



## Doorlatendheid en infiltratiecapaciteit stedelijk groen

Veldonderzoek naar de doorlatendheid en  
infiltratiecapaciteit van boomspiegels,  
grasvelden en plantvakken in Rotterdam



**Van**

Nàdia Mobron

**Datum**

16 december 2021



## Inhoudsopgave

|          |                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                                                   | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Onderzoeksvragen</b>                                            | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>Methode</b>                                                     | <b>5</b>  |
| 3.1      | Factoren met invloed op de doorlatendheid en infiltratiecapaciteit | 5         |
| 3.2      | Selectiecriteria meetlocaties                                      | 7         |
| 3.2.1    | Bomen in boomspiegels                                              | 7         |
| 3.2.2    | Grasveld                                                           | 8         |
| 3.2.3    | Plantvakken                                                        | 9         |
| 3.3      | Meetmethode en apparatuur                                          | 10        |
| 3.4      | Theorie en formules                                                | 12        |
| 3.4.1    | Infiltratiecapaciteit en doorlatendheid                            | 12        |
| 3.4.2    | Dubbele- en enkele ring infiltrometer                              | 14        |
| <b>4</b> | <b>Resultaten</b>                                                  | <b>16</b> |
| 4.1      | Metingen in boomspiegels                                           | 17        |
| 4.2      | Metingen in grasveld                                               | 23        |
| 4.3      | Metingen in plantvakken                                            | 28        |
| 4.4      | Samenvatting meetresultaten                                        | 29        |
| 4.5      | Prestatie automatische dubbele ring infiltrometer                  | 32        |
| <b>5</b> | <b>Conclusies</b>                                                  | <b>34</b> |
| <b>6</b> | <b>Aanbevelingen</b>                                               | <b>36</b> |
| <b>7</b> | <b>Bijlage</b>                                                     | <b>37</b> |

# 1 Inleiding

Rotterdam staat, net als steden wereldwijd, voor de uitdaging om zich om te vormen tot een klimaat adaptieve stad. In de toekomst worden door de klimaatverandering meer extreme weersomstandigheden verwacht, zowel langere periodes van droogte en hitte als meer extreme regenval. Om de stad leefbaar te houden, moeten maatregelen worden genomen om de effecten van het veranderde klimaat te mitigeren. Echter spelen er veel onderwerpen mee als het gaat om een leefbare stad, van droge voeten en hittemitigatie tot ruimte voor groen en recreatie. De ruimte in de stad is niet oneindig, door verschillende uitdagingen (woningtekort, energietransitie, klimaatadaptatie, etc.) wordt er ook steeds meer beslag gelegd op de al beperkte ruimte. Dit geldt zowel voor de ruimte op maaiveldniveau als in de ondergrond, waar dit elkaar ook kan limiteren (bijv. geen bomen op leidingen plaatsen). Om zoveel mogelijk doelen te realiseren, moet worden ingezet op multifunctioneel ruimtegebruik zodat de beperkte ruimte optimaal benut wordt. Hier is het van belang om na te gaan of deze multifunctionele oplossingen goed functioneren, en de verschillende functies elkaar niet in de weg zitten, maar elkaar bij voorkeur juist versterken. Zo dragen extensieve groene daken bij aan een groene uitstraling en helpen tegen hittestress, maar hebben ze maar een beperkt waterbergend vermogen. Dit is wel weer goed ondervangen bij intensief groene daken, die wel een groot waterbergend vermogen hebben. Het is daarom van belang eerst na te gaan of verschillende functies effectief gecombineerd kunnen worden binnen een voorziening.

In deze rapportage wordt een eerste stap gezet om te achterhalen of bestaande groenvoorzieningen in Rotterdam effectief kunnen worden ingezet als infiltratievoorziening voor neerslagmitigatie. Hiervoor is een veldonderzoek uitgevoerd om de infiltratiecapaciteit en doorlatendheid te bepalen van drie verschillende vormen van groenvoorziening in Rotterdam (boomspiegels, grasveld en plantvakken). Het gaat hierbij om gewone groenvoorzieningen, zonder aanpassingen waardoor er extra water toestroomt of infiltreert. Het onderzoek draagt bij aan het ontwikkelen van standaardoplossingen, de zogenaamde waterbouwstenen 'verlaagde boomvakken' (16) en 'verlaagde groenvakken' (18), door inzicht te geven in de doorlatendheid van bestaande groenvoorzieningen. Dit is het eerste onderzoek dat gedaan is in Rotterdam naar de doorlatendheid van groenvoorzieningen, verwacht wordt dat er voor het ontwikkelen van algemene conclusies of ontwerprichtlijnen verder vervolgonderzoek nodig is. Naast de bijdrage aan de waterbouwstenen, draagt dit onderzoek ook bij aan het bepalen van de afstroming van hemelwater van onverhard oppervlak naar ontwateringsmiddelen bij extreme neerslag. Nu wordt er meestal uitgegaan van landelijke afvloeingscoëfficiënten, of helemaal geen afstroming van onverhard gebied.

In deze rapportage worden eerst de onderzoeksdoelstellingen uiteengezet, gevolgd door de methode. Hierna worden de resultaten van de veldmetingen beschreven en geïnterpreteerd, hier wordt ook de meetapparatuur kort geëvalueerd. De rapportage wordt afgesloten met een conclusie wat de resultaten betekenen voor de waterbouwstenen en het afstromen van hemelwater vanaf onverhard gebied.

## 2 Onderzoeksvragen

In dit onderzoek worden twee onderzoeksvragen uitgewerkt, namelijk:

- Wat is de doorlatendheid en infiltratiecapaciteit van verschillende groenvoorzieningen in Rotterdam?
- Welke factoren zijn van invloed op de doorlatendheid van deze groenvoorzieningen?

Door deze vragen te beantwoorden, wordt aan de twee onderstaande doelstellingen bijgedragen:

- Inzicht in de mogelijkheid om deze groenvoorzieningen (met kleine aanpassingen) een dubbele functie te geven als hemelwatervoorziening, dit wordt dan verder vormgegeven in verschillende waterbouwstenen.
- Een betere inschatting van de hoeveelheid afstromend hemelwater vanaf Rotterdamse groenvoorzieningen bij extreme neerslag.

Om deze onderzoeksvragen goed te beantwoorden zijn veel veldmetingen nodig, de resultaten uit dit onderzoek moeten daarom gezien worden als een eerste indicatie van de te verwachten doorlatendheden van verschillende groenvoorzieningen. Ook geeft dit onderzoek een eerste idee welke factoren eventueel van invloed zijn op de doorlatendheid. Er wordt gekeken naar drie veel voorkomende types groenvoorziening (bomen, gras en heesters), waarbij de invloed van de begroeiing, de classificatie van de natuurlijke bodem van het gebied (zand, veen of klei) en de bodemtextuur voor alle voorzieningen bekeken wordt. Voor de bomen wordt ook naar leeftijd en afmetingen gekeken, voor grasveld naar het onderhoudsregime (intensief of extensief maaien).

## 3 Methode

### 3.1 Factoren met invloed op de doorlatendheid en infiltratiecapaciteit

De infiltratiecapaciteit is de maximaal mogelijke infiltratiesnelheid, deze is afhankelijk van verschillende (tijdsafhankelijke) factoren. De infiltratiecapaciteit wordt vaak verward met de doorlatendheid, dit is een maat voor het gemak waarmee water door een poreus medium kan stromen en is onder meer afhankelijk van de grofheid van het materiaal (paragraaf 3.4.1).

Voor dit eerste onderzoek wordt ervanuit gegaan dat de volgende factoren de doorlatendheid van een groengebied hoofdzakelijk beïnvloeden:

- Bodemstructuur, dit wordt voornamelijk bepaald door het type en de kwaliteit van de vegetatie. De wortelstructuur (diepte, spreiding, dikte en fijnmazigheid van de wortels) en het bodemleven creëren macro-poriën en zijn zo verantwoordelijk voor de structurele porositeit. Ook verdichting van de bodem is van invloed op de bodemstructuur.
- Bodemtextuur, dit bepaalt de texturele porositeit van de bodem. Het gaat om de gemiddelde korrelgrootte, de hoeveelheid fijne deeltjes (lutum en silt), de homogeniteit en de vorm van de bodemdeeltjes (hoekig of rond). Algemeen kan worden gesteld dat hoe groter de korreldiameter, hoe grover het materiaal, hoe groter de doorlatendheid.
- Organische stofgehalte, waardoor zowel de structurele als texturele porositeit invloed ondervinden. Het organisch stofgehalte is nodig voor planten- en bodemleven om goed tot ontwikkeling te komen (structurele porositeit) maar kan tegelijkertijd nadelig zijn voor de texturele porositeit.
- Temperatuur van het infiltrerende water, de doorlatendheid is afhankelijk van de (dynamische) viscositeit (ook wel stroperigheid) van het water. Bij een hoge temperatuur is de viscositeit lager waardoor de vloeistof makkelijker door de bodem kan stromen. De viscositeit varieert sterk met temperatuur tussen de 0°C en 50 °C, hierna wordt deze variatie veel kleiner.

Op de infiltratiecapaciteit zijn alle factoren van invloed die de doorlatendheid beïnvloeden, daarnaast zijn ook de volgende factoren van invloed:

- De hoogte van de waterlaag op maaiveld, hoe dikker deze laag is hoe meer druk hij uitoefent en hoe sneller de infiltratie plaatsvindt.
- Zuigspanning bodem, dit is afhankelijk van het initiële bodemvochtgehalte en de bodemtextuur (incl. organische stof gehalte). In een vochtige bodem is de zuigspanning kleiner dan in een droge bodem (met dezelfde bodemtextuur). Verder geldt over het algemeen dat hoe groter de korreldiameter hoe kleiner de zuigspanning.
- Diepte infiltratiefront, hoe dieper het water infiltreert hoe meer weerstand het ondervindt van de bodem. Hierdoor gaat de infiltratie in het begin snel, maar vlak na verloop van tijd af tot hij gelijk is aan de verzadigde doorlatendheid.



### **Bodemstructuur**

Het type vegetatie heeft een grote invloed op de structurele porositeit. In dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën groenvoorziening die veel voorkomen binnen Rotterdam. Het gaat hier om groen in straten en pleinen, grote groengebieden als parken en binnentuinen maken geen deel uit van dit onderzoek. Er wordt onderscheid gemaakt tussen bomen (boomspiegels in straatprofielen), grasveld (grasstroken en vakken) en plantvakken (voornamelijk begroeid door heesters). Er wordt geen onderzoek gedaan naar het bodemleven en het wortelnetwerk, wel zijn er verschillende types vegetatie geselecteerd (gras, heesters en bomen) om verschil in wortelstructuur mee te nemen.

### **Bodemtextuur**

Voor elke meting wordt een bodemmonster genomen van de bovenste grondlaag (eerste 20-30 cm), hiervan wordt vervolgens een uitgebreide zeefkromme (inclusief silt-fractie) gedaan. Ook het percentage organische stof wordt bepaald (d.m.v. gloeiverlies). In Rotterdam bestaan de eerste meters bodem vanaf maaiveld meestal uit klei of zand, veen bevindt zich niet vaak direct onder het maaiveld. Bij veel groenvoorzieningen heeft er bodemverbetering (zoals inmenging van compost) of vervanging (boomspiegels met bomenzand) plaatsgevonden, toch kan de natuurlijke grondslag ook een rol spelen in de bodemtextuur van de bovenste grondlaag. Voor het bepalen van het type bodem direct onder maaiveld in de omgeving is uitgegaan van boorbeschrijvingen beschikbaar in Gisweb.

### **Organische stofgehalte**

Het organische stofgehalte speelt op twee fronten mee bij de uiteindelijke doorlatendheid van de bodem. Aan de ene kant helpt het de vegetatie en het bodemleven om zich optimaal te ontwikkelen en gezond (van goede kwaliteit) te blijven. Dit zorgt voor een hogere structurele porositeit, wat de doorlatendheid ten goede komt. Aan de andere kant zorgt organische stof voor een lagere texturele porositeit, wat weer nadelig is voor de doorlatendheid. Aangezien vegetatie de organische stof verbruikt, kan dit gehalte met de tijd lager worden. Dit speelt voornamelijk bij bomen, waar de bladeren elke herfst worden opgeveegd en dus niet terug in de bodem worden gebracht.

### **Initieel bodemvochtgehalte**

Het bodemvochtgehalte voor de infiltratieproef beïnvloedt de gemeten infiltratiecapaciteit. Metingen kunnen het beste worden uitgevoerd wanneer de bodem op veldcapaciteit is. Dat betekent dat er alleen nog vocht in de onverzadigde zone zit, die tegen de zwaartekracht in kan worden vastgehouden (evenwicht). Bij de veldmetingen is daarom getracht metingen uit te voeren wanneer het één tot enkele dagen droog is geweest, of de bodem toen ook echt de veldcapaciteit had bereikt is niet gecontroleerd. In tegenstelling tot de infiltratiecapaciteit wordt de verzadigde doorlatendheid ( $K_s$ ) niet beïnvloed door het bodemvochtgehalte, daarom is deze parameter beter om verschillende metingen te vergelijken.

## 3.2 Selectiecriteria meetlocaties

Nu de factoren die een rol spelen in de infiltratiecapaciteit van groenvoorzieningen zijn toegelicht, wordt het hierop gebaseerde veldwerk uiteengezet. Het soort groenvoorziening is leidend (bomen, grasveld en plantvakken), binnen deze categorieën wordt een verdeling gemaakt gebaseerd op de overige factoren. Verder wordt er gekeken of de natuurlijke grondslag van de bovenste meters grond een rol speelt, er wordt daarom gekeken naar gebieden met veel zand, klei of veen. Hiervoor worden de boringen en sonderingen in Gisweb gebruikt.

### 3.2.1 Bomen in boomspiegels

In Rotterdam wordt veel van het lokale groen vertegenwoordigd door losstaande bomen in wegprofielen. Deze bomen worden meestal geplaatst in bomenzand (mengsel van zand en compost). Drie factoren spelen naar verwachting een rol bij de infiltratiecapaciteit.

1. Leeftijd: het organische stofgehalte gaat over de jaren heen achteruit doordat de boom dit consumeert en het niet meer wordt aangevuld (gevalen bladeren worden verwijderd).
2. Afmetingen: grote bomen met een flinke boomkroon hebben ook een uitgebreider wortelnetwerk wat bepalend is voor de structurele porositeit.
3. Natuurlijke grondslag (toplaag), al wordt de boom in boomzand geplaatst zal naar verwachting toch iets van de natuurlijke grondslag terug te vinden zijn (door werkzaamheden, afstroming omgeving, etc.).

#### Metingen in boomspiegels

In totaal worden er in de boomspiegels van 9 bomenmetingen uitgevoerd, er wordt onderscheid gemaakt in leeftijd, afmeting en de natuurlijke grondslag in het gebied. Onder kleine bomen worden bomen gerekend met een boomkroon van 5 tot 7 m, grote bomen van 12 tot 14 m.

- Kleine jonge bomen; 1x in zandgebied, 1x in kleigebied en 1x veengebied  
Dit zijn kleine bomen die nog in hun jeugdfase zitten, hier bevat het bomenzand nog veel organische stof, het wortelnetwerk en bodemleven zijn beperkt ontwikkeld.
- Kleine oude bomen in de straat; 1x in zandgebied, 1x in kleigebied en 1x veengebied  
Dit zijn bomen die middelbaar of oud zijn, maar van een kleine soort. Doordat de bomen er al lang staan (er en geen organische stof wordt toegevoegd) is het bomenzand nu vrij arm. Verder zijn de wortels compleet ontwikkeld, maar zullen ze naar verwachting beperkter zijn dan bij oude grote bomen.
- Grote oude bomen in de straat; 1x in zandgebied, 1x in kleigebied en 1x veengebied  
Oudere bomen die wel tot een flinke afmeting zijn gegroeid hebben zowel een groter wortelnetwerk als een lager organisch stofgehalte.



*Figuur 1: Infiltratieproef grote boom (links) en kleine boom (rechts)*

### 3.2.2 Grasveld

Binnen Rotterdam ligt een groot areaal aan gras, verdeeld in onder andere (weg)bermen, gras langs (hoog)bouw, tuinen en gras langs oppervlaktewater. Voor gras wordt maar een relatief dunne laag bodem (20-40 cm) verbeterd, aangezien gras oppervlakkig wortelt. Doordat gras zeer sterk is en bijna overal kan groeien, wordt vaak alleen de toplaag verbeterd (als er überhaupt verbetering of vervanging plaatsvindt). Er wordt daarom verwacht dat de natuurlijke grondslag een grotere rol zal spelen bij de gevonden infiltratiecapaciteit dan bij de bomen en plantvakken. Daarom zijn locaties gekozen in kleigrond en op zandgrond. In Rotterdam gelden er twee onderhoudsregimes voor grasvelden, namelijk intensief maaien (20-26x per jaar) of extensief maaien (10x per jaar). Dit onderhoud kan op verschillende manieren effect hebben op de doorlatendheid van het grasveld, zoals door meer verdichting van de bodem bij vaker maaien en minder (on)kruid ontwikkeling. Het wel of niet afvoeren van maaisel en begrazing (door bijv. schapen) is niet meegenomen om de complexiteit te beperken.

#### Metingen in grasveld

In totaal zijn er in 10 grasvelden infiltratiemetingen uitgezet, hiervan zijn er 9 uitgevoerd. Voor 2 metingen gold dat deze waren uitgezet in 'gras met kruiden' (hogere biodiversiteit), helaas bleken deze locaties tegenwoordig (1) een bouwlocatie en (2) een extensief onderhouden grasveld te zijn.

- Gras op zanderige grond, 2x extensief en 2x intensief  
Hier wordt verwacht dat de doorlaatbaarheid flink zal zijn, ook al is de worteldiepte van gras beperkt zorgt de zandige grond nog steeds voor voldoende infiltratiecapaciteit.
- Gras in kleiige grond, 3x extensief en 2x intensief  
Door de kleiige grondslag en de beperkte worteldiepte van gras (15-20 cm) is het aannemelijk dat de infiltratiecapaciteit hier gelimiteerd is.

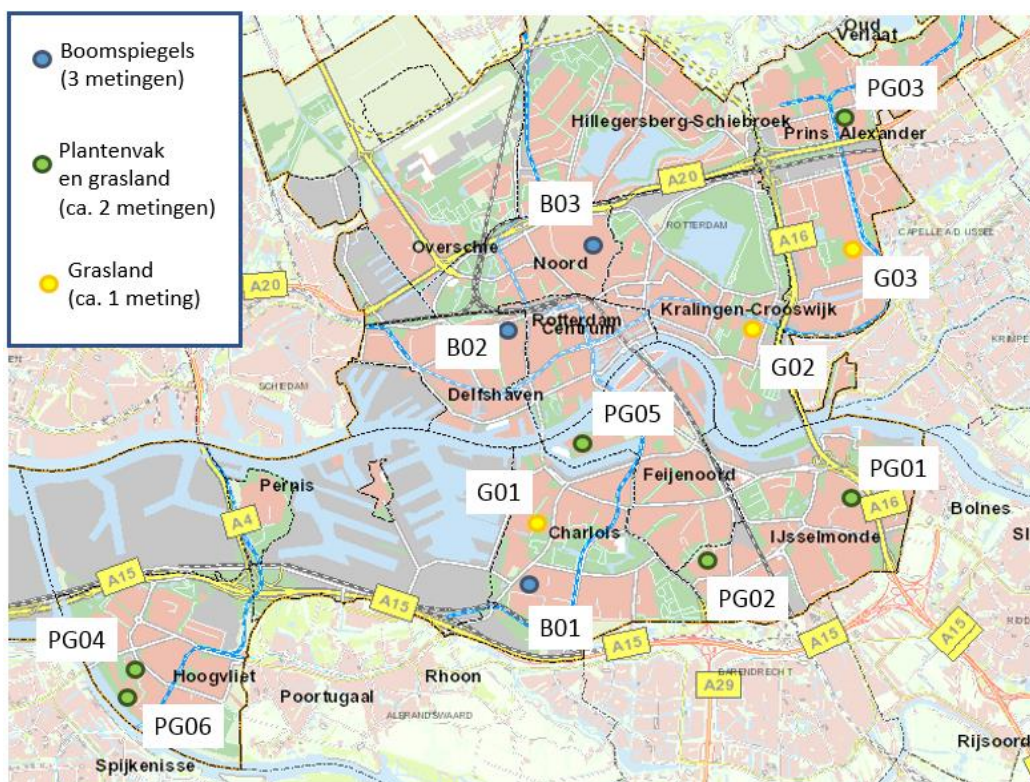
### 3.2.3 Plantvakken

Zowel langs wegen als in tuinen en pleinen liggen in Rotterdam plantvakken. De beplanting hiervan varieert, waardoor ook de wortelstructuur en het bodemleven sterk verschillen. Wel zijn heesters een veel voorkomende beplantingskeuze, hierop wordt daarom de focus gelegd. Aangezien organisch afval hier niet (stelselmatig) wordt verwijderd zoals bij de losstaande bomen, speelt verarming van de grond naar verwachting een minder grote rol. Ook leeftijd (na de eerste 1-2 groeiseizoenen) speelt veel minder mee. Daarom wordt er op basis de natuurlijke ondergrond van het gebied onderscheid gemaakt.

#### Metingen in plantvakken

In totaal worden er in 6 plantvakken infiltratiemetingen uitgevoerd. Deze metingen waren lastig uit te voeren, door de begroeiing kon de apparatuur moeilijk geïnstalleerd worden. De metingen zijn dan ook uitgevoerd in de minder dicht begroeide delen of aan de rand van de plantvakken. De plantenvakken worden vaak onderhouden door ondiep schoffelen (MV -0,1m), dit is verder niet meegenomen in het onderzoek. De meetlocaties zijn terug te vinden in figuur 1.

- Plantvakken, zandige grond, 3x  
Plantvakken in gebieden met relatief zandige grond zullen een hogere structurele porositeit hebben dan vakken met een meer kleiige grondslag. Tijdens aanleg wordt de natuurlijke bodem vaak vermengd met grond die beter geschikt is voor vegetatie, hierdoor wordt de doorlatendheid nog sterk beïnvloed door de natuurlijke grondslag.
- Plantvakken, kleiige grond, 3x (waarvan 1 in braakliggend terrein)  
Door de kleiige natuurlijke grondslag zullen deze plantvakken een slechtere doorlaatbaarheid hebben dan de meer zandige vakken. Wel kan (verschil in) de bodemverbetering die is toegepast nog voor een betere infiltratiecapaciteit zorgen.



Figuur 2: Meetlocaties in Rotterdam

### 3.3 Meetmethode en apparatuur

In dit onderzoek wordt gekeken naar de infiltratiecapaciteit van de bovenste grondlaag (ca. 30 cm onder maaiveld). Deze zal bepalend zijn voor de hoeveelheid hemelwater die kan infiltreren tijdens een neerslaggebeurtenis. Uitgaand van een bergingscoëfficiënt van 0,25 kan in de bovenste 30 cm ongeveer 75 mm water worden geborgen, dit voldoet voor de meest extreme bui uit het GRP 2021-2025 (70 mm bij  $T=100$ ). Het kan ook gebeuren dat de grond al compleet verzadigd is (achtereenvolgende buien), waardoor de infiltratie sterk vertraagd wordt. In dit onderzoek beperken we ons echter tot de situatie dat de bovenste grondlaag niet verzadigd is voorafgaand aan de neerslaggebeurtenis. De infiltratiecapaciteit van de bodem is hier dus maatgevend, niet de grondwaterstand in het gebied.

#### Automatische dubbele ring infiltrometer (DRI)

Er wordt daarom gekozen voor een meetmethode die geschikt is voor het bepalen van de verticale infiltratiecapaciteit van de topgrond, een dubbele ring infiltrometer (DRI). Er wordt gebruik gemaakt van een automatische DRI, waarbij de waterniveaus in de binnenste en buitenste ring door middel van een pomp gelijk worden gehouden tijdens het constant head deel. Bij het falling head deel van de proef staat de pomp uit en wordt het waterniveau in de buitenste ring niet meer gelijk gehouden aan het waterniveau in de binnenste ring. Elke proef duurt in totaal ca. 30 minuten, waarbij een laag van 4 cm water wordt aangehouden bij het constant head gedeelte. Origineel was deze apparatuur ontwikkeld voor het meten van hoge infiltratiesnelheden, vandaar de noodzaak voor het automatisch bijvullen. De binnenste ring heeft een diameter van 32 cm, de buitenste ring van 50 cm



Figuur 3: Automatische DRI-test in grasveld (links) en plantvak (rechts)

### **Infiltrometer enkele ring**

De automatische DRI kon door zijn afmetingen niet gebruikt worden voor metingen in de boomspiegels, door zowel de beperkte afmeting van de boomspiegels als de (dikke) wortels aan de oppervlakte. Voor het bemeten van de boomspiegels was daarom enige improvisatie nodig. Er is gekozen voor de enkele ring infiltrometer methode met een kleine ring (15 cm in diameter). Ook wordt alleen een falling head proef uitgevoerd, aangezien het toegevoegde debiet niet bemeten kon worden. Door het bomenzand en beperkte waterhoogte (ca. 7 cm) is een test vrij kort van duur (4 tot 30 minuten), daarom worden er meerdere testen achter elkaar uitgevoerd op dezelfde locatie. Om een goed beeld te krijgen van de infiltratiecapaciteit van de hele boomspiegel, worden er op 3 tot 4 locaties binnen dezelfde boomspiegel proeven gedaan (ca. op elke hoek één). Per locatie worden 2 tot 4 falling head testen uitgevoerd. Via de formule (hoofdstuk 3.4.2) wordt gecompenseerd voor het plaatsvinden van horizontale infiltratie door het ontbreken van de buitenste ring. Verondersteld wordt dat door de zandige grondslag van de boomspiegels deze formule goed zou moeten functioneren.



*Figuur 4: Enkele ring infiltrometer testen in boomspiegels*

### **Bodemmonsters en zeefkrommes**

Zoals eerder vermeld is de bodemtextuur belangrijk voor de texturele porositeit en dus de doorlatendheid. Van elke meetlocatie wordt daarom een bodemmonster genomen van de bovenste 20-30 cm (ter plaatse van de infiltratie-meting) om de korrelgrootteverdeling te bepalen, dit is inclusief silt-fractie. Daarnaast wordt ook het gehalte aan organische stof onderzocht door het gloeiverlies te bepalen. Door voor elke infiltratieproef de bodemtextuur te bepalen kan gekeken worden in hoeverre dit invloed heeft op de infiltratiecapaciteit. Ook kan op deze manier worden gekeken of er inderdaad een relatie is tussen percentage organische stof in de boomspiegel en de leeftijd en afmeting van de boom. Hierbij wordt dan wel verondersteld dat één monster van de toplaag representatief is voor de hele boomspiegel en dat elke boom begon met een vergelijkbare hoeveelheid organische stof in de boomspiegel. In dit onderzoek zijn geen bodemvochtmetingen uitgevoerd, wel wordt in de resultaten gekeken naar de neerslag in de periode voor de metingen.

### 3.4 Theorie en formules

Om de meetgegevens goed te kunnen vergelijken, is het belangrijk hiervoor de juiste formules te gebruiken. Zo moet voor de infiltratiecapaciteit gemeten in de boomspiegels gecorrigeerd worden voor de horizontale infiltratie, en voor het waterniveau in de binnenste ring (bij de enkele ring infiltrometer was deze hoger dan bij de dubbele ring infiltrometer). Omdat de infiltratiecapaciteit van veel (tijdsafhankelijke) variabelen afhangt, is ervoor gekozen om voor elke test de verzadigde doorlatendheid te bepalen. Deze kunnen beter één op één vergeleken worden dan de infiltratiecapaciteit.

#### 3.4.1 Infiltratiecapaciteit en doorlatendheid

De infiltratiecapaciteit is de maximaal mogelijke infiltratiesnelheid. Verschillende (tijdsafhankelijke) factoren bepalen hoe snel het water in de bodem kan infiltreren boven de grondwaterstand (zie 3.1). De infiltratiecapaciteit is dus de maximale capaciteit van de bodem om water vanaf maaiveld op te nemen, dit wordt echter vaak verward met de doorlatendheid. Doorlatendheid is een maat voor het gemak waarmee water door een poreus medium kan stromen en is onder meer afhankelijk van de grofheid van het medium. De infiltratiecapaciteit van de bodem zal variëren in de tijd. Het is bijvoorbeeld afhankelijk van het vochtgehalte in de bodem, dit vochtgehalte zal hoog zijn na neerslag en laag in een droge periode. Dit heeft tot gevolg dat de leeglooptijd van infiltratievoorzieningen ook varieert in de tijd. Als de bodem nog redelijk vochtig is maar niet is verzadigd, kan de infiltratiecapaciteit tot wel vijf keer hoger zijn dan bij een verzadigde bodem. Naarmate het vochtgehalte dichterbij het maximale vochtgehalte komt (waarbij de grond volledig verzadigd is), neemt de infiltratiecapaciteit af tot de verzadigde doorlatendheid (RIONED, 2015). Dit is terug te zien in de formule hieronder, hoe dieper het infiltratiefront ( $z$ ) hoe dichterbij de infiltratiesnelheid bij de verzadigde doorlatendheid ( $K_s$ ) komt.

$$i = K_s \times \frac{\varphi + h + z}{z}$$

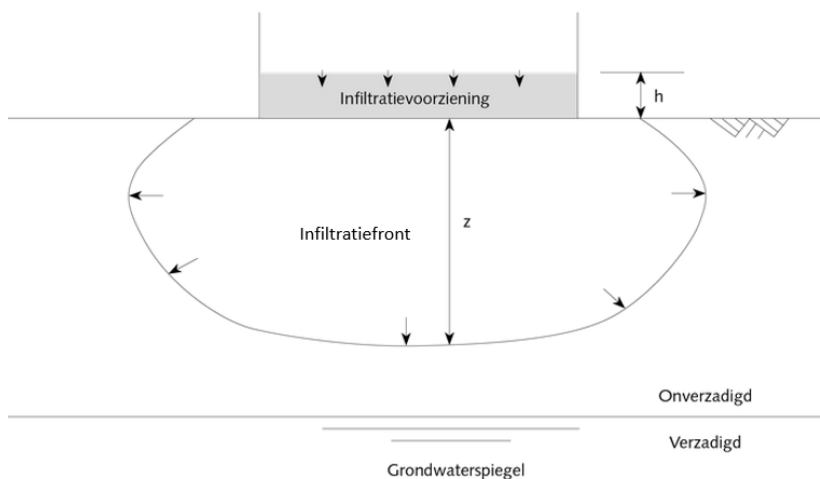
$i$  = infiltratiesnelheid [m/d]

$K_s$  = verzadigde doorlatendheid van de bodem [m/d]

$\varphi$  = zuigspanning aan de onderkant van het infiltratiefront [m]

$z$  = diepte infiltratiefront [m]

$h$  = hoogte van het water op maaiveld [m]



Figuur 5: Schematisatie infiltratie in de bodem

De infiltratiecapaciteit is dus variabel met de tijd en kan niet één op één vergeleken worden, hiervoor wordt daarom vaak de verzadigde doorlatendheid  $K_s$  gebruikt. De verzadigde doorlatendheid is afhankelijk van de permeabiliteit van het medium, de dynamische viscositeit en het soortelijk gewicht van de vloeistof. De permeabiliteit is een materiaaleigenschap van vaste stoffen om andere stoffen door te laten. Deze eigenschap is afhankelijk van veel veel factoren: de gemiddelde korrelgrootte van het bodemmateriaal, de hoeveelheid fijne deeltjes die in het materiaal aanwezig zijn (lutum en silt), de homogeniteit van het bodemmateriaal, de vorm van de bodemdeeltjes (hoekig of rond) etc. (texturele porositeit). Algemeen kan worden gesteld dat hoe groter de korreldiameter, hoe grover het materiaal, hoe groter de permeabiliteit en de doorlatendheid. Ook porien veroorzaakt door vegetatie en bodemleven vergroten de permeabiliteit (structurele porositeit) van de bodem.

De dynamische viscositeit is de enige parameter die tijdsafhankelijk is, de temperatuur van het water speelt hier namelijk een significante rol. Voor de infiltratieproeven met de automatische DRI wordt kraanwater uit het laboratorium gebruikt, dit zit vaak al enkele tijd (dagen) in het vat. Het is hierdoor warmer dan normaal kraanwater of water uit de sloot (in de winter). Ook wordt warmte uitgewisseld tussen de bodem en het water, dit wordt hier verder niet meegenomen. De proeven met de enkele ring infiltrometer gebruiken zowel (normaal) kraanwater als oppervlaktewater, er zal dus sprake zijn van verschillen in de watertemperatuur voor de infiltratieproeven. Aangezien de watertemperatuur constant wordt gemeten (met de druksensor) voor de proeven in de boomspiegels kan hier met de onderstaande grafiek voor gecorrigeerd worden. Voor de proeven die zijn gedaan met de automatische DRI is het lastig te corrigeren, er wordt uitgegaan van een temperatuur van 20°C (gelijk aan kamertemperatuur waar de tanks staan). Om de metingen goed te kunnen vergelijken worden alle gevonden doorlatendheden gecorrigeerd naar de doorlatendheid bij 10°C.

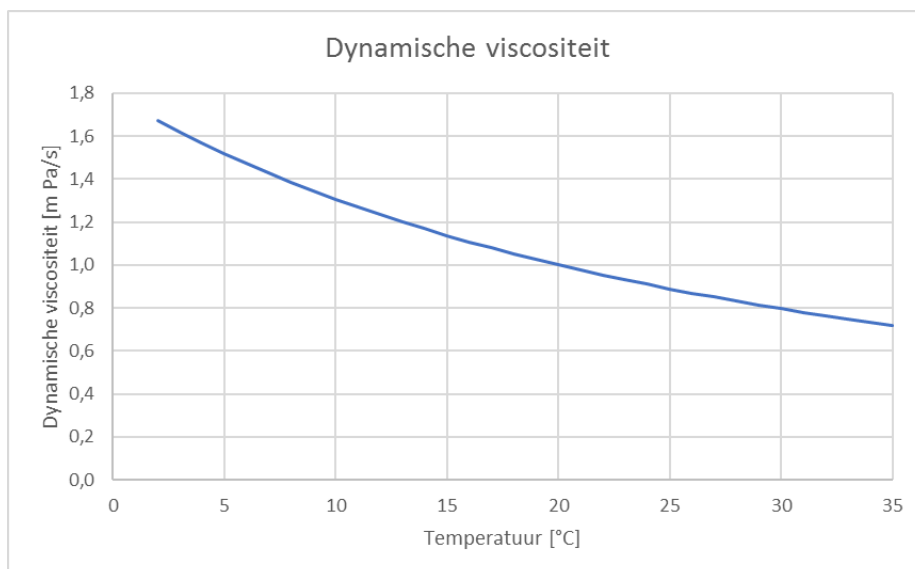
$$K = \frac{\kappa \times \gamma}{\mu}$$

$K$  = doorlatendheid [m/d]

$\kappa$  = permeabiliteit van het materiaal [m<sup>2</sup>]

$\gamma$  = soortelijk gewicht water [N/m<sup>3</sup>]

$\mu$  = dynamische viscositeit van water [kg/m/s]



Figuur 6: Dynamische viscositeit en temperatuur

### 3.4.2 Dubbele- en enkele ring infiltrometer

Bij de dubbele ring infiltrometer zorgt het water in de buitenste ring dat het water in de binnenste ring alleen vertikaal infiltreert, bij een enkele ring is deze bescherming tegen horizontale stroming niet aanwezig. Voor het bepalen van de doorlatendheid worden dan ook twee verschillende formules gebruikt voor de enkele- en dubbele ring infiltrometers. Daarnaast geldt dat de automatische DRI-test bestaat uit een constant head en een falling head gedeelte, bij de proeven met de enkele ring infiltrometer worden alleen (meerdere) falling head testen uitgevoerd.

#### Enkele ring infiltrometer (Reynolds en Elrick, 1990)

$$K_s = \frac{i}{1 + \frac{h}{C_1 \times d + C_2 \times r} + \frac{1}{\alpha \times (C_1 \times d + C_2 \times r)}}$$

$i$  = infiltratiesnelheid [m/d]

$K_s$  = verzadigde doorlatendheid van de bodem [m/d]

$h$  = hoogte van het water op maaiveld [m]

$C_1$  = dimensieloze constante =  $0,316 \pi$

$C_2$  = dimensieloze constante =  $0,184 \pi$

$\alpha$  = parameter poriënverdeling afhankelijk van bodemtextuur = 30 [-]

$r$  = straal van de ring [m]

$d$  = diepte waarmee de ring in de bodem gedreven is [m]

$d/r = 0,3$  [-]

Deze formule van Reynolds en Elrick functioneert het beste bij  $5 \text{ cm} < h < 25 \text{ cm}$ ,  $0,3 < d/r < 1$  en bij een constante infiltratiesnelheid. Deze methode is ontworpen voor een constant head proef, in het veld worden echter meerdere fallig head proeven achter elkaar uitgevoerd. Hierbij wordt de infiltratiesnelheid in de periode  $7 > h > 5 \text{ cm}$  bepaald. In de vergelijking zijn de drie hoofdcomponenten van quasi stationaire stroming meegenomen, namelijk stroming als gevolg van hydrostatische druk van de waterlaag in de ring, stroming door capillaire aanzuiging van de onverzadigde grond onder en naast de ring en stroming als gevolg van zwaartekracht. De voordelen van deze analyse zijn de lage gevoeligheid van de  $K_s$ -berekening voor fouten in  $d$  en  $H$ , en het vermogen om grote opvoerhoogten te gebruiken om de stroomsnelheden in materialen met een lage permeabiliteit te verhogen. De vergelijking kan alleen worden opgelost als  $\alpha$  bekend of geschat is. Verkeerd gekozen waarden kunnen fouten van factor drie introduceren, aangezien  $\alpha$  niet bepaald wordt maar uit de literatuur is verkregen is dit belangrijk om mee te wegen.

$$i = \frac{q}{\pi \times r^2}$$

$i$  = infiltratiesnelheid [m/d]

$r$  = straal binnenring [m]

$q$  = infiltratie debiet bij diepte infiltratiefront  $z$  [m<sup>3</sup>/d]



### Dubbele ring infiltrometer (Green and Ampt, 1911)

$$K_s = \frac{i}{1 + \frac{(\varphi + h)}{z}}$$

$i$  = infiltratiesnelheid [m/d]

$K_s$  = verzadigde doorlatendheid van de bodem [m/d]

$\varphi$  = zuigspanning aan de onderkant van het infiltratiefront (positief) [m]

$z$  = diepte infiltratiefront [m]

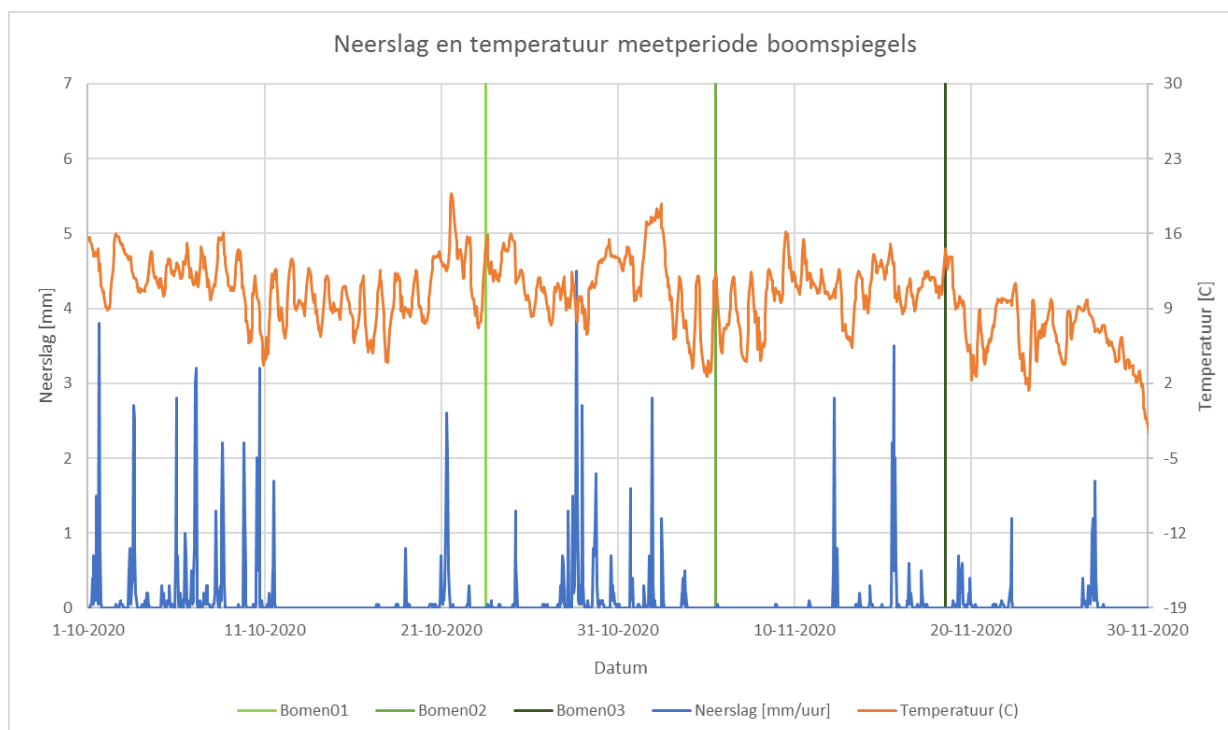
$h$  = hoogte van het water op maaiveld [m]

De simpelste methode om met een infiltrometer de doorlatendheid van de bodem te bepalen, is door de proef zo lang te laten duren dat het infiltratiefront ( $z$ ) zo groot wordt dat het deel  $(\varphi+h)/z$  verwaarloosbaar klein wordt. De infiltratiesnelheid is dan constant en gelijk aan de verzadigde doorlatendheid  $K_s$ . In de praktijk duurt het lang voordat dit is bereikt, zeker voor slecht doorlatende gronden als klei en veen (hierdoor wordt de proef ook erg kostbaar). Aan het einde van de constant head proeven met de automatische DRI werd een diepte van gemiddeld 27 cm bereikt (10 cm tot 37 cm, berekend met de beschikbare berging in de bodem en het geïnfilterd debiet). Bij deze infiltratiediepte is het deel  $(\varphi+h)/z$  weliswaar klein (0,4) maar zeker nog niet verwaarloosbaar. Om deze factor echt te kunnen verwaarlozen zou het infiltratiefront op ca. 2 m diepte moeten zitten, dan geldt namelijk  $(\varphi+h)/z = 0,05$ . Op dit moment zou er ook horizontale stroming plaatsvinden, aangezien de bescherming hiertegen van de buitenste ring afneemt met diepte. Daarom wordt er hier gekozen om korte proeven uit te voeren en de verzadigde doorlatendheid te berekenen met de infiltratiecapaciteit.

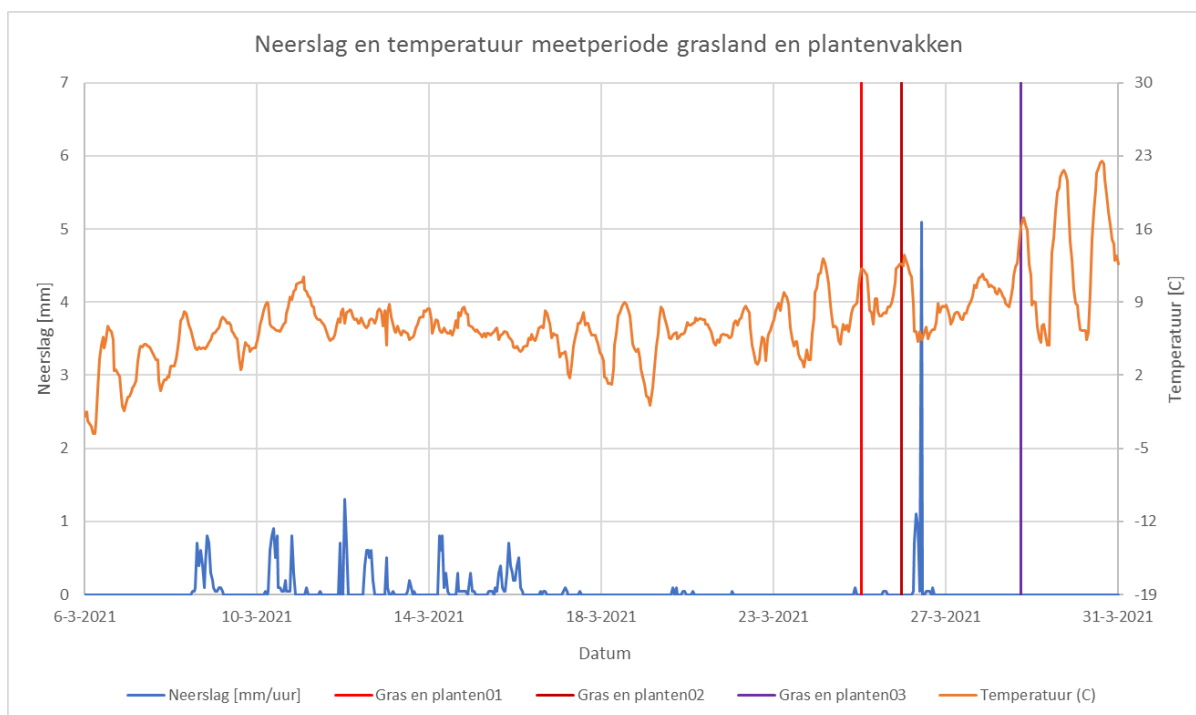
## 4 Resultaten

De automatische DRI-testen voor de plantvakken en het grasveld hebben plaatsgevonden op 25, 26 en 29 maart 2021. De enkele ring infiltrometer testen van de boomspiegels hebben plaatsgevonden op 23-10-2020, 05-11-2020 en 18-11-2020. In figuur 5 is de temperatuur en neerslag weergegeven rond de drie veldmeetdagen voor de boomspiegels. Hieruit blijkt dat het om een vrij natte periode gaat, maar dat de hoeveelheid en het moment van neerslag voor elke meetdag redelijk vergelijkbaar is (matige neerslag 2-3 dagen voor de metingen, lichte neerslag 1-2 dagen voor de metingen). De luchttemperatuur tijdens de metingen lag tussen de 9 en 16 graden Celsius.

De metingen in het grasveld en de plantvakken zijn in een drogere periode uitgevoerd (lichte neerslag 9 dagen voor de eerste meetdag), alleen 2,5 dagen voor de laatste meetdag viel nog een flinke bui. Ook hier varieerde de luchttemperatuur tijdens de metingen tussen de 9 en 16 graden Celsius. Zoals in sectie 3.3.1 is aangegeven, is de doorlatendheid afhankelijk van de temperatuur van het water. Deze temperatuur varieert tussen de 10 °C en 16 °C, doordat zowel kraan- als slootwater is gebruikt. Om de resultaten goed te kunnen vergelijken, worden alle verkregen doorlatenheden gecorrigeerd zodat zij overeenstemmen met een temperatuur van 10 °C.



*Figuur 7: Weersomstandigheden veldmetingen boomspiegels*



*Figuur 8: Weersomstandigheden veldmetingen grasveld en plantvakken*

#### 4.1 Metingen in boomspiegels

Per boom zijn op 2 tot 4 locaties in de boomspiegel falling head testen gedaan met een enkele ring infiltrometer. Per locatie zijn 2 tot 4 testen uitgevoerd, met een start waterhoogte van 6 tot 7 cm. Van deze testen is de eerste op een locatie in 'droge' condities, de testen hierna zijn in natte condities (na de eerste proef is de bodem niet meer op veldcapaciteit). De tweede, derde en vierde infiltratieproeven worden gebruikt om de verzadigde doorlatendheid te bepalen.

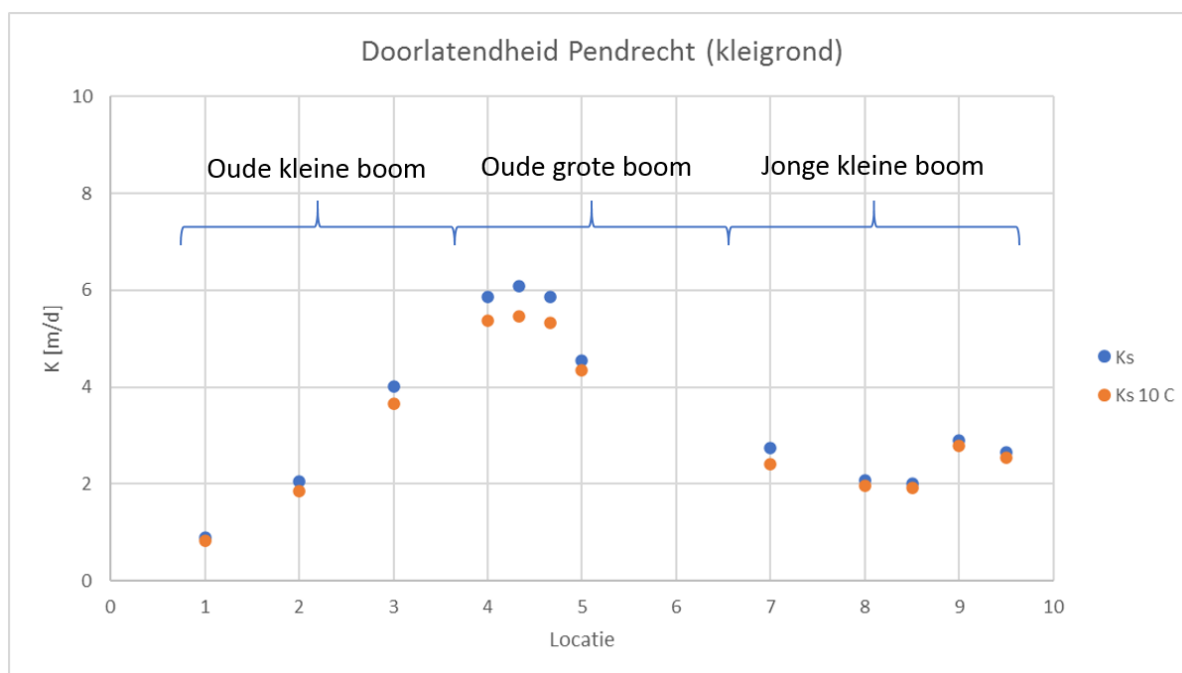
De oude grote boom in Pendrecht gaf bij één meetlocatie extreem hoge infiltratiewaardes (17 tot 22 m/d), aangezien dit niet is terug te zien in de andere twee meetlocaties in de boomspiegel wordt aangenomen dat de lokaal hoge waardes worden veroorzaakt door marcporien/scheuren. Deze metingen worden verder niet meegenomen in de analyse. Bij proeflocatie 3 in Middelland bij de oude kleine boom is ook een relatief hoge infiltratiewaarde gevonden bij de eerste meting. Aangezien hier niets van terug te vinden is in de vervolgmetingen op dezelfde locatie of de andere twee metingen op andere locaties in de boomspiegel wordt ervan uitgegaan dat hier lekkage heeft opgetreden. Deze eerste meting wordt dus ook niet meegenomen. In bijlage 1 is een overzicht van alle meetresultaten, inclusief afgekeurde metingen (cursief).

Met de gemeten infiltratiecapaciteit is de verzadigde doorlatendheid ( $K_s$ ) bepaald, volgens de formule uit 3.4.2 voor een enkele ring infiltrometer. Hiervoor zijn alleen de metingen in natte condities meegenomen, bij de meting in droge condities was de horizontale wegstroming aanzienlijk groter (veldobservatie). Daarnaast is de berekende  $K_s$  gecorrigeerd voor temperatuur naar een temperatuur van 10°C voor alle metingen. De infiltratiecapaciteit weergegeven in tabel 1 geeft de ongecorrigeerde infiltratiecapaciteit weer (incl. horizontale infiltratie).

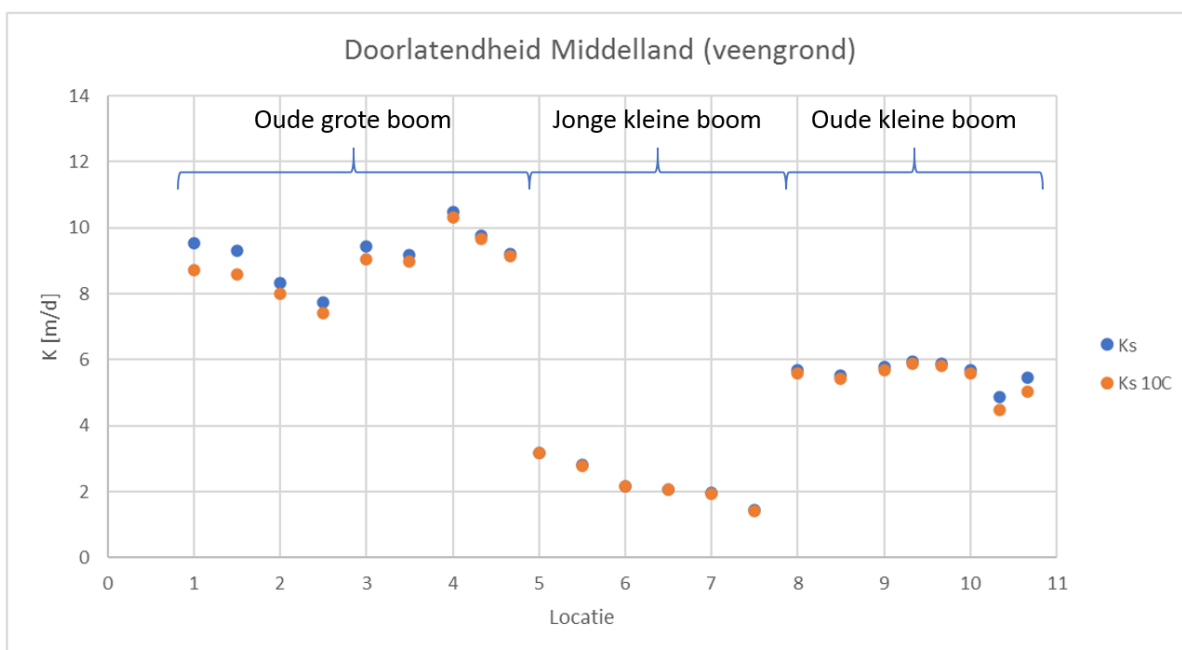
Als naar de meetlocaties wordt gekeken, is het opvallend dat het gebied waar veel zand voorkomt de laagste doorlatendheid geeft (Oude Noorden, gemiddeld 2,0 m/d). Het gebied met veel veen geeft juist de hoogste doorlatendheid (Middelland, gemiddeld 5,5 m/d), gevolgd door het gebied met veel klei in de bovenste grondlaag (Pendrecht, gemiddeld 3,1 m/d). Er lijkt echter weinig samenhang te zijn tussen de metingen per gebied, hier worden daarom verder geen conclusies aan verbonden.

Tabel 1: Infiltratiecapaciteit (IC) en verzadigde doorlatendheid (Ks)

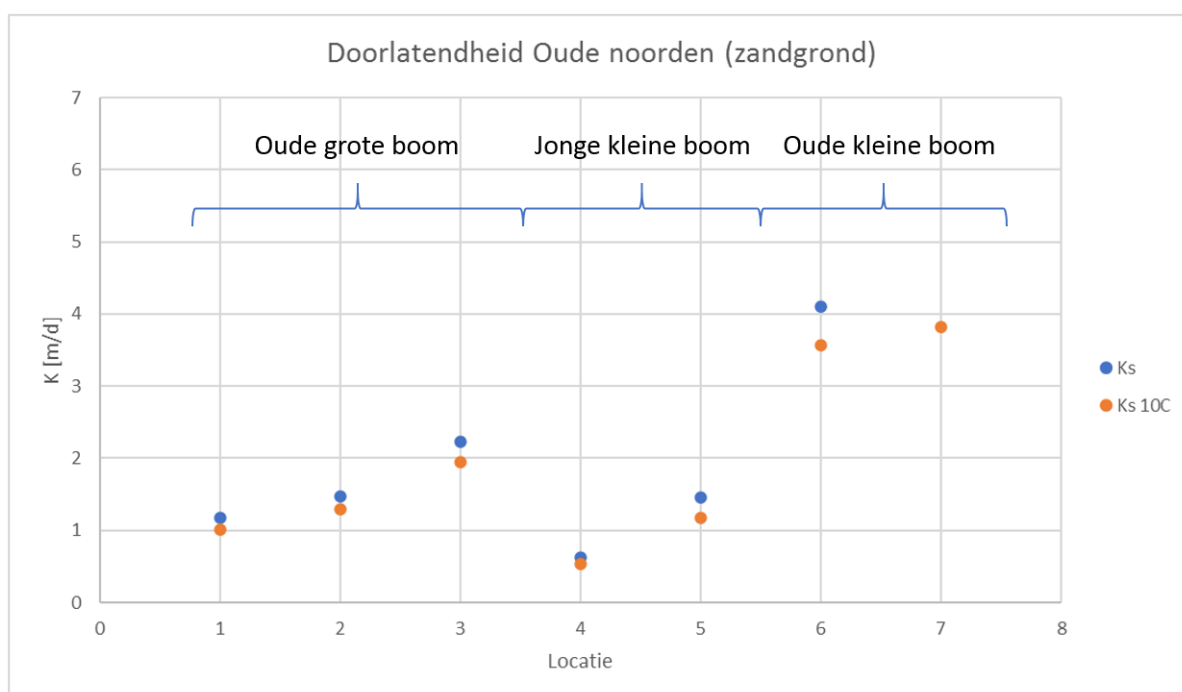
| Infiltratie en doorlatendheid | IC gem [m/d] | STDEV IC [m/d] | Ks gem 10°C [m/d] | STDEV Ks 10°C [m/d] |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------------|---------------------|
| <i>Pendrecht</i>              |              |                |                   |                     |
| Oude grote bomen              | 15,46        | 2,45           | 4,87              | 0,52                |
| Oude kleine bomen             | 7,07         | 4,73           | 2,12              | 1,42                |
| Jonge kleine bomen            | 7,54         | 0,41           | 2,34              | 0,37                |
| <i>Middelland</i>             |              |                |                   |                     |
| Oude grote bomen              | 28,40        | 2,81           | 8,78              | 0,85                |
| Oude kleine bomen             | 16,40        | 1,30           | 5,44              | 0,63                |
| Jonge kleine bomen            | 6,87         | 1,84           | 2,27              | 0,46                |
| <i>Oude Noorden</i>           |              |                |                   |                     |
| Oude grote bomen              | 4,84         | 1,54           | 1,42              | 0,48                |
| Oude kleine bomen             | 11,95        | 0,20           | 3,69              | 0,19                |
| Jonge kleine bomen            | 2,95         | 1,25           | 0,85              | 0,45                |
| <i>Gemiddelde</i>             | 11,27        | 1,84           | 3,53              | 0,60                |



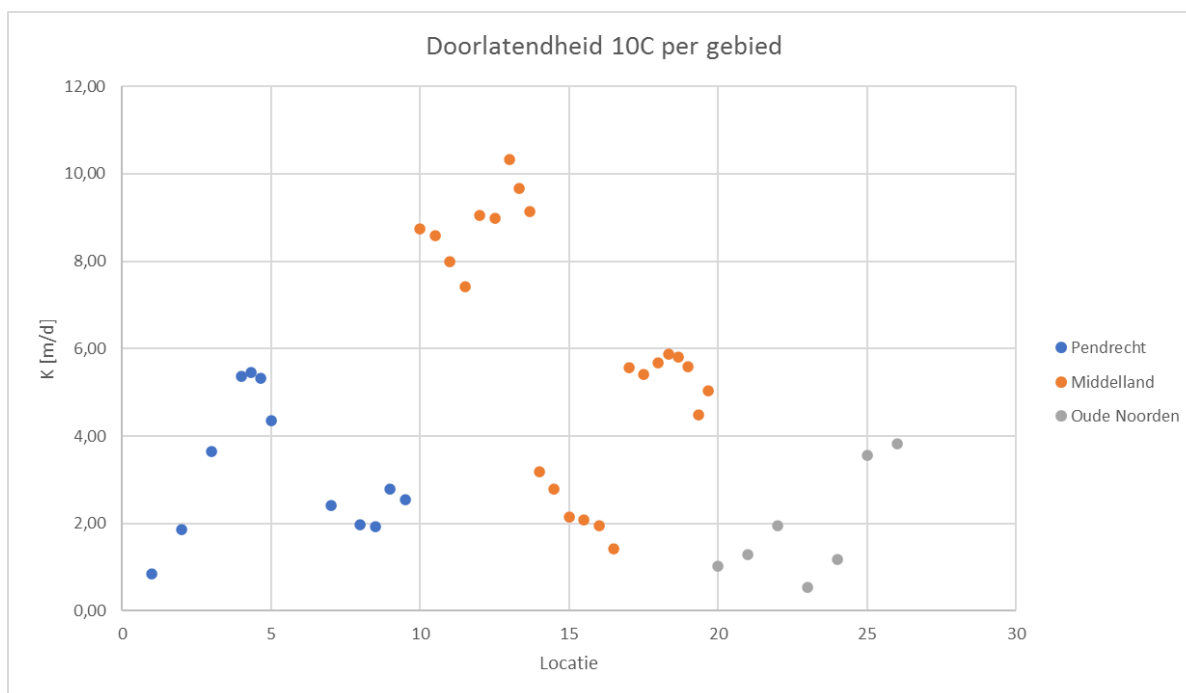
Figuur 9: Pendrecht verzadigde doorlatendheid



*Figuur 10: Middelland verzadigde doorlatendheid*



*Figuur 11: Oude Noorden verzadigde doorlatendheid*



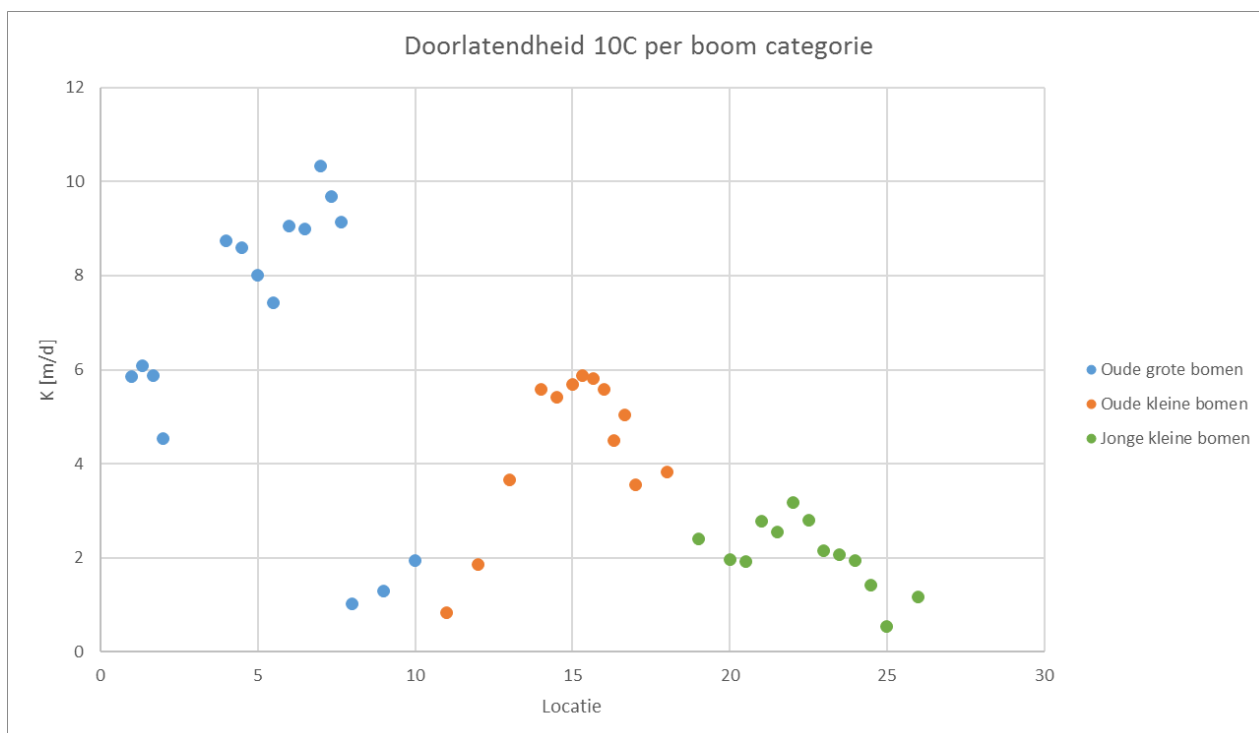
Figuur 12: Doorlatendheid bij 10°C per gebied

De metingen laten zien dat de doorlatendheid sterk varieert per boomspiegel, met een doorlatendheid van 0,9 m/d (Oude Noorden) tot wel 8,8 m/d (Middelland). Binnen dezelfde boomspiegel zijn de verschillen kleiner, de standaarddeviaties liggen tussen de 0,19 en 1,42 (gemiddeld 0,6). De gemiddelde doorlatendheid van alle boomspiegels is 4,4 m/d, met een standaarddeviatie van 2,6 m/d. Binnen het interval 4,4 m/d  $\pm$  2,6 m/d valt 78% van de metingen, bij ongeveer 68% is er sprake van een normaalverdeling. De variatie die wordt aangetroffen is daarom naar verwachting natuurlijk, en niet een indicatie dat een deel van de metingen onjuist zijn (door bijv. lekkage).

Wat opvalt is dat hoe lager de doorlatendheid, hoe kleiner de standaarddeviatie per bomengroep. Deze stelling geldt in mindere mate ook voor metingen in dezelfde boomspiegel. De standaarddeviatie wordt uitgedrukt in m/d, hierdoor is deze automatisch ook groter bij een hogere doorlatendheid. Wordt hiervoor gecorrigeerd, dan komt naar voren dat de deviatie in het Oude Noorden (64%) het grootst is en bij oude kleine bomen (36%) en jonge kleine bomen (34%) het kleinst. Verder valt op dat de oude grote bomen de hoogste doorlatendheid geven (6,7 m/d), gevolgd door de oude kleine bomen (4,4 m/d) en eindigend met de jonge kleine bomen (2,1 m/d). Voor de kleine jonge bomen lijken de metingen sterk op elkaar, met bijna dezelfde standaarddeviatie als metingen in dezelfde boomspiegel. De samenhang tussen de metingen bij kleine oude bomen is minder duidelijk, bij grote oude bomen is al helemaal geen sprake van een samenhang. Een mogelijke oorzaak is dat de grotere wortels van de grote bomen voor meer lokale variatie in de doorlatendheid zorgen.

Tabel 2: Gemiddelde doorlatendheid en standaarddeviatie

| Ks per categorie  | Pendrecht (klei) | Middelland (veen) | Oude Noorden (zand) | Oude grote bomen | Oude kleine bomen | Jonge kleine bomen |
|-------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Ks gem T=10 [m/d] | 3,11             | 5,49              | 1,99                | 6,66             | 4,40              | 2,07               |
| STDEV Ks gem      | 1,58             | 2,78              | 1,29                | 3,05             | 1,60              | 0,72               |

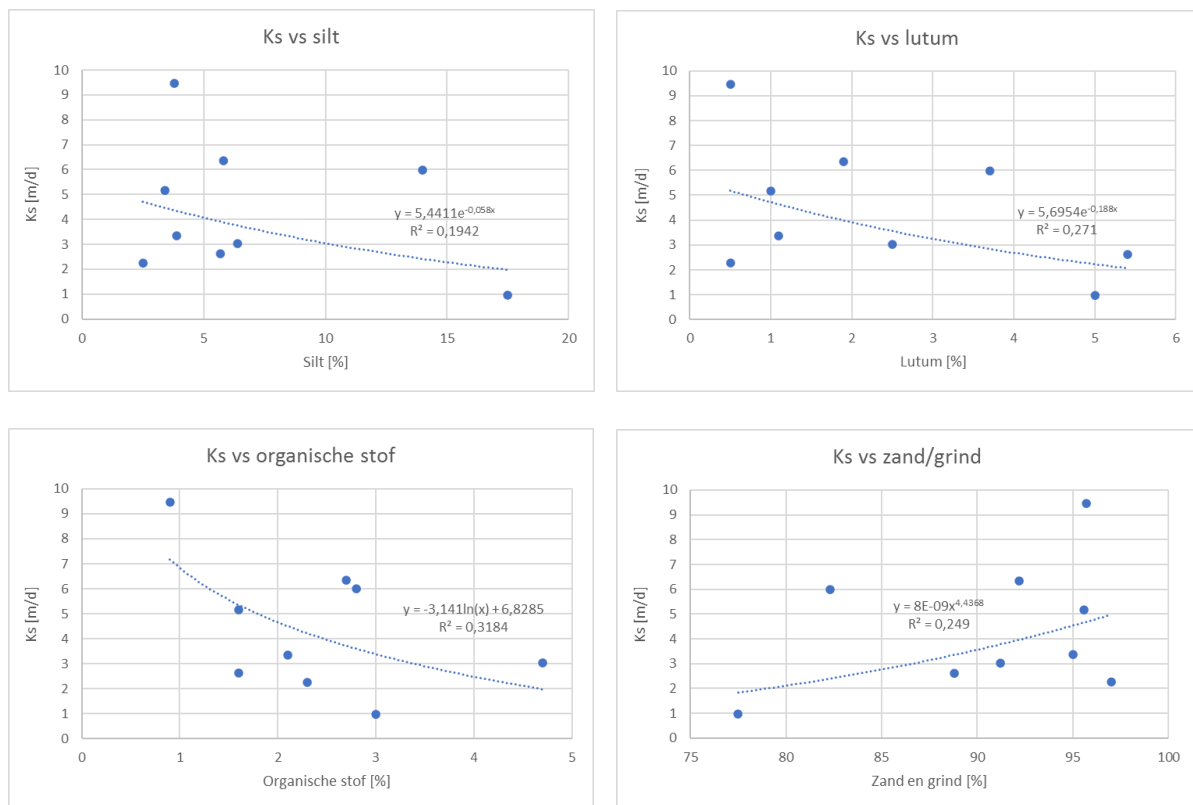


Figuur 13: Doorlatendheid bij 10°C per boom categorie

Verder is gekeken naar de relatie van de doorlatendheid met de bodemsamenstelling, namelijk de percentages zand, klei en silt en het organische stof gehalte. De correlatiecoëfficiënt ( $R$ ) is een maat voor het gezamenlijk variëren van twee variabelen. Het kwadraat van de correlatiecoëfficiënt ( $R^2$ ) wordt de determinatiecoëfficiënt genoemd. Deze geeft aan welk gedeelte van de variatie in de ene variabele door de andere wordt 'verklaard'. De determinatiecoëfficiënten die hier worden gevonden zijn zwak ( $0,1 < R^2 < 0,25$ ) tot matig ( $0,25 < R^2 < 0,50$ ). De sterkste verklarende correlatie wordt gevonden met het organische stofgehalte ( $R^2=0,32$ ), de zwakste met de silt-fractie ( $R^2=0,19$ ).

| Bodemanalyse        | Jaartal | Ks<br>(10°C)<br>[m/d] | Grind<br>> 2mm | Zand<br>0,063 - 2 mm | Silt<br>0,002 - 0,063 mm | Lutum<br>< 0,002 mm | Organisch<br>% |
|---------------------|---------|-----------------------|----------------|----------------------|--------------------------|---------------------|----------------|
| <b>Pendrecht</b>    |         |                       |                |                      |                          |                     |                |
| Volwassen groot     | 1970    | 5,16                  | 6,1            | 89,5                 | 3,4                      | 1                   | 1,6            |
| Volwassen klein     | 1985    | 2,63                  | 6,80           | 82                   | 5,7                      | 5,4                 | 1,6            |
| Jeugd klein         | 2015    | 3,03                  | 4              | 87,2                 | 6,4                      | 2,5                 | 4,7            |
| <b>Middelland</b>   |         |                       |                |                      |                          |                     |                |
| Volwassen groot     | 1970    | 9,48                  | 2,00           | 93,7                 | 3,8                      | 0,5                 | 0,9            |
| Volwassen klein     | 1975    | 6,34                  | 2,00           | 90,2                 | 5,8                      | 1,9                 | 2,7            |
| Jeugd klein         | 2000    | 3,36                  | 4,40           | 90,6                 | 3,9                      | 1,1                 | 2,1            |
| <b>Oude noorden</b> |         |                       |                |                      |                          |                     |                |
| Volwassen groot     | 1973    | 2,26                  | 7,30           | 89,7                 | 2,5                      | 0,5                 | 2,3            |
| Volwassen klein     | 1973    | 5,99                  | 3,7            | 78,6                 | 14                       | 3,7                 | 2,8            |
| Jeugd klein         | 2005    | 0,97                  | 2,00           | 75,5                 | 17,5                     | 5                   | 3              |

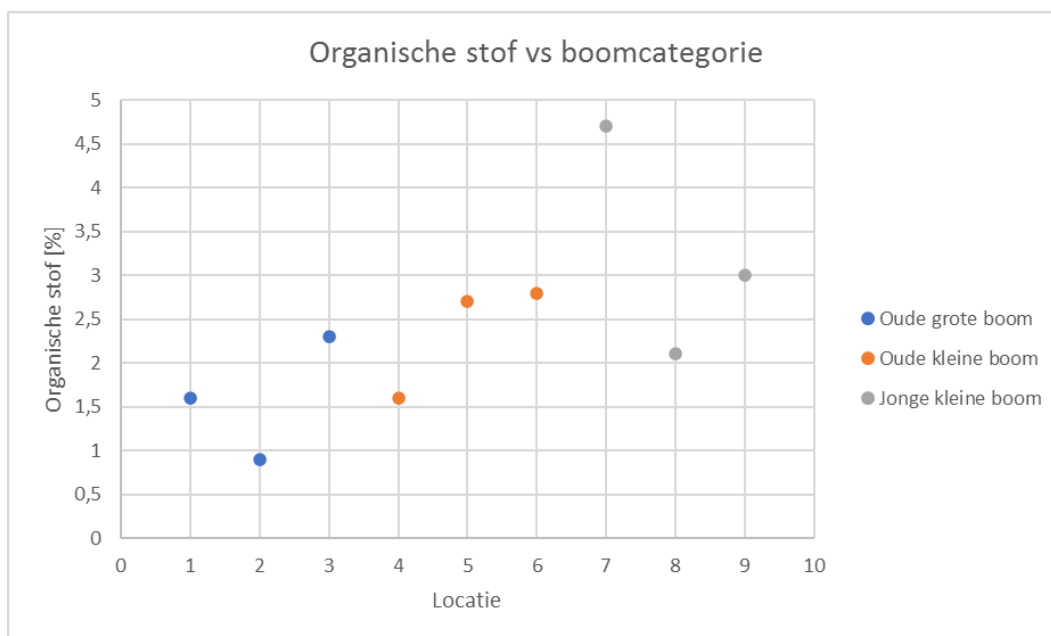
Figuur 14: Bodemanalyse en doorlatendheid bomen



**Figuur 15: Doorlatendheid en bodemanalyse bomen**

Als laatst worden de boomcategorieën vergeleken met het percentage organische stof dat in het bomenzand is teruggevonden. Bomen consumeren de organische stof over hun levensduur. Doordat zij hun bladeren in de herfst verliezen en deze (grotendeels) door schoonmaak worden verwijderd, komt de organische stof in de bladeren niet meer terug het bomenzand in. Daarom is de verwachting dat bij oude bomen het percentage organische stof in de bodem kleiner zal zijn dan bij jonge bomen. Voor de jonge bomen is het gemiddelde percentage organische stof 3,3%, voor de oude kleine bomen 2,4% en voor de oude grote bomen 1,6%. Het lijkt erop dat de theorie klopt, en dat zowel de afmetingen als de leeftijd van de boom hier in rol in spelen. Aangezien een grotere boom meer bladeren heeft en dus sneller door zijn organische stof heen gaat, klopt dit met de bovenstaande denkwijze. Wel is onbekend met hoeveel organische stof de bomen begonnen zijn bij aanplanting, het gaat hier daarom vooral om een eerste indicatie.

Voor het percentage organische stof betekent dit dat de resultaten niet eenduidig geïnterpreteerd kunnen worden. Vanuit de literatuur komt naar voren dat organische stof nadelig is voor de texturele doorlatendheid, maar een laag percentage organische stof in het bomenzand geeft ook meer kans op een (oude en/of grote) boom (positief effect op de structurele porositeit). Aangezien de structurele porositeit een sterk effect heeft op de doorlatendheid, kan dit verklaren waarom de verklarende relatie van de doorlatendheid met het percentage organische stof het hoogst is.



*Figuur 16: Relatie percentage organische stof en boomcategorie*

Door de hoge doorlatendheid hebben boomspiegels veel potentie om multifunctioneel te worden ingezet als duurzame hemelwatervoorziening. Uitgaat van de lager infiltratiecapaciteit bij kleine jonge bomen (ca. 2,4 m/d) kan bij een T=2 bui (2050) van 24 mm/uur dan ca. 3x het oppervlak van de boomspiegel (exclusief boom) worden afgekoppeld zonder dat er water op de boomspiegel blijft staan. Grotere en oudere bomen zullen significant beter infiltreren en hebben vanuit dat oogpunt de voorkeur. Boomspiegels met grote oude bomen (infiltratiecapaciteit ca. 7,8 m/d) zouden in potentie 12x hun oppervlak kunnen afkoppelen bij een bui van 24 mm/uur, voor kleine oude bomen (infiltratiecapaciteit ca. 5,2 m/d) is dit 8x (exclusief eigen oppervlak). Verdiepte boomspiegels lijken daarom een goede optie als infiltratievoorziening, belangrijk is wel dat het geïnfiltreerde water ook weer weg kan (geen ondoorlatende grond tussen het bomenzand en het wegcunet/drain). Nu zijn boomspiegels vaak zeer beperkt in omvang, om effectief dienst te doen als hemelwatervoorziening loont het om (waar mogelijk) de afmetingen te vergroten. Ook de boom zelf heeft baadt bij een grotere boomspiegel.

## 4.2 Metingen in grasveld

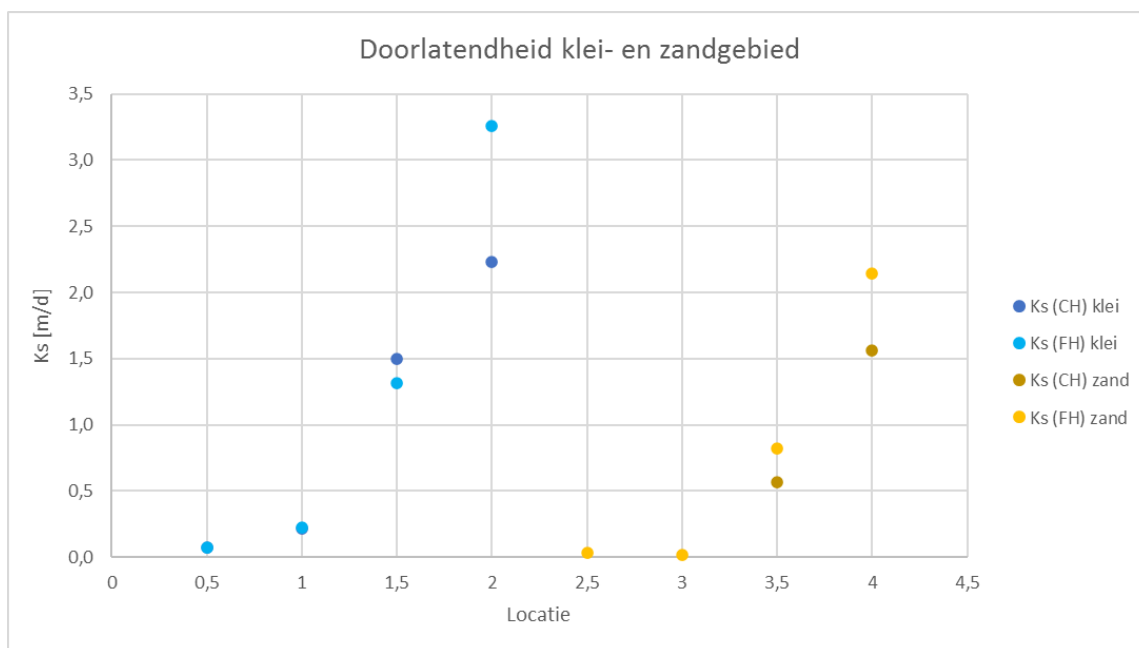
Voor deze metingen is gebruik gemaakt van de automatische dubbele ring infiltrometer (DRI), het logboek van deze metingen is terug te vinden in bijlage 2. Zoals in de methode is toegelicht, wordt de waterhoogte hier met een druksensor en pompje constant gehouden tijdens het constant head gedeelte van de proef. De pomp wordt bij een daling van het waterniveau in de binnenring van ca. 1 mm geactiveerd, het waterniveau in de buitenring wordt daarbij gelijk gehouden aan de binnenring (binnen 1 tot 2 mm). Het gelijk houden van het waterniveau in de buitenste ring functioneerde nog niet goed tijdens deze proeven, hierdoor is de binnenste ring tijdens het falling head deel van de proef niet goed beschermend tegen horizontale infiltratie. Op locaties met een zeer lage infiltratiecapaciteit werkte de constant head methode echter slecht. De testduur was hier te kort (ca. 10-15 minuten constant head) in verhouding met de infiltratiecapaciteit, waardoor er maar enkele pompmomenten plaatsvonden. Hierdoor werd de constant head proef zeer onnauwkeurig, bij deze locaties wordt daarom alleen naar het falling head deel gekeken.

Door de trage infiltratie bleef het waterniveau in de buitenste ring ook langer vergelijkbaar met het waterniveau in de binnenste ring, waardoor er minder horizontale infiltratie zou moeten optreden. Als er op locatie geen goede constant head beschikbaar was, is voor het bepalen van de gemiddelde doorlatendheid (constant head methode) uitgegaan van de resultaten van de falling head test. Zo wordt voorkomen dat de data vertekend raakt, doordat de constant head test de lage infiltratiewaarden niet meet. In de meetreeks komt één uitschieter voor, de 10 m/d die is gemeten bij een extensief onderhouden gazon in een zandgebied. Er wordt aangenomen dat de (boom)wortels die zijn gevonden tijdens de uitvoering deze extreme waarde hebben veroorzaakt, hij wordt niet meegenomen in de verdere analyse. Verder geldt dat voor één meting in een extensief onderhouden gazon (2010) de dekking slecht was, voor een intensief onderhouden gazon (1900) was er net gemaaid voor de meting (waarbij het maaisel was achtergelaten). Beide locaties gaven een lagere doorlatendheid (respectievelijk 1,3 m/d en 0,2 m/d) dan kon worden verwacht aan de hand van de overige metingen in intensief en extensief onderhouden grasveld. De watertemperatuur is tijdens de proeven niet gemeten, er wordt aangenomen dat deze gelijk is aan de temperatuur van de ruimte waar de watertonnen worden bewaard (ca. 17°C).

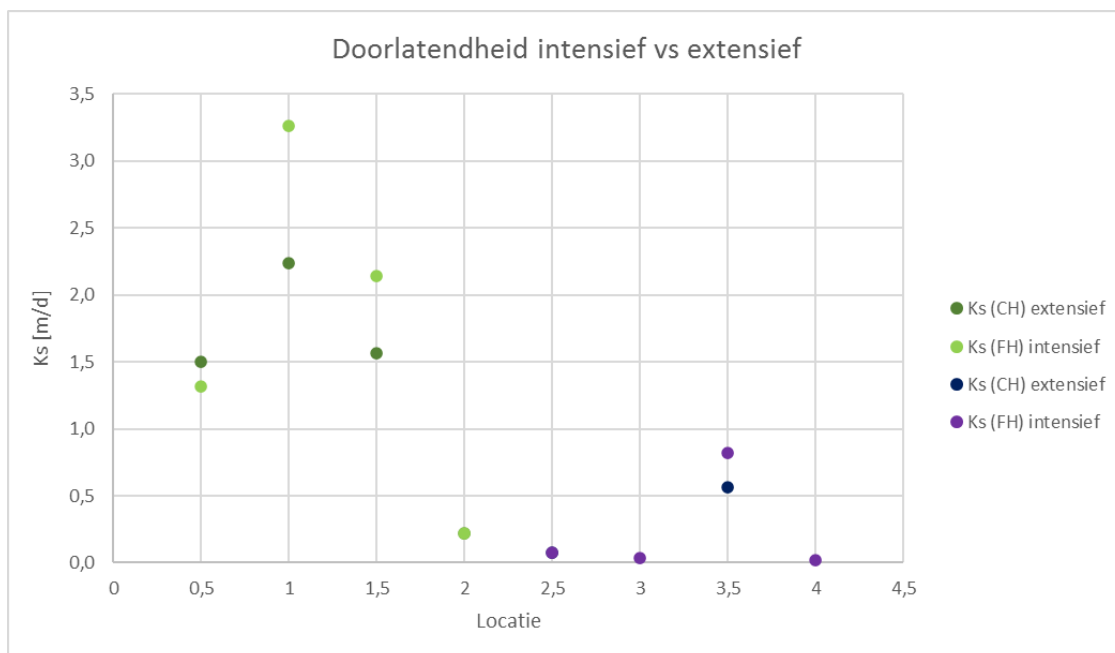
Uit de metingen blijkt dat grasveld in zandgebieden (gemiddeld 0,65 m/d) een lager doorlatendheid heeft dan grasveld in kleigebieden (gemiddeld 1,11 m/d). Intensief onderhouden grasveld heeft gemiddeld de laagste doorlatendheid (0,2 m/d) en extensief onderhouden grasveld de hoogste (1,7 m/d). Met een gemiddelde doorlatendheid van 0,93 m/d en standaardvariatie van 1,04 m/d valt 73% van de metingen binnen het gemiddelde +/- de standaarddeviatie. Hiermee lijkt de verdeling aardig op een normaalverdeling (68% binnen gemiddelde +/- de standaarddeviatie), de variaties lijken daarom natuurlijk en niet veroorzaakt door fouten tijdens de metingen. Er is maar één meting gedaan in kleigebied met extensief onderhoud en maar één meting in zandgebied met intensief onderhoud. Hierdoor is niet met zekerheid te zeggen welke van deze parameters effect heeft op de doorlatendheid, al is het niet waarschijnlijk dat een natuurlijke kleibodem een gunstig effect heeft op de doorlatendheid. Naar verwachting heeft dan ook het onderhoud veel effect, ook de standaarddeviatie is hier wat kleiner. Echter laat de bodemanalyse zien dat de locaties met meer silt en organische stof een hogere doorlatendheid geven dan de locaties met meer zand en grind, dat dit toch effect heeft kan daarom niet worden uitgesloten. De bodemonsters laten gemiddeld dezelfde samenstelling zien voor extensief en intensief onderhouden grasveld (Tabel 6), een scheve verdeling speelt hier dus geen rol. Een mogelijke verklaring is dat gras zich beter wortelt in klei/veen grond, wat weer gunstig is voor de doorlatendheid. Ook kan het zijn dat de top beter doorworteld is, aangezien hier voldoende vocht aanwezig is en het dieper in de bodem juist te nat wordt.

*Tabel 3: Doorlatendheid grasveld met constant head en falling head methode*

| <b>Ks per categorie<br/>[m/d]</b> | <b>Ks (CH)<br/>[m/d]</b> | <b>STDEV Ks (CH)<br/>[m/d]</b> | <b>Ks (FH)<br/>[m/d]</b> | <b>STDEV Ks (FH)<br/>[m/d]</b> |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Klei                              | 1,01                     | 1,04                           | 1,22                     | 1,47                           |
| Zand                              | 0,54                     | 0,72                           | 0,75                     | 1,00                           |
| Intensief                         | 0,17                     | 0,26                           | 0,24                     | 0,39                           |
| Extensief                         | 1,38                     | 0,84                           | 1,74                     | 1,29                           |
| Gemiddelde                        | 0,78                     | 0,87                           | 0,99                     | 1,19                           |



*Figuur 17: Doorlatendheid 10°C klei- en zandgebieden*



*Figuur 18: Doorlatendheid 10°C intensief en extensief onderhoud*

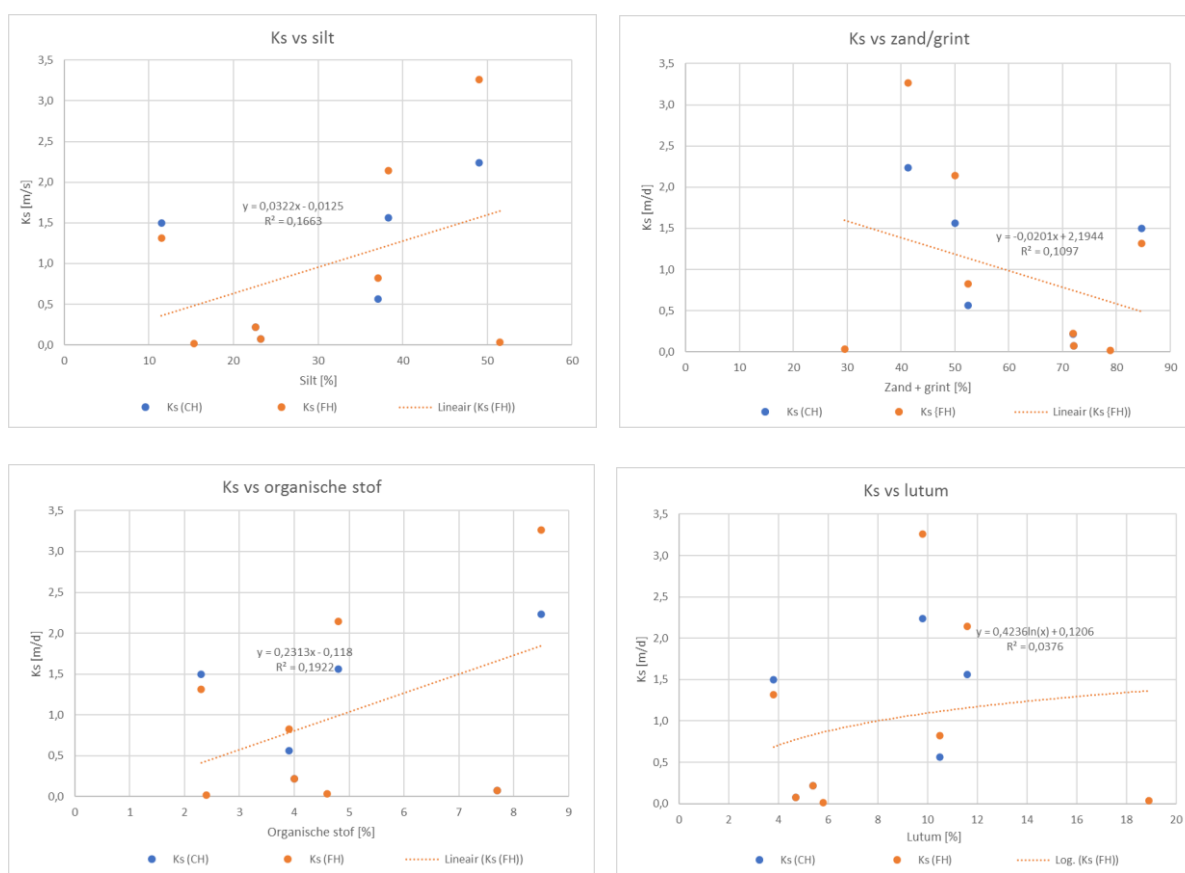
**Tabel 4: Verzadigde doorlatendheid (Ks) bij 10°C en infiltratiecapaciteit (IC)**

| Ks en IC grasveld      | Locatie     | Jaartal     | Ks (CH) 10°C<br>[m/d] | IC (CH)<br>[m/d] | Ks (FH) 10°C<br>[m/d] | IC (FH)<br>[m/d] |
|------------------------|-------------|-------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Gazon intensief        | G01         | 2003        | 0,08                  | 0,69             | 0,08                  | 0,35             |
| Gazon extensief        | G01         | 2010        | 0,22                  | 1,51             | 0,22                  | 0,76             |
| Gazon intensief        | G02         | 1900        |                       |                  | 0,04                  | 0,18             |
| Gazon extensief        | PG01        | 1900        | 1,50                  | 3,89             | 1,32                  | 2,30             |
| Gazon extensief        | PG02        | 1962        | 2,24                  | 7,02             | 3,26                  | 6,25             |
| Gazon intensief        | PG04        | 2016        |                       |                  | 0,02                  | 0,07             |
| <i>Gazon extensief</i> | <i>PG05</i> | <i>1990</i> | <i>9,91</i>           | <i>17,63</i>     | <i>10,43</i>          | <i>14,54</i>     |
| Gazon intensief        | PG06        | 1900        | 0,56                  | 2,69             | 0,82                  | 2,09             |
| Gazon extensief        | PG06        | 2008        | 1,56                  | 5,73             | 2,14                  | 4,18             |

Uit de bodemanalyse blijkt dat de verklarende relatie van bodemsamenstelling en doorlatendheid klein is. De determinatiecoëfficiënt ( $R^2$ ) varieert tussen de 0,04 (lutum) en 0,19 (organische stof). De verklarende correlaties zijn daarmee zwak tot zeer zwak. Opvallend is dat de doorlatendheid toeneemt met een hoger percentage silt, lutum en organische stof en juist afneemt bij een hoger percentage zand/grind. Dit is het tegenovergestelde van wat verwacht werd vanuit de theorie, die stelt dat fijnere deeltjes voor een lagere texturele porositeit zorgen. Om dit te verklaren is naar een correlatie gekeken van de bodemtextuur tegen intensief en extensief onderhoud, er bleek echter dat de gemiddelde bodemsamenstelling bijna exact gelijk was voor de bodemonsters uit extensief en intensief onderhouden grasveld. Bij de bomen was deze verdeling wel zeer scheef (in relatie tot grote/oude bomen en kleine jonge bomen), wat als een mogelijke verklaring van de gevonden relatie (klei/veen grond geven een hogere doorlatendheid) is aangedragen. In tegenstelling tot de bomen speelt een scheve verdeling van de bemonstering (bij grasveld tussen intensief en extensief onderhouden grasveld) hier dus geen rol. Zoals vermeld is de verklarende relatie tussen doorlatendheid en bodemsamenstelling zwak tot zeer zwak, met meer metingen is het mogelijk dat er helemaal geen relatie wordt gevonden.

**Tabel 5: Doorlatendheid bij 10°C en bodemsamenstelling toplaag grasveld**

| <b>Ks grasveld</b> | Ks (CH)     | Ks (FH)      | Gloeiverlies | Grind   | Zand           | Silt               | Lutum       | Bodem |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|---------|----------------|--------------------|-------------|-------|
| Onderhoud          | [m/d]       | [m/d]        | [%]          | [>2 mm] | [0,063 - 2 mm] | [0,002 - 0,063 mm] | [<0,002 mm] |       |
| Intensief          | 0,08        | 0,08         | 7,7          | 3,4     | 68,7           | 23,2               | 4,7         | klei  |
| Intensief          | 0,22        | 0,22         | 4,6          | 0,3     | 29,2           | 51,5               | 18,9        | klei  |
| Intensief          |             | 0,04         | 3,9          | 0,8     | 51,6           | 37,1               | 10,5        | klei  |
| Extensief          | 1,50        | 1,32         | 2,3          | 4,2     | 80,5           | 11,5               | 3,8         | klei  |
| Extensief          | 2,24        | 3,26         | 8,5          | 0,1     | 41,2           | 49                 | 9,8         | zand  |
| Intensief          |             | 0,02         | 2,4          | 6       | 72,8           | 15,3               | 5,8         | zand  |
| Extensief          | <i>9,91</i> | <i>10,43</i> | 3,4          | 0,2     | 51,1           | 37                 | 11,6        | zand  |
| Extensief          | 0,56        | 0,82         | 4,8          | 3,8     | 46,2           | 38,3               | 11,6        | zand  |
| Extensief          | 1,56        | 2,14         | 4            | 1,2     | 70,7           | 22,6               | 5,4         | zand  |



Figuur 19: Doorlatendheid en bodemanalyse grasveld

Tabel 6: Gemiddelde bodemsamenstelling per type onderhoud

| Onderhoud grasveld | Ks 10°C | Gloeiverlies | Grind   | Zand           | Silt               | Lutum       |
|--------------------|---------|--------------|---------|----------------|--------------------|-------------|
|                    | [m/d]   | [%]          | [>2 mm] | [0,063 - 2 mm] | [0,002 - 0,063 mm] | [<0,002 mm] |
| Intensief          | 0,21    | 4,65         | 2,63    | 55,58          | 31,78              | 9,98        |
| Extensief          | 1,56    | 4,60         | 1,90    | 57,94          | 31,68              | 8,44        |

Een extensief onderhoud grasveld (infiltratiecapaciteit ca. 1,8 m/d) kan ca. 2x het eigen oppervlak afkoppelen (exclusief dit eigen oppervlak) bij een bui van 24 mm/uur. Ook hier is het belangrijk dat het geïnfiltreerde water op tijd uit de bovenste grondlaag weg kan komen, bij slecht doorlatende bodems kan naar bodemverbetering en drainage gekeken worden. Komt het freatische grondwater te veel omhoog dan kan dit resulteren in water op maaiveld. De infiltratiecapaciteit is dan theoretisch toereikend, maar toch komt het hemelwater niet weg doordat grondwaterstroming limiterend wordt. Intensief onderhouden grasveld heeft een lage infiltratiecapaciteit (0,25 m/d) en is ongeschikt als infiltratievoorziening, bij neerslag boven de 10 mm/uur kan het zelfs afstroming generen. Vaak ligt groen echter lager dan het omliggende gebied, en zal het overschot aan hemelwater op maaiveld geborgen worden. De vegetatie kan hier echter wel onder leiden wanneer dit regelmatig gebeurt.

### 4.3 Metingen in plantvakken

Bij de metingen in de plantvakken was de doorlatendheid zo laag, dat alleen de falling head test bij 5 van de 6 proeven goede resultaten gaf. Voor het uitwerken van de gegevens wordt daarom alleen naar de falling head testresultaten gekeken. Eén van te testen is op braakliggend terrein uitgevoerd, doordat er op de aangegeven locatie gewerkt werd. Deze meting geeft de laagste doorlatendheid die in het gehele onderzoek is gemeten, namelijk 0,007 m/d. Aangezien er geen begroeiing aanwezig was op deze locatie wordt hij verder niet meegenomen in de analyse voor de plantvakken.

De gemiddelde doorlatendheid van de plantvakken is 0,14 m/d, met een standaarddeviatie van 0,09 m/d. Hier geldt dat 80% van de metingen binnen het interval 0,14 m/d +/- 0,09 m/d vallen, het gaat dus om natuurlijke variatie die gemeten is (geen duidelijke meetfouten).

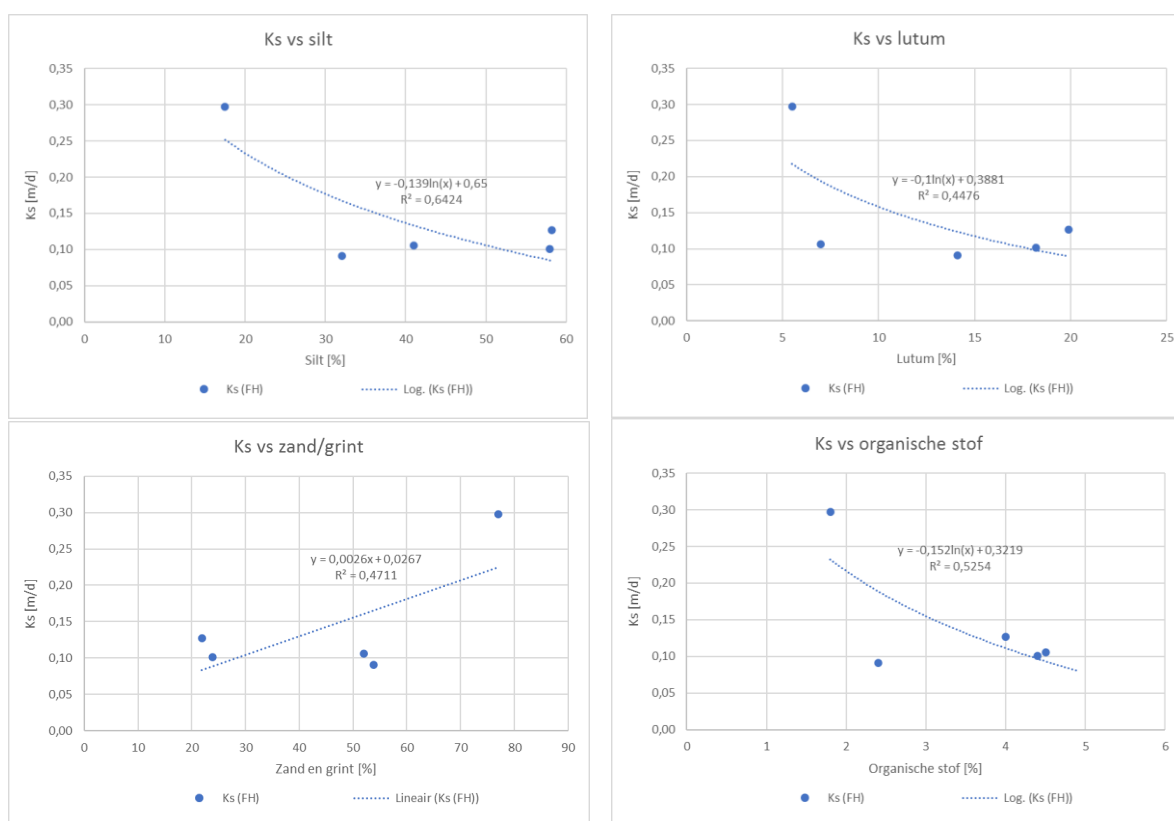
*Tabel 7: Verzadigde doorlatendheid (Ks) bij 10°C en infiltratiecapaciteit (IC)*

| Ks en IC plantvakken | Locatie | Jaartal | Ks (FH) 10C<br>[m/d] | IC (FH)<br>[m/d] |
|----------------------|---------|---------|----------------------|------------------|
| Sierheesters         | PG01    | 1999    | 0,11                 | 0,45             |
| Beplanting           | PG02    |         | 0,10                 | 0,60             |
| Braakliggend terrein | PG03    | 2006    | 0,01                 | 0,05             |
| Sierheesters         | PG04    | 2010    | 0,09                 | 0,55             |
| Sierheesters         | PG05    | 2000    | 0,30                 | 1,20             |
| Sierheesters         | PG06    | 2010    | 0,13                 | 0,68             |

De doorlatendheid lijkt geen correlatie te hebben met de natuurlijke grondsoort van het gebied, er lijkt ook geen relatie te zijn tussen de bodem van het gebied en de bodemanalyse. Wel is er een sterke correlatie met de bodemtextuur van de bovenlaag, met de determinatiecoëfficiënt ( $R^2$ ) variërend tussen de 0,45 (lutum) en 0,64 (silt). Er is hier sprake van een matige ( $0,25 < R^2 < 0,50$ ) tot sterke ( $0,50 < R^2 < 0,75$ ) verklarende relatie van de doorlatendheid met de bodemtextuur. Een verklaring zou kunnen zijn dat de doorlatendheid sterk afhankelijk is van de texturele porositeit en niet van de structurele porositeit, zoals wel het geval lijkt te zijn bij bomen en grasvelden. De heesterbegroeiing laat veel bodemoppervlak kaal, de doorworteling van de bovenste laag is naar verwachting beperkt (weinig structurele porositeit). Dit zou ook de lage infiltratiecapaciteit en doorlatendheid van de plantvakken als geheel kunnen verklaren. Zoals de meting in braakliggend terrein laat zien is begroeiing essentieel voor een goede doorlatendheid. De metingen in boomspiegels laten echter wel een zeer goede doorlatendheid zien, waar de bodem even kaal is als onder de heesters. Meer inzicht in de wortelstructuur (en het bodemleven) van heesters en bomen is nodig om de oorzaak van de grote verschillen in doorlatendheid te achterhalen.

*Tabel 8: Verzadigde doorlatendheid en bodemsamenstelling*

| Begroeiing    | Ks (FH) 10C<br>[m/d] | Gloeiverlies<br>[%] | Grind<br>[>2 mm] | Zand<br>[0,063 - 2 mm] | Silt<br>[0,002 - 0,063 mm] | Lutum<br>[<0,002 mm] | Bodem |
|---------------|----------------------|---------------------|------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|-------|
| Sierheesters  | 0,11                 | 4,5                 | 0,4              | 51,6                   | 41                         | 7                    | klei  |
| Beplanting    | 0,10                 | 4,4                 | 0,1              | 23,8                   | 57,9                       | 18,2                 | klei  |
| Braak terrein | 0,01                 | 4,9                 | 0,2              | 64,8                   | 26,1                       | 8,8                  | klei  |
| Sierheesters  | 0,09                 | 2,4                 | 2,4              | 51,4                   | 32,1                       | 14,1                 | zand  |
| Sierheesters  | 0,30                 | 1,8                 | 3,6              | 73,4                   | 17,5                       | 5,5                  | zand  |
| Sierheesters  | 0,13                 | 4                   | 0                | 21,9                   | 58,2                       | 19,9                 | zand  |



Figuur 20: Relatie doorlatendheid en bodemsamenstelling

#### 4.4 Samenvatting meetresultaten

Wanneer de resultaten voor de doorlatendheid van boomspiegels, grasveld en plantvakken worden vergeleken, zijn meteen duidelijke verschillen te zien. Zoals verwacht geven boomspiegels een relatief hoge gemiddelde doorlatendheid (4,4 m/d). Door de meetmethode kon er geen accurate infiltratiecapaciteit worden bepaald, de weergegeven infiltratiecapaciteit is inclusief horizontale infiltratie. Door de samenstelling van bomenzand werd hier ook de hoogste doorlatendheid verwacht, als naar de bodemanalyse wordt gekeken lijkt de hoge doorlatendheid meer te maken te hebben met de wortelstructuur dan met de bodemsamenstelling. De sterkste verklarende correlatie voor de bodemtextuur was met het percentage organische stof ( $R^2=0,32$ ; matig verband). Hoe hoger het percentage organische stof, hoe lager de doorlatendheid. Als echter wordt gekeken naar de bodemanalyse van alle metingen is wel een matig verband te zien met het percentage silt en lutum. Het lijkt er op dat de texturele porositeit pas sterk bijdraagt aan de doorlatendheid op het moment dat de percentages silt+lutum onder de ca. 20% komt.

Verder is gekeken of het percentage organische stof nog verband hield met de leeftijd en afmetingen van de bomen, dit lijkt het geval te zijn. Aangezien het percentage organische stof bij aanplanting onbekend is kan dit met het beperkte aantal metingen niet vastgesteld worden. Door dit verband is het onduidelijk of de gevonden relatie tussen de doorlatendheid en het percentage organische stof niet indirect het verband tussen de doorlatendheid en boomafmeting- en leeftijd weergeeft.

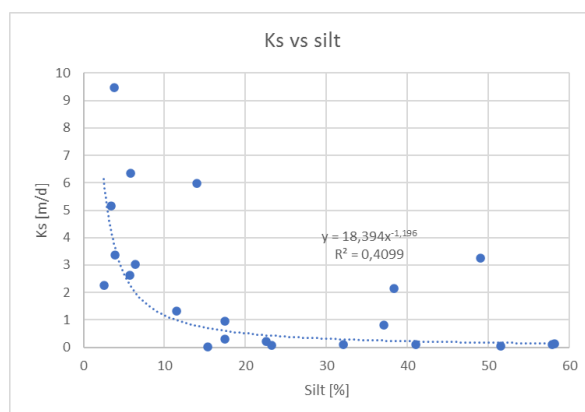
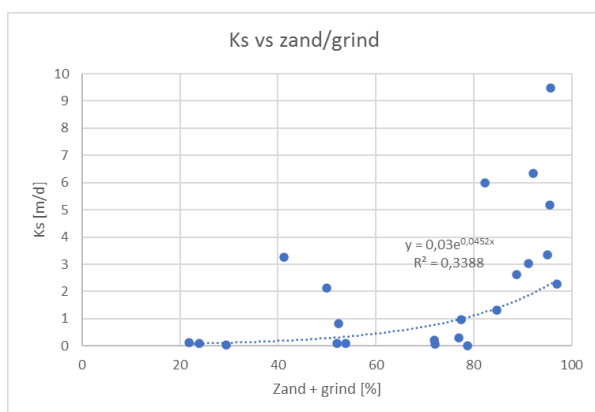
Het grasveld geeft gemiddeld een doorlatendheid van 0,9 m/d, hierbij is er een groot verschil tussen de doorlatendheid van extensief (1,6 m/d) en intensief (0,2 m/d) onderhouden grasveld. Dit kan verklaard worden door het effect van frequent maaien op de vegetatie. Hierdoor hebben (on)kruiden weinig kans, terwijl juist deze planten een uitgebreider wortelsysteem hebben.

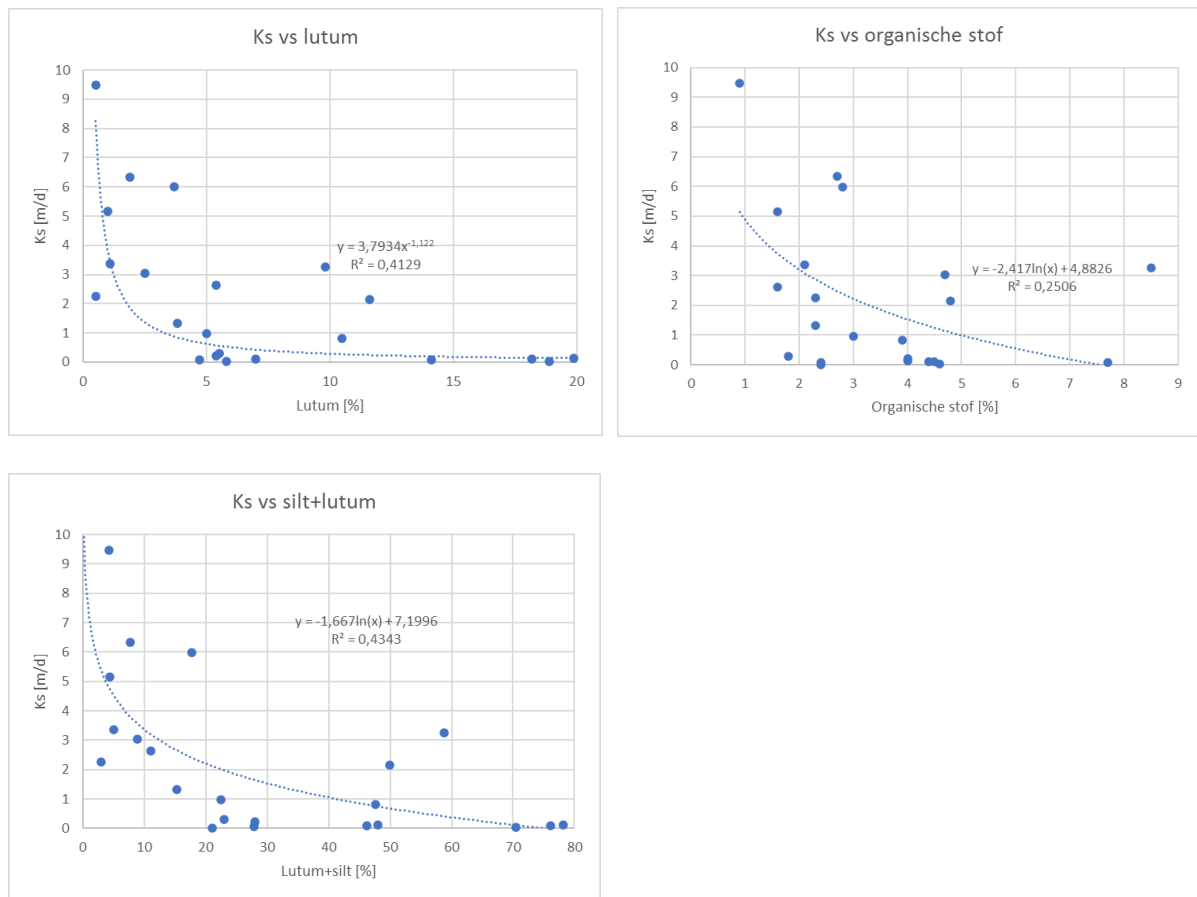
Zij zorgen dus voor een meer open bodemstructuur, wat resulteert in een grotere doorlatendheid. Ook kan verdichting van de toplaag door de maaimachines een rol spelen. De texturele porositeit is beperkt, met gemiddeld maar 60% zand en grind. Bij het grasveld was de relatie met de bodemsamenstelling dan ook het zwakst van alle groenvoorzieningen, wel speelde ook hier het percentage organische stof de grootste rol in de relatie bodemtextuur en doorlatendheid ( $R^2=0,19$ ; zwak verband). In tegenstelling tot de boomspiegels, zorgt een hoger percentage organische stof hier voor een hogere doorlatendheid (en een hoger percentage zand en grind voor een lagere doorlatendheid). Dit kan niet verklaard worden door het effect van onderhoud, aangezien de bodemsamenstelling voor deze groepen gemiddeld bijna hetzelfde is. Wel gaat het hier om zwakke tot zeer zwakke verklarende relaties en een beperkt aantal metingen. Mogelijk kan dit verklaard worden doordat de vegetatie beter tot ontwikkeling komt met meer organische stof of dat het gras oppervlakkiger wortelt (voldoende vocht en voeding), wat de doorlatendheid in de bovenlaag ten goede komt.

De plantvakken met heester begroeiing geven gemiddeld een doorlatendheid van 0,1 m/d. Dit wordt naar verwachting veroorzaakt door de kale bodem onder de heesters, de structurele porositeit is hierdoor zeer beperkt. Dat de doorlatendheid sterk afhankelijk is van de texturele porositeit komt ook terug in de bodemanalyse. De hoogste verklarende correlatie wordt gevonden voor het percentage silt ( $R^2=0,64$ ; sterk verband), gevolgd door het percentage organische stof ( $R^2=0,53$ ; sterk verband). Aangezien het percentage zand en grind gemiddeld maar zo'n 45% bedraagt is een lage doorlatendheid logisch als deze grotendeels afhankelijk is van de texturele porositeit. De enkele meting in braakliggend terrein gaf een nog lagere doorlatendheid van 0,008 m/d bij een zand en grind percentage van 65%, de beplanting lijkt dus wel voor enige structurele porositeit te zorgen. Aangezien de boomspiegels ook 'kaal' zijn (zoals de bodem onder de heesters), wordt het grote verschil in doorlatendheid naar verwachting veroorzaakt door het verschil in wortelstructuur. Een andere optie is dat het verschil in meetmethode een rol speelt.

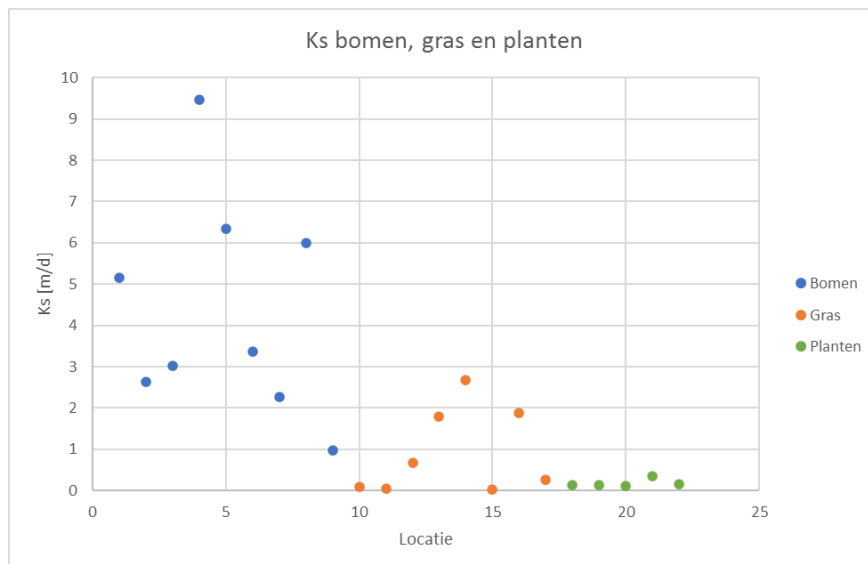
*Tabel 9: Gemiddelde infiltratiecapaciteit (IC) en verzadigde doorlatendheid (Ks) bij 10°C*

| Infiltratie en doorlatendheid | IC gem [m/d] | STDEV IC [m/d] | Ks gem 10°C [m/d] | STDEV Ks 10°C [m/d] |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Bomen                         | 11,27        | 1,84           | 3,53              | 0,6                 |
| Grasveld                      | 2,37         | 2,37           | 0,88              | 1,01                |
| Plantvakken                   | 0,59         | 0,37           | 0,12              | 0,10                |



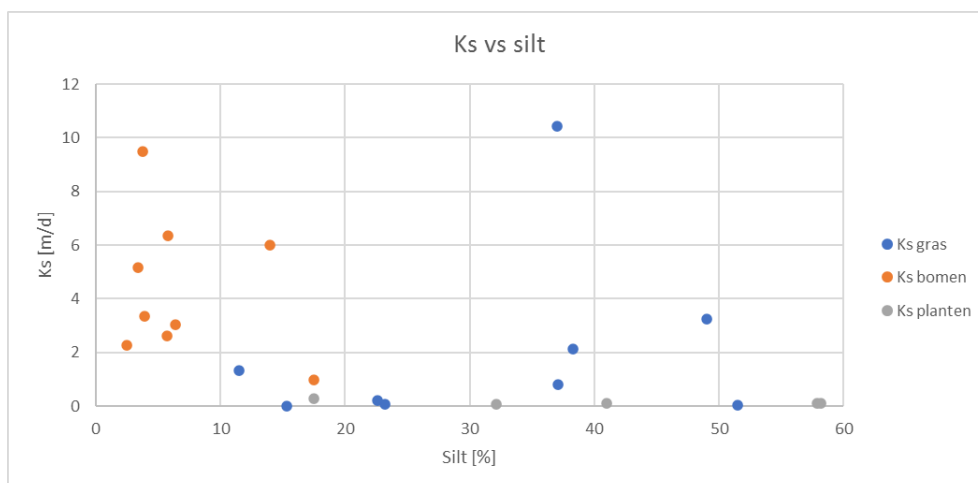


**Figuur 21: Doorlatendheid en bodemsamenstelling alle categorieën**



**Figuur 22: Doorlatendheid alle categorieën**

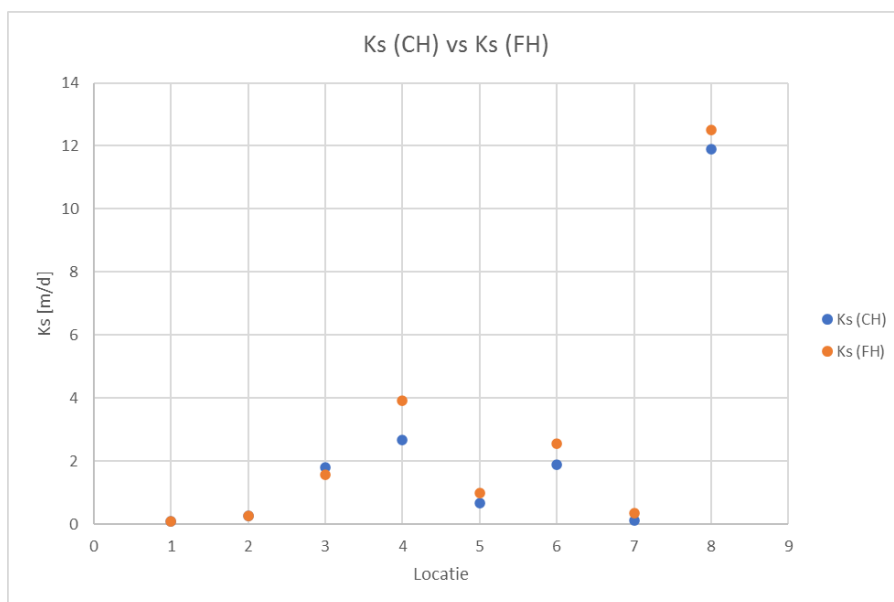
Om te bepalen wat het effect van de bodemsamenstelling is op de doorlatendheid wanneer alle metingen in de verschillende (vegetatie) categorieën worden samengevoegd is Figuur 21 opgesteld. Voor het percentage silt, lutum, zand/grind en organische stof is er sprake van een matig verband ( $0,25 < R^2 < 0,5$ ).



*Figuur 23: Verdeling doorlatendheid en percentage silt per categorie*

#### 4.5 Prestatie automatische dubbele ring infiltrometer

Tijdens de proeven is gebleken dat het constant head deel van de automatische dubbele ring infiltrometer goed geschikt is voor het meten van een hoge infiltratiecapaciteit. Het waterniveau van de ringen wordt dan vaak aangevuld (veel pomp-momenten), waardoor de invloed van de meeton nauwkeurigheid klein blijft. Bij een lage infiltratiecapaciteit vinden maar een paar pompmomenten plaats tijdens de gehele proef. Hierdoor wordt de invloed van de meeton nauwkeurigheid erg groot en wordt de uitkomst van de proef onbetrouwbaar. Bij een lage infiltratiecapaciteit moet óf de proef veel langer duren óf van het fallinghead gedeelte worden uitgegaan. Bij de fallinghead proef was het een probleem dat het waterniveau in de buitenste ring het waterniveau in de binnenste ring niet volgde. Dit was vooral een probleem bij een hoge infiltratiecapaciteit, aangezien het waterniveau in de buitenste ring dan al snel veel lager stond dan in de binnenste ring. Hierdoor kon het water uit de binnenste ring ook horizontaal infiltreren en werd de proef onbetrouwbaar. Bij het bepalen van de doorlatendheid met de fallinghead methode is getracht alleen de metingen mee te nemen waarbij de waterniveaus in de binnenste en buitenste ring nog dicht bij elkaar lagen. Bij een lagere infiltratiecapaciteit ( $<0,3$  m/d) is de betrouwbaarheid het grootste omdat de horizontale infiltratie relatief beperkt is. Voor de 9 proeven waar zowel een resultaat van de constant head als falling head fase is bepaald, geldt dat de fallinghead proeven gemiddeld een iets hoger resultaat geven (2,8 m/d) dan de constant head proeven (2,4 m/d) (zie figuur 23). Aangezien bij het bepalen van de doorlatendheid wordt gecorrigeerd voor de diepte van het infiltratiefront en de waterhoogte op maaiveld zouden de resultaten gelijk moeten zijn. Een mogelijke verklaring is dat bij de falling head proeven het infiltratiefront al dieper de bodem is ingedrongen, hierdoor wordt het effect van de gedane aannames (effectieve porositeit bodem) groter. Er wordt daarom aangenomen dat de werkelijke effectieve porositeit over het algemeen lager is dan de gekozen waarde. De methode zou nog verbeterd kunnen worden door een hogere precisie in het meten van het debiet. Verder wordt geadviseerd om het waterniveau in de buitenste ring gelijk te houden aan de binnenste ring tijdens de falling head proef. Ook het standaard meenemen van de temperatuur in de binnenste ring kan wenselijk zijn, wanneer metingen over een langere periode vergeleken moeten worden en grote temperatuurverschillen de gemeten infiltratiecapaciteit beïnvloeden.



Figuur 24: Vergelijking falling head en constant head methode

## 5 Conclusies

Uit de resultaten komt naar voren dat er grote verschillen worden gemeten in doorlatendheid van de drie groenvoorzieningen, deze is met afstand het grootst voor de boomspiegels (4,4 m/d), gevolgd door grasveld (0,93 m/d) en de plantvakken (0,15 m/d). De hoge doorlatendheid van de bomen is deels te danken aan de structurele porositeit (doorworteling, die verband houdt met leeftijd en afmetingen boom) maar ook deels aan de texturele porositeit (bodem < 20% silt+lutum). Er is maar één meting buiten de boomspiegels (extensief grasveld) met een bodem die voor minder dan 20% uit silt+lutum bestaat (15%), hierdoor is onduidelijk of de bodemstructuur of de bodemtextuur in de boomspiegels leidend is voor de doorlatendheid. Als het de texturele porositeit is die voor een hoge doorlatendheid zorgt, dan gebeurt dit alleen als het percentage silt+lutum onder de ca. 20% ligt. Verder lijkt de hoeveelheid organische stof in het bomenzand af te nemen met leeftijd en afmeting van de boom. De jonge kleine bomen hebben de laagste doorlatendheid (2,1 m/d), maar zullen zelf bij extreme neerslag in natte condities (70 mm/uur = 1,7 m/d) geen afstroming genereren. Door de hoge doorlatendheid hebben boomspiegels veel potentie om multifunctioneel te worden ingezet als duurzame hemelwatervoorziening. Bij kleine jonge bomen (ca. 2,4 m/d) kan bij een T=2 bui (2050) van 24 mm/uur dan ca. 3x het oppervlak van de boomspiegel (exclusief boom) worden afgekoppeld, bij grote oude bomen (infiltratiecapaciteit ca. 7,8 m/d) zoude in potentie 12x hun oppervlak kunnen worden afkoppelen en voor kleine oude bomen (infiltratiecapaciteit ca. 5,2 m/d) is dit 8x (exclusief eigen oppervlak).

De doorlatendheid van extensief onderhouden grasveld (1,6 m/d) is veel hoger dan intensief onderhouden grasveld (0,2 m/d), dit geldt ook voor de infiltratiecapaciteit. Bij een hoger silt, lutum en organische stof percentage neemt de doorlatendheid toe, dit is tegen de verwachtingen in. Het gaat hier om zwakke tot zeer zwakke relaties, maar ook in de relatie met de natuurlijke bovengrond in het gebied (klei of zand) is dit terug te vinden. Bij de relatie met de natuurlijke bovengrond is wel sprake van een vertekening door de monsternamen, aangezien maar 1 van de 4 monsters in het kleigebied intensief onderhouden grasveld is genomen (de gemiddelde samenstelling van de bodemonsters daarentegen is vrijwel gelijk). Een mogelijke verklaring is dat het gras oppervlakkiger wortelt in een natte/voedzame bodem, wat de doorlatendheid van de bovenlaag ten goede komt. De doorlatendheid van het grasveld is sterk afhankelijk van de structurele porositeit. Is het belangrijk dat er zoveel mogelijk water infiltreert, dan moeten kruiden en bodemleven de kans krijgen te ontwikkelen. Ook verdichting door maaimachines zou een rol kunnen spelen. Een extensief onderhouden grasveld (infiltratiecapaciteit ca. 1,8 m/d) kan ca. 2x het eigen oppervlak afkoppelen (exclusief dit eigen oppervlak) bij een bui van 24 mm/uur zonder dat er water op het maaiveld blijft staan. Ook hier is het belangrijk dat het geïnfiltreerde water op tijd uit de bovenste grondlaag weg kan komen, bij slecht doorlatende bodems kan naar bodemverbetering en drainage gekeken worden. Intensief onderhouden grasveld heeft een lage infiltratiecapaciteit (0,25 m/d) en is ongeschikt als infiltratievoorziening, bij neerslag boven de 10 mm/uur kan het zelfs afstroming genereren. Vaak ligt groen echter lager dan het omliggende gebied, en zal het overschot aan hemelwater op maaiveld geborgen worden. De vegetatie kan hier echter wel onder lijden wanneer dit regelmatig gebeurt.

De plantvakken hebben de sterkste verklarende relatie met de bodemtextuur (matig tot sterk), de doorlatendheid is sterk afhankelijk van de texturele porositeit. Doordat de begroeiing uit heesters bestaat, is maar een beperkt deel van de bovenlaag van de bodem goed doorworteld. De laagste doorlatendheid is dan ook gevonden op een stuk braakliggend terrein (0,007 m/d), dit laat zien hoe belangrijk de structurele porositeit is voor de doorlatendheid.

Echter is de bodem rond bomen ook kaal, terwijl hier de grootste doorlatendheid is gemeten. Dit kan veroorzaakt worden door verschil in (1) wortelstelsel, (2) bodemsamenstelling en (3) meetmethode. Het wortelstelsel van bomen bevat grotere wortels en kan ook op andere punten van het wortelstelsel van heesters verschillen, hierdoor kan de structurele porositeit hoger uitvallen bij boomspiegels. De bodemsamenstelling van de boomspiegels laat meer zand/grind en minder silt/lutum zien dan de bodemsamenstelling van de plantenvakken, het is dus ook mogelijk dat de hoge texturele porositeit van de boomspiegels voor de hogere doorlatendheid zorgt. Als laatste is voor de bomen een andere meetmethode gebruikt dan voor de grasvelden en plantenvakken, hierdoor kan het zijn dat de resultaten niet goed vergelijkbaar zijn. Door de lage doorlatendheid (0,15 m/d = 6,25 mm/uur) zijn de plantvakken niet geschikt als infiltratievoorziening zonder aanpassingen. Hierbij kan gedacht worden aan andere vegetatie die de bovenste grondlaag beter doorwortelt of mogelijk een bodemsamenstelling met een hogere texturele porositeit (silt/lutum < 20%). Er kan ook afstroming verwacht worden van deze plantvakken, ook hier is de ligging van het maaiveld bepalend voor het wel of niet tot afstroming komen van dit water.

Deze conclusies hebben betrekking op een beperkt aantal metingen, en moeten daarom als een eerste inschatting gezien worden. Voor meer zekerheid en inzicht in de statistiek wordt aanbevolen meer metingen uit te laten voeren binnen Rotterdam. Zoals in deze rapportage uiteen is gezet is de infiltratiecapaciteit niet constant maar varieert deze over de tijd. Hoe meer water er infiltreert hoe langzamer de infiltratie zal verlopen.

## 6 Aanbevelingen

Zowel boomspiegels als extensief onderhouden grasvelden lijken kansrijk om in te zetten als infiltratievoorzieningen, wel moet uitgewerkt worden of/hoe het geïnfiltreerde water snel genoeg kan uitzakken en wanneer gedraineerd moet worden (minimale ontwateringsdiepe handhaven). Voor vervolgonderzoek naar de infiltratiecapaciteit en doorlatendheid van groenvoorzieningen in Rotterdam worden de onderstaande aanbevelingen gedaan:

- Selecteer extra grote boomspiegels om hier de standaard DRI-test uit te voeren, de resultaten kunnen vergeleken worden met die van de enkele ring infiltrometer. Zo wordt gecontroleerd dat de meetmethode niet verantwoordelijk is voor de hoge doorlatendheid die is gevonden. Eventueel kunnen ook enkele ring infiltrometer testen gedaan worden op grasvelden en/of in plantenvakken, om te bepalen of de methodes vergelijkbare resultaten geven.
- Nader uitzoeken (met cultuurtechnici en/of groenspecialisten) wat de invloed kan zijn van wortelstelsels van bomen en heesters op de doorlatendheid van de bodem, kan dit mogelijk een verklaring zijn voor de grote gevonden verschillen? Daarbij ook meenemen of een bodem met meer klei/veen bij gras kan leiden tot een betere doorworteling van de bovenlaag of meer bodemleven, en welke processen hierin de doorlatendheid beïnvloeden.
- Vergelijkbare metingen uitvoeren in:
  - Plantvakken zonder heesters, zijn de heesters verantwoordelijk voor de lage doorlatendheid en geeft andere begroeiing dus een hogere doorlatendheid?
  - DRI-testen in grote boomspiegels, om na te gaan of de enkele ring methode vergelijkbare resultaten gaf.
  - Gras met kruiden/bloemig gras, geeft een (nog) extensiever maaibeleid (2x per jaar) een hogere doorlatendheid dan 'normaal' extensief maaien (10x per jaar)?
  - Voor en na maaien, speelt verdichting van de bodem door maaimachines een rol bij het verschil in doorlatendheid tussen extensief en intensief onderhouden grasveld?
  - Grasvelden/plantenvakken met minder dan 20% silt/lutum in de bodem, is de hoge doorlatendheid in boomspiegels toe te schrijven aan de structurele of texturele porositeit?
  - Bomen in grasvelden, wat voor effect heeft het combineren van bomen en grasbegroeiing op de doorlatendheid (veel voorkomende combinatie in Rotterdam)?
- Uitbreiding huidige data met metingen in de gebruikte vegetatie categorieën, hier kunnen ook uitgevoerde infiltratiemetingen voor andere projecten worden meegenomen.



## 7 Bijlage

### Bijlage 1: Infiltratiemetingen bomen

| Pendrecht        |              |              |                |             |              |
|------------------|--------------|--------------|----------------|-------------|--------------|
|                  | Ks [m/d]     | Temp [C]     | Ks 10 °C [m/d] | H [m]       | qs [m/d]     |
| <i>Locatie 1</i> |              |              |                |             |              |
| Droog 1          | 1,06         | 12,42        | 1,00           | 0,06        | 3,23         |
| Nat 1            | 0,89         | 12,53        | 0,84           | 0,06        | 2,71         |
| Droog 2          | 2,18         | 13,81        | 1,98           | 0,06        | 6,73         |
| Nat 2            | 2,05         | 13,65        | 1,86           | 0,06        | 6,39         |
| Droog 3          | 5,49         | 14,28        | 4,91           | 0,05        | 15,70        |
| Nat 3            | 4,02         | 13,72        | 3,65           | 0,05        | 12,10        |
| <i>Locatie 2</i> |              |              |                |             |              |
| Droog 1          | 6,32         | 13,93        | 5,70           | 0,05        | 18,79        |
| Nat 1.1          | 5,86         | 13,39        | 5,36           | 0,05        | 17,42        |
| Nat 1.2          | 6,08         | 14,18        | 5,45           | 0,05        | 18,29        |
| Nat 1.3          | 5,86         | 13,69        | 5,33           | 0,06        | 17,93        |
| Droog 2          | 4,85         | 11,84        | 4,62           | 0,05        | 14,11        |
| Nat 2            | 4,54         | 11,64        | 4,36           | 0,05        | 13,03        |
| <i>Droog 3</i>   | <i>21,90</i> | <i>11,82</i> | <i>20,90</i>   | <i>0,05</i> | <i>63,29</i> |
| <i>Nat 3.1</i>   | <i>18,52</i> | <i>11,73</i> | <i>17,72</i>   | <i>0,05</i> | <i>54,72</i> |
| <i>Nat 3.2</i>   | <i>17,70</i> | <i>11,58</i> | <i>17,01</i>   | <i>0,05</i> | <i>51,15</i> |
| <i>Locatie 3</i> |              |              |                |             |              |
| Droog 1          | 2,85         | 14,58        | 2,53           | 0,05        | 8,21         |
| Nat 1            | 2,73         | 14,84        | 2,41           | 0,05        | 7,99         |
| Droog 2          | 3,90         | 12,90        | 3,62           | 0,05        | 11,62        |
| Nat 2.1          | 2,08         | 12,11        | 1,97           | 0,06        | 6,44         |
| Nat 2.2          | 2,01         | 11,59        | 1,93           | 0,06        | 6,23         |
| Droog 3          | 3,07         | 11,64        | 2,95           | 0,05        | 9,22         |
| Nat 3.1          | 2,91         | 11,71        | 2,78           | 0,05        | 8,64         |
| Nat 3.2          | 2,66         | 11,70        | 2,54           | 0,05        | 7,92         |



| <b>Middelland</b> |             |              |                |             |              |
|-------------------|-------------|--------------|----------------|-------------|--------------|
|                   | Ks [m/d]    | Temp [C]     | Ks 10 °C [m/d] | H [m]       | qs [m/d]     |
| <i>Locatie 1</i>  |             |              |                |             |              |
| Droog 1           | 9,82        | 14,00        | 8,85           | 0,06        | 30,53        |
| Nat 1.1           | 9,54        | 13,37        | 8,73           | 0,06        | 29,95        |
| Nat 1.2           | 9,31        | 13,10        | 8,59           | 0,06        | 29,66        |
| Droog 2           | 8,58        | 11,87        | 8,18           | 0,06        | 25,92        |
| Nat 2.1           | 8,34        | 11,62        | 8,00           | 0,06        | 25,20        |
| Nat 2.2           | 7,74        | 11,63        | 7,42           | 0,06        | 23,62        |
| Droog 3           | 9,66        | 11,39        | 9,33           | 0,06        | 29,38        |
| Nat 3.1           | 9,44        | 11,64        | 9,06           | 0,06        | 28,66        |
| Nat 3.2           | 9,16        | 10,83        | 8,99           | 0,06        | 28,08        |
| Droog 4           | 11,79       | 10,89        | 11,55          | 0,05        | 34,85        |
| Nat 4.1           | 10,49       | 10,70        | 10,33          | 0,06        | 32,69        |
| Nat 4.2           | 9,75        | 10,42        | 9,67           | 0,06        | 31,10        |
| Nat 4.3           | 9,22        | 10,43        | 9,14           | 0,06        | 29,23        |
| <i>Locatie 2</i>  |             |              |                |             |              |
| Droog 1           | 3,47        | 10,42        | 3,45           | 0,05        | 10,37        |
| Nat 1.1           | 3,19        | 10,23        | 3,18           | 0,05        | 9,58         |
| Nat 1.2           | 2,81        | 10,34        | 2,80           | 0,05        | 8,42         |
| Droog 2           | 3,29        | 10,32        | 3,27           | 0,05        | 9,58         |
| Nat 2.1           | 2,17        | 10,38        | 2,16           | 0,05        | 6,48         |
| Nat 2.2           | 2,08        | 10,33        | 2,07           | 0,05        | 6,19         |
| <i>Droog 3</i>    | <i>5,94</i> | <i>10,37</i> | <i>5,90</i>    | <i>0,05</i> | <i>17,71</i> |
| Nat 3.1           | 1,96        | 10,33        | 1,95           | 0,06        | 6,10         |
| Nat 3.2           | 1,44        | 10,59        | 1,43           | 0,06        | 4,44         |
| <i>Locatie 3</i>  |             |              |                |             |              |
| Droog 1           | 7,01        | 10,93        | 6,85           | 0,05        | 20,02        |
| Nat 1.1           | 5,69        | 10,88        | 5,58           | 0,05        | 16,92        |
| Nat 1.2           | 5,53        | 10,86        | 5,42           | 0,05        | 16,42        |
| Droog 2           | 6,42        | 10,76        | 6,31           | 0,06        | 19,87        |
| Nat 2.1           | 5,77        | 10,69        | 5,68           | 0,05        | 17,21        |
| Nat 2.2           | 5,96        | 10,63        | 5,88           | 0,05        | 17,71        |
| Nat 2.3           | 5,88        | 10,55        | 5,81           | 0,05        | 17,14        |
| Droog 3           | 5,95        | 10,60        | 5,87           | 0,05        | 17,86        |
| Nat 3.1           | 5,68        | 10,77        | 5,58           | 0,05        | 16,85        |
| Nat 3.2           | 4,87        | 13,08        | 4,50           | 0,05        | 14,62        |
| Nat 3.3           | 5,48        | 13,14        | 5,04           | 0,04        | 14,11        |



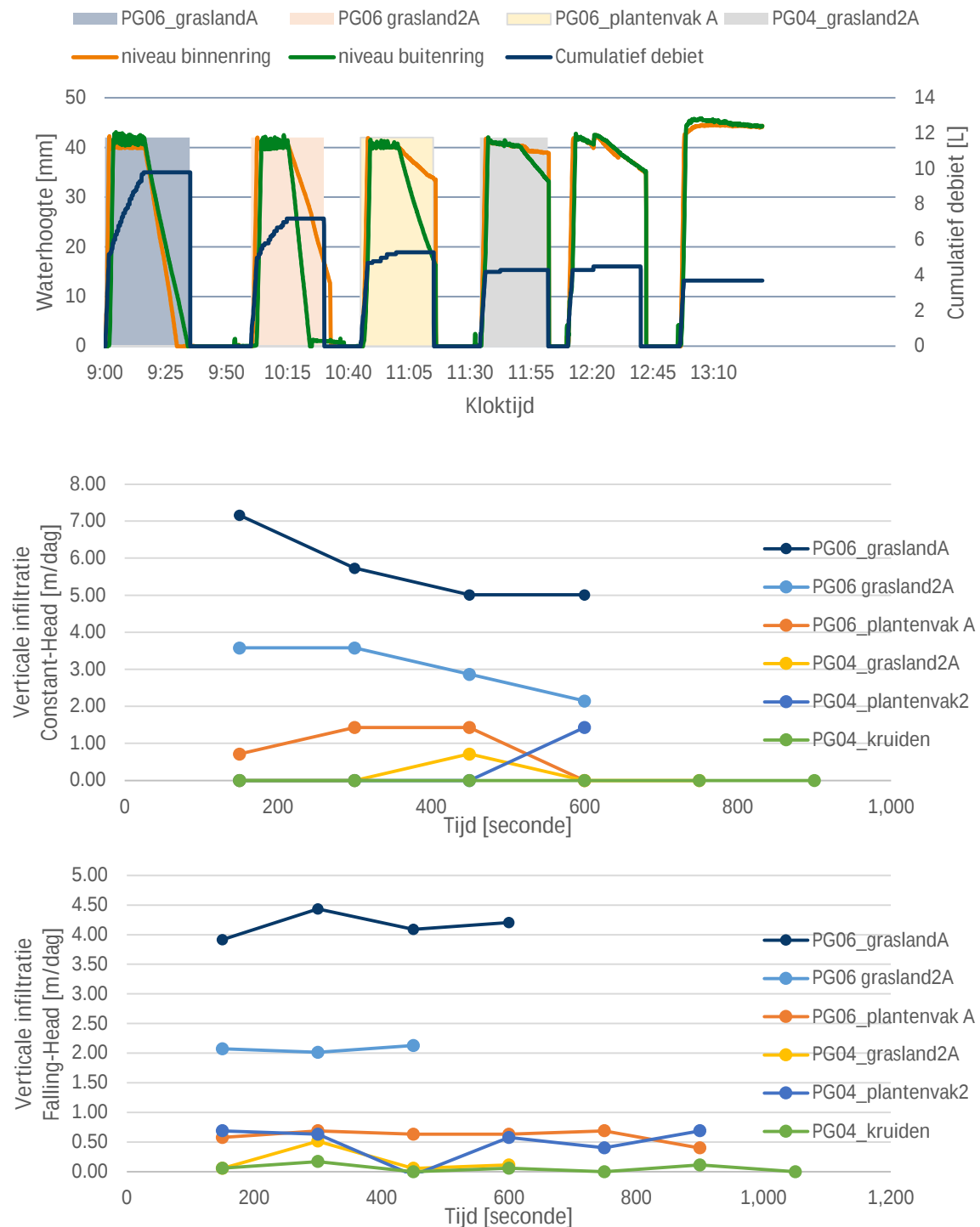
| <b>Oude noorden</b> |          |          |                |       |          |
|---------------------|----------|----------|----------------|-------|----------|
|                     | Ks [m/d] | Temp [C] | Ks 10 °C [m/d] | H [m] | qs [m/d] |
| Locatie 1           |          |          |                |       |          |
| droog/nat           | 1,17     | 15,59    | 1,02           | 0,06  | 3,57     |
| Droog 1             | 2,63     | 15,18    | 2,30           | 0,05  | 7,78     |
| Nat 1               | 1,47     | 14,98    | 1,29           | 0,05  | 4,39     |
| Droog 2             | 2,58     | 15,64    | 2,23           | 0,05  | 7,73     |
| Nat 2               | 2,24     | 15,23    | 1,95           | 0,05  | 6,55     |
| Locatie 2           |          |          |                |       |          |
| Droog 1             | 0,87     | 15,88    | 0,75           | 0,06  | 2,69     |
| Nat 1               | 0,62     | 15,95    | 0,53           | 0,06  | 1,95     |
| Droog 2             | 1,69     | 15,69    | 1,46           | 0,05  | 4,97     |
| Nat 2               | 1,45     | 18,47    | 1,17           | 0,05  | 4,36     |
| Droog 3             | 0,83     | 17,43    | 0,69           | 0,06  | 2,54     |
| Locatie 3           |          |          |                |       |          |
| Droog 1             | 5,06     | 15,72    | 4,36           | 0,05  | 14,83    |
| Nat 1               | 4,10     | 15,40    | 3,56           | 0,05  | 12,10    |
| Droog 2             | 7,26     | 15,10    | 6,36           | 0,04  | 20,02    |
| Nat 2               | 4,36     | 15,06    | 3,83           | 0,04  | 11,81    |
| Droog 3             | 8,21     | 14,77    | 7,25           | 0,02  | 18,72    |



## **Bijlage 2: Logboek DRI-metingen incl. afgekeurde metingen**

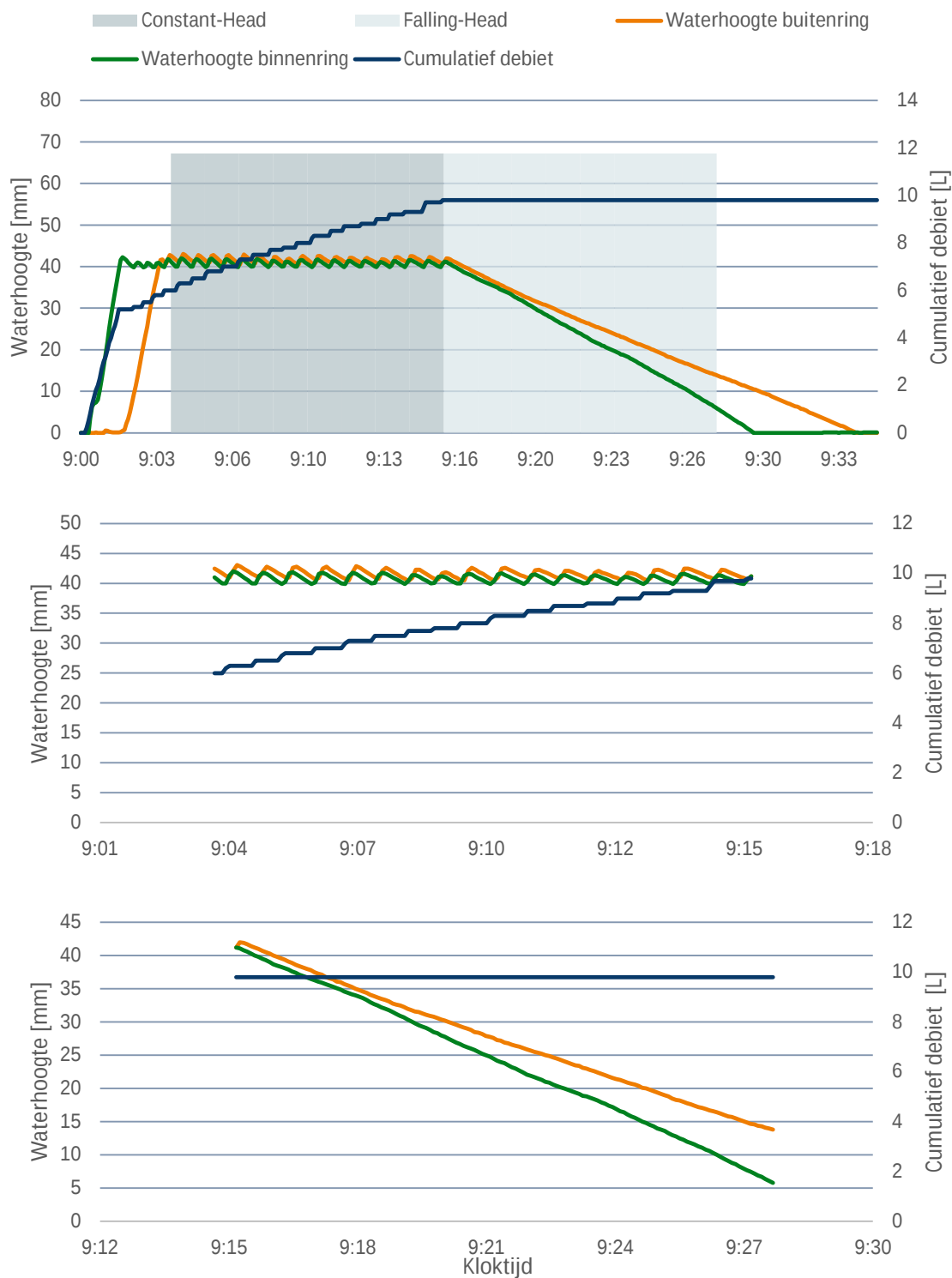
## Meetdag DRI - 25-03-2021

Dag 1 van 3



## Meetresultaten DRI meting - PG06\_graslandA 25-03-2021

|                     |          |                                              |                      |        |     |
|---------------------|----------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Steurweg |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras     | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320      | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550      | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG06\_graslandA 25-03-2021

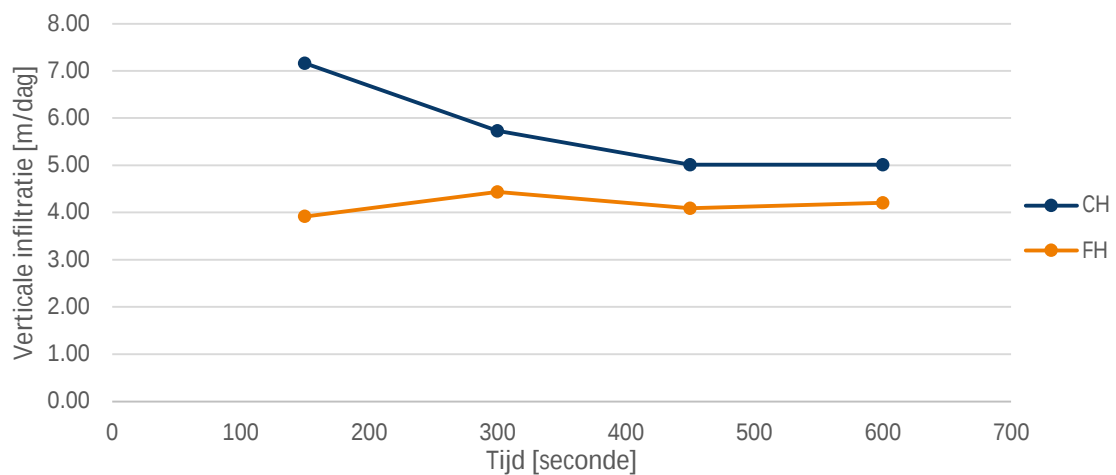
|                     |          |                                              |                      |        |     |
|---------------------|----------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Steurweg |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras     | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320      | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550      | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH  | FH  |
|-----------|-----|-----|
| Gemiddeld | 239 | 173 |
| 150       | 298 | 163 |
| 300       | 239 | 185 |
| 450       | 209 | 170 |
| 600       | 209 | 175 |
| 750       |     |     |
| 900       |     |     |
| 1050      |     |     |
| 1200      |     |     |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

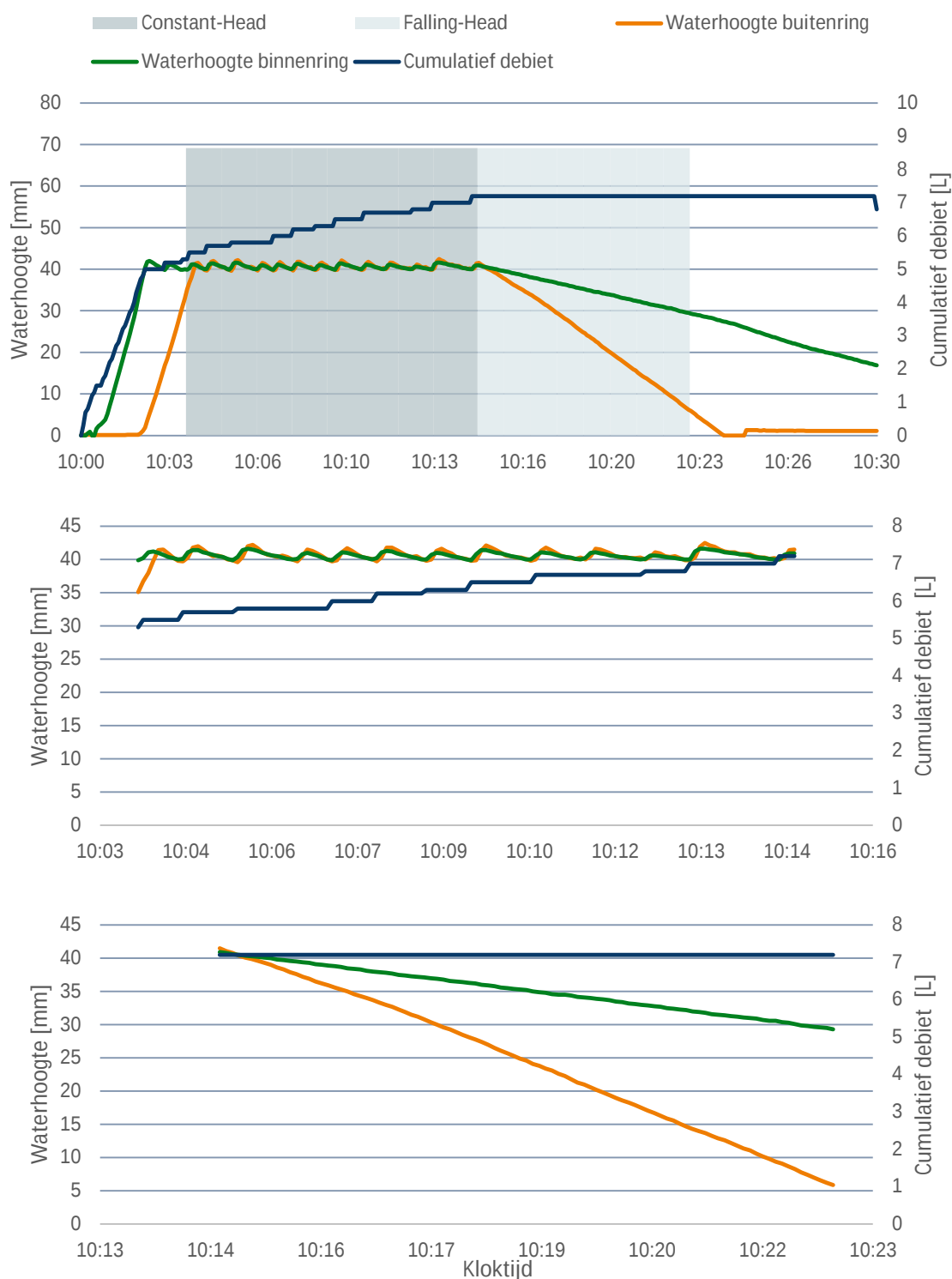
| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 5.73 | 4.16 |
| 150       | 7.16 | 3.92 |
| 300       | 5.73 | 4.44 |
| 450       | 5.01 | 4.09 |
| 600       | 5.01 | 4.20 |
| 750       |      |      |
| 900       |      |      |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |



## Opmerkingen meting - PG06\_graslandA 25-03-2021

## Meetresultaten DRI meting - PG06 grasland2A 25-03-2021

|                     |          |                                              |                      |        |     |
|---------------------|----------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Steurweg |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras     | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320      | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550      | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |





### Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG06 grasland2A 25-03-2021

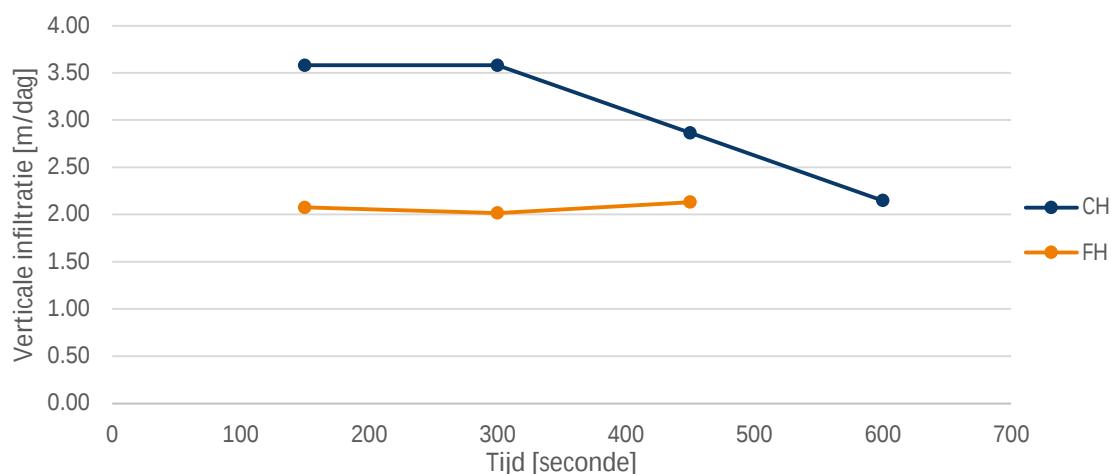
|                     |          |                                               |                      |        |                 |
|---------------------|----------|-----------------------------------------------|----------------------|--------|-----------------|
| Straatnaam          | Steurweg |                                               |                      |        |                 |
| Maaiveld meting     | Gras     | Ring en afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |                 |
| Diameter binnenring | 320      | mm                                            | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm <sup>2</sup> |
| Diameter buitenring | 550      | mm                                            | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm <sup>2</sup> |

#### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH  | FH |
|-----------|-----|----|
| Gemiddeld | 127 | 86 |
| 150       | 149 | 86 |
| 300       | 149 | 84 |
| 450       | 119 | 89 |
| 600       | 90  |    |
| 750       |     |    |
| 900       |     |    |
| 1050      |     |    |
| 1200      |     |    |

#### Infiltratiesnelheid [m/dag]

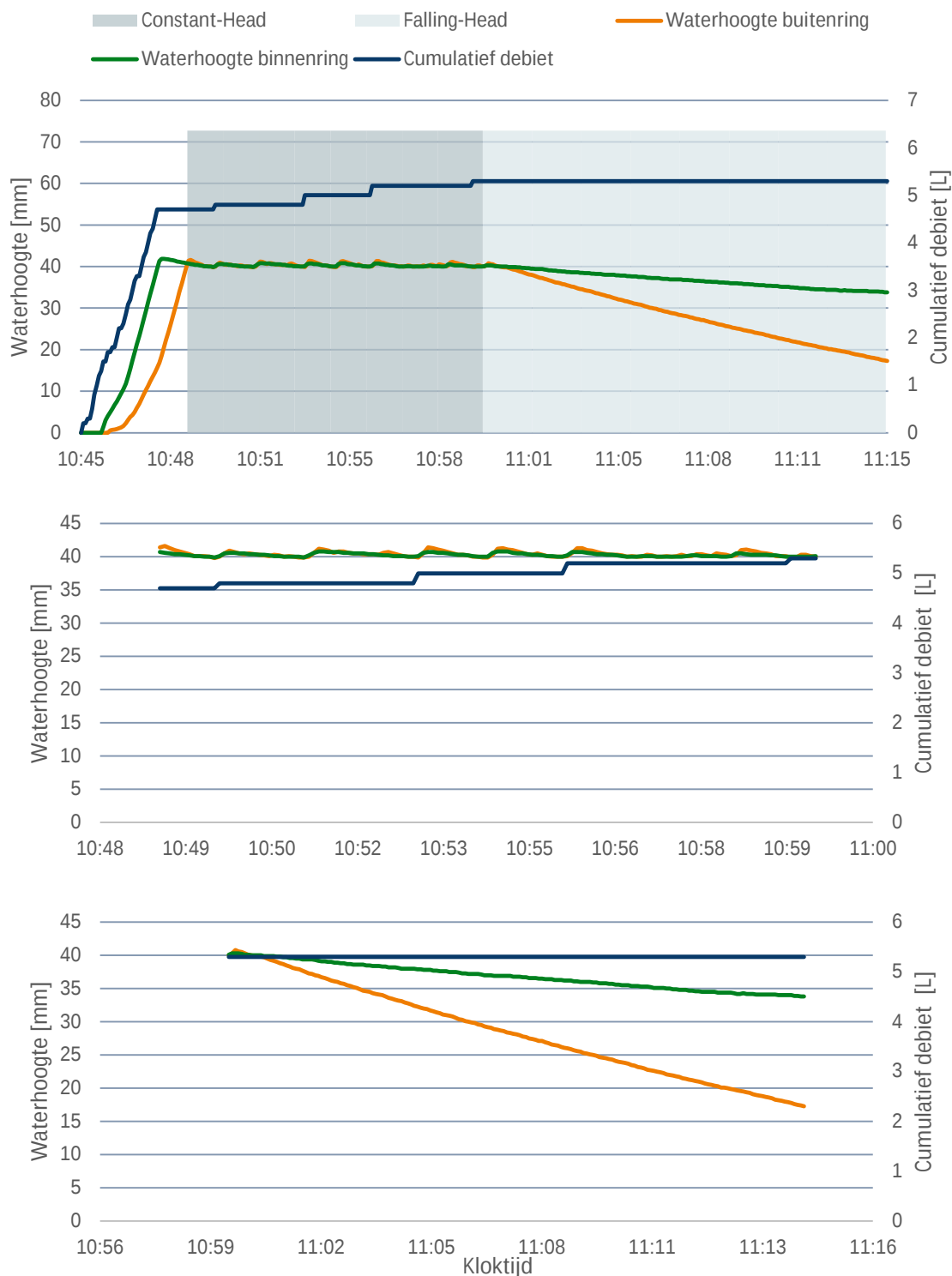
| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 3.04 | 2.07 |
| 150       | 3.58 | 2.07 |
| 300       | 3.58 | 2.02 |
| 450       | 2.86 | 2.13 |
| 600       | 2.15 |      |
| 750       |      |      |
| 900       |      |      |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |



### Opmerkingen meting - PG06 grasland2A 25-03-2021

## Meetresultaten DRI meting - PG06\_plantenvak A 25-03-2021

|                     |            |                                              |                      |        |     |
|---------------------|------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Steurweg   |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | plantenvak | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320        | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550        | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG06\_plantenvak A 25-03-2021

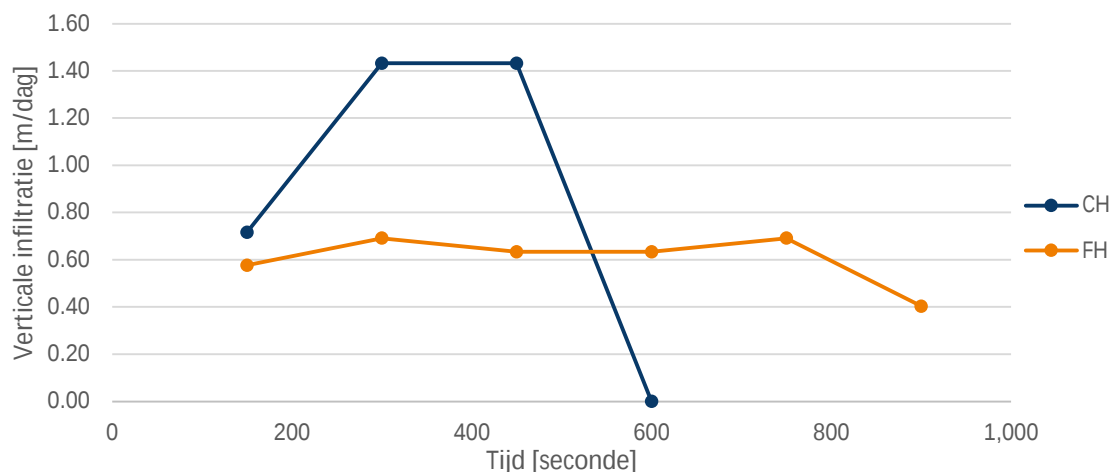
|                     |            |    |                                              |        |     |
|---------------------|------------|----|----------------------------------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Steurweg   |    |                                              |        |     |
| Maaiveld meting     | plantenvak |    | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |        |     |
| Diameter binnenring | 320        | mm | Oppervlak binnenring                         | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550        | mm | Oppervlak buitenring                         | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 37 | 25 |
| 150       | 30 | 24 |
| 300       | 60 | 29 |
| 450       | 60 | 26 |
| 600       | 0  | 26 |
| 750       |    | 29 |
| 900       |    | 17 |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 0.90 | 0.60 |
| 150       | 0.72 | 0.58 |
| 300       | 1.43 | 0.69 |
| 450       | 1.43 | 0.63 |
| 600       | 0.00 | 0.63 |
| 750       |      | 0.69 |
| 900       |      | 0.40 |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |

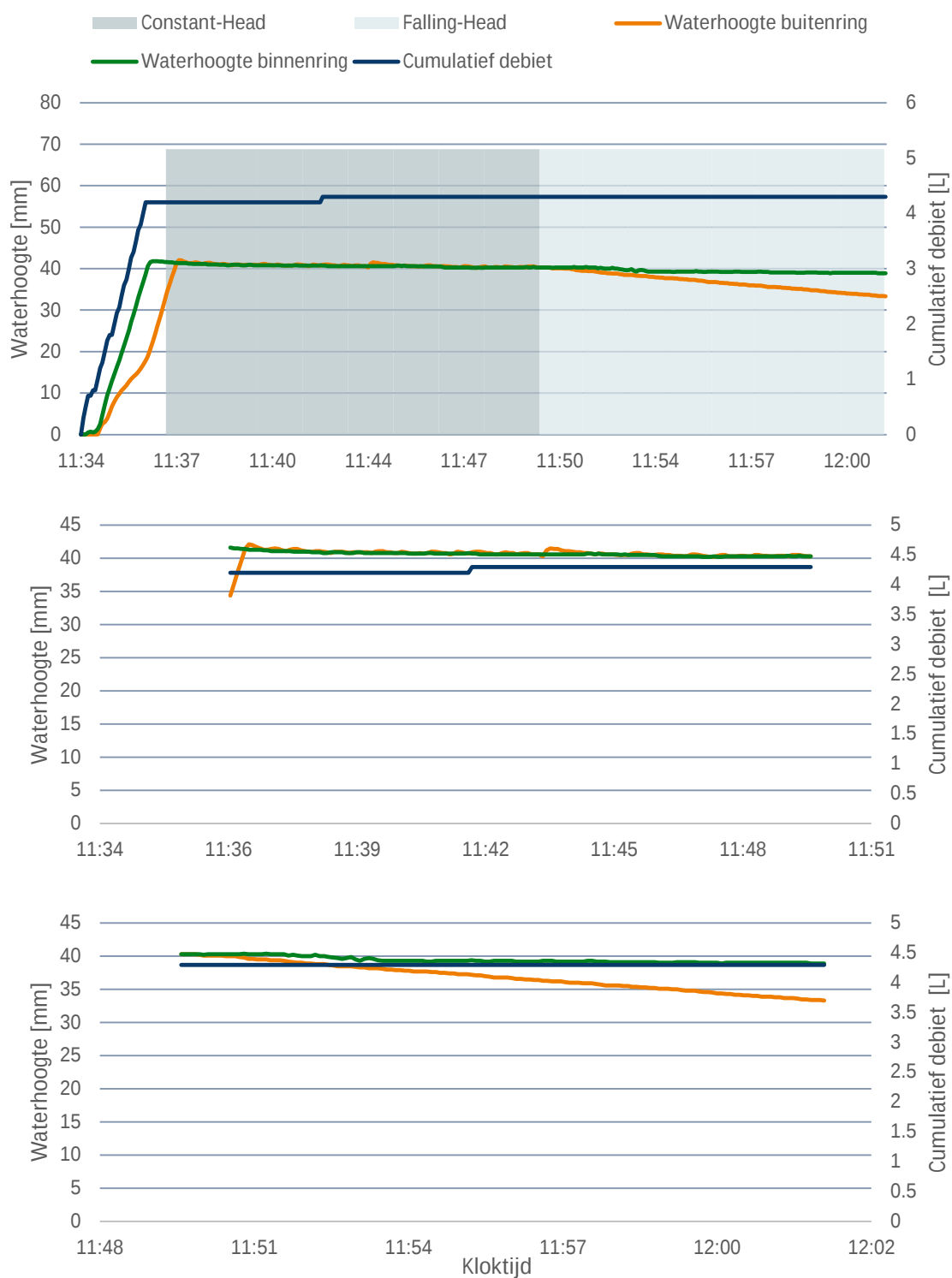


## Opmerkingen meting - PG06\_plantenvak A 25-03-2021

Plantenvak meting in een stukje braak

## Meetresultaten DRI meting - PG04\_grasland2A 25-03-2021

|                     |          |    |                         |                      |     |
|---------------------|----------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Baarsweg |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Gras     |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320      | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550      | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |





## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG04\_grasland2A 25-03-2021

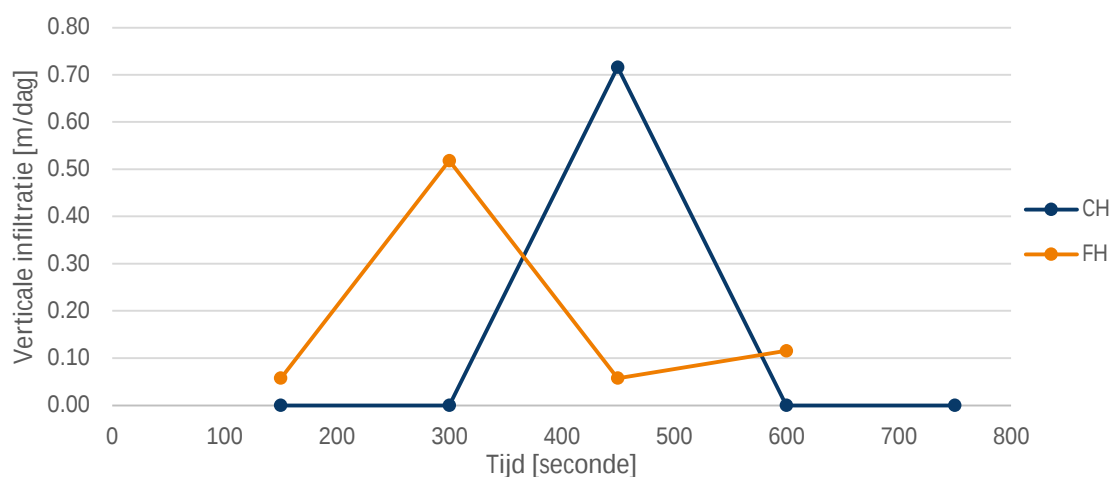
|                     |          |    |                         |                      |     |
|---------------------|----------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Baarsweg |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Gras     |    |                         |                      |     |
| Diameter binnenring | 320      | mm | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter buitenring | 550      | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
|                     |          |    | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 6  | 8  |
| 150       | 0  | 2  |
| 300       | 0  | 22 |
| 450       | 30 | 2  |
| 600       | 0  | 5  |
| 750       | 0  |    |
| 900       |    |    |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

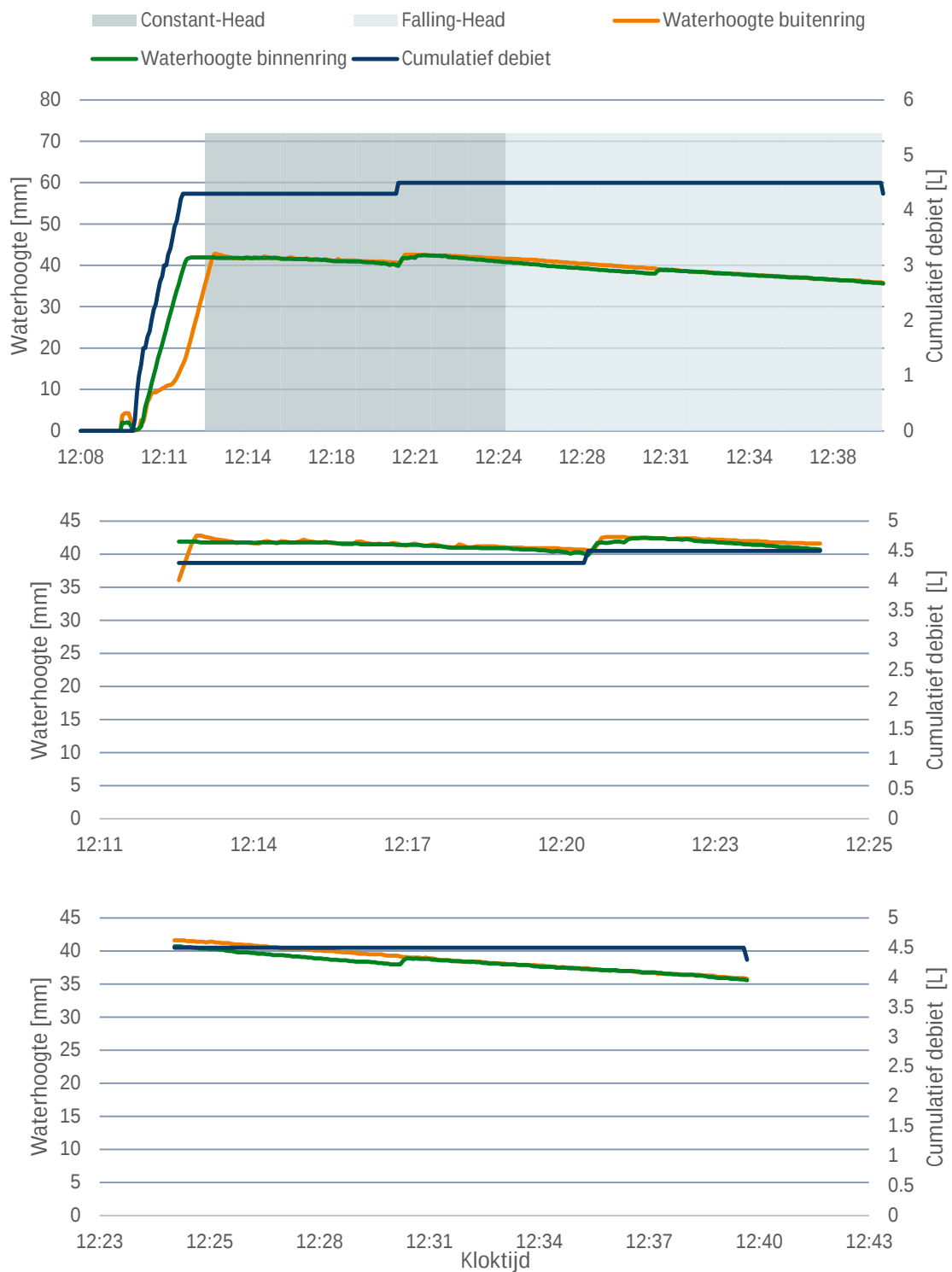
| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 0.14 | 0.19 |
| 150       | 0.00 | 0.06 |
| 300       | 0.00 | 0.52 |
| 450       | 0.72 | 0.06 |
| 600       | 0.00 | 0.12 |
| 750       | 0.00 |      |
| 900       |      |      |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |



## Opmerkingen meting - PG04\_grasland2A 25-03-2021

## Meetresultaten DRI meting - PG04\_plantenvak2 25-03-2021

|                     |            |                                              |                      |        |                 |
|---------------------|------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----------------|
| Straatnaam          | Baarsweg   |                                              |                      |        |                 |
| Maaiveld meting     | Plantenvak | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |                 |
| Diameter binnenring | 320        | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm <sup>2</sup> |
| Diameter buitenring | 550        | mm                                           | Oppervlak buitenring |        |                 |





## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG04\_plantenvak2 25-03-2021

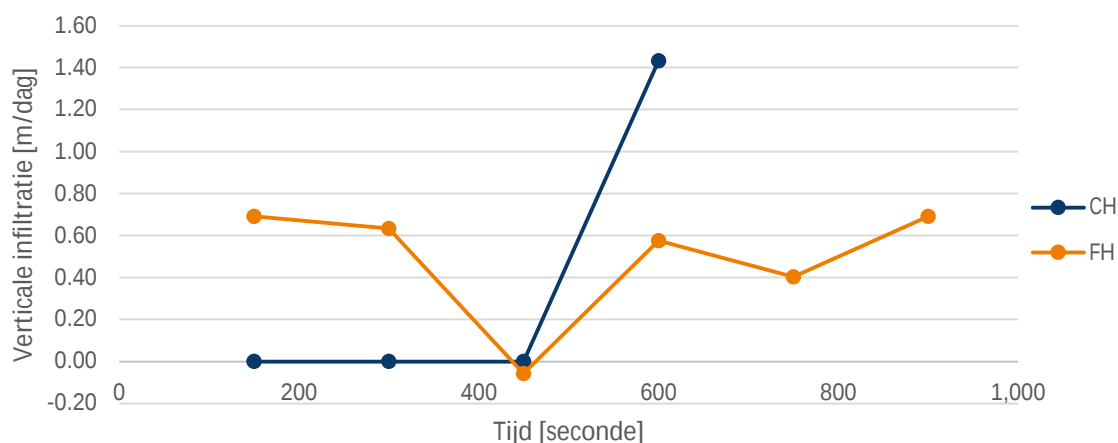
|                     |            |                                               |                      |        |     |
|---------------------|------------|-----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Baarsweg   |                                               |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Plantenvak | Ringten afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320        | mm                                            | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550        | mm                                            | Oppervlak buitenring |        | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 15 | 20 |
| 150       | 0  | 29 |
| 300       | 0  | 26 |
| 450       | 0  | -2 |
| 600       | 60 | 24 |
| 750       |    | 17 |
| 900       |    | 29 |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH   | FH    |
|-----------|------|-------|
| Gemiddeld | 0.36 | 0.49  |
| 150       | 0.00 | 0.69  |
| 300       | 0.00 | 0.63  |
| 450       | 0.00 | -0.06 |
| 600       | 1.43 | 0.58  |
| 750       |      | 0.40  |
| 900       |      | 0.69  |
| 1050      |      |       |
| 1200      |      |       |



## Opmerkingen meting - PG04\_plantenvak2 25-03-2021

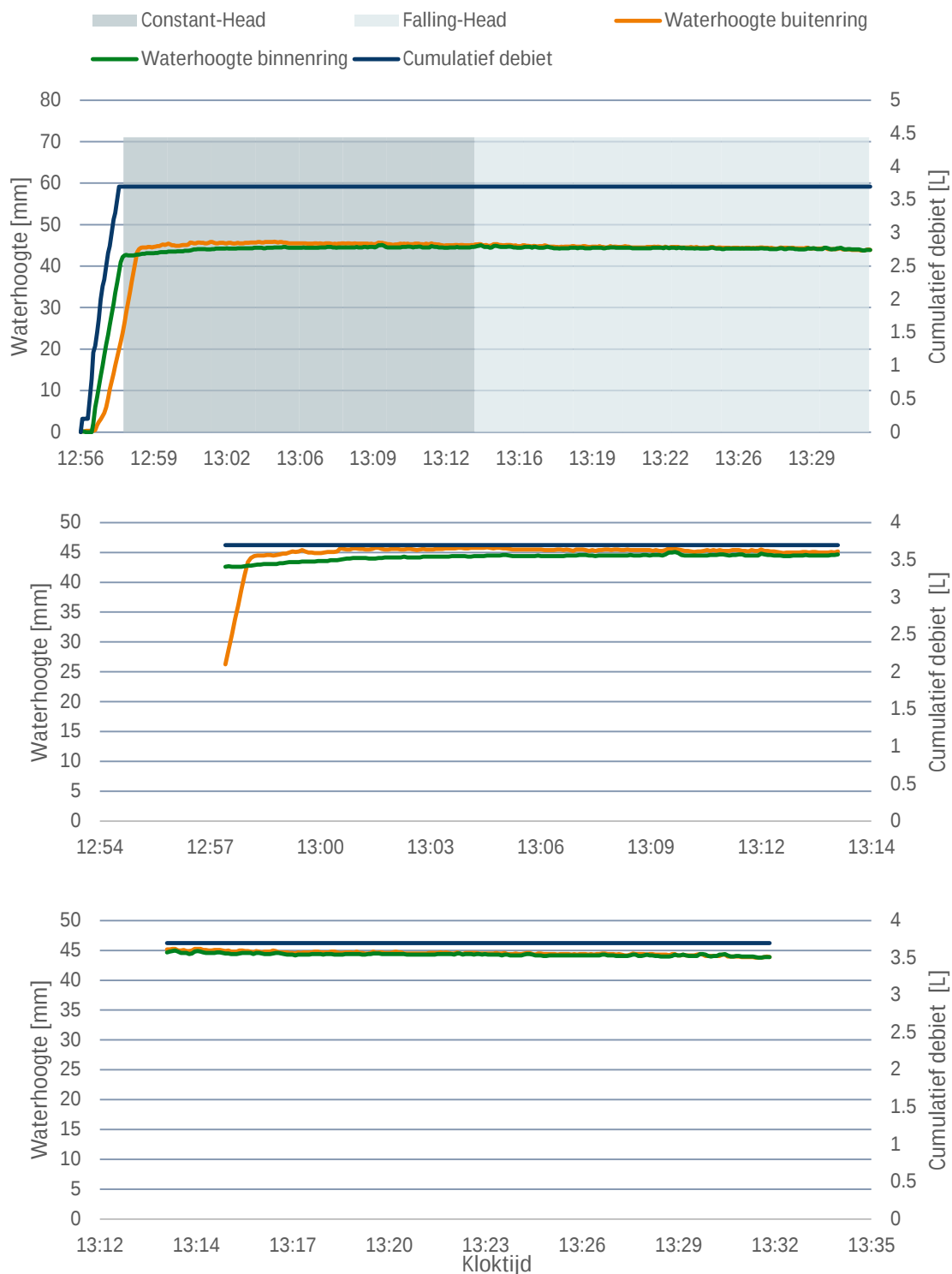
Meting in plantenvak stukje braak

Lichte lekkage buitenring waarneembaar i.v.m. wortels in de grond

Mogelijk lekkage binnen-buitenring

## Meetresultaten DRI meting - PG04\_kruiden 25-03-2021

|                     |          |                                              |                      |        |     |
|---------------------|----------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Baarsweg |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Braak    | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320      | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550      | mm                                           | Oppervlak buitenring |        |     |





## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG04\_kruiden 25-03-2021

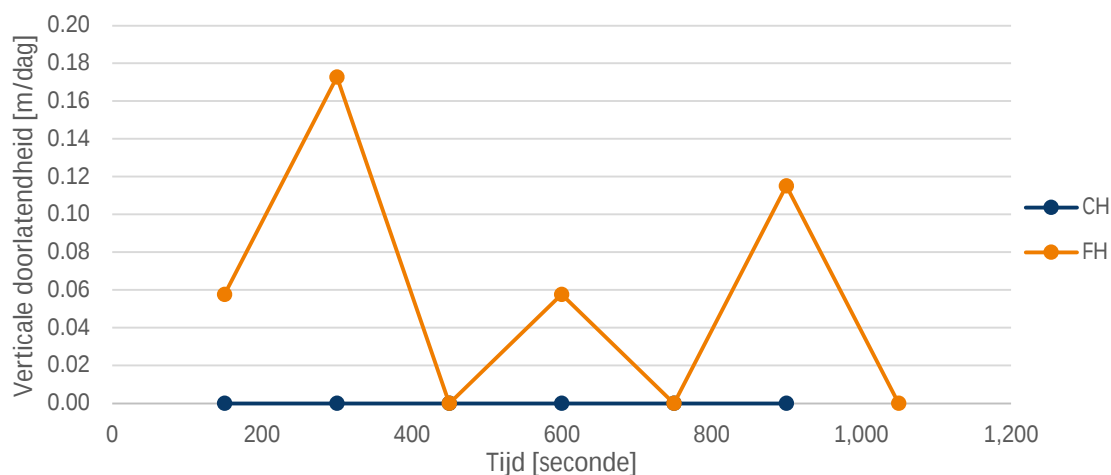
|                     |          |    |                         |                      |     |
|---------------------|----------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Baarsweg |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Braak    |    |                         |                      |     |
| Diameter binnenring | 320      | mm | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter buitenring | 550      | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
|                     |          |    | Oppervlak buitenring    |                      | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 0  | 2  |
| 150       | 0  | 2  |
| 300       | 0  | 7  |
| 450       | 0  | 0  |
| 600       | 0  | 2  |
| 750       | 0  | 0  |
| 900       | 0  | 5  |
| 1050      |    | 0  |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 0.00 | 0.06 |
| 150       | 0.00 | 0.06 |
| 300       | 0.00 | 0.17 |
| 450       | 0.00 | 0.00 |
| 600       | 0.00 | 0.06 |
| 750       | 0.00 | 0.00 |
| 900       | 0.00 | 0.12 |
| 1050      |      | 0.00 |
| 1200      |      |      |

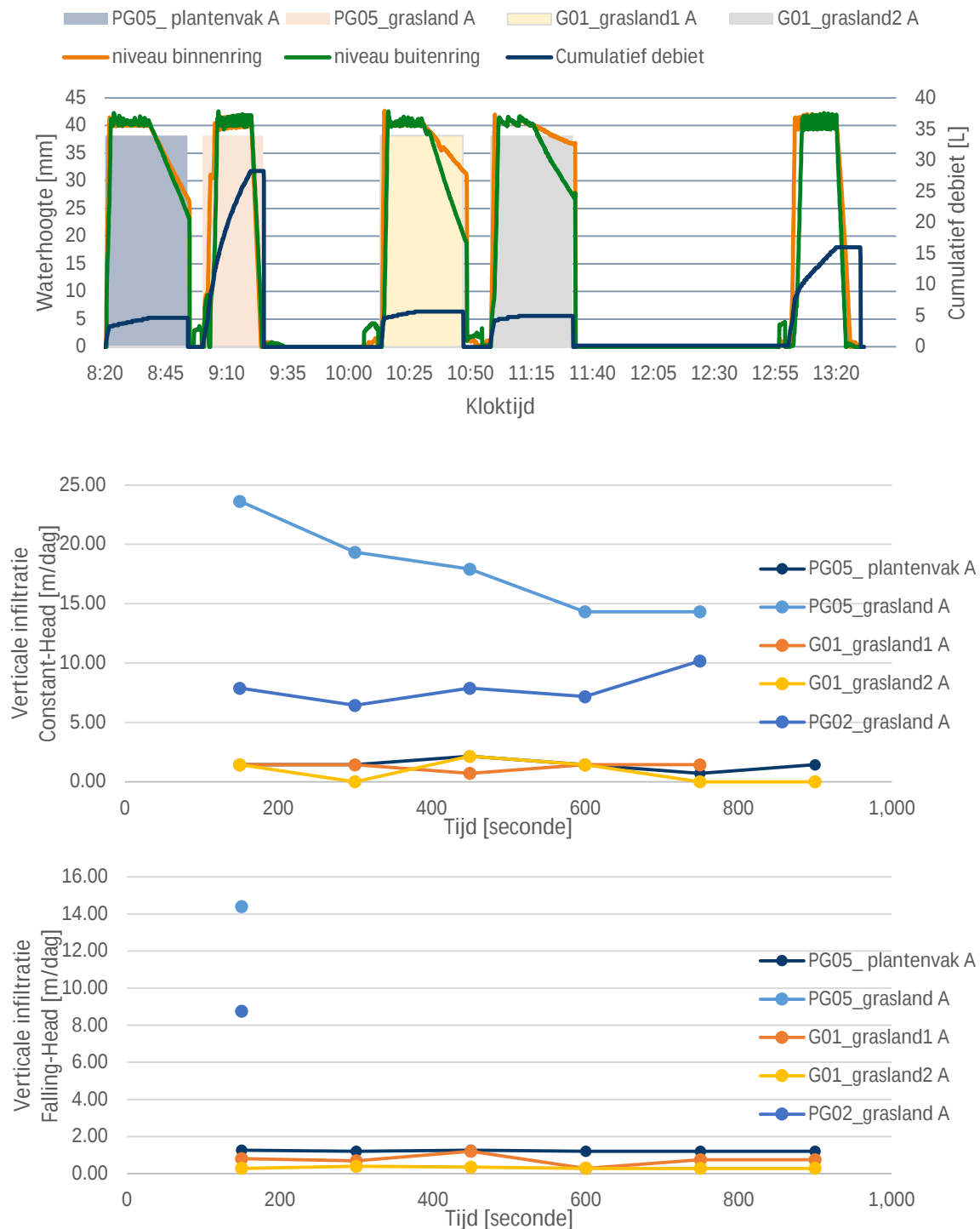


## Opmerkingen meting - PG04\_kruiden 25-03-2021

Braak terrein, zeer slechte infiltratie

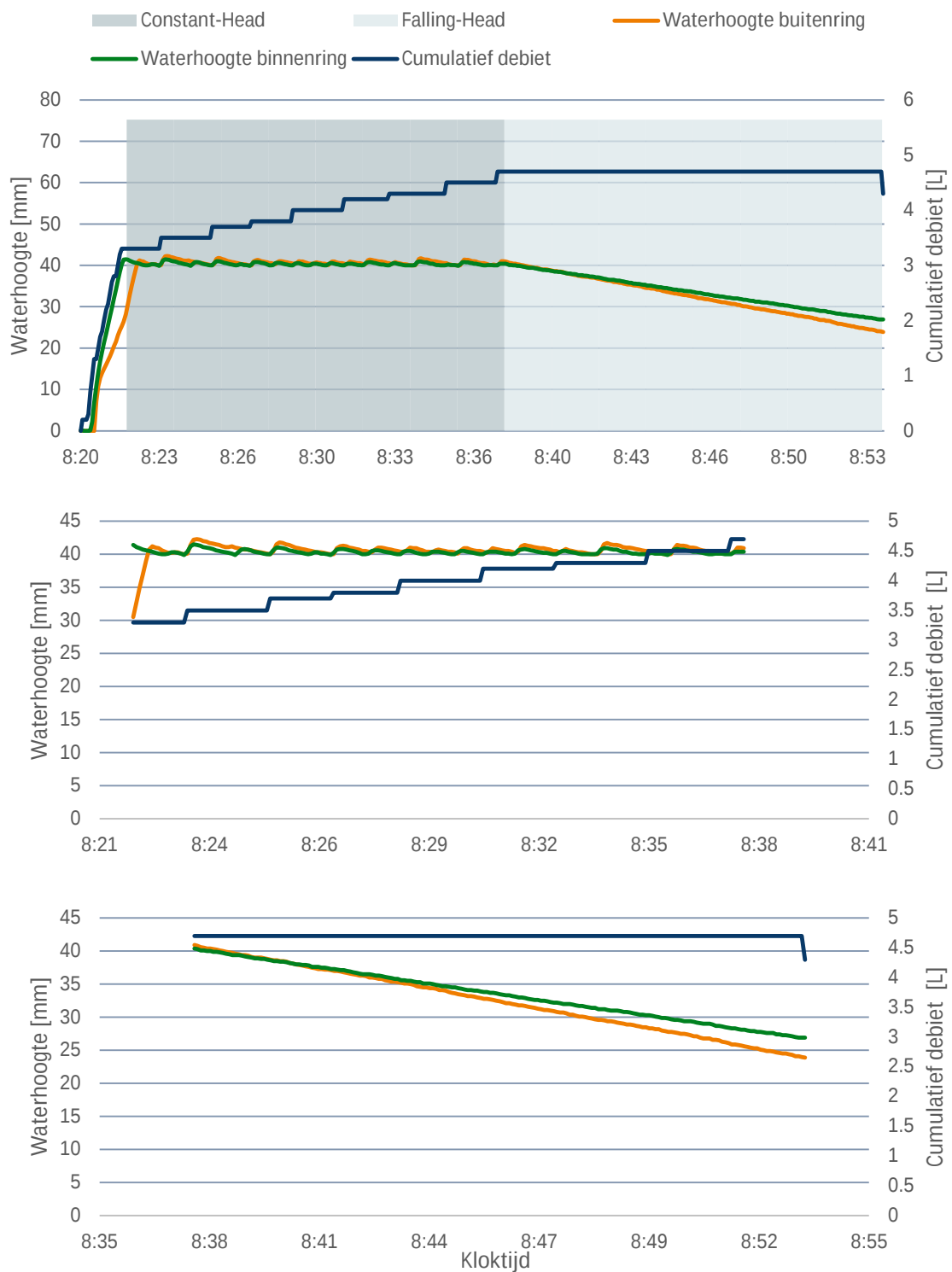
## Meetdag DRI - 26-03-2021

Dag 2 van 3



## Meetresultaten DRI meting - PG05\_plantenvak A 26-03-2021

|                     |            |    |                         |                      |     |
|---------------------|------------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Fruitlaan  |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Plantenvak |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320        | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550        | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |





## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG05\_ plantenvak A 26-03-2021

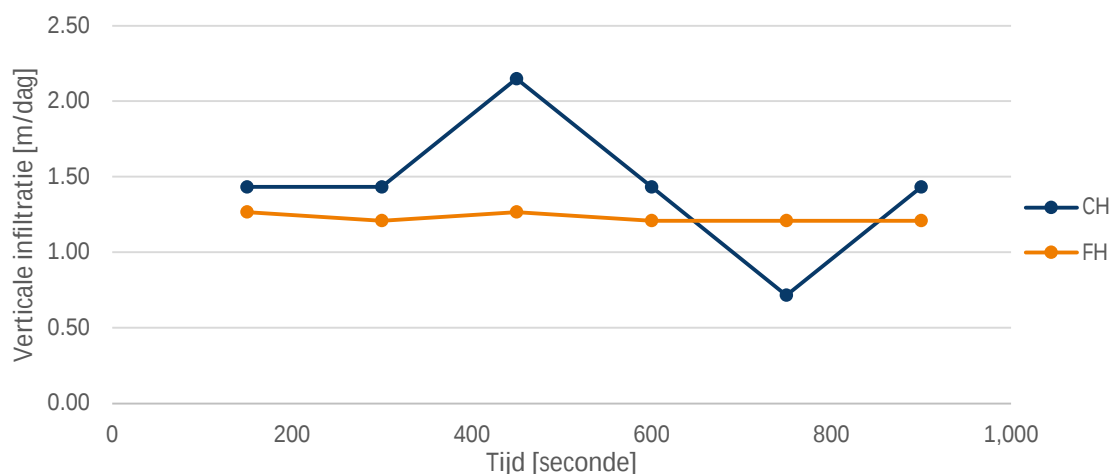
|                     |            |                                              |                      |        |     |
|---------------------|------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Fruitlaan  |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Plantenvak | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320        | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550        | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 60 | 51 |
| 150       | 60 | 53 |
| 300       | 60 | 50 |
| 450       | 90 | 53 |
| 600       | 60 | 50 |
| 750       | 30 | 50 |
| 900       | 60 | 50 |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 1.43 | 1.23 |
| 150       | 1.43 | 1.27 |
| 300       | 1.43 | 1.21 |
| 450       | 2.15 | 1.27 |
| 600       | 1.43 | 1.21 |
| 750       | 0.72 | 1.21 |
| 900       | 1.43 | 1.21 |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |

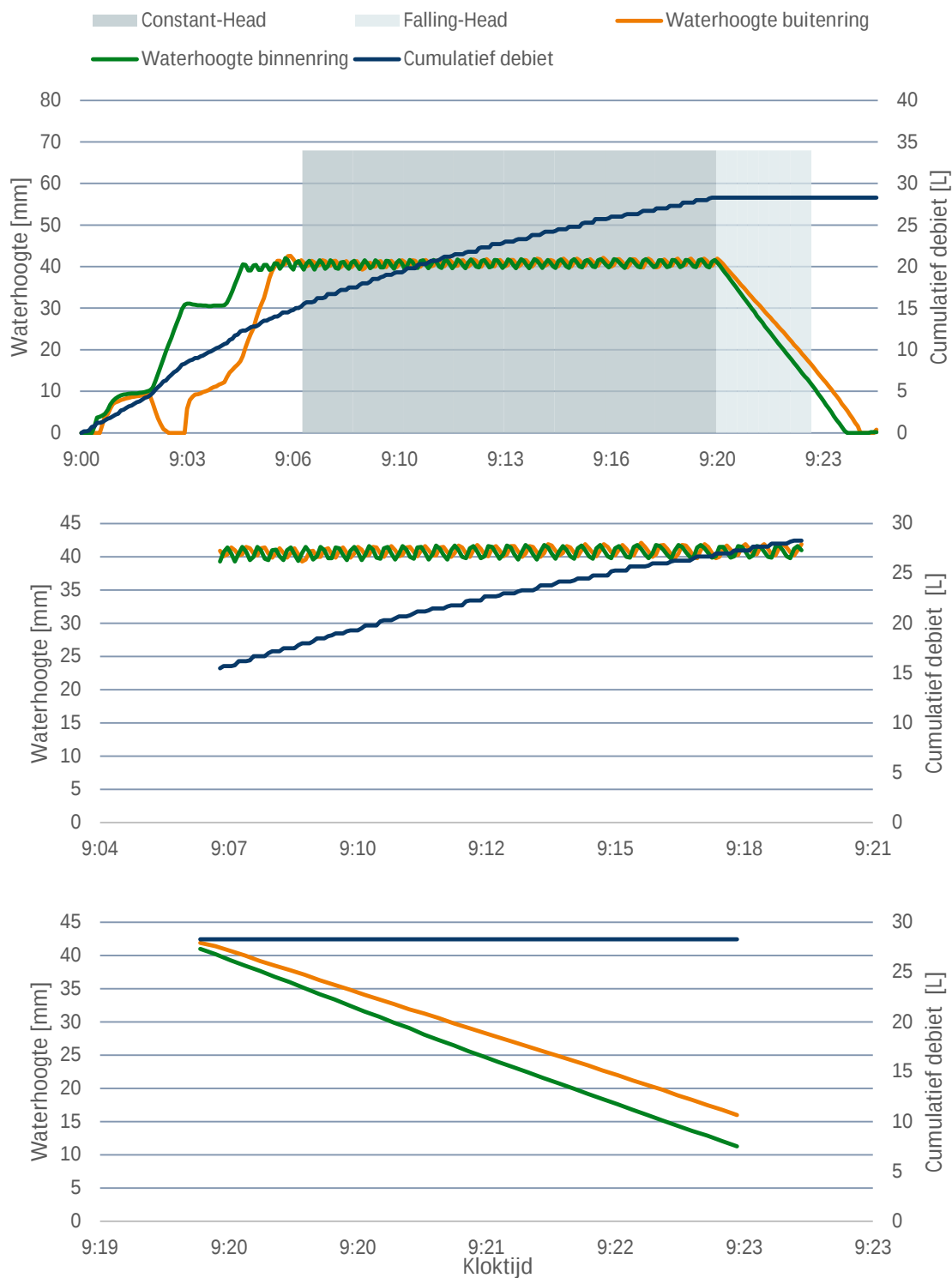


## Opmerkingen meting - PG05\_ plantenvak A 26-03-2021

Gemeten op stukje braak in plantenvak

## Meetresultaten DRI meting - PG05\_grasland A 26-03-2021

|                     |           |    |                         |                      |     |
|---------------------|-----------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Fruitlaan |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Gras      |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320       | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550       | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |





### Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG05\_grasland A 26-03-2021

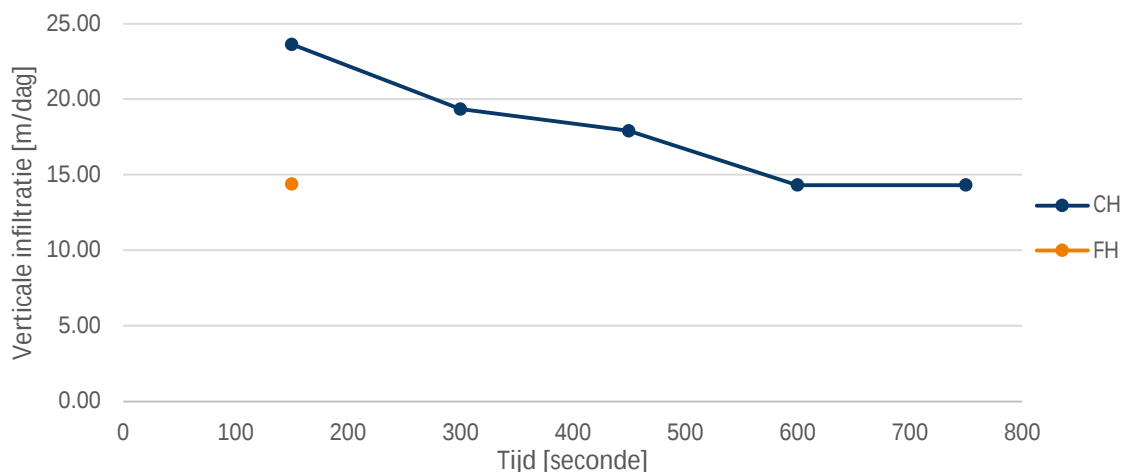
|                     |           |                                              |                      |        |     |
|---------------------|-----------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Fruitlaan |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras      | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320       | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550       | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

#### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH  | FH  |
|-----------|-----|-----|
| Gemiddeld | 746 | 600 |
| 150       | 985 | 600 |
| 300       | 806 |     |
| 450       | 746 |     |
| 600       | 597 |     |
| 750       | 597 |     |
| 900       |     |     |
| 1050      |     |     |
| 1200      |     |     |

#### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH    | FH    |
|-----------|-------|-------|
| Gemiddeld | 17.90 | 14.40 |
| 150       | 23.63 | 14.40 |
| 300       | 19.34 |       |
| 450       | 17.90 |       |
| 600       | 14.32 |       |
| 750       | 14.32 |       |
| 900       |       |       |
| 1050      |       |       |
| 1200      |       |       |

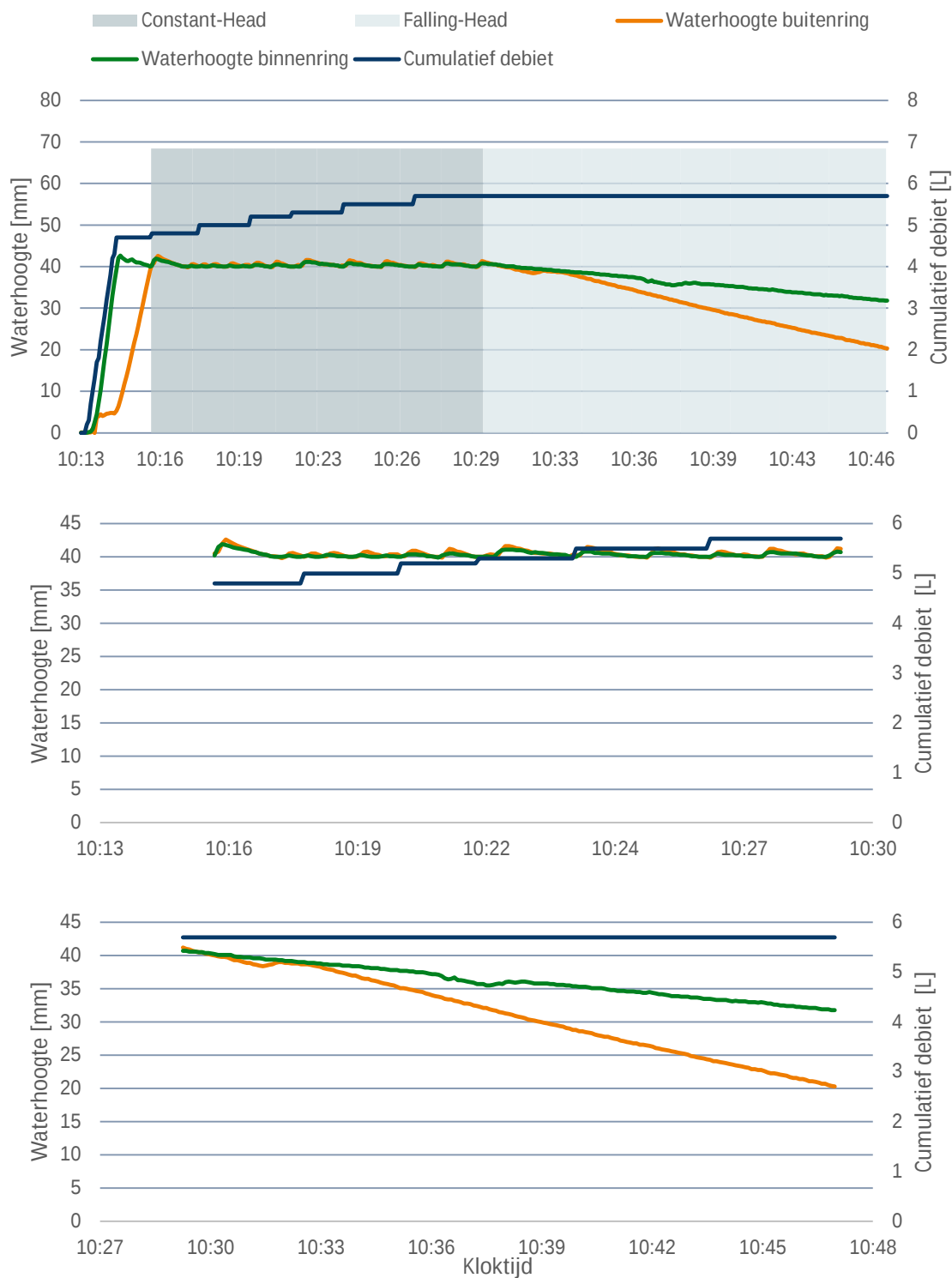


### Opmerkingen meting - PG05\_grasland A 26-03-2021

Lekkage in buitenring waargenomen i.v.m. wortels in de grond

## Meetresultaten DRI meting - G01\_grasland1 A 26-03-2021

|                     |             |    |                         |                      |     |
|---------------------|-------------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Mezenstraat |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Gras        |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320         | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550         | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |





## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - G01\_grasland1 A 26-03-2021

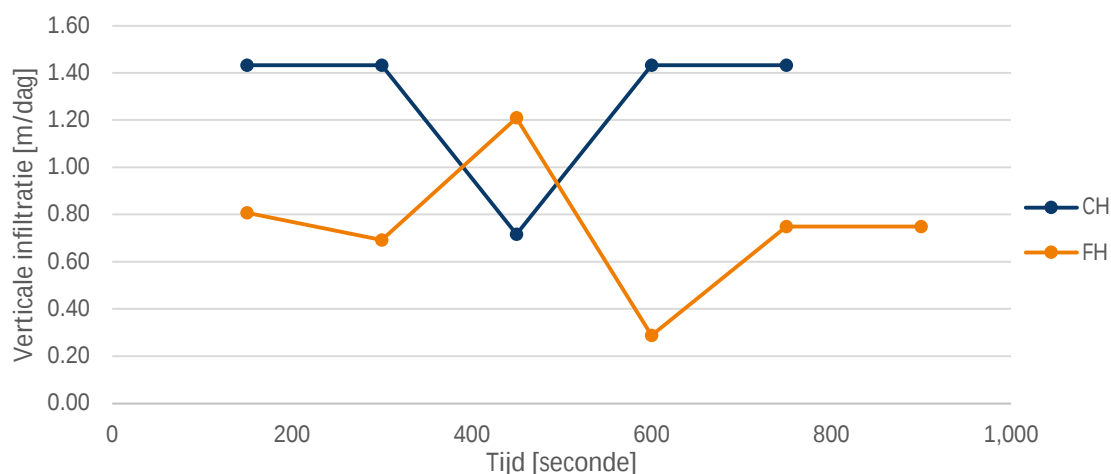
|                     |             |                                              |                      |        |     |
|---------------------|-------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Mezenstraat |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras        | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320         | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550         | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 54 | 31 |
| 150       | 60 | 34 |
| 300       | 60 | 29 |
| 450       | 30 | 50 |
| 600       | 60 | 12 |
| 750       | 60 | 31 |
| 900       |    | 31 |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

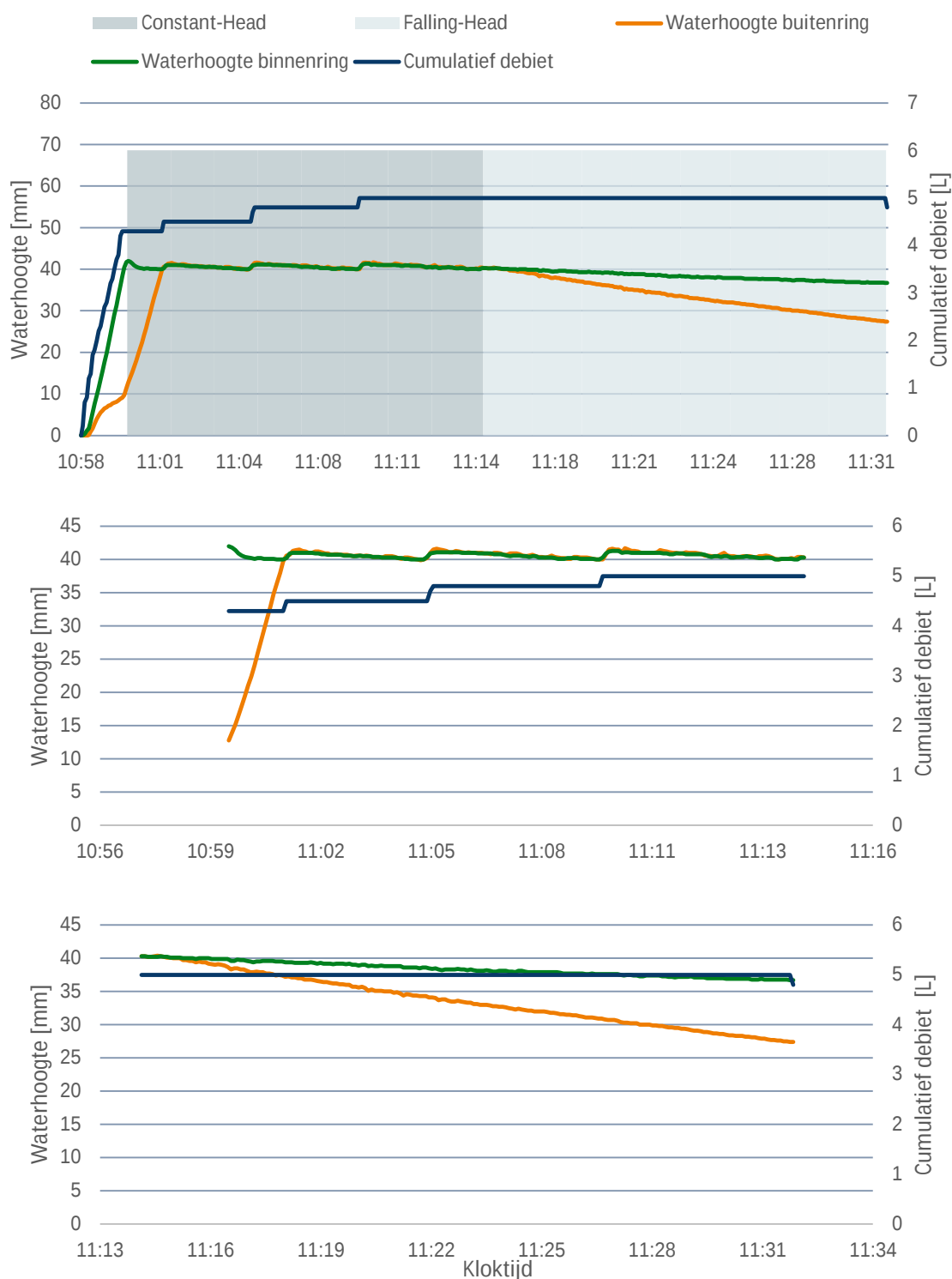
| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 1.29 | 0.75 |
| 150       | 1.43 | 0.81 |
| 300       | 1.43 | 0.69 |
| 450       | 0.72 | 1.21 |
| 600       | 1.43 | 0.29 |
| 750       | 1.43 | 0.75 |
| 900       |      | 0.75 |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |



## Opmerkingen meting - G01\_grasland1 A 26-03-2021

## Meetresultaten DRI meting - G01\_grasland2 A 26-03-2021

|                     |             |    |                         |                      |     |
|---------------------|-------------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Mezenstraat |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Gras        |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320         | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550         | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - G01\_grasland2 A 26-03-2021

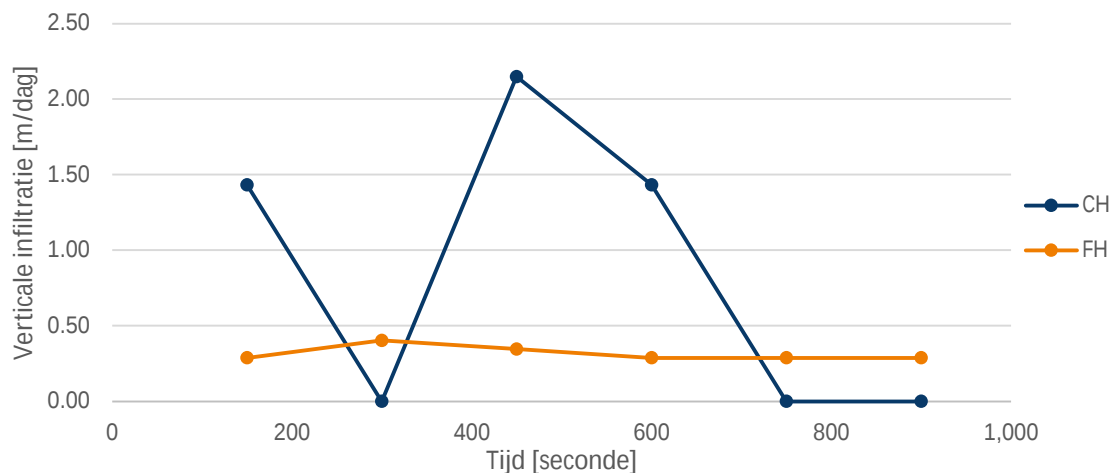
|                     |             |                                              |                      |        |     |
|---------------------|-------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Mezenstraat |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras        | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320         | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550         | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 35 | 13 |
| 150       | 60 | 12 |
| 300       | 0  | 17 |
| 450       | 90 | 14 |
| 600       | 60 | 12 |
| 750       | 0  | 12 |
| 900       | 0  | 12 |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

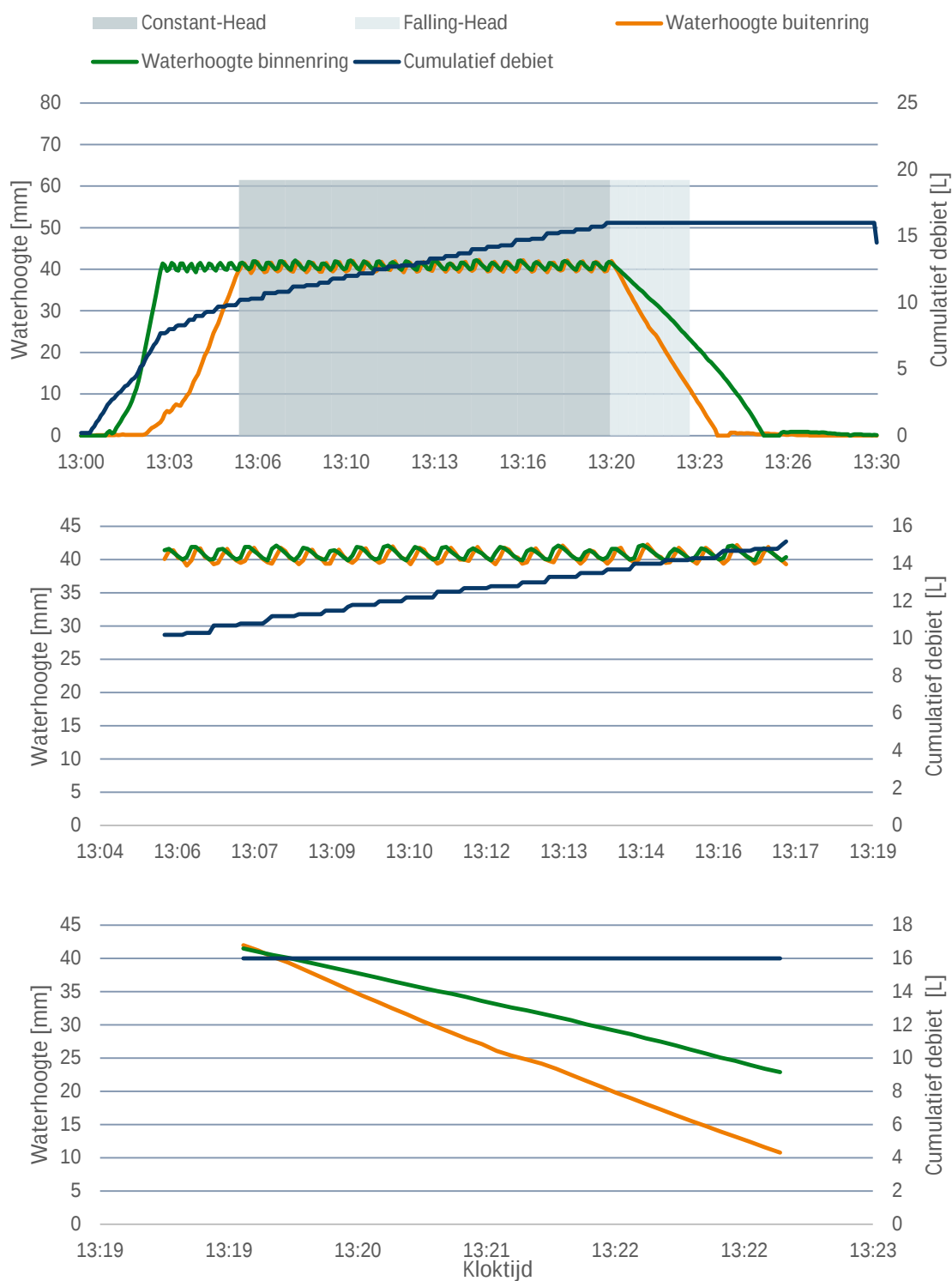
| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 0.84 | 0.32 |
| 150       | 1.43 | 0.29 |
| 300       | 0.00 | 0.40 |
| 450       | 2.15 | 0.35 |
| 600       | 1.43 | 0.29 |
| 750       | 0.00 | 0.29 |
| 900       | 0.00 | 0.29 |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |



## Opmerkingen meting - G01\_grasland2 A 26-03-2021

## Meetresultaten DRI meting - PG02\_grasland A 26-03-2021

|                     |              |    |                         |                      |                 |
|---------------------|--------------|----|-------------------------|----------------------|-----------------|
| Straatnaam          | Fichtestraat |    |                         |                      |                 |
| Maaiveld meting     | Gras         |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |                 |
| Diameter binnenring | 320          | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm <sup>2</sup> |
| Diameter buitenring | 550          | mm | Oppervlak buitenring    |                      |                 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG02\_grasland A 26-03-2021

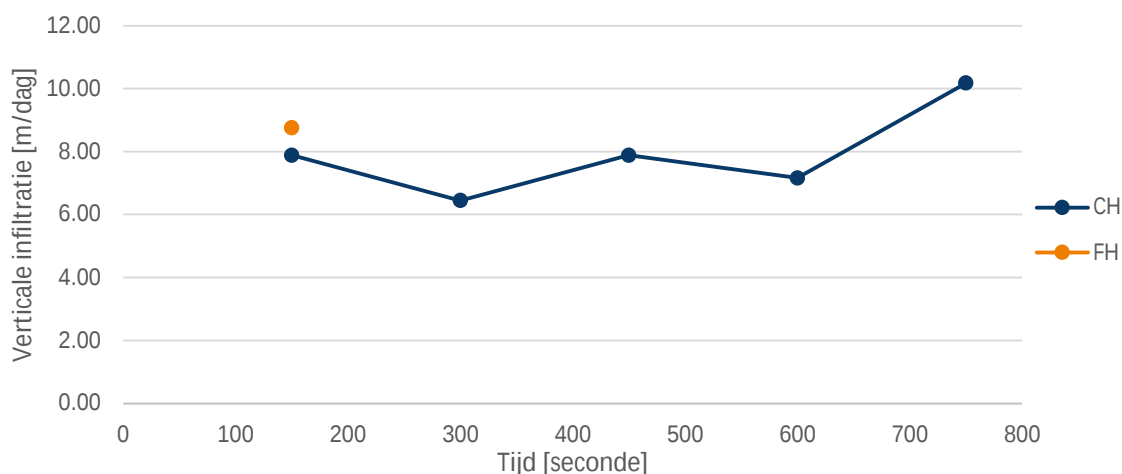
|                     |              |                                              |                      |        |     |
|---------------------|--------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Fichtestraat |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras         | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320          | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550          | mm                                           | Oppervlak buitenring |        | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH  | FH  |
|-----------|-----|-----|
| Gemiddeld | 330 | 365 |
| 150       | 328 | 365 |
| 300       | 269 |     |
| 450       | 328 |     |
| 600       | 298 |     |
| 750       | 424 |     |
| 900       |     |     |
| 1050      |     |     |
| 1200      |     |     |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH    | FH   |
|-----------|-------|------|
| Gemiddeld | 7.91  | 8.76 |
| 150       | 7.88  | 8.76 |
| 300       | 6.45  |      |
| 450       | 7.88  |      |
| 600       | 7.16  |      |
| 750       | 10.18 |      |
| 900       |       |      |
| 1050      |       |      |
| 1200      |       |      |

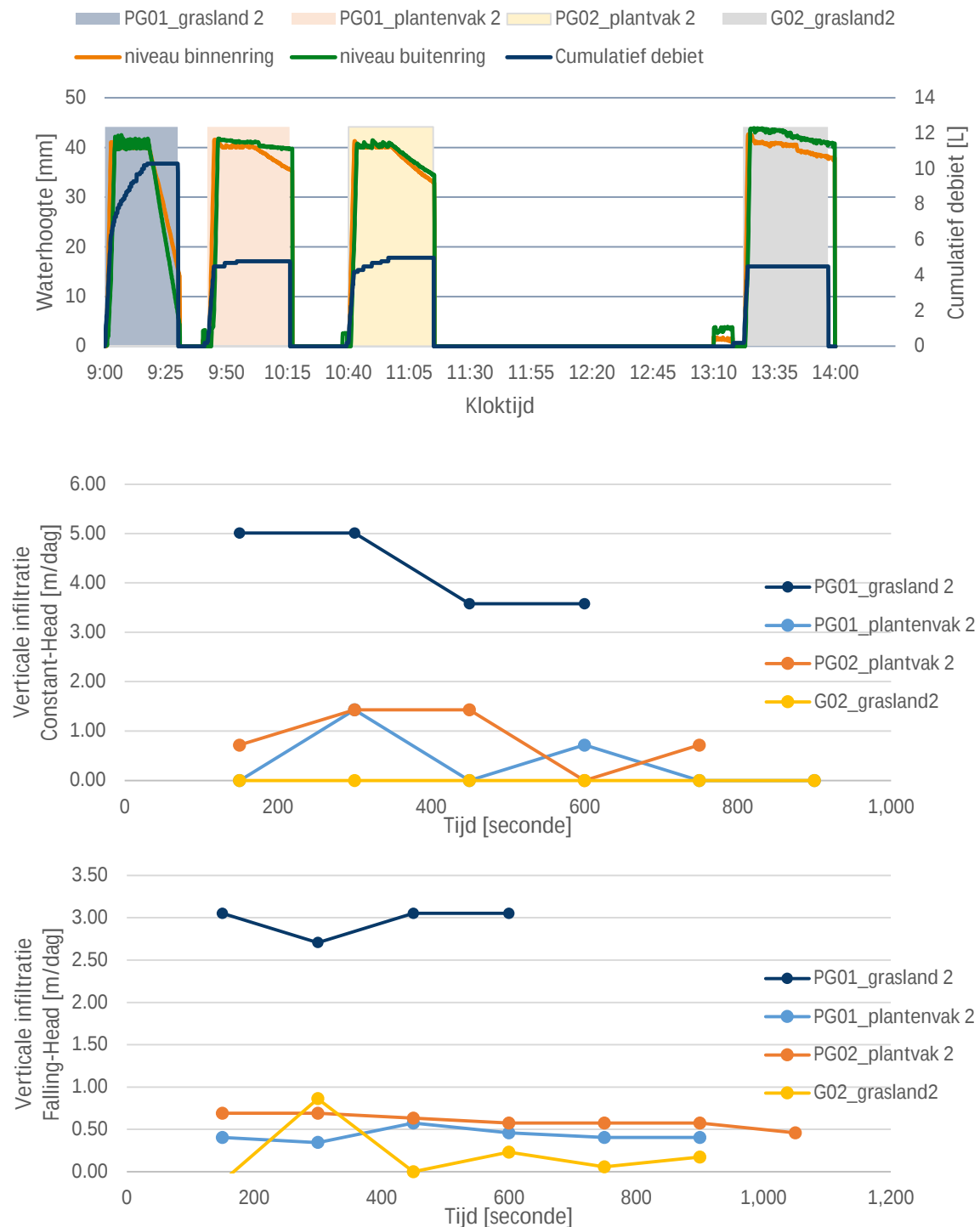


## Opmerkingen meting - PG02\_grasland A 26-03-2021

Zeer lang gras

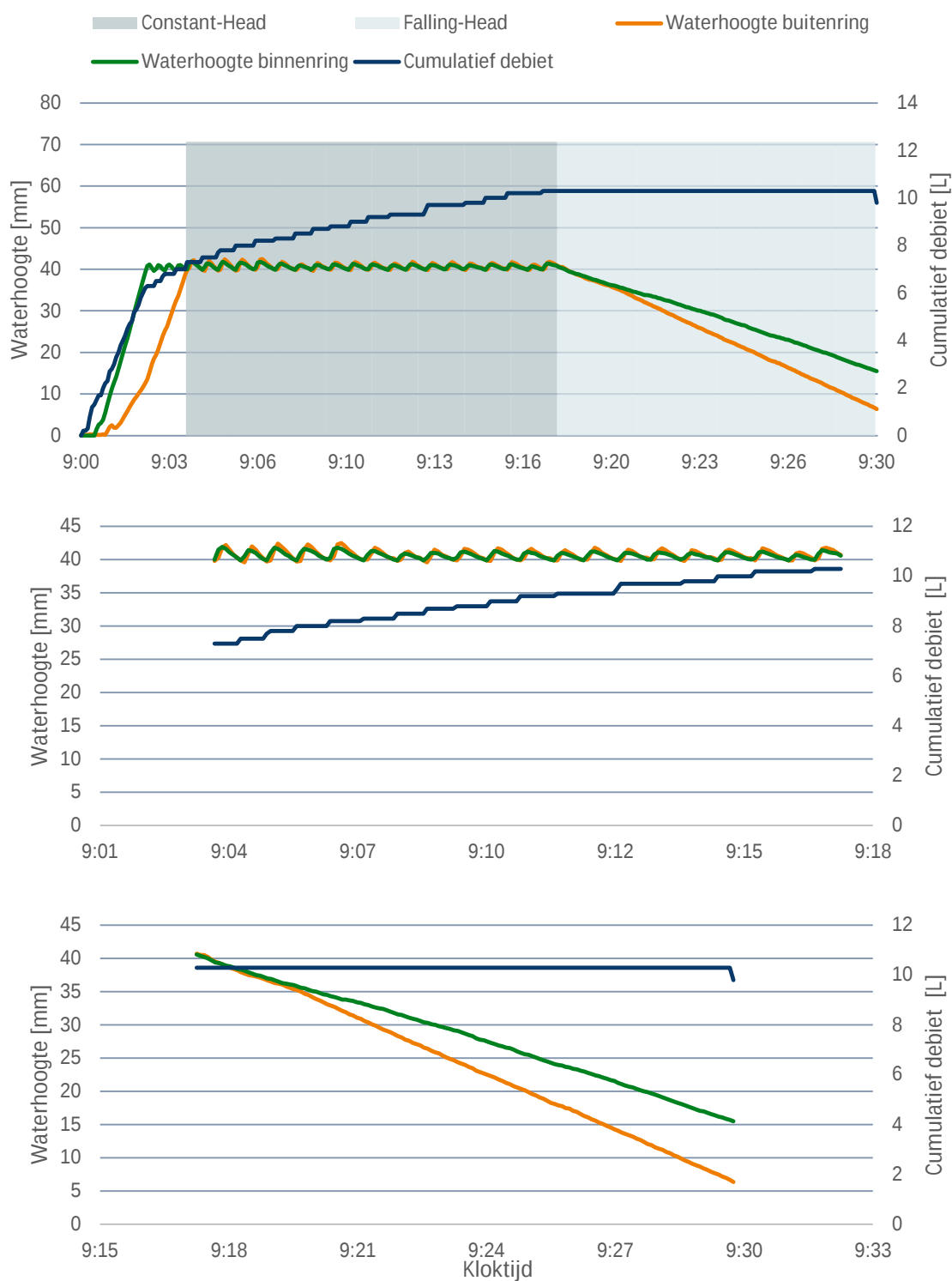
## Meetdag DRI - 29-03-2021

Dag 3 van 3



## Meetresultaten DRI meting - PG01\_grasland 2 29-03-2021

|                     |                       |    |                         |                      |     |
|---------------------|-----------------------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Dirk de Lijsterstraat |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Gras                  |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320                   | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550                   | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG01\_grasland 2 29-03-2021

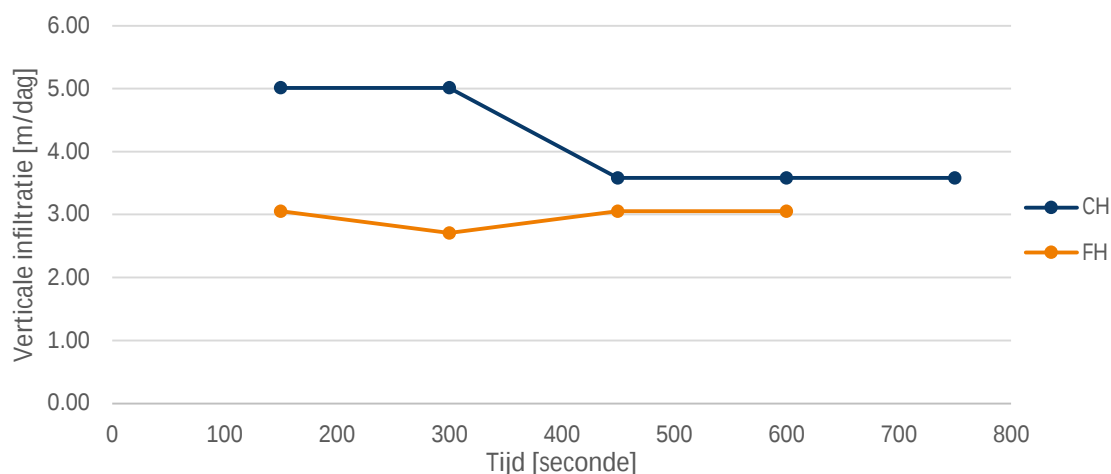
|                     |                       |                                              |                      |        |     |
|---------------------|-----------------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Dirk de Lijsterstraat |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras                  | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320                   | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550                   | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH  | FH  |
|-----------|-----|-----|
| Gemiddeld | 173 | 124 |
| 150       | 209 | 127 |
| 300       | 209 | 113 |
| 450       | 149 | 127 |
| 600       | 149 | 127 |
| 750       | 149 |     |
| 900       |     |     |
| 1050      |     |     |
| 1200      |     |     |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 4.15 | 2.97 |
| 150       | 5.01 | 3.05 |
| 300       | 5.01 | 2.71 |
| 450       | 3.58 | 3.05 |
| 600       | 3.58 | 3.05 |
| 750       | 3.58 |      |
| 900       |      |      |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |

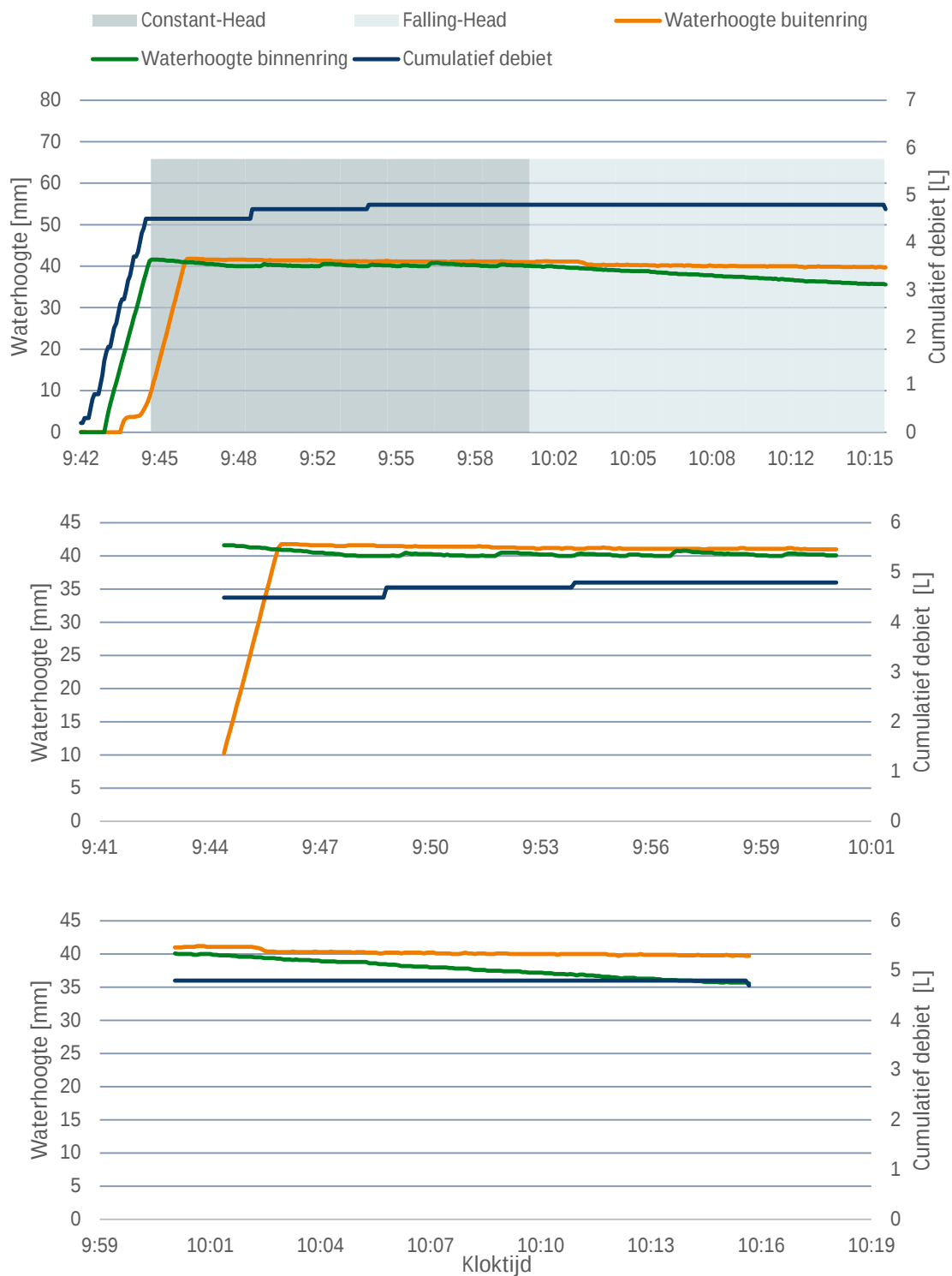


## Opmerkingen meting - PG01\_grasland 2 29-03-2021

Lang gras

## Meetresultaten DRI meting - PG01\_plantenvak 2 29-03-2021

|                     |                       |    |                         |                      |     |
|---------------------|-----------------------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Dirk de Lijsterstraat |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Plantenvak            |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320                   | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550                   | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG01\_plantenvak 2 29-03-2021

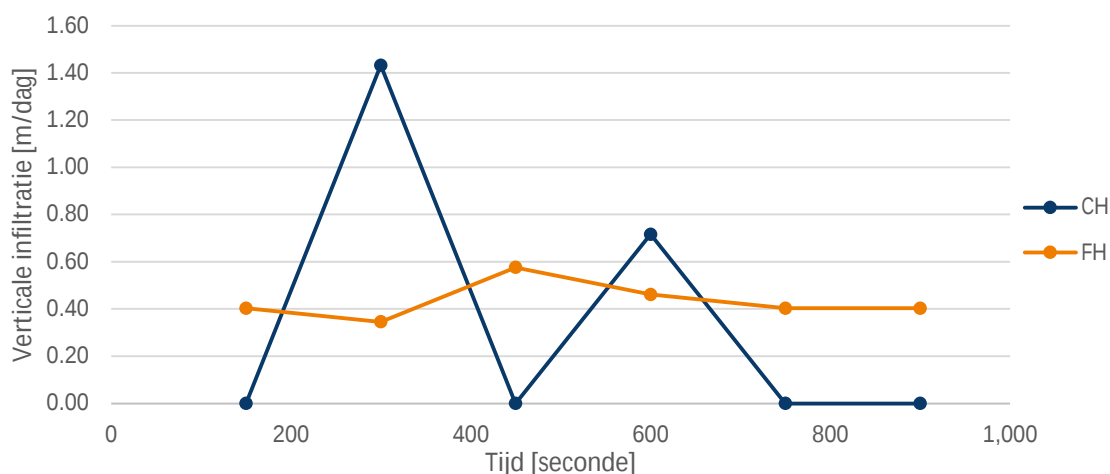
|                     |                       |                                              |                      |        |     |
|---------------------|-----------------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Dirk de Lijsterstraat |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Plantenvak            | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320                   | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550                   | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 15 | 18 |
| 150       | 0  | 17 |
| 300       | 60 | 14 |
| 450       | 0  | 24 |
| 600       | 30 | 19 |
| 750       | 0  | 17 |
| 900       | 0  | 17 |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

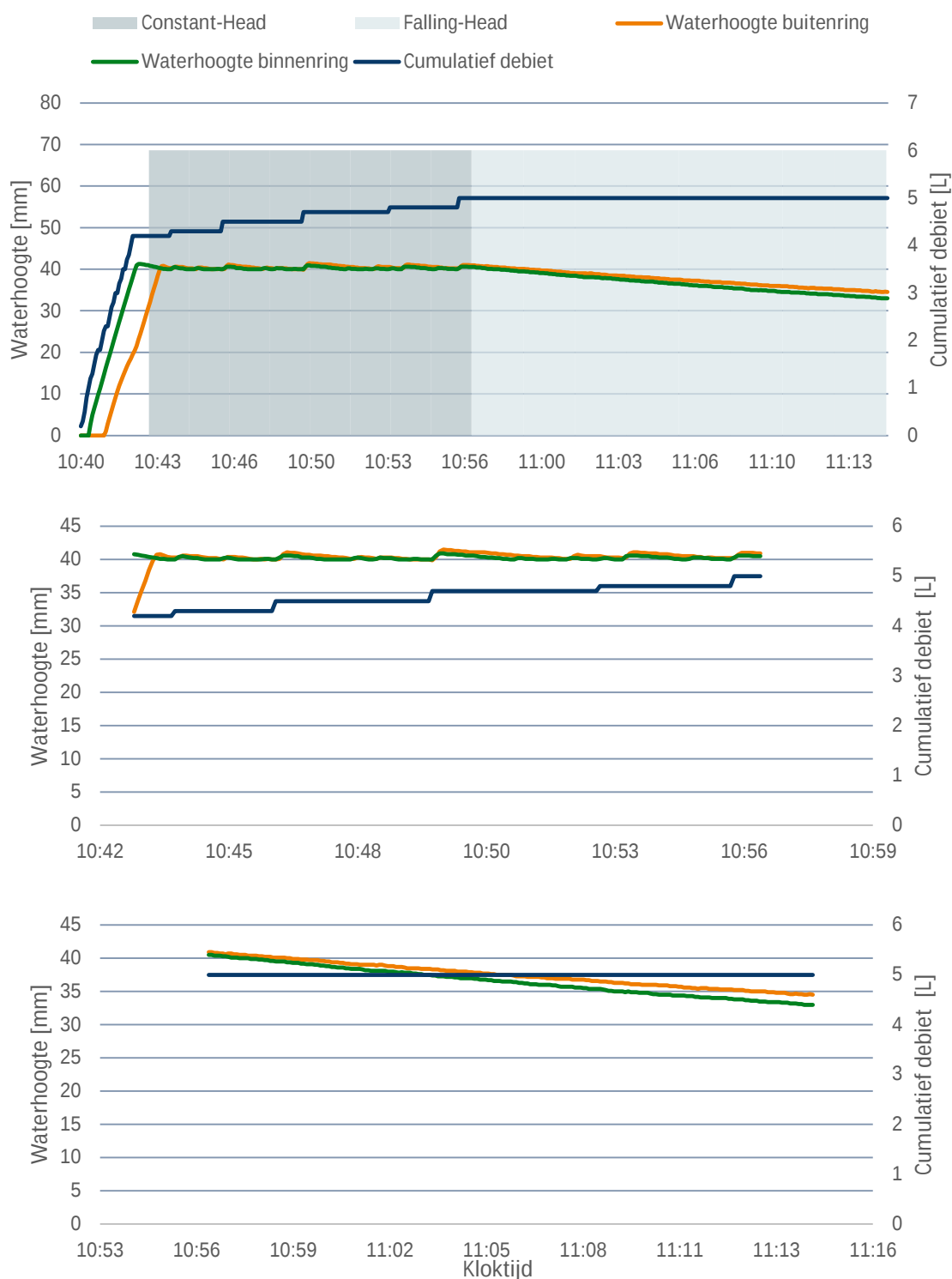
| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 0.36 | 0.43 |
| 150       | 0.00 | 0.40 |
| 300       | 1.43 | 0.35 |
| 450       | 0.00 | 0.58 |
| 600       | 0.72 | 0.46 |
| 750       | 0.00 | 0.40 |
| 900       | 0.00 | 0.40 |
| 1050      |      |      |
| 1200      |      |      |



## Opmerkingen meting - PG01\_plantenvak 2 29-03-2021

## Meetresultaten DRI meting - PG02\_plantvak 2 29-03-2021

|                     |              |    |                         |                      |     |
|---------------------|--------------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Fichtestraat |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Braak        |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320          | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550          | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - PG02\_plantvak 2 29-03-2021

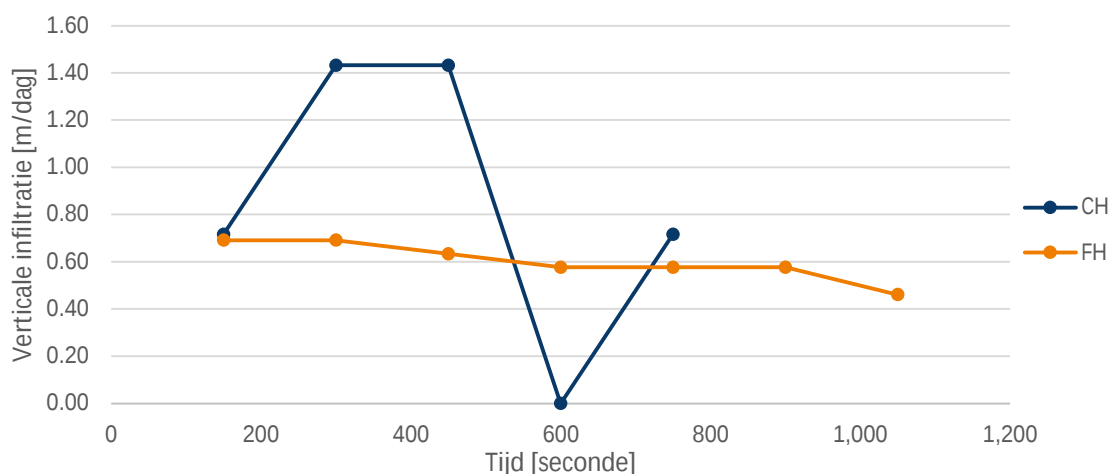
|                     |              |                                              |                      |        |     |
|---------------------|--------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Fichtestraat |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Braak        | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320          | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550          | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 36 | 25 |
| 150       | 30 | 29 |
| 300       | 60 | 29 |
| 450       | 60 | 26 |
| 600       | 0  | 24 |
| 750       | 30 | 24 |
| 900       |    | 24 |
| 1050      |    | 19 |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

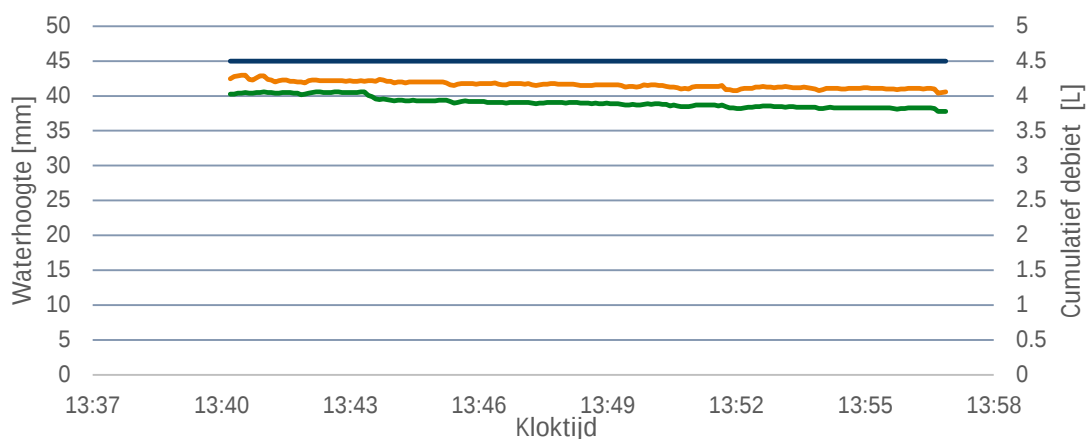
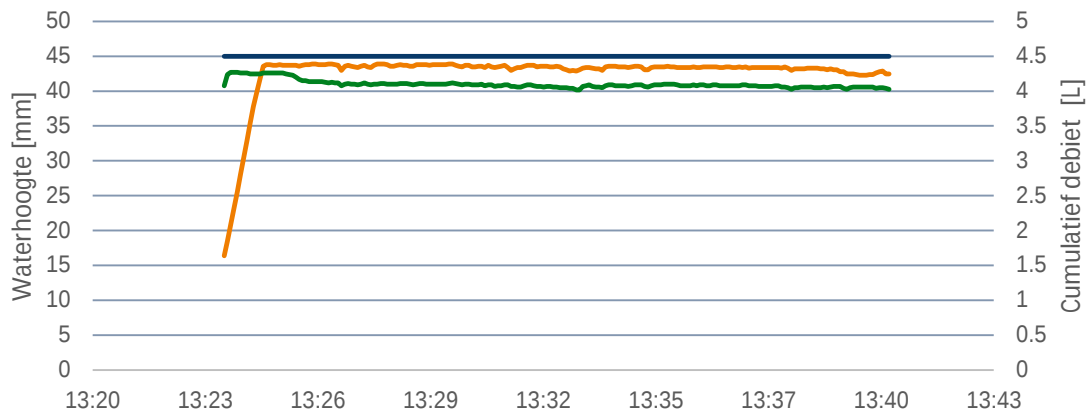
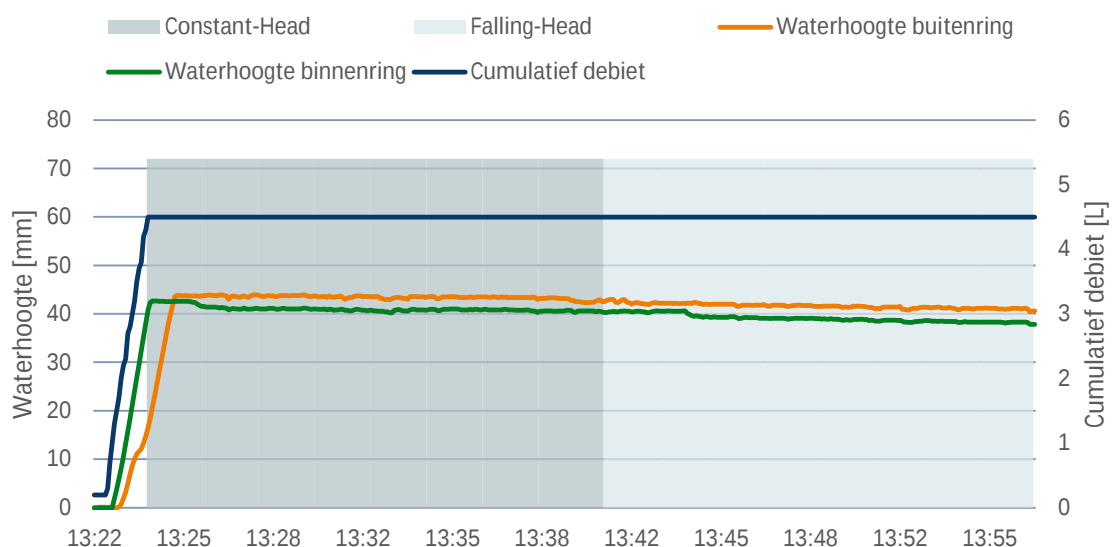
| Type      | CH   | FH   |
|-----------|------|------|
| Gemiddeld | 0.86 | 0.60 |
| 150       | 0.72 | 0.69 |
| 300       | 1.43 | 0.69 |
| 450       | 1.43 | 0.63 |
| 600       | 0.00 | 0.58 |
| 750       | 0.72 | 0.58 |
| 900       |      | 0.58 |
| 1050      |      | 0.46 |
| 1200      |      |      |



## Opmerkingen meting - PG02\_plantvak 2 29-03-2021

## Meetresultaten DRI meting - G02\_grasland2 29-03-2021

|                     |               |    |                         |                      |     |
|---------------------|---------------|----|-------------------------|----------------------|-----|
| Straatnaam          | Marconistraat |    |                         |                      |     |
| Maaiveld meting     | Gras          |    | Ringen afgedicht d.m.v. | in de grond geslagen |     |
| Diameter binnenring | 320           | mm | Oppervlak binnenring    | 8.0425               | dm2 |
| Diameter buitenring | 550           | mm | Oppervlak buitenring    | 23.758               | dm2 |



## Verloop van het infiltratiecapaciteit in de tijd - G02\_grasland2 29-03-2021

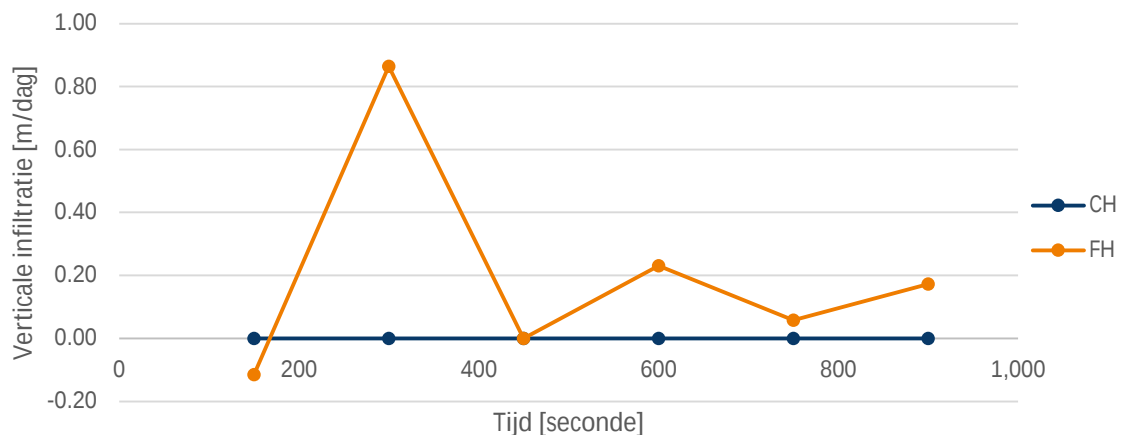
|                     |               |                                              |                      |        |     |
|---------------------|---------------|----------------------------------------------|----------------------|--------|-----|
| Straatnaam          | Marconistraat |                                              |                      |        |     |
| Maaiveld meting     | Gras          | Ringen afgedicht d.m.v. in de grond geslagen |                      |        |     |
| Diameter binnenring | 320           | mm                                           | Oppervlak binnenring | 8.0425 | dm2 |
| Diameter buitenring | 550           | mm                                           | Oppervlak buitenring | 23.758 | dm2 |

### Infiltratiesnelheid [mm/uur]

| Type      | CH | FH |
|-----------|----|----|
| Gemiddeld | 0  | 8  |
| 150       | 0  | -5 |
| 300       | 0  | 36 |
| 450       | 0  | 0  |
| 600       | 0  | 10 |
| 750       | 0  | 2  |
| 900       | 0  | 7  |
| 1050      |    |    |
| 1200      |    |    |

### Infiltratiesnelheid [m/dag]

| Type      | CH   | FH    |
|-----------|------|-------|
| Gemiddeld | 0.00 | 0.20  |
| 150       | 0.00 | -0.12 |
| 300       | 0.00 | 0.86  |
| 450       | 0.00 | 0.00  |
| 600       | 0.00 | 0.23  |
| 750       | 0.00 | 0.06  |
| 900       | 0.00 | 0.17  |
| 1050      |      |       |
| 1200      |      |       |



## Opmerkingen meting - G02\_grasland2 29-03-2021

Meetnummer: PG06\_graslandA

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Gras                |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

|             |          |
|-------------|----------|
| Opmerkingen | Poging 2 |
|-------------|----------|

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 09:00 |
| Start FH-meting | 09:16 |
| Einde meting    | 09:35 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG06 grasland2A

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Gras                |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

### Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 10:00 |
| Start FH-meting | 10:15 |
| Einde meting    | 10:30 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG06\_plantenvak A

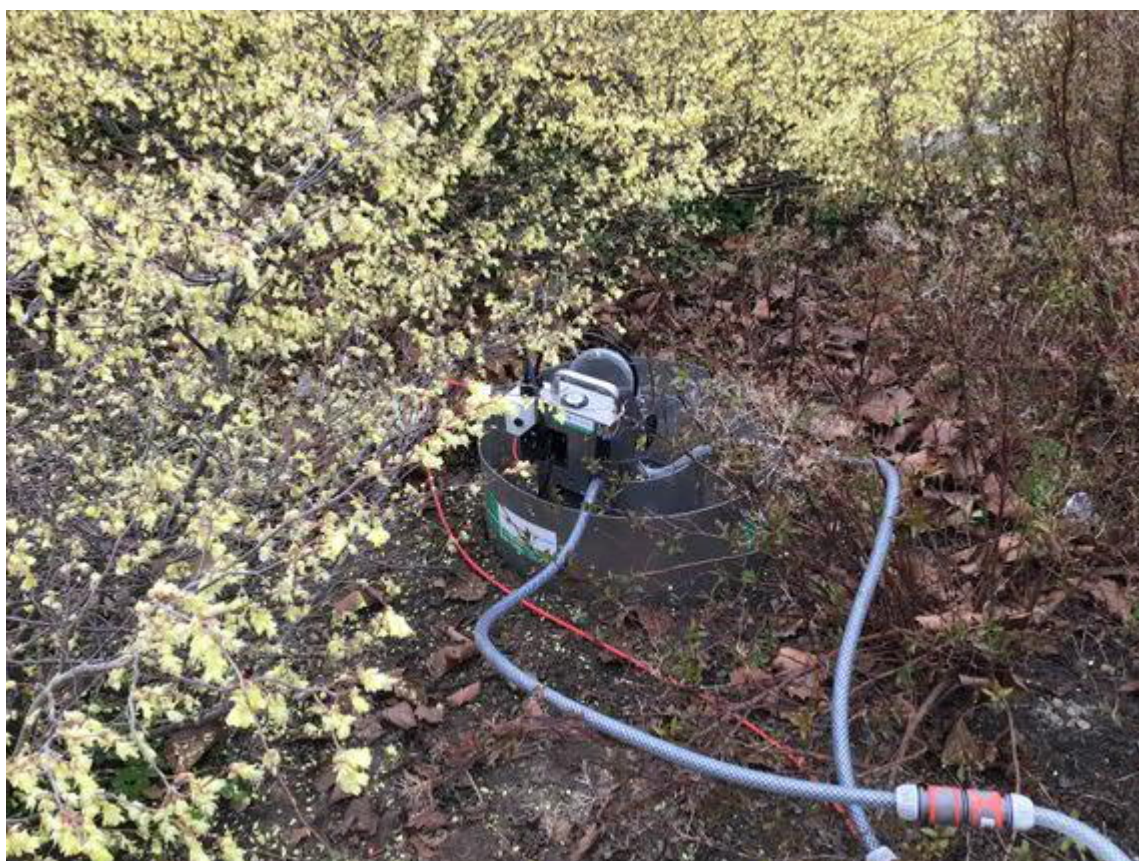
|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Plantenvak braak    |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

### Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 10:45 |
| Start FH-meting | 11:00 |
| Einde meting    | 11:15 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

Meetnummer: PG04\_grasland2A

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Gras                |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 11:34 |
| Start FH-meting | 11:50 |
| Einde meting    | 12:02 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG04\_plantenvak2

|                       |                     |                                               |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| Maaiveld meting       | Plantenvak braak    |                                               |
| Lekkage waarneembaar? | Ja                  | Buitenring licht, Zitten wat wortels in grond |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |                                               |
| Opmerkingen           |                     |                                               |
| Start CH-meting       | 12:08               |                                               |
| Start FH-meting       | 12:25               |                                               |
| Einde meting          | 12:40               |                                               |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

Meetnummer: PG04\_kruiden

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| Maaiveld meting       | Braak terrein            |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                      |
| Bijzonderheden        | Braak terrein zie foto's |

Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 12:56 |
| Start FH-meting | 13:14 |
| Einde meting    | 13:32 |

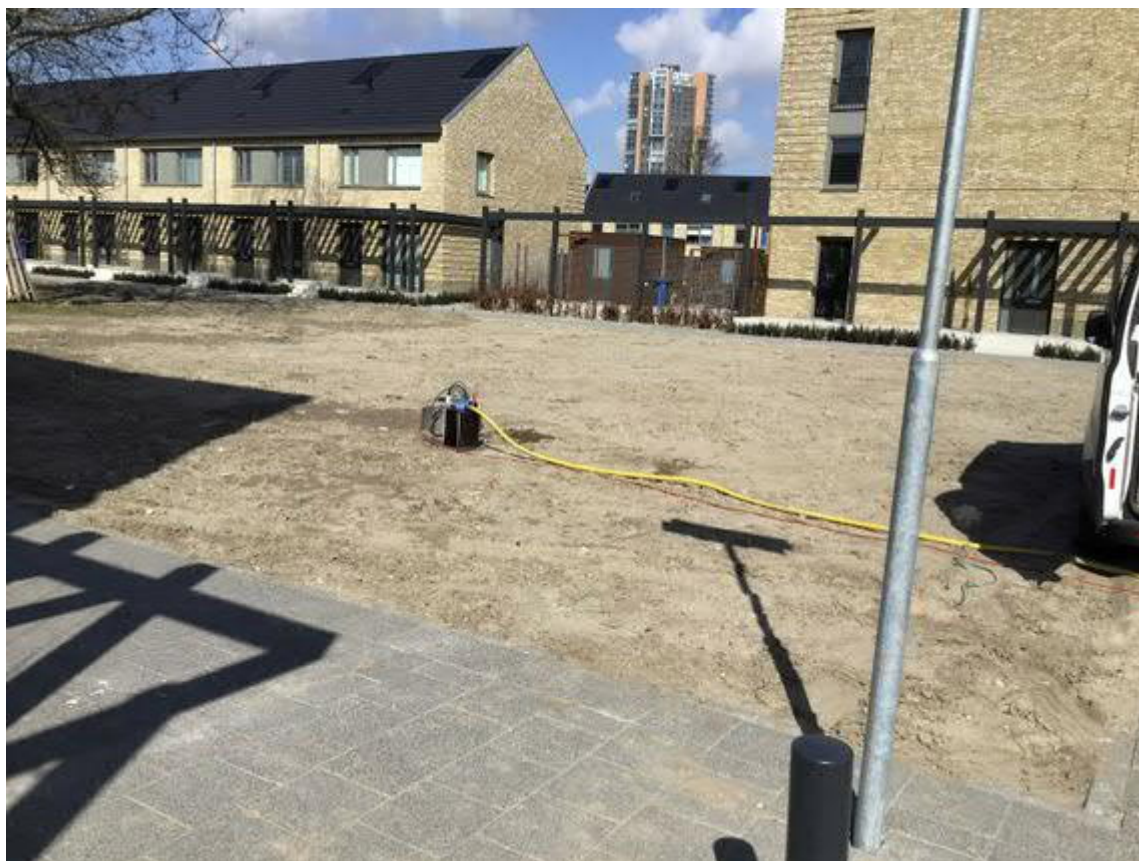


Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG05\_plantenvak A

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Plantenvak braak    |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

### Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 08:20 |
| Start FH-meting | 08:38 |
| Einde meting    | 08:54 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG05\_grasland A

|                       |             |                                                          |
|-----------------------|-------------|----------------------------------------------------------|
| Maaiveld meting       | Gras        |                                                          |
| Lekkage waarneembaar? | Ja          | Buitenring licht, Wat wortels.<br>Water stroomt snel weg |
| Bijzonderheden        | Wat wortels |                                                          |
| Opmerkingen           |             |                                                          |
| Start CH-meting       | 09:00       |                                                          |
| Start FH-meting       | 09:20       |                                                          |
| Einde meting          | 09:25       |                                                          |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

Meetnummer: G01\_grasland1 A

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Gras                |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 10:13 |
| Start FH-meting | 10:30 |
| Einde meting    | 10:47 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

Meetnummer: G01\_grasland2 A

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Gras                |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 10:58 |
| Start FH-meting | 11:15 |
| Einde meting    | 11:32 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG02\_grasland A

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| Maaiveld meting       | Gras           |
| Lekkage waarneembaar? | Nee            |
| Bijzonderheden        | Zeer lang gras |

### Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 13:00 |
| Start FH-meting | 13:20 |
| Einde meting    | 13:30 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG01\_grasland 2

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Maaiveld meting       | Gras     |
| Lekkage waarneembaar? | Nee      |
| Bijzonderheden        | Langgras |

### Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 09:00 |
| Start FH-meting | 09:18 |
| Einde meting    | 09:30 |

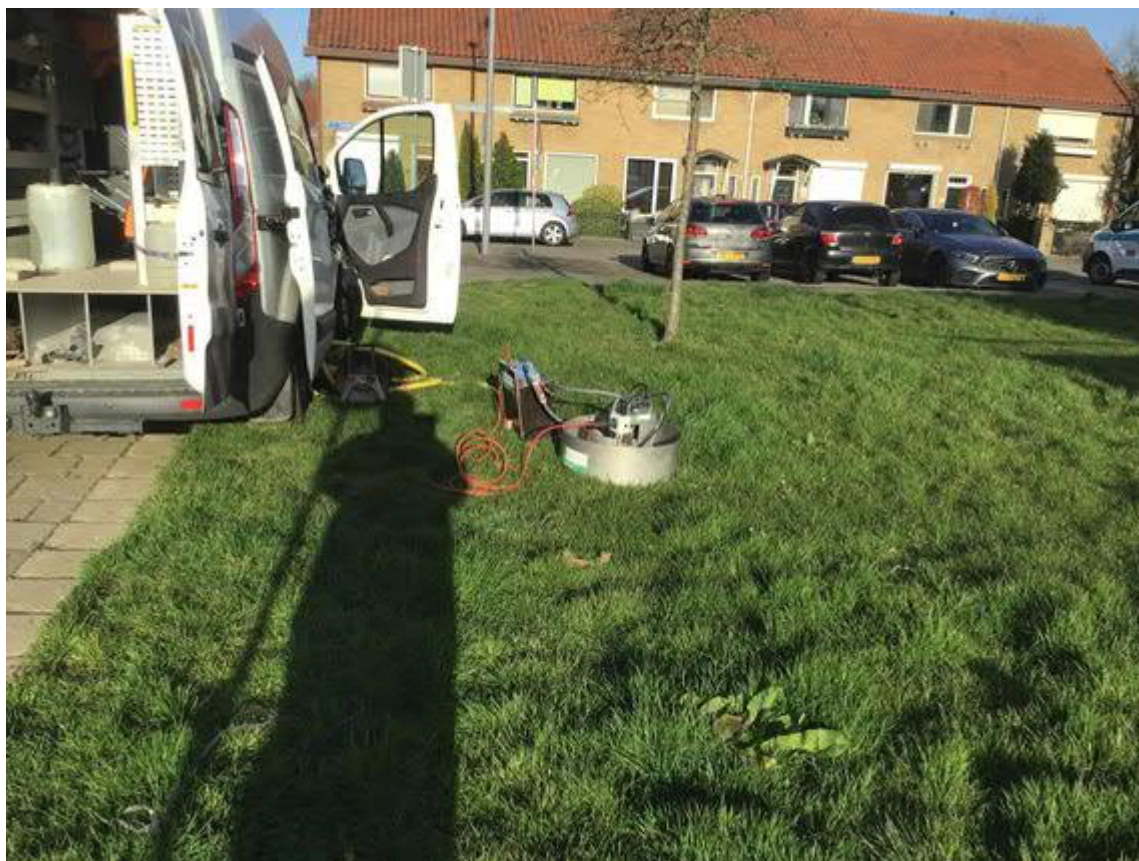


Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG01\_plantenvak 2

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Braakplantvak       |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

### Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 09:42 |
| Start FH-meting | 10:01 |
| Einde meting    | 10:16 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

## Meetnummer: PG02\_plantvak 2

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Braak               |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

### Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 10:40 |
| Start FH-meting | 10:57 |
| Einde meting    | 11:15 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*

Meetnummer: G02\_grasland2

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Maaiveld meting       | Gras                |
| Lekkage waarneembaar? | Nee                 |
| Bijzonderheden        | Geen bijzonderheden |

Opmerkingen

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Start CH-meting | 13:03 |
| Start FH-meting | 13:41 |
| Einde meting    | 13:57 |



Foto meetlocatie



*Foto meetopstelling*