

Onderzoek naar doorlatendheid verhardingen in Tilburg

Geschreven door:
Jadon Beerlandt
Jip Gravenberch



KU LEUVEN



GEMEENTE TILBURG



Verantwoording

Titel	Onderzoek naar doorlatendheid verhardingen in Tilburg
Opdrachtgever	Gemeente Tilburg
Auteurs	Jip Gravenberch, Jadon Beerlandt, Floris Boogaard
Medewerking	Vincent Kuiphuis, Jaap Jansen
Datum metingen	03 maart 2021

Contents

.....	0
Verantwoording	1
1 Inleiding	9
2 Methode.....	10
2.1 Doelstellingen.....	10
2.2 Locaties.....	10
2.3 Overzichtskaart.....	11
2.4 Beschrijving meting	13
2.5 Test doorlatendheid vlijlaag	14
2.6 Meetapparatuur.....	14
2.7 Infiltratie verwachting	14
2.8 Onderhoudsregime	15
3 Resultaten	15
3.1 Sabelhof – doorgroeibare verharding	16
3.1.1 Visuele waarnemingen	16
3.1.2 Infiltratiecapaciteit FSIT	16
3.1.3 Conclusie.....	18
3.2 Sabelhof – Watershells.....	19
3.2.1 Visuele waarnemingen	19
3.2.2 Infiltratiecapaciteit FSIT	20
3.2.3 Conclusie.....	21
3.3 Azuurweg midden – doorgroeibare verharding.....	22
3.3.1 Visuele waarnemingen	22
3.3.2 Infiltratiecapaciteit FSIT	22
3.3.3 Conclusie.....	24
3.4 Azuurweg – Zandbedfundering	25
3.4.1 Visuele waarnemingen	25
3.4.2 Infiltratiecapaciteit FSIT	25
3.4.3 Conclusie.....	26
3.5 Azuurweg – Wadi's	27

3.5.1	Visuele waarnemingen	27
3.5.2	Infiltratiecapaciteit FSIT	27
3.5.3	Conclusie.....	28
3.6	Azuurweg - Watertuinen	29
3.6.1	Visuele waarnemingen	29
3.6.2	Infiltratiecapaciteit FSIT	29
3.6.3	Conclusie.....	34
3.7	Kruizemuntweg – doorgroeibare verharding	35
3.7.1	Visuele waarnemingen	35
3.7.2	Infiltratiecapaciteit FSIT	35
3.7.3	Infiltratiecapaciteit FSIT	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
3.7.4	Conclusie.....	37
3.8	Europalaan – doorgroeibare verharding.....	38
3.8.1	Visuele waarnemingen	38
3.8.2	Infiltratiecapaciteit FSIT	39
3.8.3	Conclusie.....	40
3.9	Ankeveenstraat – doorgroeibare verharding.....	41
3.9.1	Visuele waarnemingen	41
3.9.2	Infiltratiecapaciteit FSIT	42
3.9.3	Conclusie.....	43
3.10	Ankeveenstraat – Zandbedfundering	44
3.10.1	Visuele waarnemingen	44
3.10.2	Infiltratiecapaciteit FSIT	44
3.10.3	Conclusie.....	45
4	Conclusies.....	46
5	Bibliografie	47
6	Addenda	49
6.1	Locatie 1&2 - SABELHOF (Watershells infiltratieveld met doorlatende verharding)	49
6.2	Locatie 3&4&5- AZUURWEG (TTE Eco Plus Roosters/Wadi's/Watertuinen) ..	55
6.3	Locatie 6 - KRUIZEMUNTWEG (Hydro Lineo klinkers)	64

6.4	Locatie 7 – ANKEVEENSTRAAT (Doorlatend verband met fijne beton klinkers)	69
6.5	Locatie 8 – EUROPALAAN (Hydro Lineo klinkers lijnverband)	73

Figurenlijst

Figuur 2-1 Overzichtsk kaart deel 1	11
Figuur 2-2 Overzichtsk kaart deel 2	12
Figuur 2-3 FSIT Europalaan	13
Figuur 2-4 Ankeveenstraat vleilaag doorlatendheid	14
Figuur 2-5 Mini Diver VanEssen	14
Figuur 3-1 Close up staat van bestrating (Beerlandt, 2021t)	16
Figuur 3-2 Testopzet Sabelhof droog (Beerlandt, 2021p)	16
Figuur 3-3 Infiltratiecurve locatie 1 Grasdallen Diver 1	17
Figuur 3-4 Infiltratiecurve locatie 1 Grasdallen Diver 2	18
Figuur 3-5 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021r)	19
Figuur 3-6 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021s)	19
Figuur 3-7 Watershells infiltratievoorziening detail Sabelhof (Tilburg, 2012)	20
Figuur 3-8 Infiltratiecurve locatie 1 Watershells Diver 1	20
Figuur 3-9 Infiltratiecurve locatie 1 Watershells Diver 2	21
Figuur 3-10 Close up TTE rooster (Beerlandt, 2021d)	22
Figuur 3-11 Proefopzet Azuurweg (Beerlandt, 2021a)	22
Figuur 3-12 TTE ECO Rooster mogelijke grasgroei (Van Der Meulen, 2019)	22
Figuur 3-13 Infiltratiecurve locatie 2 TTE Roosters Diver 1	23
Figuur 3-14 Infiltratiecurve locatie 2 TTE Roosters Diver 2	24
Figuur 3-15 zandfunderingstest Azuurweg vullen (Beerlandt, 2021k)	25
Figuur 3-16 Infiltratiecurve locatie 2 Zandfunderingsmetingen	26
Figuur 3-17 Wadi's Azuurweg (Beerlandt, 2021u)	27
Figuur 3-18 Infiltratiecurve locatie 2 Wadi's	28
Figuur 3-19 Opge vulde regentuinen Azuurweg (Beerlandt, 2021j)	29
Figuur 3-20 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 1	31
Figuur 3-21 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 2	31
Figuur 3-22 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 3	32
Figuur 3-23 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 4	32
Figuur 3-24 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 5	33
Figuur 3-25 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 6	33
Figuur 3-26 Close up Lineo tegels (Beerlandt, 2021n)	35
Figuur 3-27 Proefopstelling (Beerlandt, 2021k)	35
Figuur 3-28 Infiltratiecurve locatie 3 Hydro Lineo Diver 1	36
Figuur 3-29 Infiltratiecurve locatie 3 Hydro Lineo Diver 2	37
Figuur 3-30 proefopstelling leeg Europalaan (Beerlandt, 2021l)	38
Figuur 3-31 proefopstelling gevuld Europalaan (Beerlandt, 2021m)	38
Figuur 3-32 Infiltratiecurve locatie 4 Hydro Lineo Diver 1	39

Figuur 3-33 Infiltratiecurve locatie 4 Hydro Lineo Diver 2.....	40
Figuur 3-34 proefopstelling vol Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021c).....	41
Figuur 3-35 proefopstelling leeg Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021d).....	41
Figuur 3-36 Infiltratiecurve locatie 5 Fijne beton klinkers Diver 1.....	42
Figuur 3-37 Infiltratiecurve locatie 5 Fijne beton klinkers Diver 2.....	43
Figuur 3-38 Funderingstest Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021a).....	44
Figuur 3-39 Infiltratiecurve locatie 5 Zandfunderingsmeting.....	45
Figuur 6-1 Satellietfoto locatie (Google, 2021e).....	50
Figuur 6-2 Ontwerp riolering en infiltratievoorziening Sabelhof (Tilburg, 2012).....	50
Figuur 6-3 Watershells infiltratievoorziening detail Sabelhof (Tilburg, 2012).....	51
Figuur 6-4 Doorlatende bestrating detail grasdallen (Dano, 2019).....	51
Figuur 6-5 Testopzet Sabelhof droog (Beerlandt, 2021p).....	52
Figuur 6-6 Testopzet Sabelhof nat (Beerlandt, 2021q).....	52
Figuur 6-7 Close up staat van bestrating (Beerlandt, 2021t).....	53
Figuur 6-8 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021r).....	54
Figuur 6-9 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021s).....	54
Figuur 6-10 Satellietfoto locatie (Google, 2021b).....	57
Figuur 6-11 Dwarsdoorsnede TTE (Civil Support, 2010b).....	58
Figuur 6-12 proefopzet Azuurweg (Beerlandt, 2021d).....	58
Figuur 6-13 Water toevoer TTE (Beerlandt, 2021e).....	59
Figuur 6-14 Proefopstelling Azuurweg (Beerlandt, 2021f).....	59
Figuur 6-15 Close up TTE rooster (Beerlandt, 2021g).....	60
Figuur 6-16 Detail regentuinen (Civil Support, 2010a).....	60
Figuur 6-17 Dwarsdoorsnede regentuinen (Civil Support, 2010b).....	60
Figuur 6-18 Regentuinen Azuurweg (Beerlandt, 2021i).....	61
Figuur 6-19 Opge vulde regentuinen Azuurweg (Beerlandt, 2021j).....	61
Figuur 6-20 Grondboring regentuin (Beerlandt, 2021j).....	62
Figuur 6-21 Wadi's Azuurweg (Beerlandt, 2021u).....	63
Figuur 6-22 Wadi's Azuurweg grondboring (Beerlandt, 2021h).....	63
Figuur 6-23 Satellietfoto Kruizemuntweg (Google, 2021d).....	65
Figuur 6-24 Overzichtsplan Kruizemuntweg nieuwe toestand (Civil Support, 2017b).....	66
Figuur 6-25 Detail Hydro Lineo bestrating (Civil Support, 2017b).....	66
Figuur 6-26 Valeriaanhof dwarsdoorsnede (Civil Support, 2017a).....	67
Figuur 6-27 proefopstelling (Beerlandt, 2021o).....	67
Figuur 6-28 Close up Lineo tegels (Beerlandt, 2021n).....	68
Figuur 6-29 Satellietbeelden Ankeveenstraat (Google, 2021a).....	70
Figuur 6-30 proefopstelling leeg Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021b).....	71
Figuur 6-31 proefopstelling vol Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021c).....	71
Figuur 6-32 Overzichtsplan vernieuwingen Ankeveenstraat (Openbare werken Tilburg, 2004).....	72

Figuur 6-33 Satellietbeelden Europalaan (Google, 2021c)	74
Figuur 6-34 Overzichtsplan vernieuwingen Europalaan (Plein Civiël, 2017b).....	75
Figuur 6-35 Detailprofiel Europalaan (Plein Civiël, 2017a)	75
Figuur 6-36 proefopstelling leeg Europalaan (Beerlandt, 2021l)	76
Figuur 6-37 proefopstelling gevuld Europalaan (Beerlandt, 2021m)	76

Tabellenlijst

Tabel 2-1 Locaties.....	10
Tabel 2-2 Beheersniveau C volgens KOR-schalen (Axent, 2018).....	15
Tabel 3-1 Proefgegevens Sabelhof grasdallen.....	17
Tabel 3-2 Proefgegevens Azuurweg TTE ECO Roosters.....	23
Tabel 3-3 Proefgegevens Kruizemuntweg Hydro Lineo.....	36
Tabel 3-4 Proefgegevens Europalaan Hydro Lineo.....	39
Tabel 3-5 Proefgegevens Europalaan Hydro Lineo.....	42

1 Inleiding

Deltares, TU Delft en KU Leuven hebben in samenwerking met de gemeente Tilburg een onderzoek verricht naar de efficiëntie en staat van verschillende infiltratievoorzieningen in de bestaande infrastructuur van de gemeente. Er zijn 8 systemen getest om hun huidige infiltratiecapaciteit te bepalen. Op deze manier kan er bepaald worden op welke locaties het infiltratiemanagement van water goed onder controle is en op welke locaties er ruimte is voor nieuwe oplossingen.

Het onderzoek zelf is verricht om meer kennis te verkrijgen over de infiltratiecapaciteit van doorlatende verhardingen en hemelwatervoorzieningen wanneer deze al enkele jaren in gebruik zijn.

Hierbij is gebruik gemaakt van de Full Scale Infiltration Test (FSIT) methode die een intensieve regenbui nabootst met behulp van een tankwagen op een groot deel van de weg, parkeergelegenheid of infiltratievoorziening.

Gegevens die zijn vergaard in dit onderzoek, zijn overzichtelijk te vinden op de online tool [ClimateScan](#). Bij elke test is een link bijgevoegd naar de resultaten op dit platform.

2 Methode

2.1 Doelstellingen

Het doel van dit onderzoek is om de doorlatendheid te bepalen van waterdoorlatende verhardingen van bestaande systemen in Tilburg. Ook andere klimaatadaptie systemen zoals regentuinen en wadi's worden aan de proef onderworpen. Hierbij horen de volgende doelstellingen:

- Het vinden van de huidige infiltratiecapaciteit in onverzadigde en verzadigde situatie.
- Het vinden van duidelijke oorzaken van achteruitgang in de prestatie van bestaande systemen.
- Het vinden van de huidige staat van de ondergrond om verbanden in de wisselwerking tussen het water en de ondergrond te vinden. Denk hierbij aan de invloed van vegetatie op *preferential flow* of dichtslibben door kleine deeltjes.

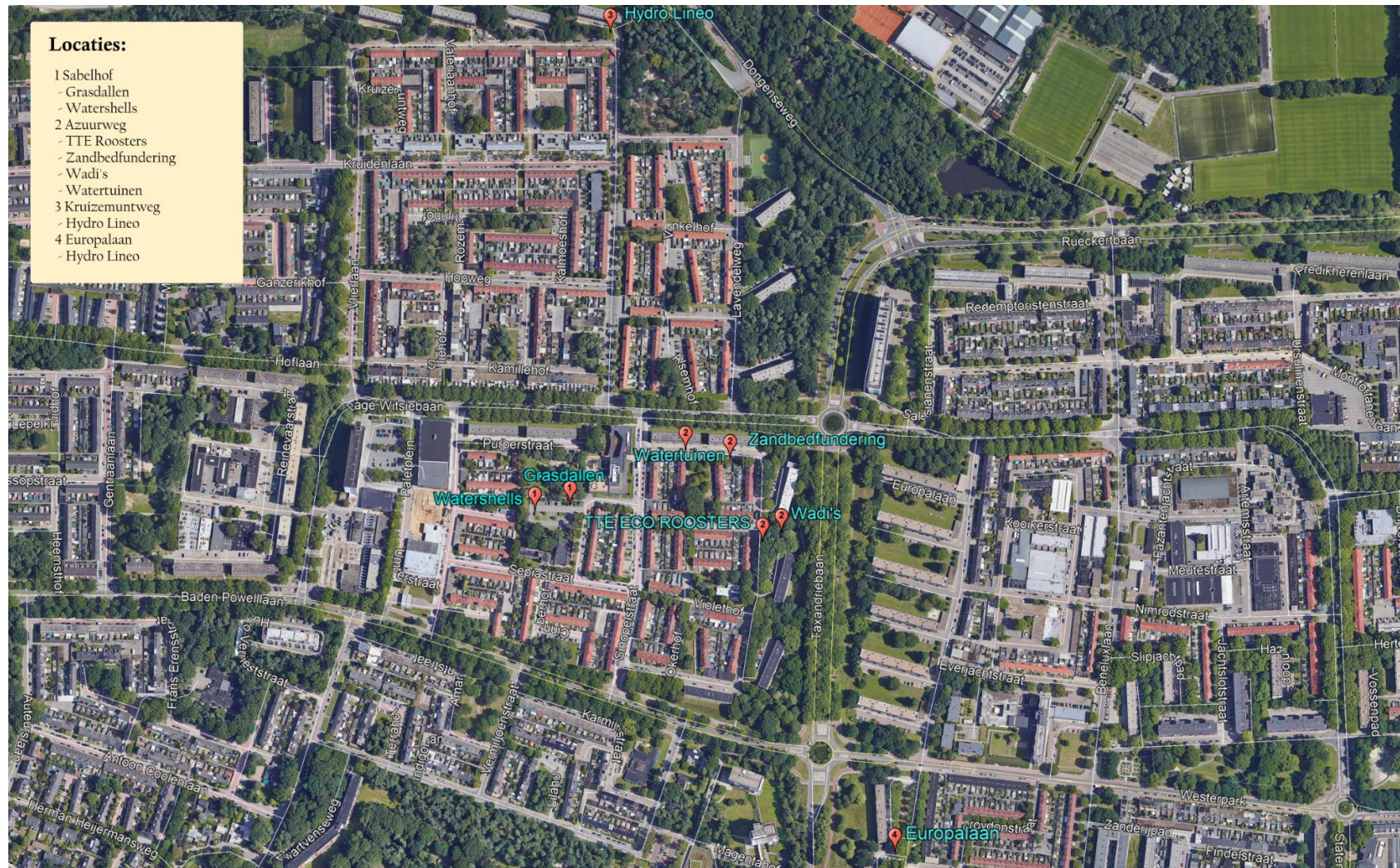
2.2 Locaties

<i>Locatie</i>	<i>Type</i>	<i>Systeem</i>
1. <i>Sabelhof</i>	Betonstraatstenen	Watershells Infiltratieveld
2. <i>Sabelhof</i>	Doorgroeibare verharding	Grasdallen
3. <i>Azuurweg midden</i>	Doorgroeibare verharding	TTE Eco Plus Rooster
4. <i>Azuurweg midden</i>	Wadi's	
5. <i>Azuurweg Noord</i>	Watertuinen met beplanting	
6. <i>Kruizemuntweg</i>	Doorgroeibare verharding	Hydro Lineo klinkers
7. <i>Ankeveenstraat</i>	Doorgroeibare verharding	Klinkers met open voegen
8. <i>Europalaan</i>	Doorgroeibare verharding	Hydro Lineo klinkers

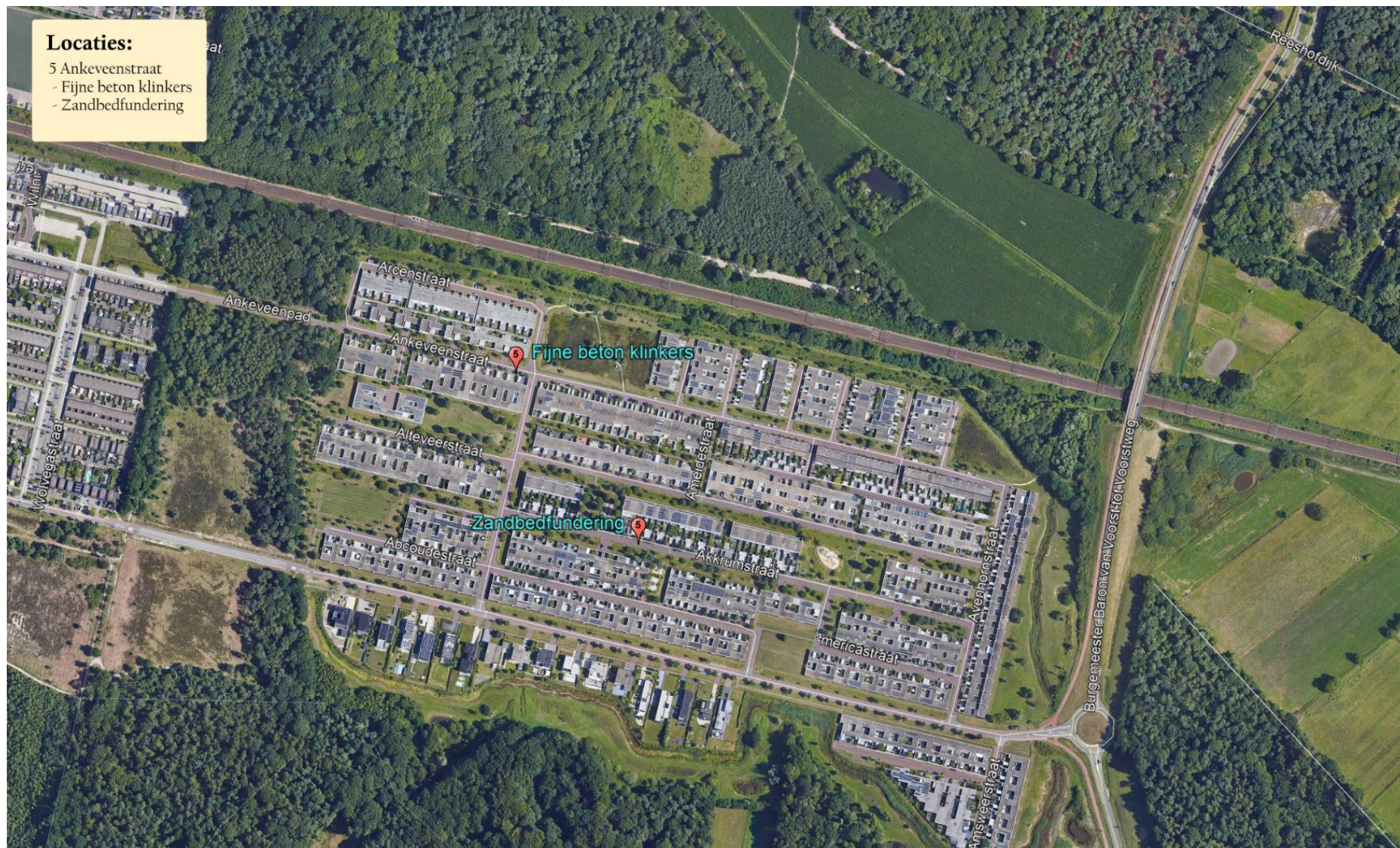
Tijdens de voorbereiding zijn er in samenspraak met de gemeente een aantal locaties geselecteerd om metingen op uit te voeren. Op niet al deze locaties is uiteindelijk een meting uitgevoerd. Dit had voornamelijk te maken met de toegankelijkheid van de locatie op dat moment. Het was op deze locaties helaas dan ook te druk om het weggedeelte af te zetten en testen uit te voeren. Gelukkig zijn er op 8 verschillende locaties succesvolle metingen uitgevoerd. Hieronder een overzicht van de gemeten locaties:

Tabel 2-1 Locaties

2.3 Overzichtsk kaart



Figuur 2-1 Overzichtsk kaart deel 1



Figuur 2-2 Overzichtskartaal deel 2

2.4 Beschrijving meting

Bij de FSIT wordt er een regenbui nagebootst door middel van het vullen van een afgesloten gebied met water. Dit wordt gedaan met behulp van een tankwagen die het water op het te testen oppervlak stort. Deze test probeert een hevige bui na te bootsen op een oppervlakte van ongeveer 50 m².

Om de infiltratiesnelheid te bepalen, worden er waterstandsmeters ofwel **divers** geplaatst. Deze worden geplaatst aan weerszijden van de verharding. De waterstand kan ook handmatig worden afgelezen. Met camera's kunnen er ook beelden worden gemaakt voor een beter inzicht op de doorlatendheid.

Om het water binnen het oppervlak te houden, worden er dammen aangelegd van plastic zakken met materiaal zoals potgrond. De dammen kunnen worden afgesloten door bestaande grenzen zoals het trottoir. Daarom zal een dam ook minimaal zo hoog moeten zijn als de trottoirband.

Kijkend naar de tijd die de testen innemen, is het voor de hand liggend om de Falling Head Full Scale (FHFS) uit te voeren. Bovendien blijkt uit de praktijk dat het lastig is om de waterstand op een constant niveau te houden. Het testoppervlak wordt hierbij onder water gezet tot het maximale toegestane waterpeil om overstroming over het trottoir te voorkomen. Bij een hellend oppervlak zal het waterpeil verschillen per plek. Over het algemeen zullen we de metingen uitvoeren op het laagste punt van het wegdek, waarbij het waterpeil dus het hoogste staat. Dit zal namelijk het meeste kritieke punt zijn met kans op dicht slibben en de laagste infiltratiecapaciteit.

Nadat het maximale waterpeil bereikt is, wordt de toevoer van water stopgezet. Vervolgens wordt de tijd geregistreerd die nodig is om het doorlatende wegdek volledig leeg te laten lopen. De infiltratiecapaciteit wordt berekend door de maximale waterstand te delen door deze geregistreeerde tijd (*mm/h*).



Figuur 2-3 FSIT Europalaan

2.5 Test doorlatendheid vlijlaag

Om een indicatie te geven van de doorlatendheid van het gedeelte vlak onder de verharding (vlijlaag), zijn op enkele locaties een aantal stenen verwijderd en gevuld met water. Met divers is ook hier de infiltratiecapaciteit gemeten.



Figuur 2-4 Ankeveenstraat vlijlaag doorlatendheid

2.6 Meetapparatuur

Om de infiltratiecapaciteit te bepalen maken we gebruik van mini Divers van VanEssen. Hierbij kan de tijdstap van tevoren bepaald worden. Tijdens dit onderzoek zijn deze meters ingesteld om elke vijf seconden de waterdruk die gecreëerd wordt door de waterkolom te meten op het systeem. Hieruit worden infiltratiecurves geëxtraheerd.



Figuur 2-5 Mini Diver VanEssen

2.7 Infiltratie verwachting

Nieuw aangebrachte doorlatende verhardingen in Nederland en België dienen een minimale infiltratiecapaciteit van 194 mm/h of $5,4 \times 10^{-5}$ m/s te waarborgen. Dit komt overeen met 270 liter/s.ha regenval met een veiligheidsfactor 2. Doorlatende

verhardingen die niet meer voldoen zijn wellicht aan onderhoud toe om hun infiltratiecapaciteit te herstellen. Wanneer de infiltratiecapaciteit lager wordt dan 2,7 x 10-5 m/s oftewel 97 mm/h. Dan voldoet de bestrating in het algemeen niet aan de eis en moet gekeken worden of wateroverlast geen probleem is.

2.8 Onderhoudsregime

Voor alle onderzochte locaties geldt beheerniveau C volgens de KOR schalen van het CROW.

Tabel 2-2 Beheersniveau C volgens KOR-schalen (Axent, 2018)

CROW Kwaliteitscatalogus 323	CROW publicaties 146/147	Onderhoudsperiode
C (matig)	De richtlijn is overschreden (onderhoud binnen twee jaar noodzakelijk)	Binnen 2 jaar dient onderhoud te worden uitgevoerd

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven die zijn opgedaan aan de hand van de verkregen meetdata.

Per test wordt er een volledige beschrijving gegeven van de parameters, omgeving en omstandigheden om zo goed mogelijke conclusies te trekken. Extra info over de onderlinge opbouw en randvoorwaarden van de wegenis en systemen vindt u terug in [4 Addenda].

Als extra beeld materiaal verwijzen wij ook nog naar het YouTube kanaal van [Climatecafe Climatescan](#). Hier vindt u alle timelapses terug en verder beeld materiaal van de testdag.

3.1 Sabelhof – doorgroeibare verharding

3.1.1 Visuele waarnemingen

De eerste test is uitgevoerd op de parkeerplaats van het Sabelhof. Op deze locatie zijn er waterdoorlatende grasdallen aanwezig.



*Figuur 3-1 Close up staat van bestrating
(Beerlandt, 2021t)*



Figuur 3-2 Testopzet Sabelhof droog (Beerlandt, 2021p)

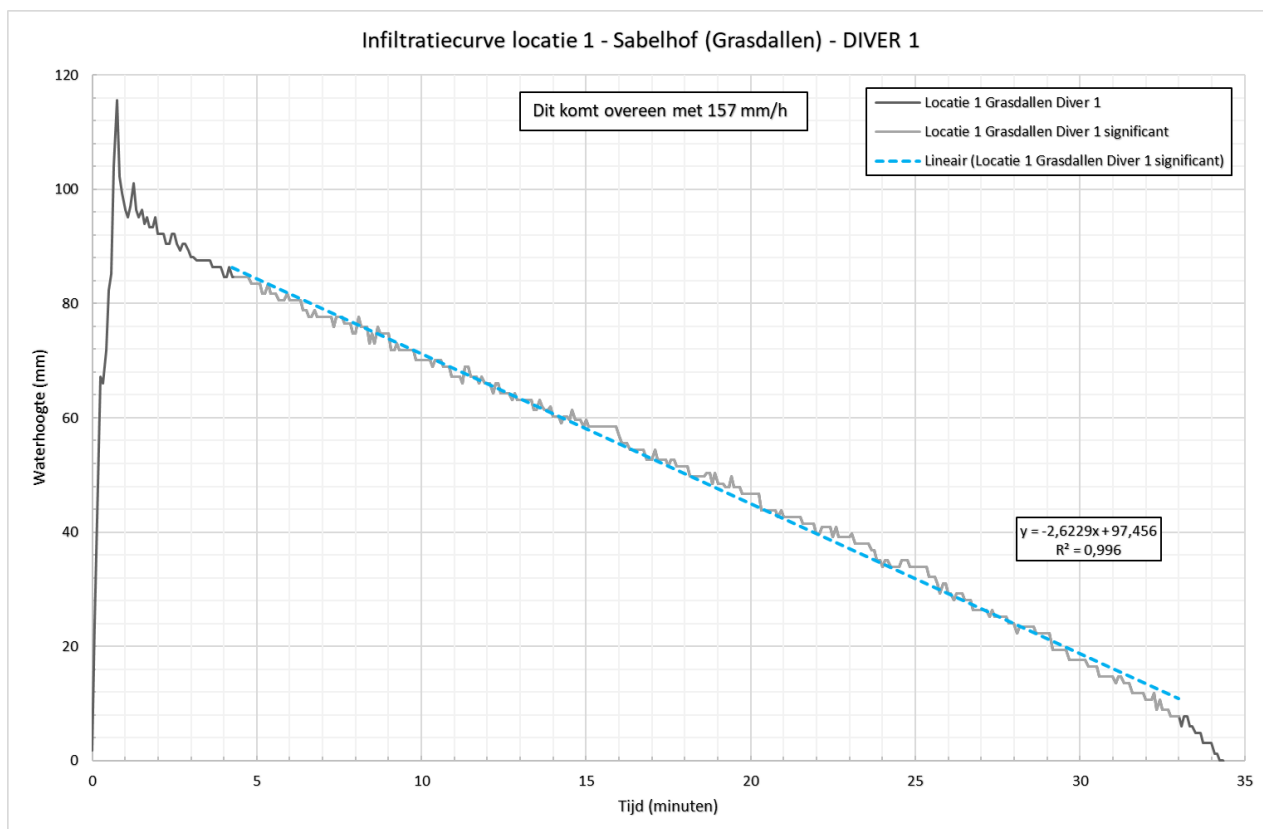
3.1.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

Deze locatie werd afgesloten aan twee zijden met een trottoir en de overige zijden met een dam van potgrond en plastic sheeting. De oppervlakte van het afgesloten wegdek was $7.50 \times 4.70 = 35.25 \text{ m}^2$. In de infiltratiecurves is te zien dat het water ongeveer 35 minuten nodig heeft gehad om volledig weg te infiltreren. Tijdens deze proef waren er lekverliezen aanwezig. De oorzaak hiervan was de helling, en een te dunne laag potgrond als dam. Hierdoor kon het water makkelijk onder de dam door lopen. Tijdens de tweede proef is er meer gewicht gebruikt om de dammen op hun plek te houden.

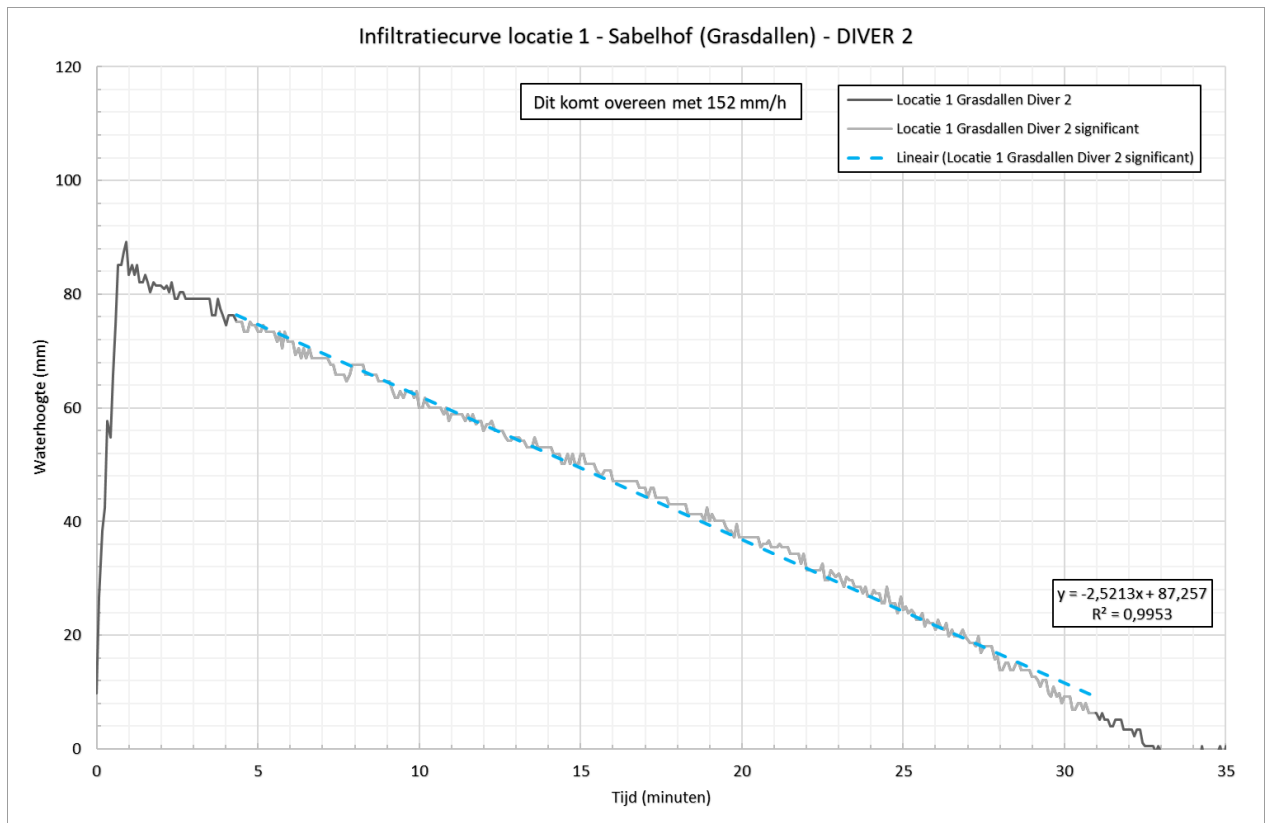
Tabel 3-1 Proefgegevens Sabelhof grasdallen

Basisgegevens

Oppervlakte	35.25 m ²	
Infiltratiesysteem		Grasdallen
Oppervlakte grasgroei voorzieningen	> 20%	
Ondergrond		Zandgebied
Conditie		Conditie lijkt slecht, voegen compact en gedeeltelijk met mos begroeid. Weinig gras aanwezig
Bomen/struiken		Bomen en struiken aanwezig. Bladeren weggeveegd
Verkeersbelasting		Parkeervakken
Helling		Verharding loopt hellend naar links af met kleine zettingen. Geen spoorvorming
Testgegevens		
Infiltratiecapaciteit test 2 Diver 1	157 mm/h	4.36*10 ⁻⁵ m/s
Infiltratiecapaciteit test 2 Diver 2	152 mm/h	4.22*10 ⁻⁵ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	154.5 mm/h	4.29*10 ⁻⁵ m/s



Figuur 3-3 Infiltratiecurve locatie 1 Grasdallen Diver 1



Figuur 3-4 Infiltratiecurve locatie 1 Grasdallen Diver 2

3.1.3 Conclusie

Deze testlocatie voldoet niet aan de eis van 194 mm/h. Bij deze test waren er ook lekdebieten aanwezig, waardoor de verkregen waarden nog aan de positieve kant zijn. Op zich zal dit voor deze locatie geen groot probleem zijn, gezien het feit dat er kolken aanwezig zijn en een bijkomend ondergronds infiltratieveld.

Wil de gemeente toch de infiltratiecapaciteit verhogen van de verharding, dan valt het hier aan te raden om te werken met een ingrijpende onderhoudsmethode. Voornamelijk de voegen kuisen en herzaaien, alsmede de graslaag te herstellen. Het wortelstelsel zal de infiltratiecapaciteit kunnen bevorderen.

3.2 Sabelhof – Watershells

3.2.1 Visuele waarnemingen

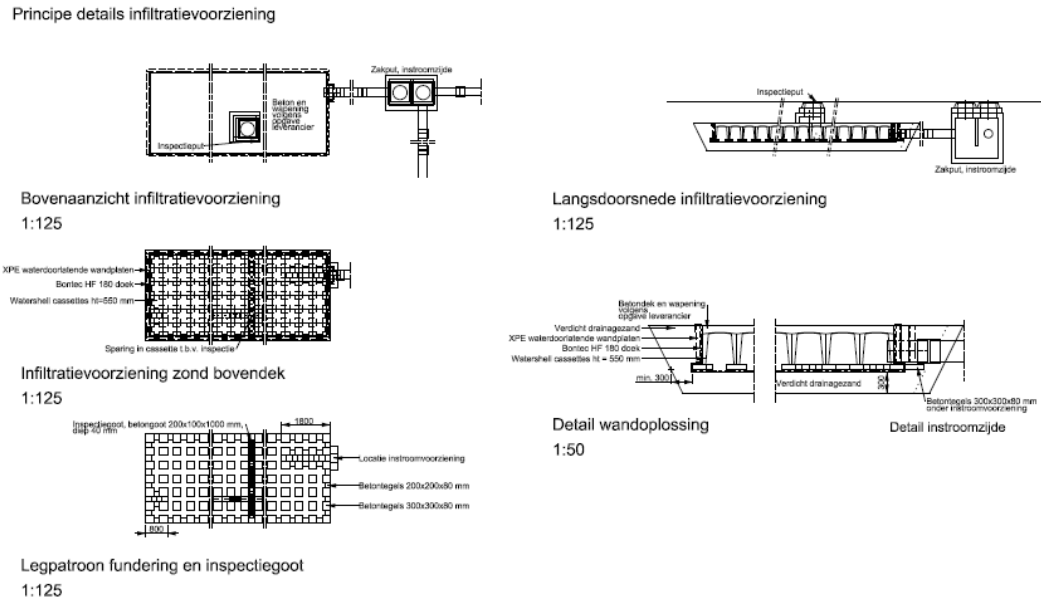


Figuur 3-5 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021r)



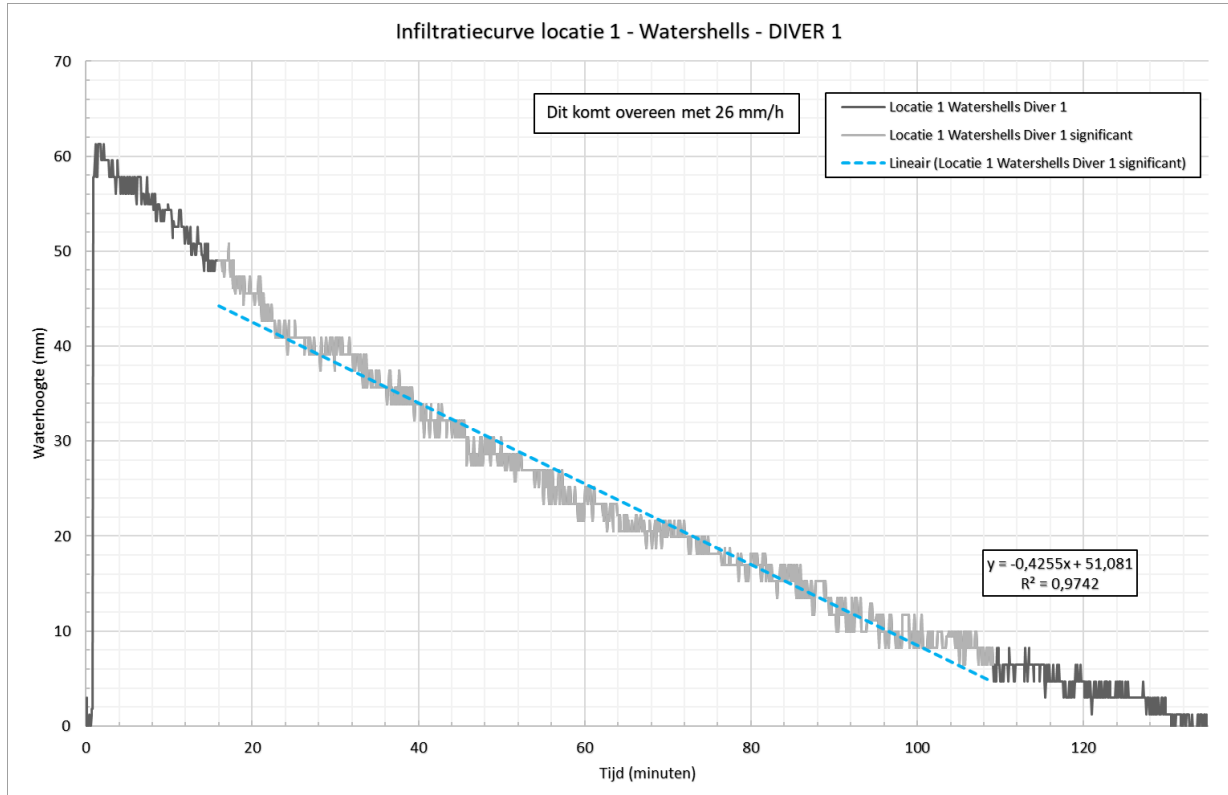
Figuur 3-6 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021s)

Vervolgens zijn er ook enkele metingen gedaan op de aanwezige infiltratievoorziening. Hiervoor is de voorziening driemaal gevuld met een watertruck en vervolgens via het deksel een DIVER aangebracht in de voorziening. Het gaat hier om een voorziening van een 120m²/ 47 m³.

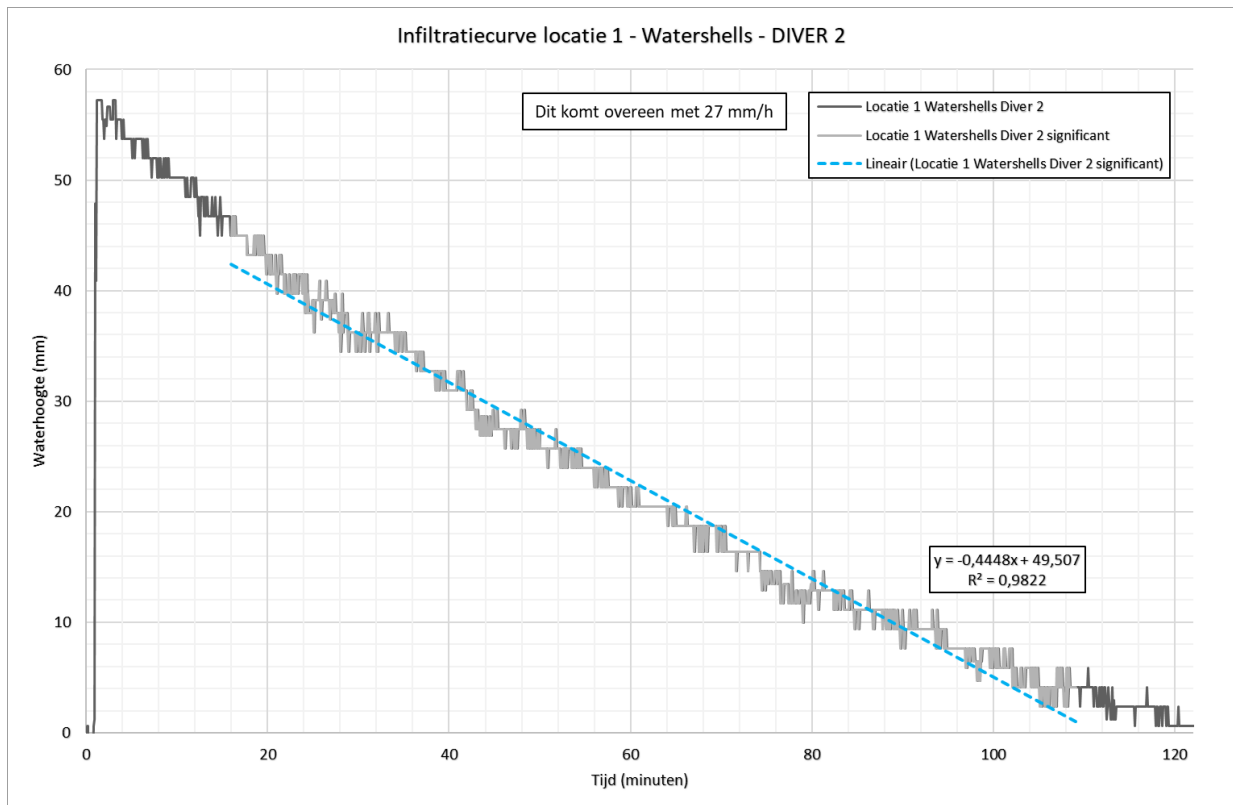


Figuur 3-7 Watershells infiltratievoorziening detail Sabelhof (Tilburg, 2012)

3.2.2 Infiltratiecapaciteit FSIT



Figuur 3-8 Infiltratiecurve locatie 1 Watershells Diver 1



Figuur 3-9 Infiltratiecurve locatie 1 Watershells Diver 2

Testgegevens

Infiltratiecapaciteit test 1 Diver 1	26 mm/h	$7.22 \cdot 10^{-6}$ m/s
Infiltratiecapaciteit test 1 Diver 2	27 mm/h	$7.50 \cdot 10^{-6}$ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	26.5 mm/h	$7.36 \cdot 10^{-6}$ m/s

3.2.3 Conclusie

Voor deze testvoorziening houden we geen rekening met de eis van 194 mm/h. Op het eerste zicht lijkt de infiltratiesnelheid voor deze voorziening zeer laag, maar dit is normaal voor dit type voorziening en sterk afhankelijk van de grondwaterstand en het bodemtype. Het idee van Watershells is dan ook een groot volume creëren dat vertraagd kan afvoeren. Deze voorziening presteert daarom naar behoren.

3.3 Azuurweg midden – doorgroeibare verharding

3.3.1 Visuele waarnemingen

Op de Azuurweg zijn aan één kant van de weg TTE Eco Plus roosters geplaatst. Deze zien er als volgt uit:



Figuur 3-11 Proefopzet Azuurweg (Beerlandt, 2021a)

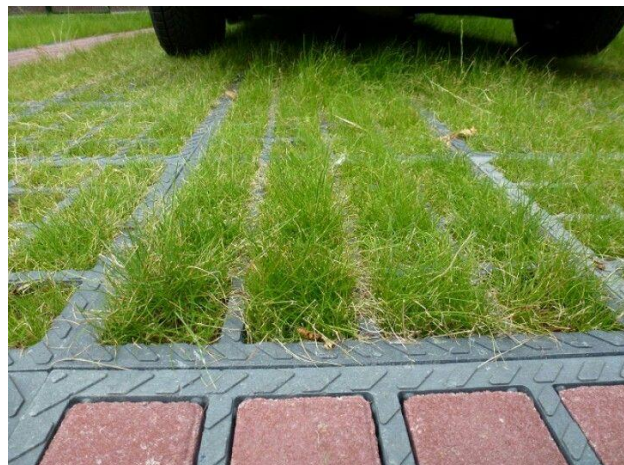


Figuur 3-10 Close up TTE rooster (Beerlandt, 2021d)

Op deze locatie zijn er ongeveer twee parkeervakken afgesloten met dammen. Er was geen helling waardoor de lekverliezen geminimaliseerd konden worden. De voegen zijn erg compact en dichtgeslibd. In de normale situatie hoort er overal veel gras te groeien. In het oppervlak zaten ongeveer 64 roosters = $64 \times 0.4 \times 0.4 = 10.24 \text{ m}^2$.

3.3.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

Deze locatie werd volledig afgesloten aan alle zijden met een dam van potgrond en plastic sheeting. De oppervlakte van het afgesloten wegdek was 10.24 m^2 . In de infiltratiecurves is te zien dat het water ongeveer 30 minuten nodig heeft gehad om volledig weg te infiltreren. Tijdens deze proef waren er weinig lekverliezen aanwezig. Voor dit testvlak hebben wij ook de tijd genomen om te onderzoeken wat de invloed is van saturatie.

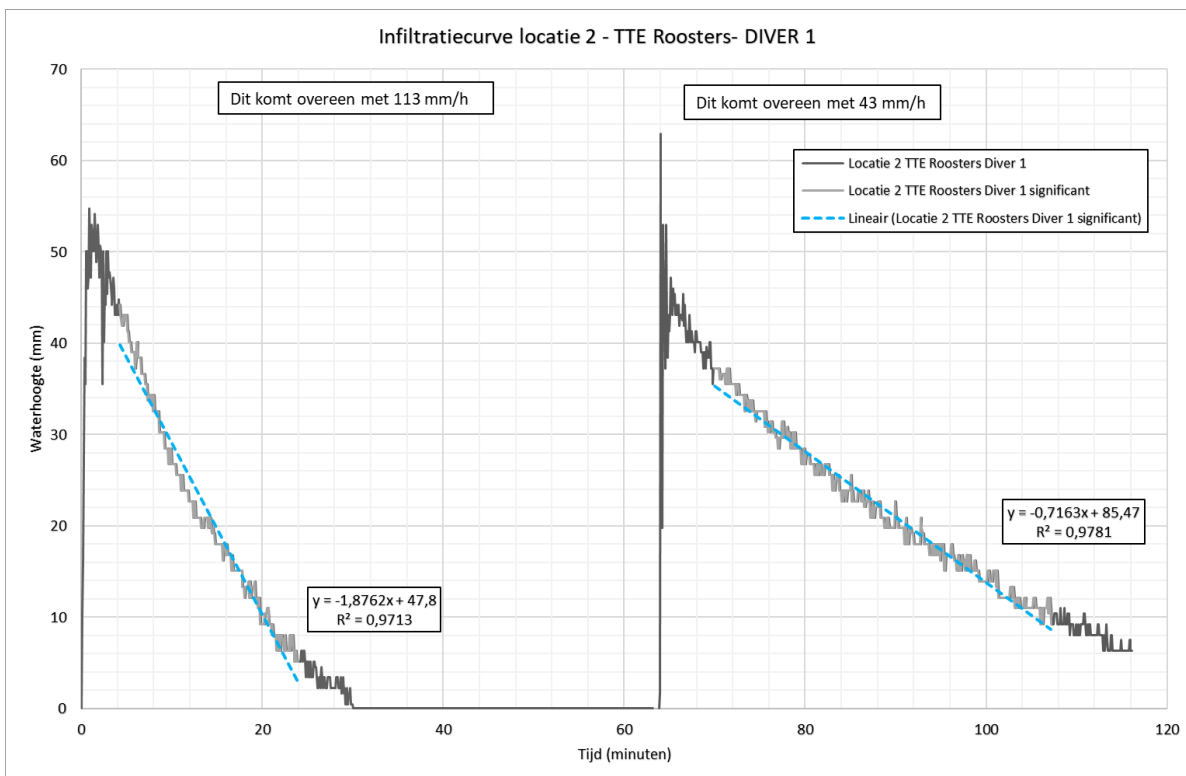


Figuur 3-12 TTE ECO Rooster mogelijke grasgroei (Van Der Meulen, 2019)

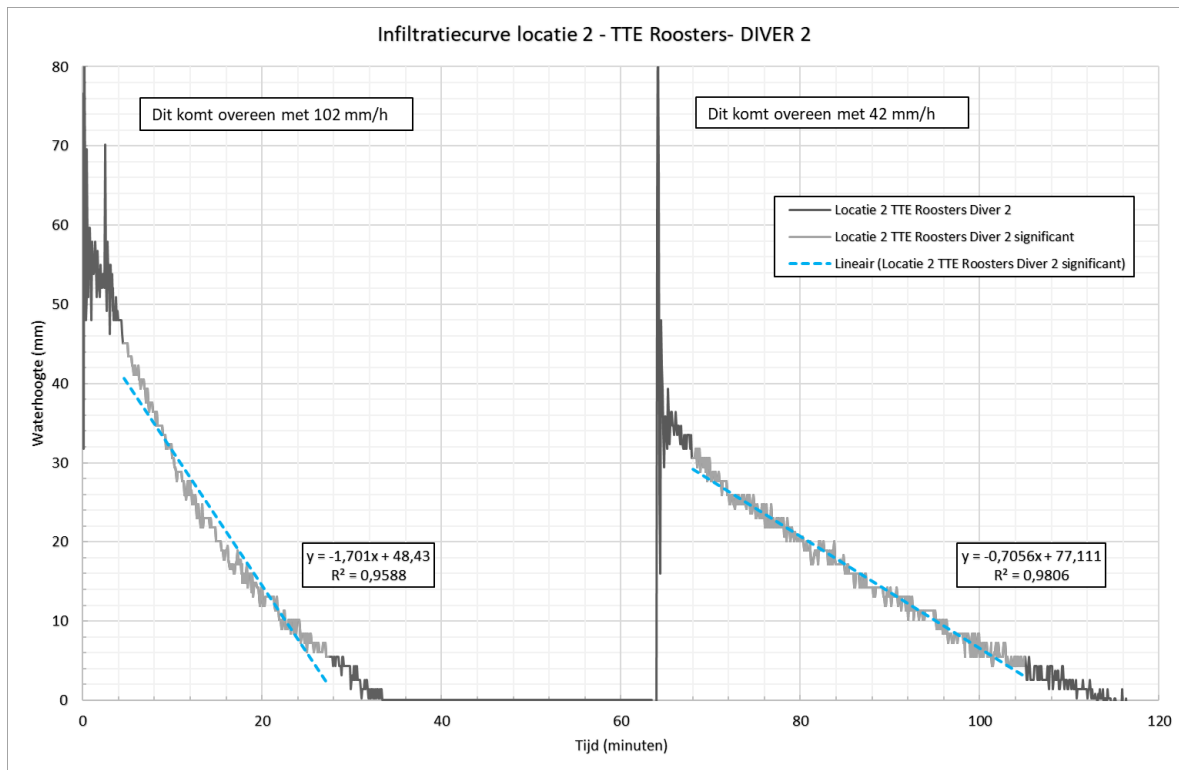
Basisgegevens

Oppervlakte	10.24 m ²	
Infiltratiesysteem		TTE Eco Plus Roosters
Oppervlakte grasgroeivoorzieningen	> 50%	
Ondergrond		Zandgebied
Conditie		Conditie lijkt slecht, voegen compact en amper gras aanwezig.
Bomen/struiken		Overhangende bomen aanwezig
Verkeersbelasting		Parkeervakken
Helling		Verharding loopt hellend af richting een groene vlakte met wadi's
Testgegevens		
Infiltratiecapaciteit test 1 Diver 1	113 mm/h	$3.14 \cdot 10^{-5}$ m/s
Infiltratiecapaciteit test 1 Diver 2	102 mm/h	$2.83 \cdot 10^{-5}$ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	107.5 mm/h	$2.98 \cdot 10^{-5}$ m/s
Infiltratiecapaciteit saturatie test 2 Diver 1	43 mm/h	$1.19 \cdot 10^{-5}$ m/s
Infiltratiecapaciteit saturatie test 2 Diver 1	42 mm/h	$1.16 \cdot 10^{-5}$ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	42.5 mm/h	$1.18 \cdot 10^{-5}$ m/s
Afname infiltratie na saturatie	59-68 %	

Tabel 3-2 Proefgegevens Azuurweg TTE ECO Roosters



Figuur 3-13 Infiltratiecurve locatie 2 TTE Roosters Diver 1



Figuur 3-14 Infiltratiecurve locatie 2 TTE Roosters Diver 2

3.3.3 Conclusie

Deze testlocatie voldoet niet aan de eis van 194 mm/h. In de praktijk zagen we dan ook dat het zeer stroef liep. Het water bleef lang staan en er waren weinig luchtbubbels te zien. Op het einde van de eerste curve zien we al snel dat de curve een hyperbolisch verloop aanneemt. Dit is een eerste indicatie dat saturatie zeer snel aangrijpt op dit type verharding. We zien dan ook dat bij de volgende test dat de curve terug een linear verband aanneemt en dat saturatie bereikt wordt. Over het korte interval daalt de infiltratiecapaciteit tot wel 68%. Op zich zal dit voor deze locatie geen groot probleem vormen daar het water snel zal aflopen naar de naastgelegen groene vlaktes en wadi's. Moest de gemeente toch de infiltratiecapaciteit willen verhogen van de verharding valt het hier aan te raden om te werken met een meer ingrijpende onderhoudsmethode. Dit zal ook een positieve invloed hebben op de grasgroei en het uitzicht van de parkeerstrook.

3.4 Azuurweg - Zandbedfundering

3.4.1 Visuele waarnemingen



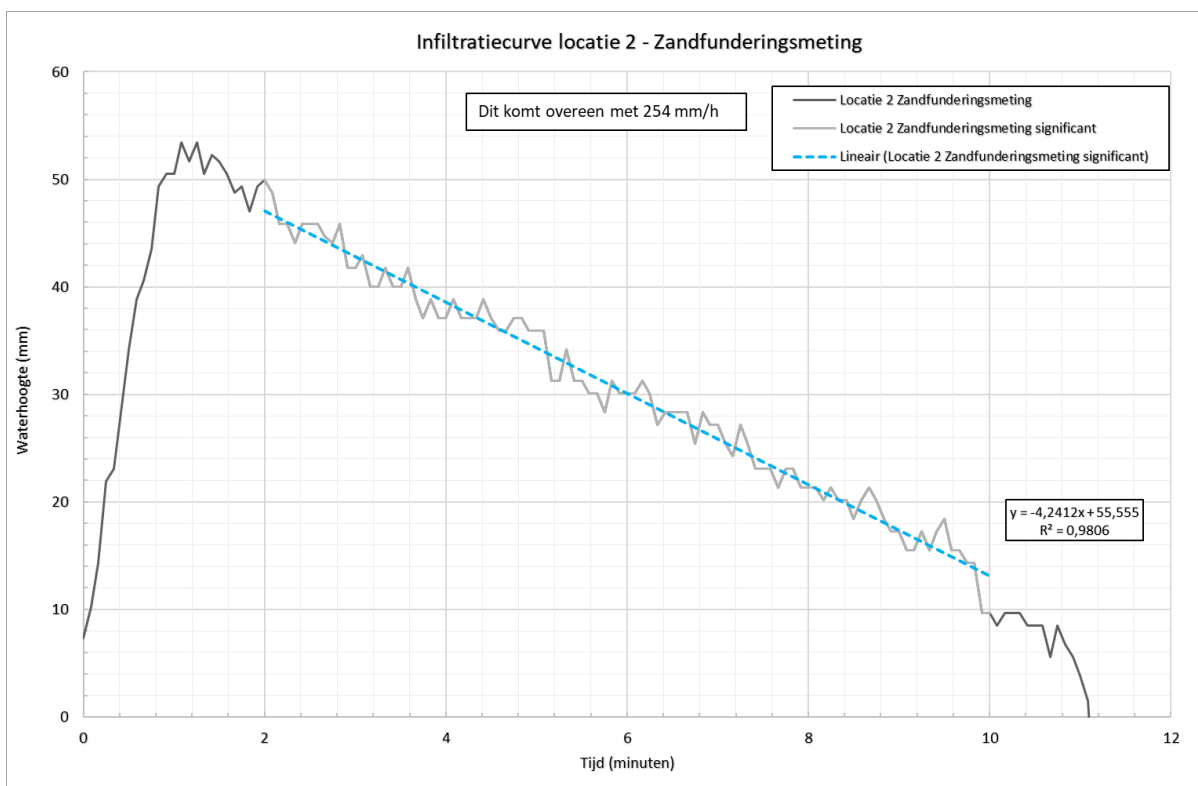
Figuur 3-15 zandfunderingstest Azuurweg vullen (Beerlandt, 2021k)

3.4.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

Deze test op de Azuurweg is uitgevoerd om te bekijken hoe het gedeelte onder de vlijlaag reageert. Mocht deze bijvoorbeeld een hoge infiltratiecapaciteit hebben, dan weten we dat een lagere infiltratiecapaciteit van de geteste systemen (Eco Rooster en Wadi's) te wijden is aan de toplaag van het systeem. De oppervlakte van het geteste gebied besloeg 4 stoeptegels. Dit komt neer op zo'n 0.36 m^2 . In de infiltratiecurves is te zien dat het water ongeveer 10 minuten nodig heeft gehad om volledig weg te infiltreren. Gezien het relatief kleinere oppervlak, kunnen de laterale infiltratiestromen meer meewegen.

Basisgegevens

Oppervlakte	0.36 m ²
Infiltratiesysteem	Zandbedfundering
Oppervlakte grasgroeivoorzieningen	-
Ondergrond	Zandgebied
Conditie	Naar behoren
Bomen/struiken	Geen overhangende bomen aanwezig
Verkeersbelasting	Trottoir
Helling	Verharding loopt licht hellend af richting een de straat
Testgegevens	
Infiltratiecapaciteit test 1	254 mm/h 7.06 · 10⁻⁵ m/s



Figuur 3-16 Infiltratiecurve locatie 2 Zandfunderingsmetingen

3.4.3 Conclusie

We zien hier dat de infiltratiecapaciteit een stuk hoger ligt dan die van de TTE roosters. Dit laat zien dat lagere waarden van deze roosters te wijden zijn aan de toplaag van het systeem. Dit zal waarschijnlijk komen door het dichtslibben van de laag.

3.5 Azuurweg – Wadi's

3.5.1 Visuele waarnemingen



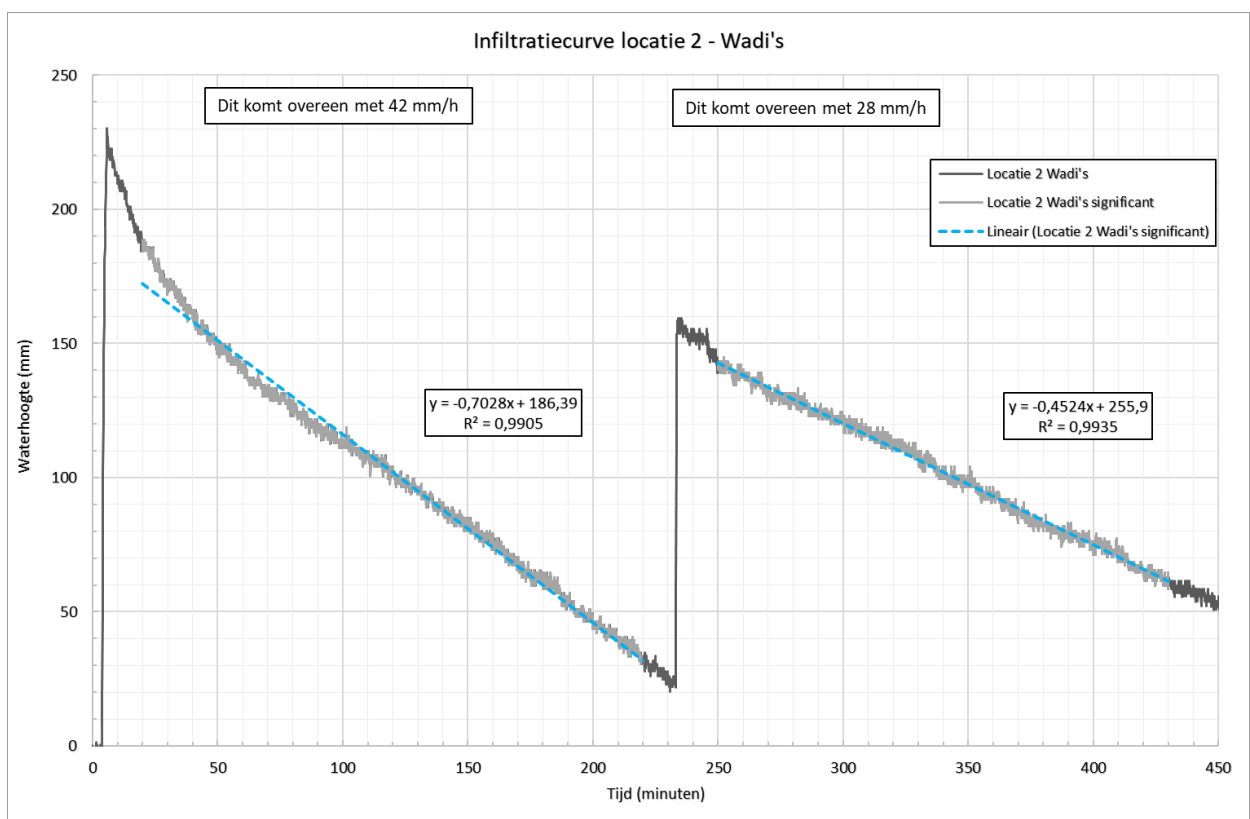
Figuur 3-17 Wadi's Azuurweg (Beerlandt, 2021u)

3.5.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

Naast de TTE Eco Plus Roosters bevonden zich in het veld verschillende wadi's. Hier zijn er twee van getest. Deze velden kunnen veel water vanuit de wijk bergen en infiltreren. Deze konden simpelweg worden gevuld door de water wagen zonder enige damconstructies. Helaas was er te weinig tijd om de wadi's volledig leeg te laten lopen. Gelukkig is er voor beide curves een duidelijk lineair verband te zien.

Basisgegevens

Oppervlakte	15-30 m ²	
Infiltratiesysteem		Wadi
Oppervlakte grasgroeivoorzieningen	100%	
Ondergrond		Zandgebied
Conditie	Conditie lijkt naar behoren, grond wat droog.	
Bomen/struiken		Overhangende bomen aanwezig
Verkeersbelasting		Geen
Helling		-
Testgegevens		
Infiltratiecapaciteit wadi 1	42 mm/h	$1.12 \cdot 10^{-5}$ m/s
Infiltratiecapaciteit wadi 2	28 mm/h	$7.78 \cdot 10^{-6}$ m/s



Figuur 3-18 Infiltratiecurve locatie 2 Wadi's

3.5.3 Conclusie

Voor deze testvoorziening houden we net als bij de Watershells geen rekening met de eis van 194 mm/h. Op het eerste zicht lijkt de infiltratiesnelheid voor deze voorziening zeer laag, maar dit is normaal voor dit type voorziening. Het idee van een wadi werkt perfect mee volgens het principe water bergen, vasthouden, afvoeren. Deze voorziening presteert daarom naar behoren.

3.6 Azuurweg - Watertuinen

3.6.1 Visuele waarnemingen



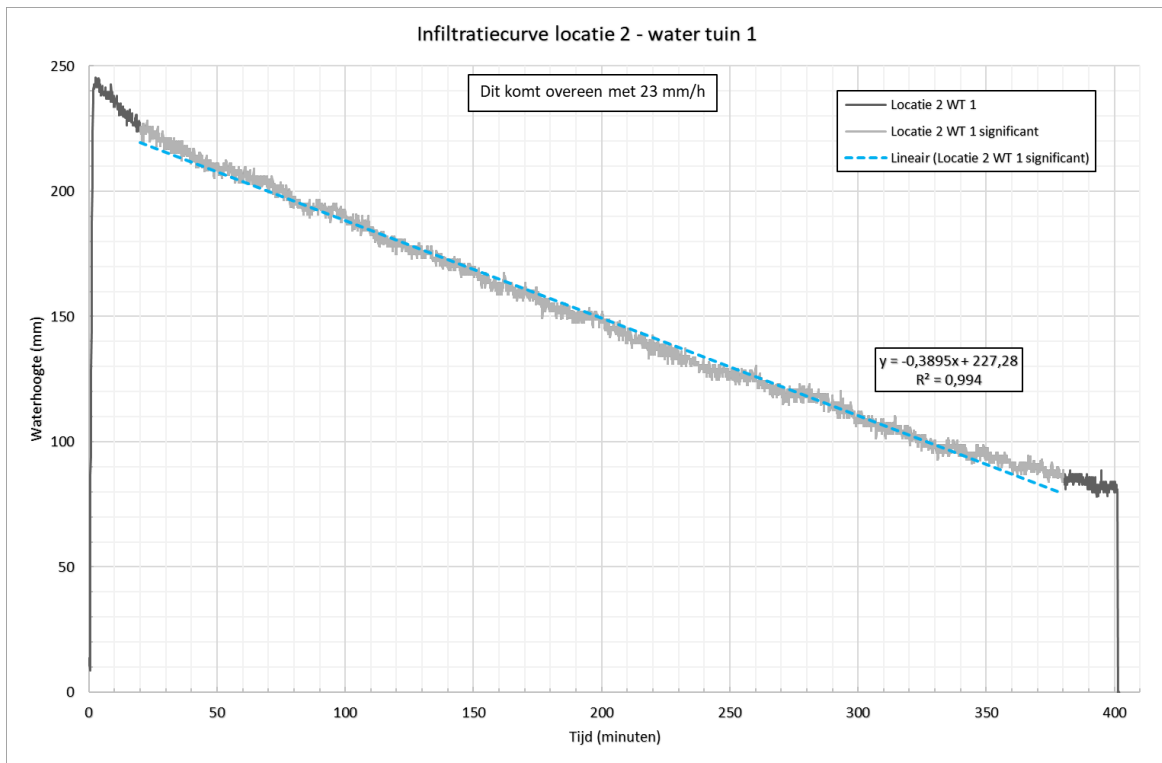
Figuur 3-19 Opgevulde regentuinen Azuurweg (Beerlandt, 2021j)

3.6.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

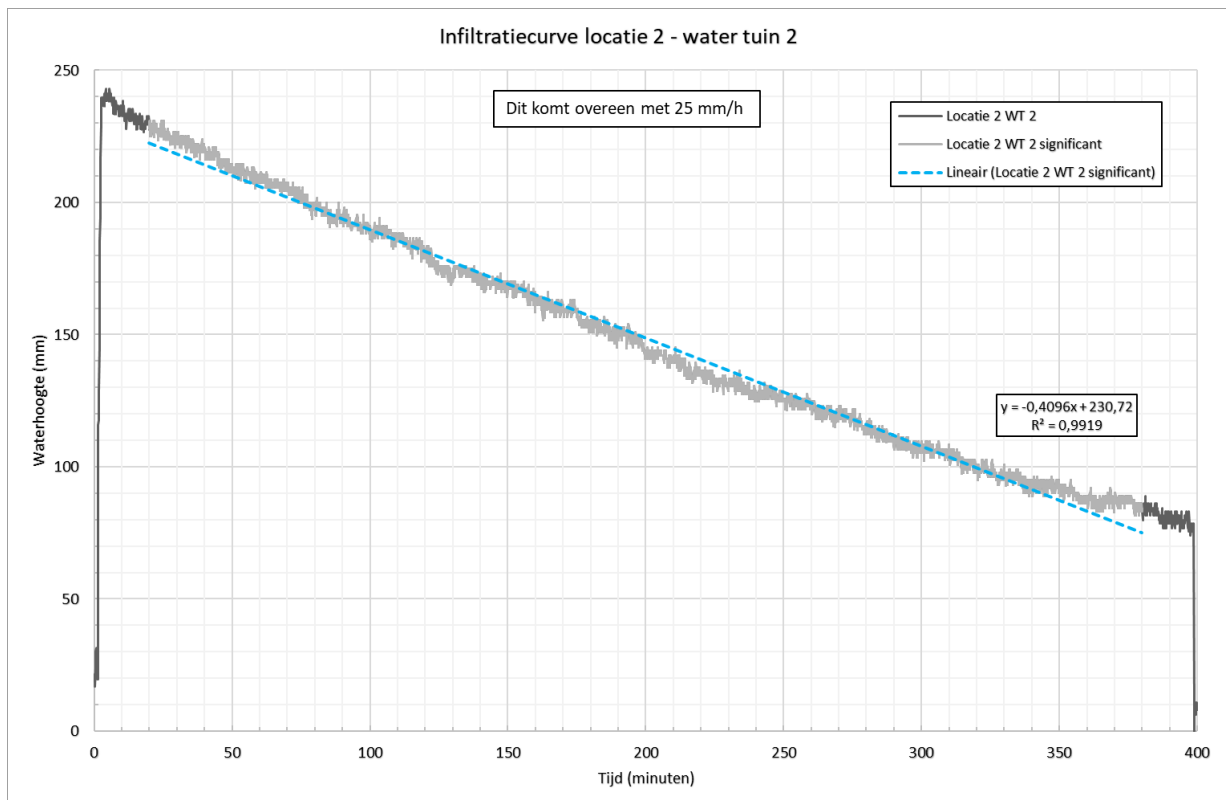
Ook gelegen aan de Azuurweg, waren zes watertuinen waarvan de begroeiing is gesnoeid. Deze watertuinen hadden elk een sterke helling en in het midden zat een overloop kolk. Ook zit er op elke watertuin aan de zijde van de weg een opening om het water van de straat in het systeem te kunnen laten lopen. Het oppervlakte van elke watertuin bedroeg $5.40 \times 3.40 = 17.68 \text{ m}^2$.

Basisgegevens

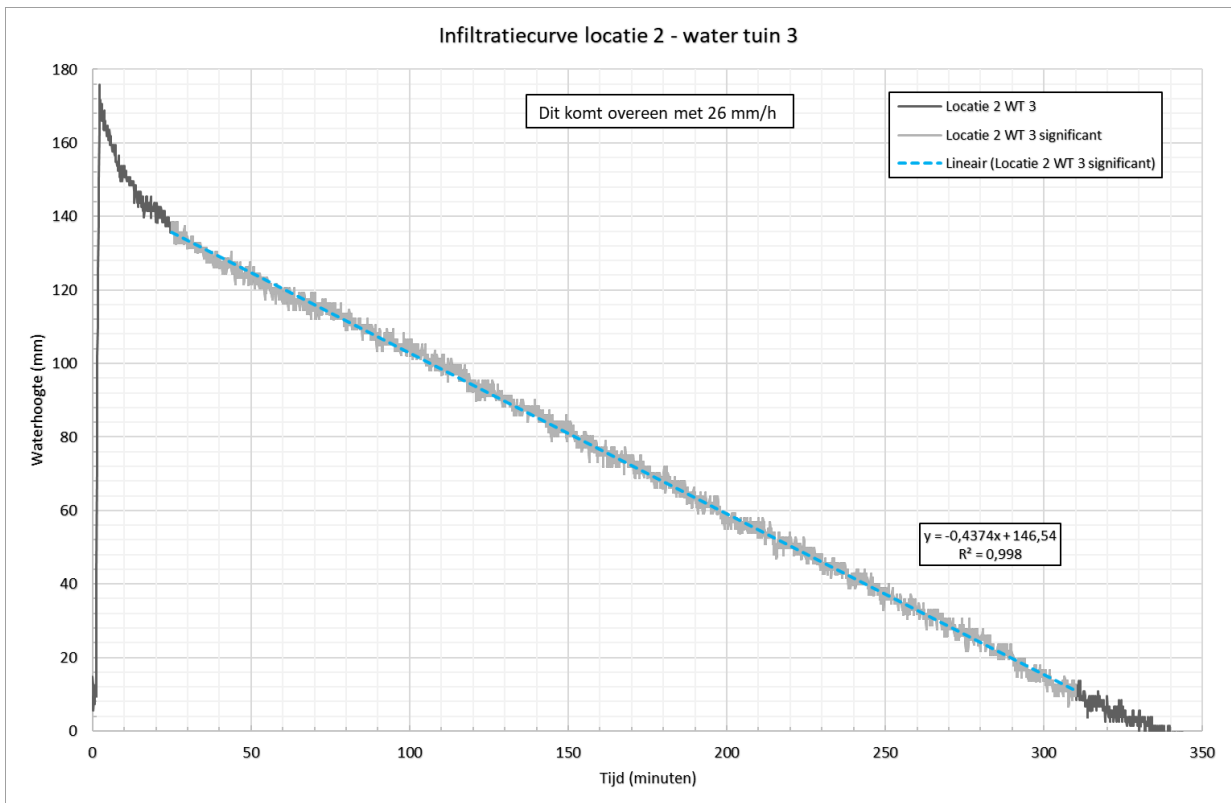
<i>Oppervlakte</i>	17.68 m ²	
<i>Infiltratiesysteem</i>		Watertuin
<i>Oppervlakte grasgroeivoorzieningen</i>	100%	
<i>Ondergrond</i>		Zandgebied
<i>Conditie</i>		Matige begroeiing, onlangs weggehaald
<i>Bomen/struiken</i>		Geen overhangende bomen aanwezig
<i>Verkeersbelasting</i>		Geen
<i>Helling</i>		Ondergrond loopt hellend af richting de straat
Testgegevens		
<i>Infiltratiecapaciteit watertuin 1</i>	23 mm/h	$3.14 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Infiltratiecapaciteit watertuin 2</i>	25 mm/h	$2.83 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Infiltratiecapaciteit watertuin 3</i>	26 mm/h	$2.98 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Infiltratiecapaciteit watertuin 4</i>	62 mm/h	$1.19 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Infiltratiecapaciteit saturatie watertuin 4</i>	36 mm/h	$1.16 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Afname infiltratie na saturatie</i>	42 %	$2.98 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Infiltratiecapaciteit watertuin 5</i>	70 mm/h	$1.19 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Infiltratiecapaciteit saturatie watertuin 5</i>	40 mm/h	$1.16 \cdot 10^{-5}$ m/s
<i>Afname infiltratie na saturatie</i>	43%	
<i>Infiltratiecapaciteit watertuin 6</i>	41 mm/h	$2.98 \cdot 10^{-5}$ m/s



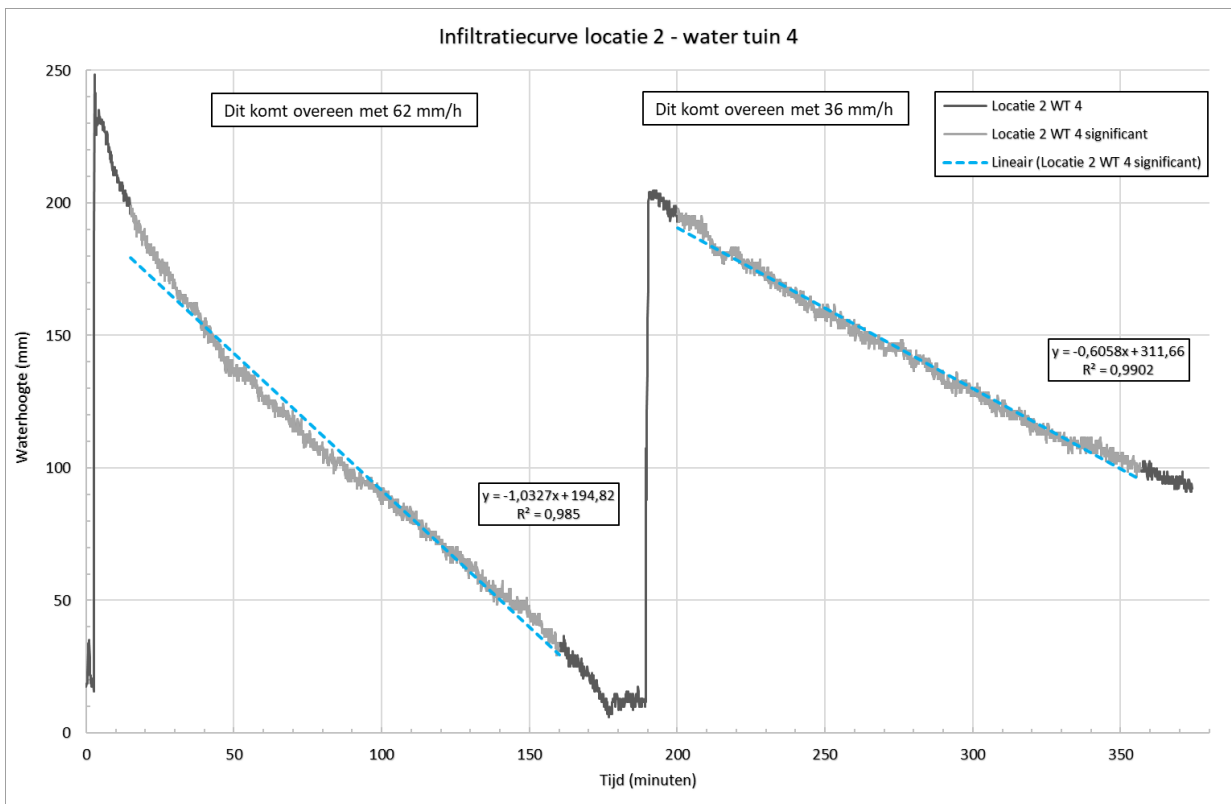
Figuur 3-20 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 1



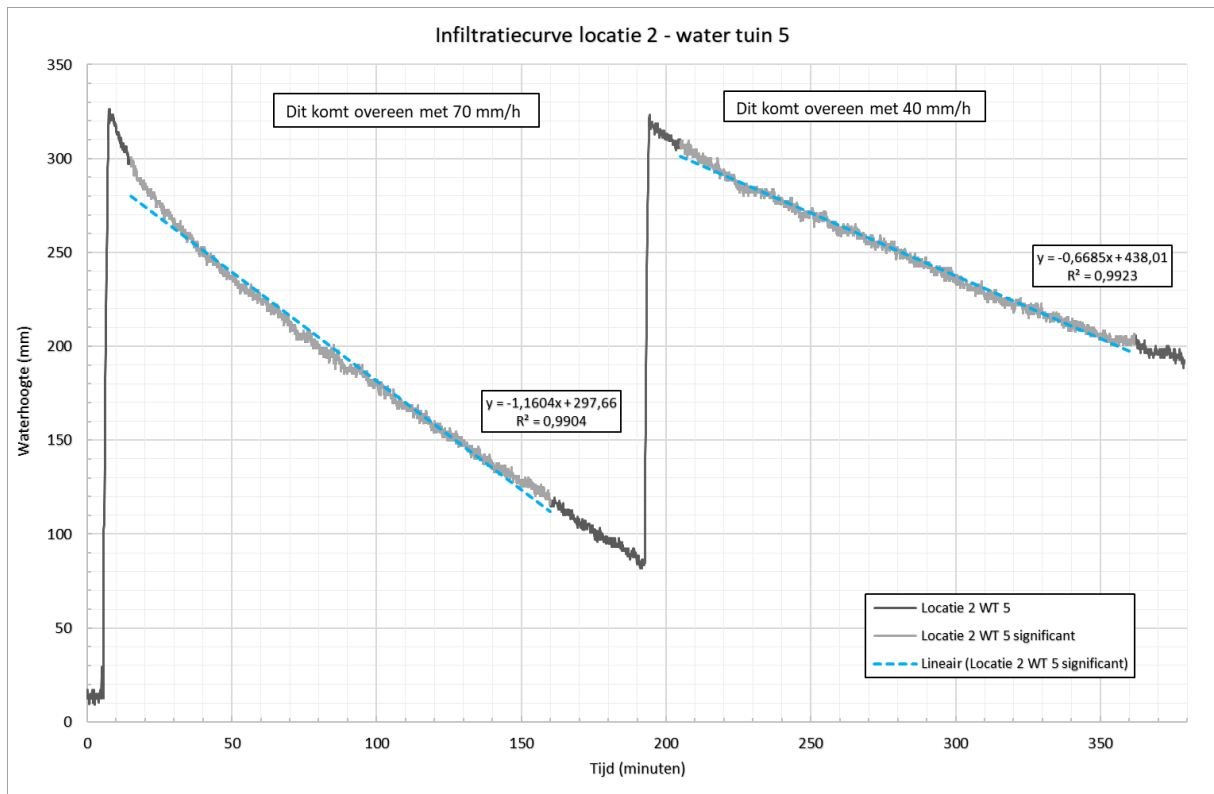
Figuur 3-21 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 2



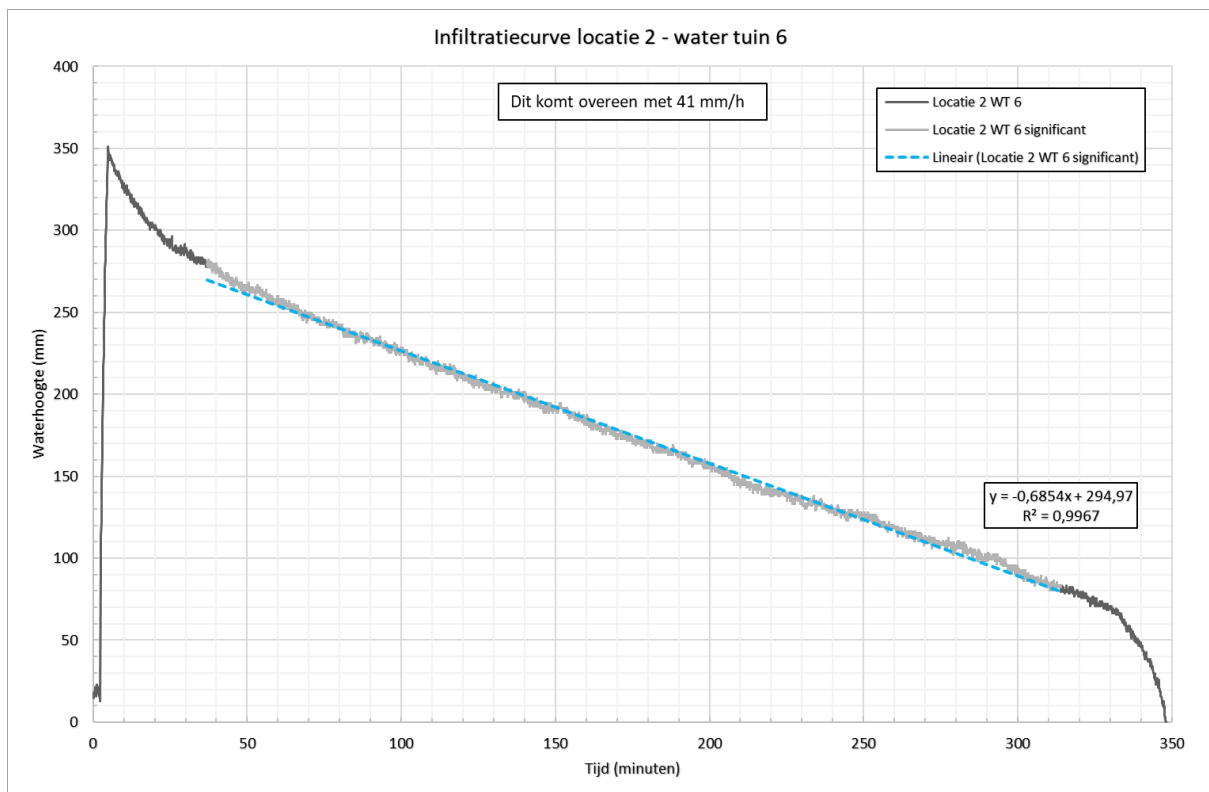
Figuur 3-22 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 3



Figuur 3-23 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 4



Figuur 3-24 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 5



Figuur 3-25 Infiltratiecurve locatie 2 water tuin 6

3.6.3 Conclusie

Voor deze testvoorziening houden we net als bij de Watershells geen rekening met de eis van 194 mm/h. Op het eerste zicht lijkt de infiltratiesnelheid voor deze voorziening zeer laag, maar dit is normaal voor dit type voorziening. Het idee van een watertuin werkt perfect mee volgens het principe water bergen, vasthouden, afvoeren. Deze voorziening presteert daarom naar behoren.

Opvallend is dat de watertuinen verschillend reageren. Watertuin 1 tot en met 3 hebben ongeveer dezelfde infiltratiecapaciteit. Watertuin 6 heeft een iets hogere capaciteit. Watertuin 4 en 5 hebben een nog hogere capaciteit. Hierdoor was het mogelijk om een tweede test uit te voeren. Hier zien we dat de afname na saturatie nagenoeg gelijk is.

Ondanks de verschillen in infiltratiecapaciteit was er geen direct verschil waar te nemen in de compactheid van de ondergrond. Afhankelijk van hoe het wegdek lateraal afloopt kan het natuurlijk dat watertuin 4 en 5 minder te verwerken krijgen en hierdoor dichtslibben nog geen probleem is. Een andere mogelijk oorzaak kan vervuiling zijn van de buurtbewoners. Bijvoorbeeld het dumpen van kattenbakvulling.

3.7 Kruizemuntweg – doorgroeibare verharding

3.7.1 Visuele waarnemingen



Figuur 3-27 Proefopstelling (Beerlandt, 2021k)



Figuur 3-26 Close up Lineo tegels (Beerlandt, 2021n)

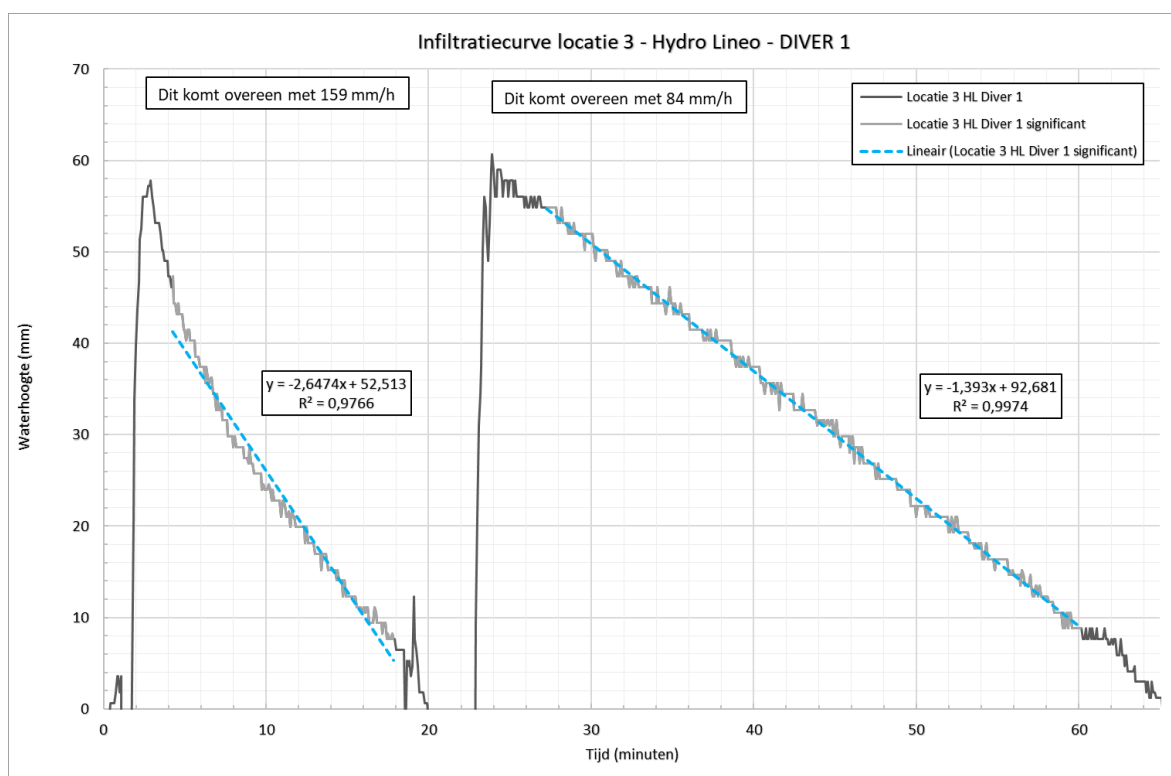
Op deze locatie zijn er ongeveer drie parkeervakken afgesloten met dammen. De voegen waren redelijk breed en goed gevuld met gras. Tijdens de eerste proef was een goede infiltratie te zien met het blote oog. Bij de tweede test werd dit beduidend minder.

3.7.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

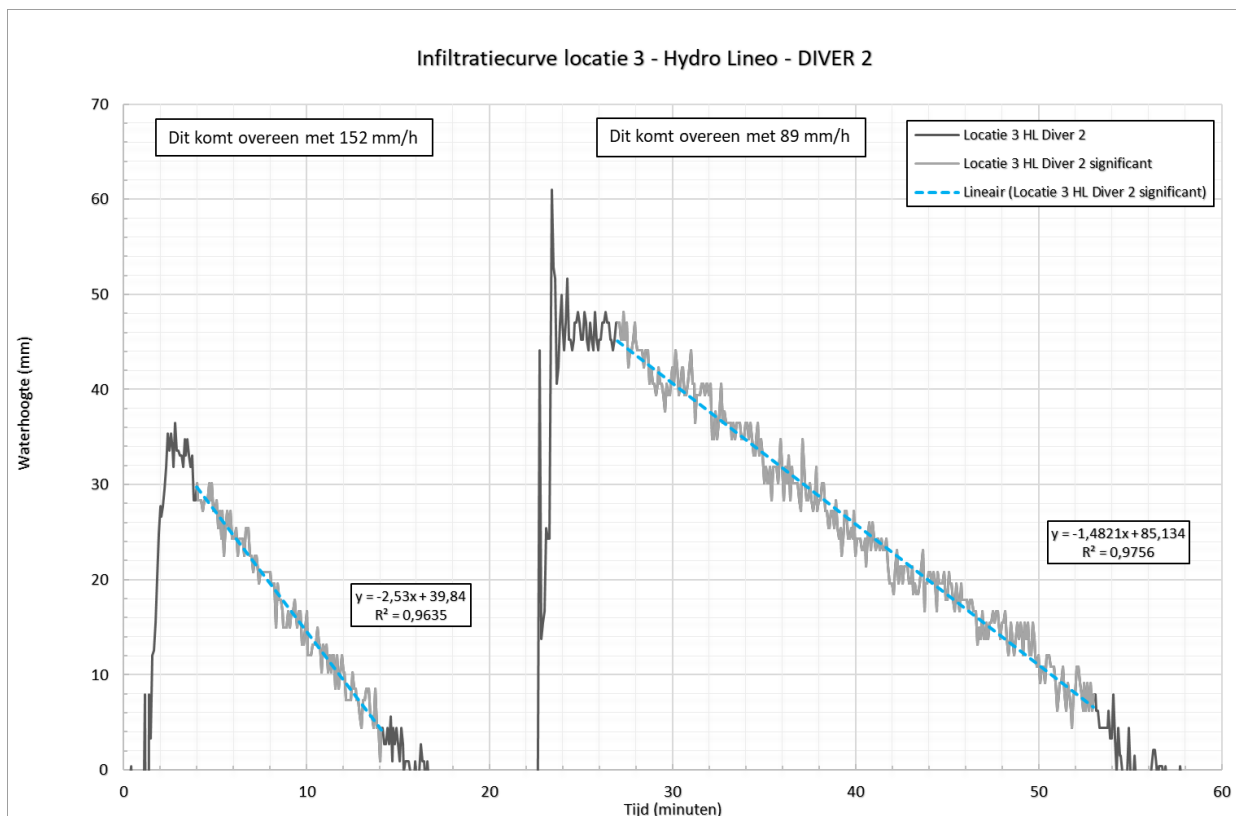
De locatie op de Kruizemuntweg heeft een kleine helling richting het gras. Hierdoor was het nodig om enkel drie zijden dicht te bouwen. Vervolgens kon het vak gevuld worden en de infiltratiecapaciteit gemeten worden. De oppervlakte van het afgesloten wegdek was 28.00 m². In de infiltratiecurves is te zien dat het water ongeveer 20 minuten nodig heeft gehad om volledig weg te infiltreren. Tijdens deze proef waren er weinig lekverliezen aanwezig. Voor dit testvlak hebben wij ook de tijd genomen om te onderzoeken wat de invloed is van saturatie.

Tabel 3-3 Proefgegevens Kruisemuntweg Hydro Lineo

Basisgegevens		
Oppervlakte	28.00 m ²	
Infiltratiesysteem		Grasklinker Hydro Lineo
Oppervlakte grasgroei voorzieningen	0%/22%/40%	
Ondergrond		Zandgebied
Conditie		Staat ziet er naar behoren uit
Bomen/struiken		Overhangende bomen aanwezig, grasveld met wadi ernaast
Verkeersbelasting		Parkeervakken
Helling		Lichte helling
Testgegevens		
Infiltratiecapaciteit test 1 Diver 1	159 mm/h	$4.42 \cdot 10^{-5}$ m/s
Infiltratiecapaciteit test 1 Diver 2	152 mm/h	$4.42 \cdot 10^{-5}$ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	155.5 mm/h	$4.32 \cdot 10^{-5}$ m/s
Infiltratiecapaciteit saturatie test 2 Diver 1	84 mm/h	$2.33 \cdot 10^{-5}$ m/s
Infiltratiecapaciteit saturatie test 2 Diver 2	89 mm/h	$2.47 \cdot 10^{-5}$ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	86.5 mm/h	$2.40 \cdot 10^{-5}$ m/s
Afname infiltratie na saturatie	41-47 %	



Figuur 3-28 Infiltratiecurve locatie 3 Hydro Lineo Diver 1



Figuur 3-29 Infiltratiecurve locatie 3 Hydro Lineo Diver 2

3.7.3 Conclusie

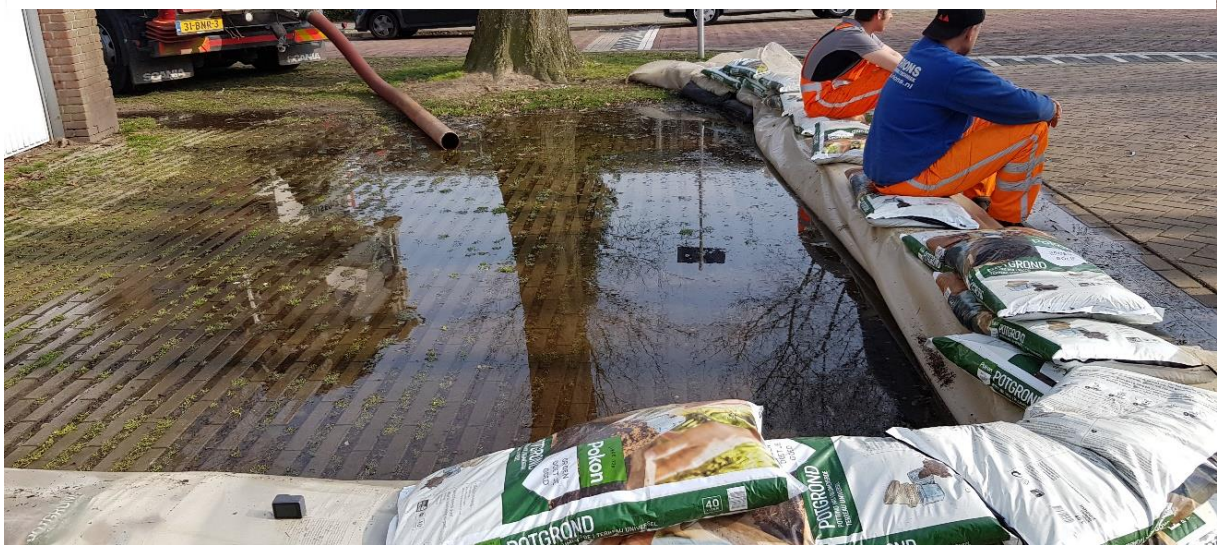
Deze testlocatie voldoet niet aan de eis van 194 mm/h. In de praktijk zagen we dat in het begin de verharding goed infiltreerde maar bij de tweede vulling dit al een heel stuk minder werd. Het hyperbolisch verband is hier moeilijker terug te vinden maar saturatie blijkt ook hier partte te spelen. Het is zelfs niet volledig zeker of hier saturatie al bereikt is. Over het korte interval daalt de infiltratiecapaciteit tot wel 47%. Op zich zal dit voor deze locatie geen groot probleem vormen daar het water snel zal aflopen naar de naastgelegen groene vlaktes en wadi's. Moest de gemeente toch de infiltratiecapaciteit willen verhogen van de verharding valt het hier aan te raden om te werken met een meer ingrijpende onderhoudsmethode. Anders dan vorige locaties zag de locatie naargelang grasgroei er al veel beter uit.

3.8 Europalaan – doorgroeibare verharding

3.8.1 Visuele waarnemingen



Figuur 3-30 proefopstelling leeg Europalaan (Beerlandt, 2021l)



Figuur 3-31 proefopstelling gevuld Europalaan (Beerlandt, 2021m)

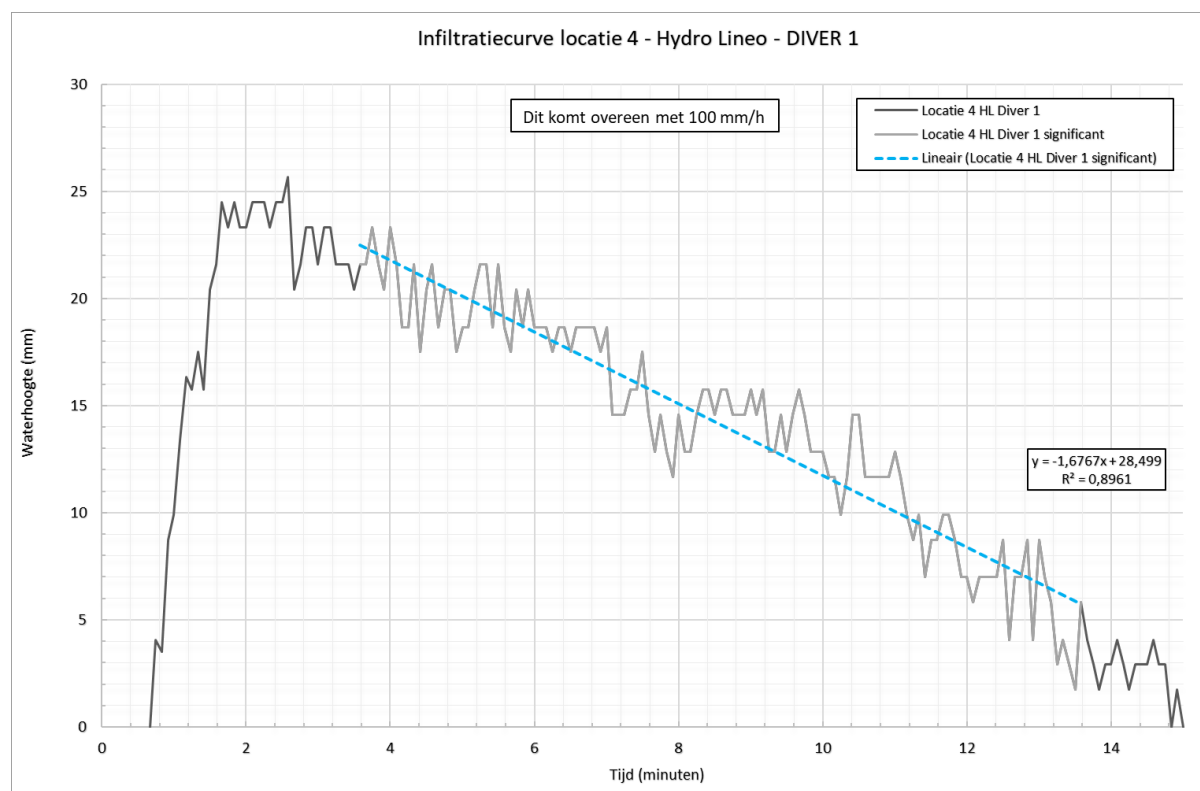
Ook bij de locatie op de Europalaan was een helling aanwezig zodat niet alle zijden moesten worden afgedamd. Naast het oppervlak stond een boom. Deze kan de infiltratiecapaciteit bevorderen door opname van water door de wortels. Ook kan de boom voor een hogere porositeit zorgen. De structuur van de verharding bestaat uit klinkers met open voegen over de gehele lengte gelijkaardig aan die van de Kruizemuntsweg.

3.8.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

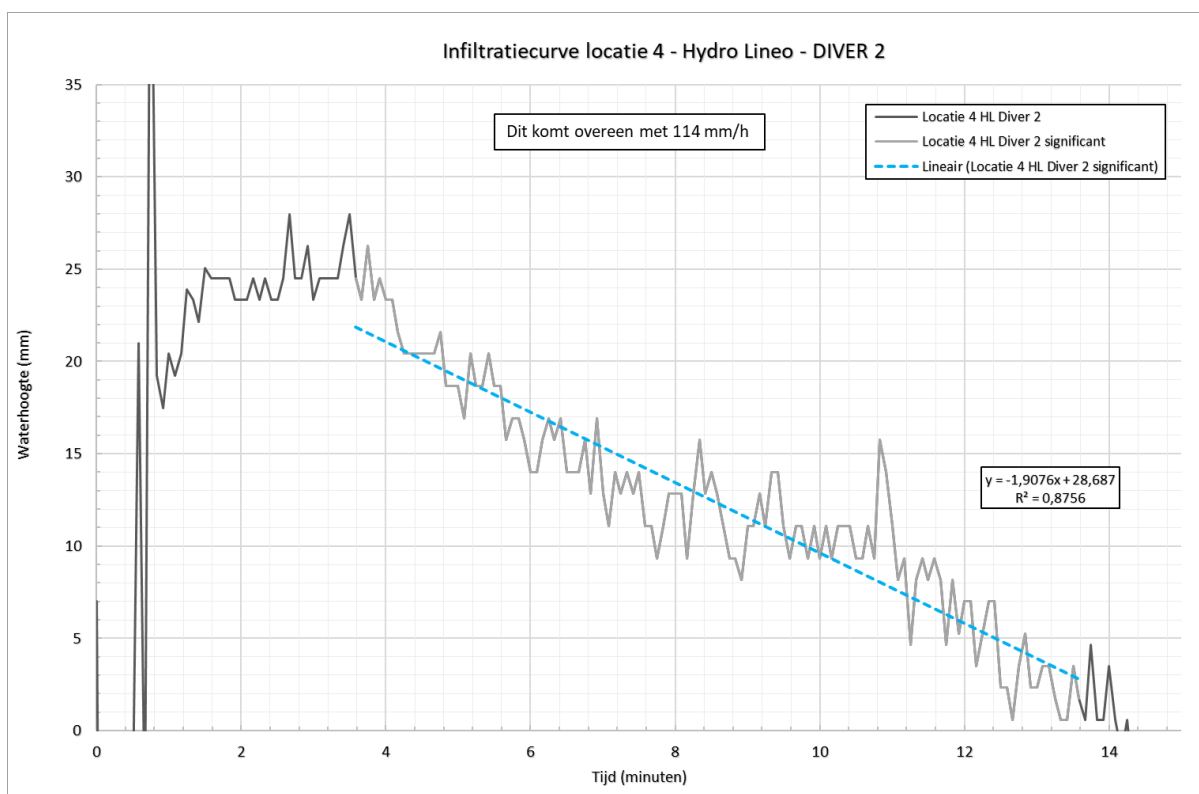
De oppervlakte van het afgesloten wegdek was 22.50 m². In de infiltratiecurves is te zien dat het water ongeveer 15 minuten nodig heeft gehad om volledig weg te infiltreren. Het nadeel bij deze proef was dat er veel lekverliezen aanwezig waren.

Basisgegevens		
Oppervlakte	22.50 m ²	
Infiltratiesysteem		Hydro Lineo
Oppervlakte grasgroeivoorzieningen	40%	
Ondergrond		Zandgebied
Conditie		Staat ziet er naar behoren uit
Bomen/struiken		Overhangende bomen aanwezig
Verkeersbelasting		Parkeervakken
Helling		Lichte helling
Testgegevens		
Infiltratiecapaciteit diver 1	100 mm/h	2.78*10 ⁻⁵ m/s
Infiltratiecapaciteit diver 2	114 mm/h	3.17*10 ⁻⁵ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	107 mm/h	2.97*10 ⁻⁵ m/s

Tabel 3-4 Proefgegevens Europalaan Hydro Lineo



Figuur 3-32 Infiltratiecurve locatie 4 Hydro Lineo Diver 1



Figuur 3-33 Infiltratiecurve locatie 4 Hydro Lineo Diver 2

3.8.3 Conclusie

Deze testlocatie voldoet niet aan de eis van 194 mm/h. Bij deze test waren er ook lekdebieten aanwezig waardoor de verkregen waarden nog aan de positieve kant zijn en moesten er geen lekverliezen zijn, deze nog negatiever zouden uitkomen. Deze lekdebieten zien we ook een invloed hebben op de gegevens in de grafiek. Het infiltratieverloop is zeer schokkerig wat zich ook vertaalt in een lagere waarde van R^2 . Op zich zal dit voor deze locatie geen groot probleem zijn daar er kolken aanwezig zijn. Moest de gemeente toch de infiltratiecapaciteit willen verhogen van de verharding valt het hier aan te raden om te werken met een meer ingrijpende onderhoudsmethode.

3.9 Ankeveenstraat – doorgroeibare verharding

3.9.1 Visuele waarnemingen



Figuur 3-34 proefopstelling vol Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021c)



Figuur 3-35 proefopstelling leeg Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021d)

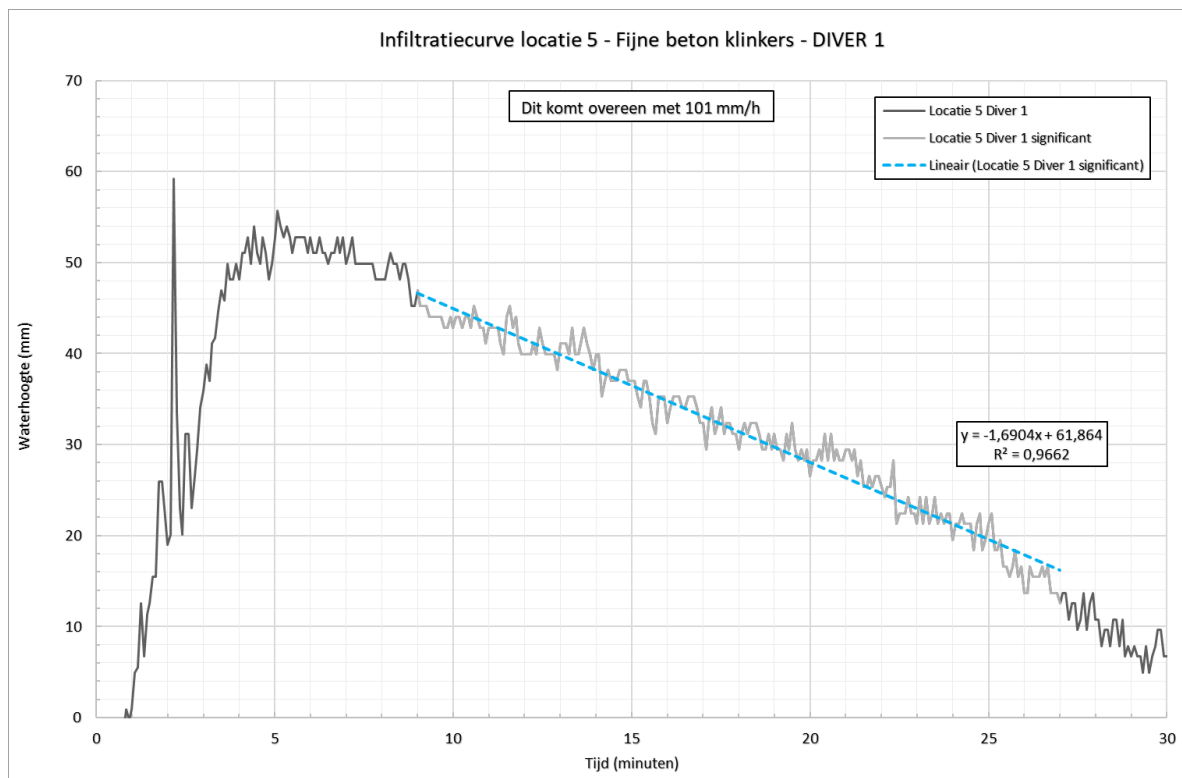
Op deze locatie zijn er twee parkeervakken afgesloten met dammen. Doordat er een helling aanwezig was moesten er maar drie zijden afgezet worden. Langs deze baan was er veel variabiliteit in proefvakken. Enerzijds waren er goed onderhouden plekken met veel grasgroei en anderzijds plekken waar de vulling zeer compact was en gras nihil was. Er is gekozen om een parkeervak met veel gras te testen.

3.9.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

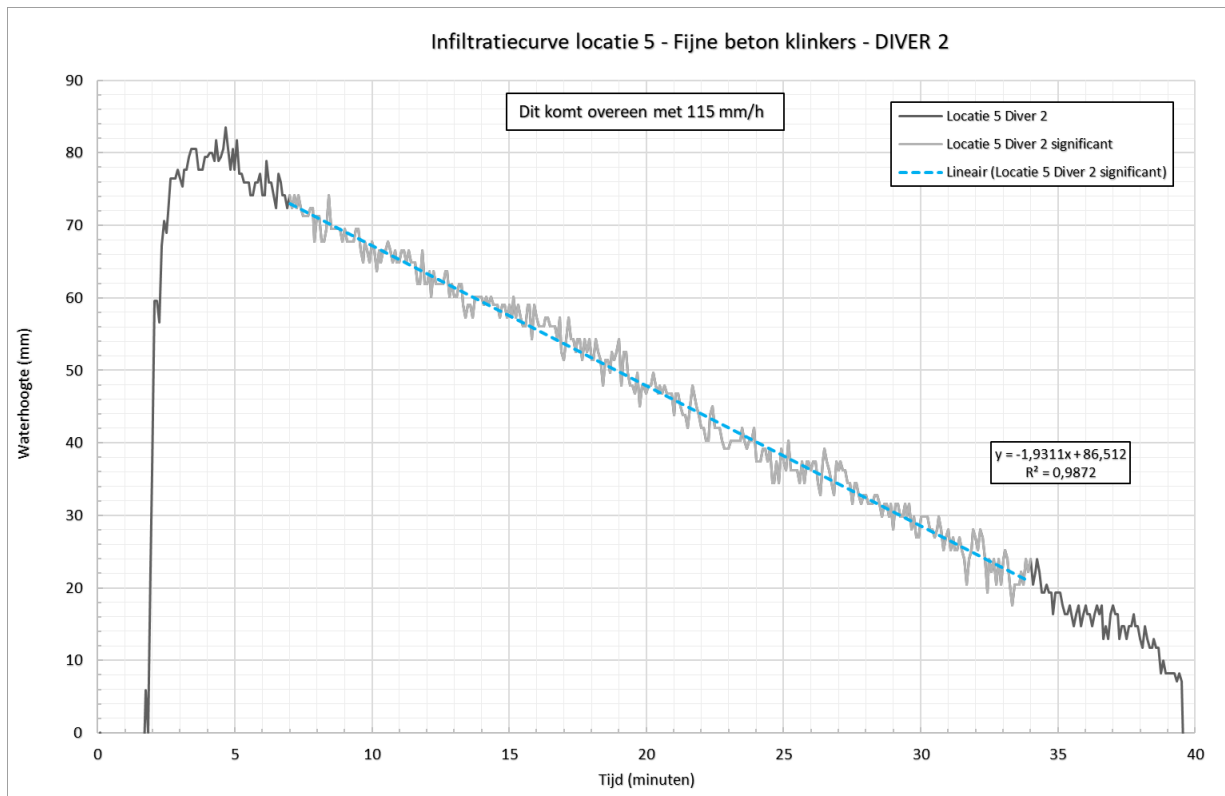
De oppervlakte van het afgesloten wegdek was 12,5 m². Bij dit proefvak verliep de opzet zeer soepel en waren er nagenoeg geen lekverliezen. De proef zelf verliep zeer traag en met het blote oog konden we al vaststellen dat de infiltratiecapaciteit zeer laag zou liggen.

Basisgegevens		
Oppervlakte	12,50 m ²	
Infiltratiesysteem		Betonklinkers met voegen
Oppervlakte grasgroeivoorzieningen	20-30%	
Ondergrond		Zandgebied
Conditie		Parkeervak onregelmatig begroeid
Bomen/struiken		Ligt naast een wadi
Verkeersbelasting		Parkeervakken
Helling		Lichte helling
Testgegevens		
Infiltratiecapaciteit test 1	101 mm/h	2,80*10 ⁻⁵ m/s
Infiltratiecapaciteit test 2	115 mm/h	3,19*10 ⁻⁵ m/s
Gemiddelde Infiltratiecapaciteit	108 mm/h	3,00*10 ⁻⁵ m/s

Tabel 3-5 Proefgegevens Europalaan Hydro Lineo



Figuur 3-36 Infiltratiecurve locatie 5 Fijne beton klinkers Diver 1



Figuur 3-37 Infiltratiecurve locatie 5 Fijne beton klinkers Diver 2

3.9.3 Conclusie

Deze testlocatie voldoet niet aan de eis van 194 mm/h. Deze ligt zelf zeer laag. Dit zal waarschijnlijk eerder aan de ouderdom liggen van de bestrating en het mogelijks dichtslibben van de onderliggende lagen. Op zich zal dit voor deze locatie geen groot probleem vormen daar het water snel zal aflopen naar de naastgelegen groene vlaktes en wadi's. Bovendien zal die een storm terugkerend eens in de 20 jaar van 24 mm in 15 minuten goed aankunnen.

3.10 Ankeveenstraat – Zandbedfundering

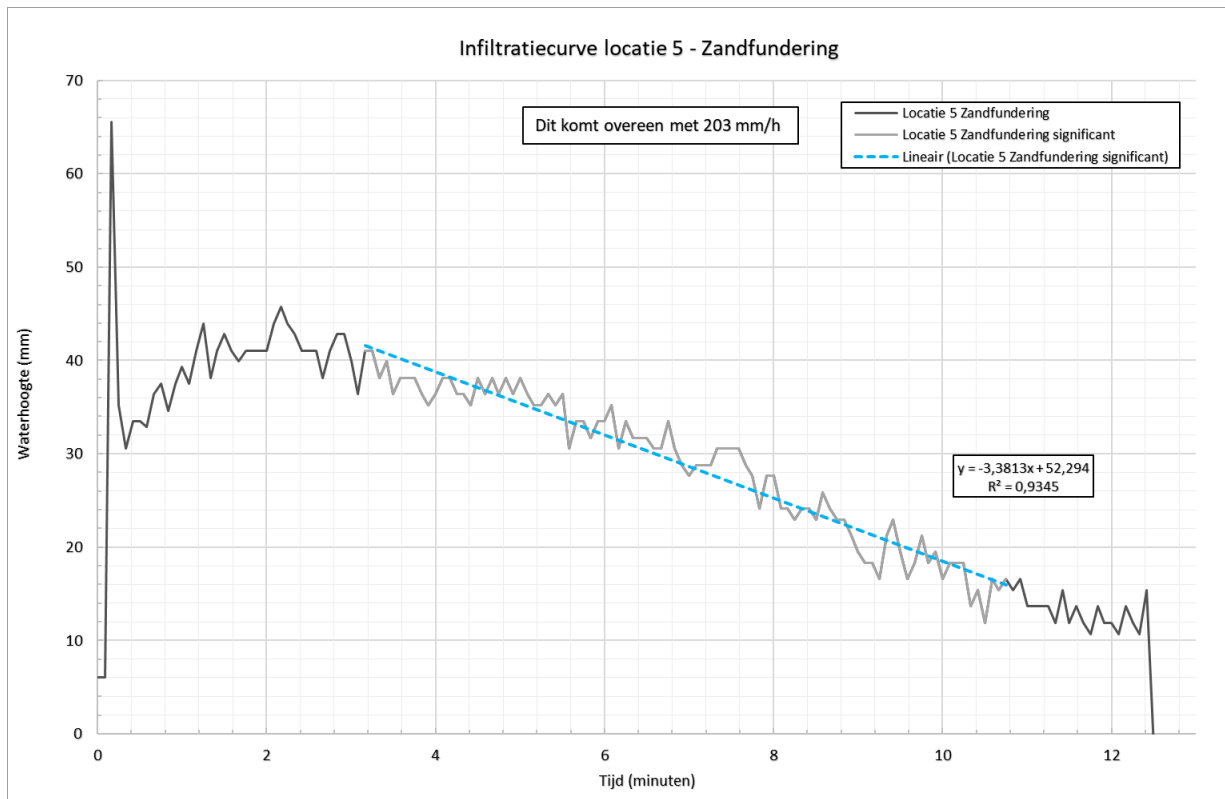
3.10.1 Visuele waarnemingen



Figuur 3-38 Funderingstest Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021a)

3.10.2 Infiltratiecapaciteit FSIT

Deze test op de Ankeveenstraat is uitgevoerd om te bekijken hoe het gedeelte onder de vlijlaag reageert. Mocht deze bijvoorbeeld een hoge infiltratiecapaciteit hebben, dan weten we dat een lagere infiltratiecapaciteit van de geteste systemen (Eco Rooster en Wadi's) te wijden is aan de toplaag van het systeem. De oppervlakte van het geteste gebied besloeg 4 klinkers en de aansluitende open voegen. Dit komt neer op zo'n 0.04 m². In de infiltratiecurves is te zien dat het water ongeveer 9 minuten nodig heeft gehad om volledig weg te infiltreren. Gezien het relatief kleinere oppervlak, kunnen de laterale infiltratiestromen meer meewegen.



Figuur 3-39 Infiltratiecurve locatie 5 Zandfunderingsmeting

3.10.3 Conclusie

We zien hier dat ook hier de infiltratiecapaciteit een stuk hoger ligt dan die van de doorgroeibare verharding in de Ankeveenstraat. Dit laat zien dat lagere waarden van de doorgroeibare verharding te wijden zijn aan de toplaag van het systeem. Dit zal waarschijnlijk komen door het dichtslibben van de laag.

4 Conclusie

Studenten van de TU Delft en KU Leuven, de gemeente Tilburg en Deltares hebben onderzoek verricht naar de infiltratiecapaciteit van doorlatende verhardingen en andere infiltratiesystemen in Tilburg. Deze proeven zijn uitgevoerd op 3 maart 2021. Het onderzoek is verricht om meer kennis te vergaren omtrent de infiltratiecapaciteit van deze systemen wanneer deze al enkele jaren in gebruik is geweest. Daarnaast is ook de doorlatendheid van de meest voorkomende ondergrond in kaart gebracht.

Het is gelukt om bij elk systeem de huidige infiltratiecapaciteit in onverzadigde situatie te vinden. Ook is in sommige situaties de verzadigde infiltratiecapaciteit gevonden.

We zien dat de waardes van de zandbedfundering erg hoog liggen. Hier kan er dus vastgesteld worden dat er geen belemmeringen zijn in dit deel van de grond. Over het algemeen hebben de systemen geïnfiltreerd naar behoren. Maar niet meer volgens de eis van 194 mm/h, maar het gaat dan ook niet meer over nieuwe bestratingen.

Daarom is het beter om in dit geval rekening te houden met $2,7 \times 10^{-5}$ m/s oftewel 97 mm/h. Elke bestrating voldoet hier aan in de niet-gesatureerde toestand maar bij de systemen waar we op saturatie testen niet. Meeste van de systemen bevinden zich dan ook relatief dicht bij deze waarde. Periodes van langdurige heftige buien kunnen hier dan ook een probleem vormen. Desalniettemin zijn alle systemen wel beschermd door naastgelegen groene vlaktes of kolken. Voor de huidige systemen wordt aangeraden om een andere onderhoudstechniek aan te nemen. Hierbij zal de grasgroei zich kunnen herontwikkelen en de infiltratie van het systeem verlengen.

Meetresultaten	<i>Gemiddelde infiltratie mm/h</i>	<i>Saturatie infiltratie mm/h</i>	<i>Ouderdom (jaar)</i>
<i>Sabelhof – doorgroeibare verharding</i>	155	-	9
<i>Sabelhof – watershells</i>	27	-	9
<i>Azuurweg – doorgroeibare verharding</i>	108	43	3
<i>Azuurweg – wadi's</i>	35	-	3
<i>Azuurweg – watertuinen</i>	41	45	3
<i>Kruizemuntweg – doorgroeibare verh..</i>	155.5	87	4
<i>Europalaan – doorgroeibare verharding</i>	107	-	4
<i>Ankeveenstraat – doorgroeibare verh.</i>	108	-	16

5 Bibliografie

- Beerlandt, J. (2021a). *Ankeveenstraat fundering test 1.*
- Beerlandt, J. (2021b). *Ankeveenstraat test 1.*
- Beerlandt, J. (2021c). *Ankeveenstraat test 2.*
- Beerlandt, J. (2021d). *Azuurweg TTE test 1.*
- Beerlandt, J. (2021e). *Azuurweg TTE test 2.*
- Beerlandt, J. (2021f). *Azuurweg TTE test 3.*
- Beerlandt, J. (2021g). *Azuurweg TTE test 4.*
- Beerlandt, J. (2021h). *Azuurweg Wadi grondboring.*
- Beerlandt, J. (2021i). *Azuurweg watertuinen test 1.*
- Beerlandt, J. (2021j). *Azuurweg watertuinen test 2.*
- Beerlandt, J. (2021k). *Azuurweg zandfunderingstest 2.*
- Beerlandt, J. (2021l). *Europalaan test 1.*
- Beerlandt, J. (2021m). *Europalaan test 2.*
- Beerlandt, J. (2021n). *Kruizemuntsweg test 2.*
- Beerlandt, J. (2021o). *Kruizemuntweg test 1.*
- Beerlandt, J. (2021p). *Sabelhof test 1.*
- Beerlandt, J. (2021q). *Sabelhof test 2.*
- Beerlandt, J. (2021r). *Sabelhof test 3.*
- Beerlandt, J. (2021s). *Sabelhof test 4.*
- Beerlandt, J. (2021t). *Sabelhof test 5.*
- Beerlandt, J. (2021u). *Wadi's Azuurweg.*
- Civil Support. (2010a). *Azuurweg detail Nieuw. 2007(12), 1-2.*
- Civil Support. (2010b). *Azuurweg noord dwarsprofiel A - A Azuurweg oost dwarsprofiel B - B Kornalijnhof dwarsprofiel E - E Violethof dwarsprofiel F - F Azuurweg zuid dwarsprofiel C - C Azuurweg flats dwarsprofiel D - D Okerhof dwarsprofiel G - G Voetpad dwarsprofiel G - G gemeen. 1410.*
- Civil Support. (2017a). *Appartementen Kruizemuntweg dwarsprofiel A - A*

Valeriaanhof dwarsprofiel D - D Kruizemuntweg noord dwarsprofiel B - B Kruizemuntweg oost dwarsprofiel C - C Kruizemuntweg t . p . v . hof gemeente Tilburg. 1326.

Civil Support. (2017b). *Overzichtsplan Kruizemuntweg Nieuwe toestand.*

Dano, E. (2019). *Grasbetontegels Materiaalbeschrijving.*
<https://www.febe.be/frontend/files/userfiles/files/AnderePublicaties/publication-techniques/Grasdallen.pdf>

Google. (2021a). *Ankeveenstraat - Google Maps.*
<https://www.google.com/maps/place/Ankeveenstraat,+5036+CB+Tilburg,+Nederland/@51.5699888,5.0088125,542m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47c6bd8cf6bd252f:0x9210912927d7e9b7!8m2!3d51.5699798!4d5.0117048>

Google. (2021b). *Azuurweg - Google Maps.*
<https://www.google.be/maps/place/Azuurweg,+Tilburg,+Nederland/@51.5747776,5.0425636,440m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47c6be003b1bd42f:0xe066ae43c84792d1!8m2!3d51.5743855!4d5.0445218?hl=nl&authuser=0>

Google. (2021c). *Europalaan - Google Maps.*
<https://www.google.be/maps/place/Europalaan,+Tilburg,+Nederland/@51.5709309,5.0434892,756m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47c6be016f4dd17b:0x953428b0f1d867d6!8m2!3d51.5716663!4d5.0461039?hl=nl&authuser=0>

Google. (2021d). *Kruizemuntweg - Google Maps.*
<https://www.google.be/maps/place/Kruizemuntweg,+Tilburg,+Nederland/@51.5793497,5.0414157,755m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47c69600a3daa405:0x6833b661248f9dae!8m2!3d51.5799976!4d5.0418497?hl=nl&authuser=0>

Google. (2021e). *Sabelhof - Google Maps.*
<https://www.google.be/maps/place/Sabelhof,+5044+KP+Tilburg,+Nederland/@51.5752858,5.0407634,344m/data=!3m1!1e3!4m8!1m2!2m1!1ssabelhof!3m4!1s0x47c6be00035f781b:0x94f0e94d67b69c78!8m2!3d51.575235!4d5.0419868?hl=nl&authuser=0>

Openbare werken Tilburg. (2004). *Ankeveenstraat Witbrand Oost Woonrijp maken. 1.*

Plein Civiel. (2017a). *Detail aansluiting trap-trottoir flat Dwarsprofiel 1-1 Voorbereiding groot onderhoud Europalaan. 2017.*

Plein Civiel. (2017b). *Europalaan aanlegtekening. 3.*

Tilburg, G. (2012). *Sabelhof infiltratievoorziening 120048_rev1.*

Van Der Meulen, R. (2019). *TTE protecting the grass.*
<https://nl.pinterest.com/pin/336925615842961799/>

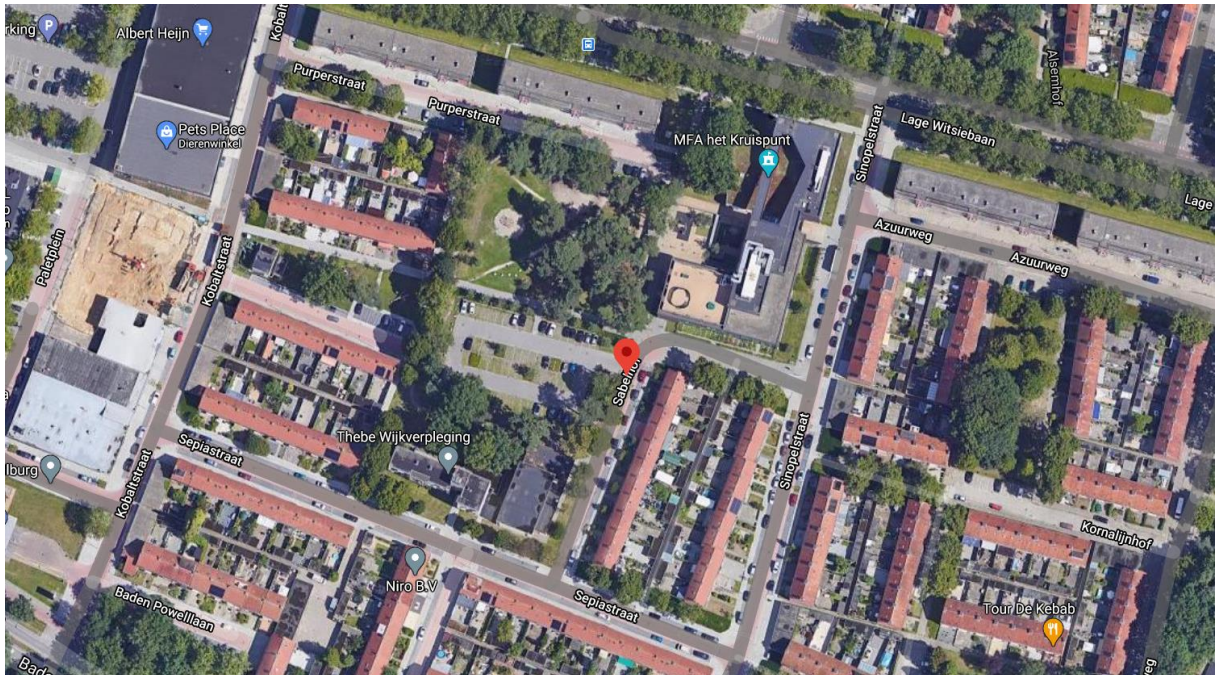
6 Addenda

6.1 Locatie 1&2 – SABELHOF (Watershells infiltratieveld met doorlatende verharding)

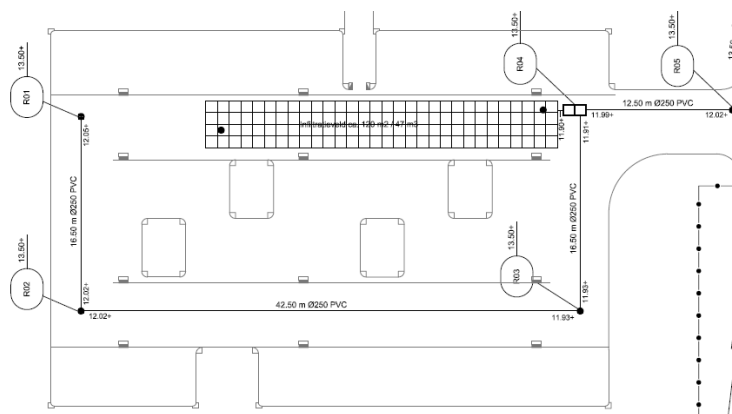
<i>Basisgegevens</i>	
<i>Plaats</i>	West Tilburg
<i>Straat</i>	Sabelhof
<i>Locatie in de straat</i>	Ter hoogte van huisnr. 11
<i>Wegbreedte (Parking)</i>	Ca. 5 m
<i>Wegprofiel</i>	Dak profiel
<i>Conditie straatwerk</i>	Zeer veel vervuiling, groen en zwerfafval
<i>Bomen/Struiken</i>	Bestaande naaldbomen aanwezig
<i>Parkeerintensiteit/Parkeerwijze</i>	Haaksparkeren
<i>Randvoorwaarden</i>	
<i>Verkeersbelasting</i>	Parkeerplaats
<i>Dwarshelling</i>	2,5°
<i>Historiek</i>	
<i>Aanlegdatum riolering</i>	2012
<i>Recente vernieuwingen</i>	2012 (volledig vernieuwd)
<i>Gegevens recente aannemers/ontwerper</i>	Akertech (ontwerper)
<i>Recente overstromingen</i>	Neen
<i>Laagindeling parkeerplaats</i>	
<i>(Onder-)grondtype</i>	Zandgebied
<i>Het baanbed</i>	Zand in zandbed
<i>Fundering</i>	Menggranulaat dikte 0,15m 0/31,5
<i>Straatlaag</i>	Breekzand
<i>Bestrating</i>	Betonstraatsteen / grasdallen
<i>Type voegvullingsmateriaal</i>	Cementspecie

Gegevens proefuitvoering op infiltratieveld

Beschikbaar oppervlak proefvak	Ca. 120 m ² / 47 m ³
Kolken in het proefvak	Afvoerkolken
Insluiting/verkanting	Bestaande verkanting parkeervlak aanwezig die kan dienen als afsluiting.
Benodigde dammen	Ca. 13 m dam nodig

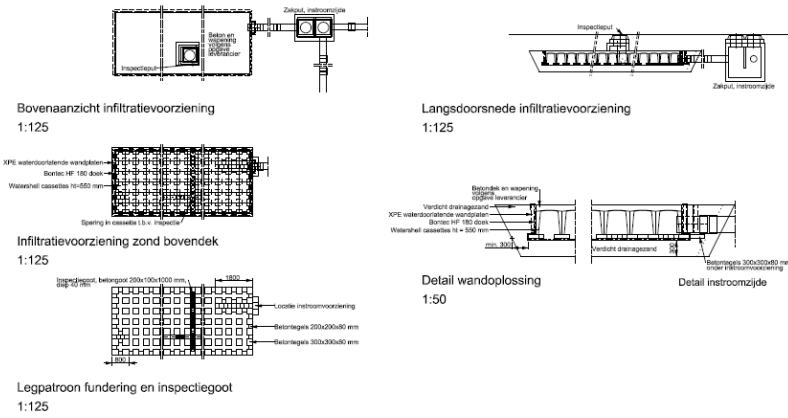


Figuur 6-1 Satellietfoto locatie (Google, 2021e)

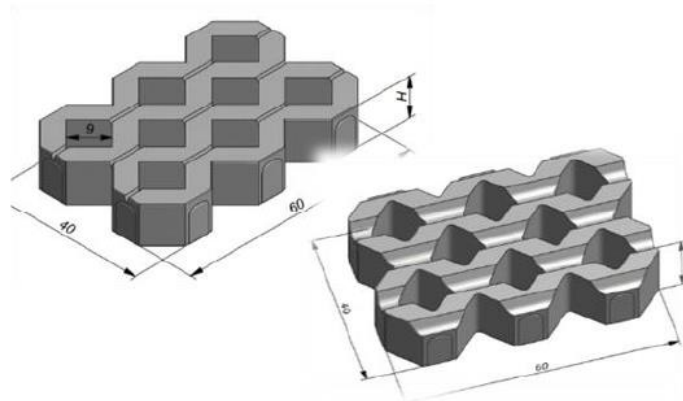


Figuur 6-2 Ontwerp riolering en infiltratievoorziening Sabelhof (Tilburg, 2012)

Principe details infiltratievoorziening



Figuur 6-3 Watershells infiltratievoorziening detail Sabelhof (Tilburg, 2012)



Figuur 6-4 Doorlatende bestrating detail grasdallen (Dano, 2019)



Figuur 6-5 Testopzet Sabelhof droog (Beerlandt, 2021p)



Figuur 6-6 Testopzet Sabelhof nat (Beerlandt, 2021q)



Figuur 6-7 Close up staat van bestrating (Beerlandt, 2021t)



Figuur 6-8 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021r)



Figuur 6-9 Sabelhof meting op Watershells (Beerlandt, 2021s)

6.2 Locatie 3&4&5- AZUURWEG (TTE Eco Plus Roosters/Wadi's/Watertuinen)

<i>Basisgegevens</i>	
<i>Plaats</i>	West Tilburg
<i>Wijk</i>	West Tilburg
<i>Straat</i>	Azuurweg
<i>Locatie in de straat</i>	Ter hoogte van huisnr. 93-83 en huisnr. 69-47
<i>Wegbreedte</i>	Ca. 10 m
<i>Wegprofiel</i>	Op één oor
<i>Conditie straatwerk</i>	Conditie lijkt goed maar aanwezigheid bomen kan tot dichtslibben leiden
<i>Bomen/Struiken</i>	Bestaande bomen aanwezig bij roosters
<i>Conditie regentuin</i>	Conditie en onderhoudt planten in orde maar veel vervuiling van de bewoners
<i>Parkeerintensiteit/Parkeerwijze</i>	Langsparkeren
<i>Randvoorwaarden</i>	
<i>Verkeersbelasting</i>	Lokale weg die enkel voor de bewoners gebruikt wordt om te parkeren of de wijk te verlaten
<i>Langshelling</i>	2.5°
<i>Historiek</i>	
<i>Aanlegdatum riolering</i>	2018
<i>Recente vernieuwingen</i>	2018 (volledig vernieuwd)
<i>Gegevens recente aannemers/ontwerper</i>	Civil Support (ontwerper)
<i>Recente overstromingen</i>	Neen
<i>Laagindeling TTE Eco roosters</i>	
<i>(Onder-)grondtype</i>	Zandgebied
<i>Het baanbed</i>	Zandgrond
<i>Fundering</i>	Ongebonden steenmengsel dikte 0,20-0,25m 0/31,5
<i>Straatlaag</i>	Breekzand

<i>Bestrating</i>	TTE Eco Plus Rooster
<i>Type voegvullingsmateriaal</i>	Teelaarde zaadmengeling

Gegevens proefuitvoering TTE Eco
roosters

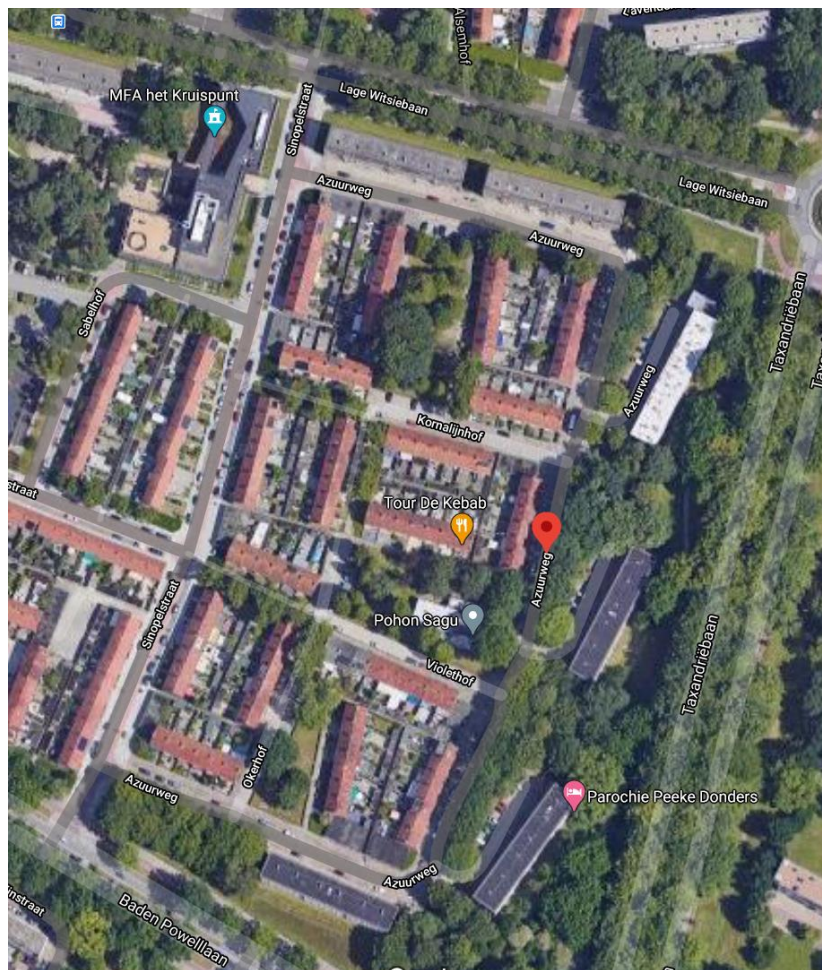
Kolken in het proefvak
Insluiting/verkanting

Geen

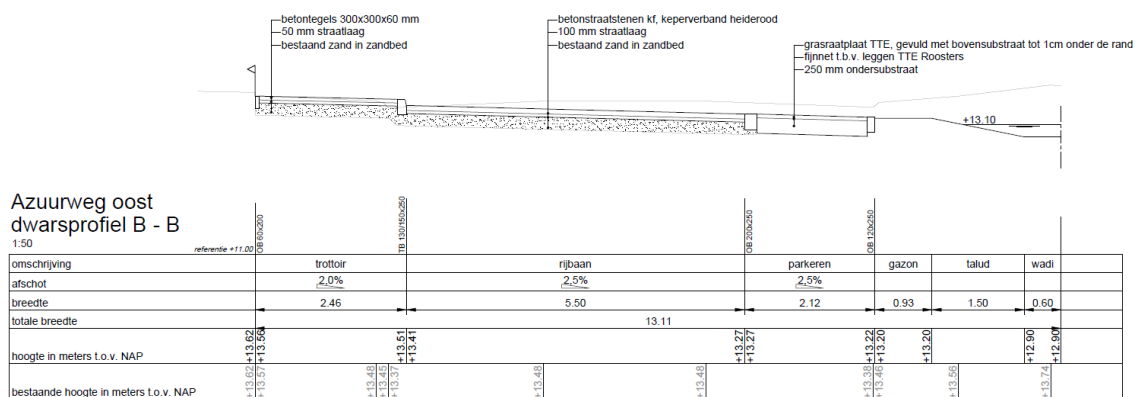
infiltratievlak zal volledig ingesloten moet
worden met dam, geen bestaande
verkanting aanwezig die kan dienen als
afsluiting.

Benodigde dammen

Ca. 28 m dam nodig



Figuur 6-10 Satellietfoto locatie (Google, 2021b)



Figuur 6-11 Dwarsdoorsnede TTE (Civil Support, 2010b)



Figuur 6-12 proefopzet Azuurweg (Beerlandt, 2021d)



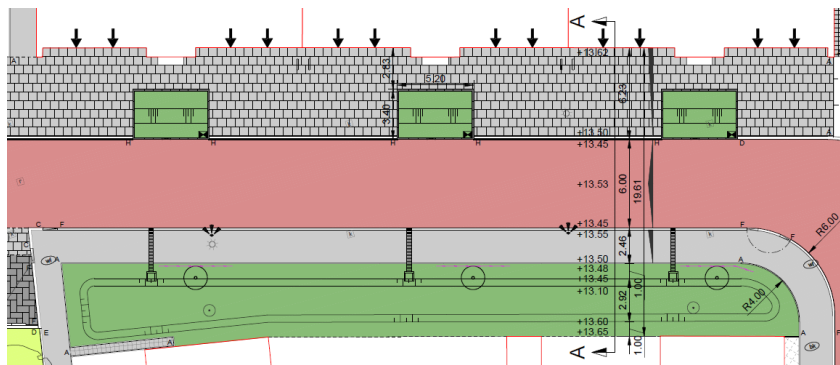
Figuur 6-13 Water toevoer TTE (Beerlandt, 2021e)



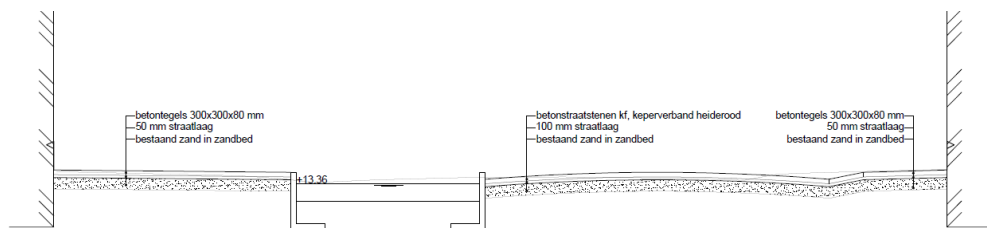
Figuur 6-14 Proefopstelling Azuurweg (Beerlandt, 2021f)



Figuur 6-15 Close up TTE rooster (Beerlandt, 2021g)



Figuur 6-16 Detail regentuinen (Civil Support, 2010a)



Azuurweg zuid
dwarsprofiel C - C
1:50

omschrijving	trottoir	regentuin met beplanting	rijbaan	inrit	trottoir
afschot	-1.0%		2.5%		2.5%
breedte	4.14	3.40	6.00	0.60	1.46
totale breedte	15.60				
hoogte in meters t.o.v. NAP	+13.56 +13.57 +13.58	+13.56 +13.57 +13.58	+13.52 +13.53 +13.54	+13.44 +13.45 +13.46	+13.56 +13.57 +13.58
bestaande hoogte in meters t.o.v. NAP	+13.56 +13.57 +13.58	+13.56 +13.57 +13.58	+13.48 +13.49 +13.50	+13.44 +13.45 +13.46	+13.56 +13.57 +13.58

Figuur 6-17 Dwarsdoorsnede regentuinen (Civil Support, 2010b)



Figuur 6-18 Regentuinen Azuurweg (Beerlandt, 2021i)



Figuur 6-19 Opgevulde regentuinen Azuurweg (Beerlandt, 2021j)



Figuur 6-20 Grondboring regentuin (Beerlandt, 2021j)



Figuur 6-21 Wadi's Azuurweg (Beerlandt, 2021u)



Figuur 6-22 Wadi's Azuurweg grondboring (Beerlandt, 2021h)

6.3 Locatie 6 – KRUIZEMUNTWEG (Hydro Lineo klinkers)

Basisgegevens

<i>Plaats</i>	Wandelbos
<i>Wijk</i>	Wandelbos
<i>Straat</i>	Kruizemuntweg
<i>Locatie in de straat</i>	Ter hoogte van appartementencomplex oost 3 t/m 17
<i>Wegbreedte</i>	Ca. 5 m
<i>Wegprofiel</i>	Op één oor
<i>Conditie straatwerk</i>	Zeer goed conditie
<i>Bomen/Struiken</i>	Bestaande bomen aanwezig
<i>Parkeerintensiteit/Parkeerwijze</i>	Haaksparkeren

Randvoorwaarden

<i>Verkeersbelasting</i>	Parkeerplaats
<i>Aanwezigheid van gracht/wadi/beeke/waterloop</i>	Op meerdere plekken regio's voor infiltratie voorzien, groene laagtes
<i>Dwarshelling</i>	2.5°

Historiek

<i>Aanlegdatum riolering</i>	2017
<i>Recente vernieuwingen</i>	2017 (volledig vernieuwd)
<i>Gegevens recente aannemers/ontwerper</i>	Civil Support (ontwerper)
<i>Recente overstromingen</i>	Neen

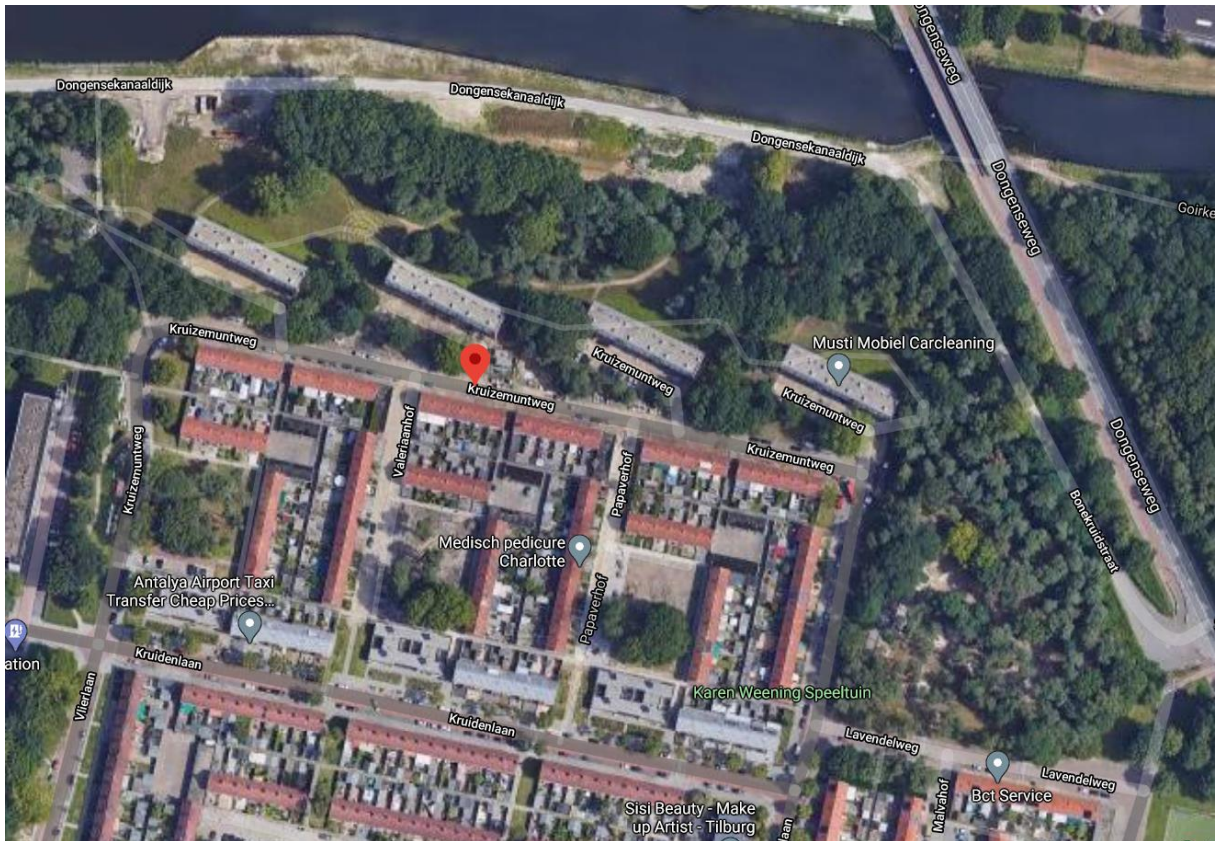
Laagindeling proefvlak

<i>(Onder-)grondtype</i>	Zandgebied
<i>Het baanbed</i>	Zandgrond
<i>Onder fundering</i>	Bestaand zandbed
<i>Fundering</i>	Bestaand zandbed
<i>Straatlaag</i>	Breekzand
<i>Bestrating</i>	Grasklinker Hydro Lineo
<i>Type voegvullingsmateriaal</i>	Graszaad mengeling

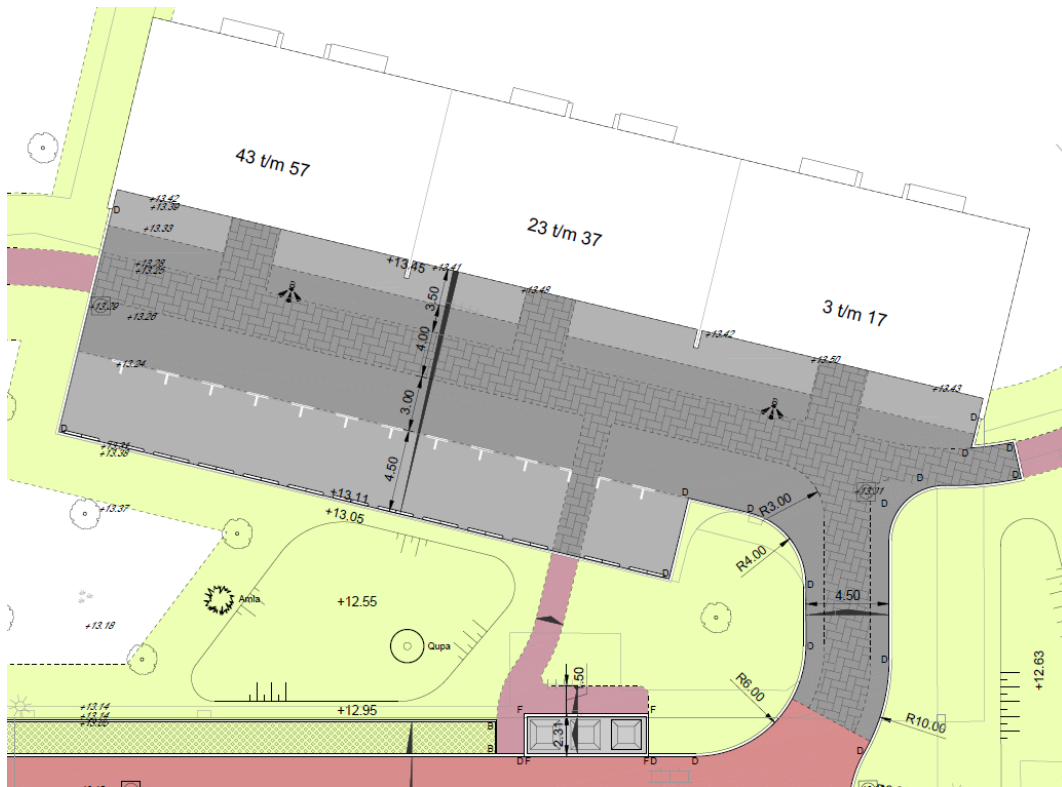
Gegevens proefuitvoering

*Kolken in het proefvak
Insluiting/verkanting
Benodigde dammen*

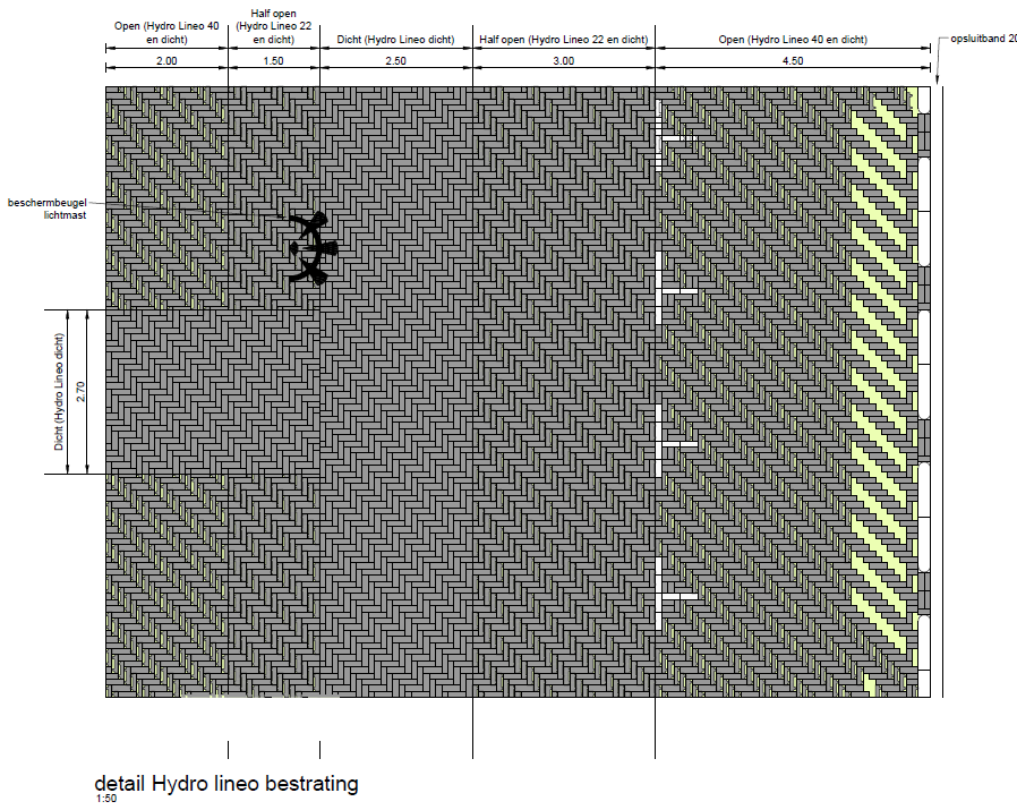
Geen
infiltratievlak zal voor $\frac{3}{4}$ ingesloten moet
worden met dam
Ca. 20 m dam nodig



Figuur 6-23 Satellietfoto Kruizemuntweg (Google, 2021d)

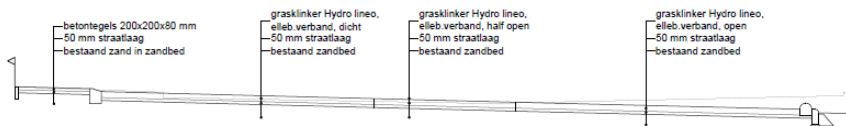


Figuur 6-24 Overzichtplan Kruizemuntweg nieuwe toestand (Civil Support, 2017b)



detail Hydro lineo bestrating
1:50

Figuur 6-25 Detail Hydro Lineo bestrating (Civil Support, 2017b)



Valeriaanhof
dwarsprofiel F - F

omschrijving	trottoir		rijbaan		parkeren	
afschot	-2,0%		-2,5%		-2,5%	
breedte	1,40		4,00		5,00	
totale breedte						
hoogte in meters t.o.v. NAP	+13,14	+13,12	+13,07	+12,98	+12,99	+12,77
bestaande hoogte in meters t.o.v. NAP	+13,13	+13,11	+13,06	+12,97	+12,98	+12,76

Figuur 6-26 Valeriaanhof dwarsdoorsnede (Civil Support, 2017a)



Figuur 6-27 proefopstelling (Beerlandt, 2021o)



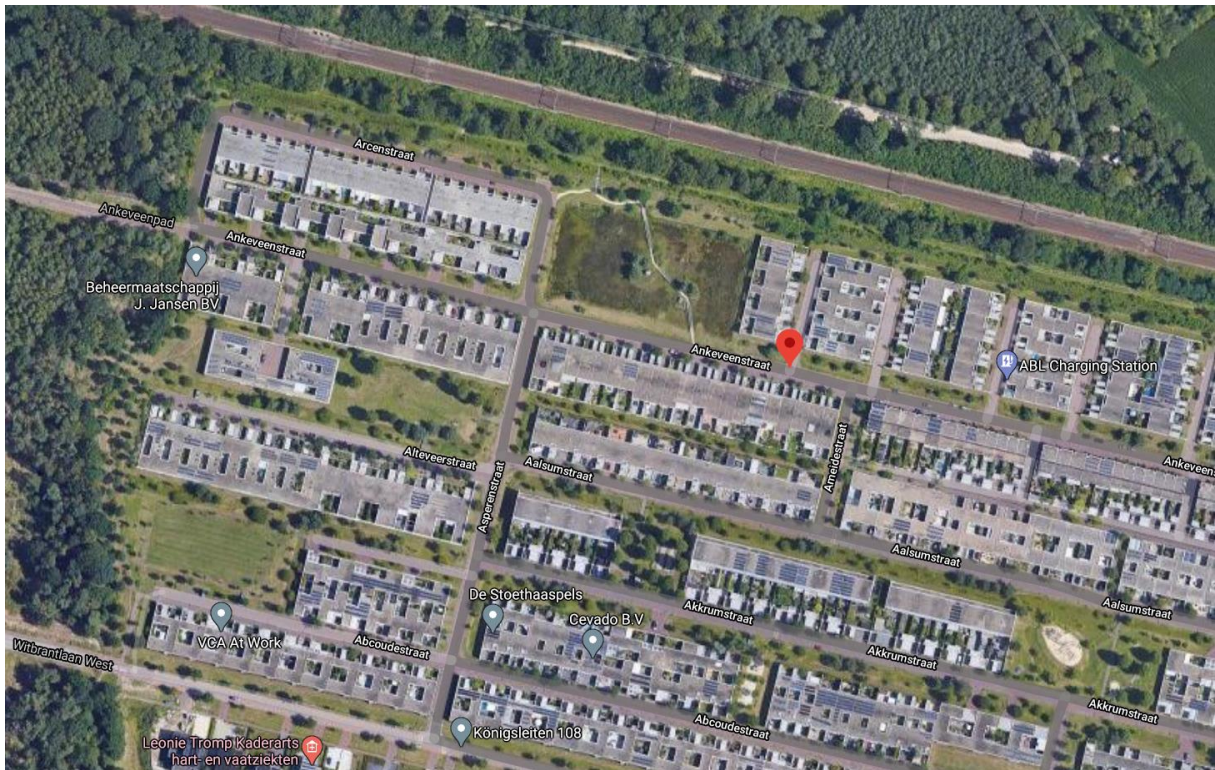
Figuur 6-28 Close up Lineo tegels (Beerlandt, 2021n)

6.4 Locatie 7 – ANKEVEENSTRAAT (Doorlatend verband met fijne beton klinkers)

<i>Basisgegevens</i>	
<i>Plaats</i>	Witbrant
<i>Wijk</i>	Witbrant
<i>Straat</i>	Ankeveenstraat
<i>Locatie in de straat</i>	Ter hoogte van huisnr. 120
<i>Wegbreedte</i>	Ca. 5 m
<i>Wegprofiel</i>	Dak verband
<i>Conditie straatwerk/groen laagtes</i>	Conditie lijkt goed
<i>Bomen/Struiken</i>	Boompjes aanwezig
<i>Parkeerintensiteit/Parkeerwijze</i>	Langsparkeren en dwarsparkeren
<i>Randvoorwaarden</i>	
<i>Verkeersbelasting</i>	Lokale weg die enkel voor de bewoners gebruikt wordt om te parkeren
<i>Aanwezigheid van gracht/wadi/beek/waterloop</i>	groene laagtes voor wateropvang/-infiltratie
<i>Dwarshelling</i>	/
<i>Historiek</i>	
<i>Aanlegdatum riolering</i>	2005
<i>Recente vernieuwingen</i>	2005
<i>Gegevens recente aannemers/ontwerper</i>	Openbare werken Tilburg
<i>Recente overstromingen</i>	Neen
<i>Laagindeling proefvlak doorlatende bestrating</i>	
<i>(Onder-)grondtype</i>	Zandgebied
<i>Het baanbed</i>	Zandgrond
<i>Onder fundering</i>	Zandbed
<i>Fundering</i>	Zandbed
<i>Straatlaag</i>	Zand cement
<i>Bestrating</i>	Straatklinkers
<i>Type voegvullingsmateriaal</i>	Gevuld met boomgrond en ingezaaid

Gegevens proefuitvoering voor
doorlatende verharding

Kolken in het proefvak Insluiting/verkanting	Neen
Benodigde dammen	Parkeervlak zal voor de helft ingesloten moeten worden met een dam Ca. 15 m dam nodig



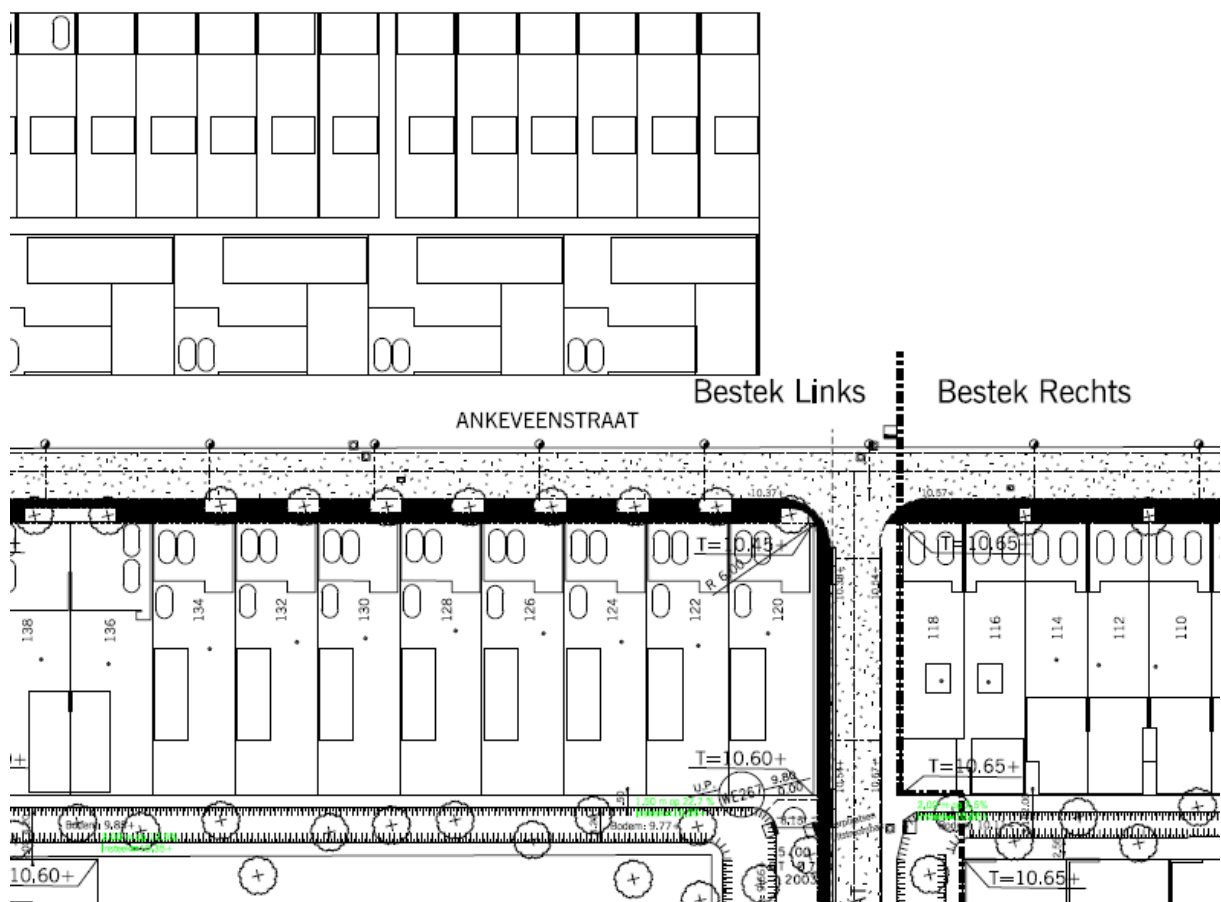
Figuur 6-29 Satellietbeelden Ankeveenstraat (Google, 2021a)



Figuur 6-30 proefopstelling leeg Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021b)



Figuur 6-31 proefopstelling vol Ankeveenstraat (Beerlandt, 2021c)



Figuur 6-32 Overzichtsplan vernieuwingen Ankeveenstraat (Openbare werken Tilburg, 2004)

6.5 Locatie 8 – EUROPALAAN (Hydro Lineo klinkers lijnverband)

Basisgegevens

<i>Plaats</i>	West Tilburg
<i>Wijk</i>	West Tilburg
<i>Straat</i>	Europalaan
<i>Locatie in de straat</i>	Ter hoogte van huisnr. 96-110
<i>Wegbreedte</i>	Ca. 14 m (breedte parkeervak)
<i>Wegprofiel</i>	Op één oor / dak verband
<i>Conditie straatwerk/groen laagtes</i>	Conditie lijkt goed
<i>Bomen/Struiken</i>	Bomen aanwezig
<i>Parkeerintensiteit/Parkeerwijze</i>	Langsparkeren

Randvoorwaarden

<i>Verkeersbelasting</i>	Lokale weg die enkel voor de bewoners gebruikt wordt om te parkeren
<i>Aanwezigheid van gracht/wadi/beek/waterloop</i>	groene laagtes voor wateropvang/-infiltratie
<i>Dwarshelling</i>	1°

Historiek

<i>Aanlegdatum riolering</i>	2017
<i>Recente vernieuwingen</i>	2017 (volledig vernieuwd)
<i>Gegevens recente aannemers/ontwerper</i>	Plein Civiel (ontwerper)
<i>Recente overstromingen</i>	Neen

Laagindeling proefvlak doorlatende bestrating

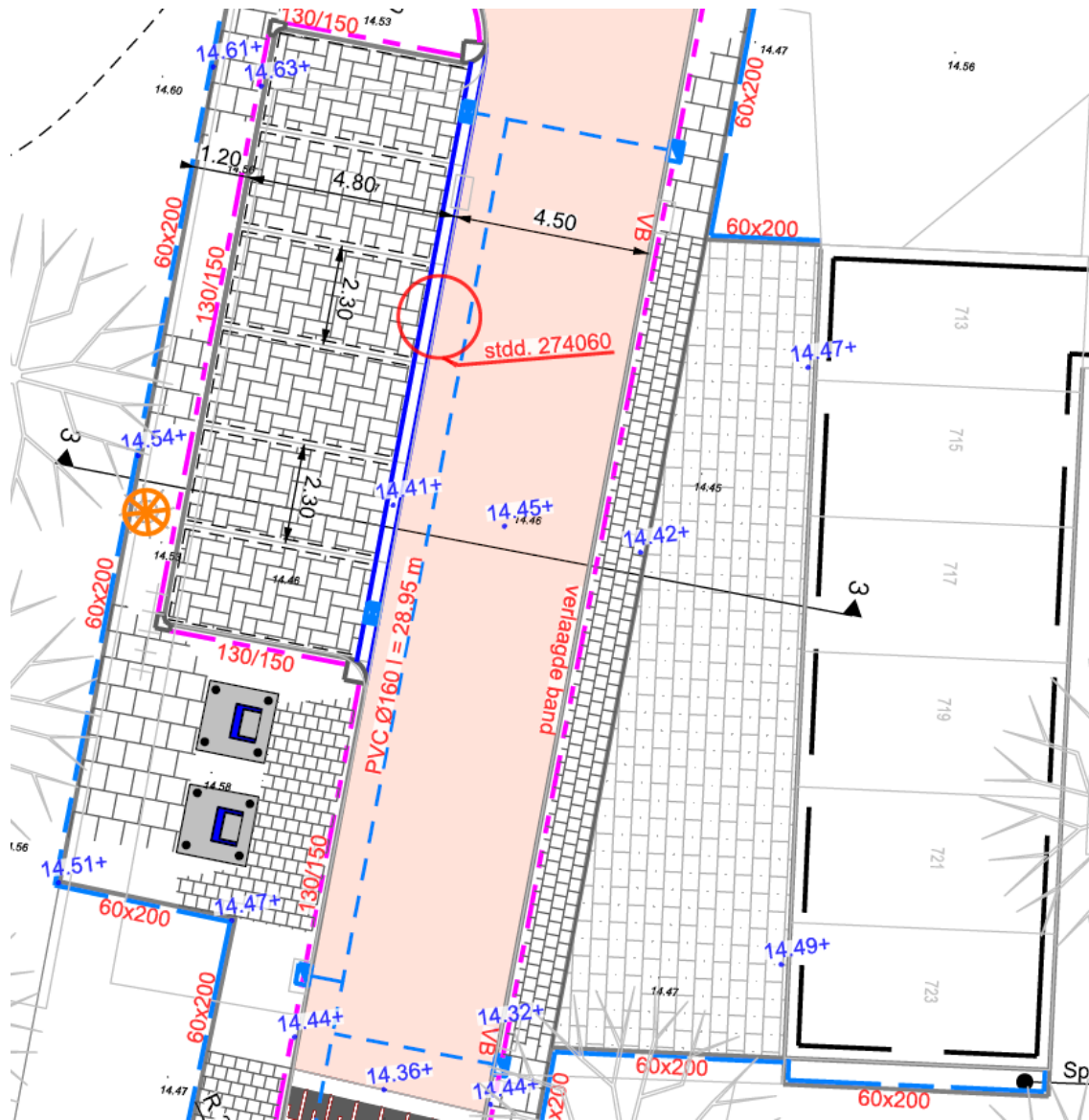
<i>(Onder-)grondtype</i>	Zandgebied
<i>Het baanbed</i>	Zandgrond
<i>Onder fundering</i>	Zandbed
<i>Fundering</i>	Zandbed
<i>Straatlaag</i>	straatzaad
<i>Bestrating</i>	Hydro Lineo
<i>Type voegvullingsmateriaal</i>	Teelaarde mengsel

Gegevens proefuitvoering voor
doorlatende verharding

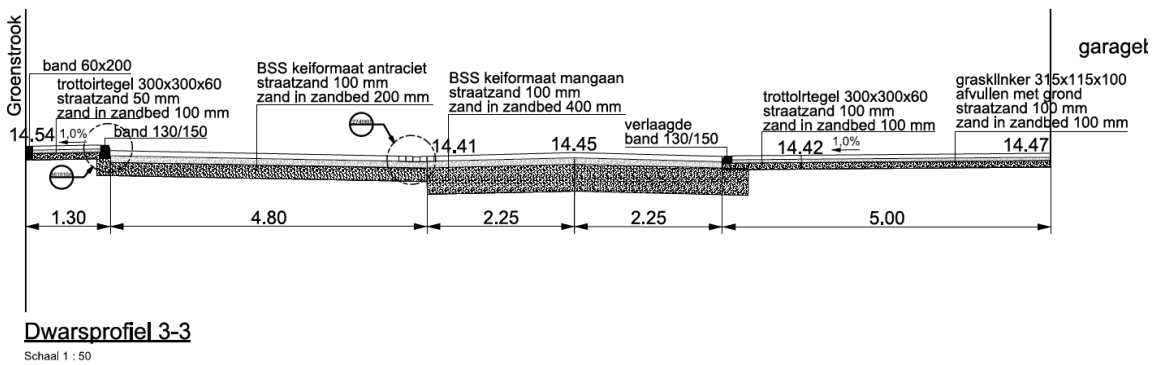
<p>Kolken in het proefvak Insluiting/verkanting</p>	<p>Neen</p>
<p>Benodigde dammen</p>	<p>Parkeervlak zal voor de helft ingesloten moeten worden met een dam Ca. 20 m dam nodig</p>



Figuur 6-33 Satellietbeelden Europalaan (Google, 2021c)



Figuur 6-34 Overzichtplan vernieuwingen Europalaan (Plein Civiël, 2017b)



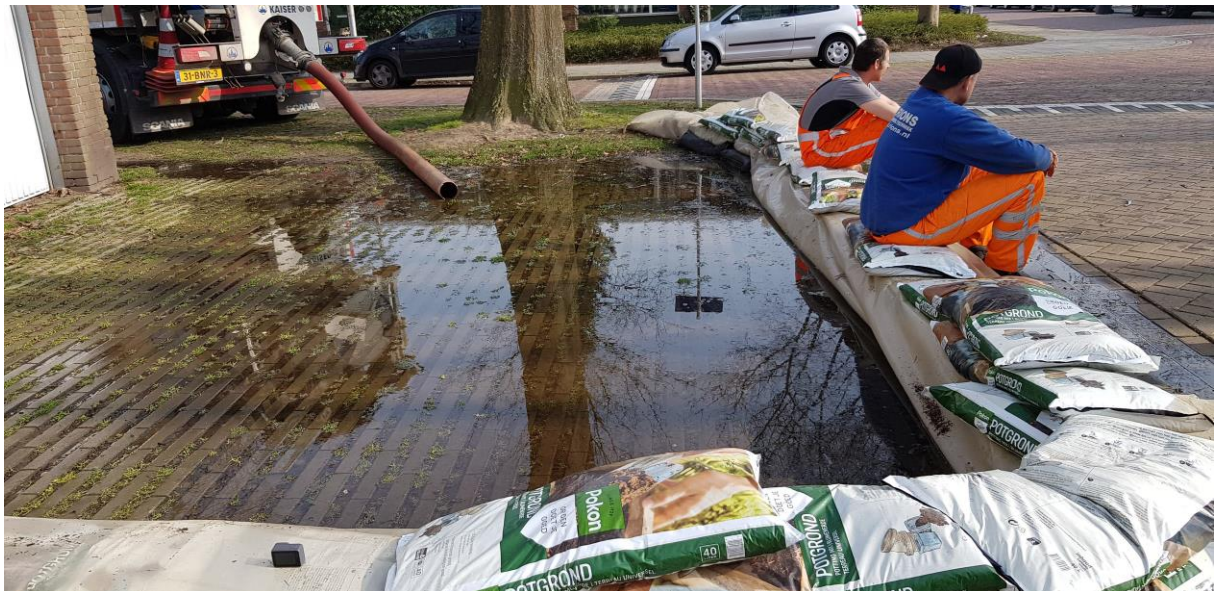
Dwarsprofiel 3-3

Schaal 1 : 50

Figuur 6-35 Detailprofiel Europalaan (Plein Civiël, 2017a)



Figuur 6-36 proefopstelling leeg Europalaan (Beerlandt, 2021l)



Figuur 6-37 proefopstelling gevuld Europalaan (Beerlandt, 2021m)