
Memo

onderwerp	Geohydrologische analyse Witterdiep	datum	14 april 2020
bestemd voor	Waterschap Hunze en Aa's	referentie	190601_M_TMG_0033
ter attentie van	Ingo van Lohuizen	projectnummer	190601
opgesteld door	Thomas Mittring		
distributie	Projectteam Witterdiep		
gecontroleerd door	Thijs Visser		

1 Inleiding

Het Witterdiep wordt heringericht ten behoeve van waterberging en natuurontwikkeling. Dit heeft tot gevolg dat op een aantal locaties de oppervlaktewaterstand in de zomer en de winter wijzigt. Een wijziging van de oppervlaktewaterstand leidt in veel gevallen tot een verandering van de grondwaterstand. In voorliggende analyse is op basis van het superpositiebeginsel de maximale wijziging van de grondwaterstand als gevolg van peilverandering door de herinrichting van het Witterdiep bepaald. Zowel de zomer- als wintersituatie worden behandeld.

2 Beperkende factoren

De grondwaterstandswijziging die in deze notitie gepresenteerd wordt, betreft een inschatting van de *maximale invloed* op basis van de ingevoerde gegevens. In de praktijk blijkt de theoretische berekening vaak een overschatting. De reden hiervoor is dat factoren die de invloed op de grondwaterstand beperken, niet worden meegenomen in de formule.

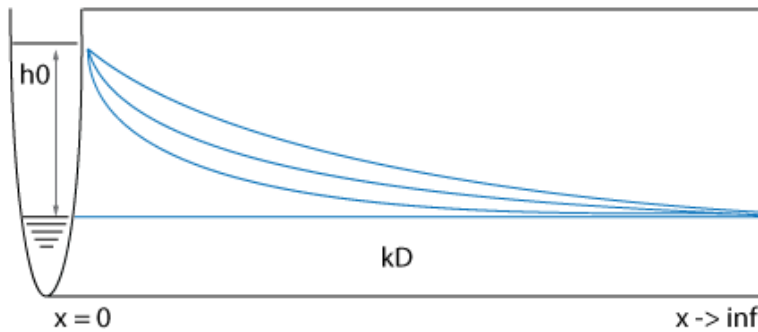
Ook voor het projectgebied Witterdiep zijn een aantal factoren aanwezig die de wijziging van de grondwaterstanden beperken, namelijk:

- Er is sprake van een hoogteverschil in het beekdal, oplopend tot 1 meter.
- Er zijn veel sloten aanwezig die het oppervlaktewater op een vast peil houden. De peilen in deze sloten wijzigen niet. Hierdoor wijzigt de grondwaterstand bij deze sloten eveneens niet.
- Er is keileem in de bodem aanwezig. Deze storende ondoorlatende laag zorgt voor een demping van de doorwerking van de grondwaterstandswijziging. Zie bijlage 1.
- Er is drainage aanwezig onder het TT-circuit, de parkeerplaatsen en de A28. Eventuele verhoging van de grondwaterstand wordt hiermee afgevangen.

Het ontwerp is zodanig uitgewerkt dat de effecten van de wijzigingen in waterhuishouding niet doorwerken tot buiten het projectgebied. Dit geldt ook voor de grondwaterstand. In het kader van volledigheid van het onderzoek is dit middels voorliggende analyse gecontroleerd. In deze analyse wordt gewerkt met een worst-case scenario. Dat wil zeggen dat de uitgangspunten zo zijn gekozen dat de maximale grondwaterstandswijziging wordt berekend.

3 Methode

Om de grondwaterstandswijziging als gevolg van de peilverandering te berekenen, is de formule van De Marsily toegepast:



Figuur 3-1 Schematisatie van de grondwaterstandswijziging als gevolg van peilverandering van oppervlaktewater.
 Bron: www.grondwaterformules.nl

$$\frac{h(x)}{h_0} = \text{erf} \left(x \sqrt{\frac{S}{4kDt}} \right)$$

Waarin:

- $h(x)$: freatische grondwaterstand (m)
- h_0 : verandering in het waterpeil van de waterloop (m)
- erf : complementaire errorfunctie
- x : afstand tot de waterloop (m)
- t : tijd sinds de peilverandering (dagen)
- kD : doorlaatvermogen van het watervoerend pakket (m²/dag)
- S : freatische bergingscoëfficiënt, effectieve porositeit (-)

De formule berekent de maximaal mogelijke peilverandering als gevolg van het wijzigen van het oppervlaktewaterpeil. De formule van De Marsily wordt veel gebruikt in poldergebieden, waar de grondwaterstand een sterke relatie heeft met de oppervlaktewaterstand. In hellende gebieden, waar we in het geval van het Witterdiep mee te maken hebben, worden invloeden door deze formule overschat. Omdat er een klein uitstralend effect wordt verwacht en een worst-case scenario wordt gepresenteerd, volstaat het gebruik van deze formule voor de doeleinden van de analyse.

De berekeningen zijn een worst-case scenario omdat de invloedsfeer feitelijk wordt overschat. De daadwerkelijke invloedsfeer zal in de praktijk worden beïnvloed door sloten en watergangen die de invloedsfeer afvangen en beperken. Ook is er voor de verlagingsinvloedsfeer geen rekening gehouden met nabijgelegen verhogingen van de grondwaterstand, en vice versa.

4 Randvoorwaarden, uitgangspunten en invoer

4.1 Betrouwbaarheid

Het invloedsgebied van de peilverandering wordt gedefinieerd als het gebied waarbinnen de berekende verandering in grondwaterstand 5 cm of meer bedraagt. Een afwijking in het grondwaterregime van minder dan 5 centimeter is niet onderscheidend ten opzichte van natuurlijke variatie en is in een (variërende) grondwaterregime meetreeds niet te registreren.

4.2 Keileem

In de bodem van het projectgebied is keileem aanwezig. Keileem is een grondsoort met een relatief lage doorlatendheid. Dit betekent dat de effecten van een grondwaterstandswijziging minder ver rijken dan in een goed doorlatende bodem van bijvoorbeeld zand. In bijlage 1 is een kaart opgenomen met zowel de locatie als de diepte van het keileem. Keileem is gekozen als de scheidende laag voor het freatisch pakket.

In het noorden van het projectgebied ligt het keileem op circa 2 m diepte t.o.v. maaiveld. In het zuiden van het projectgebied ligt het keileem op 0,5 m diepte.

Uit de kaart blijkt dat centraal in het beekdal zand aanwezig is en aan de flanken ondiep keileem aanwezig is. Dit beperkt de doorwerking van grondwaterstandswijzigingen in het freatisch pakket.

4.3 Invoer voor formule De Marsily

In Tabel 4.1 is weergegeven welke invoer is gebruikt als invoer voor de formule van De Marsily.

Symbol	Invoer	Toelichting
x	0 tot 800 (m)	x-as van de te plotten grafiek.
t	185 en 365 (d)	Vanwege de natuurlijke seizoenafhankelijkheid van grondwaterpeilverandering is gekozen voor een half jaar en een heel jaar.
kD (noord)	10 (m ² /d)	Dikte van het freatisch pakket: 2 m. Doorlatendheid freatisch pakket: 5 m/d.
kD (zuid)	2,5 (m ² /d)	Dikte van het freatisch pakket: 0,50 m. Doorlatendheid freatisch pakket: 5 m/d.
S	0,25 (-)	De effectieve porositeit van een zandpakket kan gesteld worden op 25 % van het totale volume van het pakket.

Tabel 4.1 Overzicht en toelichting van ingevoerde waarden in De Marsily formule.

4.4 Veranderingen in oppervlaktewaterpeil

In deze analyse is alleen de grondwaterwijziging als gevolg van de grootste verhoging en de grootste verlaging van de oppervlaktewaterstand berekend. Hier wordt immers de grootste wijziging in grondwaterstand verwacht.

Dit is gedaan voor zowel de zomersituatie als de wintersituatie. In Tabel 4.2 is samengevat wat de grootste verhoging en verlaging is voor het Witterdiep in zowel winter- als zomer situatie. De getallen in de tabel volgen uit bijlage 2, waarin de huidige- en ontwerp oppervlaktewaterpeilen zijn uitgezet voor het Witterdiep.

Situatie	Grootste verlaging (m)	Grootste verhoging (m)
Zomersituatie (0,10 Q)	$(9,94 - 10,51) = -0,57$	$(11,11 - 10,68) = 0,43$
Wintersituatie (0,25 Q)	$(10,01 - 10,55) = -0,54$	$(11,26 - 10,77) = 0,49$

Tabel 4.2 Overzicht van de grootste verlaging en verhoging van het oppervlaktewaterpeil als gevolg van de herinrichting.

De **grootste peilverlaging** zal plaatsvinden bij de Eijsinkweg. Hier wordt in het plan de stuw permanent gestreken tot een hoogte van +9,0 mNAP, waardoor het peil zal dalen ten opzichte van de huidige situatie.

De **grootste peilverhoging** zal bovenstrooms in het projectgebied plaatsvinden op het militair oefenterrein, direct benedenstrooms van de Baileybrug.

5 Resultaten

Op basis van de invoer is de formule van De Marsily tweemaal doorgerekend; eenmaal voor de grootste peilverlaging (noorden) en eenmaal in voor de grootste peilverhoging (zuiden)¹. Daaruit volgen de grafieken zoals opgenomen in bijlage 3.

5.1 Invloedsfeer

Met behulp van de betrouwbaarheidsmarge van 5 cm kan vervolgens worden afgeleid wat de maximale invloedsfeer is van de wijziging van het oppervlaktewater op de grondwaterstanden. In Tabel 5.1 zijn de resultaten weergegeven.

De maximale invloedsfeer van de verdroging bij 365 dagen is 300 m. De reden is dat de verlaging van het oppervlaktewaterpeil plaatsvindt op een locatie waar de keileem vrij diep zit (zie bijlage 1). Daardoor neemt de invloedsfeer toe.

Situatie	Situatie	Verandering (m)	Aflezen tot %	Invloedsfeer bij t = 185 dagen (m)	Invloedsfeer bij t = 365 dagen (m)
Zomer	Verdroging	-0,57	$(0,05/0,57*100) = 9$	200	300
Winter	Verdroging	-0,54	$(0,05/0,54*100) = 9$	200	300
Zomer	Vernatting	+0,43	$(0,05/0,43*100) = 12$	100	130
Winter	Vernatting	+0,49	$(0,05/0,49*100) = 10$	120	150

Tabel 5.1 Bepaling van invloedsfeer op grondwater door verandering oppervlaktewaterpeil.

De invloedsfeer is alleen berekend voor twee locaties; daar waar de grootste verhoging en de grootste verlaging van de oppervlaktewaterstand (en daarmee gelijk de grondwaterstand) worden berekend. Dit geeft slechts een beperkt inzicht in de daadwerkelijke omvang van de invloed van de grondwaterstandswijziging. De methode leent zich echter niet om een ruimtelijke verbeelding van de effecten te maken. In bijlage 4 is weergegeven op welke locatie de grootste verdroging en de grootste vernatting zullen plaatsvinden.

¹ Dit is doorgerekend met behulp van het Python script voor *Peilverandering in de waterloop*. Bron: <http://www.grondwaterformules.nl/index.php/formules/waterloop/peilverandering>

5.2 Analyse verlaging grondwaterstand

De maximale invloedssfeer (het worst-case scenario) van de verlaging van de grondwaterstand in de zomer is 300 meter. De snelweg A28 ligt op een afstand van 320 meter (en heeft een eigen waterhuishouding systeem). Het dichtstbijzijnde landbouwperceel is 400 meter van het centrum van de grondwaterstandsverlaging verwijderd.

Het meest oostelijke deel van de parkeerplaats van het TT-circuit valt wel gedeeltelijk binnen de invloedssfeer van de maximale verlaging van de grondwaterstand; het parkeerterrein begint op 200 meter afstand. Dat betekent dat hier een verlaging van maximaal (20% van 0,57 m =) 0,11 m kan optreden. Gezien de aanwezigheid van omliggende watergangen zal dit geen negatieve effecten met zich mee brengen.

Daarnaast moet echter opgemerkt worden dat er veel open water aanwezig is rondom het punt waar de verlaging van de oppervlaktewaterstand het grootst is. Door het verwijderen van de stuw zal het peil van dit oppervlaktewater benedenstrooms van de stuw circa 20 cm stijgen (zie ook bijlage 2, direct na de grootste verlaging vindt een verhoging van het oppervlaktewaterpeil plaats). Naar verwachting wordt hierdoor de verlaging van de grondwaterstand gecompenseerd.

De effecten op de ondergrond, zoals mogelijk aanwezige veenlagen, zijn niet te verwachten. In het verleden heeft het Witterdiep onder natuurlijk verhang afgewaterd, waarbij de stuw bij de Eijsinkweg niet aanwezig was. De nu te verwachten peilverlaging zullen niet leiden tot lagere grondwaterstanden dan de periode dat de stuw Eijsinkweg nog niet aanwezig was. Daarnaast wordt de bodem van de beek bovenstrooms en benedenstrooms van de stuw Eijsinkweg verhoogd, waardoor verdrogende effecten worden tegengegaan.

5.3 Analyse verhoging grondwaterstand

De maximale invloedssfeer van de verhoging van de grondwaterstand in de winter is 150 meter. De snelweg A28 is 400 meter van het centrum van de verhoging verwijderd. Het dichtstbijzijnde landbouwperceel is 450 meter van de verhoging verwijderd. De verhoging van de grondwaterstand vindt plaats binnen de grenzen van het projectgebied en raakt geen infrastructureel object of landbouwgebied.

6 Conclusie

De voorgenomen ingrepen in het beekdal van het Witterdiep hebben geen effect op de grondwaterstanden van omliggende wegen en landbouwpercelen.

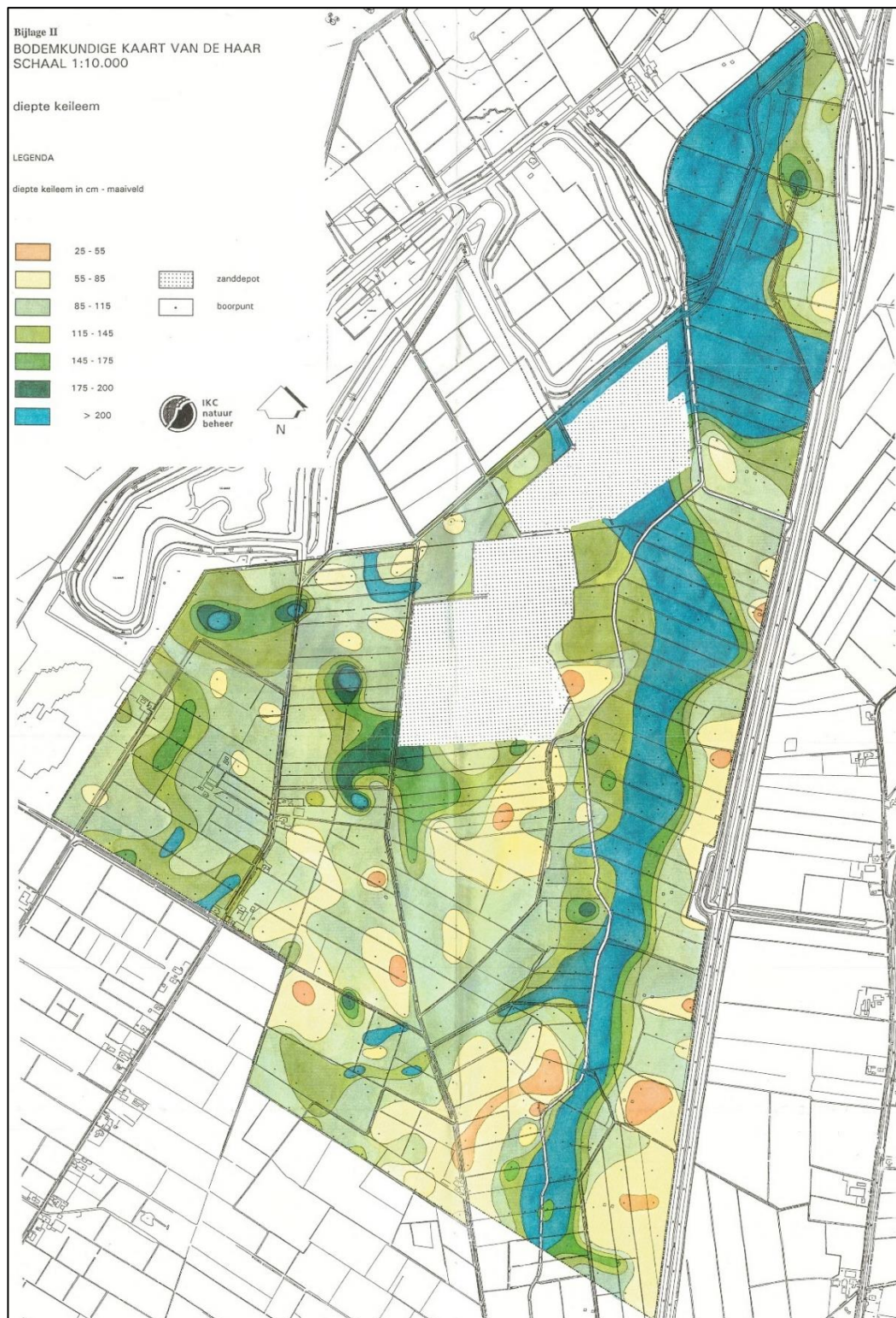
De grootste verhoging van de grondwaterstand vindt plaats nabij de Baileybrug. Het invloedgebied is circa 150 m en blijft daarmee binnen het beekdal. De grootste verlaging van de grondwaterstand vindt plaats bij de Eijsinkweg. Het invloedgebied hiervan is circa 300 m, waarbij geen rekening is gehouden met aanwezige watergangen en ook niet met de peilverhoging benedenstrooms van de huidige stuw, die een deel van de grondwaterstandsverlaging compenseert. De verlaging heeft geen negatief effect op de constructie van wegen en op gewasopbrengst van landbouwpercelen.



Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf

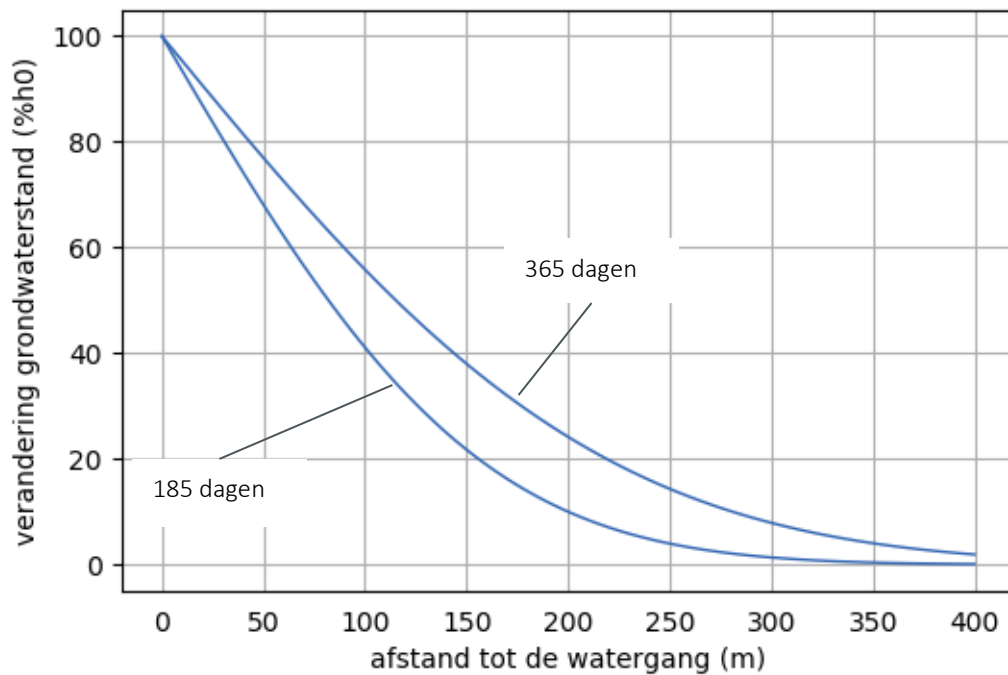
Verder zijn de berekende waardes een worst-case scenario. De daadwerkelijke invloedssfeer zal in de praktijk worden beïnvloed door sloten en watergangen die de invloedssfeer afvangen en beperken. Ook is er voor de verlagingsinvloedssfeer geen rekening gehouden met nabij gelegen verhogingen van de grondwaterstand, en vice versa.

Bijlage 1 Keileem in projectgebied

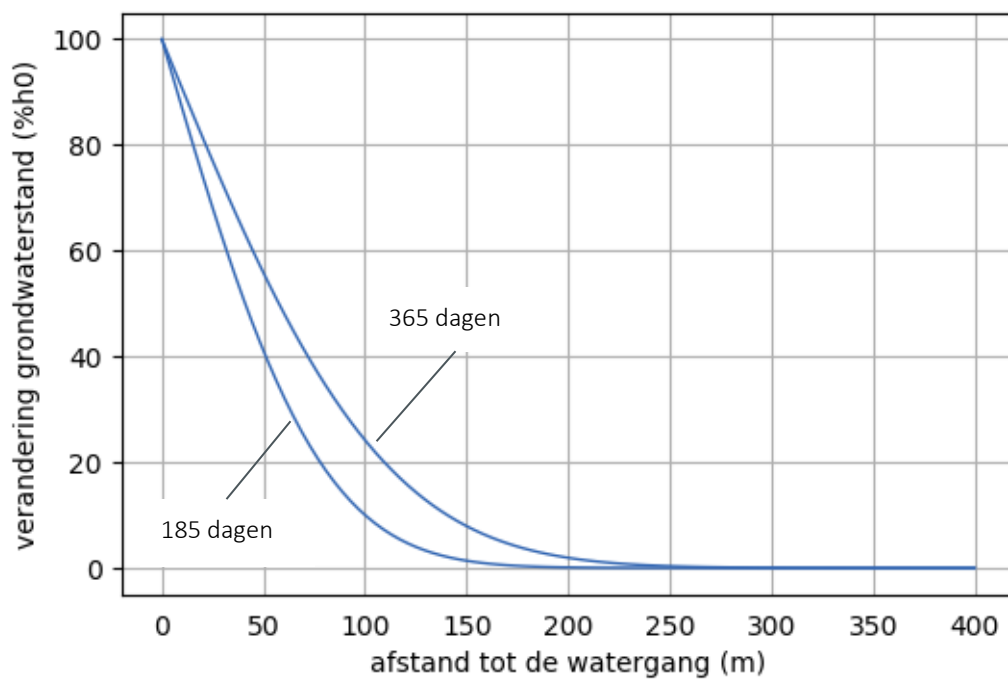


Bijlage 3 Uitkomst berekening De Marsily

Met $kD = 10 \text{ m}^2/\text{d}$ voor het **noorden** van het projectgebied.



Met $kD = 2,5 \text{ m}^2/\text{d}$ voor het **zuiden** van het projectgebied.



Bijlage 4 Indicatie van de invloedssfeer van verhoging en verlaging van de grondwaterstand.

