

Hydrologie Rijnenburg

Verkennde berekeningen

Concept

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

Grontmij Nederland bv
Houten, 29 april 2009

Verantwoording

Titel : Hydrologie Rijnenburg
Subtitel : Verkennende berekeningen
Projectnummer : 269467
Referentienummer :
Revisie : C2
Datum : 29 april 2009

Auteur(s) : ir. P.E. Dik, A. Pieters MSc
E-mail adres : pim.dik@grontmij.nl
Gecontroleerd door : ir. P.E. Dik
Paraaf gecontroleerd :
Goedgekeurd door : drs. M. Hartog
Paraaf goedgekeurd :
Contact : De Molen 48
3994 DB Houten
Postbus 119
3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
midwest@grontmij.nl
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Algemeen.....	4
1.2	Doelstelling.....	4
1.3	Leeswijzer.....	4
2	Basisgegevens.....	5
2.1	Aandachtspunten bodem en water.....	5
2.1.1	Veen.....	5
2.1.2	Grondwaterstanden.....	7
2.2	Huidige inrichting.....	8
2.2.1	Bodemopbouw.....	8
2.2.2	Oppervlaktewaterpeilen.....	10
2.2.3	Wateraanvoer.....	10
2.2.4	Landgebruik.....	10
2.3	Toekomstige inrichting.....	11
2.3.1	Oppervlaktewater.....	11
2.3.2	Oppervlaktewaterpeilen.....	12
2.3.3	Landgebruik.....	13
2.4	Klimaat.....	14
2.4.1	Neerslagreeksen.....	14
2.4.2	Extreme neerslaggebeurtenissen.....	17
3	Hydrologische effecten.....	19
3.1	Uitgangspunten.....	19
3.2	Toetsing.....	19
3.2.1	Ontwateringsnorm bebouwing en groen.....	19
3.2.2	Eisen voor het veen.....	20
3.2.3	Wateraanvoer en watervraag.....	20
3.3	Huidige inrichting met aanvoer.....	22
3.3.1	Grondwaterstanden.....	22
3.3.2	Veen.....	23
3.4	Toekomstige inrichting met aanvoer.....	24
3.4.1	Grondwaterstanden.....	24
3.4.2	Wateraanvoer.....	27
3.4.3	Veen.....	28
3.5	Toekomstige inrichting zonder aanvoer.....	28
3.5.1	Grondwaterstanden.....	28
3.5.2	Veen.....	30
4	Conclusies.....	31
4.1	Evaluatie analyses.....	31
4.2	Watersysteem.....	31
4.3	Relaties en inzichten.....	31
	Literatuur.....	28

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Voor de ontwikkeling van Rijnenburg tot een woonlocatie is de planvorming in volle gang. Ten behoeve hiervan is ondersteunende informatie uit allerlei disciplines van belang. Eén daarvan is de hydrologie als bouwsteen. Inzicht is gewenst in het hydrologisch systeem van Rijnenburg nu en in de toekomst. In de toekomst zullen verschillende aspecten het functioneren hiervan beïnvloeden. Ten eerste de inrichting van Rijnenburg doordat dit gebied bebouwd zal gaan worden. Ten tweede zal de klimaatverandering invloed hebben op de hoeveelheid neerslag en verdamping. Het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden wil deze effecten graag in beeld brengen.

1.2 Doelstelling

Het doel is de hydrologie als randvoorwaarde in de planvorming een plaats te geven. De uitkomsten worden zo inzichtelijk gemaakt dat de hydrologie als natuurlijk en sturend onderdeel verankerd zal zijn in de planvorming.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 komen de basisgegevens aan bod die ten grondslag liggen aan de berekeningen. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten van de analyses kort besproken. In hoofdstuk 4 komen de belangrijkste conclusies en relaties aan bod.

2 Basisgegevens

2.1 Aandachtspunten bodem en water

2.1.1 Veen

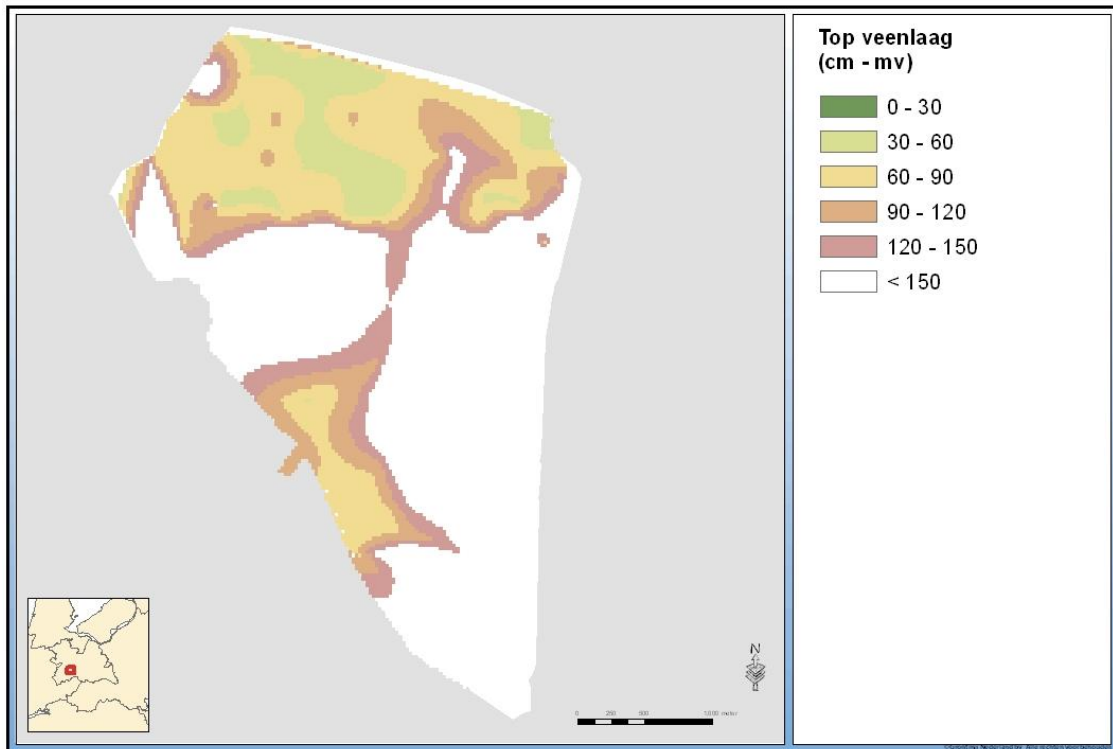
Veengrond is een bodemtype dat uit dood plantaardig materiaal bestaat dat onder anaerobe omstandigheden zeer langzaam afbreekt. Verstoring van de anaerobe omstandigheden zoals verlaging van de grondwaterspiegel, zorgt ervoor dat veen in versneld tempo gaat inklinken en oxideren. De inklinking wordt veroorzaakt doordat veen voor 60 tot 90% uit water bestaat wat door het zakken van de grondwaterspiegel uit het veen verdwijnt. De poriën die hierbij vrijkomen worden vervolgens gevuld met lucht waardoor veen gaat oxideren. Bij deze oxidatie wordt het veen omgezet in water en koolzuurgas dat vervolgens verdwijnt in de atmosfeer, dit is een onomkeerbaar proces. Door oxidatie verdwijnt op zijn tijd de gehele veenlaag en kan, afhankelijk van de oorspronkelijke veendikte, in het gebied een behoorlijke daling ontstaan. In bebouwd gebied kan oxidatie van het veen alleen worden voorkomen indien de grondwaterstand boven de top van de veenlaag blijft.

Oxidatie van veen en bodemdaling worden vertraagd door aanwezigheid van een kleilaag op de veenlagen. De afsluiting van het veen van de atmosfeer zorgt ervoor dat lucht de poriën moeilijk kan bereiken. Hoe dikker de kleilaag hoe langzamer de oxidatie zal verlopen. Door Alterra is een studie uitgevoerd over de relatie tussen de grootte van de bodemdaling per jaar en dikte van de kleilaag op het veen. De grootte van de bodemdaling is direct gerelateerd aan de GLG, de dikte van de kleilaag en in mindere mate het type veen. Deze relatie komt voort uit het feit dat de GLG aangeeft hoeveel veen aan lucht wordt blootgesteld op het moment dat de bodemtemperatuur het hoogst is. Ook de hoeveelheid vocht in de kleilaag speelt een rol. Droge klei breekt op en wordt goed lucht doorlatend, dit is eveneens gerelateerd aan de GLG. Echter, ook wanneer de grondwaterstand niet tot in de veenondergrond reikt, treedt bodemdaling op doordat klei vaak humeus is en inklinkt.

In het kader van het onderzoeksproject 'Waarheen met het Veen' vinden op dit moment korte studies plaats naar het effect van het gebruik van onderwaterdrains in veenweidegebieden. Een eerste oriënterend onderzoek is in 2007 afgerond. Onderwaterdrains zijn buizen die 15-20 cm onder slootpeil worden aangelegd, zodat ze niet alleen draineren maar in droge tijden ook infiltreren zodat het veen nat gehouden wordt. Nadeel van infiltratie van slootwater in de veengrond is, dat door het aanleveren van nutriënten en zuurstofrijk water de veenafbraak bevordert zou kunnen worden. Uit een kort onderzoek in de polder van Zegveld, waar onderwaterdrains zijn opgegraven die 18-20 jaar geleden in veenweiden zijn gelegd, blijkt echter dat na 18-20 jaar infiltratie van slootwater via onderwaterdrains de veenoxidatie niet negatief is beïnvloed aangezien visueel geen tekenen van veenafbraak zijn aangetroffen. Door het gebrek aan voldoende historische data over maaiveldhoogte echter kan nog geen conclusie worden getrokken over de effectiviteit van onderwaterdrains bij het tegengaan van maaiveldaling.

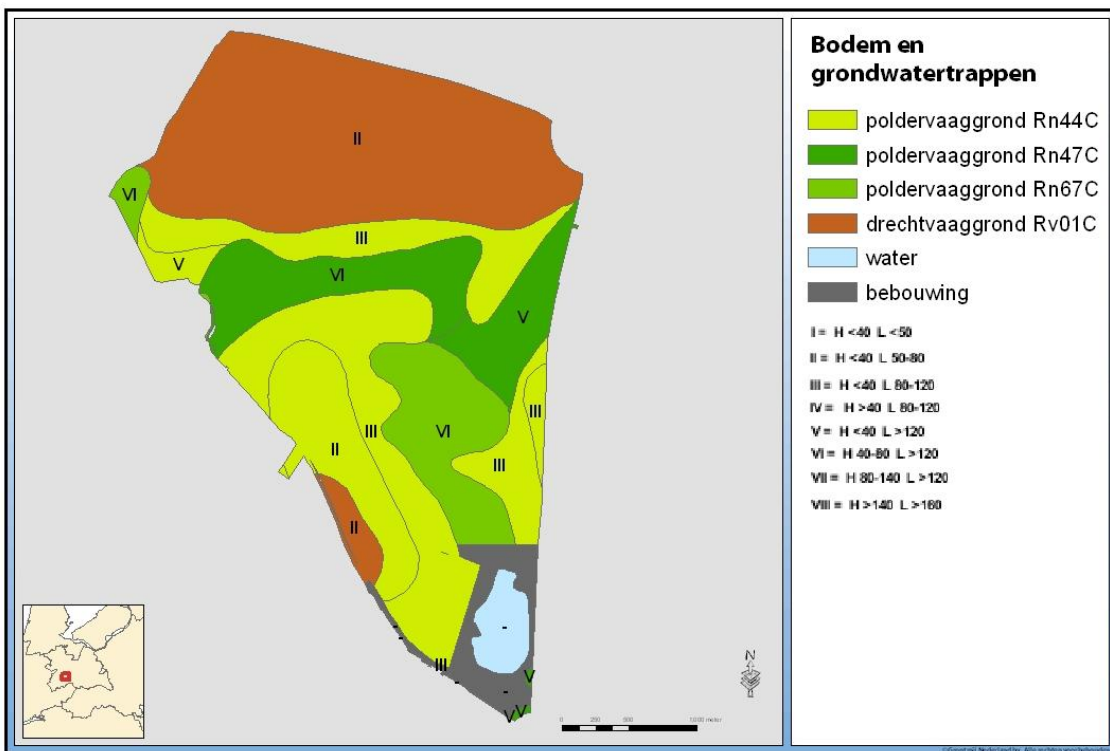
Aan het nat houden van veen zit nog één belangrijk aandachtspunt. Zo is optimaal veenwater zeer zuur door de afbraak van dode planten, hierdoor is het vrijwel zuurstofloos en kunnen bacteriën en schimmels, die organische resten verteren, niet goed gedijen. Bij het vernatten van veen moet rekening worden gehouden dat bij het toedienen van neutraal water de zuurgraad stijgt en het veen kan gaan rotten waardoor het alsnog verdwijnt.

Het veen in Rijnenburg bevindt zich zeer ondiep, het veen begint op 0,4 m tot 1 m beneden maaiveld (figuur 2.1.1). In het westen en zuiden van het gebied zijn respectievelijk zeggeveen en rietveen aanwezig.



Figuur 2.1.1: Diepte van de top van de eerste veenlaag

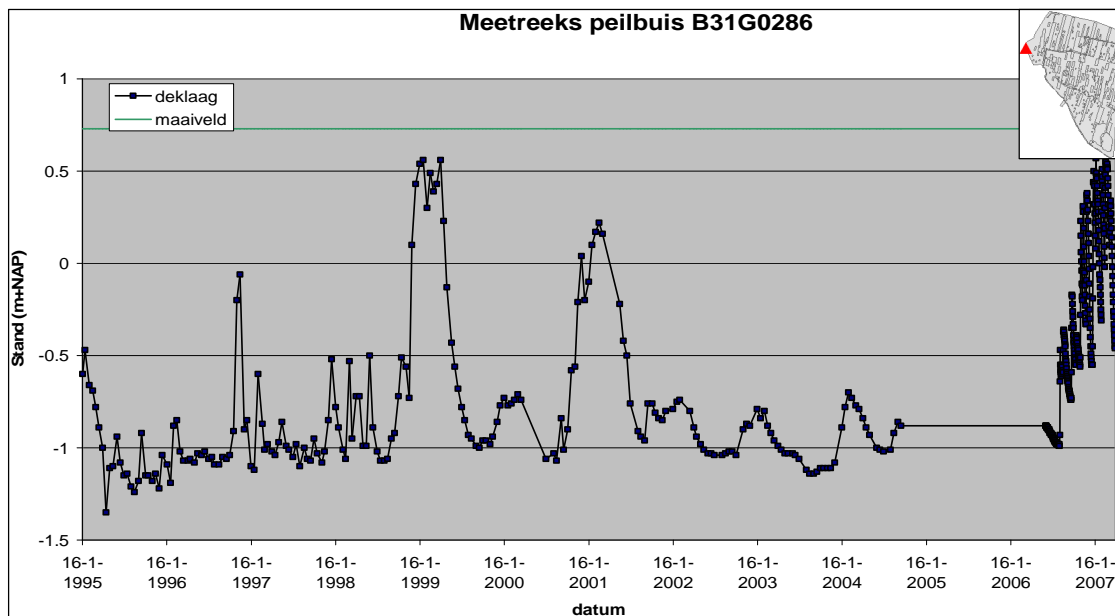
In figuur 2.1.2 is te zien dat de grondwatertrapverdeling in Rijnenburg sterk uiteenloopt. Gebieden waar het veen zeer ondiep voorkomt worden gekenmerkt door ondiepe grondwaterstanden (grondwatertrap II). De meer kleiige en zandige gebieden worden gekenmerkt door grondwaterstanden die in de zomer verder uitzakken. De gepresenteerde grondwatertrappen zijn gebaseerd op de bodemkaart uit 1970. Naar verwachting zijn er sindsdien verschillende maatregelen genomen om de ontwatering van het gebied te verbeteren. De huidige grondwaterstanden zullen daardoor naar verwachting lager zijn dan gepresenteerd. Het algehele beeld blijft echter hetzelfde..



Figuur 2.1.2: Bodemkaart en grondwatertrapverdeling Rijnenburg

2.1.2 Grondwaterstanden

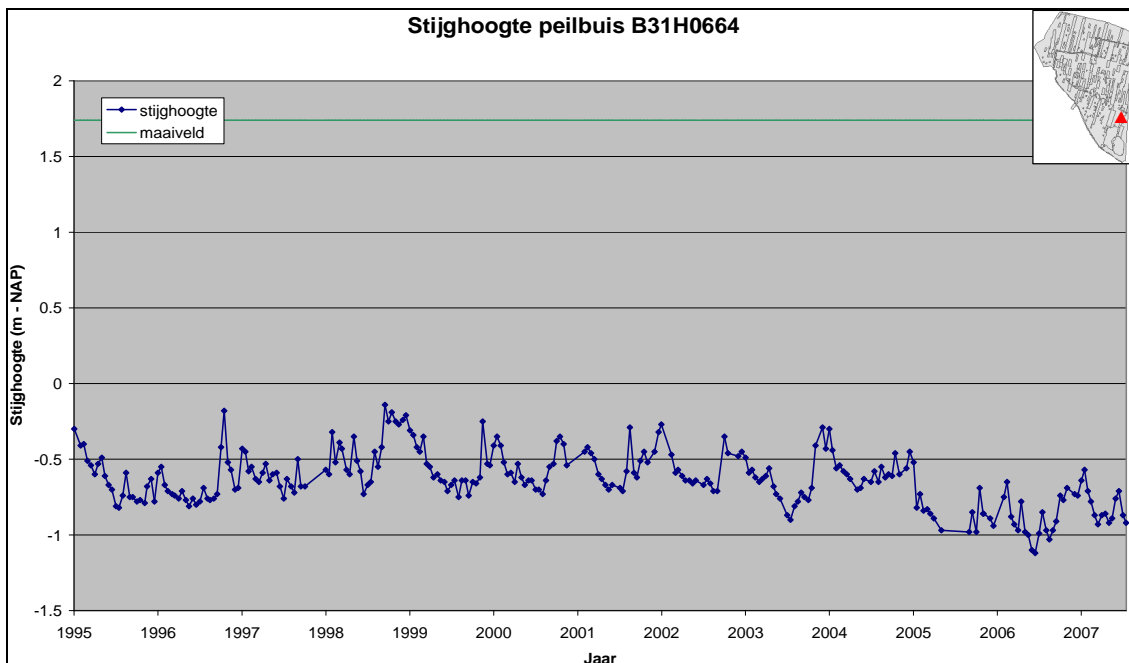
In het DINOluket van TNO zijn 5 peilbuizen bekend met recente meetdata (na 1995). Slechts één van deze peilbuizen heeft een filter in de deklaag, peilbuis B31G0286.



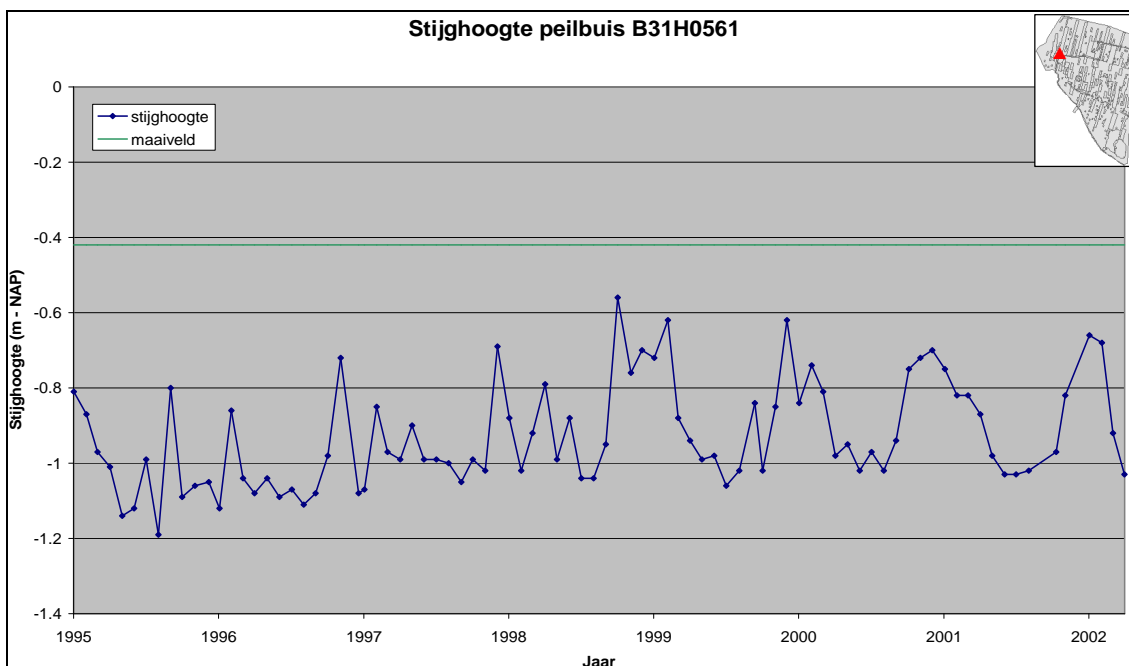
Figuur 2.1.3: Meetreeks peilbuis B31G0286

Opvallend zijn de sterke pieken die gemeten zijn in 1999, 2001 en 2007. Dit kan te maken hebben met extreme neerslag die in deze periodes is gevallen. Dit betekent dat de neerslagintensiteit van grote invloed is op de grondwaterstand in het gebied. De seizoensvariatie is gemiddeld 0,5 m.

De gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket in het gebied varieert weinig, van NAP -0.5 m in het oosten tot NAP -1 m in het westen. De grondwaterstroming is dus overwegend westelijk gericht. Figuur 2.1.4 geeft het verloop in de tijd weer.



Figuur 2.1.4a: Stijghoogte peilbuis B31H0664



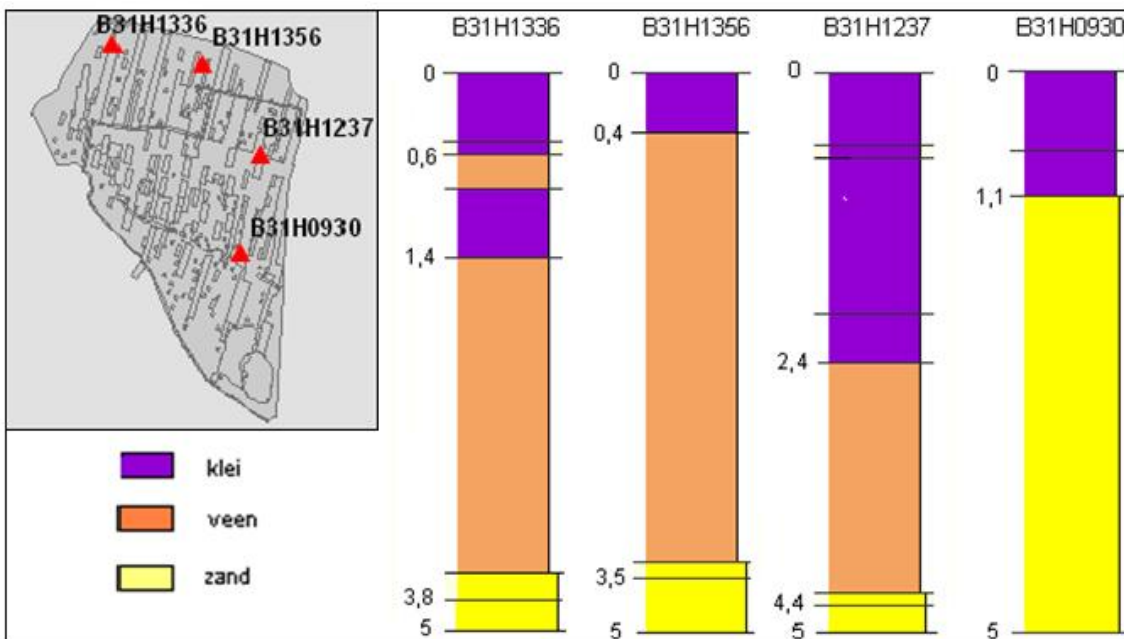
Figuur 2.1.4b: Stijghoogte peilbuis B31H0561

2.2 Huidige inrichting

In het onderstaande is een korte schets van de kenmerken van het gebied gegeven.

2.2.1 Bodemopbouw

In figuur 2.2.1 zijn enkele representatieve boringen weergegeven uit het gebied Rijnenburg. Er zijn globaal 3 verschillende gebieden te onderscheiden.

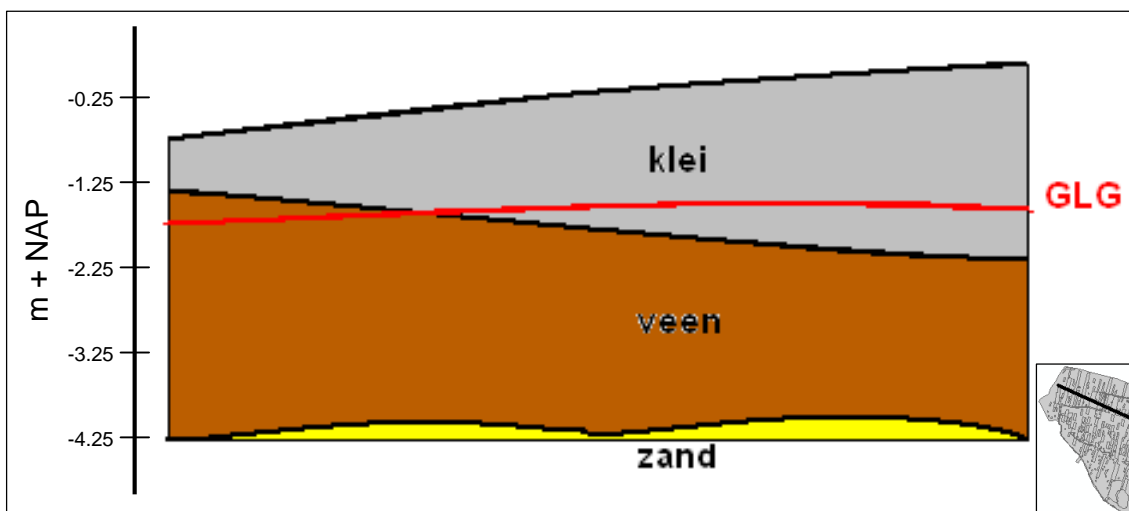


Figuur 2.2.1: Ondiepe bodemopbouw Rijnenburg (op basis van gegevens uit DINOloket)

Het westen van Rijnenburg bestaat uit een klei-veen-klei-veen gebied. Doorgaans bevindt zich op 0,4 m tot 1 m beneden maaiveld een dunne veenlaag van gemiddeld 0,5 m dikte. Deze wordt door een dunne kleilaag afgesneden van de dikkere en diepere veenlaag. De diepte waarop het veen voorkomt en de dikte van de veenlagen varieert weinig. Naar het oosten toe verdwijnt de dunne kleilaag tussen de veenlagen en wordt de afsluitende kleilaag geleidelijk aan dikker. Dit is een klei op veen gebied. Vanaf maaiveld tot 0,4 m à 2,5 m beneden maaiveld komt een kleilaag voor. Onder deze kleilaag bevindt zich een veenlaag van 2 tot 5 m dikte.

Ter hoogte van de Nedereindse weg loopt een oude stroomrug. Deze stroomrug bestaat uit een laag klei op zand. Op deze stroomrug is het veen geheel afwezig.

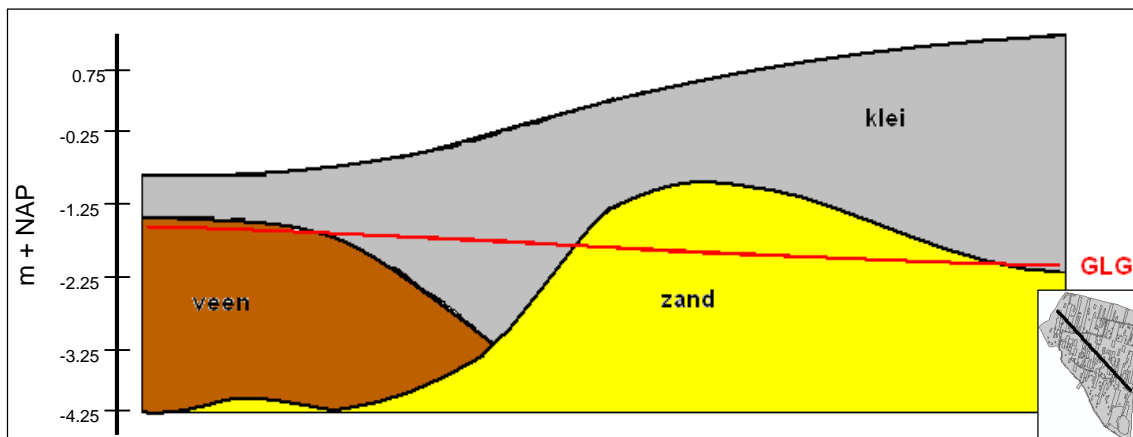
Het eerste watervoerend pakket bevindt zich direct onder de klei- en veenlagen.



Figuur 2.2.2: Dwarsdoorsnede door het veengebied van Rijnenburg met de GLG van het Rijnenburg 2050 scenario (op basis van gegevens van HDSR)

HDSR heeft gridbestanden aangeleverd waarop de bodemopbouw om de 50 cm vermeld staat. Uit doorsneden verkregen uit deze gegevens blijkt eveneens dat de kleilaag naar het oosten en zuidoosten toe dikker wordt. Opgemerkt moet worden dat door de globale opzet van de ge-

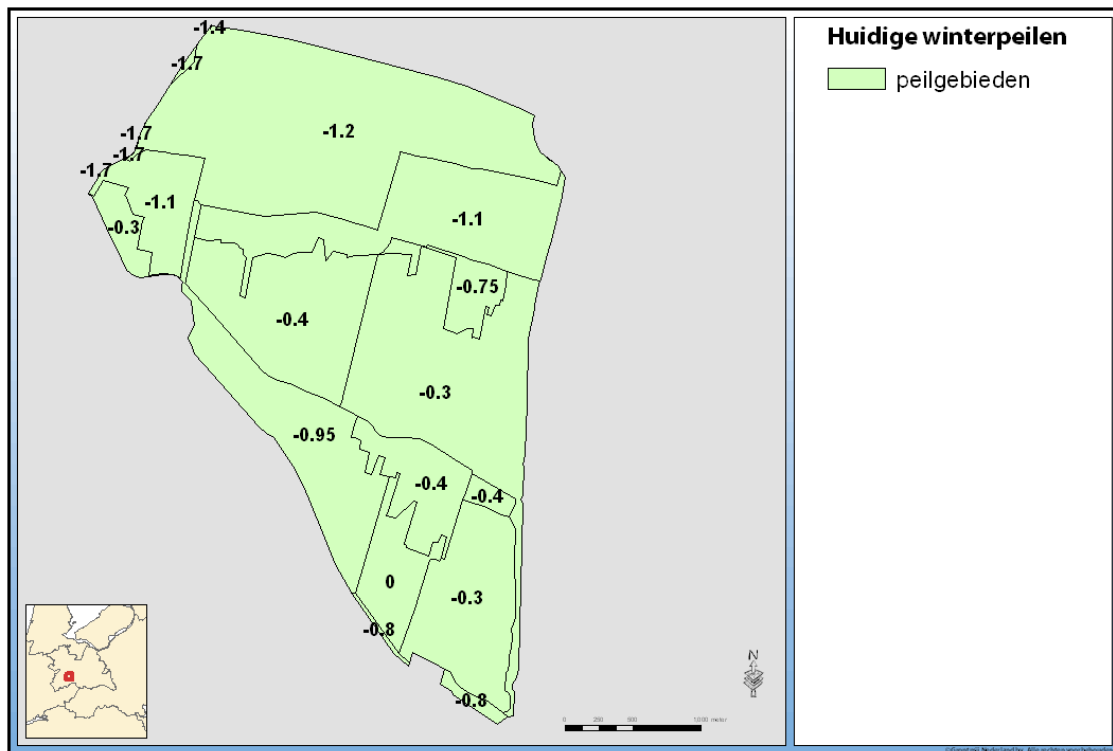
vens lokale variatie in dikte van de lagen niet of nauwelijks opgemerkt wordt en het veen dus ondieper voor kan komen.



Figuur 2.2.3: Dwarsdoorsnede Rijnenburg met GLG van het Rijnenburg 2050 scenario (op basis van gegevens van HDSR)

2.2.2 Oppervlaktewaterpeilen

In figuur 2.2.4 zijn de huidige peilen voor Rijnenburg weergegeven.



Figuur 2.2.4: Huidige winterpeilen Rijnenburg

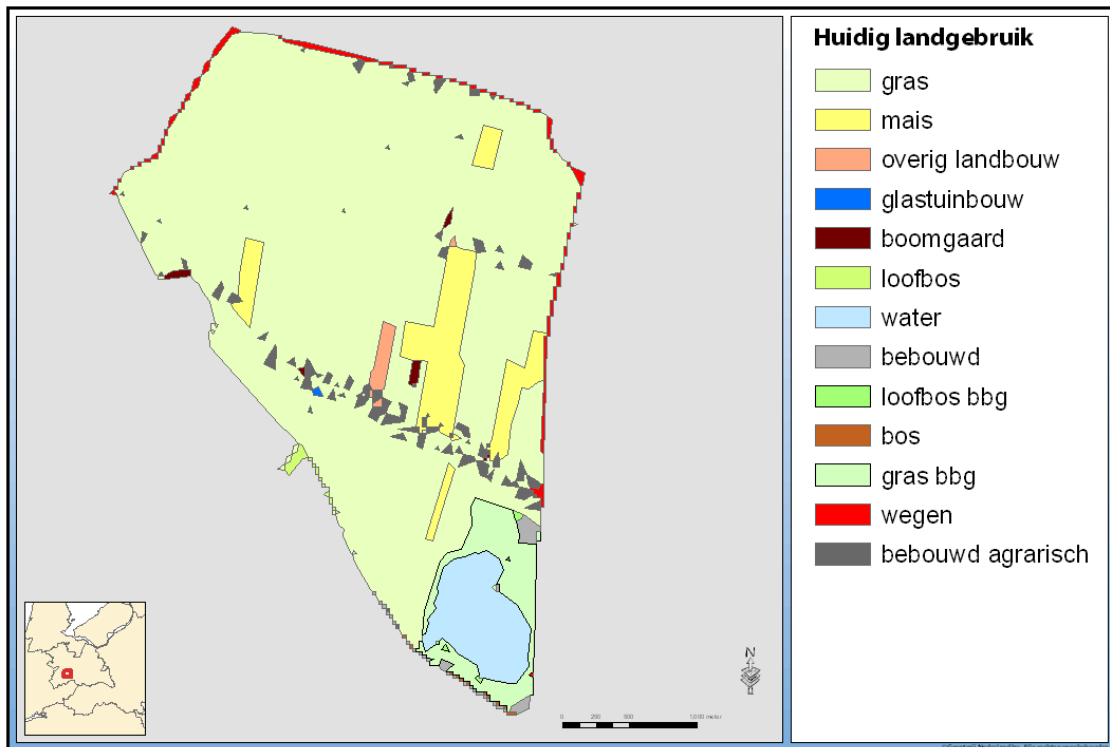
Alle peilvakken voeren af via een stuw. De afvoer bedraagt bij 20 cm peilstijging circa 1,5 l/s/ha. In de modellering is er vanuitgegaan dat de peilvakken altijd hun water kwijt kunnen.

2.2.3 Wateraanvoer

In de modellering is er vanuitgegaan dat alle peilvakken een maximale aanvoer hebben van 3,46 mm/d. Aanvoer vindt plaats als het peil 1 cm beneden het streefpeil zakt.

2.2.4 Landgebruik

In figuur 2.2.5 is het huidige landgebruik weergegeven



Figuur 2.2.5: Huidig landgebruik Rijnenburg

Voor het stedelijk bebouwd gebied is uitgegaan van 40% verharding.

2.3 Toekomstige inrichting

Voor de toekomstige inrichting heeft het waterschap gegevens aangeleverd voor het peilbeheer en het landgebruik.

2.3.1 Oppervlaktewater

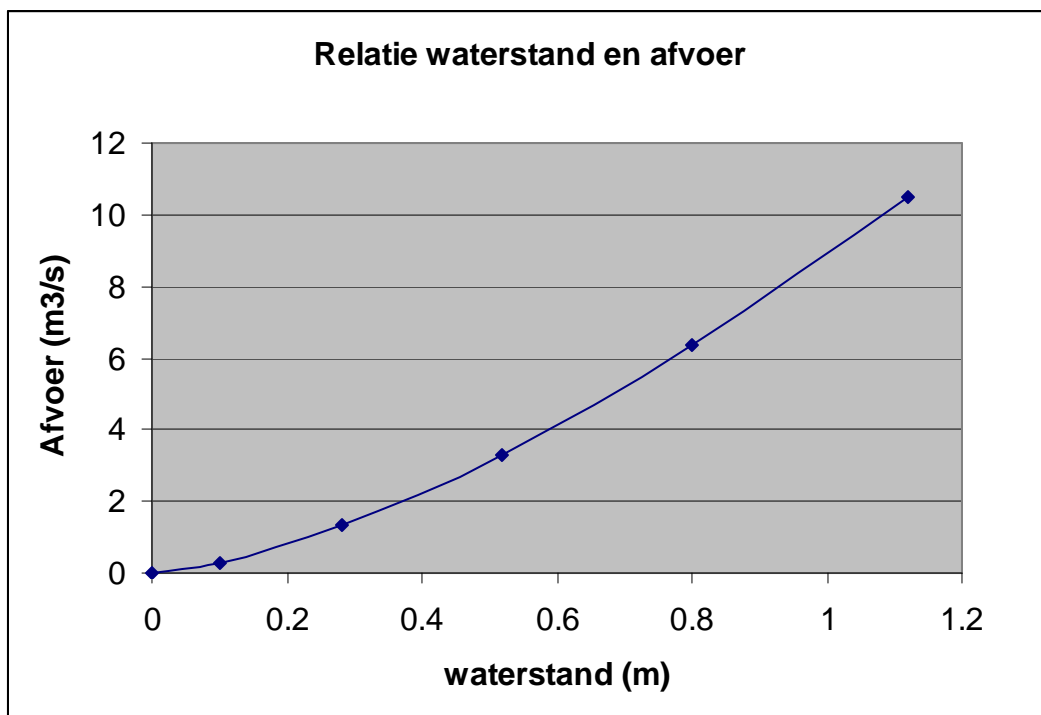
In zowel de huidige inrichting als de toekomstige inrichting is uitgegaan van een overeenkomstige dichtheid van waterlopen en greppels en tevens van overeenkomstige dimensies van deze waterlopen en greppels. Uit de gegevens (de dimensies van de waterlopen in het bestand drng_sim.inp) blijkt dat de bodembreedte van alle waterlopen 1 m bedraagt. Voor de extremenanalyse zijn deze gegevens echter onvoldoende gedetailleerd omdat dan ook het oppervlaktewatersysteem goed in het model moet zitten.

In de onderstaande tabel zijn de gegevens voor de afvoer uit het gebied opgenomen. Alle peilvakken voeren af via een stuw. De afvoer bedraagt bij 30 cm peilstijging 1,5 l/s/ha voor het vak met een peil van NAP -1,00 m. Voor het vak met een peil van NAP -0,30 m bedraagt de afvoer 4 l/s/ha bij 10 cm peilstijging. Er is vanuit gegaan dat de peilvakken altijd hun water kwijt kunnen.

Tabel 2.3.1 Kenmerken peilvakken

Deelgebied	Peil (m+NAP)	Specifieke afvoer (l/s/ha)	Opstuwning bij specifieke afvoer (m)
Middengebied	-0.30	4.0	0.10
Rijnenburg	-1.00	1.5	0.30

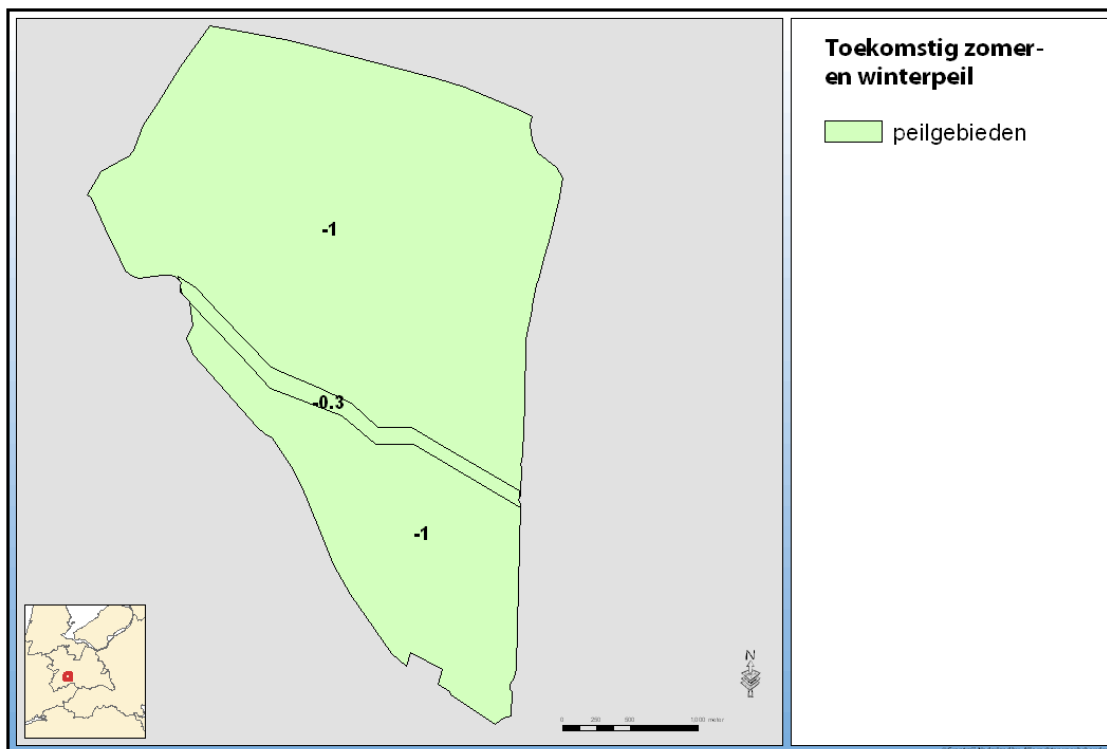
In figuur 2.3.1 is de relatie tussen de waterstand en de afvoer gegeven. Er is van uitgegaan dat het oppervlak water in het gebied niet zal veranderen.



Figuur 2.3.1: Afvoer relatie voor hoofdgebied

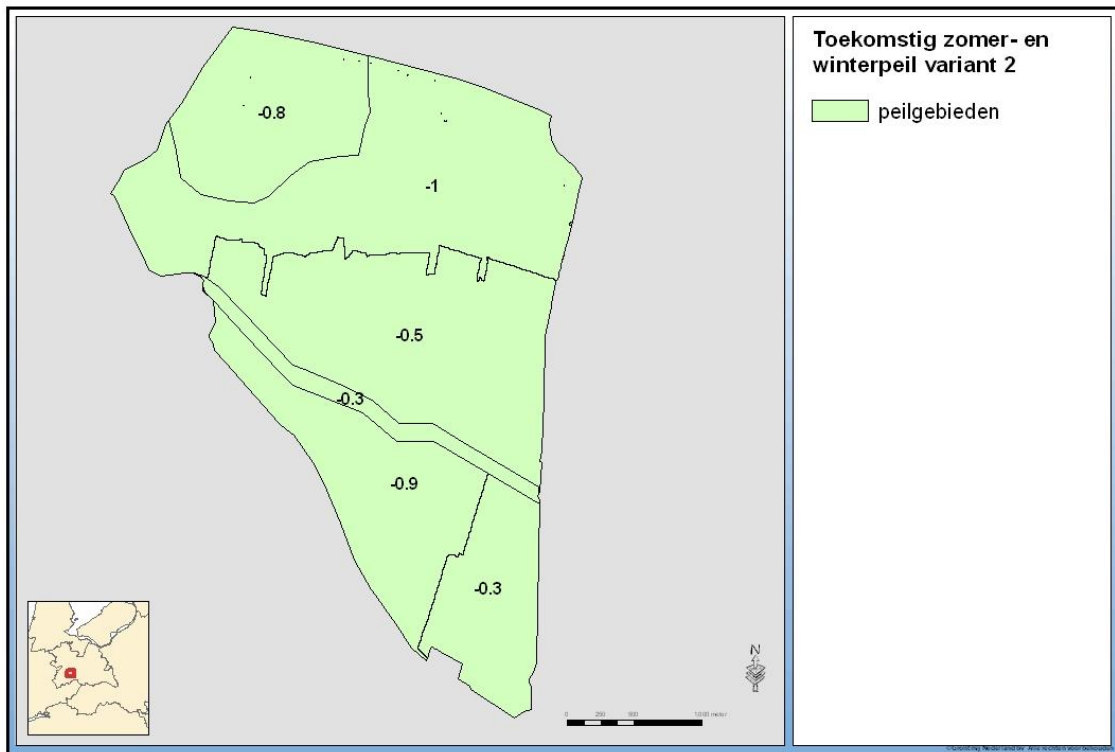
2.3.2 Oppervlaktewaterpeilen

De eerste aanzet voor toekomstige peilen in Rijnenburg is weergegeven in figuur 2.3.2.



Figuur 2.3.2: Toekomstige peilen Rijnenburg, variant 1

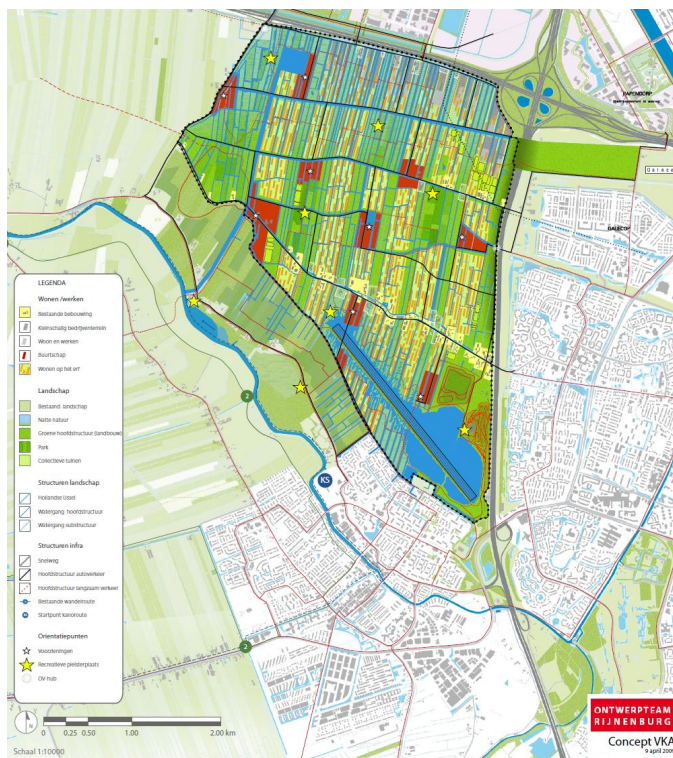
Op basis van eerste berekeningen is de indeling in peilgebieden verder geoptimaliseerd. Hierbij is rekening gehouden met de uitgangspunten: zo weinig mogelijk beïnvloeding van de grondwaterstanden, veen nat houden en voldoende ontwatering bij de bebouwing. In figuur 2.2.3 zijn de peilen weergegeven.



Figuur 2.3.3: Toekomstige peilen Rijnenburg, variant 2

2.3.3 Landgebruik

Het toekomstig landgebruik van Rijnenburg is weergegeven in figuur 2.3.4. In de inrichting is in het veengebied aanzienlijk meer oppervlaktewater opgenomen dan in de rest van het gebied. Dit is natuurlijk goed voor de berging in het systeem en voor het handhaven van hoge grondwaterstanden in het veengebied.



Figuur 2.3.4: Concept toekomstig landgebruik Rijnenburg (gegevens van ontwerpteam Rijnenburg)

Water	20%
Bebouwing	15%
Groen	65%

2.4 Klimaat

2.4.1 Neerslagreeksen

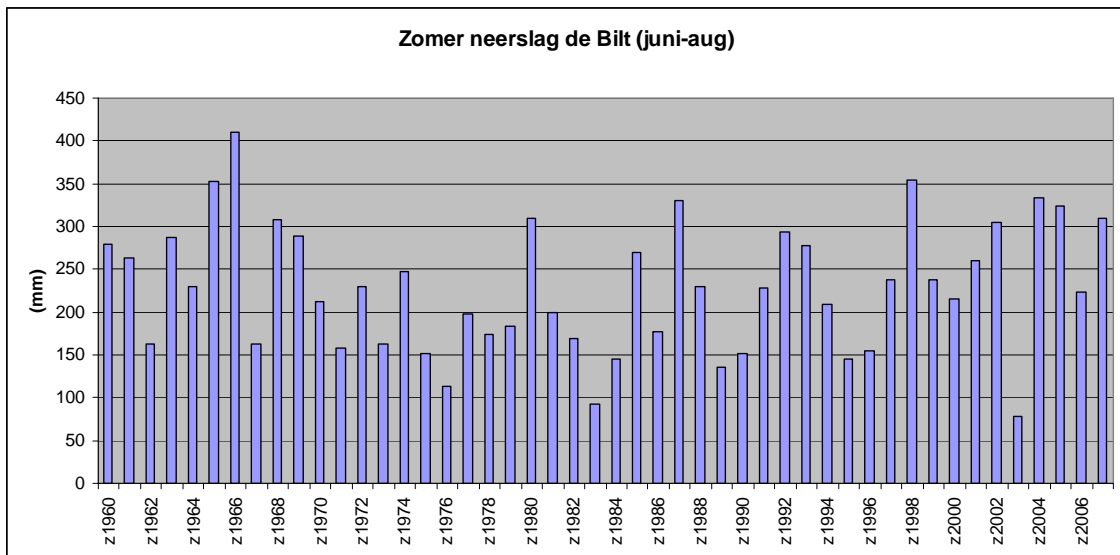
Met behulp van de KNMI methodiek van internet (http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/) zijn klimaatreeksen gegenereerd voor het huidige scenario en de KNMI '06 klimaatscenarios. Bij de modellering zijn 4 neerslagstations gebruikt, namelijk de stations de Bilt (550), Wijk bij Duurstede (523), Benschop (561) en Zegveld (470). Voor de verdamping is gebruik gemaakt van de gegevens van station de Bilt. De jaarhoeveelheden voor neerslag en verdamping zijn weergegeven in tabel 2.4.1. In de modellering is gebruik gemaakt van daggegevens. Er is gerekend met tijdstappen van 1 dag voor het verzadigde grondwater.

Tabel 2.4.1 Neerslag en verdamping (mm/jaar)

Neerslag	Station 470	Station 523	Station 550	Station 561	gemiddeld	st. deviatie
1995	703	657	798	755	728	61
1996	599	567	614	597	594	20
1997	668	685	786	676	704	55
1998	1137	1039	1307	1093	1144	116
1999	953	718	977	924	893	119
2000	916	900	975	971	940	38
gemiddeld	829	761	909	836	834	61

Verdamping	Station 550
1995	590
1996	523
1997	561
1998	492
1999	582
2000	541
gemiddeld	548

In figuur 2.4.1 en de tabellen 2.4.2 en 2.4.3 zijn enkele karakteristieken van de zomerneerslagen gegeven.



Figuur 2.4.1 Zomerneerslagen voor de periode 1960 t/m 2007

Uit tabel 2.4.2 en 2.4.3 volgt dat voor de zomer het W+-scenario het droogste scenario is en het W-scenario de natste.

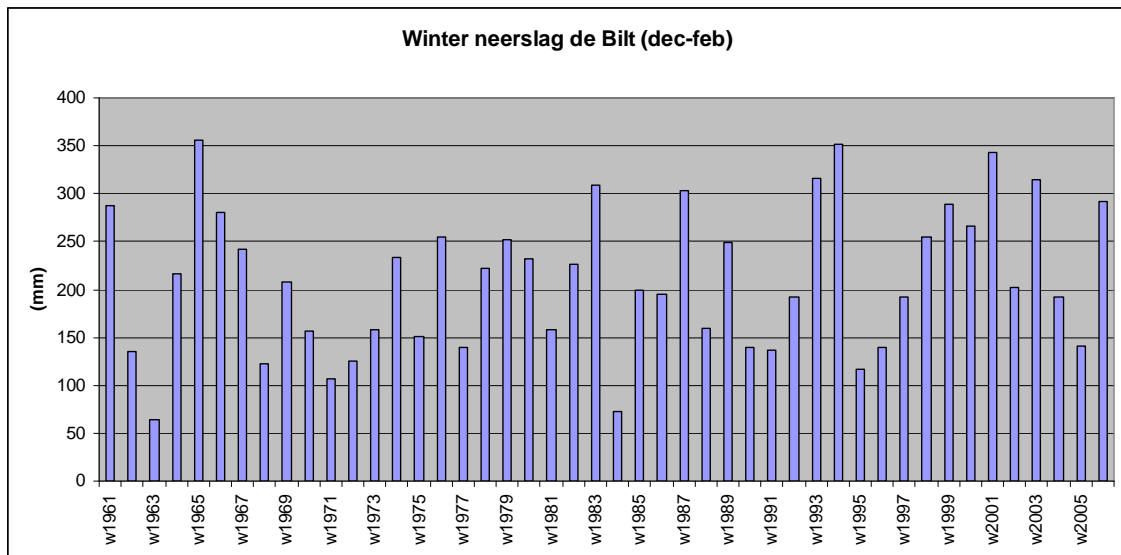
Tabel 2.4.2 Zomerneerslag (jun-aug) periode 1995-2000 voor de verschillende varianten (gemiddelde, minimum en maximum)

scenario	gemiddeld (mm)	minimum (mm)	maximum (mm)
huidig (1995-2000)	224	145	354
deBilt550_G_2050	233	149	374
deBilt550_G+_2050	200	126	339
deBilt550_W_2050	237	146	387
deBilt550_W+_2050	185	123	269

Tabel 2.4.3 Zomerneerslag periode 1995-2000 voor de verschillende varianten per jaar

jaar	huidig (1995-2000)	G	G+	W	W+
2055	145	149	126	152	132
2056	155	160	152	146	123
2057	239	246	225	246	186
2058	354	374	339	387	269
2059	237	244	179	259	191
2060	215	223	178	230	210

In figuur 2.4.2 en de tabel 2.4.4 zijn enkele karakteristieken van de winterneerslagen gegeven.



Figuur 2.4.2 Winterneerslagen voor de periode 1960 t/m 2007

Uit tabel 2.4.4 volgt dat voor de winter het W+-scenario het natste scenario is.

Tabel 2.4.4 Winterneerslag (dec-feb) periode 1995-2000 voor de verschillende varianten (gemiddelde, minimum en maximum)

scenario	gemiddeld (mm)	minimum (mm)	maximum (mm)
huidig (1995-2000)	210	116	289
deBilt550_G_2050	217	120	299
deBilt550_G+_2050	224	125	306
deBilt550_W_2050	225	125	310
deBilt550_W+_2050	238	134	333

In tabel 2.4.5 zijn de effecten van het W en W+ scenario voor het gemiddelde van de jaren 1995-2000 gegeven (en gemiddeld over de 4 meteostations). Hierbij is tevens rekening gehouden met de verandering van de efficiëntie van de transpiratie (effect op gewasfactoren): factor 0.97 (Kruijt, Witte, Jacobs en Kroon, 2008). Tevens is de aanname gedaan dat de actuele verdamping 90% van de potentiële verdamping is. Later zal dit in de waterbalansen per gebied gespecificeerd worden.

Opvallend zijn de aanzienlijke verschillen in neerslagoverschot t.o.v. de huidige situatie.

Tabel 2.4.5 Neerslagoverschot 1995-2000 voor de varianten W en W+

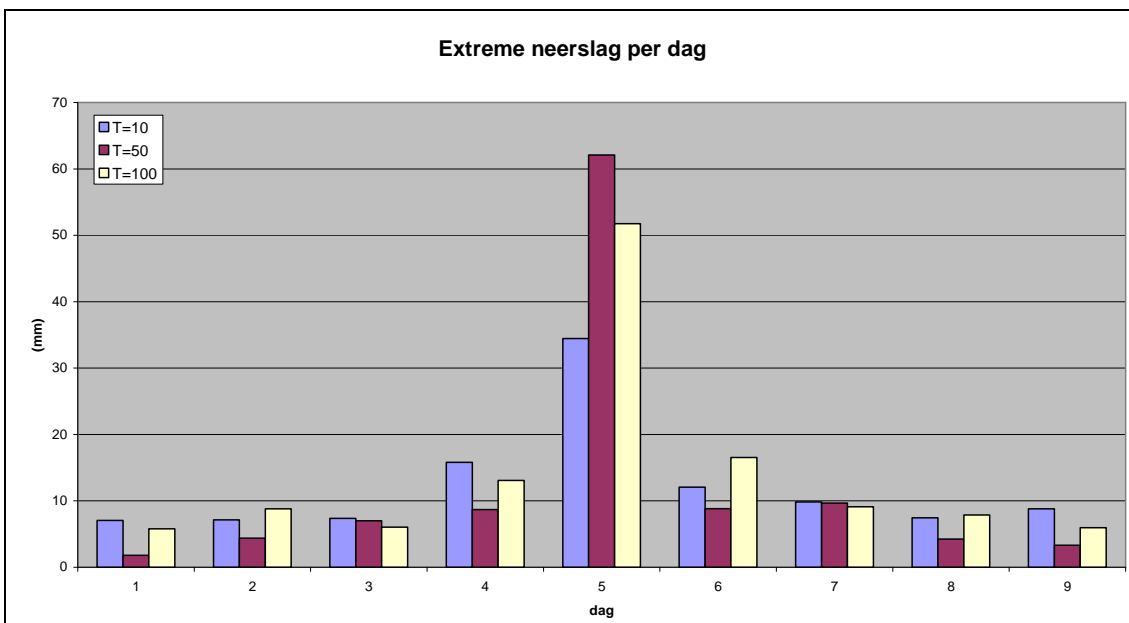
Scenario	Neerslag (mm)	Pot. Verdamping (mm)	factor actuele verdamping	factor efficiëntie verdamping	Act. Verdamping (mm)	Neerslagoverschot (mm)
huidig	834	548	0.90	1.00	493	341
W	889	580	0.90	0.97	507	382
W+	818	614	0.90	0.97	536	282
	toename (%)	toename (%)			toename (%)	toename (%)
huidig	0	0			0	0
W	7	6			3	12
W+	-2	12			9	-17

2.4.2 Extreme neerslaggebeurtenissen

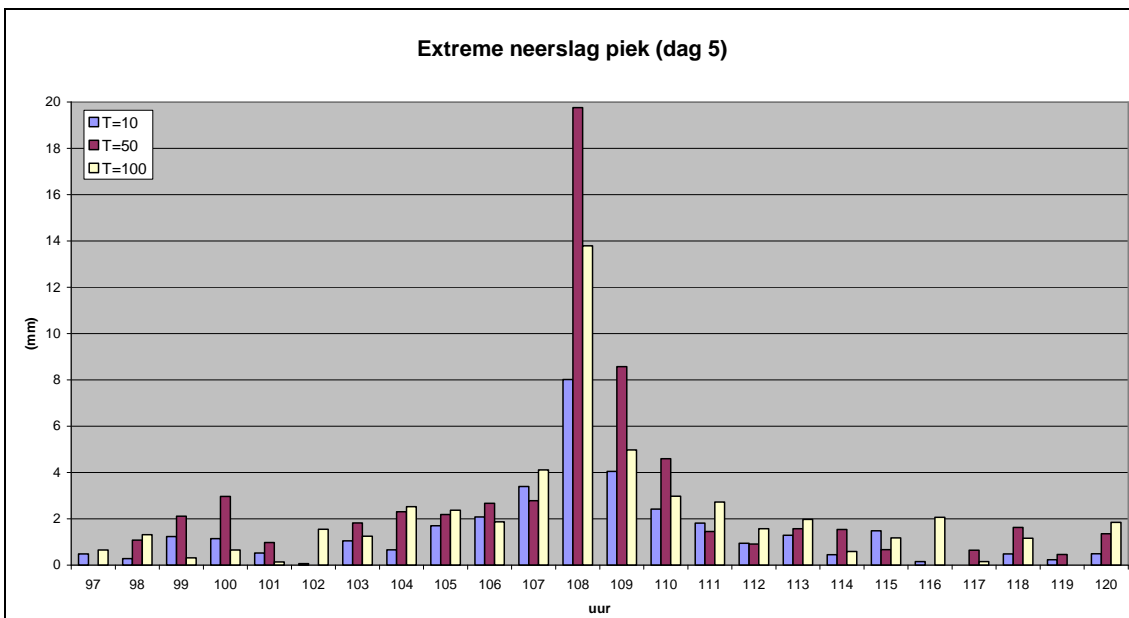
Voor de analyse van de extremen is het watersysteem doorgerekend met een stochastanalyse. Op basis hiervan zijn verschillende buien geselecteerd die het optreden van waterstanden met een herhalingsjijd van $T=10$, $T=50$ en $T=100$ jaar bepalen.

De stochastanalyse is uitgevoerd met GRONAM. Bij de stochastenaanpak is voor het grondwater een GLG en GHG als initiële randvoorwaarde gehanteerd. Hierbij is uitgegaan van een buiduur van 9 dagen. Door middel van deze analyse wordt een theoretisch buienpatroon verkregen.

De neerslagpatronen en -intensiteit van de geselecteerde buien zijn weergegeven in figuur 2.4.3 en tabel 2.4.6. Opvallend is dat de $T=50$ bui een grotere piek kent dan de $T=100$ bui, terwijl de $T=100$ bui een grotere intensiteit kent.



Figuur 2.4.3a: Extreme neerslag analyse per dag



Figuur 2.4.3b: Extreme neerslag analyse piek dag 5

Tabel 2.4.6 Neerslagintensiteit huidig klimaat en gerelateerde initiële grondwaterstand

dag	neerslaghoeveelheid		
	T=10	T=50	T=100
1	7.062	1.793	5.8
2	7.15	4.4	8.8125
3	7.359	7.007	6.0375
4	15.807	8.701	13.075
5	34.463	62.084	51.75
6	12.056	8.844	16.5375
7	9.856	9.669	9.1
8	7.447	4.257	7.875
9	8.811	3.311	5.9625
totaal	110.011	110.066	124.95
Initiële grondwaterstand (m -mv)			
GHG	-0,80	-0,80	-0,80

Voor de extreme buien in de KNMI '06 scenario's geldt dat de neerslagintensiteit toeneemt met een bepaald percentage. Op dit moment zijn er alleen percentages bekend voor de T=10 bui, voor buien met andere herhalings tijden worden in de regel deze waarden ook gebruikt. De percentages zijn weergegeven in tabel 2.4.7.

Tabel 2.4.7 Neerslag eens in 10 jaar overschreden zomer (%) 2050

Scenario	G	G+	W	W+
Toename (%)	13	5	27	10

3 Hydrologische effecten

3.1 Uitgangspunten

Voor het inzichtelijk maken van de effecten op bodem en grondwater is gebruik gemaakt van

- de bestaande modelschematisatie en parameterisatie, zoals opgesteld door Deltares en Al-terra;
- het simulatieprogramma SIMGRO/Modflow met de identificatie V6233_215M_P4_nCB2;
- GRONAM (Grontmij);
- het spreadsheetprogramma Waterbalans (Grontmij).

3.2 Toetsing

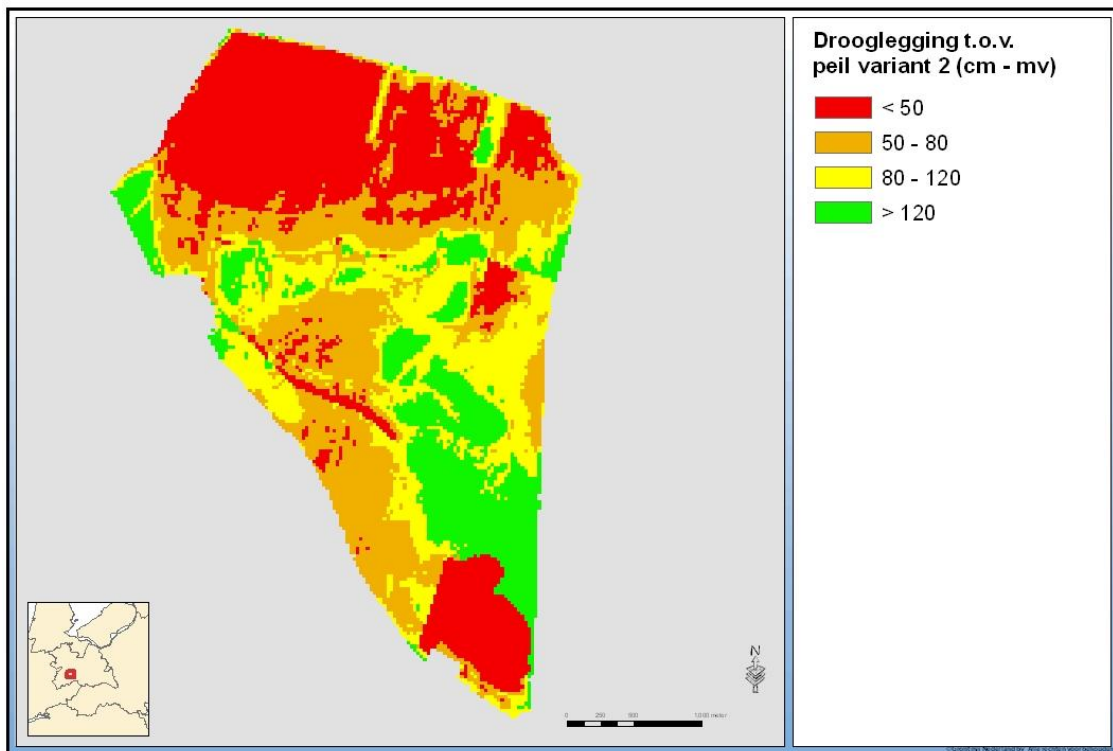
In het gebied zijn verschillende functies aanwezig, die ieder hun eigen eisen stellen. Daarnaast zijn er objecten, die niet negatief beïnvloed mogen worden.

3.2.1 Ontwateringsnorm bebouwing en groen

Voor de ontwatering van bebouwing en groen is uitgegaan van de volgende normen: voor groen in bebouwd gebied wordt veelal een norm van 50 cm -mv gehanteerd, in bebouwde gebieden is er een ontwateringseis van 0,70 m onder de onderkant van de vloer (van Wee et al, 2007). Natuurlijk is voor de bebouwing de aanwezigheid van een kruipruimte mede bepalend voor de benodigde ontwateringsdiepte.

Bij de minimale ontwateringsdiepte hoort een overschrijdingsfrequentie voor de grondwaterstand. Deze overschrijdingsfrequentie geeft aan hoe frequent en gedurende hoeveel aaneengesloten dagen deze minimale ontwateringsdiepte overschreden mag worden. In de literatuur (Wendt, 2006) worden hiervoor verschillende waarden gegeven, bijvoorbeeld de grondwaterstand die gemiddeld gedurende één dag per jaar wordt overschreden of de stand die gemiddeld gedurende 14 dagen per jaar wordt overschreden of de GHG (De GHG wordt globaal genomen circa 45 dagen per jaar overschreden). Over de toe te passen overschrijdingsfrequentie bestaat echter geen consensus. In de literatuur is geen eenduidige waarde noch een onderbouwing van de gehanteerde waarden te vinden. Het is daarom momenteel arbitrair welke waarde gekozen wordt. In dit onderzoek is gekozen voor de GHG, omdat in regionale studies deze waarde goed blijkt aan te sluiten bij de mate waarin grondwateroverlast ervaren wordt.

Als indicatie voor potentiële risicogebieden voor traditionele bouw is gebruik gemaakt van de drooglegging. Dit is de afstand tussen maaiveld en het oppervlaktewaterpeil. Een indicatieve waarde van voldoende drooglegging in een stedelijk gebied in een rivierklei- en veengebied is een drooglegging van meer dan 1,2 à 1,5 m (bron: Ontwatering in stedelijk gebied). Bij een geringere drooglegging is er meer risico op overlast. Uit figuur 3.2.1 valt af te leiden dat de veengebieden, in het noorden en zuidwesten van Rijnenburg, risicogebieden vormen voor traditionele bouw. Deze gebieden zijn rood/oranje gekleurd. De stroomrug daarentegen heeft wel voldoende drooglegging om van traditionele bouw te worden voorzien.



Figuur 3.2.1: Drooglegging Rijnenburg toekomstige peilen variant 2

3.2.2 Eisen voor het veen

Het belangrijkste doel voor het veen is dat het niet mag oxideren. Een afgeleide eis hierbij is dat het zo nat mogelijk gehouden moet worden. In deze studie gaan we er van uit dat de GLG boven het veen moet blijven.

Ten aanzien van de processen in het veen is in hoofdlijnen het volgende op te merken:

- toetreding van zuurstof moet worden voorkomen;
- een kleidek op het veen beperkt de oxidatie van het veen sterk;
- infiltratie van oppervlaktewater in het veen (via drains) kan voor de grondwaterstand nuttig zijn. Als het water echter veel nutriënten bevat dan kunnen ook die leiden tot oxidatie;
- een eenmaal in gang gezette veenoxidatie is moeilijk te stoppen;

Zo zijn er ook verschillende aandachtspunten voor het veen die bij de inrichting van het gebied van belang zijn:

- bij een open plas in een klei op veengebied moet voorkomen worden dat het oppervlaktewaterpeil in de zomermaanden niet onder de veentoplaag zakt. Door uitdroging van het veen wordt oxidatie in gang gezet;
- open water is qua zuurgraad vaak neutraler van samenstelling dan optimaal veenwater. Bij contact met het veen kan het gaan rotten en alsnog verdwijnen;
- het periodiek zakken van de GLG onder de veentoplaag wanneer deze is afgesloten door een kleilaag zal geen oxidatie tot gevolg hebben wanneer dit tot enkele dagen wordt beperkt.

Gedetailleerde kennis over veen en oxidatie is aanwezig bij dhr. Jan van den Akker van Alterra.

3.2.3 Wateraanvoer en watervraag

Wateraanvoer van buiten het gebied moet zoveel mogelijk beperkt worden, dit omdat er waarschijnlijk te weinig water beschikbaar is in de Hollandse IJssel. Het streven is daarom dat de benodigde hoeveelheid water voor de zomermaanden om de grondwaterstanden op peil en het veen nat te houden, gedurende de wintermaanden geborgen worden in Rijnenburg zelf.

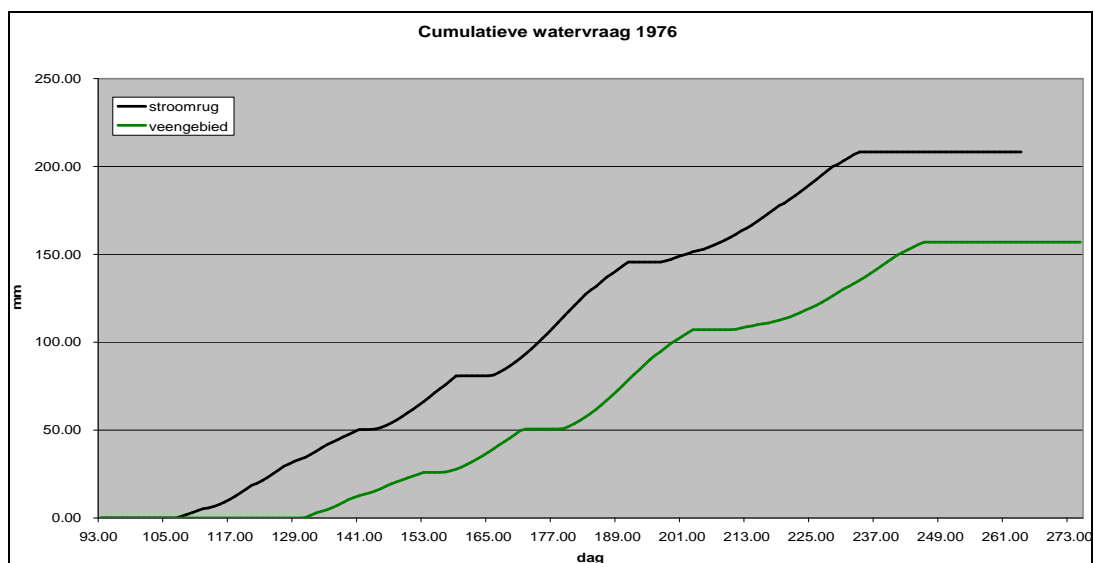
Met behulp van gegevens over neerslag en verdamping van het KNMI station De Bilt en het programma Waterbalans is een indicatie gegeven van de totale watervraag in een droge periode in Rijnenburg. De jaren, die zijn doorgerekend, zijn 2003 (droog jaar) en 1976 (extreem droog jaar). Ook zijn de KNMI '06 scenario's doorgerekend om een indicatie te geven van de toekomstige watervraag.

Het neerslagtekort is gedefinieerd als het maximale cumulatieve verschil tussen neerslag en verdamping in de periode 1 april - 1 oktober. De neerslagtekorten in het huidige scenario en de KNMI '06 scenario's zijn weergegeven in tabel 3.2.1.

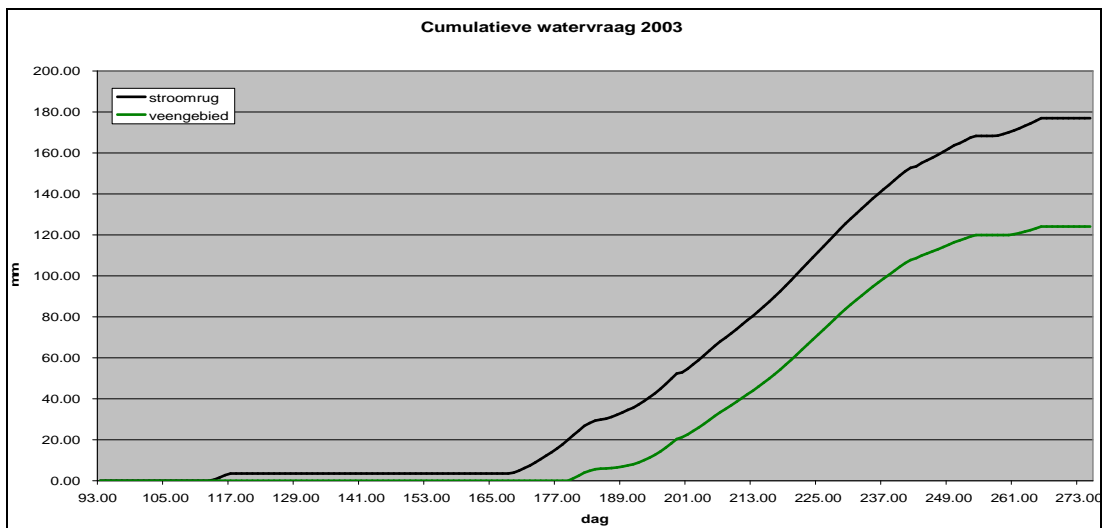
Tabel 3.2.1: Neerslagtekorten huidig scenario en KNMI scenario's

scenario	neerslagtekort (mm)		
	1976	2003	1995
huidig	255	180	46
G	248	171	43
G+	313	209	67
W	256	178	51
W+	347	238	72

Met behulp van het programma Waterbalans is de watervraag verder gedefinieerd (Grontmij). Het studiegebied is hierbij onderverdeeld in veengebied en stroomrug. Opvallend is de hogere inlaatvraag op de stroomrug. Dit heeft te maken met de relatief hoge peilen die in dit gebied worden gehandhaafd. Dit betekent dat het water vanuit de stroomrug snel wegzijgt. Ook opvallend is dat het droge jaar 2003 als extreem droog kan worden beschouwd gezien de sterke stijging van de watervraag halverwege de zomerperiode.



Figuur 3.2.2: Cumulatieve watervraag 1976

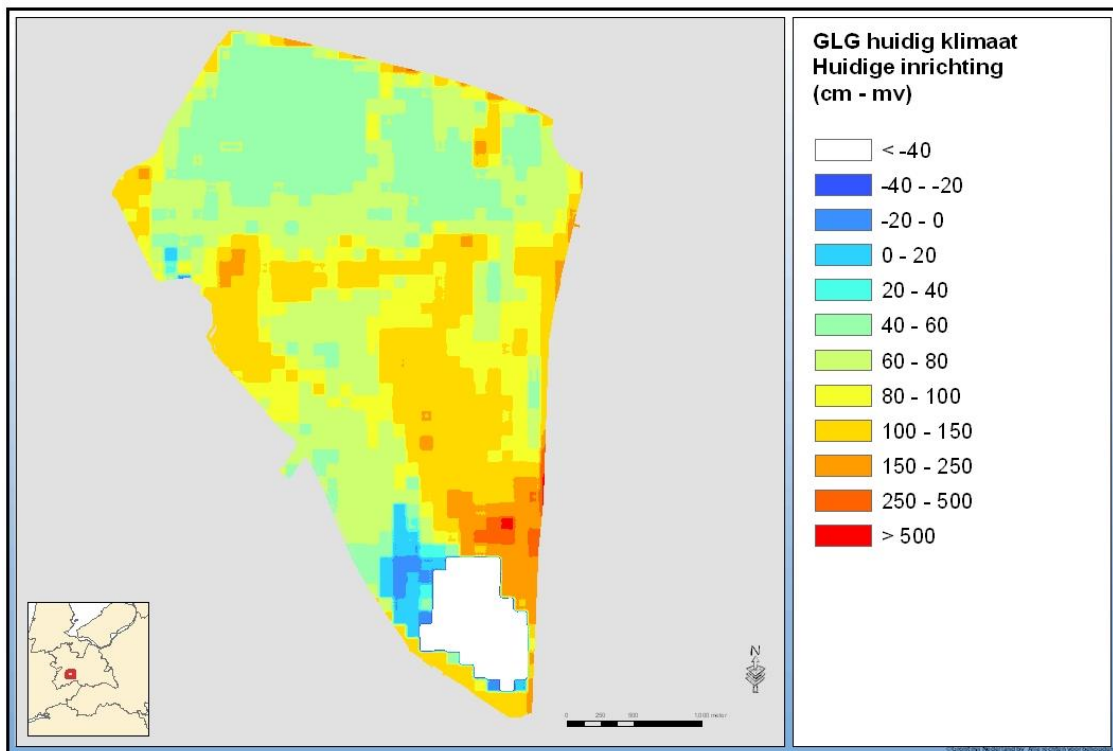


Figuur 3.2.3: Cumulatieve watervraag 2003

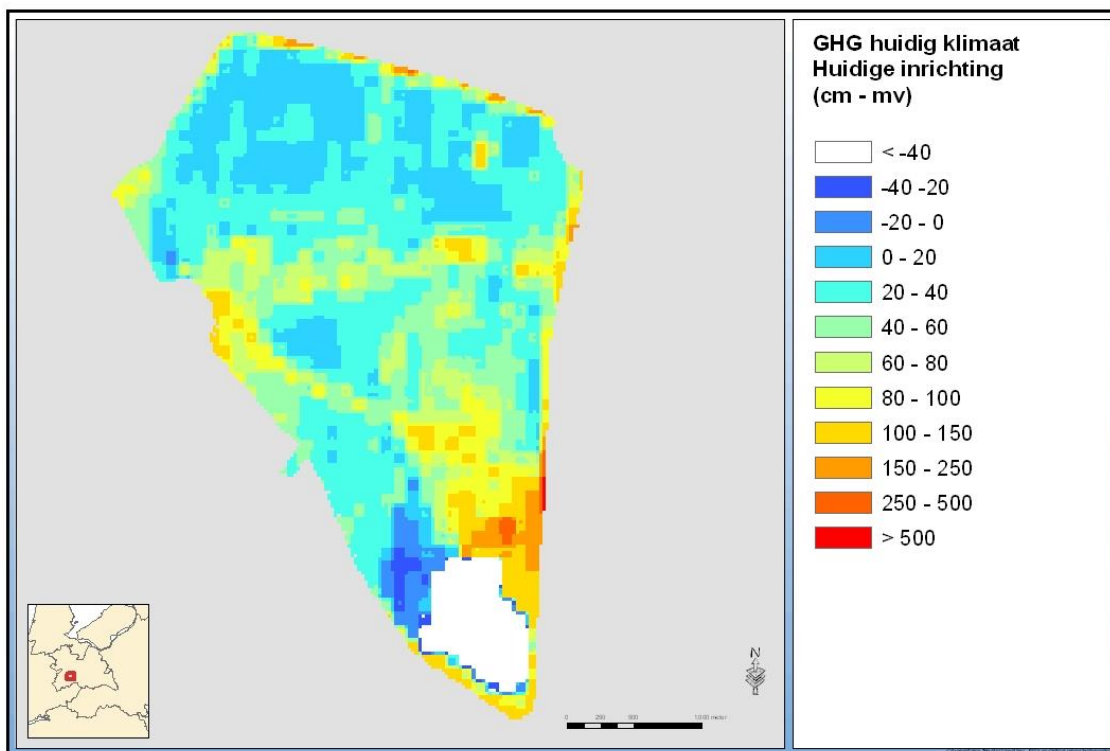
3.3 Huidige inrichting met aanvoer

3.3.1 Grondwaterstanden

In figuur 3.3.1 is een overzicht gegeven van de grondwaterstanden in de huidige inrichting.



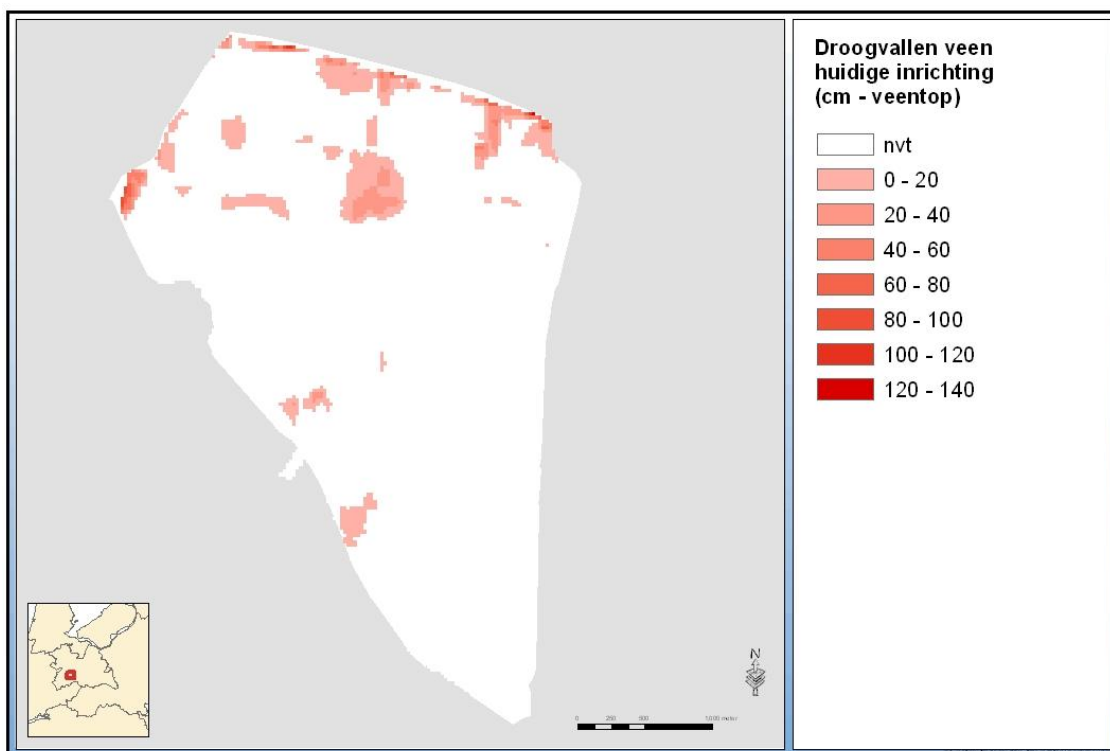
Figuur 3.3.1a: GLG huidige inrichting en huidig klimaat



Figuur 3.3.1b: GHG huidige inrichting met huidig klimaat

3.3.2 Veen

Analyse van de GLG t.o.v. de veendiepte laat zien dat de GLG op dit moment tot gemiddeld 40 cm onder de veentop duikt. Zeer plaatselijk, in het noorden en oosten van het studiegebied duikt de GLG tot 1,20 m onder de veentop. Voor de analyse van de GLG t.o.v. de veendiepte is gebruik gemaakt van de GLG van het huidige klimaat.

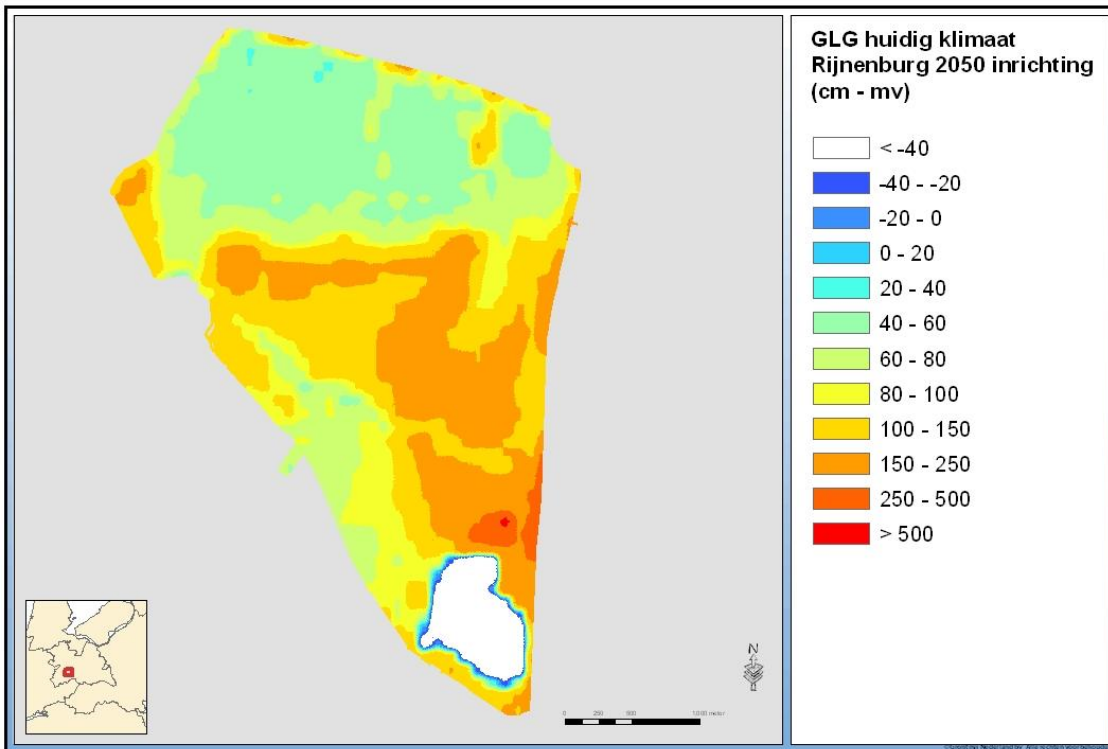


Figuur 3.3.2: Droogvallen van het veen huidige inrichting met aanvoer

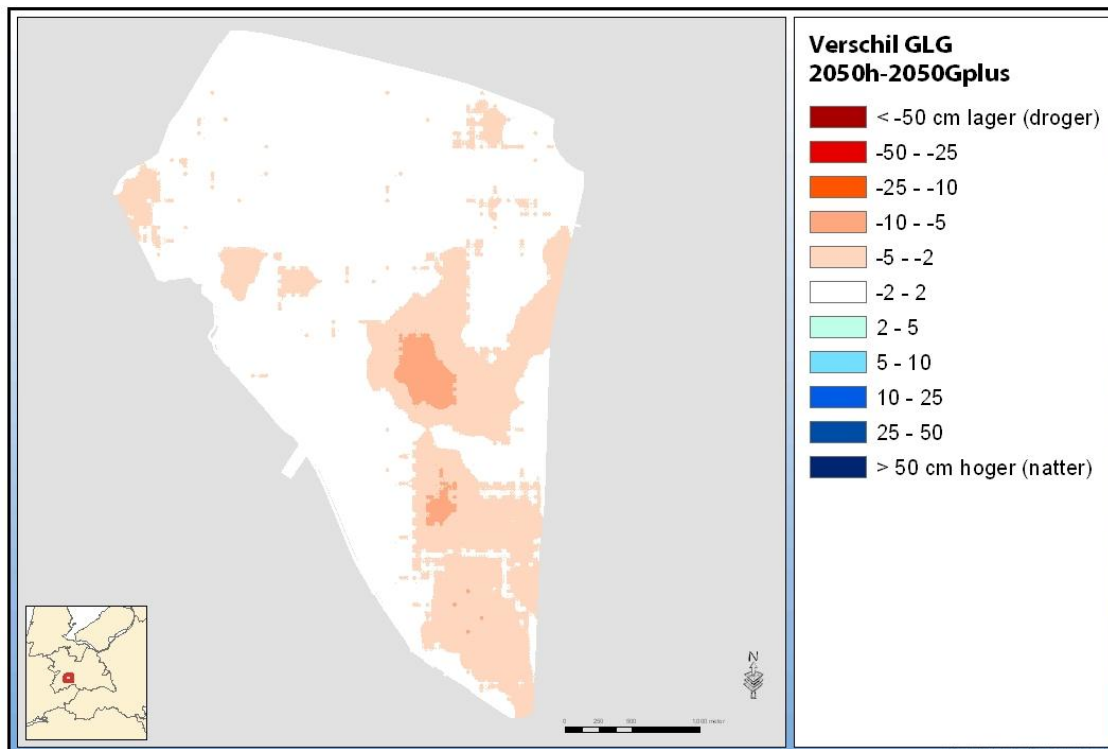
3.4 Toekomstige inrichting met aanvoer

3.4.1 Grondwaterstanden

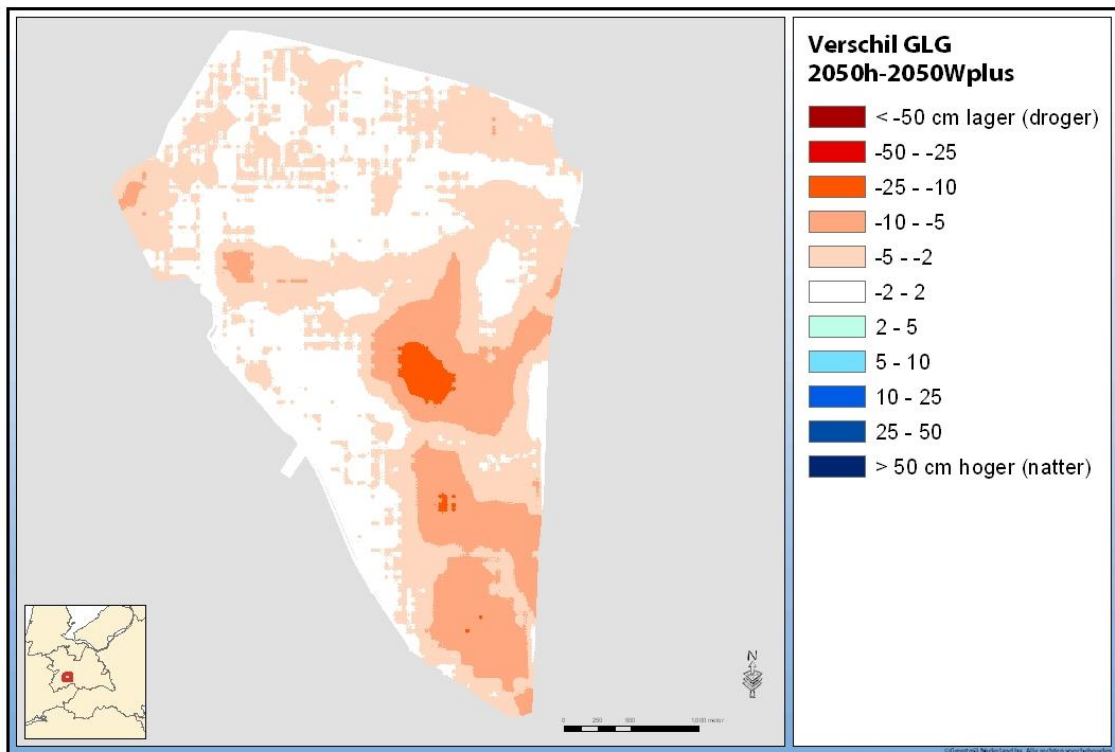
In figuren 3.4.1 en 3.4.2 is een overzicht gegeven van de grondwaterstanden in de toekomstige inrichting met aanvoer (variant 1 van het inrichtingsscenario, figuur 2.3.2).



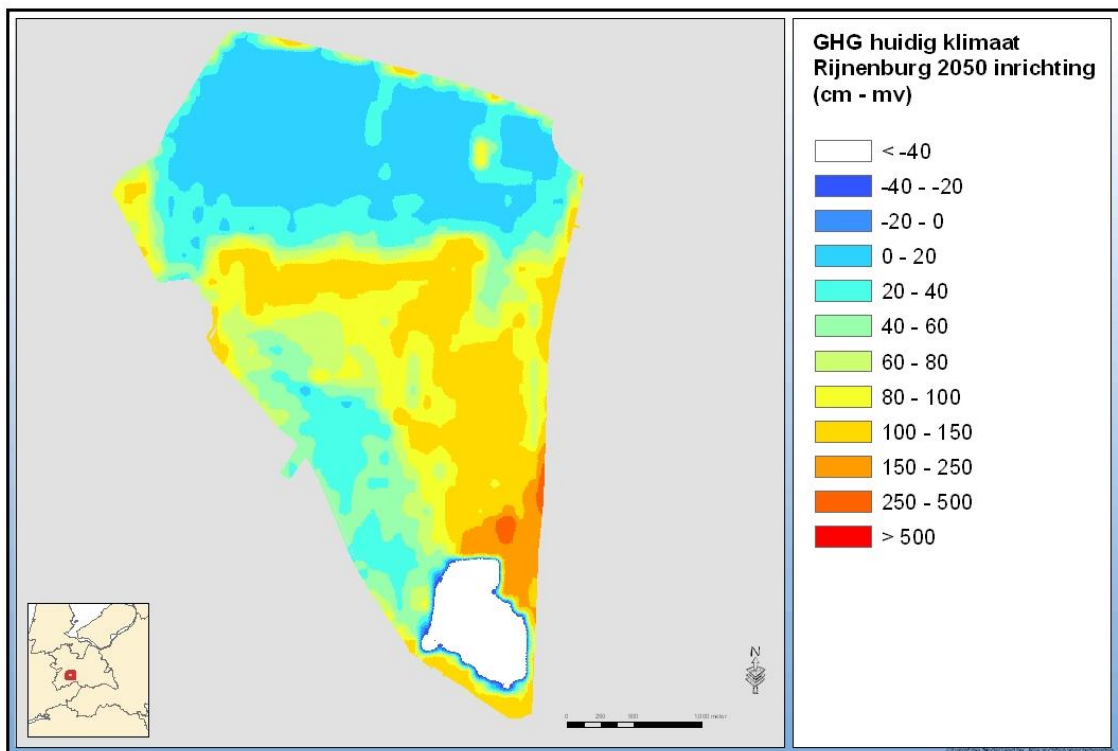
Figuur 3.4.1a: GLG Rijnenburg bij toekomstige inrichting met huidig klimaat



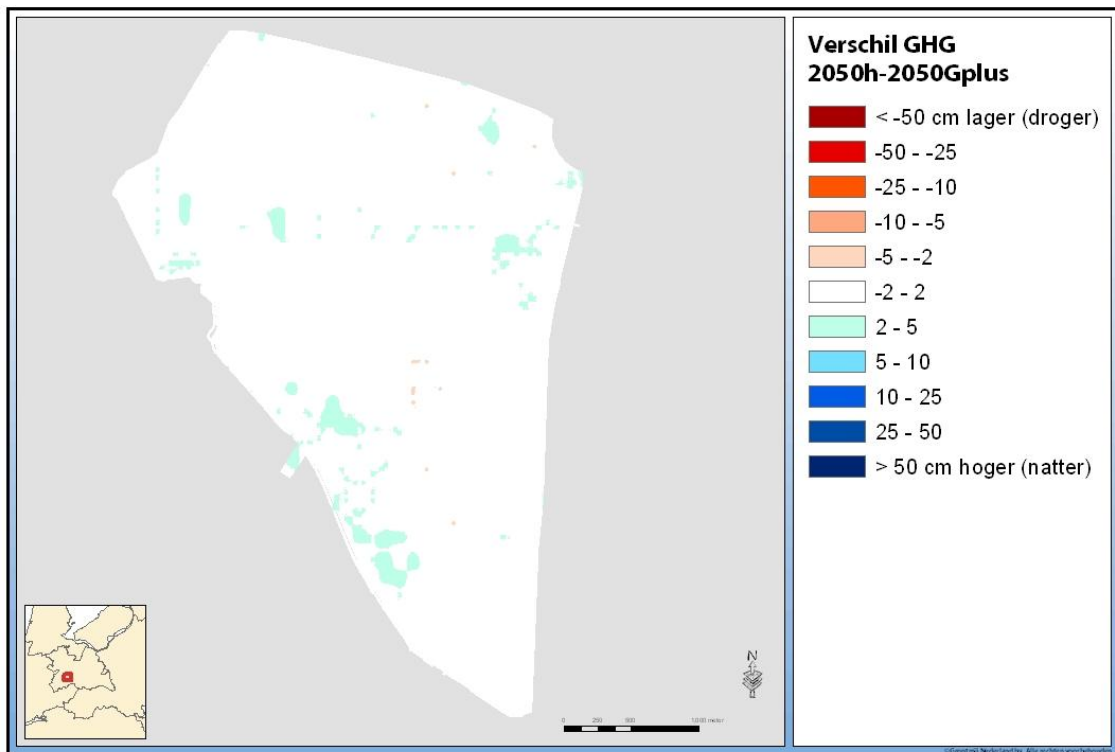
Figuur 3.4.1b: Vershil GLG tussen huidig klimaat en G+ klimaat



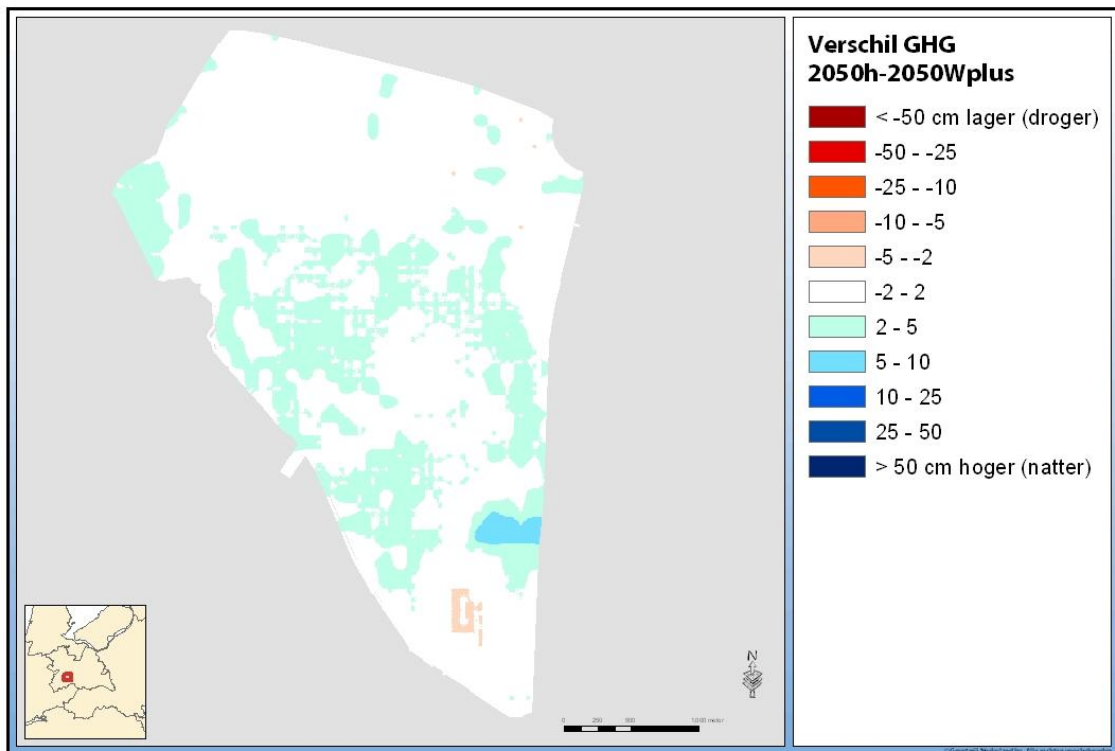
Figuur 3.4.1c: Verschil GLG tussen huidig klimaat en W+ klimaat



Figuur 3.4.2a: GHG Rijnenburg bij toekomstige inrichting met huidig klimaat

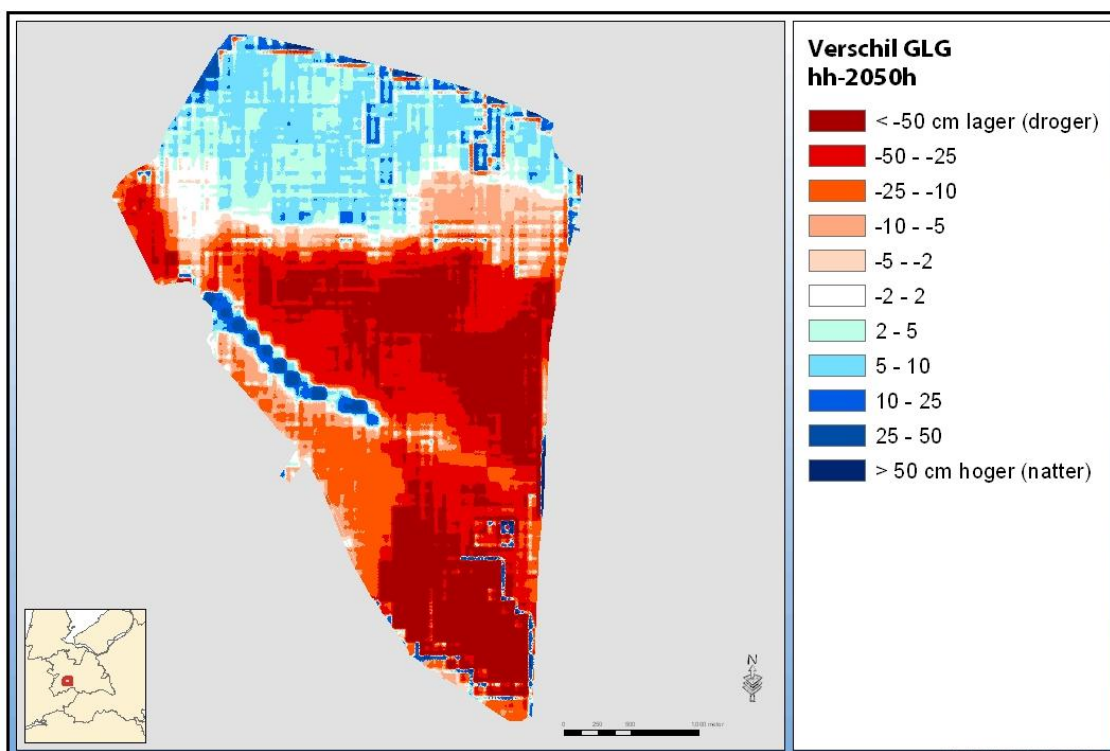


Figuur 3.4.2b: Verschil GHG tussen huidig klimaat en G+ klimaat

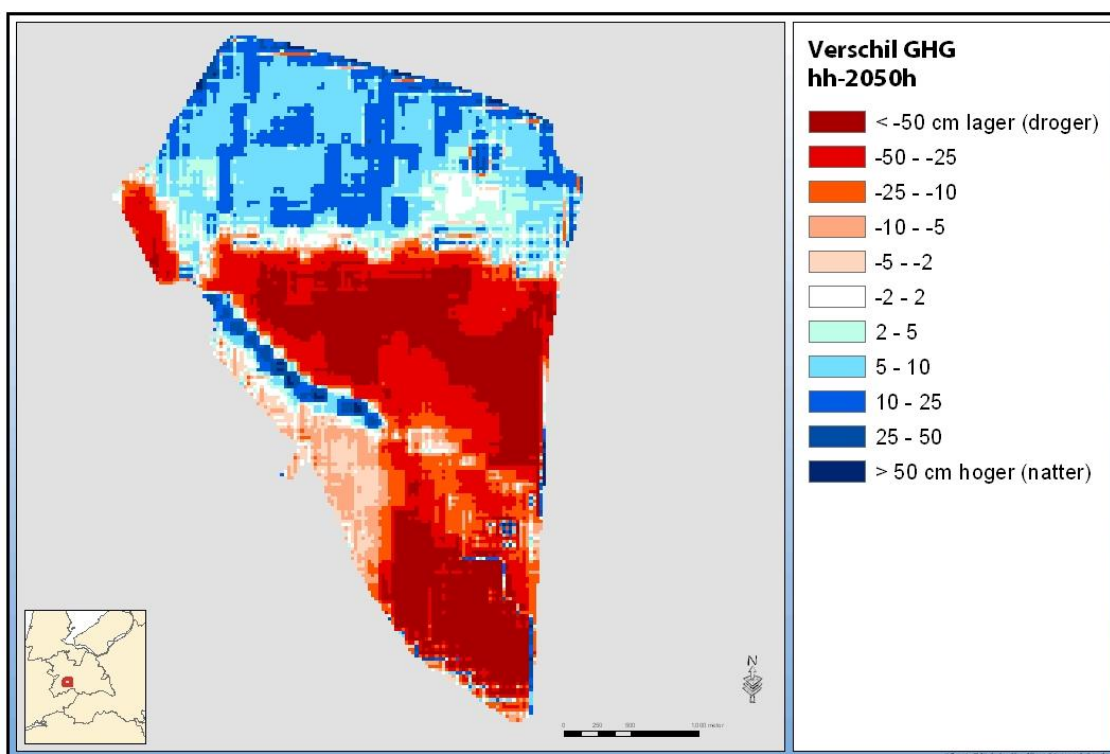


Figuur 3.4.2c: Verschil GHG tussen huidig klimaat en W+ klimaat


Uit bovenstaande figuren valt af te leiden dat met voor de GLG verschillen tussen de klimaat-scenario's bestaan, lokaal tot meer dan 10 cm.



Figuur 3.4.3a: Verschil GLG tussen de huidige inrichting en e toekomstige inrichting met huidig klimaat



Figuur 3.4.3b: Verschil GHG tussen huidige inrichting en toekomstige inrichting met huidig klimaat

Het verschil in grondwaterstand  en gevolge van de peilinstellingen is beduidend groter dan het verschil ten gevolge van de klimaatscenario's. Zie figuur 3.4.3

3.4.2 Wateraanvoer

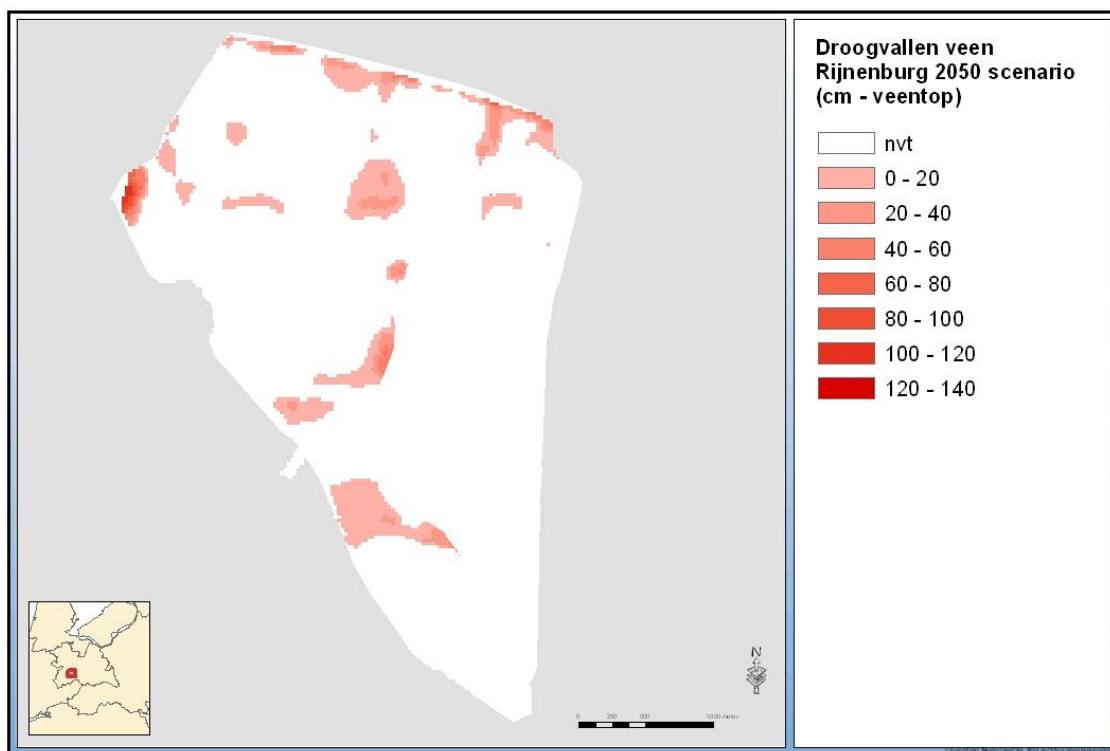
In de toekomstige inrichting is significante aanvoer nodig om de grondwaterstanden op peil te houden.

Tabel 3.4.1 Aanvoer bij toekomstige inrichting en verschillende klimaatscenario's

	Aanvoer (mm/jaar)		
	Gplus	Wplus	KlimHuidig
1995	38	51	34
1996	52	62	45
1997	14	21	8
1998	3	7	1
1999	21	35	13
2000	12	12	2

3.4.3 Veen

Analyse van de GLG t.o.v. de veendiepte laat zien dat de GLG tot gemiddeld 40 cm onder de veentop duikt. Zeer plaatselijk, in het noorden en oosten van het studiegebied duikt de GLG tot 1 m onder de veentop. Hierbij is uitgegaan van het W+ scenario, dit is het droogste scenario.

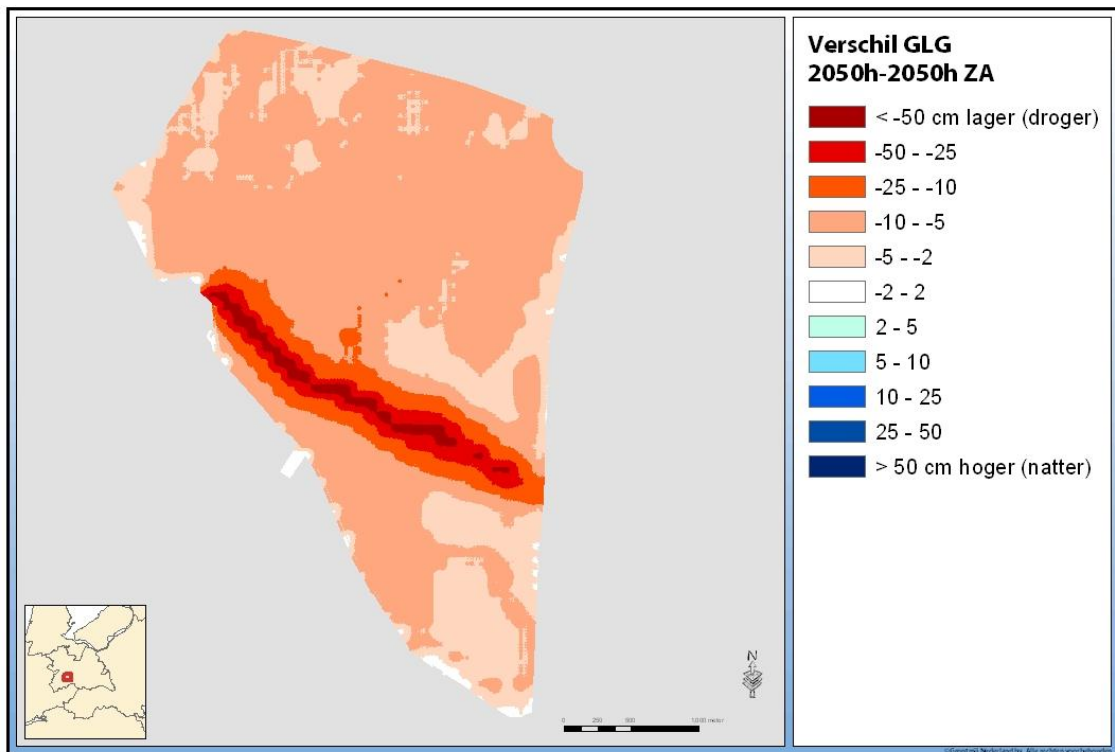


Figuur 3.6.3: Droogvallen van het veen Rijnenburg 2050 inrichting met aanvoer

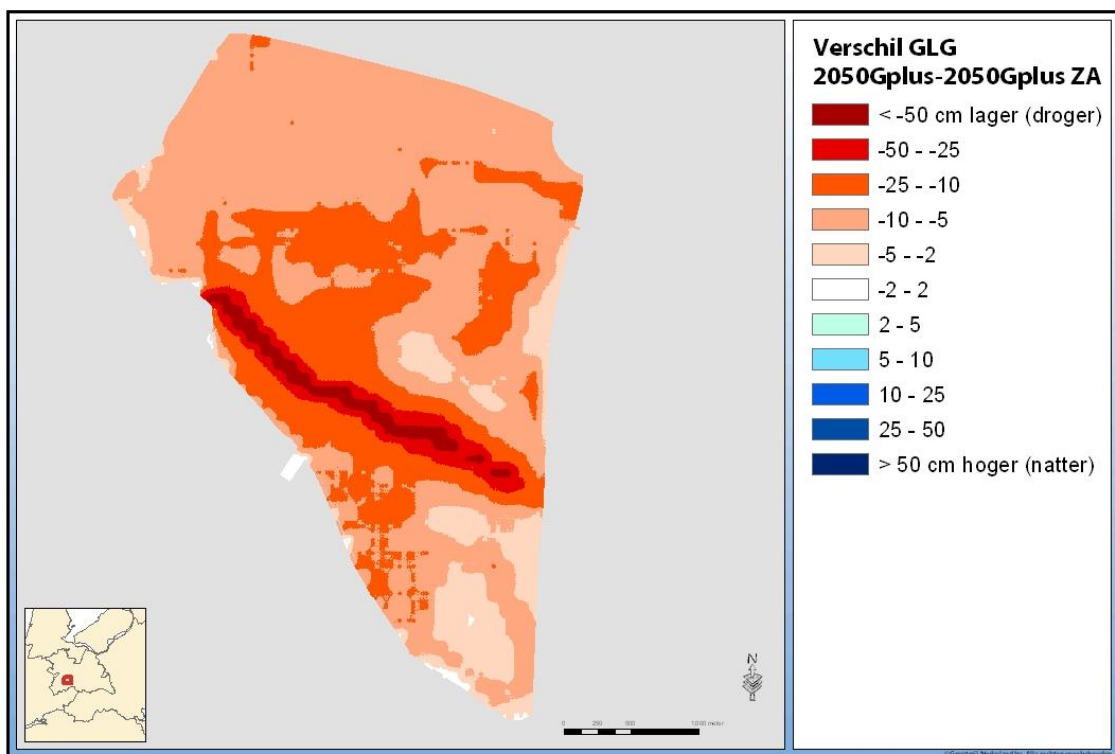
3.5 Toekomstige inrichting zonder aanvoer

3.5.1 Grondwaterstanden

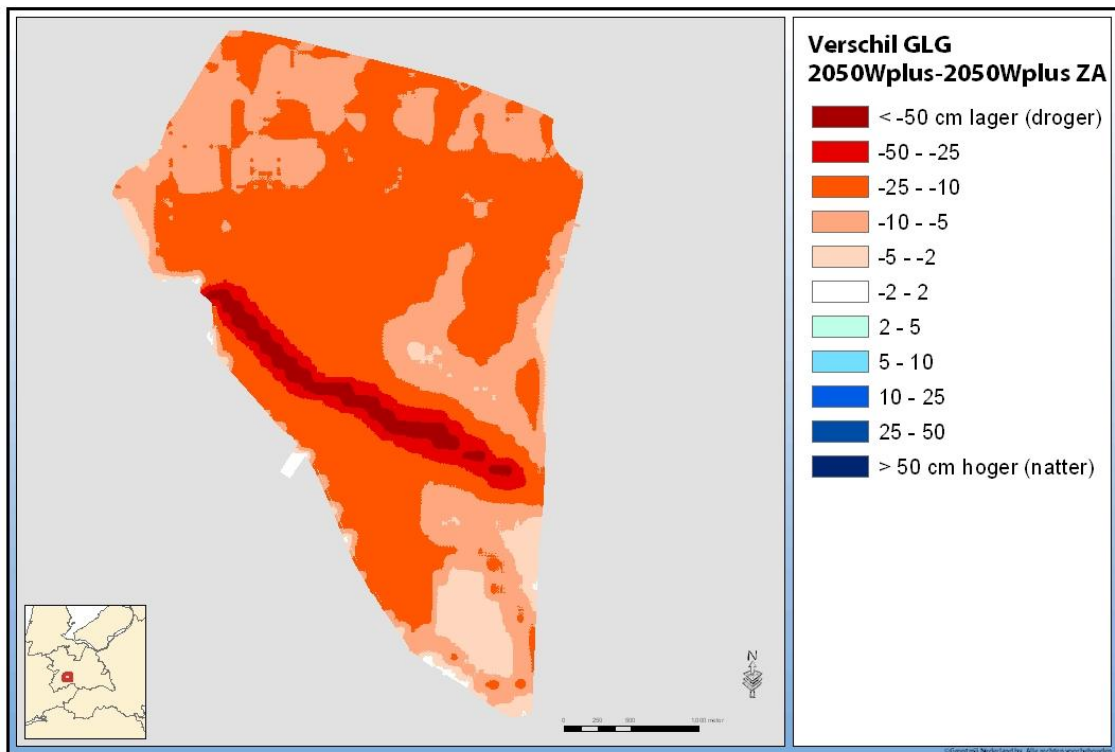
In de toekomstige inrichting zonder aanvoer zakt de GLG zoals verwacht diep weg onder maai-veld t.o.v. de huidige situatie. De GHG verandert nauwelijks.



Figuur 3.5.1a: Verschil in GLG huidig klimaat met aanvoer en huidig klimaat zonder aanvoer



Figuur 3.5.1b: Verschil in GLG G+ klimaat met aanvoer en G+ klimaat zonder aanvoer



Figuur 3.5.1c: Verschil in GLG W+ klimaat met aanvoer en W+ klimaat zonder aanvoer

3.5.2 Veen

Door het diep wegzakken van de GLG komt ook een groter gedeelte van het veen droog te liggen.



Figuur 3.5.2: Droogvallen van het veen Rijnburg 2050 inrichting zonder aanvoer

4 Conclusies

4.1 Evaluatie analyses

De analyses van de grondwaterstanden zijn gedaan met de aanname dat de toekomstige peilvakken variant 1 gebruikt zouden gaan worden. Deze grondwaterstanden zijn vervolgens gebruikt voor analyse voor het droogvallen van het veen. Op basis van deze gegevens zijn nieuwe peilvakken gedefinieerd. Deze nieuwe gegevens zijn echter niet doorgerekend waardoor de berekende grondwaterstanden en het droogvallen van het veen kunnen afwijken van de nieuwe toekomstige situatie. Verwacht wordt dat door verandering van de peilen het veen minder snel droog komt te vallen.

4.2 Watersysteem

Aan de hand van de uitkomsten van de berekeningen en modellering is een korte beschrijving van een watersysteem opgesteld.

Rijnsburg kent hoger gelegen en lager gelegen gebieden. Neerslag vallend op het hoger gelegen deel, de stroomrug, zal snel wegzijgen naar het eerste watervoerend pakket. Neerslag vallend in de lager gelegen gebieden wordt verzameld in slotjes.

De grondwaterstanden staan in het lagere deel van het gebied dicht aan maaiveld. Op de stroomruggen bevindt het grondwater zich op een lager niveau. Voor het handhaven van de hoge grondwaterstanden in de zomer dienen de oppervlaktewaterstanden op een hoog niveau gehandhaafd te worden. Hiervoor is de aanvoer van water noodzakelijk.

4.3 Relaties en inzichten

Op basis van de verzamelde gegevens en de uitgevoerde analyses zijn de volgende relaties en inzichten verkregen:

- Het handhaven van hoge peilen in het veengebied is noodzakelijk om oxidatie van het veen te voorkomen.
- Wateraanvoer is van groot belang om de waterstanden in het oppervlaktewater te kunnen handhaven en daarmee de hoge grondwaterstanden in de veengebieden zeker te stellen;
- In zowel de huidige als toekomstige inrichting is er een watervraag om de grondwaterstanden in de zomerperiode op peil te houden zodat het veen niet droog komt te staan. Bij het vasthouden van water op de stroomrug blijkt dat dit snel wegzijgt. Hier moet rekening mee gehouden worden indien de stroomrug als waterberging in gebruik genomen gaat worden.
- Intensivering van de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater is in het veengebied noodzakelijk om uitzakken van de grondwaterstanden in de zomer te voorkomen. Dit is te realiseren door het verbreden van het slootprofiel of het graven van extra sloten die in de winter water bergen.
- Het gebied met veen moet nat gehouden worden, hierdoor zijn de veengebieden gekenmerkt door relatief hoge peilen en een geringe drooglegging. Dit gebied is ongeschikt voor traditionele woningbouw.
- De peilinstellingen en de indeling in peilgebieden hebben grotere invloed op de grondwaterstanden dan het effect van de klimaatscenario's;
- De watervraag van het gebied zal bij veranderend klimaat aanzienlijk toenemen.

Literatuur

Jansen P.C., Querner E.P. en Kwakernaak C. (2008) *Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden. Een scenariostudie in een gebied met klei-op-veen rond Linschoten*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1666.

Akker J.J.H. van den, Hendriks R.F.A. en Mulder J.R. (2007) *Invloed van infiltratiewater via onderwaterdrains op de afbraak van veengrond*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1597.

