

Uitwerking varianten Waterhuishouding Cortelande



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Inleiding.....	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Onderzoeksvragen en doel van de memo	3
2 Resultaten onderzoeken.....	5
2.1 Effecten grondwater op kwel en wegzijging.....	5
2.2 Inpassing lintbebouwing.....	7
2.3 Resultaten bodemonderzoek Energielandschap	8
2.4 Effect klimaatreeksen op waterkwaliteit.....	9
2.5 Modellerings waterkwaliteit	10
2.5.1 Waterkwaliteit variant 7: omleiding via Derde Tocht	11
2.5.2 Waterkwaliteit variant 8: afvoer via 4e Tocht	17
2.5.3 Toepassing helofytenfilter in energielandschap	20
2.5.4 Samenvatting resultaten waterkwaliteit.....	21
3 Conclusies en aanbevelingen.....	23

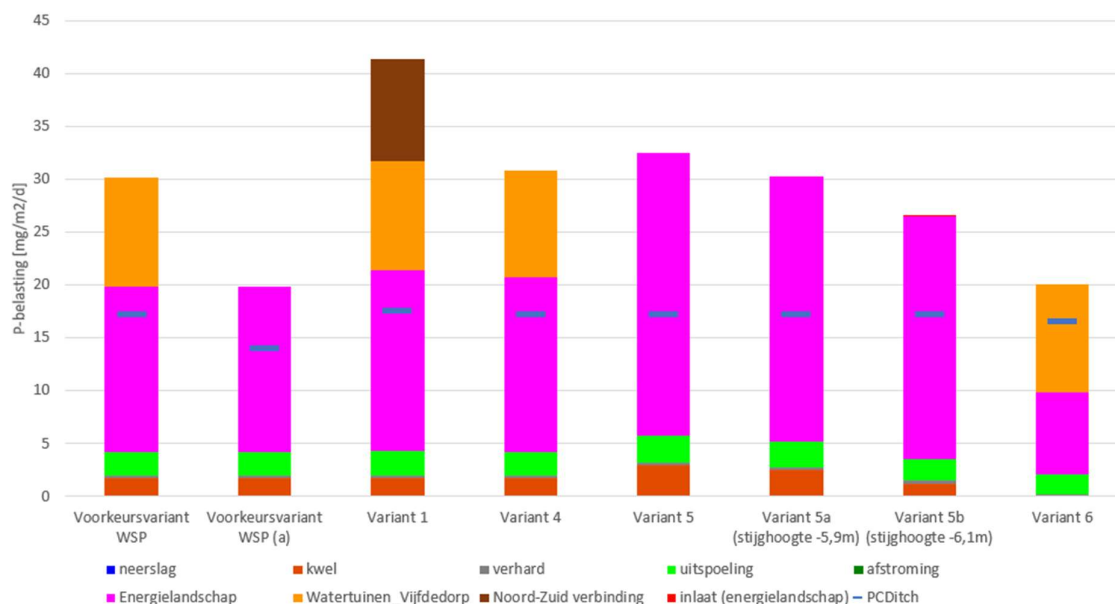


1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Zuidplas is bezig met de ontwikkeling van het dorp Cortelande en bijbehorende bedrijventerreinen. Deze ontwikkeling vraagt om een goed werkend watersysteem en om een adequate inpassing in het bestaande watersysteem. Het eerder opgestelde Waterstructuurplan¹ biedt hiervoor een basis. De gemeente Zuidplas heeft, samen met Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard (HHSK), aan Nelen & Schuurmans en Witteveen+Bos gevraagd om het Waterstructuurplan uit te werken tot een Waterhuishoudingsplan. De provincie Zuid-Holland, het ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, het ministerie van Binnenlandse Zaken en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zijn hierbij actief bij betrokken.

In de eerder opgestelde tussenrapportage² zijn oplossingsrichtingen uitgewerkt voor het watersysteem van Cortelande. In deze oplossingsrichtingen was de waterkwaliteit in de 4^e Tocht onvoldoende. Deze slechte waterkwaliteit wordt veroorzaakt door een te hoge fosforbelasting.



Figuur 1 Fosforbelasting (kolom) en kritische belasting (streepje) 4e Tocht voor de oplossingsvarianten

1.2 Onderzoeksvragen en doel van de memo

Op 27 juni 2025 heeft de Watertafel Cortelande naar aanleiding van de tussenrapportage gevraagd verder onderzoek te doen om onzekerheden te verkleinen en om een uitwerking van twee varianten die voldoen aan de gestelde eisen. De onderzoeksvragen hierbij waren:

1. **Wat is het effect van de voorgestelde waterpeilen op het grondwater?** Door hogere oppervlaktewaterpeilen stijgt de grondwaterstand in het eerste watervoerend pakket en dit beïnvloedt de kwel en de wegzijging in het Dorp, de Watertuinen en de omgeving. Om hier een beter beeld van te krijgen is een grondwaterstudie uitgevoerd.

¹ Witteveen+Bos; Waterstructuurplan Middengebied Zuidplaspolder, definitief, 1 september 2023

² Nelen & Schuurman, Witteveen+Bos; Principekeuzes Waterhuishoudingsplan Middengebied Zuidplaspolder, 11 juni 2025



2. **Hoe kan de lintbebouwing robuust ingepast worden in het watersysteem?** Een deel van de lintbebouwing blijft waarschijnlijk gehandhaafd. Hoe kan het watersysteem zo aangepast worden dat er niet heel veel peilvakken ontstaan en de lintbebouwing geen last krijgt van wateroverlast? Hiervoor is een ontwerp opgesteld.
3. **Wat is de fosforbelasting vanuit het Energielandschap?** De fosforbelasting was gebaseerd op aannames uit vergelijkbare gebieden. Om beter te weten wat de uitspoeling en nalevering van dit gebied zal worden, is een veldonderzoek bodemkwaliteit uitgevoerd.
4. **Wat is het effect van extra droogte door klimaatverandering in 2100 op de waterkwaliteit?** Door klimaatverandering kan het extra droog worden, waardoor de inlaatbehoefte van de gebieden groter wordt en daarmee de nutriëntenbelasting toeneemt. Om het effect van droogte te onderzoeken is de KNMI-reeks voor een droog klimaatscenario toegevoegd aan het waterkwaliteitsmodel. Daarnaast is ook de reeks voor een nat scenario toegevoegd.
5. **Wat is nodig om de waterkwaliteit in de 4^e Tocht voldoende te krijgen?** Hiervoor zijn twee aanvullende voorkeursvarianten opgesteld. Variant 7 gaat het water vanuit het noordwesten via een omleiding van de 3^e tocht langs het Dorp, Variant 8 gaat via de 4^e Tocht door het Dorp. Deze varianten zijn doorerekend met een waterkwaliteitsmodel.

Deze memo geeft een overzicht van de resultaten van deze onderzoeken en de beoordeling van de twee aanvullende varianten. Deze memo wordt voorgelegd aan de Watertafel om bestuurlijke afspraken te maken over de verdere uitwerking van het Waterhuishoudkundig Plan.

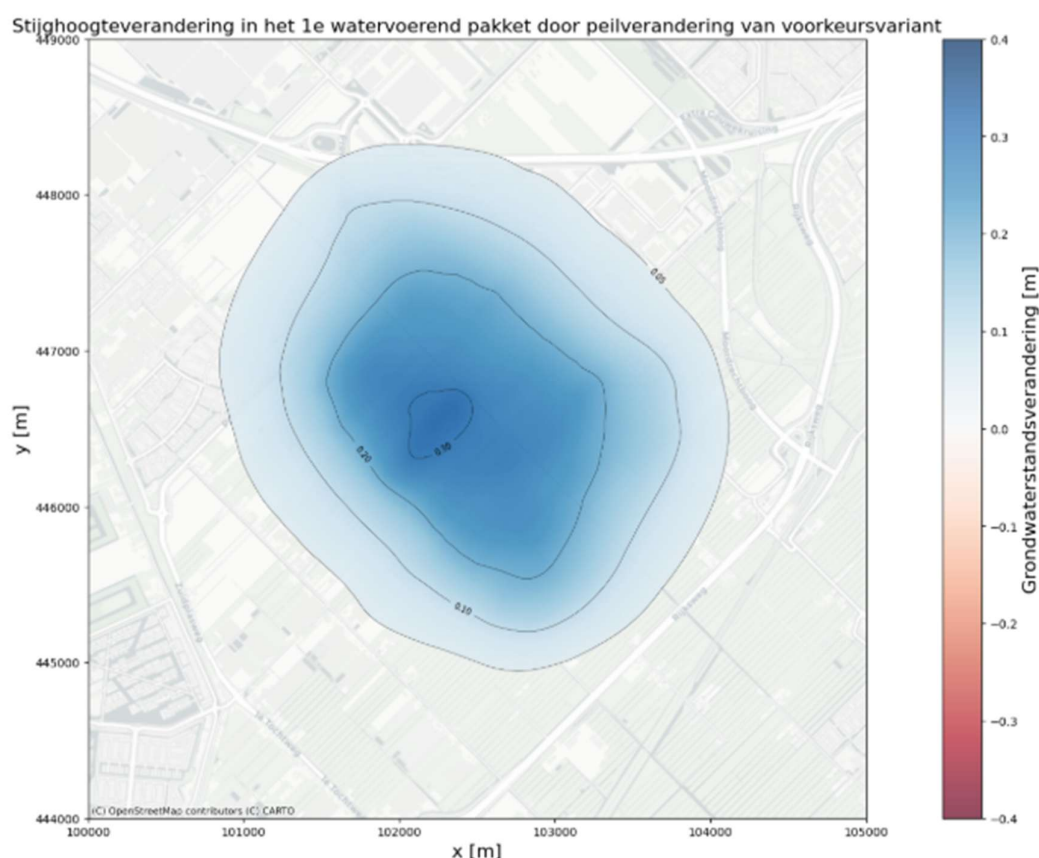


2 Resultaten onderzoeken

2.1 Effecten grondwater op kwel en wegzijging

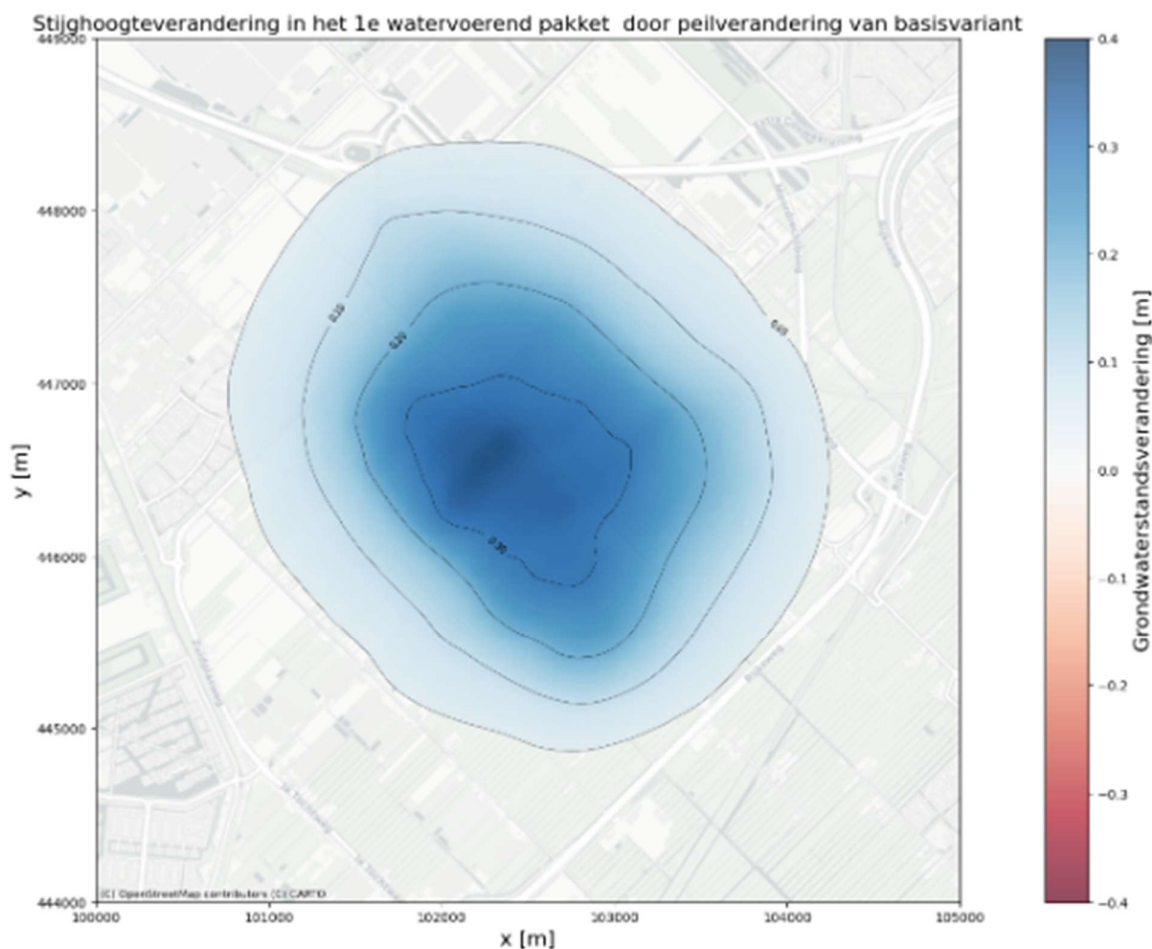
In het Middengebied Zuidplaspolder worden de waterpeilen opgezet. Dit zorgt voor een grotere druk in het diepere grondwater en heeft daarmee gevolgen voor de kwel en wegzijging in het gebied. In eerdere versies van de waterbalans was onbekend hoe groot deze invloed zou zijn. In deze balansen is rekening gehouden met de verandering van de stijghoogte van het diepe grondwater van 0,3 m, van -6,1 mNAP in de huidige situatie, tot -5,8 mNAP in de toekomstige situatie. Nu is door middel van grondwatermodellering een inschatting gemaakt van deze invloed; zie de onderstaande afbeeldingen. Uit de resultaten blijkt dat ophoging van het dorp, zoals voorgesteld in varianten 7 en 8 met een maximum waterpeil van NAP -5,8 m, naar verwachting leidt tot een stijging van de stijghoogte met circa 0,2 m in de winter (lokaal tot 0,3 m). In het energielandschap is deze toename iets geringer, namelijk circa +0,15 m. Uit de huidige monitoring is bekend dat de huidige stijghoogte rond NAP -6,1 m ligt. Dit zou dan maximaal NAP -5,8 m worden. Dit betekent dat deze variant nauwelijks of geen kwel optreedt in het Kreekdorp en de Watertuinen en dat de verliezen door wegzijging zo klein mogelijk zijn.

Tijdens de zomermaanden zullen de stijghoogtes lager uitvallen vanwege de lagere waterstanden in droge perioden. Voor de peilgebieden is daarom uitgegaan van een stijging van circa 0,15 m. Voor het energielandschap wordt een toename van ongeveer 0,1 m verwacht.



Figuur 2 Verandering van de stijghoogte in variant 7 en 8 (met maximum waterpeil NAP -5,8m)

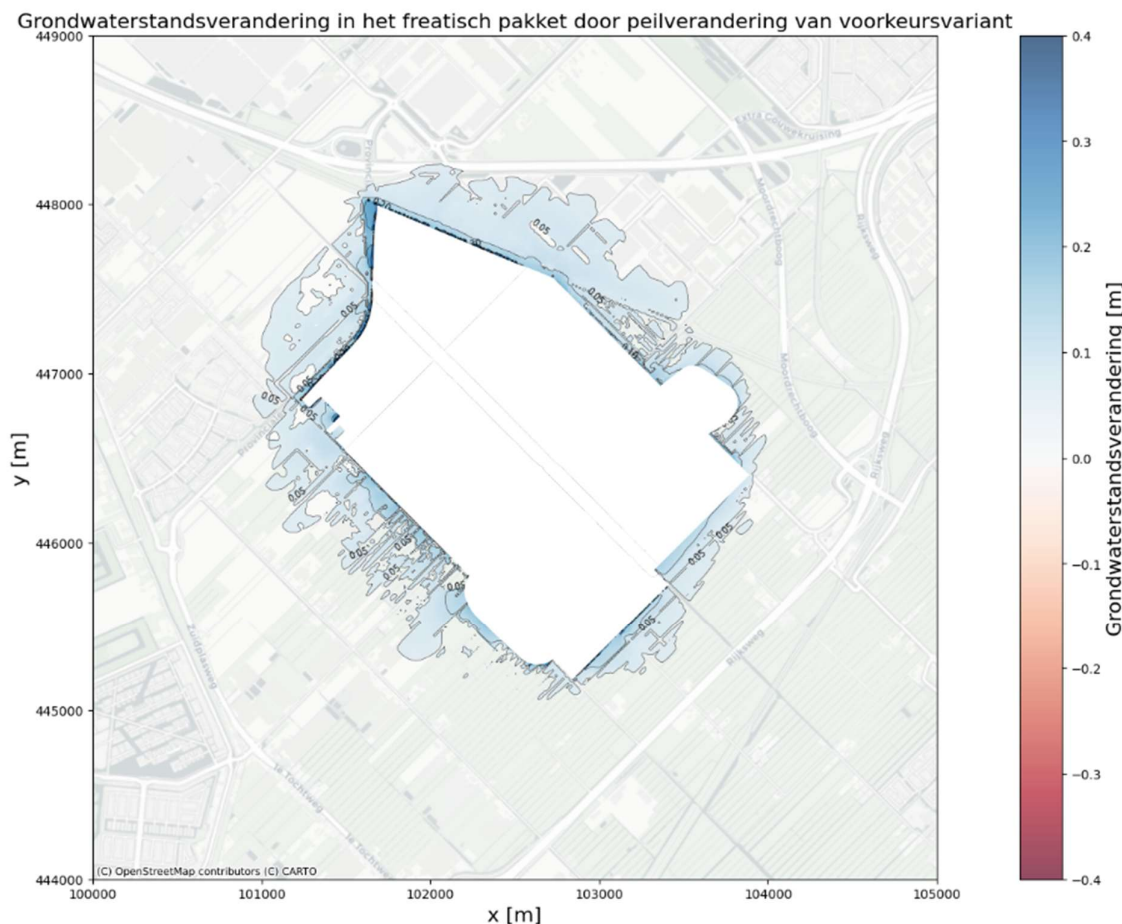
In de eerder beschouwde varianten zijn de effecten meestal groter, omdat de maximale waterpeilen hoger zijn (NAP -5,6 m). De stijghoogte stijgt hier in de winter met 0,3 m. In het energielandschap is dit wederom meer beperkt, de stijghoogte is hier circa +0,2 m.



Figuur 3 Verandering van de stijghoogte bij peilopzet tot NAP -5,6 m

Het grondwatermodel is ook gebruikt om een inschatting te geven van de stijging van de grondwaterstanden in de omgeving van het Middengebied. De resultaten daarvan zijn op de onderstaande afbeelding weergegeven (uitgaande van een maximum waterpeil van NAP -5,8 m). In de berekeningen is geen rekening gehouden met eventuele maatregelen tegen vernatting in de omgeving. Te zien is dat de grondwaterstand direct rondom het plangebied met ca. 0,1 m stijgt. Op enige afstand (300 m) van het plangebied zijn stijgingen van ongeveer 5 cm te verwachten.

Ten slotte heeft de peilverhoging in Cortelande ook gevolgen voor de kwel in de directe omgeving. Door de hogere waterpeilen kan de kwel in aangrenzende peilvakken - waar de waterpeilen ongewijzigd blijven - licht toenemen. Ook kan niet worden uitgesloten dat de hogere stijghoogten van het diepere grondwater in de directe omgeving van het plangebied leiden tot wellen in bestaande watergangen. Deze aspecten zijn in deze notitie niet verder uitgewerkt.



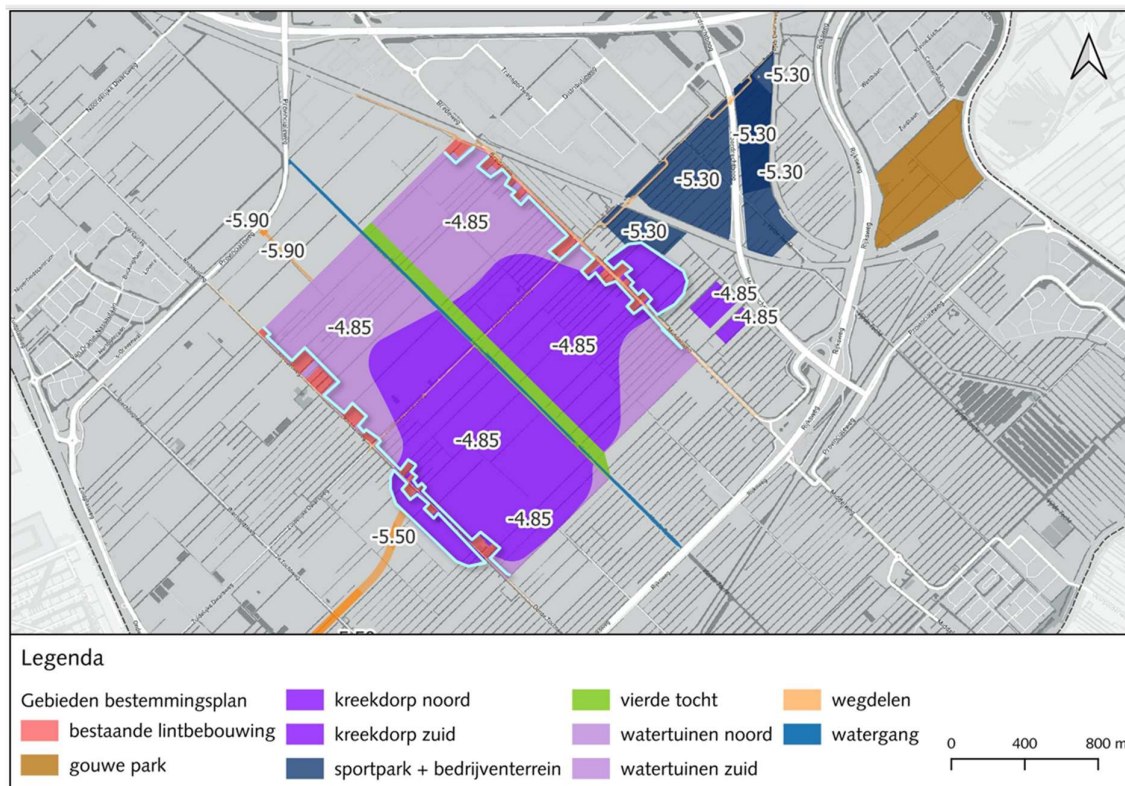
Figuur 4 Verandering van de grondwaterstand rondom het plangebied in variant 7 en 8

2.2 Inpassing lintbebouwing

In het bestemmingsplan blijven de Middelweg/Bredeweg en de 3^e Tochtweg gehandhaafd samen met een deel van de lintbebouwing. De waterhuishouding van deze percelen is soms precair vanwege funderingsproblematiek of wateroverlast. We stellen voor om doorgaande watergangen op de huidige polderpeilen aan te leggen tussen de bestaande lintbebouwing en het te ontwikkelen Dorp. Deze lintsloten zorgen voor een hydrologische scheiding tussen het Dorp en de lintbebouwing. Daarnaast zorgen deze lintsloten voor een robuuste berging en afvoer van water rond de lintbebouwing. Op plaatsen waar er geen lintbebouwing langs de weg staat, kan gebruik gemaakt worden van de huidige wegsloot of kan de huidige wegsloot verbreed worden. Om wellen en opbarsting te voorkomen stellen we voor om de watergangen maximaal 0,5 meter diep te maken. De breedte van de lintsloot is maximaal 6 m op de waterlijn. Bij deze breedte is eenzijdig onderhoud vanaf de kant nog mogelijk.

Door het handhaven van de peilen van de Middelweg en de 3^e Tochtweg ontstaan twee woongebieden (de oortjes) die hydrologisch gescheiden zijn van het Dorp, maar wel op hetzelfde waterpeil en maaiveld liggen als het Dorp. Vanwege de onderhoudsgevoeligheid bevelen we aan om deze peilgebieden niet te verbinden met het watersysteem van het Dorp door een zinker, maar af te laten wateren op de omliggende polder.

Deze hydrologische scheiding betekent wel dat deze woongebieden (oortjes) relatief kleine losse peilgebieden vormen met een eigen aan- en afvoer van water. Om dit te voorkomen kunnen de waterpeilen in deze gebieden ook op het oude polderpeil blijven. In dat geval moet onderzocht worden of deze gebieden nog steeds voldoen aan de gestelde eisen en daarmee ook voldoende beschermd zijn tegen overstromingen.



Figuur 5 Indicatieve ligging lintsloten in lichtblauw

2.3 Resultaten bodemonderzoek Energielandschap

Een belangrijk inzicht is dat de P-belasting door uitspoeling en nalevering van het Energielandschap belangrijk is voor de waterkwaliteit in de Vierde Tocht. Tot nu zijn aannamen gedaan op basis van ervaringen in vergelijkbare projecten. Om beter inzicht te krijgen in de nalevering heeft RPS bodemonderzoek uitgevoerd in het veld. De resultaten zijn als volgt:

- P – totaal: range 460 – 1.700 mg/kg (ds)³
- IJzer: range 27.000 – 43.000 mg/kg (ds)
- Zwavel: range 470 – 4.000 mg/kg (ds)

Uit het onderzoek blijkt dat er relatief veel ijzer in de bodem aanwezig is, met gemeten gehalten variërend van circa 30.000 mg/kg ds tot 49.000 mg/kg ds. Deze hoge ijzerconcentraties zijn relevant omdat ijzer een belangrijke rol speelt bij de binding van fosfor in de bodem. In geoxideerde omstandigheden kan fosfaat zich binden aan ijzer(III)oxiden, waardoor het minder gemakkelijk uitspoelt naar het oppervlaktewater. Hierdoor kan de aanwezigheid van voldoende ijzer bijdragen aan het beperken van de nalevering van fosfor aan het water. Bij deze analyse is ook het zwavelgehalte van de bodem van belang. In ideale omstandigheden is er voldoende ijzer in de bodem aanwezig om zowel fosfor als zwavel te binden.

Uit de analyses blijkt tevens dat er in de bovengrond aanzienlijke hoeveelheden fosfor aanwezig zijn, mogelijk deels ook als gevolg van landbouwkundig gebruik. In de diepere bodemlagen neemt dit af. De verhouding tussen het aanwezige fosfor, zwavel en het ijzer wijst er echter op dat er, ondanks de hoge

³ ds staat voor droge stof, dus als al het water uit het monster weggehaald is.



fosforgehalten, nog voldoende ijzer beschikbaar is om een groot deel van het fosfor te binden. Er is in de bodem een overmaat aan ijzer om fosfor te binden. Daarom is nalevering beperkt. Om ook op lange termijn de binding van het fosfor te behouden is het van belang dat het oppervlaktewater in het energielandschap voldoende zuurstof blijft bevatten.

2.4 Effect klimaatreeksen op waterkwaliteit

De analyses van de waterkwaliteit zijn uitgevoerd door een water- en stoffenbalans door te rekenen met tijdreeksen voor het huidige klimaat en met het klimaat zoals het zich mogelijk ontwikkelt in het jaar 2085. Om inzicht te verkrijgen in de mogelijke veranderingen van de waterkwaliteit onder invloed van toekomstige klimaatomstandigheden, zijn varianten 7 en 8 ook doorgerekend op basis van recentere klimaatscenario's voor het jaar 2100. De gehanteerde scenario's zijn afkomstig van het KNMI en bestaan uit modeltijdreeksen met dagelijkse waarden over een periode van 30 jaar rond het jaar 2100. Hierbij is uitgegaan van een scenario met hoge CO₂-emissies, met twee varianten: een droog klimaat (2100hd) en een nat klimaat (2100hn). Deze tijdreeksen zijn gebaseerd op de resultaten van mondiale klimaatmodellen (CMIP6), en zijn nader verfijnd met regionale modellen van het KNMI. De scenario's 2100hd en 2100hn zijn in 2023 door het KNMI opgesteld en kenmerken zich door de eigenschappen zoals weergegeven in onderstaande tabel.

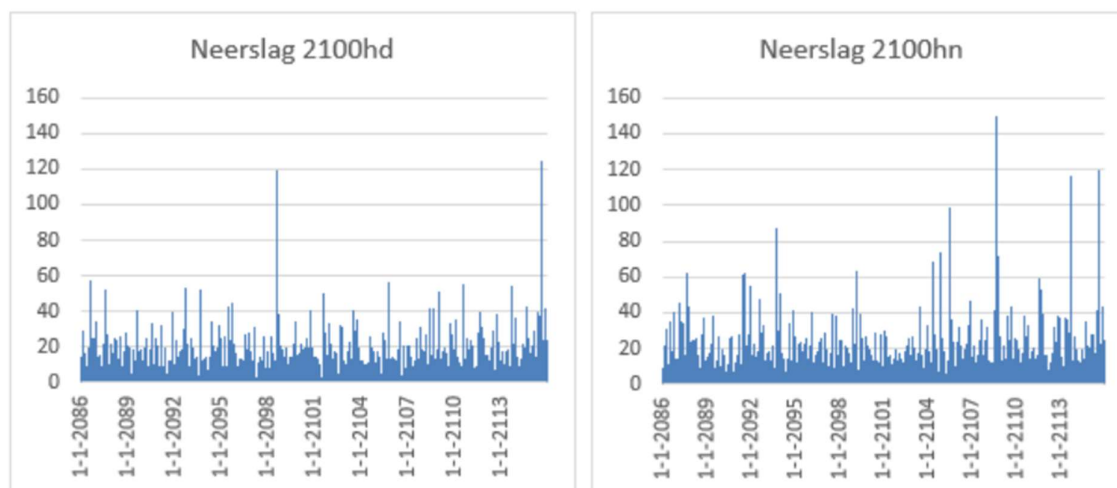
Deze scenario's zijn mogelijke toekomstige ontwikkelingen binnen een groot spectrum van scenario's. Door het KNMI worden geen uitspraken gedaan over de waarschijnlijkheid dat een bepaald scenario gaat optreden.

De klimaatreeksen zijn beschikbaar voor een groot aantal weerstations in Nederland. Voor de berekeningen is, in lijn met de reeks van het huidige klimaat, gebruik gemaakt van de gegevens voor het station Rotterdam.

Tabel 1 Kerncijfers KNMI'23 scenarios (KNMI, 2023)

Indicator	Klimaat 1991-2020 = referentieperiode	2100hd	2100hn
Gemiddelde temperatuur	10,5°C	+4,4°C	+4,1°C
Gemiddelde hoeveelheid neerslag	851 mm	-3 %	+8 %
Verdamping (Makkink)	603 mm	+17%	+11%

De volgende afbeelding toont een simulatiereeks van de neerslag voor de scenario's 2100hd en 2100hn. In de reeksen komen diverse keren piekbuien voor. De maximale neerslag die op één dag valt is respectievelijk 123 mm in 2100hd en 150 mm in 2100hn.



Figuur 6 Illustratie neerslagpatroon KNMI-scenario 2100hd (links) en 2100 hn (rechts)

2.5 Modellering waterkwaliteit

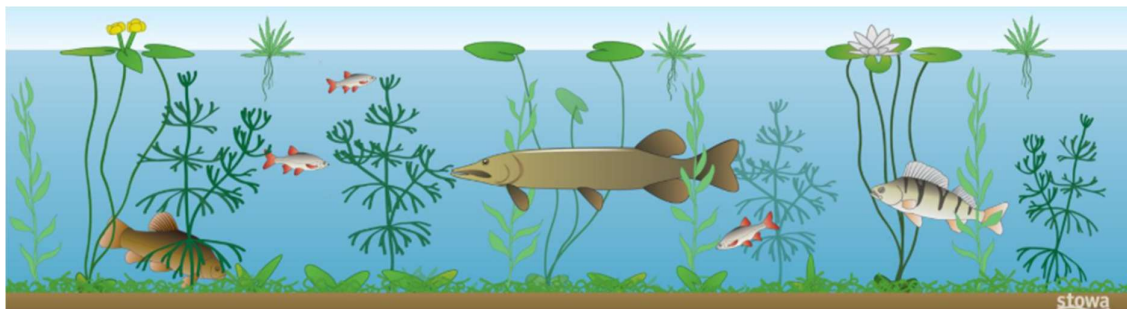
Om een beeld te krijgen van de waterkwaliteit in Cortelande is de verwachte waterkwaliteit gemodelleerd van twee varianten:

- Variant 7: Hierbij gaat het water vanuit het kassengebied en het energielandschap via een bypass en de 3^e tocht langs het Dorp.
- Variant 8: Hierbij gaat het water vanuit het kassengebied en een deel van het energielandschap via de 4^e tocht door het Dorp

De volgende uitgangspunten zijn gewijzigd ten opzichte van eerdere berekeningen:

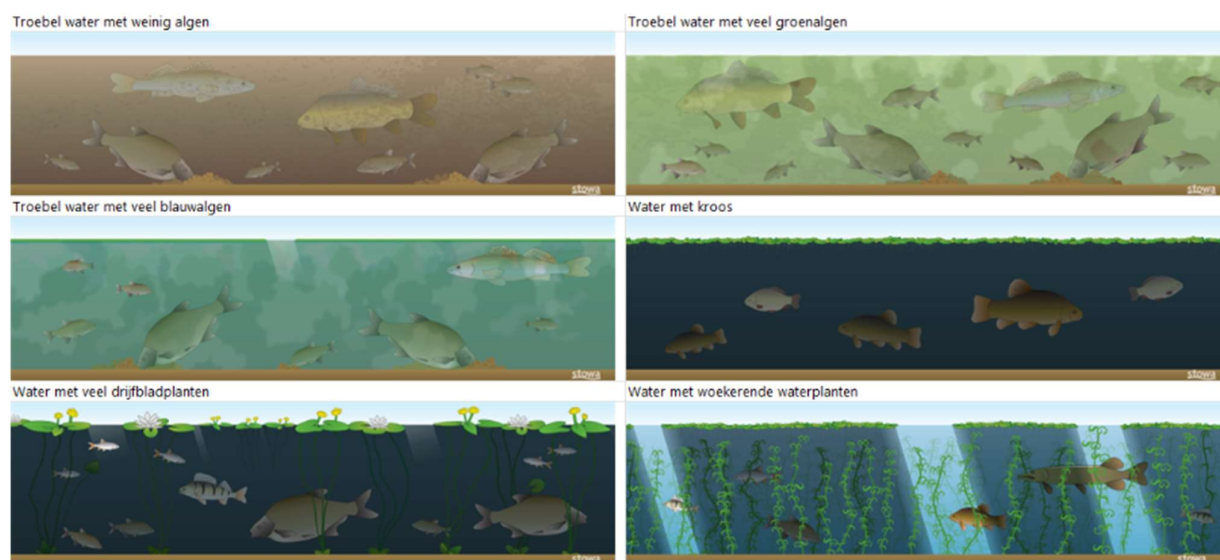
- Resultaten bodemonderzoek toegepast: vermindering nalevering energielandschap tot 0,6 mg/m²/d. Deze waarde is op basis van meetresultaten berekend met de tool Baggernut. Daarnaast is uitgegaan van halvering van fosforbelasting door kwel omdat fosfor in de bodem door ijzer wordt vastgelegd;
- Resultaten grondwateronderzoek toegepast: aanpassing van kwel op basis van de resultaten van de grondwatermodellering en de berekende peilfluctuaties;
- Uitgegaan van een gemiddelde waterdiepte van 60 cm voor de Vierde Tocht (dit door een inrichting met ondiepe en dieper delen), 50 cm voor andere peilgebieden (ook hier een gemiddelde met diepe en ondiepe delen);
- Toepassing natuurvriendelijke oevers: 50% in het dorp en 50% in Vierde Tocht. Hierdoor neem de belasting vanuit uitspoeling af met 25%;
- Waterkwaliteit is ook doorgerekend voor klimaatscenario's 2100Hd en 2100Hn. Hierbij is de neerslag en verdamping aangepast, en met andere jaren gerekend (2085-2015). Ook is de kritische belasting voor deze scenario's gecorrigeerd voor hogere temperaturen. Hierbij is gebruik gemaakt van waterkwaliteitsstresstesten zoals ontwikkeld door Stowa.

Bij de modellering wordt per gebied een daadwerkelijke belasting en een kritische belasting berekend. Als de daadwerkelijke belasting onder de kritische belasting blijft, kan een goede waterkwaliteit bereikt worden. Het gewenste beeld voor de waterkwaliteit kent helder water met gevarieerde beplanting, zie onderstaand referentie beeld.



Figuur 7 Typen ecosysteemtoestand helderwater (bron: STOWA, 2018)

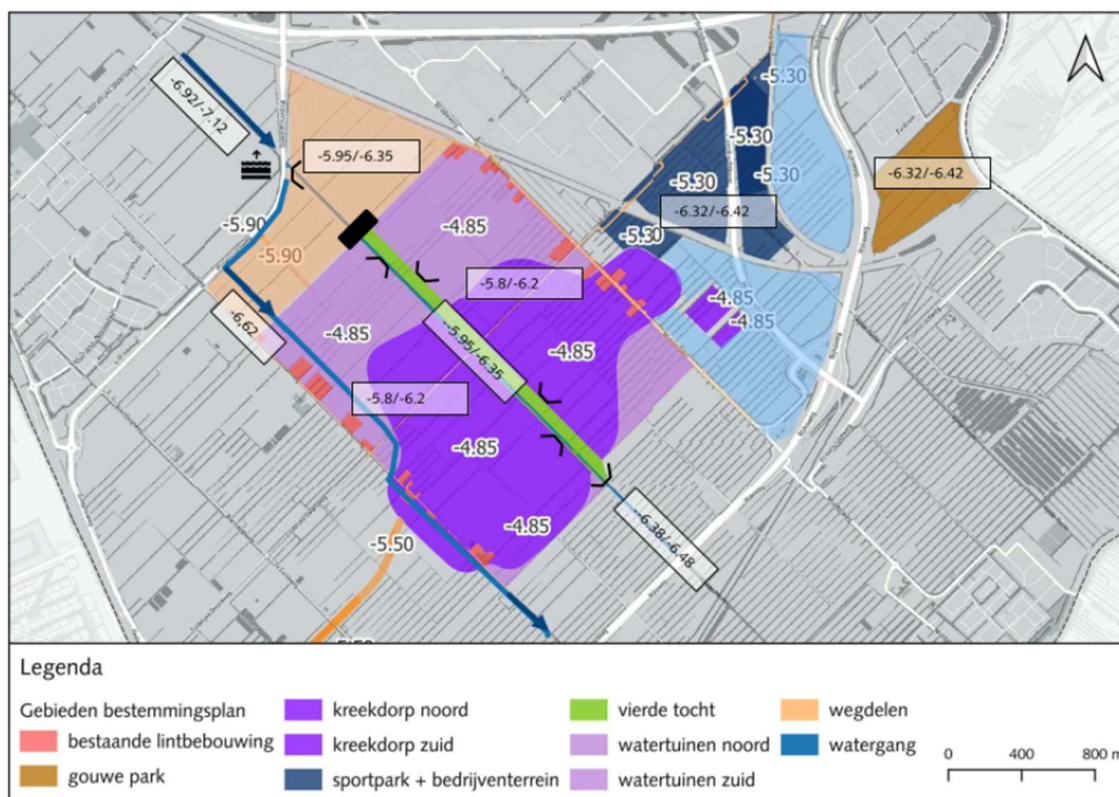
Wanneer de kritische belasting wordt overschreden, kunnen zich verschillende ecosysteemtoestanden voordoen. In onderstaande afbeelding is een overzicht weergegeven van deze mogelijke situaties. Voorbeelden zijn een dicht kroosdek, woekerende waterplanten of troebel water, met of zonder algen. Dit zijn situaties die bij vele stadswateren in de praktijk voorkomen. Welke specifieke toestand zich ontwikkelt, is niet eenduidig te voorspellen, aangezien dit afhangt van diverse factoren zoals de aanwezigheid en het type waterplanten, de samenstelling van het ecosysteem, en lokale milieumomstandigheden. Ook factoren als lichttoetreding, bodemgesteldheid en het voorkomen van bepaalde fauna kunnen hierin een rol spelen.



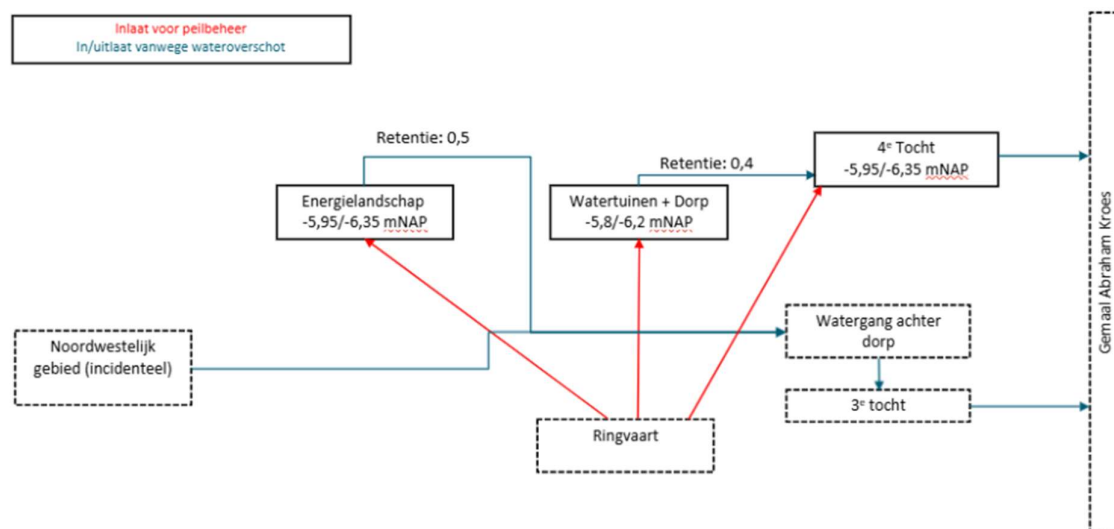
Figuur 8 Mogelijke ecosysteemtoestanden bij overschrijding kritische belasting (bron: STOWA, 2018)

2.5.1 Waterkwaliteit variant 7: omleiding via Derde Tocht

In variant 7 wordt het water vanuit de Noord-Zuidverbinding en vanuit het energielandschap omgeleid door de Derde Tocht. De Vierde Tocht functioneert alleen als afvoer voor de Watertuinen en het Kreekdorp.

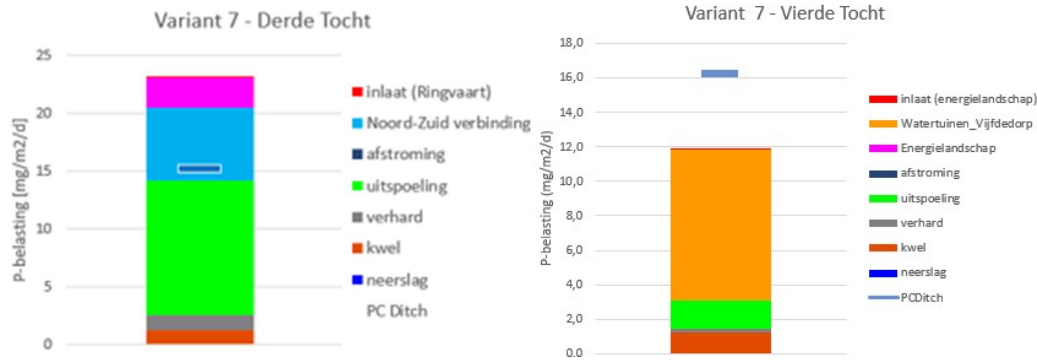


Figuur 9 Variant 7: De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.



Figuur 10 Variant 7. Stromingsschema variant 7

In variant 7 wordt water van zowel het energielandschap, als de Noord-Zuidverbinding, omgeleid via de Derde Tocht. Hierdoor neemt de belasting in de Vierde Tocht af, en in de Derde Tocht toe. De belasting is weergegeven in onderstaande diagrammen.



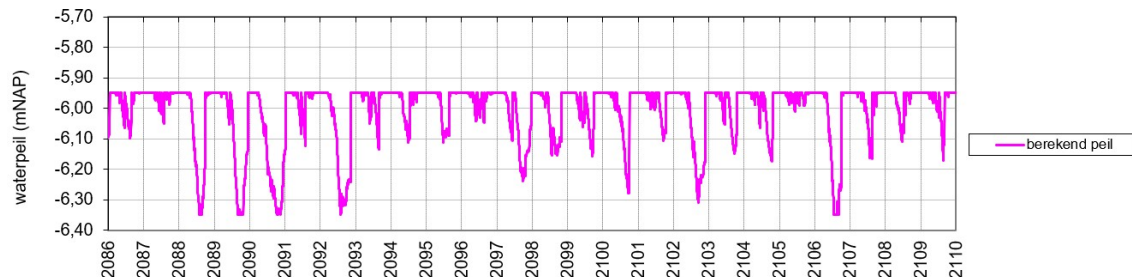
Figuur 11 Berekende P-belasting in de 3e Tocht (links) en 4e Tocht (rechts) in variant 7 (huidig klimaat)

Voor de Vierde Tocht blijft de belasting onder de kritische belasting. Voor de Derde Tocht is een overschrijding berekend. Dit is ook in de huidige situatie het geval.

Ter illustratie van de effecten van klimaatverandering op de waterstanden in Cortelande geven onderstaande afbeeldingen inzicht in de waterstanden in de Vierde Tocht onder de verschillende scenario's. Vooral het Hd scenario laat duidelijke verschillen met de huidige situatie zien. In de meeste jaren wordt de minimale waterstand nu bereikt en is inlaten van water nodig.

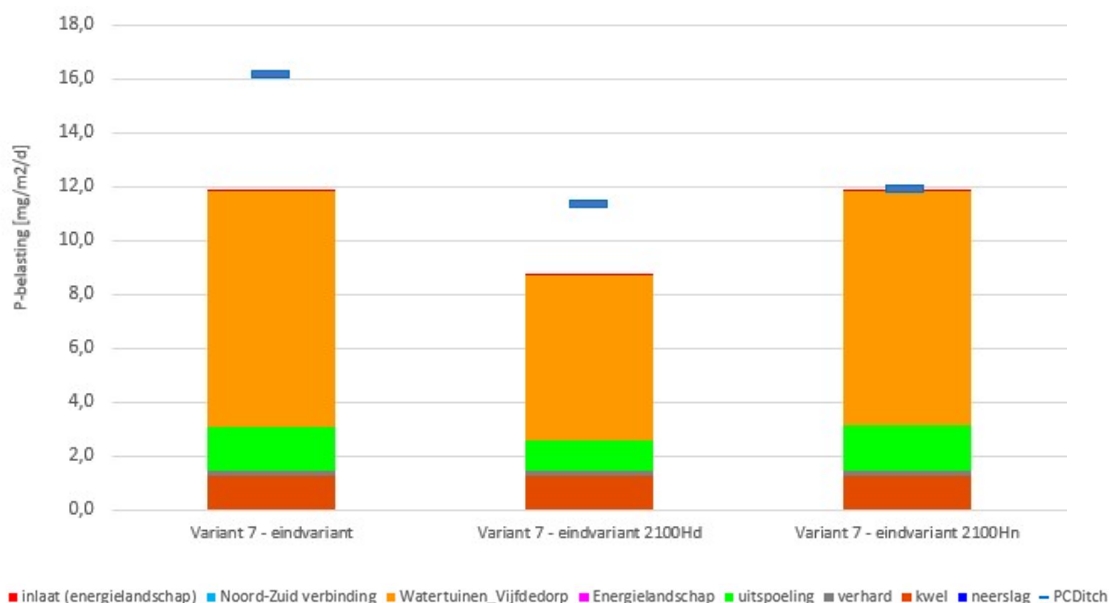


Figuur 12 Berekende peilen in 4e Tocht in variant 7 onder klimaatscenario 2100hd

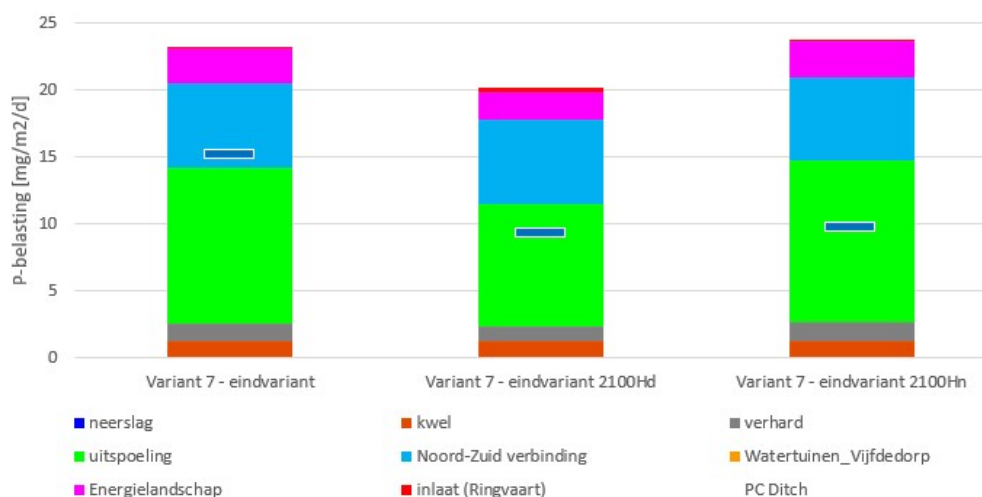


Figuur 13 Berekende peilen in 4e Tocht in variant 7 onder klimaatscenario 2100hn

Bij het toepassen van de klimaatscenario's verandert niet alleen de hoeveelheid neerslag en verdamping, maar ook de kritische P-belasting. Dit komt doordat klimaatverandering leidt tot hogere watertemperaturen, veranderende neerslagpatronen en langere droogteperioden. Hierdoor worden stoffen als nutriënten minder verdund en versnellen biologische processen, waardoor de waterkwaliteit sneller wordt aangetast. Dit maakt dat de kritische belasting in de toekomst lager is dan in de huidige situatie.

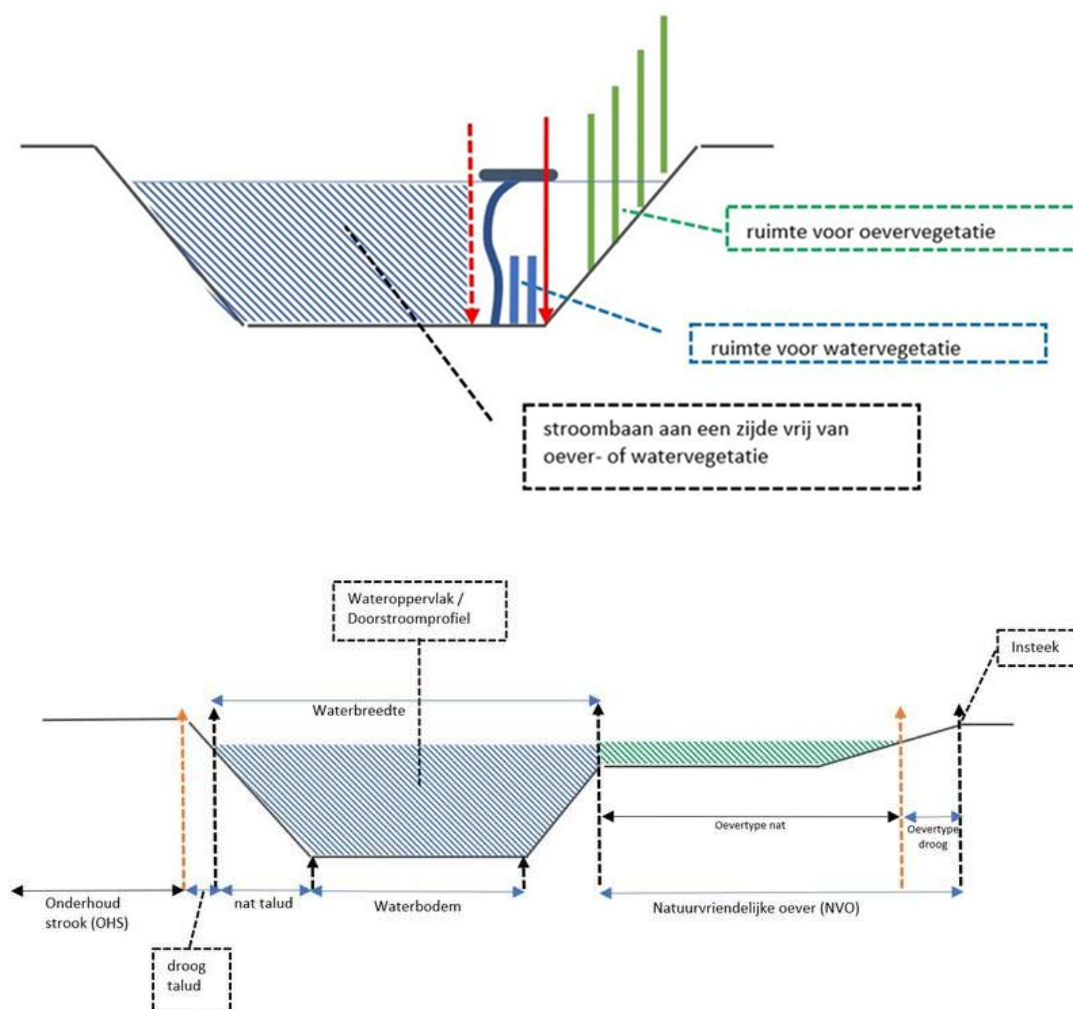


Figuur 14 Berekende P-belasting in de 4e Tocht in variant 7, onder verschillende klimaatreeksen



Figuur 15 Berekende P-belasting in de 3e Tocht in variant 7, onder verschillende klimaatreeksen

In de analyses is nu uitgegaan van een gemiddelde waterdiepte van 0,6 m in de Vierde Tocht. Dit kan in het ontwerp worden vertaald door de aanleg van een diepere zone met een bodem op ca. NAP -7,2 m (waterdiepte afhankelijk van de waterstand 0,85 tot 1,25 m) en een ondieper deel met een waterdiepte van ca. 0,3 m in natte situaties en (deels) droogvallend in droge situaties (dus bodem gemiddeld ca. NAP -6,25 m). In onderstaand profiel is dit schematisch weergegeven.



Figuur 16 Schematische weergave mogelijke profielen Vierde Tocht

De waterdiepte is een belangrijke parameter bij het bepalen van de kritische belasting. Dit is voor de Vierde Tocht uitgewerkt in onderstaande tabel. Hieruit blijkt dat een gemiddelde waterdiepte van ca. 0,6 m optimaal is voor deze tocht. Bij een waterdiepte van 0,8 m (of meer) wordt de kritische belasting lager. Dit geldt vooral voor het 2100Hd scenario. In dit (droge) scenario is de doorspoeling relatief minder.

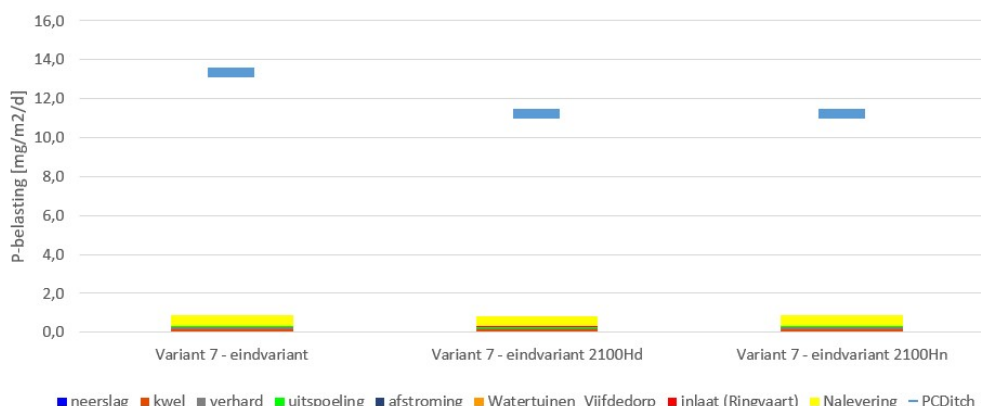


Tabel 2 Kritische P-belasting bij verschillende waterdieptes Vierde Tocht

Variant	Gem. P-belasting (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,5m (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,6m (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,7m (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,8m (mg/m ² /d)
Variant 7 - reguliere reeks	11,9	16,8	16,2	16,4	15,9
Variant 7 - KNMI reeks 2100Hd	8,8	11,7	11,4	11,7	8,2
Variant 7 - KNMI reeks 2100Hn	11,8	12,4	11,9	12,0	12,0

Energielandschap

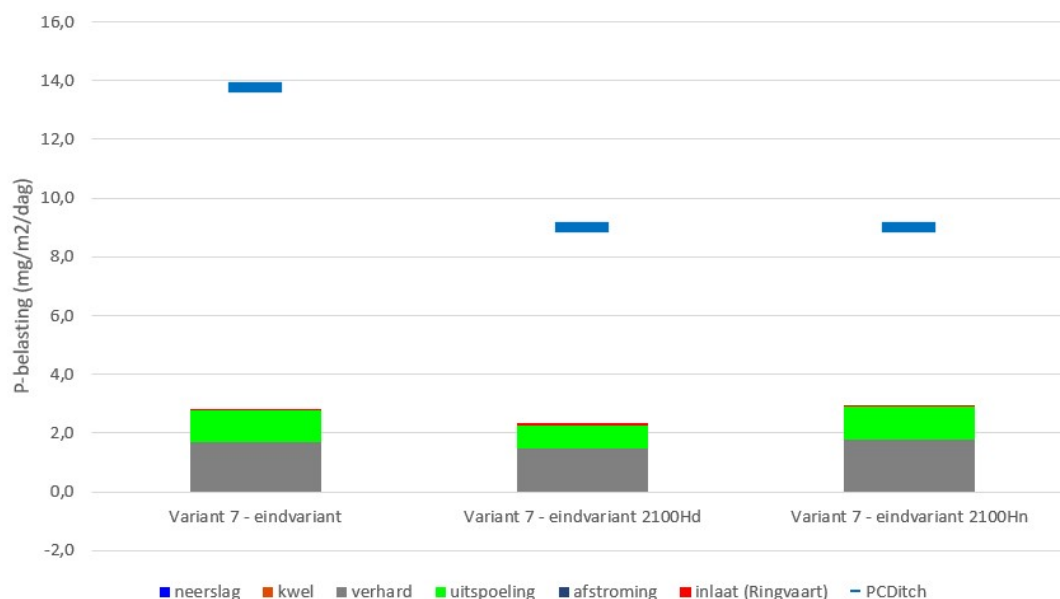
Het energielandschap blijft ruim onder de kritische belasting gebleven in zowel de reguliere klimaatreeks als die van 2100Hd en 2100Hn. De grootste belasting is nog steeds het gevolg van nalevering vanuit de bodem, maar deze is als gevolg van binding door ijzer beperkt.



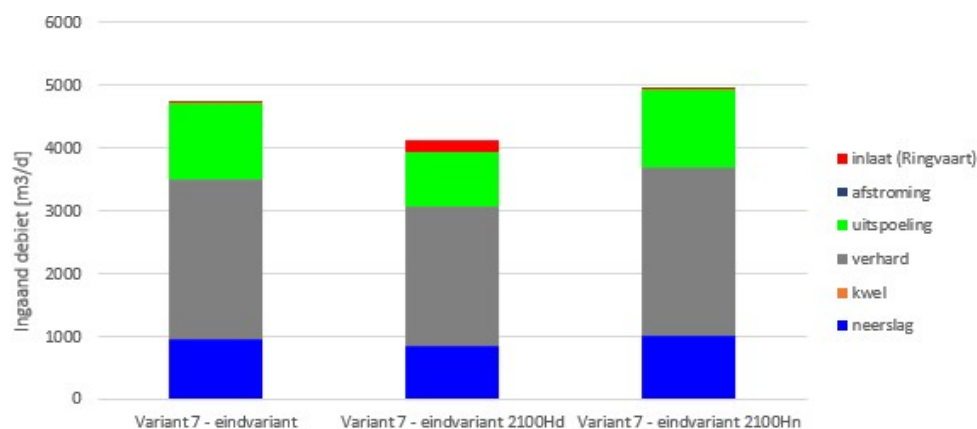
Figuur 17 Berekende P-belasting in het Energielandschap in variant 7, onder verschillende klimaatreeksen

Watertuinen & kreekdorp

Binnen het dorp blijft de fosforbelasting (P-belasting) onder de kritische waarde, ook wanneer rekening wordt gehouden met de doorgerekende klimaatscenario's. Uit de resultaten blijkt echter dat, met name in het droge scenario voor 2100, vaker inlaat vanuit de Ringvaart noodzakelijk is om het gewenste peil te handhaven. In dit droge scenario was in circa 55% van de berekende jaren extra inlaat vereist, terwijl dit in het natte scenario slechts bij ongeveer 25% van de jaren het geval was.



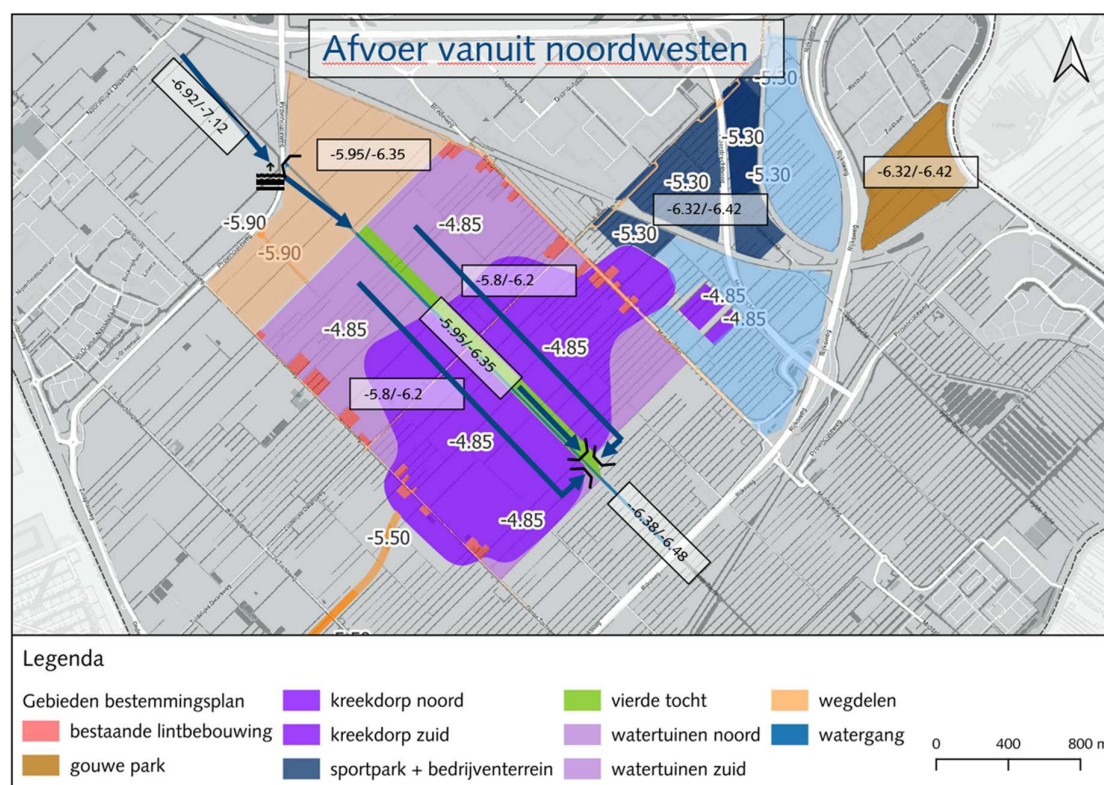
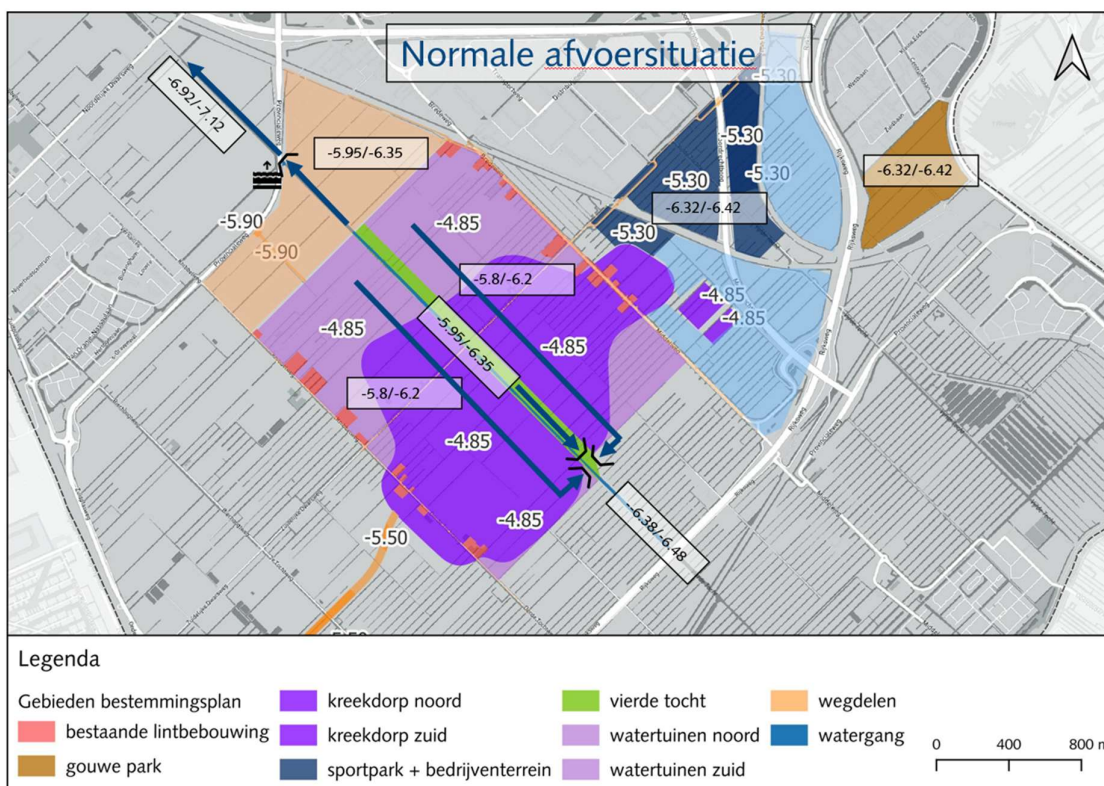
Figuur 18 Berekende P-belasting in de watertuinen & kreekdorp in variant 7, onder verschillende klimaatreeksen (NB. de kritische belasting is bepaald voor een zandbodem. Bij een kleibodem liggen de waarden hoger)



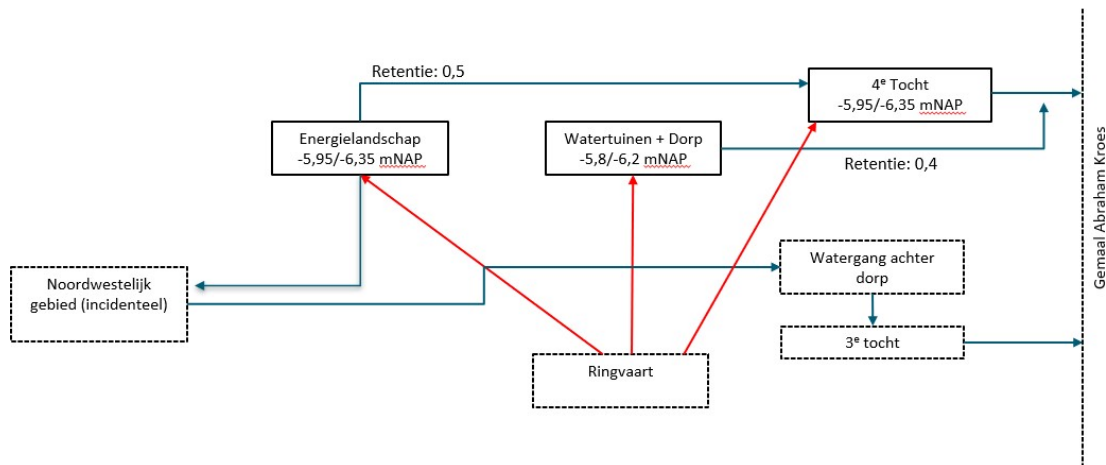
Figuur 19 Berekende ingaande debieten in de watertuinen & kreekdorp in variant 7, onder verschillende klimaatreeksen

2.5.2 Waterkwaliteit variant 8: afvoer via 4e Tocht

In variant 8 worden alle stromen via de Vierde Tocht afgevoerd: de Noord-Zuidverbinding, het energielandschap en de Watertuinen en het Kreekdorp. Wel worden er extra bronmaatregelen getroffen bij de Noord-Zuidverbinding waardoor de belasting afkomstig uit dit water halveert (0,35 mg/l). Voor het Energielandschap wordt afwatering in twee richtingen mogelijk gemaakt: onder normale omstandigheden afvoer naar het noordwesten en in natte omstandigheden naar het zuidoosten via Cortelande. Dit vraagt de aanleg van een extra (automatische) stuw. Ook wordt water van het Kreekdorp en de Watertuinen pas achter de stuw aangesloten op de Vierde Tocht. De waterkwaliteit in de Watertuinen en het Dorp is weliswaar goed, maar het probleem is dat de afvoer van een relatief groot gebied op het kleine waterlichaam van de Vierde Tocht zorgt voor een grote relatieve belasting (per hectare).



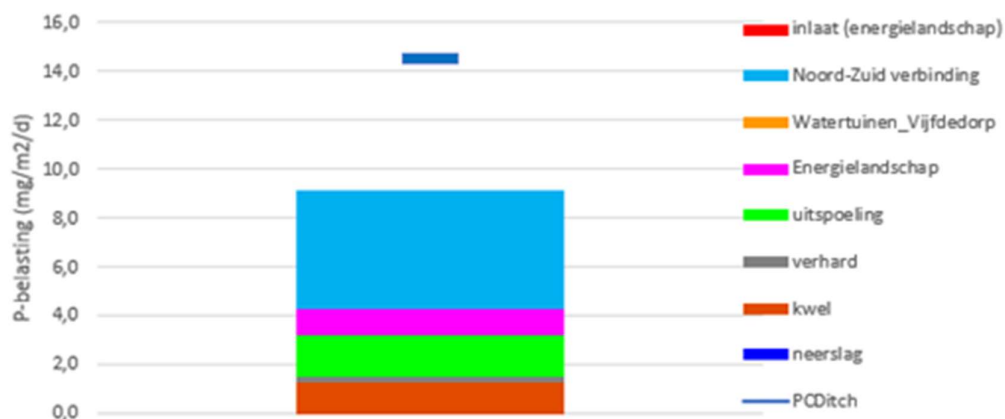
Figuur 20 Variant 8. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten



Figuur 21 Stroomschema variant 8

De volgende uitgangspunten zijn gewijzigd ten opzichte van eerdere berekeningen:

1. Afvoer vanuit het energielandschap naar de Vierde Tocht is beperkt tot 30%; In normale omstandigheden voert dit gebied af richting het noordwesten, alleen in zeer natte perioden, wanneer de inzet van het gemaal Vierde Tocht nodig is, wordt dit water naar het zuidoosten (richting het Dorp) afgevoerd;
2. P-belasting vanuit de Noord-zuidverbinding wordt gehalveerd als gevolg van maatregelen in het kassengebied en grootschalige toepassing van natuurvriendelijke oevers;



Figuur 22 Berekende P-belasting in variant 8 (Vierde Tocht)

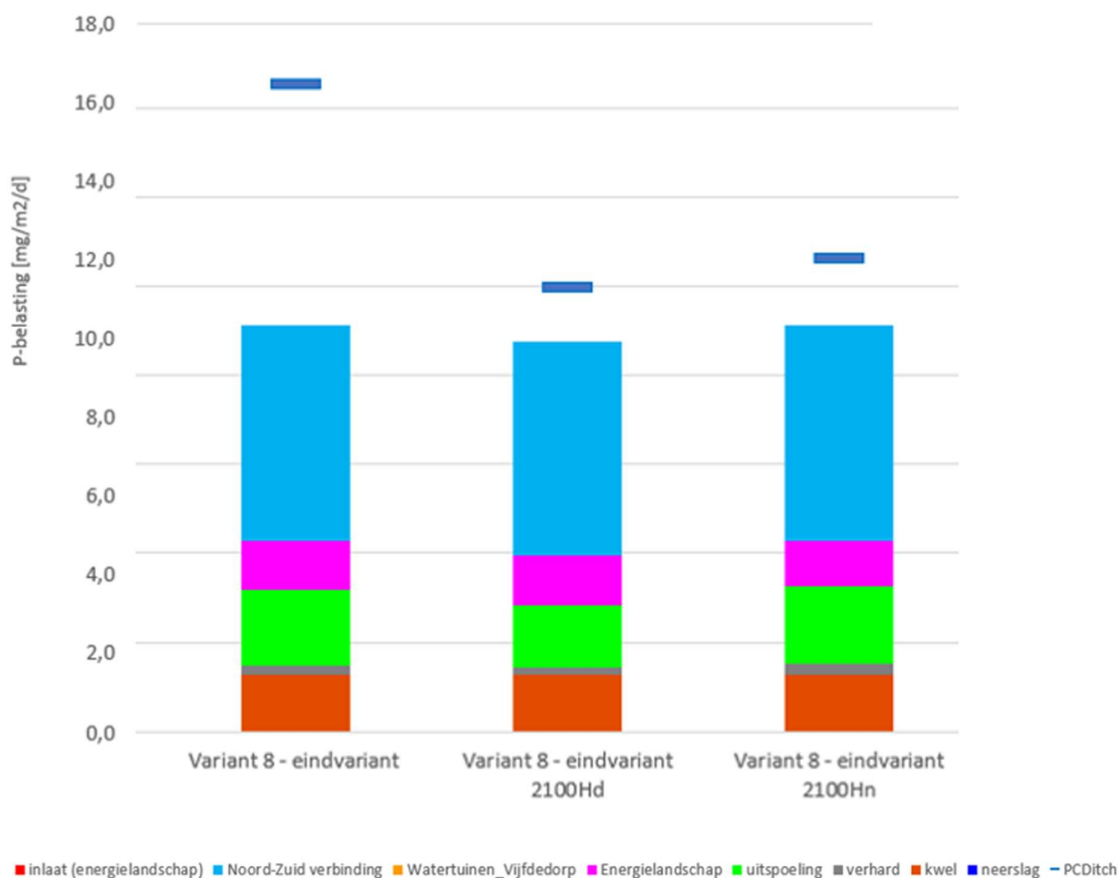
De gemiddelde waterdiepte is van grote invloed op de kritische belasting in de Vierde Tocht (zie onderstaande tabel). Bij een gemiddelde waterdiepte van 0,6 m is de kritische belasting het hoogst.



Tabel 3 Kritische P-belasting bij verschillende waterdieptes Vierde Tocht in variant 8

Variant	Gem. P-belasting (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,5m (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,6m (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,7m (mg/m ² /d)	Kritische grens bij gem. waterdiepte 0,8m (mg/m ² /d)
Variant 8 - reguliere reeks	22,8	14,0	14,5	9,7	7,0

Met de uitgangspunten zoals eerder genoemd blijft de belasting in de Vierde Tocht onder de kritische grens, ook in toekomstige klimaatscenario's.



2.5.3 Toepassing helofytenfilter in energielandschap

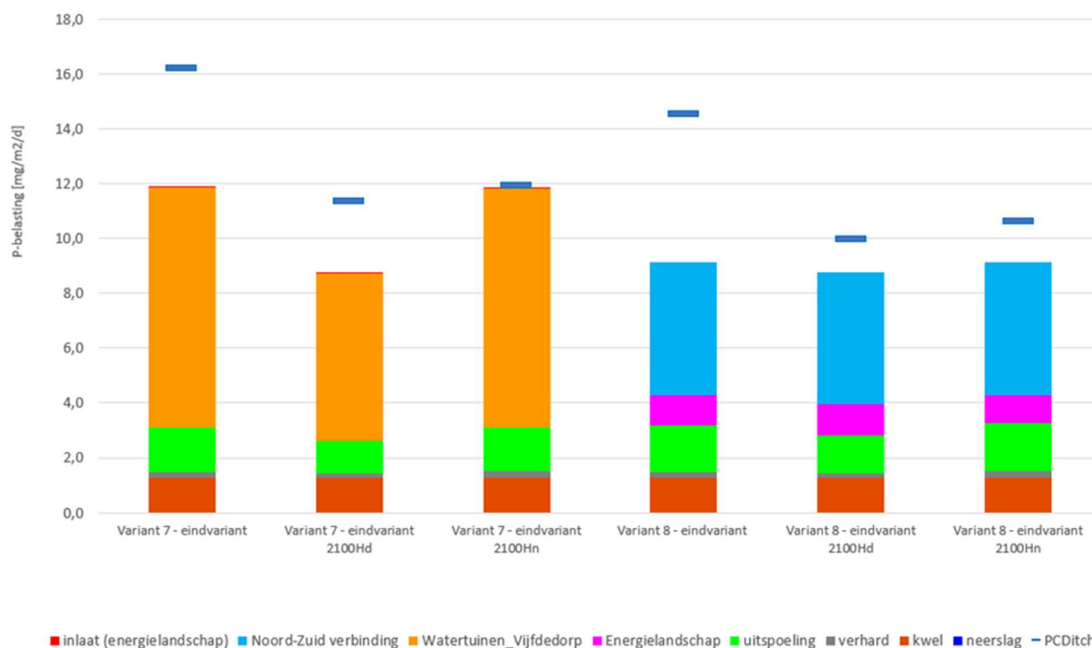
Als aanvullende maatregel kunnen helofytenfilters worden geïnstalleerd binnen het energielandschap. Uit onderzoek van STOWA (2024) blijkt dat helofytenfilters op de lange termijn in staat zijn om circa 10 tot 20% van het fosfor uit het influentwater te verwijderen. De effectiviteit van deze maatregel is afhankelijk van diverse factoren, waaronder de verblijftijd van het water in het filter en de initiële fosforconcentratie. Deze resultaten zijn in lijn met de fosforverwijdering die eerder is gerapporteerd bij de toepassing van



natuurvriendelijke oevers, zoals beschreven in het eerdere rapport⁴. Op basis van deze gegevens wordt verwacht dat circa 10% van het oppervlak van het energielandschap benut moet worden om een fosforreductie van 10 tot 20% te realiseren.

2.5.4 Samenvatting resultaten waterkwaliteit

Uit de verdere uitwerking volgt dat bij zowel variant 7 als bij variant 8 het mogelijk is om een stabiele waterkwaliteit in de Vierde Tocht te krijgen, voor het deel langs Cortelande.



Hiervoor zijn wel inspanningen nodig om de belasting op deze watergang te beperken. Deze inspanningen zijn:

Variant 7:

- Aanleg van een ruime, extra watergang om Cortelande heen om de Noord-Zuid afvoer om te leiden;
- Aanleg van natuurvriendelijke oevers in Watertuinen/Dorp en langs de Vierde Tocht;
- In het profiel van de Vierde Tocht ondiepe en diepe delen opnemen;
- Het maaibeheer en het baggeren afstemmen op de waterkwaliteit.

Bij variant 7 vindt de waterafvoer gedeeltelijk plaats via de omgeleide Derde Tocht. Dat zorgt hier voor extra belasting net nutriënten. Net als in de huidige situatie is de belasting van de Derde Tocht hoger dan de kritische belasting.

Variant 8:

- Sturingsmogelijkheid voor de afvoer van het energielandschap door het plaatsen van een stuw;
- Waterkwaliteitsmetingen in het bovenstroomse gebied (de afvoer via de Noord-Zuid verbinding)
- In de inrichting van het energielandschap nadrukkelijk rekening houden met de waterkwaliteit. Dat betekent afwisseling in diepe en ondiepe delen, voldoende ruimte voor oever en

⁴ Nelen & Schuurman, Witteveen+Bos; Principekeuzes Waterhuishoudingsplan Middengebied Zuidplaspolder, 11 juni 2025



- waterplanten met voldoende licht inval. Aan de andere kant kan de schaduw van de UV-panels worden gebruikt om te sterke opwarming van het water te voorkomen;
- In het beheer en onderhoud van het energielandschap de waterkwaliteit leidend laten zijn. Behoud van zuurstofhoudend water is van groot belang voor de fosfaat binding in de bodem;
 - In het profiel van de Vierde Tocht ondiepe en diepe delen opnemen, en natuurvriendelijke oevers aanleggen;
 - Het maaibeheer en het baggeren afstemmen op de waterkwaliteit.

De analyses zijn uitgevoerd op basis van beschikbare informatie uit verschillende onderzoeken en literatuurbronnen. Echter deze kunnen nooit 100% voorspellend zijn voor de toekomstige situatie. De belangrijkste onzekerheden in de analyse zijn:

- De kwel is voor de toekomstige situaties mogelijk licht onderschat, terwijl in de huidige situatie deze deel onderschat kan zijn; Daarbij geldt dat de berekende waarden indicatief zijn. Veranderingen in de kwel hebben een beperkte invloed op de waterbalans. Voor het doel van dit onderzoek wordt de nauwkeurigheid voldoende geacht;
- Alle kentallen voor de waterkwaliteit zijn zo goed mogelijk ingeschat op basis van de beschikbare informatie. Maar deze bevatten onzekerheden. Een grote onzekerheid is bijvoorbeeld de afvoer via de Noord-Zuid verbinding. De beschikbare meetwaarde laten grote variaties zien. Er is gerekend met een gemiddelde. Het grootste deel van de metingen is duidelijk lager maar incidenteel zijn ook hoge pieken gemeten
- Vastlegging van fosfor in de bodem van het energielandschap. Op basis van de metingen zijn de aannames goed onderbouwd. Alleen is het van belang dat in het watersysteem in de toekomst geen zuurstofloosheid optreedt waardoor alsnog fosfor kan vrijkomen.
- Toekomstige ontwikkelingen rondom het plangebied zoals functie wijziging of veranderingen in de waterhuishouding. Deze kunnen zowel in positieve als negatieve zin doorwerken naar het plangebied (bijvoorbeeld meer of minder kwel, verandering kwaliteit inlaatwater etc).
- Kritische grenswaarden voor de klimaatreeksen. De kritische belasting voor de klimaatscenario's is bepaald met behulp van een model, gebruik makend van diverse invoerparameters (kwel, % water, diepte, doorstroomvolume in zomer) en aannames op basis van het WH2085 scenario (conform KNMI klimaatscenario's 2014). Niet alleen de invoerparameters van het model, maar ook het klimaatscenario's dragen inherent onzekerheden met zich mee.



3 Conclusies en aanbevelingen

Deze memo geeft een overzicht van de resultaten van verdiepende onderzoeken en de beoordeling van de twee aanvullende varianten. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies en aanbevelingen voor het vervolg.

1. **Het effect van de voorgestelde waterpeilen op het grondwater.** De stijging van de grondwaterdruk in het eerste watervoerend pakket onder het Dorp en de Watertuinen door de voorgestelde waterpeilen (-5,8/-6,2 mNAP) is maximaal 0,3 m tot -5,8 m NAP. Dit betekent dat de grondwaterstand in het Dorp en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket vaak in evenwicht zijn en er nauwelijks of geen kwel en wegzijging optreedt. De grondwaterstand direct rondom het plangebied bij de lintbebouwing stijgt met ca. 0,1 m. Op enige afstand (300 m) van het plangebied zijn stijgingen van ongeveer 5 cm zijn te verwachten. In deze stijgingen van de grondwaterstand is nog geen rekening gehouden met het dempende effect van een lintsloot. Hoewel de toename in het diepere grondwater in de directe omgeving van het plangebied beperkt is, kan deze stijging leiden tot wellen in bestaande of nieuw aan te leggen watergangen.
 - a. We bevelen aan om de resultaten van deze grondwaterstudie te gebruiken voor een verfijnde berekening van de verwachte grondwaterstanden bij de lintbebouwing en hierbij de effecten de lintsloot en maatregelen op de percelen mee te nemen.
 - b. We bevelen aan om de resultaten van de grondwaterstudie te gebruiken voor een bepaling van het effect van extra kwel op de waterkwaliteit en ecologie van de Groene Waterparel.
 - c. We bevelen aan om nieuw aan te leggen watergangen op polderpeil ondiep (waterdiepte 0,5 m) aan te leggen om opbarsting te voorkomen.
2. **Robuuste inpassing van lintbebouwing in het watersysteem.** In het bestemmingsplan blijven de Middelweg/Bredeweg en de 3^e Tochtweg gehandhaafd samen met een deel van de lintbebouwing. Het aanleggen van doorgaande watergangen tussen de bestaande lintbebouwing en het te ontwikkelen Dorp zorgt voor een hydrologische scheiding tussen de gebieden. Deze lintsloten sluiten aan bij de huidige polderpeilen, zijn maximaal 6 m breed vanwege eenzijdig onderhoud en ongeveer 0,5 m diep om wellen en opbarsting te voorkomen. Afhankelijk van de behoefte aan waterberging kunnen delen tussen de lintbebouwing ingezet worden als extra waterberging voor de lintbebouwing.
 - a. We bevelen aan om modelmatig te onderzoeken wat de bergingsbehoefte is om het risico op inundatie van de lintbebouwing niet te verhogen en dit op te nemen in het waterhuishoudkundig plan.
 - b. Door het handhaven van de peilen van de Middelweg en de 3^e Tochtweg ontstaan twee woongebieden die hydrologisch gescheiden zijn van het Dorp, maar wel op hetzelfde waterpeil en maaiveld liggen als het Dorp. Vanwege de onderhoudsgevoeligheid bevelen we aan om deze peilgebieden niet te verbinden met het watersysteem van het Dorp door een zinker, maar af te laten wateren op de omliggende polder. Daarnaast bevelen we aan om te onderzoeken of het mogelijk is om het waterpeil in deze geïsoleerde gebieden niet te verhogen, maar op polderpeil te laten. In dat geval moet onderzocht worden of deze gebieden nog steeds voldoen aan de gestelde eisen en daarmee ook voldoende beschermd zijn tegen overstromingen.
3. **Fosforbelasting vanuit het Energielandschap** De fosforbelasting vanuit het Energielandschap is veel lager dan verwacht, omdat de bodem een overmaat aan ijzer heeft om fosfor te binden. Maatregelen om de bodem te verbeteren zijn niet zinvol, omdat de bodem al een lage uitspoeling heeft. Vanwege de nu al lage nalevering is het niet de verwachting dat de nalevering op termijn nog sterk gaat afnemen. Om ook op lange termijn de binding van het fosfor te behouden is het van belang dat het oppervlaktewater in het energielandschap voldoende zuurstof blijft bevatten.
 - a. We bevelen aan om in de inrichting van het Energielandschap maatregelen te treffen om zuurstofloosheid te voorkomen. Dat betekent afwisseling in diepe en ondiepe delen, voldoende ruimte voor oever- en waterplanten met voldoende licht inval, het voorkomen van doodlopende wateren en het voorkomen van overmatig bladval. Schaduw van de UV-panelen kan worden gebruikt om te sterke opwarming van het water te voorkomen.



- b. We bevelen aan om in het beheer en de monitoring het watersysteem van het Energielandschap extra maatregelen te treffen om zuurstofloosheid te voorkomen. Dit betekent regelmatig maaien en baggeren en het meten van de waterkwaliteit. We bevelen aan om deze maatregelen vast te leggen in een beheer- en onderhoudsplan.
- 4. **Het effect van extra droogte door klimaatverandering in 2100 op de waterkwaliteit.** In het Dorp en de watertuinen blijkt dat, met name in het droge scenario voor 2100, vaker inlaat vanuit de Ringvaart noodzakelijk is om het gewenste peil te handhaven. In dit droge scenario was in circa 55% van de berekende jaren extra inlaat vereist, terwijl dit in het natte scenario slechts bij ongeveer 25% van de jaren het geval was. De hoeveelheid inlaat is echter zo laag (<5% van het totale inkomende water) dat deze toename een verwaarloosbaar effect op de totale fosforbelasting heeft. Een grotere invloed heeft de verwachte toename van de temperatuur. Hierdoor versnellen biologische processen, waardoor de waterkwaliteit sneller wordt aangetast. Dit betekent een daling van de kritische P-belasting van ongeveer 25%.
- 5. **Waterkwaliteit varianten 7 & 8.** Beide onderzochte varianten voldoen aan de gestelde doelen voor waterkwaliteit in het huidige en toekomstige klimaat in de 4^e Tocht, de Watertuinen, het Dorp en het Energielandschap. De waterkwaliteit in de 3^e Tocht is niet als doelstelling opgenomen, maar blijft in beide varianten onvoldoende. Om de waterkwaliteit in de 4^e Tocht goed te houden, wordt bij variant 7 een omleiding van de 3^e Tocht aangelegd voor nutriëntrijk water uit het noordwesten. Bij variant 8 wordt een automatisch beweegbare stuw van het energielandschap naar het noorden aangelegd, voert het Dorp en de Watertuinen niet af op de 4^e Tocht en wordt de aanvoer van nutriënten vanuit het Noordwesten met 50% gereduceerd. Daarnaast krijgt de 4^e Tocht een natuurvriendelijk inrichting met een gemiddelde diepte van 0,6 m.
 - a. De reductie van 50% van de aanvoer van nutriënten uit het noordwesten kan vermoedelijk niet gehaald worden door alleen het beperken van lozingen vanuit de glastuinbouw⁵. Deze lozingen vormen slechts een beperkt deel van de nutriëntentoevoer. We bevelen aan om naast het terugdringen van lozingen uit de glastuinbouw, ook in te zetten op het aanleggen van natuurvriendelijke oevers in het kassengebied, het aanleggen van bergingsgebieden bovenstrooms en het beperken van de afvoer bij hoge nutriëntgehalten.
 - b. Er is onzekerheid over de daadwerkelijke hoeveelheid nutriënten in het water vanuit het noordwestelijk gebied. De beschikbare waterkwaliteitsmetingen laten sterke variatie in fosforgehalten zien. We bevelen aan om een meetcampagne op te zetten en een bronnenanalyse uit te voeren om te bepalen wat de oorzaak is van de gemeten piekwaarden en hoe deze samenhangen met perioden waarin langdurige neerslag verwacht wordt.
 - c. Daarnaast bevelen we aan om een meetplan op te stellen voor de monitoring van de waterkwaliteit en de ecologie in het Middengebied. Met de monitoringsresultaten kunnen de gemeente en het waterschap besluiten om extra maatregelen te nemen om de waterkwaliteit te verbeteren.

⁵ HHSK inventariseert momenteel de mogelijkheden van de bronaanpak glastuinbouw Zuidplaspolder