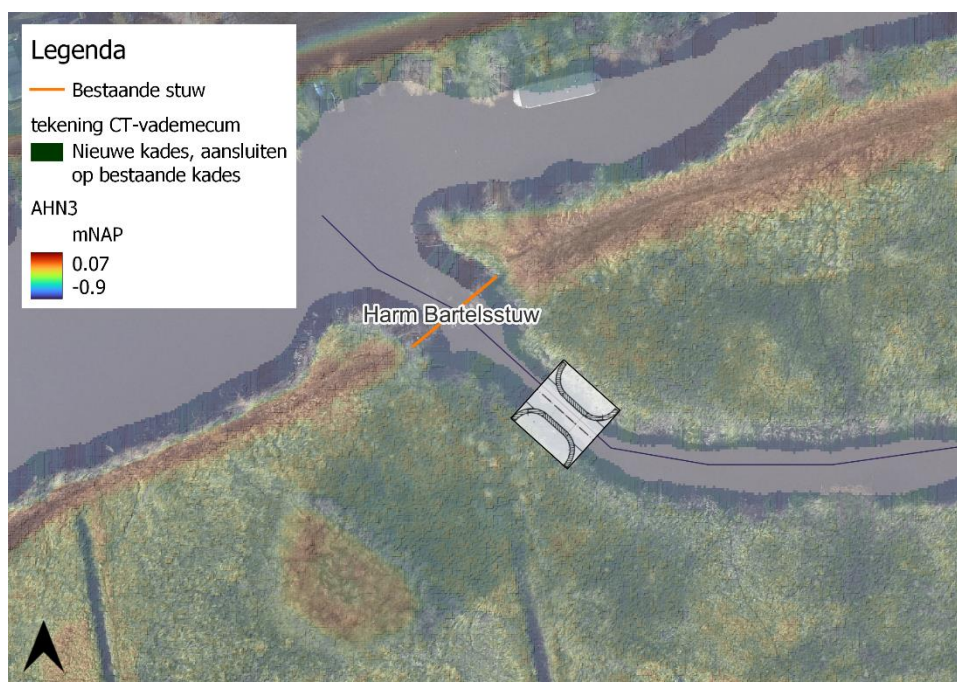


Figuur 44: In- en uitstroom bij een standaard duiker en waarvan bij de stuwende constructie wordt uitgegaan. De bron van deze figuren is het Cultuurtechnische Vademecum, 1988 (waarbij de uitstroomzijde is gemaakt door de instroomzijde te spiegelen).

Qua materiaalkeuze is het van belang 'gladde' materialen te kiezen en bijvoorbeeld geen damwanden met U-profiel te gebruiken waardoor turbulentie in de watergang ontstaat.

Indien het nodig is 2 klepstuwen te plaatsen dan dient bij de scheiding ook rekening te worden gehouden met het beperken van de energieverliezen. Daarmee wordt bedoeld dat de scheiding waarschijnlijk bestaat uit een betonnen pijler en deze dient met ronde vormen te worden aangelegd, vergelijkbaar met brugpijlers.

De klepstuw dient bij voorkeur niet in de bocht te worden gelegd, maar op het rechte deel van de watergang. Figuur 45 toont een geschikte locatie.



Figuur 45: Geschikte ligging Object 1.

Woelbak en stortebed

Bijlage G toont de berekening voor de lengte van de woelbak. Dit is de lengte van de klepstuw (naar verwachting 5,6 m) plus 4,57 m. De totale lengte van de woelbak is dan ~10,2 m.

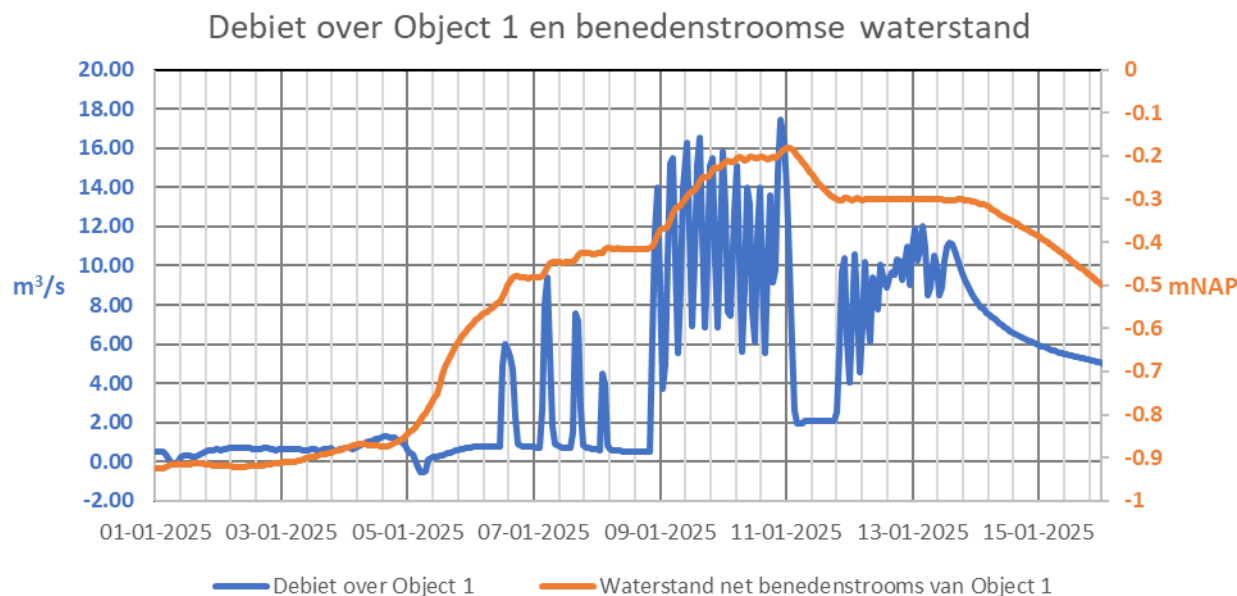
Wat betreft de lengte van het stortebed adviseert het Cultuurtechnisch Vademecum zesmaal het verschil in waterstand. Naar alle waarschijnlijkheid wordt Optimalisatie Onlanden niet ingezet als de waterstand in het Leekstermeer lager is dan -0,5 m NAP. Het verschil in waterstand is daarmee (verschil tussen -0,5 m NAP en +0,15 m NAP) is 0,65 m. Keer 6 geeft dit een stortebed van 3,9 m. Gelet op de slappe ondergrond (veen) is een veiligere aanpak de bodem en oevers te beschermen tussen de stuwende constructie en de Harm Bartelstuw. Dat is 20 tot 30 m lengte.

Minimaal berekende lengte van de woelbak en stortebed

De stuwende constructies worden meerdere keren behandeld in dit hoofdstuk en telkens weer ingaan op de minimale berekende lengte voor de woelbak en stortebed geeft onnodig veel detail (Bijlage G gaat er wel in detail op in). Vooral omdat de berekende verschillen klein zijn.

Daarom het pragmatische advies om voor Object 1 en 2 binnen alle varianten als minimale lengte voor de woelbak 4,6 m aan te houden en bij het stortebed minimaal 4,1 m aan te houden.

Het Cultuurtechnisch Vademecum beschrijft dat er veel rekenwijzes zijn om de woelbak en stortebed te berekenen. Daarom is het advies om dit nog eens door de ontwerper te laten berekenen die wat betreft dit onderwerp ook meer praktijkervaring heeft. Figuur 46 toont het debiet over Object 1 en de benedenstroomse waterstanden. De hoogste piek (17,4 m³/s) ontstaat doordat in het model de leegloop zo snel mogelijk plaatsvindt, in de praktijk zal men dit geleidelijker doen. Wel laat dit figuur zien dat de debieten – afhankelijk van de sturing – hoog kunnen worden.



Figuur 46: Debiet over Object 1 en benedenstroomse waterstand bij de representatieve stochastencombinatie.

Concreet is het advies aan de ontwerper om de woelbak en stortebed te ontwerpen op deze uitgangspunten:

1. De bovenstroomse waterstand is +0,15 m NAP en benedenstrooms -0,5 m NAP.
2. Het debiet bij 2,2Q. Dat is 18,2 m³/s.

Klepstand van een stuwende constructie

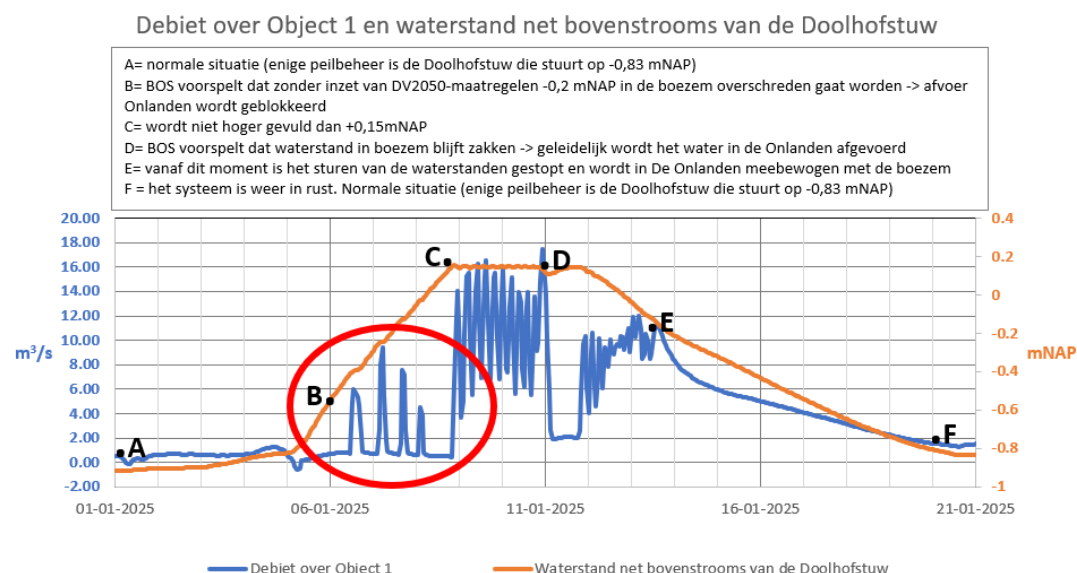
De klep van het object fluctueert tussen het minimale niveau (-2,3 m NAP) en maximale niveau (+0,15 m NAP). De klepstand hangt af van welke waterstand bovenstrooms (in het Peizerdiep, net bovenstrooms van de Doolhofstuw) moet worden bereikt in combinatie met de dan optredende debieten. De debieten leiden namelijk tot een overstortende straal over het object. Onderstaande tabel beschrijft de klepstand bij verschillende situaties:

Tabel 9: Klepstand van een stuwende constructie.

Situatie	Klepstand
Geen Optimalisatie Onlanden nodig	De klep ligt plat op -2,3 m NAP
De berging is langzaam aan het vullen. De tekst en figuur onder deze tabel gaat hierop verder in	Bijvoorbeeld -0,3 m NAP
Er is geen bovenstroomse afvoer, maar de berging moet wel op +0,15 m NAP staan	Klep staat op +0,15 m NAP
De meest realistische situatie bij inzet van de berging: de waterstand in De Onlanden moet +0,15 m NAP zijn, maar er zijn ook hoge debieten	De klep staat op ongeveer -0,2 tot 0 m NAP. In de praktijk fluctueert het debiet en is de klep continue aan het bewegen met als doel te sturen op +0,15 m NAP

Het 'geleidelijk vullen' heeft meer uitleg nodig.

1. Figuur 47 toont de letters met volgorde van inzet, samen met het debiet over Object 1 en de waterstanden direct bovenstrooms van de Doolhofstuw.
2. Op moment B start het waterschap Optimalisatie Onlanden. Echter, het advies is om de kleppen van de Doolhofstuw en stuwende constructies niet direct maximaal te verhogen.
3. Men dient een moment (C) te kiezen – logisch is twee dagen voor de maximaal berekende waterstanden in de boezem – waarop de berging het maximale niveau bereikt moet hebben. Het peil moet dan lineair tussen punt B en C worden opgezet en grote afvoerpieken tussendoor (rood omcirkeld) dienen te worden afgevoerd. Met deze aanpak blijft berging beschikbaar op het moment dat het nodig is.



Figuur 47: Debieten over Object 1 in relatie tot de waterstand bovenstrooms van de Doolhofstuw.

Toets op de stroomsnelheid

Waar de watgang wordt versmald, worden de stroomsnelheden hoger dan de ontwerpeis van 0,5 m/s en is bodem- en oeverbescherming nodig. Figuur 48 illustreert dit met een aantal zones. Onderstaande **Error! Reference source not found.** gaat in meer detail op elke zone in.



Figuur 48: Zones stroomsnelheden Object 1.

Tabel 10: Toelichting zones stroomsnelheden.

	Uitleg	Conclusie
Zone 1	Hier veranderd niks qua debiet en stroomsnelheid t.o.v. de huidige situatie	Geen bodem- en oeverbescherming nodig
Zone 2	In het smalste deel is de stroomsnelheid – gelijk aan de duikerberekening – 0,75 m/s bij 1Q en 1,8 m/s bij 2,2Q. In het breedste deel is het nat oppervlak bepaald op 15 m ² (bij -0,5 m NAP). Bij 2,2Q is de stroomsnelheid 1,21 m/s	Waar de watergang wordt versmald – geïllustreerd als zone 2 in bovenstaande figuur – is oeverbescherming nodig. Bij 2,2Q is in het breedste deel de stroomsnelheid hoger dan 1 m/s. Dit betekent in geheel zone 2 dat bodembescherming moet worden geplaatst
Zone 3	De stroomsnelheid is 0,75 m/s bij 1Q en 1,8 m/s bij 2,2Q	Bodem- en oeverbescherming nodig (waarbij de woelbak en stortebed ook fungeren als bodembescherming)
Zone 4	Het principe is gelijk aan Zone 2 maar Zone 4 is nog smaller dus worden de stroomsnelheden hier nog hoger	Bodem- en oeverbescherming nodig. Eerder is al geadviseerd hier een woelbak en stortebed te maken dus hier wordt over hetzelfde gesproken (in beide gevallen worden de bodem en oever beschermd)
Zone 5	Hier veranderd niks qua debiet en stroomsnelheid t.o.v. de huidige situatie	Geen bodem- en oeverbescherming nodig

9.2.2 Object 2: stuwende constructie Zuidelijke Slenk

Voor dit object gelden dezelfde uitgangspunten als voor Object 1. Alleen op het volgende punt wijkt Object 2 af:

1. Het debiet is hoger dan bij Object 1 (1Q is 8,93 m³/s en 2,2Q is 19,7 m³/s), daarom is een stuw van 6 m breed nodig.
 - a. Bij twee parallelle stuwen is een totale breedte van 6,5 m nodig (3,25 m per stuw).

Figuur 49 toont het voorstel qua locatie van Object 2.



Figuur 49: Voorstel locatie Object 2.

Deze locatie is om de volgende redenen geschikt:

1. Voldoende afstand voor de woelbak en stortebed tot de Blauwvennenstuw om de energie te vernietigen.
2. Boven- en benedenstrooms van deze locatie 'verspringt' de watergang niet qua breedte. Dit is gewenst want door grote verschillen in het nat oppervlak ontstaan energieverliezen.

Wat minder geschikt is aan deze locatie is dat deze in een bocht (in de watergang ligt) waardoor het uitdagender is de stroomlijnen van de watergang niet te verstoren. Als het object verder bovenstrooms kan worden geplaatst, is dat wenselijk.

9.2.3 Object 3: Doolhofstuw

Aan de Doolhofstuw hoeft vrijwel niets te worden aangepast. De enige aanpassing is dat de huidige maximale klepstand -0,21 m NAP is en deze verhoogd moet worden naar +0,15 m NAP. Mogelijk moet ook de bestaande damwandconstructie worden aangepast.

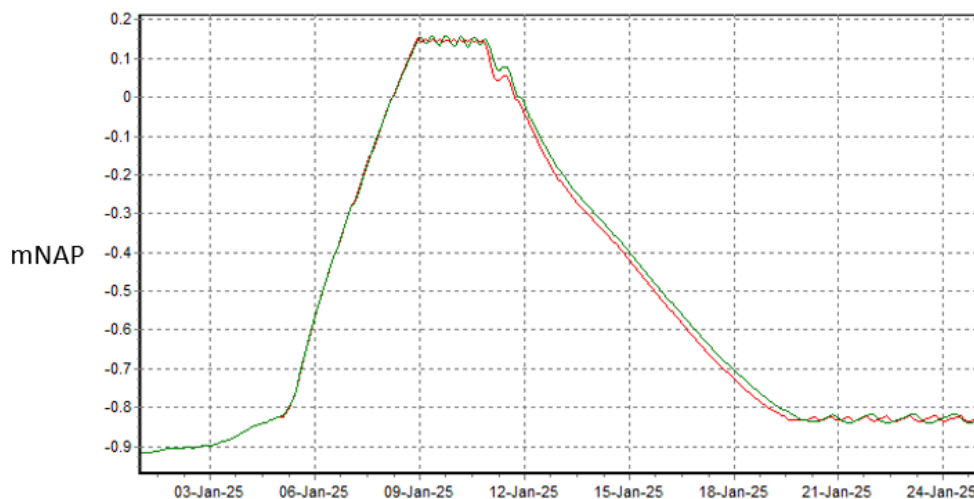
Binnen de projectgroep is gevraagd of de Doolhofstuw hydrologisch gezien, daadwerkelijk moet worden aangepast. Onderstaande opsomming gaat hierop in:

1. Een aantal kengetallen wordt overgenomen uit het model waarin de representatieve stochast is doorgerekend. Dit is een situatie met hoge debieten uit de beekdalen.
2. De stuw is 4 m breed.
3. Benedenstroomse waterstand is -0,35 m NAP (volgt uit model).
4. De hoogste klepstand is -0,21 m NAP.

5. Bovenstrooms is de waterstand +0,15 m NAP.
6. De overstortende straal is 0,36 m.
7. Het SOBEK-model geeft weer dat bij deze situatie het debiet 1,47 m³/s is. Dit is nagerekend met een analytische formule en daaruit volgt 1,6 m³/s (het verschil ontstaat door verschillende m-waardes).
8. Zo lang de toevoer van water bovenstrooms hoger is dan 1,6 m³/s dan lukt het om de waterstand van +0,15 m NAP te blijven vasthouden. Gelet op de grote bovenstroomse toevoer is dit realistisch. Om dit te bevestigen is deze situatie doorgerekend in SOBEK en het resultaat staat in Figuur 50. Het figuur bevestigt dat de waterstand niet onder +0,15 m NAP 'uitzakt'.

Deze berekening geeft weer dat bij hoge bovenstroomse afvoer het niet nodig is de Doolhofstuw aan te passen. Bij Variant 3 neemt de overstortende straal en daarmee het debiet toe tot 1,8 m³/s. Hierdoor verandert de conclusie niet.

Merk op dat deze berekening gaat over één situatie – met hoge afvoer uit de beekdalen – terwijl in de praktijk andere situaties kunnen optreden. In onderstaand kader staat de definitieve keuze toegelicht.



Figuur 50: De rode lijn is Variant 1 zoals oorspronkelijk gemodelleerd. Daarbij is uitgegaan dat de Doolhofstuw kan stuwen tot +0,15 m NAP. De groene lijn is dezelfde berekening, maar dan met als uitgangspunt dat de klep niet wordt verlengd en -0,21 m NAP is. Dit is doorgerekend met de representatieve stochastencombinatie.

Definitieve keuze qua wel/niet aanpassen van de Doolhofstuw en wat dit betekent voor de stuwende constructies

In de projectgroep is besloten om de stuw aan te passen (naar een maximale klepstand van +0,15 m NAP). De belangrijkste argumenten hiervoor zijn:

1. Ook al laat deze modelberekening zien dat het bij hoge afvoeren niet nodig is de stuw aan te passen. Er zijn andere hydrologische omstandigheden mogelijk, zoals minder bovenstroomse toevoer, dat de 1,5 m³/s resulteert in lagere waterstanden dan +0,15 m NAP.
2. Bijvoorbeeld in werkelijkheid kan neerslag ook niet uniform over het beheergebied vallen (minder in de beekdalen). Men wil dan ook in staat zijn de berging optimaal te benutten als dat noodzakelijk is.
3. Het wel aanpassen leidt daarom tot een robuuster ontwerp.
4. Het waterschap wil de aanpassingen aan het watersysteem in één keer goed en toekomstbestendig doen. Hierbij speelt ook de verwachting dat het in de toekomst steeds uitdagender wordt om aanpassingen te doen gelet op de natuurbelangen die spelen in De Onlanden.
5. Dezelfde logica geldt voor de stuwende constructies (Object 1 en 2). De modelberekening laat zien dat de toevoer van water zo groot is dat een maximale klepstand van 0 m NAP volstaat. Maar in lijn met de argumenten voor de Doolhofstuw is gekozen om de maximale klepstand van de stuwende constructies ook +0,15 m NAP te maken.

9.2.4 Object 4: Weringsestuw

Oorspronkelijke reden automatiseren van de stuw

In de oorspronkelijke Droge Voeten-studie (en in de vervolgstudie in 2018) werd geadviseerd om de Weringsestuw te automatiseren. Dit is in de voorliggende studie nader onderzocht en de conclusie is dat automatiseren niet nodig is. Het wel of niet automatiseren raakt meerdere aspecten van Optimalisatie Onlanden. Het is mogelijk dat uiteindelijk automatiseren nodig is om de leegloop te versnellen.

Oorspronkelijke reden automatiseren van de Weringsestuw

In de studie uit 2018 (Arcadis, Optimalisatie Onlanden) is geadviseerd de Weringsestuw te automatiseren en alleen te laten sturen zodra $-0,3$ m NAP wordt overschreden.

Het effect van deze maatregel is in voorliggende studie nader onderzocht door deze door te rekenen met drie representatieve T100-stochasten. Hieruit volgt dat de MHW's op de boezem niet dalen, maar stijgen met gemiddeld 3 mm. Dit komt vooral doordat de stuw de maximale waterstanden in peilgebied Wering verlaagd en daarmee afwentelt naar de boezem. Een mogelijke verklaring voor de verschillen in effectiviteit – t.o.v. de eerdere studie – is dat in de voorliggende studie het model opnieuw is gekalibreerd.

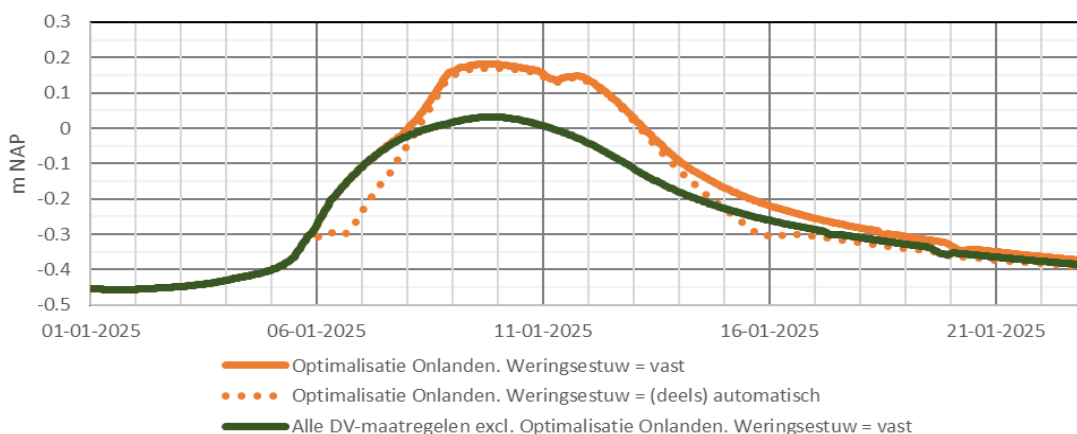
De conclusie is dat geredeneerd vanuit de MHW's op de boezem het niet effectief is deze stuw te automatiseren.

Waterstanden benedenstrooms in peilgebied Wering

Een andere mogelijke reden om de stuw te automatiseren is het mitigeren van effecten. Figuur 51 laat het volgende zien:

1. (Doorgetrokken oranje lijn) dat als gevolg van Optimalisatie Onlanden de waterstanden benedenstrooms stijgen tot $+0,18$ m NAP. Dat is hoger dan de ontwerpeis van maximaal $+0,15$ m NAP.
2. Indien de stuw wordt geautomatiseerd (gestippelde oranje lijn) verlaagt dit de maximale waterstand met 1 cm. Dit effect is zo beperkt, omdat de stuw volledig verdronken is. Dit betekent dat als de wens is om lagere maximale waterstanden te realiseren, dit niet bereikt kan worden met een automatische stuw. De keuze is dan ook gemaakt om $+0,18$ m NAP te accepteren.
3. Figuur 51 laat ook zien dat na de start van het ledigen het 4,8 dagen duurt dat $-0,2$ m NAP wordt bereikt. Dit is langer dan de ontwerpeis van 3 dagen. Mocht dit niet acceptabel zijn dan mitigeert het automatiseren van de stuw dit effect. De leegloop verandert dan van 4,8 dagen naar $-0,2$ m NAP naar 4 dagen.
4. Tot slot laat Figuur 51 zien dat na 10 dagen het streefpeil niet is bereikt, terwijl een ontwerpeis is om na 10 dagen weer op streefpeil te zijn. Het figuur geeft weer dat zonder Optimalisatie Onlanden ook het streefpeil niet wordt bereikt (na 10 dagen). Het bereiken van het theoretische streefpeil is niet reëel, gezien de waterstand in de winter typisch hoger is dan dit. De gemiddelde gemeten waterstand in het winterhalfjaar is $-0,37$ m NAP.

Geheel benedenstrooms in peilgebied Wering. Met en zonder Optimalisatie Onlanden en inzicht in effect automatiseren stuw



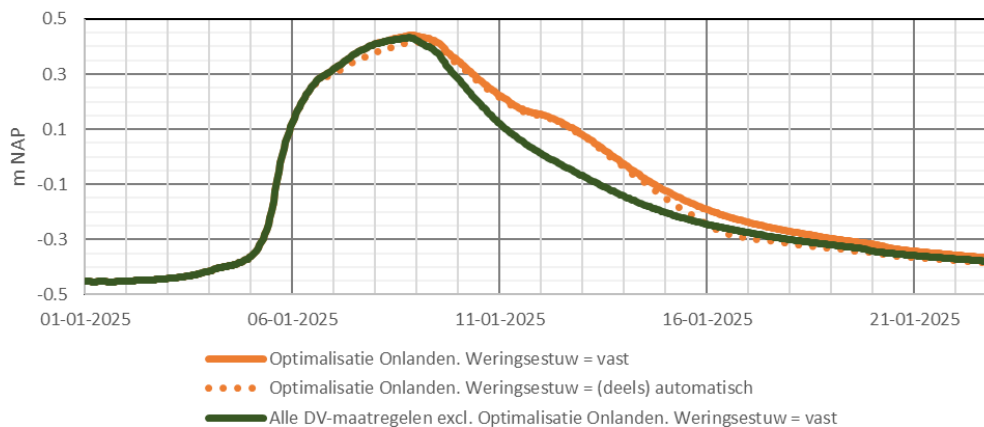
Figuur 51: Waterstanden bij verschillende situaties geheel benedenstrooms in peilgebied Wering. Met (deels) automatisch wordt bedoeld dat de laagste drempel in de Weringsestuw wordt vervangen door een automatische stuw van 3 m breed waarvan de klep zakt tot $-1,85$ m NAP (breder dan 3 m leidt niet tot extra verlaging). De situaties zijn doorgerekend met de representatieve stochastencombinatie.

Waterstanden bovenstrooms in peilgebied Wering (net benedenstrooms van de Bunnerstuw)

Figuur 52 toont de berekende waterstanden geheel bovenstrooms. Het figuur geeft het volgende weer:

1. Dat de maatregel Optimalisatie Onlanden nauwelijks effect heeft op de maximale waterstanden. Alleen duurt de inundatie tot één dag langer.
2. Ook al zou de Weringsestuw (deels) worden geautomatiseerd heeft dit niet tot nauwelijks effect op de bovenstroomse waterstanden. Het advies is dan ook de één dag langere inundatie te accepteren.

Geheel bovenstrooms in peilgebied Wering. Met en zonder Optimalisatie Onlanden en inzicht in effect automatiseren stuw



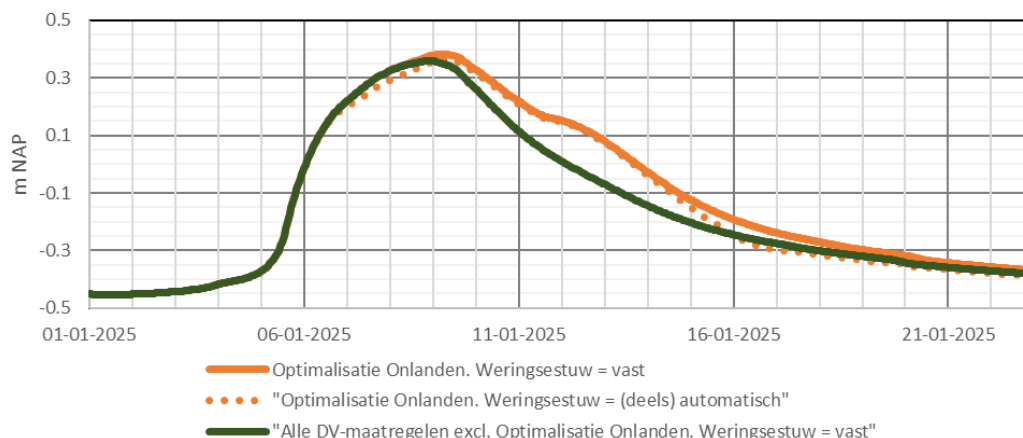
Figuur 52: Waterstanden bij verschillende situaties geheel bovenstrooms in peilgebied Wering (net benedenstrooms van de Bunnerstuw) bij de representatieve stochastencombinatie.

Waterstanden nabij locatie De Horsten

Locatie 'De Horsten' ligt '1.600 m benedenstrooms van de Bunnerstuw (nabij debietmeetpunt Eelderdiep). Hier liggen percelen die gevoelig zijn voor inundatie. Figuur 53 toont de berekende waterstanden op die locatie en geeft deze weer:

1. Zonder Optimalisatie Onlanden stijgen de waterstanden tot +0,36 m NAP en met Optimalisatie Onlanden tot +0,38 m NAP. Het effect van Optimalisatie Onlanden is daarmee een 2 cm hogere waterstand.
2. Indien de Weringsestuw wordt geautomatiseerd, wordt de waterstand +0,36 m NAP. Dit betekent dat het automatiseren de effecten kan compenseren.

Locatie De Horsten. Met en zonder Optimalisatie Onlanden en inzicht in effect automatiseren stuw



Figuur 53: Waterstanden bij verschillende situaties op locatie De Horsten bij de representatieve stochast.

Gekozen is om dit effect te accepteren met als belangrijkste argument dat dit zeer zeldzame gebeurtenissen zijn. Alleen als Optimalisatie Onlanden wordt ingezet en samenvalt met een zeer hoog debiet in het Eelderdiep treedt deze inundatie op. Sowieso is dit boven normatief. Wat betekent dat wat betreft de NBW-werknormen voor grasland wordt getoetst op T10 en deze gebeurtenissen (en e.v.t. effecten van Optimalisatie Onlanden) zijn extremer dan T10 want

het streven is Optimalisatie Onlanden pas in te zetten vanaf T25. Mocht dit tot veel weerstand in het gebied leiden dan is nadeelcompensatie een optie.

De conclusie is dat de inundatie op locatie De Horsten geen argument is de Weringsestuw te automatiseren.

Mitigerend effect wijzigen peilgebied op locatie De Horsten

In Variant 2 en 3 wordt peilgebied Wering groter waardoor de maximale waterstanden iets dalen. De maximale berekende waterstanden zijn:

- Zonder Optimalisatie Onlanden = +0,360 m NAP
- Variant 1 = +0,380 m NAP (stijging is 2 cm)
- Variant 2 = +0,365 m NAP (stijging is 0,5 cm)
- Variant 3 = +0,375 m NAP (stijging is 1,5 cm)

De toename van berging heeft dus een mitigerend effect maar compenseert niet het hele effect.

Verdeling stuw de Koppeling

Stuw de Koppeling verdeelt het debiet tussen de Masloot en De Koppeling (die uitkomt op het Eelderdiep). De huidige verdeling is 75%/25%. Dit betekent dat 75% richting De Koppeling gaat en de overige 25% richting de Masloot.

Onderzocht is of deze verdeling kan worden aangepast naar een 50%/50% verdeling. Allereerst heeft dit een effect op de waterstanden op locatie De Horsten. De maximale waterstanden dalen – t.o.v. de 75%/25% verdeling – namelijk met 4 cm (bij de representatieve stochast).

Echter, hierdoor wordt de Masloot zwaarder belast waardoor in het peilgebied van stuw de Koppeling (en de Boerenlaanstuw) extra inundatie optreedt. Ook treedt meer inundatie in Peize op. Percelen die nu niet inunderen doen dat dan wel.

De conclusie is dat het aanpassen van de verdeling niet wenselijk is en dat vastgehouden dient te worden aan de 75%/25% sturing.

9.3 Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied

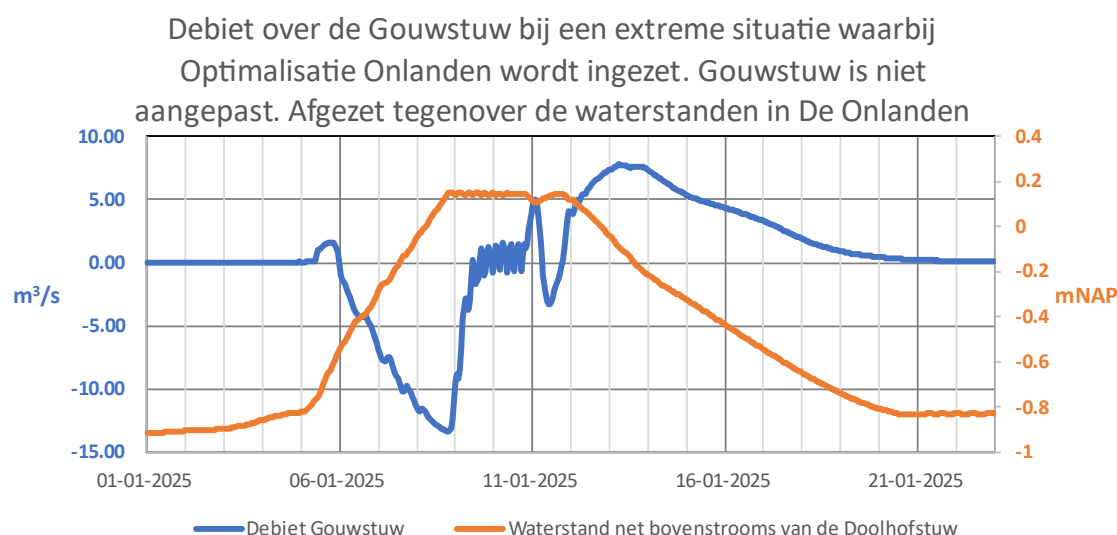
Voor de objecten 1 t/m 4 verandert er niks t.o.v. Variant 1 'OR1: Alternatief Droge Voeten 2050'. In deze paragraaf wordt nader ingegaan op Object 5 en 6.

9.3.1 Object 5: Gouwstuw (compartimenteringsstuw)

Huidige situatie

In de huidige situatie is de Gouwstuw een vaste overlaat van 20 m breed met een hoogte van -0,7 m NAP. Bij normale afvoersituaties stroomt het water uit dit peilgebied (genaamd Gouw) naar het benedenstroomse peilgebied (genaamd Onlanden).

Bij hevige neerslag is de afvoer uit het peilgebied Gouw relatief laag (de 1Q is 1,28 m³/s). Dit in combinatie met een stijging van de waterstanden in het benedenstroomse peilgebied resulteert in dat de Gouwstuw verdrongen raakt en water terugstroomt over de Gouwstuw. Figuur 54 toont de debieten over de Gouwstuw – bij inzet van de maatregel Optimalisatie Onlanden – in combinatie met de waterstanden in De Onlanden. Daarin staat weergegeven dat zodra de waterstand stijgt in De Onlanden, de afvoer over de stuw terugstroomt tot ruim 13 m³/s.

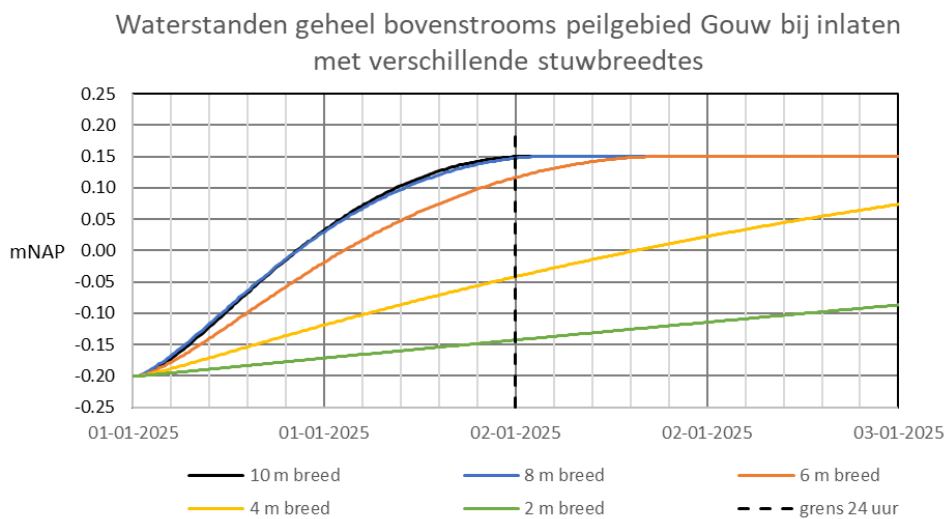


Figuur 54: Debiet over de Gouwstuw en waterstand in De Onlanden (net bovenstrooms van de Doolhofstuw). Een positief debiet betekent dat water van peilgebied Gouw naar het peilgebied Onlanden stroomt, een negatief debiet betekent het omgekeerde. Dit is doorgerekend met de representatieve stochast.

Ontwerpen – compartimenteringsstuw

Wat betreft het compartimenteren is het uitgangspunt dat nabij de Gouwstuw een geautomatiseerde stuw wordt geplaatst (of de Gouwstuw wordt vervangen). Wanneer nodig blokkeert deze stuw de afvoer. Het model geeft weer dat na het compartimenteren de waterstand nog een paar cm stijgt (in het peilgebied).

Maatgevend voor de afmetingen is de eis dat het peilgebied Gouw zich moet vullen in 24 uur tijd. Tussen -0,2 en +0,15 m NAP (minus het gebied waarvan het peil veranderd) is het volume 1,54 miljoen m³ (o.b.v. het AHN3). Met behulp van het model gaan we uit van een stuw die kan zakken tot -1,85 m NAP en er zijn verschillende breedtes onderzocht. Figuur 55 geeft weer dat – indien de Gouwstuw wordt vervangen door de compartimenteringsstuw – een stuw van (minimaal) 8 m breed nodig is om het gebied binnen 24 uur te vullen.



Figuur 55: Indien de compartimenteringsstuw de Gouwstuw vervangt. Waterstanden geheel bovenstrooms in het peilgebied bij inlaten bij verschillende breedtes. Daarbij wordt uitgegaan dat de benedenstroomse waterstand +0,15 m NAP is.

Indien de wens is de compartimenteringsstuw boven- of benedenstrooms van de Gouwstuw te plaatsen (en de Gouwstuw intact te laten) dan treedt extra weerstand op. Om daarvoor te compenseren, dient de compartimenteringsstuw 10 m breed te worden in plaats van 8 m breed.

Bij geen stuw maar schuiven

Het peilgebied compartimenteren met een klepstuw is risicovol, omdat een klepstuw kan beschadigen door een hoge afvoer uit tegenovergestelde richting.

Een alternatief voor een klepstuw is het realiseren van schuiven, daarbij gelden de volgende aandachtspunten:

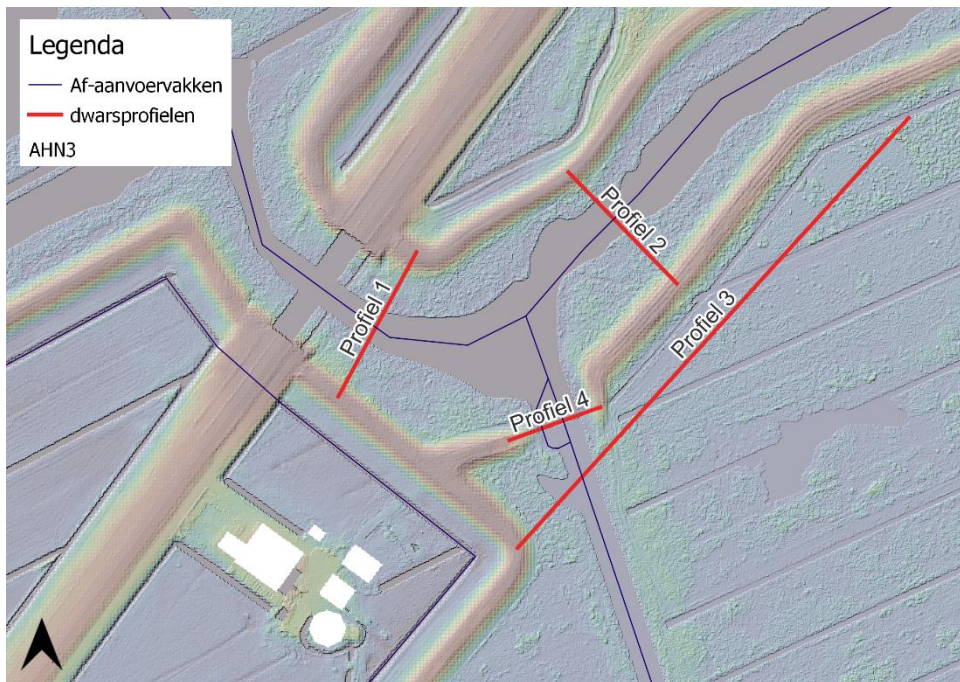
1. Het nat oppervlak dient gelijk of groter te zijn dan de klepstuw. Dat betekent minimaal 8 m breed bij -1,85 m NAP.
2. Indien niet één maar meerdere schuiven worden gerealiseerd, dienen de energieverliezen zoveel mogelijk beperkt te worden. In de tekst binnen Variant 1 bij Object 1 worden hiervoor handvaten gegeven.
3. Indien de schuif van onderen wordt geopend, ontstaat het risico op veel slibtransport. Dit is minder bij een schuif die zakt (dus van boven opent).
4. Om nog minder slibtransport te creëren, is het een optie om een 'ondiepere schuif' te realiseren. Dit betekent een schuif die niet tot -1,85, maar bijvoorbeeld tot -0,85 m NAP zakt. In dit geval is de benodigde breedte 14,5 m.

Stroomsnelheden

Het binnen 24 uur vullen geeft – vooral in het begin – hoge debieten en daarmee hoge stroomsnelheden.

Dicht bij de Gouwstuw ligt de Woudrustbrug. De stroomsnelheden worden hier met 0,88 m/s hoog, maar de ontwerpeis van 1 m/s wordt niet overschreden. Dit betekent dat deze brug geen (extra) erosiebescherming nodig heeft.

Rondom de Gouwstuw kan het model niet worden gebruikt om de stroomsnelheden te bepalen. Dat is niet zozeer een modelfout, maar heeft te maken met hoe de berging is opgenomen in de profielen. Om die reden bepalen we de stroomsnelheden handmatig. Allereerst zijn vier profielen gekozen, zoals deze zijn weergegeven in Figuur 56.



Figuur 56: Vier profielen rondom de Gouwstuw.

In Bijlage G staat beschreven hoe de stroomsnelheden zijn afgeleid voor deze profielen. Hieruit volgt dat de stroomsnelheden bij profiel 1, 2 en 3 lager zijn dan de ontwerpsnelheid van 0,5 m/s. Hier is dus geen verdere actie nodig.

In profiel 4 worden de stroomsnelheden te hoog. In het smalle gedeelte tussen de kades dient dus bodem- en oeverbescherming te worden gerealiseerd. Het vervolgon ontwerp krijgt de volgende specificaties:

1. Het maximale debiet is 28 m³/s.
2. Er dient onderscheid te worden gemaakt in de boven- en benedenstroomse zijde bij het vullen van de berging:
 - a. Bovenstroomse zijde (peilgebied Onlanden). Bij de start van het vullen is de waterstand +0,15 m NAP. Het nat oppervlak dient te worden bepaald in zowel de watergang als het aangrenzend maaiveld. Waar het nat oppervlak minder is dan 56 m² dient bodem- en oeverbescherming te worden gerealiseerd.
 - aa. Nu is uitgerekend (zie Bijlage G) dat aan de bovenstroomse zijde de stroomsnelheid hoger is dan 0,5 m/s, maar niet hoger dan 1 m/s. Dit betekent dat wel oeverbeschoeiing moet worden geplaatst, maar geen bodembescherming.
 - b. Benedenstroomse zijde (peilgebied Gouw). Bij de start van het vullen is de waterstand –0,2 m NAP. Het nat oppervlak dient te worden bepaald in zowel de watergang als het aangrenzende maaiveld. Waar het nat oppervlak minder is dan 56 m² dient bodem- en oeverbescherming te worden gerealiseerd.
 - bb. Nu is uitgerekend (zie Bijlage G) dat aan de benedenstroomse zijde de stroomsnelheid hoger is dan 1 m/s. Dit betekent dat oever- en bodembescherming nodig is.

Woelbak en stortebed aan de zijde van peilgebied Gouw

Bijlage G toont de berekening van de woelbak bij een stuw van 8 m breed die aan de zijde van peilgebied Gouw wordt geplaatst.

De woelbak dient 5 m lang te worden (exclusief de evt. lengte van de klepstuw). Bij de andere genoemde breedtes geldt:

1. Bij een stuw van 10 m breed geldt een woelbak van 4,45 m lang (plus de lengte van de evt. klep).
2. Bij een stuw van 14,5 m breed geldt een woelbak van 3,75 m lang (plus de lengte van de evt. klep).

Het maximale hoogteverschil is – het verschil tussen +0,15 m NAP en –0,2 m NAP – 35 cm. Het stortebed dient 6 * 35 cm te zijn, dat is minimaal 2,1 m.

Woelbak en stortebed aan de zijde van peilgebied Onlanden

Na het vullen stroomt het water vanuit peilgebied Gouw naar peilgebied Onlanden. Indien de compartimenteringsstuw de Gouwstuw vervangt, wordt aangenomen dat de bestaande erosiebescherming van de Gouwstuw voldoende is. Als de compartimenteringsstuw niet de Gouwstuw vervangt, maar los wordt geplaatst, zijn wel een extra woelbak en stortebed nodig aan de zijde van peilgebied Onlanden. Dit is niet nader onderzocht.

In lijn met wat staat beschreven in de tekst van Object 1 in Variant 1 is het zinvol de woelbak en stortebed in het vervolgproces door een ontwerper te laten controleren.

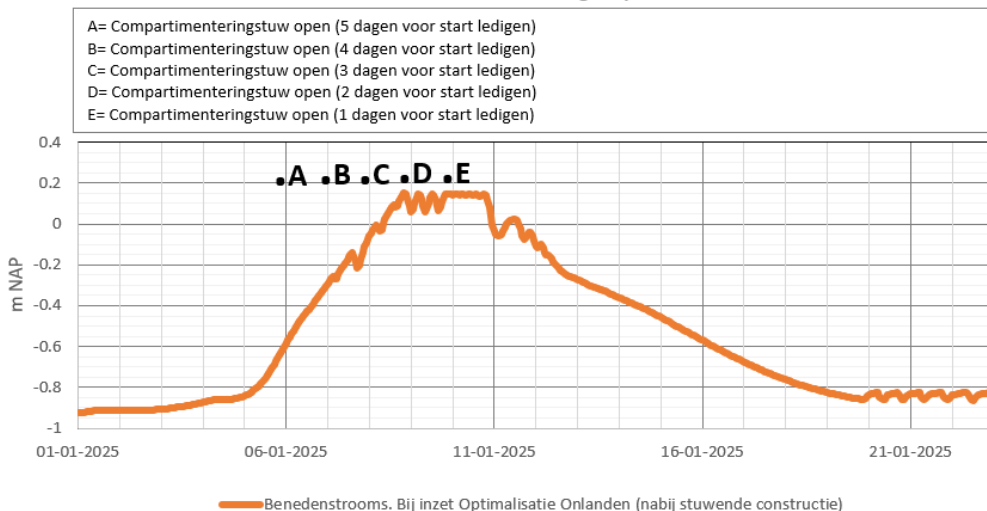
9.3.2 Object 5: Gouwstuw - Effect compartimenteren op MHW's

Het compartimenteren van peilgebied Gouw kan gevolgen hebben voor de MHW's. Er wordt namelijk een extra scheiding gecreëerd tussen De Onlanden en de berging in peilgebied Gouw. Dit gaat om ~1,54 milj m³ berging (in Variant 2). Met het model is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij op verschillende momenten de compartimenteringsstuw wordt opengezet. Figuur 57 toont vijf situaties die zijn doorgerekend.

Meer toelichting 'start ledigen' in verhouding tot maximale waterstand in de boezem

In onderstaande tekst wordt gesproken over 'start van het ledigen'. Hiermee wordt het moment bedoeld dat na Optimalisatie Onlanden de waterstand weer zakt. In de situatie zonder Optimalisatie Onlanden (maar met alle DV-maatregelen) is dit moment ongeveer gelijk aan het moment dat de boezem het maximale niveau bereikt.

Peilgebied Onlanden. Variant 1. Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



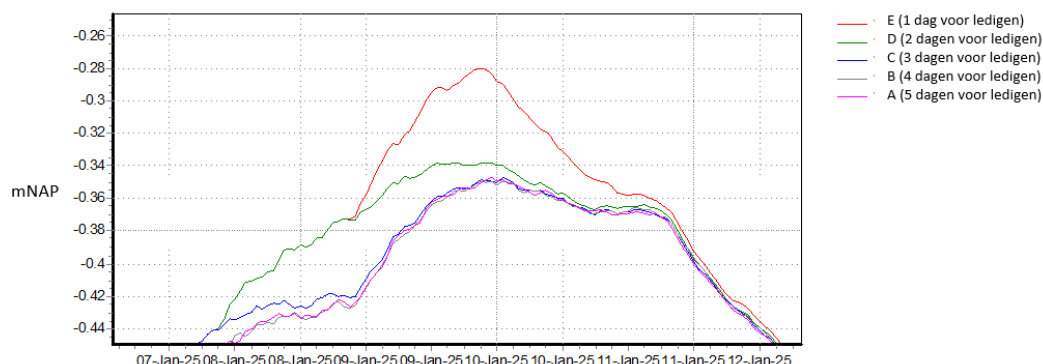
Figuur 57: A t/m E tonen momenten vanaf wanneer de compartimenteringsstuw wordt opengezet. De getoonde waterstand volgt uit Variant 1 bij de representatieve stochast. De waterstanden bij situatie A, B, C, D en E. staan nader toegelicht in onderstaande tekst.

Deze situaties zijn doorgerekend met het model. Onderstaande figuur toont de waterstanden in de boezem. Het figuur geeft het volgende weer:

1. Als de compartimenteringsstuw 'op tijd' wordt opengezet (situatie A t/m C, oftewel 3 tot 5 dagen voor de start van het ledigen) dan is de berekende waterstand in het Van Starkenborghkanaal -0,35 m NAP.
2. Indien men 'te laat' is (situatie D en E, oftewel 1 tot 2 dagen voor het ledigen) dan stijgt de waterstand in de boezem tot -0,34 m NAP (situatie D) t/m -0,28 m NAP.
3. Omdat de compartimenteringsstuw een groot effect heeft op de MHW's is het advies deze op tijd open te zetten en geen onnodige risico's te nemen. Geadviseerd wordt om minimaal 4 dagen van tevoren de compartimenteringsstuw te openen. Bij die situatie berekent het model een waterstand van -0,28 m NAP in peilgebied Onlanden.
4. Dit roept de vraag op of de compartimenteringsstuw wel een effectieve maatregel is. Het doel van de stuw is peilgebied Gouw beschermen zodra -0,2 m NAP in De Onlanden wordt overschreden, maar zoals hierboven is uitgelegd, moet peilgebied Gouw dan juist verbonden zijn met de boezem, zodat de berging op tijd kan worden benut.

5. Er zijn in theorie wel situaties te bedenken dat de compartimenteringsstuw het achterliggende gebied beschermt. Bijvoorbeeld als men zich richt op situatie 'C – 3 dagen van tevoren' openen. Maar in de praktijk is de kans groot dat men geen risico's wil lopen qua MHW's en eerder te vroeg dan te laat de compartimenteringsstuw opent.
6. Wat we ook in de beoordeling bij deze variant opnemen (in hoofdstuk 10) is een advies deze maatregel niet uit te voeren. Er is een kans dat de sturing van dit kunstwerk op termijn niet optimaal is en dat creëert een risico voor de boezem.

Waterstand in het Van Starckenborghkanaal (rekenpunt 1184)



Figuur 58: Bij de representatieve stochastencombinatie.

Keuze voor het moment van openen in de verdere berekeningen

Gelet op de risico's die hierboven staan beschreven, is de kans klein dat deze maatregel wordt uitgevoerd. Echter, die beslissing kunnen wij niet maken en binnen deze studie moeten we binnen Variant 2 aannames doen hoe deze te schematiseren.

Er dient een keuze te worden gemaakt op welk moment de compartimenteringsstuw wordt geopend. Gekozen is voor 'C – 3 dagen van tevoren' openen. In de berekening worden de volgende stappen doorlopen:

1. Op 7 januari 2025 9:15 wordt $-0,2$ m NAP overschreden. De compartimenteringsstuw gaat dicht.
2. Ongeveer een halve dag later, op 7 januari 2025 19:00 gaat de compartimenteringsstuw weer open. Op dat moment is de waterstand $-0,1$ m NAP
3. Dit betekent dat gedurende een halve dag de compartimenteringsstuw is dichtgezet, maar de rest van de tijd staat deze open.

Tijdstip bereiken van $+0,15$ m NAP met en zonder compartimenteren

De hypothese is dat door te compartimenteren de waterstanden in de peilgebieden Onlanden en Wering sneller $+0,15$ m NAP bereiken. Dat wordt gezien als een negatief effect.

Om dit te onderzoeken zijn twee berekeningen met elkaar vergeleken met de representatieve stochast:

1. Berekening 1: Geen compartimentering.
2. Berekening 2: Gedurende de hele hoogwaterperiode blijft de compartimentering in stand (onrealistisch dus).

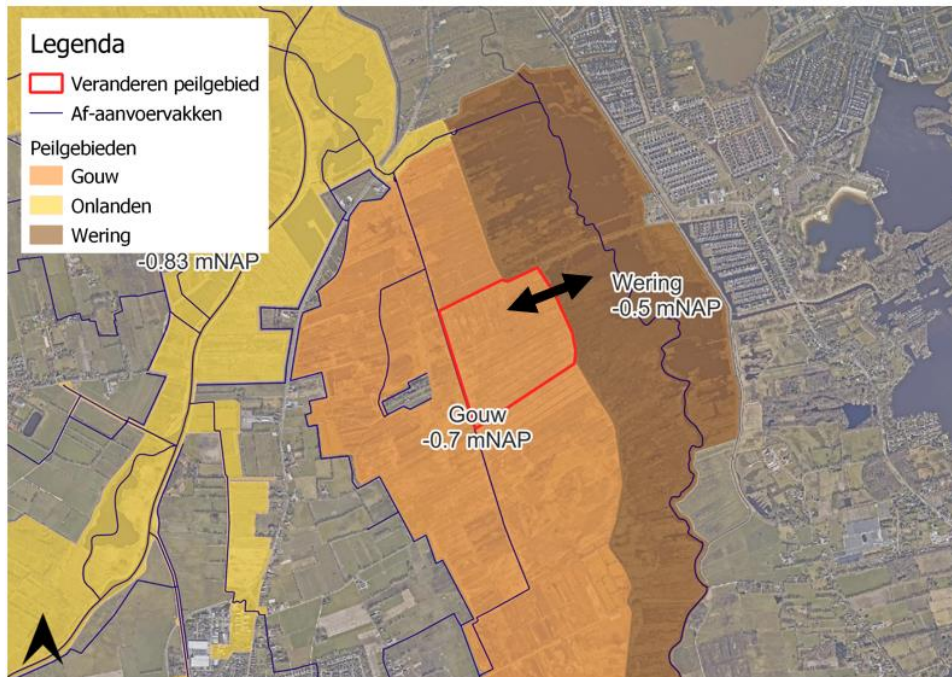
Het resultaat is dat door te compartimenteren 20 minuten eerder $+0,15$ m NAP wordt bereikt. Dit effect is verwaarloosbaar en valt binnen de modelonzekerheden.

De reden dat dit verschil zo klein is dat niet al het water wordt vastgehouden. De stuwen (Doolhofstuw en stuwende constructies) worden niet in één keer op hun maximale klepstand gezet. Het water wordt geleidelijk opgezet en plotselinge hoge afvoeren uit de beekdalen (of extra hoge waterstanden omdat de compartimenteringsstuw is dichtgezet) worden afgevoerd naar de boezem.

9.3.3 Object 6: Duiker onderdoor de 'weg Drentsedijk'

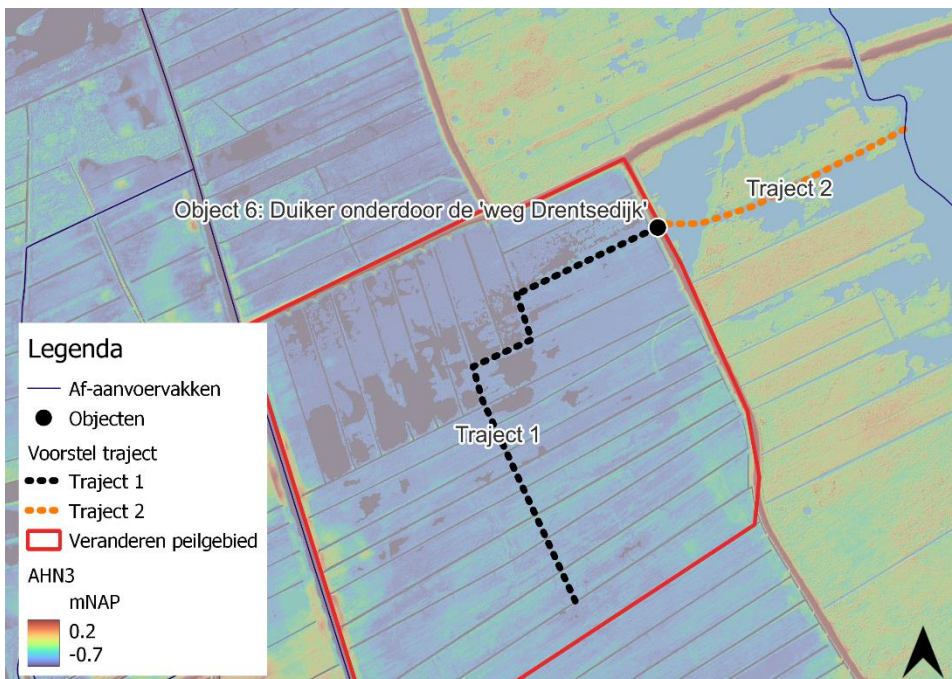
Algemeen

Binnen het peilgebied Gouw ligt een gebied die veranderd qua streefpeil en wordt gekoppeld aan peilgebied Wering. Het peil veranderd hier van $-0,7$ m NAP naar $-0,5$ m NAP en om de verbinding te maken, is een nieuwe watergang en duiker nodig. Figuur 59 toont de ligging van het gebied (rood omcirkeld) en een voorstel qua ligging van de verbinding (zwarte pijl).



Figuur 59: Te veranderen gebied qua peil (rood omcirkeld) en nieuwe verbinding (zwarte pijl).

Voor het ontwerpen van de nieuwe watergangen en duiker geldt een aantal ontwerpeisen. De meest maatgevende ontwerpeis is dat het gebied binnen 24 uur moet kunnen vullen als de waterstand in Wering stijgt van $-0,5$ m NAP naar $+0,15$ m NAP. Dit is een redelijk worst-case uitgangspunt omdat bij hogere afvoer de waterstand vrij snel hoger is dan $-0,5$ m NAP. De maximale toegestane stroomsnelheid in de nieuwe watergangen is $0,5$ m/s en in de duiker 1 m/s.



Figuur 60: Voorstel locatie nieuwe watergangen en duiker.

Dimensies van het ontwerp

In algemene zin geldt dat mag worden afgeweken van de voorgestelde locatie qua duiker en nieuwe watergangen, maar er dient niet te worden afgeweken van onderstaande minimale afmetingen (grotere dimensies is wel acceptabel).

Voor traject 2 geldt:

1. Bodemhoogte sluit aan op het Eelderdiep en is $-1,85$ m NAP
2. Talud 1:1,5
3. De bodembreedte is bepaald op 2,7 m breed

Voor Object 6, de duiker onderdoor de 'weg Drentsedijk' geldt:

1. BOK boven- en benedenstrooms is -2 m NAP
2. Een rechthoekige duiker van 2,5 m breed en 1,85 hoog
3. De lengte van de duiker is aangenomen op 20 m lang
4. In lijn met de ontwerp eis heeft de duiker bij het streefpeil 20% lucht
5. Ontwerpen met de reguliere in- en uitlaatverliezen. Dit betekent dat geen rekening is gehouden met voorzieningen die energieverlies voorkomen

Lucht in de duiker

Vanwege de aanwezigheid van de weg kan een hoge duiker kostbaar zijn. Het advies is met het waterschap af te stemmen of daadwerkelijk deze hoeveelheid lucht nodig is. Merk daarbij wel op dat als een minder hoge duiker wordt aangelegd, daarvoor in de breedte gecompenseerd dient te worden om hetzelfde nat oppervlak te verkrijgen.

Voor traject 1 geldt:

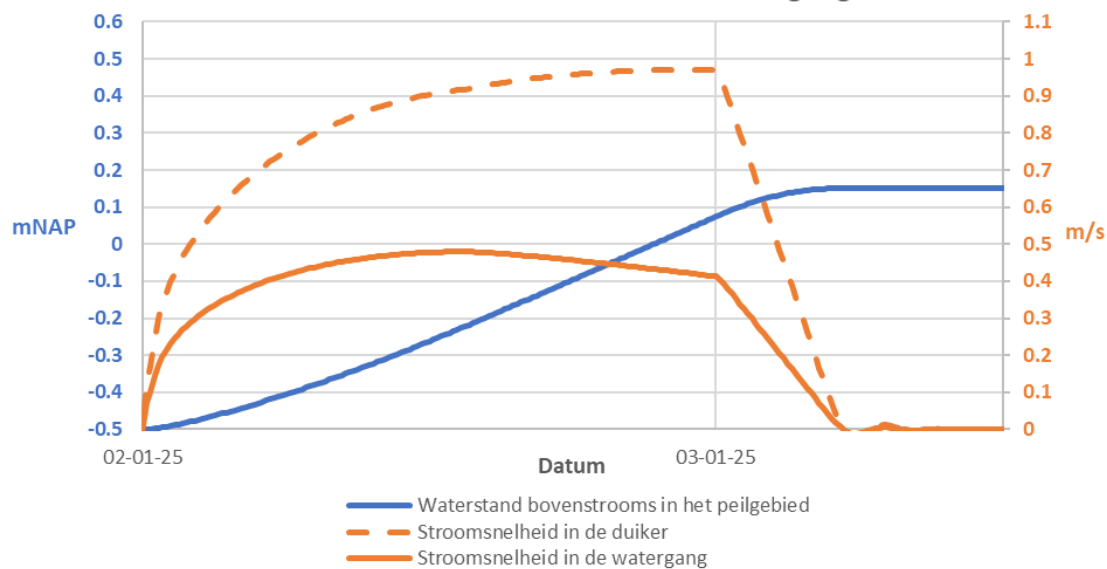
1. De bestaande watergangen in dit peilgebied zijn oostwest georiënteerd en wateren van nature niet af op de nieuwe duiker. Daarom is een extra watergang nodig die zorgt voor afwatering van het gebied en waarmee het gebied gevuld en geleegd wordt afhankelijk van de waterstanden in peilgebied Wering.
2. Qua minimale afmetingen dient nabij de duiker hetzelfde profiel te worden gehanteerd als in traject 2.
3. Geheel bovenstrooms (op het verste punt van de nieuwe duiker) kan worden volstaan met het minimum profiel. Dat is:
 - a. Bodemhoogte $-1,85$ m NAP
 - b. Bodembreedte 0,5 m
 - c. Talud 1:1,5

Toetsen aan de ontwerp eisen

Met het gekozen ontwerp is getoetst of wordt voldaan aan de ontwerp normen. Het gebied moet in 24 uur vullen en de stroomsnelheden in de watergangen is maximaal 0,5 m/s en in de duiker 1 m/s. Figuur 61 geeft deze toetsing weer en hieruit volgt:

1. Het ontwerp voldoet aan de gestelde normen voor stroomsnelheden
2. Het gebied vult in 27,5 uur wat betekent dat de ontwerp norm niet wordt gehaald. Dit wordt geaccepteerd, omdat in de praktijk bij extreme situaties de initiële waterstand fors hoger is dan $-0,5$ m NAP, en dan wordt wel voldaan aan het vullen in 24 uur tijd.

Waterstand in het te veranderen peilgebied en stroomsnelheden
in de nieuwe duiker en nieuwe watergang



Figuur 61: Toetsen aan de ontwerpseisen.

9.4 Variant 3: Optimaal natuuralternatief/Hooiwegvariant

Voor deze variant gelden voor de meeste objecten dezelfde ontwerpkeuzes als bij de overige varianten:

- Voor de stuwende constructies – objecten 1 en 2 – veranderen de dimensies niet t.o.v. Variant 1 en Variant 2. De eisen zijn namelijk gelijk waardoor het ontwerp niet verandert. Zo geldt voor alle varianten dat de stuwende constructies bij 2,2Q bij een streefpeil van –0,5 m NAP niet meer dan 40 mm mogen veroorzaken.
- Wat betreft de Weringsestuw geldt voor Variant 3 hetzelfde als bij Variant 1 en Variant 2.
- Tot slot is het veranderen van het peilgebied ook onderdeel van Variant 3. Daarvoor geldt exact hetzelfde ontwerp als bij Variant 2.

Wel veranderd is de locatie van de stuwende constructies, daar wordt in onderstaande tekst verder op ingegaan.

9.4.1 Object 1: stuwende constructie Noordelijke Slenk

Figuur 62 toont de kruising tussen de Noordelijke Slenk en de Hooiweg (waarbij ook een suggestie is gedaan qua uitstroomvoorziening). Hier wordt binnen Variant 3 de stuwende constructie geplaatst. Vanuit het hydrologisch ontwerp is geen duidelijke voorkeur qua locatie. Net bovenstrooms van de brug heeft de voorkeur vanwege de volgende argumenten:

1. Het belangrijkste argument om Object 1 bovenstrooms van de brug te plaatsen, is dat daarmee een gelijke aanpak wordt gecreëerd met Object 2 (zie onderstaande tekst). Door te kiezen voor een eenduidige aanpak wordt het vervolgproces eenvoudiger. Je hoeft bijvoorbeeld niet twee verschillende ontwerpen te maken. De eenduidige aanpak past waarschijnlijk ook landschappelijk beter.
2. In lijn met onderstaande tekst voor Object 2, dient dan wel voor een geleidelijke uitstroomvoorziening te worden gezorgd. Men dient grote overgangen qua nat oppervlak te voorkomen, omdat daardoor energieverliezen ontstaan. De grootste uitdaging daarin is dat onder de brug het natte oppervlak fors groter is. Door met aandacht de uitstroomvoorziening te ontwerpen, kan hier voor een geleidelijke overgang worden gezorgd.

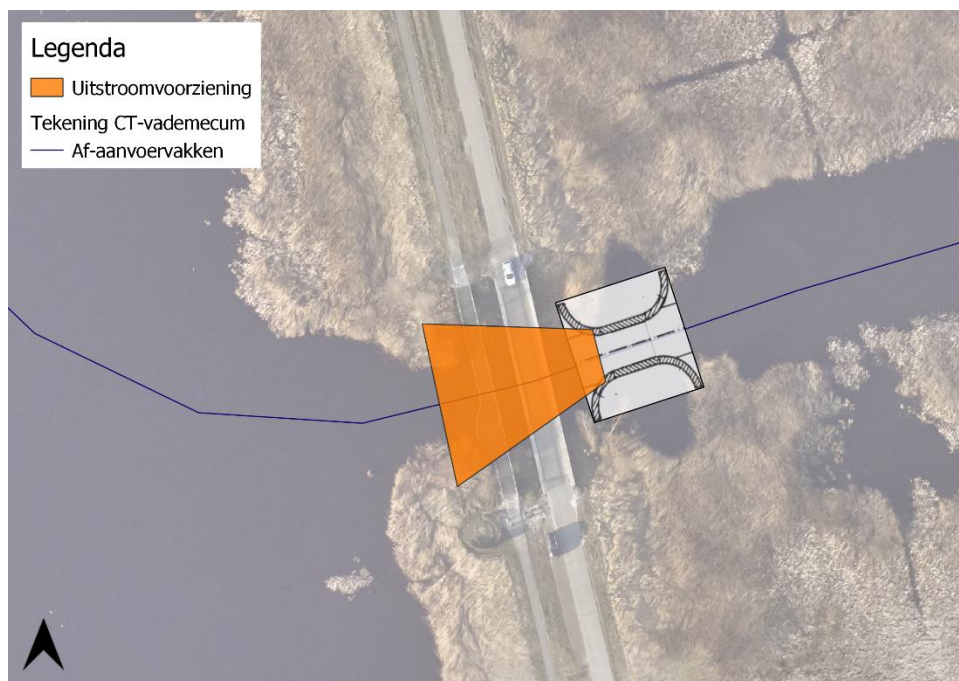


Figuur 62: Object 1, de stuwende constructie in de Noordelijke Slenk wordt binnen Variant 3 geplaatst nabij de Harm Bartelsbrug. De brug is onderdeel van de Hooiweg.

9.4.2 Object 2: stuwende constructie Zuidelijke Slenk

Figuur 63 toont de kruising tussen de Zuidelijke Slenk en de Hooiweg en binnen Variant 3 wordt hier de stuwende constructie geplaatst. Een aandachtspunt op deze locatie is de verbreding van de watergang benedenstrooms van de brug. Bij grote verschillen qua nat oppervlak neemt het uitstroomverlies toe. Bij voorkeur wordt de stuwende constructie daarom niet benedenstrooms van de brug geplaatst. Indien dit toch de voorkeur heeft, dient een geleidelijke overgang te worden gerealiseerd van het smalle naar het brede deel van de watergang.

Figuur 63 toont een logische locatie waarbij ook de uitstroomvoorziening is ingetekend.



Figuur 63: Object 2, de stuwende constructie in de Zuidelijke Slenk wordt binnen Variant 3 geplaatst nabij de Hooibrug. De brug is onderdeel van de Hooiweg.

9.4.3 Object 3: Doolhofstuw

Binnen Variant 3 geldt dat de klep van de stuw moet worden verlengd tot +0,18 m NAP.

9.4.4 Object 4: Stuw Weringsdijk

In lijn met de eerdere toelichting hoeft de Weringsestuw niet te worden aangepast. Dit blijft een vaste stuw.

9.4.5 Object 6: Duiker onderdoor 'weg Drentsedijk'

Voor deze duiker gelden dezelfde uitgangspunten als Object 6 binnen Variant 2.

10 Hydrologie per variant

Dit hoofdstuk is opgesplitst in de drie varianten. Per variant wordt eerst ingegaan op de beoordeling, daarin wordt een aantal ontwerpisen benoemd en beschreven of aan deze eisen wordt voldaan. Vervolgens wordt per variant meer informatie gegeven over het watersysteem. Zo worden de maximale waterstanden getoond en het verloop van de waterstanden per peilgebied. Zodoende ontstaat meer inzicht over de leeglooptijden.

Vervolgens wordt ingegaan op het effect op de MHW's, worst-case en poldergemalen. Afsluitend wordt in een tabel per variant een beoordeling gegeven, zodat het in het vervolgtraject direct duidelijk is welke aanpassingen aan het watersysteem nodig zijn.

De berekende stroomsnelheden worden gebruikt – in een andere studie – om analyses te doen qua erosie en sedimentatie. Bijlage H toont de stroomsnelheden bij verschillende stationaire afvoeren bij het huidige watersysteem en stroomsnelheden bij de varianten.

10.1 Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050

10.1.1 Beoordeling

Onderstaande tabel geeft een beoordeling waar wel en niet wordt voldaan aan de ontwerpisen.

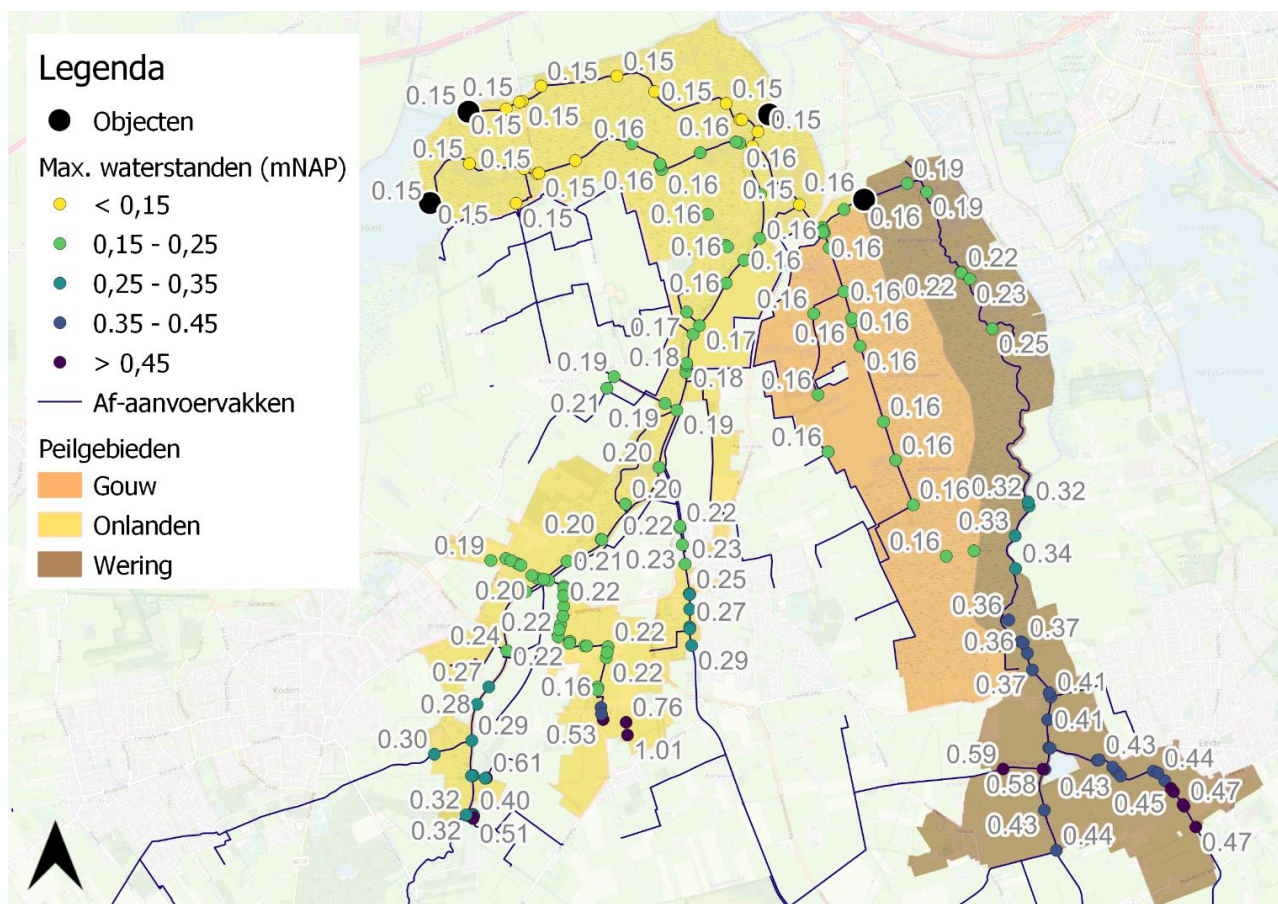
Tabel 11: Beoordeling Variant 1.

Categorie	Ontwerpeis	Beoordeling
Effect MHW's	Variant 1 is in lijn met de oorspronkelijke Droge Voeten studie en resulteert in het verlagen van de MHW's op de boezem. Variant 2 en 3 mogen niet leiden tot hogere MHW's (t.o.v. Variant 1).	Aan deze eis wordt voldaan Dit is Variant 1 en is gelijk aan de Optimalisatie Onlanden uit de DV-studie.
Algemeen	De terreinbeheerders zijn tevreden met de huidige waterhuishouding. Daarom mogen de aanpassingen aan het watersysteem geen effect hebben op de reguliere waterhuishouding.	Aan deze eis wordt voldaan. De enige aanpassing die mogelijk invloed heeft op de reguliere waterhuishouding zijn het plaatsen van stuwende constructies. Deze kunstwerken zijn echter dusdanig groot gedimensioneerd dat ze bij de reguliere waterhuishouding niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaken.
	Binnen de drie peilgebieden – Onlanden, Gouw en Wering – mag de waterstand niet hoger worden dan +0,15 m NAP.	Aan deze eis wordt niet overal voldaan. Benedenstrooms in peilgebied Onlanden wordt gestuurd op maximaal +0,15 m NAP en daaraan wordt voldaan. Maar door het verhang in het watersysteem ontstaan bovenstrooms hogere waterstanden. Meer details over de waterstanden staan beschreven in de hoofdttekst van dit hoofdstuk. In theorie is dit te mitigeren door benedenstrooms een lagere maximale waterstand te hanteren. Maar hierdoor stijgen de MHW's in de boezem, omdat minder dan 5,2 miljoen m ³ wordt geborgen. Om deze reden wordt het niet voldoen aan deze eis geaccepteerd.
Ledigen van de berging	Na de start van het ledigen van de berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 3 dagen -0,2 m NAP bereiken . Na de start van het ledigen van de berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 10 dagen weer het streefpeil bereiken.	Aan deze eis wordt niet overal voldaan. In peilgebied Onlanden wordt voldaan aan deze eisen, maar door verhang in het watersysteem duurt in peilgebied Gouw en Wering de leegloop langer.

Categorie	Ontwerpeis	Beoordeling
		Zo duurt het in peilgebied Gouw 3,8 dagen voordat $-0,2$ m NAP wordt bereikt en in peilgebied Wering 4,8 dagen. In peilgebied Wering is dit benedenstrooms te mitigeren door de stuw te automatiseren. Hierdoor duurt de leegloop (tot $-0,2$ m NAP) niet 4,8 dagen, maar 4,0 dagen. Echter, voor het automatiseren van de stuw is bij de terreinbeheerders geen draagvlak. In peilgebied Gouw is onderzocht of door het automatiseren van de Gouwstuw een snellere leegloop kan worden gecreëerd. Dit blijkt niet effectief, omdat de lange leegloop ontstaat door verhang in de watergangen en niet zozeer door de Gouwstuw. Daarom wordt het niet halen van de ontwerpeis geaccepteerd.

10.1.2 Maximale waterstanden

Figuur 64 toont de maximale berekende waterstanden binnen deze variant bij de representatieve stochastencombinatie. Bijlage H toont per variant de inundatie.



Figuur 64: Maximale waterstanden Variant 1 bij de representatieve stochastencombinatie.

10.1.3 Verloop waterstanden en leegloop

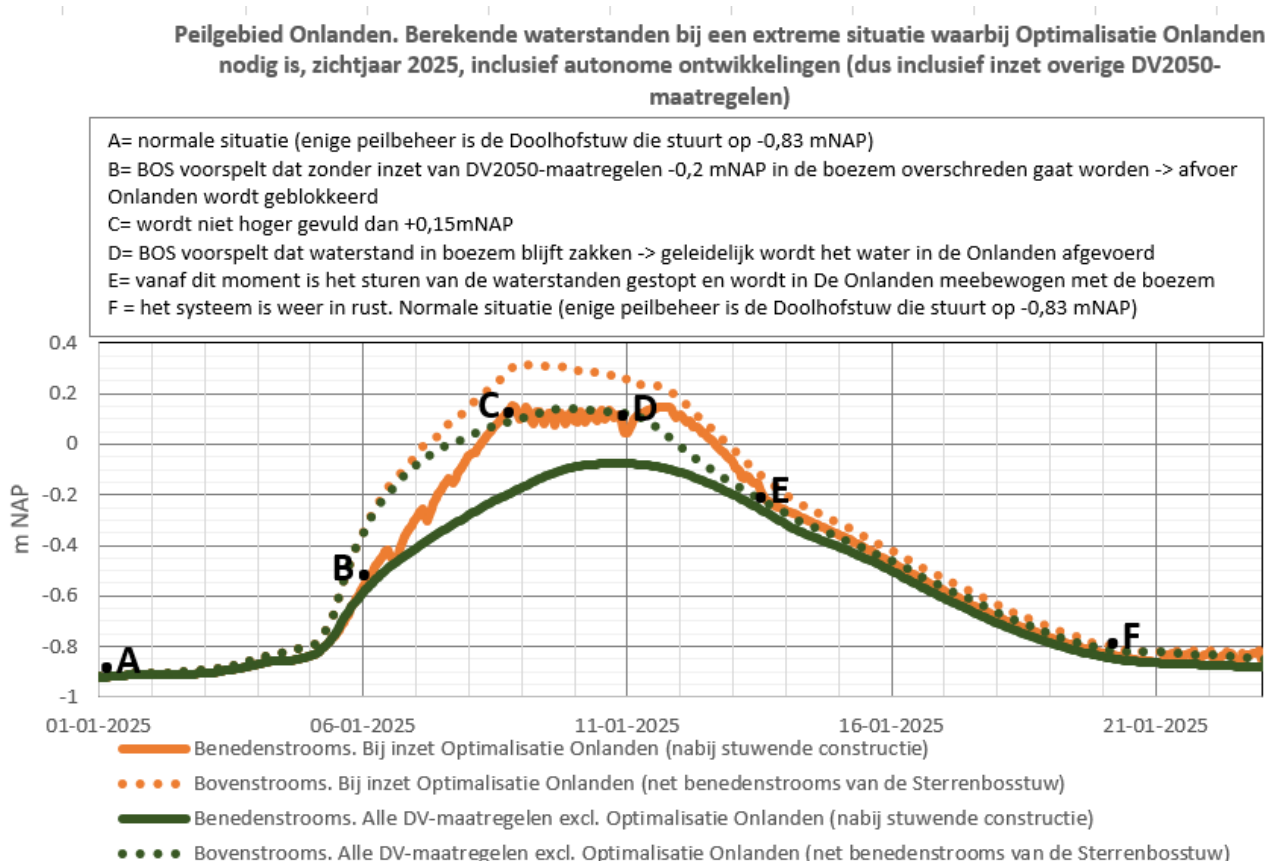
Peilgebied Onlanden

Figuur 65 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,15 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). Als gevolg van verhang in het watersysteem stijgt de waterstand geheel bovenstrooms in het peilgebied naar +0,32 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen het systeem binnen 3 dagen -0,2 m NAP bereikt en binnen 10 dagen op streefpeil is.

Het figuur laat ook de waterstanden zien bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel. De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Benedenstrooms is de maximale waterstand -0,08 m NAP en bovenstrooms +0,14 m NAP.



Figuur 65: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

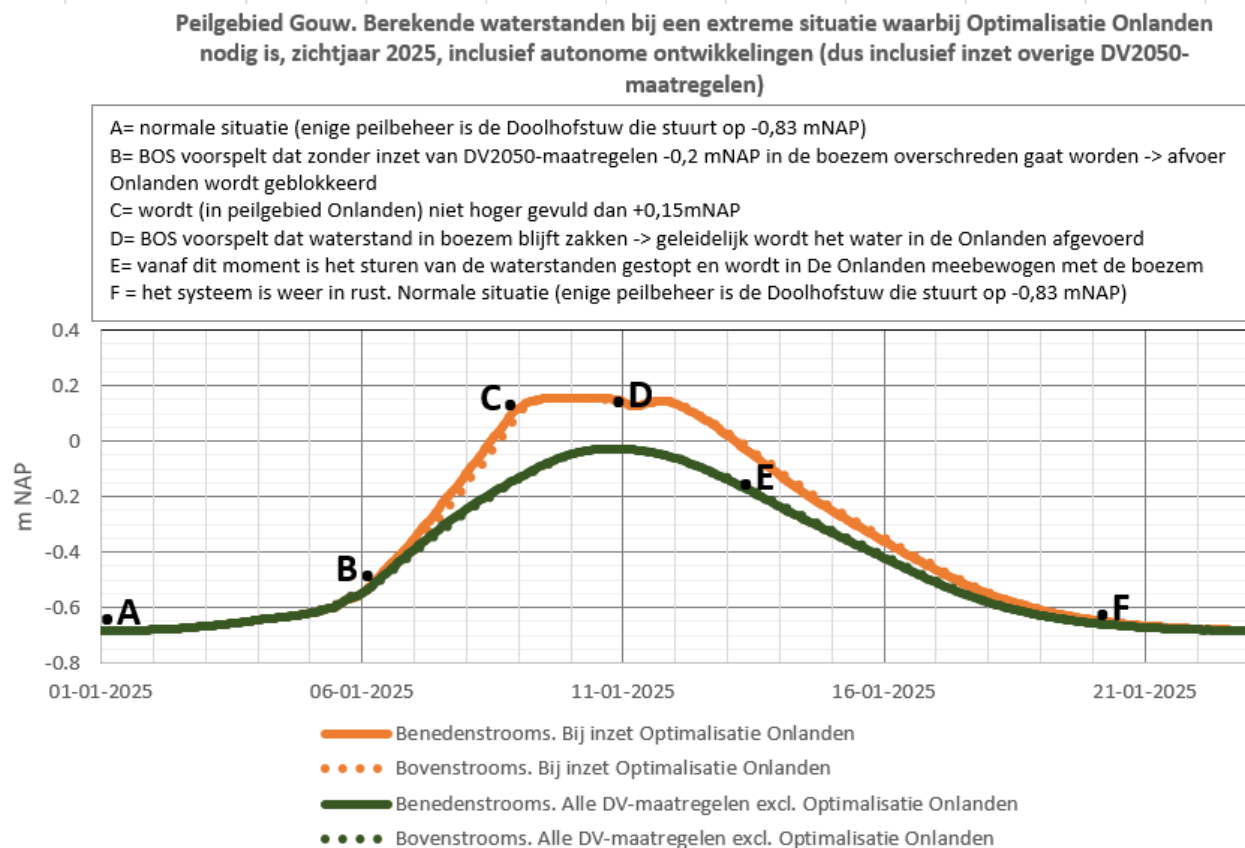
Peilgebied Gouw

Figuur 66 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,16 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). In dit peilgebied ontstaat nauwelijks verhang dus de bovenstroomse (maximale) waterstand is ook +0,16 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen het systeem na 3,8 dagen -0,2 m NAP bereikt en binnen 10 dagen op streefpeil is. Het bereiken van -0,2 m NAP duurt ongeveer 1 dag langer dan in peilgebied Onlanden. De oorzaak is niet opstuwung over de Gouwstuw, maar dat het hoge debiet vanuit peilgebied Gouw en Wering opstuwung in het watersysteem veroorzaakt.

Het figuur laat ook de waterstanden zien bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel. De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Beneden- en bovenstrooms is de maximale waterstand -0,03 m NAP.



Figuur 66: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

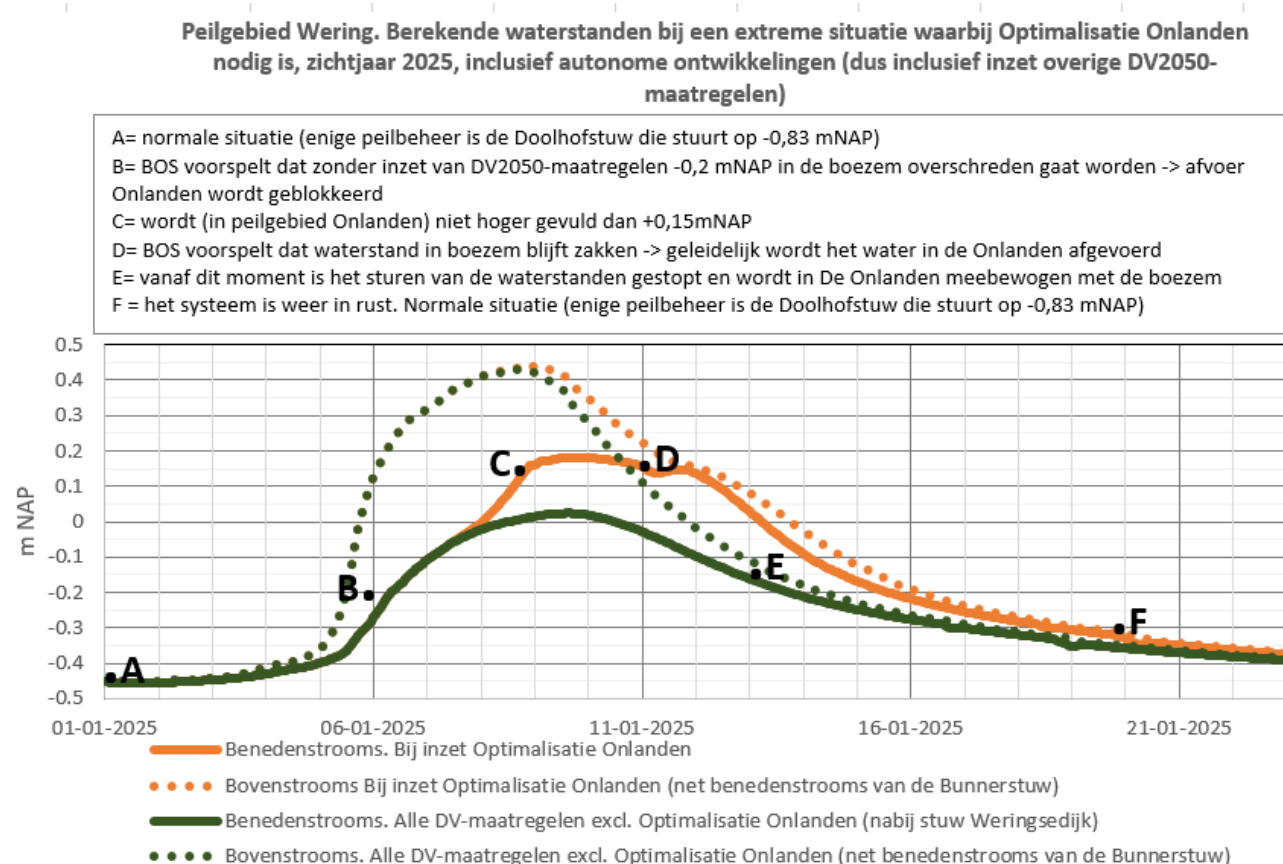
Peilgebied Wering

Figuur 67 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,18 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). Als gevolg van verhang in het watersysteem stijgt de waterstand geheel bovenstrooms in het peilgebied naar +0,44 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen benedenstrooms het systeem binnen 4,8 dagen -0,2 m NAP bereikt. Na 10 dagen is het streefpeil nog niet bereikt.

Het figuur laat ook de waterstanden zien bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel. De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Benedenstrooms is de maximale waterstand +0,02 m NAP en bovenstrooms +0,43 m NAP.



Figuur 67: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

10.1.4 Effect MHW

Deze variant is gelijk aan de oorspronkelijke Droge Voeten studie, daarom worden geen effecten getoond.

10.1.5 Poldergemalen

Mogelijk leiden de hoge waterstanden in De Onlanden – bij inzet van de berging - tot afname van de pompcapaciteit van de poldergemalen. Onderstaande tabel toont de maximale berekende waterstanden – bij één extreme situatie die als representatief is aangenomen – nabij de gemalen en het aantal dagen dat de waterstanden zich boven een aantal niveaus bevindt. In het vervolgtraject kan men op basis hiervan het effect op de pompcapaciteit bepalen.

Tabel 12:: Waterstanden benedenstrooms van de poldergemalen bij inzet van Optimalisatie Onlanden en aantal dagen dat de waterstanden hoger is dan een aantal niveaus (gebaseerd op de representatieve stochastencombinatie). Bijvoorbeeld, bij gemaal Weehorst is de maximale waterstand +0,23 m NAP en bevindt zich gedurende 1,8 dagen boven +0,2 m NAP.

Aantal dagen boven deze niveaus

	Maximale waterstand (m NAP)	>-0,4 mNAP	>-0,3 mNAP	>-0,2 mNAP	>-0,1 mNAP	>0 mNAP	>+0,1 mNAP	>+0,2 mNAP	>+0,3 mNAP	>+0,4 mNAP	>+0,5 mNAP
Sandebuurt	0.15	8.8	7.6	6.3	5.4	4.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Groot Waal	0.16	9.3	7.9	6.6	5.6	4.6	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Zuidermaden	0.21	9.5	8.2	7.0	5.9	4.9	3.9	0.4	0.0	0.0	0.0
Langma	0.16	9.3	7.8	6.5	5.5	4.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Zanddijk	0.16	9.6	8.2	6.9	5.8	4.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Weehorst	0.23	9.6	8.4	7.0	6.0	5.0	4.0	1.8	0.0	0.0	0.0
Broekstukken	0.16	9.6	8.2	6.9	5.7	4.6	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Spierveen	0.41	20.6	13.8	10.5	9.0	7.8	6.6	4.7	3.0	0.6	0.0

10.1.6 Samenvatting benodigde aanpassingen aan het watersysteem

Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft een samenvatting van alle aanpassingen aan het watersysteem die nodig zijn om deze variant te realiseren.

Tabel 13: Samenvatting aanpassingen watersysteem Variant 1.

Categorie	Ontwerp
Object 3 (Doolhofstuw)	De maximale klepstand is in de huidige situatie $-0,21$ m NAP. Dit moet aangepast worden naar $+0,15$ m NAP.
Object 4 (de Weringsestuw)	Geen veranderingen.
Object 1 (Stuwende constructie Noordelijke Slenk)	1. Wordt een klepstuw ongeveer 20 tot 30 m bovenstrooms van de Harm Bartelsstuw. 2. Het advies is een klepstuw te plaatsen (en geen schuiven of een balgstuw), omdat een klepstuw de waterstanden goed kan sturen. Bij inzet van de berging dient de klepstuw de waterstanden op te stuwen tot $+0,15$ m NAP, terwijl door bovenstroomse afvoer hoge debieten kunnen optreden (we gaan uit van worst-case, $2,2Q$, dat is $18,2$ m³/s). Met een klepstuw kan goed op deze omstandigheden worden ingespeeld. 3. Als de klepstuw platligt, is de bovenkant $-2,3$ m NAP. 4. Indien dit als 1 stuw kan worden uitgevoerd, is de stuw minimaal 5,5 m breed (breedte is haaks op de watergang): a. Indien het 2 parallelle stuwen worden, ontstaan energieverliezen en om daarvoor te compenseren zijn 2 stuwen van 3,0 m nodig (totale breedte is 6,0 m) (breedte is haaks op de watergang). 5. De projectgroep hecht waarde aan een eenduidige aanpak en daarom dient Object 2 minimaal 6 m breed (breedte is haaks op de watergang) te worden. Daarom is de wens (bij uitvoering als 1 stuw) om Object 1 niet 5,5 maar 6 m breed te maken. 6. De maximale klepstand is $+0,15$ m NAP. 7. De klep dient te kunnen bewegen met een minimale snelheid van 30 cm/uur. Als dit heel kostbaar is om te realiseren, is 10 cm/uur ook een optie, maar dan dient dat beter te worden onderzocht (dan is een slimmere sturing nodig waarbij tijdiger op hoge afvoeren wordt ingespeeld). 8. De lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep is bepaald op 5,6 m maar dient in het vervolgtraject door de ontwerper te worden nagekeken. 9. Om energieverliezen te voorkomen, dienen geleidelijke overgangen te worden gemaakt. Dit geldt van insteek tot insteek, plus 3 m extra aan beide zijden om ook bij stroming over maaiveld het water te geleiden. 10. Om energieverliezen te voorkomen, dienen gladde materialen te worden gebruikt. En bijvoorbeeld geen damwanden met U-profiel waardoor de stroomlijnen worden verstoord. 11. In en rondom de stuw wordt de stroomsnelheid hoog en wordt bodem- en oeverbescherming geplaatst.
Object 1 - Woelbak en stortebed	1. Er wordt een woelbak gemaakt. De lengte (in lengterichting van de watergang) is berekend op 4,6 m plus de lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep. De woelbak wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. 2. Er wordt een stortebed gemaakt. Dit wordt ook wel gezien als bodembescherming. De lengte (in lengterichting van de watergang) is bepaald op minimaal 4,1 m. Het stortebed wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. 3. Gelet op de erosiegevoelige ondergrond (veen) is geadviseerd het stortebed uit te breiden vanaf de nieuwe stuw t/m de bestaande drempelconstructie. Dat is ongeveer 20 tot 30 m lengte (in lengterichting van de watergang): a. Over deze 20 tot 30 m lengte wordt ook oeverbescherming geplaatst. 4. Vanuit hydrologie worden zelden de woelbak en stortebed gedimensioneerd en er is dan ook weinig praktijkervaring. Het is aan de ontwerper om kritisch naar deze getallen te kijken en ook op eigen inzicht de woelbak en stortebed te dimensioneren. Daarbij gelden de volgende uitgangspunten: a. De bovenstroomse waterstand is $+0,15$ m NAP en benedenstrooms $-0,5$ m NAP. b. Het debiet bij $2,2Q$ is $18,2$ m³/s.
Object 2 (Stuwende constructie Zuidelijke Slenk)	1. Wordt een klepstuw ongeveer 20 tot 30 m bovenstrooms van de Blauwvennenstuw. 2. Het advies is een klepstuw te plaatsen (en geen schuiven of een balgstuw), omdat een klepstuw de waterstanden goed kan sturen. Bij inzet van de berging dient de klepstuw de waterstanden op te stuwen tot $+0,15$ m NAP, terwijl door bovenstroomse afvoer hoge debieten kunnen optreden (we gaan uit van worst-case, $2,2Q$, dat is $19,7$ m³/s). Met een klepstuw kan goed op deze omstandigheden worden ingespeeld.

Categorie**Ontwerp**

	3. Als de klepstuw platligt, is de bovenkant $-2,3$ m NAP. 4. Indien dit als 1 stuw kan worden uitgevoerd, is de stuw 6 m breed (breedte is haaks op de watergang): a. Indien het 2 parallelle stuwen worden, ontstaan energieverliezen en om daarvoor te compenseren zijn 2 stuwen van 3,25 m nodig (totale breedte is 6,5 m) (breedte is haaks op de watergang). 5. De maximale klepstand is $+0,15$ m NAP. 6. De klep dient te kunnen bewegen met een minimale snelheid van 30 cm/uur. Als dit heel kostbaar is om te realiseren, is 10 cm/uur ook een optie, maar dan dient dat beter te worden onderzocht (dan is een slimmere sturing nodig waarbij tijdiger op hoge afvoeren wordt ingespeeld). 7. De lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep is bepaald op 5,6 m maar dient in het vervolgtraject door de ontwerper te worden nagerekend. 8. Om energieverliezen te voorkomen, dienen geleidelijke overgangen te worden gemaakt. Dit geldt van insteek tot insteek, plus 3 m extra aan beide zijden om ook bij stroming over maaiveld het water te geleiden. 9. Om energieverliezen te voorkomen, dienen gladde materialen te worden gebruikt. En bijvoorbeeld geen damwanden met U-profiel waardoor de stroomlijnen worden verstoord. 10. In en rondom de stuw wordt de stroomsnelheid hoog en wordt bodem- en oeverbescherming geplaatst.
Object 2 - Woelbak en stortebed	1. Er wordt een woelbak gemaakt. De lengte (in lengterichting van de watergang) is berekend op minimaal 4,6 m plus de lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep. De woelbak wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. 2. Er wordt een stortebed gemaakt. Dit wordt ook wel gezien als bodembescherming. De lengte (in lengterichting van de watergang) is bepaald op minimaal 4,1 m. Het stortebed wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. 3. Gelet op de erosiegevoelige ondergrond (veen) is geadviseerd het stortebed uit te breiden vanaf de nieuwe stuw t/m de bestaande drempelconstructie. Dat is ongeveer 20 tot 30 m lengte (in lengterichting van de watergang). a. Over deze 20 tot 30 m lengte wordt ook oeverbescherming geplaatst. 4. Vanuit hydrologie worden zelden de woelbak en stortebed gedimensioneerd en er is dan ook weinig praktijkervaring. Het is aan de ontwerper om kritisch naar deze getallen te kijken en ook op eigen inzicht de woelbak en stortebed te dimensioneren. Daarbij gelden deze uitgangspunten: a. De bovenstroomse waterstand is $+0,15$ m NAP en benedenstrooms $-0,5$ m NAP b. Het debiet bij 2,2Q is $19,7$ m³/s.

10.2 Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied

10.2.1 Beoordeling

In hoofdstuk 9 staan ontwerpisen benoemt. Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft weer waar wel en niet wordt voldaan aan de ontwerpisen.

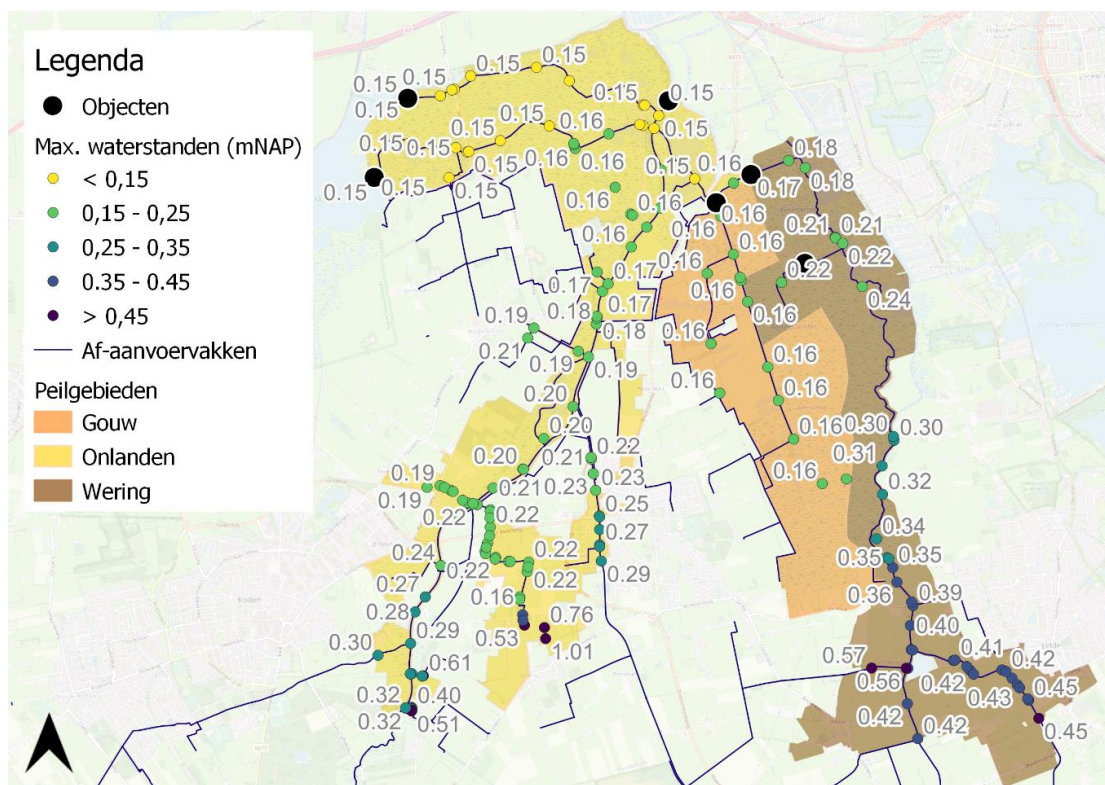
Tabel 14: Beoordeling Variant 2.

Categorie	Ontwerpeis	Beoordeling
Effect MHW's	Variant 1 is in lijn met de oorspronkelijke Droge Voeten studie en resulteert in het verlagen van de MHW's op de boezem. Variant 2 mag niet leiden tot hogere MHW's (t.o.v. Variant 1).	Hieraan wordt niet voldaan De berging in peilgebied Gouw is belangrijk voor de boezem. Door de compartimenteringsstuw wordt deze berging minder effectief benut waardoor de MHW's in de 3e schil van de (Electra) boezem kunnen stijgen. Theoretisch zijn er situaties te bedenken dat de compartimenteringsstuw even dichtgezet kan worden (ordegrootte een halve dag). Maar überhaupt het feit dat bij een niet-optimale sturing een waterveiligheidsprobleem in de boezem kan ontstaan, is voor ons reden om te adviseren de compartimenteringsstuw, en daarmee Variant 2, te laten vervallen.
Algemeen	De terreinbeheerders zijn tevreden met de huidige waterhuishouding. Daarom mogen de aanpassingen aan het watersysteem geen effect hebben op de reguliere waterhuishouding.	Aan deze eis wordt voldaan Natuurlijk resulteert het veranderen van het peil in een gebied in een effect op de reguliere waterhuishouding. Maar dit is op verzoek van de terreinbeheerders en wordt geaccepteerd. De stuwende constructies (Object 1 en 2) en de compartimenteringsstuw (Object 5) worden dusdanig ruim gedimensioneerd dat ze niet tot nauwelijks invloed hebben op het reguliere watersysteem.
	Binnen de drie peilgebieden – Onlanden, Gouw en Wering – mag de waterstand niet hoger worden dan +0,15 m NAP	Aan deze eis wordt niet overal voldaan Benedenstrooms in peilgebied Onlanden wordt gestuurd op maximaal +0,15 m NAP en daaraan wordt voldaan. Maar door het verhang in het watersysteem ontstaan bovenstrooms hogere waterstanden. Meer details over de waterstanden staan beschreven in de hoofdtekst van dit hoofdstuk. In theorie is dit te mitigeren door benedenstrooms een lagere maximale waterstand te hanteren. Maar hierdoor stijgen de MHW's in de boezem omdat minder dan 5,2 miljoen m³ wordt geborgen. Om die reden wordt het niet voldoen aan deze eis geaccepteerd.
Ledigen van de berging	Na de start van het ledigen van de berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 3 dagen -0,2 m NAP bereiken Na de start van het ledigen van de berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 10 dagen weer het streefpeil bereiken (Geen eis maar wens): de berging zo snel mogelijk leeg laten lopen	Aan deze eis wordt niet overal voldaan In peilgebied Onlanden wordt voldaan aan deze eisen, maar door verhang in het watersysteem duurt in peilgebied Gouw en Wering de leegloop langer. Zo duurt het in peilgebied Gouw 3,7 dagen voordat -0,2 m NAP wordt bereikt en in peilgebied Wering 5,2 dagen.

Categorie	Ontwerpeis	Beoordeling
		In peilgebied Wering is dit benedenstrooms te mitigeren door de stuw te automatiseren. Hierdoor duurt de leegloop (tot -0,2 m NAP) niet 5,2 dagen, maar 4,4 dagen. Echter, voor het automatiseren van de stuw is bij de terreinbeheerders geen draagvlak. In peilgebied Gouw is onderzocht of door het automatiseren van de Gouwstuw (al dan niet in combinatie met het slim inzetten van de compartimenteringsstuw) een snellere leegloop kan worden gecreëerd. Dit blijkt niet effectief omdat de lange leegloop ontstaat door verhang in de watergangen en niet zozeer door de Gouwstuw. Daarom wordt het niet halen van de ontwerpeis geaccepteerd.

10.2.2 Maximale waterstanden

Figuur 68 toont de maximale berekende waterstanden binnen deze variant bij een extreme gebeurtenis. Bijlage H toont per variant de inundatie.



Figuur 68: Maximale waterstanden Variant 2 bij de representatieve stochastencombinatie.

10.2.3 Verloop waterstanden en leegloop

Peilgebied Onlanden

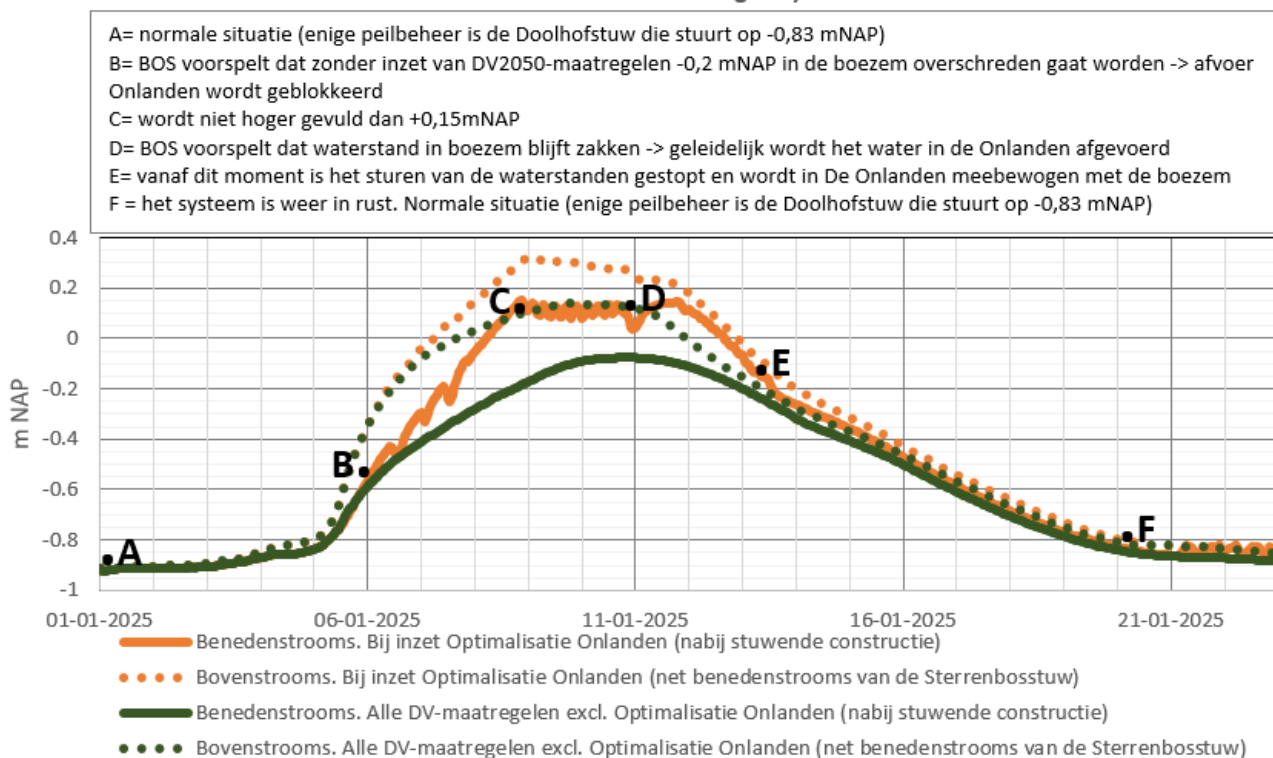
Figuur 69 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,15 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). Als gevolg van verhang in het watersysteem stijgt de waterstand geheel bovenstrooms in het peilgebied naar +0,32 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen het systeem binnen 3 dagen -0,2 m NAP bereikt en binnen 10 dagen op streefpeil is.

Het figuur laat ook de waterstanden zien bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel (ook wordt de compartimenteringsstuw niet geplaatst en verandert het gebied qua peil niet). De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Benedenstrooms is de maximale waterstand -0,08 m NAP en bovenstrooms +0,14 m NAP.

Peilgebied Onlanden. Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



Figuur 69: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

Peilgebied Gouw

Figuur 70 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,16 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). In dit peilgebied ontstaat nauwelijks verhang dus de bovenstroomse (maximale) waterstand is ook +0,16 m NAP (gestippelde oranje lijn).

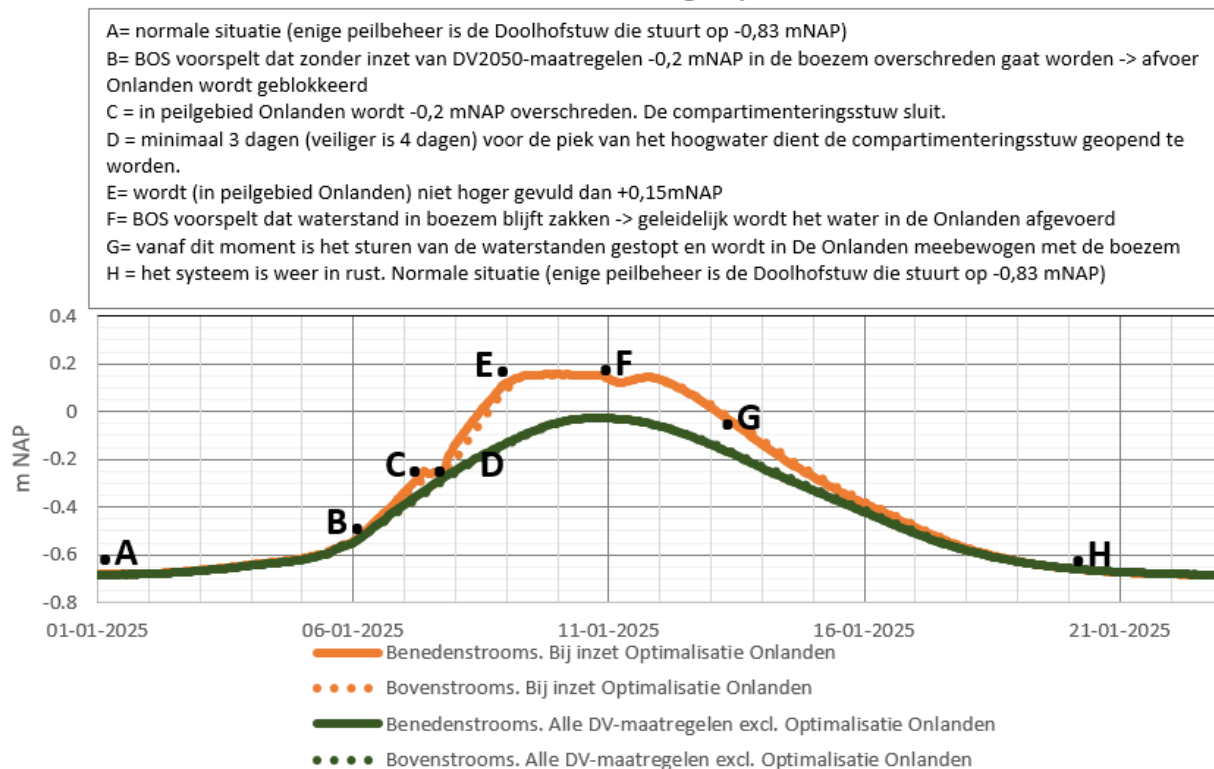
Punt C geeft het moment weer dat de compartimenteringsstuw sluit. De waterstand overschrijdt -0,2 m NAP in peilgebied Onlanden en dat is de trigger om te sluiten. Een halve dag later (punt D) opent de compartimenteringsstuw weer want ruim voor de piek qua hoogwater is de berging in peilgebied Gouw noodzakelijk voor het laag houden van de MHW's in de boezem. In deze berekening is aangenomen dat de compartimenteringsstuw 3 dagen voor de piek van het hoogwater opent, maar veiliger is om in de praktijk uit te gaan van 4 dagen.

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen het systeem na 3,7 dagen -0,2 m NAP bereikt en binnen 10 dagen op streefpeil is. Dit is iets sneller dan bij Variant 1 omdat het bergingsvolume in peilgebied Gouw in Variant 2 is afgenomen (door het gebied waarvan het peil veranderd).

Onderzocht is of de compartimenteringsstuw de leegloop kan versnellen. Hieruit volgt dat dit geen verschil maakt want de lange ledigingstijd ontstaat door verhang in de watergangen.

Het figuur laat ook de waterstanden zien bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel (ook wordt de compartimenteringsstuw niet geplaatst en veranderd niet het gebied qua peil). De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Beneden- en bovenstrooms is de maximale waterstand – 0,03 m NAP.

Peilgebied Gouw. Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



Figuur 70: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

Peilgebied Wering

Figuur 71 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

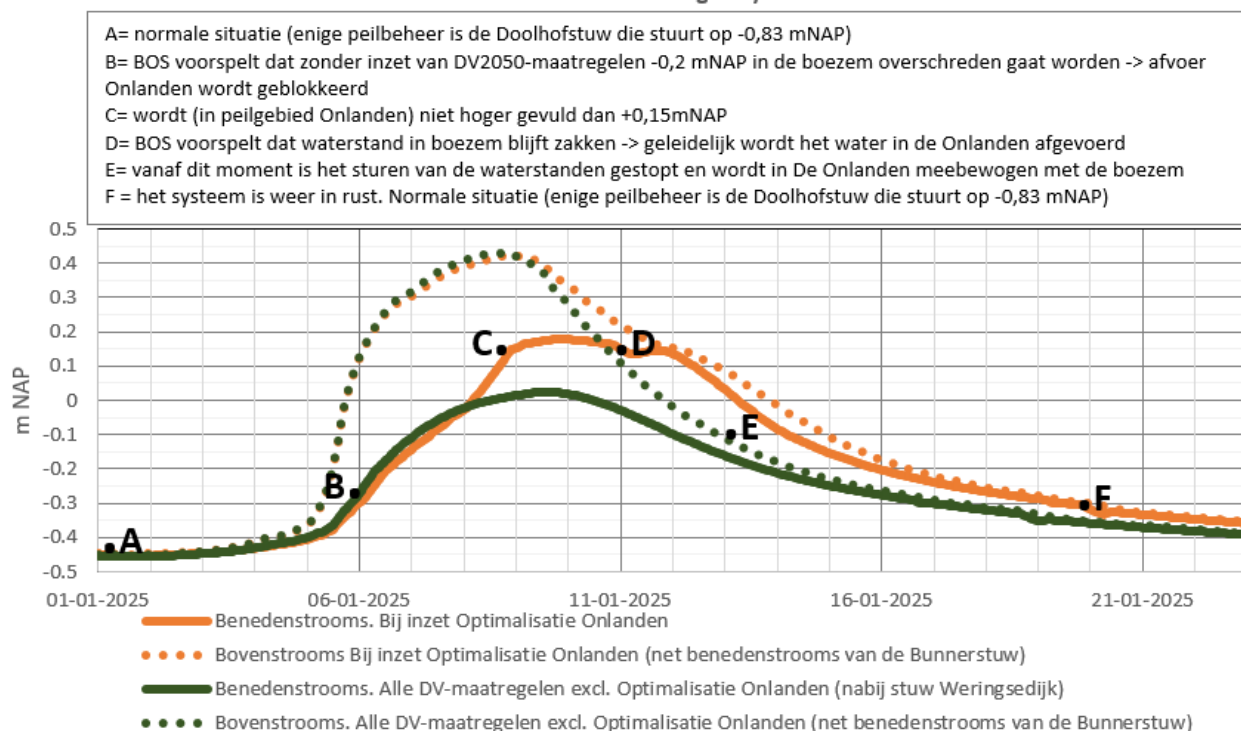
Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,18 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). Als gevolg van verhang in het watersysteem stijgt de waterstand geheel bovenstrooms in het peilgebied naar +0,42 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen benedenstrooms het systeem binnen 5,2 dagen een peil van -0,2 m NAP bereikt. Dit duurt langer dan bij Variant 1 omdat het volume in peilgebied Wering is toegenomen (door het gebied waarvan het peil is veranderd). Tot slot qua leegloop geldt dat na 10 dagen het streefpeil nog niet is bereikt.

Het figuur toont ook de waterstanden bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel (ook wordt de compartimenteringsstuw niet geplaatst en veranderd niet het gebied qua peil). De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Benedenstrooms is de maximale waterstand +0,02 m NAP en bovenstrooms +0,43 m NAP.

Waar Variant 1 bovenstrooms resulteert in een verhoging van de waterstanden met 1 cm, resulteert Variant 2 in een daling van de bovenstroomse waterstanden met 1 cm. Dit komt doordat de extra berging (door het gebied waarvan het peil wijzigt) resulteert in lagere waterstanden.

Peilgebied Wering. Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



Figuur 71: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

10.2.4 Effect MHW

In de Droge Voeten studie is o.a. Optimalisatie Onlanden vastgesteld met als doel de MHW's in de 3e schil van de (Electra) boezem te verlagen. Variant 1 is in lijn met de oorspronkelijke Droge Voeten studie en in onderstaande tabel vergelijken we deze met Variant 2. Dit is gedaan bij de representatieve stochastencombinatie waarbij is aangenomen dat dit representatief is voor het effect op de MHW.

Bij Variant 2 stijgen – t.o.v. Variant 1 – de waterstanden in het Van Starckenborghkanaal met 4 mm en in het in Zuidelijk Westerkwartier met 2 mm. Als de Gouwstuw niet 3 dagen, maar 4 dagen van tevoren wordt opengezet is de stijging in het Van Starckenborghkanaal slechts 2 mm. Dit bevestigt dat de MHW's gevoelig zijn voor de sturing van de compartimenteringsstuw.

Tabel 15: Vergelijking maximale waterstanden bij de representatieve stochast.

	Maximale berekende waterstand Variant 1 (m NAP)	Maximale berekende waterstand Variant 2 (m NAP)	Effect (mm)
Van Starckenborghkanaal	-0,351	-0,347	+4
Zuidelijk Westerkwartier	-0,311	-0,309	+2

Om meer inzicht te krijgen in het effect is dezelfde berekening uitgevoerd met een andere stochastencombinatie. Met een andere stochastencombinatie blijft de verandering hetzelfde.

Tabel 16: Vergelijking maximale waterstanden bij de stochastencombinatie Winter, Zichtjaar 2025, Patroon Kort, Voorgeschiedenis Gemiddeld Nat, Volume T50.

	Maximale berekende waterstand Variant 1 (m NAP)	Maximale berekende waterstand Variant 2 (m NAP)	Effect (mm)
Van Starckenborghkanaal	-0,384	-0,380	+4
Zuidelijk Westerkwartier	-0,342	-0,342	+2

Tot slot is de berekening nog een keer uitgevoerd met een andere representatieve stochastencombinatie. Bij deze berekening is weer hetzelfde effect berekend in het Van Starckenborghkanaal. In het Zuidelijk Westerkwartier is het effect 0 mm.

Tabel 17: Vergelijking maximale waterstanden bij de stochastencombinatie Winter, Zichtjaar 2025, Patroon Uniform, Voorgeschiedenis Zeer Nat, Volume T50.

	Maximale berekende waterstand Variant 1 (m NAP)	Maximale berekende waterstand Variant 2 (m NAP)	Effect (mm)
Van Starckenborghkanaal	-0,243	-0,239	+4
Zuidelijk Westerkwartier	-0,194	-0,194	0

De conclusie is dat de verschillende stochastencombinaties hetzelfde effect berekenen. Variant 2 leidt in de boezem tot een stijging van 0 tot 4 mm, wat gelet op de modelonzekerheden verwaarloosbaar is. Een belangrijke aanname is dat de compartimenteringsstuw 3 dagen van tevoren is geopend. Als deze later opent, ontstaat een groter effect op de boezem.

10.2.5 Poldergemalen

Mogelijk leiden de hoge waterstanden in De Onlanden – bij inzet van de berging – tot afname van de pompcapaciteit van de poldergemalen. Onderstaande tabel toont de maximale berekende waterstanden – bij één extreme situatie die als representatief is aangenomen – nabij de gemalen en het aantal dagen dat de waterstanden zich boven een aantal niveaus bevinden. In het vervolgtraject kan men op basis hiervan het effect op de pompcapaciteit bepalen.

Tabel 18: Waterstanden benedenstrooms van de poldergemalen bij inzet van Optimalisatie Onlanden en aantal dagen dat de waterstanden hoger is dan een aantal niveaus (gebaseerd op de rekenresultaten bij de representatieve stochastencombinatie. Bijvoorbeeld, bij gemaal Weehorst is de maximale waterstand +0,22 m NAP en bevindt zich gedurende 1,8 dagen boven +0,2 m NAP.

Aantal dagen boven deze niveaus											
	Maximale waterstand (m NAP)	>-0,4 m NAP	>-0,3 m NAP	>-0,2 m NAP	>-0,1 m NAP	>0 m NAP	>+0,1 m NAP	>+0,2 m NAP	>+0,3 m NAP	>+0,4 m NAP	>+0,5 m NAP
Sandebuurt	0.15	8.9	7.6	6.3	5.4	4.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Groot Waal	0.16	9.3	7.9	6.6	5.5	4.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Zuidermaden	0.21	9.5	8.1	7.0	6.0	4.8	3.8	0.3	0.0	0.0	0.0
Langma	0.16	9.2	7.8	6.5	5.5	4.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Zanddijk	0.16	9.4	8.0	6.6	5.6	4.6	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Weehorst	0.22	9.6	8.4	7.0	6.0	5.0	4.0	1.8	0.0	0.0	0.0
Broekstukken	0.16	9.4	8.0	6.5	5.6	4.5	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Spierveen	0.39	20.5	14.5	10.9	9.2	7.9	6.6	4.5	2.8	0.0	0.0

10.2.6 Samenvatting benodigde aanpassingen aan het watersysteem

Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft een samenvatting van alle aanpassingen aan het watersysteem die nodig zijn om deze variant te realiseren.

Tabel 19: Samenvatting aanpassingen watersysteem Variant 2.

Categorie	Ontwerp
Object 3 (Doolhofstuw)	De maximale klepstand is in de huidige situatie -0,21 m NAP. Dit moet aangepast worden naar +0,15 m NAP.
Object 4 (de Weringsestuw)	Geen veranderingen.
Object 5 (Gouwstuw). Ook wel de compartimenteringsstuw genoemd	1. Een nieuw object is nodig om peilgebied Gouw te compartimenteren. Dit object wordt ook wel de compartimenteringsstuw (en schuif/schuiven) genoemd. 2. Het idee is dat zodra de waterstand in peilgebied Onlanden -0,2 m NAP bereikt de compartimenteringsstuw dichtgaat en de afvoer blokkeert. Wanneer de berging in peilgebied Gouw nodig is, gaat deze weer open. 3. Het water stroomt hier met hoge debieten (ordergrootte tot wel 15 – 28 m³/s) beide richtingen op. Klepstuwen zijn niet gebouwd voor stroming uit de tegenovergestelde richting. Daarom is het advies om schuiven te realiseren. 4. Indien de Gouwstuw wordt vervangen door de compartimenteringsstuw zijn de volgende minimale dimensies nodig: a. Een schuif van 8 m breed (breedte is haaks op de watergang) die kan zakken tot -1,85 m NAP. b. Dit kan worden verdeeld over meerdere schuiven zolang hetzelfde nat oppervlak wordt gerealiseerd. Daarbij dient veel aandacht te zijn voor het beperken van energieverliezen. c. Indien de schuif van onderen wordt geopend, ontstaat veel slibtransport. Wat dat betreft is het beter om een schuif te hebben die zakt. Om het slibtransport nog meer te verminderen kan een 'brede ondiepe' schuif worden gerealiseerd. Bij een laagste stand van -0,85 m NAP is in dat geval een schuif van 14,5 m breed (breedte is haaks op de watergang) nodig. 5. Indien de Gouwstuw niet wordt vervangen en de compartimenteringsstuw beneden- of bovenstrooms van de Gouwstuw wordt geplaatst, ontstaat extra opstuwning en is peilgebied Gouw niet in 24 uur gevuld. In dat geval is bij een laagste stand van -1,85 m NAP een schuif van 10 m breed (breedte is haaks op de watergang) nodig (de variaties qua 'ondiepere schuif' zijn niet verder onderzocht).
Object 5. Woelbak en stortebed. Aan de zijde van peilgebied Gouw	Voor het berekenen van de woelbak (en stortebed) is aangenomen dat de compartimenteringsstuw de Gouwstuw vervangt en alleen een nieuwe woelbak en stortebed gerealiseerd dient te worden aan de zijde van peilgebied Gouw: 1. Bij een compartimenteringsstuw van 8 m breed (breedte is haaks op de watergang) is een woelbak van (minimaal) 5 m nodig. 2. Bij een compartimenteringsstuw van 10 m breed (breedte is haaks op de watergang) is een woelbak van (minimaal) 4,45 m nodig. 3. Bij een compartimenteringsstuw van 14,5 m breed (breedte is haaks op de watergang) is een woelbak van (minimaal) 3,75 m nodig. 4. Bij de drie genoemde breedtes is een stortebed van minimaal 2,1 m nodig. 5. Vanuit hydrologie worden zelden de woelbak en stortebed gedimensioneerd en er is dan ook weinig praktijkervaring. Het is aan de ontwerper om kritisch naar deze getallen te kijken en ook op eigen inzicht de woelbak en stortebed te dimensioneren.
Object 5 (extra bodem- en oeverbescherming)	De woelbak en stortebed zijn al vormen van bodem- en oeverbescherming. Maar ook daarbuiten treden hoge stroomsnelheden op waardoor extra bescherming nodig is. Dit kunnen we niet exact aangeven, omdat we niet in detail de toekomstige situatie ontwerpen. Wel geven we hieronder praktische handvaten om te bepalen of wel of niet bescherming nodig is. In de praktijk betekent dit waar de stroming over maaiveld is versmald (de compartimenteringsstuw komt tussen twee kades te liggen) bescherming nodig is. Daarbuiten, waar veel stroming over maaiveld plaatsvindt zijn de gemiddelde stroomsnelheden dermate laag dat geen bescherming nodig is. 1. Het maximale debiet is 28 m³/s. 2. Er dient onderscheid te worden gemaakt in de boven- en benedenstroomse zijde bij het vullen van de berging: a. Bovenstroomse zijde (peilgebied Onlanden). Bij de start van het vullen is de waterstand +0,15 m NAP. Het nat oppervlak dient te worden bepaald in zowel de watergang als het aangrenzend maaiveld. Waar het nat oppervlak minder is dan 56 m² dient bodem- en oeverbescherming te worden gerealiseerd.

Categorie

Ontwerp

	- aa. Nu is uitgerekend (zie bijlage G) dat aan de bovenstroomse zijde de stroomsnelheid hoger is dan 0,5 m/s, maar niet hoger dan 1 m/s. Dit betekent dat wel oeverbeschoeiing geplaatst moet worden, maar geen bodembescherming. b. Benedenstroomse zijde (peilgebied Gouw). Bij de start van het vullen is de waterstand -0,2 m NAP. Het nat oppervlak dient te worden bepaald in zowel de watergang als het aangrenzend maaiveld. Waar het nat oppervlak minder is dan 56 m² dient bodem- en oeverbescherming te worden gerealiseerd. - bb. Nu is uitgerekend (zie bijlage G) dat aan de benedenstroomse zijde de stroomsnelheid hoger is dan 1 m/s. Dit betekent dat oever- en bodembescherming nodig is.
Object 6 (duiker onderdoor de 'weg Drentsedijk')	Deze maatregel omvat de nieuwe duiker, maar ook twee nieuwe trajecten qua watergangen. Voor de ligging naar deze trajecten verwijzen wij naar Hoofdstuk 8. Voor traject 2 geldt: 1. Bodemhoogte sluit aan op het Eelderdiep en is -1,85 m NAP 2. Talud 1:1,5 3. De bodembreedte is 2,7 m breed Voor Object 6, de duiker onderdoor de 'weg Drentsedijk' geldt: 1. BOK boven- en benedenstreams is -2 m NAP. 2. Een rechthoekige duiker van 2,5 m breed en 1,85 hoog. 3. De lengte van de duiker is aangenomen op 20 m lang. 4. Geen bijzondere voorziening nodig qua beperken energieverliezen. 5. De aanwezigheid van de weg kan problemen geven met het realiseren van deze hoogte. Een lagere duiker geeft onvoldoende lucht, dus dit punt dient te worden besproken met het waterschap. Als een lagere duiker wordt gerealiseerd, dient deze breder te worden om hetzelfde nat oppervlak te bereiken. Voor traject 1 geldt: 1. De bestaande watergangen in dit peilgebied zijn oostwest georiënteerd en wateren van nature niet af op de nieuwe duiker. Daarom is een extra watergang nodig die zorgt voor afwatering van het gebied en waarmee het gebied gevuld en geleegd wordt afhankelijk van de waterstanden in peilgebied Wering. 2. Qua minimale afmetingen dient nabij de duiker hetzelfde profiel te worden gehanteerd als in traject 2. 3. Geheel bovenstreams (op het verste punt van de nieuwe duiker) kan worden volstaan met het minimum profiel. Dat is: a. Bodemhoogte -1,85 m NAP b. Bodembreedte 0,5 m c. Talud 1:1,5
Object 1 (Stuwende constructie Noordelijke Slenk)	1. Wordt een klepstuw ongeveer 20 tot 30 m bovenstreams van de Harm Bartelsstuw. 2. Het advies is een klepstuw te plaatsen (en geen schuiven of een balgstuw), omdat een klepstuw de waterstanden goed kan sturen. Bij inzet van de berging dient de klepstuw de waterstanden op te stuwen tot +0,15 m NAP, terwijl door bovenstroomse afvoer hoge debieten kunnen optreden (we gaan uit van worst-case, 2,2Q, dat is 18,2 m³/s). Met een klepstuw kan goed worden ingespeeld op deze omstandigheden. 3. Als de klepstuw platligt is de bovenkant -2,3 m NAP. 4. Indien dit als 1 stuw kan worden uitgevoerd is de stuw 5,5 m breed (breedte is haaks op de watergang): a. Indien het 2 parallelle stuwen worden, ontstaan energieverliezen en om daarvoor te compenseren zijn 2 stuwen van 3 m nodig (totale breedte is 6,0 m) (breedte is haaks op de watergang). 5. De projectgroep hecht waarde aan een eenduidige aanpak en Object 2 dient minimaal 6 m breed (breedte is haaks op de watergang) te worden. Daarom is de wens (bij uitvoering als 1 stuw) om Object 1 niet 5,5 maar 6 m breed te maken. 6. De maximale klepstand is +0,15 m NAP. 7. De klep dient te kunnen bewegen met een minimale snelheid van 30 cm/uur. Als dit heel kostbaar is om te realiseren, is 10 cm/uur ook een optie, maar dan dient dit beter te worden onderzocht (dan is een slimmere sturing nodig waarbij tijdiger wordt ingespeeld op hoge afvoeren).

Categorie	Ontwerp
	- De lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep is bepaald op 5,6 m maar dient in het vervolgtraject door de ontwerper te worden nagerekend. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen geleidelijke overgangen te worden gemaakt. Dit geldt van insteek tot insteek, plus 3 m extra aan beide zijden om ook bij stroming over maaiveld het water te geleiden. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen gladde materialen te worden gebruikt. En bijvoorbeeld geen damwanden met U-profiel waardoor de stroomlijnen worden verstoord. - In en rondom de stuw wordt de stroomsnelheid hoog en wordt bodem- en oeverbescherming geplaatst.
Object 1 - Woelbak en stortebed	- Er wordt een woelbak gemaakt. De lengte (in lengterichting van de watergang) is berekend op 4,6 m plus de lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep. De woelbak wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. - Er wordt een stortebed gemaakt. Dit wordt ook wel gezien als bodembescherming. De lengte (in lengterichting van de watergang) is bepaald op minimaal 4,1 m. Het stortebed wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. - Gelet op de erosiegevoelige ondergrond (veen) is geadviseerd het stortebed uit te breiden vanaf de nieuwe stuw t/m de bestaande drempelconstructie. Dat is ongeveer 20 tot 30 m lengte (in lengterichting van de watergang). - Over deze 20 tot 30 m lengte wordt ook oeverbescherming geplaatst. - Vanuit hydrologie worden zelden de woelbak en stortebed gedimensioneerd en er is dan ook weinig praktijkervaring. Het is aan de ontwerper om kritisch naar deze getallen te kijken en ook op eigen inzicht de woelbak en stortebed te dimensioneren. Daarbij gelden deze uitgangspunten: - De bovenstroomse waterstand is +0,15 m NAP en benedenstrooms -0,5 m NAP. - Het debiet bij 2,2Q. Dat is 18,2 m³/s.
Object 2 (Stuwende constructie Zuidelijke Slenk)	- Wordt een klepstuw ongeveer 20 tot 30 m bovenstrooms van de Blauwvennenstuw. - Het advies is een klepstuw te plaatsen (en geen schuiven of een balgstuw), omdat een klepstuw de waterstanden goed kan sturen. Bij inzet van de berging dient de klepstuw de waterstanden op te stuwen tot +0,15 m NAP, terwijl door bovenstroomse afvoer hoge debieten kunnen optreden (we gaan uit van worst-case, 2,2Q, dat is 19,7 m³/s). Met een klepstuw kan goed worden ingespeeld op deze omstandigheden. - Als de klepstuw platligt is de bovenkant -2,3 m NAP. - Indien dit als 1 stuw kan worden uitgevoerd, is de stuw 6 m breed (breedte is haaks op de watergang): - Indien het 2 parallelle stuwen worden, ontstaan energieverliezen en om daarvoor te compenseren zijn 2 stuwen van 3,25 m nodig (totale breedte is 6,5 m) (breedte is haaks op de watergang). - De maximale klepstand is +0,15 m NAP. - De klep dient te kunnen bewegen met een minimale snelheid van 30 cm/uur. Als dit heel kostbaar is om te realiseren, is 10 cm/uur ook een optie, maar dan dient dat beter te worden onderzocht (dan is een slimmere sturing nodig waarbij tijdiger wordt ingespeeld op hoge afvoeren). - De lengte van de klep (in lengterichting van de watergang) is bepaald op 5,6 m maar dient in het vervolgtraject door de ontwerper te worden nagerekend. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen geleidelijke overgangen te worden gemaakt. Dit geldt van insteek tot insteek, plus 3 m extra aan beide zijden om ook bij stroming over maaiveld het water te geleiden. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen gladde materialen te worden gebruikt. En bijvoorbeeld geen damwanden met U-profiel waardoor de stroomlijnen worden verstoord. - In en rondom de stuw wordt de stroomsnelheid hoog en wordt bodem- en oeverbescherming geplaatst.
Object 2 - Woelbak en stortebed	- Er wordt een woelbak gemaakt. De minimale lengte (in lengterichting van de watergang) is berekend op 4,6 m plus de lengte van de klep (in lengterichting van de watergang). De woelbak wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. - Er wordt een stortebed gemaakt. Dit wordt ook wel gezien als bodembescherming. De lengte (in lengterichting van de watergang) is bepaald op minimaal 4,1 m. Het stortebed wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt.

Categorie	Ontwerp
	3. Gelet op de erosiegevoelige ondergrond (veen) is geadviseerd het stortebed uit te breiden vanaf de nieuwe stuw t/m de bestaande drempelconstructie. Dat is ongeveer 20 tot 30 m lengte (in lengterichting van de watergang): a. Over deze 20 tot 30 m lengte wordt ook oeverbescherming geplaatst. 4. Vanuit hydrologie worden zelden de woelbak en stortebed gedimensioneerd en er is dan ook weinig praktijkervaring. Het is aan de ontwerper om kritisch naar deze getallen te kijken en ook op eigen inzicht de woelbak en stortebed te dimensioneren. Daarbij gelden deze uitgangspunten: a. De bovenstroomse waterstand is +0,15 m NAP en benedenstrooms –0,5 m NAP. b. Het debiet bij 2,2Q. Dat is 19,7 m³/s.

10.3 Variant 3: Optimaal natuuralternatief/ Hooiwegvariant

10.3.1 Beoordeling

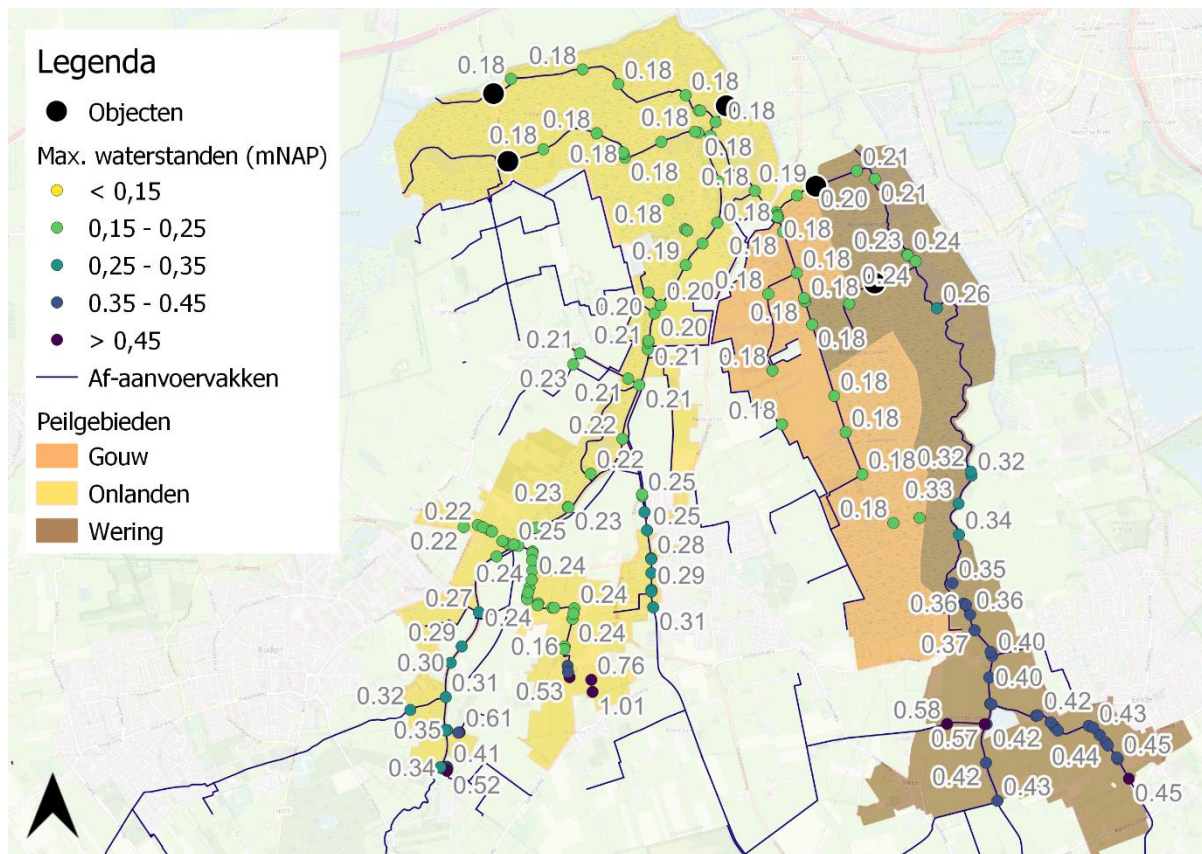
Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft weer of wel of niet wordt voldaan aan de ontwerpeisen.

Tabel 20: Beoordeling Variant 3.

Categorie	Ontwerpeis	Wordt wel/ niet aan voldaan en argumentatie
Effect MHW's	Variant 1 is in lijn met de oorspronkelijke Droge Voeten studie en resulteert in het verlagen van de MHW's op de boezem. Variant 3 mag niet leiden tot hogere MHW's (t.o.v. Variant 1).	Aan deze eis wordt voldaan Bij Variant 3 worden de MHW's zelfs 2 mm lager dan bij Variant 1.
Algemeen	De terreinbeheerders zijn tevreden met de huidige waterhuishouding. Daarom mogen de aanpassingen aan het watersysteem geen effect hebben op de reguliere waterhuishouding.	Aan deze eis wordt voldaan Natuurlijk resulteert het veranderen van het peil in een gebied in een effect op de reguliere waterhuishouding. Maar dit is op verzoek van de terreinbeheerders en wordt daarom geaccepteerd. De stuwende constructies (Object 1 en 2) worden dusdanig ruim gedimensioneerd dat ze niet tot nauwelijks invloed hebben op het reguliere watersysteem.
	Binnen de drie peilgebieden – Onlanden, Gouw en Wering – mag de waterstand niet hoger worden dan +0,18 m NAP	Aan deze eis wordt niet overal voldaan Benedenstrooms in peilgebied Onlanden wordt gestuurd op maximaal +0,18 m NAP en daaraan wordt voldaan. Maar door het verhang in het watersysteem ontstaan bovenstrooms hogere waterstanden. Meer details over de waterstanden staan beschreven in de hoofdstuk van dit hoofdstuk. In theorie is dit te mitigeren door benedenstrooms een lagere maximale waterstand te hanteren. Maar hierdoor stijgen de MHW's in de boezem, omdat minder dan 5,2 miljoen m ³ wordt geborgen. Om die reden wordt het niet voldoen aan deze eis geaccepteerd.
Ledigen van de berging	Na de start van het ledigen van de berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 3 dagen -0,2 m NAP bereiken. Na de start van het ledigen van de berging moet de waterstand (in de drie peilgebieden) binnen 10 dagen weer het streefpeil bereiken. (Geen eis maar wens): de berging zo snel mogelijk leeg laten lopen.	Aan deze eis wordt niet overal voldaan In peilgebied Onlanden wordt benedenstrooms voldaan aan deze eisen, maar door verhang in het watersysteem duurt in peilgebied Gouw en Wering de leegloop langer. Zo duurt het in peilgebied Gouw 3,8 dagen voordat -0,2 m NAP wordt bereikt en in peilgebied Wering 5,3 dagen. In peilgebied Wering is dit benedenstrooms te mitigeren door de stuw te automatiseren. Hierdoor duurt de leegloop (tot -0,2 m NAP) niet 5,3 dagen, maar 4,5 dagen. Echter, voor het automatiseren van de stuw is bij de terreinbeheerders geen draagvlak. In peilgebied Gouw is onderzocht of door het automatiseren van de Gouwstuw een snellere leegloop kan worden gecreëerd. Dit blijkt niet effectief, omdat de lange leegloop ontstaat door verhang in de watergangen en niet zozeer door de Gouwstuw. Daarom wordt het niet halen van de ontwerpeis geaccepteerd.

10.3.2 Maximale waterstanden

Figuur 72 toont de maximale berekende waterstanden binnen deze variant bij de representatieve stochastencombinatie. Bijlage H toont per variant de inundatie.



Figuur 72: Maximale waterstanden Variant 3 bij de representatieve stochastencombinatie.

10.3.3 Verloop waterstanden en leegloop

Peilgebied Onlanden

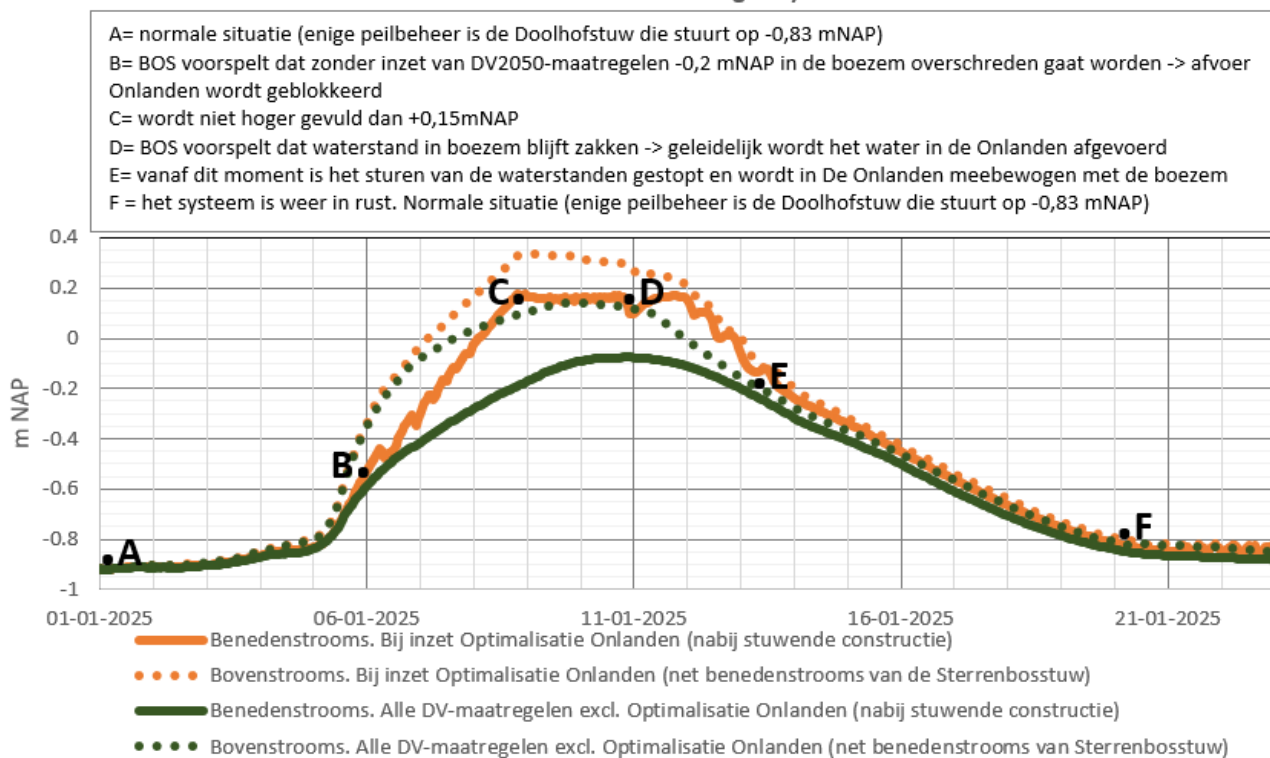
Figuur 73 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,18 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). Als gevolg van verhang in het watersysteem stijgt de waterstand geheel bovenstrooms in het peilgebied naar +0,34 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen het systeem benedenstrooms na exact 3 dagen -0,2 m NAP bereikt en binnen 10 dagen op streefpeil is. Bovenstrooms is het systeem na 3,25 dagen op -0,2 m NAP.

Het figuur laat ook de waterstanden zien bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel (zonder de maatregel waarin in een gebied het peil veranderd). De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Benedenstrooms is de maximale waterstand -0,08 m NAP en bovenstrooms +0,14 m NAP.

Peilgebied Onlanden. Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



Figuur 73: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

Peilgebied Gouw

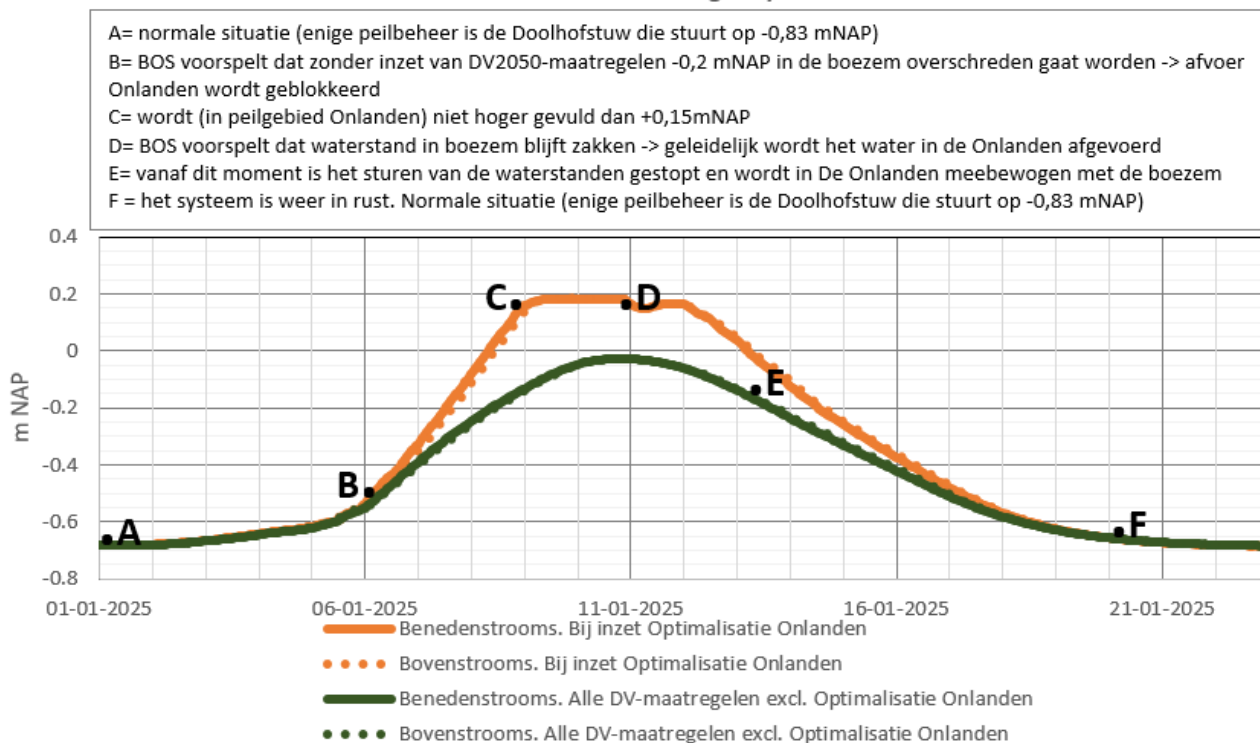
Figuur 74 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,18 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). In dit peilgebied ontstaat nauwelijks verhang dus de bovenstroomse (maximale) waterstand is ook +0,18 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen het systeem na 3,8 dagen -0,2 m NAP bereikt en binnen 10 dagen op streefpeil is.

Het figuur toont ook de waterstanden bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel (ook wordt de compartimenteringsstuw niet geplaatst en verandert het gebied qua peil niet). De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Beneden- en bovenstrooms is de maximale waterstand -0,03 m NAP.

Peilgebied Gouw. Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



Figuur 74: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

Peilgebied Wering

Figuur 75 toont het verloop van de waterstanden waarbij onderscheid wordt gemaakt in boven- en benedenstrooms in het peilgebied en met en zonder Optimalisatie Onlanden.

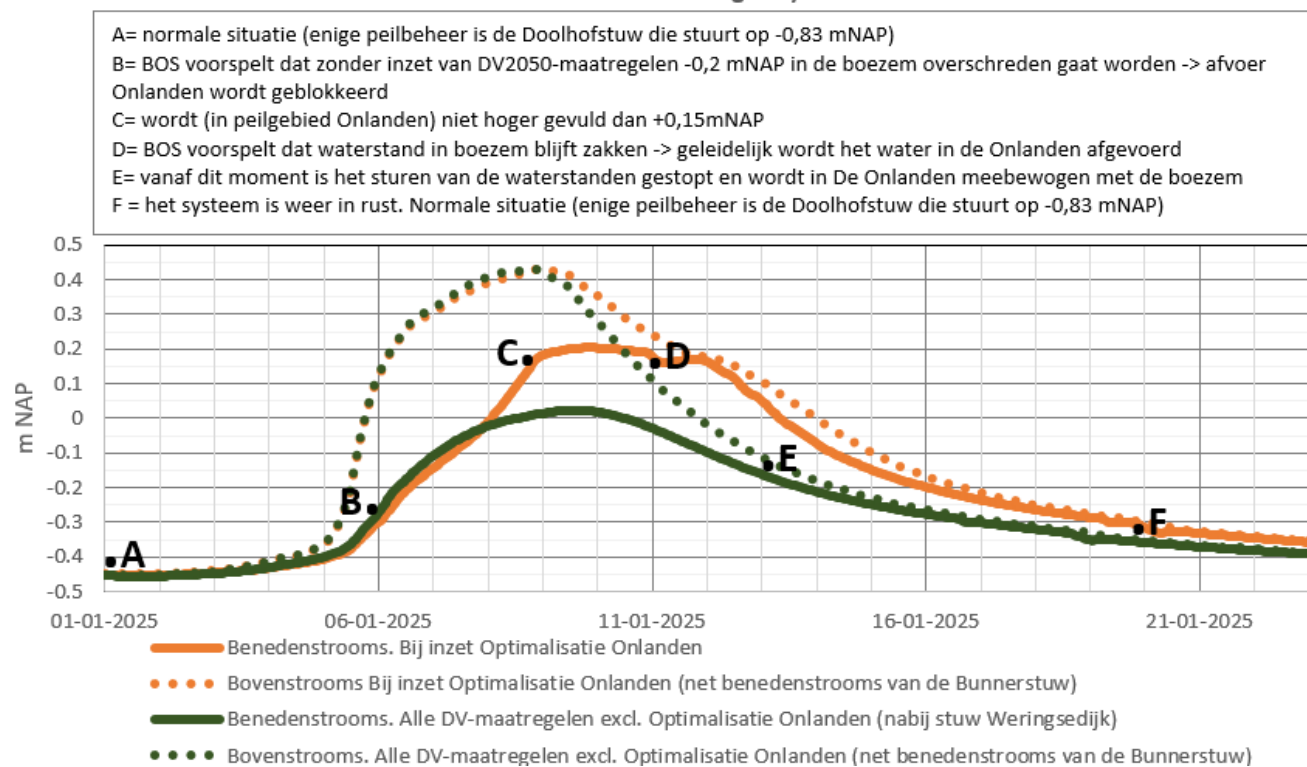
Als gevolg van de maatregel Optimalisatie Onlanden stijgt de waterstand benedenstrooms tot +0,20 m NAP (doorgetrokken oranje lijn). Als gevolg van verhang in het watersysteem stijgt de waterstand geheel bovenstrooms in het peilgebied naar +0,43 m NAP (gestippelde oranje lijn).

Tevens geeft het figuur weer dat na de start van het legen benedenstrooms het systeem binnen 5,3 dagen een peil van -0,2 m NAP bereikt.

Het figuur toont de waterstanden bij dezelfde extreme afvoer waarbij Optimalisatie Onlanden niet wordt ingezet, maar de overige DV-maatregelen wel (ook wordt de compartimenteringsstuw niet geplaatst en veranderd niet het gebied qua peil). De doorgetrokken groene lijn toont daarbij de berekende waterstanden benedenstrooms en met de gestippelde groene lijn de waterstanden bovenstrooms. Benedenstrooms is de maximale waterstand +0,02 m NAP en bovenstrooms +0,43 m NAP.

Dit betekent dat Variant 3 t.o.v. de situatie zonder Optimalisatie Onlanden, de maximale waterstand bovenstrooms niet veranderd.

Peilgebied Wering. Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



Figuur 75: Verloop waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

10.3.4 Effect MHW

In de Droge Voeten studie is o.a. Optimalisatie Onlanden vastgesteld met als doel de MHW's in de 3e schil van de (Electra) boezem te verlagen. Variant 1 is in lijn met de oorspronkelijke Droge Voeten studie en in onderstaande **Error! Reference source not found.** vergelijken we deze met Variant 3. Dit is gedaan bij een representatieve stochastencombinatie waarbij is aangenomen dat dit representatief is voor het effect op de MHW.

Bij Variant 3 dalen – t.o.v. Variant 1 – de maximale waterstanden in het Van Starckenborghkanaal met 2 mm en in het in Zuidelijk Westerkwartier met 2 mm.

Tabel 21: Vergelijking maximale waterstanden bij de representatieve stochastencombinatie.

	Maximale berekende waterstand Variant 1 (m NAP)	Maximale berekende waterstand Variant 3 (m NAP)	Effect (mm)
Van Starckenborghkanaal	-0,351	-0,353	-2
Zuidelijk Westerkwartier	-0,311	-0,313	-2

Om meer inzicht te krijgen in het effect is dezelfde berekening uitgevoerd met een andere stochastencombinatie. Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft weer dat bij deze stochastencombinatie de waterstand gelijk blijft en op één locatie 1 mm stijgt.

Tabel 22: Vergelijking maximale waterstanden bij de stochastencombinatie Winter, Zichtjaar 2025, Patroon Kort, Voorgeschiedenis Gemiddeld Nat, Volume T50.

	Maximale berekende waterstand Variant 1 (m NAP)	Maximale berekende waterstand Variant 3 (m NAP)	Effect (mm)
Van Starckenborghkanaal	-0,384	-0,383	+1
Zuidelijk Westerkwartier	-0,342	-0,342	0

Tot slot is nog een stochastencombinatie doorgerekend om een nog beter beeld te krijgen in de effecten. Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft weer dat bij deze situatie de maximale waterstand in de boezem 5 tot 6 mm daalt.

Tabel 23: Vergelijking maximale waterstanden bij de stochastencombinatie Winter, Zichtjaar 2025, Patroon Uniform, Voorgeschiedenis Zeer Nat, Volume T50.

	Maximale berekende waterstand Variant 1 (m NAP)	Maximale berekende waterstand Variant 3 (m NAP)	Effect (mm)
Van Starckenborghkanaal	-0,243	-0,248	-5
Zuidelijk Westerkwartier	-0,194	-0,20	-6

De conclusie is dat bij deze variant de maximale waterstand in de boezem gemiddeld 2 tot 3 mm daalt. Gelet op de modelonzekerheden is dit effect verwaarloosbaar.

10.3.5 Poldergemalen

Mogelijk leiden de hoge waterstanden in De Onlanden – bij inzet van de berging – tot afname van de pompcapaciteit van de poldergemalen. Onderstaande **Error! Reference source not found.** toont de maximale berekende waterstanden – bij één extreme situatie die als representatief is aangenomen – nabij de gemalen en het aantal dagen dat de waterstanden zich boven een aantal niveaus bevinden. In het vervolgtraject kan men op basis hiervan het effect op de pompcapaciteit bepalen.

Tabel 24: Waterstanden benedenstrooms van de poldergemalen bij inzet van Optimalisatie Onlanden en aantal dagen dat de waterstanden hoger is dan een aantal niveaus (gebaseerd op de rekenresultaten bij de representatieve stochastencombinatie). Bijvoorbeeld, bij gemaal Weehorst is de maximale waterstand +0,22 m NAP en bevindt zich gedurende 2,3 dagen boven +0,2 m NAP.

Aantal dagen boven deze niveaus											
	Maximale waterstand (m NAP)	>-0,4 m NAP	>-0,3 m NAP	>-0,2 m NAP	>-0,1 m NAP	>0 m NAP	>+0,1 m NAP	>+0,2 m NAP	>+0,3 m NAP	>+0,4 m NAP	>+0,5 m NAP
Sandebuurt	-0.05	6.9	5.4	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Groot Waal	0.19	9.3	8.0	6.7	5.6	4.9	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zuidermaden	0.23	9.5	8.1	6.9	5.9	5.1	4.1	2.2	0.0	0.0	0.0
Langma	0.18	9.2	7.9	6.6	5.5	4.9	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Zanddijk	0.18	9.6	8.3	7.0	6.0	4.9	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Weehorst	0.25	9.6	8.4	7.1	6.0	5.2	4.3	2.3	0.0	0.0	0.0
Broekstukken	0.18	9.6	8.2	7.0	5.9	4.9	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Spierveen	0.40	20.5	14.6	11.0	9.3	8.0	6.8	4.8	2.9	0.0	0.0

10.3.6 Samenvatting benodigde aanpassingen aan het watersysteem

Onderstaande **Error! Reference source not found.** geeft een samenvatting van alle aanpassingen aan het watersysteem die nodig zijn om deze variant te realiseren.

Tabel 25: Samenvatting aanpassingen watersysteem Variant 3.

Categorie	Ontwerp
Object 3 (Doolhofstuw)	De maximale klepstand is in de huidige situatie $-0,21$ m NAP. Dit moet worden aangepast naar $+0,18$ m NAP.
Object 4 (de Weringsestuw)	Geen veranderingen.
Object 6 (duiker onderdoor de 'weg Drentsedijk')	Deze maatregel omvat de nieuwe duiker, maar ook twee nieuwe trajecten qua watergangen. Voor de ligging naar deze trajecten verwijzen wij naar Hoofdstuk 8. Voor traject 2 geldt: 1. Bodemhoogte sluit aan op het Eelderdiep en is $-1,85$ m NAP 2. Talud 1:1,5 3. De bodembreedte is 2,7 m breed Voor Object 6, de duiker onderdoor de 'weg Drentsedijk' geldt: 1. BOK boven- en benedenstrooms is -2 m NAP. 2. Een rechthoekige duiker van 2,5 m breed en 1,85 m hoog. 3. De lengte van de duiker is aangenomen op 20 m lang. 4. Geen bijzondere voorziening nodig qua beperken energieverliezen. 5. De aanwezigheid van de weg kan problemen geven met het realiseren van deze hoogte. Een lagere duiker geeft onvoldoende lucht, dus dit punt dient te worden besproken met het waterschap. Als een lagere duiker wordt gerealiseerd, dient deze breder te worden om hetzelfde nat oppervlak te bereiken. Voor traject 1 geldt: 1. De bestaande watergangen in dit peilgebied zijn oostwest georiënteerd en wateren van nature niet af op de nieuwe duiker. Daarom is een extra watergang nodig die zorgt voor afwatering van het gebied en waarmee het gebied gevuld en geleegd wordt afhankelijk van de waterstanden in peilgebied Wering. 2. Qua minimale afmetingen dient nabij de duiker hetzelfde profiel te worden gehanteerd als in traject 2. 3. Geheel bovenstrooms (op het verste punt van de nieuwe duiker) kan worden volstaan met het minimum profiel. Dat is: a. Bodemhoogte $-1,85$ m NAP b. Bodembreedte 0,5 m c. Talud 1:1,5
Object 1 (Stuwende constructie Noordelijke Slenk)	1. Wordt een klepstuw nabij de Hooiweg. Geen sterke voorkeur qua locatie, maar wel een lichte voorkeur om de stuw net benedenstrooms van de brug te plaatsen. 2. Het advies is een klepstuw te plaatsen (en geen schuiven of een balgstuw), omdat een klepstuw de waterstanden goed kan sturen. Bij inzet van de berging dient de klepstuw de waterstanden op te stuwen tot $+0,18$ m NAP, terwijl door bovenstroomse afvoer hoge debieten kunnen optreden (we gaan uit van worst-case, 2,2Q, dat is $18,2$ m³/s). Met een klepstuw kan goed worden ingespeeld op deze omstandigheden. 3. Als de klepstuw platligt, is de bovenkant $-2,3$ m NAP. 4. Indien dit als 1 stuw kan worden uitgevoerd, is de stuw 5,5 m breed (breedte is haaks op de watergang). 5. Indien het 2 parallelle stuwen worden, ontstaan energieverliezen en om daarvoor te compenseren zijn 2 stuwen van 3,0 m nodig (totale breedte is 6,0 m) (breedte is haaks op de watergang): a. De projectgroep hecht waarde aan een eenduidige aanpak en Object 2 dient minimaal 6 m breed (breedte is haaks op de watergang) te worden. Daarom is de wens (bij uitvoering als 1 stuw) om Object 1 niet 5,5 maar 6 m breed te maken. 6. De maximale klepstand is $+0,18$ m NAP. 7. De klep dient te kunnen bewegen met een minimale snelheid van 30 cm/uur. Als dit heel kostbaar is om te realiseren, is 10 cm/uur ook een optie, maar dan dient dat beter te worden onderzocht (dan is een slimmere sturing nodig waarbij tijdiger wordt ingespeeld op hoge afvoeren).

Categorie	Ontwerp
	- De lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep is bepaald op 5,6 m maar dient in het vervolgtraject door de ontwerper te worden nagerekend. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen geleidelijke overgangen te worden gemaakt. Dit geldt van insteek tot insteek, plus 3 m extra aan beide zijden om ook bij stroming over maaiveld het water te geleiden. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen gladde materialen te worden gebruikt. En bijvoorbeeld geen damwanden met U-profiel waardoor de stroomlijnen worden verstoord. - In en rondom de stuw wordt de stroomsnelheid hoog en wordt bodem- en oeverbescherming geplaatst.
Object 1 - Woelbak en stortebed	- Er wordt een woelbak gemaakt. De lengte (in lengterichting van de watergang) is berekend op minimaal 4,6 m plus de lengte van de klep (in lengterichting van de watergang). De woelbak wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. - Er wordt een stortebed gemaakt. Dit wordt ook wel gezien als bodembescherming. De lengte (in lengterichting van de watergang) is bepaald op minimaal 4,1 m. Het stortebed wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. - Gelet op de erosiegevoelige ondergrond (veen) is het advies het stortebed te overdimensioneren en 20 tot 30 m lang te maken. - Over deze 20 tot 30 m lengte (in lengterichting van de watergang) wordt ook oeverbescherming geplaatst. - Vanuit hydrologie worden zelden de woelbak en stortebed gedimensioneerd en er is dan ook weinig praktijkervaring. Het is aan de ontwerper om kritisch naar deze getallen te kijken en ook op eigen inzicht de woelbak en stortebed te dimensioneren. Daarbij gelden deze uitgangspunten: - De bovenstroomse waterstand is +0,18 m NAP en benedenstrooms –0,5 m NAP. - Het debiet bij 2,2Q. Dat is 18,2 m³/s.
Object 2 (Stuwende constructie Zuidelijke Slenk)	- Hier is een voorkeur om het Object bovenstrooms van de brug te plaatsen. Hoofdstuk 8 toont de voorgestelde locatie. - Het advies is een klepstuw te plaatsen (en geen schuiven of een balgstuw), omdat een klepstuw de waterstanden goed kan sturen. Bij inzet van de berging dient de klepstuw de waterstanden op te stuwen tot +0,18 m NAP, terwijl door bovenstroomse afvoer hoge debieten kunnen optreden (we gaan uit van worst-case, 2,2Q, dat is 19,7 m³/s). Met een klepstuw kan goed worden ingespeeld op deze omstandigheden. - Als de klepstuw platligt, is de bovenkant –2,3 m NAP. - Indien dit als 1 stuw kan worden uitgevoerd, is de stuw 6 m breed (breedte is haaks op de watergang). - Indien het 2 parallelle stuwen worden, ontstaan energieverliezen en om daarvoor te compenseren zijn 2 stuwen van 3,25 m nodig (totale breedte is 6,5 m) (breedte is haaks op de watergang). - De maximale klepstand is +0,18 m NAP. - De klep dient te kunnen bewegen met een minimale snelheid van 30 cm/uur. Als dit heel kostbaar is om te realiseren, is 10 cm/uur ook een optie, maar dan dient dat beter te worden onderzocht (dan is een slimmere sturing nodig waarbij tijdiger wordt ingespeeld op hoge afvoeren). - De lengte (in lengterichting van de watergang) van de klep is bepaald op 5,6 m maar dient in het vervolgtraject door de ontwerper te worden nagerekend. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen geleidelijke overgangen te worden gemaakt. Dit geldt van insteek tot insteek, plus 3 m extra aan beide zijden om ook bij stroming over maaiveld het water te geleiden. - Om energieverliezen te voorkomen, dienen gladde materialen te worden gebruikt. En bijvoorbeeld geen damwanden met U-profiel waardoor de stroomlijnen worden verstoord. - In en rondom de stuw wordt de stroomsnelheid hoog en wordt bodem- en oeverbescherming geplaatst.
Object 2 - Woelbak en stortebed	- Er wordt een woelbak gemaakt. De lengte (in lengterichting van de watergang) is berekend op minimaal 4,6 m plus de lengte van de klep (in lengterichting van de watergang). De woelbak wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. - Er wordt een stortebed gemaakt. Dit wordt ook wel gezien als bodembescherming. De lengte (in lengterichting van de watergang) is bepaald op minimaal 4,1 m. Het stortebed wordt zo gemaakt dat deze onder normale omstandigheden niet tot nauwelijks opstuwing veroorzaakt. - Gelet op de erosiegevoelige ondergrond (veen) is het advies het stortebed te overdimensioneren en 20 tot 30 m lang te maken. - Over deze 20 tot 30 m lengte (in lengterichting van de watergang) wordt ook oeverbescherming geplaatst.

Categorie

Ontwerp

-
5. Vanuit hydrologie worden zelden de woelbak en stortebed gedimensioneerd en er is dan ook weinig praktijkervaring. Het is aan de ontwerper om kritisch naar deze getallen te kijken en ook op eigen inzicht de woelbak en stortebed te dimensioneren. Daarbij gelden deze uitgangspunten:
- a. De bovenstroomse waterstand is +0,15 m NAP en benedenstrooms –0,5 m NAP
 - b. Het debiet bij 2,2Q. Dat is 19,7 m³/s.
-

11 Worst-case

Vanuit de Commissie MER is gevraagd t.b.v. het opstellen van de MER ook naar worst-case scenario's te kijken. Op hoofdlijnen gaan deze scenario's in op bovennormatieve gebeurtenissen waarbij de effecten onderzocht dienen te worden. Mogelijk zijn deze effecten groter dan blijkt uit de variantenstudie.

Het waterschap heeft de vraag van de commissie MER vertaald naar een aanpak in het document 'Omschrijving worst-case scenario' (Bijlage J).

Dit hoofdstuk gaat in op de hydrologische aspecten van de worst-case scenario's. Zo worden de maximale waterstanden en leeglooptijden behandeld.

11.1 Aanpak

Onderstaande tekst beschrijft de scenario's, uitgangspunten voor de berekeningen en beoordelingskader.

11.1.1 Scenario's

De vier worst-case scenario's zijn:

1. Inzet van het bergingsgebied twee opeenvolgende jaren.
2. Inzet van het bergingsgebied in de voor flora en fauna kritische periode.
3. In hetzelfde jaar tweemaal inzet van het bergingsgebied, waarbij wordt uitgegaan dat het bergingsgebied in de tussentijd volledig leegloopt.
4. Inzet van het bergingsgebied met een leeglooptijd van 15 en 20 dagen i.p.v. de eerder gestelde 10 dagen.

11.1.2 Uitgangspunten

Het uitwerken van deze scenario's gebeurt via modelberekeningen. Onderstaande tabel toont de uitgangspunten van deze berekeningen:

Tabel 26: Uitgangspunten worst-case scenario's.

Categorie	Uitleg
Hydrologie Scenario 1	Scenario 1 houdt in dat in twee opeenvolgende jaren een extreme gebeurtenis optreedt. Aangenomen wordt dat in twee opeenvolgende jaren de representatieve stochast optreedt (dezelfde representatieve stochast als gebruikt in de variantenstudie).
Hydrologie Scenario 2	Scenario 2 is inzet van de berging in de voor flora en fauna kritische periode. Dat is het late voorjaar en de zomer. Ook voor dit scenario is gekozen de representatieve stochast door te rekenen. Vervolgens is de aanname dat deze waterstanden in het late voorjaar of in de zomer optreden. <u>Discussie zomer- en winterstatistiek</u> Onderscheid maken in stochastencombinaties voor zomer of winter is complex. In sommige studies zijn grote verschillen aanwezig tussen zomer- en winterstatistiek (binnen de stochastenmethode). Bijvoorbeeld door uit te gaan van verschillen in begroeiing. Echter, deze verschillen zijn niet aangenomen voor het boezemmodel. Feitelijk komen de winter- en zomerstatistiek sterk overeen. Daarom is gekozen om binnen dit scenario met de representatieve stochast te werken en geen andere gebeurtenis voor de zomer te kiezen.
Hydrologie Scenario 3	Scenario 3 houdt in dat twee keer kort achter elkaar de berging wordt ingezet. Wat betreft de extreme gebeurtenis is gekozen om eerst een keer de representatieve stochast door te rekenen. Dan als De Onlanden grotendeels weer op streefpeil is, 14 dagen na het starten van de leegloop, wordt dezelfde representatieve stochast nog een keer doorgerekend. Bij de tweede berekening is de situatie veel extremer. Zo zijn de afvoeren uit de beekdalen hoger en zijn bergingsgebieden zoals De Dijken/Bakkerom nog steeds gevuld.
Hydrologie Scenario 4	Scenario 4 houdt in dat de berging niet in 10 dagen leegloopt, maar in 20 dagen. De representatieve stochast wordt doorgerekend. Om de 20 dagen leegloop te simuleren, worden in het model de kleppen van de stuwende constructies en Doolhofstuw langzaam verlaagd. Zodoende wordt kunstmatig 20 dagen leegloop gesimuleerd.

Categorie	Uitleg
Zichtjaar	De scenario's worden onderzocht met klimaatverandering en bodemdaling voor zichtjaar 2025.
Ontwerpeisen	Scenario 3 en 4 zijn bovennormatief en daarvoor gelden geen ontwerpeisen en normen. Indien bijvoorbeeld de leegloop wordt onderzocht dan wordt wel gecontroleerd of dat in drie dagen gebeurt. Deze drie dagen is echter geen ontwerp, maar een ontwerpvens.
Beoordeling bovennormatief	Uiteindelijk wordt niet getoetst (binnen Scenario 3 en 4) of effecten wel of niet acceptabel zijn. Gelet op de extreme herhalingstijden (bijvoorbeeld tot T625 bij scenario 3) kan geen beoordeling worden gegeven (omdat er geen normen voor die situaties zijn). Hierop wordt één uitzondering gemaakt. Als benedenstrooms in De Onlanden bij bovennormatieve situaties de waterstand hoger wordt dan +0,15 m NAP dan is dat niet acceptabel. Dit is niet zozeer een norm, eerder een potentiële verslechtering van de waterveiligheid wat niet uitlegbaar is aan het gebied.
Beoordeling niet-bovennormatief	Een aantal scenario's zijn niet boven-normatief, zoals Scenario 1 en 2. De berekende waterstanden (en leegloop en dergelijke) zijn gelijk aan Variant 1. In dit hoofdstuk wordt in het kort de beoordeling van Variant 1 toegelicht, voor een uitgebreide beoordeling van Variant 1 verwijzen wij naar Hoofdstuk 10.
Verschil tussen varianten	Bij het uitwerken van de scenario's was de conclusie dat – binnen de scenario's – de verschillen tussen de drie varianten verwaarloosbaar zijn. Daarom worden alleen de resultaten bij Variant 1 getoond.
Kwantitatieve en kwalitatieve beschrijving	Enerzijds worden de scenario's kwantitatief onderzocht. Dat wil zeggen, de maximale waterstanden, leeglooptijden en dergelijke worden cijfermatig bepaald. Bij een aantal scenario's wordt – waar van toegevoegde waarde – een kwalitatieve analyse gegeven.
Overige DV-maatregelen	Als in dit hoofdstuk wordt gesproken over de 'situatie met Optimalisatie Onlanden' en 'situatie zonder Optimalisatie Onlanden' dan is het uitgangspunt bij beide situaties dat de overige DV-maatregelen worden ingezet.
Representatieve stochast	Er wordt gewerkt met de representatieve stochast. Dit is dezelfde representatieve stochast als gebruikt in de variantenstudie.
Sturing Onlanden	Om de resultaten goed te kunnen interpreteren, is het van belang dat de lezer weet hoe de sturing van Optimalisatie Onlanden werkt. <u>De primaire sturingsregel is:</u> De stuwende constructies en Doolhofstuw sturen op een maximale waterstand van +0,15 m NAP (bij het meetpunt direct bovenstrooms van de Doolhofstuw). <u>De secundaire sturingsregel is:</u> Bij de leegloop (verlagen van de waterstanden in De Onlanden) is het belangrijk dat benedenstrooms – van de stuwende constructies en Doolhofstuw – de MHW's niet worden overschreden. Als benedenstrooms de waterstand hoger is dan -0,3 m NAP wordt gewacht met de leegloop. Maar er moet wel altijd voldaan worden aan de primaire sturingsregel, ook al zijn benedenstrooms de waterstanden hoog, +0,15 m NAP mag niet overschreden worden.
Aanvullende uitgangspunten	Een aantal uitgangspunten is specifiek voor één scenario. Deze aanvullende uitgangspunten worden behandeld binnen het desbetreffende scenario.

11.1.3 Beoordelingskader

Onderstaande tabel toont het beoordelingskader wat per scenario is onderzocht.

Tabel 27: Beoordelingskader (kwantitatieve analyse) worst-case scenario's.

Categorie	Uitleg
Effect maximale waterstand	De maximale waterstanden worden getoond voor de 'situatie zonder Optimalisatie Onlanden' en 'situatie met Optimalisatie Onlanden' en uitgedrukt in m NAP. Er wordt onderscheid gemaakt per peilgebied en daarbinnen beneden- en bovenstrooms. Het verschil tussen beide situaties wordt getoond (in cm). De ontwerpvens is dat +0,15 m NAP niet wordt overschreden.
Duur waterstand > -0,2 m NAP	Voor beide situaties, situatie met en zonder Optimalisatie Onlanden, wordt de duur (in dagen) bepaald dat de waterstanden hoger zijn dan -0,2 m NAP.

Categorie	Uitleg
	Er wordt onderscheid gemaakt per peilgebied en daarbinnen beneden- en bovenstrooms. Het onderlinge verschil wordt getoond (in dagen). Hiervoor geldt verder geen ontwerpwns.
Duur bereiken -0,2 m NAP na start leegloop	Wordt alleen onderzocht voor de 'situatie met Optimalisatie Onlanden' (want in de 'situatie zonder Optimalisatie Onlanden' vindt geen gestuurde leegloop plaats). De duur wordt uitgedrukt in dagen. Er wordt onderscheid gemaakt per peilgebied en daarbinnen beneden- en bovenstrooms. De ontwerpwns is dat in drie dagen -0,2 m NAP wordt bereikt na de start van het legen.
Duur bereiken streefpeil na start leegloop	Wordt alleen onderzocht voor de 'situatie met Optimalisatie Onlanden' (want in de 'situatie zonder Optimalisatie Onlanden' vindt geen gestuurde leegloop plaats). Er wordt onderscheid gemaakt per peilgebied en daarbinnen beneden- en bovenstrooms. De ontwerpwns is dat in 10 dagen de ontwerpwns wordt bereikt.

11.2 Scenario 1: Inzet twee opeenvolgende jaren

Volledige naam scenario 1: Inzet van het bergingsgebied in twee opeenvolgende jaren

Allereerst worden de resultaten van de kwantitatieve analyse getoond. Vervolgens de kwalitatieve analyse.

11.2.1 Kwantitatieve analyse

De waterstanden zijn berekend met de representatieve stochast. Indien deze gebeurtenis in opeenvolgende jaren optreedt dan worden de waterstanden onderling niet beïnvloed. Dit betekent dat in beide jaren de waterstanden gelijk zijn. Onderstaande resultaten gelden voor zowel de gebeurtenis in het eerste als het tweede jaar.

Aangezien dezelfde representatieve stochast is gebruikt als in de variantenstudie, zijn onderstaande resultaten gelijk aan Variant 1.

Effect maximale waterstand

Onderstaande tabel toont het effect op de maximale waterstanden tussen wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden. Het gemiddelde effect is 13 cm hogere maximale waterstanden (binnen de peilgebieden) als gevolg van Optimalisatie Onlanden.

Tabel 28: Maximale waterstanden bij de representatieve stochast en effect.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, maximale waterstand (m NAP)	Situatie zonder Optimalisatie Onlanden, maximale waterstand (m NAP)	Verskil (effect) tussen beide situaties (cm)	De ontwerpwns is een maximale waterstand van +0,15 m NAP
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	+0,15	-0,08	+7	Wordt aan voldaan
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	+0,32	+0,14	+18	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	+0,16	-0,03	+19	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	+0,16	-0,03	+19	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Wering – benedenstrooms	+0,18	+0,02	+16	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Wering – bovenstrooms	+0,44	+0,43	+1	Wordt niet aan voldaan

Duur waterstand > -0,2 m NAP

Onderstaande tabel toont de periode dat de waterstand hoger is dan -0,2 m NAP bij het wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden. Door de maatregel Optimalisatie Onlanden is deze periode gemiddeld 1,6 dagen langer.

Tabel 29: Duur waterstand > -0,2 m NAP bij de representatieve stochast en effect.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen boven -0,2 m NAP	Situatie zonder Optimalisatie Onlanden, dagen boven -0,2 m NAP	Vershil (effect) tussen beide situaties (dagen)
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	6,2	4,3	+1,9
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	7,6	6,9	+0,7
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	6,9	5,3	+1,6
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	6,9	5,3	+1,6
Peilgebied Wering – benedenstrooms	9,3	7,4	+1,9
Peilgebied Wering – bovenstrooms	10,7	8,9	+1,8

Duur bereiken -0,2 m NAP na start leegloop

Onderstaande tabel toont de periode dat het duurt dat -0,2 m NAP wordt bereikt na de start van het ledigen.

De resultaten zijn gelijk aan Variant 1. Daar is het niet halen van deze ontwerpwens geaccepteerd, omdat er geen realistische oplossingsrichtingen zijn of geen draagvlak is voor deze oplossingsrichtingen.

Tabel 30: Duur dat -0,2 m NAP wordt bereikt na de start van het legen, bij de representatieve stochast.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen na start leegloop dat -0,2 m NAP wordt bereikt	Ontwerpwens is dat -0,2 m NAP binnen drie dagen wordt bereikt
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	2,8	Wordt gehaald
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	3,3	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	3,8	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	3,8	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – benedenstrooms	4,8	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – bovenstrooms	5,5	Wordt niet gehaald

Duur bereiken streefpeil na start leegloop

Onderstaande tabel toont de periode dat het duurt tot het streefpeil wordt bereikt na de start van de leegloop.

De resultaten zijn gelijk aan Variant 1. Daar is het niet halen van deze ontwerpwens geaccepteerd, omdat er geen realistische oplossingsrichtingen zijn of geen draagvlak is voor deze oplossingsrichtingen.

Tabel 31: Duur dat het streefpeil wordt bereikt na de start van het legen, bij de representatieve stochast

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen tot het streefpeil wordt bereikt	Ontwerpwens is dat het streefpeil na 10 dagen wordt bereikt
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	9,0	Wordt gehaald
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	9,7	Wordt gehaald
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	9,8	Wordt gehaald
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	9,8	Wordt gehaald
Peilgebied Wering – benedenstrooms	Valt buiten de berekening*	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – bovenstrooms	Valt buiten de berekening*	Wordt niet gehaald

* Zo lang er afvoer is, wordt het streefpeil niet bereikt, dat geldt ook als Optimalisatie Onlanden niet wordt uitgevoerd

11.2.2 Kwalitatieve analyse

Het streven is om de berging in te zetten vanaf gebeurtenissen met de herhalingstijd van 1/25 jaar (wordt ook T25 of T25-gebeurtenis genoemd). Vaker inzetten is niet gewenst vanwege o.a. effecten op natuur.

Of in twee opeenvolgende jaren T25-gebeurtenissen kunnen optreden, is een statistische vraag. T25 is een extreme situatie en wordt gebruikt om het watersysteem in te richten. Echter, het is geen voorspellende waarde.

Een T25-gebeurtenis kan in twee opeenvolgende jaren plaatsvinden. Dit betekent dat de kans op het voorkomen van deze gebeurtenis in een willekeurig jaar 1/25 (4%) is. Ondanks de zeldzaamheid van de gebeurtenis, is het echter mogelijk dat deze zich in twee opeenvolgende jaren, voordoet.

11.3 Scenario 2: Inzet in flora en fauna kritische periode

Volledige naam scenario 2: Inzet van het bergingsgebied in de voor flora en fauna kritische periode

Allereerst worden de resultaten van de kwantitatieve analyse getoond. Vervolgens de kwalitatieve analyse.

11.3.1 Kwantitatieve analyse

De flora en fauna kritische periode is het late voorjaar en de zomer.

De representatieve stochast kan in deze periode worden doorgerekend. Echter, de berekende waterstanden zijn dan gelijk aan scenario 1. Voor de getallen wordt daarom verwezen naar Scenario 1 (binnen dit worst-case hoofdstuk).

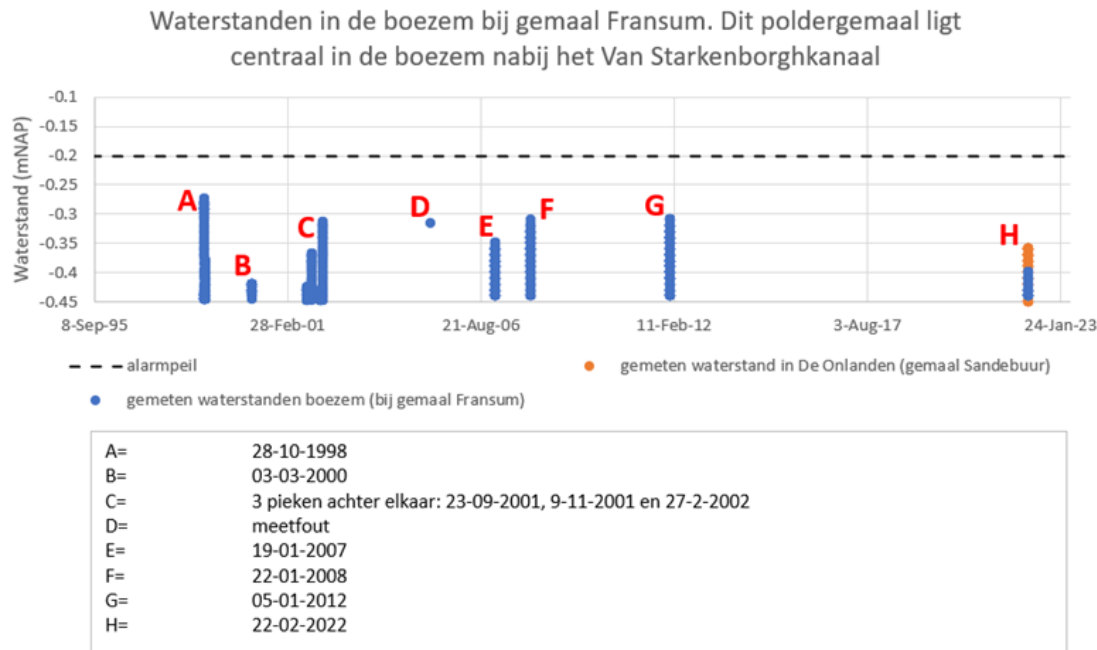
11.3.2 Kwalitatieve analyse

De aanleiding voor dit scenario is dat het inzetten van de berging in het late voorjaar en de zomer grote schade geeft aan de flora en fauna.

Feitelijk is de vraag: wordt de berging ook ingezet buitenom de winter? Het korte antwoord daarop is dat de kans op inzet buitenom de winter (en late najaar) zeer klein is. Dit wordt hieronder verder uitgelegd:

1. Allereerst dient men zich te realiseren dat Optimalisatie Onlanden alleen wordt ingezet als op de 3e schil van de (Electra) boezem de MHW's moeten worden verlaagd.
2. De waterstanden in de boezem hangen weer samen met de Waddenzee. Als er geen storm is op de Waddenzee kan het Lauwersmeer vrij lozen en daardoor kan de boezem weer vrij lozen naar het Lauwersmeer.
3. Het waterschap noemt de winter ook wel het 'stormseizoen'.
4. In het stormseizoen kan het op de Waddenzee voorkomen dat 5 tot 10 dagen (of langer) het laagtij hoog blijft. Daardoor kan het Lauwersmeer niet lozen – wordt ook wel stremming genoemd – en dit heeft een effect op de waterstanden in de boezem.
5. Langdurige stormen op de Waddenzee komen alleen voor in de winter. Indirect worden de stormen namelijk veroorzaakt door de grote temperatuurverschillen tussen het Noordelijk en Zuidelijk halfrond. In de zomer zijn deze temperatuurverschillen kleiner en komen deze langdurige stormen niet voor.
6. We hebben deze kennis getoetst met meetgegevens van het waterschap en Rijkswaterstaat. Daar wordt in onderstaande tekst dieper op ingegaan.

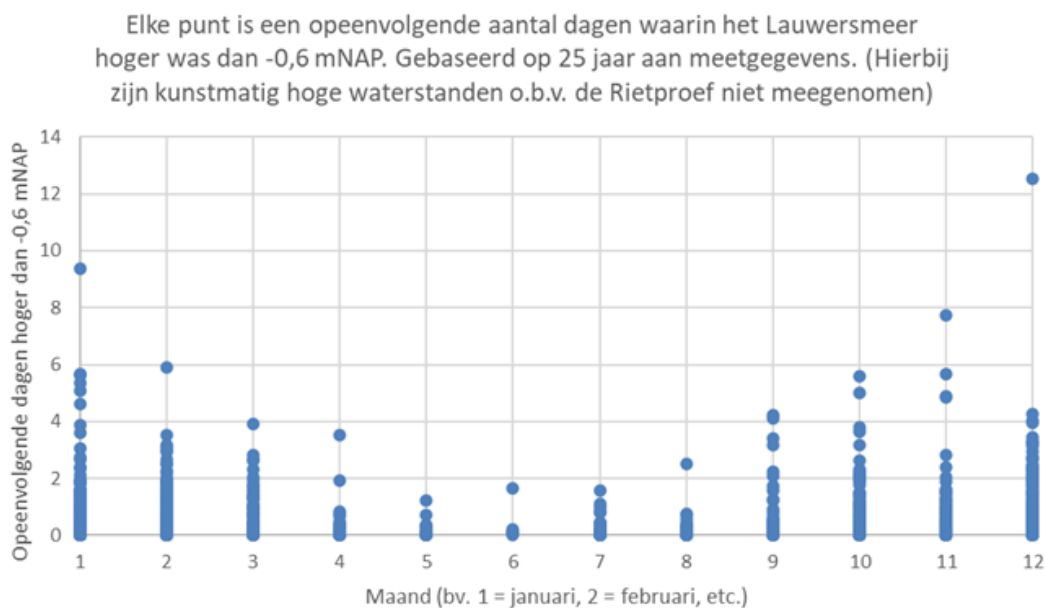
Figuur 76 toont de gemeten hoogwaterpieken over de afgelopen 25 jaar in de boezem. Per hoogwaterpiek staat benoemd in welke periode deze is opgetreden. De winter start officieel op 22 december en eindigt 20 maart. Een aantal pieken zijn dus ook in het najaar opgetreden (en wat betreft maart is 1 keer een hoogwaterpiek op 3 maart voorgekomen, merk op dat die piek relatief laag was).



Figuur 76: Historische hoogwatergebeurtenissen in de 3e schil van de (Electra) boezem.

Daarnaast zijn de waterstanden in het Lauwersmeer nader bestudeerd. Op basis van 25 jaar aan meetgegevens zijn aaneengesloten periodes opgezocht waarbij de waterstand hoger was dan -0,6 m NAP. Indirect zeggen deze periodes iets over de Waddenzee. Als namelijk het Lauwersmeer meerdere dagen ruim boven het streefpeil staat, dan is de oorzaak dat meerdere dagen achter elkaar niet (of beperkt) vrij kan worden geloosd op de Waddenzee.

Voor de 3e schil van de (Electra) boezem ontstaat een stijging van de waterstanden als meerdere dagen (ordegrootte 5 tot 6 dagen) het Lauwersmeer hoog staat. Figuur 77 geeft weer dat dit in de zomer nauwelijks gebeurt, maar vooral in de winter extreem kan zijn.



Figuur 77: Hoge waterstanden in het Lauwersmeer.

Nog meer aspecten spelen een rol. Zo is de boezem gevoelig voor uniforme neerslag over het gehele beheersgebied. De kans hierop in de zomer is kleiner, buien in de zomer kenmerken zich door lokaal zeer hevige neerslag.

Het laatste aspect wat een rol speelt, is dat in de winter de ondergrond is verzadigd is waardoor neerslag sneller tot afvoer komt. In het voorjaar en zomer is veel meer berging in de bodem aanwezig.

11.4 Scenario 3: Twee keer inzet kort achter elkaar

Volledige naam scenario 3: In hetzelfde jaar tweemaal inzet van het bergingsgebied, waarbij wordt uitgegaan dat het bergingsgebied in de tussentijd volledig leegloopt.

Binnen dit scenario wordt allereerst een aantal aanvullende uitgangspunten behandeld, vervolgens de kwantitatieve analyses en tot slot de kwalitatieve analyse.

11.4.1 Aanvullende uitgangspunten

Dit scenario is berekend met behulp van het model.

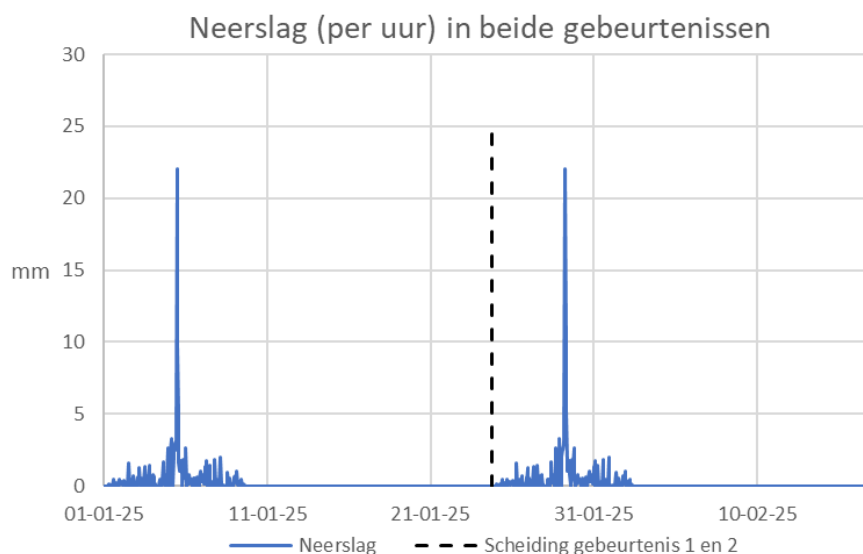
Als twee T25-gebeurtenissen kort achter elkaar optreden – en onderling invloed hebben op de waterstanden – dan wordt dit één gebeurtenis met een hogere herhalingsjijd. Dit exact bepalen is complex, maar maximaal ordegrrootte $(1/25 \times 1/25) = T625$.

Het model berekend een waterstand van -0,15 m NAP in het Van Starckenborghkanaal. Volgens de eerder uitgereken waterstandstatistiek staat dit – in het Van Starckenborghkanaal – gelijk aan T283. De bandbreedte qua herhalingsjijd is daarmee tussen ordegrrootte T280 en T625.

Wat betreft het model gaan we uit van het volgende:

1. De worst-case start 14 dagen nadat begonnen is met ledigen. Op dat moment zijn de waterstanden in De Onlanden vrijwel gelijk aan het streefpeil.
2. De tweede gebeurtenis is extremer, omdat bijvoorbeeld de grondwaterstanden hoger zijn met als gevolg hogere debieten uit de beekdalen. Ook zijn de bergingen (zoals De Dijken/Bakkerom nog steeds gevuld).

Figuur 78 toont de vorm van de gehanteerde bui. De tweede gebeurtenis start na de zwarte stippellijn, zoals is weergegeven in Figuur 78.



Figuur 78: Bui en grens tussen gebeurtenis 1 en 2.

11.4.2 Kwantitatieve analyse

Bij het tonen van de maximale waterstanden, duur boven $-0,2$ m NAP en leeglooptijden worden alleen de resultaten getoond van de tweede gebeurtenis (zie Figuur 78).

Indien men ook geïnteresseerd is in de eerste gebeurtenis, dan verwijzen wij naar Scenario 1 (binnen dit hoofdstuk). Gebeurtenis 1 is namelijk de representatieve stochast en de resultaten zijn exact gelijk aan wat is doorerekend voor Scenario 1.

Effect maximale waterstand

Onderstaande tabel toont het effect op de maximale waterstanden tussen wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden.

De tabel laat zien dat met Optimalisatie Onlanden de waterstanden goed te beheersen zijn. Dit is een zeer extreme gebeurtenis, maar de waterstanden benedenstrooms in peilgebied Onlanden stijgen niet boven $+0,15$ m NAP. Dit komt doordat dit peilgebied hoger ligt dan de 3e schil van de (Electra) boezem. Het lukt dus zelfs bij zeer extreme situaties om het water af te voeren.

Wat betreft het verschil in waterstanden geldt dat door Optimalisatie Onlanden de maximale waterstanden gemiddeld 7 cm stijgen (in de peilgebieden). In Scenario 1 is dit 13 cm. Dit betekent dat naarmate de gebeurtenis extremer wordt, het effect van Optimalisatie Onlanden kleiner wordt. Dit komt doordat in de 'situatie zonder Optimalisatie Onlanden' de waterstanden fors hoger worden. En daarmee dichterbij de buurt komen t.o.v. de 'situatie met Optimalisatie Onlanden'.

Tabel 32: Maximale waterstanden bij de representatieve stochast en effect.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, maximale waterstand (m NAP)	Situatie zonder Optimalisatie Onlanden, maximale waterstand (m NAP)	Vershil (effect) tussen beide situaties (cm)	De ontwerpvens is een maximale waterstand van $+0,15$ m NAP
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	$+0,15$	$+0,05$	+10	Wordt aan voldaan
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	$+0,35$	$+0,28$	+6	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	$+0,16$	$+0,09$	+7	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	$+0,16$	$+0,09$	+7	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Wering – benedenstrooms	$+0,20$	$+0,11$	+8	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Wering- bovenstrooms	$+0,52$	$+0,50$	+2	Wordt niet aan voldaan

Duur waterstand $> -0,2$ m NAP

Onderstaande tabel toont de periode dat de waterstand hoger is dan $-0,2$ m NAP bij het wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden. Door Optimalisatie Onlanden is deze periode gemiddeld 0,9 dagen langer. Dit effect is kleiner dan in Scenario 1.

Tabel 33: Duur waterstand $> -0,2$ m NAP bij de representatieve stochast en effect.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen boven $-0,2$ m NAP	Situatie zonder Optimalisatie Onlanden, dagen boven $-0,2$ m NAP	Vershil (effect) tussen beide situaties (dagen)
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	7,5	6,5	+1,0
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	9,2	8,8	+0,4
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	8,3	7,3	+1,1
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	8,3	7,3	+1,0

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen boven -0,2 m NAP	Situatie zonder Optimalisatie Onlanden, dagen boven -0,2 m NAP	Vershil (effect) tussen beide situaties (dagen)
Peilgebied Wering – benedenstrooms	10,7	9,8	+0,9
Peilgebied Wering – bovenstrooms	12,0	11,2	+0,8

Duur bereiken -0,2 m NAP na start leegloop

Onderstaande tabel toont de periode dat het duurt dat -0,2 m NAP wordt bereikt na de start van het legen bij het wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden.

Tabel 34: Duur dat -0,2 m NAP wordt bereikt na de start van het legen, bij de representatieve stochast.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen boven -0,2 m NAP	T.o.v. de ontwerpwns van in drie dagen -0,2 m NAP bereiken
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	3,1	Wordt niet gehaald
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	3,5	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	4,1	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	4,2	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – benedenstrooms	5,0	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – bovenstrooms	5,5	Wordt niet gehaald

Duur bereiken streefpeil na start leegloop

Onderstaande tabel toont de periode dat het duurt tot het streefpeil wordt bereikt na de start van de leegloop, bij het wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden.

Tabel 35: Duur dat het streefpeil wordt bereikt na de start van het legen, bij de representatieve stochast.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen tot het streefpeil wordt bereikt	De ontwerpwns is dat in 10 dagen het streefpeil wordt bereikt
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	9,8	Wordt gehaald
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	11,9	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	9,8	Wordt gehaald
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	9,8	Wordt gehaald
Peilgebied Wering – benedenstrooms	Valt buiten de berekening*	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – bovenstrooms	Valt buiten de berekening*	Wordt niet gehaald

* Zo lang er afvoer is, wordt het streefpeil niet bereikt, dat geldt ook als Optimalisatie Onlanden niet wordt uitgevoerd

11.5 Scenario 4: leegloop in 20 dagen

Volledige naam scenario 4: Inzet van het bergingsgebied met een leeglooptijd van 15 en 20 dagen i.p.v. de eerder gestelde 10 dagen.

In de variantenstudie is uitgebreid ingegaan op de leegloop per peilgebied. In grote lijnen wordt – binnen de varianten – overal binnen 10 dagen het streefpeil bereikt. Met uitzondering van peilgebied Wering waar ook zonder Optimalisatie Onlanden bij afvoer het streefpeil niet wordt bereikt.

11.5.1 Kwantitatieve analyse

Effect maximale waterstand

Onderstaande tabel toont het effect op de maximale waterstanden tussen wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden. Door Optimalisatie Onlanden worden de maximale waterstanden in de peilgebieden gemiddeld 13 cm hoger.

Tabel 36: Maximale waterstanden bij de representatieve stochast en effect.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, maximale waterstand (m NAP)	Situatie zonder Optimalisatie Onlanden, maximale waterstand (m NAP)	Verskil (effect) tussen beide situaties (cm)	De ontwerpvens is een maximale waterstand van +0,15 m NAP
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	+0,15	-0,08	+7	Wordt aan voldaan
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	+0,32	+0,14	+18	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	+0,16	-0,03	+19	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	+0,16	-0,03	+19	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Wering – benedenstrooms	+0,18	+0,02	+16	Wordt niet aan voldaan
Peilgebied Wering – bovenstrooms	+0,44	+0,43	+1	Wordt niet aan voldaan

Duur waterstand > -0,2 m NAP

Onderstaande tabel toont de periode dat de waterstand hoger is dan -0,2 m NAP bij het wel en niet inzetten van Optimalisatie Onlanden. Door Optimalisatie Onlanden is deze periode gemiddeld 5,1 dagen langer. Dit is een groot verschil wat betreft inundatieduur. Echter, op deze manier de situatie met en zonder Optimalisatie met elkaar te vergelijken is niet realistisch. Als de lange leegloop zou ontstaan door een extremere belasting van het watersysteem, dan wordt in de 'situatie zonder Optimalisatie Onlanden' een langere duur berekend.

Tabel 37: Duur waterstand > -0,2 m NAP bij de representatieve stochast en effect.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen boven -0,2 m NAP	Situatie zonder Optimalisatie Onlanden, dagen boven -0,2 m NAP	Verskil (effect) tussen beide situaties (dagen)
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	10,2	4,3	+5,9
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	11,6	6,9	+4,7
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	10,5	5,3	+5,2
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	10,4	5,3	+5,1
Peilgebied Wering – benedenstrooms	12,2	7,4	+4,8
Peilgebied Wering – bovenstrooms	13,5	8,9	+4,6

Duur bereiken -0,2 m NAP na start leegloop

Onderstaande tabel toont de periode dat het duurt dat -0,2 m NAP wordt bereikt na de start van het ledigen. Indien wordt besloten om in 20 dagen De Onlanden te ledigen, dan duurt het gemiddeld 7,5 dagen dat -0,2 m NAP wordt bereikt.

Tabel 38: Duur dat -0,2 m NAP wordt bereikt na de start van het legen, bij de representatieve stochast.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen na start leegloop dat -0,2 m NAP wordt bereikt	Ontwerpwens is dat -0,2 m NAP binnen drie dagen wordt bereikt
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	6,9	Wordt niet gehaald
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	7,3	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	7,4	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	7,4	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – benedenstrooms	7,8	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – bovenstrooms	8,2	Wordt niet gehaald

Duur bereiken streefpeil na start leegloop

Onderstaande tabel toont de duur tot dat het streefpeil wordt bereikt, indien wordt ingesteld dat dit in 20 dagen gebeurt.

Tabel 39: Duur dat het streefpeil wordt bereikt na de start van het legen, bij de representatieve stochast.

Locatie	Situatie met Optimalisatie Onlanden, dagen tot het streefpeil wordt bereikt	De ontwerpwens is dat in 10 dagen het streefpeil wordt bereikt
Peilgebied Onlanden – benedenstrooms	20,0	Wordt niet gehaald
Peilgebied Onlanden – bovenstrooms	20,0	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – benedenstrooms	20,3	Wordt niet gehaald
Peilgebied Gouw – bovenstrooms	20,3	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – benedenstrooms	Valt buiten de berekening*	Wordt niet gehaald
Peilgebied Wering – bovenstrooms	Valt buiten de berekening*	Wordt niet gehaald

* Zo lang er afvoer is, wordt het streefpeil niet bereikt, dat geldt ook als Optimalisatie Onlanden niet wordt uitgevoerd.

11.6 Conclusies worst-case

De belangrijkste conclusies zijn:

1. Scenario 3 en 4 zijn boven-normatief. Daarmee vallen ze buiten de normen en gelden er geen ontwerpisen of normen. Dit betekent ook dat niet wordt beoordeeld of effecten wel of niet acceptabel zijn:
 - a. Zoals in de uitgangspunten staat weergegeven, wordt hierop één uitzondering gemaakt. Het is niet toegestaan dat benedenstrooms in peilgebied Onlanden de waterstand hoger wordt dan +0,15 m NAP. Hier wordt aan voldaan.
2. Scenario 1 en 2 zijn niet boven-normatief. De berekende waterstanden (en leegloop en dergelijke) zijn gelijk aan Variant 1. Voor de beoordeling van Variant 1 verwijzen wij naar Hoofdstuk 10.
3. Scenario 4 is niet realistisch. Het advies is terughoudend te zijn met de resultaten van dit scenario.
4. In Scenario 2 staat toegelicht dat de kans dat Optimalisatie Onlanden wordt ingezet in de flora en fauna gevoelige periode, zeer klein is:
 - a. Indien de T25-situatie optreedt in de flora en fauna gevoelige periode dan zijn de waterstanden gelijk aan scenario 1 (en daarmee gelijk aan Variant 1).
5. Scenario 3 geeft veel inzicht in de werking van Optimalisatie Onlanden bij een realistisch bovennormatief scenario:
 - a. Een zeer extreme gebeurtenis van ordegrootte T280 tot T625 is doorgerekend.
 - b. De waterstanden benedenstrooms in peilgebied Onlanden worden niet hoger dan +0,15 m NAP. De waterstanden kunnen goed worden beheerst, omdat De Onlanden hoger ligt dan de 3e schil van (Electra) boezem.
 - c. Dit scenario laat zien dat hoe extremer de gebeurtenis, hoe kleiner de verschillen worden tussen de situatie met en zonder Optimalisatie Onlanden.

12 Conclusie

Het doel van deze studie is om – vanuit een geactualiseerd oppervlaktewatermodel (na validatie en kalibratie) – de hydrologische haalbaarheid van drie varianten uit het MER-proces te onderzoeken, waarbij ook de benodigde aanpassingen aan het watersysteem worden gedimensioneerd. Om dit doel te bereiken, is in eerste instantie het boezemmodel voor De Onlanden geactualiseerd en verbeterd. Met behulp van dit model zijn de varianten nader onderzocht. Hieronder bespreken we de bevindingen van de varianten.

12.1 Variant 1: Alternatief Droge Voeten 2050

Deze variant komt overeen met het oorspronkelijke plan uit de Droge Voeten studie en voldoet direct aan het beoogde effect op de MHW's in de boezem.

Bij deze variant worden stuwende constructies gerealiseerd nabij de drempelconstructies en de klep van de Doolhofstuw wordt verlengd.

De leegloop is onderzocht met een zeer extreme berekening (ordegrootte T75), waaruit blijkt dat het peilgebied Onlanden snel weer op -0,2 m NAP komt na 3 dagen. In peilgebied Gouw en Wering duurt dit langer. Het is belangrijk op te merken dat dit niet betekent dat het ledigen altijd zo lang duurt. Bij bijvoorbeeld een T25 of T50 is de afvoer lager en verloopt de leegloop sneller.

Door de Weringsestuw te automatiseren wordt dit effect gemitigeerd. Echter, voor het automatiseren van de stuw is geen draagvlak.

In peilgebied Gouw is er geen eenvoudige oplossing beschikbaar omdat de leegloop afhankelijk is van de opstuwing in de watergangen en niet zozeer van een kunstwerk.

Een ontwerpeis is dat de maximale waterstanden niet boven het maximale niveau (+0,15 m NAP) in de Onlanden stijgen. Aan deze eis wordt niet voldaan vanwege het verhang in het watersysteem, wat geldt voor alle varianten, maar dit wordt geaccepteerd omdat het sturen hierop zou leiden tot stijging van de MHW's in de 3e schil van de (Electra) boezem.

De conclusie is dat Variant 1 voldoet aan de ontwerpeisen, en waar niet wordt voldaan, wordt dit geaccepteerd. De eindconclusie is dan ook dat we deze variant als goed beoordelen. Uiteindelijk scoort Variant 3 iets beter, maar de verschillen zijn klein.

12.2 Variant 2: Compartimentering kwetsbaar natuurgebied

Deze variant is grotendeels gelijk aan Variant 1, met als grootste verschil dat er een compartimenteringsstuw wordt geplaatst, zodat peilgebied Gouw kan worden afgesloten van De Onlanden. Wanneer de berging nodig is, kan de compartimenteringsstuw weer worden geopend.

In voorliggende studie is het effect van deze maatregel op de MHW's in de 3e schil van de (Electra) boezem onderzocht. De conclusie is dat de berging in peilgebied Gouw belangrijk is voor de boezem. Het compartimenteren leidt tot het risico's dat de MHW's in de boezem aanzienlijk hoger worden. Dit betekent dat de compartimentering een risico creëert voor de boezem.

Ook is de verwachting dat deze maatregel in de praktijk niet gaat werken. De compartimenteringsstuw kan in het beste geval maar een zeer korte tijd worden gesloten.

Tot slot zien we ook het risico dat bij een calamiteit (extreem hoog water) de stuw niet juist wordt gestuurd.

De conclusie is dat we de compartimenteringsstuw en daarmee Variant 2 afraden.

12.3 Variant 3: Optimaal natuuralternatief/ Hooiwegvariant

Deze variant komt grotendeels overeen met Variant 1. Een belangrijke verandering is dat de stuwende constructies nabij de Hooiweg worden geplaatst en de maximale waterstanden oplopen tot +0,18 m NAP, om de benodigde 5,2 miljoen m³ te kunnen bergen.

T.o.v. Variant 1 resulteert deze variant in een kleine extra verlaging van de MHW's in de 3e schil van de (Electra) boezem. De extra verlaging maakt echter weinig verschil, het is in principe verwaarloosbaar.

Een onderdeel van deze variant is dat peilgebied Wering groter wordt. Een positief effect van deze maatregel is dat de berging in peilgebied Wering toeneemt en daardoor ontstaan lagere maximale waterstanden. Deze maatregel mitigeert dan ook deels de extra inundatie die ontstaat door Optimalisatie Onlanden (in peilgebied Wering).

Deze variant scoort goed en lijkt sterk op Variant 1. Omdat de effecten in peilgebied Wering worden gemitigeerd scoort deze variant iets beter (dan Variant 1).

12.4 Worst case- scenario's

Een aantal worst-case scenario's is onderzocht. Hieruit volgt dat des te extremer de hydrologische gebeurtenis, des te kleiner het effect wordt van Optimalisatie Onlanden op de maximale waterstanden in De Onlanden.

De belangrijkste bevinding is dat bij zeer extreme boven-normatieve gebeurtenissen de waterstanden (benedenstrooms) in peilgebied Onlanden niet hoger worden dan +0,15 m NAP. De waterstanden zijn zo goed te beheersen, omdat De Onlanden hoger ligt dan de 3e schil van de (Electra) boezem.

13 Aanbevelingen

De aanbevelingen richten zich enerzijds op De Onlanden, maar er wordt ook ingegaan op andere onderwerpen die zijn besproken in de projectgroep. Bijvoorbeeld de wijze waarop de berging De Dijken/Bakkerom (ook een Droge Voeten maatregel) is ingezet tijdens de hoogwaterperiode in februari 2022.

13.1 Berging op maaiveld

Het model houdt rekening met berging op maaiveld, wat nauwkeurig is opgenomen in lijn met de toestand van het maaiveld ten tijde van de oplevering van De Onlanden. Deze hoogtes zijn vergeleken met recente AHN's. Uit de recente AHN's blijkt dat – in de Onlanden – over grote gebieden een aanzienlijk hoger maaiveld te zien is, tot wel 30 tot 40 cm. Deze verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt doordat de drijfslag wordt gemeten met het AHN. Het advies is om verder te onderzoeken wat hier nu juist is, bijvoorbeeld door het landmeten van een raai en dit te vergelijken met het AHN.

13.2 Afname berging door begroeiing

In het model wordt ervan uitgegaan dat er 100% berging op maaiveldniveau is, terwijl er in de praktijk veel begroeiing aanwezig is. In de projectgroep is besproken wat het effect is van deze begroeiing op de beschikbare berging. Is er bijvoorbeeld 10% hout aanwezig per m³ berging? Verminderd dit dan de berging met 10% of neemt het hout ook water op? Door dit verder te concretiseren kan het waterschap duidelijkere wensen meegeven qua beheer van waterbergingsgebieden.

13.3 Vullen van de Onlanden

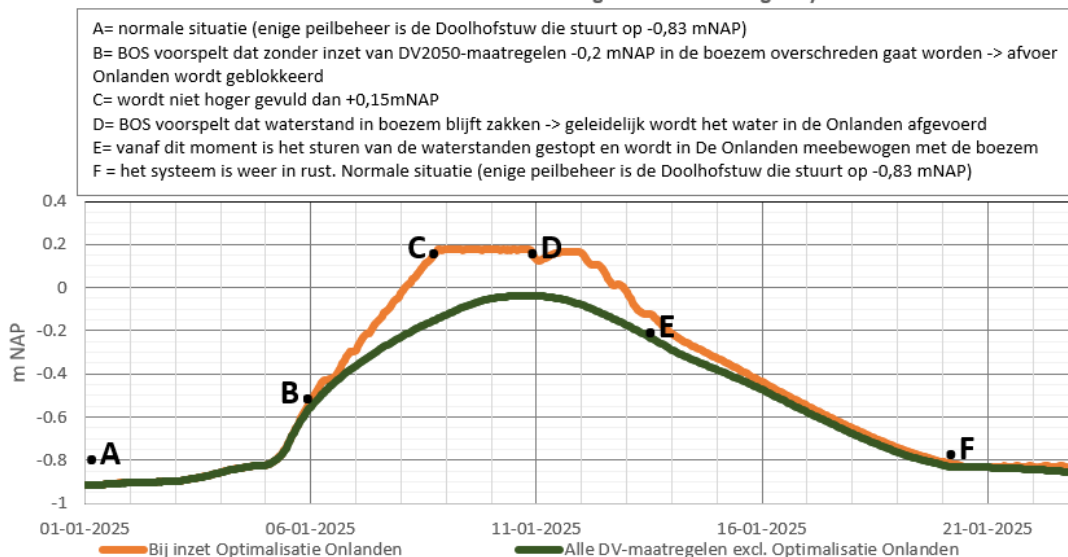
In onderstaande tabel beschrijven wij de sturing bij het vullen van de Onlanden.

Tabel 40: Praktische uitleg qua vullen van de berging.:

	Uitleg
Algemeen	De effectiviteit van Optimalisatie Onlanden in het verlagen van de MHW's op de boezem is afhankelijk van de sturing. Verschillen in de sturing van het systeem hebben een groot effect.
Protocol	Zodra de optimalisatie van De Onlanden is gerealiseerd, is het advies om duidelijke sturingsregels vast te leggen, bijvoorbeeld in het besluitvormingsprotocol of inzetprotocol. Geadviseerd wordt om de volgende 'basis-sturing' aan de houden (deze sturing is ook gebruikt in het model in voorliggende studie).
Actief sturen	Allereerst dient men zich te realiseren dat de berging zich niet van nature vult tot +0,15 m NAP. Figuur 79 geeft weer: Groene lijn: Indien men niks veranderd aan de Doolhofstuw en de stuwende constructies wordt feitelijk Optimalisatie Onlanden niet ingezet. De waterstand in De Onlanden wordt dan niet hoger dan -0,04 m NAP. Oranje lijn: Het is dus zaak actief te gaan sturen. Vanaf punt B (zie Figuur 79) wordt actief gestuurd. Dit betekent dat de kleppen van de Doolhofstuw en de stuwende constructies omhooggaan waardoor het water wordt geblokkeerd. Daardoor stijgt de waterstand in De Onlanden. - Het is belangrijk dat de kleppen (van de stuwende constructies en de Doolhofstuw) vanaf punt B niet direct maximaal omhoog worden gezet. Bij zeer hoge pieken uit de bovenstroomse beken vult de berging dan te snel en is geen berging aanwezig op het moment dat het nodig is. Het vullen dient geleidelijk te gebeuren. Dat gebeurt in de praktijk door een punt in de tijd te kiezen (punt C), 2 dagen voor de maximale waterstand in de boezem. Tussen punt B en C dient met lineair verloop het peil opgezet te worden. Dit is ook dusdanig in het model opgenomen, vandaar de rechte lijn tussen punt B en C.

Uitleg

Peilgebied Onlanden (net bovenstrooms van de Doolhofstuw). Berekende waterstanden bij een extreme situatie waarbij Optimalisatie Onlanden nodig is, zichtjaar 2025, inclusief autonome ontwikkelingen (dus inclusief inzet overige DV2050-maatregelen)



Figuur 79: Berekende waterstanden bij een representatieve stochastencombinatie (Zichtjaar 2025, Winter, Patroon Hoog, Volume T25).

Start vullen	Men wil De Onlanden niet te vaak inzetten. Dat leidt immers tot onnodige schade aan de natuur. De belangrijkste criteria om Optimalisatie Onlanden in te zetten, is dat lokaal (o.b.v. een meetpunt in het Leekstermeer, of bij voorkeur een nieuw meetpunt bij de stuwende constructies) -0,5 m NAP wordt overschreden. In combinatie met dat het BOS-model voorspelt dat -0,2 m NAP overschreden gaat worden in het Van Starckenborghkanaal. Dit is punt B in bovenstaande figuur.
Vullen en wat te doen als de berging vol is	Vanaf dit moment worden de kleppen van de Doolhofstuw en stuwende constructies geleidelijk verhoogd. De afvoer wordt daardoor geblokkeerd en de waterstanden stijgen daardoor in De Onlanden. Eerder in deze tabel staat beschreven dat het gewenste peil lineair is tussen punt B en C. Op een moment wordt +0,15 m NAP bereikt (dat is punt C in Figuur 79). Als de kleppen nu, stijgt de waterstand boven +0,15 m NAP. Feitelijk moeten de kleppen vanaf dit moment (vanaf punt C) gaan werken als reguliere klepstuwen die sturen op een waterstand van +0,15 m NAP. - Als de waterstand op de telemetrielocatie 'bovenstrooms van de Doolhofstuw' boven de +0,15 m NAP komt dan moeten de Doolhofstuw en stuwende constructie de kleppen laten zakken. - Als de waterstand op de telemetrielocatie 'bovenstrooms van de Doolhofstuw' onder de +0,15 m NAP komt dan moeten de Doolhofstuw en stuwende constructie de kleppen laten stijgen. Gelet op de grote volumes moet hier worden gestuurd op +0,15 m NAP met maximaal een paar millimeter afwijking. Het is bijvoorbeeld niet acceptabel de waterstand op de telemetrielocatie 'bovenstrooms van de Doolhofstuw' eerst met 5 cm te laten stijgen (want daardoor ontstaan negatieve effecten op de natuur) en dan bijvoorbeeld 10 cm te laten dalen, want dan ontstaan te hoge waterstanden op 3e schil van de (Electra) boezem.
Voortijdig afbreken	De korte termijn weersvoorspellingen zijn betrouwbaarder dan de lange termijn voorspellingen. Op basis van nieuwe voorspellingen kan de maatregel ook weer worden afgebroken (lees: stoppen met vullen en waterstanden langzaam laten zakken).
Totale duur	1 tot 2 dagen voordat het BOS de hoogste waterstand in het Van Starckenborghkanaal berekend, dient De Onlanden maximaal gevuld te zijn tot +0,15 m NAP. Het vullen duurt daarmee 4 tot 5 dagen.

13.4 Legen van De Onlanden

In onderstaande tabel beschrijven wij de sturing bij het legen van Optimalisatie Onlanden.

Tabel 41: Praktische uitleg qua ledigen van de berging.

Uitleg	
Totale duur	Zodra de boezem 'het aankan' is het advies De Onlanden z.s.m. te legen, zodat de bergingsruimte beschikbaar blijft voor een evt. volgende hoogwatergebeurtenis (en effecten op natuur te verminderen).
Geleidelijk afvoeren	De afvoer uit De Onlanden zal leiden tot hogere waterstanden op de boezem. Daarom dient dit in de praktijk geleidelijk plaats te vinden en zal men gedurende 2 tot 3 dagen de stuwen langzaam moeten laten zakken. Daarna beweegt De Onlanden mee met de boezem.
BOS-model	Of het leeglopen kan, hangt vooral af van de waterstanden in de boezem en voorspellingen van het BOS-model.
Keuze meetpunt	In het model hadden we eerst een 'leegloopsturing' opgenomen waarbij bij lage waterstanden op het Van Starckenborghkanaal de leegloop werd gestuurd. Dit werkte niet goed, omdat bijvoorbeeld de waterstanden in het Leekstermeer (veel) te hoog werden. Wat we adviseren is om een meetpunt te kiezen aan de benedenstroomse zijde van de stuwende constructies. Bijvoorbeeld in het Leekstermeer, maar het beste is een meetpunt bij de stuwende constructie zelf (aan de benedenstroomse zijde).
Marge t.o.v. MHW	De MHW in het Leekstermeer is $-0,25$ m NAP. Zodra de waterstand in het Leekstermeer (of bij de stuwende constructie) zakt onder $-0,35$ m NAP kan water uit De Onlanden worden afgelaten. Zodra de waterstand stijgt boven $-0,30$ m NAP moet weer gepauzeerd worden. Dit proces herhaalt zich. Hetzelfde geldt voor de Doolhofstuw. Benedenstrooms van de Doolhofstuw is de MHW ook $-0,25$ m NAP dus daar geldt dezelfde sturing.
Calamiteit	Bij zeer extreme situaties, bijvoorbeeld T500, worden hogere eisen gesteld aan de sturing. In principe is de sturing qua prioritering: 1. Direct bovenstrooms van de Doolhofstuw mag de waterstand niet hoger worden dan $+0,15$ m NAP. 2. Ook als benedenstrooms de waterstanden fors stijgen (in de buurt komen van het MHW) dient nog steeds de maximale waterstand van $+0,15$ m NAP te worden gehanteerd. Dit kan gevoelig liggen als bijvoorbeeld de regionale keringen bijna overstromen. 3. Ook als benedenstrooms de waterstanden hoog zijn, moet wel water worden afgevoerd, anders stijgt de waterstand boven $+0,15$ m NAP. 4. Pas zodra benedenstrooms de waterstand daalt onder $-0,30$ m NAP kan worden overwogen de waterstand in De Onlanden te verlagen. Tot die tijd dient $+0,15$ m NAP te worden gehanteerd. Het is zinvol deze sturing in een breder verband – bijvoorbeeld de calamiteitenorganisatie – te bespreken. Mocht men bijvoorbeeld van plan zijn om bij zeer hoge MHW's die stuwende constructies verder op te trekken, dan is dat in ieder geval niet in lijn met de uitgangspunten in voorliggende studie.

13.5 Feedback op de inzet van de berging van De Dijken/Bakkerom (en daarmee ook berging Driepolders)

In onderstaande tabel geven wij feedback op de berging De Dijken/Bakkerom die in februari 2022 is ingezet. Deze berging en ook Driepolders, zijn Droge Voeten maatregelen en hebben tot doel de MHW's in de 3e schil van de (Electra) boezem te verlagen. Ze zijn vooral belangrijk voor het verlagen van de MHW's in het Zuidelijk Westerkwartier.

Tabel 42: Praktische uitleg sturing De Dijken Bakkerom en Driepolders.

Uitleg	
Algemeen	Bij het bestuderen van de meetgegevens is gekeken naar hoe berging 'De Dijken/Bakkerom' werd ingezet tijdens het hoogwater in februari 2022. We zien een aantal verbeterpunten qua sturing. In de onderstaande tekst staat de optimale sturing beschreven.

Uitleg

Comparti- menteren #1	Een aantal dagen voordat De Dijken/Bakkerom en Driepolders mogelijk worden ingezet is het advies de compartimenteringsstuwen (in het Lettelberterdiep en Hoendiep) te sluiten. Daarmee wordt het Zuidelijk Westerkwartier extra beschermd tegen afvoer uit het Leekstermeer. En ontstaat een verhanglijn vanuit het Zuidelijk Westerkwartier naar het Van Starckenborghkanaal.
Comparti- menteren #2	Het effect van het sluiten van de compartimenteringsstuwen is uitgerekend. Bij de minder extreme situaties (zoals in februari 2022) heeft dit geen effect. Bij extreme T100-situaties heeft dit wel effect. Hier zijn echter de kades op ontworpen, want in de DV-studie is het uitgangspunt dat de compartimenteringsstuwen altijd zijn gesloten (lees 10 dagen voordat de hoogste waterstanden ontstaan worden ze gesloten)
Optimale inzet	Hoe later de bergingsgebieden (De Dijken/Bakkerom en Driepolders) worden ingezet hoe beter. De bergingsgebieden zijn namelijk effectief in het verlagen van 'de hoogste top' van de afvoer. Als de bergingsgebieden heel vroeg worden ingezet dan is geen berging meer beschikbaar op het moment dat de waterstanden echt gaan stijgen. Worst-case worden de bergingsgebieden te vroeg ingezet en binnen 24 uur gevuld. Tijdelijk worden de waterstanden hier het laagste punt in de 3e schil waardoor water vanuit andere gebieden naar deze bergingsgebieden stroomt. Dat is niet gewenst, want het doel van deze bergingsgebieden is de waterstanden in het Zuidelijk Westerkwartier te verlagen.
Optimale start qua vullen	De MHW nabij De Dijken/Bakkerom is -0,29 m NAP (en bij Driepolders -0,3). Het grootste effect wordt behaald als pas wordt begonnen met vullen van de berging (De Dijken/Bakkerom en Driepolders) als lokaal - 0,4 m NAP wordt overschreden. Dat is misschien wel erg dicht bij de MHW dus een alternatief is beginnen met vullen vanaf lokaal -0,5 m NAP.
Pauze bij vullen	En wederom wordt benadrukt dat het doel is om lokaal de waterstanden te verlagen. Dus zodra begonnen is met vullen, kan men stoppen zodra de waterstand 5 cm is gedaald. Dan weer wachten totdat -0,5 m NAP wordt overschreden en dan weer 5 cm verlagen.
Waterstand in het ZWK stijgen heel snel	Het kan gebeuren dat de gebeurtenis zo extreem is dat het niet lukt om de waterstanden 5 cm te laten dalen. In dat geval is het goed mogelijk dat de berging is gevuld in 24 uur tijd. Dat is geen probleem voor de boezem en daar is de berging ook op gedimensioneerd. In de praktijk zal het echter zelden voorkomen en zal het eerder 2 tot 4 dagen duren voordat de berging maximaal is gevuld.
Conclusie	Dit is de meest effectieve manier om deze bergingsgebieden in te zetten en van deze manier is ook uitgegaan in de DV-studie (daar wordt gestart met vullen zodra -0,5 m NAP wordt overschreden). Met deze uitleg willen we laten zien dat het doel van de berging niet is om water te bergen, maar om de MHW's te verlagen.

Bijlage A Uitgangspuntennotitie

Doel

In deze uitgangspuntennotitie worden de inhoudelijke werkstappen vastgelegd voor werkopdracht 1A1 'actualiseren en valideren van het SOBEK-boezemmodel voor waterberging De Onlanden'. De werkopdracht maakt deel uit van het project Optimalisatie Onlanden waar Waterschap Noorderzijlvest opdrachtgever voor is. In deze werkopdracht wordt invulling gegeven aan drie doelen:

1. De werkzaamheden uitvoeren conform het opgestelde Plan van Aanpak en offerte voor dit project. Dit betekent o.a. dat we het boezemmodel actualiseren, valideren, e.v.t. kalibreren en de herberekeningen uitvoeren.
2. De uitgangspunten en werkstappen goed in een rapport opschrijven zodat het adviesbureau wat met dit model aan de slag gaat – ten behoeve van het onderzoeken van de alternatieven voor de Onlanden - een vliegende start kan maken.
3. Het moet voor het volgende adviesbureau duidelijk zijn hoe de Droge Voeten maatregelen modelmatig zijn geschematiseerd. Dit wordt opgeschreven in het rapport.
 - a. De timing en proces van waterberging de Onlanden wordt omschreven in het eindrapport. Daarbij ligt enerzijds het accent op de inzet van de Onlanden vanuit de DV2050, waarbij de focus ligt op het vullen van de berging met als doel de MHW's in de 3eSchil te verlagen. Anderzijds leggen andere studies (2018, Voorkeursvariant Onlanden en 2020, Inzetprotocol Droge Voeten 2050) het accent breder, waarbij o.a. wordt gekeken naar de duur van de inundatie.

Leeswijzer

De uitgangspuntennotitie beschrijft de inhoudelijke aanpak om te komen tot een geactualiseerd boezemmodel.

We beginnen de uitgangspuntennotitie met een algemene omschrijving van het vertrekpunt, welk model is de basis voor actualisatie en waar vindt controle plaats. De kaders en uitgangspunten van de opdracht worden hier ook omschreven.

De gegevens die noodzakelijk zijn voor de actualisatie worden in het kopje 'Gegevens Waterschap' opgesomd. Het proces van actualisatie, validatie en kalibratie wordt vervolgens toegelicht en daarna volgt een overzicht van de Droge Voeten maatregelen en uitleg over de herberekening van het boezemmodel.

Algemeen

Vertrekpunt model

We werken met het model waarmee de meest actuele MHW's zijn uitgerekend (2019, ARCADIS. Bodemdalingsstudie).

Overwegingen en keuzes bij start van modellering: We voeren de controle uit op:

1. dat de verbeterde schematisatie in het stroomgebied van HD-Louwes in het model is opgenomen
2. de bergingsgebieden Dwarsdiep, Dijken/ Bakkerom en Driepolders. Daarbij controleren we hoeveel m³ waterberging in de praktijk gerealiseerd gaat worden en we vergelijken dit met het oorspronkelijk bedachte volume (m³) berging.
 - a. Het waterschap (en ARCADIS) heeft een studie uitgevoerd naar het inzetprotocol (2020, ARCADIS, Inzetprotocol Droge Voeten 2050). Deze studie geeft veel inzichten, maar we zien geen noodzaak het protocol zoals besloten in de DV2050 aan te passen.

Zichtjaar, klimaatscenario, bodemdalingsprognose en AHN

We gaan uit van:

1. Dat we de modellen opleveren voor zichtjaar 2025, 2050 en 2070.

2. Het KNMI-klimaatscenario WL uit 2014.
3. Het model bevat bodemdalingsprognoses uit 2018. Dat vormt het uitgangspunt voor deze studie. Wel maken we nog een vergelijking met de meest actuele prognoses en bespreken de verschillen.
4. De hoogtegegevens in het model volgen uit het AHN 2. We zien geen noodzaak het model te actualiseren met een recenter AHN.
5. Bij het produceren van inundatiekaarten gaan we wel uit van het meest recente AHN 4.

Gegevens Waterschap

Graag ontvangen wij de volgende gegevens van Waterschap Noorderzijlvest voor het actualiseren van het boezemmodel:

Model & GIS-gegevens

1. Het SOBEK-model wordt door Arcadis geleverd
2. Actuele shapefiles met ligging watergangen, kunstwerken en peilgebieden
3. Shapefile met ligging meetpunten telemetrie (waterstanden en debieten)

Meetgegevens voor de validatie

1. De meetgegevens downloaden wij van het WAM-portaal van het waterschap. De focus zal hier op de validatieperiode liggen, maar waar nodig kunnen gegevens van meerdere jaren ook gedownload worden.
 - Validatieperiode: 1-september-2021 t/m 1-juni-2022
 - Belangrijkste locaties: In en rondom de Onlanden
 - a. Alle debietmetingen
 - Arjan merkt op dat debietmeetpunt 4, 22 en 3 het inkomende debiet is, Debietmeetpunt 1, 2 en 9 is uitgaand debiet.
 - Ook wordt opgemerkt dat het debietmeetpunt Dwarsdiep onbetrouwbaar is.
 - b. De Alteveerstuw
 - c. Stuw de Koppeling
 - d. Sterrebosstuw
 - e. Boerenlaanstuw
 - En de locaties in het Zuidelijk Westerkwartier:
 - a. Debietmeetpunten Munnekesloot, Koningsdiep, brug Eelderdiep De Horst
 - b. Gemaal Wemerpolder
 - c. Compartimenteringstuwen
 - d. Gemaal Lettelbert
 - e. Gemaal Lagemeeden
 - f. Gemaal de dijken
 - g. KGM 073 Oude Riet
 - h. KST 0069 Balktilsterstuw
 - i. KGM 037 Sebalderburen of sluis Gaarkeuken
 - Overige locaties:
 - a. Zoveel mogelijk meetgegevens van Schil 3. In het bijzonder de grote gemalen zoals Waterwolf, HD-Louwes, Schaphalsterzijl en Abelstok
 - b. Debieten schilgemalen (dus ook die van Schil 1 en 2)

Om te voorkomen dat we later een overvloed aan figuren produceren kunnen we later – in goed overleg met het waterschap - een selectie maken van de belangrijkste locaties.

Overige gegevens

1. Het aanleveren van de tekeningen van kunstwerken is vaak een arbeidsintensieve klus voor het waterschap. We onderzoeken eerst of dit echt nodig is voordat we hierop overgaan.
2. Qua neerslag hanteren we gegevens van Meteobase.
3. De bestuurlijk vastgestelde MHW's worden opgevraagd en gebruikt als controle.

Actualisatie, validatie en kalibratie

Actualisatie

De actualisatie van het model richt zich op de Onlanden en de directe omgeving daarvan. De volgende stappen worden door ons voorzien:

1. We maken een A0 van het watersysteem inclusief de kunstwerken in en rondom de Onlanden.
2. Identificeren welke kunstwerken het belangrijkste zijn. Dit zijn i.i.g. (vispassage) Sterrenbosstuw, debietverdeling Peizerdiep - Eelderdiep bij stuwen De Koppeling/Boerelaanstuw, vispassage De Koppeling, Gouwstuw en de compartimenteringsstuwen.
3. Van deze kunstwerken achterhalen we de exacte dimensies
4. Waar nodig actualiseren we dit in het model.

Validatie

In de validatie richten we ons op de vraag hoe de modelresultaten zich verhouden t.o.v. de meetgegevens. De focus ligt daarbij op de Onlanden gedurende het hoogwater in februari 2022. Maar de Onlanden is onderdeel van een groter watersysteem dus we kijken breder naar de hele Schil 3. Daarbij maken we figuren met vergelijkingen tussen gemeten en berekende waarden voor:

1. Gemeten debieten:
 - Bovenstrooms van de Onlanden (Alteveerstuw en Boerenlaanstuw)
 - Belangrijkste gemalen. Zoals HD-Louwes, Waterwolf, Schaphalsterzijl en Abelstok. We willen namelijk vergelijken hoeveel water Schil 3 instroomt en hoeveel wordt afgevoerd.
 - De vergelijking tussen debieten worden getoond middels figuren met cumulatieve afvoeren en absolute afvoeren.
2. Waterstanden:
 - Alle gemeten waterstanden in en rondom de Onlanden
 - Wederom de waterstanden bij de belangrijkste gemalen.

De validatie bespreken wij met de disciplineleider en het projectteam, en verschillen tussen het model en de metingen proberen wij te verklaren. Ons voorstel is dat we de validatieresultaten in een presentatie verwerken en die bespreken in de projectgroep.

Kalibratie (regiepost)

Dit is een regiepost. Hier wordt invulling aan gegeven als uit de validatie blijkt dat het model niet goed genoeg functioneert.

Droge Voeten maatregelen en herberekenen

Droge Voeten maatregelen

Deze maatregelen komen terug bij de actualisatie, validatie, e.v.t. kalibratie en de herberekening.

Tabel 1: Droge Voeten maatregelen

Maatregel	Uitleg	Meenemen in actualisatie/validatie/ e.v.t. kalibratie	Meenemen in de herberekening
Gemaal Schaphalsterzijl	Opwaarderen met 9,0 m ³ /s tot 18,75 m ³ /s	Ja. Want vergroting is al uitgevoerd	Ja
Berging Dwarsdiep	Beschikbare berging exact conform de DV2050-studie. Waterstand op laten lopen tot max. 0,25 m + NAP	Nee, is nog niet gerealiseerd	Ja
Berging de Dijken/ Bakkerom	Beschikbare berging exact conform de DV2050-studie. Waterstand op laten lopen tot max. -0,33 m NAP Realistischere waardes aangenomen voor de inlaatconstructie. Namelijk 7,2 m breed en diepte -2,5 m NAP	Ja, ingezet	Ja
Berging Driepolders	Beschikbare berging exact conform de DV2050-studie. Waterstand op laten lopen tot max. -0,33 m NAP Realistischere waardes aangenomen voor de inlaatconstructie. Namelijk (4 x 1,6 m) 6,4 m breed en diepte -2,5 m NAP	Nee, deze berging was niet ingezet	Ja
Compartimenteren boezem (tussen berging de Dijken/ Driepolders en Leekstermeer)	Exact zoals vastgesteld in de DV2050-studie (ruim voor het hoogwaterevent wordt de boezem afgesloten). In de stochastensommen wordt hiermee omgegaan door bij aanvang van de berekening de boezem meteen te compartimenteren (= afvoer blokkeren) Stuw 'CompStuwHoendiep' toegevoegd, 8 m breed. Stuw 'CompStuwLettDiep' toegevoegd, 8 m breed.	Ja is ingezet. Op basis van meetgegevens en gebiedskennis reproduceren we dit in het model	In de herberekening staan de compartimenteringsstuwen altijd dicht
Gemaal HD-Louwes	Uitgaan van de vergrootte capaciteit van 26,5 m ³ /s.	Nee. Gemaal is nog niet aangepast.	Ja
Compartimenteren bij sluis Schouwerzijl	Exact zoals vastgesteld in de DV2050-studie (ruim voor het hoogwaterevent wordt de boezem afgesloten). In de stochastensommen wordt hiermee omgegaan door bij aanvang van de berekening de boezem meteen te compartimenteren (= afvoer blokkeren)	Nee was ten tijden van hoogwater 2022 nog niet gerealiseerd	Ja
Maalstop	De triggers voor de maalstop nemen we over uit de bodemdalingstudie welke is uitgevoerd in 2018. In die studie zijn de modellen voor alle zichtjaren uitgerekend.	Nee	Ja
Berging Onlanden	In 2020 zijn de stuwen verder geoptimaliseerd. Dit nemen we over in dit model. Berging benutten tot max.+0,15 m + NAP.	Nee	Ja
Peilindexering	Als gevolg van bodemdaling worden in de toekomst de streefpeilen geïndexeerd. We nemen deze waarden over uit de bodemdalingstudie welke is uitgevoerd in 2018.	Ja	Ja

Verschilregeling	Regeling waarbij bij te hoge benedenstroomse waterstanden, schilgemalen gaan aftoeren). Hiermee wordt geen rekening gehouden.	Nee	Nee
Vergroten bruggen en opwaarderen Kommerzijlsterriet	Doen we niks mee omdat dit alleen voor zichtjaar 2070 geldt	Nee	Nee

Herberekening van het boezemmodel

Nadat het SOBEK-model gevalideerd is berekenen we het worst-case scenario voor de Droge Voeten 2050 variant. Dit worst-case scenario is het basismodel voor het berekenen van de worst-case scenario's voor de drie kansrijke alternatieven.

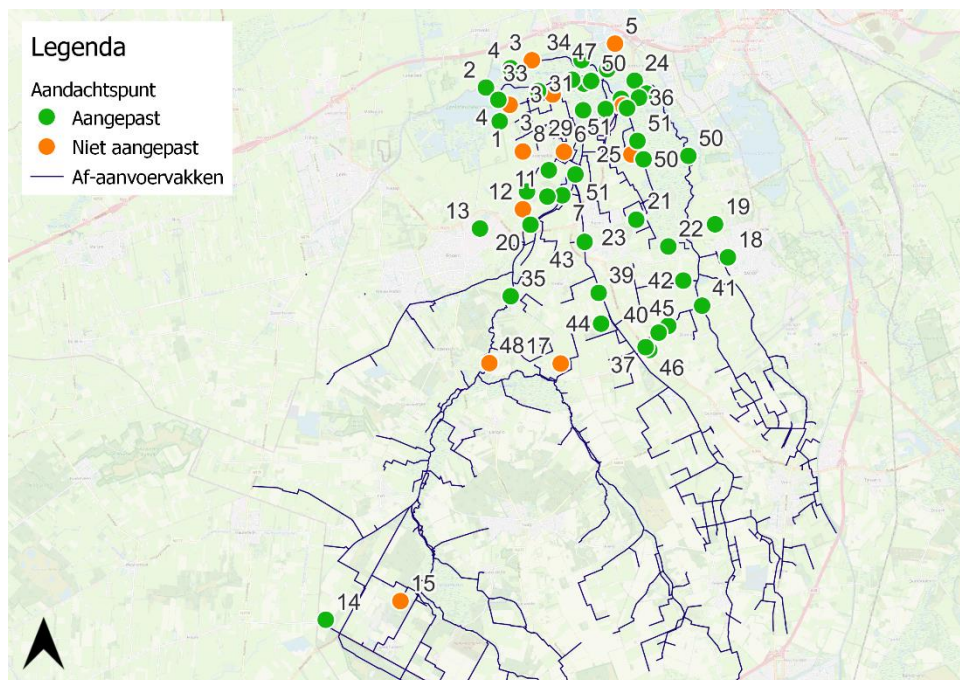
Als eindresultaat leveren we ook volledig stochastisch doorgerekende modellen per zichtjaar op. Wat daarmee wordt bedoeld:

3. Aan het einde van dit project beschikken we over een geactualiseerd en gevalideerd model;
4. Grote veranderingen t.o.v. de DV2050-studie moeten goed beargumenteerd worden. Bijvoorbeeld de nieuwe scenario's voor de Onlanden
5. De nieuwe maatregelen worden getoetst met een enkele hydrologische gebeurtenis (ook wel representatieve stochasten genoemd) en/ of de worst-case situatie. Maar om te voldoen aan het kwaliteitsniveau van de DV2050-studie zullen deze maatregelen ook volledig stochastisch getoetst moeten worden

Ons voorstel is dat wij deze volledige stochastische toetsing in ieder geval uitvoeren met het model wat volgt uit onze studie. Daarmee doen wij een kwaliteitscheck op ons eigen werk. Hiermee is het voor Hydrologic ook makkelijker om een volledig stochastische toetsingen uit te voeren.

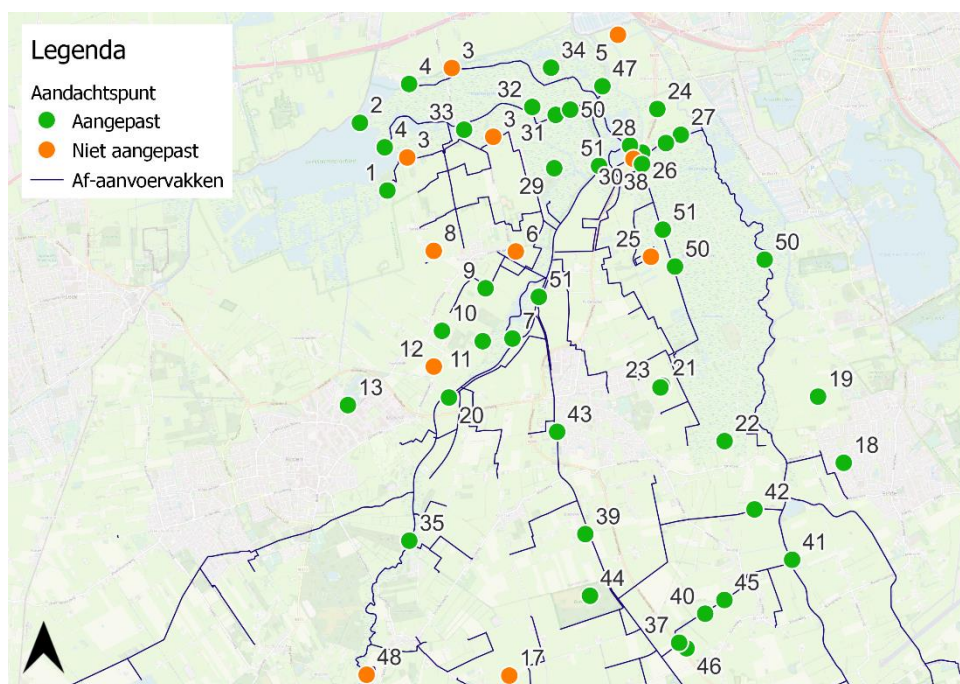
Bijlage B Logboek

In het logboek werken we met volgnummers. Onderstaande Figuur 1 toont alle volgnummers op een kaart in de volledige uitgezoomde versie. De oranje punten zijn aandachtspunten die zijn gevonden, maar die niet belangrijk genoeg zijn om in het model aan te passen. De groene punten zijn wel in het model aangepast.



Figuur 1: Volgnummers in het model

En nu dezelfde figuur, maar dan meer ingezoomd op De Onlanden:



Figuur 2: Volgnummers ingezoomd op De Onlanden

OPTIMALISATIE ONLANDEN

Onderstaande tabel gaat in meer detail in op de volgnummers:

Tabel 1: Details van de volgnummers

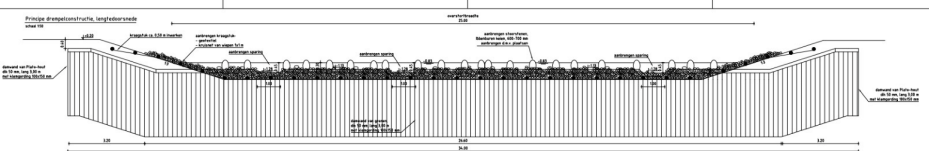
Volgnr.	Lange uitleg	Actie
1	Waterniveau in werkelijkheid niet op de Onlanden af, maar Leekstermeer	Aangepast
2	Gemaal Sandebuurt staat op de verkeerde locatie	Aangepast
3	Actueel peilgebied is anders dan peilgebied modelbouw. Gelet op de onzekerheden rondom S-curve Onlanden is dit in de marge en passen we	Niet aangepast
4	Blauwvenenstuw en Harm Bartelsstuw opnemen conform tekeningen	Aangepast
5	Ook in polder Peizer- en Eeldermeden liggen de watergangen heel anders	Niet aangepast
6	Ongeveer 20 ha gaat in het model naar gemaal Sandebuurt ipv Zuidermeden. Heeft weinig effect, passen we niet aan	Niet aangepast
7	Gemaal Zuidermeden staat in het model 1 km teveel stroomopwaarts.	Aangepast
8	Het model bevat 20 ha teveel oppervlak in het bemalingsgebied van gemaal Sandebuurt	Niet aangepast
9	Pomp capaciteit Zuidermeden klopt. Maar het achterliggend gebied is kleiner. Niet 217 ha, maar 92 ha. Ik corrigeer dit oppervlak en plaats de ju	Aangepast
10	Volgens nieuwe afwaterende eenheden kaart valt dit oppervlak weg	Aangepast
11	Nu extra gebied vrij voor de boezem. Dit heb ik goed gezet, ook met juiste S-curve enzo	Aangepast
12	Oppervlak model is hier 3 ha te klein. Dit negeren we. Dit soort kleine gebieden worden niet meer benoemd	Niet aangepast
13	Gebied van 256.90379 valt niet meer binnen dit stroomgebied	Aangepast
14	Gebied van 91.996 ha valt niet meer binnen dit stroomgebied	Aangepast
15	De grenzen van deze onderbemaling (en andere hier in de buurt) zijn anders dan in het model. We verwachten geen effecten bovenstrooms, du	Niet aangepast
16	In het model mist hier een gebied van 144.2511558 ha.	Aangepast
17	Onderbemaling zit niet op deze manier in het model. Maar gebied ligt hoog, en ik verwacht geen effecten door deze zo mee te nemen	Niet aangepast
18	Gemaal Spierveen was niet in het model opgenomen.	Aangepast
19	Gebied van 150 ha waterde in het model onterecht af richting de Onlanden	Aangepast
20	Gemaal Weehorst zit wel in het model, maar in het model is het bemalingsgebied vrij afwaterend	Aangepast
21	Het gebied achter gemaal Broekstukken is in het model vrij afwaterend.	Aangepast
22	In het model hoort dit gebied bij het peilgebied van gemaal Broekstukken. Dit is losgekoppeld	Aangepast
23	Bij nieuw geplaatste gemalen geen maalstop	Aangepast
24	In het model is dit 1 groot peilgebied samen met gemaal Langma	Aangepast
25	Gemaal Zanddijk is niet in het model opgenomen	Niet aangepast
26	Watergang en Gouwstuw op de verkeerde plek	Aangepast
27	Verkeerde ligging watergang en Weringstedijkstuw	Aangepast
28	Watergang ligt anders	Aangepast
29	Watergangen liggen heel anders	Aangepast
30	Duiker onderdoor snelweg zit niet in het model	Niet aangepast
31	Watergang ligt op verkeerde plek	Aangepast
32	Watergang ligt op verkeerde plek	Aangepast
33	Watergang ligt op verkeerde plek	Aangepast
34	Watergang ligt op verkeerde plek	Aangepast
35	Alteveerstuw zit nog in model. Sterrebosstuw opnemen inclusief bekkenpassage	Aangepast
36	Weringstuw (of stuw Weringtse dijk) actualiseren en bekkenpassage opnemen	Aangepast
37	Stuw de Koppeling actualiseren incl. bekkenpassage	Aangepast
38	Gouwstuw actualiseren incl. bekkenpassage	Aangepast
39	Boerelaanstuw actualiseren	Aangepast
40	Vredesheemstuw actualiseren	Aangepast
41	Bunnerstuw actualiseren	Aangepast
42	Kibbelagstuw actualiseren	Aangepast
43	Zwembadstuw actualiseren	Aangepast
44	Afvoer gebied is veranderd	Aangepast
45	Hydraulisch, bv met de duikers is h.e.e.a. hier veranderd.	Aangepast
46	Watergangen op de verkeerde plek	Aangepast
47	Doolhofstuw actualiseren	Aangepast
48	Alteveerstuw zit nog in het model, maar is in de praktijk verwijderd	Niet aangepast
49	Een aantal tijdseries eindigden in 2020. Dit heb ik veranderd. Nu van 2015 t/m 2055	Aangepast
50	Nu is teveel oppervlak opgenomen in de laterale nodes die neerslag open water simuleren	Aangepast
51	In het kader van de kalibratie	Aangepast

Tot slot is per volgnummer (waar relevant) meer uitleg opgenomen in het logboek. Dit staat in de onderstaande figuren weergegeven.

WZ.401.416.006.003.002.003
aantal 30
temp
left("WS_ORDECOD",30) = 'WZ.401.416.006.003.002.003'

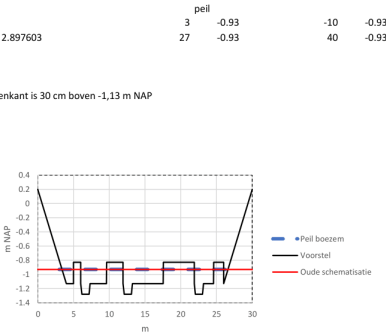
Volgnr. Meer uitleg

4 We beschikken over '21 Drempleconstructies.pdf' met een bestektekening van de drempleconstructies
We nemen aan de Blauwvenstuw en Harm Bartelsstuw qua afmetingen gelijk zijn aan elkaar
Dit is de tekening



In SOBEX plaatsen we stuw 'BlauwvenstuwConformBestek' met een YZ-profiel
We interpreteren de tekening als volgt:

Y	Z	Uitleg
0	0.2	
3.99	-1.13	Van 0.2 naar -1.13, talud 1
4	-1.13	
4.99	-1.13	Horiz. Stuk van -1.13 m NAP
5	-0.83	Horiz. stuk, aanname is 2 keien aanwezig. Keien zijn 1 m breed en bovenkant is 30 cm boven -1.13 m NAP
6	-0.83	
6.01	-1.13	
6.16	-1.28	Naar uitsparing, talud 1:1, tot -1.28 m NAP, 1m breed
7.16	-1.28	
7.31	-1.13	
9.61	-1.13	Vlak gedeelte
9.62	-0.83	Vlak gedeelte, nu met keien
11.92	-0.83	
11.93	-1.13	
12.08	-1.28	Naar uitsparing, talud 1:1, tot -1.28 m NAP, 1m breed
13.08	-1.28	
13.23	-1.13	
17.55	-1.13	Vlak gedeelte
17.56	-0.83	Vlak gedeelte, nu met keien
21.88	-0.83	
21.89	-1.13	
22.04	-1.28	Naar uitsparing, talud 1:1, tot -1.28 m NAP, 1m breed
23.04	-1.28	
23.19	-1.13	



OPTIMALISATIE ONLANDEN

24.59	-1.13
24.6	-0.83 Viak gedeelte, nu met teien
26	-0.83
26.01	-1.13
30	0.2 Van 0.2 naar -1.13, talud 1/3

- 8 Oppervlak achter gemaal KGM070 is in het model 216 ha
- | gemaal/ nieuw vrij afwaterend ge. klasse | oud (ha) | nieuw (ha) | |
|--|----------|------------|---------------------------------------|
| gemaal | 216.5925 | 92.4957 | 124.0968 |
| gemaal | 211.2814 | 87.1846 | (alleen correctie op grasland gedaan) |
| gemaal | 5.202538 | 5.202538 | (laat ik zo staan) |
| nieuw vrij afwaterend gebied. Let c | Unpaved | 103.5531 | 195.9402 |
| | | | 20.65226 |
- Het oppervlak wat hier is weggenkript voeg ik toe aan UP_GPGKST0172_485. Hier 20.65 ha aan toegevoegd.
- nwe id rrcfnw_vrijAfw_onl1
- 38.25
42.79327
- 8 Ook de Scurves pas ik aan
- De bestaande S-curve voor het bemalingsgebied (aangezien het gebied kleiner is geworden)
- pUpKGM070
- Verder geen correctie voor bodemdaling (tussen 2022 en 2025, want ligt achter gemaal en niet relevant)
- 11 Hier heb ik een nieuw vrij afwaterend gebied toegevoegd (lag in het oude model in een bemalen gebied.
- De naam van dit gebied is UP_nw_vrijAfw_onl1
- Ook de Scurve enzo goed gezet.
- De Scurve pUpGPGnw_vrijAfw_onl1 bevat ook de bodemdaling tussen het moment van meten (ahn4 is hier in 2022 gemeten) en het zichtjaar 2025. Nu iets van 8 mm bodemdaling
- 13 Hier dus een 'opgave' RR met 256.90379 ha te verminderen
- Het gebied is ongeveer doormidden geknipt
- ik wil eerst de Paved halveren.
- | | |
|------------------------------------|-------------|
| PV_GPGKGM001_602 gaat hierdoor van | 205.4736 ha |
| Naar | 102.7368 |
- Het verhard oppervlak wat is hier is 'afgevallen' moet bij een andere paved node.
- ik maak een nieuwe node PV_nw_vrijAfw_onl2. Daar tel ik 102.73 ha bij op
- Verder moet er dus nog afvallen bij unpaved
- | | |
|--|------------------------|
| Node UP_GPGKGM001_602 gaat heeft hierdoor niet 272.8939 ha gras, maar | 118.7307 |
| Nu bij de unpaved moet 154.16 ha afvallen. | |
| De grondwaterarea gaat van | 494.3853 naar 237.4853 |
| De unpaved moet ook ergens bij opgeteld worden, ik maak een nieuwe node UP_nw_vrijAfw_onl2. Eerst plus ik de grondwaterarea op met | 256.9 ha |
| En gras gaat plus | 154.1632 ha |
- Het gebied waar net oppervlak bij is gekomen heeft een begrenzer. limGPGKGM001_701
- De max m3 verhogen we naar 2.5 l/s/ha.
- dat is 0.65 m3/s
- De begrenzer limGPGKGM001_602 pas ik aan naar 0.592 m3/s
- De Scurve pas ik niet aan, want slechts een klein oppervlak ligt in de zone wat echt belangrijk is (0.2 m NAP en lager)
- En dat lage gebied is ontzeten maatwerk. Hoe worden de laagtes gevuld? Qua AHN, zitten die watergangen al in SOBEK.
- ik denk dat als ik dit ga aanpassen de kans groter is dat het zo schematiseer dat het verder van de werkelijkheid af komt te liggen.
- ik pas dus niks hierop aan.
- 18 De bestaande vrij afwaterende dummytak (voorbeeld profiel: pDownGPGKGM020_88), bouw ik om naar een dummytak met gemaal

- Dit gemaal vertegenwoordigt gemaal Spierveen
- Het gemaal noem ik KGM_Spierveen
- Q is onbekend, ik neem aan dat het gemaal 2 l/s/ha is x 115 ha = 0.23 m3/s.
- Inlaatgemaal meesKGM_Spierveenini toegevoegd. Geef ik 0.05 m3/s
- | | | |
|-------------------------|-----------------|--------|
| Het nieuwe gebied heeft | Groundwaterarea | 115 ha |
| | 75% verhard | 86.25 |
| | onverhard | 28.75 |
- ik pas UP_GPGKGM020_88 en PV_GPGKGM020_88 aan op deze kengetallen
- De Scurve pas ik niet aan. Ligt nu ook achter een gemaal en heeft dus niet zo invloed meer op het Onlanden systeem
- 20 De volgende gebieden liggen niet goed achter gemaal Weehorst
- | Unpaved | Paved |
|----------------------------|-------|
| up_GPGKS pv_GPGKST0270_552 | |
| up_GPGKE pv_GPGKGM069_359 | |
| up_GPGKS pv_GPGKST0027_551 | |
| up_GPGKE pv_GPGKGM069_360 | |
| up_GPGKC pv_GPGKGM069_361 | |
- Eerst dit gebied
- | | |
|-------------------|-------------------|
| up_GPGKST0270_552 | pv_GPGKST0270_552 |
|-------------------|-------------------|
- Bestaande afwatering gaat naar node rrcfKST0270
- Deze connectie knip ik door
- Maak een nieuwe verbinding naar de RRCF node achter gemaal Weehorst
- In de oude verbinding was scurve pUpGPGKST0137_553 aanwezig. Die kan ik niet zomaar verwijderen, want een ander gebied UP_GPGKST0137_553 watert hierop af
- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Begrenzer limGPGKST0137_553 heeft nu | 45.44008 ha achter zich |
| dat is | 0.1136 m3/s |
- Dan dit gebied
- | | |
|-------------------|-------------------|
| up_GPGKST0027_551 | pv_GPGKST0027_551 |
|-------------------|-------------------|
- Bestaande afwatering naar rrcfCGPGKST0027_551_1. Die knip ik af, afwatering gaat naar RRCF achter gemaal Weehorst
- Vrij afwaterend dummytakje verwijderd
- rrcfCGPGKST0027_551_1
- Dan dit gebied
- | | |
|------------------|------------------|
| up_GPGKGM069_359 | pv_GPGKGM069_359 |
|------------------|------------------|
- Ligt niet heel erg verkeer in het model. Enige ongelukje is dat het gebied benedendstrooms van het gemaal afwatert
- ik verwijder weer de oude verbinding en dummytak
- Dan dit gebied
- | | |
|------------------|------------------|
| up_GPGKGM069_360 | pv_GPGKGM069_360 |
|------------------|------------------|
- Oude dummytak verwijderen en juiste verbinding leggen
- Dan dit gebied
- | | |
|------------------|------------------|
| up_GPGKGM069_361 | pv_GPGKGM069_361 |
|------------------|------------------|
- Oude dummytak verwijderen en juiste verbinding leggen
- Door naar het verbeteren van het dummytakje
- Het gemaal is KGM069
- ik plaats een inlaatgemaal om droogval te voorkomen
- | | | |
|-----|--------------|--|
| met | 0.53333 m3/s | dat komt overeen met de gisgegevens. We passen dit getal niet aan. |
| | IKGM069 | |
- Scurve is toegevoegd in node
- ScurveGM068
- 21 Veel grote veranderingen hier
- Nu watert dit gebied
- | | | | | |
|-----------------|----|---------------------|----------|-----------------------------------|
| UP_GPG00084_281 | en | UP_GPG00084 af naar | rrcf1688 | dat is niet de juiste afwatering. |
|-----------------|----|---------------------|----------|-----------------------------------|

Deze connectie verbreekt ik.

Het model watert af op de Scurve pUpGPG00084_281
Op die Scurve watert ook UP_GPG0KE en PV_GPGKGM001_72 maar die gebieden zijn heel klein, iets van 1,5 ha.

Dit is een goed argument om de bestaande Scurve helemaal te verwijderen
Daarmee bedoel ik de Scurve in deze node sterk verkleind

Een gebied van 75 ha is losgeknipt

Dit gaan we aftrekken.

gw area van 294.0584 naar 219.0584
grass van 232.9455 naar 157.9455
paved pas ik niet aan

Het gebied van 75 ha moet ook weer aan het model worden toegevoegd

Ik noem de unpaved node: UP_GPG00084_281_copy2
ik koppel deze aan rcf node '537'

24 ik knip de unpaved UP_GPGKGM020_86 door midden

Ik voeg 1 unpaved toe genaamd UP_GPGKGM020_86_copy2
De nieuwe node krijgt 43 ha

De oppervlaktes in UP_GPGKGM020_86

groundwater a 215.352 en verander ik naar 172.352
grass 184.6078 en verander ik naar 141.6078
paved verander ik niet

Ik neem alle unpaved waarden over in UP_GPGKGM020_86_copy2 maar pas natuurlijk wel het oppervlak aan

Scurve is toegevoegd Scurve_kgmLangma 0.083333

Oorspronkelijk waterde dit gebied af op Scurve pUpKGM020. Die pas ik niet. Het gebied is ontzettend veranderd hier,
en ligt achter gemeen, dus niet zoveel effect op de boezem (alleen bij de maaltop bij effect).

26 Met het verleggen is het oppassen, want de profielen bevatten feitelijk de 5-curve

Reach ID huidige lengte na aanpassing factor Naam aangepast profiel

PZ_MH_OAF1506 976.5769184 667.7535693 1.462481 Peize_comp1_corr1

27 77 903.9110497 938.5833856 0.963059 peize_comp4_corr1

28 1213.780504 1407.973209 0.862076 Peize_comp3_ondiep

29 Peize_comp3_ondiep

PZ_158	829.2147403
PZ_157	54.99718795
PZ_14	168.7693163
PZ_16	664.4283832
PZ_MH_OAF4731	229.7862142
PZ_MH_OAF2049	217.1447471
PZ_67	585.2608687
PZ_144	79.52811509 1277.896102 3.784443
PZ_MH_OAF3417	576.2670987
PZ_145	119.5326659
PZ_MH_OAF1349	293.8568361
PZ_71	354.1224035
PZ_MH_OAF3470	434.6130866

31 PZ_74 228.6027522

32 PZ_90 1081.838795 961.7051983 1.124917

33 PZ_146 143.6790251

PZ_112 1276.619984

PZ_93 664.0027573 3446.20036 1.152524

PZ_91 227.8641319

NIEUW_76 656.8586408

PZ_MH_OAF3891 1002.803956

33 NIEUW_77 376.8010323 471.4447682 0.799247

34 36 689.0783961

40 274.6006474

PZ_MH_OAF4817 880.4801576

PZ_MH_OAF3989 593.829417

PZ_MH_OAF1369 889.2361223

PZ_MH_OAF4831 241.0585465

13 298.1205922 3380.820577 1.959445

PZ_149 135.3659427

PZ_150 1583.242963

PZ_MH_OAF4820 459.7079843

PZ_MH_OAF4819 392.8595881

PZ_MH_OAF4818 186.9522142

m/s 0.2 3600

5.56E-05

36 Weringstuw actualiseren (Gerard noemt deze stuw 'stuw Weringstedijs')
ID in SOBEK px_320
Het is een stuw met 2 trappen.

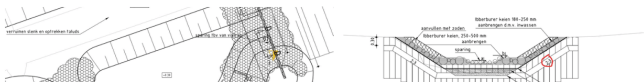
De onderste trap was in SOBEK -0.5 Dat moet -0.6 m NAP zijn
Twee trap ligt op -0.3 m NAP. Dat zit goed in het model.
Breedte onderste trap moet 3 m zijn. Dat zit goed in het model.
Totale bovenbreedte moet 22 m zijn. In het model is dit 3 + 22

Dit heb ik dus aangepast

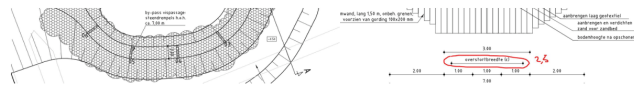
Vincent heeft tekeningen opgesteld van de vispassage, zie hieronder

Vistrap bij stuw Weringstedijs

nr. op tak	Type	overschothoogte a (in m t.o.v. NAP)	overschothoogte b (in m t.o.v. NAP)	overschotbreedte c (m)
01	volgens principe	-8.62	-8.58	1.20
02	volgens principe	-8.61	-8.51	1.50
03	volgens principe	-8.78	-8.68	1.50
04	volgens principe	-8.76	-8.66	1.50
05	volgens principe	-8.82	-8.72	1.50
06	volgens principe	-8.88	-8.78	1.50



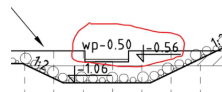
OPTIMALISATIE ONLANDEN



Dit zet ik als volgt in sobek

trap	trap	breedte a	breedte b	talud	hoogte a	hoogte b
1	1	1.2	2 op 3	-0.62	-0.56	

De eerste trap is een vreemde (tov de andere trappen), zie ondertaande tekening:



In sobek zet ik simpelweg een gewone stuw

Breedte	1.2 m
Hoogte	-0.56 m NAP
0	1.65
0.001	1.651
1.2	2.85
1.2011	2.8511

trap	trap	breedte a	breedte b	talud	hoogte a	hoogte b
2	1	2.5	2 op 3	-0.64	-0.54	

trap 2 zet ik met de volgende yz in sobek

y	z
0	0.126667
1	-0.54
1.75	-0.54
2.5	-0.64
2.6	-0.64
2.75	-0.54
3.5	-0.54
4.5	0.126667

trap	trap	breedte a	breedte b	talud	hoogte a	hoogte b
3	1	2.5	2 op 3	-0.7	-0.6	

trap 3 zet ik met de volgende yz in sobek

y	z
0	0.066667
1	-0.6
1.75	-0.6
2.5	-0.7
2.6	-0.7
2.75	-0.6
3.5	-0.6
4.5	0.066667

trap	trap	breedte a	breedte b	talud	hoogte a	hoogte b
4	1	2.5	2 op 3	-0.76	-0.66	

trap 4 zet ik met de volgende yz in sobek

y	z
0	0.006667
1	-0.66
1.75	-0.66
2.5	-0.76
2.6	-0.76
2.75	-0.66
3.5	-0.66
4.5	0.006667

trap	trap	breedte a	breedte b	talud	hoogte a	hoogte b
5	1	2.5	2 op 3	-0.82	-0.72	

trap 5 zet ik met de volgende yz in sobek

y	z
0	-0.05333
1	-0.72
1.75	-0.72
2.5	-0.82
2.6	-0.82
2.75	-0.72
3.5	-0.72
4.5	-0.05333

trap	trap	breedte a	breedte b	talud	hoogte a	hoogte b
6	1	2.5	2 op 3	-0.88	-0.78	

trap 6 zet ik met de volgende yz in sobek

y	z
0	-0.11333
1	-0.78
1.75	-0.78
2.5	-0.88
2.6	-0.88
2.75	-0.78
3.5	-0.78
4.5	-0.11333

44 (1 x sprong vooruit qua nummering)

Tijdens de projectgroep is besproken dat de afvoer van dit gebied is aangepast.

Nu gaat dit water via een syphon onderdoor de grote matsloot

ik zet in het model duiker LB_duiker1020

dicht. Zodat er geen kortsluiting in het watersysteem ontstaat

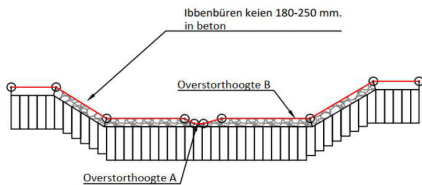
ik zet deze duiker open pr_LB_duiker1051

ik maak een nieuwe verbinding vanaf connection node

cKST0043

en heb een nieuwe connection node gemaakt
deze 2 verbind ik met elkaar
aan het nieuwe traject voeg ik het benedenstroomse profiel 2. Ik bedoel, ik maar daar een kopie van
46 bij stuw de koppeling is het watersysteem sterk veranderd
ik heb nu een paar oude watergangen verwijderd en nieuwe toegevoegd
de nieuwe watergang heeft hetzelfde profiel als het eerste benedenstroomse profiel
37 Stuw De Koppeling toegevoegd aan het model
Hier de eigenschappen op een rij
4 m breed
minimale klepstand 0.83 m + NAP
maximale klepstand 2.38 m + NAP
stuurt in de zomer en winter op 2.2 m + NAP

Er ligt hier ook een bekken passage



nr. op. tel.	Type	Overstorthoogte a (in m. t.o.v. NAP)	Overstorthoogte b (in m. t.o.v. NAP)
1	volgens principe	+2.83 m	+2.95 m
2	volgens principe	+1.92 m	+2.89 m
3	volgens principe	+1.86 m	+1.99 m
4	volgens principe	+1.77 m	+1.91 m
5	volgens principe	+1.79 m	+1.88 m
6	volgens principe	+1.61 m	+1.72 m
7	volgens principe	+1.52 m	+1.64 m
8	volgens principe	+1.43 m	+1.56 m
9	volgens principe	+1.37 m	+1.49 m
10	volgens principe	+1.38 m	+1.42 m

de tekening bevat niet zoveel maten, dus ik moet wat aannar

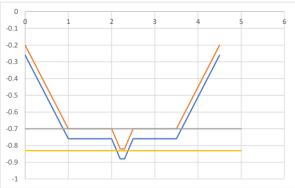
a	2.03
b	2.15
profiel 1	
y	z
0	2.65
1	2.15
2	2.15
2.2	2.03
2.3	2.03
2.5	2.15
3.5	2.15
4.5	2.65

a	1.92
b	2.09
profiel 2	
y	z
0	2.59
1	2.09
2	2.09
2.2	1.92
2.3	1.92
2.5	2.09
3.5	2.09
4.5	2.59

a	1.86	a	1.77	a	1.7	a	1.61	a	1.52
b	1.99	b	1.91	b	1.8	b	1.72	b	1.64
profiel 3		profiel 4		profiel 5		profiel 6		profiel 7	
y	z	y	z	y	z	y	z	y	z
0	2.49	0	2.41	0	2.3	0	2.22	0	2.14
1	1.99	1	1.91	1	1.8	1	1.72	1	1.64
2	1.99	2	1.91	2	1.8	2	1.72	2	1.64
2.2	1.86	2.2	1.77	2.2	1.7	2.2	1.61	2.2	1.52
2.3	1.86	2.3	1.77	2.3	1.7	2.3	1.61	2.3	1.52
2.5	1.99	2.5	1.91	2.5	1.8	2.5	1.72	2.5	1.64
3.5	1.99	3.5	1.91	3.5	1.8	3.5	1.72	3.5	1.64
4.5	2.49	4.5	2.41	4.5	2.3	4.5	2.22	4.5	2.14
a	1.43	a	1.37	a	1.3				
b	1.56	b	1.49	b	1.42				
profiel 8		profiel 9		profiel 10					
y	z	y	z	y	z				
0	2.06	0	1.99	0	1.92				
1	1.56	1	1.49	1	1.42				
2	1.56	2	1.49	2	1.42				
2.2	1.43	2.2	1.37	2.2	1.3				
2.3	1.43	2.3	1.37	2.3	1.3				
2.5	1.56	2.5	1.49	2.5	1.42				
3.5	1.56	3.5	1.49	3.5	1.42				
4.5	2.06	4.5	1.99	4.5	1.92				

38 Gouwtswu Uit onze projectgroepoverleg volgt dat deze 20 m breed is en de hoogte is -0.7 m NAP
In het model is deze 25 m breed, dat pas ik dus aan
Ook voeg ik de bekkenpassage toe
quote Gerard: We moeten hier een peilverschil overbruggen van -0.70 naar -0.83 dus in principe zijn 2 drempels voldoende
ik kies dezelfde soort bekken als bij stuw de koppeling

a	-0.88	a	-0.82
b	-0.76	b	-0.7
profiel 2		profiel 1	
y	z	y	z
0	-0.26	0	-0.2
1	-0.76	1	-0.7
2	-0.76	2	-0.7
2.2	-0.88	2.2	-0.82
2.3	-0.88	2.3	-0.82
2.5	-0.76	2.5	-0.7
3.5	-0.76	3.5	-0.7
4.5	-0.26	4.5	-0.2



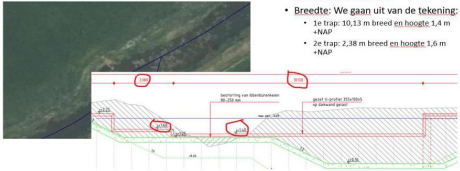
0	-0.7
5	-0.7
0	-0.83
5	-0.83

39 Ik heb de Boerelaanstuw geautomatiseerd (was eerst een vaste stuw).
De eigenschappen van de stuw hebben we besproken in de projectgroep
KST0273

OPTIMALISATIE ONLANDEN

40 Vredesheemstuw geactualiseerd.
Is echt veel te smal in het model, iets van 1,5 m!

Id geworden KST1007



Wordt dus een universal weir

41 Bunnerstuw

KST1001



42 Kibbelslagstuw/ stuw winde, enige aanpassing is een time block function toegevoegd met winter en zomer peil

Id is trouwens

KST0122

47 Ook de Doolhofstuw verbeterd in het model

pz_howastuePeizedpOost

Doolhofstuw

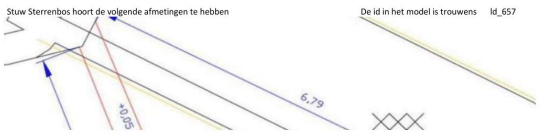


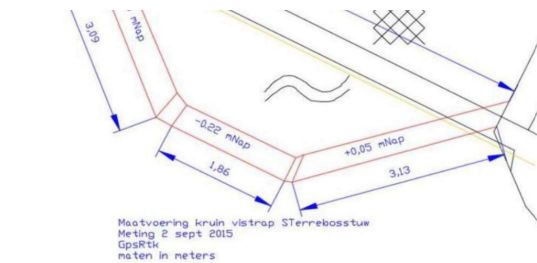
- Voorstel:
- Soort stuw: automatisch
 - Breedte: 4 m (klopt met luchtfoto)
 - Minimale klepstand: -1,85 mNAP (wordt bevestigd in de metingen)
 - Maximale klepstand: -0,44 m+NAP (wordt bevestigd door metingen)
 - Winter en zomerpeil: -0,83 mNAP
 - **Stuurt deze alleen maar op de bovenstroomse waterstand? GERARD: BOVENPEIL, 83 MIN!**

35 Sterrebosstuw verbeteren
Nu is een stuw in het model opgenomen

Id_657

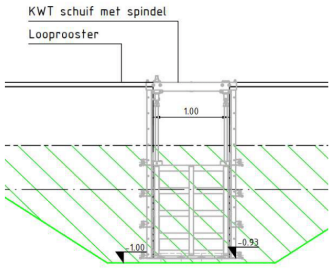
Het eerste wat me opvalt is dat een peilgebied eigenlijk hoort af te wateren bovenstrooms van deze stuw
Dit gaat om UP_GPGKST0124_766 en PV_GPGKST0124_766
Ik kopier alles van het bestaande dummytakje met o.a. 'KST0124', zodat een kopie van dit dummytakje ontstaat.
Maar wacht, ik zie nu dat bovenstrooms van de Sterrebosstuw berging op maaiveld is opgenomen in het dwarsprofiel.
bv in profiel Id_DPdwp_41
Met zulke berging in de profielen wordt het zeer lastig een nieuwe scurve te maken
Ik ga dus niet de berging op maaiveld aanpassen. Ik leg alleen de afvoer van UP_GPGKST0124_766 en PV_GPGKST0124_766 op de juiste locatie (bovenstrooms van de stuw)





Deze afmetingen heb ik overgenomen in SOBEK

Dan door naar de vispassage.
Dit begint met een afsluiter.



STERREBOSSTUW, VEEL TE HOGE WATERSTANDEN DOOR TE HOGE PROFIELEN
Id_idd104_2 VERWUDEREN

en de stuw benedenstrooms van de connection node geplaatst

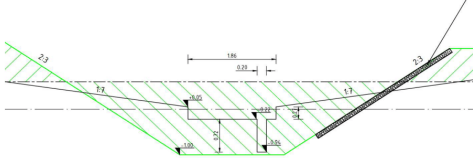
Dit zet ik met een orifice in het model. ID Sterrenb_SchuifVispass

Voor de bodemhoogte ga ik uit van -0.93 m NAP. En breedte 1 m

Ik ga er vanuit dat deze schuif volledig openstaat

SterrenbVispTrap1

Daarna zijn er 14 trappen
Ik ga uit van dit principeprofiel



1

Dit vertaal ik op deze manier naar getallen

y	z
0	1.5
1.875	0.5
3.75	0.05
3.751	-0.22
5.211	-0.22
5.212	-0.94
5.412	-0.94
5.413	-0.22
5.613	-0.22
5.614	0.05
7.489	0.5
9.364	1.5

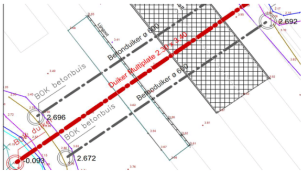
zie hier rechts voor de overige trappen

SterrenbVispTrap2	2	SterrenbVispTrap3	3	SterrenbVispTrap4	4	SterrenbVispTrap5	5	SterrenbVispTrap6	6	SterrenbVispTrap7	7
		-0.29	-0.36	-0.43	-0.5	-0.57	-0.64				
		-1.01	-1.08	-1.15	-1.22	-1.29	-1.36				
2eTrap	0	1.43	0	1.29	0	1.15	0	1.08			
	1.875	0.43	1.875	0.36	1.875	0.29	1.875	0.22	1.875	0.15	1.875
	3.75	-0.02	3.75	-0.09	3.75	-0.16	3.75	-0.23	3.75	-0.3	3.75
	3.751	-0.29	3.751	-0.36	3.751	-0.43	3.751	-0.5	3.751	-0.57	3.751
	5.211	-0.29	5.211	-0.36	5.211	-0.43	5.211	-0.5	5.211	-0.57	5.211
	5.212	-1.01	5.212	-1.08	5.212	-1.15	5.212	-1.22	5.212	-1.29	5.212
	5.412	-1.01	5.412	-1.08	5.412	-1.15	5.412	-1.22	5.412	-1.29	5.412
	5.413	-0.29	5.413	-0.36	5.413	-0.43	5.413	-0.5	5.413	-0.57	5.413
	5.613	-0.29	5.613	-0.36	5.613	-0.43	5.613	-0.5	5.613	-0.57	5.613
	5.614	-0.02	5.614	-0.09	5.614	-0.16	5.614	-0.23	5.614	-0.3	5.614
	7.489	0.43	7.489	0.36	7.489	0.29	7.489	0.22	7.489	0.15	7.489
	9.364	1.43	9.364	1.36	9.364	1.29	9.364	1.22	9.364	1.15	9.364
SterrenbVispTrap8	8	SterrenbVispTrap9	9	SterrenbVispTrap10	10	SterrenbVispTrap11	11	SterrenbVispTrap12	12	SterrenbVispTrap13	13
		-0.71	-0.78	-0.85	-0.92	-0.99	-1.06				
		-1.43	-1.5	-1.57	-1.64	-1.72	-1.79				
trap	8	9	10	11	12	13					
	0	1.01	0	0.94	0	0.87	0	0.8	0	0.72	0
	1.875	0.01	1.875	-0.06	1.875	-0.13	1.875	-0.2	1.875	-0.28	1.875
	3.75	-0.44	3.75	-0.51	3.75	-0.58	3.75	-0.65	3.75	-0.73	3.75
	3.751	-0.71	3.751	-0.78	3.751	-0.85	3.751	-0.92	3.751	-0.99	3.751
	5.211	-0.71	5.211	-0.78	5.211	-0.85	5.211	-0.92	5.211	-0.99	5.211
	5.212	-1.43	5.212	-1.5	5.212	-1.57	5.212	-1.64	5.212	-1.72	5.212
	5.412	-1.43	5.412	-1.5	5.412	-1.57	5.412	-1.64	5.412	-1.72	5.412
	5.413	-0.71	5.413	-0.78	5.413	-0.85	5.413	-0.92	5.413	-0.99	5.413
	5.613	-0.71	5.613	-0.78	5.613	-0.85	5.613	-0.92	5.613	-0.99	5.613
	5.614	-0.44	5.614	-0.51	5.614	-0.58	5.614	-0.65	5.614	-0.73	5.614

OPTIMALISATIE ONLANDEN

	7.489	0.01	7.489	-0.06	7.489	-0.13	7.489	-0.2	7.489	-0.28	7.489	-0.36
	9.364	1.01	9.364	0.94	9.364	0.87	9.364	0.8	9.364	0.72	9.364	0.64
SterrenbVispTrap14												
	14											
		-1.16										
trap		-1.88										
	0	0.56										
	1.875	-0.44										
	3.75	-0.89										
	3.751	-1.16										
	5.211	-1.16										
	5.212	-1.88										
	5.412	-1.88										
	5.413	-1.16										
	5.613	-1.16										
	5.614	-0.89										
	7.489	-0.44										
	9.364	0.56										

46 Traject de Koppeling is het h.e.e.a. hydraulisch aangepast.
Ik heb duiker KDU010406 toegevoegd aan het model Dat is de duiker onderdoord N386
Ik zie wel een verschil tussen de cadtekening en de gisgegevens.
gisgegevens geven een breedte van 3.4 en een hoogte van 3.4
cadtekening geeft een breedte van 3.4 en hoogte 2.3. Dat is logischer bij een mulduiker
cadtekening geeft een bok van -0.093 en -0.105
ik neem deze duiker op als een Cunette in Sobek. Ik geef de breedte op en in sobek wordt automatisch de hoogte bepaald.
lengte neem ik over uit de gisgegevens = 33.25 m Dat is iets minder hoog dan de cad tekening (2,16m) maar dat vind ik acceptabel. Bv slib geeft ook een onzekerheid.



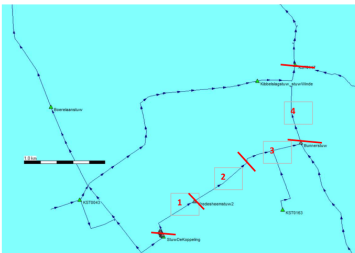
Dan door naar de volgende duiker
De bestaande duiker in het model is pt_LB_duiker1035 die verwijder ik
Ik voeg deze duiker toe aan het model KDU036563
De nieuwe duiker wordt ook wel duiker Peizerweg genoemd
Uit de cadtekening haal ik:
lengte 18.1 m

boks -1.01 m NAP
de afmetingen zie ik niet op de tekening. Maar er staat dat het een multiplate ma7 is. Dat betekent:
Mulduiker
Qua breedte in hoogte gelijk aangenomen de eerder toegevoegde duiker (onderdoor de N386)
net als bij de vorige duiker ga ik in sobek uit van 'Cunette'. De hoogte veranderd dan iets, maar dat vind ik acceptabel
ik verwijder duiker pz_98 die komt niet voor in het model

Nabij de Bunnerstuw (in de Koppeling) ligt nog een duiker. Ik kan deze moeilijk vinden in de PDFS, dus hier leun ik meer op de gisgegevens
ID KDU036565
lengte 14 m
bokboven -1.01 m NAP
bok beneden -0.97 m NAP
Qua breedte in hoogte gelijk aangenomen de eerder toegevoegde duiker (onderdoor de N386)

Het laatste kunstwerk wat ik toevoeg is Brug de Horst
ID KBR1164
Wat ik zie op de cadtekeningen
breedte 5 m
onderkant -2 neem ik over uit profielen hier
brugdek 0.7 m nap

er is ook profielinformatie van de profielen aangeleverd.
Ik ga uit van de volgende trajecten



1 koppell.-->vredes
2
3

dp3
dp11
dp19

dp8
dp17
dp24

[illegible]

Ik zet NoodbergingOudeRiet dicht Later weer openzetten!!!

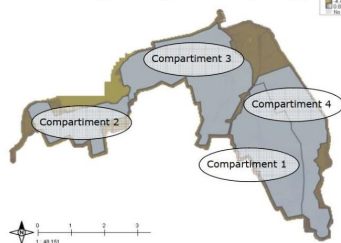
50 Neerslag open water corrigeren
Ik zie een modelverbetering. Namelijk dat er wel extreem veel oppervlak in de laterale nodes voor neerslag open water is opgenomen.

id	waar?	Oppervlak (ha)
peize_comp1	bovenstrooms	521.15
peize_comp3	Eelderdiep	408.76
peize_comp4	Onlanden, ten	713.89

Ook omdat het oppervlak binnen ons stroomgebied in het model 5% wordt overschat.
Ik heb Siebe gebeld. Het was voor hem ook wel lang geleden, wel heeft hij mij de rapporten opgestuurd. Hier haal ik uit:

- Uniformeren lateralen op de boezem, dus de lateralen die neerslag ontvangen. Deze moeten in overeenstemming zijn met het oppervlakte aan boezemwateren.

Het rapport geeft weinig informatie op welke wijze de neerslag open water aan het model is toegevoegd. Wel staat in het rapport beschreven hoe de profielen tot stand zijn gekomen. Ik neem nu aan dat voor het bepalen van het oppervlak neerslag open water dezelfde gebieden zijn gebruikt:



ik begin met compartiment 1	m2	ha
gw area	8100319.585	810.0319585
paved model	225488.5917	22.54885917
unpaved model	7801460.484	780.1460484
open water model	5211451	521.1451
paved + unpaved		802.6960076

afged - unpagé	802,69
(dus was de bedroging bij de modebouw 7,3 ha open water toe te voegen?)	
(dus totale som model (incl de fout)	795
(in het model zit dus veel te veel oppervlak)	
totaal gebied volgens recente	
afw eenh kaart	795
(dus die 810 ha is logisch in het model)	
(ik wil nu blijkbaar hetzelfde invullen voor het open water. Daarvoor pak ik het BGT open water. Die heb ik al wat bewerkt en zal ik ook opvullen met ik nam het nu heb verbeterd is 'beveelden' verwijderd, en hele kleine watergangen, waarschijnlijk zonder water, heb ik ook verwijderd. ik zie nu ook op de luchtfoto dat dat stuk niet veranderd is, sommige afgegraven percelen toen niet als open water, dit accepteer ik maar gewoon)	

OPTIMALISATIE ONLANDEN

Open water volgens bewerkt BGT		40.269		
Concrete modelaanpassing:				
Node 'peize_comp1'	naar	40.269	402690	peize_comp1
som unpaved moet dus worden		747.21		
dus een afname van		32.93		
UP_GPGKGM0084_48	gras van	321.0471		
UP_GPGKGM0084_48	gras naar	288.12		
Compartiment 4:				
	m2	ha		
gw area	9895765.384	989.58		
paved model	1341608.863	134.16		
unpaved model	8405469.261	840.55		
open water model	4087601	408.76		
paved + unpaved		974.71		
dus totale som model (incl de fout)		1383.16		
(in het model zit dus veel te veel oppervlakt)				
(ik wil nu logische getallen invoeren voor het open water. Daarvoor pak ik het BGT open water. Die heb ik wel wat bewerkt en zal ik ook opleveren wat ik namelijk heb verbeterd is 'oeverdelen' verwijderd, en hele smalle watergangen, waarschijnlijk zonder water, heb ik ook verwijderd. de bgt is verouderd. Het peil is fors omhoog gegaan. Ik heb heel grof gekeken hoeveel open water mist. Dat is 72 ha, dit is nog een onderschatting. Ietelijk ligt hier nog wel meer open water)				
Open water volgens bewerkt BGT		108		
Concrete modelaanpassing:				
Node 'peize_comp4'	naar	108	1080000	peize_comp4
som unpaved moet dus worden		747.42		
dus een afname van		93.13		
UP_GPGKGM020_23	gras van	300.0316		
UP_GPGKGM020_23	gras naar	206.90		
Compartiment 3:				
	m2	ha		
gw area	9047695.489	904.77		
paved model	454	0.05		
unpaved model	7289792.104	728.98		
open water model	6019320	601.93		
paved + unpaved				
dus totale som model (incl de fout)		1330.74		83455.94 8.345594
(in het model zit dus veel te veel oppervlakt)				
(ik wil nu logische getallen invoeren voor het open water. Daarvoor pak ik het BGT open water. Die heb ik wel wat bewerkt en zal ik ook opleveren wat ik namelijk heb verbeterd is 'oeverdelen' verwijderd, en hele smalle watergangen, waarschijnlijk zonder water, heb ik ook verwijderd. het bgt klopt aardig. Ik tel er nog wel een gebied bij op wat is bijgegraven van 8,3 ha)				
Open water volgens bewerkt BGT		137.8036501	1378037	

Concrete modelaanpassing:				
Node 'peize_comp3'	naar	137.8036501	1378036.501	peize_comp4
som unpaved moet dus worden		766.92		
dus een toename van		37.94		
UP_GPGKGM029_41	gras van	554.4512		
UP_GPGKGM029_41	gras naar	592.39		

Tot slot: wat me opviel is de laatstgenoemde Unpaved node net bovenstrooms van de HarbertelsStuw afwater
Ik heb de node rrf_11 verplaatst naar meer het midden van de Onlanden
Zodat de afvoer ook meer in het midden plaats vindt

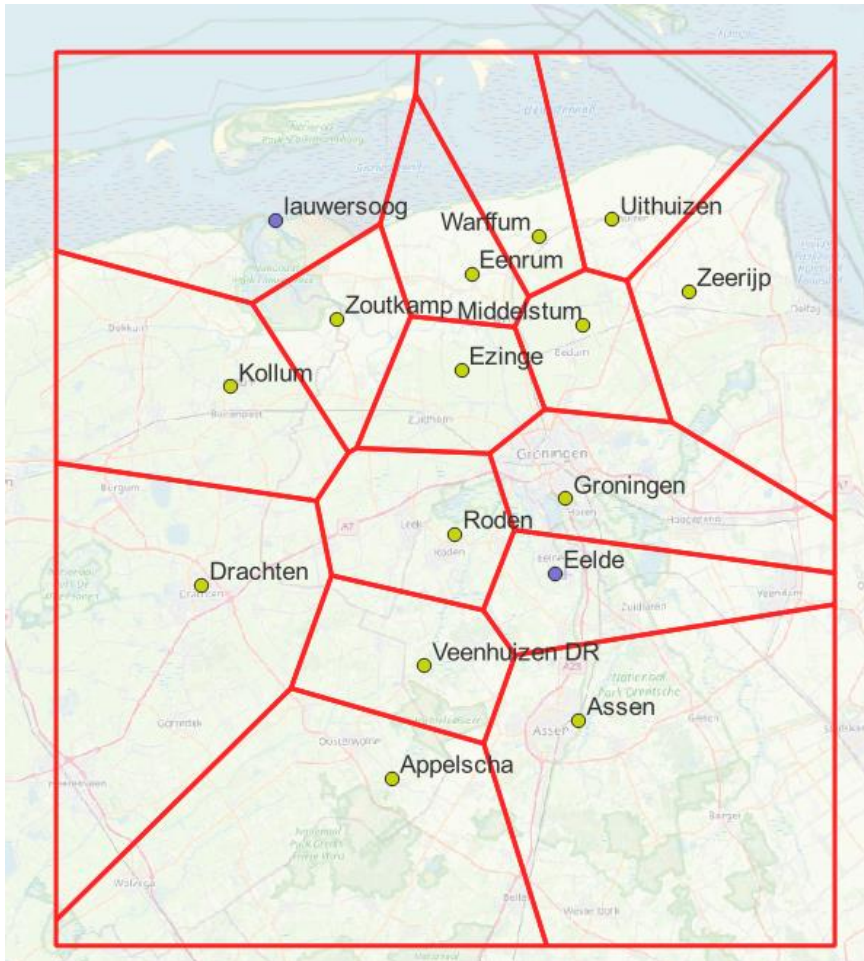
validatie	De Onlanden heeft de volgende unieke profielen					
	Copy_163	Peize_comp1	Peize_comp1Y	-2.2	-0.01254	-2.18746
	pz_mh_OAF1506_1	Peize_comp1	Peize_comp1_	-2.2	-0.03254	-2.16746
	pz_408	Peize_comp3	Peize_comp3_	-2.6	-0.01254	-2.58746
	1380	Peize_comp3	Peize_comp3_	-2.03	-0.03254	-1.99746
	pz_330	Peize_comp3	Peize_comp3_ niet aangepast			
	pz_220_copy1	Peize_comp3	Peize_comp3_	-2.1	-0.03254	-2.06746
	pz_220	Peize_comp3	Peize_comp3_	-1.92	-0.03254	-1.88746
	pz_mh_OAF3891_1	Peize_comp3	Peize_comp3_	-2.16	-0.01254	-2.14746
	pz_mh_OAF3514_3	Peize_comp3	Peize_comp3_	-2.16	-0.01254	-2.14746
	nw_prof_onlanden	Peize_comp3	Peize_comp3_	-2.03	-3.25E-02	-1.99746
	pz_55	peize_comp4	peize_comp4Y	-1.93	-0.03254	-1.89746
	pz_309	peize_comp4	peize_comp4_corr1Y	-0.03254		

51 Dit valt onder de kalibratie van het model (in het hoofdstuk Kalibratie staan bijvoorbeeld de trajecten beschreven).
Eerst leggen ik uit hoe ik op de silbhoogtes per traject kom

Bijlage C KNMI- bui

Tijdens de validatie kwam naar voren dat de Meteobase de neerslag onderschat. Om die reden is neerslag van KNMI-neerslagstations opgenomen in het model.

Het gebied is opgeknipt middels Thiessen polygonen zoals weergegeven in onderstaande figuur.



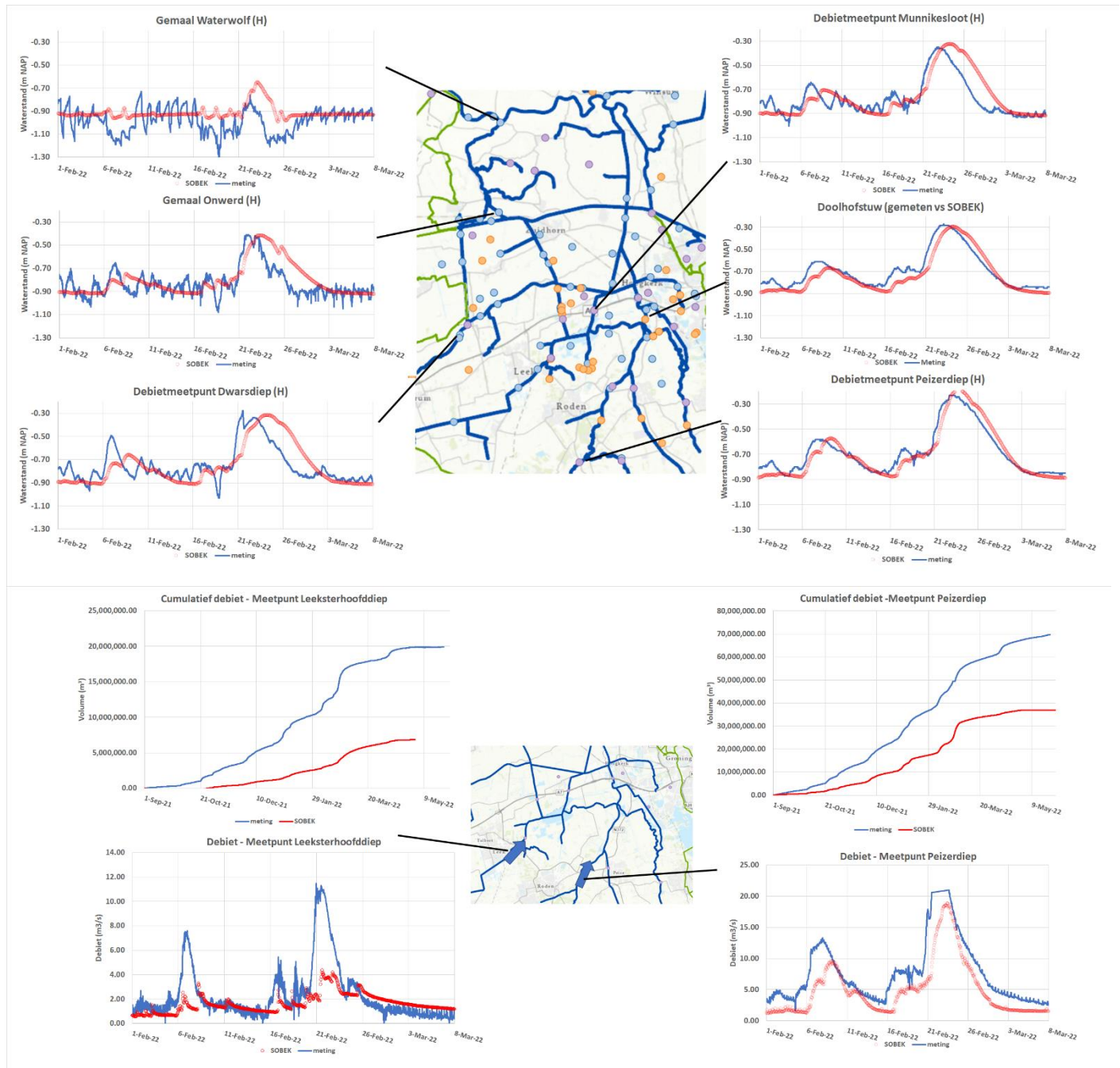
De dagwaarden zijn vertaald naar uurwaarden door de vorm qua uurwaarden over te nemen van het dichtstbijzijnde neerslagstation met uurwaarden.

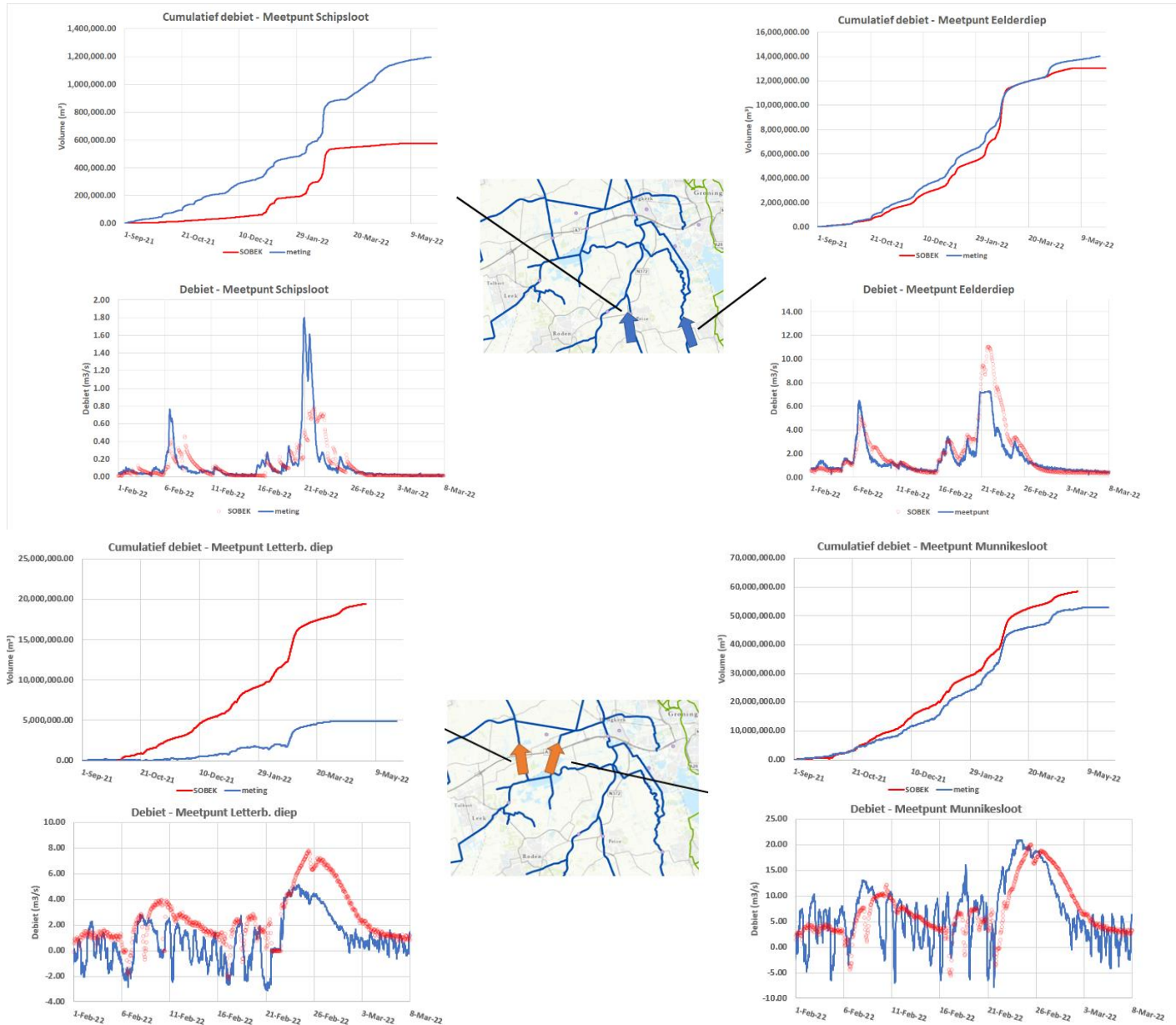
Neerslagstation	Omgezet dagwaarden naar uurwaarden van station
Appelscha	Eelde
Middelstum	Eelde
Ezinga	Eelde
Groningen	Eelde
Assen	Eelde
Veenhuizen	Eelde
Roden	Eelde
Zeerijp	Eelde
Drachten	Eelde
Warffum	Lauwersoog

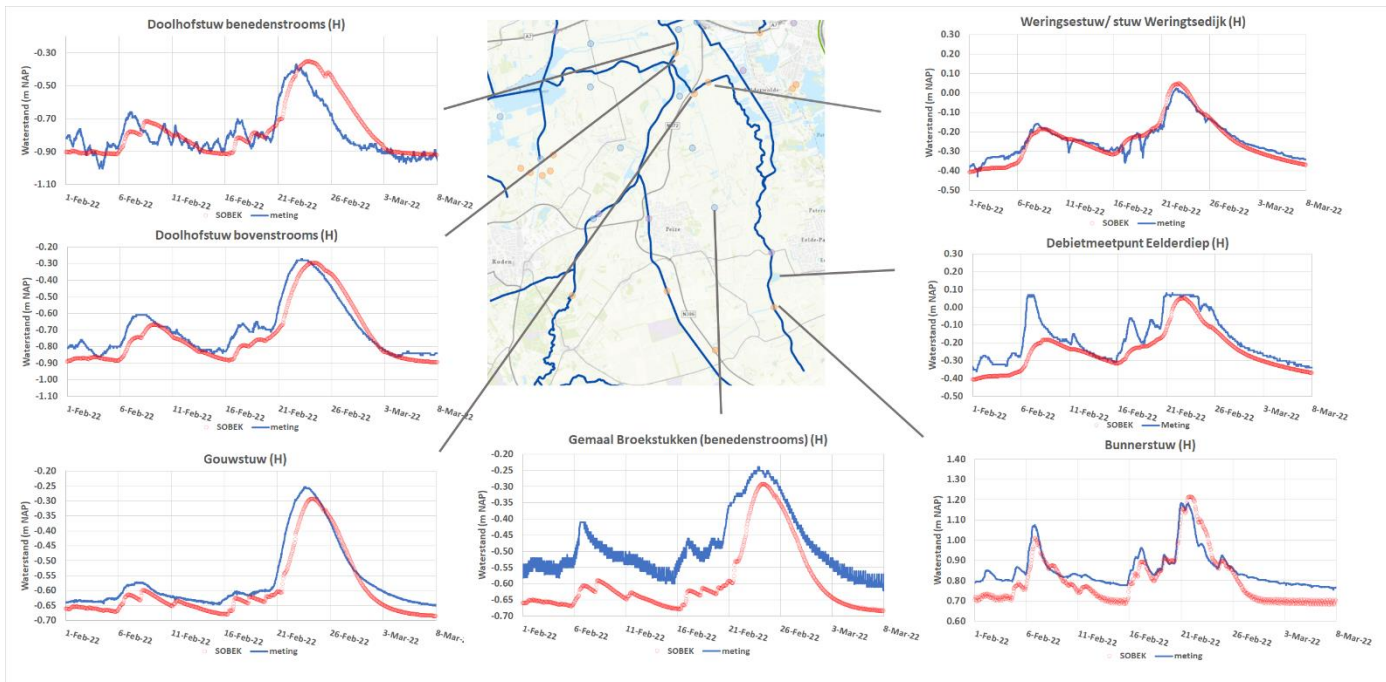
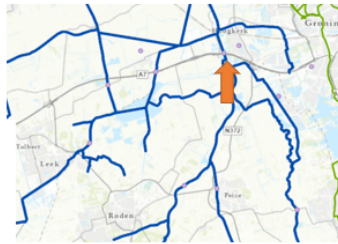
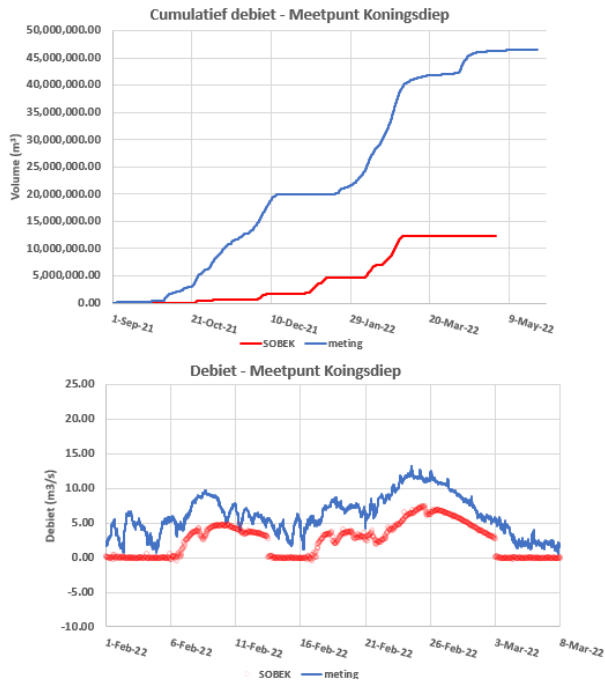
Zoutkamp	Lauwersoog
Uithuizen	Lauwersoog
Eenrum	Lauwersoog
Kollum	Lauwersoog
Eelde	n.v.t.
Lauwersoog	n.v.t.

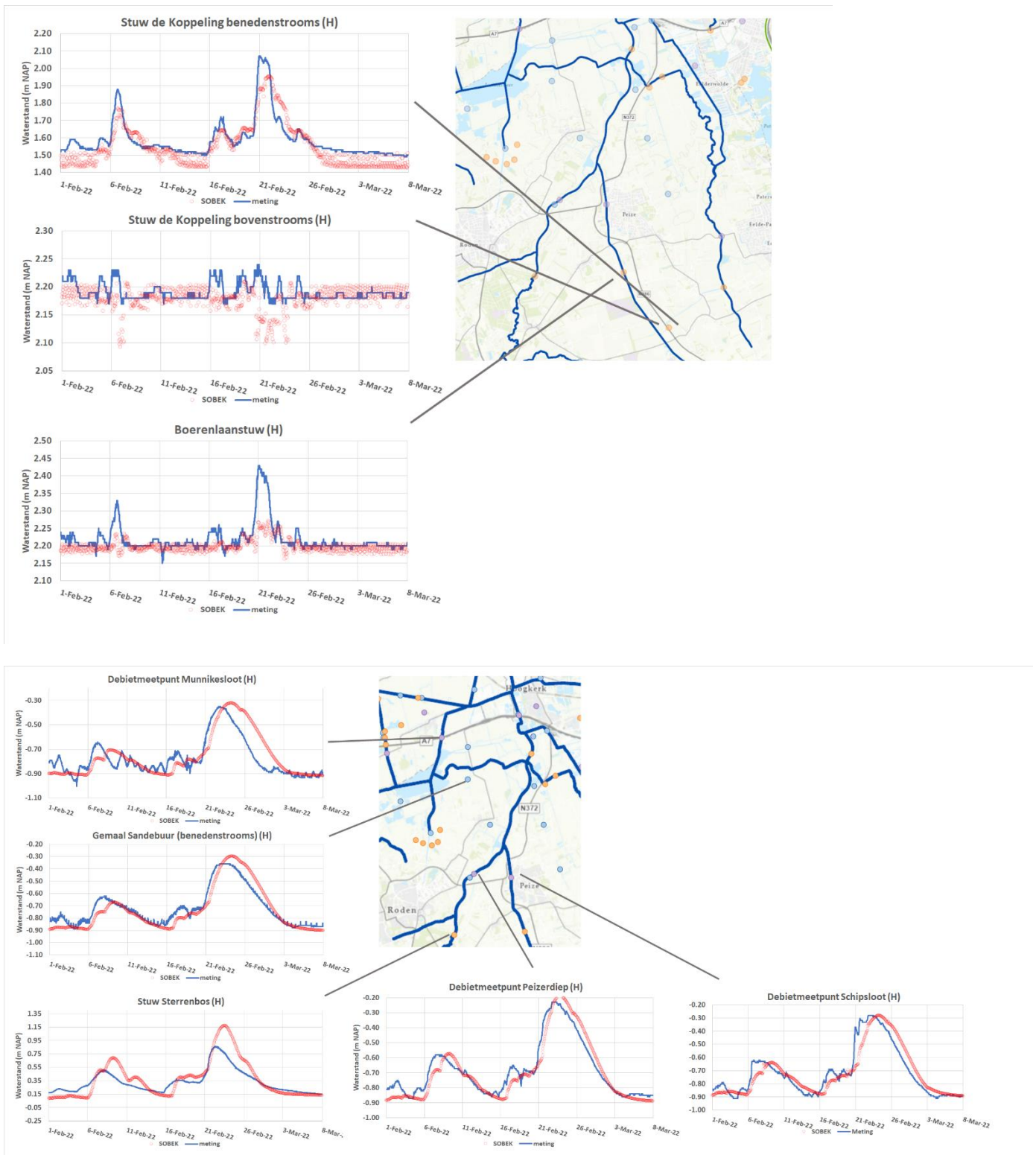
Validatie

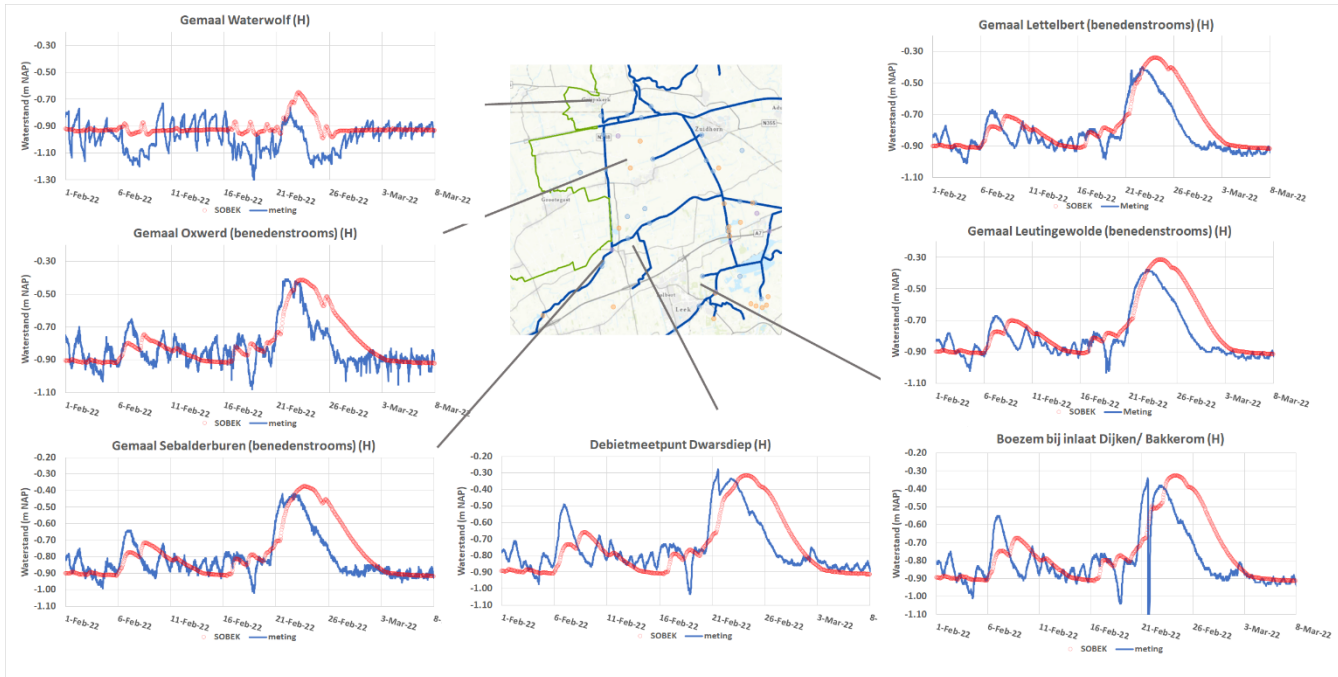
Deze bijlage bevat alle validatieresultaten. Dit zijn de resultaten met de KNMI-bui i.p.v. de bui Meteobase. Hierdoor zijn een aantal figuren anders dan in het hoofdrapport.







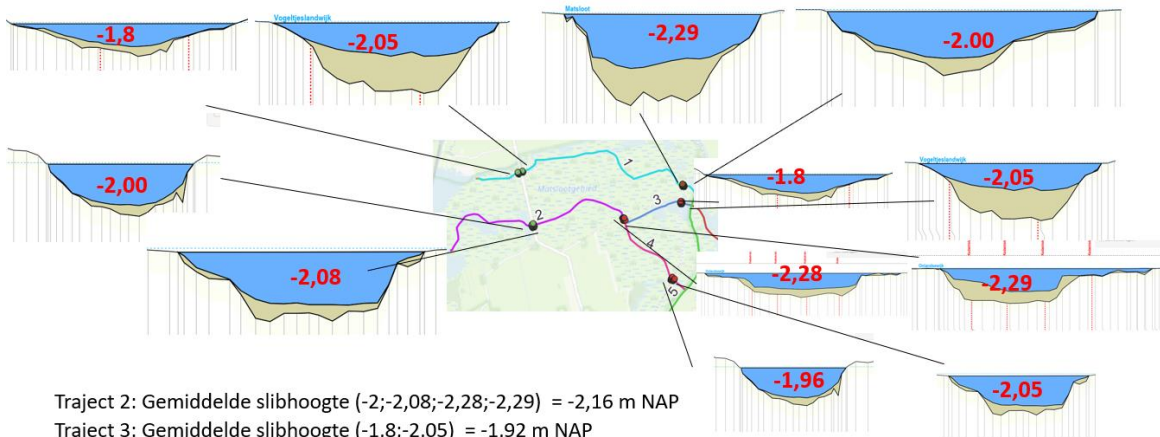




Bijlage D Slibhoogtes afleiden

Deze bijlage geeft allereerst weer hoe de slibhoogtes per traject zijn afgeleid.

Traject 1: Gemiddelde slibhoogte $(-1,8;-2,05;-2,29;-2) = -2,03$ m NAP

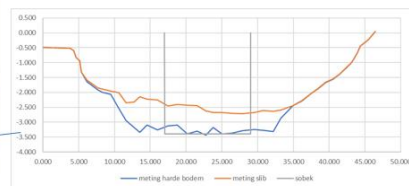
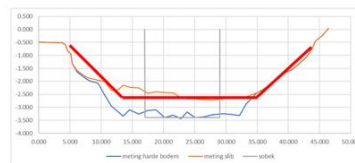
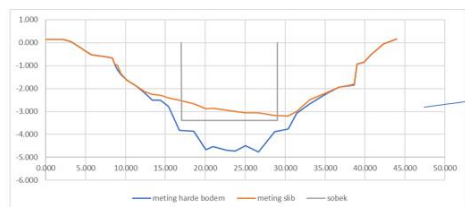


Traject 2: Gemiddelde slibhoogte $(-2;-2,08;-2,28;-2,29) = -2,16$ m NAP

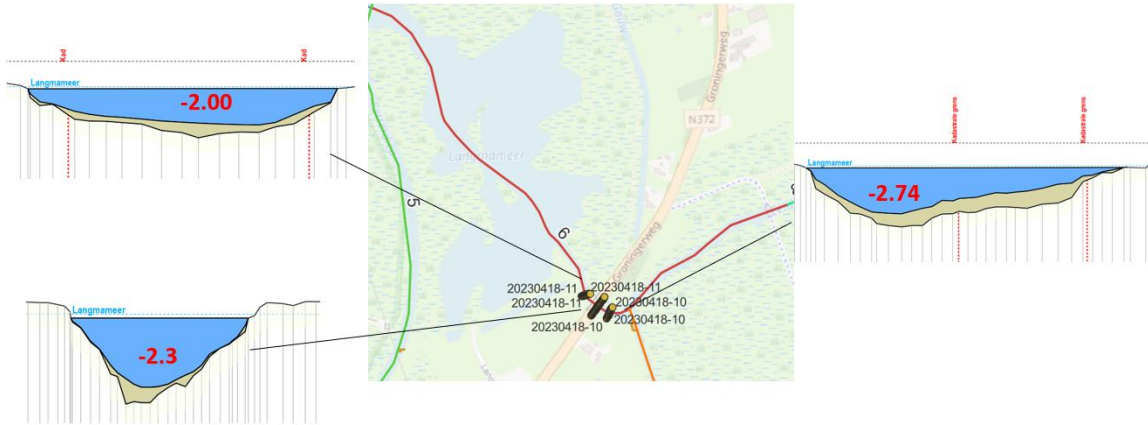
Traject 3: Gemiddelde slibhoogte $(-1,8;-2,05) = -1,92$ m NAP

Traject 4: Gemiddelde slibhoogte $(-1,96;-2,05;-2,29) = -2,1$ m NAP

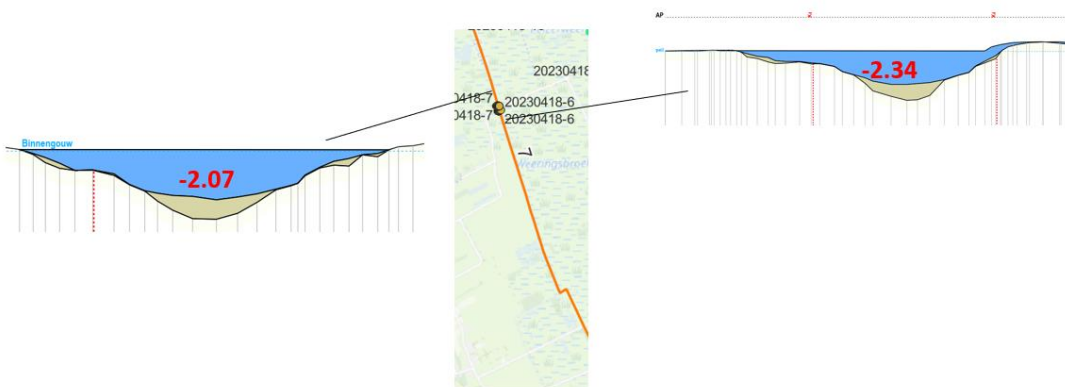
Traject 5: nemen we in het model op conform de dikke rode lijn-- >



Traject 6: Gemiddelde slibhoogte $(-2,00; -2,3; -2,74) = -2,35$ m NAP

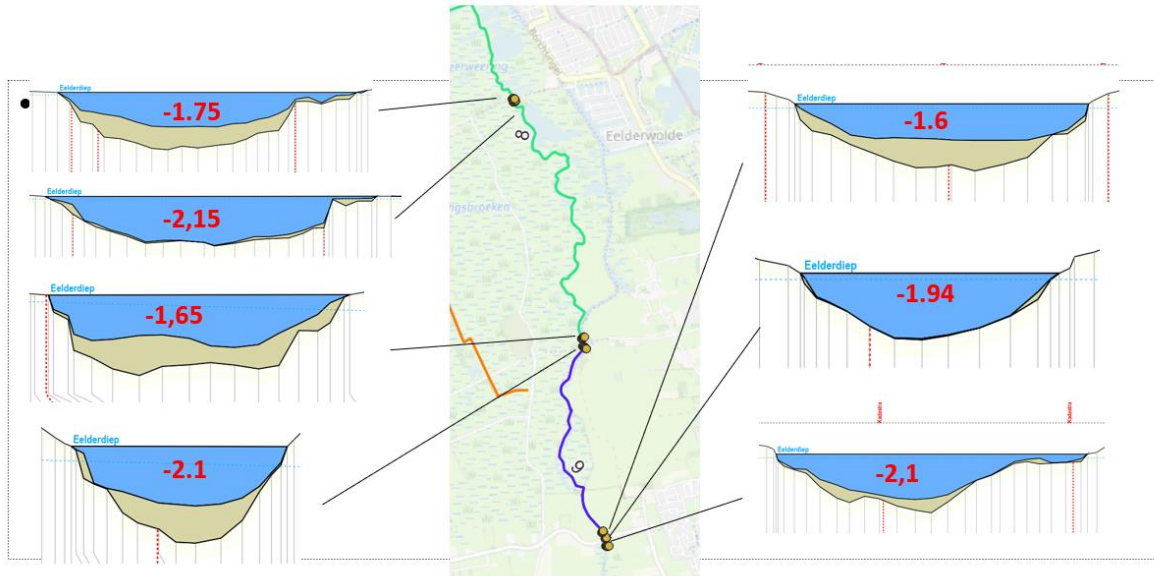


Traject 7: Gemiddelde slibhoogte $(-2,07; -2,34) = -2,2$ m NAP



Traject 8: Gemiddelde slibhoogte $(-1,75; -2,15; -1,65) = -1,85$ m NAP

Traject 9: Gemiddelde slibhoogte $(-2,1; -1,6; -1,94; -2,1) = -1,93$ m NAP



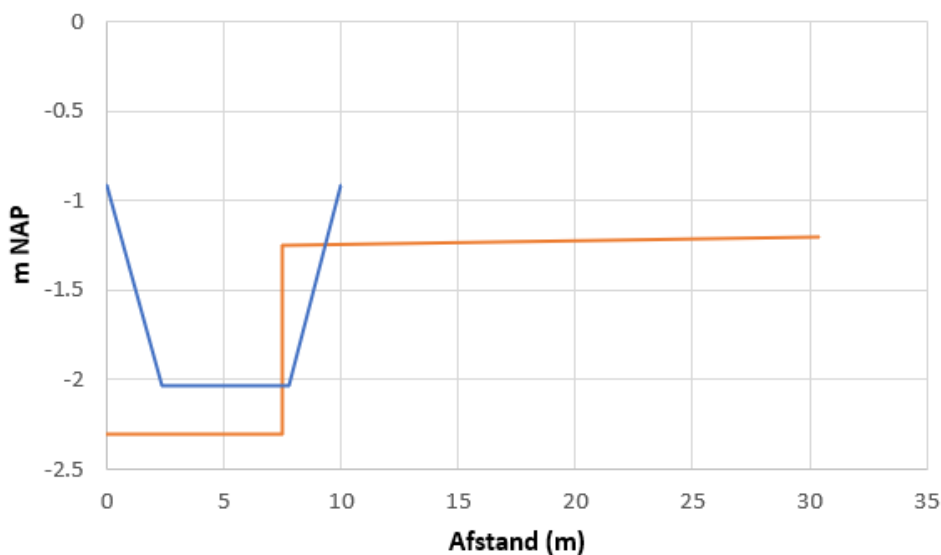
Vervolgens zijn de gemeten profielen met de profielen in het model vergeleken. Bij grote verschillen wordt het model aangepast. Bij kleine verschillen wordt het model niet aangepast. Deze analyse is erg pragmatisch doorlopen, het doel was vooral hele grote verschillen te detecteren.

Traject 1:

Profiel 20230419-51 is als representatief aangenomen voor dit traject. Onderstaande figuur toont de vergelijking tussen de meting en het model. Qua doorstromend oppervlak komen beiden relatief goed overeen. Het enige wat aangepast wordt is de slibhoogte (naar $-2,03$ m NAP). Het profiel wordt niet aangepast.

Oranje lijn = model

Blaauwe lijn = versimpeld profiel o.b.v. meting

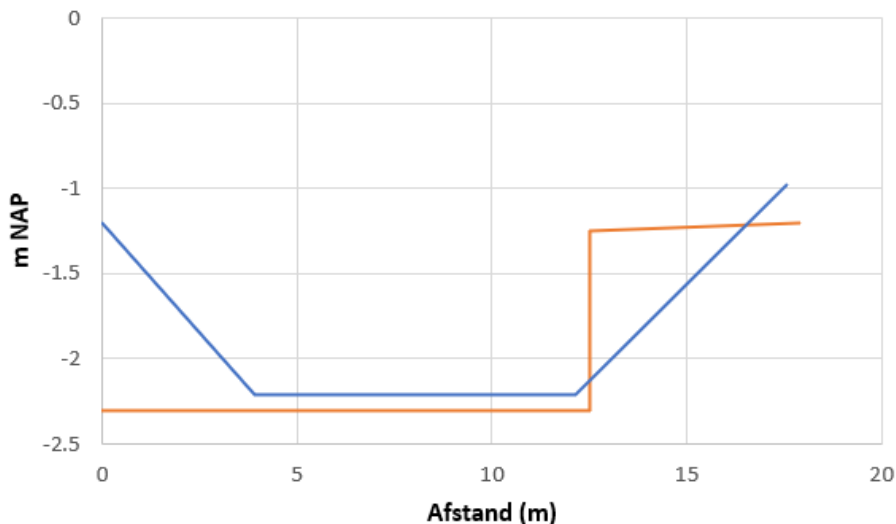


Traject 2:

Profiel 20230419-54 wordt aangehouden als representatief profiel voor dit traject, de blauwe lijn in onderstaande figuur toont een versimpelde versie van het gemeten profiel. Ook hier is het advies niet het profiel aan te passen in het model. De sliblaag wordt wel aangepast naar $-2,16$ m NAP.

Oranje lijn = model

Blauwe lijn = versimpeld profiel o.b.v. meting



Traject 3 en traject 4:

Op basis van de gegevens bij traject 1 en 2 wordt aangenomen dat de profielen in het model niet aangepast hoeven te worden. De sliblaag wordt wel aangepast.

Traject 5:

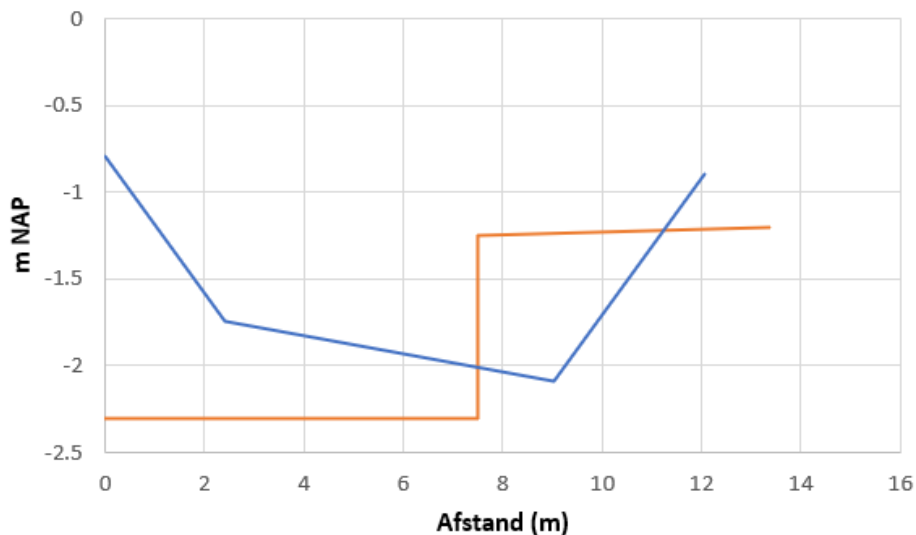
Zoals eerder aangegeven is het profiel in het Peizerdiep (veel) te klein. Hier wordt het profiel aangepast in lijn met wat eerder in dit hoofdstuk is aangegeven.

Traject 6:

Profiel 20230418-11 wordt als representatief profiel gehanteerd voor dit traject. Onderstaande figuur geeft weer dat qua nat oppervlak het model redelijk goed klopt. Het profiel wordt niet aangepast. Ook niet voor slib, omdat de gemiddelde sliblaag $-2,35$ m NAP is en dit komt overeen met het model.

Oranje lijn = model

Blauwe lijn = versimpeld profiel o.b.v. meting

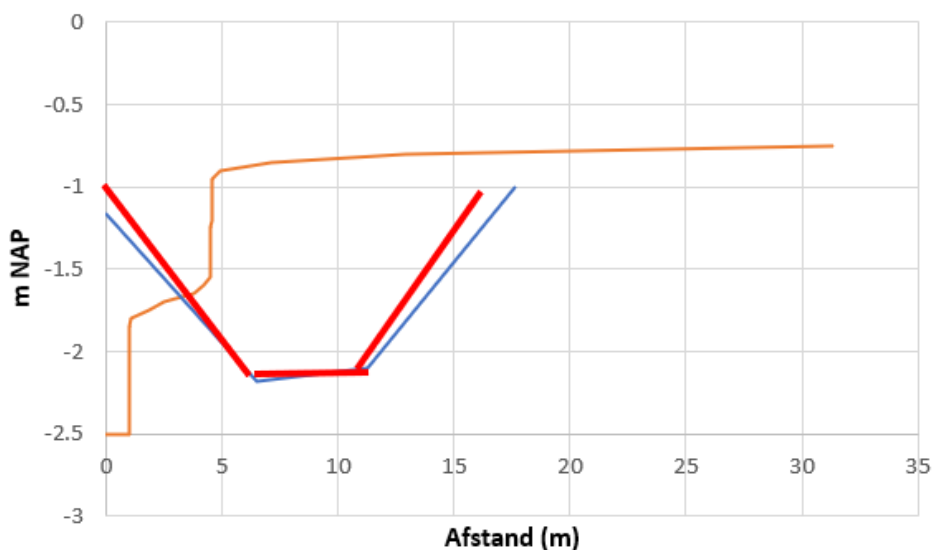


Traject 7:

Profiel 20230418-7 is als representatief aangenomen voor dit traject. De oranje lijn is het profiel in het model, de blauwe lijn is een versimpelde versie van de meting. Hier is een groot verschil tussen het model en het gemeten profiel. Om die reden is het advies het profiel in het model aan te passen naar het profiel conform de dikke rode lijn.

Oranje lijn = model

Blauwe lijn = versimpeld profiel o.b.v. meting

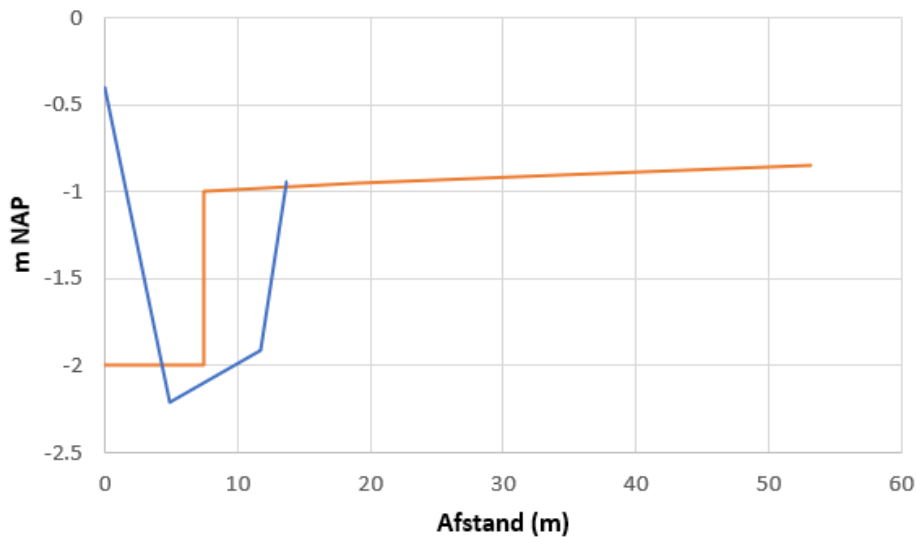


Traject 8:

Profiel 20230418-8 is als representatief aangenomen voor dit traject. Het natte oppervlak tussen het model en de meting komt redelijk goed overeen. Het advies is het profiel niet aan te passen (maar wel te corrigeren voor de slibhoogte), namelijk aannemen op $-0,85$ m NAP.

Oranje lijn = model

Blauwe lijn = versimpeld profiel o.b.v. meting

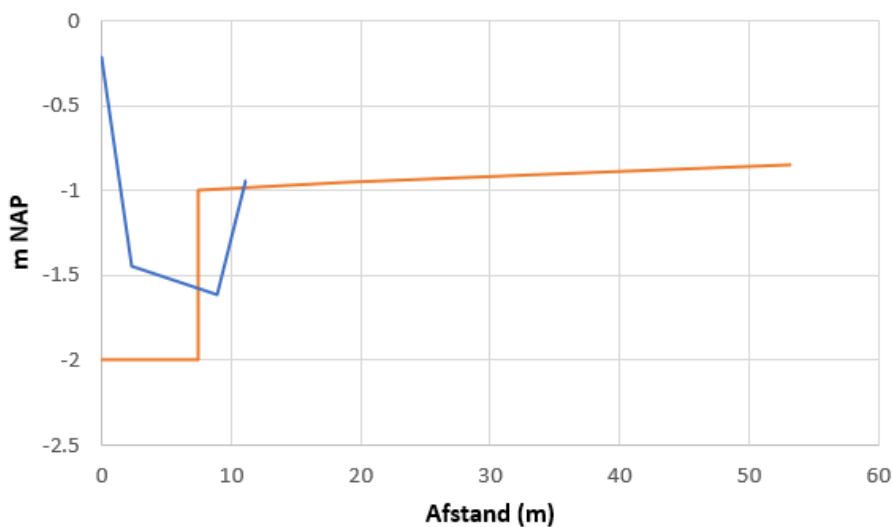


Traject 9:

Profiel 20230418-3 is als representatief aangenomen voor dit traject. Onderstaande figuur geeft weer dat het qua nat oppervlak wel klopt. Hier is wel een duidelijk noodzaak de sliblaag op te nemen (we gaan uit van $-1,93$ m NAP).

Oranje lijn = model

Blauwe lijn = versimpeld profiel o.b.v. meting



Bijlage E Bruggen

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de extra bruggen die zijn opgenomen in het model. De locaties van de bruggen zijn aangeleverd door het waterschap, waarbij het grootste deel van de brugafmetingen ontbrak of onjuist was. Om die reden zijn de afmetingen zelf bepaald. De breedte en lengte volgen uit de luchtfoto. De onderkant van het brugdek is aangenomen als 0,5 m onder het AHN (AHN3, DSM, 0,5m) en de bodemhoogte is de bodemhoogte van de profielen in het boezemmodel.

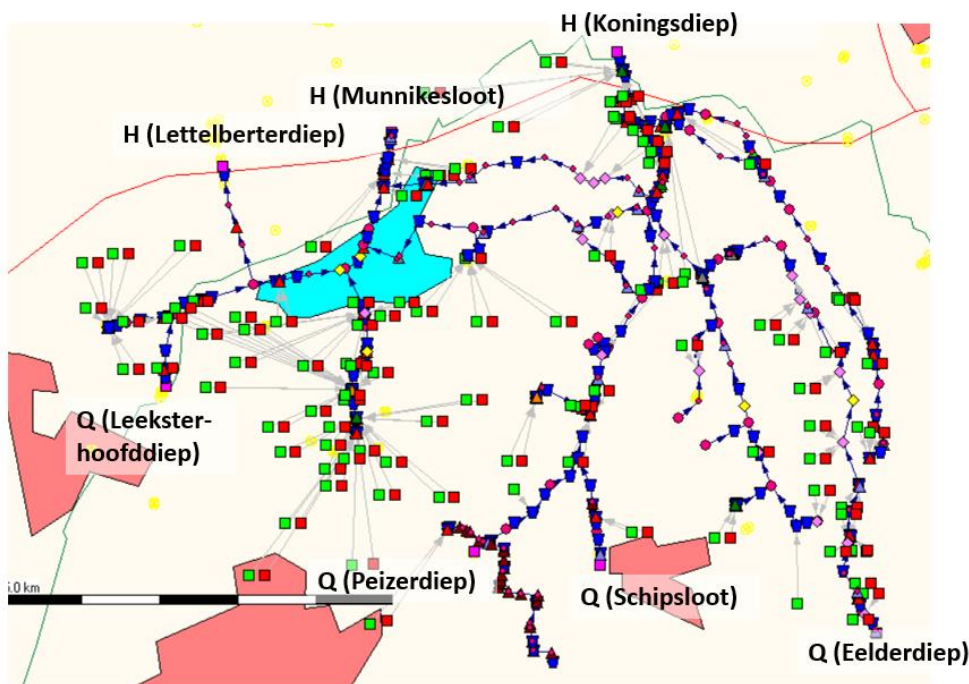
Naam	ID	Breedte (m)	Lengte (m)	Onderkant brugdek (m NAP)	Bodemhoogte watergang (m NAP)
Bommelierbrug	KBR0298	33	3	1,2	-2,6
Tweede Gouwbrug	KBR1028	Van tevoren al aangegeven dat de opstuwing verwaarloosbaar is. Om die reden is de brug niet opgenomen in het model.			
Zandbrug	KBR0361	11,85	3,3	0,2	-1,85
Hooibrug	KBR0975	33,6	9,2	0,5	-2,16
Terhansauwerbrug	KBR0974	15,9	4,5	0,57	-1,93
Molenbrug	KBR0038	22	8	0,71	-2,76
Harm Bartelsbrug	KBR0861	27	9,2	0,43	-2,03
Mostertpotbrug	KBR0352	24	5,2	0,41	-2,03
Beeldbrug	KBR0007	11,15	3,75	0,54	-1,85
Peizerbrug	KBR0894	3,8	26,7	0,91	-1,48
Ruigbrug	KBR1127	22	2,2	0,48	-2,35
Woudrustbrug	KBR0817	7,1	4,6	0,01	-2,2
Vogeltjeslandbrug	KBR0161	25	5,75	0,44	-1,92
Waalsterbrug	KBR0353	25,1	4,75	0,71	-2,1
Onlandsebrug	KBR0979	28,3	1,6	0,1	-2,16

De weerstand van de bruggen is overgenomen van de overige bruggen in het boezemmodel. Dat is White-Colebrook 0,003.

Bijlage F Maatgevende debieten

Eenzijds beschikken we over een betrouwbaar model en anderzijds veel meetgegevens. We combineren beiden om maatgevende debieten in De Onlanden af te leiden. De volgende stappen zijn doorlopen.

Allereerst is het model afgeknipt op de randen en bovenstrooms van de debietmeetpunten. Wat betreft de benedenstroomse randvoorwaarden – Letterlberterdiep, Munnikesloot en Koningsdiep – zijn twee varianten gehanteerd. -0,93 m NAP en -0,5 m NAP.



Wat betreft de debieten bovenstrooms – Leeksterhoofddiep, Peizerdiep, Schipsoot en Eelderdiep – zijn de beschikbare debietgegevens vertaald naar daggemiddelden. Per hydrologisch jaar is het hoogste daggemiddelde afgeleid. Alle hoogste daggemiddelden zijn gemiddeld en dit leidt tot het 1Q-debiet. Op basis daarvan zijn de andere debieten afgeleid (zo is bijvoorbeeld de halve maatgevende afvoer 0,5 x het 1Q debiet).

Afvoer	Wordt ook wel genoemd	Schipsoot	Eelderdiep	Peizerdiep	Leeksterhoofddiep	Neerslag in het model (mm/dag)
0.1Q	Gemiddelde winterafvoer	0.063	0.457	1.392	0.667	1.400
0.5Q	Halve maatgevende afvoer	0.317	2.285	6.960	3.333	7.000
1Q	Maatgevende afvoer	0.633	4.570	13.920	6.667	14.000
1.5Q	T=10	0.950	6.855	20.880	10.000	21.000
2Q	T=100	1.266	9.140	27.840	13.333	28.000
2.2Q	T=100 + opslag	1.393	10.054	30.624	14.667	30.800

Deze debieten zijn doorgerekend voor de benedenstroomse randvoorwaarden -0,93 m NAP en -0,5 m NAP. Per benedenstroomse randvoorwaarden veranderen de debieten over bijvoorbeeld de drempelconstructies. Per benedenstroomse randvoorwaarde is het hoogste debiet geëxporteerd. Onderstaande tabel toont het resultaat.

Theoretische Q	Doolhofstuw (m ³ /s)	Drempel-Noord (m ³ /s)	Drempel-Zuid (m ³ /s)	Weringsestuw (m ³ /s)	Gouwstuw (m ³ /s)
0.1Q	0.86	0.95	1.46	0,52	0,13
0.5Q	5.64	3.43	4.3	2,62	0,64
1Q	9.39	7.50	8.93	5,24	1,28
1.5Q	11.68	11.80	13.45	7,86	1,92
2Q	13.49	16.25	17.92	10,48	2,56
2.2Q	14.26	18.18	19.72	11,53	2,82

Bijlage G Ontwerp watersysteem

Ontwerp Object 1 (2,2Q), Variant 1, stuwende constructie Noordelijke Slenk

De berekening richt zich op de ontwerpvens bij 2,2Q

RECHTHOEKIGE DUIKER Registratienummer: Object1 2,2q Datum: 28-06-23 Versie tool: 2011v1		Invoervelden Tussenberekeningen Eindberekeningen
Eigenschappen duiker Debiet (Q): 18.18 m ³ /s Lengte duiker (L): 10.00 m Intreeweerstand (ϕ_i): 0.1 - Weerstand (k_M): 75 m ^{1/3} s ⁻¹ Aantal knikken (n_k): 0 - Hoek knik(ken) (δ): 5 ° Materiaal: Glad - Aantal putten (n_p): 0 -	Tussenberekeningen Winterpeil (wp): -0.46 m NAP Grond in duiker (gr, A_{gr}): 0.00 m 0.00 m ² Lucht in duiker (l, A_l): 1.16 m 6.39 m ² Nat oppervlak duiker (A_{dk}): 10.11 m ² Natte omtrek (P): 9.10 m Hydraulische straal (R): 1.11 m Stroomsnelheid (v_{dk}): 1.80 m/s Waterdiepte (h_{wg}): 1.84 m Nat oppervlak (A_{wg}): 20.54 m ² De Chézy coëfficiënt (C): 76 - Wrijvingsverlies (ϕ_w): 0.03 - Uittreeverlies (ϕ_u): 0.100 - Knikverlies (ϕ_k): 0.000 - Putverlies (ϕ_p): 0.000 - Weerstandcoëfficiënt (μ): 2.084 - Toegestane opstuwing (z): 0.020 m Kritieke stroomsnelheid (v_k): 0.450 Opstuwing (z): 0.038 m Winterpeil + opstuwing: -0.462 m NAP Maatgevende bokhoogte: -2.30 m NAP	
Eigenschappen watergang Type gebied: Hellend - Type grond: Zandgrond Bodembreedte (b_{wg}): 7.50 m Bodemhoogte (bod_{hg}): -2.30 m NAP Taludfactor (n) => 1: 2.0 - Winterpeil (wp): -0.50 m NAP Berekend met winterpeil!		
Ontwerp duiker Breedte duiker (B): 5.50 m Hoogte duiker (H): 3.00 m Bokhoogte bovenstrooms: -2.3 m NAP Bokhoogte benedenstrooms: -2.3 m NAP	Berekend conform beleidsregels Stroomsnelheid (v_{dk}): 1.80 m/s Lucht in duiker (l, A_l): 1.16 m Opstuwing (z): 38 mm	Stroomsnelheid te groot! Voldoet! Opstuwing te groot!

Woelbak Object 1, Variant 1, bij stuwende constructie Noordelijke Slenk

Met behulp van de onderstaande berekening is de benodigde lengte van de woelbak voor dit object uitgerekend.

De woelbaklengte L die aldus wordt uitgerekend, moet bij toepassing van een klep worden opgeteld bij de op het horizontale vlak geprojecteerde kleplengte.

Allereerst berekenen we dus de lengte van de klep. We nemen aan dat de klep moet kunnen keren tot 0,5 mNAP.

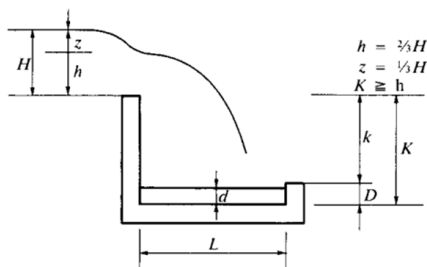
Vanaf -2,3 mNAP betekent dat de hoogte 2,8 m is.

Een klepstuw moet keert met een hoek van 60 graden. Uit het toepassen van de sinusregel volgt dat de lengte van de klep 5,59 m moet zijn.

Dit betekent dat de woelbak minimaal 5,6 m lang is.

De lengte van de klep dient later nog wel een keer nagerekend te worden door de ontwerper.

Vervolgens:



De berekening gaat als volgt:

$$h = \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{b}\right)^2 \cdot \frac{1}{g}}$$

De woelbakdiepte $D = \frac{1}{2} h$

De hoogte van de langsdrempels $d = \frac{3}{4} D$

$K = k + D$. Uit $\frac{h}{K}$ volgt C_L (zie tabel 1.3.1)

De lengte van de woelbak $L = C_L \cdot \sqrt{(h \cdot K)}$

B_w = breedte op waterlijn bovenstrooms

Uit $\frac{B_w}{b}$ volgt C_x (zie tabel 1.3.2)

Woelbakbreedte	5.5 m	(gelijk aan de klepbreedte)
a =	0	
Q=	18.18 m ³ /s	
bodemh ben.=	-2 mNAP	
peil ben.	-0.5 mNAP	
k=	1.50 m	
b=	5.50 m	
a=	0.00	
B _w =	10.50	
h=	1.04 m	
D=	0.52 m	
d=	0.39 m	
K=	2.02 m	
h/K=	0.51	
C _L =	3.16	
L=	4.57 m	

De benodigde lengte van de woelbak is uitgerekend voor een worst-case situatie, als de berging vol is en 2,2Q wordt afgevoerd over de stuw. Het resultaat van deze berekening is dat de woelbak de lengte van de klep moet hebben plus 4,57 m.

Hierbij geldt wel de disclaimer dat vanuit hydrologie zelden de dimensies voor de woelbak worden gegeven. Het is aan de ontwerper nogmaals te controleren of de dimensies kloppen.

Voor de overige woelbakken is dezelfde formule gebruikt, onderstaande tabel toont het overzicht per variant en per object. Daar is ook de berekening van de lengte van het stortebed aan toegevoegd. Dat is 6 keer het verschil in boven- en benedenstroomse waterstand.

Aangezien de verschillen qua woelbak klein zijn tussen Object 1 en 2 wordt overal geadviseerd een minimale lengte van 4,6 m aan te houden. Bij het stortebed zijn de onzekerheden heel groot. Daarom wordt (voor Object 1 en 2) overal geadviseerd minimaal 4,1 m aan te houden.

Met lengte wordt overigens de lengte in lengterichting van de watergang bedoeld.

Met breedte wordt de breedte haaks op de watergang bedoeld.

Variant	Object	Breedte van de stuw (m)	Q (m³/s)	Bodemhoogte benedenstrooms (m NAP)	Waterstand benedenstrooms (m NAP)	Waterstand bovenstrooms (m NAP)	Lengte woelbak (m)	Lengte stortebed (m)
Variant 1	Object 1	5,5	18,18	-2	-0,5	0,15	4,57	3,9
Variant 1	Object 2	6	19,7	-2	-0,5	0,15	4,55	3,9
Variant 2	Object 1	5,5	18,18	-2	-0,5	0,15	4,57	3,9
Variant 2	Object 2	6	19,7	-2	-0,5	0,15	4,55	3,9
Variant 3	Object 1	5,5	18,18	-2	-0,5	0,18	4,57	4,08
Variant 3	Object 2	6	19,7	-2	-0,5	0,18	4,55	4,08
Variant 2	Object 5	8	28	-2,2	-0,2	0,15	4,99	2,1

Ontwerp Object 2 (2,2Q), Variant 1, bij stuwende constructie Zuidelijke Slenk

Eigenschappen duiker Debiet (Q): 19.72 m ³ /s Lengte duiker (L): 10.00 m Intreeweerstand (ϕ_i): 0.1 - Weerstand (k_W): 75 m ^{1/3} s ⁻¹ Aantal knikken (n_k): 0 - Hoek knik(ken) (δ): 5° Materiaal: Glad - Aantal putten (n_p): 0 -	Tussenberekeningen Winterpeil (wp): -0.46 m NAP Grond in duiker (gr, A_{gr}): 0.00 m 0.00 m ² Lucht in duiker (l, A_l): 1.16 m 6.98 m ² Nat oppervlak duiker (A_{dk}): 11.02 m ² Natte onttrek (P): 9.60 m Hydraulische straal (R): 1.15 m Stroomsnelheid (v_{dk}): 1.79 m/s Waterdiepte (h_{wg}): 1.84 m Nat oppervlak (A_{wg}): 29.72 m ² De Chézy coëfficiënt (C): 77 - Wrijvingsverlies (ϕ_w): 0.03 - Uittreeverlies (ϕ_u): 0.100 - Knikverlies (ϕ_k): 0.000 - Putverlies (ϕ_p): 0.000 - Weerstandscoefficiënt (μ): 2.090 - Toegestane opstuwing (z): 0.020 m Kritieke stroomsnelheid (v_k): 0.450 Opstuwing (z): 0.037 m Winterpeil + opstuwing: -0.463 m NAP Maatgevende bokhoogte: -2.30 m NAP
Eigenschappen watergang Type gebied: Hellend - Type grond: Zandgrond Bodembreedte (b_{wg}): 12.50 m Bodemhoogte (bod _{wg}): -2.30 m NAP Taludfactor (n) => 1: 2.0 - Winterpeil (wp): -0.50 m NAP Berekend met winterpeil!	Berekend conform beleidsregels Stroomsnelheid (v_{dk}): 1.79 m/s Stroomsnelheid te groot! Lucht in duiker (l, A_l): 1.16 m Voldoet! Opstuwing (z): 37 mm Opstuwing te groot!
Ontwerp duiker Breedte duiker (B): 6.00 m Hoogte duiker (H): 3.00 m Bokhoogte bovenstrooms: -2.3 m NAP Bokhoogte benedenstroom: -2.3 m NAP	

Object 6, Variant 2 en 3, duiker onderdoor de weg 'Drentsedijk'

RECHTHOEKIGE DUIKER		Invoervelden Tussenberekeningen Eindberekeningen	
Registratienummer:	Object 6		
Datum:	16-06-23		
Versie tool:	2011v1		

Eigenschappen duiker		Tussenberekeningen	
Debiet (Q):	4.13 m ³ /s	Winterpeil (wp):	-0.45 m NAP
Lengte duiker (L):	18.00 m	Grond in duiker (gr, A _{gr}):	0.15 m
Intreeweerstand (φ _i):	0.5 -	Lucht in duiker (l, A _l):	0.25 m
Weerstand (k _W):	75 m ^{1/3} s ⁻¹	Nat oppervlak duiker (A _{dk}):	4.19 m ²
Aantal knikken (n _k):	0 -	Natte omtrek (P):	6.00 m
Hoek knik(ken) (δ):	5 °	Hydraulische straal (R):	0.70 m
Materiaal:	Glad -	Stroomsnelheid (v _{dk}):	0.99 m/s
Aantal putten (n _p):	0 -	Waterdiepte (h _{w g}):	1.40 m
		Nat oppervlak (A _{w g}):	10.47 m ²
		De Chézy coëfficiënt (C):	71 -
		Wrijvingsverlies (φ _w):	0.10 -
		Uitreeverlies (φ _u):	0.360 -
		Knikverlies (φ _k):	0.000 -
		Putverlies (φ _p):	0.000 -
		Weerstandcoëfficiënt (μ):	1.020 -
		Toegetane opstuwing (z):	0.020 m
		Kritieke stroomsnelheid (v _k):	0.450
		Opstuwing (z):	0.048 m
		Winterpeil + opstuwing:	-0.452 m NAP
		Maatgevende bokhoogte	-2.00 m NAP

Eigenschappen watergang		Berekend conform beleidsregels	
Type gebied:	Hellend -	Stroomsnelheid (v _{dk}):	0.99 m/s
Type grond:	Zandgrond	Lucht in duiker (l, A _l):	0.25 m
Bodem Breedte (b _{w g}):	4.70 m	Opstuwing (z):	48 mm
Bodemhoogte (bodh _{w g}):	-1.85 m NAP		
Taludfactor (n) => 1:	2.0 -		
Winterpeil (wp):	-0.50 m NAP		
Berekend met winterpeil!			

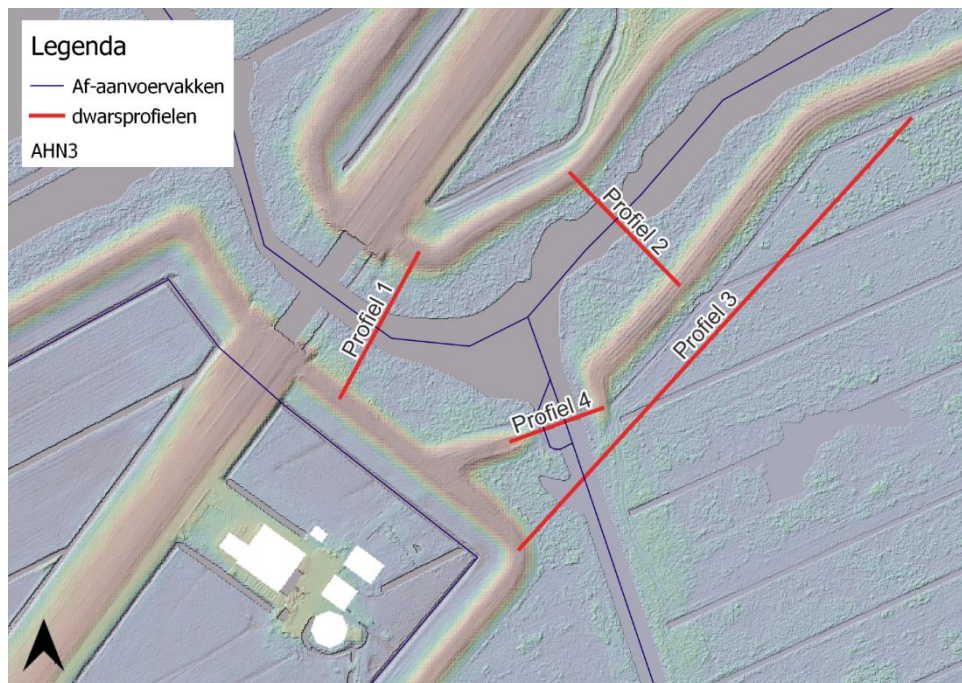
Ontwerp duiker			
Breedte duiker (B):	3.00 m		
Hoogte duiker (H):	1.80 m		
Bokhoogte bovenstrooms	-2 m NAP		
Bokhoogte benedenstroom	-2 m NAP		

Stroomsnelheid te groot!

Voldoet!

Opstuwing te groot!

Object 4, stroomsnelheden rondom de compartimenteringsstuw



1. Het model geeft dat zodra de Gouwstuw wordt geopend – en het verschil in waterstand het grootste is – de afvoer maximaal 28 m³/s. Dit is behoorlijk worst-case, het is maar de vraag of in de praktijk de stuw direct zo sterk wordt verlaagd.
2. Het model geeft weer dat zodra de Gouwstuw wordt ingezet de helft van de toevoer van 'De Onlanden-zijde' komt. De andere helft van de toevoer komt uit de 'Weringsedijk-zijde'. Dit betekent dat uit beide richting 14 m³/s toevoer komt.
3. Profiel 1: onderwaterprofiel bij streefpeil = 17,3 m² (bron: gemeten dwarsprofiel 20230418-10.pdf). Het gedeelte boven het streefpeil tot +0,15 m NAP is 37 m². Het totale nat oppervlak bij +0,15 m NAP is 54,3 m². 14 m³/s delen door 54,3 m² is een stroomsnelheid van 0,26 m/s. De ontwerpeis is geen hogere stroomsnelheid dan 0,5 m/s. Aan deze ontwerpeis wordt voldaan.
4. Profiel 2: we hanteren hetzelfde onderwaterprofiel als bij profiel 1. Het oppervlak boven streefpeil (en onder +0,15 m NAP is) 40,5. Het totale nat oppervlak is 40,5+17,3 = 57,8 m². 14 m³/s delen door 57,8 m² is 0,24 m/s. Dit betekent dat aan de ontwerpeis (0,5 m/s) wordt voldaan.
5. Profiel 3: Deze bepalen we grover. Het maaiveld is gemiddeld –0,49 m NAP. Bij aanvang van het vullen van het peilgebied is de waterstand –0,2 m NAP waardoor de waterschijf 0,29 m is. Het profiel is 280 m, vermenigvuldigd met 0,29 is het nat oppervlak 81 m². Bij een debiet 28 m³/s - delen door 81 m² – is de stroomsnelheid 0,35 m/s. Dit betekent dat aan de norm van maximaal 0,5 m/s wordt voldaan.
6. Profiel 4: in dit peilgebied is (benedenstrooms van de Woudrustbrug) dwarsprofiel 20230418-2 gemeten. Dit doorstroomprofiel - 7,3 m² - wordt aangenomen als representatief voor profiel 4.
7. Het oppervlak boven de watergang (en onder +0,15 m NAP) is 26 m². De som is 26 m² + 7,3 m² = 33,3 m². Bij het debiet van 28 m³/s is de stroomsnelheid 28 m³/s delen door 33,3 m² = 0,84 m/s. Dit betekent dat niet aan de ontwerpeis van maximaal 0,5 m/s wordt voldaan. Hier is wel oeverbeschoeiing nodig, maar de stroomsnelheid is niet der mate hoog dat ook bodembescherming nodig is.
8. Aan 'de lage zijde' is de waterstand –0,2 m NAP en is het nat oppervlak lager, namelijk 15 m² boven de watergang. De som qua nat oppervlak is 15 m² + 7,3 m² = 22,3 m². 28 m³/s delen door 22,3 m² is 1,25 m/s. Dit betekent dat niet aan de ontwerpeis van maximaal 0,5 m/s wordt voldaan. Aanvullende maatregelen zijn nodig om erosie te voorkomen. Hier is bodem- en oeverbeschoeiing nodig.

Bijlage H Stroomsnelheden

Deze bijlage bevat allereerst voor een aantal stationaire debiet variërend van 0,1Q tot 2,2Q de stroomsnelheden voor het huidige watersysteem (dus zonder DV-maatregelen). Voor de lagere debieten – 0,1Q/ 0,5Q en 1Q – is als benedenstroomse randvoorwaarde -0,93 m NAP (streefpeil in de boezem) gehanteerd. Voor de hogere debieten – 1,5Q/ 2Q en 2,2Q – is als benedenstroomse randvoorwaarde -0,5 m NAP gehanteerd.

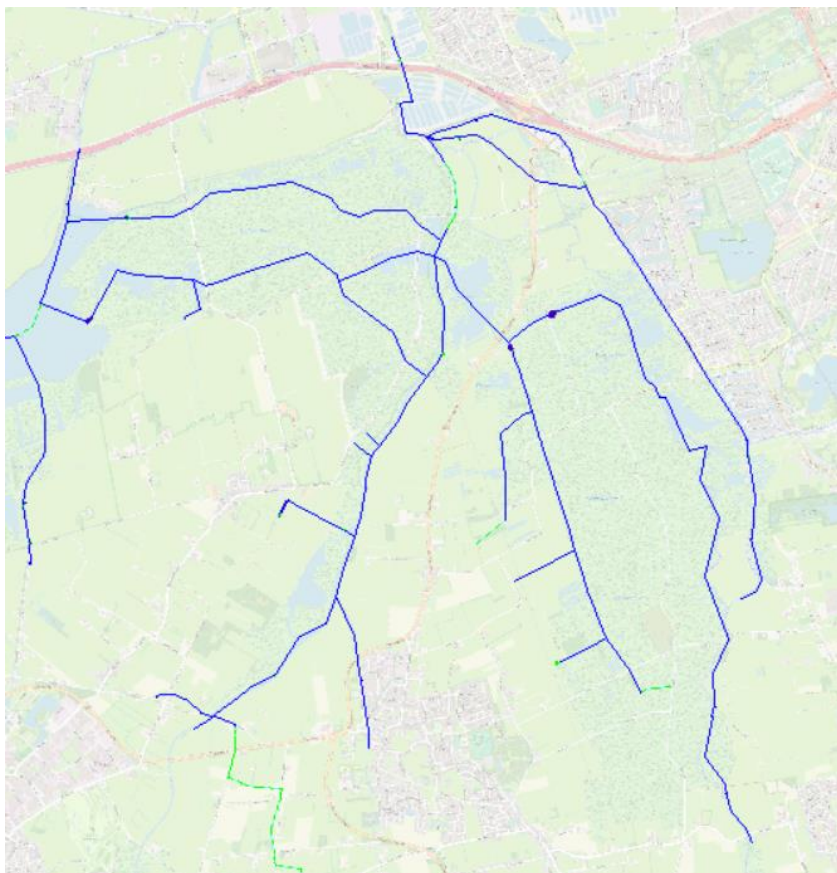
Later in deze bijlage wordt ook voor een tijdstap (24 uur nadat de maximale waterstand van +0,15 m NAP is bereikt) per variant de stroomsnelheid gegeven.

Deze bijlage gaat in op de stroomsnelheden. Het SOBEK-model combineert het debiet en totaal nat oppervlak (per locatie) en dat leidt tot stroomsnelheden. Dit betekent dat de berekende stroomsnelheden gemiddeld zijn en dat bijvoorbeeld ook de overstromingsvlakte wordt meegenomen. Het model is zo opgebouwd dat in de belangrijkste peilgebieden in de Onlanden de curve van het maaiveld in het profiel is opgenomen. Dat geeft meteen een vrij groot nat oppervlak en dus ook relatief lage stroomsnelheden bij de profielen. Daarbij geldt ook dat een S-curve is gemaakt van het hele peilgebied in dit is verdeeld over de profielen. Per peilgebied klopt het dan, maar locatie specifiek kunnen de stroomsnelheden in de praktijk afwijken.

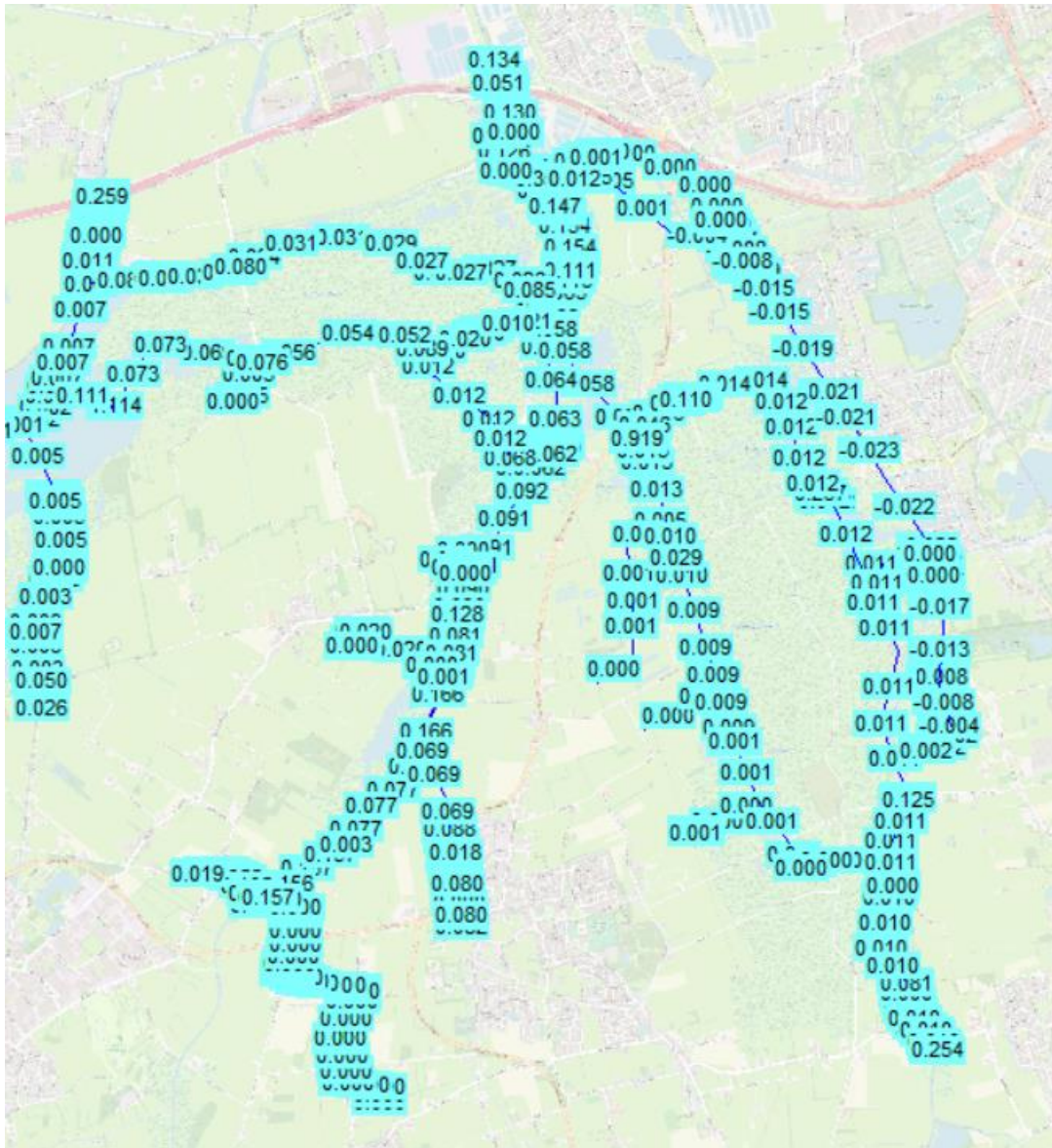
Het model berekend soms negatieve stroomsnelheden. Dit heeft te maken met de stroomrichting. Als bijvoorbeeld -0,5 m/s wordt gegeven, dan is dat gelijk aan 0,5 m/s.

Bij 1,5Q is ook het berekende nat oppervlak en de waterstand toegevoegd. Zodoende is af te leiden hoe de stroomsnelheden zijn afgeleid.

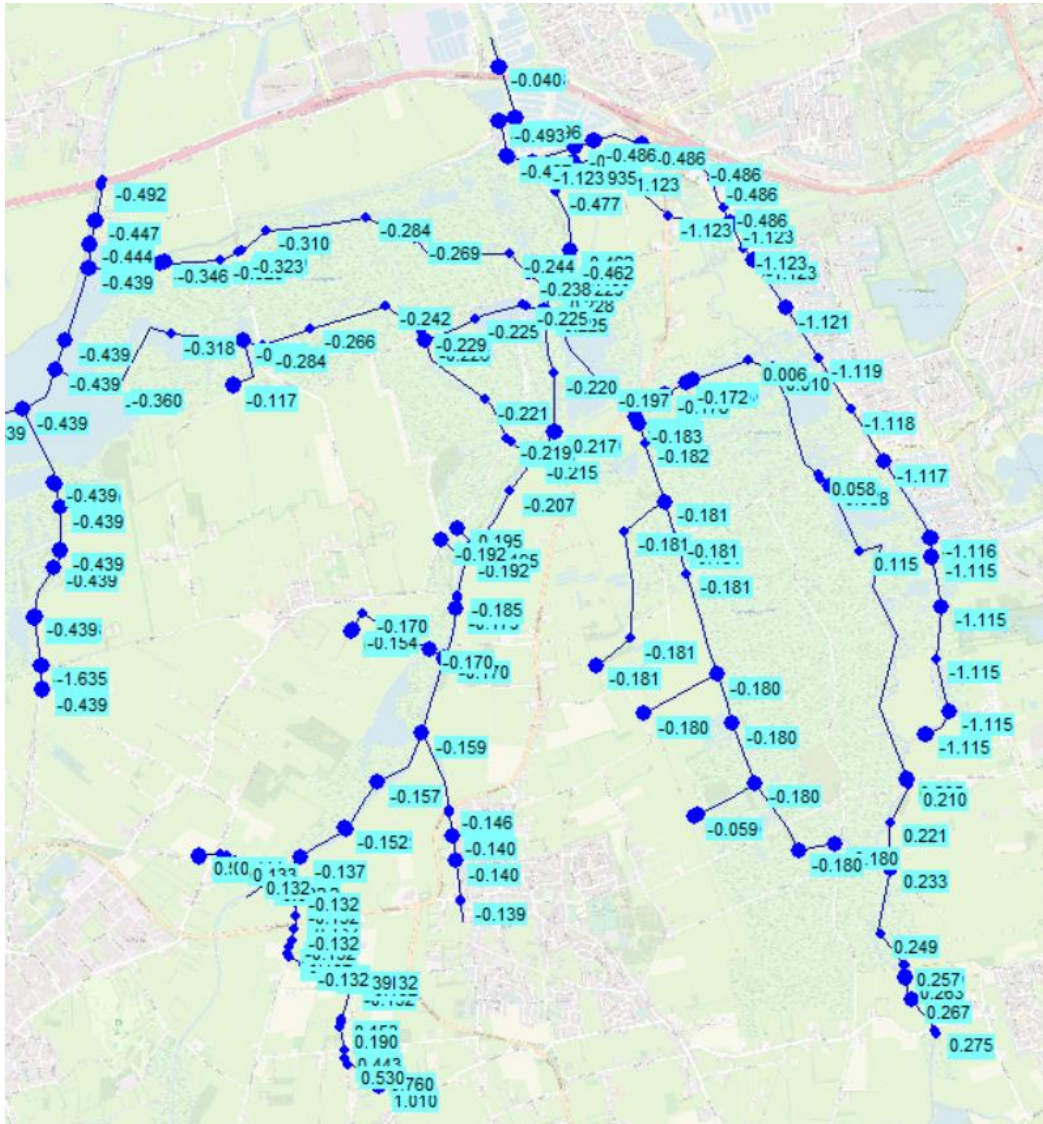
De resultaten worden voor dit gebied gegeven:



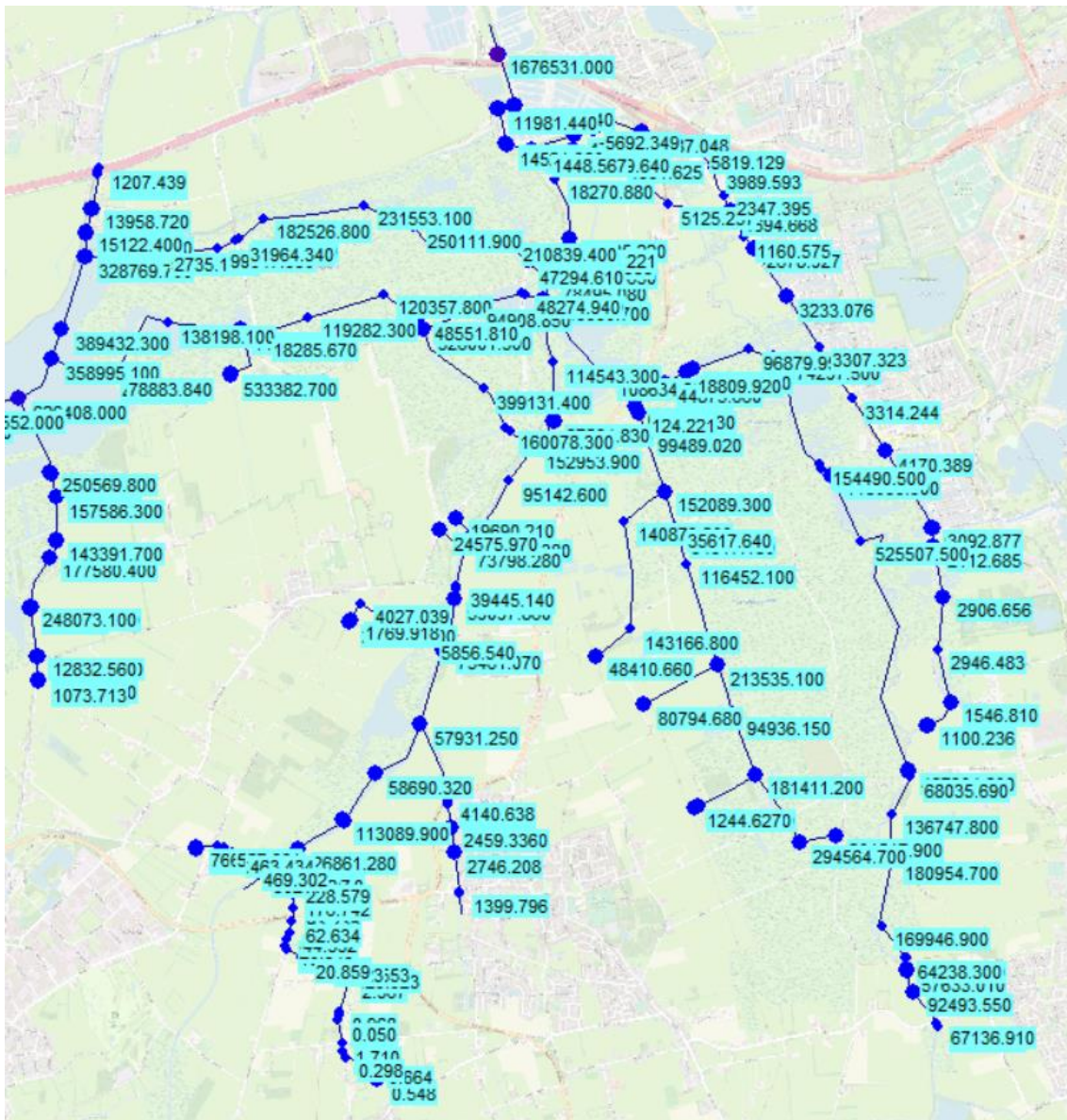
0.5Q, stationair, benedenstroomse randvoorwaarde is -0,93 m NAP



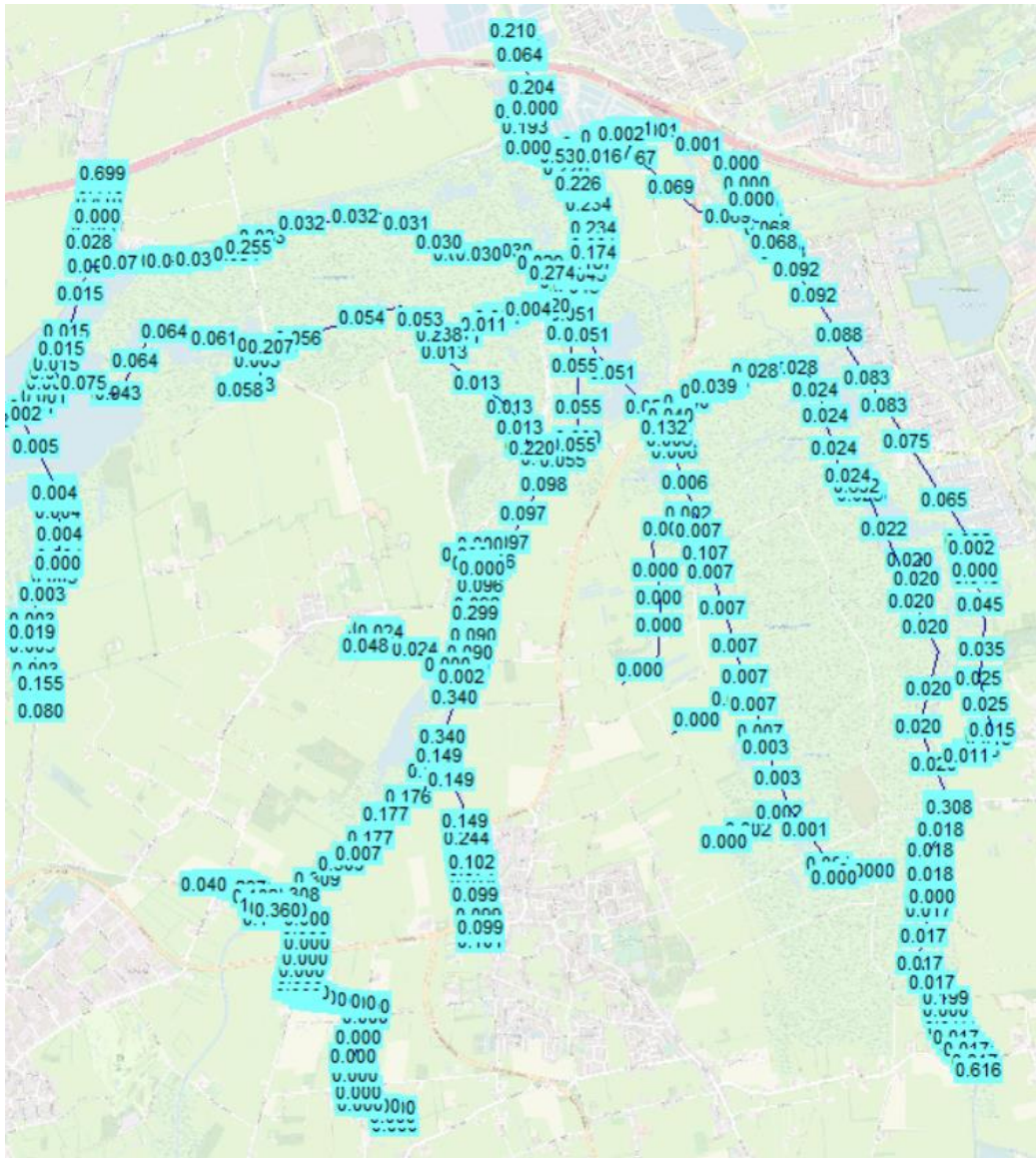
Waterstanden (bij 1,5Q):



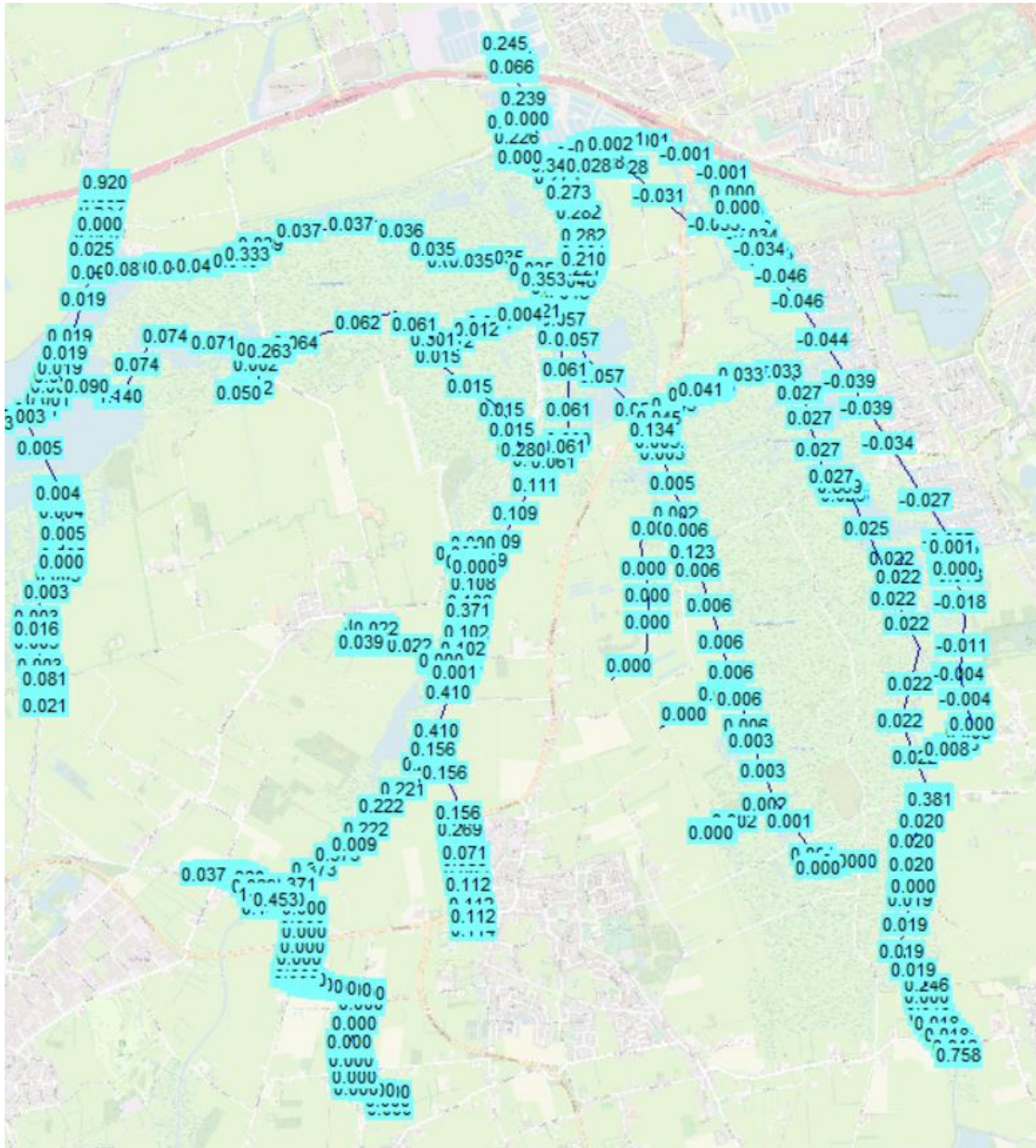
Nat oppervlak (bij 1,5Q):



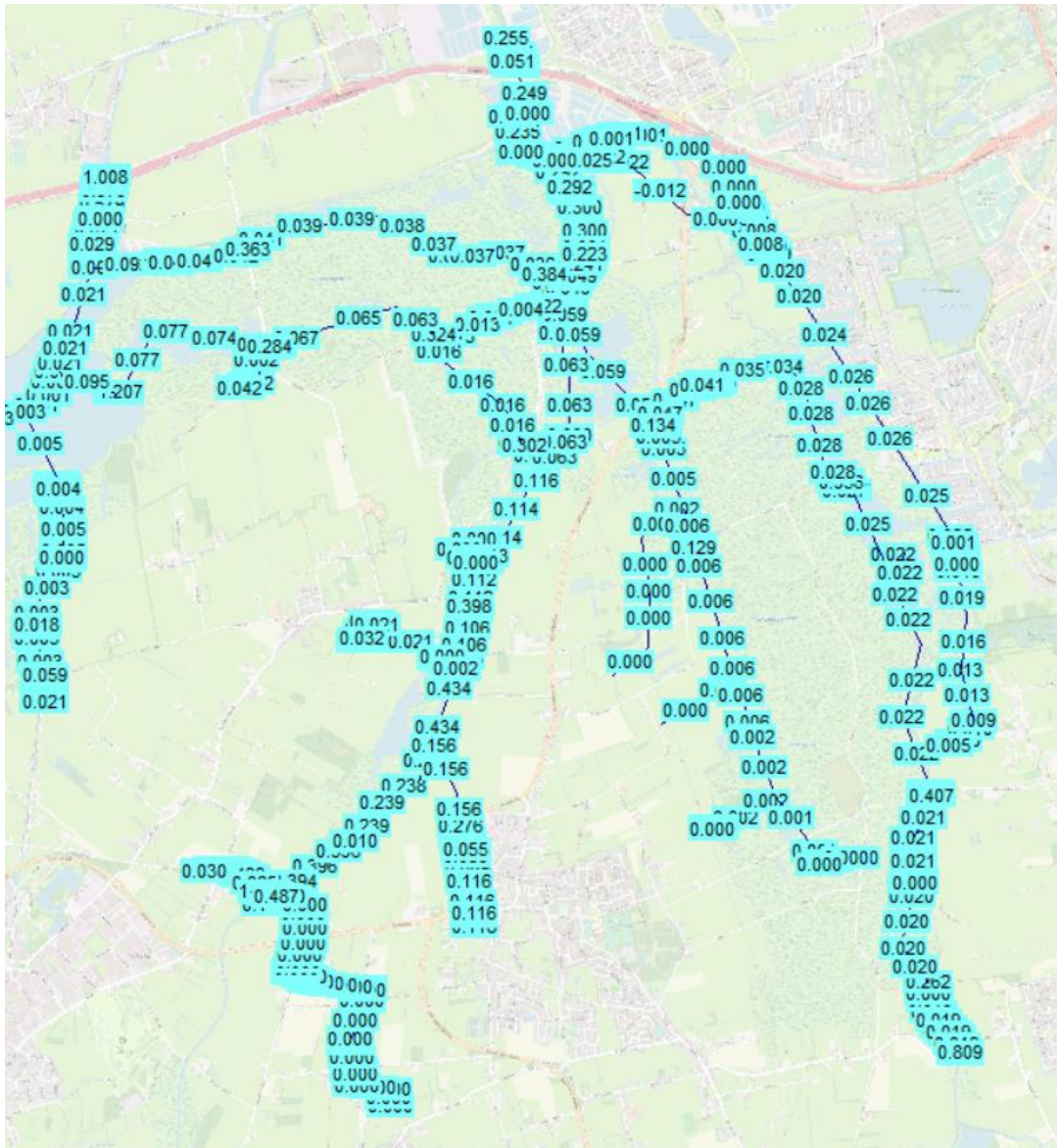
Stroomsnelheid (bij 1,5Q):



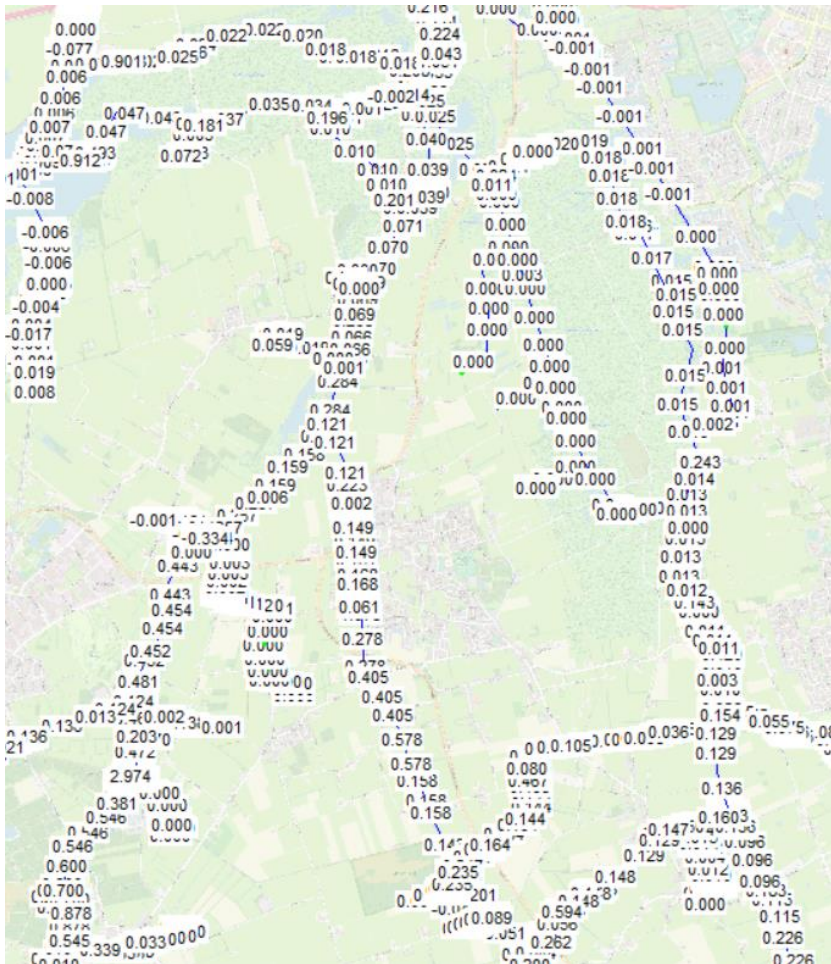
Stroomsnelheid bij 2Q (benedenstroomse randvoorwaarde is -0,5 m NAP):



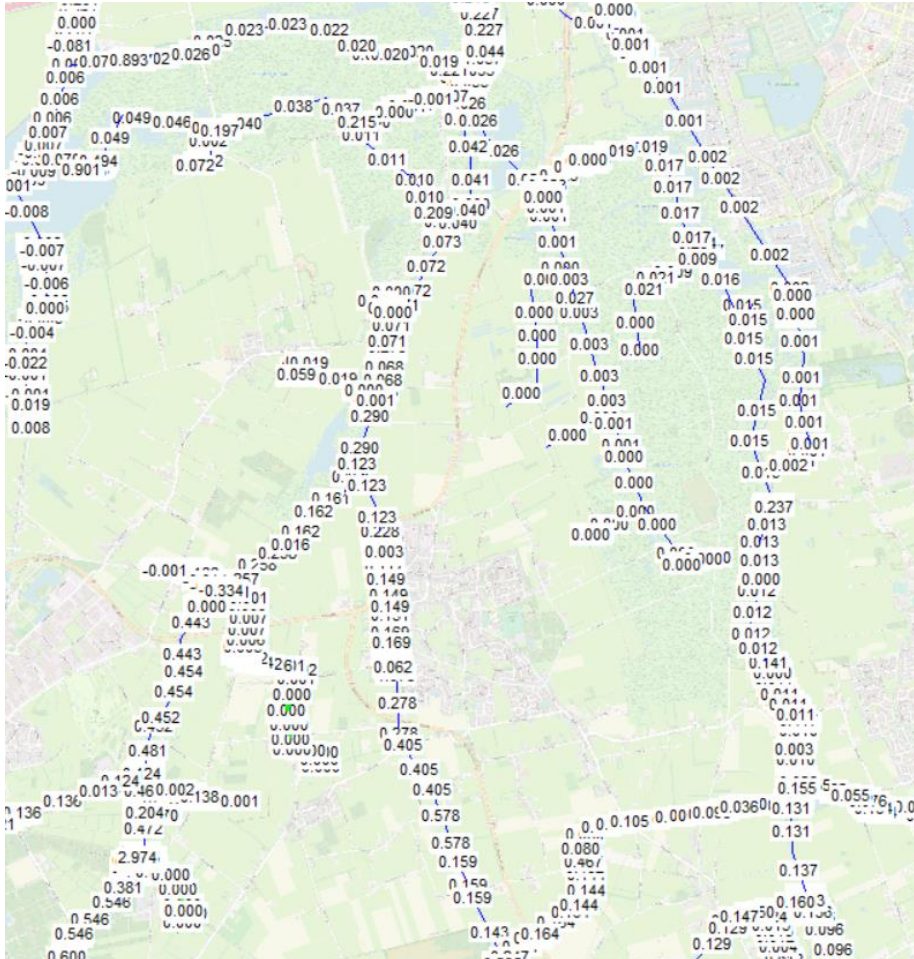
Stroomsnelheid bij 2,2Q (benedenstroomse randvoorwaarde is -0,5 m NAP):



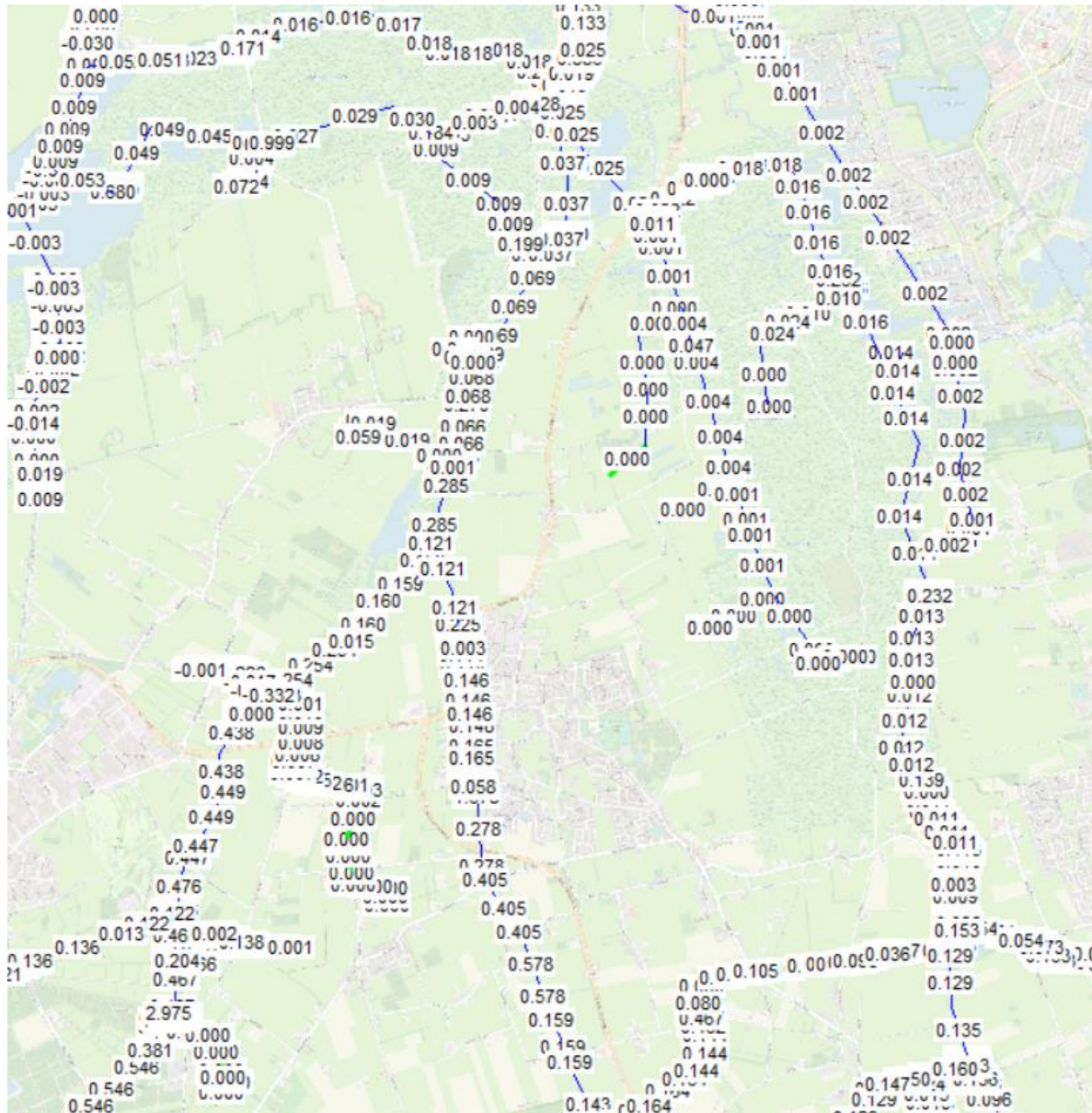
Stroomsnelheid in Variant 1, ~24 uur (tijdstap 10-1-2025 00:00) nadat +0,15 m NAP is bereikt in de Onlanden (benedenstroomse waterstanden wordt door het boezemmodel bepaald)



Stroomsnelheid in Variant 2, ~24 uur (tijdstap 10-1-2025 00:00) nadat +0,15 m NAP is bereikt in de Onlanden (benedenstroomse waterstanden wordt door het boezemmodel bepaald)

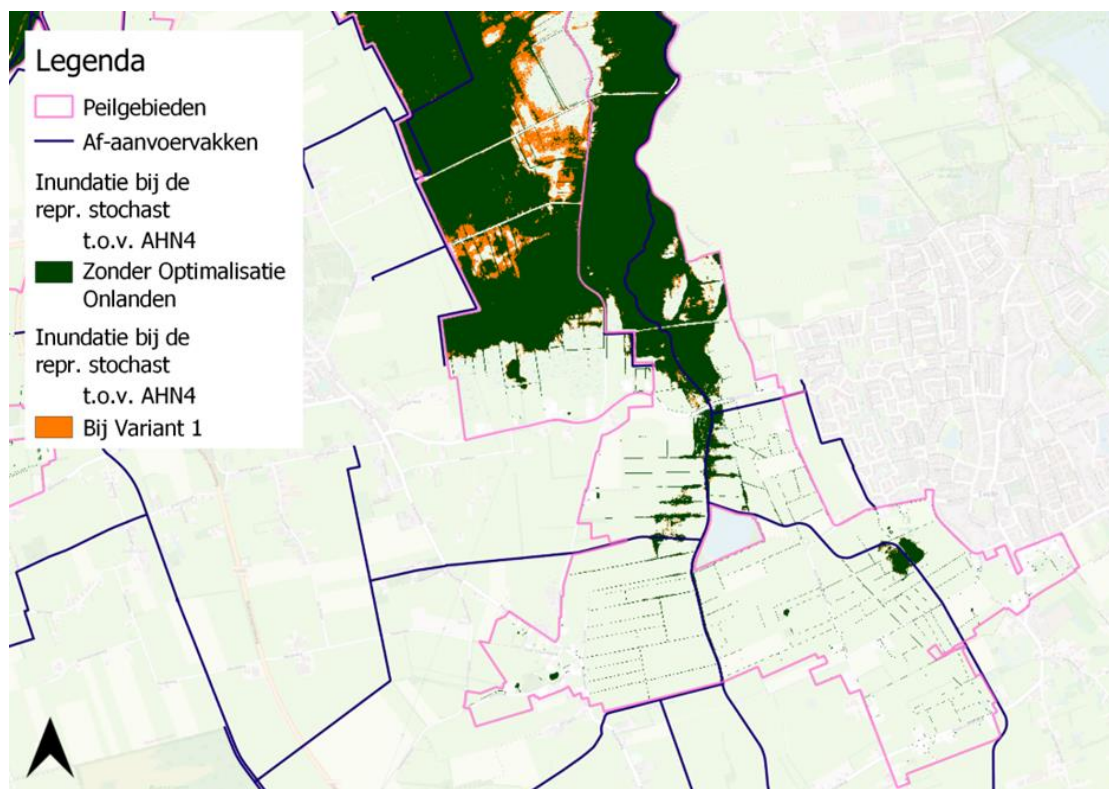
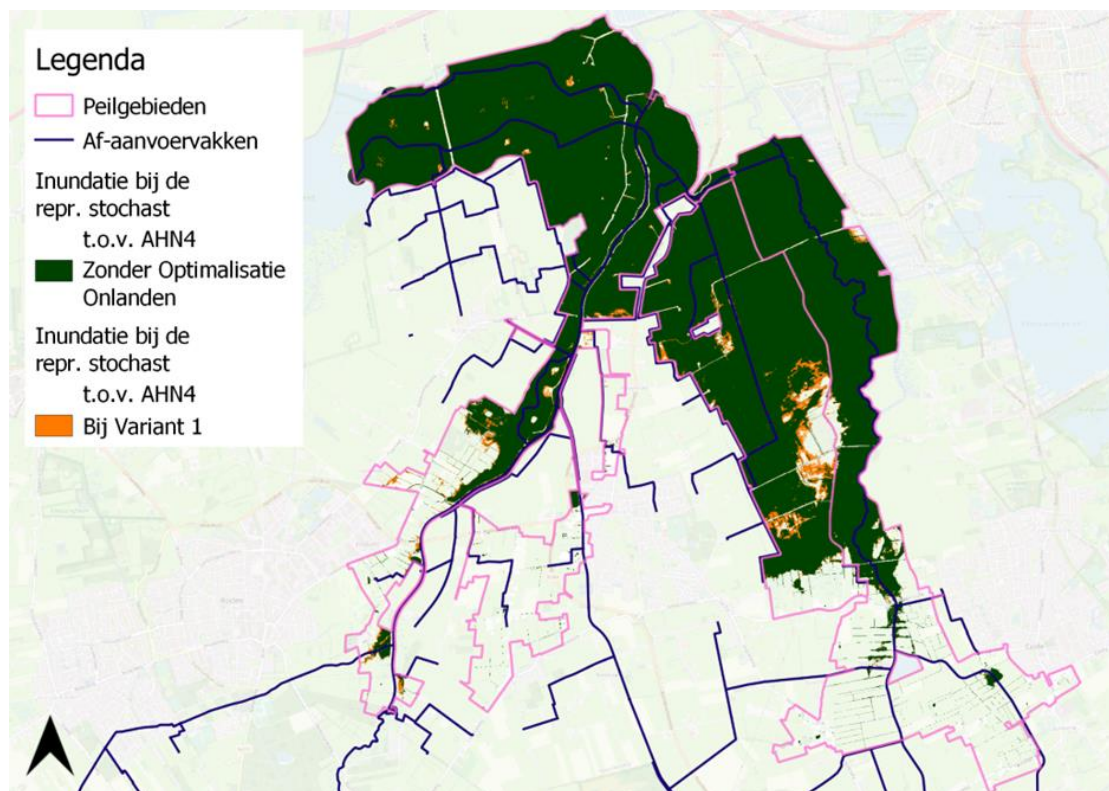


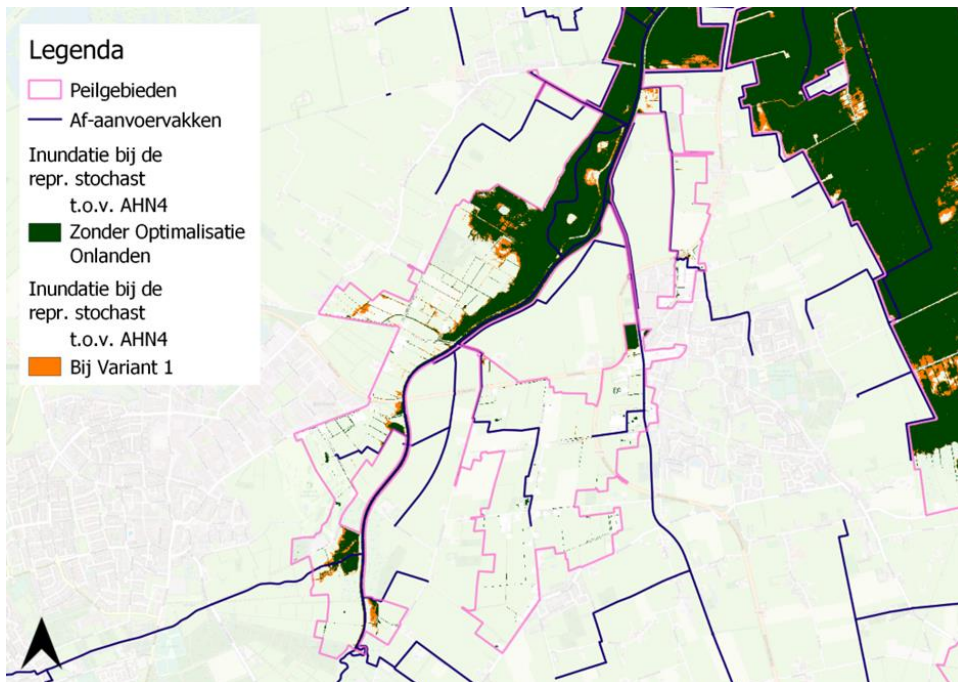
Stroomsnelheid in Variant 3, ~24 uur (tijdstap 10-1-2025 00:00) nadat +0,15 m NAP is bereikt in de Onlanden (benedenstroomse waterstanden wordt door het boezemmodel bepaald)



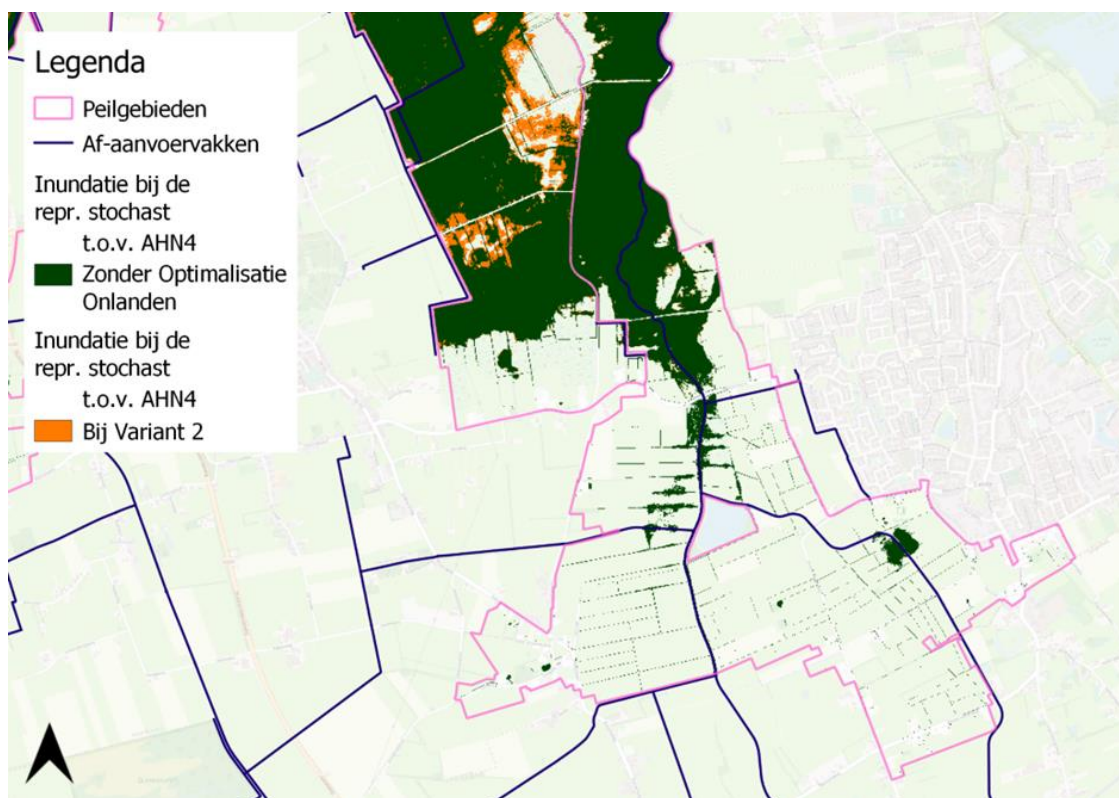
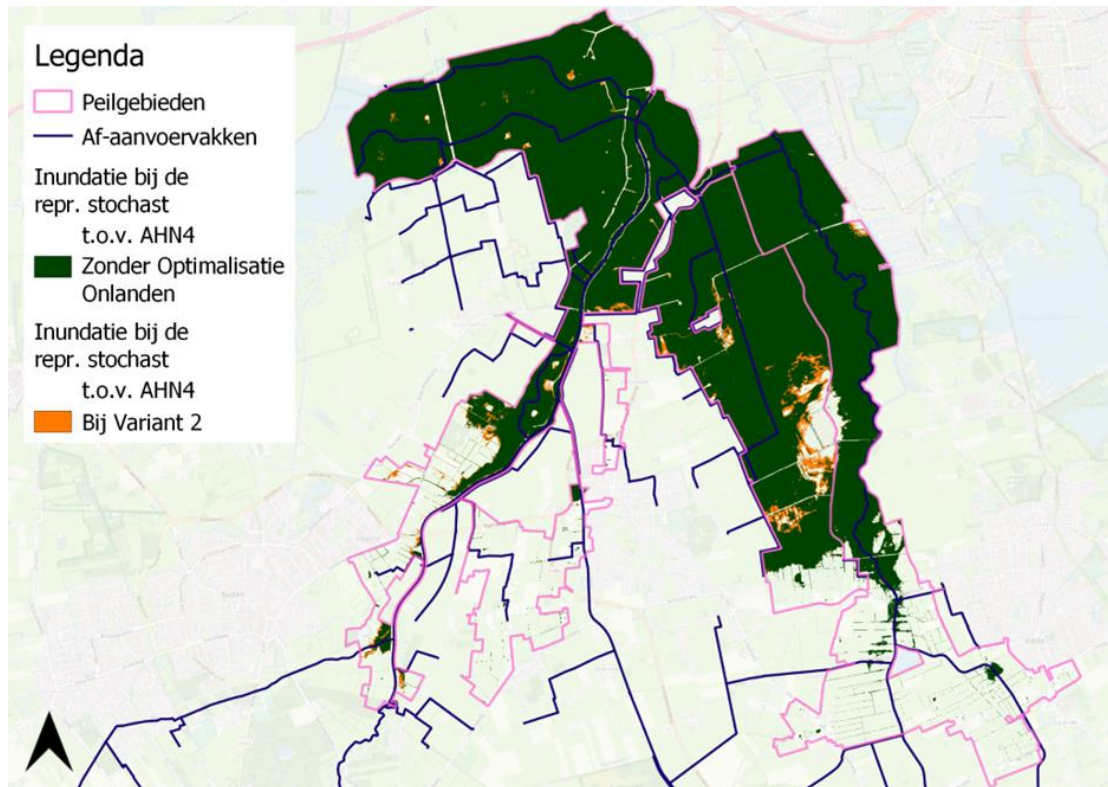
Bijlage I Inundatie

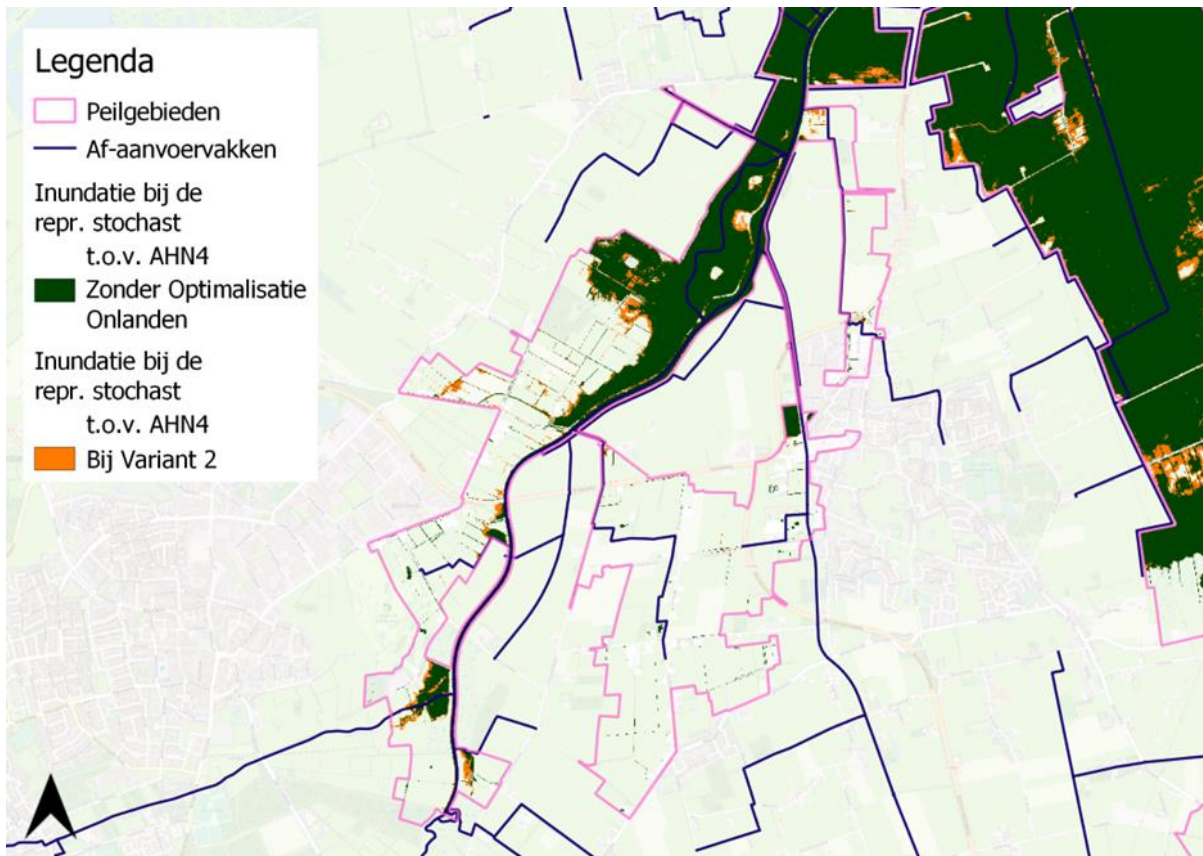
Variant 1



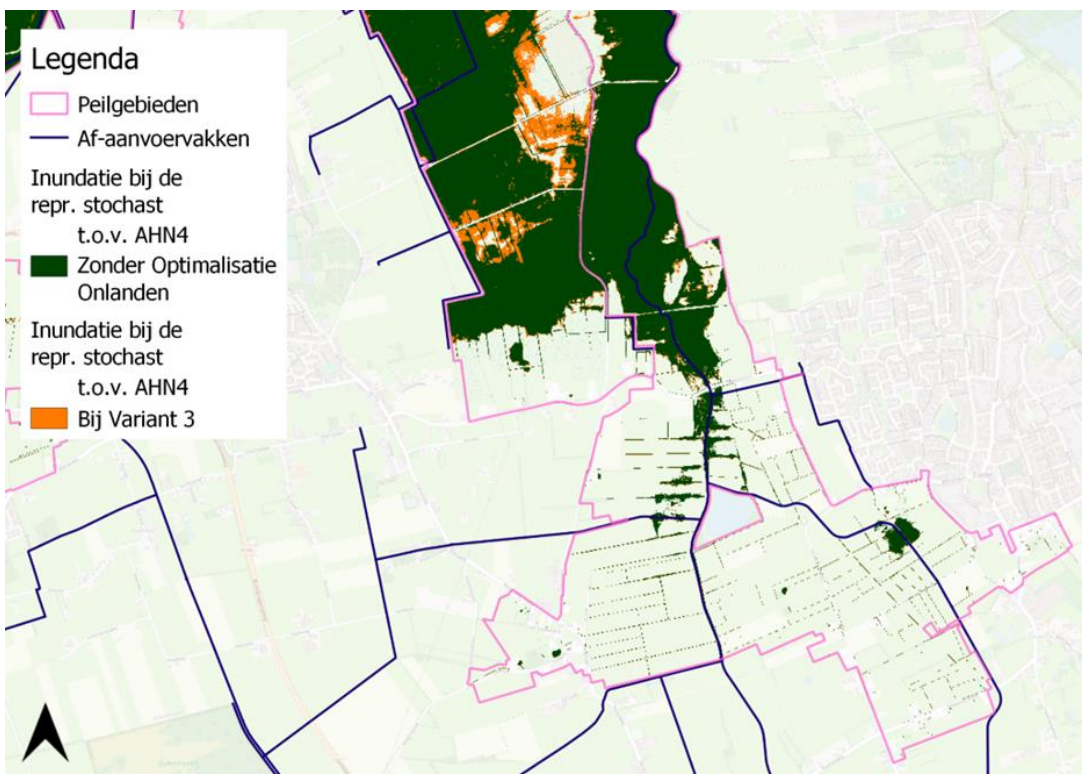
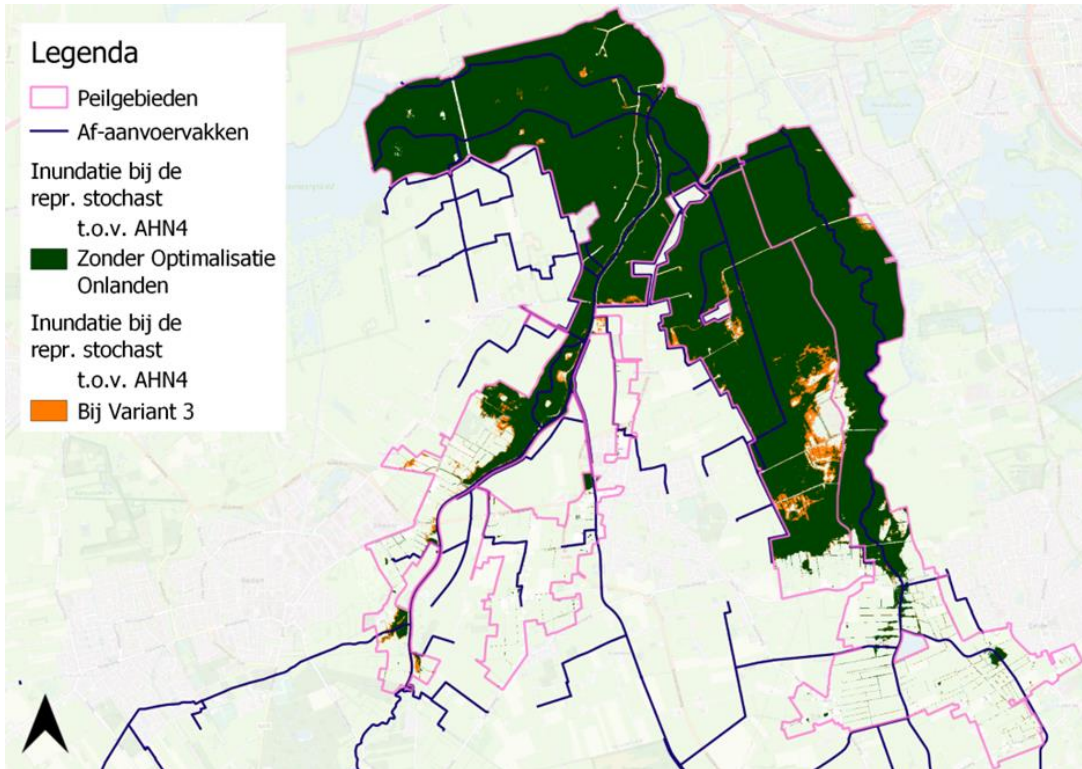


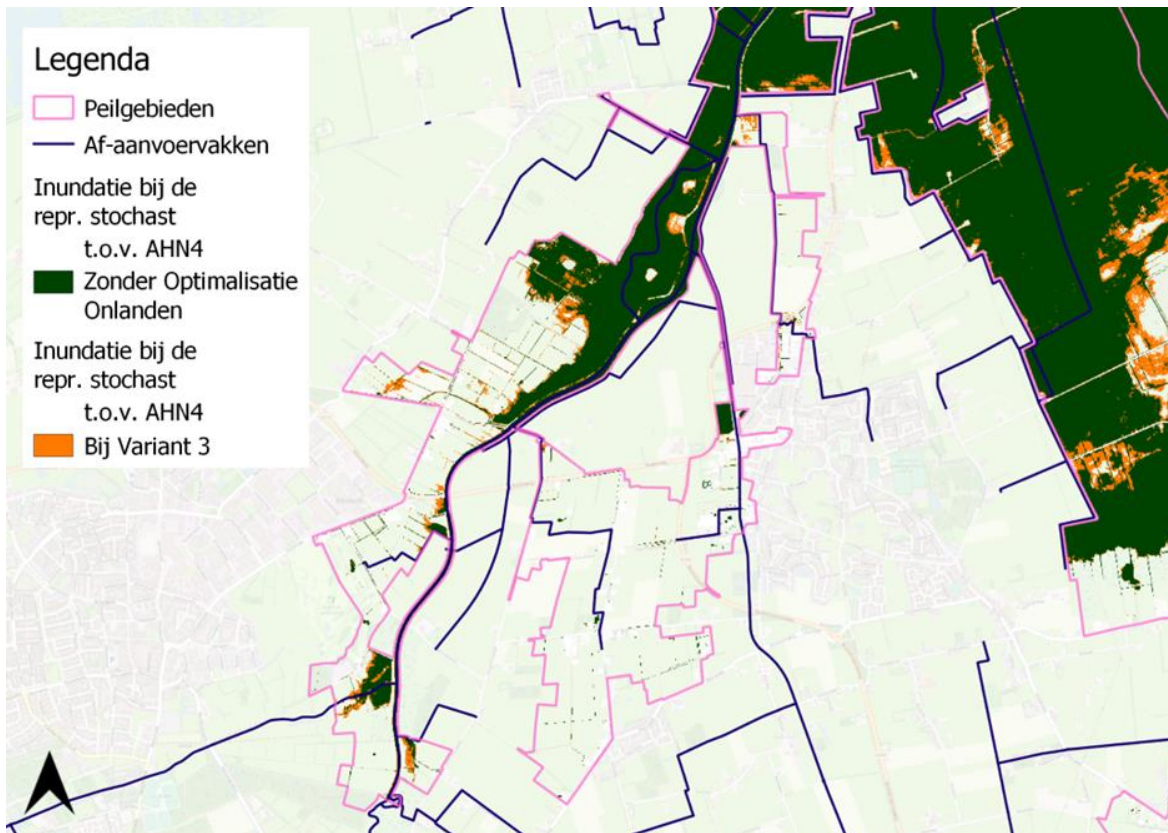
Variant 2





Variant 3





Bijlage J

Aandachtspunten Commissie MER

Vanuit de Commissie MER is gevraagd t.b.v. het opstellen van de MER ook naar worst-case situaties te kijken. De Commissie geeft hierbij de volgende aandachtspunten mee (*Advies over reikwijdte en detailniveau van het milieueffectrapport Optimalisatie waterberging de Onlanden Drenthe*, d.d. 31 mei 2022):

- Het in beeld brengen van de klimaatontwikkeling is van groot belang voor realisatie van het voornemen en het doelbereik ervan. Gebruik de meest recente klimaatscenario's van het KNMI voor het beschrijven van de waterbergingsopgave in de regio. Deze kan in omvang toenemen. Ook de frequentie van de inzet van De Onlanden als waterbergingsgebied kan wijzigen. De Commissie adviseert de verwachte klimaatontwikkeling (op basis van KNMI-scenario's) en de mogelijke consequenties daarvan voor de waterbergingsopgave en het doelbereik van de alternatieven in het MER in beeld te brengen.
- Ga uit van een maximum effect scenario. Geef aan welke inundatiefrequentie zeker schade geeft en hoe dit is te voorkomen. Bepaal bijvoorbeeld of een inundatie in de maand juni acceptabel is. Zo nee, beschrijf welke maatregelen kunnen worden genomen.
- De duur en frequentie van waterberging kan wijzigen afhankelijk van toekomstige klimaatverandering. Onderzoek de effecten van de alternatieven niet alleen bij wat op basis van de KNMI-klimaatscenario's gemiddeld wordt verwacht, maar ga ook uit van worst case situaties. Zo blijkt uit de NRD dat het uitgangspunt is dat het geborgen water in tien dagen kan worden afgevoerd, maar zou het gebied bij extreme langdurige neerslag wel eens veel langer onder water kunnen staan dan verwacht. Los van de statistische verwachtingen kan de waterberging in de praktijk twee keer kort na elkaar nodig zijn. Ook is van belang in welk jaargetijde of welke maand de inundatie plaatsvindt. In geval van dergelijke worst case situaties zouden de effecten wel eens veel groter kunnen zijn dan in een gemiddelde situatie, misschien zouden er onomkeerbare effecten kunnen optreden. Onderzoek hoe realistische worst case scenario's eruit kunnen zien en toets de alternatieven daar aan.
- Kijk naar de waarschijnlijkheid dat effecten optreden, dat wil zeggen het realiteitsgehalte van de verschillende effectscenario's (best-case en worst-case).

Het in beeld brengen van de klimaatontwikkeling (klimaatscenario's)

Bij het opstellen van de maatregelenstudie Droge Voeten 2050 is gewerkt met het op dat moment meest recente klimaatscenario. Er is destijds gerekend met de nattere scenario's, zijnde eerst 'W' en later 'WL'. Het planvoornemen is getoetst op een zeldzame 1:100 jaar gebeurtenis en met een nat klimaatscenario. Hiermee is het planvoornemen behoorlijk worst-case ingestoken, voor zover dat mogelijk is met de bestaande kennis binnen de klimaatscenario's.

Bij oplevering van de maatregelenstudie is met de provincie afgesproken om de voorgestelde Droge Voeten 2050 maatregelen t.z.t. te toetsen aan de nieuwste klimaatscenario's.

De Droge Voeten 2050 maatregelen zijn derhalve in 2016 getoetst aan deze nieuwe scenario's. De uitkomst van die toetsing was dat de eerdere maatregelen uit het gekozen maatregelpakket onverminderd effectief zijn, maar dat ze onvoldoende zijn om in de 3^e schil van de Electraboezem aan de veiligheidsnorm te voldoen. Aanvullende maatregelen waren noodzakelijk. Daarvoor waren twee mogelijkheden: nog meer water bergen of nog meer water afvoeren. Beide mogelijkheden zijn onderzocht. Het waterschap heeft in 2016 gekozen voor uitbreiding van de pompcapaciteit van het gemaal H.D. Louwes (meer water afvoeren). Daarmee voldoet het maatregelenpakket weer aan de vigerende veiligheidsnorm.

Ten tijden van het opstellen van de MER zijn er nog geen nieuwe klimaatscenario's bekend.

Worst-case scenario's

Er is voor het maatregelenpakket niet uitgegaan van de gemiddelde verwachting van de KNMI-klimaatscenario's (zie hierboven), maar juist van een nat scenario. Uit dit scenario is bijvoorbeeld gebleken dat het bergingsgebied ééns in de 25 jaar wordt ingezet en dat het geborgen water binnen 10 dagen weer afgevoerd kan worden. Dit betreffen echter statistische verwachtingen. In de praktijk kunnen zich ook andere scenario's voordoen die meer worst-case zijn voor lokale effecten, buiten de klimaatscenario's om. Aangezien deze, ondanks de minimale kans, niet uit te sluiten zijn nemen we deze mee in de studie. De scenario's hebben betrekking op de in de MER te onderzoeken thema's. De volgende scenario's worden onderzocht:

- Inzet van het bergingsgebied 2 opeenvolgende jaren.
- Inzet van het bergingsgebied in de voor flora en fauna kritische periode.
- In hetzelfde jaar tweemaal inzet van het bergingsgebied, waarbij wordt uitgegaan dat het bergingsgebied in de tussentijd volledig leegloopt.
- Inzet van het bergingsgebied met een leeglooptijd van 15 en 20 dagen i.p.v. de eerder gestelde 10 dagen.

We gaan hierbij niet uit dat bovenstaande scenario's tegelijk optreden. Dit aangezien de kans dat bovenstaande scenario's überhaupt optreden al dusdanig klein dat het gelijktijdig optreden als onrealistisch wordt geacht.

Daarnaast wordt onderzoek gedaan (ecologisch en hydrologisch onderzoek) naar de verwachting bij welke inundatieduur/frequentie onomkeerbare (natuur)schade optreedt, inclusief mitigerende maatregelen t.b.v. het besluitvormings- en inzetprotocol.

Colofon

OPTIMALISATIE ONLANDEN
ACTUALISATIE MODEL EN ONDERZOEK VARIANTEN

KLANT
Waterschap Noorderzijlvest

AUTEUR
Niels de Hulster

PROJECTNUMMER
30153499

ONZE REFERENTIE
3654YP5DNS56-831244485-898:1.0

DATUM
21 augustus 2023

STATUS
Definitief

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

T [+31 \(0\)88 4261 261](tel:+3120884261261)

Arcadis. Improving quality of life