

Advies wateropgave Lange Weeren

Ontwerp en inrichtingsplan 2024



**Nelen &
Schuurmans**

9-7-2024



Advies wateropgave Lange Weeren

Ontwerp en inrichtingsplan 2024

Voor
Gemeente Edam-Volendam
Postbus 180
1130 AD VOLENDAM

Nelen & Schuurmans
Zakkendragershof 34-44
3511 AE Utrecht

www.nelen-schuurmans.nl

Projectgegevens

Dossier : Z0084
Datum : 9-7-2024
Versie : 1.1 (definitief)

Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
1.1	Aanleiding	2
1.2	Doel	3
1.3	Werkwijze.....	3
1.4	Leeswijzer.....	3
2	Gebiedsbeschrijving/ scope	4
2.1	Peilgebieden	4
2.2	Afvoerroutes.....	4
2.2.1	Huidige kunstwerken op afvoerroutes.....	5
2.3	Geautomatiseerde sturing	6
3	Uitgangspunten	7
3.1	Inrichting de Lange Weeren	7
3.1.1	Inrichtingsplan.....	7
3.1.2	Peilgrenzen	8
3.1.3	Percentage maaiveldaanpassing.....	8
3.2	Model en modelschematisaties.....	10
3.2.1	3Di model.....	10
3.2.2	Modelschematisaties.....	10
3.3	Toetsingsmethodiek	13
3.3.1	18 buien methodiek.....	13
3.3.2	Neerslagstatistieken	13
3.3.3	Schadeschatting.....	13
4	Modelresultaten	15
4.1	Systemanalyse referentie+ situatie.....	15
4.1.1	Vergroten hydraulische capaciteit afvoerroutes	15
4.1.2	Effect sturing stuwen C en C'.....	15
4.2	Uitkomsten 18-buien methodiek.....	16
4.2.1	Waterberging in de Lange Weeren	16
4.2.2	Maximale waterdiepte(verschil).....	17
4.2.3	Uitkomsten waterschadeschatter.....	24
5	Conclusie	26
5.1	Conclusie	26
I.	Modelverbeteringen	27

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Edam-Volendam wil een nieuwbouwoontwikkeling realiseren ten westen van het bestaande stedelijk gebied van Volendam: de Lange Weeren. Door de gemeente is Plan De Lange Weeren opgesteld, waarin de ambities voor de Lange Weeren zijn opgenomen. Ambities die samen met de provincie maar ook met de Adviescommissie Ruimtelijke Ontwikkelingen (ARO) en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) uitgewerkt moeten worden naar een ontwikkelkader.

In 2023 heeft Nelen & Schuurmans daarvoor onderzoek gedaan naar de wateropgave in de Lange Weeren en een advies uitgebracht (project Y0071). Destijds is het meest recente inrichtingsplan voor de Lange Weeren omgezet in een hydraulische rekenmodel en getoetst. De resultaten hebben geleid tot positieve reacties van de ARO en HHNK.

In 2024 is door Bureau B+B het ontwerp van de Lange Weeren verder verfijnd, resulterend in een nieuw ontwerp. In dit nieuwe ontwerp is de bebouwing verder uitgebreid richting de flanken. Ook is het ontwerp van het watersysteem significant gewijzigd tijdens de fysieke werksessie d.d. 13 maart 2024, zie Figuur 1-1. De dimensies en het waterpeil van de aansluiting met de wijk Blokrouw is aangepast; meerdere watergangen zijn verbreed en de drooglegging is verkleind.



Figuur 1-1 Schetsen gemaakt tijdens de fysieke werksessie over wateropgave de Lange Weeren d.d. 13 maart 2024

Bovengenoemde wijzingen van het ontwerp hebben een invloed op de modelresultaten en op het eerder gegeven advies. Daarom heeft Nelen & Schuurmans geadviseerd om het nieuwe ontwerp van de Lange Weeren opnieuw te toetsen.

Daarnaast hebben Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en gemeente Edam-Volendam de wens om het schaderisico van Edam-Volendam te verlagen via de ontwikkeling van de Lange Weeren. Daarvoor is het plan van aanpak in voorliggende opdracht afgestemd met Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier d.d. 26 maart 2024.

In voorliggende studie hebben wij het nieuwe ontwerp van de Lange Weeren getoetst opgeleverd mei 2024. Dit hebben wij de werknaam 'ontwerp 2024' gegeven.

1.2 Doel

Het doel van voorliggend studie is:

- › De geplande ontwikkeling van de Lange Weeren volgens ontwerp 2024 i.c.m. het aanvoerdend watersysteem vanuit Edam-Volendam toetsen aan extreme neerslagscenario's met betrekking tot: klimaatbestendig ontwerp en waterberging.

1.3 Werkwijze

Om goed inzicht te krijgen in het functioneren van de Lange Weeren bij extreme neerslag, en het effect daarvan op het omliggende stedelijk gebied, modelleren wij gefaseerd de ontwikkeling van de Lange Weeren en de samenhangende ontwikkelingen. Deze gefaseerde modelopbouw (Tabel 1-1) geeft inzicht in de verandering van de wateroverlast en het schaderisico met de ontwikkeling van de Lange Weeren.

Tabel 1-1 Gefaseerde modelopbouw (voor overzicht afvoerroutes zie Figuur 2-2)

	Model	Uitbreiding van de modelschematisatie
1.	Huidige situatie	-
2.	Referentie situatie	Model 1 + Kade rondom Volendammeer
3.	Referentie+ situatie	Model 2 + hydraulische verbetering afvoerroutes B & C + verbeterde afvoer naar polder Katwoude (route C)
4.	Toekomst situatie	Model 3 + Nieuwbouwontwikkeling de Lange Weeren incl. gestuurde kunstwerken (route A)
5.	Toekomst+ situatie	Model 4 + Verbinding polder Lange Weeren met Katwoude (route D)

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 is een vervolg op de inleiding waarin relevante technische zaken over het studiegebied worden beschreven. In hoofdstuk 3 zijn de gehanteerde uitgangspunten beschreven. Hoofdstuk 4 toont de resultaten, gevolgd door een conclusie in hoofdstuk 5.

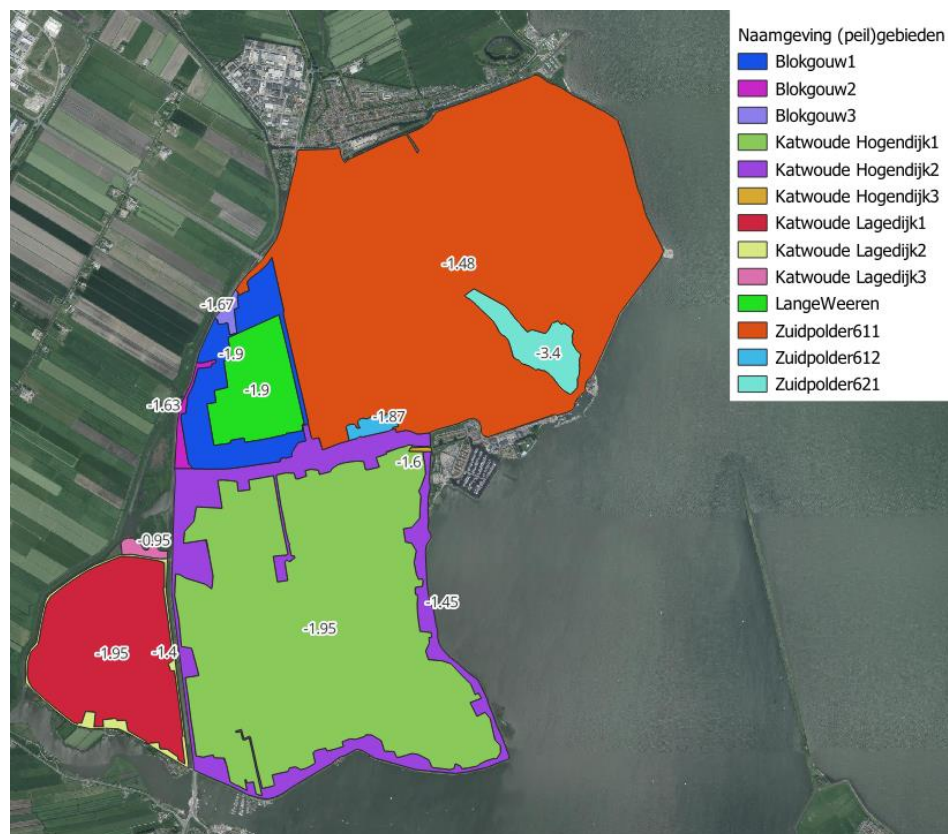
2 Gebiedsbeschrijving/ scope

2.1 Peilgebieden

De ontwikkeling de Lange Weeren is gepland binnen een poldersysteem bestaande uit verschillende peilgebieden. Onderstaande Figuur 2-1 toont de verschillende peilgebieden die samen de ruimtelijke afbakening van voorliggende studie vormen. Deze peilgebieden zijn afkomstig van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (bron Waterschapshuis (DAMO), juni 2023).

Het peilgebied 'LangeWeeren' hebben wij zelf ingetekend binnen de grenzen van het peilgebied 'Blokrouw1'. Blokrouw1 staat ook bekend als het 'noodventiel', omdat in Blokrouw1 afstromende extreme neerslag uit het stedelijk gebied kan worden geborgen.

Let op: de naamgeving van de peilgebieden in voorliggende studie (Figuur 2-1) komt overeen met de naamgeving door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, maar wijkt af van de naamgeving in de voorgaande studie (project Y0071)



Figuur 2-1 Peilgebieden die onderdeel uitmaken van het model inclusief streefpeilen [m NAP]

2.2 Afvoerroutes

Het Volendammeer (peilgebied Zuidpolder621 in Figuur 2-1) is het laagst gelegen stedelijk gebied van Edam-Volendam en om die reden mogelijk kwetsbaar voor wateroverlast bij extreme neerslag. Daarom bekijken we hoe water vanuit de watergangen rondom het Volendammeer naar buiten de stad/ de Lange Weeren kan worden afgevoerd, om schade in het Volendammeer te voorkomen. Deze afvoer van extreme

2.3 Geautomatiseerde sturing

In het bestaande 3Di model van de huidige situatie (paragraaf 3.2.2) zitten drie stuwen waarop sturing is toegepast. Bij deze stuwen kan de stuwhoogte veranderen o.b.v. een berekende waterstand elders in het model.

Sturing is toegepast op de volgende stuwen:

- › KST-JL-150 (waterberging ten zuiden van Volendam)
 - De initiële stuwhoogte is -1,3 mNAP. Per millimeter dat de waterstand stijgt in de watergang ervoor, gaat de stuw met 13 mm omlaag tot een minimale stuwhoogte van -1,83 mNAP. Dit zorgt ervoor dat de waterberging beter wordt benut bij hogere waterstanden.
- › KST-Q-28936 (stuw C', zie Figuur 2-2)
 - Deze stuw is gemodelleerd als een gestuurde stuw, maar er zijn geen regels opgenomen in het model die de kruinhoogte daadwerkelijk aanpassen. Zodoende heeft deze stuw een vaste hoogte in het model.
- › KST-Q-28863
 - De initiële stuwhoogte is -1,45 mNAP. Per millimeter dat de waterstand stijgt in de watergang ervoor, gaat de stuw met 13 mm omlaag tot een minimale stuwhoogte van -1,98 mNAP en wordt water vanuit peilvak 'Katwoude Hogendijk2' ingelaten naar het grotere peilvak 'Katwoude Hogendijk1' (in deze rapportage verder verwezen als Katwoude).



Figuur 2-4 Locaties met gestuurde stuwen in model.

3 Uitgangspunten

3.1 Inrichting de Lange Weeren

3.1.1 Inrichtingsplan

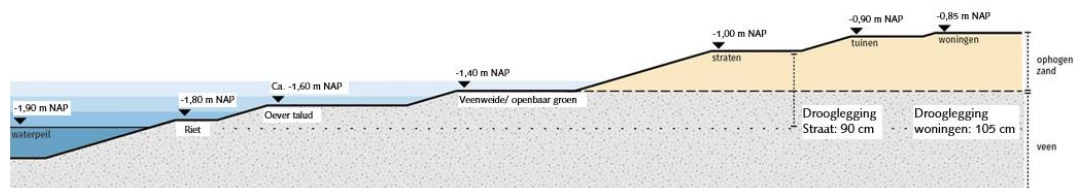
Bureau B+B stedenbouw en landschapsarchitectuur in samenwerking met René Kuiken Urbanism heeft d.d. 6 mei 2024 een inrichtingsplan in de vorm van vlakken met bijbehorende maaiveldhoogte aangeleverd aan Nelen & Schuurmans.

In Tabel 3-1 zijn de aangeleverde maaiveldhoogtes weergegeven per landgebruik type, samen met de infiltratiecapaciteiten en hydraulische frictie-waarden voor stroming over maaiveld. De infiltratiecapaciteiten hebben wij gebaseerd op de standaardwaarden uit SOBEK2 gecombineerd met het type open-/ gesloten verharding. De gekozen frictiewaarden zijn gebruikelijke waarden in de Nederlandse sector.

Tabel 3-1 Hoogteligging, infiltratiecapaciteit en maaiveldfrictie per landgebruik type van het inrichtingsplan

Landgebruik	Hoogte [m NAP]	Infiltratiecapaciteit [mm/dag]	Frictie Manning [s/m ^{1/3}] (bron: Chow, 1959)
Water	-1,90 / -1,48	0	0,030
Erf	-0,95	120	0,020
Pand	-0,85	0	0,020
Tuin	-0,90	240	0,060
Haag	-0,95	480	0,100
Oever talud	-1,60	240	0,035
Parkeerhof	-1,00	12	0,020
Rijbaan	-1,00	12	0,015
Trottoir	-0,95	12	0,015
Openbaar groen	-1,40	480	0,035
Riet	-1,80 / -1,38	0	0,100
Vochtig schraalland	<i>Bestaande hoogte</i>	480	0,035

Het hoogteverloop uit Tabel 3-1 is gevisualiseerd weergegeven in Figuur 3-1. Op basis van het inrichtingsplan gaan wij in deze studie uit van uniforme maaiveldhoogtes per landgebruiksfunctie. De drooglegging is 90 cm tot aan straatniveau en 105 cm tot aan vloerpeil woningen, uitgaande van het streefpeil van -1,90 m NAP.



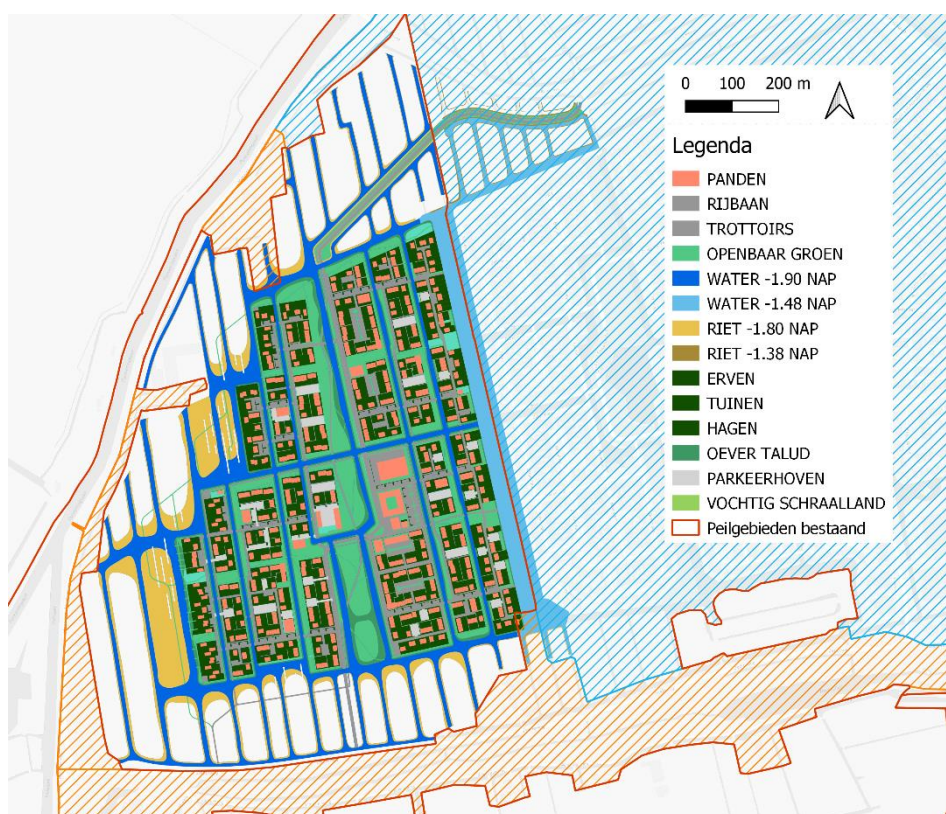
Figuur 3-1 Hoogteverloop maaiveld de Lange Weeren

3.1.2 Peilgrenzen

Het aangeleverd inrichtingsplan doorkruist op meerdere plekken de bestaande peilgrenzen: dit betreffen de flanken (oranje gearceerd in Figuur 3-2) en de aansluiting met de wijk Blokrouw (blauw gearceerd in Figuur 3-2).

Bureau B+B heeft d.d. 27 mei 2024 laten weten dat de peilgrenzen in de flanken (oranje gearceerd in Figuur 3-2) niet bewust doorkruist zijn en er nog geen duidelijkheid is over een eventuele aanpassingen van die peilgrenzen. Op basis van ervaring hebben wij hier het inrichtingsplan aangepast: op de plekken waar het inrichtingsplan de oranje-gearceerde peilgebieden doorkruist hebben wij het inrichtingsplan 'ingekort' (reeds verwerkt in Figuur 3-2). De peilgrenzen zijn op die manier onveranderd ten opzichte van de bestaande situatie.

Bij de aansluiting met de wijk Blokrouw (blauw gearceerd in Figuur 3-2) hebben wij wel de bestaande peilgrens opnieuw ingetekend. In de legenda van Figuur 3-2 is het water met twee verschillende kleuren aangegeven, waarmee de nieuwe peilgrens zichtbaar is.



Figuur 3-2 Inrichtingsplan de Lange Weeren en de bestaande peilgrenzen

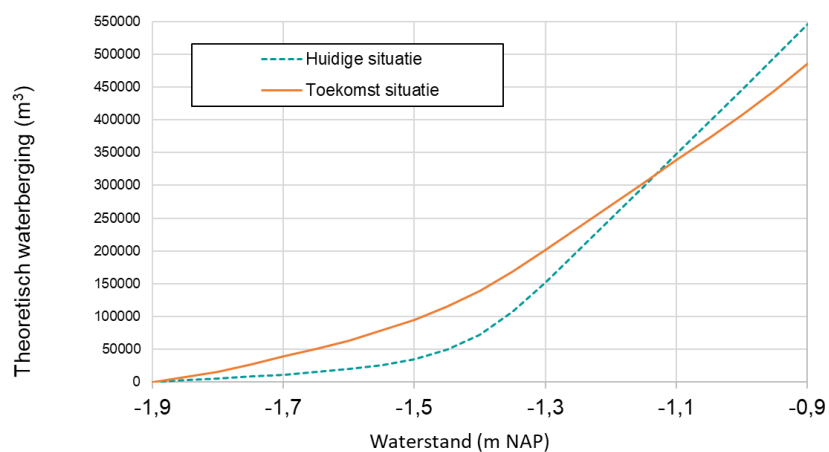
3.1.3 Percentage maaiveldaanpassing

Volgens het inrichtingsplan blijft een gedeelte van het noodventiel onveranderd, groen gekleurd in Figuur 3-3. Dit betreft de flanken en omvat ca. 30% van het totaal oppervlak. De andere ca. 70% van het noodventiel wordt aangepast, oranje gemaakt in Figuur 3-3.



Figuur 3-3 Overzicht ontwikkeling van het noodventiel in oranje

Op basis van de bestaande hoogtekkaart is binnen de grenzen van het plangebied (Figuur 3-3) bepaald hoeveel water theoretisch kan worden geborgen op het maaiveld. Het resultaat daarvan is een bergingscurve (Figuur 3-4). Een bergingscurve geeft de relatie weer tussen de waterstand [m NAP] en de beschikbare berging boven maaiveld [m³]. Dit geeft de theoretisch maximale waterberging, uitgaande van twee aannames: (1) een gelijke waterstand in het gehele plangebied en (2) vulling van alle beschikbare ruimte. Deze aannames zijn van valide voor zware neerslagsscenario's met aanzienlijke waterdieptes. Voor kleinere buien -zonder stroming over maaiveld- zijn deze aannames te grof.



Figuur 3-4 Bergingscurve van het noodventiel (grenzen gelijk aan Figuur 3-5) voor de huidige en toekomst situatie

In de bergingscurve is zichtbaar dat tot aan een hoogte van -1,15 m NAP de waterberging toeneemt met de ontwikkeling van de Lange Weeren. Deze extra berging bevindt zich in de verbrede watergangen en rietvelden.

3.2 Model en modelschematisaties

3.2.1 3Di model

We hebben de studie uitgevoerd met een integraal 3Di model. Als basismodel hebben we een variant gebruikt van het bestaande Bescherming Wateroverlast Noorderkwartier (BWN) model van de Zuidpolder, Lange Weeren en polder Katwoude van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). Dit model is door Nelen & Schuurmans in 2020 geüpdatet volgens de laatste inzichten en gemigreerd naar de laatste versie van de modelleringsoftware 3Di. In voorliggende studie hebben we opnieuw verbeteringen doorgevoerd, zie Bijlage I.

3.2.2 Modelschematisaties

Met bovenstaande basismodel hebben we vijf modelschematisaties gemaakt:

Tabel 3-2 Overzicht modelschematisaties (voor overzicht afvoerroutes zie Figuur 2-2)

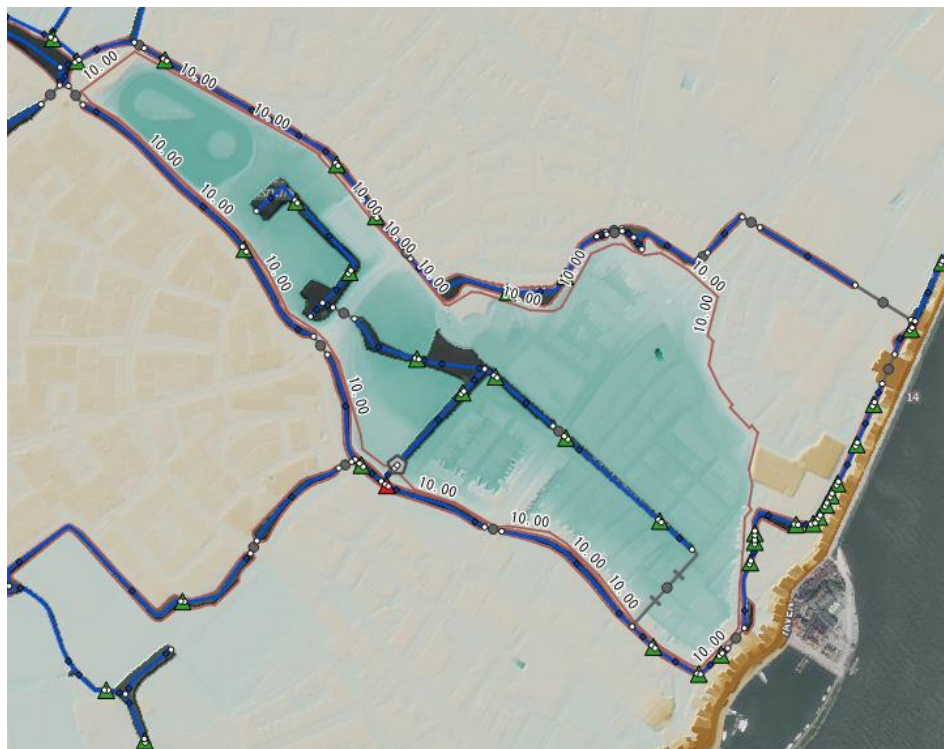
	Model	Uitbreiding van de modelschematisatie
1.	Huidige situatie	-
2.	Referentie situatie	Model 1 + Kade rondom Volendammeer
3.	Referentie+ situatie	Model 2 + hydraulische verbetering afvoerroutes B & C + verbeterde afvoer naar polder Katwoude (route C)
4.	Toekomst situatie	Model 3 + Nieuwbouwontwikkeling de Lange Weeren incl. gestuurde kunstwerken (route A)
5.	Toekomst+ situatie	Model 4 + Verbinding polder Lange Weeren met Katwoude (route D)

1) Huidige situatie

De bestaande situatie is de status quo zonder aanvullende ontwerpen. Hierbij hebben we wel een aantal modelverbeteringen doorgevoerd, zoals beschreven in Bijlage I.

2) Referentie situatie

Deze schematisatie bouwt voort op de 'bestaande situatie'. In deze schematisatie hebben we rondom het Volendammeer een fictieve 10 m hoge muur geplaatst, waardoor water niet meer de 'badkuip' in kan stromen (Figuur 3-6).

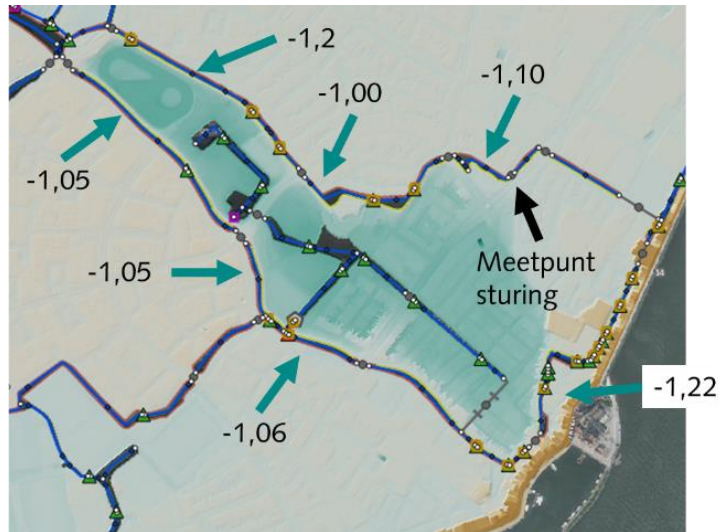


Figuur 3-6 Een fictieve 10 m hoge muur rondom het Volendammeer die stroming vanaf het omringende maaiveld en vanuit de watergang tegenhoudt.

3) Referentie+ situatie

Deze schematisatie bouwt voort op de 'referentie situatie'. Als eerste stap hebben we de afvoerroutes B (voorkeursroute) en C hydraulische getoetst. Daaropvolgend hebben we een drietal duikers vergroot die voor de meeste opstuwung zorgden in de referentie situatie (zie tabel Tabel 4-1 in volgend hoofdstuk).

Vervolgens hebben in het referentie+ scenario de mogelijkheden van afvoerroute C onderzocht, nog zonder voorkeursroute B. Daarvoor we sturing toegevoegd bij de stuw aan het eindpunt van route C, hierna genoemd stuw C (in de huidige situatie is dit een vaste dam (KVD-JL-2017)) en richting Katwoude, hierna genoemd stuw C' (in huidige situatie is dit al een beweegbare stuw (KST-Q-28936), waarbij in het model geen sturing is toegepast (zie paragraaf 2.3)). In overleg met HHNK (d.d. 8 mei 2024) is afgesproken dat de sturing plaatsvindt o.b.v. de kritieke waterstanden rondom het Volendammeer. De laagste kades hebben een hoogte van -1,1 mNAP (aan de noord & noordoostkant) en zijn daarmee bepalend voor de kritieke waterstanden (Figuur 3-7). Zoals in de figuur is te zien, is de laagste kadehoogte -1,2 mNAP. Dit betreft echter een lokale depressie in het maaiveld. We raden daarom aan om de kade hier op te hogen naar minimaal -1,1 mNAP. Op het moment dat de waterstand aan de noordkant -1,2 mNAP bereikt (10 cm onder de kritieke waterstanden) gaan beide stuwen helemaal plat om het water via route C zo snel mogelijk af te voeren richting Katwoude.



Figuur 3-7 Oeverhoogtes rondom Volendammeer in m NAP. Dit zijn de 'binnenste' oeverhoogtes richting de 'badkuip'. Het meetpunt voor de sturing is ook aangegeven. Dit is het punt waar de hoogste waterstanden worden berekend dicht bij de laagste oevers.

Tabel 3-3 geeft de sturingsregels en dimensies weer voor beide stuwen zoals deze in het model zijn opgenomen van de referentie+ situatie.

Tabel 3-3 Sturing stuwen C en C'

Bestaand kunstwerk	Bestaande afmetingen	Gestuurde stuw	Sturing op waterstand in meetpunt	Stuwhoogte met sturing	Stuwbreedte
KVD-JL-2017	Hoogte: -1,39 mNAP Breedte: 10 m	C	-1,2 mNAP	Initieel: -1,45 mNAP Als sturing aangaat: gelijk aan kanaalbodem	3 m
KST-Q-28936	Hoogte: -1,45 mNAP Breedte: 2 m	C'	-1,2 mNAP	Initieel: -1,45 mNAP Als sturing aangaat: gelijk aan kanaalbodem	2 m

4) Toekomst situatie

Deze schematisatie bouwt voort op de 'referentie+ situatie'.

Hierin hebben we het stedenbouwkundig ontwerp van Lange Weeren opgenomen. Het ontwerp hebben we omgezet in een hoogtekaart en een nieuw infiltratie- en frictieraster op basis van het nieuwe landgebruik (zie paragraaf 3.1.1). Daarnaast hebben we ook de watergangen aangepast conform het nieuwe ontwerp.

Voor de aansluiting met de wijk Blokrouw hebben we twee geregelde stuwen en één vaste stuw in de watergangen toegevoegd (zie afvoerroute A in Figuur 2-2). De geregelde stuwen hebben dezelfde sturing als stuw C en C' in de referentie+ situatie (Tabel 3-3). Dat wil zeggen dat de stuwen plat gaan op het moment dat de waterstand in het meetpunt (Figuur 3-7) 10 cm lager is dan de kritieke hoogte rondom het Volendammeer. De stuwen C en C' gaat pas plat als de waterstand rondom het Volendammeer 5 cm lager is dan de kritieke hoogte. Hierdoor wordt route A als hoofdafvoer gebruikt, route C pas in extremere situaties.

5) Toekomst+ situatie

Deze schematisatie bouwt voort op de 'toekomst situatie'. Gemaal Blokrouw wordt opgeheven en in plaats daarvan komt er een directe verbinding tussen Lange Weeren en Katwoude (Zie D in Figuur 2-2) in de vorm van een duiker met stuw (Tabel 3-4). De kruinhoogte van de stuw is 5 cm hoger dan het peil in Lange Weeren (-1,9 mNAP) en 10 cm hoger dan het peil in Katwoude (-1,95 mNAP).

Tabel 3-4 Dimensies kunstwerken verbinding Lange Weeren / Katwoude zoals deze in het model zijn opgenomen

	Duiker	Stuw
Breedte [m]	3,0 x 1,6 (B x H)	4,0
Hoogte [m NAP]	BOB's: -3,67	-1,85

3.3 Toetsingsmethodiek

Aan de hand van de '18 buien'-methodiek van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier bepalen we de volgende resultaten voor de herhalingsstijden 10, 100 en 1000 jaar:

- › Maximale waterdiepte
- › Verschil in maximale waterdiepte
- › Waterberging (/ maximale peilstijging in de Lange Weeren)

Hiermee krijgen we inzicht in de verschillen tussen de modelscenario's.

Daarnaast maken we voor de T100-piekbui en de T1000-blokbui (met een gemiddelde grondwaterstand (ggg) uit de 18 buien methodiek een schadeschatting op peilvakkniveau.

3.3.1 18 buien methodiek

De 18 buien methodiek van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier maakt gebruik van buien met drie verschillende herhalingsstijden (T10, T100, T1000) en twee bui-verlopen (blok en piek). In totaal zijn dit 6 buien. Vervolgens wordt er rekening gehouden met verschillende omstandigheden van de ondergrond. Daarvoor onderscheiden we drie grondwaterstanden, namelijk een gemiddeld hoge grondwaterstand (ghg), een gemiddeld lage grondwaterstand (glg) en een gemiddelde grondwaterstand (ggg). De variërende grondwaterstanden worden opgenomen in het model als een maximale infiltratie in het gebied. Deze combinatie leidt in totaal tot 18 doorgerkende scenario's voor iedere model schematisatie (6 buien x 3 grondwaterstanden = 18 scenario's).

3.3.2 Neerslagstatistieken

De 18-buienmethodiek van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier maakt gebruik van de basisneerslagstatistiek afkomstig van de STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer), gepubliceerd in 2015 (klimaat 2014). De correctie van de STOWA uit 2019 is door HHNK niet verwerkt in de 18-buienmethodiek.

Het is bekend dat de STOWA in 2024 de neerslagstatistieken opnieuw gaat berekenen en publiceren. Die nieuwe neerslagstatistiek is nog niet beschikbaar voor dit project, noch verwerkt in de 18-buienmethodiek. In voorliggende studie gebruiken wij de beschikbare 18-buien methodiek met de neerslagstatistiek van 2014.

3.3.3 Schadeschatting

De schadeberekeningen zijn uitgevoerd door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier middels de methodiek van de WaterSchadeSchatter (WSS, <https://www.waterschadeschatter.nl/>).

De WSS is ontwikkeld om de schade ten gevolge van grootschalige wateroverlast in te schatten. De WSS gebruikt de maximaal berekende waterdieptes per modelscenario. Deze waterdiepte wordt gecombineerd met data over het type landgebruik, zoals bebouwing, wegen, de ruimtelijke inrichting en informatie over gewaspercelen.

De WSS maakt gebruik van schadecategorieën, bijvoorbeeld 'woonfunctie' en 'landbouw' (i.c.m. subcategorieën). Voor elke categorieën is er een schadefunctie op basis van inundatiediepte, inundatieduur.

De totaalschade in de WSS is de som van de directe en indirecte schade. De directe schade ontstaat als gevolg van direct contact met het water. Dit betreft schade aan landbouwproducten, infrastructuur, nutsvoorzieningen en/of gebouwen en inventaris. De indirecte schades in de WSS zijn verdeeld in drie categorieën: kosten voor het onderbrengen van personen of activiteiten, zakelijke schades door het mislopen van omzet, en omreisschades vanwege geblokkeerde infrastructuur.

Toepassing: De schade uitkomsten van de waterschadeschatter in [euro] moeten beeldvormend worden geïnterpreteerd. In deze studie gebruiken we het resultaat van de waterschadeschatter om de uitkomsten van de verschillende modelschematisaties met elkaar te vergelijken. Daarom drukken we de schades uit in percentages t.o.v. de huidige situatie.

4 Modelresultaten

Dit hoofdstuk begint het beschrijven van een watersysteemanalyse van de afvoerroutes, uitgevoerd met een de T1000 piek- en blokbui. Daarna worden de resultaten van de 18-buizen methodiek beschreven in de vorm van waterberging, maximale waterdiepte(verschil) beelden, en het resultaat van de waterschadeschatter.

4.1 Systeemanalyse referentie+ situatie

4.1.1 *Vergroten hydraulische capaciteit afvoerroutes*

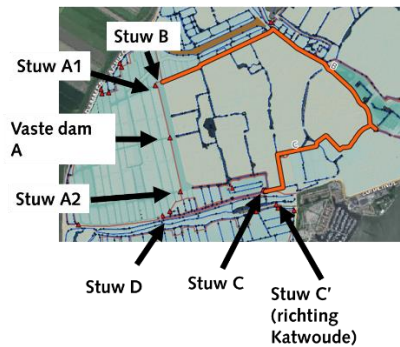
In de referentie situatie zien we dat een aantal duikers voor opstuwung zorgen. Daarom hebben we allereerst de drie duikers die voor de meeste opstuwung zorgden vergroot. Na vergroting van deze duikers is de maximale opstuwung op de afvoerroutes afgenomen tot ca. 0,5-2 cm (Tabel 4-1) bij een T1000-piekbui.

Tabel 4-1 Duikers met grootste opstuwung en de vergrootte duikers met nieuwe afmetingen en resulterende opstuwung (T1000-piekbui).

Label	Code	Opstuwung [cm]	Afmeting	Nieuwe afmeting	Nieuwe opstuwung [cm]
B	KDU-L-1042	7	Ø800	1 x 1,2 (H x B)	2
C	KDU-L-1040	7	2 x Ø500	2x Ø800 (BOB 30 cm verlaagd)	2
F	KDU-Q-27883	4			
H	KDU-L-1036	6			
6	KDU-Q-27869	4			
8	KDU-Q-28307	9	Ø1000	1 x 3 (H x B)	0,5
14	KDU-Q-27874	5			

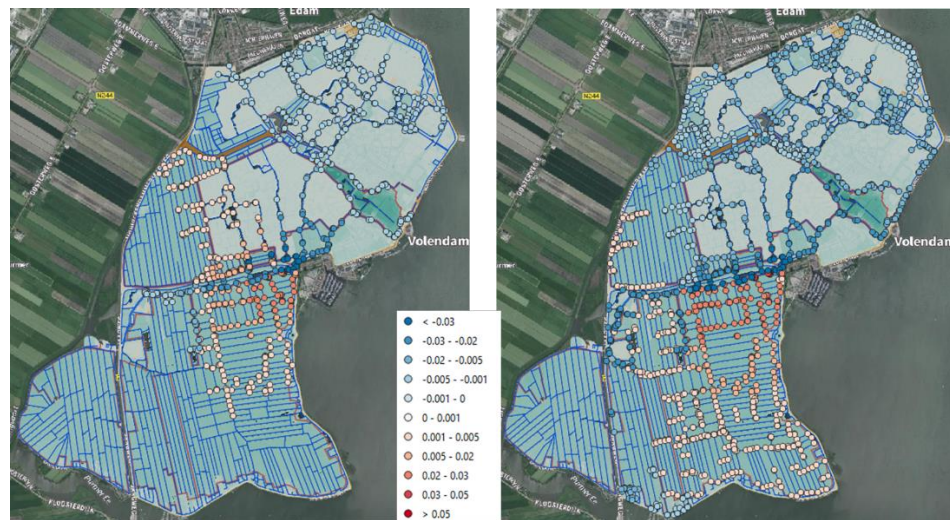
4.1.2 *Effect sturing stuwen C en C'*

De sturing heeft slechts een klein effect op de maximale waterstanden rondom het Volendammeer. Het grootste verschil door de sturing is minder dan 0,5 cm bij een T1000-piekbui en ca. 2 cm een T1000-blokbui. Er is wel effect zichtbaar in de debieten, er gaat aanzienlijk meer water over de stuwen (Figuur 4-1). Dat er dan toch geen verschil in maximale waterstand zichtbaar is, komt doordat er een groot 'afvoergebied' is dat afwatert richting de twee stuwen en de afstand tot de gestuurde stuwen groot is. Figuur 4-2 laat het effect van de sturing op de waterstanden zien bij een T1000-piekbui direct na de bui en twee uur later. Hoe donkerder de kleur, hoe groter het effect van de sturing op de waterstanden. De maximale afname van waterstanden is ca. 3 cm als gevolg van de sturing. Die grote toename in hoeveelheid afgevoerd water vertaalt zich dus niet door naar een noemenswaardige afname in maximale waterstanden rondom het Volendammeer (met name aan de noordkant waar de waterstanden het hoogste zijn).



Cum. debiet [m³]	Referentie	Referentie+	Toekomst	Toekomst+
T100-Kort (4u)				
Stuw A1 + A2	-	-	46.565	
Vaste dam A	-	-	6.460	
Stuw B	0	0	-	-
Stuw C	13.265	18.775	17.790	
Stuw C'	2.630	16.245	16.115	
Stuw D	-	-	-	
T1000-Kort (4u)				
Stuw A1 + A2	-	-	59.250	58.940
Vaste dam A	-	-	12.790	12.770
Stuw B	0	0	-	-
Stuw C	22.250	31.965	31.425	31.817
Stuw C'	3.710	19.730	19.675	19.550
Stuw D	-	-	-	-2.170
T1000-Lang (48u)				
Stuw A1 + A2	-	-	88.055	91.595
Vaste dam A	-	-	69.740	72.410
Stuw B			-	-
Stuw C			23.165	30.165
Stuw C'			56.195	42.675
Stuw D	-	-	-	46.055

Figuur 4-1 Cumulatief debiet over verschillende stuwen/vaste dammen in 4 modelscenario's. Het gaat om het netto cumulatief debiet. Het kan dus zo zijn dat water eerst de ene kant op stroomt en daarna de andere kant, dit is met name het geval bij Stuw D. Hierbij gaat het om de netto afstroming van de Lange Weeren richting Katwoude.



Figuur 4-2 Effect van de sturing op waterstanden [m] bij een T1000-piekbui. Links: direct na bui en, rechts: 2 uur na bui. Alle resultaten waarbij minder dan 1 mm verschil is, zijn eruit gefilterd.

4.2 Uitkomsten 18-buien methodiek

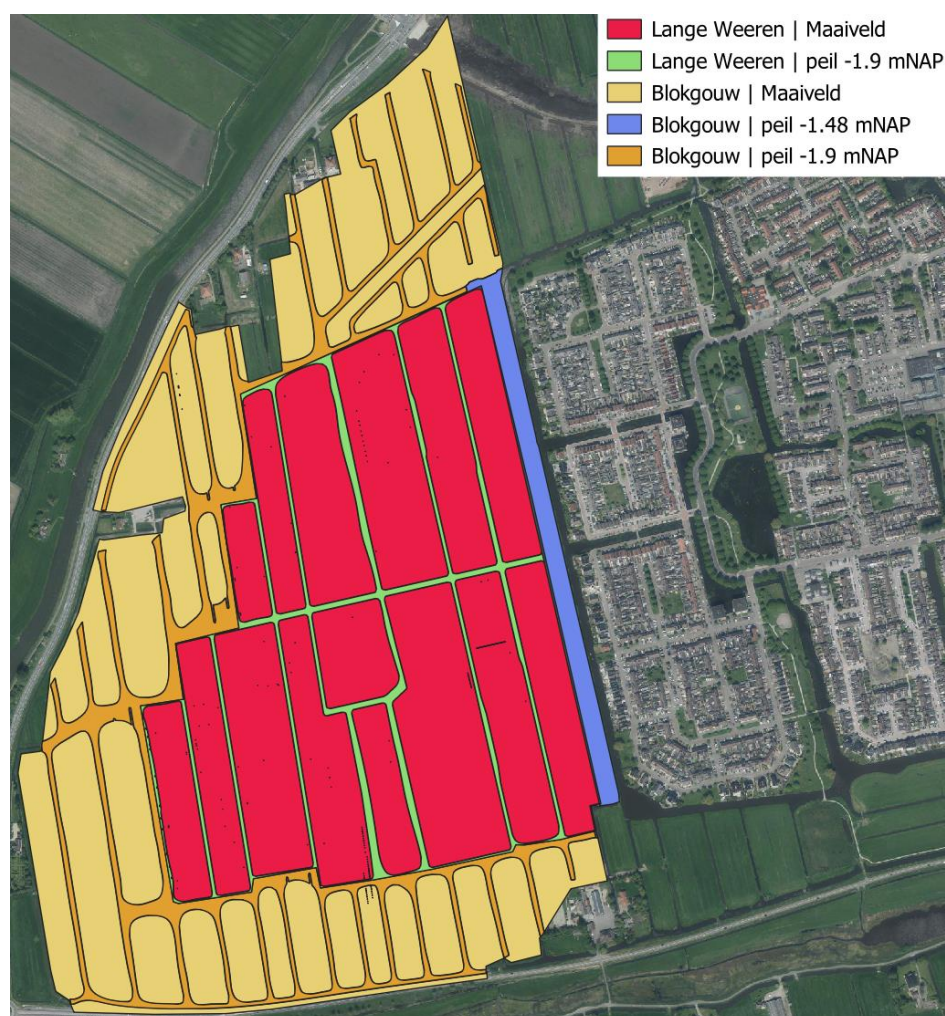
4.2.1 Waterberging in de Lange Weeren

De waterberging in de Lange Weeren en het omliggend gebied (Blokrouw)¹ is weergegeven in Tabel 4-2. De berging is gebaseerd op de geaggregeerde maximale waterdieptes bij herhalingstijden T100 en T1000, waarbij de berging is gedefinieerd als de hoeveelheid water op het maaiveld en boven streefpeil bij de twee toekomst-scenario's. Voor de gebiedsafbakening hiervoor zijn we uitgegaan van Figuur 4-3.

¹ Peilvak Blokrouw-1 heeft in de huidige situatie een peil van -1,9 mNAP. Echter wordt de watergang bij afvoerroute A (Figuur 2-2) verbreed. Het verbrede deel komt binnen het huidige peilvak Blokrouw-1 te liggen. In de tabel refereren we daarom naar het gebied Blokrouw.

Tabel 4-2 Waterberging in en rondom de Lange Weeren

Gebied	Subgebied	Oppervlakte [ha]	%	Toekomst Volume T100 (m ³)	Toekomst Volume T1000 (m ³)	Toekomst+ Volume T100 (m ³)	Toekomst+ Volume T1000 (m ³)
Lange Weeren	Maaiveld	44,3	90	14.000	34.000	16.000	30.000
	Watergang (peil -1.9 mNAP)	5,1	10	27.000	34.000	28.000	33.000
	Subtotaal	49,4	100	41.000	68.000	43.000	62.000
Blokrouw	Maaiveld (incl. riet)	37,3	74	59.000	105.000	63.000	97.000
	Watergang (peil -1.9 mNAP)	10,1	20	54.000	69.000	55.000	66.000
	Watergang (peil -1.48 mNAP)	3,0	6	7.000	9.000	7.000	9.000
	Subtotaal	50,4	100	120.000	183.000	125.000	172.000
Totaal		99,8		161.000	251.000	168.000	235.000



Figuur 4-3 Gebiedsafbakening voor bepalen berging in de Lange Weeren en Blokrouw.

4.2.2 Maximale waterdiepte(verschil)

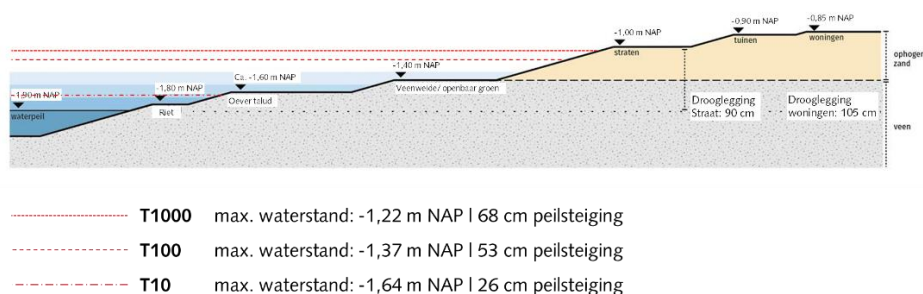
Figuur 4-5 en Figuur 4-6 geven respectievelijk de maximale waterstanden en waterdiepteverschilkaarten weer bij een T100-scenario. Figuur 4-7 en Figuur 4-8 geven respectievelijk de maximale waterstanden en waterdiepteverschilkaarten weer bij een T1000-scenario. De maximale afname van water op het maaiveld in het stedelijk gebied van Volendam als gevolg van de Lange Weeren is < 0,5 cm. De reden hiervoor is dat de piekbuien zorgen voor de grootste waterdieptes in stedelijk gebied. Water heeft dan niet

genoeg tijd om naar de Lange Weeren te stromen om daar te worden geborgen. De combinatie van de grote afstand en het grote aanvoergebied resulteert in minimaal effect op de maximale waterstanden en het water op maaiveld in dit gebied bij een piekbui. Hoe dichterbij de Lange Weeren komt, hoe groter de afname in maximale waterdiepte. Bij een blokbui heeft het meer effect omdat het watersysteem dan meer tijd heeft om het water af te voeren.

De waterdieptes in het rondom het Volendammeer worden sterk beïnvloed door de kade rondom de wijk (referentie situatie). Er kan minder water de wijk in stromen, waardoor daar de waterdieptes afnemen. Dit water blijft als gevolg hiervan tegen de kade staan, waardoor de waterdieptes direct daarnaast juist toenemen.

Het laatste plaatje in Figuur 4-6 en Figuur 4-8 geeft het verschil weer tussen de Toekomst en Huidige situatie. Hier zit je ook weer het effect van de fictieve muur rondom het Volendammeer terug. De afgenomen waterdieptes (van ca. 2-5 cm) als gevolg van de Lange Weeren zijn het grootste ten noorden en zuiden van de Zuiderzeeweg, tussen de Zeddeweg en Achterdichting (tussen Blokrouw en Katwoude), en tussen de wijk Blokrouw en de Zeddeweg.

In Figuur 4-9 is de maximale waterdiepte in de toekomstige bebouwing van de Lange Weeren zelf weergegeven. Het resultaat uit Figuur 4-9 staat ook in ondertaand Figuur 4-4, maar dan weergegeven als waterstand. Zelfs bij de T1000-resultaten zien we nog 22 cm ruimte tot de weghoogtes, en nog 37 cm tot het vloerpeil van de panden.



Figuur 4-4 Lange Weeren met maximale waterstanden voor de herhalingsstijden 10, 100 en 1000 jaar in de toekomst situatie (via 18-buien methodiek)

De maximale peilstijging in de verbreedde watergang tussen Lange Weeren en de wijk Blokrouw (peilgebied Zuidpolder611) is in de toekomst situatie respectievelijk 19 cm, 23 cm en 30 cm in het T10-, T100 en T1000-scenario. Dat is een verbetering ten op zichte van de bestaande situatie (kleinere peilstijging).

Huidige situatie



Referentie situatie



Referentie+ situatie



Toekomst situatie



Toekomst+ situatie



Figuur 4-5 Maximale waterdieptes bij een T100-scenario (18-buien methodiek)

Referentie t.o.v. Huidige situatie



Referentie+ t.o.v. Referentie situatie



Toekomst t.o.v. Referentie+ situatie



Toekomst+ t.o.v. Toekomst situatie



Toekomst t.o.v. Huidige situatie



Figuur 4-6 Verschil in maximale waterdieptes bij een T100-scenario (18-buizen methodiek)

Huidige situatie



Referentie situatie



Referentie+ situatie



Toekomst situatie

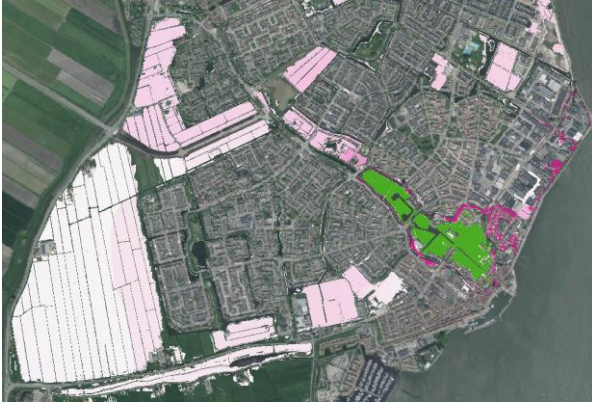


Toekomst+ situatie



Figuur 4-7 Maximale waterdieptes bij een T1000-scenario (18-buien methodiek)

Referentie t.o.v. Huidige situatie



Referentie+ t.o.v. Referentie situatie



Toekomst t.o.v. Referentie+ situatie



Toekomst+ t.o.v. Toekomst situatie

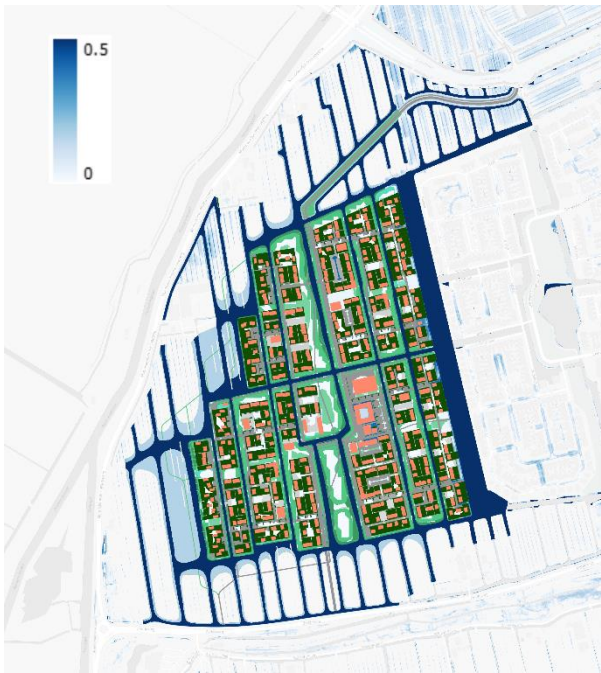


Toekomst t.o.v. Huidige situatie

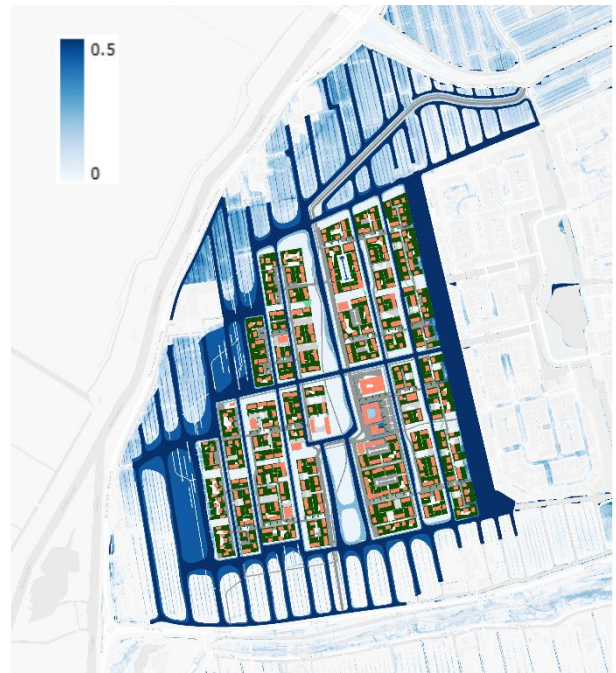


Figuur 4-8 Verschil in maximale waterdieptes bij een T1000-scenario.

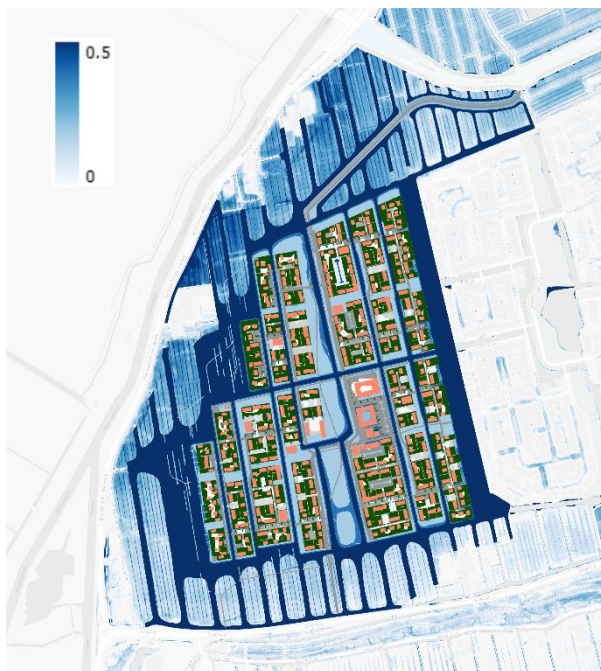
T10 (Toekomst scenario)



T100 (Toekomst scenario)



T1000 (Toekomst scenario)



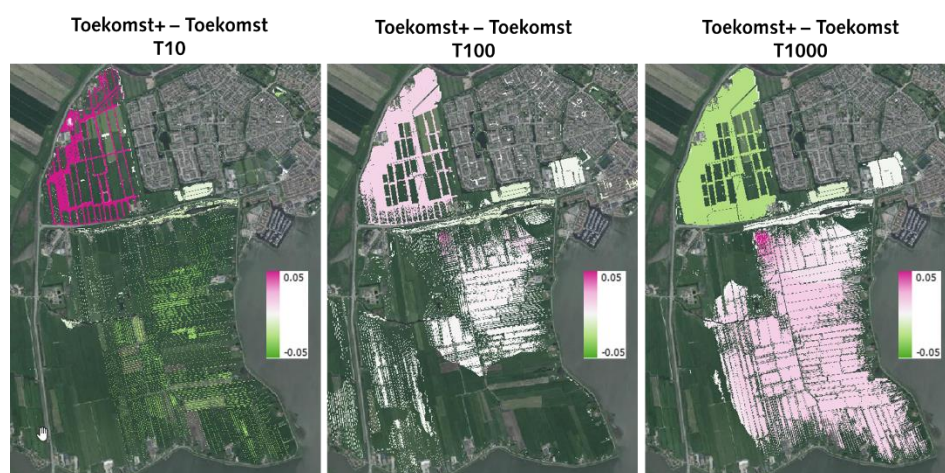
Figuur 4-9 Lange Weeren inrichtingsplan met maximale waterdieptes voor de herhalingsstijden 10, 100 en 1000 jaar in de toekomst situatie (via 18-buien methodiek)

Toekomst+ situatie

In het Toekomst+ model is er een verbinding van zuid naar noord tussen Lange Weeren en Katwoude (na 10 cm peilstijging in Katwoude of 5 cm in Lange Weeren). Stuw D heeft een stuwhoogte van -1,85 mNAP. Het peil in Lange Weeren en Katwoude is respectievelijk -1,90 mNAP en -1,95 mNAP.

Uit de berekeningen blijkt dat bij extremere buien (T100/T1000), Katwoude meer wordt belast. Bij minder extreme buien, hoewel toch nog vrij heftig (T10) wordt Katwoude juist meer ontlast. Figuur 4-10 geeft dit weer op de kaart.

- › Verschil bij T10 --> 3 cm in Katwoude, 8 cm in Lange Weeren
- › Verschil bij T100 --> 0,2 cm in Katwoude, 1,5 cm in Lange Weeren
- › Verschil bij T1000 --> 1,5 cm in Katwoude, 2,5 cm in Lange Weeren



Figuur 4-10 Verschillen in maximale waterdieptes als gevolg van een verbinding tussen Lange Weeren en Katwoude (Toekomst+ scenario).

4.2.3 Uitkomsten waterschadeschatter

Tabel 4-3 toont de relatieve schadeverdeling per gebied t.o.v. het totaal voor de huidige situatie. De gebieden verwijzen naar, respectievelijk peilgebieden Zuidpolder621, Zuidpolder611 en Katwoude Hogendijk1 (Figuur 2-1).

Procentueel gezien is de schade in het stedelijk gebied het grootst bij de T100-piekbui. Dit komt doordat bij piekbuien de waterstand in stedelijk gebied hoger is, en tot meer schade kan leiden.

Tabel 4-3 Verdeling schades per gebied voor de huidige situatie t.o.v. het totaal

	T100-piekbui	T1000-blokbui
Volendammeer	5%	8%
Volendam	94%	91%
Katwoude	<1%	1%
Totaal	100%	100%

Tabel 4-4 Relatieve schades t.o.v. de huidige situatie met herhalingsijd van 100 jaar piekbui (boven) en met een herhalingsijd van 1000 jaar blokbui (onder)

	Huidige situatie	Referentie situatie	Referentie+ situatie	Toekomst situatie	Toekomst+ situatie
Volendammeer	100%	32%	32%	32%	32%
Volendam	100%	101%	101%	101%	101%
Katwoude	100%	100%	110%	110%	108%
Totale schade	100%	98%	97%	97%	97%

	Huidige situatie	Referentie situatie	Referentie+ situatie	Toekomst situatie	Toekomst+ situatie
Volendammeer	100%	19%	19%	19%	19%
Volendam	100%	101%	101%	101%	101%
Katwoude	100%	100%	108%	101%	105%
Totale schade	100%	95%	95%	94%	94%

Tabel 4-4 laat de relatieve schades zien ten opzichte van de huidige situatie bij een T100-piekbui en een T1000-blokbui. De sterke afname in de referentie situatie komt doordat er dan geen water meer van buitenaf het Volendammeer instroomt. Doordat water niet meer kan worden 'geborgen' in het Volendammeer neemt de schade in het omliggende gebied Volendam toe.

In de referentie+ situatie neemt de schade in Volendam af, wat het gevolg is van een betere afvoer. Het water wordt sneller naar Katwoude geleid, waardoor de schade hier toeneemt. Gekeken naar de verhoudingen tussen de gebieden (Tabel 4-3) gaat het hier verhoudingsgewijs om kleine schades.

In de toekomst situatie blijft de schade Volendam nagenoeg gelijk. Dit komt doordat het effect van de kade rondom het Volendammeer hier de grootste factor is. Het effect van de extra berging van Lange Weeren is beperkt, doordat het een tijd duurt voordat het water de Lange Weeren kan bereiken.

Door een directe verbinding te maken tussen Lange Weeren en Katwoude (afvoerroute D), neemt de schade in Volendam en Katwoude licht af in het T100-scenario. In het T1000-scenario zien we juist een toename aan schade in Katwoude. Dit komt door de stuwhoogte van stuw D. Hoe minder extreem de buien, hoe meer Katwoude wordt ontzien door te berging in de Lange Weeren te benutten. Bij extremere situaties wordt water juist afgevoerd richting Katwoude.

Hierbij is het belangrijk de kanttekening te maken dat de schade in Lange Weeren niet is bepaald, omdat de veranderingen in landgebruik niet is meegenomen in de HHNK-methodiek voor het bepalen van schade.

De schade in Katwoude is nagenoeg afwezig (Tabel 4-3), daarom is de toename in Tabel 4-4 verwaarloosbaar.

5 Conclusie

5.1 Conclusie

De ontwikkeling van de Lange Weeren volgens 'ontwerp 2024' heeft geen negatief effect op de bergingscapaciteit van het noodventiel. Voor alle doorgerekende neerslagsscenario's (T10, T100 en T1000) neemt de waterbergingscapaciteit in het noodventiel toe. De maximaal berekende waterberging in het noodventiel is 250.000 m³ (T1000) excl. berging in bodem.

In geen van de doorgerekende extreme neerslagsscenario's wordt er wateroverlast berekend in de geplande panden en op de wegen in de Lange Weeren. De maximaal berekende waterstand in de Lange Weeren stijgt met 68cm, maar ligt 37 cm onder vloerpeil (T1000 scenario). In de in de verbreedde watergang tussen Lange Weeren en de wijk Blokhouw (peilgebied Zuidpolder611) neemt de maximale peilstijging af, als gevolg van de ontwikkeling van de Lange Weeren.

De verhoging van de kademuur rond het Volendammeer heeft een sterk positief effect op de wateroverlast in het Volendammeer. Wel zorgt deze maatregelen voor een kleine toename (maximaal 2 cm) van de berekende maximale waterdiepte in het omliggende stedelijk gebied van Volendam. Tegelijkertijd hebben de aanpassingen aan het noodventiel (ontwikkeling Lange Weeren en de verbinding naar Katwoude) juist een positief effect op de maximaal berekende waterdiepte in het stedelijk gebied van Volendam.

De afvoercapaciteit vergroten vanuit Edam-Volendam naar het noodventiel en/of polder Katwoude (vergroten duikers, gestuurde stuwen) heeft weinig tot geen effect op de maximale waterstanden rondom het Volendammeer in extreme neerslagsituaties; vanwege de grote afstand en de omvang van het aanvoergebied. Toch is wel aan te raden om de afvoercapaciteit te vergroten, om zo in minder extreme situaties water sneller af te kunnen voeren.

Een directe verbinding tussen Lange Weeren en Katwoude via een duiker met stuw leidt ertoe dat in minder extreme situaties (T10) water vanuit polder Katwoude naar Lange Weeren stroomt, terwijl bij extremere situaties (T1000) water vanuit Lange Weeren naar Katwoude stroomt. Dit zorgt voor een robuust en flexibel watersysteem tussen beide polders.

I. Modelverbeteringen

We hebben een aantal verbeteringen doorgevoerd in het model om de werking van het systeem goed in beeld te krijgen:

- › We hebben de kunstwerken in de watergangen rondom het Volendammeer en langs afvoerroutes B en C gecontroleerd en waar nodig verbeterd op basis van inmetingen of gemeentelijke data (welke betrouwbaarder bleek dan de legger) (Tabel 5-1).

Tabel 5-1 Kunstwerken rondom Volendammeer en langs afvoerroutes B en C die zijn aangepast o.b.v. gemeentelijke (ingemeten) data. Labels corresponderen met Figuur 2-3.

Label	Type	Afmetingen oud [m]	Afmetingen update [m]	Herkomst
A	Duiker	1,8 x 1 (b x h)	1,5 x 1 (b x h)	Beheerbestand gemeente
B	Duiker	Ø 0,65	Ø 0,8	Beheerbestand gemeente
C	Duiker	1 van Ø 0,65	2 van Ø 0,5	Beheerbestand gemeente
D	Duiker	1,2 x 0,8 (b x h)	1 x 0,5 (b x h)	Beheerbestand gemeente
E	Duiker	1,25 x 1,00 (b x h)	1,2 x 1,0 (b x h)	Beheerbestand gemeente
F	Duiker	Ø 1,5	Ø 0,8	Beheerbestand gemeente
H	Duiker	Ø 1,0	Ø 0,8	Beheerbestand gemeente
I	Duiker	Ø 1,5	Ø 1,0	Beheerbestand gemeente
2	Duiker	2,5 x 1,25 (b x h)	2,0 x 1,25 (b x h)	Ingemeten
4	Duiker	2,5 x 1,25 (b x h)	2,0 x 1,25 (b x h)	Ingemeten
6	Duiker	3,5 x 1,5 (b x h)	3,0 x 1,5 (b x h)	Ingemeten
9	Stuw	Hoogte: (als obstacle) -1,18 mNAP	Hoogte: -1,17 mNAP	Ingemeten
17	Stuw	Hoogte: 15 mNAP	Hoogte: -1,39 mNAP	Ingemeten
18	Duiker	Ø 1,6	1,6 x 1,0 (b x h) (muilprofiel)	Beheerbestand gemeente

- › We hebben het rekengrid bij de watergangen rondom het Volendammeer, langs afvoerroutes B en C en rondom de Lange Weeren verfijnd naar 10x10 m. Deze verfijning hebben we ook toegepast op het 1D-rekengrid van de kanalen.
- › We hebben de uitwisseling tussen het 1D-kanaal en het maaiveld verbeterd rondom het Volendammeer, langs afvoerroutes B en C en rondom de Lange Weeren. Dit hebben we gedaan door de kanalen 'double connected' te maken. Dit houdt in dat de watergangen vanuit twee oevers kan uitwisselen met het maaiveld. Bij de standaard 'single connected' zorgt de laagste oeverhoogte voor uitwisseling (waarbij geen onderscheid wordt gemaakt tussen linker en rechter oever). Rondom de kanalen zijn 'obstakels' geplaatst met een bepaalde hoogte. We hebben de obstakel-hoogte bepaald door de hoogtedata uit de DEM te halen. Hiervoor hebben we gekeken naar de hoogtes (tussen 50^e percentiel en 95^e percentiel) binnen een bepaalde afstand (1-10 m), afhankelijk van de locatie. Hiermee zorgen we ervoor dat we de uitwisseling

