

# Grondwatersysteem van de Veluwe

## Introductie

Deze pagina geeft informatie over het grondwatersysteem van de Veluwe. Het doel van de gepresenteerde informatie is om inzicht te geven in de gevolgen van de klimaatsverandering op het grondwatersysteem en welke maatregelen mogelijk zijn om hier mee om te gaan.

De informatie richt zich nu nog alleen om het omgaan met grondwater bij nieuwe ontwikkelingen. In de toekomst wordt dit uitgebreid met informatie over andere maatregelen waarmee het grondwatersysteem duurzamer gemaakt kan worden. Vooraf wordt inzicht gegeven in het grondwatersysteem van de Veluwe en de kenmerken van de verschillende delen van de Veluwe.

## Inhoudsopgave

<b>Deel 1 - Grondwatersysteem van de Veluwe</b>	<b>1</b>
Grondwaterdeelgebieden	2
Grondwaterdynamiek	2
<b>Deel 2 - Karakteristieke 8 grondwaterdeelgebieden Veluwe</b>	<b>4</b>
Deelgebieden grondwatersysteem Veluwe en locatie van dwarsdoorsnedes	4
Oostflank Veluwe	4
Zuidflank Veluwe	6
Centraal Veluwe	7
Sandrvlakte	7
Stuwwal Ede	8
Stuwwal Wezep – Nunspeet	9
Hierdense beek	10
Stuwwal Ermelo – Putten	11
<b>Deel 3 - Veranderingen grondwater Veluwe</b>	<b>13</b>
Effecten veranderingen grondwaterstanden	14
<b>Deel 4 - Grondwater Veluwe en ruimtelijke inrichting</b>	<b>16</b>
Grondwatermaatregelen bij nieuwe ontwikkelingen	16
Grondwaterstappenplan bij nieuwe inrichtingsplannen	18

## Deel 1 - Grondwatersysteem van de Veluwe

Voor de beschrijving is het grondwatersysteem op de Veluwe opgedeeld in drie zones.

### Hoge zone

Op de hogere delen van de Veluwe ligt het grondwaterpeil 1,5 meter tot meer dan 20 meter onder het maaiveld. Verandering van de grondwaterstand is niet merkbaar aan het maaiveld. De vegetatie is vooral afhankelijk van het regenwater en hangwater. Hangwater is het regenwater wat al in de bodem is geïnfiltreerd maar nog niet het grondwater heeft bereikt.

### Overgangszone

In de overgangszone ligt de grondwaterstand in natte perioden tussen de 150 en 70 centimeter onder het maaiveld. Er zijn geen sloten aanwezig die het grondwater kunnen afvoeren. In deze zone kan incidenteel overlast optreden. In extreem droge periode kan de grondwaterstand verder uitzakken waardoor droogteschade kan optreden.

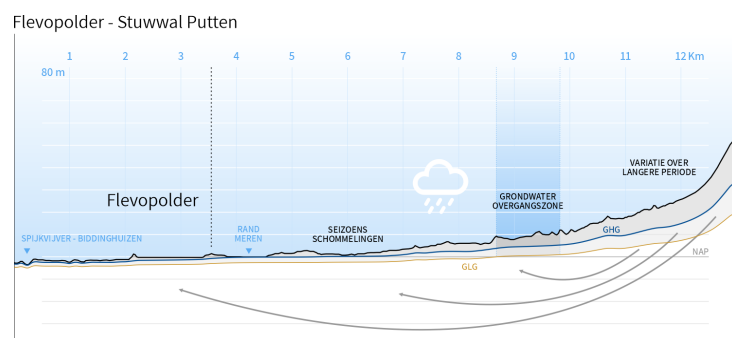
### Lage zone

Deze zone heeft een lager maaiveld en daardoor relatief hogere grondwaterstanden. Het grondwaterpeil ligt hier minder dan 70 centimeter onder het maaiveld. In deze zone zijn wel sloten aanwezig die het grondwater kunnen afvoeren waardoor de grondwaterstand niet hoger komt. In de lage zone wordt dan ook vrijwel jaarrond water afgevoerd.

In het figuur is een dwarsdoorsnede weergegeven waarin de grondwaterstanden ten opzichte van het maaiveld zijn weergegeven. In kaart is aangegeven waar de overgangszone zich bevindt.



Ligging van de grondwaterfluctuatietoezone (<https://geoserver.prvgl.nl/>)



Dwarsdoorsnede grondwatersysteem Veluwe



## Grondwaterdeelgebieden

Het grondwatersysteem op de Veluwe is een samenhangend geheel waarbij deelgebieden\* elkaar beïnvloeden. Er zijn wel verschillende deelgebieden te onderscheiden die elk hun eigen karakteristieken voor het grondwater laten zien.

De 8 deelgebieden verschillen in ontstaanswijze en daarmee in de samenstelling van de ondergrond en zijn ingedeeld naar stroomgebied. De ontstaanswijze heeft effect op de typen beken, richting van de grondwaterstromen en snelheid waarmee het grondwater reageert op het weer. Een belangrijke reden voor de verschillen is de aanwezigheid van slecht doorlatende klei in de ondergrond die verder bestaat uit een goed doorlatend zandpakket. Aan de oostzijde van de Veluwe bevinden zich 'kleischotten' die slecht doordringbare lagen vormen waardoor aanvoer van water richting de randen sterk wordt beïnvloed. In het zuiden is ook klei aanwezig maar deze is veel meer onregelmatig verdeelt in de ondergrond.

**De volgende deelgebieden zijn te onderscheiden:**

- Oostflank Veluwe
- Zuidflank Veluwe
- Sandrvlakte (Zuidwest Veluwe met de Renkumse en Heelsumse beek)
- Stuwwal Ede
- Centraal Veluwe
- Stuwwal Ermelo – Putten
- Hierdense beek
- Stuwwal Wezep – Nunspeet



*Indeling deelgebieden Veluwe*

*Meer informatie over de verschillende deelgebieden en hun eigen karakter is te vinden in deel 2.*

## Grondwaterdynamiek

De dynamiek van de grondwaterstanden is niet overal op de Veluwe gelijk. Dat is zichtbaar in het figuur.

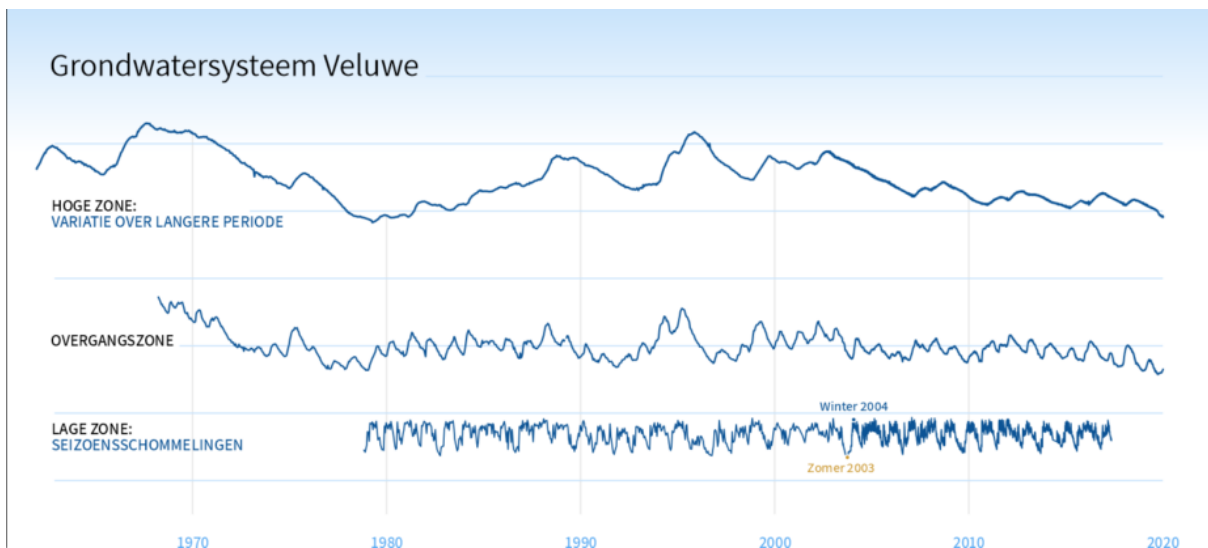
In het centrale deel staat het grondwater diep onder het maaiveld (de grondwater dynamiek is weergegeven met de groen lijn). Doordat het lang duurt voordat regenwater dit grondwater bereikt is de dynamiek van het grondwater in het centrale deel van de Veluwe langjarig en vertraagd. Er kan over meerdere jaren een verschil



van wel 4 meter in grondwaterstand voorkomen. Er is er geen duidelijke dynamiek per seizoen.

In de lage zone om de Veluwe staat het grondwater (rode lijn) dicht onder maaiveld. In dit deel zijn sloten en greppels aanwezig. Hier reageert het grondwaterpeil veel directer op neerslag en is er daarnaast mogelijkheid tot peilbeheer. De langjarige dynamiek is er in deze gebieden nauwelijks. De dynamiek per seizoen is echter goed zichtbaar en fluctueert binnen een jaar met circa 1 meter.

In de overgangszone is in het grondwaterpeil een combinatie van beide invloeden zichtbaar (gele en oranje lijn), zowel langjarige fluctuaties door de langjarig dynamische toevoer van kwel vanuit het midden, als directe reacties op regen en droogte. De jaarlijkse fluctuatie is 0,5 tot 1 meter. Over meerdere jaren kan de grondwaterstand met 2 tot 3 meter veranderen.



Peilbuizen waarin de verschillende werking zichtbaar is



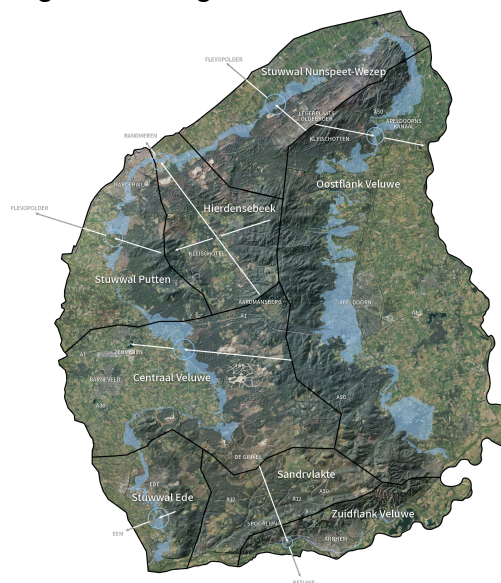
## Deel 2 - Karakteristieke 8 grondwaterdeelgebieden Veluwe

### Deelgebieden grondwatersysteem Veluwe en locatie van dwarsdoorsnedes

In het grondwatersysteem van de Veluwe zijn er verschillende deelgebieden van elkaar te onderscheiden die elk hun eigen karakteristieken voor het grondwater laten zien. Hieronder is een beschrijving gegeven van de volgende deelgebieden:

Bij de beschrijving van de gebieden is gebruik gemaakt van de rapportage 'Kennisonotitie watersysteem Veluwe, 19 oktober 2017'.

- Oostflank Veluwe
- Zuidflank Veluwe
- Sandrvlakte (Zuidwest Veluwe met de Renkumse en Heelsumse beek)
- Stuwwal Ede
- Centraal Veluwe
- Stuwwal Ermelo – Putten
- Hierdense beek
- Stuwwal Wezep – Nunspeet



Indeling deelgebieden Veluwe

### Oostflank Veluwe

#### Ligging

Het deelgebied Oost Veluwe loopt van de waterscheiding op de hoogste delen van de Veluwe via de Veluweflank tot aan de IJsselvallei. Het is een langgerekt deelgebied lopend van Hattem tot Dieren. Opvallend is de aanwezigheid van veel sprengen en beken.

#### Karakteristiek

Het gestuwde pakket in de ondergrond helt af naar het oosten toe, naar de IJssel. Het IJsseldal zelf is in de ondergrond opgevuld met een ondoorlatende kleilaag. Aan het eind van de voorlaatste ijstijd was het hoogteverschil tussen Veluwe en IJsseldal circa 100m groter dan nu, en was de zeespiegel evenredig lager dan nu.

Kenmerkend voor dit deelgebied zijn de kleischotten in de ondergrond, die grofweg hellen van de Veluwe naar de IJssel toe. Deze kleischotten verdelen het grotere zandpakket in compartimenten. De kleischotten hebben een noord-zuid strekking en zijn soms maar centimeters dik en bestaan uit slecht doorlatend materiaal. Deze

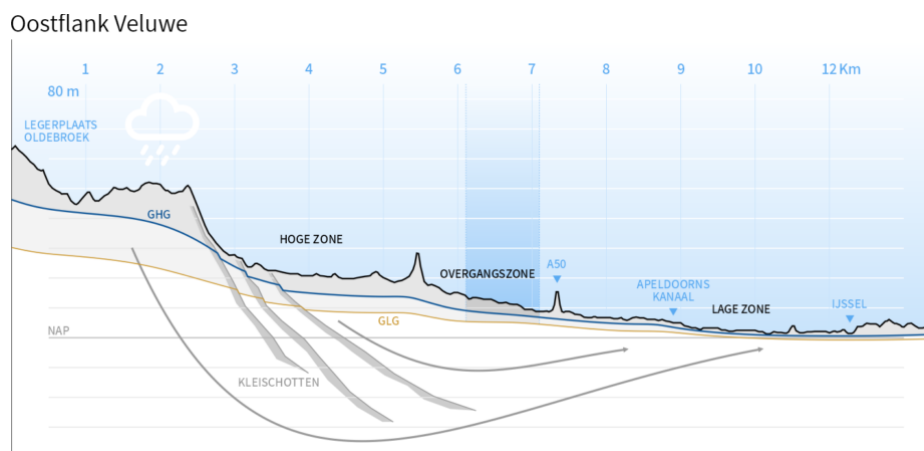


kleischotten geven een remmende werking op de west-oost stroming van grondwater. Ten noorden van Apeldoorn/Eerbeek is de stromingsrichting binnen de compartimenten noordelijk, ten zuiden ervan zuidelijk. Deze kleischotten zorgen ook voor de aanwezigheid van veel beken en sprengen aan de Oostelijke Veluwe flank. De beken en sprengen beginnen hoog op de helling, op ca. 20-35 m +NAP.

De compartimentering op de Oostflank maakt dat de stroming in het grondwater Noord-Zuid gericht is. Daar waar beekdalen de kleischotten doorsnijden stroomt water naar het Oosten het compartiment uit. Voor de noord-zuid gerichte grondwaterstroom betekent dit stroomafwaarts minder waterbeschikbaarheid.

### Aandachtspunten voor gebruik

De aanwezigheid van de kleischotten maakt dat dit deelgebied zelf weer is onder te verdelen in vele compartimenten. Ingrepen in de waterhuishouding, zoals onttrekkingen, hebben dan een relatief groot effect in een relatief klein gebied (relatief ten opzichte van de andere deelgebieden). Studies in het verleden hebben laten zien dat winningen op de oostflank van de Veluwe als gevolg van het kleischottensysteem van de Oost-Veluwe snel leiden tot verdroging van natuur in hetzelfde systeem. Ingrepen in de ondergrond (graven, boren, onttrekken) in deze omgeving moeten met oog voor de lokale situatie en detail worden ontwikkeld en beoordeeld. Graafwerkzaamheden nabij kleischotten kunnen leiden tot verdroging in



het bovenstroomse compartiment en tot meer water in het benedenstroomse compartiment. Ophoging is dus veelal de veiligste keuze waar mogelijk.

*Dwarsdoorsnede: Oostflank Veluwe*



## Zuidflank Veluwe

### Ligging

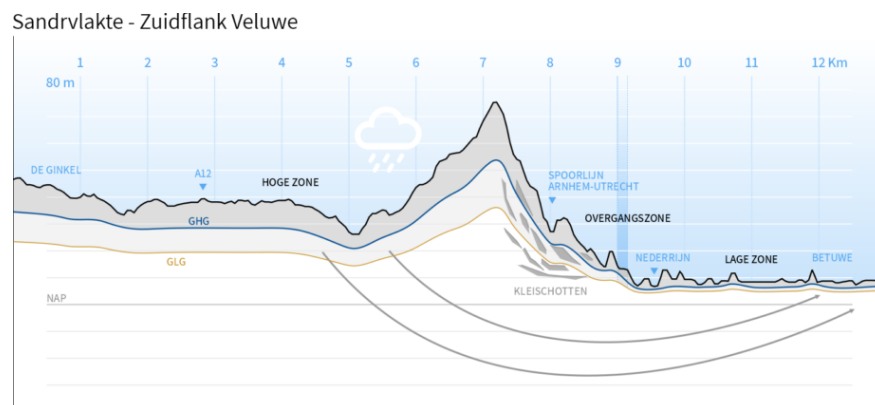
Het deelgebied is een langgerekt, smal gebied van Dieren tot aan Doorwerth . Dit gebied is sterk verstedelijkt, en kent een groot aantal kleine, korte, noord-zuid lopende beekjes.

### Karakteristiek

De ondoorlatende laag ligt hier relatief ondiep. Het watervoerende pakket van de Veluwe is hier daardoor het dunst van alle deelgebieden. Hoger in het profiel komen scheidende lagen voor, maar niet aaneengesloten. De ondergrond is hier sterk vervormd, vandaar de naam “Kreukelzone” ook wel gebruikt wordt voor dit gebied. Op korte afstand komen watervoerende en scheidende laagjes voor, die door de stuwung vervormd zijn. Er zijn veel bronnen ontstaan en sprengen aangelegd. Schijngrondwaterspiegels komen voor. Daarnaast kent dit gebied het grootste verval over korte afstanden.

### Aandachtspunten voor gebruik

Dit deelgebied is het meest gemêleerd van alle deelgebieden. Er is sprake van een afwisseling van watervoerende en scheidende lagen, alle op korte afstand en sterk vervormd. De beeksystemen zijn onafhankelijk van elkaar. Ingrepen in de waterhuishouding zullen grote effecten hebben binnen kleine gebieden. Het is het meest kleinschalige systeem van alle deelgebieden. De grondwaterwinningen onttrekken water uit watervoerende pakketten op grotere diepte, en staan los van de werking van het bovenliggende watersysteem. Bij ingrepen zal dus nauwkeurig in kaart gebracht moeten worden waar de scheidingen zitten met het volgende systeem en effectbepaling voor het invloedsgebied bepalen is nodig.



Dwarsdoorsnede: Zuidflank Veluwe



## Centraal Veluwe

### Ligging

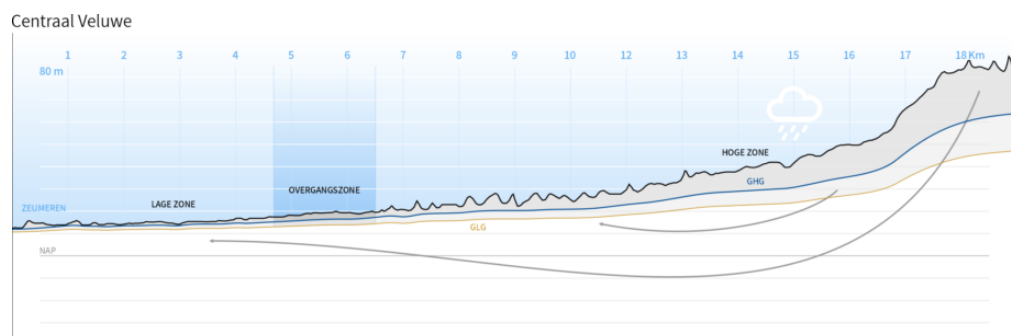
Dit deelgebied loopt vanaf de waterscheiding (ruwweg tussen Terlet en Vierhouten) naar het westen en bevat een groot deel van nationaal park de Hoge Veluwe en de heide- en stuifzandgebieden bij Kootwijk. Ter hoogte van de Harskamp ontspringen een aantal beken die de Gelderse Vallei inlopen.

### Karakteristiek

Het middendeel van de Veluwe is een infiltratiegebied, de gestuwde lagen zijn hier minder vervormd dan in de oost en westflank en zijn geplooid. De gestuwde lagen worden dunner naar het westen en stoppen ter hoogte van Otterlo en de Harskamp. Water dat hier infiltreert gaat deels naar de ondiepe ondergrond of stroomt op diepte richting de Flevopolder of richting de Betuwe.

### Aandachtspunten voor gebruik

De zone waarin grondwater dicht aan maaiveld komt is relatief breed doordat het maaiveld maar geleidelijk aan afloopt richting het westen. Binnen dit gebied moeten ingrepen dus bestand zijn tegen veel of weinig water, of is ophoging noodzakelijk. Voor actief klimaatbeheer (bufferen, afwateren) is dit een gebied wat mogelijkheden



biedt.

*Dwarsdoorsnede: Centraal Veluwe*

## Sandrvlakte

### Ligging

Het deelgebied Zuidwest Veluwe ligt tussen Ede, spoorlijn / A12, Oosterbeek en de Rijn. Het is een gebied met twee beken, de Renkumse en Heelsumse beek.

### Karakteristiek

Kenmerkend voor dit deelgebied zijn de grote oude uitspoeldalen met de Sandr

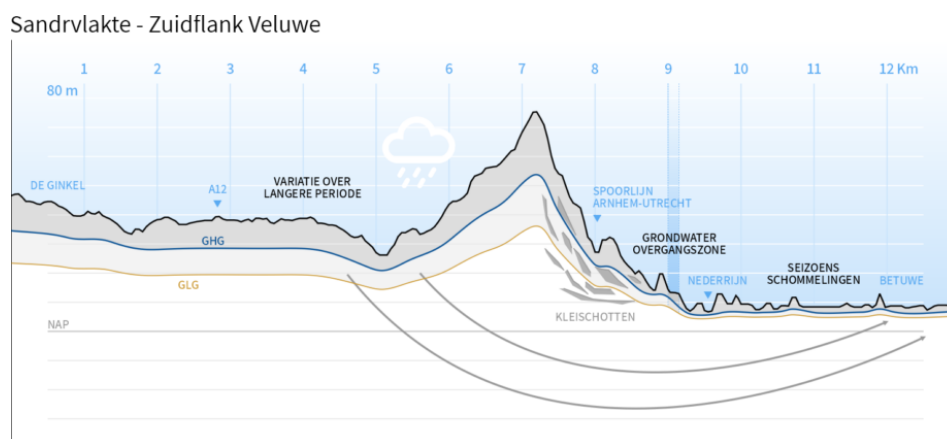




vlakke met daarin de Renkumse en Heelsumse beek. Deze wateren het gebied tussen de Veluwse en de Wageningse stuwwal af via twee relatief grote beekdalen. Het midden van dit deelgebied rond knooppunt Grijsoord tussen de A12 en de A50 naar het zuiden is niet gestuwd. Op 50m diepte komt de scheidende laag Formatie van Waalre voor. De dikte hiervan is gering en mogelijk onderbroken. De laag is niet aanwezig in het noordelijk deel, waardoor hier sprake is van een groot watervoerend pakket. Dit blijkt ook uit peilbuismetingen op diverse dieptes, die alle hetzelfde patroon vertonen. De ondergrond in dit deelgebied kan dan ook als 1 groot doorlatend pakket worden beschouwd. Veel water wordt via de diepe ondergrond naar de Betuwe afgevoerd. In 2010 is een systeemanalyse uitgevoerd naar de Renkumse beek.

### Aandachtspunten voor gebruik

Belangrijk kenmerk van dit deelgebied is dat er sprake is van 1 groot samenhangend watervoerend pakket. Plaatselijk zijn er wel scheidende lagen aanwezig, maar onttrekkingen en ingrepen werken door in het gehele gebied. Daardoor is hun effect wel beperkt op lokale schaal.



Dwarsdoorsnede: Sandrvlakte

## Stuwwal Ede

### Ligging

De stuwwal ligt van zuid naar noord tussen de Rijn en Lunteren, ten westen van Wageningen en Ede.

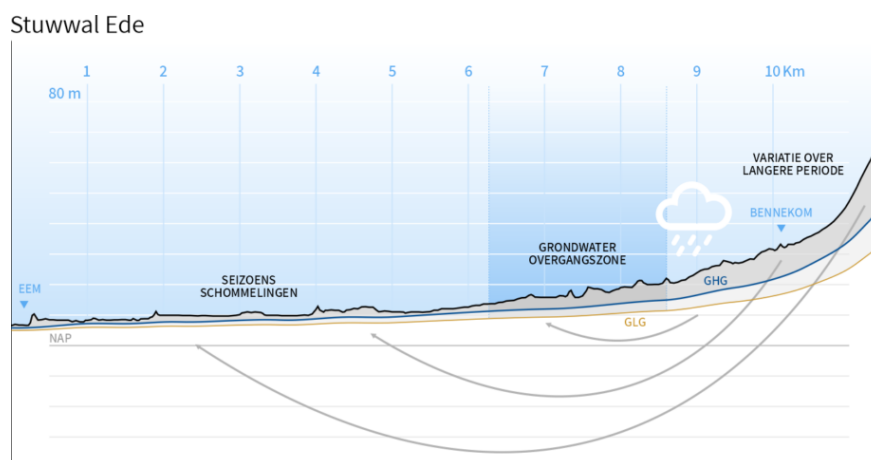
### Karakteristiek

De stuwwal ligt op de kleilaag van Kedichem (formatie van Waalre). Ondanks de dikte van het watervoerende pakket is de doorlatendheid gering. Dit wordt veroorzaakt doordat de doorstroomde dikte beperkt wordt door de kleilaag in de ondergrond en de grondwaterstand relatief diep onder maaiveld staat.



### Aandachtspunten voor gebruik

De relatief lage doorlatendheid in dit deelgebied betekent een groter risico op overstroming in de overgangszone. Effecten van droogte zullen minder snel door een ingreep versterkt worden omdat de grondwaterstand relatief diep zit.



*Dwarsdoorsnede: Stuwwal Ede*

## Stuwwal Wezep – Nunspeet

### Ligging

Dit deelgebied ligt tussen Wezep en Nunspeet en vormt de noordrand van de Veluwe. Het is de overgang van de Veluwe naar de voormalige zuiderzeekust. Door aanleg van de Flevopolders (5m onder het zeeniveau ) is er een grondwaterstroming naar deze polders ontstaan en wordt de grondwaterstand (op lange termijn) ook op de Veluwe lager.

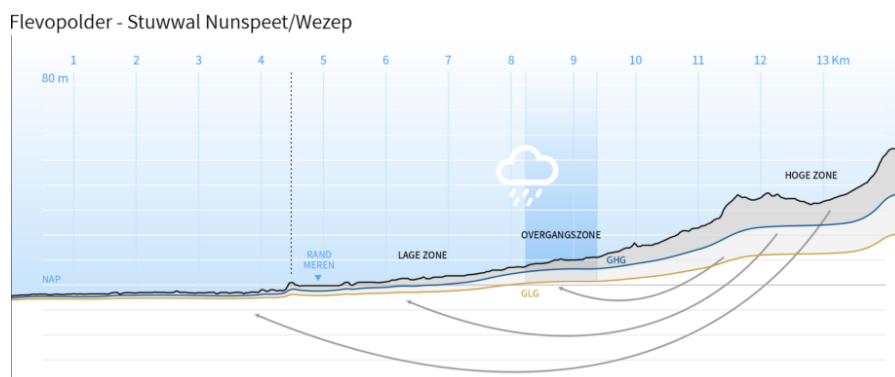
### Karakteristiek

De opbouw van de ondergrond kenmerkt zich door de beperkte aanwezigheid van gestuwde lagen. Nabij Wezep/ Hattem zijn nog wat gestuwde lagen aanwezig. De ondergrond bestaat tot op grote diepte vooral uit zandige lagen waarin lokaal wel kleilagen (kleilagen) voorkomen. In de hogere delen zijn geen beken, deze ontstaan pas lager op de helling richting de randmeren.

### Aandachtspunten voor gebruik

Met name de invloed van randmeer en Flevopolders is van belang in de grondwaterfluctuatietoneel. De actuele peilen en verwachtingen voor de toekomst moeten worden meegenomen bij het plannen van ingrepen. Daarnaast is het in geval van grotere verstoringen van belang te onderzoeken of er kleilagen dicht bij de betreffende locatie zijn.





Dwarsdoorsnede: Stuwwal Wezep-Nunspeet

## Hierdense beek

### Ligging

Het deelgebied Hierdense Beek ligt ingebed in de noordrand van de Veluwe tussen de deelgebieden Ermelo-Putten en Wezep-Nunspeet. Het betreft het stroomgebied van de Hierdense Beek die ontspringt nabij Uddel en dus duidelijk afwijkt van de andere beken die aan de noordkant van de Veluwe naar de randmeren stromen.

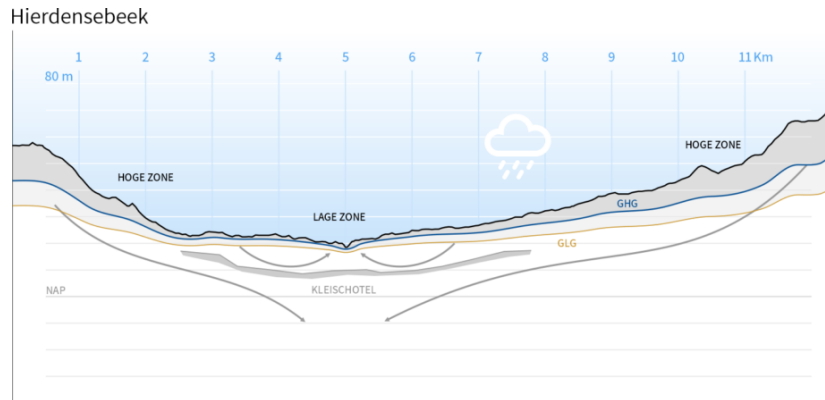
### Karakteristiek

Tijdens de smeltperiode van de Saale ijstijd is in het gebied tussen de stuwal bij Garderen en die bij Vaassen een smeltwaterterras ontstaan. Hier heeft zich een meer gevormd waar klei en leem is afgezet. In latere perioden is er op deze oude meerbodem weer zand afgezet. De bodem van het meer vormt nu een slecht doorlatende laag in de ondergrond. Boven deze kleilaag stagneert grondwater en vormt een schijngrondwaterspiegel die (veel) hoger is dan waar de kleilaag ontbreekt. Het grondwater dat de Hierdense beek voedt staat dus niet in verbinding met het 'grote' grondwatersysteem van de Veluwe.

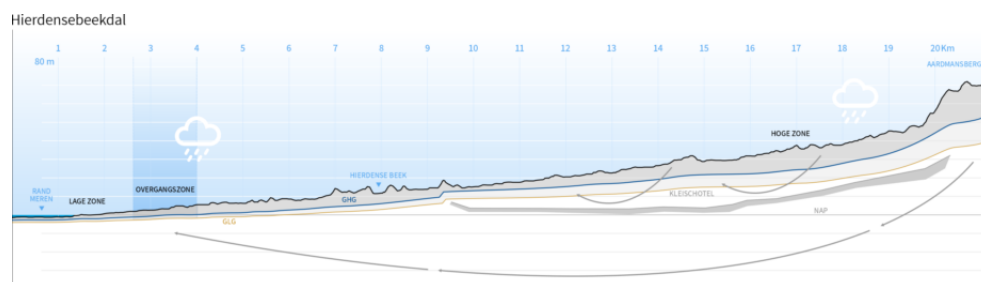
### Aandachtspunten voor gebruik

Doordat het grondwater boven de kleilaag staat, in een zandpakket van beperkte dikte, reageert het systeem snel op neerslag en verdamping (in tegenstelling tot het omliggende systeem van de Veluwe). Die snelle reactie in de fluctuatie zone geeft risico's, maar biedt ook kansen om buffers te ontwikkelen.





*Dwarsprofiel West-Oost: Hierdense beek*



*Dwarsprofiel Noord-Zuid: Hierdense beek*

## Stuwwal Ermelo – Putten

### Ligging

Dit deelgebied ten westen van de Hierdense beek vormt hier de noordwest rand van de Veluwe richting de randmeren en de noordelijke Gelderse vallei. Het gebied loopt ruwweg van Harderwijk tot Voorthuizen .

### Karakteristiek

In de ondergrond zijn gestuwde lagen aanwezig die de stroming van grondwater beïnvloed. Deze slecht doorlatende lagen zijn bepalen voor de grondwaterstroming in zowel de horizontale als in verticale richting. Er is relatief weinig bekend over de opbouw van de stuwwal en de eventuele aanwezigheid van kleischotten.

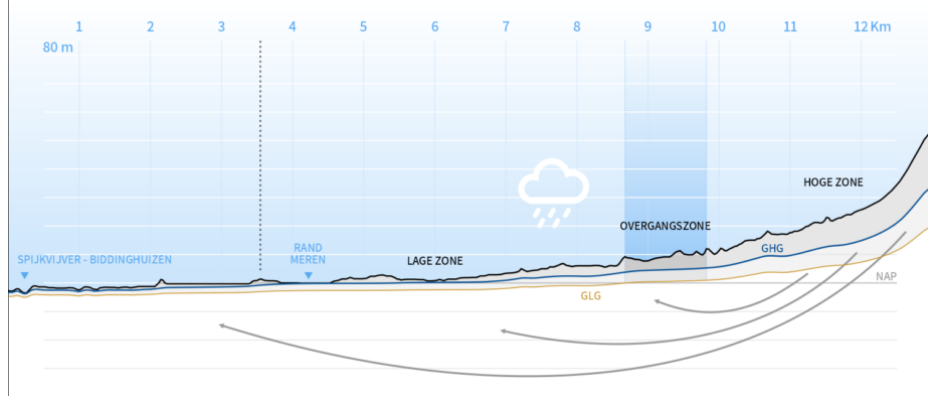
### Aandachtspunten voor gebruik

Doordat over dit gebied weinig bekend is zijn de onzekerheden rond lokale grondwaterstroming groot. Kans op lokaal grote effecten is substantieel, en elke vergraving vergt daarmee intensief vooronderzoek.



Dwarsdoorsnede: Stuwwal Ermelo – Putten

Flevopolder - Stuwwal Putten



## Deel 3 - Veranderingen grondwater Veluwe

De grondwaterstand op de Veluwe wordt beïnvloed door drie belangrijke veranderingen.

### Verandering begroeiing

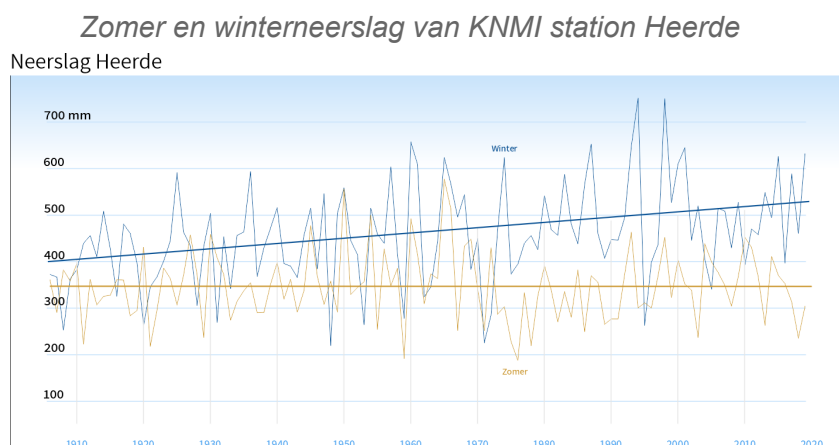
In de 19de eeuw was de Veluwe nog een heidegebied. Dit is omgevormd tot een bosgebied met veel naaldhout en verandert nu steeds meer naar loofbos. Bossen hebben een grotere verdamping dan heide waardoor er in de loop van de tijd minder regenwater de grond in trok. Naaldbomen zijn het hele jaar groen terwijl loofbomen maar de helft van het jaar bladeren hebben. De naalden van naaldbomen zorgen er dus gedurende het hele jaar voor dat een deel van de neerslag niet kan infiltreren in de bodem maar verdampt. In loofbossen kan het water direct worden openomen tijdens de wintermaanden. De toename in het aantal loofbossen zorgt daarom weer voor een hogere grondwaterstand. En sterke gelaagdheid van begroeiing zorgt daarentegen weer voor meer biomassa waar het regenwater op blijft zitten en weer zal verdampen.

### Verandering waterbeheer

In het verleden zijn sprengbeken gegraven voor de inzet van watermolens. De Flevopolder is droog gelegd en door ruilverkavelingen zijn de waterpeilen in veel gebieden verlaagd. Al deze ingrepen hebben gezorgd voor een snellere afvoer van het diepe grondwater van de Veluwe waardoor de grondwaterstanden nu structureel lager zijn dan in het verleden.

### Klimaatverandering

Het klimaat verandert. In de metingen van het KNMI is terug te zien dat het neerslagpatroon veranderd is ten opzichte van honderd jaar geleden. De verdamping neemt toe doordat de temperatuur stijgt. Over honderd jaar zal het klimaat weer anders zijn dan nu. Voor het grondwatersysteem kijken we vooral naar de verandering in neerslag en in verdamping.



In het figuur is te zien dat in de afgelopen 100 jaar de neerslag in de zomer gemiddeld gelijk is gebleven, en dat de neerslag in de winter gemiddeld is toegenomen. De trend dat er meer neerslag valt over het hele jaar zal waarschijnlijk doorzetten, en het grootste deel zal in de winter vallen.

Het is nog onzeker welk effect klimaatsverandering precies heeft op het grondwatersysteem. In de klimaatatlas wordt er vanuit gegaan dat de grondwaterstand op de Veluwe meer dan 1 meter kan stijgen en in de overgangszone tot een halve meter. Voorspellingen met grondwatermodellen leveren echter nog geen eenduidig beeld op. De metingen uit het verleden geven een indicatie maar zijn geen garantie voor de toekomst.

Als de winters inderdaad natter worden kan de grondwaterstand hoger worden. Uit de metingen van de afgelopen eeuw blijkt dat het gemiddeld al meer is gaan regenen in de winter. De grondwaterstand is echter niet gestegen. Met de kennis van nu is het verstandig om rekening te houden met zowel een verhoging als verlaging van de grondwaterstand bovenop de langjarige variatie die de afgelopen eeuw ook zichtbaar zijn.

## Effecten veranderingen grondwaterstanden

Bij verandering van de grondwaterstand in de toekomst kan overlast optreden daar waar dat nu nog niet het geval is of juist extra droogte. Per grondwaterzone kan dat verschillen.

### Hoge zone

In de hogere delen van de Veluwe ligt het grondwaterpeil 1,5 meter tot meer dan 20 meter onder het maaiveld. Hier zijn de grondwaterstanden dus dermate diep dat extreme neerslag niet snel tot overlast leidt. In droge perioden geldt dat in de hoge zone de grondwaterstand toch al diep was. Nog dieper maakt dan relatief weinig verschil.

### Overgangszone

In de overgangszone ligt de grondwaterstand in natte perioden tussen de 150 en 70 centimeter onder het maaiveld. In deze zone kan incidenteel overlast optreden omdat er geen sloten aanwezig die het grondwater kunnen afvoeren. In extreem droge periode kan de grondwaterstand verder uitzakken waardoor droogteschade kan optreden.



### Lage zone

Deze zone heeft een lager maaiveld en daardoor relatief hogere grondwaterstanden. Het grondwaterpeil ligt hier minder dan 70 centimeter onder het maaiveld. In deze zone zijn wel sloten aanwezig die het grondwater kunnen afvoeren waardoor de grondwaterstand niet hoger komt. In de lage zone wordt dan ook vrijwel jaarrond water afgevoerd. Bij droogte kan het kwelwater (grondwater dat door een ondergrondse stroom onder grote druk aan de oppervlakte komt) van de hoge zone ook worden vastgehouden in de sloten. Droogte leidt hier dan ook minder snel tot problemen dan in de overgangszone.





## Deel 4 - Grondwater Veluwe en ruimtelijke inrichting

Het gebruik en inrichting van de regio is medebepalend voor de grondwaterstand en dus de situaties van droogte en wateroverlast die kunnen optreden. Hieronder wordt ingegaan op:

- De mogelijkheid om het grondwater te sturen en daarmee een robuust watersysteem te creëren;
- Mogelijke grondwatermaatregelen tijdens nieuwe (stedelijke) ontwikkelingen;
- Een grondwaterstappenplan bij nieuwe inrichtingsplannen.

Er zijn een aantal ontwikkelingen mogelijk om te komen tot een robuust (grond)watersysteem op en rond de Veluwe waardoor nadelige effecten door droogte of wateroverlast worden beperkt. Wanneer op grotere schaal en op langere termijn wordt gekeken zijn er onderstaande mogelijkheden:

- Functie aanpassen aan de waterbeschikbaarheid. Daarbij mogen gebruikers niet langer grond- en oppervlaktewater aanwenden voor beregening/industrie. Dat kan leiden tot eigen waterbuffers of aangepast landgebruik;
- Het aanpassen van 'natuurlijke' vegetatie, zoals het veranderen van naaldbos naar loofbos of bos naar heide. Hierdoor neemt over het hele jaar heen de verdamping af en wordt de grondwateraanvulling vergroot;
- Vasthouden van water door watergangen rond de Veluwe te verondiepen of peilen te verhogen;
- Grondwateronttrekkingen te verminderen.
- Oppompen van rivierwater en deze laten infiltreren op de hoge zone van de Veluwe;

De grondwateraanvulling kan ook toenemen met kleinschalige maatregelen die op korte termijn zijn in te zetten. Daarbij is te denken aan de ontkoppelen van verhard oppervlak van de riolering (afkoppelen), het verwijderen van verharding, het aanleggen van waterbuffers en wadi's, het verondiepen van watergangen of verhogen van waterpeilen.

## Grondwatermaatregelen bij nieuwe ontwikkelingen

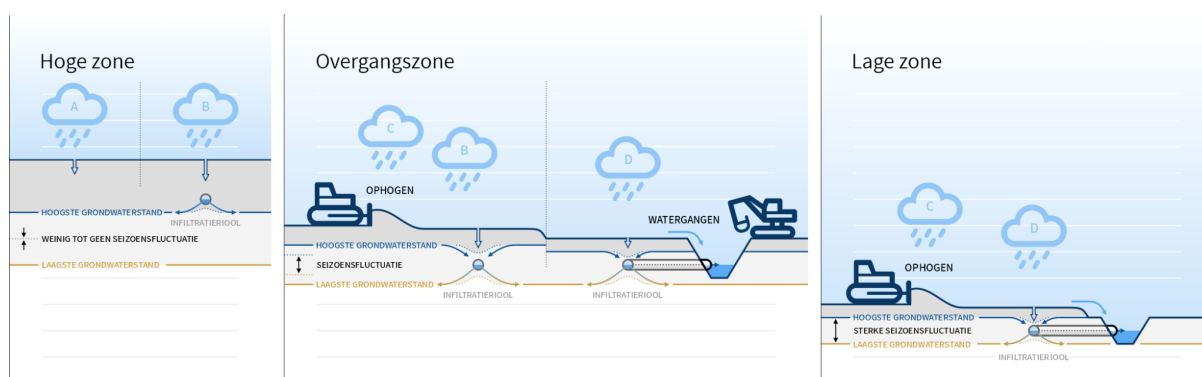
Uitgangspunt bij het bepalen van grondwater regulerende maatregelen is dat de maatregelen erop gericht zijn om enerzijds wegen en gebouwen geen wateroverlast ondervinden en anderzijds de bestaande grondwatersituatie zo min mogelijk verstoren. De kans op zowel wateroverlast als droogtestress wordt dan zoveel



mogelijk beperkt. Het handelingsperspectief voor grondwater valt uiteen in vier soorten maatregelen:

- A. Niets doen**
- B. Passief sturen van het grondwater door infiltratie**
- C. Ophogen van het maaiveld**
- D. Actief sturen van het grondwater door drainage en infiltratie.**

De opties zijn uitgebeeld in onderstaande figuur. De nummering in de wolkjes verwijst naar de optie.



*Handelingsperspectief (zie nummering in wolk) grondwatermaatregelen bij nieuwe ontwikkelingen.*

Wanneer welke manier het beste toepasbaar is wordt toegelicht in “Grondwaterstappenplan bij nieuwe inrichtingsplannen”. In alle gevallen is het naast ophogen of draingeren verstandig om een systeem van oppervlakkige afvoer te realiseren om piekbuien op te vangen. De intensiteit van deze buien is door de klimaatverandering al flink toegenomen en in de toekomst wordt verwacht dat dit verder doorzet.

Hieronder werken we randvoorwaarden voor deze maatregelen verder uit.

### Niets doen (A)

Als de grondwaterstand diep genoeg en regenwater van nature snel kan infiltreren in de bodem zijn geen extra maatregelen nodig.

### Passief sturen (B)

Via een infiltratievoorziening kan het regenwater sneller infiltreren in de bodem. Dit kan van toepassing zijn op locaties waar de grondwaterstand diep zit maar infiltratie wordt beperkt door slecht doorlatende lagen.



### Ophogen (C)

Ophogen van het maaiveld voorkomt dat het grondwater te dicht bij het maaiveld komt en wateroverlast kan veroorzaken. De grondwaterstroming wordt niet beïnvloed waardoor de kans op droogte in de omgeving niet wordt vergroot of verkleind.

### Actief sturen (D)

Via een drainagesysteem kan het grondwater actief beïnvloed worden. Hierdoor kan voorkomen worden dat het grondwater te hoog komt in natte periode maar kan ook het regenwater sneller infiltreren in de bodem in de periode dat het grondwater lager staat.

*Er bestaan globaal 3 manier om het grondwater actief te sturen.*

#### 1. Drainagebuizen horizontaal in de grond

Drainagebuizen worden aangelegd die kunnen lozen op het oppervlaktewater maar ook het regenwater kunnen infiltreren. Sturing van het afstromende water is dan wel nodig. We spreken hier ook wel van een Infiltratieriool (IT-riool). Deze manier is zowel toepasbaar in de lage zone als de overgangszone.

#### 2. Verticale drainage via putten

Via verticale putten kan tijdens hoger grondwaterstanden met een pomp het grondwater worden onttrokken via een pomp. Lozing van het water in de overgangszone vraagt wel om maatwerk omdat daar geen watergangen zijn. Waar mogelijk heeft infiltreren van het water op een ander locatie dan de voorkeur. Opslag in en bergingslocatie en afvoer via een greppelstructuur richting het oppervlaktewater is ook mogelijk.

#### 3. Greppels en verlagingen in het maaiveld

Via een stelsel van greppels en verlagingen in het maaiveld kan het grondwater afstromen. Sturing van het afstromende water is dan wel nodig. In periode van lagere grondwaterstanden kunnen deze verlaging regenwater opvangen en langzaam in de bodem laten infiltreren.

## Grondwaterstappenplan bij nieuwe inrichtingsplannen

Voor het precies bepalen van grondwatermaatregelen is kennis van het grotere grondwatersysteem een absolute must. Informatie hierover is te vinden in deel 1 t/m 3. Hoewel de basisprincipes overeenkomen zullen handelingen binnen verschillende



zones verschillend uitpakken. Een vaste aanpak kan gebruikt worden om de meest geschikte maatregel te bepalen. Deze aanpak bestaat uit zes stappen.

### **1: Lokale grondwatertoestand bepalen**

Op basis van informatie over peilbuizen in de omgeving en modellen (Azure-model) kan globaal de lokale situatie worden ingeschat. Informatie hierover is te vinden via het Dino-loket ([dinoloket.nl/standen](http://dinoloket.nl/standen) en [grondwatertools.nl](http://grondwatertools.nl)). Aanvullend is het nodig om voor elke ontwikkeling lokale peilbuisgegevens te analyseren. Als er geen peilbuis aanwezig is, is het advies om deze alsnog te plaatsen. Met de lokale informatie en kennis van de regionale en langjarige dynamiek is een vertaling van de verwachte invloed van klimaatverandering op de lokale grondwaterstanden mogelijk.

### **2: Bodemopbouw vaststellen**

De lokale bodemopbouw is belangrijk bij het bepalen van de effectiviteit van maatregelen. De aanwezigheid van klei en leem werkt beperkend bij infiltratie. Daarnaast moet vastgesteld worden of bij het graven geen elementen geraakt worden die voor het grotere grondwatersysteem van belang zijn (bv. kleischotten). Dit zou de grondwaterstroming en voeding van waterlopen in een groter gebied op onvoorspelbare wijze kunnen veranderen.

### **3: Vaststellen consequenties regio**

Per deelgebied zijn er een aantal karakteristieken die invloed hebben op ingrepen. In deel 3 staan de deelgebieden beschreven, inclusief de aandachtspunten bij ontwikkelingen in het gebied.

### **4: Vaststellen aard ingreep**

Afhankelijk van de aard van de ingreep, is ophoging al dan niet een mogelijkheid, en is drainage meer of minder aantrekkelijk. Hierbij moet gekeken worden naar:

- functies van de omgeving en de huidige toestand wat betreft (grond)wateroverlast en droogtestress
- eisen aan het perceel/gebied na de ingreep
- aanwezigheid van mogelijkheden om de afwatering te sturen.

### **5: Vaststellen meest geschikte maatregel**

Op basis van stap 1 t/m 4 kan met behulp van Tabel 1 vastgesteld worden welke maatregel het minst problemen gaat opleveren.



Tabel 1: maatregel in combinatie met doel en omstandigheden

Grondwater (nu en toekomst)	Aanwezigheid watergangen	Beschikbare ruimte	Maatregel
Minder dan 0,70 onder maaiveld (meer 10 weken in de 10 jaar)	n.v.t.	n.v.t.	Verhogen maaiveld
Minder dan 0,70 onder maaiveld (minder dan 10 weken in de 10 jaar)	aanwezig	n.v.t.	Regenwater Infiltratieriool (IT-riool)
	niet aanwezig	Weinig ruimte beschikbaar (grote percelen)	Verticale drainage (actief onttrekken of infiltreren)
		Kleine percelen en veel ruimte voor openbaar groen	Wadi's en greppels

Aanvullend op de tabel zijn er 2 opmerkingen te maken:

- Het toepassen van drainage kan alleen als het (tijdelijke) verlagen van de grondwaterstand acceptabel is voor de functies in de omgeving.
- In alle gevallen zorgen voor hoogteverschillen in verband met afvoer over het maaiveld tijdens piekbuien.

## 6: Kansen en onzekerheden meenemen in het ontwerp

Rekening houden met een veranderend grondwatersysteem impliceert rekening houden met een onzekere toekomst. De horizon voor de huidige klimaatscenario's is 2050 en 2085, de levensduur van een woonwijk is zeker als het om het ruimtebeslag gaat langer. Bijvoorbeeld een (betonnen) rioolsysteem heeft een levensduur van 100 jaar of zelfs langer. Robuust ontwerpen betekent dat ook rekening wordt gehouden met mogelijke veranderingen zonder dat daarvoor het hele systeem moet worden aangepast. Daarnaast zijn er wellicht kansen om ingrepen te koppelen aan andere ruimtelijke dan wel klimaat gerelateerde doelen. Hierdoor kunnen kosten worden bespaard of effecten worden vergroot.

