



Onderzoek knikpunten watersysteem Restveengebied Zuidplaspolder

7 februari 2014 - versie 2





George Hintzenweg 85

Postbus 8520

3009 AM Rotterdam

+31 (0)10 44 33 666 telefoon

+31 (0)10 44 33 688 fax

info@rhdhv.com e-mail

www.royalhaskoningDHV.com internet

7 februari 2014 datum

BC2938 referentie

definitief rapport, versie 2 status

ir. M. (Marloes) van Ginkel, auteur(s)

ir. I. (Ingrid) Jensen,

ir. R. (Rob) Speets

ir. S. (Saskia) Vuurens collegiale toets

ir. R. (Rob) Speets vrijgegeven door

Inhoudsopgave

| | | | | | |
|---------------------|---|-----------|--------------------|---|-----------|
| Samenvatting | 5 | 4 | Peilfixatie | 27 | |
| 1 | Inleiding | 9 | 4.1 | Uitgangspunten | 27 |
| 1.1 | Achtergrond | 9 | 4.2 | Drooglegging | 27 |
| 1.2 | Vraagstelling en doelstelling | 9 | 4.3 | Opbarstrisico | 27 |
| 1.3 | Verkenning | 9 | 4.4 | Afvoercapaciteit | 29 |
| 1.4 | Leeswijzer | 9 | 4.5 | Inundatie | 29 |
| 2 | Problematiek restveengebied | 11 | 4.6 | Waterkwaliteit en ecologisch functioneren | 29 |
| 2.1 | Kenschets van de problematiek | 11 | 4.7 | Keringen | 29 |
| 2.2 | Toekomstperspectief | 19 | 4.8 | Kabels en Leidingen | 29 |
| 2.3 | Peilstrategieën en scenario's | 19 | 4.9 | Infrastructuur | 29 |
| 3 | Peilindexatie | 21 | 4.10 | Globale Kosten en Baten | 29 |
| 3.1 | Uitgangspunten | 21 | 5 | Synthese | 33 |
| 3.2 | Drooglegging | 21 | 5.1 | Synthese onderzoeksresultaten | 33 |
| 3.3 | Opbarstrisico | 21 | 5.2 | Knikpunt | 37 |
| 3.4 | Afvoercapaciteit | 21 | Literatuur | 41 | |
| 3.5 | Inundatie | 23 | Bijlagen | | |
| 3.6 | Waterkwaliteit en ecologisch functioneren | 23 | 1 | Bodemmodel en opbarstberekeningen | 45 |
| 3.7 | Waterkeringen | 23 | 2 | Drooglegging | 55 |
| 3.8 | Kabels en Leidingen | 23 | 3. | Inundaties | 57 |
| 3.9 | Infrastructuur | 23 | 4 | Afvoercapaciteit | 61 |
| 3.10 | Globale Kosten en Baten | 24 | 5 | Kostenraming | 65 |
| | | | 6. | Oplossingsrichtingen | 69 |



Samenvatting

In het Restveengebied in de Zuidplaspolder is sprake van doorgaande bodemdaling waardoor kwel en het risico op bodeminstabiliteit (opbarsten) jaarlijks toenemen. Hierdoor wordt het beheer van het watersysteem in relatie tot de waterhuishoudkundige taken (waterkwantiteit, -kwaliteit en -veiligheid) en het faciliteren van de gebruiksfuncties van het gebied complexer. Aan Royal HaskoningDHV is gevraagd om een verkenning uit te voeren en antwoord te geven op de vraag 'wanneer wegen de maatschappelijke kosten voor de inrichting, het beheer en het onderhoud van het watersysteem niet meer op tegen de baten van de gebruiksfuncties?'

De effecten van doorgaande bodemdaling op de globale kosten aan het watersysteem en de globale baten voor de gebruiksfuncties bij voortzetting van huidig beleid 'peilindexatie' (peil volgt functie) zijn afgezet tegen de globale kosten en baten van mogelijk toekomstig beleid 'peilfixatie' (vasthouden van het huidige peil).

Toekomstscenario bij voortzetting strategie peilindexatie

Bij peilindexatie wordt het peil periodiek aangepast om de landbouwkundige drooglegging te behouden en daarmee de gebruiksfunctie veenweide te blijven ondersteunen. Als gevolg van de landbouwkundige ontwatering zal het veen in de bodem verdwijnen, daardoor zal de bodemdaling zich voortzetten en als gevolg van klimaatverandering geleidelijk toenemen.

Door het verdwijnen van het veen zal de tegendruk van het afdekkend pakket afnemen waardoor kwel (wellen) en het risico op opbarsten van slootbodems toenemen. Recent zijn slootbodems opgebarsten en in het gebied komen steeds meer wellen voor. Met de toename van de kwel wordt met het grondwater meer brak, mineraal- en voedselrijk water aangevoerd, waardoor de waterkwaliteit en het ecologisch functioneren achteruit zullen gaan. Dit betekent dat er een risico bestaat dat niet meer aan het standstill beginsel van de Kaderrichtlijn Water kan worden voldaan.

Bij peilaanpassing worden de watergangen richting het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder Abraham Kroes te ondiep waardoor de afvoercapaciteit van het watersysteem kleiner wordt dan de gemaalcapaciteit en het gemaal (nog) minder optimaal kan functioneren. De watergangen zullen daarom moeten worden verdiept en verbreed.

Toekomstscenario bij peilfixatie

Bij peilfixatie wordt het huidige waterpeil gehandhaafd waardoor de afvoercapaciteit van het watersysteem niet zal veranderen ten opzichte van de huidige situatie. Als gevolg van doorgaande bodemdaling zal het gebied vernatten. Door vernatting zal de bodemdaling afnemen en op de lange termijn helemaal tot stilstand komen als het waterpeil tot boven het maaiveld is gestegen.

Tot 2050 blijft sprake van bodemdaling waardoor kwel met negatieve effecten op de waterkwaliteit en het ecologisch

functioneren en het risico op opbarsten toenemen, maar in mindere mate dan bij het toepassen van peilindexatie het geval zal zijn. De landbouwkundige drooglegging neemt sterk af ten opzichte van de huidige situatie wat ertoe zal leiden dat de gebruiksfunctie veenweide in een steeds groter wordend gebied niet meer kan plaatsvinden.

Vergelijking kosten-baten peilstrategieën

Baten

Het jaarlijks bedrijfsresultaat van een gemiddeld melkveebedrijf (afgeleid uit recente studies) is 930 euro per hectare. Op basis hiervan zijn de totale baten van veehouderij in het Restveengebied in de huidige situatie 425.000 euro per jaar. Via beide peilstrategieën zal er in de toekomst sprake zijn van afname van de opbrengst voor de landbouw. Bij voortzetting van peilindexatie zal de opbrengst van 2020 tot 2050 geleidelijk afnemen en in 2050 5% minder zijn dan in de huidige situatie, ofwel 88.963 euro contante waarde (discontovoet 5,5%). Bij toepassing van peilfixatie zal de opbrengst van 2020 tot 2050 sterker afnemen en in 2050 25% minder zijn dan in de huidige situatie, ofwel 449.051 euro contante waarde.

Kosten

Bij peilindexatie zijn maatregelen nodig om de afvoercapaciteit van het watersysteem in de toekomst te behouden. De aanpassingen bestaan uit het verdiepen en verbreden van de watergangen en het verzwaren van de waterbodems. Er hoeven geen kunstwerken te worden



aangepast met uitzondering van het gemaal Abraham Kroes. De werkzaamheden kunnen gefaseerd worden uitgevoerd in de periode 2020 tot 2050. De totale kosten voor aanpassing van de waterlopen zijn globaal geraamd op 6,8 miljoen euro contante waarde. Bij peilfixatie worden naast de reguliere onderhoudskosten geen extra kosten aan het watersysteem voorzien.

Hierbij moet in overweging worden genomen dat de kosten voor mogelijke aanpassing van het gemaal Abraham Kroes, verbeteren van de stabiliteit van de keringen en de fundering van infrastructuur (spoorlijn en A20), verbeteren van de waterkwaliteit en aanpassingen aan kabels en leidingen (drinkwater- en gasleiding) in deze verkenning niet zijn meegenomen.

Conclusie en advies

De resultaten tonen aan dat bij voortzetting van het beleid peilindexatie de kosten voor noodzakelijke maatregelen aan het watersysteem (totaal globaal 6,8 miljoen euro contante waarde) vele malen groter zijn dan de vermindering van de opbrengstderiving in de landbouw. Over de zichtperiode van 2020 tot 2050 kan de opbrengstderiving door peilindexatie in totaal met 360.088 euro contante waarde worden verminderd ten opzichte van wanneer het huidig peil wordt vastgehouden. Een vergelijking tussen de kosten aan het watersysteem en de baten van de gebruiksfuncties geeft aan dat het knippunt waarop de kosten niet meer opwegen tegen de baten van

de gebruiksfuncties in de huidige situatie al is bereikt. Of dit ook maatschappelijk een knippunt is, wordt bepaald door maatschappelijke waarden en is een politiek-bestuurlijke keuze.

De resultaten van het onderzoek tonen aan dat de problematiek rond de waterhuishoudkundige situatie in relatie tot de doorgaande bodemdaling in het Restveengebied urgent is. Daarom wordt aanbevolen om met de overige gebiedspartners in overleg te treden en een gebiedsproces voor het Restveengebied op te starten.

Peilfixatie is een mogelijke oplossingsrichting. Door verbreden van de landbouw en het faciliteren van andere inkomstenbronnen kan de opbrengstderiving wellicht worden gecompenseerd. Er liggen kansen in de lage delen voor innovatie oplossingen die in aanmerking kunnen komen voor Topsectorsubsidies (Deltaprogramma).

Bij het vinden van oplossingen is het belangrijk om op politiek-bestuurlijk niveau mogelijke belemmeringen weg te nemen (bijvoorbeeld functieverandering en nieuwbouw mogelijk maken) en normen te nuanceren en/of los te laten (bijvoorbeeld NBW en KRW). Aandachtspunten zijn dat het beleid en de oplossingen op de langere termijn zekerheid moeten bieden voor agrariërs en overige gebruikers, zodat zijn hun investeringen voor aanpassing kunnen terugverdienen.



1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In het Restveengebied in de Zuidplaspolder is sprake van doorgaande bodemdaling. Hierdoor wordt het functioneren van het watersysteem in relatie tot de verschillende gebruiksfuncties in het gebied complex. Aanpassing van het watersysteem aan de doorgaande bodemdaling, zoals aanpassen van peilen en kunstwerken en het verdiepen van slootbodems vraagt steeds meer inspanning. Hierbij treden grotere risico's op voor opbarsting van slootbodems en verslechtering van de waterkwaliteit door chloride- en ijzerrijke wellen. In de huidige situatie is reeds sprake van wellen met opkwellend water met hoge chloride- en ijzergehalten. Ook zijn enkele slootbodems opgebarsten. Daarnaast is sprake van afname van de afvoercapaciteit richting het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder Abraham Kroes.

De problematiek in het Restveengebied is kenmerkend voor grote delen van de Westelijke Veenweiden in Nederland. De doorgaande bodemdaling in de veengebieden leidt voor het waterbeheer dat is gestoeld op het beleid 'peil volgt functie' tot een steeds complexere situatie, die vanuit maatschappelijke acceptatie op enig moment zal vragen om een omslag. Bestaande functies kunnen niet langer in voldoende mate worden gefaciliteerd, omdat de kosten-baten verhouding niet meer maatschappelijk acceptabel is. 'Peil volgt functie' zal omslaan in een beleid waarin 'Functie volgt peil' het leidend principe zal worden.

1.2 Vraagstelling en doelstelling

Vraagstelling

Voor het Restveengebied is de centrale vraag wanneer de huidige functies met het huidige waterbeheer en rekening houdend met klimaatveranderingen niet meer op een maatschappelijk verantwoorde wijze gefaciliteerd kunnen worden. Met andere woorden: wanneer wegen de kosten voor de inrichting, het beheer en het onderhoud van het watersysteem niet meer op tegen de baten van de gebruiksfuncties?

Doelstelling

Met het antwoord op deze vraag wordt inzicht verschaft in het doel van het onderzoek, namelijk: de mate van urgentie waarin met overige gebiedspartners (zoals gemeente, Provincie, bewoners en gebruikers) gezocht moet worden naar oplossingen voor een toekomstbestendige inrichting van het Restveengebied.

1.3 Verkenning

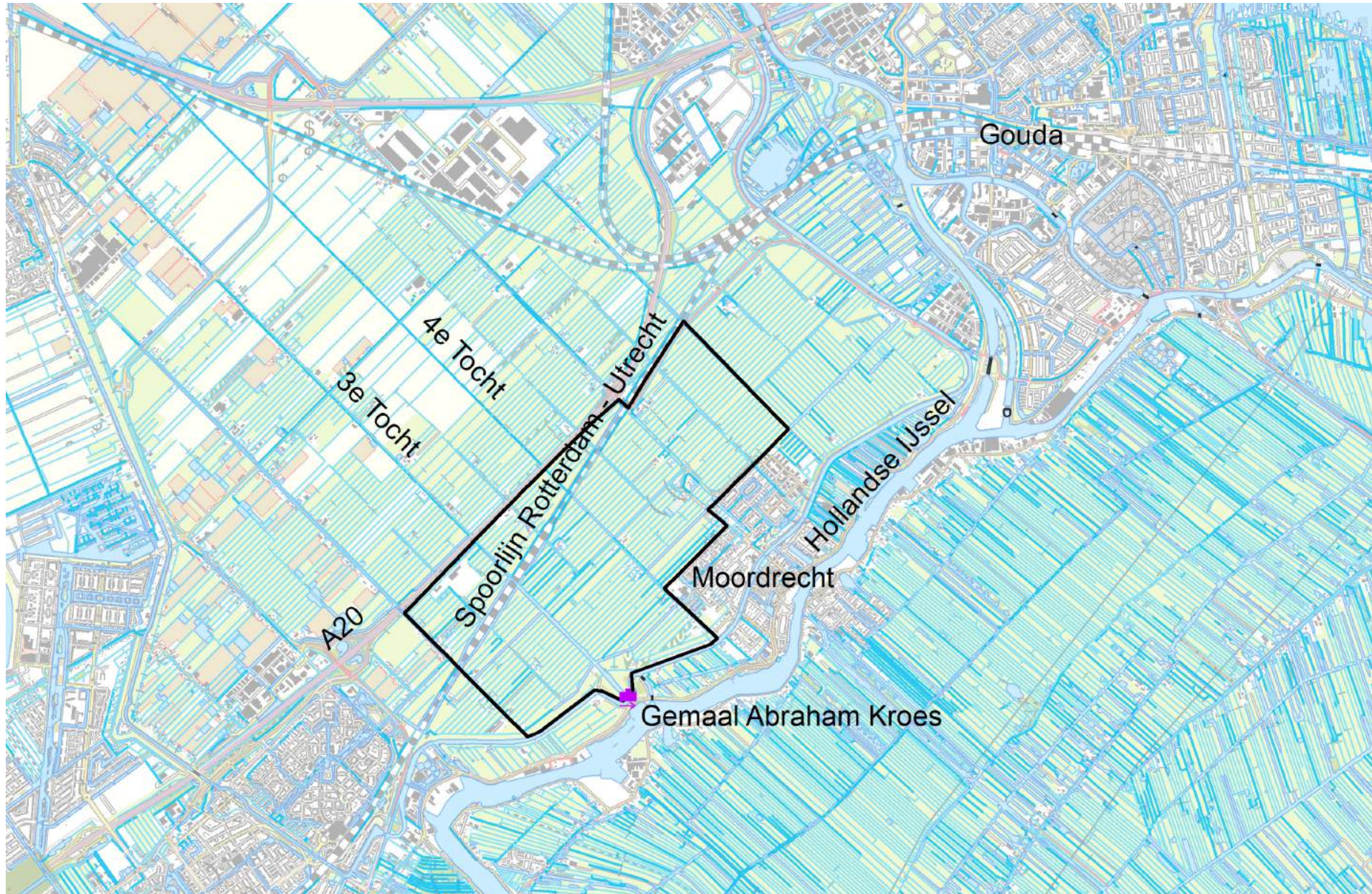
De effecten van toekomstige bodemdaling op het watersysteem zijn onderzocht voor toekomstscenario's in de jaren 2020, 2030 en 2050. Dit onderzoek heeft een verkennend karakter. De verkenning is gebaseerd op bestaande gegevens en modellen, aangevuld met de bevindingen van een veldbezoek. Voor een inschatting van de toekomstige ontwikkelingen en de gevolgen van

klimaatverandering zijn wetenschappelijke studies van o.a. Deltares en Alterra gebruikt.

De geohydrologische en geotechnische informatie is samengebracht in een bodemmodel waarmee de risico's voor opbarsting van de bodem in beeld zijn gebracht. Door middel van een GIS-analyse zijn de toekomstige drooglegging en de kans op inundatie bepaald. De effecten op de afvoercapaciteit richting het hoofdgemaal Abraham Kroes zijn onderzocht met behulp van een oppervlaktewatermodel. Er is een globale verkenning van de (maatschappelijke) kosten-baten uitgevoerd op basis van kengetallen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de problematiek in het Restveengebied uiteengezet. Daarin komen de huidige situatie, het toekomstperspectief en de in deze studie bestudeerde scenario's aan de orde. In hoofdstuk 3 zijn de effecten op het watersysteem in het Restveengebied beschreven bij voortzetting van de strategie 'peilindexatie' (peil volgt functie) en in hoofdstuk 4 bij toepassing van de strategie 'peilfixatie' (vasthouden huidig peil). In hoofdstuk 5 zijn de gevolgen van beide peilstrategieën naast elkaar gezet om te komen tot inzicht in het knippunt.



Figuur 1: Overzichtskaart, de begrenzing van het Restveengebied is zwart omkaderd.

2 Problematiek restveengebied

In dit hoofdstuk is de problematiek in het Restveengebied uiteengezet. Achtereenvolgens komen de huidige situatie, het toekomstperspectief, de twee peilstrategieën die het Hoogheemraadschap ter beschikking staan en de in deze studie bestudeerde scenario's aan de orde.

2.1 Kenschets van de problematiek

Het Restveengebied is gelegen in de zuidpunt van de Zuidplaspolder ten noorden van Moordrecht, grenst aan de Ringvaart en heeft een oppervlakte van 455 hectare. Het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard is de waterbeheerder van het gebied. Waar de Ringvaart en de Hollandse IJssel elkaar bijna raken, ligt het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder, Abraham Kroes. Een groot deel van het watersysteem van het Restveengebied doet dienst als maalkom. De maalkom heeft een bufferfunctie, zodat er bij een afvoersituatie voldoende water naar het gemaal kan toestromen en de pompen continu kunnen draaien (zonder te pendelen). De overwegende gebruiksfunctie van het Restveengebied is veenweide, daarnaast ook bebouwing en infrastructuur (waaronder de A20 en de spoorlijn Rotterdam-Utrecht). In Figuur 1 is de begrenzing van het onderzoeksgebied in het Restveengebied weergegeven.

De dikte van de deklaag varieert van circa 4 meter aan de noordoost kant van het Restveengebied tot circa 9 meter aan de zuidkant van het gebied. De deklaag bestaat uit klei- en veenlagen. In het gebied is aan de onderzijde van de deklaag ongeveer 1 meter dikke, relatief compacte basisveenlaag aanwezig. De overige veenlagen bestaan

uit overwegend slappe, lichte veenlagen (zie bijlage 1 voor meer informatie).

Bodemdaling

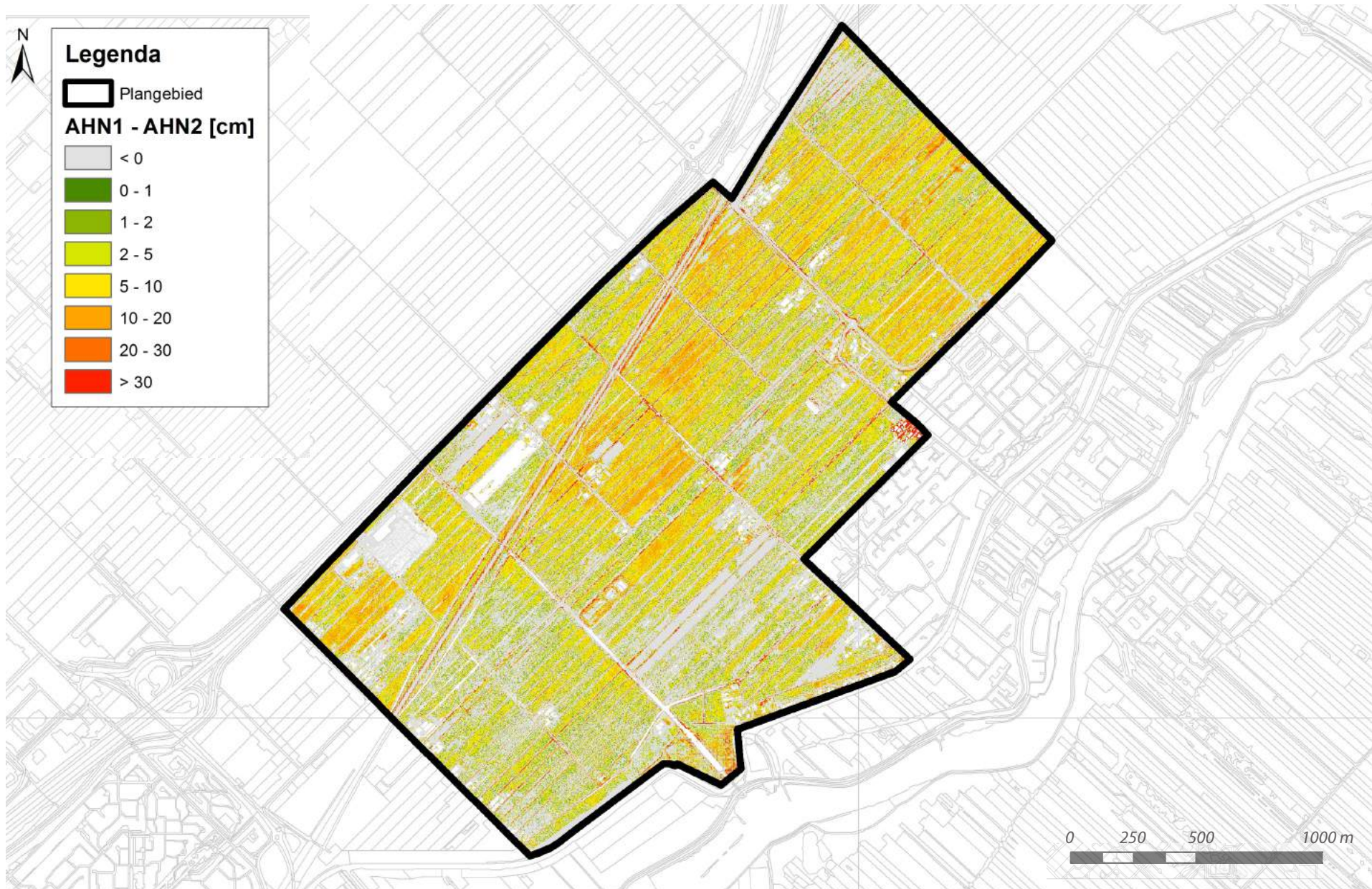
In het Restveengebied is sprake van doorgaande bodemdaling. De bodemdaling wordt veroorzaakt door oxidatie van het veen als gevolg van ontwatering. Om landbouw in veengebieden mogelijk te maken, moet het gebied intensief worden ontwaterd. De veenbodem kan echter niet tegen ontwatering. Door het verlagen van het waterpeil komt het veen in contact met zuurstof en gaat oxideren. Door oxidatie verdwijnt het veen boven de grondwaterstand. De veenbodem zakt dus niet weg, maar verdwijnt. Bij het huidige peilbeheer is dit proces onomkeerbaar. Alleen als het waterpeil permanent boven maaiveld staat kan het oxidatieproces worden gestopt en is aangroei van het veenpakket mogelijk.

De historische bodemdaling in het Restveengebied is onderzocht door de gemeten maaiveldhoogte uit 1997-2003 (AHN1) en 2007-2012 (AHN2) te vergelijken¹ (Figuur 2).

¹ *Het gebruikte AHN2 is gefilterd. Grote watergangen en woningen zijn uit het AHN2 bestand gehaald. Omdat voor het bepalen van het opbarstisico de ligging van de onderkant van de deklaag ook belangrijk is, is ter plaatse van watergangen voor het bepalen van de opwaartse druk het gefilterde deel van het AHN opgevuld. Hiervoor is de gemiddelde waarde van de omliggende cellen gebruikt. De ligging van de spoorlijn Rotterdam-Gouda is goed zichtbaar omdat de spoorlijn niet uit het AHN gefilterd is. Hier is geen correctie voor uitgevoerd.*

De bodemdaling wordt voornamelijk bepaald door de dikte van het veenpakket en de grondwaterstand aan het eind van de zomer, als de grondwaterstand op zijn diepst is en de bodemtemperatuur op zijn hoogst is. De grondwaterstand wordt bepaald door het waterpeil in de watergangen en sloten, verdamping, neerslag, doorlatendheden van de bodem, drainage- en intredeweerstand van de sloten, slootafstanden, kwel en wegzijging. Door al deze invloeden kunnen de verschillen in bodemdaling per gebied sterk verschillen. Daarnaast kan de bodemdaling ook verschillen door heterogeniteiten in de bodem. Uit Figuur 2 blijkt dat de mate van bodemdaling in het Restveengebied niet overal gelijk is. Uit de vergelijking van de gemeten maaiveldhoogten is geen eenduidige maat voor de bodemdaling te bepalen. Dit wordt mede veroorzaakt door de nauwkeurigheid van het AHN, die in dezelfde orde grootte ligt als de bodemdaling in de beschouwde tijdsperiode.

Het Hoogheemraadschap heeft tot heden altijd het beleid 'Peil volgt functie' toegepast en het waterpeil in het Restveengebied periodiek verlaagd om de bodemdaling te compenseren. De historische bodemdaling kan daarom ook worden afgemeten aan de historische peilindexatie die is toegepast. Het waterpeil bij het hoofdgemaal Abraham Kroes was in 1971 -6,12 meter NAP en ligt in het huidige peilbesluit op -6,62/-6,72 meter NAP. Dat betekent dat het waterpeil in 42 jaar 50 cm is gezakt, ofwel 12 mm/jaar. De drooglegging is in de loop der tijd min of meer gelijk gebleven.



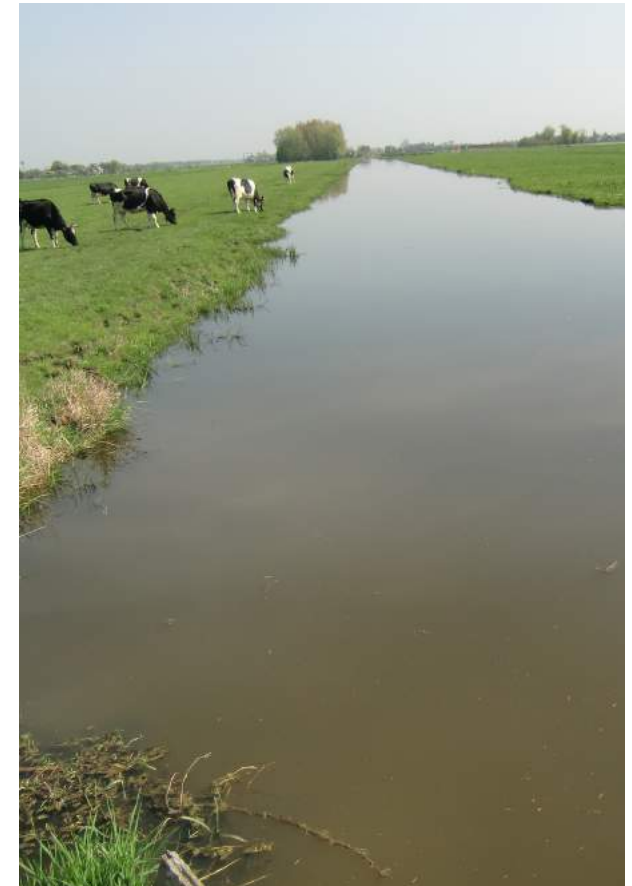
Figuur 2: Bodemdaling in het Restveengebied gebaseerd op een vergelijking van AHN1-AHN2.

De doorgaande bodemdaling in het Restveengebied heeft tevens gevolgen voor het functioneren van het watersysteem, o.a. voor de drooglegging, het opbarstrisico van de (sloot)bodem(s), de waterkwaliteit en ecologisch functioneren en de afvoercapaciteit. Deze aspecten zijn hieronder kort beschreven.

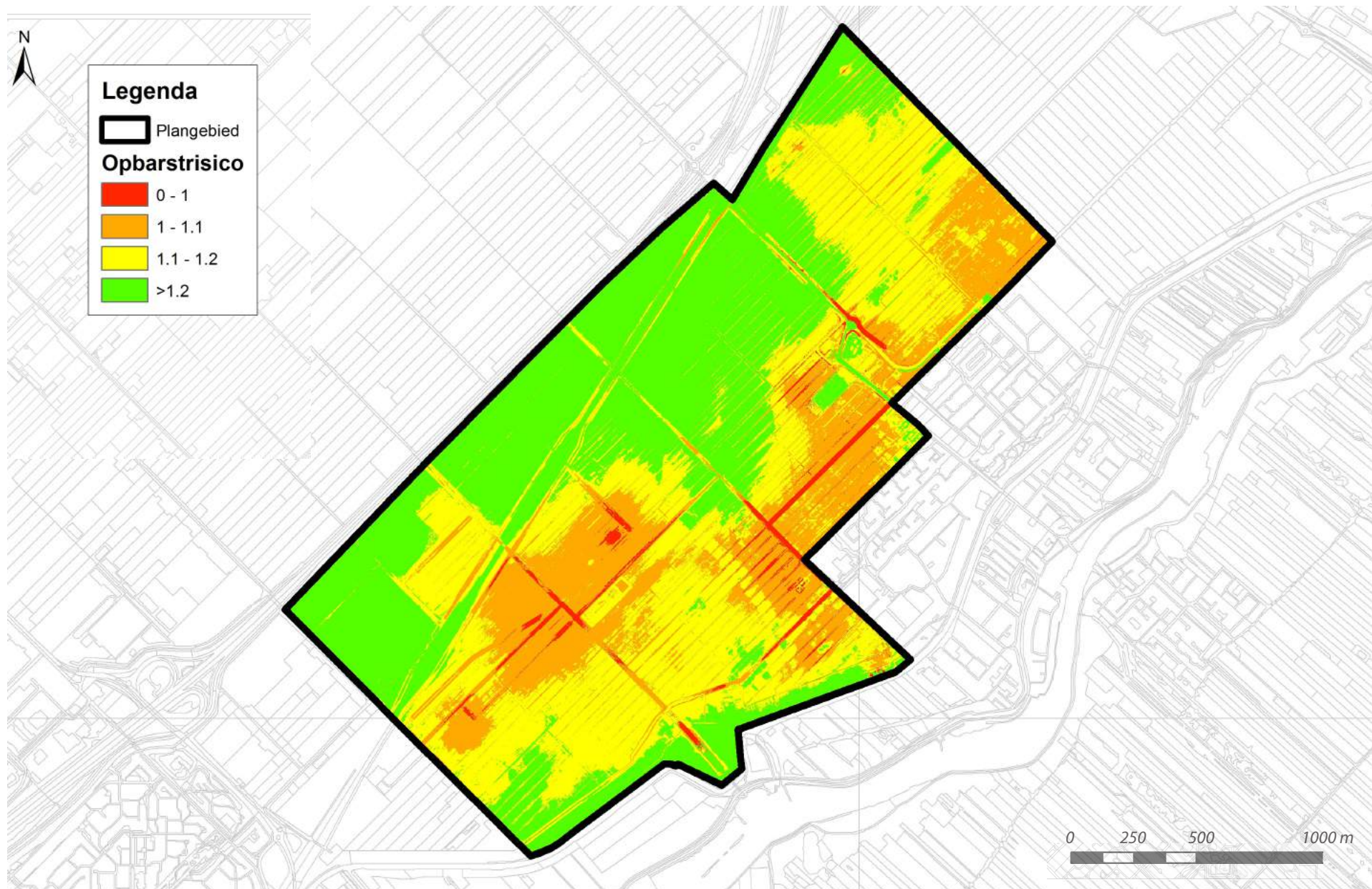
Drooglegging

De drooglegging is het verschil tussen het polderpeil en het maaiveld, en een belangrijke maat voor de landbouwkundige geschiktheid. Bij 45 cm drooglegging zijn veengronden nog grotendeels geschikt voor landbouwkundig gebruik, bij 30 cm treden aanzienlijke beperkingen op (Alterra 2010). De drooglegging in het Restveengebied is gemiddeld 50 cm, maar er zijn grote verschillen. In het noordoosten van het gebied, waar meer klei in de bovengrond aanwezig is, ligt de drooglegging tussen 50-80 cm. In het zuidwesten ligt de drooglegging lager, tussen 30-50 cm (Figuur 3).

De drooglegging is mede bepalend voor de mate van veenoxidatie. Voor de landbouwkundige drooglegging in veenweidegebied wordt in het provinciaal beleid maximaal 60 cm gehanteerd. De gemiddeld aanwezige drooglegging in het Restveengebied wordt door het Hoogheemraadschap behouden op 50 cm om de aanwezige gebruiksfuncties optimaal te kunnen bedienen en tevens veenoxidatie te verminderen (en daarmee bodemdaling af te remmen).



Figuur 3: Op de linkerfoto is de drooglegging in het noordoosten weergegeven en op de rechterfoto in het zuidwesten van het Restveengebied (foto's zijn gemaakt tijdens het veldbezoek op 6 mei 2013).

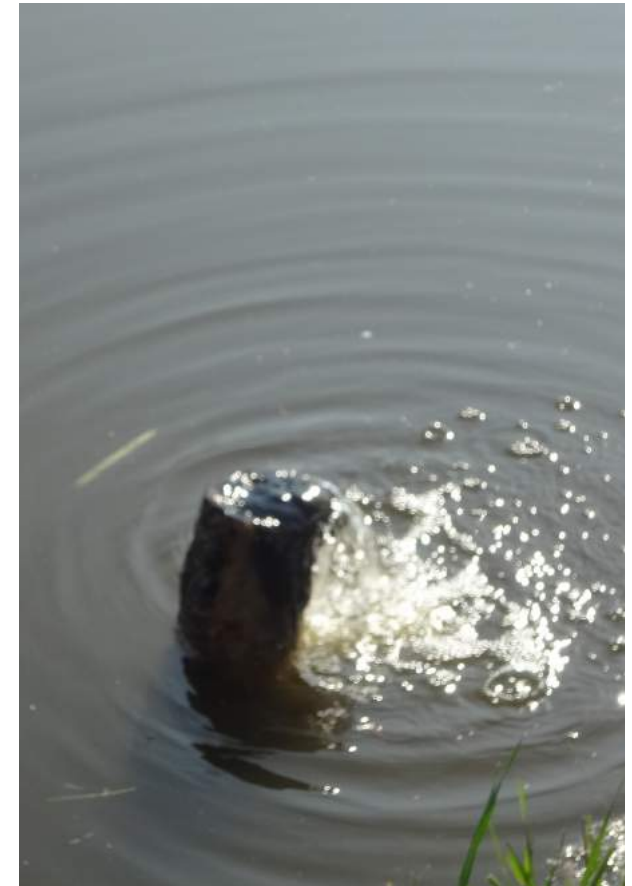


Figuur 5: Opbarstrisico in het Restveengebied (huidige situatie).

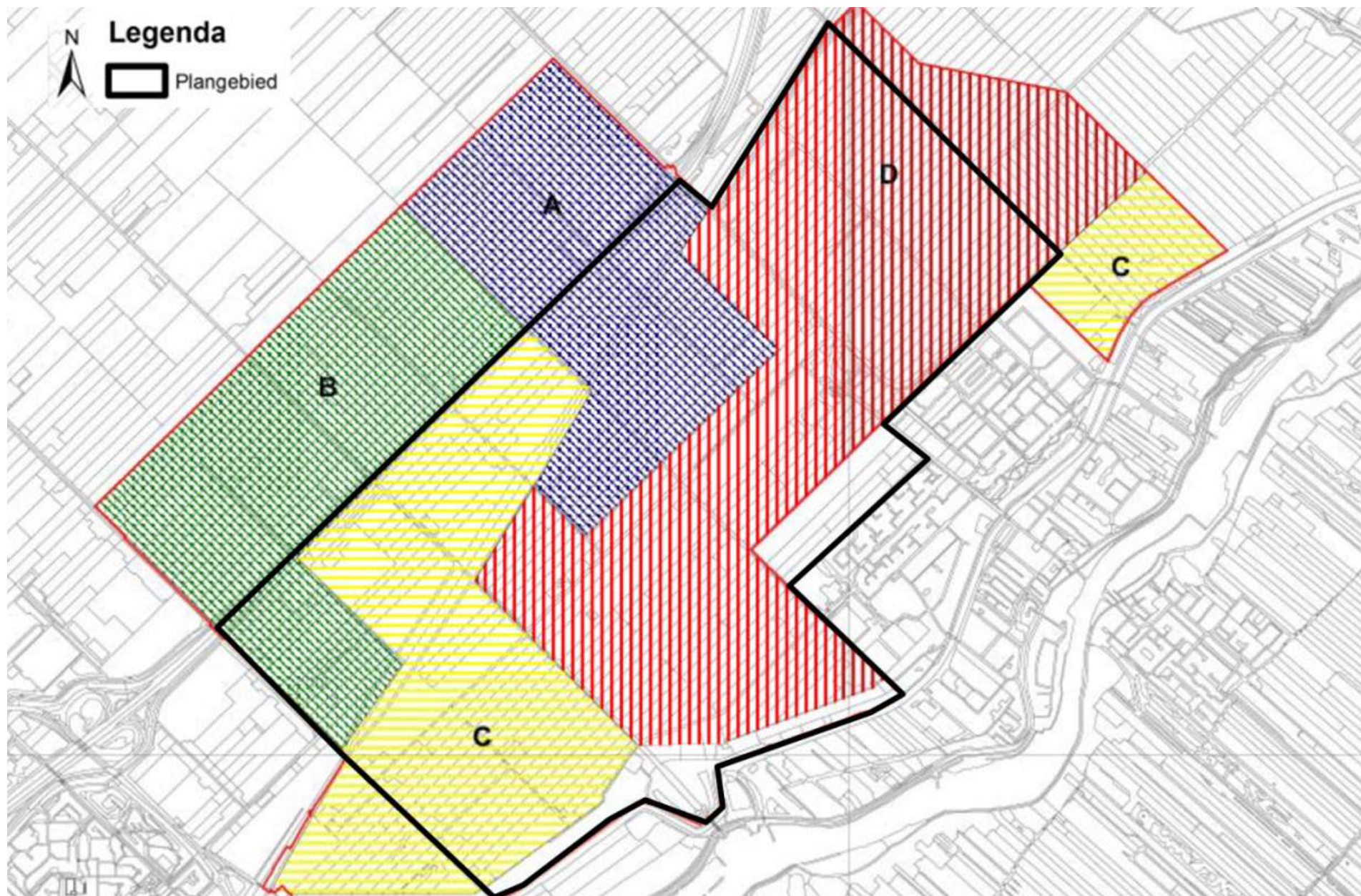
Opbarsten

In enkele watergangen zijn de slootbodems opgebarsten, waaronder de bodem van de Spoorstoot in 2011 na verbreding van de watergang. Opbarsten van de bodem kan voorkomen op plaatsen waar het gewicht van de voornamelijk uit veen en klei samengestelde deklaag onvoldoende tegenwicht geeft aan de druk van de grondwaterstijghoogte onder de deklaag. Dit is met name het geval onder sloten en waterlopen waar de deklaag dunner is en dus lichter.

In Figuur 5 is het berekende opbarstrisico in het Restveengebied weergegeven. In de rode en oranje gebieden - 24% van het Restveengebied - is kans op opbarsten aanwezig. Hier is de tegendruk beperkt door de aanwezigheid van relatief dikke veenlagen. Ook is aan de zuid-oostzijde van het gebied sprake van een iets hogere stijghoogte in het onderliggende eerste watervoerend pakket. In de gele en groene gebieden is voldoende tegendruk aanwezig en is het opbarstrisico niet of zeer beperkt aanwezig. Dit beeld komt goed overeen met waarnemingen uit het veld.



Figuur 4: Op de linkerfoto is een opgebarsten slootbodem weergegeven en op de rechterfoto een wel waarin een buis is gestoken (foto's zijn gemaakt tijdens het veldbezoek op 6 mei 2013).



Figuur 6: Ruimtelijk beeld van de gebiedsprofilen uitgedrukt in de resulterende oppervlaktewaterkwaliteit. Gebiedsprofiel A mineraal en voedselarm. Gebiedsprofiel B basen- en matig voedselrijk. Gebiedsprofiel C mineraalrijk en matig voedselrijk tot voedselrijk. Gebiedsprofiel D mineraal (brak) en voedselrijk tot zeer voedselrijk (bron: Royal Haskoning 2007).

Waterkwaliteit en ecologisch functioneren

De waterkwaliteit in het Restveengebied voldoet niet aan de normen die zijn vastgesteld in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water. Het gebied kent een hoge nutriëntenbelasting vanuit inlaatwater, veeteelt en de natuurlijke achtergrond belasting. Dit resulteert in grotendeels troebele sloten (sloten met algen en kroos en zonder waterplanten). Het huidige gebruik en waterbeheer beperken de ecologische potentie van het gebied. In een aantal watergangen is sprake van wellen met opkwellend water met hoge chloride- en ijzergehalten en nutriënten.

In Figuur 6 zijn een viertal gebiedsprofielen (Royal Haskoning 2007) weergegeven. Dit zijn ruimtelijke begrenzings met vergelijkbare bodemeigenschappen en mate van kwel. De gebiedsprofielen geven inzicht in het ecologisch functioneren. Er is een duidelijk verschil in de hoger gelegen delen die niet beïnvloed worden door kwelwater van slechte kwaliteit en de lager gelegen delen die wel negatief beïnvloed worden. De gebiedsprofielen zijn hierna kort samengevat, voor meer detail wordt naar de globale systeemanalyses (Royal Haskoning 2007, 2008) verwezen.

In een klein deel van het Restveengebied (A (blauw) in Figuur 6) bevindt zich kattenklei in de deklaag wat zich uit in lage fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater. De oppervlaktewaterkwaliteit is mineraal- en voedselarm. In Gebiedsprofiel B in de noordwesthoek van het

Restveengebied is het grondwater wat fosfaatrijker, waardoor de oppervlaktewaterkwaliteit in dit gebied basen- en matig voedselrijk is. De gele gebiedsprofielen (C in Figuur 6) hebben een dikkere veenlaag die vrij ondiep ligt waardoor het grondwater hier ter plaatse mineraal- en fosfaatrijk is. Een ander groot deel van het Restveengebied (Gebiedsprofiel D in Figuur 6) valt samen met de deklaag met geulafzetting waardoor de kwel ter plaatse mineraalrijk en brak is. Dit rode gebiedsprofiel wordt gekenmerkt door een zeer voedselrijk milieu. De hoge nitraatconcentraties in het oppervlaktewater zijn niet afkomstig uit het grondwater, maar zijn zeer waarschijnlijk het resultaat van afspoeling uit de bestaande percelen en aanvoer van oppervlaktewater van elders.

Er zijn op dit moment geen klachten van agrariërs over waterkwaliteitsproblemen voor veedrenking. Veedrenking is mogelijk tot een chloridegehalte van 1000 mg/l; naar verwachting wordt die waarde in de zomer door verdamping en beperktere aanvoer plaatselijk overschreden. Aangezien er geen klachten van agrariërs bekend zijn bij het Hoogheemraadschap, wordt aangenomen dat de agrarische bedrijven hier wellicht al op zijn ingesteld. Er zijn wel klachten met betrekking tot de waterkwaliteit vanuit de bebouwde kom van Moordrecht. De bewoners klagen over troebel, ijzerkleurig water.

In deze studie is geen onderzoek gedaan naar de waterkwaliteit, de effecten zijn enkel kwalitatief beschouwd.



Figuur 7: Op de bovenste foto is het troebele water met veenresten in het zuidwesten van het Restveengebied weergegeven en op de onderste foto het troebele, ijzerkleurige water nabij de bebouwing van Moordrecht (foto's zijn gemaakt tijdens het veldbezoek op 6 mei 2013).

Afvoercapaciteit

Een groot deel van het watersysteem van het Restveengebied doet dienst als maalkom van het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder Abraham Kroes. De toevoer naar het gemaal en de waterdiepte voor het gemaal zijn te gering om het gemaal optimaal te laten functioneren. Dit betekent dat de huidige dwarsdoorsnede van de Derde Tocht (de aanvoerende watergang) te klein is in vergelijking met de aanwezige gemaalcapaciteit ($6,80 \text{ m}^3/\text{s}$). Om leegtrekken van de maalkom en pendelen (regelmatig aan- en afslaan van de pompen) van het gemaal te voorkomen, is vakmanschap en kennis van het watersysteem vereist.



Figuur 8: Op de linkerfoto is het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder Abraham Kroes weergegeven en op de rechterfoto de Derde Tocht (foto's zijn gemaakt tijdens het veldbezoek op 6 mei 2013).

2.2 Toekomstperspectief

Alterra heeft aan de hand van de gemeten bodemdaling op een proefboerderij in Zegveld empirische relaties afgeleid tussen slootpeilen en bodemdaling en diepste grondwaterstand en bodemdaling (Alterra 2007). Toepassing van deze relaties op de situatie in het Restveengebied resulteert in een toekomstige bodemdaling van circa 10 mm/jaar. Dit is vergelijkbare orde van grootte als de in paragraaf 2.1 genoemde schatting van 12 mm/jaar.

Klimaatverandering vormt een grote bedreiging voor de veenweidegebieden. Door de hogere temperaturen, maar vooral door het vaker voorkomen van (zeer) droge zomers neemt de bodemdalingssnelheid met ongeveer 70% toe bij het W+ klimaatscenario in 2100 (Alterra, mondelinge communicatie Jan van den Akker). Dit is een relatieve toename en geldt dus zowel voor kwel- als infiltratiesituaties voor het einde van deze eeuw. Mogelijk is de relatieve toename bij kwelsituaties nog groter, omdat er in langdurige droge periodes relatief meer uitzakking van de grondwaterstand optreedt dan in vergelijking met een infiltratiesituatie.

In een studie van Deltares wordt geconcludeerd dat de zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering ter hoogte van het Restveengebied geen effect heeft op de stijghoogte (Deltares 2008). Zeespiegelstijging zal daarmee

naar verwachting geen effect hebben op het opbarstrisico.

2.3 Peilstrategieën en scenario's

In dit onderzoek zijn twee strategieën beschouwd. Het beleid is gericht op het behoud van de huidige functie, veenweide. Het Hoogheemraadschap heeft daarom de afgelopen decennia peilindexatie toegepast en het peil periodiek verlaagd om voldoende landbouwkundige drooglegging te behouden. In deze studie zijn de gevolgen van beide peilstrategieën op het watersysteem van het Restveengebied verkend voor de jaren 2020, 2030 en 2050.

De gebruikte methodiek is beschreven in de bijlagen. De geohydrologische en geotechnische informatie is samengebracht in een bodemmodel waarmee de risico's voor opbarsting van de bodem in beeld zijn gebracht (bijlage 1). Door middel van een GIS-analyse zijn de toekomstige drooglegging (bijlage 2) en de kans op inundatie vanuit oppervlaktewater (bijlage 3) bepaald. De effecten op de afvoercapaciteit richting het hoofdgemaal Abraham Kroes zijn onderzocht met behulp van een oppervlaktewatermodel voor de bui van juli 2011 (bijlage 4). Er is gekozen om de afvoersituatie bij deze bui te vergelijken voor de toekomstscenario's, omdat deze gebeurtenis nog relatief vers in het geheugen van beheerders en gebruikers van het gebied ligt. Er is een globale verkenning van de (maatschappelijke) kosten-baten uitgevoerd op basis van kengetallen, de kostenraming is opgenomen in bijlage 5.



Figuur 9: Berekend opbarstrisico in de huidige situatie en de voor toekomstscenario's 2020, 2030 en 2050.

3 Peilindexatie

In dit hoofdstuk zijn de effecten op het watersysteem in het Restveengebied beschreven bij voortzetting van de strategie peilindexatie, waarbij het peil periodiek wordt aangepast om de huidige functie optimaal te kunnen blijven ondersteunen (peil volgt functie). De effecten zijn beschreven voor de toekomstscenario's 2020, 2030 en 2050.

3.1 Uitgangspunten

In de komende 20 jaar is de bodemdaling 10 mm/jaar (Alterra 2007). Voor het jaar 2050 is het effect van klimaatverandering meegenomen (70% extra bodemdaling door klimaatverandering in 2100), waardoor de bodemdaling geleidelijk zal toenemen tot 17 mm/jaar aan het einde van deze eeuw.

De stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket zal door peilindexatie mee dalen. Dit blijkt ook uit de metingen van de stijghoogte vanaf 1971. Uit de metingen blijkt dat de stijghoogte ongeveer half zo snel mee daalt met de peilindexatie.

De voor de toekomstscenario's voor peilindexatie gehanteerde bodemdaling, stijghoogteverandering en peilverandering zijn weergegeven in Tabel 1. Hierbij is gerekend vanaf de huidige situatie (2012).

Tabel 1: Toekomstscenario's peilindexatie.

| Jaar | Bodemdaling | Stijghoogteverandering | Peilverandering |
|------|-------------|------------------------|-----------------|
| 2020 | 10 cm | 5 cm | 10 cm |
| 2030 | 20 cm | 10 cm | 20 cm |
| 2050 | 50 cm | 25 cm | 50 cm |

3.2 Drooglegging

Voor het in beeld brengen van de verandering van de drooglegging wordt in deze studie het percentage van het gebied met een drooglegging minder dan 40 cm beschouwd. Bij peilindexatie wordt het peil periodiek aangepast om de landbouwkundige drooglegging te behouden en daarmee de huidige functie te blijven ondersteunen. De drooglegging verandert dus niet ten opzichte van de huidige situatie. In de huidige situatie is de drooglegging in 23% van het gebied (103 hectare) minder dan 40 cm.

3.3 Opbarstrisico

Door de bodemdaling verdwijnt er in de toekomstscenario's respectievelijk 10 cm, 20 cm en 50 cm veen. Door het verdwijnen van het veen zal de tegendruk van het afdekkend pakket afnemen. Het opbarstrisico neemt daarom in dit peilscenario toe. In bijlage 1 is beschreven

hoe het opbarstrisico is berekend. In Tabel 2 zijn de berekeningsresultaten voor het opbarstrisico weergegeven.

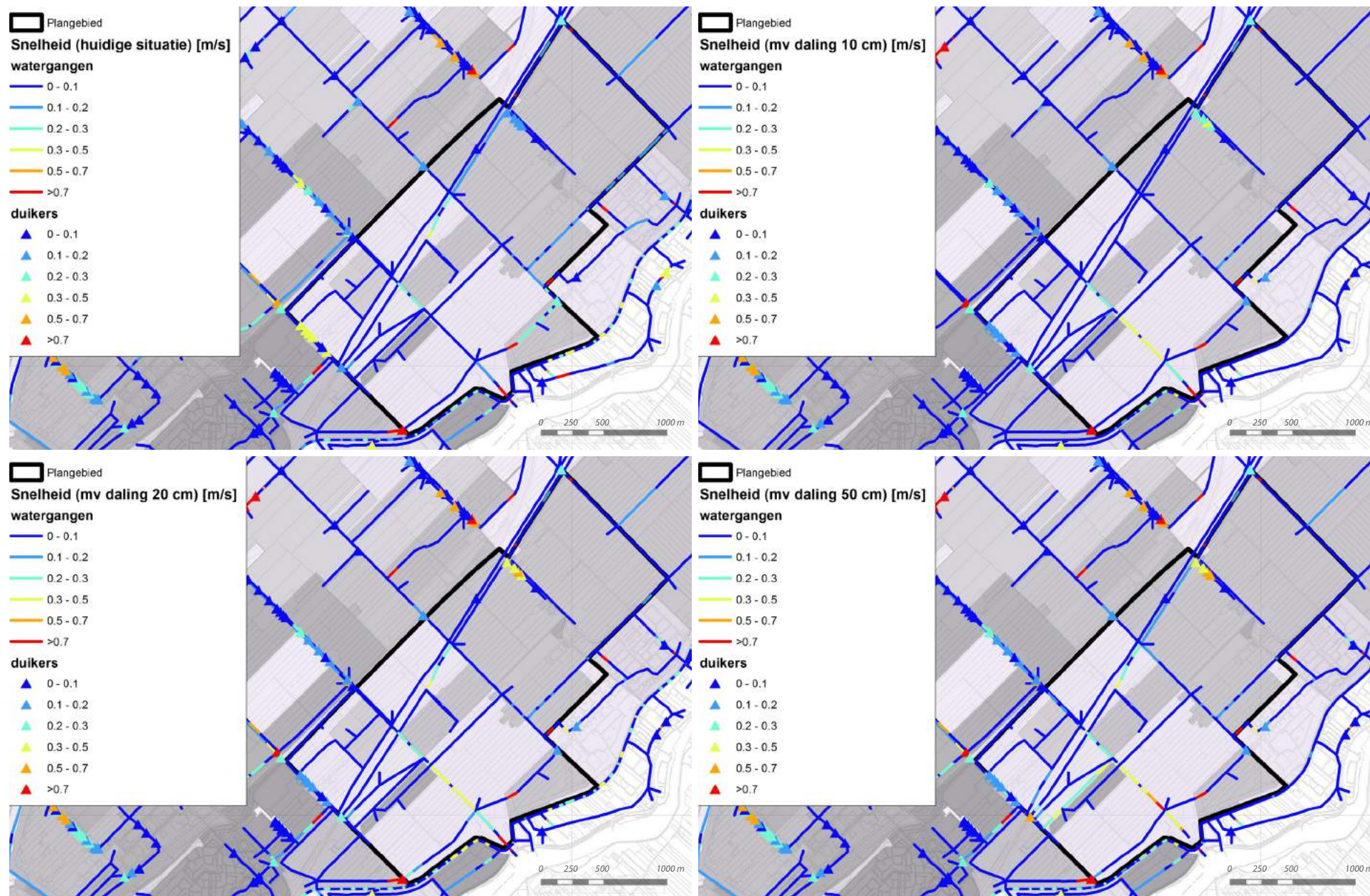
Tabel 2: Berekeningsresultaten opbarstrisico

| Toekomstscenario | Percentage van het gebied met opbarstrisico | Oppervlakte met opbarstrisico |
|------------------|---|-------------------------------|
| Huidig | 24% | 107 ha |
| 2020 | 27% | 122 ha |
| 2030 | 30% | 135 ha |
| 2050 | 40% | 179 ha |

Het gebied waar risico voor opbarsten optreedt, neemt toe van 24% van het Restveengebied in de huidige situatie tot 40% van het Restveengebied in het toekomstscenario 2050. In Figuur 9 is het berekende opbarstrisico voor de toekomstscenario's weergegeven.

3.4 Afvoercapaciteit

Zonder aanpassing van de watergangen (uitdiepen en/of verbreden) neemt de afvoercapaciteit van de aanvoerende watergang naar het hoofdgemaal Abraham Kroes bij een heftige neerslaggebeurtenis (juli 2011) af van 6,80 m³/s (de gemaalcapaciteit) in de huidige situatie tot 5 m³/s in het toekomstscenario 2050. Als de waterloop niet wordt aangepast neemt de stroomsnelheid in de aanvoerende



Figuur 10: Maximale stroomsnelheid tijdens bui 2011 in de huidige situatie en voor de toekomstscenario's 2020, 2030 en 2050.

watergang tijdens deze neerslaggebeurtenis flink toe van 0,17 m/s in de huidige situatie tot 0,55 m/s in 2050 waardoor uitschuring van de waterbodem en afkalven van de oevers zal optreden (globaal vanaf 0,30 m/s). In Figuur 10 is de stroomsnelheid in de watergangen voor de toekomstscenario's weergegeven.

3.5 Inundatie

In het Nationaal Bestuursakkoord Water zijn werknormen voor wateroverlast afgesproken waar regionale watersystemen aan moeten voldoen. De werknormen zijn uitgedrukt in een kans dat het peil van het oppervlaktewater het niveau van het laagste maatgevende maaiveld overschrijdt als gevolg van hevige neerslag in relatie tot de capaciteit van het watersysteem. Vanwege het verschil in de economische waarde en daarmee met het risico op wateroverlast, is er onderscheid gemaakt in verschillende functies. Voor grasland geldt de T10-norm met 5% maaiveld criterium, dat betekent dat de kans dat het oppervlaktewaterpeil het maaiveldniveau overschrijdt eens per 10 jaar is en dat 5% van het grasland een hogere inundatiekans mag hebben.

In de NBW-toetsing heeft het Hoogheemraadschap bepaald hoeveel oppervlakte van het gebied zal inunderen als gevolg van neerslaggebeurtenissen met een kans van voorkomen van eens in de 10 jaar (T10), eens in de 25 jaar (T25), eens in de 50 jaar (T50) en eens in de

100 jaar (T100). In de huidige situatie inundeert 8% van het Restveengebied bij een T10 neerslaggebeurtenis (36 hectare). Dat betekent dat er een NBW-opgave van 3% ligt in het gebied. Het Hoogheemraadschap heeft maatregelen opgesteld om deze opgave op te lossen (Maatregelenrapport Zuidplaspolder). Door het volgen van de strategie peilindexatie neemt de inundatiekans niet toe ten opzichte van de huidige situatie en is er dus ook geen toename van de NBW-opgave, in tegenstelling tot peilfixatie waar de inundatiekans wel toeneemt. In dat geval zal er dus ook een toename van de NBW-opgave zijn.

3.6 Waterkwaliteit en ecologisch functioneren

Bij doorgaande bodemdaling zal de freatische grondwaterstand gemiddeld lager komen te liggen ten opzichte van NAP met als gevolg dat de kwel in het Restveengebied toe zal nemen. Met de toename van de kwel wordt met het grondwater meer mineraal- en voedselrijk water en in een deel van het Restveengebied brak water aangevoerd (gebiedsprofiel D Figuur 6) aangevoerd, waardoor de waterkwaliteit en het ecologisch functioneren van het oppervlaktewater ten opzichte van de huidige situatie achteruit zal gaan. Dit betekent dat er een risico bestaat dat niet meer aan het standstill beginsel van de Kaderrichtlijn Water kan worden voldaan. De verslechterende waterkwaliteit heeft ook een afgeleid effect op o.a. veedrenking, natuurwaarden, beleving van het landschap en woongenot.

3.7 Waterkeringen

Door doorgaande bodemdaling kunnen waterkeringen droog komen te liggen waardoor de stabiliteit van de kering kan worden aangetast. Voor het Restveengebied is met name de stabiliteit van de boezemkade langs de Ringvaart van de Zuidplaspolder van belang. Als het peil wordt geïndexeerd zullen er op een bepaald moment hoogwatervoorzieningen langs de Ringvaarkade moeten worden aangelegd om plaatselijk hogere grondwaterstanden te behouden of de kade zal moeten worden versterkt. Dit is een aandachtspunt, maar in deze verkennende studie is geen nader onderzoek gedaan naar de stabiliteit van de kering.

3.8 Kabels en Leidingen

Doorgaande bodemdaling kan leiden tot noodzakelijke aanpassingen aan de kabels en leidingen (drinkwater (Bal-leiding) en gas) die door het gebied lopen. Dit is een aandachtspunt, maar in deze verkennende studie zijn de aanpassingen aan kabels en leidingen niet nader onderzocht.

3.9 Infrastructuur

De doorgaande bodemdaling heeft mogelijk ook gevolgen voor de fundering van grote infrastructuur in het gebied, zoals die van de spoorlijn Rotterdam-Utrecht en de A20.

Dit is een aandachtspunt, maar in deze verkennende studie zijn de mogelijke aanpassingen aan infrastructuur niet nader onderzocht.

3.10 Globale Kosten en Baten

Het jaar 2050 wordt als 'zichtjaar' (eindjaar) gehanteerd om kosten en baten te schatten. Op basis van dit toekomstscenario wordt de periode van 2020 tot 2050 gehanteerd als tijdsperiode waarin kosten en baten plaatsvinden.

Kosten

De kosten die gemaakt moeten worden bij voortzetten van de strategie peilindexatie zijn kosten voor aanpassingen van waterlopen en kunstwerken, en mogelijke kosten voor het gemaal, de keringen, kabels en leidingen, infrastructuur en waterkwaliteit.

Waterlopen en kunstwerken

Voor het scenario 2050 is aanpassing van de Derde Tocht richting het hoofdgemaal Abraham Kroes noodzakelijk vanaf de Spoorloot tot aan het gemaal. De waterloop dient dan over een lengte van 1500 meter te worden aangepast. De aanpassing bestaat uit verdiepen en verbreden van de watergang, waarbij het doorstroomoppervlak gelijk blijft aan de huidige situatie. Voor de kostenraming is aangenomen dat de bodem initieel met 1 meter wordt verlaagd en vervolgens met een halve meter zand wordt

aangevuld om het opbarstrisco te verkleinen. Er behoeven geen kunstwerken te worden aangepast behalve gemaal Abraham Kroes. De kosten voor de aanpassing van de Derde Tocht worden geraamd op afgerond 1,1 miljoen euro. Deze kosten zullen in het jaar 2020 plaats moeten vinden op basis van het geschetste scenario 2050.

De overige waterlopen in het Restveengebied zullen bij verlaging van het peil ook moeten worden aangepast om voldoende doorstroomoppervlak te kunnen behouden. Deze hebben vaak een waterdiepte van maximaal 40 cm en zullen bij peilaanpassing dus al snel te weinig doorstroomoppervlak hebben. Voor de overige waterlopen is een inschatting gemaakt van de kosten voor aanpassing conform de aanpassingen aan de Derde Tocht. De totale kosten voor aanpassing van het gehele watersysteem en het tegengaan van opbarsten zijn globaal geraamd en bedragen, inclusief de Derde Tocht, circa 18 miljoen euro. Dit betekent dat de kosten voor aanpassing van overige waterlopen afgerond 17 miljoen euro zijn. Deze kosten voor overige waterlopen vallen in de periode tussen 2020 en 2050 en bedragen ongeveer 560.000 euro per jaar. De kostenraming is opgenomen in bijlage 5.

Gemaal Abraham Kroes:

De berekeningsresultaten voor de afvoersituatie geven enkel de verandering weer ten opzichte van de huidige situatie. In de huidige situatie is er al te weinig waterdiepte aanwezig om het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder

Abraham Kroes optimaal te laten functioneren, mogelijk moeten in de toekomst kosten worden gemaakt om het gemaal aan te passen. De noodzakelijke aanpassingen en de daarmee samenhangende kosten aan gemaal Abraham Kroes zijn in deze studie niet nader onderzocht. De kosten worden als een PM post opgenomen.

Keringen:

Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt om hoogwatervoorzieningen langs de Ringvaartkade aan te leggen om de stabiliteit van de kering te behouden. Deze kosten zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Kabels en Leidingen:

Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt voor noodzakelijke aanpassingen aan de kabels en leidingen. Deze kosten zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Infrastructuur:

In deze studie is ervan uitgegaan dat bodemdaling geen effecten heeft op de fundering van grote infrastructuur zoals op de funderingen van de spoorlijn en de A20. Eventuele kosten zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Waterkwaliteit en ecologisch functioneren:

Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt voor noodzakelijke aanpassing om de waterkwaliteit niet

achteruit te laten gaan of te verbeteren om de ecologische doelstellingen die de KRW stelt te kunnen halen. De bodemversterkende maatregelen aan de watergangen zouden een positieve maatregel voor de waterkwaliteit kunnen betekenen, omdat er door de zandaanvulling minder nalevering vanuit de veenbodem kan optreden. Daarnaast moeten bij functieverandering mogelijk natuurdoelen en/of gebruiksfuncties worden gefaciliteerd. De mogelijke toekomstige kosten om de waterkwaliteit te verbeteren zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Baten

In de huidige situatie is het jaarlijkse bedrijfsresultaat van een gemiddeld melkveebedrijf 930 euro per hectare. Dit afgeleid uit een studie voor de Krimpenerwaard (Alterra, 2007). De oppervlakte veehouderij in het Restveengebied is 455 hectare. Op basis hiervan zijn de totale baten van veehouderij in het Restveengebied in de huidige situatie circa 425.000 euro per jaar.

Ondanks het behouden van de landbouwkundige drooglegging zal er sprake zijn van opbrengstderving voor de landbouw. Er zal een toename zijn van minder draagkrachtige stukken als gevolg van hogere kwelintensiteiten, de agrariërs moeten met kleinere machines werken en dat levert een lagere opbrengst op dan bij vergelijkbare bedrijven in andere gebieden. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat er sprake is van een opbrengstderving van 5% in 2050 ten opzichte van de

huidige situatie. Ofwel, de totale omzet is gedaald met 21.000 euro in 2050 ten opzichte van de huidige situatie. Voor de bepaling van de contante waarde van de totale opbrengstderving is uitgegaan van een lineair oplopende opbrengstderving van 0% in 2020 tot 5% in 2050. De bijbehorende contante waarde bedraagt € 88.963,-

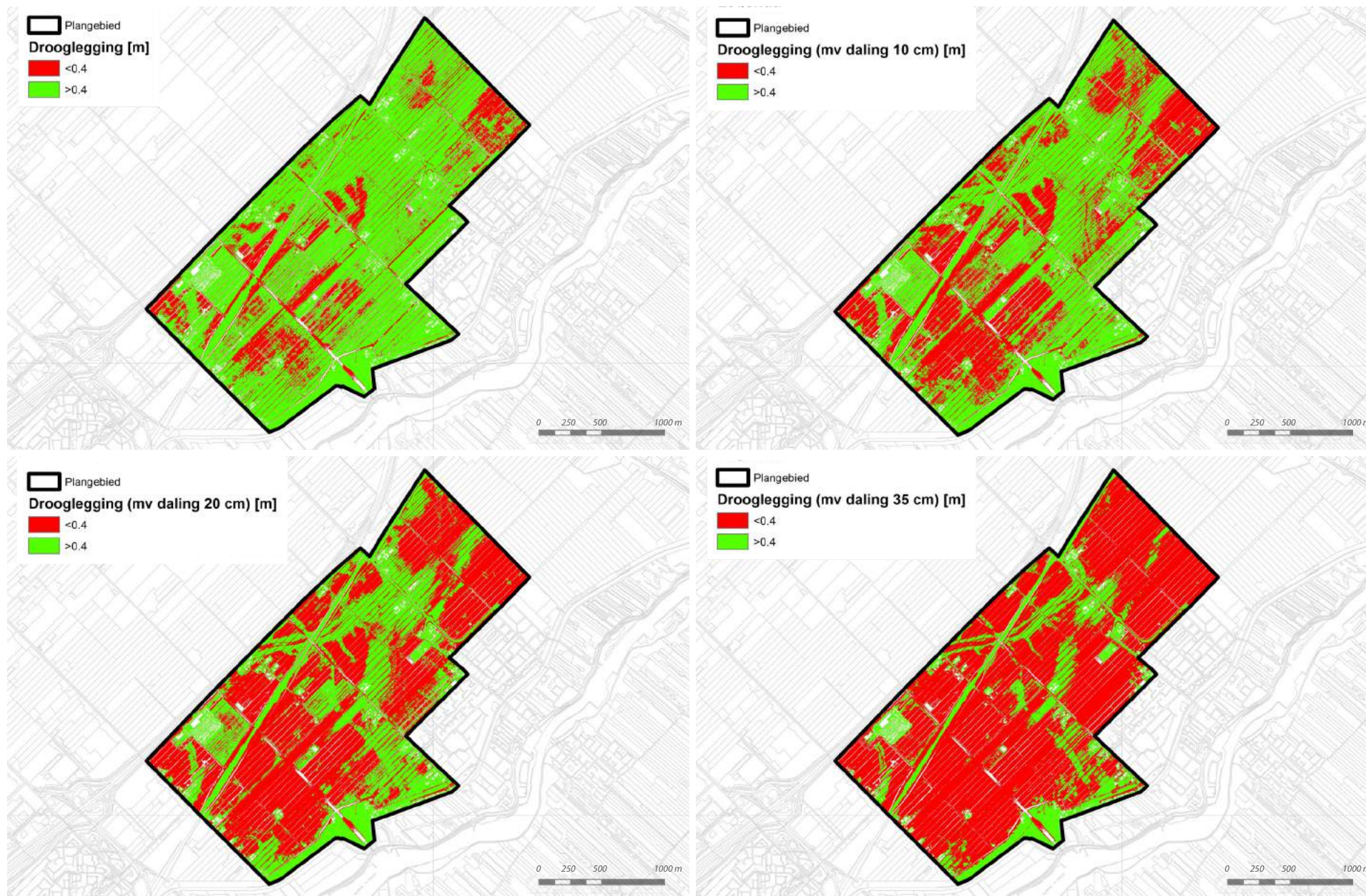
Contante waarde van kosten en baten

De bovengenoemde kosten en baten op lange termijn vinden plaats in de toekomst. Toekomstige kosten en baten hebben een andere tijdwaarde van geld dan in de huidige situatie. De bovengenoemde kosten en baten

betreffen 'reële' waarden, dat wil zeggen toekomstige bedragen die niet zijn uitgedrukt in de huidige tijdswaarde. In Maatschappelijke Kosten-Baten-analyses (MKBA) voor infrastructurele projecten wordt een disconteringsvoet van 5,5% gehanteerd om toekomstige kosten en baten te waarderen in huidige geldswaarde, dat wordt de 'contante waarde' genoemd. In Tabel 3 zijn de reële en contante waarden van de toekomstige kosten en baten van peilindexatie weergegeven.

Tabel 3: Kostenbenadering en indicatie van de afname van de baten bij peilindexatie.

| | Post | Periode | Reële waarde | Contante waarde |
|----------------|---------------------------------------|-------------|--|--|
| Toename kosten | Aanpassen Derde Tocht | 2020 | €1.100.000 | €800.000 |
| | Aanpassen overige waterlopen | 2020 – 2050 | €16.900.000 (€560.000 per jaar) | €6.000.000 |
| | Aanpassingen gemaal A. Kroes | 2020-2050 | PM | PM |
| | Hoogwatervoorziening Ringvaart | 2020-2050 | PM | PM |
| | Aanpassingen Kabels en Leidingen | 2020-2050 | PM | PM |
| | Aanpassingen fundering Infrastructuur | 2020-2050 | PM | PM |
| | Maatregelen Waterkwaliteit | 2020-2050 | PM | PM |
| Afname baten | Opbrengstderving landbouw | 2020 - 2050 | Opbrengstderving loopt lineair op van €0 in 2020 tot €21.000 in 2050. Totale derving (2020 -2050): €347.200 | Totale derving (2020-2050): €88.963 |



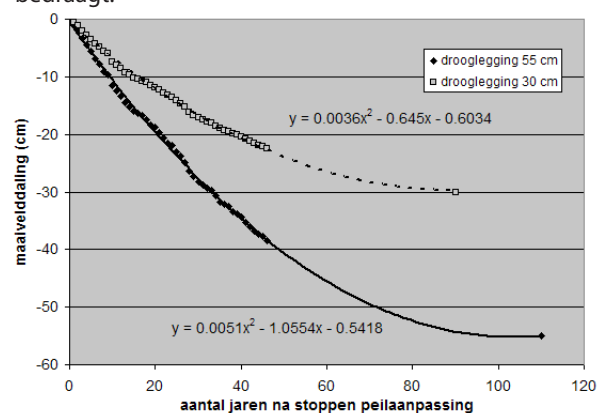
Figuur 12: Drooglegging in de huidige situatie en voor de toekomstscenario's 2020, 2030 en 2050.

4 Peilfixatie

In dit hoofdstuk zijn de effecten op het watersysteem in het Restveengebied beschreven bij toepassen van de strategie peilfixatie, waarbij het huidige peil wordt gehandhaafd. De effecten zijn beschreven voor het toekomstscenario 2020, 2030 en 2050.

4.1 Uitgangspunten

Wanneer het polderpeil niet meer wordt aangepast aan de bodemdaling, wordt de drooglegging minder waardoor er minder veenoxidatie optreedt en de bodemdaling zal afnemen. In Figuur 11 staat een voorbeeld van het verloop van de bodemdaling voor veengronden, waarvan de drooglegging in de uitgangssituatie 30 cm en 55 cm bedraagt.



Figuur 11: Verloop van de jaarlijkse bodemdaling bij het huidige klimaat als de drooglegging in de uitgangssituatie van respectievelijk 30 en 55 cm niet meer wordt aangepast (DHV et al 2011b).

Uitgaande van de huidige drooglegging van gemiddeld 50 cm en gebruik makend van Figuur 11 kan de volgende inschatting worden gemaakt van de toekomstige drooglegging en de bodemdaling:

- over 10 jaar is de gemiddelde drooglegging 40 cm (dus 10 cm bodemdaling)
- over 20 jaar is de gemiddelde drooglegging 30 cm (dus 20 cm bodemdaling)
- over 40 jaar is de gemiddelde drooglegging 15 cm (dus 35 cm bodemdaling).

De gehanteerde bodemdaling, stijghoogteverandering en peilverandering zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Toekomstscenario's peilfixatie.

| Jaar | Bodemdaling | Stijghoogteverandering | Peilverandering |
|------|-------------|------------------------|-----------------|
| 2020 | 10 cm | 0 cm | 0 cm |
| 2030 | 20 cm | 0 cm | 0 cm |
| 2050 | 35 cm | 0 cm | 0 cm |

4.2 Drooglegging

In deze studie wordt het percentage van het gebied met een drooglegging minder dan 40 cm beschouwd. In de huidige situatie is de drooglegging in 23% van het gebied

minder dan 40 cm. In Tabel 5 is de berekende drooglegging voor de toekomstscenario's weergegeven.

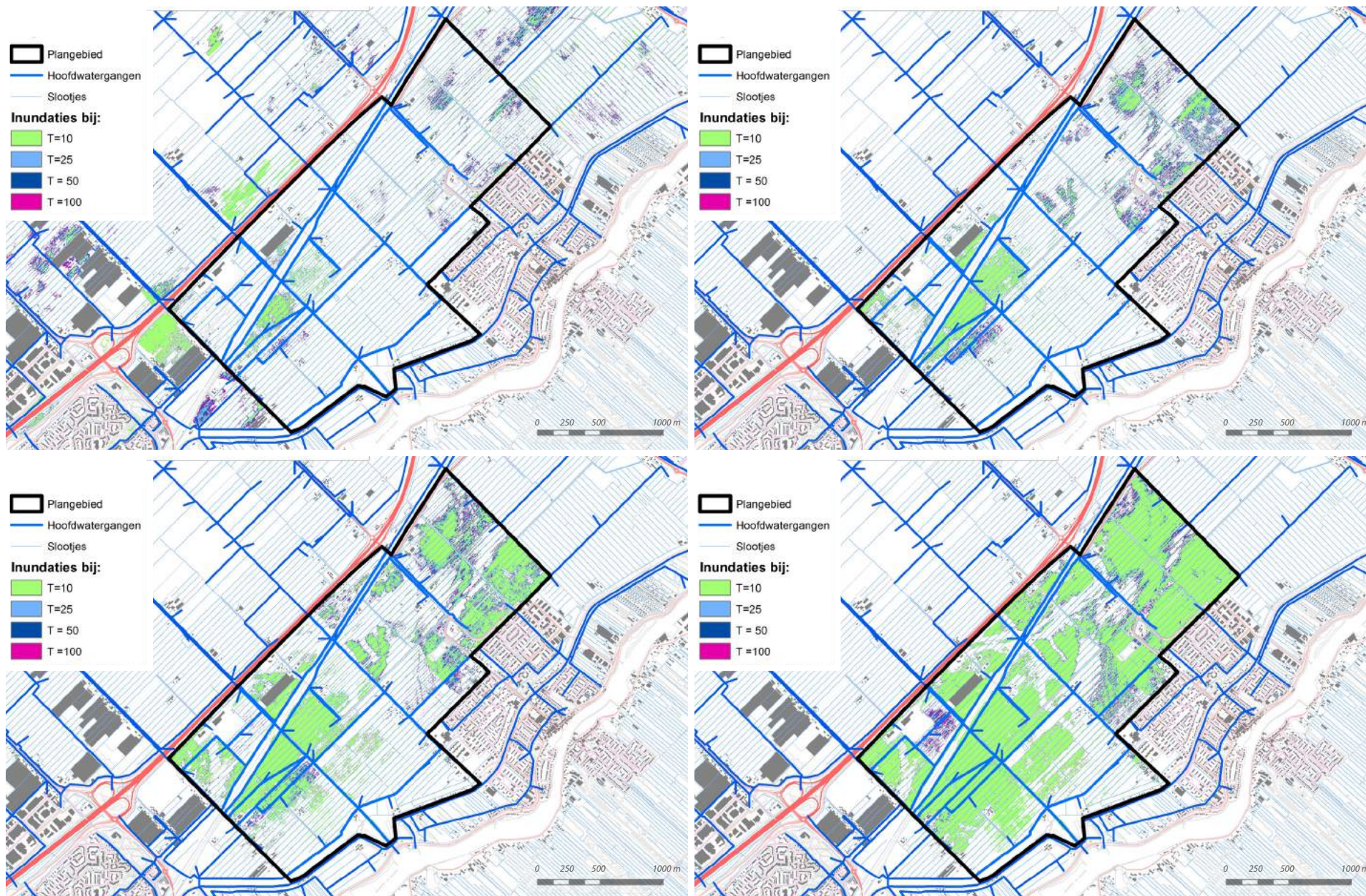
Tabel 5: Berekeningsresultaten drooglegging.

| Toekomstscenario | Percentage van gebied met drooglegging <40cm | Oppervlakte drooglegging <40cm |
|------------------|--|--------------------------------|
| Huidig | 23% | 103 ha |
| 2020 | 41% | 183 ha |
| 2030 | 59% | 263 ha |
| 2050 | 78% | 348 ha |

Door peilfixatie en verdergaande bodemdaling zal de drooglegging in 2050 in 80% van het gebied minder zijn dan 40 cm. In Figuur 12 is de drooglegging voor de verschillende scenario's ruimtelijk weergegeven.

4.3 Opbarstrisico

Door verdere oxidatie verdwijnt er in de toekomstscenario's respectievelijk 10 cm, 20 cm en 35 cm veen. Door het verdwijnen van het veen zal de tegendruk van het afdekkend pakket afnemen. Het betreft een beperkte afname van de tegendruk met een geringe toename van het opbarstrisico in de percelen tot gevolg. Het opbarstrisico in de waterlopen neemt bij een gelijkblijvend peil niet toe.



Figuur 13: Berekende inundatie voor T10, T25, T50 en T100 voor de huidige situatie en de scenario's 2020, 2030 en 2050.

4.4 Afvoercapaciteit

Het huidig peil wordt gehandhaafd, daarom zal de afvoercapaciteit van het watersysteem in de toekomstscenario's niet veranderen ten opzichte van de huidige situatie.

4.5 Inundatie

De resultaten uit de NBW-toetsing zijn gebruikt om te bepalen hoeveel oppervlakte van het gebied zal inunderen als gevolg van T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen indien peilfixatie wordt toegepast. In Tabel 6 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

Tabel 6: Berekeningsresultaten inundatie.

| Toekomst-scenario | Percentage van het gebied dat bij T10 inundeert | Inunderend oppervlak bij T10 |
|-------------------|---|------------------------------|
| Huidig | 8% | 36 ha |
| 2020 | 15% | 69 ha |
| 2030 | 29% | 129 ha |
| 2050 | 46% | 240 ha |

De oppervlakte die zal inunderen bij een T10 neerslaggebeurtenis neemt toe van 8% van het gebied in de huidige situatie tot 54% van het gebied in 2050.

In Figuur 13 zijn de berekeningsresultaten voor de toekomstscenario's ruimtelijk weergegeven.

4.6 Waterkwaliteit en ecologisch functioneren

Bij doorgaande bodemdaling zal de freatische grondwaterstand gemiddeld afnemen met als gevolg dat de kwel in het Restveengebied toe zal nemen. Met de toename van de kwel wordt met het grondwater meer mineraal- en voedselrijk water en in een deel van het Restveengebied brak water aangevoerd (gebiedsprofiel D in Figuur 6), waardoor de waterkwaliteit en het ecologisch functioneren van het oppervlaktewater ten opzichte van de huidige situatie achteruit zal gaan. Het tempo en de mate van verslechtering zijn bij peilfixatie minder groot dan bij peilindexatie. Dit betekent dat er een risico bestaat dat niet meer aan het standstill beginsel van de Kaderrichtlijn Water kan worden voldaan. De verslechterende waterkwaliteit heeft mogelijk een afgeleid effect op o.a. veedrenking, natuurwaarden, beleving van het landschap en woongenot.

4.7 Keringen

Door doorgaande bodemdaling kunnen waterkeringen droog komen te liggen waardoor de stabiliteit van de kering kan worden aangetast. Voor het Restveengebied is met name de stabiliteit van de boezemkade langs de Ringvaart van belang. In de toekomst zullen er als gevolg van klimaatverandering mogelijk op een bepaald moment hoogwatervoorzieningen langs de Ringvaartkade

moeten worden aangelegd om plaatselijk hogere grondwaterstanden te kunnen behouden. Dit is een aandachtspunt, maar in deze verkennende studie is geen nader onderzoek gedaan naar de stabiliteit van de kering.

4.8 Kabels en Leidingen

Doorgaande bodemdaling kan leiden tot noodzakelijke aanpassingen aan de kabels en leidingen (drinkwater (Bal-leiding) en gas) die door het gebied lopen. Dit is een aandachtspunt, maar in deze verkennende studie zijn de aanpassingen aan kabels en leidingen niet onderzocht.

4.9 Infrastructuur

De doorgaande bodemdaling heeft mogelijk ook gevolgen voor de fundering van grote infrastructuur in het gebied, zoals die van de spoorlijn Rotterdam-Utrecht en de A20. Dit is een aandachtspunt, maar in deze verkennende studie zijn de mogelijke aanpassingen aan infrastructuur niet nader onderzocht.

4.10 Globale Kosten en Baten

Kosten

Bij peilfixatie treden mogelijk kosten op voor keringen, kabels en leidingen, infrastructuur en waterkwaliteit.



0,50
1,00
1,50
2,00
2,50
3,00
3,50
4,00
4,50
5,00
5,50

6,74 N.A.P.

VAN VLIET

VAN VLIET

Keringen:

Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt om hoogwatervoorzieningen langs de Ringvaartkade aan te leggen om de stabiliteit van de kering te behouden. Deze kosten zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Kabels en Leidingen:

Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt voor noodzakelijke aanpassingen aan de kabels en leidingen. Deze kosten zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Infrastructuur:

In deze studie is ervan uitgegaan dat bodemdaling geen effecten heeft op de fundering van grote infrastructuur zoals op de funderingen van de spoorlijn en de A20. Deze kosten zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Waterkwaliteit en ecologisch functioneren:

Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt voor noodzakelijke aanpassing om de waterkwaliteit niet achteruit te laten gaan of te verbeteren om de ecologische doelstellingen die de KRW stelt te kunnen halen. Daarnaast moeten bij functieverandering mogelijk natuurdoelen en/of gebruiksfuncties worden gefaciliteerd. Deze kosten zijn in deze studie als een PM post opgenomen.

Baten

De afnemende drooglegging leidt tot opbrengstderving voor de landbouw. Gebaseerd op resultaten van studies in Zegveld (Alterra 2011), Krimpenerwaard (Alterra 2007) en het Westelijke Veenweidegebied (LEI 2004) wordt verwacht dat de opbrengstderving in een periode van 50 jaar, waarbij een gemiddelde drooglegging van 15 cm wordt gerealiseerd, ongeveer 250 €/ha (prijsspeil 2012) zal bedragen in 2050. Dit komt overeen met een opbrengstreductie van circa 25%.

De totale baten van veehouderij in het Restveengebied in de huidige situatie zijn circa 425.000 euro per jaar (gebaseerd op een gemiddeld bedrijfsresultaat van 930 euro per hectare en een oppervlakte veenweide van 455 hectare, zie paragraaf 3.10).

In Maatschappelijke Kosten-Baten-analyses (MKBA) voor infrastructurele projecten wordt een disconteringsvoet van 5,5% gehanteerd om toekomstige kosten en baten te waarderen in huidige geldswaarde, dat wordt de 'contante waarde' genoemd.

Als gevolg van peilfixatie zullen de opbrengsten van landbouw in 2050 met 106.000 euro dalen ten opzichte van de huidige situatie. Voor de bepaling van de contante waarde van de totale opbrengstderving is uitgegaan van een lineair oplopende opbrengstderving van 0% in 2020 tot 25% in 2050. De bijbehorende contante waarde bedraagt € 449.051,-- (disconteringsvoet 5,5%).. In Tabel 7 is de opbrengstderving als gevolg van peilfixatie weergegeven.

Tabel 7: Kostenbenadering en indicatie van de afname van de baten bij peilfixatie.

| | Post | Periode | Reële waarde | Contante waarde |
|----------------|---------------------------------------|-------------|--|--------------------------------------|
| Toename kosten | Hoogwatervoorziening Ringvaart | 2020-2050 | PM | PM |
| | Aanpassingen Kabels en Leidingen | 2020-2050 | PM | PM |
| | Aanpassingen fundering Infrastructuur | 2020-2050 | PM | PM |
| | Maatregelen Waterkwaliteit | 2020-2050 | PM | PM |
| Afname baten | Opbrengstderving landbouw | 2020 - 2050 | Opbrengstderving loopt lineair op van €0 in 2020 tot €106.000 in 2050. Totale derving (2020-2050): €1.752.533 | Totale derving (2020-2050): €449.051 |

| | Negatief effect | Nihil | Positief effect |
|--|-----------------|-------|-----------------|
| Bodemdaling (toename) | | | |
| Drooglegging (afname) | | | |
| Opbarstrisico (toename) | | | |
| Afvoercapaciteit (afname) | | | |
| Inunderend oppervlak (toename) | | | |
| Kwel (toename) | | | |
| Nutriënten oppervlaktewater (toename) | | | |
| Chloridegehalte oppervlaktewater (toename) | | | |
| Kosten (toename) | | | |
| Baten (afname) | | | |

5 Synthese

5.1 Synthese onderzoeksresultaten

In deze studie zijn de gevolgen van peilindexatie (peil volgt functie) en peilfixatie (vasthouden huidig peil) op het watersysteem van het Restveengebied in een globale analyse verkend voor de jaren 2020, 2030 en 2050. In het schema zijn de resultaten samengevat. Het schema geeft de toename of de afname van bepaalde aspecten weer ten opzichte van de huidige situatie; het is een kwalitatieve weergave waarmee de mate van het effect van peilindexatie en peilfixatie ten opzichte van de huidige situatie in beeld is gebracht (de eenheden van de thema's zijn dus niet onderling vergelijkbaar). De groene balken geven daarbij de gevolgen van peilindexatie weer, waarbij het peil periodiek wordt aangepast om de huidige functie, veenweide, optimaal te kunnen blijven ondersteunen. De blauwe balken geven de gevolgen van peilfixatie weer, waarbij het huidige peil wordt gehandhaafd en het gebied langzamerhand zal vernatten. Uit het schema blijkt dat de peilstrategieën voor geen van de aspecten leiden tot een positief effect. Hierna worden de effecten per aspect kort toegelicht.

Bodemdaling

Het maaiveld zal bij het toepassen van beide peilstrategieën tot 2050 als gevolg van veenoxidatie blijven dalen. De mate van bodemdaling verschilt echter per peilstrategie. Bij peilindexatie zal de historische bodemdaling van zo'n 10 mm/jaar zich voortzetten en als gevolg van

klimaatverandering geleidelijk toenemen tot 17 mm/jaar in 2100 bij het W+-klimaatscenario. Bij peilfixatie zal de veenoxidatie door vernatting afnemen, waardoor ook de bodemdaling zal afnemen en op lange termijn helemaal tot stilstand kan komen als het gebied volledig vernat is (peil op of boven maaiveld). Indien het peil boven maaiveld komt en er riet en moerasplanten gaan groeien, kan er zich weer veen gaan ontwikkelen. Deze omslag leidt op termijn tot bodemverhoging.

Drooglegging

Bij peilindexatie wordt het peil periodiek aangepast om de landbouwkundige drooglegging te behouden. Daarom verandert de drooglegging bij peilindexatie niet ten opzichte van de huidige situatie. Bij peilfixatie en doorgaande bodemdaling is er sprake van toenemende vernatting en neemt de drooglegging sterk af ten opzichte van de huidige situatie. Ter vergelijking: in de huidige situatie is de drooglegging in 24% van het Restveengebied kleiner dan 40 cm en bij peilfixatie zal in 2050 de drooglegging in 80% van het gebied kleiner zijn dan 40 cm.

Opbarstrisico

Beide peilstrategieën leiden tot een toename van het risico op opbarsten ten opzichte van de huidige situatie. In beide peilstrategieën blijft in elk geval tot 2050 sprake van veenoxidatie waardoor de tegendruk van het afdekkend pakket afneemt en het risico op opbarsten toeneemt. Wel neemt het risico op opbarsten bij peilindexatie veel meer

toe dan bij peilfixatie. Het opbarstrisico is het grootst in het zuidoosten van het Restveengebied, onder sloten en waterlopen waar de deklaag dunner is en dus lichter is. Bij peilfixatie neemt het opbarstrisico van slootbodems niet toe ten opzichte van het huidige risico.

Afvoercapaciteit

Verdere peilindexatie leidt tot een afname van de waterdiepte, waardoor de afvoercapaciteit van het watersysteem bij een grote bui onvoldoende wordt en het hoofdgemaal Abraham Kroes niet meer optimaal kan functioneren. Bovendien neemt de stroomsnelheid in de aanvoerende watergang flink toe, waardoor uitschuring van de waterbodem en afkalven van de oevers zal optreden. De watergangen zullen daarom moeten worden verdiept en verbreed. Bij peilfixatie wordt het huidig peil gehandhaafd, daarom verandert de afvoercapaciteit van het watersysteem bij peilfixatie niet ten opzichte van de huidige situatie.

Inundatie

In deze studie zijn de resultaten van de NBW-toetsing van het Hoogheemraadschap gebruikt. In de huidige situatie inundeert 8% van het Restveengebied bij een T10 neerslaggebeurtenis. Bij peilindexatie neemt de kans op inundatie niet toe ten opzichte van de huidige situatie, omdat de drooglegging hetzelfde blijft. Bij peilfixatie neemt die kans wel toe, tot 54% van het gebied in 2050, omdat de drooglegging afneemt.



Waterkwaliteit en ecologisch functioneren

Bij beide peilstrategieën neemt de kwel als gevolg van doorgaande bodemdaling toe ten opzichte van de huidige situatie, maar bij peilfixatie minder dan bij peilindexatie. Dit leidt tot een toename van het chloride-, ijzer- en nutriëntengehalte in het oppervlaktewater, waarbij bij peilfixatie in mindere mate dan bij peilindexatie. Er is tevens een ruimtelijk verschil tussen het noordelijke Restveengebied waar de kwel brak, mineraal en voedselrijk is en het zuidelijke gebied waar de kwel mineraal en matig voedselrijk is. Bij beide peilstrategieën zal de waterkwaliteit achteruitgaan ten opzichte van de huidige situatie. Dit betekent dat er een risico bestaat dat niet meer aan het standstill beginsel van de Kaderrichtlijn Water kan worden voldaan. De verslechterende waterkwaliteit heeft mogelijk een afgeleid effect op o.a. veedrenking, natuurwaarden, beleving van het landschap en woongenot.

Kosten

Bij peilindexatie zijn maatregelen nodig om de afvoercapaciteit van het watersysteem te blijven garanderen. De aanpassingen bestaan uit het verdiepen en verbreden van de watergangen, waarbij het doorstroomoppervlak gelijk blijft aan de huidige situatie. Voor de kostenraming is aangenomen dat de bodem initieel met 1 meter wordt verlaagd en vervolgens met een halve meter zand wordt aangevuld om het opbarstrisico niet te vergroten. Er hoeven geen kunstwerken te worden aangepast (behalve gemaal Abraham Kroes). De werkzaamheden kunnen gefaseerd worden uitgevoerd in de periode 2020 tot 2050. De totale kosten voor het aanpassen van alle watergangen in het Restveengebied zijn globaal geraamd en bedragen, inclusief de Derde Tocht, circa 6,8 miljoen euro contante waarde. Door de verbreding van de waterlopen zullen de kosten voor het regulier onderhoud ook toenemen. Bij peilfixatie worden geen extra kosten aan het watersysteem voorzien.

Naast kosten voor aanpassing van waterlopen treden mogelijk kosten op voor keringen, kabels en leidingen, infrastructuur en waterkwaliteit. Deze zijn in deze studie niet nader onderzocht, maar worden hierna wel kwalitatief toegelicht. Keringen kunnen door doorgaande bodemdaling en klimaatverandering in droge perioden meer verdrogen. Voor het Restveengebied is met name de stabiliteit van de boezemkade langs de Ringvaart van belang. Mogelijk moeten er in de toekomst kosten

worden gemaakt om hoogwatervoorzieningen langs de Ringvaartkade aan te leggen. Kosten voor mogelijke maatregelen zullen naar verwachting als eerste optreden bij peilindexatie en kunnen dan aanzienlijk zijn.

Doorgaande bodemdaling kan leiden tot noodzakelijke aanpassingen aan de kabels en leidingen (drinkwater (Bal-leiding) en gas) die door het gebied lopen. Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt voor noodzakelijke aanpassingen aan de kabels en leidingen. Deze kosten kunnen aanzienlijk zijn.

De fundering van infrastructuur kan door bodemdaling worden aangetast. Mogelijk moeten er in de toekomst kosten worden gemaakt om de fundering van grote infrastructuur zoals de funderingen van de spoorlijn en de A20 te versterken. Indien dit aan de orde is zal er naar verwachting sprake zijn van hoge kosten.

In de huidige situatie is er al te weinig waterdiepte aanwezig om het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder Abraham Kroes optimaal te laten functioneren. Mogelijk moeten er in de toekomst bij peilindexatie kosten worden gemaakt om het gemaal aan te passen.



| | Post | Periode | Peilindexatie | | Peilfixatie | |
|----------------|------------------------------------|-----------|---|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| | | | Reële waarde | Contante waarde | Reële waarde | Contante waarde |
| Toename kosten | Aanpassen Derde Tocht | 2020 | €1.100.000 | €800.000 | Nvt | Nvt |
| | Aanpassen overige waterlopen | 2020-2050 | €16.900.000 (€560.000 per jr) | €6.000.000 | Nvt | Nvt |
| | Aanpassing gemaal (A. Kroes) | 2020-2050 | PM | PM | Nvt | Nvt |
| | Hoogwatervoorziening Ringvaart | 2020-2050 | PM | PM | PM | PM |
| | Aanpassen Kabels en Leidingen | 2020-2050 | PM | PM | PM | PM |
| | Aanpassen fundering Infrastructuur | 2020-2050 | PM | PM | PM | PM |
| | Maatregelen Waterkwaliteit | 2020-2050 | PM | PM | PM | PM |
| Afname baten | Opbrengstderving landbouw | 2020-2050 | Opbrengstderving loopt lineair op van €0 in 2020 tot €21.000 in 2050. Totale derving (2020 -2050): €347.200 | Totale derving (2020-2050): €88.963 | Opbrengstderving loopt lineair op van €0 in 2020 tot €106.000 in 2050. Totale derving (2020-2050): €1.752.533 | Totale derving (2020-2050): €449.051 |

Tabel 8: Vergelijking globale indicatie kosten en opbrengstderving voor de landbouw.

Baten

Bij beide peilstrategieën zal sprake zijn van opbrengstderving voor de landbouw. Aangenomen is dat de opbrengst bij peilindexatie in 2050 5% minder zal zijn dan in de huidige situatie het geval is, ofwel 88.963 euro in contante waarde. Bij toepassing van peilfixatie wordt verwacht dat de opbrengst in 2050 circa 25% minder zal zijn dan in de huidige situatie, ofwel 449.051euro in contante waarde. In Tabel 8 is een vergelijking gegeven tussen kosten en opbrengstderving voor de landbouw bij peilindexatie en peilfixatie.

Door te investeren in het watersysteem (Derde Tocht en overige waterlopen, totaal 6,8 miljoen euro contante waarde) kan de opbrengstderving voor de landbouw in enige mate worden verminderd. Over de zichtperiode van 2020 tot 2050 kan de opbrengstderving hiermee in totaal worden verminderd met 360.088 euro contante waarde.



5.2 Knikpunt

De resultaten van deze studie tonen aan dat bij voortzetting van het beleid peilindexatie de kosten voor noodzakelijke maatregelen aan het watersysteem (totaal 6,8 miljoen euro contante waarde) vele malen groter zijn dan de vermindering van de opbrengstderving in de landbouw. Over de zichtperiode van 2020 tot 2050 kan de opbrengstderving door peilindexatie in totaal met 360.088 euro contante waarde worden verminderd ten opzichte van wanneer het huidige peil wordt vastgehouden. Naast de investeringen voor de noodzakelijke aanpassingen aan het watersysteem, zullen bij voortzetting van peilindexatie naar verwachting ook aanzienlijke investeringen nodig zijn voor maatregelen aan het gemaal Abraham Kroes, keringen, kabels en leidingen, infrastructuur en waterkwaliteit.

Uit het voorgaande blijkt dat voortzetting van het huidige beleid van peilindexatie zal leiden tot een aanzienlijke verhoging van de kosten voor inrichting, beheer en onderhoud van het watersysteem. De baten in termen van vermindering van opbrengstderving voor het huidige gebruik van het gebied (overwegend veenweide) ten opzichte van peilfixatie zijn relatief beperkt. Vergeleken met de kosten zijn deze baten marginaal. Redenerend vanuit kosten en baten leidt dit tot de constatering dat er in de huidige situatie feitelijk reeds sprake is van een knikpunt. Of dit ook maatschappelijk een knikpunt is, wordt bepaald door een bredere afweging van kosten en maatschappelijke

waarden en baten van het Restveengebied; dit is een politiek-bestuurlijke afweging en keuze.

De resultaten van het gepresenteerde onderzoek tonen aan dat de problematiek rond de waterhuishoudkundige situatie in relatie tot de doorgaande bodemdaling in het Restveengebied urgent is. Gezien deze urgentie wordt aanbevolen om met de overige gebiedspartners (gezamenlijke overheden, gebruikers en bewoners) in overleg te treden en een gebiedsproces voor het Restveengebied op te starten om gezamenlijk te zoeken naar oplossingen voor een toekomstbestendige inrichting van het Restveengebied.

Peilfixatie is een mogelijke oplossingsrichting. De resultaten van deze studie laten zien wat de gevolgen van peilfixatie op de langere termijn zullen zijn. Door verbreden van de landbouw en het faciliteren van andere inkomstenbronnen kan de opbrengstderving wellicht worden gecompenseerd. In een workshop is een aantal oplossingsrichtingen voor het verbreden van de landbouw verkend. De resultaten van deze workshop zijn beschreven in bijlage 6.

Tot slot wordt opgemerkt dat het bij het vinden van oplossingen belangrijk is om op politiek-bestuurlijk niveau mogelijke belemmeringen weg te nemen (functieverandering en nieuwbouw mogelijk maken) en waar nodig normen te nuanceren en/of los te laten (bijvoorbeeld NBW en KRW). Aandachtspunten zijn dat het beleid en de oplossingen op de langere termijn zekerheid moeten bieden voor agrariërs en de overige gebruiksfuncties, zodat zij hun investeringen (voor aanpassing van hun bedrijfsvoering) kunnen terugverdienen.



Literatuur

Alterra, 2003. Bodemkaart van Nederland 1:50.000, 2003.

Alterra, Wageningen Universiteit, Centrum Landbouw en Milieu, Royal Haskoning, Universiteit Utrecht, Vrije Universiteit, Planbureau voor de Leefomgeving, 2009. Waarheen met het veen, 2009.

Alterra, Programmabureau Groene Hart, Grontmij, Royal Haskoning, 2012. Ecosysteemdiensten in de Westelijke Veenweiden, 2012.

Alterra, Gevolgen van verminderde drooglegging voor melkveebedrijven in de Krimpenerwaard, 2007.

AT Milieuvadvis, 2010. Verkennend Bodemonderzoek Moordrecht, 2010.

Deltares, 2008. Verkennende studie klimaatverandering en verzilting grondwater in Zuid-Holland, 2008.

Deltares, 2009a. Verzilting van het Nederlandse grondwatersysteem, 2009.

Deltares, 2009b. Naar nieuwe ketens voor het benutten van eendenkroos, 2009.

DLG, Arcadis, Grontmij, 2001. Milieueffectrapport Tweede Fase Zoetermeer-Zuidplas, 2001.

DHV, 2007. De introductie van de rieteconomie, een duurzaam perspectief voor de Nederlandse veenweidegebieden, 2007.

DHV, Alterra, Bosch en Slabbers, 2011. Toekomst veenweide, Klimaatadaptatie en bodemdaling, Case study Midden Delfland, Inspiratieboek, 2011.

DHV, Alterra, Bosch en Slabbers, 2011. Toekomst veenweide, Klimaatadaptatie en bodemdaling, Methode en toepassing in Midden Delfland, Werkboek, 2011.

DINOLoket (www.dinoloket.nl), 2013. Boringbeschrijvingen, grondwaterstanden en stijghoogtes, mei 2013.

Geofox Lexmond, 2007. Verkennend bodemonderzoek, 2007.

Geofox Lexmond, 2011. Partijkeuring grond, Vierde tocht en Spoorloot in de Zuidplaspolder, 2011.

Grontmij, 2008. Ecologische normen en beoordeling van de KRW waterlichamen binnen het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2008.

Holland Railconsult, 2006. Geotechnisch advies Moordrecht: verbreden watergang tussen de 3e en 4e Tocht, 2006.

Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 1994. Peilbesluit Zuidplaspolder, Toelichting en kaarten, 1994.

Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard, 2011. Plan van Aanpak watersysteemanalyses, concept, 2011.

Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2011. Modellerings Watersystemen, Uitgangspuntennotitie, concept, 2011.

Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2012. Peilbesluit Zuidplaspolder, Toelichting en kaarten, 2012.

Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2013. Maatregelen Waterkwantiteit, 2013. Inpijn-Blokpoel, 2008. Verbreding 3^e en 4^e Tocht te Zevenhuizen-Moordrecht (geotechnisch advies), 2008.

Inpijn-Blokpoel, 2009. Verbreding 3^e en 4^e Tocht te Zevenhuizen-Moordrecht (aanvullend geotechnisch advies), 2009.

Kwakernaak, C., J. van den Akker, E. Veenendaal, K. van Huissteden en P. Kroon, 2010. Mogelijkheden voor mitigatie en adaptatie Veenweiden en Klimaat, Bodem nummer 3, juni 2010.

Kwakernaak, C., 2013. Rem op bodemdaling: ook rem op economie veenweidegebied? Workshop 1.4 Kennisconferentie Deltaprogramma, 2013.

LEI Wageningen UR, 2004. Boeren op hoog water; Een studie naar de toekomstperspectieven voor landbouw op natte veengronden in het Groene Hart, 2004.

LEI Wageningen UR, 2009. Boeren in het Groene Hart, Kansen voor het agrocluster, 2009.

LEI Wageningen UR, 2010. De Blaarkop: ouderwets goed; Inventarisatie van de mogelijkheden voor een dubbeldoelkoe in deze tijd, 2010.

LEI Wageningen UR, 2011. Business case: Blaarkoppen in te vernatten gebieden, 2011.

Programmabureau Groene Hart, 2013. Effectenmonitor 2012, Voortgangsrapportage 2011, Groene Hart en Westelijke Veenweiden, 2013.

Rijksgelogische Dienst, 1992. Geologische Kaart van Nederland, Gorinchem West, 38 West, 1992.

Royal Haskoning, 2007. Globale Systeemanalyse Restveen en Groene Waterparel, 2007.

Royal Haskoning, 2008. Bodem, water en vegetatie in Groene Waterparel en Restveen, 2008.

Royal Haskoning, 2008. Globale Systeemanalyse Rode Waterparel, 2008.

Royal Haskoning, 2011. Toets van GTO Inpijn Blokpoel 2011.

Royal Haskoning, 2011. Toets Stabiliteit Spoorbaan na opbarsting, 2011.

Royal Haskoning/DHV, 2012. Klimaatverandering en bodemdaling in veenweidegebieden, Ruimtelijke Strategie 2030 en uitvoering 2015, 2012.

TNO, GeoTop.

TNO, 2001. Hydrologisch model Zoetermeer Zuidplaspolder, 2001.

TNO, REGIS.

Van den Akker, J. , Presentatie "Verdwijnende Veengronden".

Van den Akker, J. Bodemdaling en verdwijnende veengronden.

Vetmaat, J. J. Harmsen, H. van der Geest, J. de Klein, S. Kosten, A. Smolders, J. Verhoeven, R. Mes, M. Ouboter, 2013. Sulfaatbronnen in het Hollandse veenlandschap, Landschap, 2013.

Witteveen+Bos, 2010. Waterhuishoudingsplan Rode en Groene Waterparel, 2010.

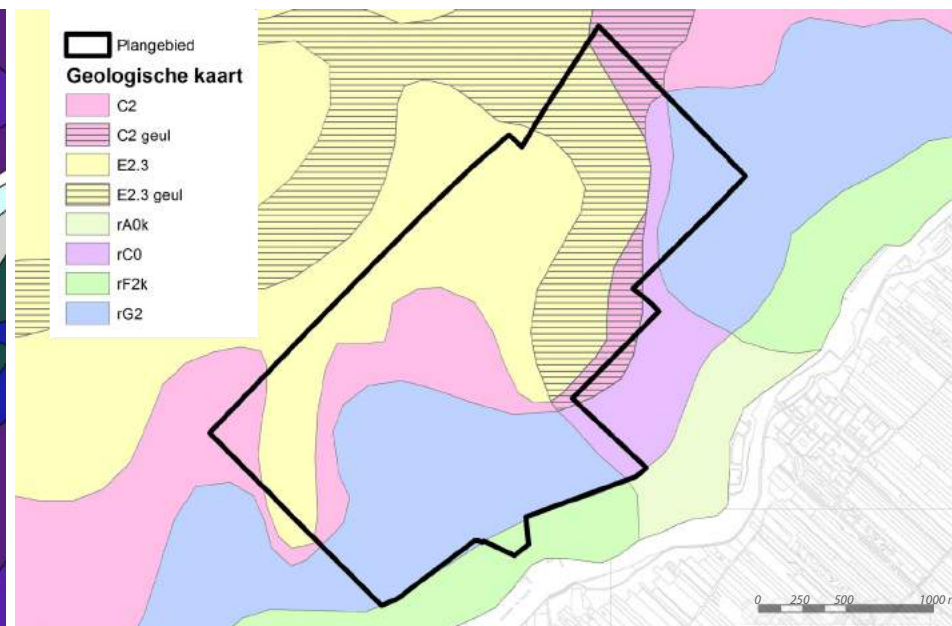


Bijlagen

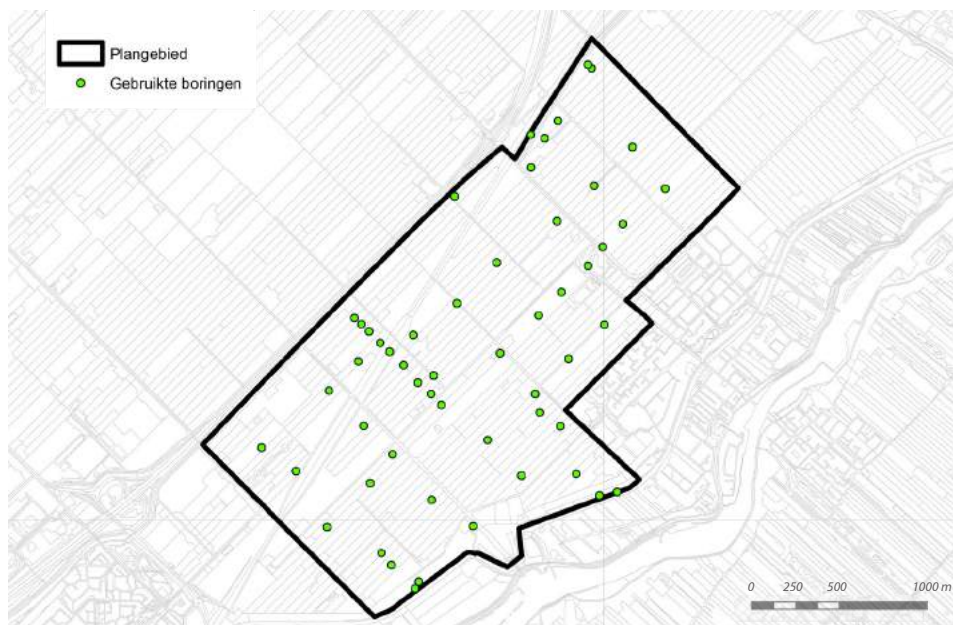




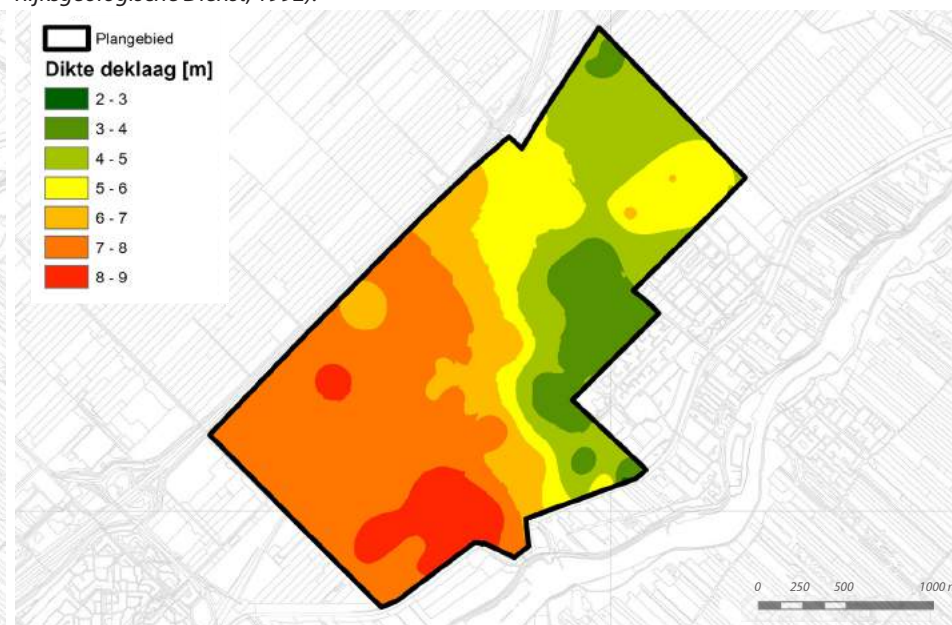
Figuur 1: Bodemkaart (bron: Bodemkaart van Nederland 1:50.000, Alterra, 2003).



Figuur 2: Geologische kaart (bron: Geologische Kaart van Nederland, Gorinchem West, 38 West, Rijksgeologische Dienst, 1992).



Figuur 3: Gebruikte boringen.



Figuur 4: Dikte deklaag.

1 Bodemmodel en opbarstberekeningen

In deze bijlage is beschreven hoe het bodemmodel is opgezet waarmee de risico's voor opbarsten van de bodem voor de toekomstscenario's bij peilindexatie zijn berekend.

1.1 Bodemmodel

Opbarsten van de bodem kan voorkomen op plaatsen waar het gewicht van de voornamelijk uit veen en klei samengestelde deklaag onvoldoende tegenwicht geeft aan de druk van de grondwaterstijghoogte onder de deklaag. Dit is met name onder sloten en waterlopen waar de deklaag dunner is en dus lichter.

Om het opbarstrisico te bepalen moet de neerwaartse druk en de opwaartse druk worden bepaald. De neerwaartse druk bestaat uit het gewicht van de bodem in de deklaag. De opwaartse druk wordt veroorzaakt door de druk van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket tegen de onderkant van de deklaag.

Bestaande geohydrologische en geotechnische informatie over het Restveengebied zijn samengebracht om de neerwaartse en opwaartse druk te bepalen. Ten eerste werd de bodemopbouw bepaald om vlakdekkend de ligging van de onderkant van de deklaag en de dikte van klei, veen en zand in de deklaag te bepalen. Vervolgens werd bepaald wat de maatgevende stijghoogte is. Daarna konden de neerwaartse en opwaartse druk berekend worden en het daarop gebaseerde opbarstrisico per toekomstscenario.

1.2 Bodemopbouw

De neerwaartse druk hangt af van de bodemopbouw van de deklaag. De opwaartse druk is naast van de stijghoogte ook afhankelijk van de ligging van de onderkant van de deklaag. In deze paragraaf wordt de bodemopbouw in beeld gebracht.

1.2.1 Bodemkaart en geologische kaart

De bodemkaart is weergegeven in Figuur 1. Aan de zuid- en oostzijde bestaat de bodem uit veengronden en aan de noordwest kant bestaat de bodem uit kleigronden. De geologische kaart is weergegeven in Figuur 2. In het Restveengebied en de omgeving worden de volgende geologische eenheden onderscheiden:

- E2.3: afzettingen van Calais III (wadafzettingen) op een afwisseling van Hollandveen met Afzettingen van Gorkum.
- C2: Hollandveen op Afzettingen van Calais III (wadafzettingen) op een afwisseling van Hollandveen met Afzettingen van Gorkum.
- rG2: Hollandveen op een afwisseling van Afzettingen van Gorkum (kom- en oeverafzettingen) met Hollandveen.

Voor deze drie geologische afzettingen geldt dat tot aan het Pleistocene zand (onderkant deklaag) sprake is van klei- en veenafzettingen. Op een aantal plaatsen in het Restveengebied worden deze afzettingen doorsneden door

geulafzettingen (Afzettingen van Gorcum). De begrenzing van deze gebieden is in Figuur 2 gestreept weergegeven. De hoogteligging van de top van deze geulafzettingen bedraagt volgens de geologische kaart circa -9 meter NAP. Ter plaatse van de geul ligt de onderkant van de deklaag rond -9 meter NAP (zie paragraaf 1.2.3).

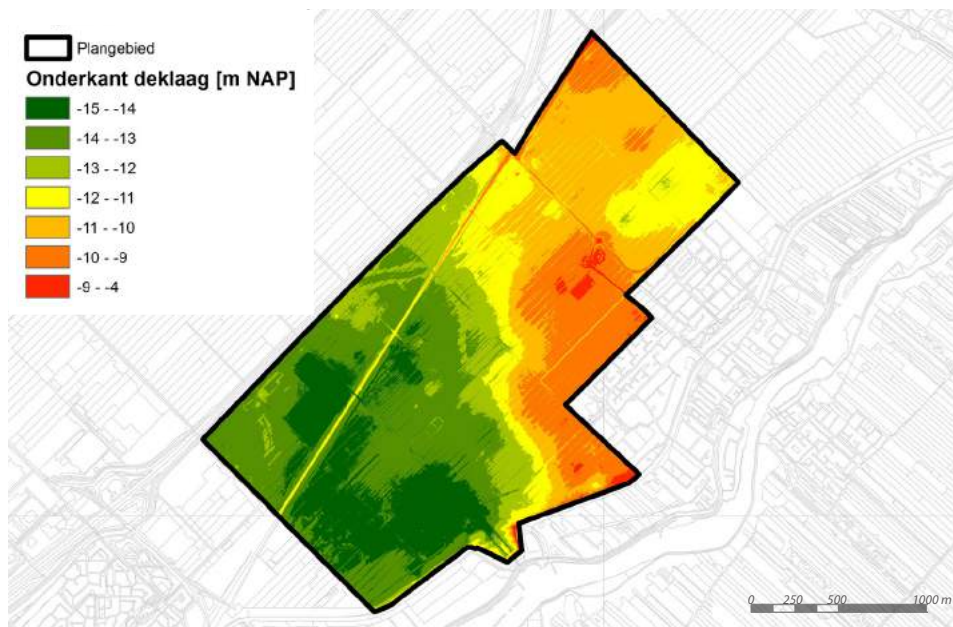
Onderin de deklaag bevindt zich basisveen met een dikte van circa 1 meter (GeoTOP, TNO en Hydrologisch model Zoetermeer Zuidplas, TNO, 2001). Het overige veen in de deklaag bestaat uit minder compacte veenlagen.

1.2.2 Boringen

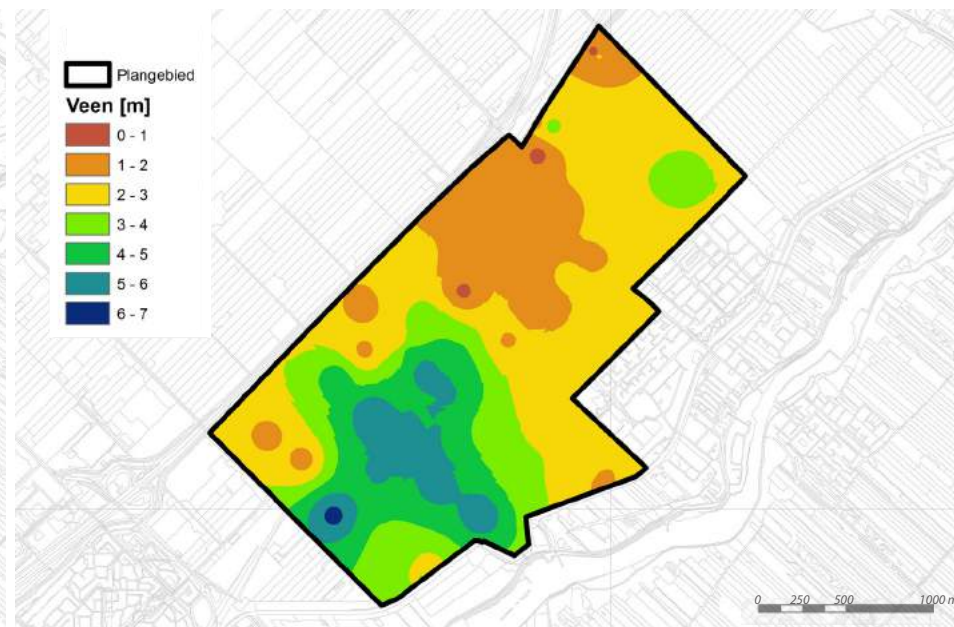
In het Restveengebied zijn verschillende boringen beschikbaar. Dit betreffen de volgende boringen:

- Boringen uit het DINOLoket (www.Dinoloket.nl, mei 2013);
- Boringen onderzoek opbarsten spoorloot (Geotechnisch advies Moordrecht: verbreden watergang tussen de 3e en 4e Tocht, Holland Railconsult, 2006);
- Boringen onderzoek restveengebied en groene waterparel (Globale systeemanalyse Restveen en Groene Waterparel, Royal Haskoning, 2007 en Bodem, water en vegetatie in Groene Waterparel en Restveen, Royal Haskoning, 2008).

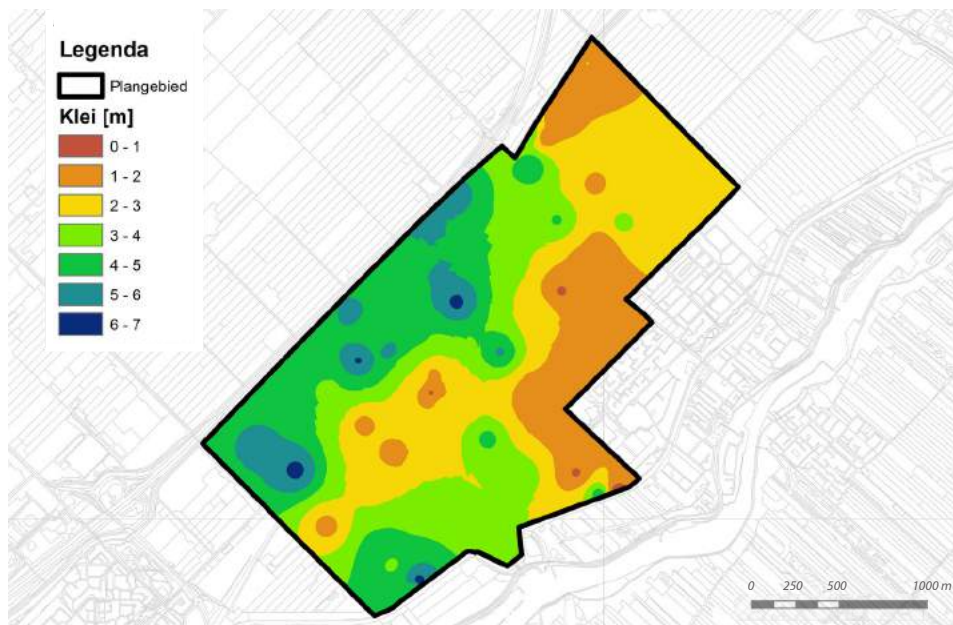
De boringen van Inpijn Blokpoel voor de verbreding van de



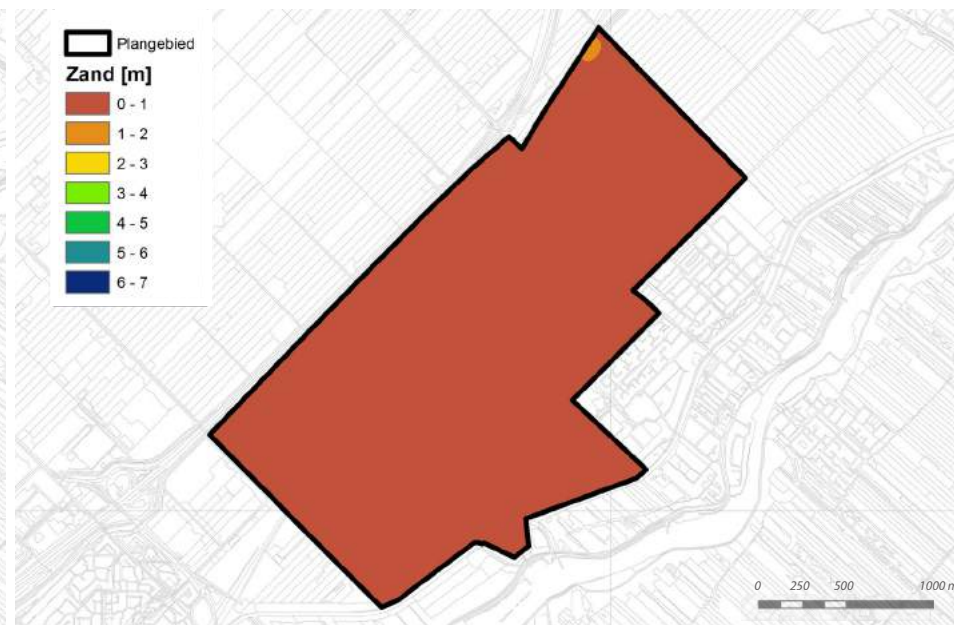
Figuur 5: Onderkant deklaag.



Figuur 6: Dikte veen in deklaag.



Figuur 7: Dikte klei in deklaag.



Figuur 8: Dikte zand in deklaag.

3^e en 4^e Tocht (Verbreiding 3^e en 4^e Tocht te Zevenhuizen-Moordrecht (geotechnisch advies), Inpijn-Blokpoel, 2008 en Verbreiding 3^e en 4^e Tocht te Zevenhuizen-Moordrecht (aanvullend geotechnisch advies), Inpijn-Blokpoel, 2009) liggen allen buiten het Restveengebied en zijn niet meegenomen.

Met behulp van REGIS is een inschatting gemaakt van de ligging van de onderkant van de deklaag. Vervolgens is voor alle boringen binnen het Restveengebied bepaald of de boorbeschrijving de gehele deklaag beschrijft. Deze boringen zijn gebruikt bij het nader bepalen van de dikte van de deklaag en voor het bepalen van de hoeveelheid klei en veen in de deklaag. De locatie van de boringen is weergegeven in Figuur 3.

1.2.3 Dikte en onderkant deklaag

Per boring is de totale dikte van de deklaag bepaald. Door deze waarden te interpoleren is voor het Restveengebied vlakdekkend de dikte van de deklaag berekend. In Figuur 4 is de berekende dikte van de deklaag weergegeven. De dikte van de deklaag verloopt van circa 4 meter aan de noordoost kant van het Restveengebied tot ongeveer 9 meter aan de zuidkant van het Restveengebied.

Op basis van de dikte van de deklaag en de maaiveldhoogte (AHN2) is de ligging van de onderkant van de deklaag berekend. Het gebruikte AHN2 is gefilterd. Grote watergangen en woningen zijn uit het AHN2 bestand

gehaald. Omdat voor het bepalen van het opbarstrisico de ligging van de onderkant van de deklaag ook belangrijk is, is ter plaatse van watergangen voor het bepalen van de opwaartse druk het gefilterde deel van het AHN opgevuld. Hiervoor is de gemiddelde waarde van de omliggende cellen gebruikt. De ligging van de spoorlijn Rotterdam-Gouda is goed zichtbaar omdat de spoorlijn niet uit het AHN gefilterd is. Hier is geen correctie voor uitgevoerd.

In Figuur 5 is de ligging van de onderkant van de deklaag weergegeven. De onderkant van de deklaag verloopt van circa -9 meter NAP aan de noordoost kant tot circa -14 meter NAP aan de zuidkant van het Restveengebied.

1.2.4 Dikte veen, klei en zand

In de boringen komt in de deklaag veen, klei en in één van de boringen zand voor. Voor de opbarstberekeringen maakt het niet uit hoe de hoeveelheid klei, veen en zand verticaal verdeeld is, het is alleen belangrijk om te weten hoe dik de hoeveelheid klei, veen of zand in totaal is. Daarom is per boring de totale dikte veen, de totale dikte klei en de totale dikte zand in de deklaag bepaald. Vervolgens is door interpolatie een vlakdekkend beeld bepaald voor de dikte van klei, veen en zand in de deklaag. Deze diktes zijn weergegeven in Figuur 6, Figuur 7 en Figuur 8.

De berekende diktes van klei en veen komen goed overeen met de bodemkaart en de geologische kaart. Zand komt vrijwel niet voor, ook dit komt overeen met de

bodemopbouw zoals die volgt uit de bodemkaart en de geologische kaart.

1.3 Stijghoogte

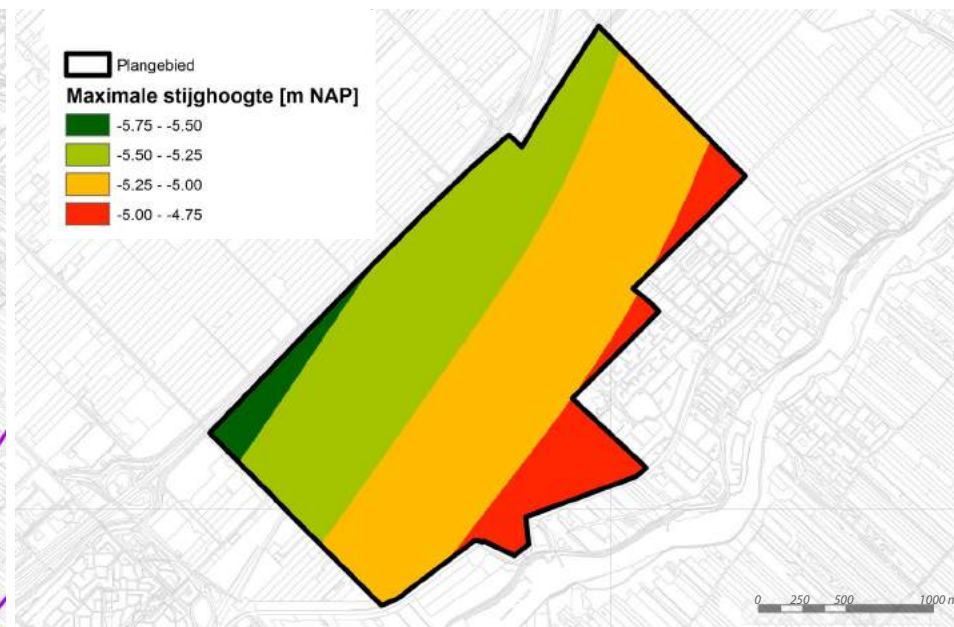
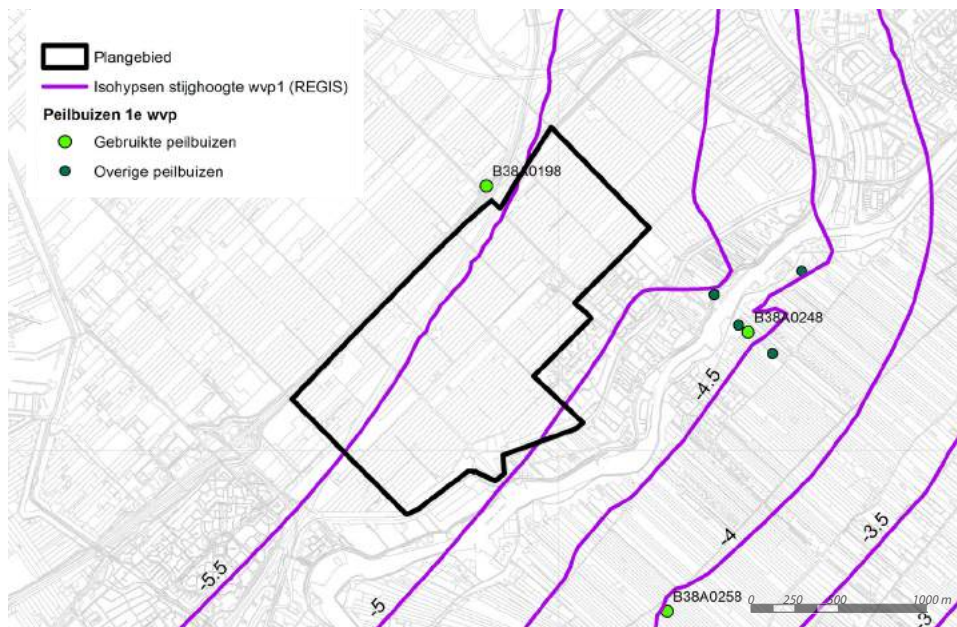
In deze paragraaf wordt de maatgevende stijghoogte bepaald. Deze stijghoogte wordt gebruikt bij het berekenen van de opwaartse druk.

1.3.1 Gemiddelde stijghoogte

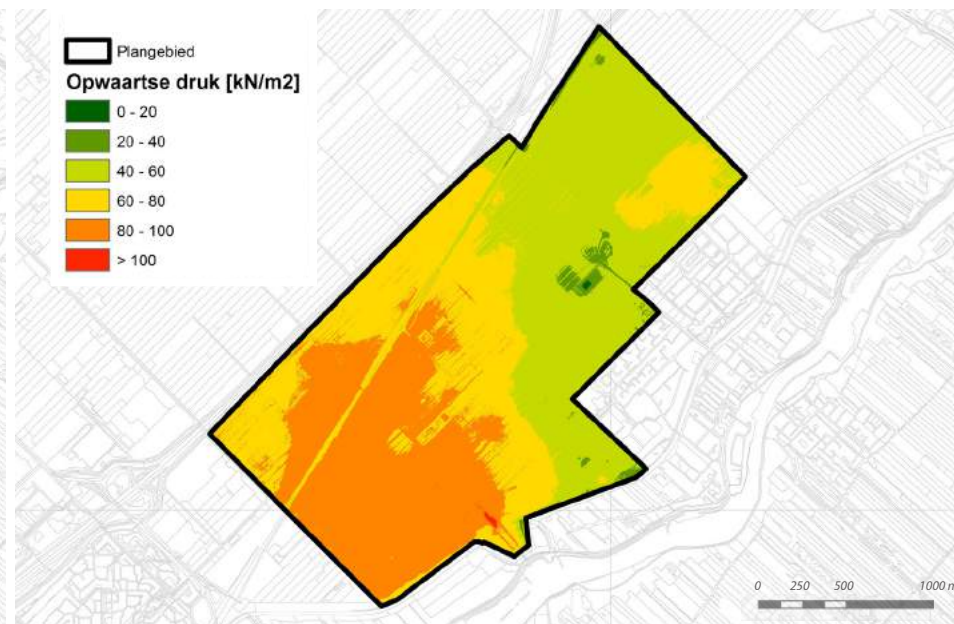
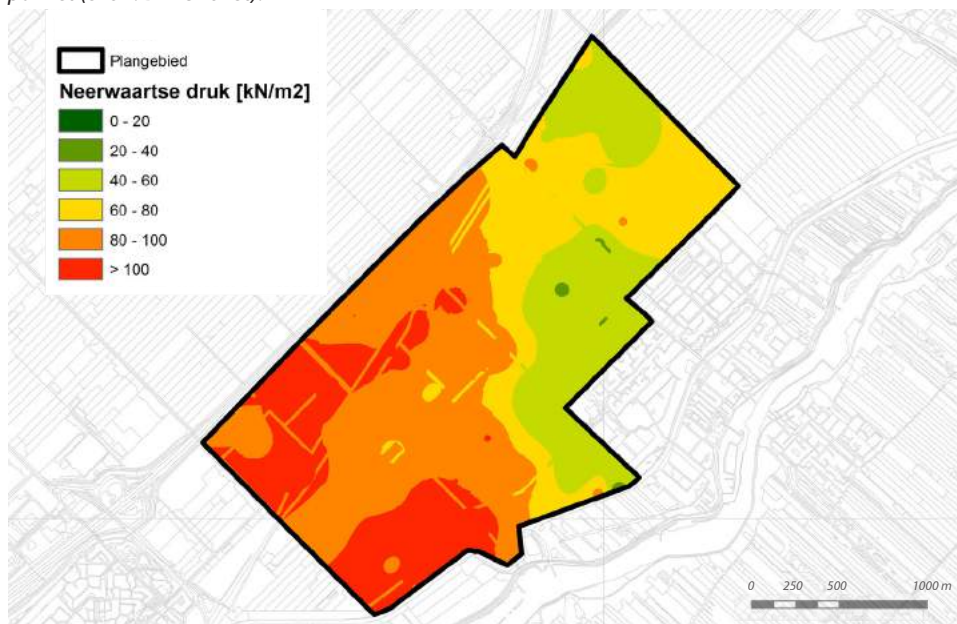
Voor de gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is uitgegaan van de isohypsen van de stijghoogte uit REGIS (Isohypsen Zuid-Holland, TNO). In Figuur 9 zijn deze isohypsen weergegeven. In Figuur 9 zijn ook locaties van peilbuizen in het eerste watervoerende pakket uit het DINOLoket (www.dinoloket.nl, mei 2013) weergegeven. Met deze peilbuizen is nagegaan of de gemiddelde stijghoogte ter plaatse van de peilbuizen overeenkomt met de stijghoogte uit REGIS. De gemeten stijghoogten komen goed overeen met de isohypsen uit REGIS; daarom zijn de isohypsen aangehouden als de gemiddelde stijghoogte.

1.3.2 Fluctuatie

Hoe hoger de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is, hoe groter de opwaartse druk zal zijn. Daarom wordt de opwaartse druk niet berekend bij de gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerende pakket, maar de hoogste stijghoogte. Om een inschatting te maken van



Figuur 9: Isohypsen stijghoogte 1e watervoerende pakket (REGIS) en peilbuizen 1e watervoerende pakket (bron: DINOLoket). Figuur 10: Maximale stijghoogte.



Figuur 11: Neerwaartse druk huidige situatie.

Figuur 12: Opwaartse druk huidige situatie.

de hoogste stijghoogte is de fluctuatie van de stijghoogte bepaald aan de hand van de peilbuizen in het eerste watervoerende pakket uit het DINOLoket (www.dinoloket.nl, mei 2013). Hiervoor is gebruik gemaakt van de metingen van 2000 t/m 2010. Er zijn 3 peilbuizen (B38A0198, B38A0248 en B380258) met metingen in deze periode.

In Tabel 1 zijn de fluctuaties van de stijghoogte in de 3 peilbuizen weergegeven.

Tabel 1: Fluctuatie stijghoogte.

| Peilbuis | Fluctuatie stijghoogte 1 ^e wvp [cm] |
|----------|--|
| B38A0198 | 25 |
| B38A0248 | 35 |
| B38A0258 | 20 |

De fluctuatie in de 3 peilbuizen varieert tussen 20 en 35 cm. Peilbuis B38A0198 ligt het dichtst bij het Restveengebied. Gebaseerd op deze peilbuis zou de hoogste stijghoogte circa 12,5 cm boven de gemiddelde stijghoogte liggen. Omdat de stijghoogte mogelijk nog iets hoger kan komen (gezien de fluctuatie in peilbuis B38A0248 en het feit dat hogere standen mogelijk niet geregistreerd zijn) is er vanuit gegaan dat de hoogste stijghoogte circa 15 cm boven de gemiddelde stijghoogte ligt.

1.3.3 Maatgevende stijghoogte

In Figuur 10 is de maatgevende stijghoogte weergegeven. Dit is de gemiddelde stijghoogte (REGIS) plus 15 cm.

1.4 Neerwaartse druk

1.4.1 Bodemparameters

De neerwaartse druk wordt bepaald door het gewicht van de bodem in de deklaag. Het gewicht hangt af van het volumieke gewicht van de verschillende bodemsoorten in de deklaag, in dit geval klei, veen en zand. In Tabel 2 is aangegeven welke volumieke gewichten voor het Restveengebied zijn aangehouden, deze zijn gebaseerd op het onderzoek van Holland Railconsult.

Tabel 2: Volumieke gewichten.

| Bodemtype | Volumiek gewicht kN/m ³ |
|------------|------------------------------------|
| Klei | 15 |
| Zand | 19 |
| Veen, slap | 10,5 |
| Basisveen | 12 |

Er is geen onderscheid gemaakt tussen het natte en droge volumieke gewicht, omdat dit voor klei en veen vrijwel

geen verschil uitmaakt. Zand komt maar zeer beperkt en alleen in het natte deel de deklaag voor.

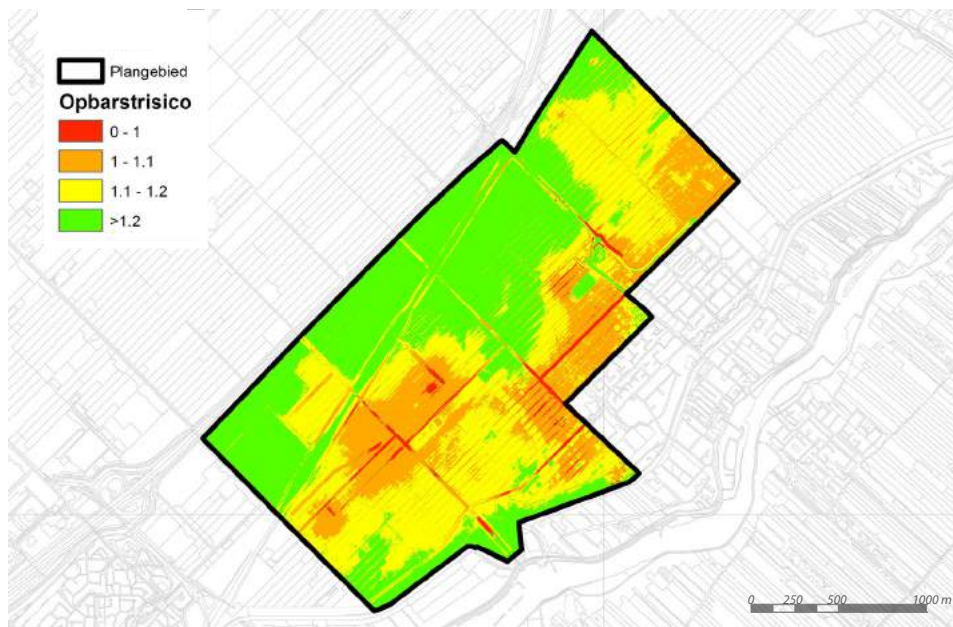
De neerwaartse druk is berekend door de dikte van klei, veen en zand te vermenigvuldigen met het betreffende volumieke gewicht. Hierbij is er vanuit gegaan dat de onderste meter van het veen bestaat uit Basisveen en de rest van het veen uit slap veen.

1.4.2 Hoofdwatgangen

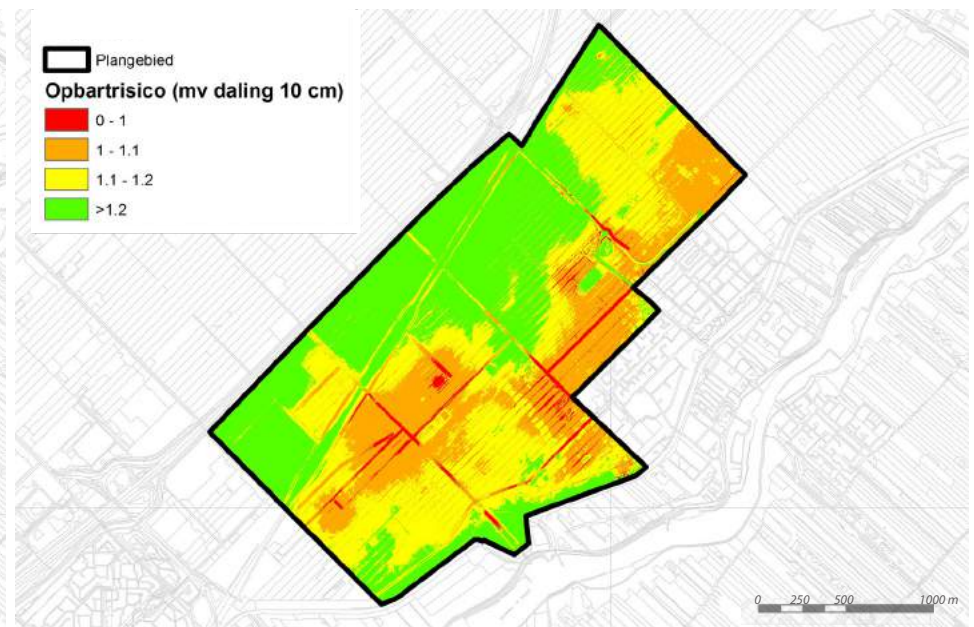
Ter plaatse van de watgangen is de deklaag minder dik door het profiel van de watergang, hierdoor wordt de neerwaartse druk kleiner. Er is echter ook neerwaartse druk door het gewicht van het water in de watgangen.

Er is vanuit gegaan dat de hoofdwatgangen een diepte hebben van 1 meter. Ter plaatse van de watgangen is de dikte van de klei of van het veen met 1 meter verminderd afhankelijk van het bodemtype. Ter plaatse van hoofdwatgangen die volgens de bodemkaart in een "veen" bodemtype liggen is de dikte van het veen verminderd en ter plaatse van hoofdwatgangen die volgens de bodemkaart in een "klei" bodemtype liggen is de dikte van de klei verminderd.

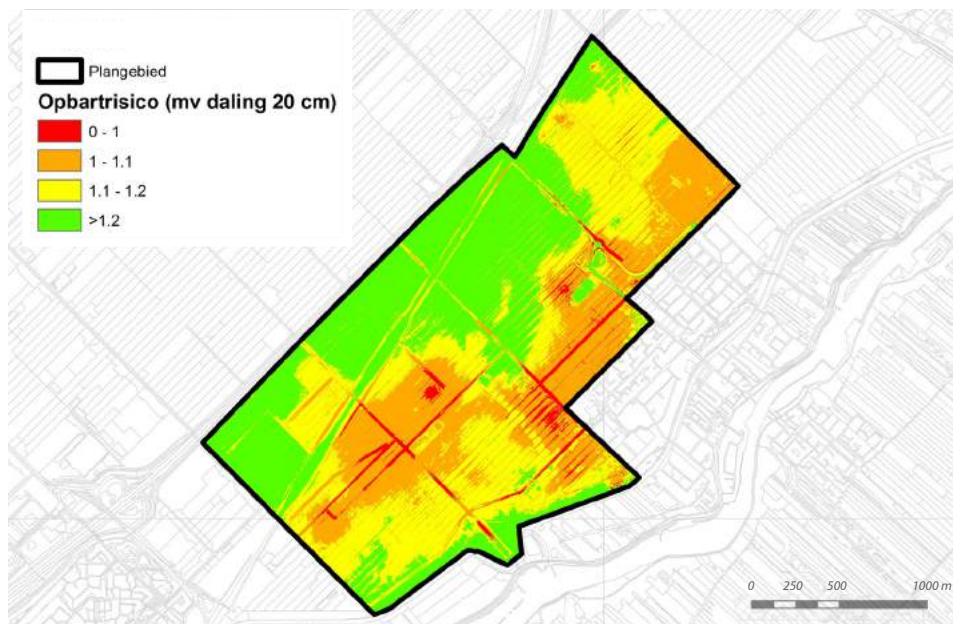
Er is vanuit gegaan dat de waterdiepte in de hoofdwatgangen 50 cm is.



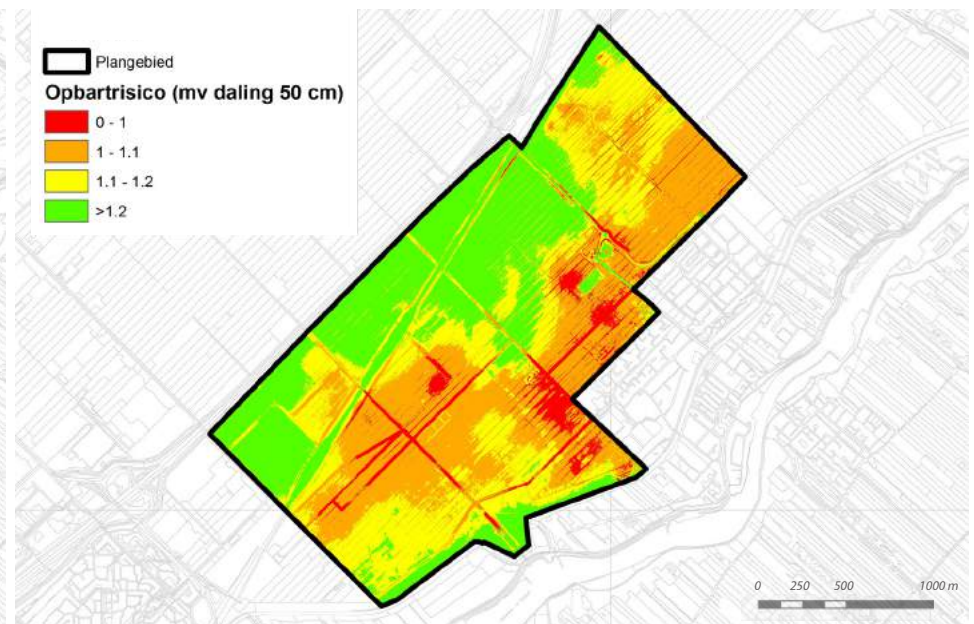
Figuur 13: Opbarstrisico huidige situatie.



Figuur 14: Opbarstrisico toekomstscenario 2020 (peilindexatie).



Figuur 15: Opbarstrisico toekomstscenario 2030 (peilindexatie).



Figuur 16: Opbarstrisico toekomstscenario 2050 (peilindexatie).

1.4.3 Neerwaartse druk voor de huidige situatie

In Figuur 11 is de resulterende neerwaartse druk voor de huidige situatie weergegeven. De neerwaartse druk is het laagst aan de noordoost kant van het Restveengebied en wordt groter naar het zuid westen. Dit wordt veroorzaakt door de grotere dikte van de deklaag aan de zuidwest kant.

1.5 Opwaartse druk

De opwaartse druk wordt berekend door het verschil tussen de hoogte van de maximale stijghoogte en de onderkant van de deklaag te vermenigvuldigen met $9,81 \text{ kN/m}^3$. In Figuur 12 is de opwaartse druk in de huidige situatie weergegeven. De opwaartse druk is het grootst aan de zuidwest kant. Door de diepere ligging van de onderkant van de deklaag is het verschil tussen de stijghoogte en de onderkant van de deklaag hier het grootst.

1.6 Opbarstrisico huidige situatie

Opbarsten treedt op wanneer de opwaartse druk groter is dan de neerwaartse druk. Om het opbarstrisico in kaart te brengen is de neerwaartse druk gedeeld door de opwaartse druk. Wanneer het opbarstrisico kleiner is dan 1, dan is de neerwaartse druk kleiner dan de opwaartse druk en zal er opbarsting optreden. Er wordt een veiligheidsfactor van 0,1 aangehouden. Wanneer het opbarstrisico groter is dan 1,1 is er geen sprake meer van opbarstrisico. In Figuur 13 is het opbarstrisico in de huidige situatie weergegeven.

In de rode en oranje gebieden is er kans op opbarsten, in de gele en groene gebieden niet. De rode gebieden betreffen vooral de watergangen waar de neerwaartse druk net iets minder is dan de omliggende gebieden. In de huidige situatie is er sprake van een risico op opbarsten (rood en oranje) in circa 24% van het Restveengebied.

1.7 Opbarstrisico peilindexatie

1.7.1 2020: bodemdaling 10 cm

De bodemdaling is van invloed op de neerwaartse druk. De bodemdaling wordt veroorzaakt door oxidatie van het veen als gevolg van ontwatering. De dikte van het veen in de deklaag neemt in dit toekomstscenario af met 10 cm ten opzichte van de huidige situatie. In de berekening van de neerwaartse druk is de hoeveelheid slap veen daarom met 10 cm verminderd vergeleken met de huidige situatie. Er is vanuit gegaan dat de hoofdwatgangen nog steeds 1 meter diep zijn ten opzichte van het 10 cm gedaalde maaiveld en dat de waterdiepte ook nog steeds 50 cm is, het peil daalt dus evenredig mee met het maaiveld.

De stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket zal door verandering van het peil mee dalen. Dit blijkt ook uit de metingen van de stijghoogte vanaf 1971. Uit de metingen blijkt dat de gemiddelde daling van de stijghoogte sinds 1971 circa 5 mm/jaar is. De historische bodemdaling is circa 10 mm/jaar. De stijghoogte daalt dus ongeveer half zo snel als de

bodem- en peildaling. Er is daarom vanuit gegaan dat bij een bodemdaling van 10 cm de stijghoogte 5 cm daalt. De opwaartse druk neemt door de daling van de stijghoogte iets af.

In Figuur 14 is het opbarstrisico bij een bodemdaling van 10 cm weergegeven. In circa 27% van het Restveengebied is een risico tot opbarsten (rood en oranje).

1.7.2 2030: bodemdaling 20 cm

Bij een bodemdaling van 20 cm zal de dikte van het veen met 20 cm afnemen ten opzichte van de huidige situatie. De stijghoogte zal circa 10 cm gedaald zijn. In Figuur 15 is het opbarstrisico bij een bodemdaling van 20 cm weergegeven. In circa 30% van het Restveengebied is een risico tot opbarsten (rood en oranje).

1.7.3 2050: bodemdaling 50 cm

Bij een bodemdaling van 50 cm zal de dikte van het veen met 50 cm afnemen ten opzichte van de huidige situatie. De stijghoogte zal circa 25 cm gedaald zijn. In Figuur 16 is het opbarstrisico bij een bodemdaling van 50 cm weergegeven. In circa 40% van het Restveengebied is een risico tot opbarsten (rood en oranje).

1.7.4 Samenvatting

In Tabel 3 en Tabel 4 is voor de huidige situatie en de toekomstscenario's weergegeven hoe groot het aandeel van het Restveengebied in de vier klassen is. Wanneer



het opbarstrisico kleiner is dan 1 (0 – 1), dan is de neerwaartse druk kleiner dan de opwaartse druk en zal er opbarsting optreden. Er wordt een veiligheidsfactor van 0,1 aangehouden. Wanneer het opbarstrisico groter is dan 1,1 is er geen sprake meer van opbarstrisico. Wanneer het berekende opbarstrisico kleiner is dan 1,1 is er kans op opbarsten.

Door de bodemdaling verdwijnt er in de toekomstscenario's respectievelijk 10 cm, 20 cm en 50 cm veen. Door de afname van de dikte van het veen in de deklaag neemt de neerwaartse druk af. Dit wordt deels gecompenseerd door de daling van de stijghoogte waardoor de opwaartse druk ook afneemt. De afname van de neerwaartse druk is echter groter dan de afname van de opwaartse druk door de

daling van de stijghoogte. Het opbarstrisico neemt daarom toe naarmate de bodemdaling toeneemt.

1.8 Opbarstrisico peilfixatie

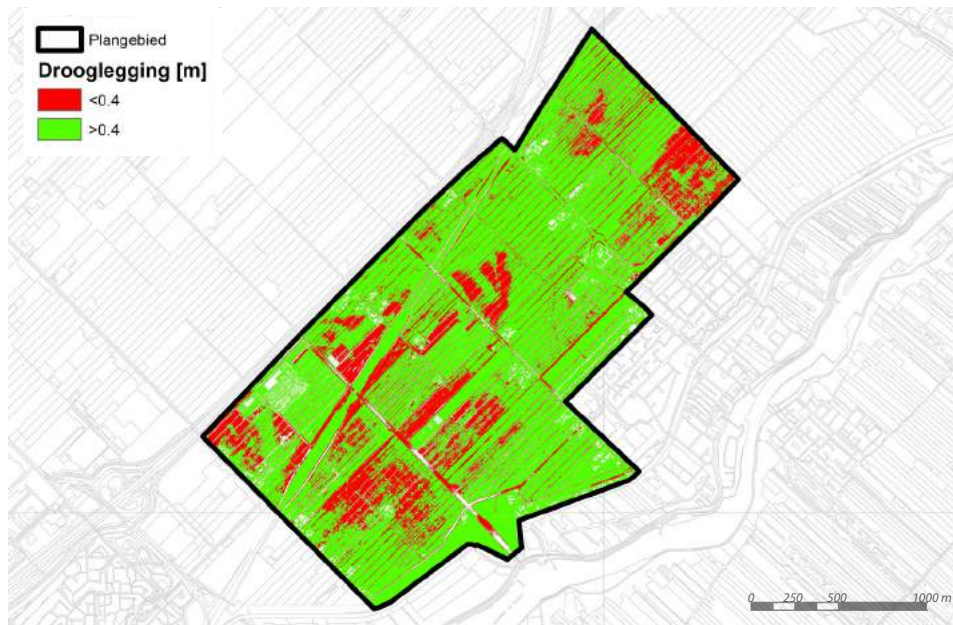
Door de bodemdaling verdwijnt er in de toekomstscenario's respectievelijk 10 cm, 20 cm en 35 cm veen. Door het verdwijnen van het veen zal de tegendruk van het afdekkend pakket afnemen. Het betreft een beperkte afname van de tegendruk met een geringe toename van het opbarstrisico in de percelen tot gevolg. Het opbarstrisico in de waterlopen neemt bij een gelijkblijvend peil niet toe. Er zijn geen berekeningen uitgevoerd om het opbarstrisico te berekenen.

Tabel 3: Opbarstrisico (percentages).

| Toekomstscenario peilindexatie | bij | Opbarstrisico (percentage van het oppervlak) | | | | | |
|-----------------------------------|-----|--|---------|-----------|------|---------|------|
| | | 0 - 1 | 1 - 1.1 | 1.1 - 1.2 | >1.2 | 0 - 1.1 | >1.1 |
| Huidige situatie | | 2 | 22 | 36 | 40 | 24 | 76 |
| 2020 (bodemdaling 10 cm) | | 3 | 24 | 35 | 38 | 27 | 73 |
| 2030 (bodemdaling 20 cm) | | 3 | 27 | 33 | 37 | 30 | 70 |
| 2050 (bodemdaling 50 cm) | | 6 | 34 | 28 | 32 | 40 | 60 |

Tabel 4: Opbarstrisico (ha).

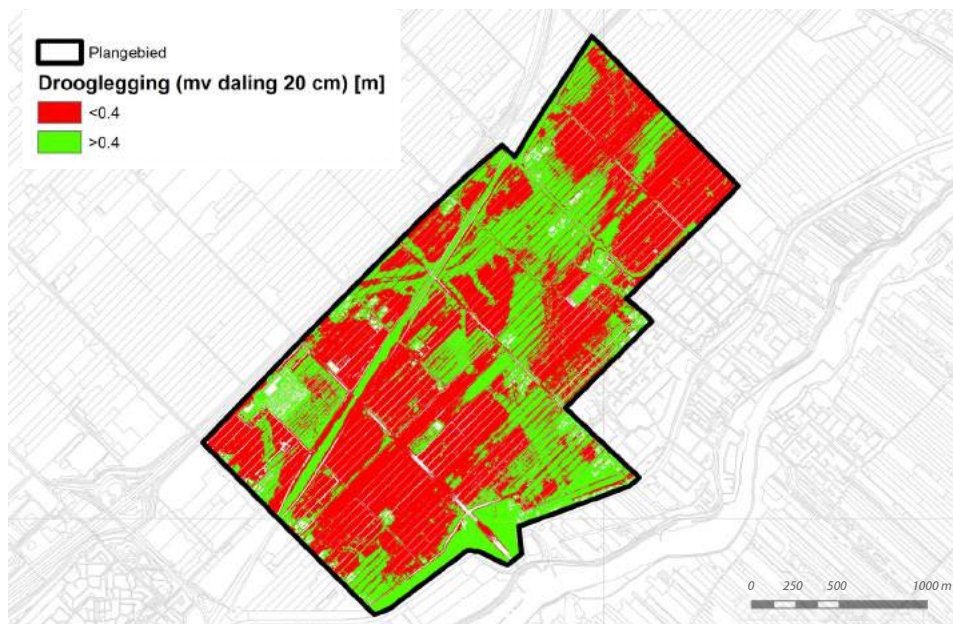
| Toekomstscenario peilindexatie | bij | Opbarstrisico (ha) | | | | | |
|-----------------------------------|-----|--------------------|---------|-----------|------|---------|------|
| | | 0 - 1 | 1 - 1.1 | 1.1 - 1.2 | >1.2 | 0 - 1.1 | >1.1 |
| Huidige situatie | | 10 | 97 | 161 | 177 | 107 | 339 |
| 2020 (bodemdaling 10 cm) | | 12 | 109 | 154 | 170 | 122 | 324 |
| 2030 (bodemdaling 20 cm) | | 15 | 120 | 147 | 163 | 135 | 311 |
| 2050 (bodemdaling 50 cm) | | 28 | 151 | 123 | 144 | 179 | 267 |



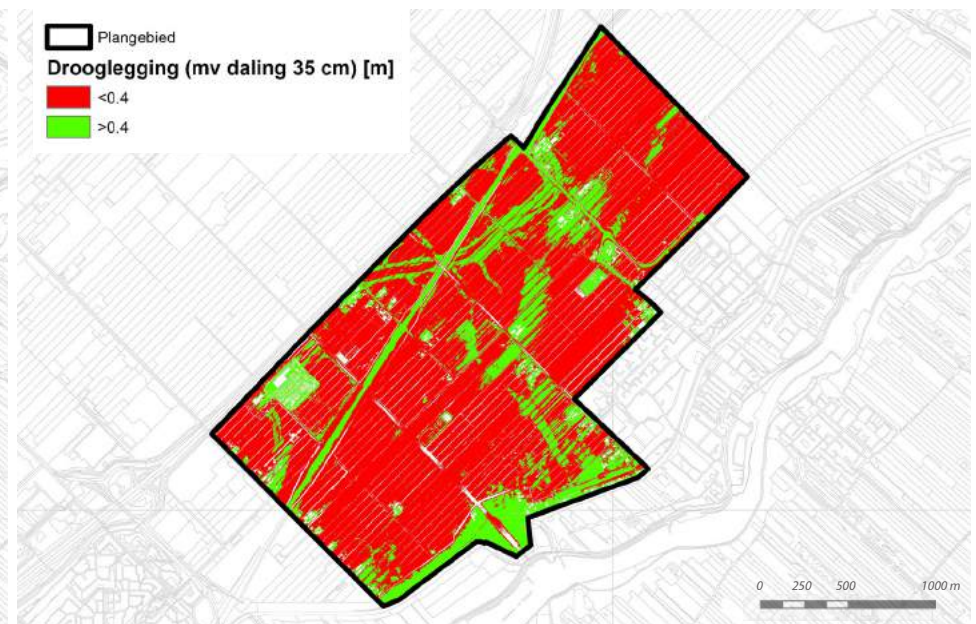
Figuur 1: Drooglegging huidige situatie.



Figuur 2: Drooglegging toekomstscenario 2020 (peilfixatie).



Figuur 3: Drooglegging toekomstscenario 2030 (peilfixatie).



Figuur 4: Drooglegging toekomstscenario 2050 (peilfixatie).

2 Drooglegging

In deze bijlage is beschreven hoe de drooglegging voor de huidige situatie en de toekomstscenario's bij peilindexatie en peilfixatie is berekend.

2.1 Drooglegging

De drooglegging is het verschil tussen het polderpeil en het maaiveld en een belangrijke maat voor de landbouwkundige geschiktheid. Bij 45 cm drooglegging zijn veengronden nog grotendeels geschikt voor landbouwkundig gebruik, bij 30 cm treden aanzienlijke beperkingen op (Alterra 2010). In deze studie wordt het percentage van het gebied met een drooglegging minder dan 40 cm beschouwd.

2.2 Berekening drooglegging

Om de drooglegging te berekenen wordt het oppervlaktewaterpeil afgetrokken van de maaiveldhoogte (AHN2). Er is hierbij uitgegaan van de vigerende peilen (peilbesluit 2012).

2.3 Drooglegging huidige situatie

De drooglegging in het Restveengebied is gemiddeld 50 cm, maar er zijn grote verschillen. In het noord-oosten van het gebied ligt de drooglegging tussen 50-80 cm. In het zuid-westen ligt de drooglegging lager, tussen 30-50 cm. In Figuur 1 is aangegeven waar de drooglegging groter is dan 40 cm en waar de drooglegging kleiner is dan 40 cm. In de huidige situatie is in 23% van het Restveengebied (103 hectare) de drooglegging kleiner dan 40 cm.

2.4 Drooglegging peilindexatie

Bij peilindexatie wordt het peil periodiek aangepast om de landbouwkundige drooglegging te behouden en daarmee de huidige functie te blijven ondersteunen. De drooglegging verandert dus niet ten opzichte van de huidige situatie.

2.5 Drooglegging peilfixatie

2.5.1 2020: bodemdaling 10 cm

Om de drooglegging bij peilfixatie en een bodemdaling van 10 te berekenen is uitgegaan van de vigerende peilen. De maaiveldhoogte (AHN2) is met 10 cm verlaagd. In Figuur 2 is de drooglegging bij de vigerende peilen en een bodemdaling van 10 cm weergegeven. Bij de vigerende peilen en een bodemdaling van 10 cm is in 41% van het Restveengebied (183 hectare) de drooglegging kleiner dan 40 cm.

2.5.2 2030: bodemdaling 20 cm

Om de drooglegging bij peilfixatie en een bodemdaling van 20 te berekenen is uitgegaan van de vigerende peilen. De maaiveldhoogte (AHN2) is met 20 cm verlaagd. In Figuur 3 is de drooglegging bij de vigerende peilen en een bodemdaling van 20 cm weergegeven. Bij de vigerende peilen en een bodemdaling van 20 cm is in 59% van het Restveengebied (263 hectare) de drooglegging kleiner dan 40 cm.

2.5.3 2050: bodemdaling 35 cm

Om de drooglegging bij peilfixatie en een bodemdaling van 35 te berekenen is uitgegaan van de vigerende peilen. De maaiveldhoogte (AHN2) is met 35 cm verlaagd. In Figuur 4 is de drooglegging bij de vigerende peilen en een bodemdaling van 35 cm weergegeven. Bij de vigerende peilen en een bodemdaling van 35 cm is in 78% van het Restveengebied (348 hectare) de drooglegging kleiner dan 40 cm.



2.5.4 Samenvatting

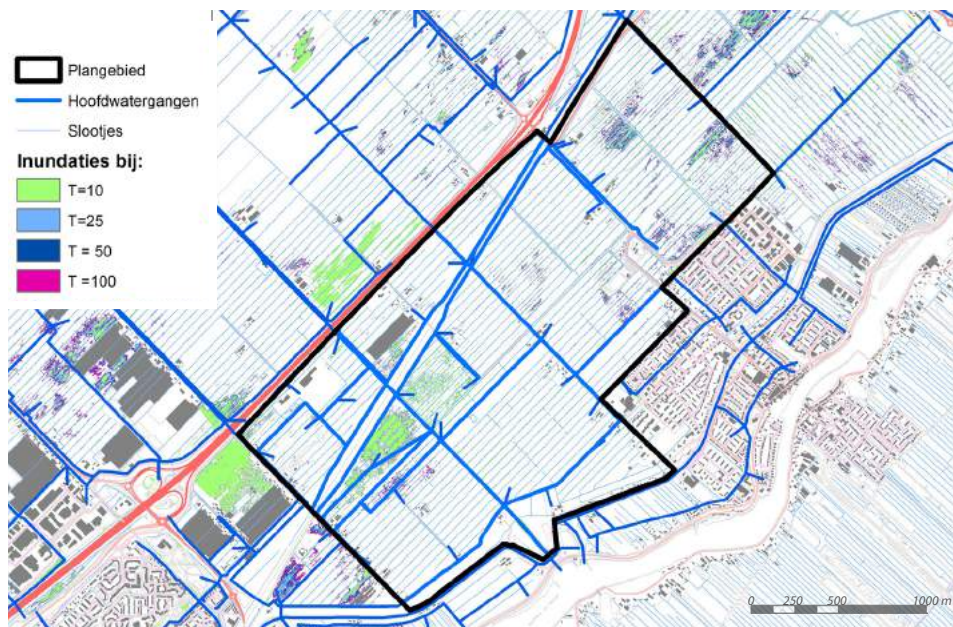
Door peilfixatie en verdergaande bodemdaling zal de drooglegging in 2050 in 78% van het gebied minder zijn dan 40 cm (bij 35 cm bodemdaling). In Tabel 1 en Tabel 2 is per toekomstscenario aangegeven welke percentages oppervlak van het Restveengebied en hoe groot het oppervlak waar de drooglegging groter of kleiner is dan 40 cm.

Tabel 1: Drooglegging (Percentages).

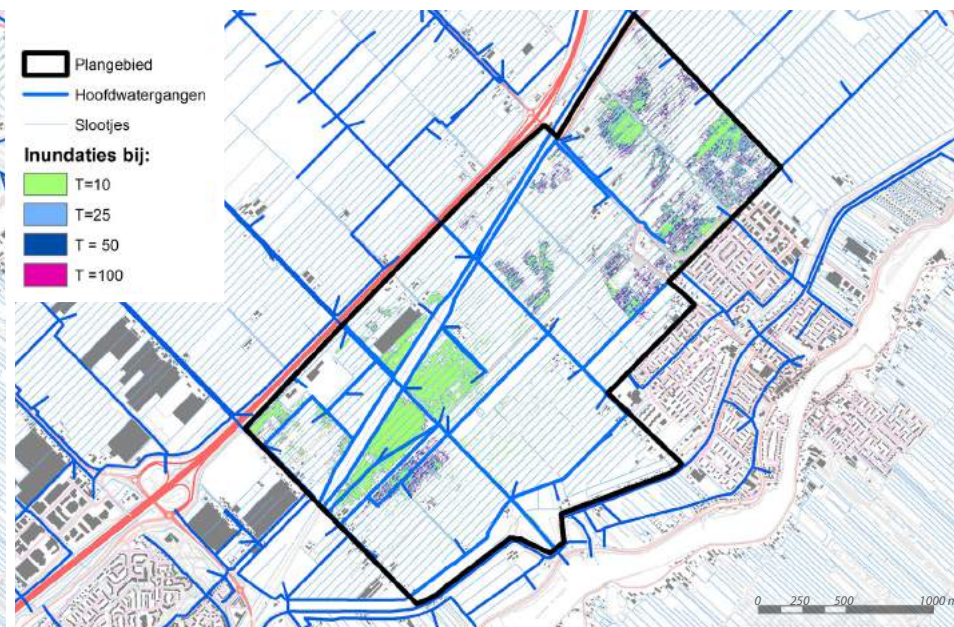
| Toekomstscenario peilfixatie | bij | Drooglegging | |
|---------------------------------|-----|--------------|--------|
| | | <40 cm | >40 cm |
| Huidige situatie | | 23 | 77 |
| 2020 (bodemdaling 10 cm) | | 41 | 59 |
| 2030 (bodemdaling 20 cm) | | 59 | 41 |
| 2050 (bodemdaling 35 cm) | | 78 | 22 |

Tabel 2: Drooglegging (ha).

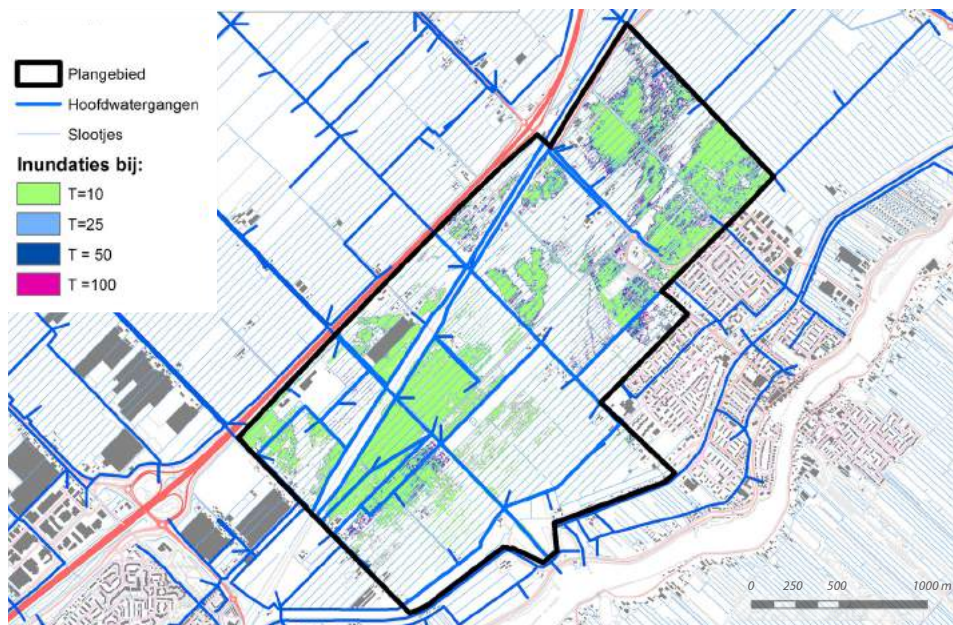
| Toekomstscenario peilfixatie | bij | Drooglegging | |
|---------------------------------|-----|--------------|--------|
| | | <40 cm | >40 cm |
| Huidige situatie | | 103 | 343 |
| 2020 (bodemdaling 10 cm) | | 183 | 263 |
| 2030 (bodemdaling 20 cm) | | 263 | 183 |
| 2050 (bodemdaling 35 cm) | | 348 | 98 |



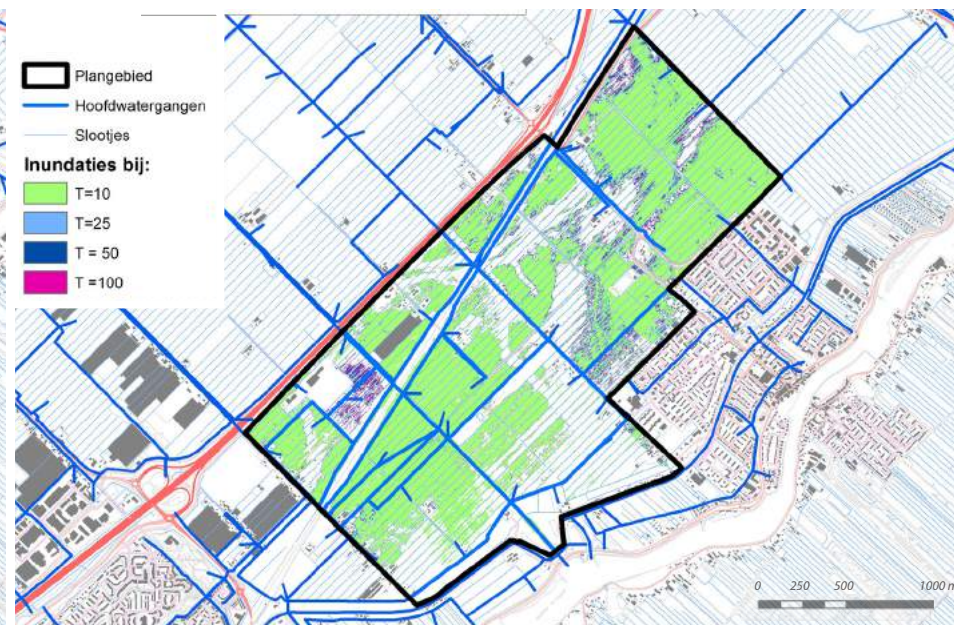
Figuur 1: Inundaties huidige situatie.



Figuur 2: Inundaties toekomstscenario 2020 (peilfixatie).



Figuur 3: Inundaties toekomstscenario 2030 (peilfixatie).



Figuur 4: Inundaties toekomstscenario 2050 (peilfixatie).

3. Inundaties

In deze bijlage is beschreven hoe de resultaten uit de NBW-toetsing zijn gebruikt om te bepalen hoeveel oppervlakte van het gebied zal inunderen als gevolg van T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen indien peilindexatie en peilfixatie wordt toegepast.

3.1 NBW-toetsing

In het Nationaal Bestuursakkoord Water zijn werknormen voor wateroverlast afgesproken waar regionale watersystemen aan moeten voldoen. De werknormen zijn uitgedrukt in een kans dat het peil van het oppervlaktewater het niveau van het laagste maatgevende maaiveld overschrijdt als gevolg van hevige neerslag in relatie tot de capaciteit van het watersysteem. Vanwege het verschil in de economische waarde en daarmee met het risico op wateroverlast, is er onderscheid gemaakt in verschillende functies. Voor grasland geldt de T10-norm, dat betekent dat de kans dat het oppervlaktewaterpeil het maaiveldniveau overschrijdt 1/10 per jaar is en dat 5% van het grasland een hogere kans op wateroverlast mag hebben.

3.2 Inundatie berekeningen

Om te bepalen waar inundaties zullen optreden is uitgegaan van de resultaten van het SOBEK model voor de NBW-toetsing. Uit het model volgen de peilen die zullen optreden als gevolg van T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen. Deze zijn gekoppeld aan de RR

gebieden zoals die uit het SOBEK model komen. Vervolgens zijn deze peilen afgetrokken van de maaiveldhoogte (AHN2). Indien de maaiveldhoogte lager is dan de peilen zal er inundatie optreden. Er is hierbij vanwege de beperkte afstanden van de watergangen vanuit gegaan dat overal waar het maaiveld lager is dan het peil van het betreffende RR gebied inundatie zal optreden. Er wordt dus vanuit gegaan dat er geen lokale depressies zijn die niet zullen inunderen. Ook is er vanuit gegaan dat er voldoende water beschikbaar is om het gehele gebied waar het peil hoger is dan de maaiveldhoogte te vullen met water.

3.3 Inundatie huidige situatie

In de NBW-toetsing heeft het Hoogheemraadschap bepaald hoeveel oppervlakte van het gebied zal inunderen als gevolg van T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen. In Figuur 1 is voor de T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen weergegeven waar bij de huidige maaiveldhoogte (AHN2) inundatie zal optreden.

In de huidige situatie inundeert 8% van het Restveengebied (36 hectare) bij een T10 neerslaggebeurtenis (NBW-norm voor grasland). Dat betekent dat er een NBW-opgave ligt in het gebied. Er is circa 50.000 m³ water nodig voor die inundatie.

Bij een T100 neerslaggebeurtenis zal circa 10% van het oppervlak inunderen. Er is circa 75.000 m³ water nodig voor de inundatie.

3.4 Inundatie peilindexatie

Door het volgen van de strategie peilindexatie neemt de kans op inundatie niet toe ten opzichte van de huidige situatie.

3.5 Inundatie peilfixatie

3.5.1 2020: bodemdaling 10 cm

Om de inundaties bij een bodemdaling van 10 cm te berekenen is de maaiveldhoogte (AHN2) met 10 cm verlaagd. Vervolgens zijn de berekende waterstanden die bij T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen voorkomen, afgetrokken van de verlaagde maaiveldhoogte. In Figuur 2 is voor de T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen weergegeven waar bij een bodemdaling van 10 cm inundatie zal optreden.

Bij een T10 neerslaggebeurtenis (NBW-norm voor grasland) zal 15% van het Restveengebied inunderen als het maaiveld 10 cm lager ligt dan in de huidige situatie. Dat komt overeen met een oppervlakte van 69 hectare). Er is circa 100.000 m³ water nodig voor die inundatie.

Bij een bodemdaling van 10 cm zal bij de T100 neerslaggebeurtenis circa 23% van het oppervlak inunderen. Er is circa 150.000 m³ water nodig voor de inundatie.

3.5.2 2030: bodemdaling 20 cm

Om de inundaties bij een bodemdaling van 20 cm te berekenen is de maaiveldhoogte (AHN2) met 20 cm verlaagd. Vervolgens zijn de berekende waterstanden die bij T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen voorkomen, afgetrokken van de verlaagde maaiveldhoogte. In Figuur 3 is voor de T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen weergegeven waar bij een bodemdaling van 20 cm inundatie zal optreden.

Bij een T10 neerslaggebeurtenis (NBW-norm voor grasland) zal 29% van het Restveengebied inunderen als het maaiveld 20 cm lager ligt dan in de huidige situatie. Dat komt overeen met een oppervlakte van 129 hectare). Er is circa 195.000 m³ water nodig voor die inundatie.

Bij een bodemdaling van 20 cm zal bij de T100 neerslaggebeurtenis circa 38% van het oppervlak inunderen. Er is circa 275.000 m³ water nodig voor de inundatie.

3.5.3 2050: bodemdaling 35 cm

Om de inundaties bij een bodemdaling van 35 cm te berekenen is de maaiveldhoogte (AHN2) met 35 cm verlaagd. Vervolgens zijn de berekende waterstanden die bij T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen voorkomen, afgetrokken van de verlaagde maaiveldhoogte. In Figuur 4 is voor de T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen weergegeven waar bij een bodemdaling van 35 cm inundatie zal optreden.

Bij een T10 neerslaggebeurtenis (NBW-norm voor grasland) zal 54% van het Restveengebied inunderen als het maaiveld 35 cm lager ligt dan in de huidige situatie. Dat komt overeen met een oppervlakte van 240 hectare). Er is circa 450.000 m³ water nodig voor die inundatie.

Bij een bodemdaling van 35 cm zal bij de T100 neerslaggebeurtenis circa 61% van het oppervlak inunderen. Er is circa 600.000 m³ water nodig voor de inundatie.

3.5.4 Samenvatting

In Tabel 1 en Tabel 2 is weergegeven welk percentage en welk oppervlak van het restveengebied inunderen bij de T10, T25, T50 en T100 neerslaggebeurtenissen in de huidige situatie en voor de toekomstscenario's 2020, 2030, 2050.

In Tabel 3 is weergegeven om hoeveel kubieke meter water het per toekomstscenario gaat. Duidelijk is dat in de toekomstscenario's veel grotere hoeveelheden water nodig zijn om alle inundaties te "vullen" dan in de huidige situatie. Het is dus de vraag of er wel zoveel water beschikbaar zal zijn. De geïnundeerde gebieden zullen mogelijk dus minder groot zijn.

Tabel 1: Inundaties (percentage).

| Toekomstscenario bij peilfixatie | T=10 | | T=25 | | T=50 | | T=100 | |
|----------------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | droog | nat | droog | nat | droog | nat | droog | nat |
| Huidige situatie | 92 | 8 | 91 | 9 | 90 | 10 | 89 | 11 |
| 2020 (bodemdaling 10 cm) | 85 | 15 | 82 | 18 | 79 | 21 | 77 | 23 |
| 2030 (bodemdaling 20 cm) | 71 | 29 | 67 | 33 | 64 | 36 | 62 | 38 |
| 2050 (bodemdaling 35 cm) | 46 | 54 | 43 | 57 | 41 | 59 | 39 | 61 |

Tabel 2: Inundaties (ha).

| Toekomstscenario bij peilfixatie | T=10 | | T=25 | | T=50 | | T=100 | |
|----------------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | droog | nat | droog | nat | droog | nat | droog | nat |
| Huidige situatie | 410 | 36 | 405 | 41 | 400 | 46 | 395 | 51 |
| 2020 (bodemdaling 10 cm) | 377 | 69 | 364 | 82 | 354 | 92 | 343 | 103 |
| 2030 (bodemdaling 20 cm) | 317 | 129 | 299 | 147 | 287 | 159 | 275 | 171 |
| 2050 (bodemdaling 35 cm) | 206 | 240 | 192 | 254 | 183 | 263 | 173 | 273 |

Tabel 3: Aantal m³ op maaiveld.

| Toekomstscenario bij peilfixatie | Aantal m ³ op maaiveld | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| | T=10 | T=25 | T=50 | T=100 |
| Huidige situatie | 53.029 | 60.825 | 67.416 | 74.693 |
| 2020 (bodemdaling 10 cm) | 101.375 | 117.524 | 131.465 | 146.674 |
| 2030 (bodemdaling 20 cm) | 193.585 | 224.888 | 249.558 | 275.718 |
| 2050 (bodemdaling 35 cm) | 456.594 | 510.657 | 549.891 | 591.505 |



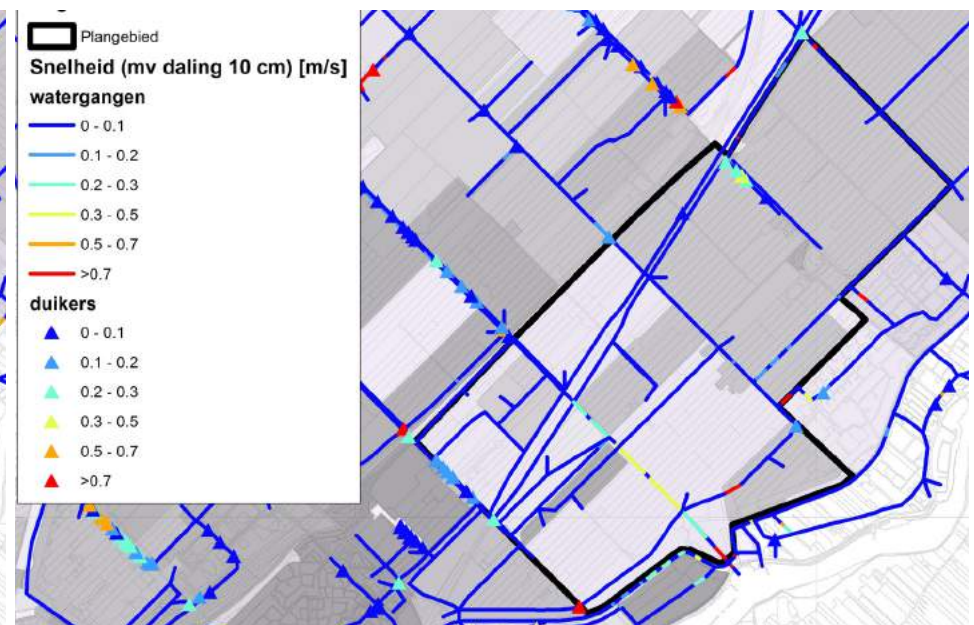
Figuur 2: Maximale afvoer huidige situatie.



Figuur 3: Maximale stroomsnelheid huidige situatie.



Figuur 4: Maximale afvoer toekomstscenario 2020 (peilindexatie).



Figuur 5: Maximale stroomsnelheid toekomstscenario 2020 (peilindexatie).

4 Afvoercapaciteit

In deze bijlage is beschreven hoe de effecten op de afvoercapaciteit richting het hoofdgemaal Abraham Kroes met behulp van een oppervlaktewatermodel zijn onderzocht.

4.1 SOBEK-model

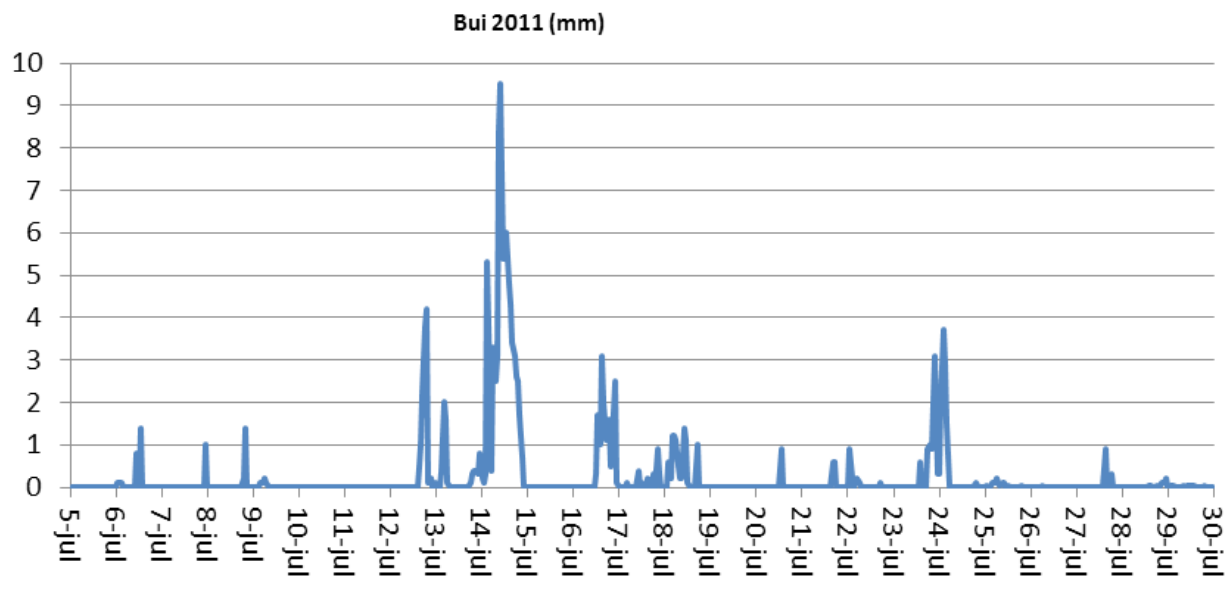
SOBEK is een modelleringsprogramma waarmee watersysteem kan worden geschematiseerd. Het Hoogheemraadschap heeft in het kader het nieuwe peilbesluit, legger en de herijking van de NBW een SOBEK model opgesteld van de Zuidplaspolder. Het neerslagafvoermodel is opgebouwd in SOBEK (versie 2.12), de watergangen zijn gemodelleerd in SOBEK-CF en de neerslag-afvoer in SOBEK-RR. Voor een beschrijving van het model wordt verwezen naar het Plan van Aanpak Watersysteemanalyses en de Uitgangspuntennotitie van het Hoogheemraadschap (2011).

Het SOBEK model van de Zuidplaspolder is gebruikt in deze analyse. Er is vanuit gegaan dat het model goed is gekalibreerd en geschikt is om de effecten van bodemdaling te onderzoeken. Er zijn geen aanpassingen gedaan aan het model. Er is gerekend met de case met het nieuwe peilbesluit (2012) en zonder maatregelen.

4.2 Afvoer berekeningen

Een groot deel van het watersysteem van het Restveengebied doet dienst als maalkom van het hoofdgemaal van de Zuidplaspolder Abraham Kroes, maar eigenlijk is er te weinig waterdiepte aanwezig om het gemaal optimaal te laten functioneren. Dit betekent dat de huidige dwarsdoorsnede van de maalkom te klein is in vergelijking met de benodigde gemaalcapaciteit. Om leegtrekken van de maalkom en 'klapperen' (regelmatig

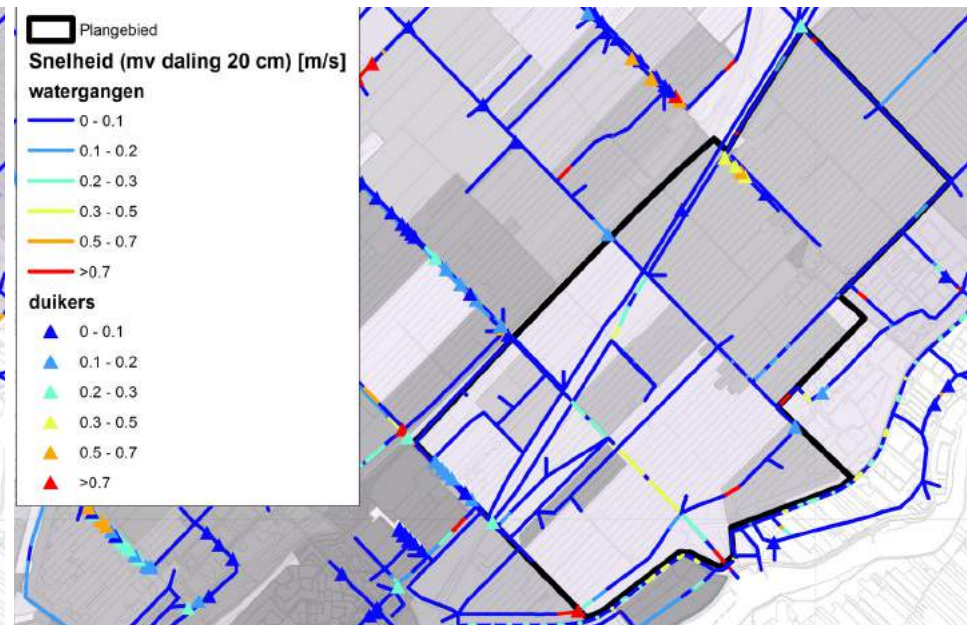
aan- en afslaan van de pompen) van het gemaal te voorkomen, is vakmanschap vereist. In overleg met het Hoogheemraadschap is besloten om de effecten van peilverlaging te bepalen door te kijken naar de verandering in de afvoersituatie tijdens de buien van juli 2011. Er is gekozen om de afvoersituatie bij deze bui te vergelijken voor de toekomstscenario's, omdat deze gebeurtenis nog relatief vers in het geheugen van beheerders en gebruikers van het gebied ligt. In Figuur 1 is de neerslag van 5 juli tot 30 juli 2011 weergegeven.



Figuur 1: Neerslag juli 2011.



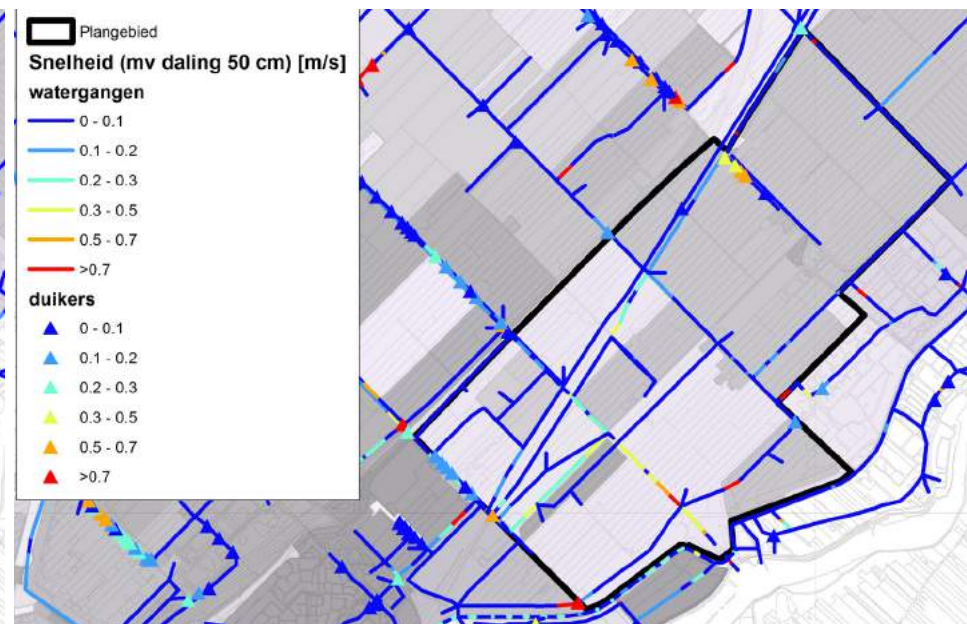
Figuur 6: Maximale afvoer toekomstscenario 2030 (peilindexatie).



Figuur 7: Maximale stroomsnelheid toekomstscenario 2030 (peilindexatie).



Figuur 8: Maximale afvoer toekomstscenario 2050 (peilindexatie).



Figuur 9: Maximale stroomsnelheid toekomstscenario 2050 (peilindexatie).

4.3 Afvoersituatie huidige situatie

In Figuur 3 is de berekende maximale afvoer in juli 2011 voor het huidige peil weergegeven. De gemaalcapaciteit is $6,83 \text{ m}^3/\text{s}$ ofwel $24.600 \text{ m}^3/\text{uur}$. Vlak voor het gemaal is de maximale afvoer groter dan de gemaalcapaciteit. In Figuur 3 is de berekende maximale stroomsnelheid weergegeven in watergangen en duikers. Volgens de modelresultaten is de stroomsnelheid vlak voor het gemaal groter dan $0,7 \text{ m/s}$, maar dit komt waarschijnlijk door de afstand tussen de rekenpunten en geeft niet de werkelijkheid weer. De berekende maximale stroomsnelheid in de Derde Tocht is $0,17 \text{ m/s}$.

4.4 Afvoersituatie peilindexatie

4.4.1 2020: bodemdaling 10 cm

Om de afvoersituatie voor het toekomstscenario 2020 te berekenen is het aanslagpeil van het hoofdgemaal Abraham Kroes met 10 cm verlaagd. In Figuur 4 is de berekende maximale afvoer weergegeven. In de bovenstrooms van het Restveengebied gelegen peilvakken verandert de debietverdeling niet. In het Restveengebied verandert de debietverdeling wel. In Figuur 5 is de berekende maximale stroomsnelheid weergegeven. De stroomsnelheid is gelijk aan het debiet gedeeld door de doorstroomoppervlakte. De berekende maximale stroomsnelheid in de Derde Tocht is $0,20 \text{ m/s}$ en neemt dus toe ten opzichte van de huidige situatie. Dit kan worden verklaard, omdat het debiet toeneemt en het doorstroomoppervlak afneemt.

4.4.2 2030: bodemdaling 20 cm

Om de afvoersituatie voor het toekomstscenario 2030 te berekenen is het aanslagpeil van het hoofdgemaal Abraham Kroes met 20 cm verlaagd. In Figuur 6 is de berekende maximale afvoer weergegeven. In de bovenstrooms van het Restveengebied gelegen peilvakken verandert de debietverdeling niet. In het Restveengebied verandert de debietverdeling wel. In de Derde Tocht neemt het debiet af ten opzichte van het toekomstscenario 2020. In Figuur 7 is de berekende maximale stroomsnelheid weergegeven. De berekende maximale stroomsnelheid in de Derde Tocht is $0,22 \text{ m/s}$ en neemt dus toe ten opzichte van de huidige situatie.

4.4.3 2050: bodemdaling 35 cm

Om de afvoersituatie voor het toekomstscenario 2050 te berekenen is het aanslagpeil van het hoofdgemaal Abraham Kroes met 50 cm verlaagd. In Figuur 8 is de berekende maximale afvoer weergegeven. In de bovenstrooms van het Restveengebied gelegen peilvakken verandert de debietverdeling niet. In het Restveengebied verandert de debietverdeling wel. De afvoercapaciteit van de Derde Tocht neemt af van $6,80 \text{ m}^3/\text{s}$ (de gemaalcapaciteit) in de huidige situatie tot $5 \text{ m}^3/\text{s}$ in het toekomstscenario 2050. In Figuur 9 is de berekende maximale stroomsnelheid weergegeven. De stroomsnelheid in de Derde Tocht neemt flink toe tot $0,55 \text{ m/s}$ waardoor uitschuring van de waterbodem en afkalven van de oevers zal optreden.

4.5 Inundatie peilfixatie

Door het volgen van de strategie peilfixatie verandert de afvoersituatie niet toe ten opzichte van de huidige situatie.



5 Kostenraming

Project: aanpassen bodem Derde Tocht - Projectnr: BC2938-101-100 - Opdr.gever: HHSK
 Versie raming: 2 - Status: SO

Prijspeil raming: 01-06-13
 Datum raming: 05-06-13

Zuidplaspolder

| Code | Omschrijving post | Hoeveelheid | Eenheid | Prijs | Totaal |
|------|-------------------|-------------|---------|-------|--------|
|------|-------------------|-------------|---------|-------|--------|

Investeringskosten:

| | | | | | |
|------------|---|------------|----------|------------|----------|
| 100 | Watergang tracé 1 bodembreedte = 23 m | 400 | m | | |
| 100,01 | maaieren percelen | 20 | are | € 10,00 | € 200 |
| 100,02 | grond ontgraven uit te veruimen watergang | 4.416 | m3 | € 1,20 | € 5.299 |
| 100,03 | toepassen tijdelijke maatregelen tbv bodemverzwaring | 1 | euro | € 6.000,00 | € 6.000 |
| 100,04 | grond ontgraven tbv bodemverzwaring d = 1 m | 7.600 | m3 | € 1,50 | € 11.400 |
| 100,05 | aanbrengen bodemverzwaring d = 0,50 m | 4.300 | m3 | € 1,10 | € 4.730 |
| 100,06 | leveren grond tbv bodemverzwaring | 4.300 | m3 | € 12,00 | € 51.600 |
| 100,07 | vervoeren klei en bovengrond fase D | 12.016 | m3 | € 3,40 | € 40.854 |
| 100,08 | aanbr. instandhouden en verwijderen bouwweg perceel 1 | 400 | m | € 40 | € 16.000 |
| 200 | Watergang tracé 2 bodembreedte = 10 m | 600 | m | | |
| 200,01 | maaieren percelen | 30 | are | € 10,00 | € 300 |
| 200,02 | grond ontgraven uit te veruimen watergang | 9.576 | m3 | € 1,20 | € 11.491 |
| 200,03 | toepassen tijdelijke maatregelen tbv bodemverzwaring | 1 | euro | € 9.000,00 | € 9.000 |
| 200,04 | grond ontgraven tbv bodemverzwaring d = 1 m | 3.000 | m3 | € 1,50 | € 4.500 |
| 200,05 | aanbrengen bodemverzwaring d = 0,50 m | 2.100 | m3 | € 1,10 | € 2.310 |
| 200,06 | leveren grond tbv bodemverzwaring | 2.100 | m3 | € 12,00 | € 25.200 |
| 200,07 | vervoeren klei en bovengrond fase D | 12.576 | m3 | € 3,40 | € 42.758 |
| 200,08 | aanbr. instandhouden en verwijderen bouwweg perceel 1 | 600 | m | € 40 | € 24.000 |

| Code | Omschrijving post | Hoeveelheid | Eenheid | Prijs | Totaal |
|------------|---|-------------|----------|------------|-------------|
| 300 | Watergang tracé 3 bodembreedte = 7 m | 300 | m | | |
| 300,01 | maaieren percelen | 15 | are | € 10,00 | € 150 |
| 300,02 | grond ontgraven uit te veruimen watergang | 2.508 | m3 | € 1,20 | € 3.010 |
| 300,03 | toepassen tijdelijke maatregelen tbv bodemverzwaring | 1 | euro | € 5.000,00 | € 5.000 |
| 300,04 | grond ontgraven tbv bodemverzwaring d = 1 m | 1.200 | m3 | € 1,50 | € 1.800 |
| 300,05 | aanbrengen bodemverzwaring d = 0,50 m | 645 | m3 | € 1,10 | € 710 |
| 300,06 | leveren grond tbv bodemverzwaring | 645 | m3 | € 12,00 | € 7.740 |
| 300,07 | vervoeren klei en bovengrond fase D | 3.708 | m3 | € 3,40 | € 12.607 |
| 300,08 | aanbr. instandhouden en verwijderen bouwweg perceel 1 | 300 | m | € 40 | € 12.000 |
| 400 | Watergang tracé 4 bodembreedte = 4 m | 100 | m | | |
| 400,01 | maaieren percelen | 5 | are | € 10,00 | € 50 |
| 400,02 | grond ontgraven uit te veruimen watergang | 333 | m3 | € 1,20 | € 400 |
| 400,03 | toepassen tijdelijke maatregelen tbv bodemverzwaring | 1 | euro | € 2.000,00 | € 2.000 |
| 400,04 | grond ontgraven tbv bodemverzwaring d = 1 m | 260 | m3 | € 1,50 | € 390 |
| 400,05 | aanbrengen bodemverzwaring d = 0,50 m | 160 | m3 | € 1,10 | € 176 |
| 400,06 | leveren grond tbv bodemverzwaring | 160 | m3 | € 12,00 | € 1.920 |
| 400,07 | vervoeren klei en bovengrond fase D | 593 | m3 | € 3,40 | € 2.016 |
| 400,08 | aanbr. instandhouden en verwijderen bouwweg perceel 1 | 100 | m | € 40 | € 4.000 |
| 500 | Watergang tracé 5 bodembreedte = 6 m | 150 | m | | |
| 500,01 | maaieren percelen | 8 | are | € 10,00 | € 75 |
| 500,02 | grond ontgraven uit te veruimen watergang | 608 | m3 | € 1,20 | € 729 |
| 500,03 | toepassen tijdelijke maatregelen tbv bodemverzwaring | 1 | euro | € 2.000,00 | € 2.000 |
| 500,04 | grond ontgraven tbv bodemverzwaring d = 1 m | 510 | m3 | € 1,50 | € 765 |
| 500,05 | aanbrengen bodemverzwaring d = 0,50 m | 375 | m3 | € 1,10 | € 413 |
| 500,06 | leveren grond tbv bodemverzwaring | 375 | m3 | € 12,00 | € 4.500 |
| 500,07 | vervoeren klei en bovengrond fase D | 1.118 | m3 | € 3,40 | € 3.800 |
| 500,08 | aanbr. instandhouden en verwijderen bouwweg perceel 1 | 150 | m | € 40 | € 6.000 |
| 600 | Watergang met verschillende breedtes op de waterlijn | | | | |
| 600,01 | watergang met een waterlijn breedte van 0,50 tot 3,00 m | 93.000 | m2 | € 32,00 | € 2.976.000 |
| 600,02 | watergang met een waterlijn breedte van 3,00 tot 6,00 m | 54.500 | m2 | € 28,00 | € 1.526.000 |
| 600,03 | hoofdwatergang met een waterlijn breedte van 5,00 m | 98.600 | m2 | € 25,00 | € 2.465.000 |

| Code | Omschrijving post | Hoeveelheid | Eenheid | Prijs | Totaal |
|------------|--------------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|---------------------|
| 900 | Bijkomende werkzaamheden | | | | |
| 900,01 | verkeersmaatregelen | 1 | euro | € 25.000 | € 25.000 |
| 900,02 | voorzieningen kabels en leidingen | 1 | euro | € 50.000 | € 50.000 |
| | Benoemde directe bouwkosten | | | | € 7.369.892 |
| | Nader te detailleren bouwkosten | 15,00% | - | € 7.369.892 | € 1.105.484 |
| | Directe bouwkosten | | | | € 8.475.376 |
| | Enmalige kosten | 2,00% | - | € 8.475.376 | € 169.508 |
| | Algemene bouwplaatskosten | 1,00% | - | € 8.475.376 | € 84.754 |
| | Uitvoeringskosten | 4,00% | - | € 8.475.376 | € 339.015 |
| | Algemene kosten | 5,00% | - | € 8.475.376 | € 423.769 |
| | Winst en/of risico | 4,00% | - | € 8.475.376 | € 339.015 |
| | Indirecte bouwkosten | 16,00% | t.o.v. directe bouwkosten | | € 1.356.060 |
| | Voorziene bouwkosten | | | | € 9.831.436 |
| | Niet benoemd objectrisico bouwkosten | 15,00% | - | € 9.831.436 | € 1.474.715 |
| | Risico's bouwkosten | 15,00% | t.o.v. voorziene bouwkosten | | € 1.474.715 |
| | Bouwkosten | | | | € 11.306.152 |

| Code | Omschrijving post | Hoeveelheid | Eenheid | Prijs | Totaal |
|------|---|-------------|---------|--------------|---------------------|
| | aankoop gronden | 6.100 | m2 | € 10 | € 61.000 |
| | Niet benoemd objectrisico vastgoedkosten | 10,00% | - | € 61.000 | € 6.100 |
| | Vastgoedkosten | | | | € 67.100 |
| | Engineeringkosten aannemer(s) | 2,00% | - | € 11.306.152 | € 226.123 |
| | Engineeringkosten adviesbureau(s) | 4,00% | - | € 11.306.152 | € 452.246 |
| | Engineeringkosten opdrachtgever | 3,00% | - | € 11.306.152 | € 339.185 |
| | Niet benoemd objectrisico engineeringkosten | 0,00% | - | € 1.017.554 | € - |
| | Engineeringkosten | | | | € 1.017.554 |
| | Heffingen en leges vergunningen | 1,00% | - | € 11.306.152 | € 113.062 |
| | Verzekeringskosten | 0,50% | - | € 11.306.152 | € 56.531 |
| | Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten | 0,00% | - | € 169.592 | € - |
| | Overige bijkomende kosten | | | | € 169.592 |
| | Subtotaal Investeringskosten | | | | € 12.560.398 |
| | Niet benoemd objectoverschrijdend risico | 20,00% | - | € 12.560.398 | € 2.512.080 |
| | Objectoverschrijdende risico's | | | | € 2.512.080 |
| | Investeringskosten exclusief BTW | | | | € 15.072.000 |
| | BTW (Vastgoed) | 0% | - | € 67.100 | € - |
| | BTW (overig) | 21% | - | € 15.004.900 | € 3.151.029 |
| | Investeringskosten inclusief BTW | | | | € 18.223.000 |
| | Bandbreedte investeringskosten | | | | |
| | ondergrens investeringskosten | 0% | - | € 18.223.000 | |
| | bovengrens investeringskosten | 0% | - | € 18.223.000 | |

6. Oplossingsrichtingen

In deze bijlage zijn mogelijke oplossingsrichtingen beschreven. In een workshop op 6 juni 2013 zijn oplossingsrichtingen voor het verbreden van de landbouw in het Restveengebied gezocht. Bij de workshop waren naast medewerkers van het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard ook een medewerker van de Provincie Zuid-Holland en van het Hoogheemraadschap van Rijnland (waar soortgelijke problemen optreden) aanwezig. In de workshop werd een gefaseerde aanpak voorgesteld, waarbij om te beginnen maatwerkoplossingen worden gezocht voor de laagste percelen in het gebied die als eerste vernatten.

Rassen en grassen

Door rassen en grassen meer af te stemmen op de voortgaande vernatting, ontstaat een minder kwetsbaar bedrijfssysteem. Een aandachtspunt is dat de productie gemiddeld lager is, maar daar staat tegenover dat de productie door vernatting minder wegzakt en er minder schade wordt geleden. De Blaarkop is een rundvee ras welke uitermate geschikt is voor beweiding in natte gebieden. Dit komt mede doordat de Blaarkop efficiënt is in het verteren van ruwvoer en ook goed met gewassen als stro en natuurgras uit de voeten kan, waar meer melk typische koeien minder of niet mee overweg kunnen (rantsoen met meer structuur). Zo bestaan er ook grassoorten die beter groeien bij vochtige omstandigheden.

Onderwaterdrains

Door toepassing van onderwaterdrains kan bodemdaling worden afgeremd en wateroverlast worden verminderd. In de zomermaanden zakt het grondwater vooral in het midden van de percelen veruit, omdat de verdamping groter is dan de neerslag en het slootwater door de slechte doorlatendheid van het veen alleen nabij de slootranden effect heeft op de hoogte van het grondwater. Door het aanleggen van onderwaterdrains, verbonden met de sloten wordt dit bereik groter. Via de drains kan slootwater het midden van de percelen bereiken, waardoor de wortelzone in het gehele perceel van vocht wordt voorzien. Dit reduceert het uitzakken van het grondwater in de zomer en kan de bodemdaling afremmen. In natte perioden werken de drains drainerend, waardoor de drooglegging in de winter en voorjaar en bij extreme neerslag kan worden verbeterd. In gebieden met kwel trekken de onderwaterdrains het brakke, mineraal- en voedselrijke kwel aan wat gevolgen heeft voor de waterkwaliteit. Het toepassen van onderwaterdrains in veenweidegebieden met kwel wordt daarom afgeraden. In het Restveengebied is sprake van brakke kwel. Toepassing van onderwaterdrains in het Restveengebied is wellicht een oplossing voor de agrarische functie maar zal de waterkwaliteit in negatieve zin beïnvloeden.

Energieproductie

Bij hogere grondwaterstand kan ook de teelt van energiegewassen interessant zijn. De energiegewassen hebben behoefte aan een hoge grondwaterstand en zijn bestand tegen fluctuerende waterpeilen. Riet en griendhout worden bovendien door recreanten als aantrekkelijk ervaren en hebben een grote meerwaarde als natuurlijke biotoop voor vogels. In de veenweiden is de teelt van de volgende energiegewassen mogelijk:

- Meerjarige grassen zoals olifantsgras (*Miscanthus*), swichgrass (*Panicumvirgatum*) en rietgras (*Phalaris arundinacea*). Deze gewassen worden voor een periode van 10 tot 15 jaar neergezet en vragen nauwelijks bodembewerking. De oogst is jaarlijks in het voorjaar met reguliere landbouwmachines. Deze gewassen leveren energie, maar kunnen ook benut worden voor laagwaardigere vezels.
- Bossen met een korte omloop, als wilgen- en populierenbossen worden voor een periode van zo'n 25 jaar aangeplant en eens per 4 jaar geoogst met speciale machines. Deze bossen leveren uitsluitend (bio)energie.
- De eenjarige gewassen vlas en hennep. Deze leveren zowel hoogwaardige vezels als energie. Daarbij wordt opgemerkt dat er bij eenjarige gewassen sprake is van meer bodembewerking in vergelijking met meerjarige gewassen en daarmee de kans op versnelde oxydatie

van de veenbodem toeneemt.

Eerst worden duurzame producten gemaakt uit de meest hoogwaardige gewasdelen waarna de residuen voor energieopwekking worden gebruikt. Zowel energie uit biomassa als duurzame producten kunnen zo efficiënter worden geproduceerd. Materiaal gemaakt van natuurlijke vezels wordt onder meer toegepast als plastic vervangers in auto's (bumpers, dash boards) en meubilair. Deze worden hierdoor niet alleen lichter maar worden hiermee ook geschikt voor hergebruik in andere producten en kunnen uiteindelijk ook nog als (bio)brandstof worden benut. Minder hoogwaardige vezelproducten (bijvoorbeeld uit meerjarige grassen) kunnen worden toegepast in bepaalde papiersoorten, verzorgingsproducten en luiers.

Kroosteelt

Azolla of eendenkroos is een snelgroeiend voedselrijk gewas dat goed groeit in langzaam stromende voedselrijke watergangen en (ondiep) water dat snel opwarmt. Kroos toepassen als veevoer als vervanging van een deel van de eiwitlevering door soja is mogelijk. Kroos kan mogelijk ook worden toegepast als biobrandstof of als visvoer voor kweekvis. Combinaties met peilopzet zijn mogelijk waardoor de teelt intensiever kan worden en de baten groter.

Zilte teelt

Hoewel er nog geen grootschalige verzilting optreedt, is er wel sprake van locaties met zoute kwel. Voor deze

gebieden kan het interessant zijn om na te denken over de teelt van zouttolerante gewassen. Door de discussie rond klimaatverandering en de stijgende zeespiegel is meer aandacht ontstaan voor zouttolerante gewassen in Nederland. Er is een zoektocht gestart naar specifieke planten die gedijen bij brak water, en er zijn zouttolerante varianten gezocht van reguliere landbouwgewassen. Recent zijn in een proef op Texel de eerste zouttolerante aardappelen geogst.

Bovendien zijn in Zeeland en Texel pilots gaande voor viskwekerijen (platvis) in verzilte lage delen. Het brakke water wordt gezuiverd van medicijnen en ingedikt en dit zilte destillaat wordt als meststof gebruikt voor de teelt van zeekraal en lamsoor.

Nevenfuncties

Verbreden van de landbouw met nevenfuncties is ook mogelijk. Op het gebied van recreatie liggen kansen vanwege de locatie tussen Rotterdam en Gouda met gebrek aan recreatiegebieden. Allerlei vormen van recreatie zijn mogelijk, zoals verkoop van streekproducten, congressen, workshops en sporten.

Gebiedsproces

Oplossingen komen per definitie tot stand in een gebiedsproces met bewoners en gebruikers. In het Restveengebied is ruimte voor functies die kunnen omgaan met een steeds natter en zilter wordend gebied.

De oplossingsrichtingen moeten in samenwerking met het bedrijfsleven en de gebruikers van het gebied worden geconcretiseerd. De oplossingen dienen op maatschappelijke kosten-baten te worden getoetst zodat politiek-bestuurlijke besluitvorming kan worden gefaciliteerd.

Een aandachtspunt voor politieke besluitvorming is dat het beleid en de oplossingen op de langere termijn zekerheid moeten bieden voor agrariërs en andere ondernemers (termijn van bedrijfsvoering is minimaal 30 jaar), zodat zij hun investeringen voor aanpassing kunnen doen en terugverdienen.

