

Memo

Aan Gemeente Landgraaf

Van Coen Maas / pp / pv

Betreft Afwatering Bousberg fase 3 en 4

Datum 06-12-2022

In het kader van de ontwikkeling van een villawijk ter plaatse van de Bousberg in Landgraaf dient hemelwater vastgehouden te worden en in de ondergrond te worden geïnfiltreerd. Om te onderzoeken of het ontworpen systeem voldoet aan de in de watertoets vastgelegde bergingsnorm is het afwateringssysteem gemodelleerd met behulp van Infoworks ICM.

Bij deze modellering is gebruik gemaakt van de volgende uitgangspunten:

- Het hemelwater wordt opgevangen in oppervlakkige waterbergingen
- De woonpercelen verwerken 31 mm van het op eigen terrein gevallen hemelwater
- Alleen het openbaar verhard oppervlak is aangesloten op de oppervlakkige waterbergingen
- De oppervlakkige waterbergingen moeten voldoen aan de in de watertoets vastgestelde norm. Dit is een T=25 gebeurtenis van 31 mm in 45 minuten. Tegenwoordig heeft het waterschap een aangescherpte eis van 80 mm in 2 uur (T=100). Daarom is gekozen om met deze bui een stresstest uit te voeren, zodat een klimaatbestendig afwateringssysteem wordt aangelegd.
- De aanpassingen aan het landschap mogen geen extra wateroverlast veroorzaken in de omgeving.

Bepaling benodigde berging

Zoals in de uitgangspunten benoemd staat dient binnen het projectgebied volgens de watertoets 31 mm berging gecreëerd te worden. Aangezien de Bousberg in een hellend gebied ligt is het verhard oppervlak van het project gebied opgedeeld in deelgebieden. Bij deze deelgebieden zijn de opritten van de kavels ook meegenomen aangezien deze hellend naar de openbare weg afwateren.

Per deelgebied is het watersysteem zo ingericht dat er 31 mm berging gerealiseerd is. Aangezien de eis van 31 mm in 2018 is vastgesteld en Waterschap Limburg in 2019 de eis voor nieuwe plannen heeft aangescherpt naar 80 mm is getracht om 80 mm in de deelgebieden te realiseren. In de bijlage 1 is een kaart met de deelgebieden opgenomen. In bijlage 2 is een overzicht van de hoeveelheid berging per deelgebied opgenomen.

In alle deelgebieden is het mogelijk om 31 mm berging te realiseren. Op deelgebied 2 en 3 na is het ook overall mogelijk om 80 mm berging te realiseren. In totaal is voor het hele projectgebied de benodigde berging voor 31 mm 153,6 m³ en voor 80 mm 396,4 m³. In totaal wordt er 419 m³ berging gerealiseerd. Hiermee wordt zowel de 31 mm eis als de 80 mm wens voor het volledige gebied gehaald. Wanneer er wordt gekeken naar de deelgebieden dan wordt in ieder deelgebied de 31 mm eis behaald. In deelgebied 2 en 3 wordt er niet voldaan aan de wens om 80 mm te bergen. Dit wordt echter in andere deelgebieden weer opgevangen. Respectievelijk bevindt zich in deelgebied 2 en 3 circa 59 mm en 38 mm berging.

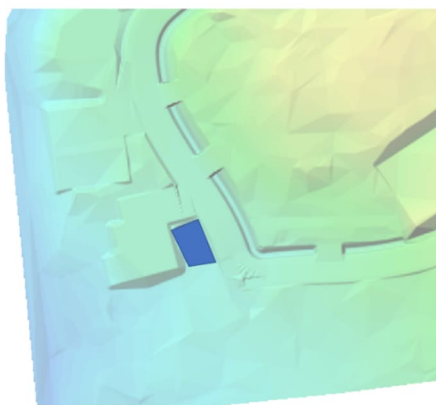
Inrichting watersysteem

De inrichting van het watersysteem is onder te verdelen in drie onderwerpen, namelijk de oppervlakkige bergingen, overstortmogelijkheden en aanpassingen in het maaiveld.

Oppervlakkige waterberging

Het hemelwater wat binnen het gebied valt wordt oppervlakkig geborgen. Dit gebeurt door op verschillende locaties het maaiveld aan de binnenkant van de Lepenlaan en de Vliersingel te verlagen.

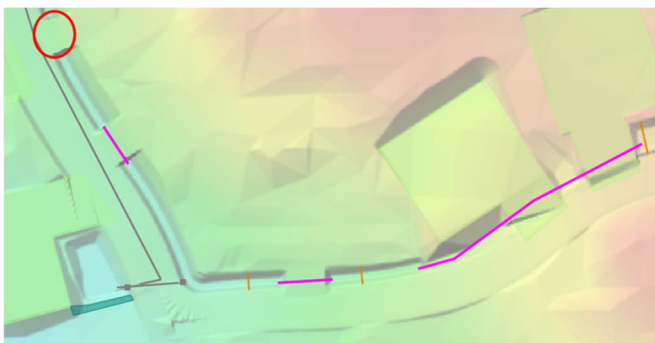
Hierdoor ontstaan er op deze locaties sloten en waterbergingen om het water op te vangen. Om het hemelwater in deze waterbergingen te krijgen dient de weg een verkanting naar de binnenzijde, in de richting van de waterbergingen te krijgen. Aan de buitenkant van de Lepenlaan en de Vliersingel wordt alleen ter hoogte van kavel 14 een waterberging aangelegd (blauwe vlak Figuur 1). Deze waterberging vangt alleen water op als de sloten en waterbergingen aan de binnenkant van de Lepenlaan en de Vliersingel het water niet meer kunnen verwerken. Om ervoor te zorgen dat er bij kavel 14 geen overlast ontstaat wanneer er water in de buffer staat, dient de buffer verstevigd te worden tegen afkalving. Hierbij dienen de maatregelen er ook voor te zorgen dat de algehele stabiliteit van de woning op kavel 14 gehandhaafd blijft.



Figuur 1: Waterberging ter hoogte van kavel 14

De waterbergingen aan de binnenkant van de weg staan in verbinding met de waterberging met een duiker met een diameter van 300 mm. Om te zorgen dat er alleen water in de duiker stroomt wanneer de watergangen aan de binnenzijde van de weg het niet meer kunnen verwerken dient er een overstort in deze duiker aangelegd te worden. Deze overstort dient een drempelhoogte van 117,3 m + NAP en een drempelbreedte van 3 m te krijgen.

De waterbergingen en watergangen aan de binnenkant van de weg worden onderbroken door de opritten van de kavels. Op een aantal locaties in het zuid westen van het gebied geeft dit problemen en moeten er duikers onder deze opritten aangelegd worden zodat er geen overlast ontstaat. De locaties van deze duikers is weergegeven in Figuur 2. De duikers dienen een diameter van 250 mm te hebben. Om een eenduidig beeld aan de westzijde van het gebied te houden kan er ook nog een duiker geplaatst worden op de locatie van de rode cirkel in Figuur 2. Wanneer dit gedaan wordt dan dient net bovenstrooms van deze duiker een stuw geplaatst te worden met een stuwhoogte van 118,3 m + NAP. De duikers dienen worden aangelegd zonder bochten. Als er hoekverdraaiingen in de duikers komen dan dienen op deze punten putten worden aangelegd. De duikers komen volledig op gronden te liggen die in eigendom worden overgedragen aan de gemeente. De gemeente verzorgt ook het beheer en onderhoud van de duikers.



Figuur 2: Locatie duikers in het zuidwesten van het projectgebied (paarse lijnen). Bij de rode cirkel kan voor de eenduidigheid ook een duiker geplaatst worden

Aan de westzijde van het gebied is het verhang erg groot. Om de bergingscapaciteit van de waterbergingen optimaal te benutten dienen de waterbergingen hier gecompartmenteerd te worden. Dit wordt gedaan door middel van stuwen en de opritten van de kavels. In Figuur 3 zijn de locaties en hoogtes van de benodigde stuwen aangegeven.



Figuur 3: Locatie stuwen (oranje lijnen) met de betreffende stuwhoogten

De waterbergingen worden geleidigd door infiltratie in de bodem. Bij een infiltratieonderzoek uit 2010 is er 1 meting gedaan in het gebied van fase 3 en 4. Uit deze meting kwam naar voren dat de doorlatendheid op dat punt (Locatie ten noorden van stuw 1 in Figuur 3) 5,5 m/d is. Dit is een goede waarde voor het infiltreren van water uit de waterbergingen. Het is echter wel bekend dat er lokaal leemlagen in de bodem aanwezig zijn met een doorlatendheid van 0,35 m/d. Deze zijn namelijk aangetroffen bij fase 1 en 2 van de Bousberg. Om te onderzoeken of deze slecht doorlatende lagen ook aanwezig zijn op de locatie van fase 3 en 4 van de Bousberg is er een extra infiltratieonderzoek uitgevoerd (bijlage 3). Uit dit infiltratieonderzoek komt naar voren dat de doorlatendheid van de bodem voor fase 3 en 4 goed is. De gemeten waarden liggen tussen de 2,1 m/d en 8,0 m/d. Mocht er uiteindelijk toch op een leemlaag gestuit worden, dan kan ervoor worden gekozen om een grindkolom aan te brengen in de bodem van de infiltratievoorziening, welke tot ruim onder de leemlaag in de zandlaag strekt. In deze zandlaag kan het water uit de waterberging dan snel infiltreren.

In het verleden is onder en rondom Landgraaf tot op grote diepte steenkool gewonnen. Om te bepalen of de mijnbouwactiviteiten uit het verleden een negatief effect kunnen hebben op de infiltratie van hemelwater is Jaap Spaans benaderd. Jaap Spaans is een expert met betrekking tot de zogenaamde 'naijlende effecten' van de voormalige steenkoolwinning' en vanuit die hoedanigheid ook als deskundige lid van het 'Informatiecentrum nazorg steenkoolwinning'. Zijn expertise betreft stijgend mijnwater en de effecten daarvan op het ondiepere grondwatersysteem. De verwachting is dat de infiltratie onder de leemlaag geen negatieve gevolgen veroorzaakt in de gebieden waar in het verleden mijnactiviteiten hebben plaatsgevonden. Wanneer er infiltratie plaatsvindt onder de leemlaag dan is dit naar verwachting nog altijd in de bovenste 10 m van de bodem. Dit is veel ondieper dan waar de mijnactiviteiten in het verleden hebben plaatsgevonden.

Met behulp van modelberekeningen is in 2016 door een onderzoeksconsortium IHS bepaald dat het stijgende mijnwater op de langere termijn ook leidt tot stijging van ondiepere grondwaterstanden. Maar deze stijging is gering en leidt in Landgraaf niet tot vernatting of natschade. Berekend is dat de stijghoogte van het mijnwater over enkele decennia op circa NAP + 80 m ligt in het meest waarschijnlijke scenario. De eindwaarde van het ondiepe grondwater ter plaatse is berekend op NAP + 97 m. Aangezien het laagste

maaiveldniveau van het projectgebied op circa NAP + 117 m ligt, kan geconcludeerd worden dat dit geen problemen zal opleveren.. De stijging van het mijnwater zal dus niet leiden tot overlast. Als er hemelwater wordt geïnfiltreerd dan stijgt de ondiepe grondwaterstand. Deze stijging is eveneens gering en in de orde van decimeters. Ook dan ontstaat bij de Bousberg geen wateroverlast.

Er is in de ondergrond een laag risico op differentiële bodembeweging. Hoewel er in het verleden geen zogenaamde 'drempels' zijn gekarteerd in het gebied kan niet worden uitgesloten dat deze toch aanwezig zijn. Dit heeft ermee te maken dat drempels in het verleden met name werden gekarteerd bij wegen , woningen en andere verharde oppervlakten.

Daarom moet er bij het ontwerp van de woningen rekening mee worden gehouden dat er lokaal drempels aanwezig kunnen zijn die kunnen leiden tot geringe differentiële bodembeweging. Sonderingen geven hier normaliter voldoende informatie over.

Ook bij het boren t.b.v. infiltratie van hemelwater moet rekening worden gehouden met een mogelijk lokaal verstoorde bodem als gevolg van drempelvorming tijdens de mijntijd.

Overstortmogelijkheden

Het systeem is zo ontworpen dat voor het volledige plangebied 80 mm kan worden geborgen. Het is echter mogelijk dat er in een korte tijd meer neerslag in het gebied valt waardoor niet al het water geborgen kan worden. Hierom is er in het verleden al een calamiteiten overstortleiding voor het hemelwater van dit plan aangelegd bij de buffer in het zuidwesten van het projectgebied (blauwe lijn Figuur 4). Er is echter voor gekozen om deze overstortleiding niet te gebruiken, maar het water oppervlakkig vanuit de buffer over te laten storten. Wanneer er meer dan 80 mm neerslag valt stroomt deze buffer aan de zuidzijde over en volgt het water de route die het in de huidige situatie ook volgt richting het zuidwesten van het projectgebied. In het zuidwesten wordt een aanpassing aan het maaiveld gedaan, waarmee het water richting de openbare weg wordt gestuurd (verhoging 3 Figuur 5)



Figuur 4: Locatie overstortleiding.

Aanpassingen maaiveld

Om het systeem goed te laten werken dient op 3 locaties het maaiveld van het huidige plan aangepast te worden (rode vlakken in Figuur 5). Bij verhoging 1 dient een dijkje aan de zuidzijde van de waterberging ter hoogte van kavel 14 aangelegd te worden. Hierdoor wordt de capaciteit van deze waterberging verhoogd. De kruin van deze verhoging dient op 117,3 m + NAP aangelegd te worden. Door deze hoogte aan te houden wordt de berging vergroot, maar is de zuidzijde van de berging de laagste insteek. Wanneer er meer neerslag valt dan het systeem aan kan, dan kan het systeem hier oppervlakkig overstorten.

Aan de noordoostzijde van het gebied is een verlaging in de weg aanwezig. Deze dient verhoogd te worden om ervoor te zorgen dat hier bij hevige neerslag geen oppervlakkige waterstroming van de waterberging naar de buitenkant van het projectgebied ontstaat. Hierom dient verhoging 2 een maaiveldniveau van 122,8 m + NAP te krijgen. In het lengteprofiel van de weg mogen nergens verlagingen ontstaan, maar dient een geleidelijk afschot naar de buffer bij kavel 14 te worden aangelegd.

Bij verhoging 3 dient het maaiveld opgehoogd te worden naar 115,15 m + NAP. Hierdoor kan de waterstroom in extreme situaties, welke richting het zuidwesten loopt, gestuurd worden richting de openbare ruimte. Via de Boomweg kan het water zonder overlast te veroorzaken het gebied uit lopen.



Figuur 5: Locatie maaiveld aanpassingen

Simulaties

Om de effecten van het plan in beeld te brengen zijn er drie scenario's doorgerekend, namelijk de huidige situatie, het plan zonder aanpassingen en het plan met alle eerder in deze memo genoemde aanpassingen. Deze drie scenario's zijn doorgerekend met twee neerslaggebeurtenissen (31 mm in 45 min en 80 mm in 2 uur). De resultaten van deze simulaties zijn in de bijlagen van deze memo te zien. Uit deze resultaten komt naar voren dat het systeem bij de 31 mm in 45 minuten situatie voldoet en het water in de waterbergingen blijft staan. Bij 80 mm in 2 uur komt er voornamelijk in het zuidwesten water op straat te staan maar dit zorgt niet voor overlast. Om te controleren of hier in het plan met aanpassingen niet meer water richting het aanliggende perceel stroomt dan in de huidige situatie is ter plaatse van de bruine lijn in de bijlagen (zuid west hoek van de kaarten in bijlage 4) bepaald hoeveel water hier gedurende de volledige gebeurtenis langs stroomt. In het plan met aanpassingen stroomt hier gedurende 2 uur 120 m³ water langs. In de huidige situatie is dit 911 m³. Het plan met de aanpassingen heeft hier dus een verbeterend effect. Dit geldt voor alle randen van het projectgebied. Door het aanleggen van de waterbergingen stroomt er bij de berekende neerslagsituaties minder water oppervlakkig uit het projectgebied dan in de huidige situatie.

Om inzicht te krijgen wat er gebeurt tijdens een extreme situatie is het model ook doorgerekend met de bui van Herwijnen (95 mm in 70 min). Bij deze situatie komt water oppervlakkig tot afstroming maar geeft dit geen problemen voor de woningen. Dit komt mede doordat deze verhoogd liggen ten opzichte van de weg.

Berging op percelen

Zoals eerder is benoemd dient op de percelen van de woningen 31 mm berging aangelegd te worden. De benodigde berging wordt per perceel opgenomen in de koopovereenkomst. Hierin wordt ook opgenomen dat de berging op de percelen behouden moet blijven. Deze berging hoeft alleen aangelegd te worden voor het verhard oppervlak op het perceel. Onder verhard oppervlak wordt het dakoppervlak, het terras en de oprit gezien. Tijdens deze fase van het project zijn al schetsen van de woningen bekend, maar nog niet van de opritten en terrassen. Hierom zijn voor de terrassen en de opritten aannamen gedaan voor het oppervlak. Bij het terras is uitgegaan van een oppervlak van 30 m² en voor de opritten is

uitgegaan van 40 m². Uiteindelijk dient de exacte projectie van de infiltratievoorzieningen in de bouwaanvraag te worden opgenomen.

Voor de berging is uit gegaan van een lavakoffer onder de oprit van de betreffende woning. Een lavakoffer heeft een porositeit van 48 %. Dit wilt zeggen dat 48 % van het volledige volume van de lavakoffer door water gebruikt kan worden. Aan de hand van het totaal verharde oppervlak per perceel is bepaald wat het volledige volume aan lavakoffer dient te zijn per perceel. Dit is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Benodigde berging percelen

Perceel	Totaal verhard oppervlak (m ²)	Benodigde berging (m ³)	Benodigde lavakoffer (m ³)
1	240	7,44	15,5
2	240	7,44	15,5
3	260	8,06	16,8
4	260	8,06	16,8
5	260	8,06	16,8
6	240	7,44	15,5
7	240	7,44	15,5
8	260	8,06	16,8
9	230	7,13	14,9
10	240	7,44	15,5
11	240	7,44	15,5
12	240	7,44	15,5
13	260	8,06	16,8
14	230	7,13	14,9
15	260	8,06	16,8
16	260	8,06	16,8
16B	260	8,06	16,8
17	230	7,13	14,9
18	260	8,06	16,8
19	230	7,13	14,9
20	230	7,13	14,9
21	260	8,06	16,8
22	260	8,06	16,8
23	260	8,06	16,8

Infiltratievoorzieningen moeten binnen 24 uur geledigd zijn om zo weer capaciteit te hebben voor de volgende bui. In het projectgebied is op één punt een doorlatendheid gemeten van 5,5 m/d. Dit is een goede doorlatendheid voor infiltratievoorzieningen. Er zijn echter ook lemlagen waargenomen met een doorlatendheid van 0,35 m/d. Aangezien dit een lage doorlatendheidswaarde is, is ervoor gekozen om de dikte van de lavakoffer 0,35 m te laten zijn. Met de lage doorlatendheidswaarde ledigt de infiltratievoorziening dan in 1 dag.

Er is voor gekozen om de infiltratievoorzieningen onder de opritten van de woningen te plaatsen met een noodoverloop richting het openbaar gebied. Via deze noodoverloop stroomt het hemelwater bij een bui zwaarder dan 31 mm naar de bergingen in het openbaar gebied. Dit is zo ook meegenomen in de berekeningen en zorgt niet voor problemen. De opritten van alle kavels zijn 8 meter breed. Aangezien verschillende percelen een verschillend verhard oppervlak hebben is de benodigde lengte van de lavakoffer ook verschillend. Deze lengtes zijn in Tabel 2 weergegeven.

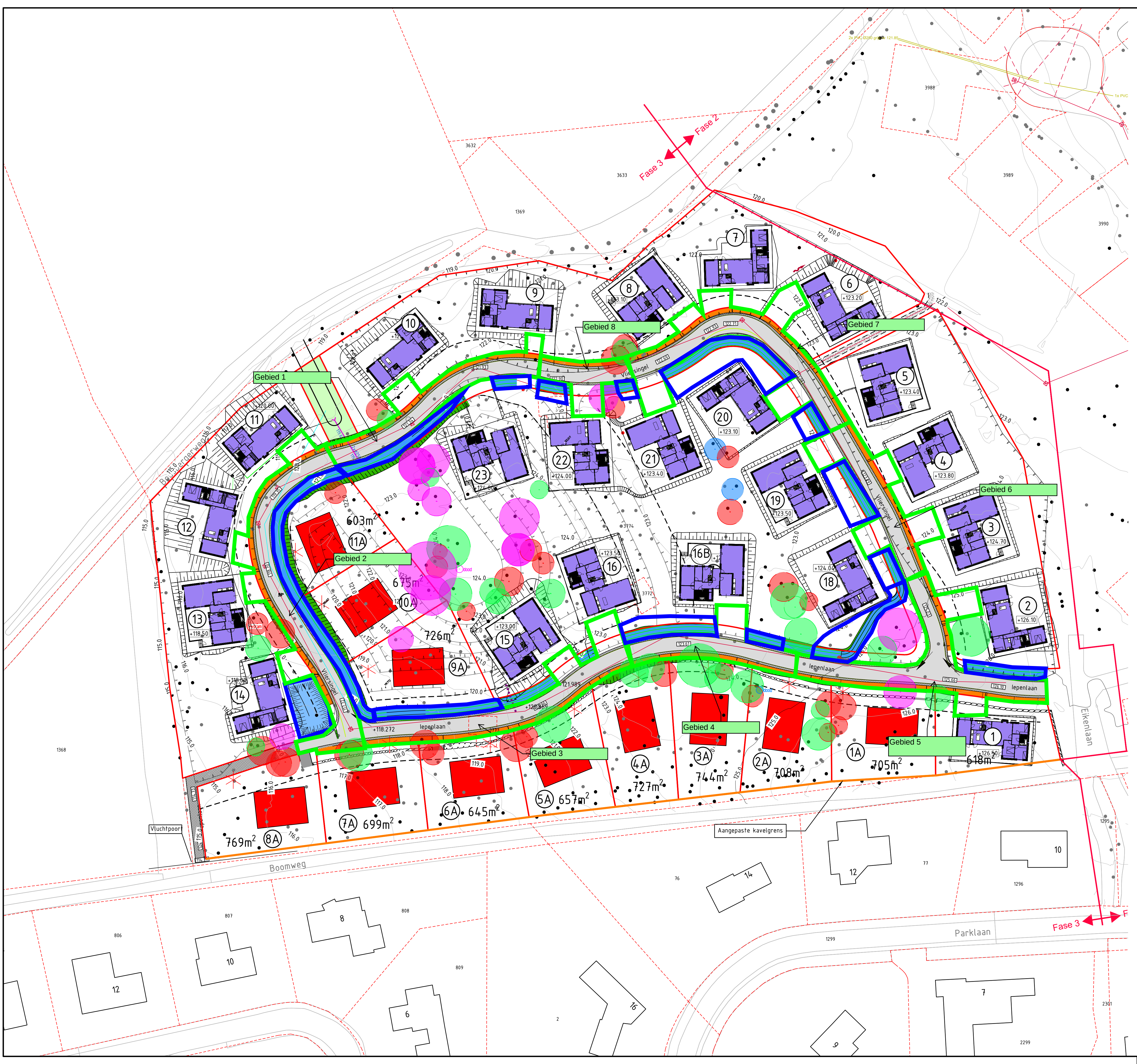
Tabel 2: Benodigde lengte lavakoffer

Perceel	Benodigde lavakoffer (m³)	Oppervlak lavakoffer bij dikte van 0,35m (m²)	Lengte lavakoffer bij 7 m breedte (m)
1	15,5	44,3	5,5
2	15,5	44,3	5,5
3	16,8	48,0	6,0
4	16,8	48,0	6,0
5	16,8	48,0	6,0
6	15,5	44,3	5,5
7	15,5	44,3	5,5
8	16,8	48,0	6,0
9	14,9	42,4	5,3
10	15,5	44,3	5,5
11	15,5	44,3	5,5
12	15,5	44,3	5,5
13	16,8	48,0	6,0
14	14,9	42,4	5,3
15	16,8	48,0	6,0
16	16,8	48,0	6,0
16B	16,8	48,0	6,0
17	14,9	42,4	5,3
18	16,8	48,0	6,0
19	14,9	42,4	5,3
20	14,9	42,4	5,3
21	16,8	48,0	6,0
22	16,8	48,0	6,0
23	16,8	48,0	6,0

Bijlagen

- Bijlage 1: Overzicht deelgebieden
- Bijlage 2: Bepaling berging per deelgebied
- Bijlage 3: Infiltratieonderzoek
- Bijlage 4: Resultaten kaarten

Bijlage 1: Overzicht deelgebieden



VILLAPARK "DE BOUSBERG"	
Onderdeel	Herten
Situatietekening Fase 3 en 4	Schoolstraat 8, 6049 BN Herten Postbus 14, 6045 AA Roermond
Opdrachtgever	's-Hertogenbosch
Bousberg BV	Hambakewetering 5-J, 5231 DD 's-Hertogenbosch Postbus 2309, 5202 CH 's-Hertogenbosch
Fase	Projectnummer LAN127
Formaat A1	Tekeningnummer 2019-0821
Schaal 1: 500	Behorende bij doc. nr.
	

Bijlage 2: Bepaling berging per deelgebied

Gebied 1		
Benodigd		
Opp verhard opp	500,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	40,0	m3
Benodigde berging (31 mm)	15,5	m3
Op tekening		
Berging watergang	51,5	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	11,5	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	36,0	m3

Gebied 4		
Benodigd		
Opp verhard opp	380,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	30,4	m3
Benodigde berging (31 mm)	11,8	m3
Op tekening		
Berging watergang	34,9	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	4,5	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	23,1	m3

Gebied 7		
Benodigd		
Opp verhard opp	830,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	66,4	m3
Benodigde berging (31 mm)	25,7	m3
Op tekening		
Berging watergang	81,3	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	14,9	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	55,6	m3

Gebied 2		
Benodigd		
Opp verhard opp	860,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	68,8	m3
Benodigde berging (31 mm)	26,7	m3
Op tekening		
Berging watergang	50,5	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	-18,3	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	23,9	m3

Gebied 5		
Benodigd		
Opp verhard opp	750,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	60,0	m3
Benodigde berging (31 mm)	23,3	m3
Op tekening		
Berging watergang	66,0	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	6,0	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	42,8	m3

Gebied 8		
Benodigd		
Opp verhard opp	230,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	18,4	m3
Benodigde berging (31 mm)	7,1	m3
Op tekening		
Berging watergang	24,5	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	6,1	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	17,4	m3

Gebied 3		
Benodigd		
Opp verhard opp	655,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	52,4	m3
Benodigde berging (31 mm)	20,3	m3
Op tekening		
Berging watergang	24,7	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	-27,7	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	4,4	m3

Gebied 6		
Benodigd		
Opp verhard opp	750,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	60,0	m3
Benodigde berging (31 mm)	23,3	m3
Op tekening		
Berging watergang	69,3	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	9,3	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	46,0	m3

Totaal		
Benodigd		
Opp verhard opp	4955,0	m2
Benodigde berging (80 mm)	396,4	m3
Benodigde berging (31 mm)	153,6	m3
Op tekening		
Berging watergangen	402,8	m3
Berging kavel 14	16,2	m3
Berging Totaal	419,0	m3
Teveel aan berging bij 80 mm	22,6	m3
Teveel aan berging bij 31 mm	265,4	m3

Bijlage 3: Infiltratieonderzoek

Resultaten doorlatendheidsmetingen

GA201406.R02.V1.0

6 juli 2021



Resultaten doorlatendheidsmetingen

23 woningen aan de Bousberg te Landgraaf

Documentnummer GA201406.R02.V1.0

6 juli 2021

Opdrachtgever

Van Wijnen Sittard BV

Postbus 5110

6130PC Sittard

Auteurs

Adviseur geotechniek ir. NPAW Kelleners

Functie	Naam	Paraaf
Adviseur geotechniek	ir. NPAW Kelleners	

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Grondonderzoek	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Boringen	5
2.3	Doorlatendheidsmetingen	5
2.4	Inmeting	5
2.5	Grondwater	5
3	Resultaten.....	6
3.1	Doorlatendheid	6

Bijlagen

Bijlage 1 Situatiekening

Bijlage 2 Boringen

Bijlage 3 Doorlatendheidsmetingen

1 Inleiding

Door Van Wijnen Sittard BV werd aan Geonius Geotechniek B.V. opdracht gegeven een infiltratieonderzoek uit te voeren. Dit onderzoek was nodig voor de afkoppeling van regenwater bij de nieuwbouw van woningen aan de Bousberg te Landgraaf.

Voorliggend rapport bevat de resultaten van het infiltratieonderzoek.

2 Grondonderzoek

2.1 Algemeen

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in juni 2019 vier machinale boringen en vier doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Hieronder is het uitgevoerde onderzoek verder beschreven.

2.2 Boringen

Op tevoren door opdrachtgever gespecificeerde locaties en diepten zijn vier machinale boringen uitgevoerd. De boringen zijn genummerd als GA201406 DB01 t/m DB04. De eerste drie boringen zijn 2,5 meter uitgevoerd. DB04 is tot 10 meter minus maaiveld gerealiseerd. Tijdens de boorwerkzaamheden is het bodemmateriaal lithologisch onderzocht. Bij het lithologisch onderzoek worden de grondsoorten geclassificeerd volgens NEN 5104. De boorstaten zijn opgenomen in de bijlagen.

2.3 Doorlatendheidsmetingen

In de boorgaten zijn doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Deze zijn genummerd GA201406 DM01 t/m DM04 en zijn opgenomen in bijlagen.

Doorlatendheidsmetingen DM01 t/m DM04 zijn ter plaatse van een geplande ondergrondse infiltratievoorziening uitgevoerd en zijn gemeten volgens de omgekeerde open-boorgatmethode (Porchet) gemeten. Om de meting te kunnen uitvoeren, wordt allereerst een gat geboord tot de onderkant van de te beproeven laag. Vervolgens wordt in het boorgat water toegevoegd en wordt de daling van de grondwaterstand per tijdseenheid gemeten, hieruit kan de doorlatendheid worden berekend.

2.4 Inmeting

De ligging van de onderzoekspunten is op situatietekening GA201406.T01 weergegeven. De resultaten van het grondonderzoek zijn in de bijlagen toegevoegd. De boorstaten zijn getekend ten opzichte van NAP.

De onderzoekspunten zijn met behulp van 06-GPS ingemeten t.o.v. het Rijksdriehoekstelsel en NAP (nauwkeurigheid ca. 0,10 m). Alle gegevens van de inmetingen zijn een momentopname en zijn alleen te gebruiken voor voorliggend onderzoek.

2.5 Grondwater

Tijdens het grondonderzoek is in de boorgaten naar de actuele grondwaterstand gepeild. Deze werd niet aangetroffen tot de maximaal verkende diepte van ca. 10 m- maaiveld. (NAP + 107,0 m)

3 Resultaten

3.1 Doorlatendheid

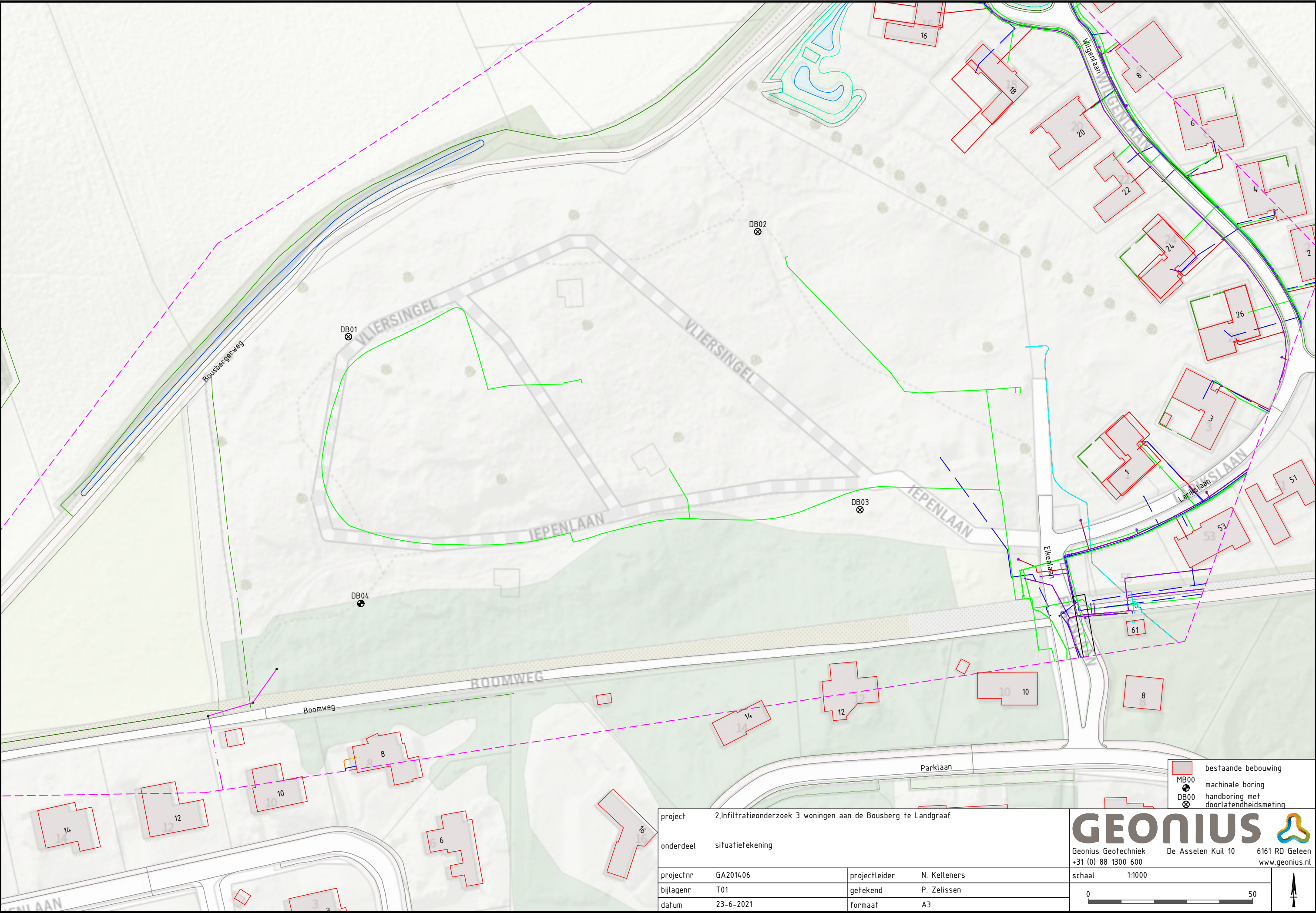
Om de doorlatendheid van de bodem ten behoeve van infiltratie te berekenen, zijn vier proeven in de onverzadigde zone uitgevoerd. Deze zijn volgens de omgekeerde open-boorgatmethode (Porchet) gemeten voor de horizontale doorlatendheid

Bij de doorlatendheidsmetingen worden drie metingen uitgevoerd. De eerste meting geeft meestal een hogere doorlatendheid omdat de aanwezige grond dan nog niet verzadigd is. Bij de volgende twee metingen raakt de grond langzaam verzadigd. De derde meting is meestal maatgevend voor de doorlatendheid. De range van gemeten doorlatendheden is opgenomen in tabel 3.1.1. De resultaten van de metingen zijn opgenomen in de bijlagen.

Tabel 3.1.1: gemeten doorlatendheid

Meting	Traject [m- maaiveld]	Traject [m t.o.v. NAP]	Grondsoort	Doorlatendheid [m/d]
<i>Porchetmetingen</i>				
DM01	1,5 – 2,5	117,5 – 118,5	Zand, matig fijn, zwak siltig beigebruin	2,4
DM02	1,5 – 2,5	120,3 – 121,3	Zand, matig fijn, matig siltig, licht bruin	2,1
DM03	1,5 – 2,5	123,5 – 124,5	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindhoudend, bruin beige	7,9
DM04	9,0 – 10,0	107,3 – 108,3	Zand, matig fijn, zwak siltig, wit	8,0

Bijlage 1 Situatietekening



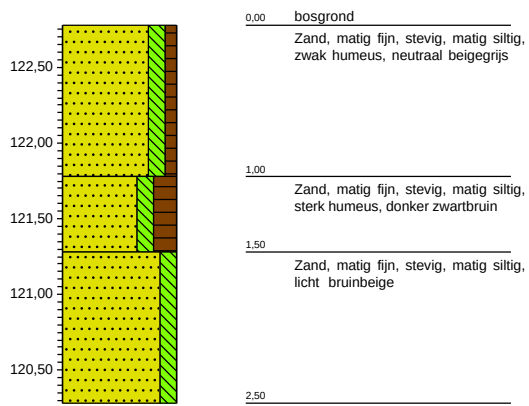
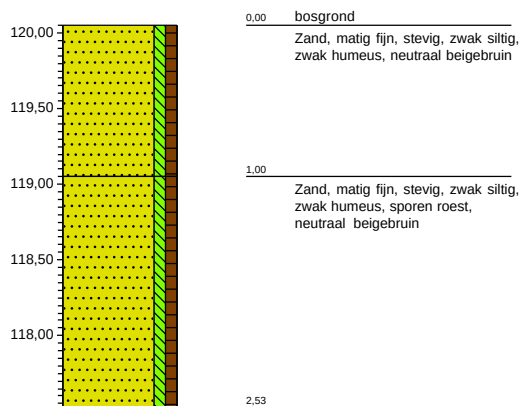
Bijlage 2 Boringen

boring: DB01
Maaiveldhoogte: 120,051 m.t.o.v. N.A.P.
Datum: 2-7-2021

X-coördinaat: 197934,11
Y-coördinaat: 324322,18

boring: DB02
Maaiveldhoogte: 122,78 m.t.o.v. N.A.P.
Datum: 2-7-2021

X-coördinaat: 198060,40
Y-coördinaat: 324347,98

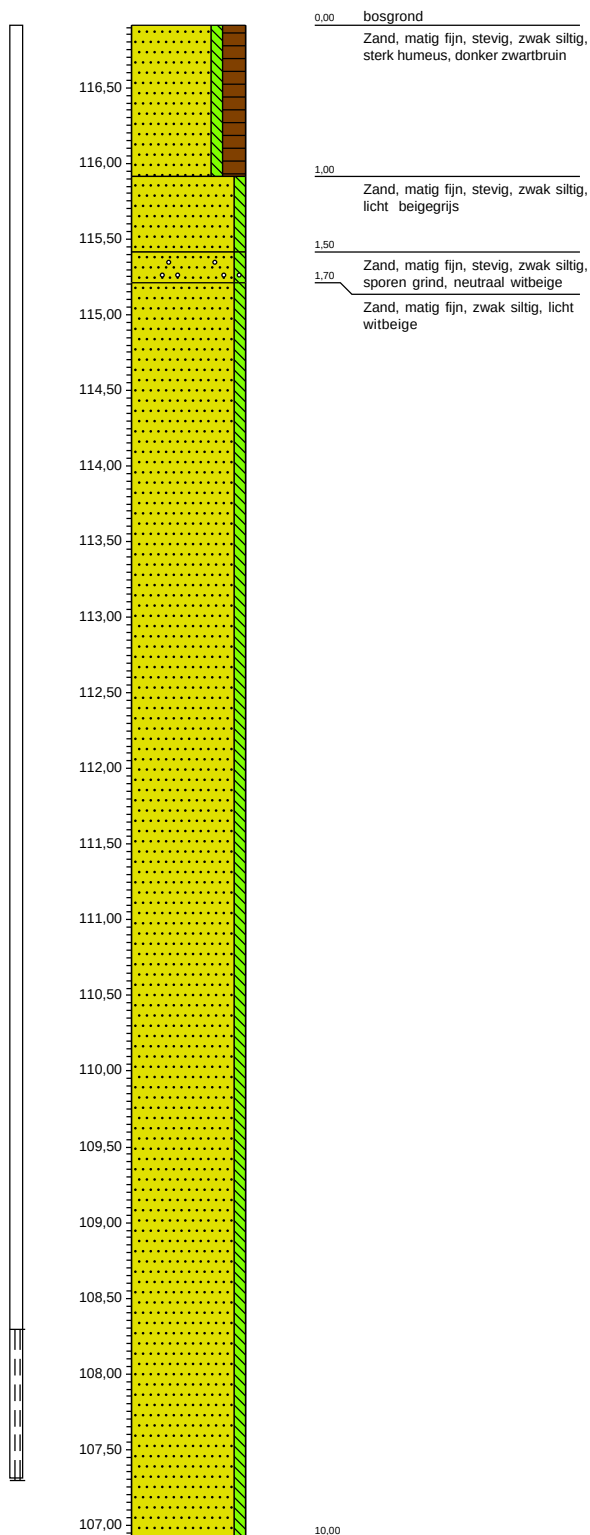
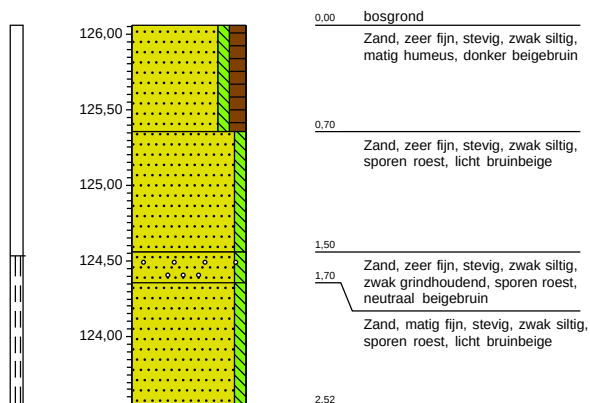


boring: DB03
 Maaiveldhoogte: 126,059 m. t.o.v. N.A.P.
 Datum: 2-7-2021

X-coördinaat: 198091,35
 Y-coördinaat: 324264,72

boring: MB04
 Maaiveldhoogte: 116,913 m. t.o.v. N.A.P.
 Datum: 2-7-2021

X-coördinaat: 197938,72
 Y-coördinaat: 324236,12



Bijlage 3 Doorlatendheidsmetingen

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen :

$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$

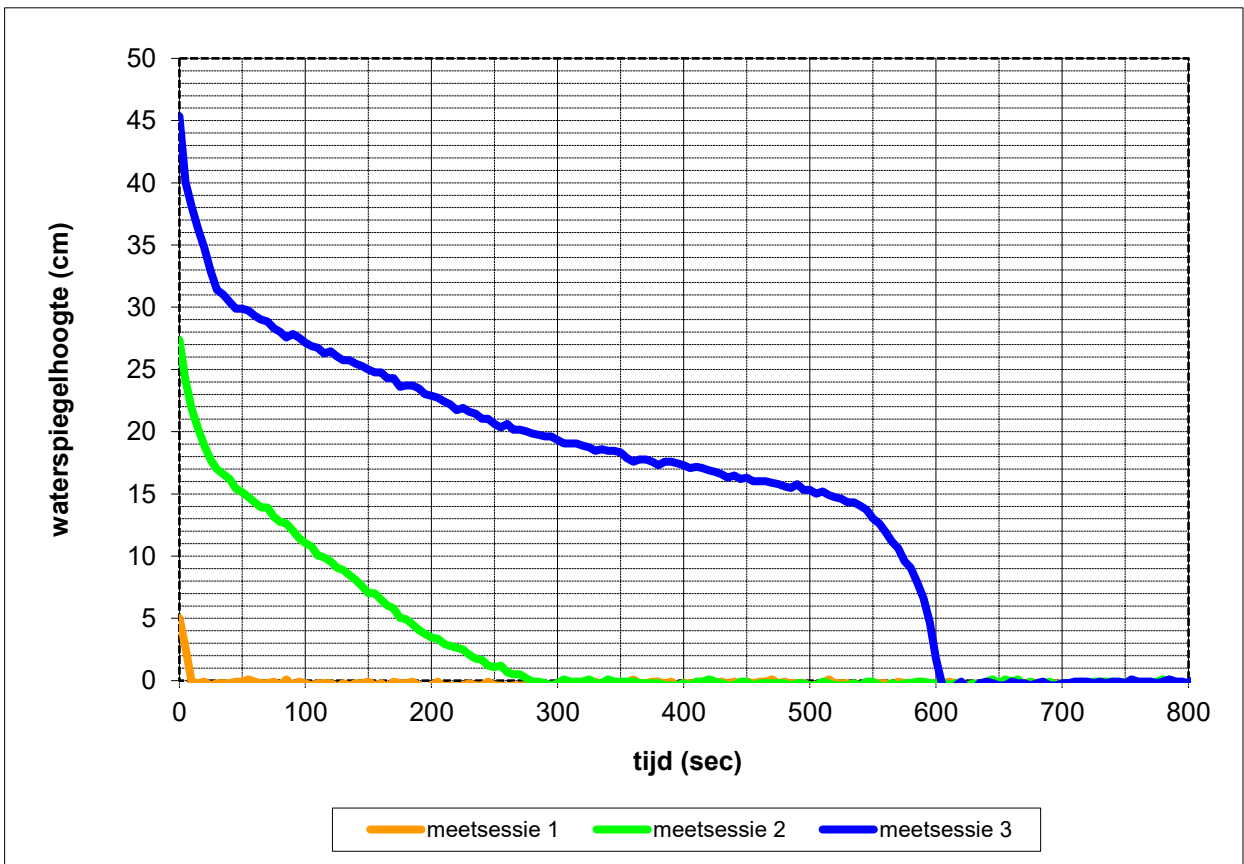
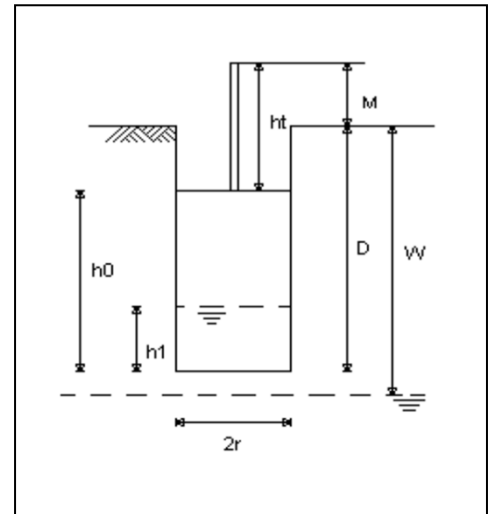
h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$

r = boorgatradius

dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden

Diepte boorgat	D :	253	cm
Standaardhoogte	M :	47	cm
Radius boorgat	R :	5,5	cm
Grondwater	W :	0	cm



Meetsessie 1

t_0 =	0	sec
h_0 =	5,05	cm
t_1 =	5	sec
h_1 =	2,65	cm
k_f =	2,01E-03	m/s
k_f =	173,95	m/dag
rc =	-4,78E-03	m/s

Meetsessie 2

t_0 =	100	sec
h_0 =	11,05	cm
t_1 =	200	sec
h_1 =	3,47	cm
k_f =	2,19E-04	m/s
k_f =	18,92	m/dag
rc =	-7,58E-04	m/s

Meetsessie 3

t_0 =	400	sec
h_0 =	17,30	cm
t_1 =	500	sec
h_1 =	15,31	cm
k_f =	2,86E-05	m/s
k_f =	2,47	m/dag
rc =	-1,98E-04	m/s

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen :

$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$

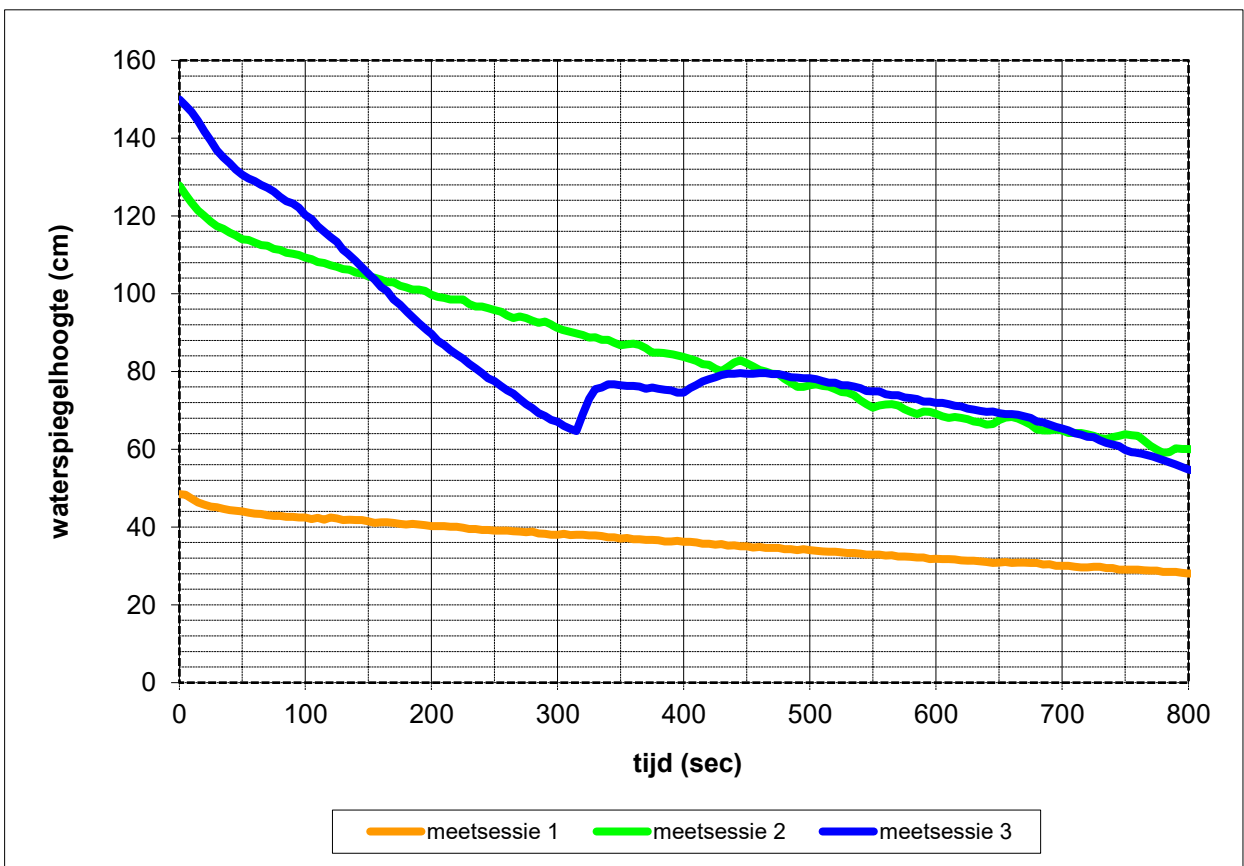
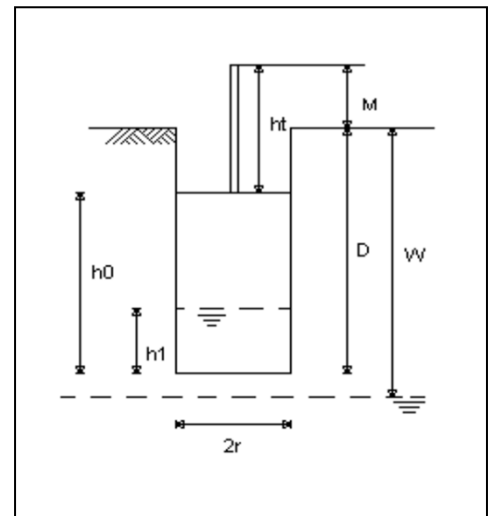
h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$

r = boogtradius

dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden

Diepte boorgat	D :	252	cm
Standaardhoogte	M :	48	cm
Radius boorgat	R :	5,5	cm
Grondwater	W :	0	cm



Meet sessie 1

t_0 =	600	sec
h_0 =	31,87	cm
t_1 =	700	sec
h_1 =	30,06	cm
k_f =	1,47E-05	m/s
k_f =	1,27	m/dag
rc =	-1,81E-04	m/s

Meet sessie 2

t_0 =	600	sec
h_0 =	69,14	cm
t_1 =	700	sec
h_1 =	64,88	cm
k_f =	1,68E-05	m/s
k_f =	1,45	m/dag
rc =	-4,26E-04	m/s

Meet sessie 3

t_0 =	600	sec
h_0 =	71,88	cm
t_1 =	700	sec
h_1 =	65,35	cm
k_f =	2,52E-05	m/s
k_f =	2,17	m/dag
rc =	-6,53E-04	m/s

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen :

$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$

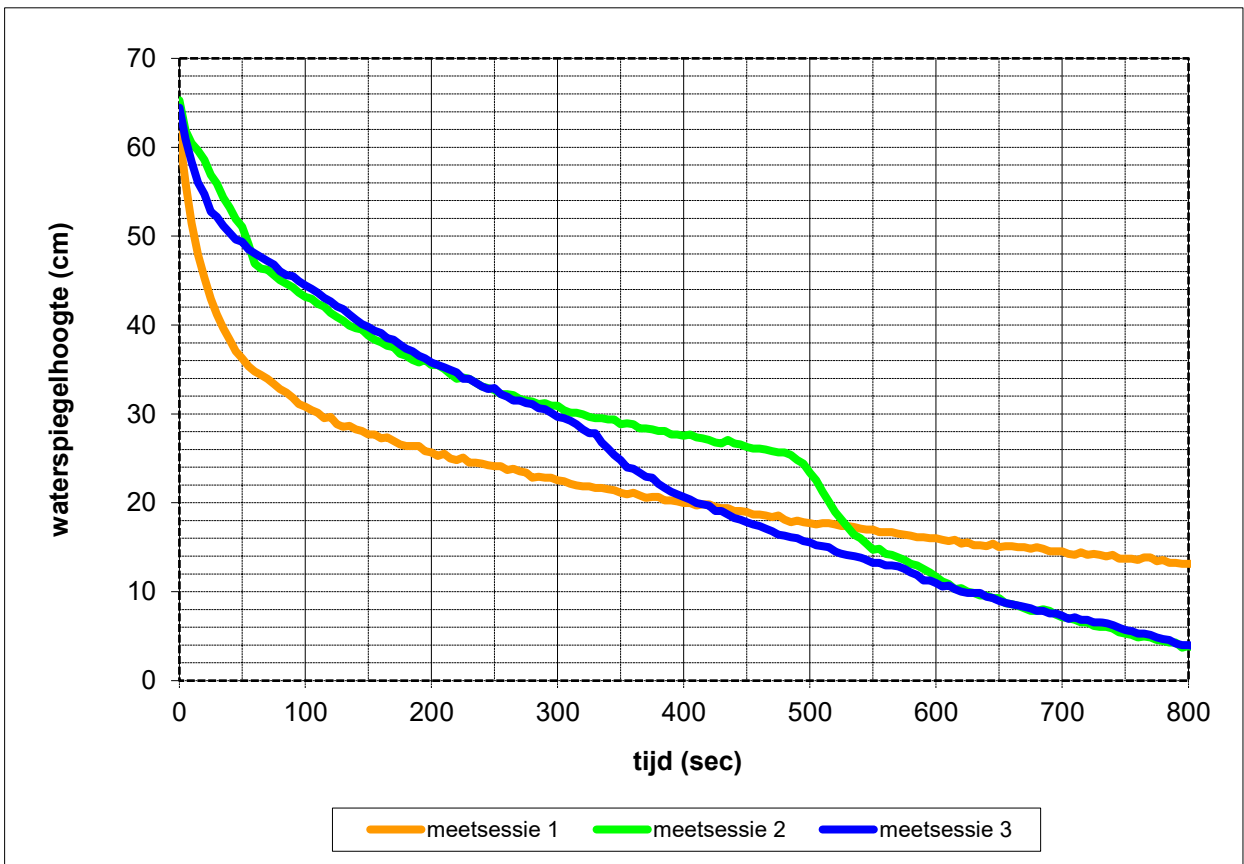
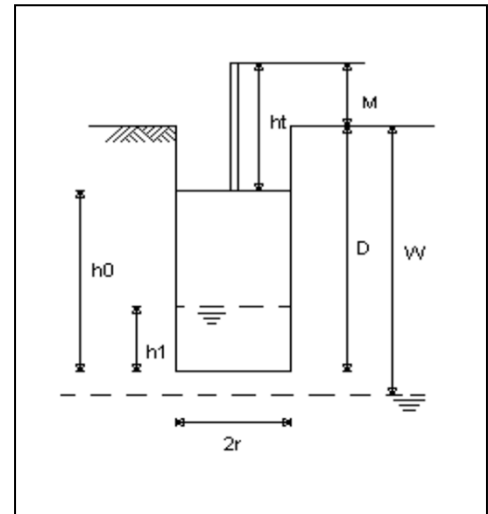
h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$

r = boorgatradius

dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden

Diepte boorgat	D :	252	cm
Standaardhoogte	M :	48	cm
Radius boorgat	R :	5,5	cm
Grondwater	W :	0	cm



Meetsessie 1

t_0 =	650	sec
h_0 =	15,01	cm
t_1 =	750	sec
h_1 =	13,73	cm
k_f =	2,06E-05	m/s
k_f =	1,78	m/dag
rc =	-1,28E-04	m/s

Meetsessie 2

t_0 =	650	sec
h_0 =	9,29	cm
t_1 =	750	sec
h_1 =	5,27	cm
k_f =	1,12E-04	m/s
k_f =	9,65	m/dag
rc =	-4,03E-04	m/s

Meetsessie 3

t_0 =	650	sec
h_0 =	9,00	cm
t_1 =	750	sec
h_1 =	5,68	cm
k_f =	9,14E-05	m/s
k_f =	7,89	m/dag
rc =	-3,32E-04	m/s

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen :

$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$

h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$

r = boorgatradius

dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

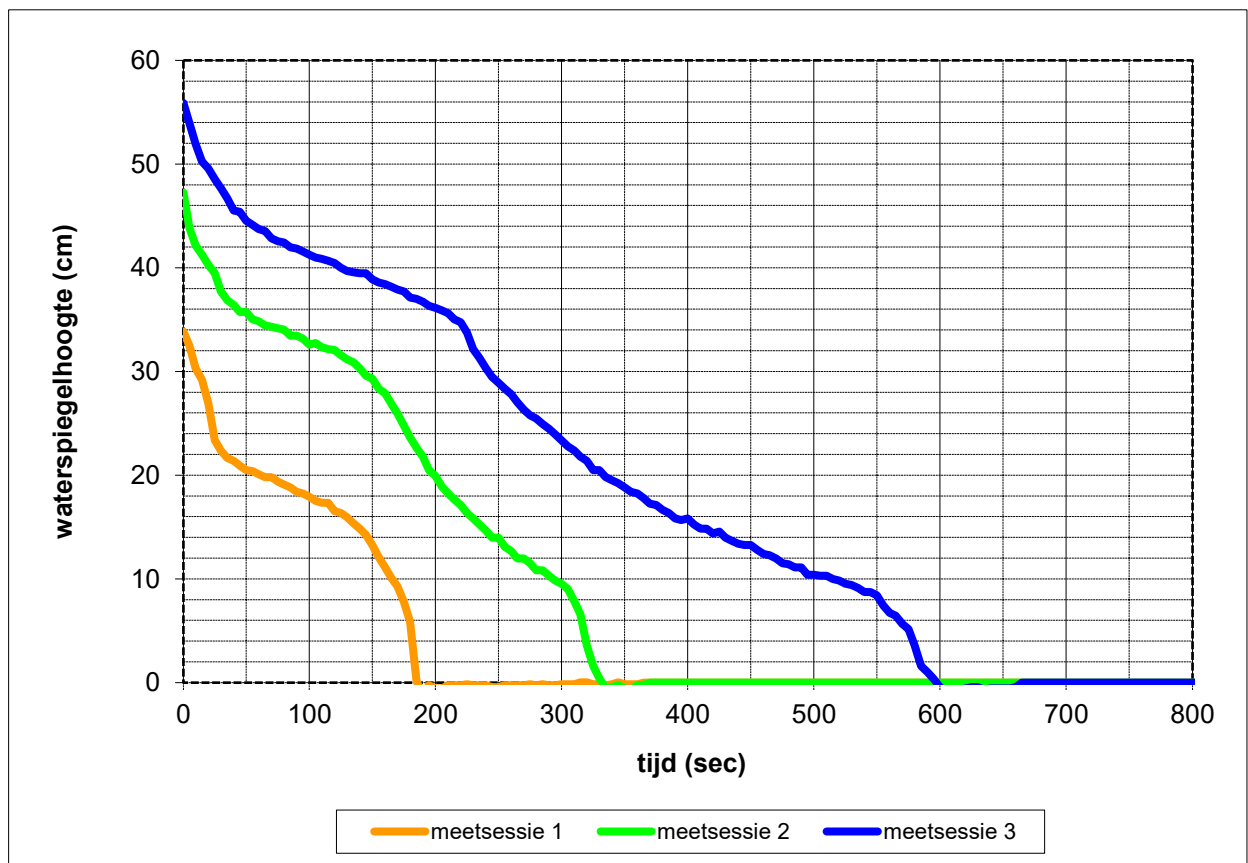
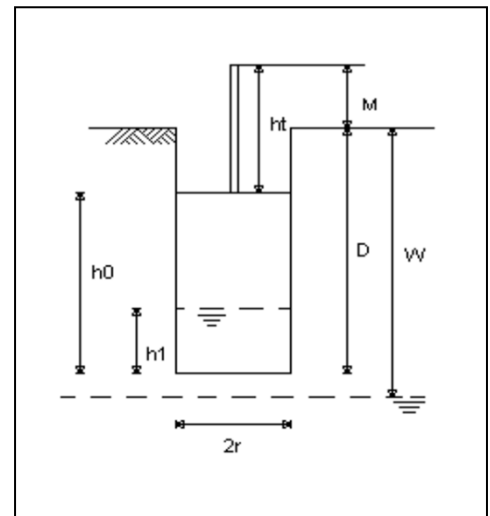
Onderzoekswaarden

Diepte boorgat D : cm

Standaardhoogte	M :	138	cm
-----------------	-----	-----	----

Radiusboorgat	R	5,5 cm
---------------	---	--------

Grondwater	W	0	cm
------------	---	---	----



Meetsessie 1

t0 =	50	sec
h0 =	20,50	cm
t1 =	150	sec
h1 =	13,27	cm
kf =	1,02E-04	m/s
kf =	8,85	m/dag
rc =	-7,23E-04	m/s

Meetsessie 2

t0 =	200	sec
h0 =	19,92	cm
t1 =	300	sec
h1 =	9,53	cm
kf =	1,68E-04	m/s
kf =	14,54	m/dag
rc =	-1,04E-03	m/s

Meetsessie 3

t0 =	400	sec
h0 =	15,83	cm
t1 =	500	sec
h1 =	10,41	cm
kf =	9,48E-05	m/s
kf =	8,19	m/dag
rc =	-5,42E-04	m/s

Geonius.nl

Geonius is een middelgroot interdisciplinair ingenieursbureau met brede expertise binnen de GWW- en bouwsector. Door onze unieke combinatie van vakkennis op het gebied van wegen, geotechniek, milieu, geodesie, water, ruimtelijke ontwikkeling, landschap, archeologie en ecologie zijn wij goed in staat mee te denken met de klant en projecten zelfstandig uit te voeren. Grenzen tussen de verschillende divisies vervagen, waardoor steeds meer projecten integraal door ons worden uitgevoerd.

Geonius hecht veel waarde aan een informele, positieve bedrijfscultuur, het welzijn van medewerkers en maatschappelijke betrokkenheid.



Wegen



Geotechniek



Milieu



Geodesie



Water



Ruimtelijke ontwikkeling



Landschap



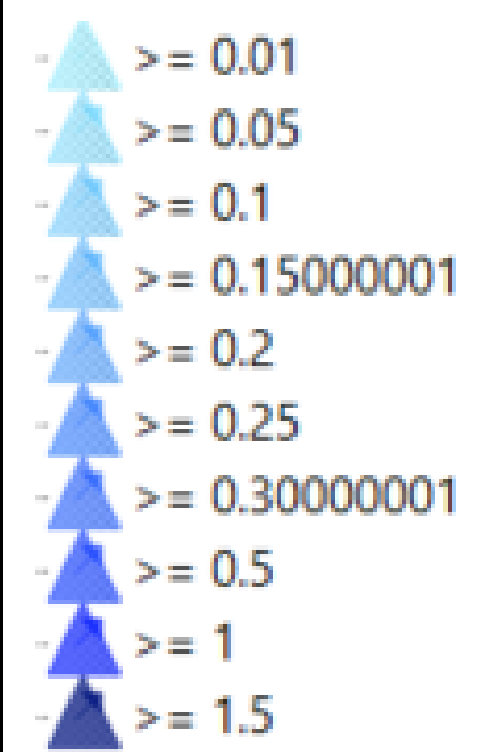
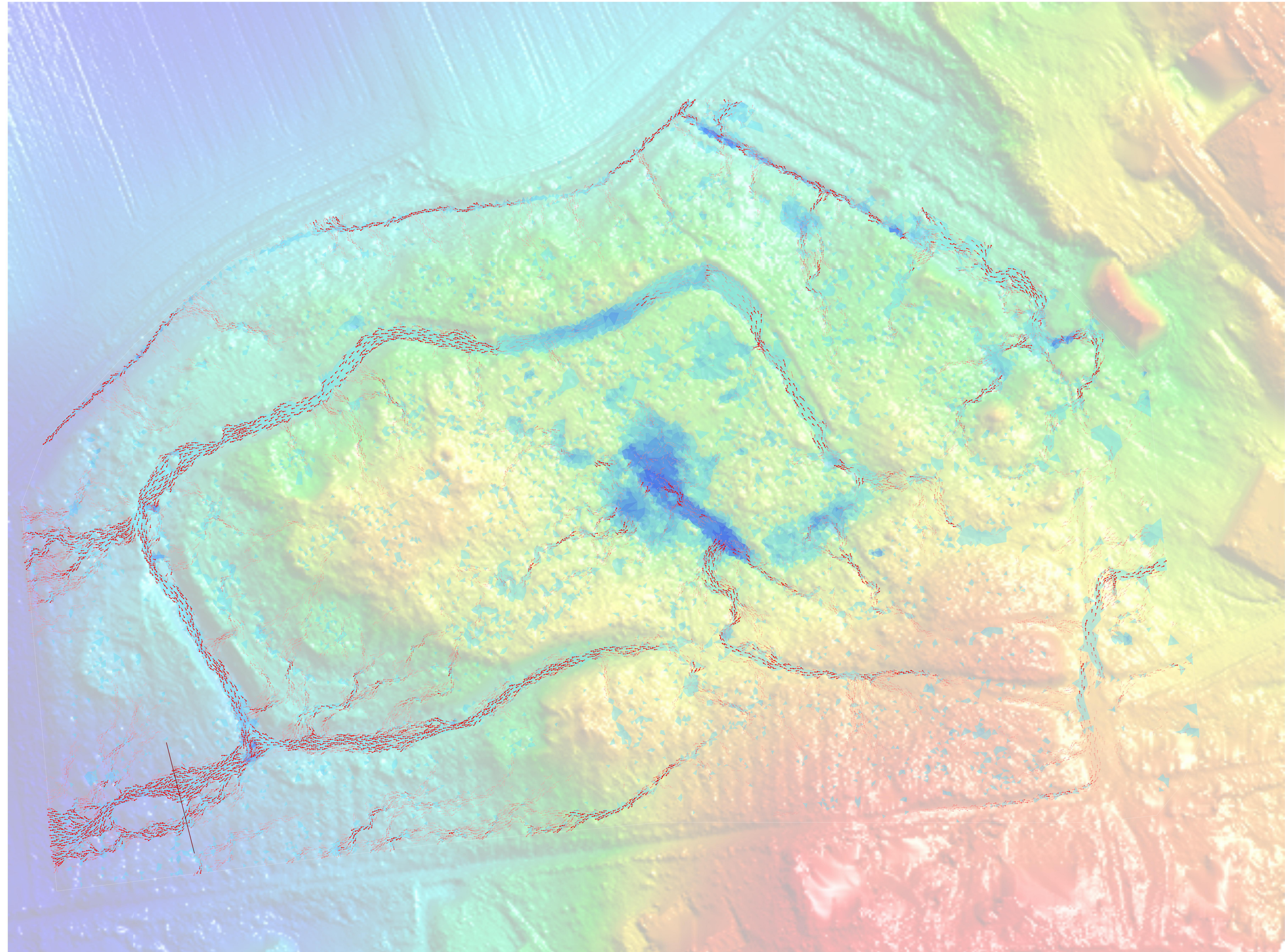
Archeologie



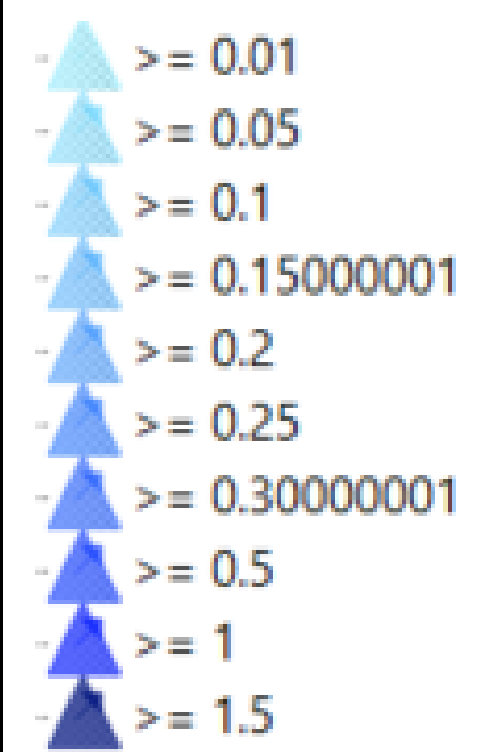
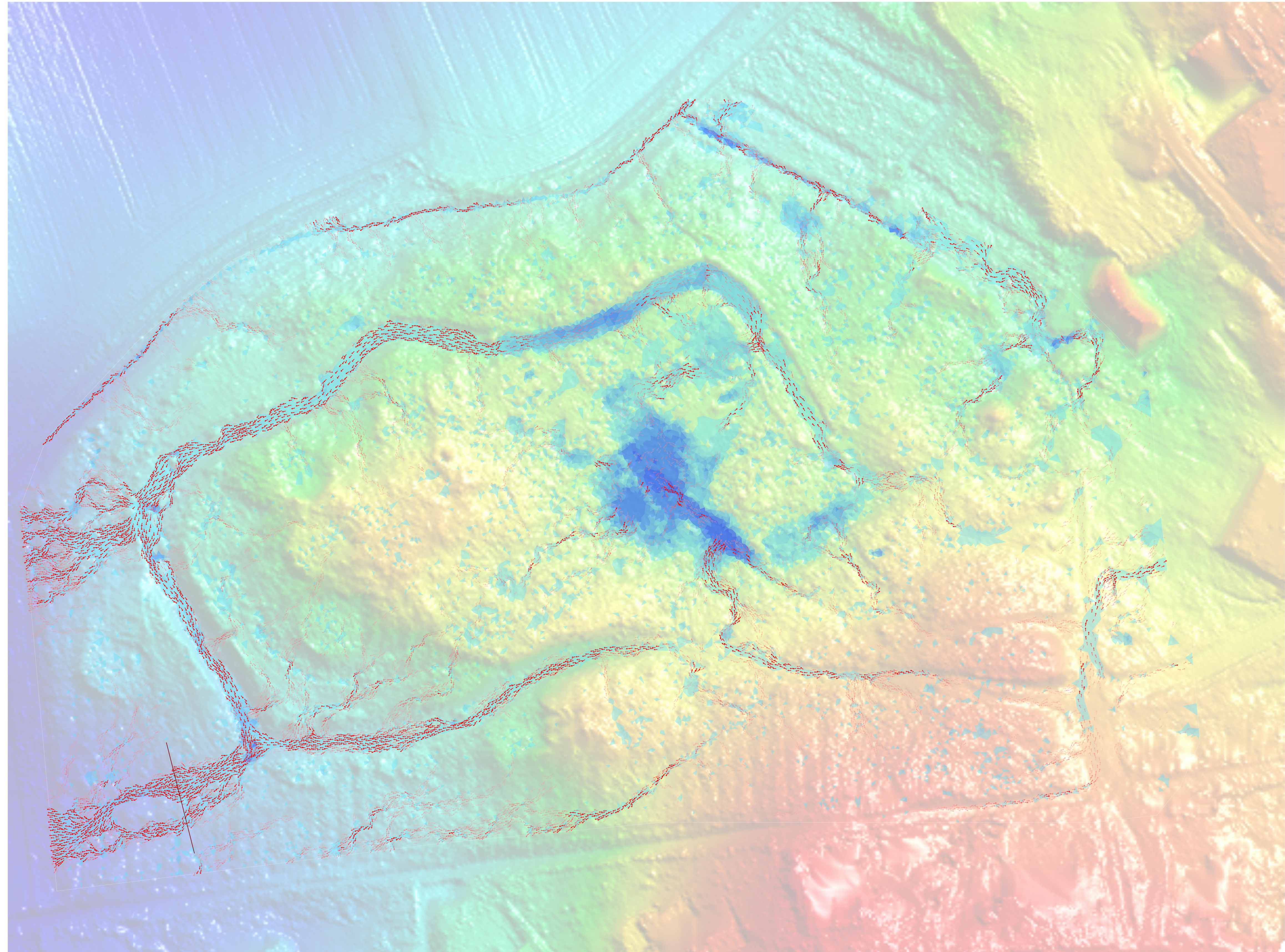
Ecologie

Bijlage 4: Resultaten kaarten

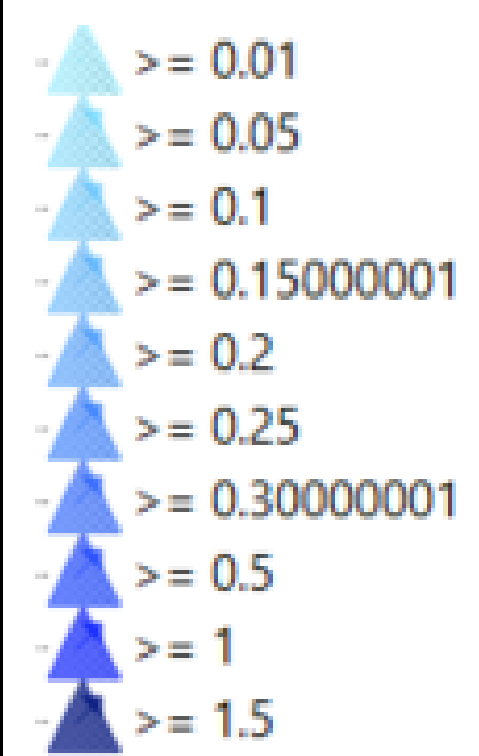
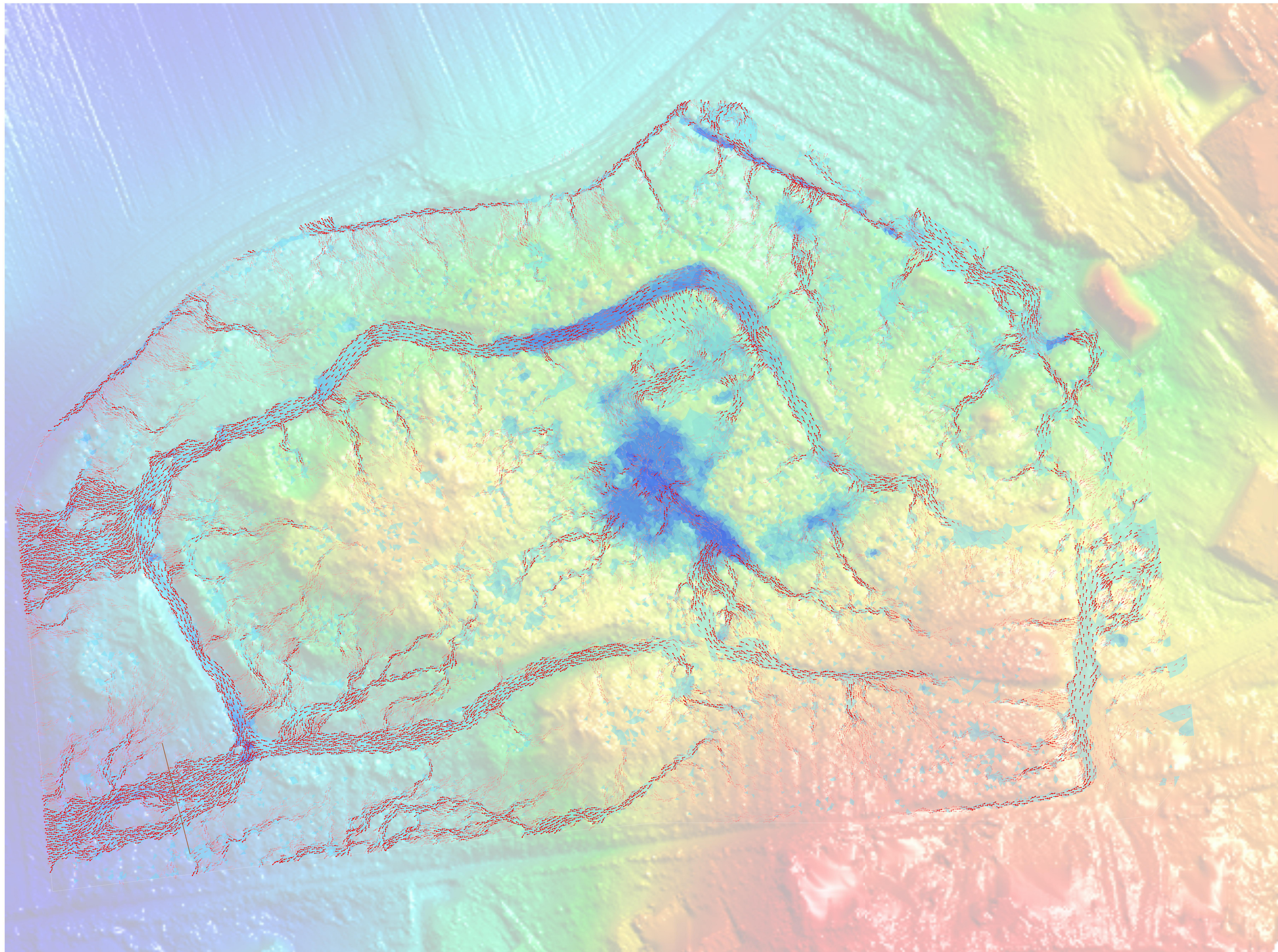
Huidige situatie 31 mm in 45 minuten



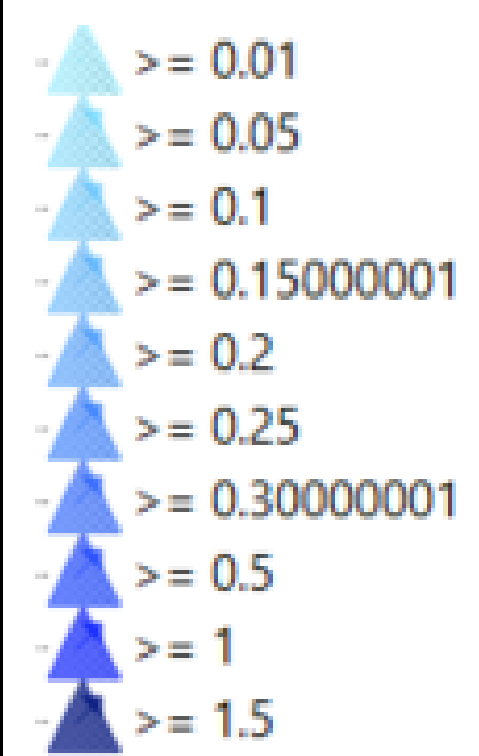
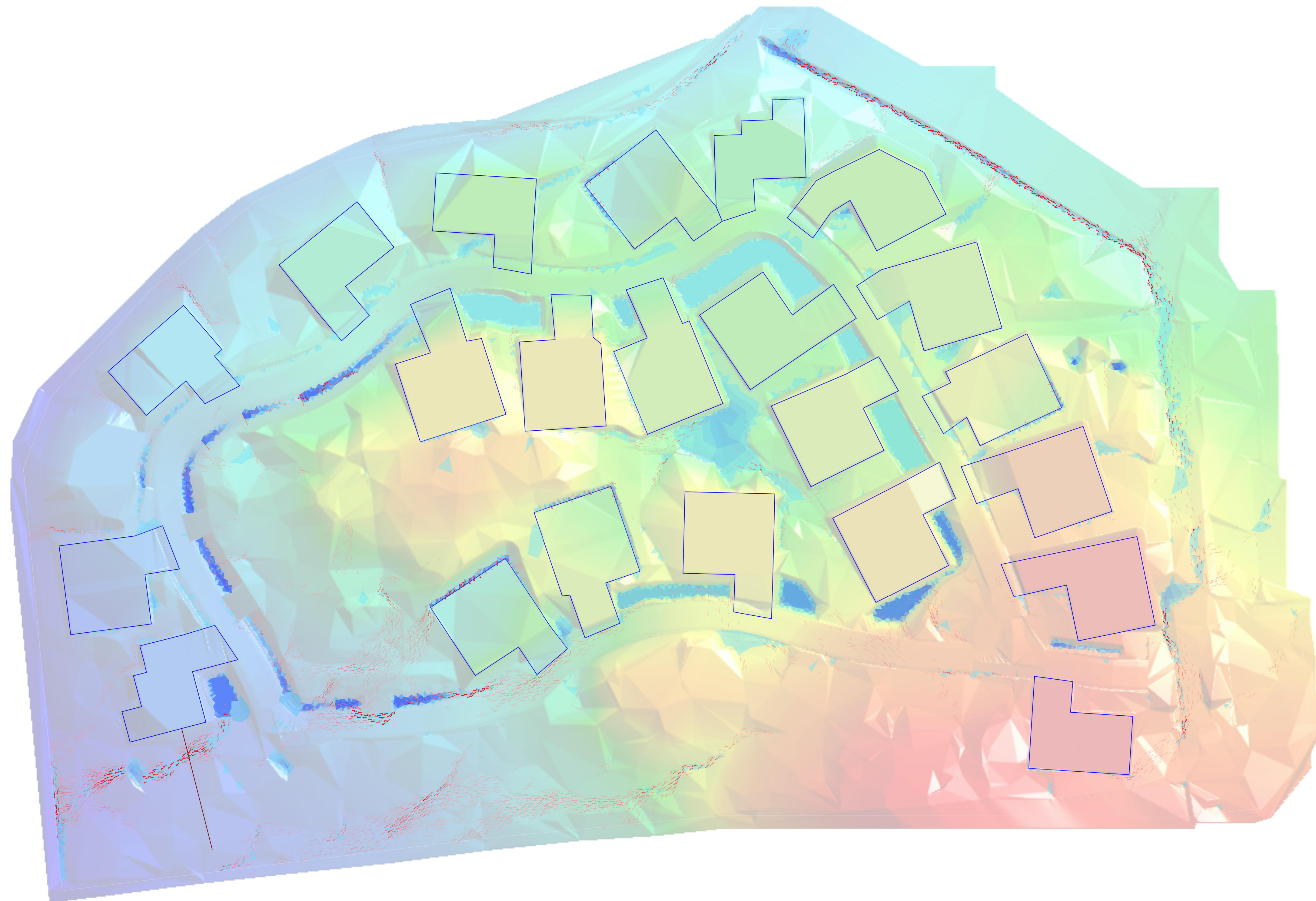
Huidige situatie 80 mm in 2 uur



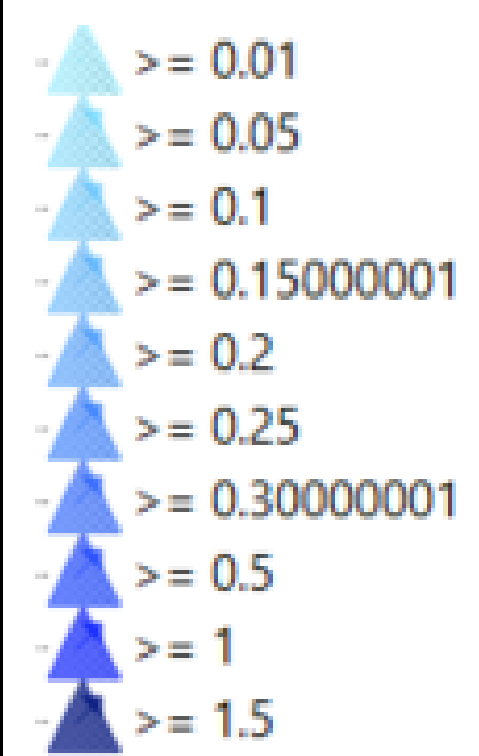
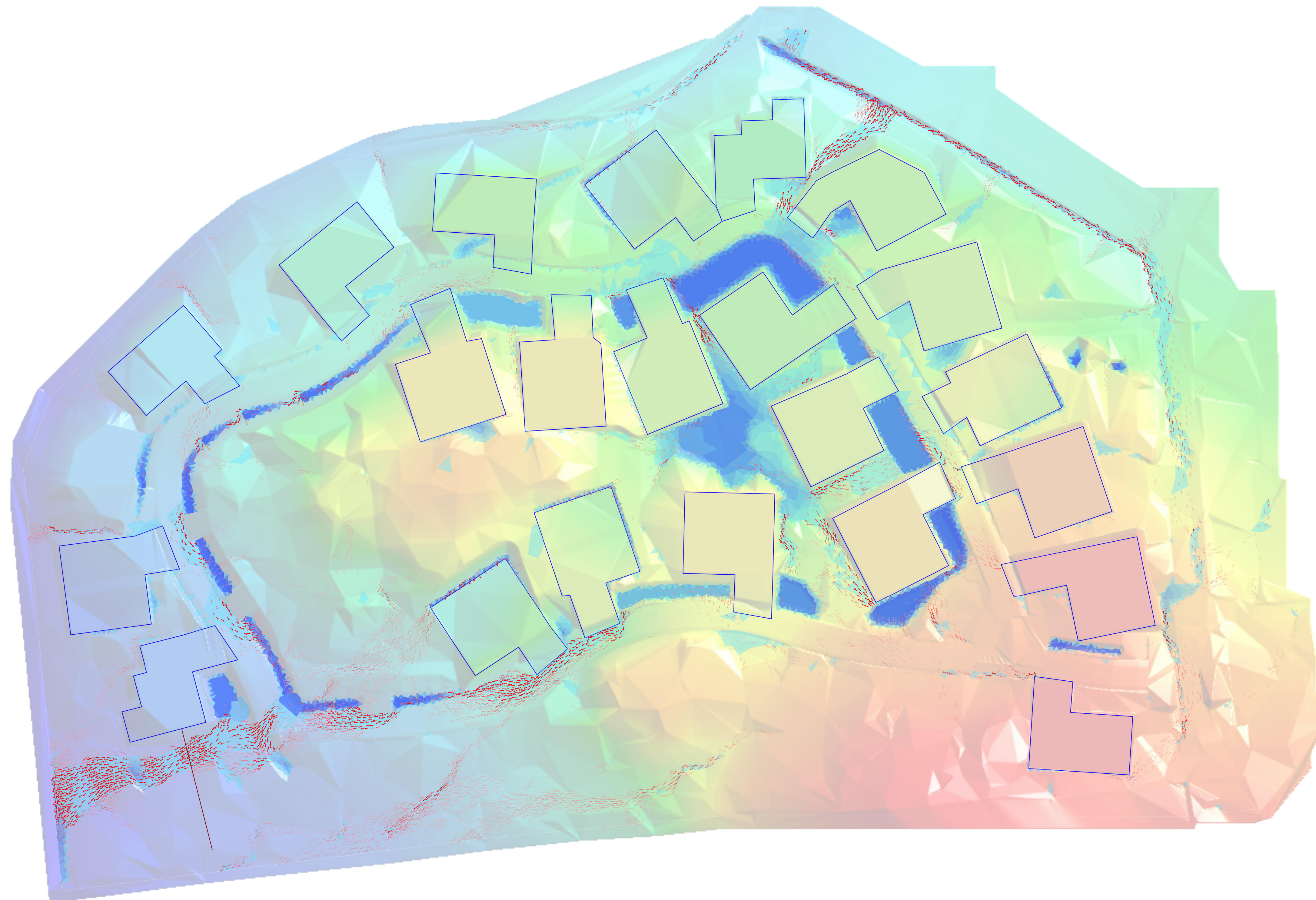
Huidige situatie bui van Herwijnen



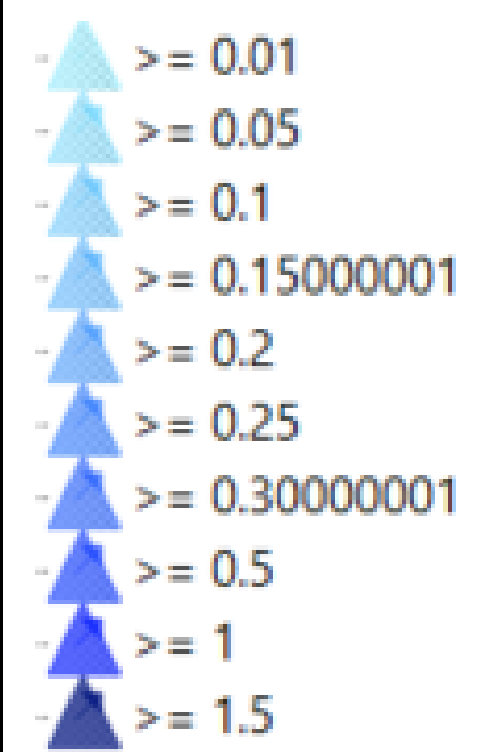
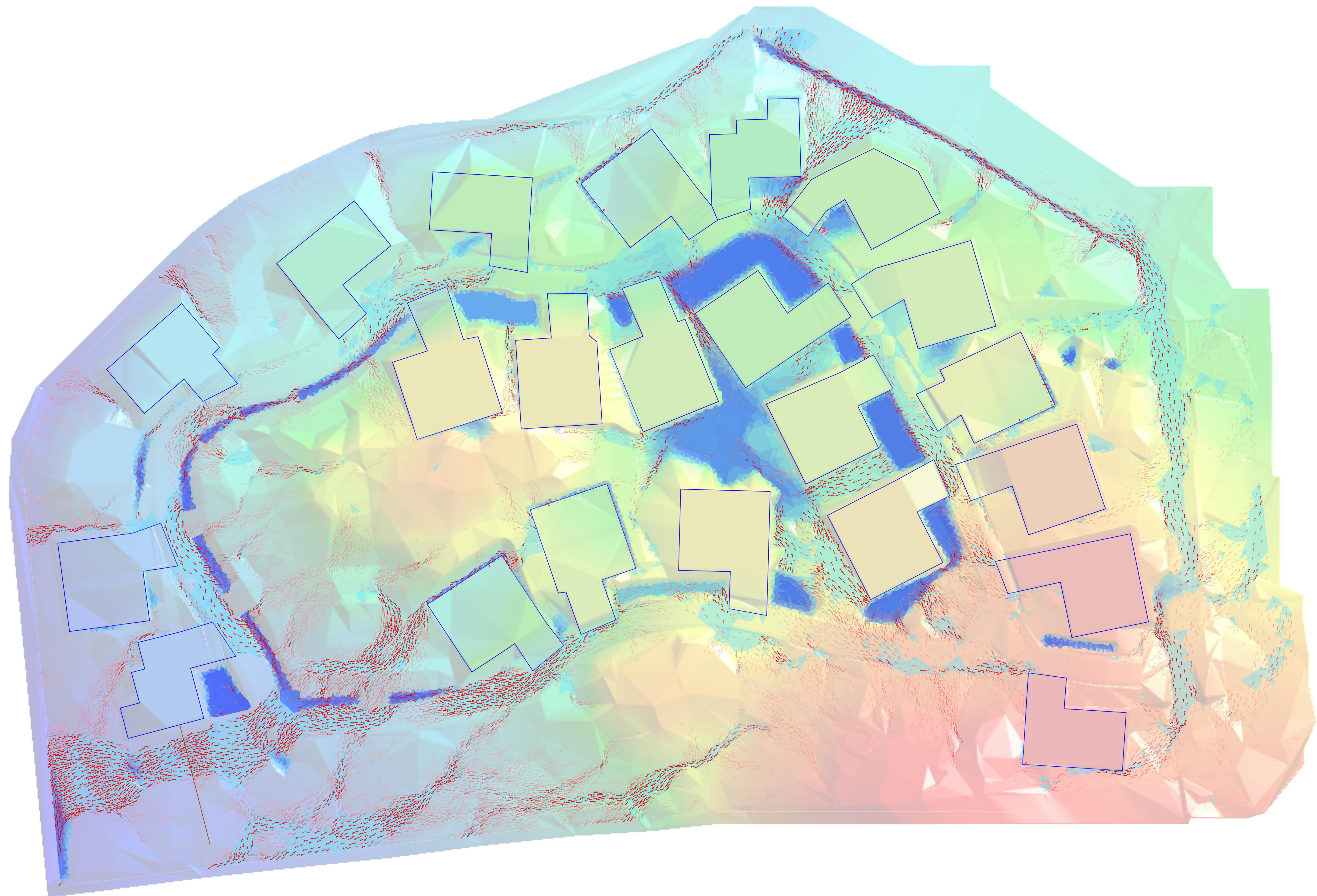
Plan zonder maatregelen 31 mm in 45 minuten



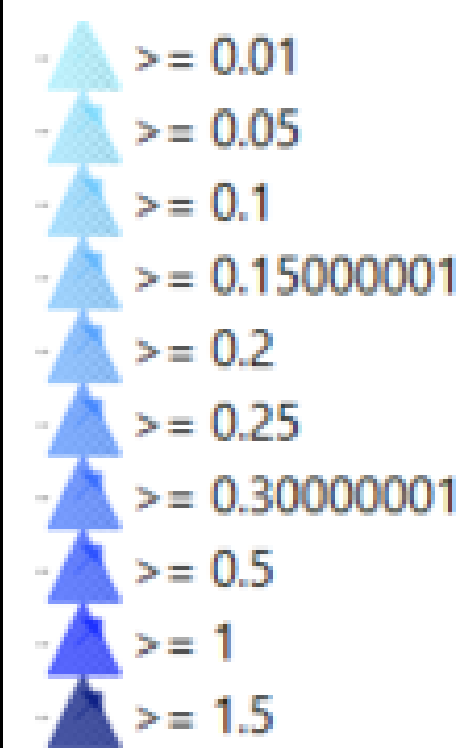
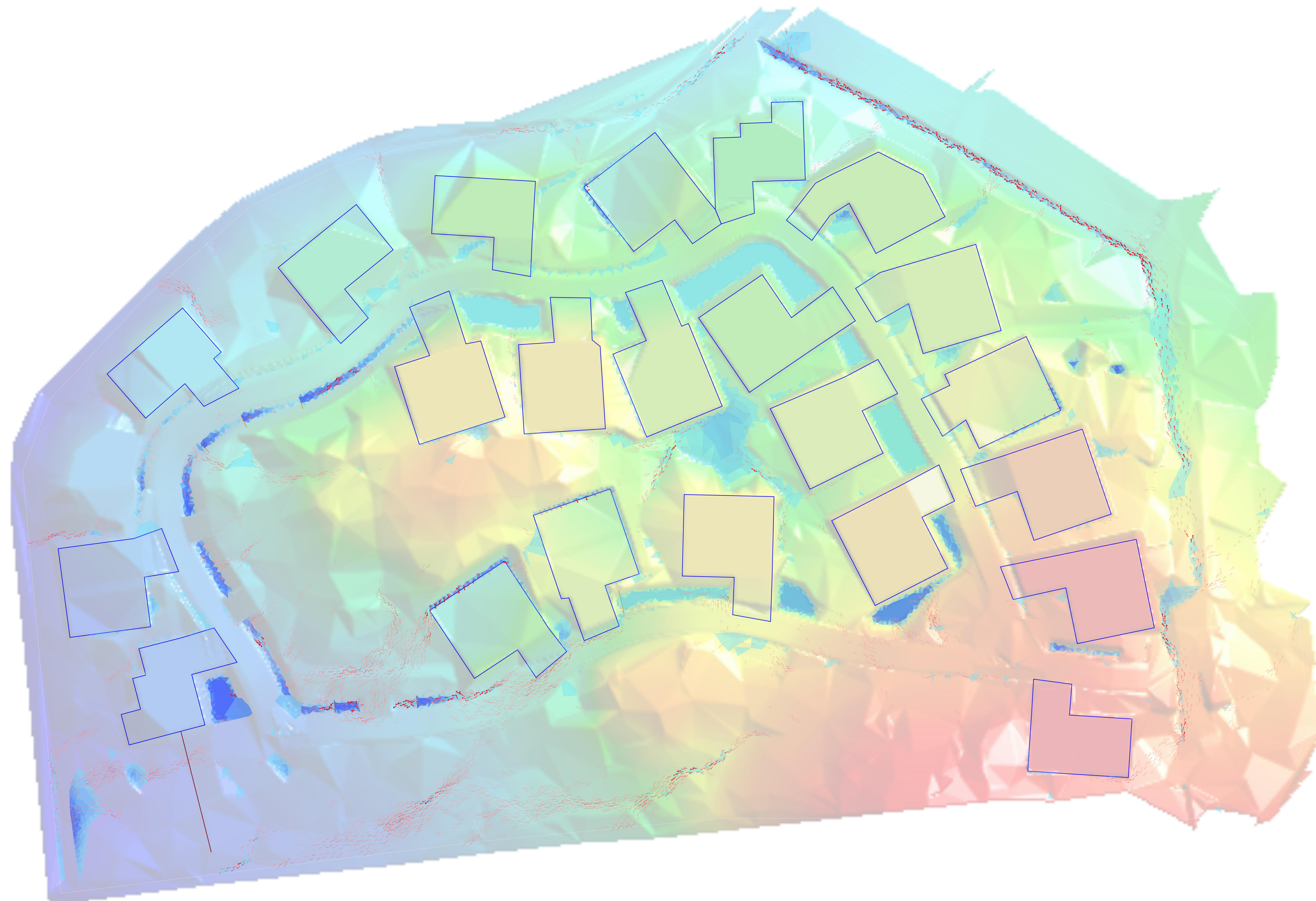
Plan zonder maatregelen 80 mm in 2 uur



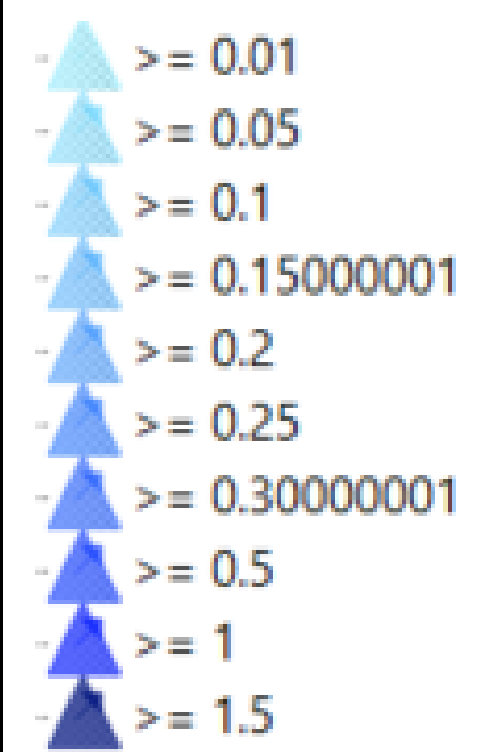
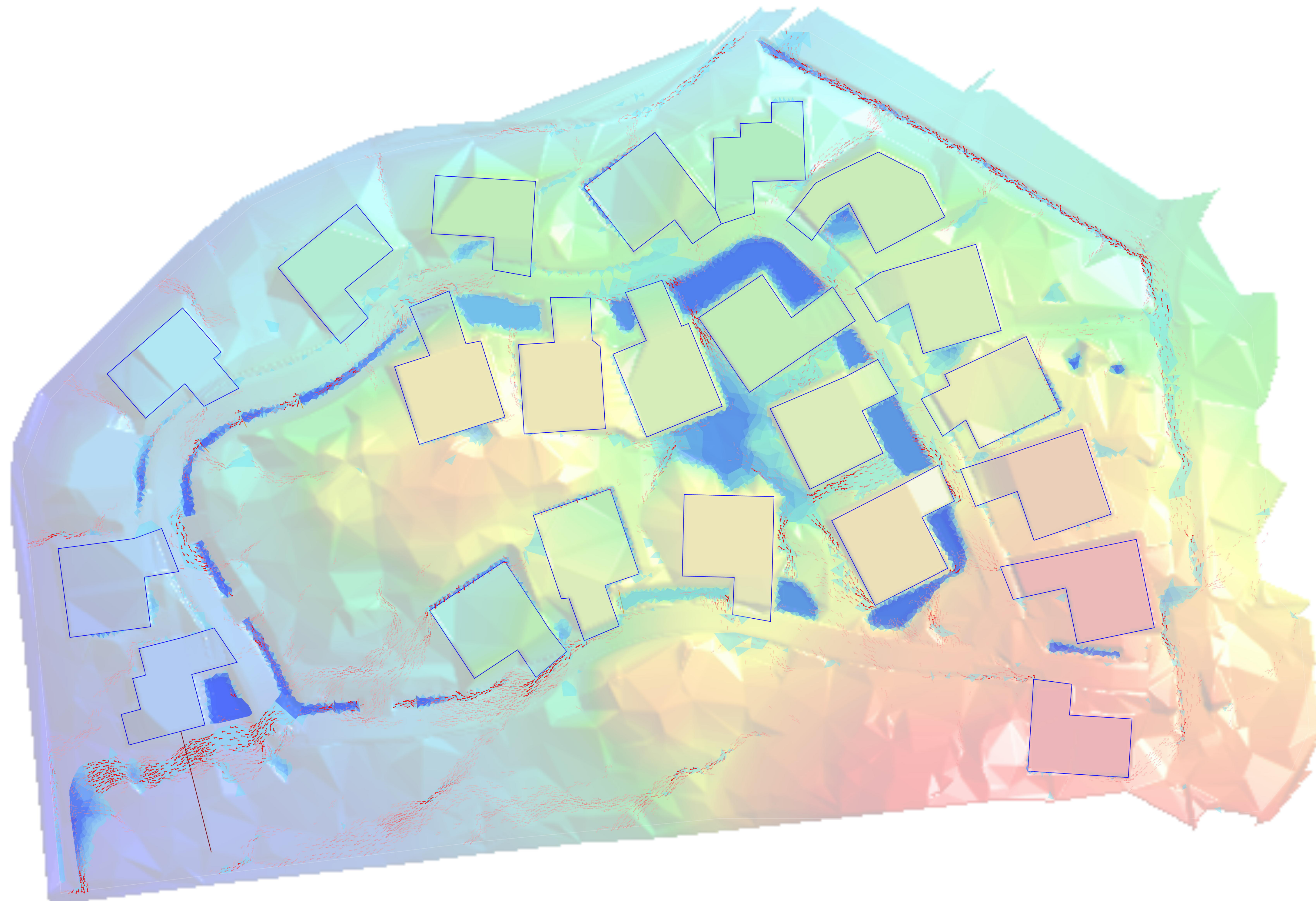
Plan zonder maatregelen bui van Herwijnen



Plan met maatregelen 31 mm in 45 minuten



Plan met maatregelen 80 mm in 2 uur



Plan met maatregelen bui van Herwijnen

