

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aan: Waterschap Limburg
Van: Onno de Vrind en Paul Aalders
Datum: 21 mei 2019
Kopie: --
Ons kenmerk: BF6646101100TPNT004F01
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: Hydrologische effectbeschouwing Tielebeek

1. INLEIDING

Voor het project Herinrichting Tielebeek wordt het ontwerp vastgesteld en vervolgens in procedure gebracht. In het kader van de Waterwet procedure is het van belang om het ontwerp hydrologisch te toetsen en de effecten inzichtelijk te maken. Deze notitie gaat hierop in.

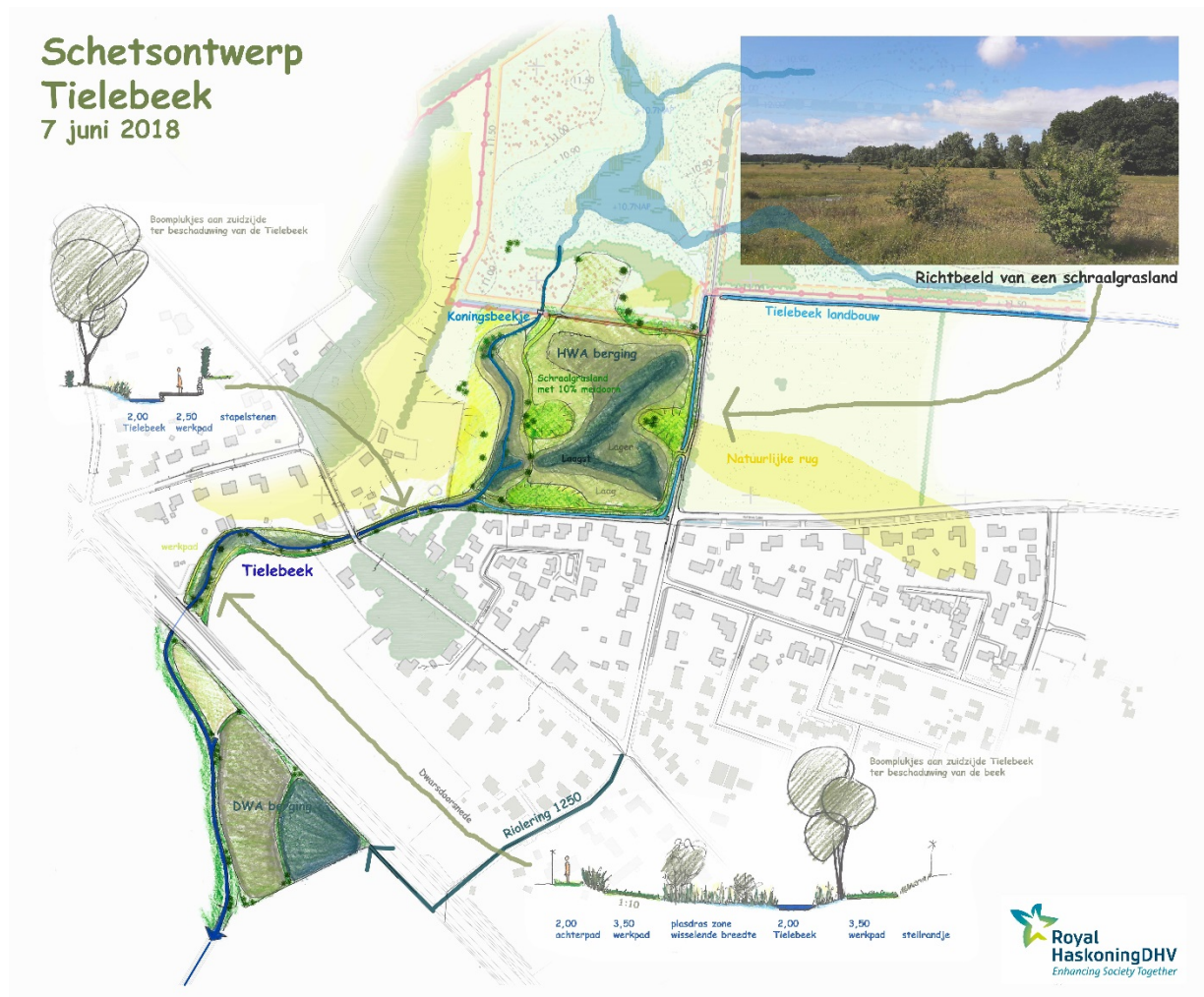
2. PROJECTPLAN

Ontwerp en uitgangspunten

Een impressie van het ontwerp is weergegeven op figuur 1. Deze is onder te verdelen in de volgende onderdelen:

- Aanleg van het 'Koningsbeekje' tussen De Diepen en Zandheide. Het verlagen van het maaiveld, zodat een laagte ontstaat waarin het water via het laagste deel gaat stromen.
- Wijzigen beekprofiel tussen Rozenbroek t/m DWA-buffer ten zuiden van N271. Het verlagen van het maaiveld langs de beek (plas-dras) en aanbrengen van een lichte slingering op plaatsen waar ruimte is, het aanbrengen van beplantingen (beschaduwing) en het aanleggen van een onderhoudspad (inclusief verticale wanden op plaatsen waar weinig ruimte is).
- De aanleg van een DWA-buffer ten zuiden van de N271. Deze is bedoeld om DWA-water tot een bui die met eens kans van T5 optreedt op te vangen. Het DWA-water loopt na gebufferd te zijn, terug de riolering in. Voor situaties boven T5 wordt een overloopvoorziening richting Tielebeek voorzien (drempel op 11,2 m+NAP). De buffer wordt 'waterdicht' uitgevoerd. Hiermee heeft deze geen invloed op de grondwaterstand.
- De aanleg van een HWA-buffer ten zuiden van De Diepen. Deze berging sorteert voor op het afkoppelen van Milsbeek. Het afkoppelplan zal de komende decennia uitgevoerd gaan worden. Hierbij zal er door de jaren heen steeds meer water in de HWA-buffer (en steeds minder water in de DWA-buffer) geborgen gaan worden. De HWA-buffer wordt voorzien van een overloop en knijpconstructie. Het knijpgat laat 2 l/s/ha door. Het verhard oppervlak dat naar verwachting afgekoppeld kan gaan worden bedraagt 11,5 ha (bron: afkoppelplan Oranjewoud 19 maart 2012). Het lozingsdebiet van de HWA-buffer komt hiermee op circa 23 l/s.
- Het handhaven van de Tielebeek tussen Rozenbroek en het restaurant bij de Zwarte weg. Deze fungeert als scheiding tussen natuur en landbouw/bebouwing.
- De duiker onder de N271 en de brug onder de Langstraat blijven in dit plan behouden.

Het ontwerp sluit aan op het plan Koningsven – De Diepen. De eerste fase van dit plan (gebied De Diepen) is in uitvoering en de tweede fase zal later uitgevoerd worden. Vanwege de raakvlakken tussen de beide projecten is dit meegenomen in de beschouwing van effecten. De uitvoering van het plan Koningsven – De Diepen maakt nadrukkelijk geen onderdeel uit van de scope van dit project.



Figuur 1: Schetsontwerp d.d. juni 2018

Omgeving

In het ontwerpproces zijn de risico's op wateroverlast beoordeeld (zie notitie N001_T&P_BF6646 d.d. 26 april 2018 (RHDHV) en notitie 2018-D177929 d.d. 14 september 2018 (waterschap)). Het volgende speelt:

- Bij de bouw van de woningen aan Laagland is de kleilaag onderbroken. Bij een hoge stijghoogte in het 1^e watervoerend pakket kan hierdoor wateroverlast ontstaan. Ook bevindt zich hier een zink in de kleilaag waar water kan blijven 'hangen' (bron: Rapport buro Kragten juni 1995).
- Bij diverse woningen aan Laagland liggen de kruipruimtes (en mogelijk de bovenzijde van de waterdichte rand van 1 kelder) onder 11,0 m+NAP. Bij het oplopen van de grondwaterstand kunnen hier vochtproblemen (of erger) ondervonden worden. Dit geldt tevens voor kelders voor de woningen aan Verloren Land, Zandheide en de Langstraat (bron: Bouwtekeningen uit het archief van de gemeente Gennepe).
- Uit berekeningen met het rioolmodel van Milsbeek blijkt dat bij hevige neerslag (gerekend is met een bui die met een kans van optreden van eens per 2 jaar optreedt) water-op-s straat situaties ontstaan bij Laagland.

Uit meetgegevens van het meetpunt in de Tielebeek bij Rozenbroek (meetreeks 2017) blijkt dat de waterstand in de beek regelmatig tot 10,6 a 10,7 m+NAP piekt. Dergelijke situaties zijn, zeker als dit langdurig het geval is, onwenselijk voor de woningen aan Laagland en mogelijk ook bij Zandheide en de Langstraat. Om deze reden is het maximaal regulier peil in de Tielebeek ter hoogte van Verloren Land na herijking van 10,40 m+NAP bijgesteld tot **10,29 m+NAP** (bij een 30% maatgevende afvoer).

Het Waterschap heeft voor de Tielebeek en Oude Tielebeek waterpeilen voor de huidige situatie berekend. Deze zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Locatie	5% (ca. 330 dagen p/j overschreden)	30% (ca. 80 dagen p/j overschreden)	100 (1 a 2 dagen per jaar)
Tielebeek			
Rozenbroek	10,20	10,30	10,80
Instroom de Diepen	10,20	10,35	10,85
Zwarteweg	10,25	10,40	10,95
Grensweg	10,25	10,40	11,00
Oorsprong	10,95	10,95	11,05
Oude Tielebeek			
Rozenbroek	10,20	10,30	10,80
Kerstenberg	10,60	10,65	10,85
Tielebeekstraat	10,65	10,75	10,90
Zwarteweg	10,90	10,95	11,05

Het afgesproken streefpeil bij de Rozenbroek is 10,29. Zie ook Corsa nr. 2016.11589.

Tabel 1: Berekende waterstanden huidige situatie

Hierin niet meegenomen: Afvoer vanuit Koningsven de Diepen (+kwel) en afvoer vanuit overstort

3. AANPAK

Voor het projectplan is het van belang de volgende inzichten te verwerven:

- Wat zijn de effecten van de ingrepen voor ecologie in de beek? Een belangrijk toetscriterium vanuit de KRW (type R4b) is dat de gemiddelde stroomsnelheid tussen 0,1 en 0,5 m/s dient te liggen.
- Wat zijn de effecten van de ingrepen op de omgeving?

Voor het stroomgebied van de Tielebeek is een 1D SOBEK-model beschikbaar. Hiermee is het mogelijk om op willekeurige plaatsen in het watersysteem waterstanden en stroomsnelheden te berekenen. In overleg met het waterschap is beoordeeld in hoeverre het doelmatig is de ingrepen in het systeem te modelleren. Vanwege diverse onzekerheden in beschikbare meetgegevens (voor o.a. kalibratie van het model), de complexiteit van het watersysteem (samenspel tussen kwel vanuit de stuwwal – invloed van de overstort – relatief beperkt stroomgebied landelijk gebied) en voor een gedegen vergelijk van de effecten van de maatregelen met de huidige situatie, is ervoor gekozen om de optredende afvoeren in verschillende situaties op basis van expert judgement in te schatten. Deze zijn vervolgens doorgerekend in een aangepast SOBEK-model, op basis waarvan de effectbeoordeling nader vorm is gegeven.

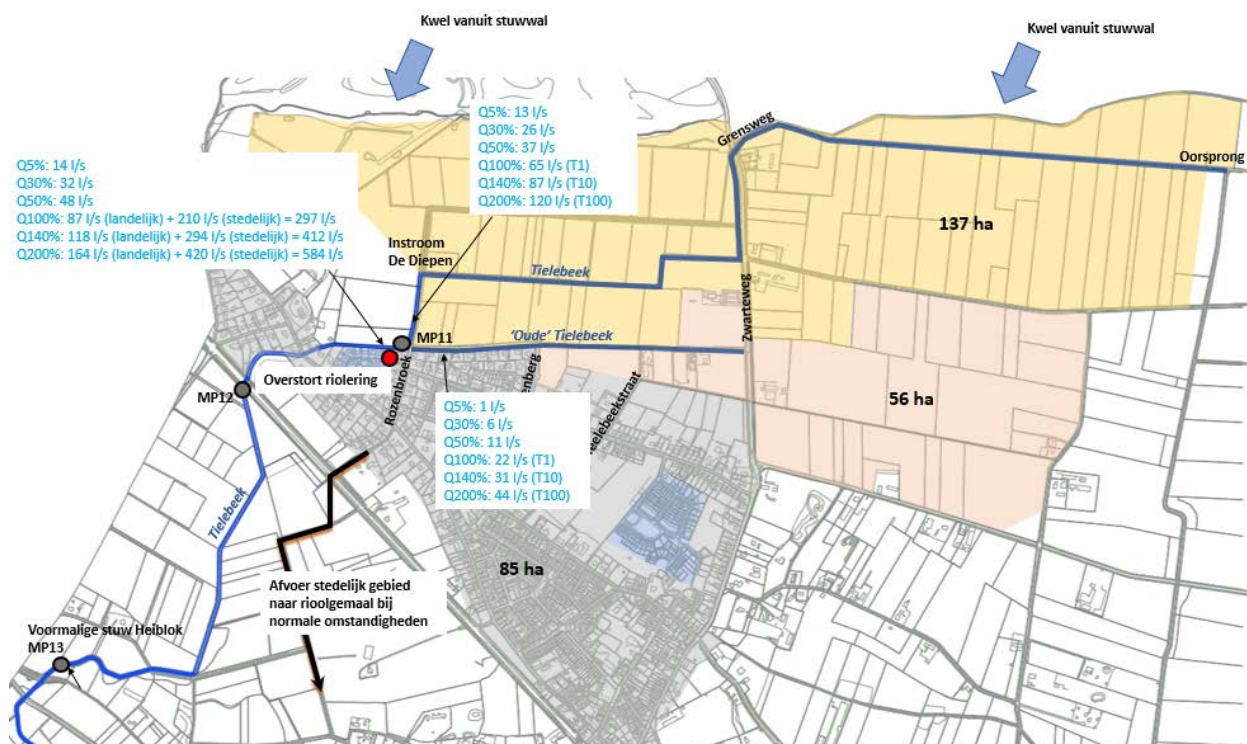
4. AFVOEREN

Figuur 2 geeft een berekening van de optredende afvoeren nabij Rozenbroek in de huidige situatie weer. Deze berekening is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Afwaterende gebieden (zie kleurarceringen): Kaart afwaterende gebieden Tielebeek Waterschap Limburg.
- Vanuit de stuwwal is er een constante aanvoer van kwel richting de bovenloop van de Tielebeek. Deze bedraagt ordegrrootte 10 l/s (bron: rapport Ben&Hullenaar)

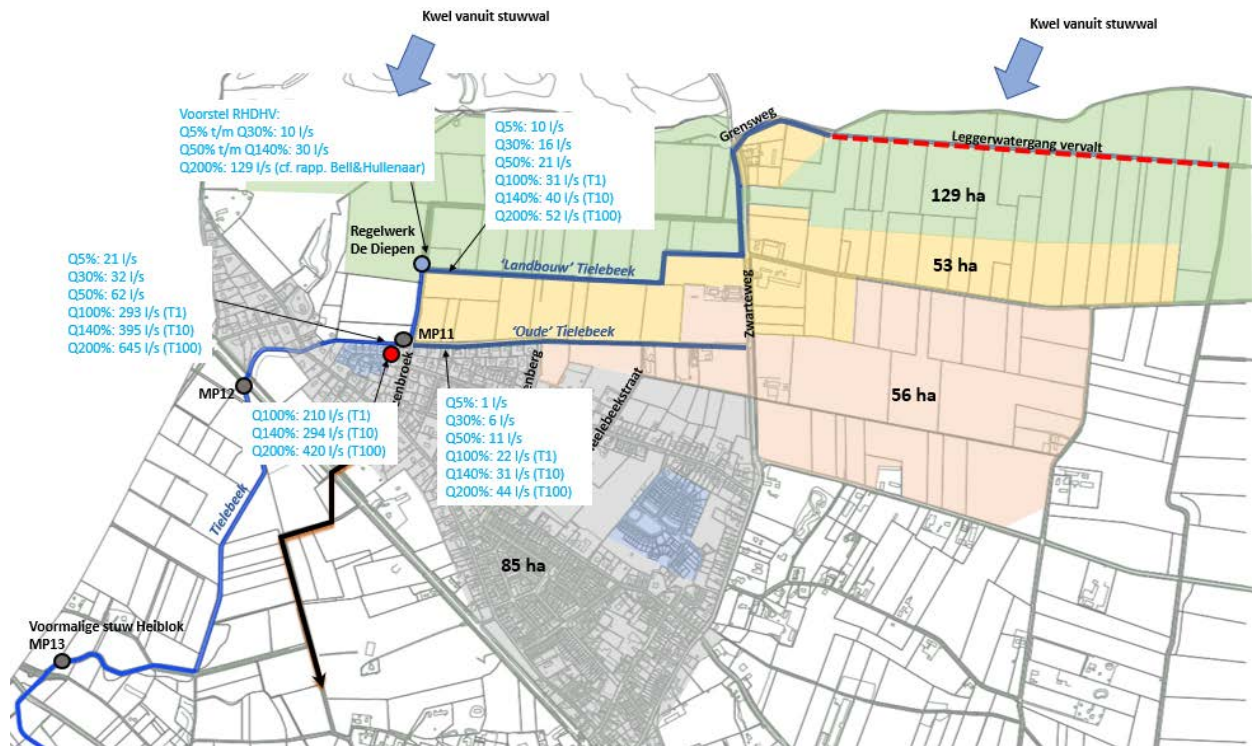
- Gebiedsspecifieke afvoer¹ van landbouwgronden bij Q100%: 0,4 l/s/ha
- Gebiedsspecifieke afvoer stedelijk gebied bij Q100%: 2,5 l/s/ha

De berekende afvoeren op figuur 1 zijn vergeleken met de beschikbare meetreeks van de periode 1998 tot 2015, locatie stuw Heiblok. Deze komen redelijk met elkaar overeen. In de winter is er een basisafvoer van circa 50 l/s. Richting de zomer neemt deze af en bij hevige neerslag ontstaan er pieken tot circa 300 l/s. In de memo 'Beoordeling overstortfrequentie locatie Rozenbroek Milsbeek' d.d. 26 juni 2017 van Waterschap Limburg is een analyse opgenomen van de pieken in de afvoer en neerslaggegevens van het KNMI. Hieruit blijkt dat de pieken in de afvoeren vooral toe te schrijven zijn aan de rioloverstort. Dit is een belangrijke conclusie en uitgangspunt voor de verdere analyse van de afvoersituaties.



Figuur 2: Berekende afvoeren huidige situatie

¹ De gebiedsspecifieke afvoeren zijn gebaseerd op kentallen en geven de orde grootte van de te verwachten hoeveelheid afvoer bij Q100% (T1) weer. De afvoeren Q5%, Q30%, Q50%, Q140% en Q200% zijn op basis hiervan berekend. In werkelijkheid kunnen de gebiedsspecifieke afvoeren afwijken. Dit is bijvoorbeeld afhankelijk van de mate waarin gebieden goed of slecht gedraineerd zijn.



Figuur 3: Berekende afvoeren na uitvoering plan Koningsven – De Diepen

Conclusie: Deze methodiek geeft een redelijk inzicht in de werking van het systeem en de afzonderlijke elementen hierin. Daarnaast maakt dit inzichtelijk dat de invloed van de overstort bij piekafvoeren ten opzichte van de landelijke afvoer groot is (de verhouding is circa 70 – 30%). Hierbij moet opgemerkt worden dat met deze methodiek geprobeerd is een vergelijk te realiseren op basis van stationair optredende afvoeren, terwijl de pieken die de overstort veroorzaakt in werkelijkheid van dynamischer karakter zijn dan de pieken die vanuit de landelijke afvoer ontstaan.

Plan Koningsven – De Diepen

Figuur 3 geeft vervolgens weer hoe de afvoerdynamiek verandert nadat het plan Koningsven – De Diepen uitgevoerd is. Dit plan voorziet in de aanleg van laagtes, waarin water opgevangen en vertraagd richting de Tielebeek afgevoerd wordt. De huidige Tielebeek (op kaart aangeduid met 'Landbouw' Tielebeek) blijft tot het restaurant aan de Zwarte weg bestaan als watergang. Deze vangt, via het grondwater, kwel uit Koningsven – De Diepen af en voert water van het resterende landbouwgebied (circa 53 ha) af.

In de berekening van afvoeren zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De kwel vanuit de stuwwal / het plan Koningsven – De Diepen richting de bovenloop van de Tielebeek blijft gelijk aan de huidige situatie.
- Sturing van afvoeren vanuit het regelwerk Koningsven – De Diepen richting de Tielebeek conform voorstel RHDHV d.d. maart 2018. Dit betekent, water vasthouden in het voorjaar, zomer en najaar om droogval te voorkomen (circa 10 l/s uitlaten), en in de winter de basisafvoer verhogen (naar circa 30 l/s) om voldoende berging beschikbaar te hebben voor extreem weer.

Op basis van deze uitgangspunten nemen de basisafvoeren (Q5% t/m Q50%) als gevolg van het realiseren van het plan Koningsven – De Diepen toe. De piekafvoeren blijven ongeveer gelijk. Dit komt onder andere doordat het gebied dat op de Tielebeek af gaat wateren is vergroot.

Herinrichting Tielebeek

Figuur 4 en 5 geven weer wat de effecten zijn van het uitvoeren van de geplande maatregelen aan de Tielebeek en de riolering van Milsbeek. Omdat de uitvoering van het afkoppelplan gefaseerd plaats zal vinden geven de figuren de situatie weer zonder en met dat de HWA-buffer in werking is getreden.

Bij de berekening van afvoeren zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Uitgangspunten Koningsven – De Diepen, zoals hierboven benoemd.
- DWA-overstort bij Rozenbroek wordt volledig dichtgezet.
- Uitlaat HWA-buffer: 23 l/s/ha (van toepassing op figuur 5).

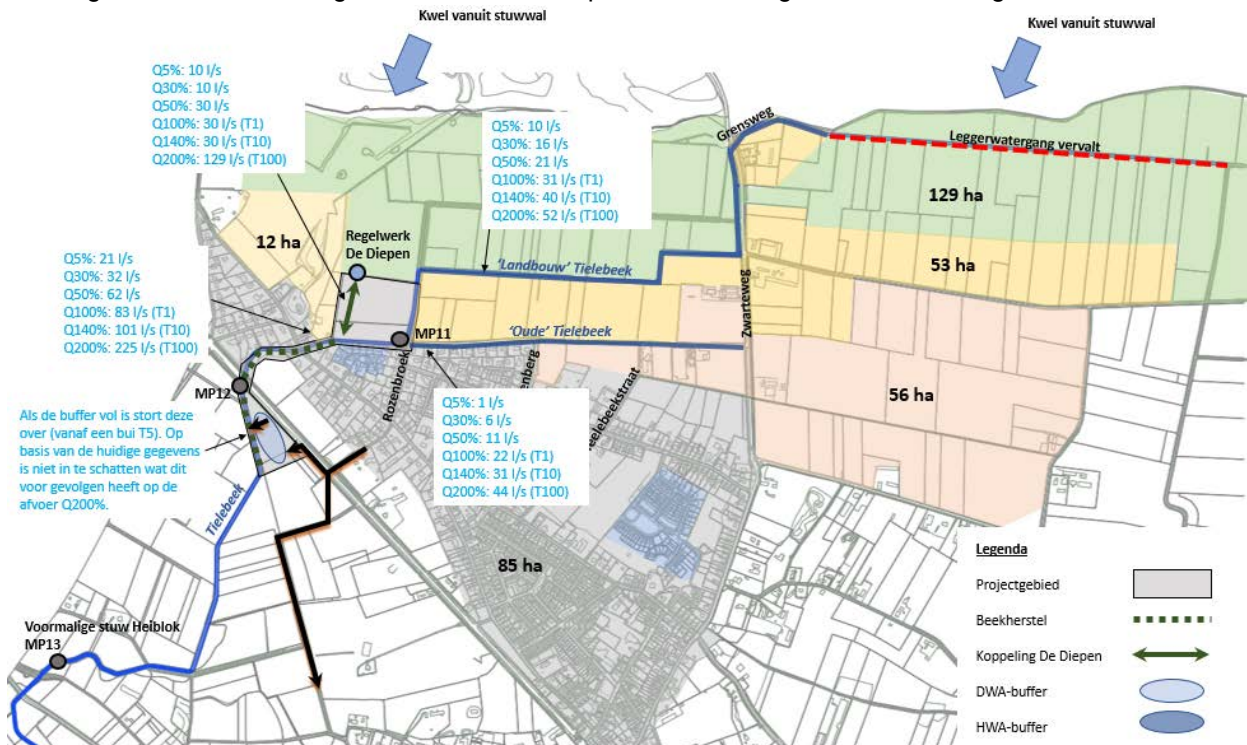
Als gevolg van de aanleg van de DWA-buffer en het saneren van de overstort bij Rozenbroek neemt de afvoer Q100% met ordegrootte 70% af. Er zal bij hevige buien (> T5) nog wel overstort van de DWA-buffer plaatsvinden. Dit kan de afvoeren Q140% en Q200% benedenstrooms van de N271 nog wel in zekere mate beïnvloeden. De HWA-buffer zorgt voor een lichte toename van de piekafvoeren. Vergeleken met de optredende piekafvoeren in de huidige situatie, betreft dit een relatief kleine toename.

Conclusies

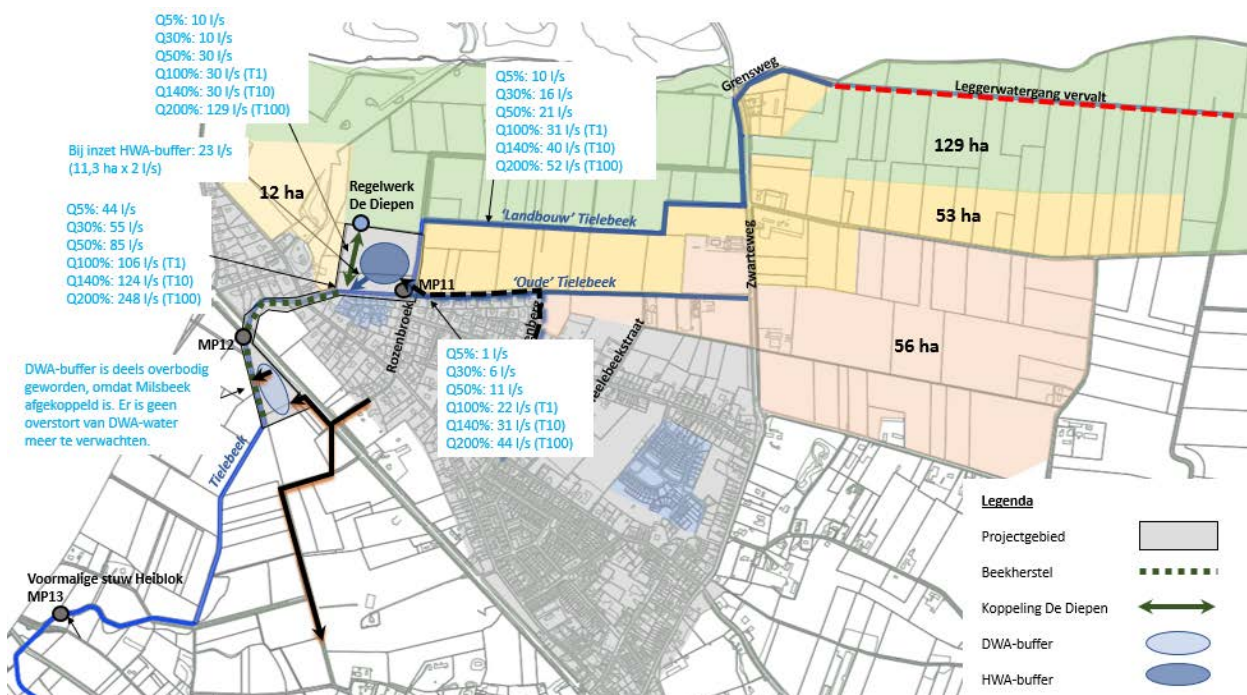
Op basis van de bovenstaand gehanteerde uitgangspunten kunnen de volgende hoofdconclusies worden getrokken:

- Met de realisatie van het plan Koningsven – De Diepen nemen de basisafvoeren tot circa een factor 1,5 toe. De piekafvoeren blijven ongeveer gelijk.

- Door het saneren van de DWA-overstort en aanleg van de DWA-buffer nemen de piekafvoeren met ordegrootte 70% af. Deze maatregel heeft dus een grote invloed op de werking van het systeem.
- Op het moment dat het afkoppelplan gerealiseerd is zullen de piekafvoeren in lichte mate toenemen. Vergeleken met de huidige situatie nemen de piekafvoeren nog steeds met ordegrootte 65% af.



Figuur 4: Berekende afvoeren nieuwe situatie inclusief maatregelen Herinrichting Tielebeek exclusief HWA-buffer



Figuur 5: Berekende afvoeren nieuwe situatie inclusief maatregelen Herinrichting Tielebeek + HWA-buffer

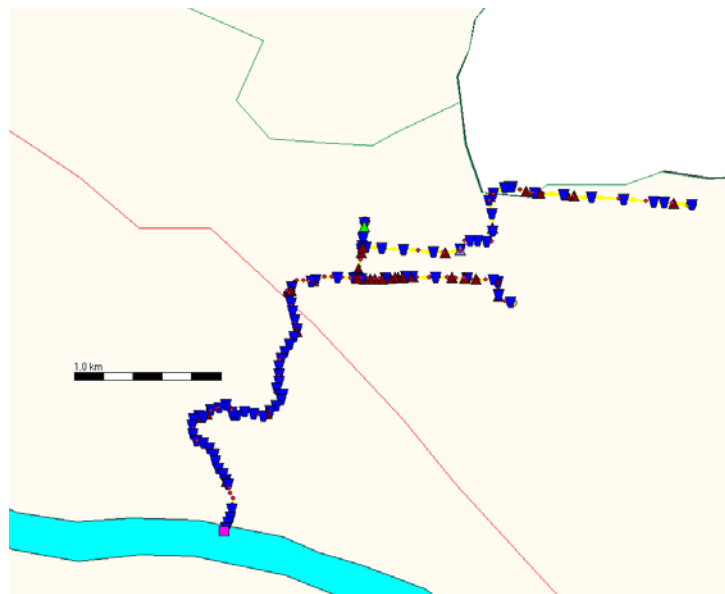
5. MODELLERING

Model Waterschap Limburg

Het volgende model is door Waterschap Limburg aangeleverd, impressie zie figuur 6.

Tielebeekmodel : NOM03a01.lit

SOBEK versie: 2.15.003



Figuur 6: Modelgebied voor cases AGOR, watergangen zijn weergegeven in geel

Het in 2015 uitgevoerde beekherstel is in het model opgenomen. Benedenstrooms is als randvoorwaarde een constant peil van de Maas opgelegd. Op de watergangen is per streng een afvoer gemodelleerd. Hiermee neemt de afvoer richting benedenstrooms steeds toe. De DWA-overstort is niet expliciet gemodelleerd. De afvoer van het bebouwd gebied is mogelijk verdisconteerd in de afvoer die op meest zuidelijke watergang is gezet.

Met het model kunnen stationaire berekeningen uitgevoerd worden. De op de watergangen ingevoerde afvoeren simuleren de verschillende afvoersituaties horende bij verschillende herhalingstijden.

Modellering huidige situatie

Zoals voorgaand beschreven ligt het kritische punt in het watersysteem nabij Rozenbroek / Verloren Land. Om te kunnen berekenen wat de waterstanden en stroomsnelheden bij stationair optredende afvoeren worden is het model aangepast. Hierbij zijn de bovenlopen van de Tielebeek (Oude Tielebeek en 'Landbouw' Tielebeek) uit het model gehaald en is voor de huidige situatie de berekende afvoer conform figuur 2 als stationaire instroom op de bovenstroomse modeluiteinden gezet. Daarnaast zijn de dwarsprofielen van het traject N271 tot Rozenbroek aangepast op basis van de inmeting van november 2017. Met deze aanpassingen is de bestaande situatie opnieuw doorgerekend.

Ook de manier waarop het effect van de DWA-overstort wordt meegenomen is aangepast. Zoals aangegeven is de overstort in het door Waterschap Limburg aangereikte model impliciet meegenomen in de vorm van een laterale instroom per strekkende meter beek. Bij de definitieve modellering van de huidige situatie is de DWA-overstort expliciet toegevoegd aan het model in de vorm van een geconcentreerde laterale instroom ter hoogte van Rozenbroek.

Om te voorkomen dat de DWA-overstort dubbel gemodelleerd wordt is de in het originele model opgelegde laterale instroom per strekkende meter beek verwijderd. Gevolg hiervan is dat de invloed van de overstort op de stroming in de beek over het gehele traject tussen Rozenbroek en de monding merkbaar is, wat de daadwerkelijke afvoersituatie van de Tielebeek beter representeert.



Figuur 7: Input scenarioberekeningen

Modellering nieuwe situatie

Voor de nieuwe situatie zijn diverse scenarioberekeningen uitgevoerd. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bodemhoogte van de Tielebeek tussen Rozenbroek en de duiker benedenstrooms van de N271 wordt aangepast conform de hoogtemaatvoering zoals weergegeven op figuur 7 (zie bh. x,x+). Hierbij wordt de bodemhoogte van de beek tussen de samenkomst met de slenk en Rozenbroek verdiept tot 10,0 m+NAP (in de huidige situatie vertieft deze tussen 10,0 en 10,1 m+NAP).
- In het traject tussen de slenk en de Langstraat wordt profiel 1 in het model opgenomen (schematisatie profiel zie figuur 7).
- In het traject tussen de Langstraat en de duiker benedenstrooms de N271 wordt profiel 2 in het model opgenomen.
- De bodembreedte blijft in eerste instantie ongeveer gelijk aan de bodembreedte in de huidige situatie, namelijk 2m. Om inzichtelijk te krijgen of het mogelijk is de bodem te versmallen is tevens een scenario opgesteld, waarbij de bodem 1m breed wordt gemaakt.
- De duikers / bruggen bij de Langstraat en N271 blijven gehandhaafd (conform de inmeting van november 2017 sluit de bodemhoogte hiervan aan op de bodemhoogtes zoals weergegeven in figuur 7).

- In overleg met het waterschap is ervoor gekozen om in de scenarioberekeningen te rekenen met dezelfde weerstand als gehanteerd in de huidige situatie (Km 15 voor de zomer en Km 25 voor de winter). Er is niet voor gekozen om de weerstand als gevolg van het toenemen van beschaduwing te verlagen, omdat de modellering reeds diverse onzekerheden kent en op deze manier de modellering conservatief ingestoken wordt.
- Op de bovenstroomse modeluiteinden worden de stationaire afvoeren conform figuur 4 en 5 gezet en doorgerekend.

Bij het modelleren van de afvoersituatie van de Tielebeek is rekening gehouden met de verschillende fasen die binnen dit project worden meegenomen. Elke fase is gerepresenteerd door een scenario van het SOBEKmodel. De huidige situatie, zoals eerder beschreven, is scenario A. Verder worden nog drie scenario's onderscheiden:

Scenario B: Na implementatie van het plan Koningsven – De Diepen.

Dit scenario is gelijk aan scenario A (huidige situatie) op één punt na: de debieten die voor verschillende afvoersituaties worden verwacht vanuit het gebied Koningsven – De Diepen. Deze debieten (10, 30 en 129 l/s) worden geïmplementeerd als extra debiet op de bovenstroomse randvoorwaarde van de Landbouw Tielebeek. Net zoals in scenario A zit de DWA-overstort expliciet in het model in de vorm van een geconcentreerde laterale instroom ter hoogte van Rozenbroek.

Scenario C: Na implementatie van projectmaatregelen, zonder HWA buffer.

In dit scenario is het beekherstel geïmplementeerd zoals beschreven in figuur 7 en bovenstaand beschrijving. Waar in scenario B de afvoer van het gebied Koningsven – De Diepen wordt geloosd op de Landbouw Tielebeek, stroomt het water uit het natuurgebied in scenario C de Tielebeek in via de nieuw aan te leggen slenk. Hierdoor verplaatst de instroomlocatie zich tov scenario B in benedenstroomse richting. Het water dat vanuit de slenk de Tielebeek in stroomt is in het model gerepresenteerd door een geconcentreerde laterale instroom. Vanaf Rozenbroek tot de duiker ten zuiden van de N271 wordt de bodemhoogte aangepast conform de beschrijving in figuur 7. Ook de dwarsprofielen DP1 en DP2 worden ingepast op de juiste trajecten. Tussen Rozenbroek en de plek waar de slenk (en later ook de HWA) op de Tielebeek afwatert, is een verflauwing van het beektalud gepland. Deze verflauwing is in het model niet meegenomen, maar zal in werkelijkheid wel gerealiseerd worden. Het dwarsprofiel van dit traject is dus niet aangepast in het model, behalve dat de bodemhoogte wel verdiept wordt tot 10,0 m+NAP.

In het gebied waar het beekherstel plaatsvindt liggen verschillende duikers. Het verplaatsen, vervangen of aanpassen van deze duikers is geen onderdeel van dit project en dus verschilt de ligging van deze duikers niet van variant tot scenario. De bodemhoogte van de duiker onder de N271 is ingemeten op 9,65 m+NAP, de bodemhoogte van de beek aan weerszijden zal na het beekherstel echter 9,8 m+NAP zijn. In het model is aangenomen dat de duiker is aangezand tot 9,8 m+NAP.

Scenario C is opgesplitst in twee subscenario's: C1 en C2. In subscenario C1 is de bodembreedte na het beekherstel 2m. In scenario C2 is de bodembreedte na het beekherstel 1m (in tegenstelling tot de beschrijving van figuur 7).

Scenario D: Na implementatie van projectmaatregelen, met HWA buffer.

Dit scenario representeert de uiteindelijke afvoersituatie van de Tielebeek, nadat een deel van de neerslag boven Milsbeek via de HWA buffer in de beek zal afwateren. Deze HWA buffer zal een constant debiet van 23 l/s toevoegen aan de Tielebeek. De extra laterale instroom is in het model opgeteld bij de laterale instroom die al in het model zit ter representatie van de afvoer uit het gebied Koningsven – De Diepen. Wat dwarsprofielen, bodemhoogten en randvoorwaarden betreft is scenario D identiek aan scenario C.

Net als scenario C is ook scenario D opgesplitst in subscenario's D1 en D2. Wederom is de bodembreedte in subscenario D1 gelijk aan 2m en in scenario D2 gelijk aan 1m.

Modelresultaten

Een samenvatting van de modelresultaten is te vinden in tabel 2. Allereerst kan met betrekking tot scenario A het volgende worden geconstateerd:

- De gemodelleerde Q30% waterstand bij Rozenbroek is vrijwel gelijk aan de Q30% waterstand in tabel 1.
- In het model is de Q100% waterstand bij Rozenbroek vrij gevoelig voor de weerstand die is opgelegd. Gemiddeld is het model echter consistent met de waarden uit tabel 1.
- De resultaten van scenario A liggen in lijn met de werkelijke situatie.

Over scenario B kan het volgende worden geconstateerd:

- De waterpeilen bij Q5% en Q50% stijgen met enkele centimeters ten opzichte van scenario A.
- Ten opzichte van scenario A geeft scenario B een lichte daling in de waterstand bij Q100% en Q140% als gevolg van de lagere piekafvoer uit plan Koningsven – De Diepen.
- Ten opzichte van scenario A geeft scenario B een lichte stijging in stroomsnelheid bij Q5% en Q50%.

Variant	Winter/zomer	Waterstand Rozenbroek [m +NAP]			Stroomsnelheid tussen Langstraat en N271 [m/s]		
		Q30	Q100	Q200	Q30	Q100	Q200
A	Lage weerstand:	10,27	10,67	10,93	0,07	0,14	0,18
	Hoge weerstand:	10,33	10,91	11,27	0,04	0,09	0,11
B	Lage weerstand:	10,27	10,66	10,98	0,07	0,14	0,19
	Hoge weerstand:	10,33	10,91	11,33	0,04	0,09	0,12
C2	Lage weerstand:	10,16	10,3	10,54	0,11	0,14	0,17
	Hoge weerstand:	10,24	10,45	10,74	0,07	0,08	0,08

Tabel 2: Samenvatting resultaten SOBEKmodel

Wat opvalt bij scenario C en D is dat de stroomsnelheden bij een bodembreedte van 1 meter tijdens lage afvoeren sterk toenemen ten opzichte van de subvariant met een bodembreedte van 2 meter. Vanuit KRW-doelen is een hogere stroomsnelheid een gewenste situatie en met een bodembreedte van 1 meter wordt de minimaal vereiste 0,1 m/s overwegend gehaald. Een smallere bodem leidt logischerwijs tevens tot hogere waterpeilen. Dit verschil is bij Q30% ordegrootte 2 tot 8 cm. In alle gevallen zijn de waterstanden bij scenario C2 lager dan de waterstanden die optreden in de huidige situatie. Zo zakt het waterpeil bij Q30% van 10,27 m+NAP naar 10,16 m+NAP (bij lage weerstand).

Alleen bij scenario D2 in combinatie met een hoge weerstand komen de waterpeilen bij Q5%, Q30% en Q50% met maximaal 7 centimeter hoger (bij Q30% 2 cm) te liggen dan in de huidige situatie. Vergeleken met scenario B zijn de verschillen nog kleiner. Bij Q100%, Q140% en Q200% is daarentegen sprake van verlaging van de waterstand met enkele decimeters. Daarnaast leidt een hoge weerstand tot conservatieve uitkomsten m.b.t. het waterpeil en stroomsnelheid. In werkelijkheid wordt verwacht dat het waterpeil nog iets lager zal liggen en de stroomsnelheid nog iets hoger.

Na afweging van deze (overschatte) waterstandsverhoging tegenover de (onderschatte) hogere stroomsnelheden, wordt met het oog op KRW doelen geadviseerd een bodembreedte van 1 meter aan te houden *. Hieronder zal dan ook alleen worden ingegaan op subvarianten C2 en D2.

Als scenario C2 wordt vergeleken met de huidige situatie (scenario A), kan het volgende worden vastgesteld:

- De waterstand bij Rozenbroek ondergaat een substantiële verlaging ten opzichte van scenario A.
 - Bij Q30% bedraagt deze verlaging 9 tot 11 cm ter hoogte van Rozenbroek. Hierdoor zal de waterstand bij Q30% gegarandeerd onder 10,29 m+NAP blijven.
 - Hoe hoger de afvoer, hoe groter de verlaging van de waterstand. Bij een Q200% afvoer bedraagt deze verlaging zelfs 39 tot 53 cm ter hoogte van Rozenbroek.
- De stroomsnelheid verbetert in variant C2 sterk. Al bij een Q5% afvoer met lage weerstand gaat de stroomsnelheid richting de vanuit de KRW minimaal vereiste stroomsnelheid van 0,10m/s.

Na vergelijking van scenario D2 met scenario A, kan het volgende worden geconstateerd:

- Bij lage afvoeren in combinatie met een hoge weerstand verhoogt de HWA-buffer de waterstand bij Rozenbroek.
 - Bij lage afvoeren echter is de invloed van de HWA slechts tijdelijk aangezien de buffer bij een constant debiet van 23 l/s in maximaal 4 dagen volledig leeg is.
 - Als de HWA buffer stopt met afwateren zullen de waterstanden gelijk zijn aan de situatie van variant C2.
- Bij hoge afvoeren of ten tijden van een lage weerstand zorgt scenario D2 voor een substantiële verlaging van de waterstand bij rozenbroek.
 - Bij Q30% bedraagt deze verlaging 5 cm.
 - Bij Q200% bedraagt deze verlaging 36 tot 50 cm.
- Als de HWA buffer water loost op de Tielebeek verbeteren de stroomsnelheden ten opzichte van scenario C2.
 - Bij een lage weerstand zal de stroomsnelheid altijd aan de KRW richtlijnen voldoen.
 - In tijden van hoge weerstand wordt de KRW richtlijn niet gehaald, maar verbetert de situatie wel substantieel.
 - Als de HWA buffer leeg is zal dit leiden tot dezelfde stroomsnelheden als in scenario C2.

Samenvattend zijn de belangrijkste conclusies van de maatregelen in de Tielebeek:

- De voorgestelde maatregelen voor het herstel van de Tielebeek zijn doelmatig. Het waterpeil bij normale of lage afvoeren wordt in het algemeen verlaagd, terwijl de stroomsnelheid wordt verbeterd. Bij extreem hoge afvoersituaties zal het waterpeil in de Tielebeek juist lager liggen dan in de huidige situatie.
- Het advies is om te kiezen voor nieuw te implementeren dwarsprofielen met een bodembreedte van 1 meter *. Voor de KRW richtlijnen is dit wat stroomsnelheid betreft gunstig. Hierbij zijn de effecten op de optredende waterpeilen ten opzichte van de huidige situatie tevens overwegend positief.

* Het waterschap heeft naar aanleiding van de uitkomsten van de hydrologische berekeningen ervoor gekozen om een bodembreedte van 1 meter toe te passen vanaf circa 30 meter benedenstrooms van de Langstraat. Bovenstrooms hiervan wordt een bodembreedte van 2 meter aangehouden. Omdat de Tielebeek benedenstrooms van de Langstraat in een ruim beekdal komt te liggen met voldoende afvoercapaciteit, kan de beekbodem hier teruggebracht worden naar 1 meter. Bovendien sluit de herinrichting benedenstrooms aan op de reeds heringerichte Tielebeek, die daar ook een bodembreedte van 1 meter heeft in een ruim beekdal. Bovenstrooms van de Langstraat is minder ruimte voor een breed beekdal aanwezig. Hier is gekozen om de bodem 2 meter breed te maken. Dit om de afvoercapaciteit binnen de beschikbare ruimte maximaal te benutten.

Variant	Winter/zomer	Modelbestanden	Waterstand Rozenbroek [m +NAP]						Stroomsnelheid tussen Langstraat en N271 [m/s]					
			Q5	Q30	Q50	Q100	Q140	Q200	Q5	Q30	Q50	Q100	Q140	Q200
A: Huidige situatie	Lage weerstand:	20190222_v1.9_huidig_lageweerstand	10,21	10,27	10,31	10,67	10,78	10,93	0,06	0,07	0,08	0,14	0,16	0,18
	Hoge weerstand:	20190222_v1.9_huidig_hogeweerstand	10,25	10,33	10,38	10,91	11,07	11,27	0,03	0,04	0,05	0,09	0,10	0,11
B: A + KV de Diepen	Lage weerstand:	20190222_v1.10_huidig+KVDD_lageweerstand	10,24	10,27	10,34	10,66	10,77	10,98	0,06	0,07	0,09	0,14	0,16	0,19
	Hoge weerstand:	20190222_v1.10_huidig+KVDD_hogeweerstand	10,28	10,33	10,43	10,91	11,05	11,33	0,04	0,04	0,05	0,09	0,10	0,12
C1: B + Beekherstel, bodembreedte 2m	Lage weerstand:	20190222_v2.2_bEEKherstel+KVDD_lageweerstand_2m	10,10	10,14	10,19	10,24	10,28	10,47	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,13
	Hoge weerstand:	20190222_v2.2_bEEKherstel+KVDD_hogeweerstand_2m	10,13	10,19	10,3	10,38	10,44	10,69	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
C2: B + Beekherstel, bodembreedte 1m	Lage weerstand:	20190222_v2.2_bEEKherstel+KVDD_lageweerstand_1m	10,12	10,16	10,24	10,3	10,34	10,54	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17
	Hoge weerstand:	20190222_v2.2_bEEKherstel+KVDD_hogeweerstand_1m	10,18	10,24	10,38	10,45	10,51	10,74	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
D1: C1 + HWA, bodembreedte 2m	Lage weerstand:	20190222_v2.3_bEEKherstel+KVDD+HWA_lageweerstand_2m	10,13	10,17	10,23	10,28	10,32	10,5	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13
	Hoge weerstand:	20190222_v2.3_bEEKherstel+KVDD+HWA_hogeweerstand_2m	10,22	10,27	10,38	10,45	10,49	10,73	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06
D2: C2 + HWA, bodembreedte 1m	Lage weerstand:	20190222_v2.3_bEEKherstel+KVDD+HWA_lageweerstand_1m	10,19	10,22	10,3	10,35	10,39	10,57	0,12	0,13	0,15	0,16	0,16	0,16
	Hoge weerstand:	20190222_v2.3_bEEKherstel+KVDD+HWA_hogeweerstand_1m	10,29	10,35	10,45	10,52	10,56	10,77	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07