

Doorgroeibare verhardingen in praktijk



Doorgroeibare verhardingen in praktijk

Uitgevoerd binnen TKI Deltatechnologie



Deltares



Doorgroeibare verhardingen in praktijk

Opdrachtgever	-
Contactpersoon	
Referenties	
Trefwoorden	Doorgroeibare verharding, waterdoorlatende verharding, waterberging, infiltratie, nature based solutions, groen blauwe oplossingen, praktijk metingen, water kwaliteit

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	09-02-2024
Projectnummer	11207870-000
Document ID	11207870-000-BGS-0004
Pagina's	96
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Reinder Brolsma	
	Daan Rooze	
	Floris Boogaard	

Samenvatting

Doorgroeibare verhardingen worden overal in Nederland en in het buitenland toegepast. De meeste doorgroeibare verhardingen worden toegepast in buitenwijken of aan recreatiegebieden en sportparken aan de rand van steden. Maar steeds vaker worden doorgroeibare verhardingen ook toegepast zoals in het centrum en bedrijventerreinen.

Dit onderzoek zet een eerste stap in het concreet maken van het advies over het ontwerp, aanleg en beheer van doorgroeibare verhardingen door te leren van bestaande doorgroeibare verhardingen, door veldonderzoek en praktijkmetingen en het inventariseren en uitwisselen van ervaringen van verschillende gemeenten (Leiden, Tilburg, Eindhoven, Utrecht en Amsterdam) en andere partijen.

De conclusies met betrekking tot het functioneren in de praktijk zijn gesplitst in hydrologisch functioneren en bodemkwaliteit.

Hydrologische functioneren

Op basis van metingen op 29 locaties zijn conclusies getrokken ten aanzien van het hydrologisch functioneren van doorgroeibare verhardingen. De steekproef is relatief klein gezien de grote spreiding in meetresultaten, waardoor harde conclusies niet getrokken kunnen worden.

- De infiltratiecapaciteit van doorgroeibare verhardingen is vergelijkbaar met eerder gerapporteerde waterdoorlatende en waterpasserende verhardingen. De keuze voor het type systeem hangt voornamelijk af van de beoogde functie (beperken wateroverlast, vergroening, biodiversiteit, hitte). Vergeleken met reguliere bestrating is er wel sprake van een grotere infiltratiesnelheid: een mediaan van 344 mm/uur en gemiddeld 466 mm/uur. Dit betekent dat de gemiddelde infiltratiecapaciteit veel hoger ligt dan de maximum neerslagintensiteit tijdens een bui08 of bui10.
- De infiltratiecapaciteit van doorgroeibare verharding gaat in verloop van tijd achteruit. Na zo'n 5 jaar blijft een minimale infiltratiecapaciteit van 50 mm/uur (139 l/s/ha) over.
- Uit de tests blijkt dat de grootte van de openingen in de stenen weinig invloed heeft op de infiltratiecapaciteit. Andere factoren, zoals voegmateriaal en onderliggende fundering zijn van groter belang.
- Doorgroeibare verharding presteert het beste in gebieden met een lage parkeerdruk. Frequentie van belasting door autobanden, compactie, (gebrek aan) zonlicht en de mogelijkheid tot onderhoud zijn gerelateerd aan deze parkeerdruk.
- Er is geen duidelijk verband naar voren gekomen tussen de prestatie van de doorgroeibare verhardingen (infiltratiecapaciteit en kwaliteit groen) en de dikte en samenstelling van de leeflaag, de opbouw van de wegfundering en de vegetatiesoorten. Een advies hierover kan op basis van dit onderzoek niet worden opgesteld.

Conclusies bodemkwaliteit

- De metingen van zware metalen in de bodem laten enkele verhogingen zien in het groeimedium van de verhardingen, waarbij de interventiewaarden en tussenwaarden voor koper en zink zijn overschreden. De verontreinigingen zijn aangetroffen in relatief jonge verhardingen waardoor is aangenomen dat de verontreiniging al aanwezig was in het aangebrachte groeimedium. De metingen geven geen aanleiding tot afraden van het toepassen van doorgroeibare verhardingen.
- Er wordt aanbevolen om de metingen op de onderzochte locaties te herhalen en de bovenste centimeter apart te bemonsteren om vast te stellen of de metalen accumuleren of al aanwezig zijn in het groeimedium.

Aanbevelingen

Op basis van praktijkervaringen van de deelnemende gemeenten worden aanbevelingen gedaan:

- Definieer duidelijk het doel alvorens een systeem aan te leggen. Wat is de belangrijkste reden om doorgroeibare verharding te kiezen? Is dit waterinfiltratie, biodiversiteit, groen straatbeeld, reductie van hittestress of iets anders?
- Zorg ervoor dat de voegen en groeioeningen niet helemaal tot maaiveld zijn opgevuld zodat vegetatie beschermd tegen belasting door autobanden kan groeien. Laat afhankelijk van de te verwachten compactie na afvullen ruimte over zodat na compactie de bovenkant van de grond 3-4 onder het niveau van de verharding ligt. Het komt ook voor dat dit wel wordt ontworpen, maar niet correct wordt aangelegd.
- Parkeervakken moeten goed toegankelijk zijn voor mensen met verminderde mobiliteit. Leg daarom uitstapstroken zonder openingen aan.
- Pas doorgroeibare verharding niet toe op locaties met een hoge parkeerintensiteit wanneer het doel is om groen aan te leggen met een gezond goed onderhouden uitstraling. Door het gebrek aan zonlicht en water slaat de vegetatie slecht aan en gaat de groene uitstraling verloren.
- Haal de 0-fractie uit het granulaat in de fundering om dichtslaan van substraat te voorkomen, maar zorg wel voor voldoende organische stofgehalte in de leeflaag.
- Stenen met openingen in de steen zelf en stenen met afstandhouders lijken de meest stabiele verharding op te leveren. Een verband met reguliere stenen en brede voegen of een verband met openingen kunnen leiden tot losliggende stenen.
- Pas in de ontwerpfase de 'beheertoets' toe: overleg met de beheerders of zij het ontworpen systeem kunnen en willen onderhouden.
- Uit de interviews en workshops zijn voor onderhoud geen specifieke aanbevelingen naar voren gekomen. Mechanisch vegen worden voorkomen in verband met de beschadiging van de vegetatie. Verwijderen van vuil vindt plaats met de hand en eventueel maaien wordt uitgevoerd met een bosmaaier, maar dit laatste lijkt in praktijk niet vaak plaats te vinden.

Aanbevelingen vervolgonderzoek

Naar aanleiding van de testresultaten zijn onderstaande aanbevelingen voor vervolgonderzoek geformuleerd:

- Er is behoefte aan meer inzicht in het effect van de dikte en samenstelling van de leeflaag, de opbouw van de wegfundering en de vegetatiesoorten op de prestatie van de doorgroeibare verhardingen (infiltratiecapaciteit en kwaliteit groen). Dit kan gestructureerd onderzocht worden door op een locatie proef(parkeer)vakken in te richten waarbij bovenstaande factoren variëren en deze te monitoren.
- Veranderende weers- en omgevingsfactoren hebben invloed op de meetresultaten. Daarom is het aan te bevelen een locatie onder verschillende omstandigheden of gedurende het gehele jaar te testen.
- Oudere locaties laten een lagere infiltratiesnelheid zien. Dit kan door de leeftijd komen, maar ook door een verbeterd ontwerp. Het is aan te raden om de recent aangelegde locaties over 2 tot 5 jaar nogmaals te testen.
- Het is van belang om het effect van de gebruiksdruk op de infiltratiecapaciteit te bepalen. Daarbij is er behoefte aan inzicht in de compactheid van de onderlaag en wat druk hierop betekent voor infiltratie snelheid.
- Er is behoefte aan onderzoek naar het creëren van draagvlak (communicatie) voor het geleidelijk vergroenen van traditioneel verharde straten.
- Een analyse van de afkomst van het afstromend regenwater biedt meer inzicht in de bron van bodemverontreiniging en hoe hier mee om kan worden gegaan in het ontwerp van doorgroeibare verharding.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Definities	9
1.2.1	Doorgroeibare verharding	9
1.2.2	Waterpasserende verharding	9
1.2.3	Waterdoorlatende verharding	10
1.2.4	Halfverharding	10
1.2.5	Geteste verhardingstypen	11
1.3	Onderzoeksvragen	11
1.4	Aanpak	12
1.5	Leeswijzer	12
2	Methode	13
2.1	Veldopname	13
2.2	Full-scale infiltratietest	14
2.3	Bodemonderzoek	15
3	Resultaten	17
3.1	Resultaten infiltratieproeven	17
3.2	Bodemonderzoek	21
3.3	Analyses	23
3.3.1	Aanlegdatum	23
3.3.2	Percentage opening	24
3.3.3	Type vegetatie	25
3.3.4	Ligging van vegetatie	26
3.3.5	Staat/kwaliteit van vegetatie	28
3.3.6	Groei-medium	29
3.3.7	Parkeerdruk	31
3.3.8	Ligging vegetatie onder een boom	32
3.3.9	Seizoensafhankelijkheid van infiltratie	32
3.3.10	Oppervlakte van het testvak en lekverliezen	32
3.4	Staat van de vegetatie	33
3.5	Vergelijking met andere klimaatadaptieve verharding	35
4	Conclusies & aanbevelingen	36
4.1	Conclusies	36
4.2	Aanbevelingen	37
4.3	Aanbevelingen vervolgonderzoek	38

A	Ervaringen uit de praktijk	40
B	Interviewverslagen	44
C	Overzicht testlocaties	67
D	Leegloopcurves	85
E	Resultaten	88
F	Overzichtstabel	95

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit eerder onderzoek naar klimaatbestendige verhardingen met onder andere de gemeente Leiden¹ is gebleken dat er veel vragen spelen bij gemeenten over de toepassing en effectiviteit van waterdoorlatende verhardingen. Van waterdoorlatende verhardingen wordt verondersteld dat deze bijdragen aan het reduceren van wateroverlast en droogte. Doorgroeibare verhardingen zouden daarnaast ook bijdragen aan het reduceren van hittestress en tegelijkertijd het verbeteren van de biodiversiteit en leefbaarheid.

Hoewel er op basis van literatuuronderzoek en interviews een aantal concrete aanbevelingen naar voren kwamen, werd het duidelijk dat er veel wisselende ervaringen zijn bij gemeenten. Daarnaast zijn alle gemeenten nog zoekende naar hoe dit type maatregelen het best ontworpen, aangelegd en beheerd kunnen worden. Ook is er weinig onderlinge kennisuitwisseling, waardoor er geen eenduidig beeld is van het optimale ontwerp, toepassing en beheer van dit type klimaatadaptieve maatregelen.

Er is inmiddels vrij veel informatie beschikbaar over het ontwerp, de aanleg, het beheer en het functioneren van doorlatende verharding in Nederland (Waterbergende weg²). De informatie over doorgroeibare verharding (ontwerp, aanleg, beheer en functioneren) is nog slechts beperkt beschikbaar. Dit terwijl de onzekerheid over het functioneren van groene adaptatie maatregelen (Nature-based Solutions) als een van de barrières voor de toepassing en opschaling ervan (Voskamp 2021).

Internationaal is er op beperkte schaal al wel onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek hoeft niet representatief te zijn voor de Nederlandse situatie door andere technische uitvoeringen, (geo)hydrologische omstandigheden en metingen met relatief kleine testopstellingen (infiltrometer test). Voorbeelden (bijvoorbeeld, Bea et al 2007³) laten grote variatie zien van 130 mm/h tot 40.000 mm/h afhankelijk van diverse factoren zoals onderhoud⁴.

Er bestaan ook nog veel vragen over doorgroeibare verhardingen omtrent de opbouw, geschikte plantensoorten en effectiviteit voor waterberging (wateroverlast en droogte) en de mate waarin deze klimaatadaptieve voorzieningen de biodiversiteit vergroten en hittestress beperken.

Dit onderzoek zet daarom een eerste stap in het concreet maken van het advies over het ontwerp, aanleg en beheer van doorgroeibare verhardingen door te leren van bestaande doorgroeibare verhardingen, door praktijkmetingen en het inventariseren en uitwisselen van ervaringen van verschillende gemeenten en andere partijen.

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden binnen het TKI Deltatechnologie.

¹ <https://pub.kennisbank.deltares.nl/Details/fullCatalogue/1000021445>

² <https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/onderzoek/waterpasserende-en-doorgroeibare-verharding/>

³ Eban Z. Bean; William F. Hunt; and David A. Bidelspach, Field Survey of Permeable Pavement Surface Infiltration Rates, JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING © ASCE / MAY/JUNE 2007, DOI: 10.1061/ASCE0733-94372007133:3249

⁴ <https://www.mdpi.com/2073-445X/12/1/171>

1.2 Definities

In dit onderdeel worden definities gegeven van de verschillende typen klimaatadaptieve verharding. Hoewel dit onderzoek zich beperkt tot doorgroeibare verharding, worden andere typen ook genoemd om de verschillen te kunnen duiden. De definities zijn gebaseerd op de definities van RIONED (<https://www.riool.net/begrippen-en-definities>).

1.2.1 Doorgroeibare verharding

Bij doorgroeibare verharding bestaan er tussen en/of in de stenen openingen waardoor vegetatie kan groeien. Het aandeel onverhard oppervlak en het type vegetatie kunnen naar wens worden ingevuld, afhankelijk van het beoogde gebruik. Vaak wordt een grassoort gebruikt als vegetatie.



Figuur 1: Voorbeeld doorgroeibare verharding (locatie in Eindhoven).

1.2.2 Waterpasserende verharding

Bij waterpasserende verharding infiltreert overtollig regenwater via de voegen tussen de stenen naar het ondergelegen substraat. De stenen elementen zijn dus zelf niet doorlatend, maar dit wordt in de voeg opgelost. Meestal heeft waterpasserende verharding brede voegen om een hoge infiltratie van regenwater mogelijk te maken. Hoewel in de voegen vegetatie kan groeien, is dit niet het belangrijkste doel.



Figuur 2: Voorbeeld waterpasserende verharding (locatie: klimaatproeftuin Building in Groningen).

1.2.3 Waterdoorlatende verharding

Bij waterdoorlatende verharding infiltreert overtollig regenwater door de steen naar het substraat eronder. De voegen van waterdoorlatende verharding kunnen smal zijn, aangezien het totale infiltrerende vermogen rust op de stenen.



Figuur 3: Voorbeeld waterdoorlatende verharding (locatie: klimaatproeftuin Building in Groningen).

1.2.4 Halfverharding

Een halfverharding bestaat uit onsamenvastend materiaal dat is verdicht. Deze verharding is waterdoorlatend; het doel is het voorkomen van plasvorming. Daarnaast wordt dit type verharding toegepast om de groei van onkruid te voorkomen. Er zijn dus geen openingen voor vegetatie in de verharding.



Figuur 4: Voorbeeld halfverharding (locatie: Suikerunieterrein Groningen).

1.2.5 Geteste verhardingstypen

In dit project zijn verschillende typen doorgroeibare verharding getest. Niet van alle typen verharding was bekend welk exact model het is, maar we onderscheiden 'conventionele' grasbetontegels, nieuwere grasbetontegels, gebakken stenen en TTE roosters.



Figuur 5: Onderzochte typen doorgroeibare verharding. Van links naar rechts: 'conventionele' grasbetontegels, nieuwere grasbetontegels, gebakken stenen en TTE roosters.

1.3 Onderzoeksvragen

In dit onderzoek spelen diverse onderzoeksvragen en sub-vragen die samen met de deelnemende gemeenten zijn geformuleerd. Deze worden hieronder genoemd.

1. Hoe functioneren verhardingen?
 - Welke doorgroeibare verhardingen/stenen zijn er?
 - Waarom slaan doorgroeibare verhardingen op de ene locatie wel aan en op andere niet?
 - Hoe goed en welke vegetatie slaat aan?
 - Hoe goed functioneren de groene klimaatadaptatie qua waterberging?
2. Waar kunnen doorgroeibare verhardingen wel en niet succesvol voor worden aangelegd?
 - In welke wijken en straten?
 - Waar in de straat?
3. Vindt er (meetbare) accumulatie van verontreiniging plaats in de verhardingen?

4. Hoe kunnen doorgroeibare verhardingen het best worden aangelegd?

1.4 Aanpak

Het onderzoek bestaat uit drie delen: interviews, praktijkmetingen bij de deelnemende gemeenten en het delen van kennis en ervaring. Dit rapport laat de belangrijkste analyses en conclusies zien.

Interviews

In de beginfase van het project zijn interviews uitgevoerd met beheerders en ontwerpers bij vier van de deelnemende gemeenten om ervaringen uit de praktijk op te halen en de veldmetingen gericht uit te voeren. Uit deze interviews zijn ook interessante meetlocaties naar voren gekomen. De volledige interviewresultaten zijn opgenomen in Bijlage B. De resultaten van de interviews zijn terug te vinden in de samenvatting van praktijkervaringen (Bijlage A).

Praktijkmetingen

Tijdens de praktijkmetingen zijn veldobservaties gedaan en zijn de hydrologische prestaties bepaald aan de hand van full-scale infiltratietesten. Daarnaast is bodemonderzoek uitgevoerd. De test- en meetmethoden worden uitgebreider beschreven in Hoofdstuk 2.

Workshops

Er zijn binnen dit onderzoek drie workshops gehouden:

1. Startworkshop: bespreking interviewresultaten en praktijkervaringen
2. Tussenworkshop: bespreking eerste hydrologische testresultaten
3. Eindworkshop: presentatie van hydrologische testresultaten & bodemonderzoek.

De opgehaalde informatie tijdens de workshop is geland in het onderdeel 'Ervaringen uit de praktijk' in Bijlage A.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 biedt een overzicht van de (meet)methoden. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens een uitgebreide reflectie op de meetresultaten en daaruit volgende analyses. In Hoofdstuk 3.3.10 worden de concrete aanbevelingen voor de toepassing van doorgroeibare verharding samengevat. Ook worden hier aangrijpingspunten voor vervolgonderzoek benoemd.

2 Methode

In dit onderdeel worden de methoden van de hydrologische tests en bodemonderzoek beschreven.

2.1 Veldopname

In totaal zijn 34 locaties onderzocht. Als referentie wordt in Tabel 1 een overzicht gegeven van de testlocaties. Een uitgebreid overzicht van de geteste locaties met kenmerken wordt gegeven in Bijlage C en F.

Tabel 1: Overzicht van testlocaties.

Testnummer	Stad	Naam testlocatie
1	Leiden	Roomburg, Wierickestraat
2	Leiden	Noorderkwartier, Julianastraat (locatie 1)
3	Leiden	Noorderkwartier, Julianastraat (locatie 2)
4	Leiden	Ambachtsplein, betonplaten (locatie 1)
5	Leiden	Ambachtsplein, betonplaten (locatie 2)
6	Tilburg	Sint Annaplein Plein
7	Tilburg	Pijnboomstraat
8	Tilburg	Puccinistraat
9	Tilburg	Azuurweg (locatie 1)
10	Tilburg	Azuurweg (locatie 2)
11	Tilburg	Sabelhof (Sinopelstraat)
12	Tilburg	Kruizemuntweg (locatie 1)
13	Tilburg	Kruizemuntweg (locatie 2)
14	Eindhoven	Geestenberg (locatie 1)
15	Eindhoven	Geestenberg (locatie 2)
16	Eindhoven	Zandrijk (locatie 1)
17	Eindhoven	Zandrijk (locatie 2)
18	Eindhoven	Waterrijk (locatie 1)
19	Eindhoven	Waterrijk (locatie 2)
20	Amsterdam	Zuidelijke Wandelweg (locatie 1)
21	Amsterdam	Zuidelijke Wandelweg (locatie 2)
22	Amsterdam	Doorgroeibare verharding VU Amsterdam
23	Amsterdam	Van Heenvlietlaan
24	Amsterdam	Doorlatende verharding parkeerterrein Amsterdamse Bos
25	Amsterdam	Parkeervakken Ringvaartdijk
26	Utrecht	Dragonstraat
27	Utrecht	Westraklaan
28	Utrecht	Pimentweg
29	Utrecht	Emmy van Lokhorststraat
30	Groningen	Groningen test 1
31	Groningen	Groningen test 2
32	Groningen	Groningen test 3
33	Groningen	Groningen test 4
34	Groningen	Groningen test 5

Om de testvakken onderling te kunnen vergelijken is met behulp van een veldopnameformulier een inventarisatie gemaakt van een aantal kenmerken. Daarbij was de gevraagde informatie ingedeeld in een van de volgende categorieën:

- Basisgegevens
- Toplaag
- Substraat en ondergrond
- Onderhoud
- Additionele informatie over de test

2.2 Full-scale infiltratietest

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van zogenaamde Full-scale testen om de infiltratiesnelheid van de doorgroeibare verhardingen te bepalen.

Bij klassieke metingen om de infiltratiecapaciteit te onderzoeken van bovengrondse infiltratievoorzieningen zoals wadi's en doorlatende verhardingen zoals doorgroeibare verhardingen wordt vaak de infiltrometertest uitgevoerd. Deze onderzoeksmethode bestaat uit twee ringen die gevuld worden met water en waar de waterstandsverlaging in de tijd wordt gemeten in de middelste ring (constant of falling head). Uit de snelheid van waterstandsverlaging wordt de infiltratiesnelheid bepaald. Nadeel van deze methode is dat het een klein oppervlak beslaat dat niet representatief hoeft te zijn voor het gehele oppervlak, waardoor voor een nauwkeurig meetresultaat meerdere metingen nodig zijn die vaak enkele uren duren. Bij doorgroeibare verharding (met een hoge variatie in begroeiing en belasting en variaties in de ondergrond) kan het verplaatsen van de ring van enkele meters al een afwijkende infiltratiecapaciteit van een factor honderd geven.

Om betere en kosteneffectieve meetresultaten te krijgen is een nieuwe testmethode ontwikkeld: *full-scale testen*. Hierbij wordt het gehele doorgroeibare verhardingsoppervlak of een groot deel ervan (parkeerplaatsen, vaak in de orde van 50-60 m²) onder water gezet. Ook hierbij wordt de infiltratiesnelheid afgeleid uit de snelheid waarmee het waterpeil vervolgens door infiltratie daalt. Deze methode levert nauwkeurigere meetresultaten van een verharding vanwege het grotere meetoppervlak waardoor de ruimtelijke variatie wordt uitgemiddeld en de lekverliezen aan de randen bij de afdichting beperkt blijven⁵. Een voorbeeld van zo'n full scale test aan doorlatende verharding is te zien in Figuur 6.

Op de meeste locaties zijn de infiltratietesten meerdere keren herhaald (tot 4 keer). Deze testen werden aansluitend op elkaar uitgevoerd op dezelfde plek met dezelfde meetopstelling. Hierdoor wordt inzicht verkregen in de afname van de infiltratiesnelheid in de tijd of bij opeenvolgende neerslagebeurtenissen. Op locaties met een relatief lage infiltratiecapaciteit of in het geval van groot lekverlies is de test niet altijd herhaald.

⁵ Boogaard F., Feringa K., Hof A., Kluck J., Floodfighting in Almere: [Onderzoeksresultaten hydraulisch functioneren wadis en doorlatende verharding in Almere](#), h20, 2016.



Figuur 6: Voorbeeld van full scale test in Eindhoven.

2.3 Bodemonderzoek

Om te bepalen of vervuiling accumuleert in het groeimedium en fundering van doorgroeibare verhardingen is een bodem chemisch onderzoek uitgevoerd. Daarnaast is de textuur van het groeimedium en de funderingslaag bepaald.

Het onderzoeken van alle doorgroeibare verhardingen door laboratorium op de bodemmonsters van alle meetlocaties vergt veel tijd en geld. Dit is een van de redenen waarom is het milieutechnisch functioneren van regenwatervoorzieningen zoals doorgroeibare verhardingen niet grootschalig en systematisch wordt onderzocht. Om deze reden is in dit onderzoek gekozen voor het gebruik van een XRF (X-ray Fluorescence, oftewel een röntgen fluorescentie spectrometer) die het in situ kosteneffectief meten van zware metalen mogelijk maakt. De XRF zendt röntgenstraling uit; de aanwezige elementen in de monsters gaan daardoor fluoresceren, elk op hun eigen wijze, wat weer gemeten wordt. Deze methode is voor blauw-groene maatregelen met name toegepast bij wadi's⁶. De resultaten zijn meteen in het veld zichtbaar zodat een meetplan op basis van voortschrijdende kennis kan worden aangepast.

In dit onderzoek is de concentratie van zink, lood en koper bepaald. Deze stoffen worden regelmatig als diffuse verontreiniging aangetroffen in stedelijk gebied.

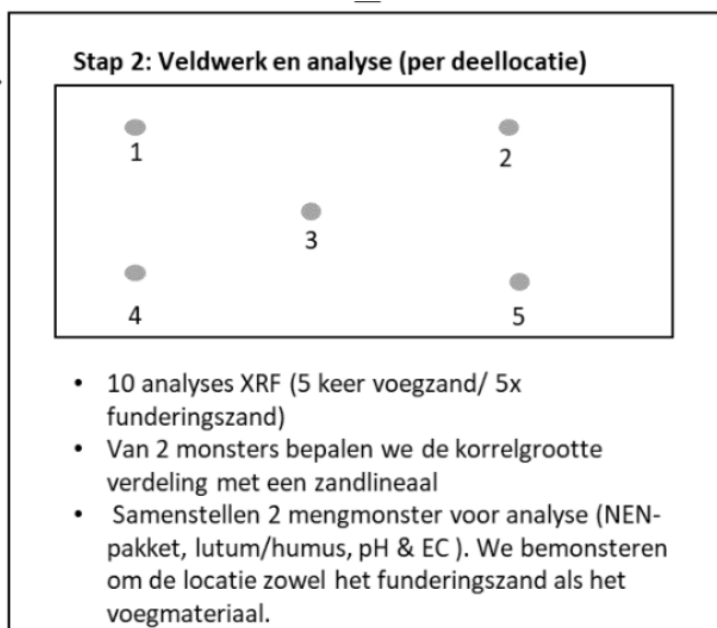
Zoals aangegeven in Figuur 7 heeft bemonstering plaats gevonden op 5 locaties op meetlocatie, meestal 1 parkeerplek. Midden op de parkeerplek en in de buurt van de 4 hoeken van de parkeerplaats.

Bemonstering heeft plaatsgevonden op 2 dieptes. Eén monster is genomen van het groeimedium, doorgaans de bovenste 7-12 cm. En één monster is genomen van de laag er direct eronder, ofwel de wegfundering.

Voor alle genomen monsters is met behulp XRF de concentratie zink, lood en koper bepaald. Daarnaast is met behulp van een zandliniaal de textuur van alle bodemmonsters bepaald.

⁶ Boogaard Floris, [Bodemvervuiling in wadis onderzocht met nieuwe methode](#) (ENG: Research on long term soil contamination in swales), H20 magazine May 2019
Boogaard F.C. [Nieuwe meetmethode brengt kwaliteit bodem wadi's in kaart, land en water](#), juni 2019

Daarnaast zijn bodemonsters genomen ter verificatie van de XRF-metingen (zware metalen) en om de bodemsamenstelling van de toplaag van de doorgroeibare verharding vast te stellen (lutum- en humusgehalte).



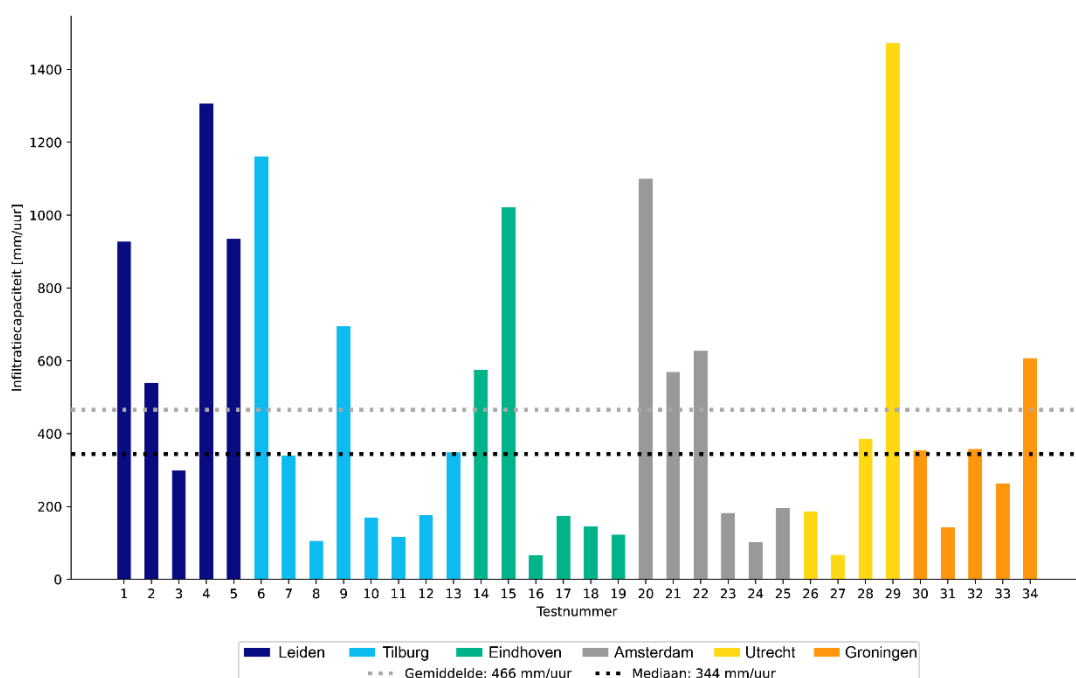
Figuur 7: Overzicht monsterpunten per locatie.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de hydrologische testresultaten van de full-scale infiltratieproeven bondig weergegeven. Een beknopt overzicht van geteste locaties is gegeven in Hoofdstuk 2 en een uitgebreid overzicht van de geteste locaties met kenmerken wordt gegeven in Bijlage C en F.

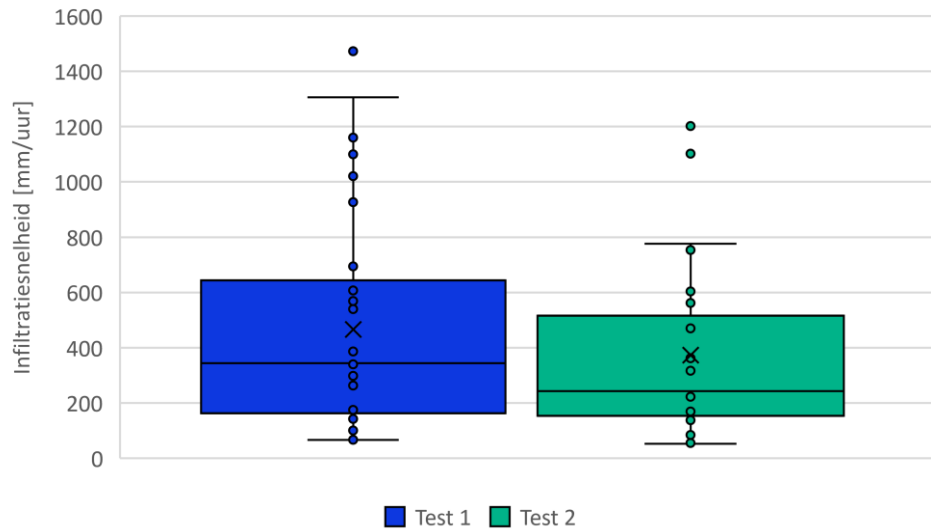
3.1 Resultaten infiltratieproeven

In Figuur 8 worden de infiltratiesnelheden van alle testvakken getoond. Hierin wordt alleen het resultaat van de eerste test weergegeven. De infiltratiecapaciteit onder verzadigde condities is weergegeven in Tabel 2.



Figuur 8: Overzicht van infiltratiecapaciteit van alle metingen (alleen de eerste meting wordt weergegeven).

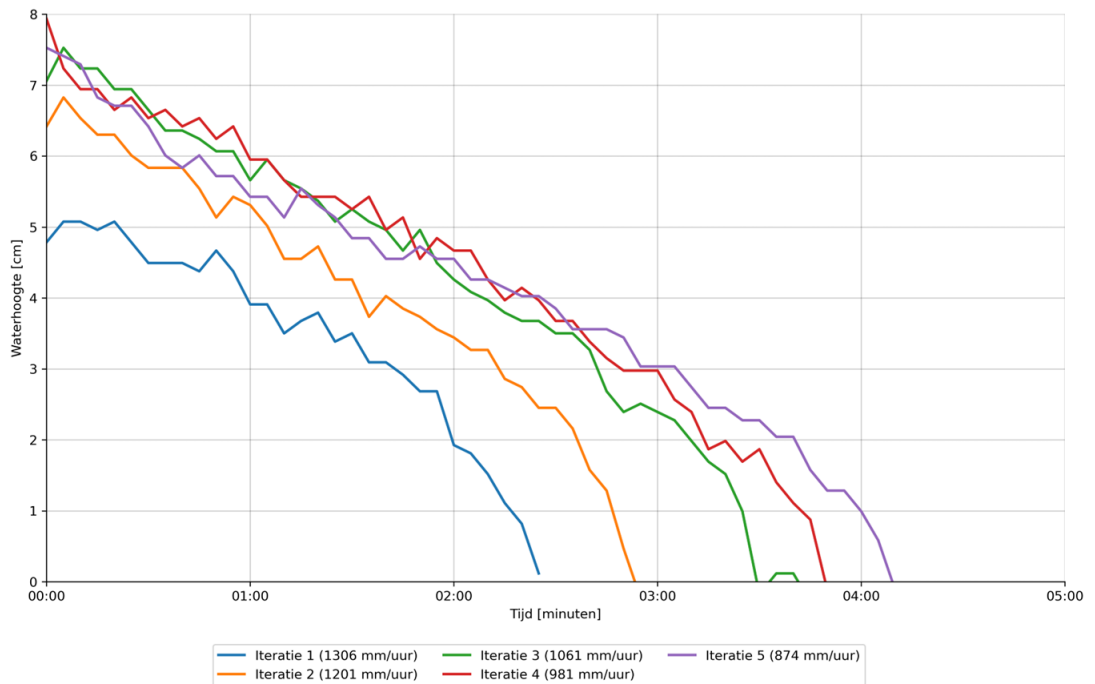
De mediaan van alle tests is 344 mm/uur (956 l/s/ha); het gemiddelde is 466 mm/uur. Wanneer het gemiddelde wordt vergeleken met de individuele tests wordt duidelijk dat sommige testvakken hier ver boven zitten en andere ver onder het gemiddelde. De mediaan geeft daardoor een betrouwbaarder beeld. In Figuur 9 staan de boxplots van alle eerste en tweede tests (iteraties) die zijn uitgevoerd binnen dit onderzoek. Deze plots laten zien dat er een lichte afname is in gemiddelde prestaties bij een herhalende test. Ook blijft er een minimale infiltratiesnelheid van 50 mm/uur over.



Figuur 9: Boxplots van de eerste en laatste tests.

Het herhalen van de full-scale infiltratietest laat vaak hetzelfde patroon zien: de infiltratiesnelheid neemt af naarmate de test vaker wordt herhaald. De reductiefactor tussen test 1 en test 2 ligt vaak tussen 0.5 en 0.8 (gemiddeld 0.68 voor alle metingen).

Dit effect wordt weergegeven in Figuur 10. In Tabel 2 wordt voor elke gedane test de reductiefactor ten opzichte van de eerste test weergegeven.



Figuur 10: Teruglopende prestaties bij herhaalde infiltratietesten.

Tabel 2: Infiltratiesnelheden en reductiefactoren van meerdere infiltratietesten.

Stad	Testnummer	Reductiefactor (t.o.v. eerste test)				
		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Leiden	1	1	0.65			
Leiden	2	1	0.61			
Leiden	3	1	0.62			
Leiden	4	1	0.92	0.81	0.75	0.67
Leiden	5	1	0.83	0.75		
Tilburg	6	1	0.96			
Tilburg	7	1	0.54			
Tilburg	8	1				
Tilburg	9	1	0.47			
Tilburg	10	1	0.58			
Tilburg	11	1				
Tilburg	12	1	0.48			
Tilburg	13	1	0.97			
Eindhoven	14	1	0.67			
Eindhoven	15	1	0.74			
Eindhoven	16	1				
Eindhoven	17	1	0.41			
Eindhoven	18	1				
Amsterdam	20	1	0.43	0.3		
Amsterdam	21	1	0.64	0.58		
Amsterdam	22	1	0.51			
Amsterdam	23	1	0.99			
Amsterdam	24	1	0.64			
Amsterdam	25	1	0.96			
Utrecht	26	1	0.74			
Utrecht	27	1	0.79			
Utrecht	28	1	0.58	0.52		
Utrecht	29	1	0.75	0.51	0.36	0.29
Groningen	30	1	0.69			
Groningen	31	1	0.39			
Groningen	32	1	0.47			
Groningen	33	1	0.9			
Groningen	34	1	0.92	0.39		

Tabel 3: Overzicht van testdagen. Tabel 3 laat een overzicht zien van de omstandigheden op de dagen dat er testen uitgevoerd zijn. Er wordt laten zien wat de maximale temperatuur was, de neerslag op de dag voorafgaand aan de test en de totale neerslag de 14 dagen voorafgaand aan de test. Duidelijk wordt dat de tests onder verschillende omstandigheden zijn uitgevoerd. De tests in Leiden en Utrecht zijn uitgevoerd na een relatief droge periode. In de 14 dagen voorafgaand aan de tests in Tilburg viel een gemiddelde hoeveelheid regen en

viel er op de dag voor de test geen neerslag. In Eindhoven en Amsterdam wat juist een grote hoeveelheid neerslag gevallen in de 14 dagen voorafgaand aan de test. Daarnaast zijn de tests in Amsterdam en Utrecht uitgevoerd tijdens de winter, waardoor er sprake was van nachtvorst en temperaturen rond het vriespunt op het moment van testen. Alle tests zijn telkens op één dag uitgevoerd; er zat ongeveer een uur tussen tests op verschillende locaties.

Tabel 3: Overzicht van testdagen.

Nummer	Stad	Datum	Maximale temperatuur op testdag [°C]	Neerslag de dag voor het testen [mm]	Neerslag de 14 dagen voor het testen [mm]
1	Leiden	17 mei 2022	23.4	2.7	6.1
2	Tilburg	31 mei 2022	18.2	0	47.2
3	Eindhoven	28 september 2022	14.9	11.3	81.5
4	Amsterdam	17 januari 2023	5.0	17.4	94.2
5	Utrecht	27 februari 2023	7.3	0	16.0

3.2 Bodemonderzoek

Het bodemonderzoek is gericht op drie zware metalen waarvan wordt verwacht dat deze mogelijk in te hoge concentraties voorkomen:

- Lood,
- Koper,
- Zink

Lood

Tabel 4 toont de gemeten lood concentraties in de verschillende gemeentes. De P50-P100 waardes zijn de berekende percentielen van de concentratie van het zware metaal op basis van alle genomen monsters in de gemeente.

Op geen van de locaties wordt de interventiewaarde of GGD-advieswaarde overschreden. Voor lood bestaat er op basis van deze metingen geen probleem (<GGD-advieswaarde/interventiewaarde).

Tabel 4: Meetresultaten met XRF in de deelnemende gemeenten: Lood.

Lood					
Interventiewaarde	530				
GGD-advieswaarde	90				
	Amsterdam	Eindhoven	Tilburg	Utrecht	Leiden
P50	14	12	12	21	6
P75	20	16	15	33	9
P80	20	17	17	34	10
P90	29	19	24	39	12
P95	34	23	28	54	15
P100	44	33	32	79	71

Lood in wegfunderingen kan bijvoorbeeld afkomstig zijn van loodslabben bij daken.

Koper

Tabel 5 toont de gemeten koper concentraties de verschillende gemeentes. De interventiewaardes worden overschreden op locaties in Eindhoven. In Utrecht wordt de interventiewaarde benaderd. Voor de locaties in Eindhoven en Utrecht is geen duidelijke oorzaak herkend.

Tabel 5: Meetresultaten met XRF: Koper.

Koper					
Interventiewaarde	190				
	Amsterdam	Eindhoven	Tilburg	Utrecht	Leiden
P50	20	23	21	21	0
P75	21	143	22	32	0
P80	21	180	22	44	0
P90	23	201	24	74	0
P95	24	231	24	100	6
P100	24	330	26	160	21

Zink

Tabel 5 toont de gemeten zink concentraties in de verschillende gemeentes. De interventiewaarde wordt overschreden op één locatie in de gemeente Utrecht. In Utrecht en Tilburg worden de tussenwaarde ook enkele keren overschreden. Ook voor de hoge zinkconcentraties op deze locaties zijn geen duidelijke oorzaken herkend. De hoge zinkconcentraties in Utrecht zijn gemeten bij een relatief jonge verharding waarbij er geen lokale bron is aangetroffen. Het is daarom aannemelijk dat het zink al aanwezig was in het substraat voordat het was aangebracht. In Utrecht is er wel een grindlaag en puinlaag aanwezig onder de verharding. Het voegzand waarin de verhoogde concentraties zijn gemeten is op het zicht schoon.

Tabel 6: Meetresultaten met XRF: Zink.

Zink					
Tussenwaarde					
Interventiewaarde	720				
	Amsterdam	Eindhoven	Tilburg	Utrecht	Leiden
P50	43	87	58	120	58
P75	66	133	81	238	66
P80	70	162	90	300	67
P90	83	181	105	413	74
P95	111	200	130	590	85
P100	230	330	620	1500	271

Aandachtspunt

Uit eerder onderzoek naar verontreinigingen naar Wadi's is gebleken dat verontreiniging accumuleert in de bovenste centimeter(s) van de bodem. De hoogste concentraties werden hier gemeten. In dit onderzoek zijn monsters genomen van de gehele laag van het groeimedium. We verwachten dat ook bij doorgroeibare verhardingen de meeste accumulatie van verontreiniging in de bovenste centimeter van het groeimedium plaatsvindt en dat metingen aan de bovenste centimeter tot hogere gemeten waardes zal leiden.

3.3 Analyses

Naast de infiltratiesnelheid is er meer informatie vastgelegd van elk testvak. Met deze aanvullende informatie zijn verbanden onderzocht tussen de prestaties en bepaalde eigenschappen. De volgende analyses zijn uitgevoerd:

Leeftijd

1. Aanlegdatum

Verharding

2. Staat/kwaliteit van verharding
3. Percentage opening

Vegetatie

4. Type vegetatie
5. Ligging van vegetatie
6. Staat/kwaliteit van vegetatie
7. Groeimedium

Ligging en gebruik

8. Parkeerdruk
9. Ligt de vegetatie onder een boom?

Meetopstelling

10. Oppervlakte van het testvak en lekverliezen
11. Testseizoen

3.3.1

Aanlegdatum

Verwachte invloed

De verwachting is dat de doorlatendheid van doorgroeibare verharding afneemt in de tijd. Bij systemen die langer liggen worden de fundering en/of voegen gecompacteerd door het gewicht van voertuigen en vindt dichtslibbing plaats door fijne bodemdeeltjes in de voegen. Daartegenover staat dat er wanneer er een gezonde bodem ontstaat de infiltratiecapaciteit kan toenemen door het ontstaan van bodemstructuur en de aanwezigheid van wormengangen.

Praktijkervaring

In de interviews werd aangegeven dat de infiltratiesnelheden verwacht worden achteruit te gaan naarmate het systeem langer ligt. Echter, van de systemen wordt wel een 'basisniveau' verwacht.

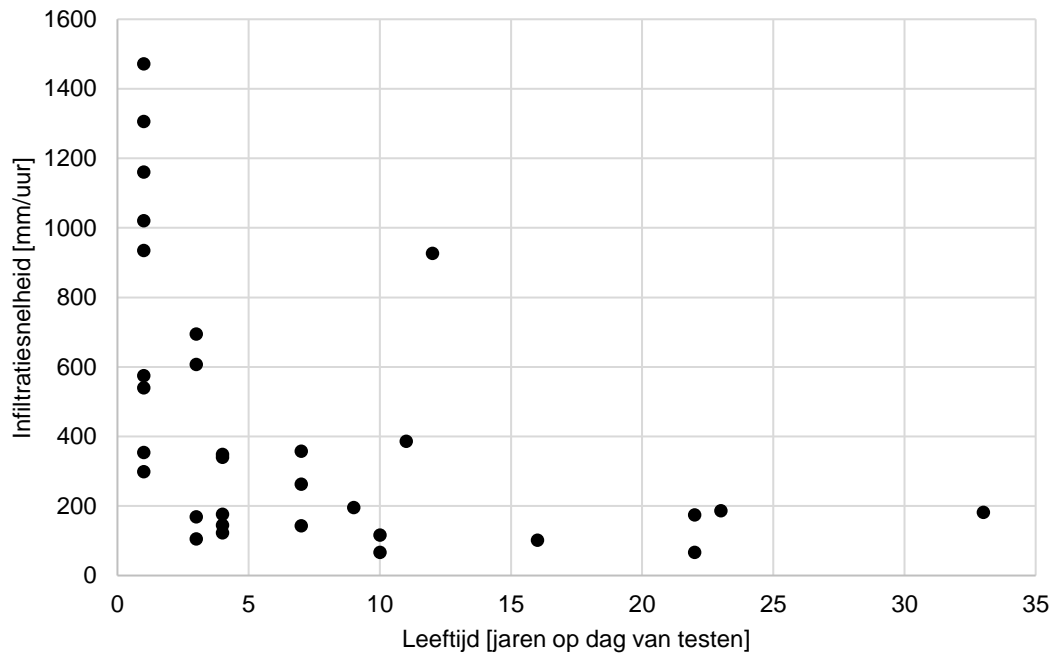
Resultaat

In de meetresultaten is een verband te zien tussen de leeftijd van het systeem en de prestaties. Systemen die jonger zijn dan 3 jaar presteren over het algemeen beter dan systemen die er langer dan 10 jaar liggen. Deze relatie is ook in eerdere onderzoeken vastgesteld bij doorlatende en passerende verhardingen⁷. De systemen die langer dan 10 jaar liggen hebben een gemiddelde infiltratiecapaciteit van 245 mm/uur en een minimum infiltratiecapaciteit van 66 mm/uur.

⁷ Boogaard, F.; Rooze, D.; Stuurman, R. [The Long-Term Hydraulic Efficiency of Green Infrastructure under Sea Level: Performance of Raingardens, Swales and Permeable Pavement in New Orleans](#). Land 2023, 12, 171.

Boogaard Floris, Lucke Terry,.: [Long-term Infiltration Performance Evaluation of Dutch Permeable Pavements using the Full-Scale Infiltration Method](#), Water February 2019, 11(2), 320; doi: 10.3390/w11020320

Boogaard F.C. [Stormwater characteristics and new testing methods for certain sustainable urban drainage systems in The Netherlands](#), ISBN 978-94-6259-745-7 <https://doi.org/10.4233/uuid:d4cd80a8-41e2-49a5-8f41-f1efc1a0ef5d>, Delft 2015.



Figuur 11: Analyse van de leeftijd van het systeem.

3.3.2 Percentage opening

Verwachte invloed

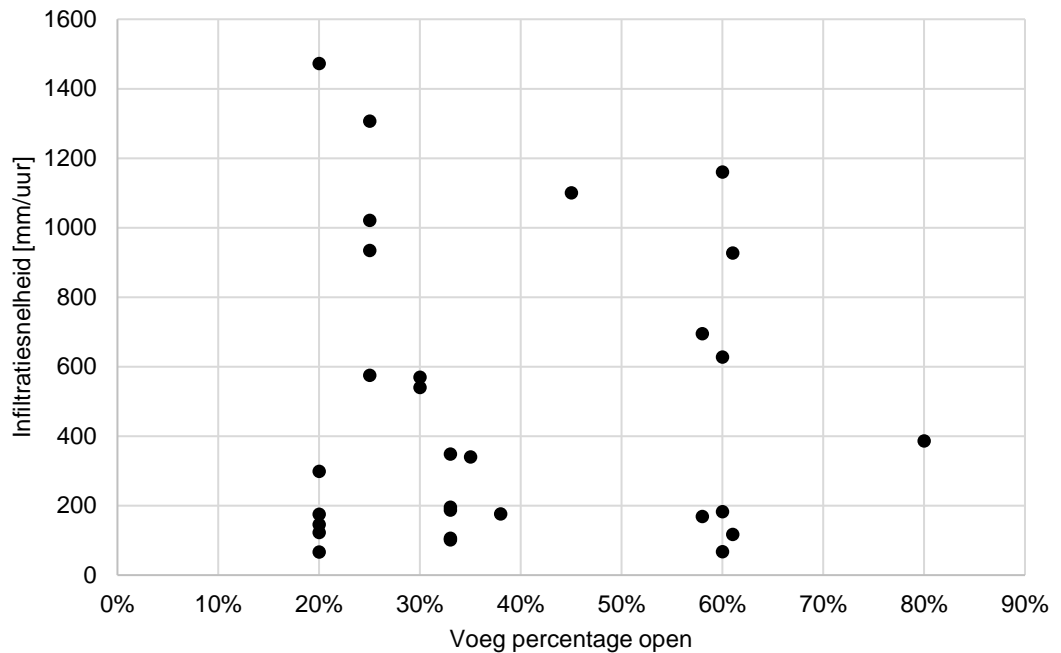
De verwachting is dat een hoger percentage opening leidt tot een grotere infiltratiecapaciteit omdat het infiltrerend oppervlak groter is.

Praktijkervaring

Vanuit de interviews is er geen informatie over deze parameter.

Resultaat

Er is geen duidelijke relatie te zien tussen het percentage openheid van de steen en de infiltratiesnelheid. Een aantal stenen met een klein percentage opening (20%) hebben een lage doorlatendheid, maar er zijn ook stenen met grotere openingen die hetzelfde presteren.



Figuur 12: Analyse van percentage opening.

3.3.3 Type vegetatie

Verwachte invloed

Er is geen duidelijke verwachting over de directe invloed van type vegetatie op de infiltratiesnelheid. Wel wordt aangenomen dat het ene type vegetatie beter aanslaat dan de andere en dat een beter aangeslagen type vegetatie. Dit kan er toe leiden dat een gezondere bodem ontwikkeld en daardoor een hogere infiltratiesnelheid.

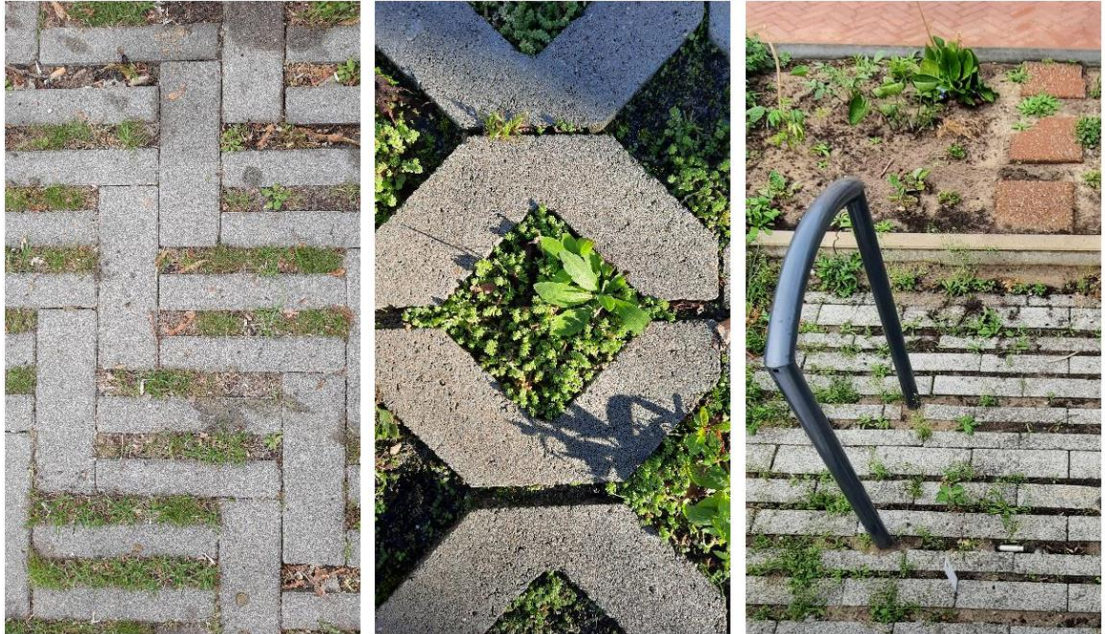
Praktijkervaring

Vanuit de interviews is er geen informatie over de verschillen in infiltratiecapaciteit tussen verschillende typen vegetatie. Wel vanuit het standpunt van onderhoud en ecologie. Kruiden kunnen bijvoorbeeld een rijkere ecologie ondersteunen dan gras.

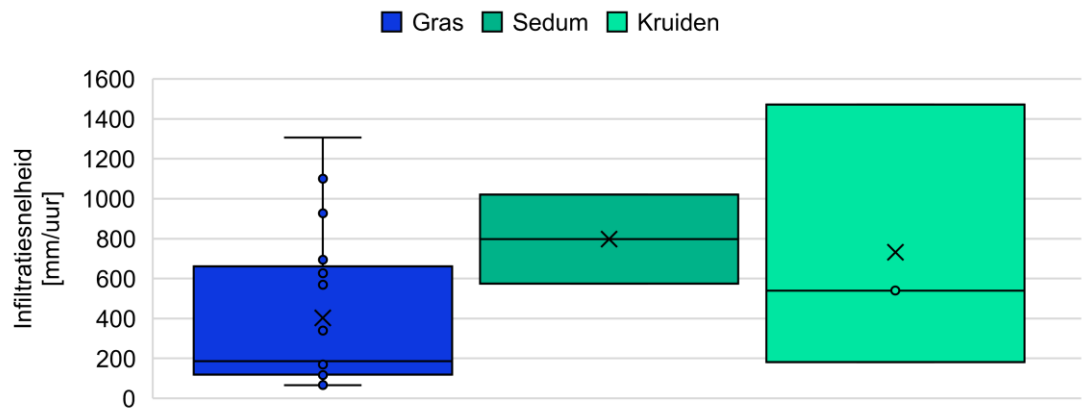
Er zijn in dit onderzoek drie hoofdtypen vegetatie onderscheiden: gras, sedum en andere (inheemse) kruiden (zie Figuur 13). Voor de classificatie is het meest aanwezige type vegetatie in het testvak als uitgangspunt genomen. In realiteit is de vegetatie in een testvak vaak gemengd.

Resultaat

Het overgrote deel van de testvakken had gras als dominante vegetatie. Omdat er van sedum en kruiden weinig testvakken zijn getest is er meer data nodig om hier een betrouwbare uitspraak over te doen. De geteste vakken met sedum en kruiden lijken iets beter te presteren dan het gemiddelde van de testvakken met gras.



Figuur 13: Hoofdtypen vegetatie van links naar rechts: gras, sedum en inheemse kruiden.



Figuur 14: Analyse van type vegetatie. Aantal "gras": 21, aantal "sedum": 2, aantal "kruiden": 3.

3.3.4 Ligging van vegetatie

Verwachte invloed

De verwachte invloed is dat vegetatie die dieper ligt dan de bovenkant van de bestrating beter presteert doordat deze niet direct door autobanden wordt belast. Doordat de vegetatie niet wordt belast zal ook het groeimedium/bodem niet worden belast waardoor een gezondere bodemstructuur kan ontwikkelen. Hierdoor wordt een hogere infiltratie snelheid verwacht bij vegetatie die lager ligt dan de bovenkant van de bestrating.

Classificatie

Vegetatie kan op verschillende dieptes liggen ten opzichte van de verharding:

- Hol: vegetatie ligt onder de bestrating en autobanden raken de vegetatie niet of nauwelijks aan;
- Vlak: vegetatie ligt gelijk aan de bestrating. Vegetatie wordt even zwaar belast als de bestrating;
- Bol: vegetatie ligt boven de bestrating. Autobanden oefenen veel druk uit op de vegetatie en onderliggend pakket.



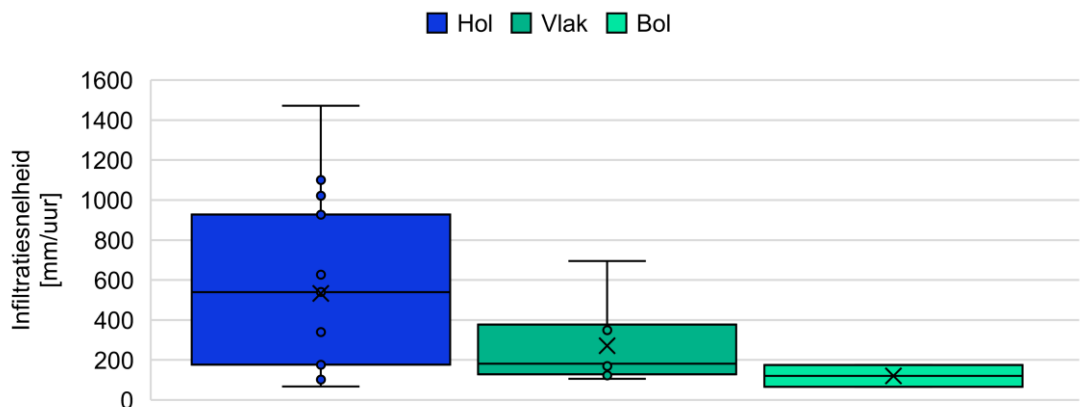
Figuur 15: Voorbeelden van diepteligging van vegetatie van links naar rechts: hol, vlak en bol.

Praktijkervaring

Uit de interviews komt naar voren dat gemeenten al zo vaak mogelijk de vegetatie onder het verharde oppervlak aanleggen. Daarbij wordt geprobeerd minimaal een aantal centimeter vrij te houden. De ervaring leert dat het in de uitvoering niet altijd verlaagd wordt aangelegd. Ook werd opgemerkt dat in de loop der jaren de voegen opvullen door inwaaierende sedimentatie. Daardoor bestaat het risico dat de vegetatie alsnog boven de verharding uitkomt.

Resultaat

De meeste vegetatie is hol aangelegd. Toch is op 12 locaties de vegetatie als vlak en 4 locaties als bol gekwalificeerd. De analyse laat zien dat vegetatie die onder het wegoppervlak ligt beter presteert dan vegetatie die boven de verharding uitsteekt. Zo wordt voorkomen dat autobanden het groeimedium verdichten en de vegetatie beschadigen.



Figuur 16: Analyse van de ligging van de vegetatie. Aantal "hol": 15, aantal "vlak": 8, aantal "bol": 4.

3.3.5 Staat/kwaliteit van vegetatie

Verwachte invloed

De verwachting is dat vegetatie in goede staat een hogere infiltratiecapaciteit heeft dan vegetatie in een slechte staat, aangezien goed aanslaande vegetatie duidt op goede doorworteling van de ondergrond.

Classificatie

Het beoordelen van de kwaliteit of staat van de vegetatie is een kwalitatieve analyse. Daarom wordt er alleen onderscheid gemaakt in drie categorieën: goede, matige en slechte staat.

Figuur 17 laat de bandbreedte van de kwaliteit van vegetatie zien.



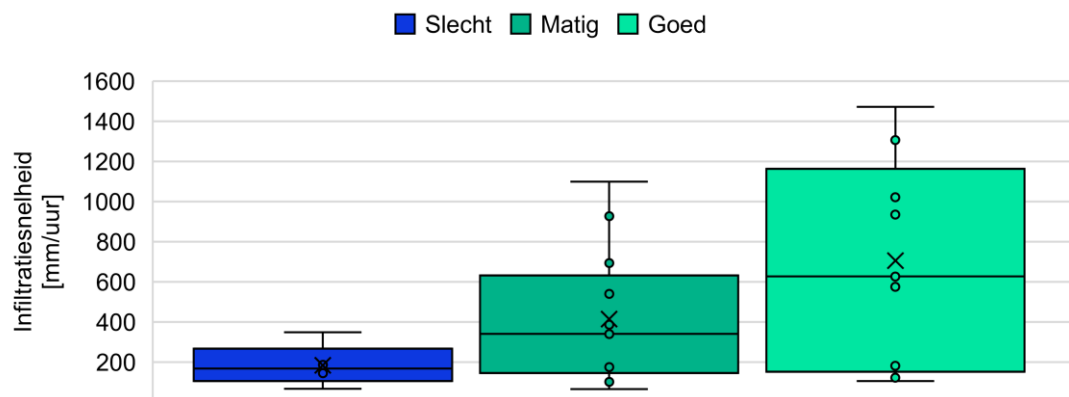
Figuur 17: Voorbeelden van de staat van vegetatie van links naar rechts: goede en slechte staat.

Praktijkervaring

Vanuit de interviews is er geen informatie over deze parameter.

Resultaat

Er lijkt een verband te zitten in de staat van de vegetatie en de prestaties van de verharding. Echter, deze relatie is lastig hard te onderbouwen: het inschatten van de vegetatie is een kwalitatieve toets. Veel condities hebben hier invloed op, waaronder het testseizoen, het type vegetatie, verkeersdruk, leeftijd van het systeem, etc.



Figuur 18: Analyse van de staat van de vegetatie. Aantal "slecht": 5, aantal "matig": 13, aantal "goed": 9.

3.3.6 Groeimedium

Verwachte invloed

De wortels van vegetatie groeien naar verwachting vooral in het groeimedium. Een dikker groeimedium en voldoende klei en humus zouden daardoor leiden tot een gezondere bodem en vegetatie. De grover de korrelgrootte verdeling hoe hoger de verwachte infiltratiecapaciteit. Een gezondere bodem kan leiden tot een hogere infiltratiesnelheid, terwijl de aanwezigheid van klei en humus in een ongezonde bodem kunnen leiden tot een lagere infiltratiesnelheid dan die van zand.

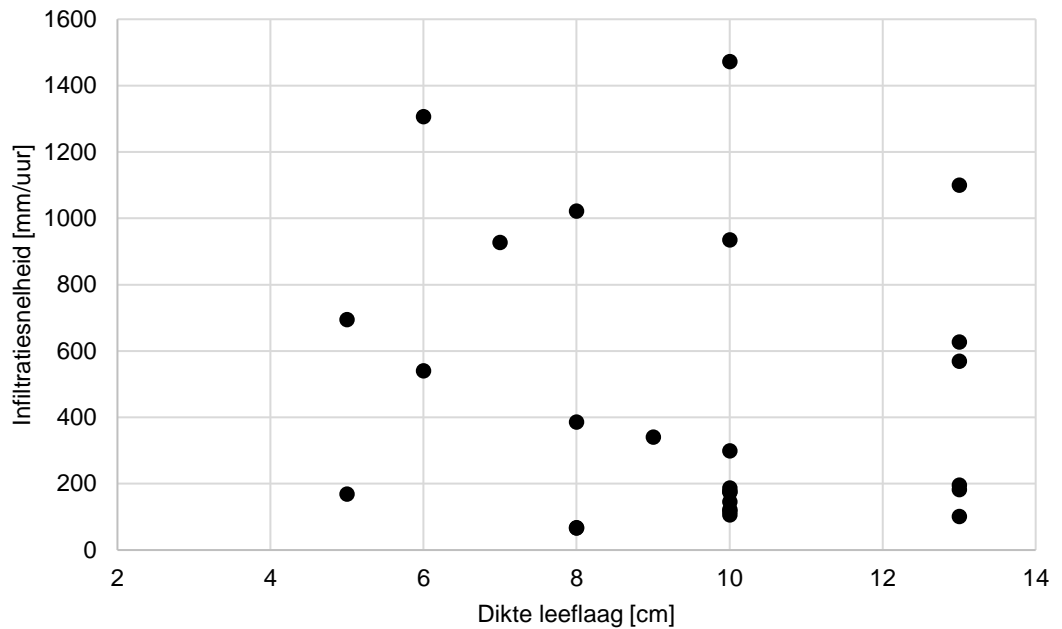
Praktijkervaring

Vanuit de interviews is er geen informatie over deze parameter.

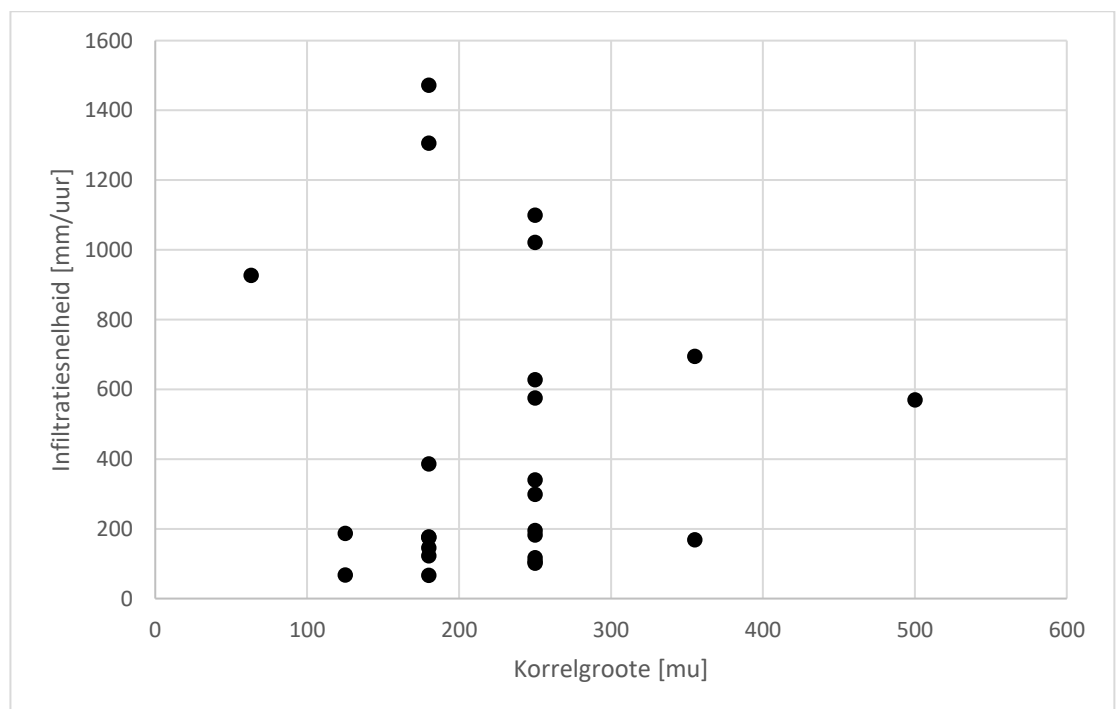
Resultaat

De invloed van de korrelgrootteverdeling van het groeimedium en het dikte van het groeimedium worden getoond in Figuur 19 en Figuur 20. Er is geen duidelijk verband zichtbaar tussen dikte groeimedium en infiltratiesnelheid.

Wel is er mogelijk een verband tussen korrelgrootte en infiltratiesnelheid, maar ook hier maakt de grote invloed van leeftijd van de locatie het lastig dit verband aan te tonen. Wanneer de hoogste infiltratiewaarden (>1000 mm/uur) worden geëlimineerd omdat deze gemeten zijn bij recent aangelegde verhardingen dan lijkt de infiltratiesnelheid hoger te worden naarmate de korrelgrootte toeneemt. Een uitzondering is dan de hoge gemeten infiltratiecapaciteit bij de korrelgrootte van 63 mu.



Figuur 19: Invloed van de dikte van de leeflaag op de infiltratie capaciteit.



Figuur 20: Invloed van de korrelgrootte van de leeflaag op de infiltratie capaciteit.

Tabel 7 toont de relatie tussen de korrelgroottefracties en de staat van de vegetatie. De korrelgrootte fracties 180-250 en 250-355 komen het meest voor. Deze resulteren in een goede of matige vegetatie. Bij de fijnere en grovere korrelfracties komen een matige en slechte staat van de vegetatie relatief vaker voor.

Daarnaast is de aanwezigheid van organisch stof van belang voor het ontstaan van een gezonde bodem. Dit is in dit onderzoek niet gemeten.

Tabel 7: Relatie tussen korrelgrootteverdeling en de staat van de vegetatie.

Vegetatie	63-125 [mu]	125-180 [mu]	180-250 [mu]	250-355 [mu]	355-500 [mu]	500 [mu]
Goed	0	0	3	5	0	0
Matig	1	0	4	5	1	1
Slecht	0	2	1	0	1	0

3.3.7 Parkeerdruk

Verwachte invloed

De verwachting is dat verhardingen met een hoge parkeerdruk een lagere infiltratiesnelheid hebben dan verhardingen met een lage parkeerdruk. Het inschatten van de parkeerdruk is een kwalitatieve analyse.

Classificatie

Elke gemeente kan andere definities hanteren van parkeerdruk. In de analyse is onderscheid gemaakt in drie categorieën:

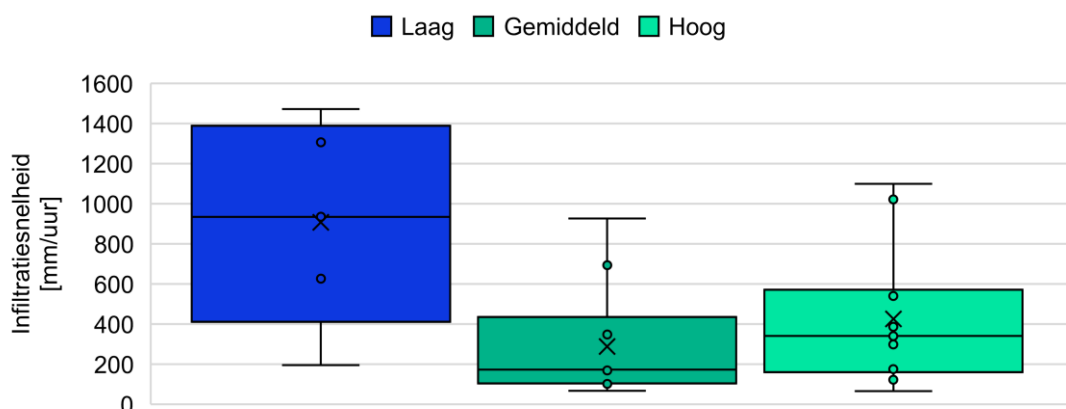
- Hoog: parkeervak is bijna altijd bezet, bijvoorbeeld in stadscentra.
- Matig: parkeervak is vaak bezet, maar ook enige tijd niet. Bijvoorbeeld een gemiddelde woonwijk, waar overdag niet geparkeerd wordt maar 's avonds en in het weekend wel.
- Laag: parkeervak is vaak vrij, bijvoorbeeld op een ruime parkeerplaats buitenaf of bij een bedrijventerrein.

Praktijkervaring

Uit interviews blijkt dat gemeenten de grootste kans zien voor doorgroeibare verharding op ruime parkeerplaatsen of andere plekken waar niet constante bezetting is. Daarbij wordt het aanslaan van vegetatie als belangrijke reden genoemd.

Resultaat

Uit de analyse komt dat parkeervakken met een lage (ingeschatte) parkeerdruk over het algemeen beter presteren dan parkeervakken met een hoge parkeerdruk.



Figuur 21: Analyse van de parkeerdruk. Aantal "laag": 5, aantal "gemiddeld": 10, aantal "hoog": 13.

3.3.8 Ligging vegetatie onder een boom

Verwachte invloed

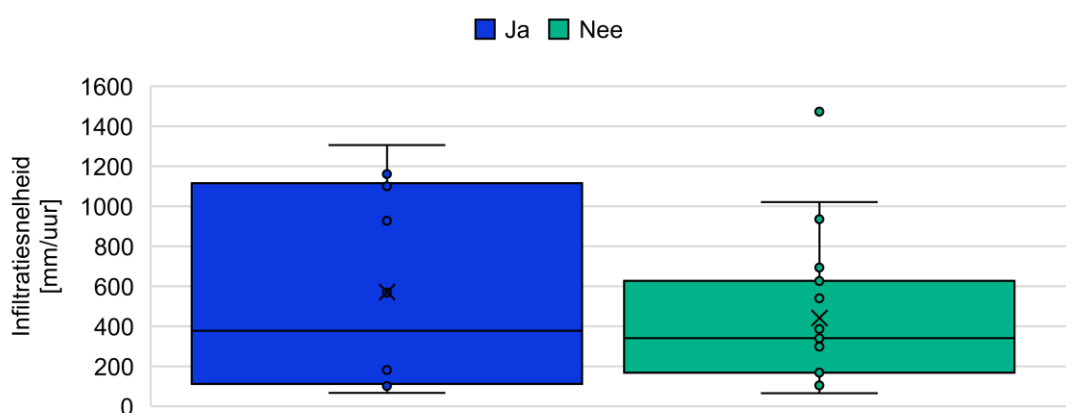
Er is geen directe verwachting over de directe invloed van de ligging van vegetatie onder een boom op de infiltratiesnelheid. Wel wordt aangenomen dat de kans dat vegetatie aanslaat wanneer deze niet onder een boom (beschaduwing) beter aanslaat dan wanneer deze wel onder een boom ligt. Dit kan er toe leiden dat een gezondere bodem ontwikkeld en daardoor een hogere infiltratiesnelheid.

Praktijkervaring

Tijdens de interviews werd aangegeven dat een ligging onder een boom ongunstig is door bladval en pollen.

Resultaat

Er is geen duidelijk verband te vinden tussen de ligging direct onder de kroon van een boom en de prestaties van de doorgroeibare verharding. Een opmerking hierbij is dat alleen een directe ligging onder de kroon als 'ja' is bestempeld. Er is geen rekening gehouden met mogelijke verspreiding van bladval/pollen door wind. Ook is het type boom niet geanalyseerd.



Figuur 22: Analyse van de ligging van het testvak onder een boom. Aantal "ja": 10, aantal "nee": 19.

3.3.9 Seizoensafhankelijkheid van infiltratie

Verwachte invloed

Bodemvocht gehalte, temperatuur en staat van de vegetatie variëren over het jaar. Deze kunnen invloed hebben op de infiltratiecapaciteit.

Praktijkervaring

Praktijkervaring is onbekend.

Resultaat

De resultaten laten geen duidelijke relatie zien tussen testseizoenen en infiltratiecapaciteit. Herhaling van metingen op dezelfde locatie in verschillende seizoenen zou mogelijk wel een relatie aan kunnen tonen. Daarnaast kan ook het initieel vochtgehalte bepaald worden om de invloed hiervan op de infiltratiecapaciteit te bepalen.

3.3.10 Oppervlakte van het testvak en lekverliezen

Verwachte invloed

De verwachting is dat randeffecten kleiner worden naarmate het testvak groter wordt. Zo is de verwachting dat het relatieve lekverlies en overschatting door de infiltratie in horizontale richting (naar buiten het testvak) afnemen.

Naar mate het lekverlies groter is, neemt de overschatting op basis van de metingen berekende infiltratiecapaciteit toe. Dit verschijnsel kan bij een klein infiltratieoppervlak zoals de infiltrometer test soms aanzienlijk zijn maar ook bij full-scale test is het soms lastig om significante lekverliezen ten opzichte van de infiltratie-capaciteit te voorkomen.

Resultaat

De resultaten laten deze effecten niet zien. Echter, zelfs het kleinste testvak heeft een aanzienlijk groter oppervlak dan een standaard infiltrometer en is daarom representatiever. De resultaten laten geen duidelijke relatie zien tussen grootte van in het geschatte lekkerverlies.

3.4 Staat van de vegetatie

De staat van de vegetatie is een aandachtspunt bij veel gemeenten in de beslissing over toepassing van doorgroeibare verhardingen. Een aantal jaren na aanleg is de staat van de vegetatie regelmatig slechter dan waar vooraf van is uitgegaan (zie bijvoorbeeld Figuur 13, Figuur 15 en Figuur 16). Dit uit zich met name door kale plekken, veelal op de plek waar de auto geparkeerd staat (minder zonlicht en neerslag). Tegelijkertijd worden doorgroeibare verharding door anderen in de eerste plaats gezien als een waterpasserende verharding en zijn de soorten die zich er vestigen een bijkomend voordeel.

Om inzicht te krijgen in de oorzaken is bekeken of er factoren zijn die van invloed zijn op de kwaliteit van de vegetatie. Tabel 8 toont voor de staat van de vegetatie verschillende factoren die hier van invloed op kunnen zijn:

- gemiddelde dikte van de leeflaag,
- de aanlegdatum,
- ligging onder een boom,
- hoogte ligging van vegetatie ten opzichte van verharding,
- verkeersdruk.

Door de beperkte steekproef van 32 locaties zullen geen statistisch onderbouwde conclusies worden getrokken, maar zullen de relaties kwalitatief worden besproken.

Van de 32 locaties zijn er 14 als goed geclassificeerd en 13 als matig. Slechts 5 locaties zijn als slecht geclassificeerd. Zoals eerder in het rapport vermeld is de classificatie onderhevig aan subjectiviteit.

De staat van de vegetatie bij recent aangelegde doorgroeibare verhardingen lijkt beter dan bij oudere verhardingen. De gemiddelde leeftijd van locaties met een goede vegetatie is relatief laag; gemiddeld 3 jaar. De matig tot slecht functionerende vegetatie heeft een gemiddelde leeftijd van respectievelijk 11 en 9 jaar. Dit kan komen doordat de kwaliteit met de jaren afneemt door een accumulerend effect van relatief lage neerslag, beperkte bezonning en belasting door autobanden. Aan de andere kant kan het ook zo zijn dat er nu een beter passende vegetatie wordt aangebracht.

Er is geen duidelijk verband zichtbaar tussen de staat van de vegetatie en de dikte van de leeflaag. Aangenomen wordt dat een dikkere leeflaag tot een gezondere, betere vegetatie leidt. De gemiddeld dikte van de leeflaag varieert tussen de 6.6 en 9.6 cm. De samenstelling van de aangebrachte leeflaag is niet onderzocht.

De locaties met een matig tot slechte vegetatie liggen relatief vaak onder een boom. De staat van de vegetatie in relatie tot de ligging onder een boom is onderzocht. De ligging onder een

boom kan zorgen voor beperkte groei door schaduwwerking, beperking van de neerslag als gevolg van interceptie van de neerslag en bladval. Tegelijkertijd kan de beschaduwing de vegetatie wel beschermen tegen verbranding door overdadige instraling door de zon. De meeste van de onderzochte locaties (23 van de 32) liggen onder een boom. Van de onderzochte locaties met goed presterende vegetatie liggen er 12 niet en 2 wel onder een boom.

Een hoge ligging van de vegetatie ten opzichte van de verharding stelt de vegetatie bloot aan extra belasting door de wielen van auto's wat kan zorgen voor een slechtere staat van de vegetatie. De resultaten tonen geen duidelijke relatie tussen de ligging van de vegetatie en de staat ervan. De staat van de vegetatie lijkt iets beter te zijn bij een vlakke ligging dan bij een holle ligging. Bol liggende vegetatie, hoger dan de verharding, komt weinig (4 keer) voor. Hol en vlak liggende vegetatie komt wel vaker voor (respectievelijk 15 en 13 keer). Hierbij wordt opgemerkt dat bij holle ligging er meer verharding en een kleiner deel van de vegetatie zichtbaar is. Dit kan tot een onderschatting van de staat van de vegetatie hebben geleid.

Een goede staat van de vegetatie komt het meest voor op locaties met een lage ingeschatte parkeerdruk. Bij een gemiddelde en hoge parkeerdruk is de staat van de vegetatie meestal matig. De parkeerdruk is ingeschat op basis van type locatie (woonwijk, bedrijventerrein, sportpark) parkeerdruk op moment van de metingen en parkeren voor fietsen of auto's.

Tabel 8 Staat van de vegetatie en factoren die hier verondersteld van invloed op zijn.

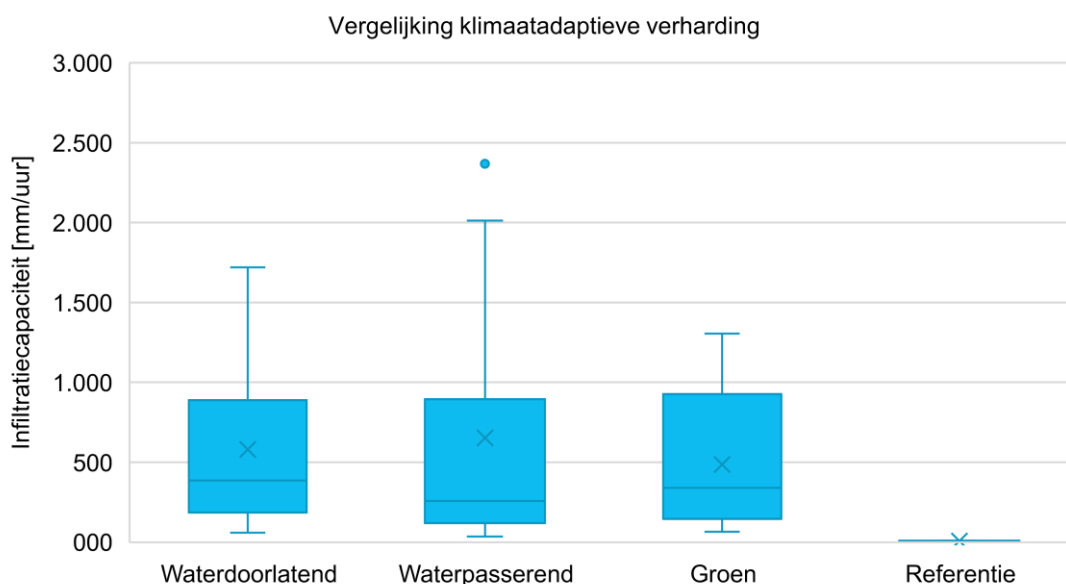
Staat van vegetatie	Aantal	Dikte leeflaag [cm]	Leeftijd	Onder boom		Ligging vegetatie			Verkeersdruk		
				Ja	Nee	Bol	Vlak	Hol	Laag	Gemiddeld	Hoog
Goed	14	7.8	3	2	12	2	7	5	8	2	4
Matig	13	9.6	11	5	8	2	3	8	1	5	7
Slecht	5	6.6	9	2	3	0	3	2	0	3	2

3.5 Vergelijking met andere klimaatadaptieve verharding

In de praktijk bestaan wisselende ervaringen of doorgroeibare verhardingen meer of minder doorlatend zijn dan andere soorten waterpasserende en waterdoorlatende verharding.

Op basis van meer dan 100 meetlocaties⁸ met dezelfde meetmethode blijkt dat gemiddeld gezien de infiltratiecapaciteit van doorgroeibare verhardingen in dezelfde orde grootte ligt als waterpasserende en waterdoorlatende verharding. Figuur 28 laat zien dat de gemiddelde infiltratiecapaciteit van doorgroeibare verharding in dezelfde orde of net iets lager ligt dan die van beide andere typen. Hierbij wordt opgemerkt dat de gemiddelde infiltratiecapaciteit van de waterpasserende sterk wordt beïnvloed door één uitschieter. De mediaan van de infiltratiecapaciteit van doorgroeibare verharding ligt (net) iets lager dan die van waterdoorlatende verharding en iets hoger dan die van waterpasserende verharding. Gezien de eerder genoemde uitschieters en het feit dat lokale factoren sterk van invloed zijn op de meetresultaten, kan men zeggen dat hydraulisch functioneren van doorgroeibare verharding gemiddeld in dezelfde orde ligt als van andere doorlatende verharding, in tegenstelling tot wat vaak wordt aangenomen dat de infiltratiecapaciteit lager zou liggen dan andere soorten.

De lage infiltratiecapaciteit van reguliere verharding (orde grootte 3-10 mm/uur; 72-240 mm/dag) bepaald tijdens full-scale tests en ring infiltrometer tests in Breda⁹.



Figuur 23: Vergelijking van doorgroeibare verharding met waterdoorlatende, waterpasserende en reguliere (klinkers) referentieverharding (tussen 3 mm/uur en 10 mm/uur).

⁸ <https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/onderzoek/de-infiltrerende-stad/>

⁹ Boogaard, F.C., Ras, M., Rook, J. 2013. Onderzoek naar doorlatendheid verhardingen Breda.

4 Conclusies & aanbevelingen

4.1 Conclusies

Doorgroeibare verhardingen worden overal in Nederland en in het buitenland toegepast. De meeste doorgroeibare verhardingen worden toegepast in buitenwijken of aan recreatiegebieden en sportparken aan de rand van steden. Maar steeds vaker worden doorgroeibare verhardingen ook toegepast zoals in het centrum van steden als Amsterdam en Antwerpen (Figuur 24) en wijktypen als bedrijventerreinen.



Figuur 24 Doorgroeibare verharding in centrum van Amsterdam (Overtoom) en Antwerpen (rechts).

De conclusies met betrekking tot hun functioneren in de praktijk zijn gesplitst in twee categorieën: conclusies ten aanzien van het hydrologisch functioneren en conclusies ten aanzien van de bodemkwaliteit.

Conclusies gebaseerd op hydrologische metingen

Op basis van de metingen kunnen conclusies worden getrokken ten aanzien van doorgroeibare verharding. Hierbij moet wel vermeld worden dat de steekproefgrootte relatief klein is gezien de grote spreiding van de meetresultaten, waardoor altijd een lokale interpretatie van de resultaten nodig is.

- Er is geen significant verschil in infiltratiecapaciteit tussen doorgroeibare, waterdoorlatende en waterpasserende verharding. De keuze voor het type systeem hangt voornamelijk af van de beoogde functie (beperken wateroverlast, vergroening, biodiversiteit, hitte). Vergeleken met reguliere bestrating is er wel sprake van een grotere infiltratiesnelheid: een mediaan van 344 mm/uur (956 l/s/ha) en gemiddeld 466 mm/uur (1295 l/s/ha). Reguliere verharding zit vaak tussen 3-10 mm/uur. Dit betekent dat de gemiddelde infiltratiecapaciteit veel hoger ligt dan de maximum neerslagintensiteit tijdens een bui08 (totaal 19.8 mm in een uur met een maximum intensiteit van 110 l/s/ha) of bui10 (totaal 35.7 mm in 0.75uur met een maximumintensiteit van 210 l/s/h).
- De infiltratiecapaciteit van doorgroeibare verharding gaat in verloop van tijd achteruit. Na zo'n 5 jaar blijft een minimale infiltratiecapaciteit van 50 mm/uur (139 l/s/ha) over.
- Uit de tests blijkt dat de grootte van de openingen in de stenen weinig invloed heeft op de infiltratiecapaciteit. Andere factoren, zoals voegmateriaal en onderliggende fundering zijn van groter belang.
- Doorgroeibare verharding presteert het beste in gebieden waar de parkeerdruk niet hoog is. Meerdere indicatoren zijn afhankelijk van de parkeerdruk, waaronder frequentie van belasting door autobanden, compactie, (gebrek aan) zonlicht, mogelijkheid tot onderhoud.

- Door de opzet van het onderzoek en het aantal uitgevoerde metingen is geen duidelijk verband naar voren gekomen tussen de prestatie van de doorgroeibare verhardingen (infiltratiecapaciteit en kwaliteit groen) en de dikte en samenstelling van de leeflaag, de opbouw van de wegfundering en de vegetatiesoorten. Een advies hierover kan op basis van dit onderzoek niet worden opgesteld.
- Uit de interviews en workshops zijn voor onderhoud geen specifieke aanbevelingen naar voren gekomen. In praktijk moet mechanisch vegen worden voorkomen in verband met de beschadiging van de vegetatie. Verwijderen van vuil vindt in praktijk plaats met de hand en eventueel maaien wordt uitgevoerd met een bosmaaier. In dit onderzoek is niet achterhaald in welke mate dit gebeurt.

Conclusies bodemkwaliteit

De metingen van het zware metalen gehalten van de bodem laten enkele verhogingen zien in koper en zink concentraties in het groeimedium van de doorgroeibare verhardingen. Zowel voor koper en zink is de interventiewaarden en tussenwaarden overschreden. Doordat de verontreinigingen zijn aangetroffen in relatief jonge verhardingen het is het waarschijnlijk dat de verontreiniging al aanwezig was in het aangebrachte groeimedium. De uitgevoerde metingen geven geen aanleiding tot afraden van het toepassen van doorgroeibare verhardingen op basis van verontreiniging met zink, lood en koper.

Er wordt aanbevolen om de metingen op de onderzochte locaties (met name de parkeervakken) te herhalen om zo de ontwikkeling in de tijd te kunnen waarnemen. Daarbij wordt aanbevolen om zowel een monster te nemen van de bovenste centimeter als een monster van het hele groeimedium om zo vast te stellen of de metalen accumuleren of al aanwezig zijn in het groeimedium.

4.2 Aanbevelingen

In dit onderdeel worden aanbevelingen op basis van praktijkervaringen gedaan. De basis van praktijkervaringen zijn gebaseerd op ervaringen van gemeenten, welke opgehaald zijn tijdens workshops en interviews. Ook worden er suggesties voor verder onderzoek gedaan.

Aanbevelingen op basis van praktijkervaringen

Algemene aanbevelingen die bij dit onderzoek naar voren kwamen zijn:

- Definieer duidelijk het doel alvorens een systeem aan te leggen. Wat is de belangrijkste reden om doorgroeibare verharding te kiezen? Is dit waterinfiltratie, biodiversiteit, groen straatbeeld, reductie van hittestress of iets anders?
- Zorg ervoor dat de voegen en groeioeningen niet helemaal tot maaiveld zijn opgevuld zodat vegetatie beschermd tegen belasting door autobanden kan groeien. Laat afhankelijk van de te verwachten compactie na afvullen ruimte over zodat na compactie de bovenkant van de grond 3-4 onder het niveau van de verharding ligt. Het komt ook voor dat dit wel wordt ontworpen, maar niet correct wordt aangelegd. Besteed hier aandacht aan.
- Parkeervakken moeten goed toegankelijk zijn voor mensen met verminderde mobiliteit. Leg daarom een uitstapstrook zonder openingen.
- Pas doorgroeibare verharding niet toe op locaties met een hoge parkeerintensiteit met het doel om groen aan te leggen met een gezond goed onderhouden uitstraling. Door het gebrek aan zonlicht en water slaat de vegetatie slecht aan en gaat het groene karakter verloren.
- Haal de 0-fractie uit het granulaat in de fundering, maar zorg wel voor voldoende organische stofgehalte in de leeflaag.

- Stenen met openingen in de steen zelf en stenen met afstandhouders lijken de meest stabiele verharding op te leveren. Een verband met reguliere stenen en brede voegen of een verband met openingen kunnen leiden tot losliggende stenen.
- Pas in de ontwerpfase de 'beheertoets' toe: overleg met de beheerders of zij het ontworpen systeem kunnen en willen onderhouden.

De implementatie van doorgroeibare verharding kan ook gecombineerd worden met andere uitdagingen zoals circulariteit. Een mooi voorbeeld is het gebruik van bestaande stenen die terug worden gelegd in vorm van doorgroeibare verharding. Zie Figuur 25. Hoe dit soort verbanden zich houden onder belasting van auto's zal moeten blijken.



Figuur 25 Oude straatstenen teruggelegd als doorgroeibare verharding in Heerlen (links; <https://www.climatescan.nl/projects/10125/detail>) en Leiden (rechts).

4.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Naar aanleiding van de testresultaten zijn er diverse aanbevelingen te formuleren voor vervolgonderzoek. Deze worden hieronder opgesomd.

- Er is behoefte aan meer inzicht in het effect van de dikte en samenstelling van de leeflaag, de opbouw van de wegfundering en de vegetatiesoorten op de prestatie van de doorgroeibare verhardingen (infiltratiecapaciteit en kwaliteit groen). Dit kan gestructureerd onderzocht worden door op een locatie proef(parkeer)vakken in te richten met verschillende combinaties van samenstelling en dikte van de leeflaag, opbouw van de wegfundering en verschillende vegetatie soorten en deze te monitoren.
- Per locatie zijn de infiltratietesten aan de doorgroeibare verharding op een dag uitgevoerd. Veranderende weers- en omgevingsfactoren hebben invloed op de meetresultaten. Daarom is het aan te bevelen een locatie onder andere omstandigheden of gedurende het gehele jaar te testen.
- Oudere locaties laten een lagere infiltratiesnelheid zien. Dit kan door de leeftijd komen of door een verbeterd ontwerp. Het is aan te raden om met name de recent aangelegde locaties over 2 tot 5 jaar nogmaals te testen.
- Het is van belang om het effect van de gebruiksdruk op de infiltratiecapaciteit te bepalen. Daarbij is er behoefte aan inzicht in de compactheid van de onderlaag en wat druk hierop betekent voor infiltratie snelheid.
- Er is behoefte aan kennis over het creëren van draagvlak (communicatie) voor het geleidelijk vergroenen van traditioneel verharde straten. Dit kan onder andere door het delen en leren van best practices en onderzoek naar de beleving van vergroende straten.

Specifiek wat betreft het thema bodemkwaliteit zijn de volgende aanbevelingen voor vervolgonderzoek geformuleerd:

- Een analyse van de afkomst van het afstromend regenwater biedt meer inzicht in de bron van vervuiling (met name koper en zink), en hoe hier mee om kan worden gegaan in het ontwerp van doorgroeibare verharding. Daarnaast zijn vervuiling door bijvoorbeeld andere zware metalen en microplastics nog niet onderzocht.

Innovatie en kennisuitwisseling rond groene doorgroeibare verhardingen verdienen meer aandacht. Mede dankzij dit onderzoek zijn er op diverse plaatsen nieuwe inrichtingen toegepast met diverse vegetatie (bv klaver en sedum, zie Figuur 26). Ook zijn er tijdens dit onderzoek meer dan 300 locaties met doorgroeibare verhardingen vastgelegd op climatescan.nl. Het is van belang deze locaties en hun eigenschappen in kaart te brengen en de resultaten te documenteren en uit te wisselen met diverse organisaties die hier mee bezig zijn, zoals KAN¹⁰ en Kennisbank GroenBlauw¹¹.



Figuur 26 Links: Toepassingen met sedum (Heemskerk) en rechts: met klaver (Rotterdam)

¹⁰ <https://www.kanbouwen.nl/2022/01/28/halfdoorlatende-verharding-en-beheer/>

¹¹ <https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/onderzoek/waterpasserende-en-doorgroeibare-verharding/>

A Ervaringen uit de praktijk

Deze bijlage geeft een overzicht van de belangrijkste praktijklessen die tijdens dit onderzoek naar boven kwamen. De belangrijkste conclusies uit de interviews zijn geordend per onderwerp: bodemkwaliteit, verharding/bestrating, vegetatie, fundering, ontwerpproces, inrichting, omgeving/locatie, aanleg en onderhoud. In Bijlage B zijn de volledige interviewverslagen opgenomen. Daarnaast worden algemene opmerkingen van de deelnemende gemeenten hier getoond. Praktijkervaringen die direct te linken zijn aan de gedane metingen komen ter sprake bij de desbetreffende analyse.

Klimaatadaptatie maatregel

Doorgroeibare verhardingen kunnen met verschillende doelen worden aangelegd. Definieer duidelijk het doel alvorens een systeem aan te leggen. Wat is de belangrijkste reden om doorgroeibare verharding te kiezen? Is dit waterinfiltratie om wateroverlast en droogte te beperken, verbeteren van de biodiversiteit, groen straatbeeld, reductie van hittestress of iets anders? Vergroening van de straat wordt ook ingezet als sociaal component: klimaatadaptatie krijgt een sterke link met eenzaamheidsbestrijding.

Bij gemeenten worden doorlatende en doorgroeibare verhardingen verschillend meegenomen in de wateropgave en berekeningen daarvoor en leven er vragen over in welke mate deze meegenomen kunnen worden. Bij sommige gemeenten wordt de infiltratiecapaciteit niet meegenomen omdat er onvoldoende zekerheid is over hoe goed de verharding gaat functioneren in de praktijk. Bij andere gemeenten wordt de geschatte capaciteit van de verharding voor 50% meegeteld (bijvoorbeeld in Tilburg).

Doorgroeibare verharding kan voor diverse doelen worden aangelegd:

- Net zoals bij Kabels en leidingen mist de regierol een beetje. De ontwerpeisen van de verschillende afdelingen komen niet bij elkaar.
- Doorgroeibare verharding wordt ook voor hitte en biodiversiteit ingezet.
- Zeker in verstedelijkt gebied wordt doorgroeibare verharding in Leiden toegepast voor vergroening en infiltratie.
- De vraag is of het erg is als er geen gras/beplanting groeit. Voornamelijk als het groene uiterlijk niet de primaire functie is.

Bodemkwaliteit

Er bestaan niet veel zorgen over verontreiniging van de bodem tijdens de gebruiksfase bij de toepassing van doorgroeibare verhardingen op parkeerplaatsen. Voor de aanleg fase bestaan er zorgen doordat er regelmatig vervuilende bouwmaterialen worden toegepast. Een oplossing is om als gemeente strengere eisen te stellen of het aanpassen van het bouwbesluit om deze materialen niet meer toe te staan.

Microplastics hebben wel aandacht bij gemeenten. Zo wordt verwacht dat bij de degradatie van TTE rooster microplastics vrijkomen. Ook zou de slijtage van de borstels van veegwagens microplastics in de bodem terecht kunnen komen.

Verharding/bestrating

Diverse gemeenten geven aan dat er de verkeerde producten op de verkeerde plek worden toegepast. Zo worden betonplaten die bedoeld zijn voor het verstevigen van wegbermen in buitengebied worden in de stad in parkeervakken toegepast. Deze hebben scherpe randen.

TTE roosters worden door verschillende gemeenten toegepast, maar door sommige gemeenten bewust niet. Een belangrijke reden om ze wel toe te passen zijn de grote

openingen waardoor er een groene uitstraling ontstaat. Redenen om deze niet te gebruiken is de beperkte belastingcapaciteit. TTE roosters zijn minder goed bestand tegen overrijdbaarheid in de lengte. Bij toepassen in lengte naast de weg is de kans groot op verschuiven en loskomen van de platen.

Kunststofproducten zijn daarbij lastig te herstellen bij beschadigingen. Ook hebben de plastic platen last van brokkeling/degeneratie door UV licht en mogelijk randen “raten” kapot rijden door autobanden. Bij beschadiging van kunststofplaten komen kunststofdeeltjes in het milieu. Ook is benoemd dat het vullen van TTE roosters met grond heeft niet de voorkeur omdat de verwachting is dat het bij herinrichting kapot gaat en vervolgens het funderingszand vervuult.

Kunststof platen zijn vooral geschikt voor grote parkeerplaatsen en bij evenemententerreinen, waar deze niet continu (zwaar) belast worden.

Vegetatie

Door gemeenten worden verschillende typen vegetatie en ook verschillende manieren van aanplant toegepast. Veruit de meest gebruikte vegetatie is gras en specifiek robuustere soorten zoals Engels raaigras en Rood Zwenkgras die naar verwachting relatief goed bestand zijn tegen betreding, maar ook langzaam groeiende soorten (Mow-saver) om het beheer te beperken.

Gras is sterk maar niet biodivers. Afhankelijk van de locatie kan gras een goede keuze zijn, zoals plekken met veel allure. Na verloop van tijd zie je dat het ingezaaide gras plaatsmaakt voor mos en andere plantjes.

Door alle gemeenten wordt geëxperimenteerd met andere vegetatietypen dan gras. Een van de soorten waar mee geëxperimenteerd wordt is sedum. Sedum kan goed tegen droogte, is een stevige plant, bloeit en kan bijdragen aan de biodiversiteit. Daarnaast hoeft sedum niet gemaaid te worden. Ongewenste planten moeten er wel tussen uit gehaald worden. Als nadeel wordt benoemd dat sedum niet of beperkt bijdraagt aan verdamping en daarmee verkoeling (beperking van het hitte-eiland effect).

Vegetatie houdt het vaak niet goed door het berijden en belopen van de vegetatie. Dit wordt door enkele gemeenten opgelost door het aanbrengen van het groeimedium tot onder bovenkant verharding. Hierdoor rijden de banden over de verharding en niet over de vegetatie en bodem. Het kan wel gebeuren dat over tijd extra (organisch) materiaal in de voegen komt waardoor vegetatie boven de verharding uitkomt. De vegetatie wordt dan alsnog kwetsbaar voor beschadigingen.

De gemeente Leiden experimenteert met het niet beplanten van de doorgroeibare verhardingen en te wachten op het aanwaaien en ontkiemen van zaden met als doel lokale soorten te laten groeien. Het niet inzaaien van bermten gebeurt al langer. De planten komen vanzelf, en best snel. Als het te lang kaal blijft wordt er ingezaaid met soorten die er thuishoren. Eerste ervaringen bij doorgroeibare verhardingen zijn positief omdat er veel verschillende soorten, waaronder ook gewenste soorten komen. Tegelijkertijd komen er ook soorten die minder geschikt zijn (te groot). In nieuwe doorgroeibare verhardingen worden nu kruidenmengsels gezaaid met lokale gewenste soorten van erkende inheemse zaadkwekers.

Fundering

Ten aanzien van de doorlatendheid wordt vaak de fijne fractie (0-fractie) uit het granulaat en het zand gehaald. Dit doen meerdere gemeenten. Het eruit halen van de fijne fractie heeft geen nadelige invloed op de constructieve eigenschappen. In tegendeel – ten aanzien van de stabiliteit is het verwijderen van de fijne fractie wel wenselijk. Echter, het weglaten van de kleine fractie vraagt wel het juiste organisch stofgehalte. De ervaring leert dat de voegen het

best gevuld kunnen worden met teelaarde met een organisch stofgehalte van 7-9%. De doorlatendheid hangt niet alleen van de (fijne) fractie af; de K-waarde van de bodem eronder en de grondwaterstand is ook erg van belang.

De deelnemende gemeenten hebben geëxperimenteerd met verschillende typen funderingen. Elk type fundering heeft voor- en nadelen. Zo biedt een zandbed fundering een hoge doorlatendheid, maar geeft het onvoldoende stabiliteit bij belastingen door motorvoertuigen. Bij de toepassing van lavastenen is het probleem dat lava al snel verdicht bij zware belasting doordat het vergruist. Er ontstaat dan een nieuwe kleine fractie. Bomenzand is ook toegepast, maar de locatie ten opzichte van het grondwater komt zeer nauw. Als bomenzand onder de grondwaterspiegel komt ontstaat methaan, wat funest is voor de vegetatie. Met bomengranulaat zijn uiteenlopende ervaringen. De gemeenten Utrecht, Tilburg en Eindhoven zijn positief over bomengranulaat. Het is constructief stevig, en behoudt een goede doorlatendheid. De gemeente Leiden heeft minder goede ervaringen met bomengranulaat. Uit ervaring blijkt dat de sterkte toch tegenvalt.

Ontwerpproces

In het ontwerpproces wordt de afweging gemaakt voor het wel of niet toepassen van klimaatadaptatie maatregelen, waaronder doorgroeibare verharding. Daarbij is behoefte aan een beslisboom voor het toepassen van doorgroeibare verharding: vanuit het beoogde doel een serie stappen doorlopen om tot een geschikte toepassing te komen.

Een beheertoets tijdens het ontwerpproces vergroot draagvlak onder de beheerders en voorkomt het aanleggen van systemen die lastig te onderhouden zijn. Dit zou een standaard onderdeel van het ontwerpproces moeten zijn.

Inrichting

Bij de inrichting van doorgroeibare verharding staat toegankelijkheid voor alle gebruikers van de ruimte centraal. Daarbij is het gebruik door mindervaliden, mensen op hakken en fietsers een aandachtspunt. Dit vraagt om een afweging tussen infiltratiecapaciteit en toegankelijkheid. Een uitgangspunt is bijvoorbeeld om geen doorgroeibare verharding toe te passen op uitstapstroken en wandelpaden. Voor wandelpaden waar waterdoorlatendheid een uitgangspunt is (zoals in parken en bossen) kan beter worden gekozen voor halfverharding (zie 1.2.4 voor de definitie).

Doorgroeibare verharding wordt doorgaans alleen op parkeerplaatsen toegepast. Op de rijbaan kan eventueel ook doorgroeibare verharding worden toegepast, maar alleen als er langzaam wordt gereden (zoals in een hofje) en niet op doorgaande wegen. Voor een drukke rijbaan biedt de vegetatie te weinig grip en zal deze waarschijnlijk niet goed aanslaan.

Het aanleggen van doorgroeibare verharding onder een boom is mogelijk, maar er zijn enkele aandachtspunten. Bij veel bladval staat de vegetatie/het gras flink onder druk en wordt deze verstikt door de bladeren. Dit bemoeilijkt ook het beheer. Daarnaast bestaat het risico dat door wortelopdruk de verharding beschadigd wordt.

Omgeving en locatie

Doorgroeibare verharding wordt vaak in woonwijken en rondom sportvelden toegepast, op parkeervakken met een lage intensiteit (bijvoorbeeld overflow parkeren). Het straatbeeld blijft leidend: het wordt niet/nauwelijks toegepast in historische stadscentra of waar het niet in het straatbeeld past. Voor iedere wijk zijn visies opgemaakt die vast zijn gesteld door de raad. Daarbinnen moet de toepassing van doorgroeibare verharding passen. Daarom wordt soms de voorkeur gegeven aan een andere manier van vergroenen. Ook staat netheid voorop – bewoners zijn vaak niet klaar voor 'wilde' vegetatie.

Het toepassen van doorgroeibare verharding in dichtbebouwd gebied heeft voor- en nadelen. Het voordeel is dat in wijken met hoge bebouwingsdichtheid er weinig ruimte is voor andere groene maatregelen. Een nadeel is dat in stedelijk gebied met dichte bebouwing en hoge parkeerdruk de beplanting vanwege schaduwwerking minder goed aanslaat.

Aanleg

Voor het beste resultaat moet vegetatie in het goede seizoen worden ingezaaid (september / oktober) om dichtslaan te voorkomen.

Onderhoud

De voorkeur wordt gegeven aan vegetatie die weinig onderhoud nodig heeft (zie kopje 'vegetatie'). Het onderhoud van parkeervakken wordt vergemakkelijkt als een strook van 30 cm langs de banden volledig te verharden. Er vindt dan geen opeenhoping van aarde en vegetatie plaats langs de banden.

B Interviewverslagen

Gemeente Leiden

Datum: 13 december 2021

Algemeen

1. Welke type doorgroeibare verharding heeft u liggen in de gemeente?

Bij vervangingsopgaven wordt er op zo veel mogelijk parkeervakken doorgroeibare verhardingen aangelegd. Recentelijk wordt er veel gewerkt met:

- Hydrolino
- GREENSTON: is een open betonsteen. Vooral geschikt voor haaksparkeren.

Leiden is van plan om niet continu aan nieuwe pilots met nieuwe producten te beginnen, maar naar een standaard toe te werken. Momenteel zijn er 10 totaal verschillende typen doorgroeibare verharding geplaatst.

Voorbeeldproject: Energiepark

In dit gebied liggen drie verschillende soorten.

Er is een Excel-spreadsheet beschikbaar met alle bestaande groene infrastructuur op openbaar gebied in Leiden.

2. Hoe lang liggen de doorgroeibare verharding in uw gemeente?

Leiden heeft doorgroeibare verhardingen van diverse leeftijden.

In het jaar 2021 zijn er diverse projecten opgeleverd of ten uitvoer.

Noorderkwartier-Oost, aanleg 2021
Gasthuiswijk fase 1 aanleg 2021/2022

3. Waarom zijn doorgroeibare verhardingen in het verleden aangelegd?

Zie antwoorden onder vraag 4.

4. Met welk doel worden nu doorgroeibare verhardingen aangelegd? Beperken wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit, esthetisch, ...

De belangrijkste redenen zijn:

- 1) droogtemitigatie: het doel is om regenwater te infiltreren en daardoor in contact te brengen met het grondwater.
- 2) wateroverlast: doorgroeibare verharding kan een kleine hoeveelheid regenwater bergen en naar het grondwater laten infiltreren.

5. In welk type omgeving/wijken wordt doorgroeibare verharding aangelegd?

Er is geen voorkeur voor type wijken waar doorgroeibare verhardingen worden aangelegd, het hangt af van de rioolvervangings -of herinrichtingsprojecten (duurzame wijkvernieuwingen) die spelen. Echter, het historische stadscentrum is vanwege de beoogde uitstraling minder geschikt voor doorgroeibare verharding.

6. Wordt doorgroeibare verharding toegepast op rijbanen, parkeerstroken, of overige plekken?

Doorgroeibare verharding wordt (nog) niet op rijbanen toegepast. Het wordt vooral toegepast op parkeerstroken en trottoirs. De enige (bekende) uitzondering is aan de Blauwe Tramstraat, waar aan het einde van een doodlopende straat (dus extensief gebruik) doorgroeibare verharding is aangelegd.

Voorbeeldproject: Noorderkwartier-oost.

Op deze locatie zijn Hydrolineo stenen in parkeervakken en in het trottoir (onder fietsparkeerbeugels) toegepast.

7. Welk type locaties acht u het meest geschikt voor het toepassen van doorgroeibare verharding?

Zie antwoord onder vraag 5 en 6.

8. Welk type bestrating is gebruikt?

Nu wordt er vooral gebruik gemaakt van betonstenen (Hydrolineo, GREENSTON). Maar de wens is om vanuit duurzaamheidsoogpunt over te stappen op gebakken stenen (in de Gasthuiswijk is dit al gedaan). Dat zou ook hergebruik (circulariteit) in de gemeente meer mogelijk maken. De uitstraling van betonstenen is aangepast aan de afwerking van de standaard betontegels; dit speelt daarmee een minder grote rol in de wens om gebakken stenen te gebruiken.

Bij nieuwe projecten in het Noorderkwartier-oost is de wens om te werken met een ander granulaat als opvulling van de gaten dan het standaard menggranulaat [vermalen bouwpuin met cement en beton resten]. Dan wordt er geen bouwpuin meer gebruikt, maar kunnen we afgedankte, vermalen stenen gebruiken die anders weggegooid zouden worden. De kosten hiervan zijn nog onduidelijk: het vermahlen en het transport zou te duur kunnen zijn.

9. Welk type vegetatie/bepanting is gebruikt voor deze verhardingen?

Soms worden de gaten ingezaaid/ingeplant, en soms niet. Vaak wordt ervoor gekozen om de voegen/gaten met een zo schraal mogelijk mengsel (grofzand + granulaat) te vullen. We hebben condities vormgegeven waarin inheemse soorten zouden moeten aanslaan in de vorm van spontane vegetatie die hoort bij schrale groeiomstandigheden.

Daarnaast werken we zo veel mogelijk met inheemse soorten. Op advies van de ecooloog werken we met lage tredplanten. Deze planten blijven hopelijk laag, waardoor er minder onderhoud nodig is. Ook kunnen deze planten relatief goed tegen belasting en ondersteunen ze de biodiversiteit.

Voorbeeldproject: Noorderkwartier-oost.

Op het trottoir (onder de fietsparkeerbeugels) is slechts op een enkele locatie ingezaaid, in het zuidelijk deel van de Anna Paulownastraat is al wel beplanting ontstaan. Dit is in de zomer van 2021 aangelegd. Het gaat hier specifiek om de Julianastraat en Anna Paulownastraat. De straten liggen noord-zuid, dus de bezonning is prima.

10. Hoe houdt dat type vegetatie zich op die locaties.

11. Welke type funderingen zijn gebruikt onder de verhardingen?

De fundering is vaak het struikelblok; daar wordt nog hard gezocht naar een optimaal ontwerp. Vooral omdat waterdoorlatendheid een eis is, zijn de meeste oplossingen duur. Een voorbeeld is menggranulaat waar de kleine fractie uit is gehaald. Soms wordt dit ook nog afgedekt met lavastenen. Echter, deze oplossing is ontzettend duur. Ook is het maar de vraag of bij graafwerkzaamheden de opbouw correct wordt teruggeplaatst.

Tussen de klinkers zit een mengsel van 50% granulaat en 50% grof zand. Een hoger percentage granulaat is ook denkbaar. Basalt wordt niet gekozen omdat het zwart is en negatief bijdraagt aan het stedelijk hitte-eilandeffect.

In parkeervakken wordt ook bomengranulaat toegepast.

12. Wat is de verkeers- en parkeer intensiteit bij deze locaties?

Gekozen is voor plaatsen met een lage parkeerintensiteit, met de verwachting dat hier vegetatie de meeste kans maakt. Bij een hoge parkeerdruk (>90%) of intensieve verkeersdruk krijgt het groen waarschijnlijk geen kans om te groeien. Als experiment is in de

Juliastraat wel een deel in doorgroeibare verharding uitgevoerd, ondanks de hoge parkeerdruk

13. Worden er beperkingen tot toegankelijkheid/begaanbaarheid ervaren?

Toegankelijkheid wordt wel meegenomen. Zo hebben parkeervakken in de Juliastraat op bepaalde vlakken een 'full' bestrating (zonder openingen). Daarbij wordt afgewisseld tussen HydroLineo banen gemaakt van 22 mm en volledig dichte stukken. In verband met de toegankelijkheid voor rolstoelen is de 40 mm variant niet gebruikt.

Verder is de voorkeur om doorgroeibare verharding vooral toe te passen op minder drukke plekken (voor overflow parkeren). Op plaatsen waar meerdere keren per dag verschillende auto's parkeren proberen we doorgroeibare verharding te mijden.

14. Van welke leveranciers / aannemers komen deze doorgroeibare verhardingen?

HydroLineo is afkomstig van StruykVerwo.
GREENSTON is afkomstig van Klostermann.

15. Hoe worden de verhardingen ervaren door bewoners? Hoe is het draagvlak?

Over het algemeen krijgen we zeer positieve verhalen van bewoners te horen, zoals in de Professorenwijk. Men is tevreden met de uitstraling van het type verharding.

Aanvulling november 2023:

Hier is inmiddels meer over bekend [er is niet ingezaaid, maar spontane zaaïende kruiden ruimte gegeven]: de voegen werden in de eerste 2 groeiseizoenen overheerst door kruiden die onder de 'invasieve exoten' vallen en te hoog werden (tot 1m). Daar zijn klachten over binnen gekomen en afspraken gemaakt dat bewoners de te hoge planten ook zelf mochten verwijderen. Dit geldt alleen voor de open verharding in de voetgangers/fietsparkeer gebieden. Daar de fietsbeugels die erin staan is beheer slecht/niet uit te voeren. Na 2-3 groeiseizoenen is te merken dat de voegen zich nu wel met lage kruiden/grasjes hebben gevuld. Dit is echter ook fluctuerend door het jaar heen (afhankelijk van natte en droge perioden en groeifase).

16. Hoe is het traject van ontwerp en aanleg verlopen?

Het traject van ontwerp en aanleg verloopt heel rommelig. Er is veel belangstelling voor het aanleggen van doorgroeibare verharding, maar iedereen is voor zichzelf bezig en daardoor nog erg zoekende. Diverse afdelingen en groepen (beleid/beheer/ingenieurs/bewoners) zijn met eigen projecten bezig. Dit moet gestroomlijnder.

17. Wat heeft u geleerd tijdens het traject van ontwerp en aanleg? Wat kan beter?

Zie antwoord onder vraag 16.

18. Wat is er in het verleden mis gegaan bij ontwerp en aanleg van doorgroeibare verhardingen?

Voorbeeldproject: Gasthuiswijk (Jacob van Campenlaan)

Bij dit project is er een eigen bedacht verband gebruikt (vlechtverband). Daarbij hebben de parkeervakken het vlechtverband, en zijn deze klinkers ingesloten door banden aan alle kanten. Dit verband met grote gaten bleek niet sterk genoeg te zijn voor normaal gebruik, dus op basis daarvan wordt gekozen voor een kleiner percentage 'open'.

Voorbeeldproject: Noorderkwartier-oost.

Het cunet is cruciaal. In Noorderkwartier-oost heeft het trottoir met HydroLineo stenen geen verdicht cunet vanwege de aanwezige boomwortels. Als een auto over de doorgroeibare verharding rijdt om in te parkeren, kan de bestrating deze belasting niet aan. Een oplossing is dus om auto's te weren van dit stuk (met obstakels), of het cunet te verstevigen. In het geval van verstevigen is het lastig om een doorlaatbaar cunet te realiseren.

19. Heeft u ook additionele maatregelen geïnstalleerd voor het geval van zeer extreme neerslag, of niet functioneren van de 'infiltratie' in de verharding?

Doorgroeibare verharding wordt vaak toegepast in combinatie met goten en kolken. Soms ligt de doorgroeibare verharding hoger dan de rijbaan, en soms lager dan de rijbaan. Het zou dus kunnen dat er langer water staat op de parkeervakken wat vervolgens langzaam kan infiltreren. Het is nog onduidelijk hoe de vegetatie zich ontwikkelt als het lang nat staat.

Een andere mogelijke optie is een combinatie met een 'raingarden'. Deze groenstrook dient als overstort voor de doorgroeibare verharding, en kan indien nodig zelfs op het riool lozen. Deze 'raingarden' ligt lager dan het parkeervak.

Onderhoudsfase

20. Wat is het onderhoudsregime (beheerplan) van de verschillende systemen? En hoe is periodiek onderhoud verwerkt in het onderhoudsschema in uw gemeente?

Er was discussie of het onderhoud van doorgroeibare verharding onder groenbeheer of wegbeheer valt. Uiteindelijk is gekozen voor wegbeheer. Wellicht kan er een aparte categorie 'klimaatadaptieve infrastructuur' worden gemaakt. Opmerking: door de schrale voegvulling is het de bedoeling dat de beplanting niet heel hoog worden, en daardoor onderhoud tot een minimum beperkt kan worden. Een oerwoud aan planten is qua beheer heel lastig.

Goed onderhoud staat nog niet voldoende op de radar. In het Noorderkwartier-oost is bijvoorbeeld nog geen beheer vastgesteld. Het is ook een pilotgebied, dus we moeten kijken hoe dat gaat. In het Energiepark wordt ook weinig onderhoud gepleegd.

In een lopend project in de wijk Vogelwijk waar GREENSTON toegepast gaat worden is de gemeente in overleg met de leverancier over het beheer.

21. Wat wordt onderhouden van de verschillende systemen?

-

22. Wat zijn uw (lange termijn) ervaringen met doorgroeibare verharding?

Voldoet de verharding aan uw wensen? Wat waren deze wensen? Zo niet,

- **Graag aangeven vanaf wanneer dat het geval is:**
- **Is bekend is waarom deze niet meer voldeed**
- **Welke herstellende maatregelen zijn genomen**

-

23. Met welk materieel wordt dit uitgevoerd, en is hier extra materieel voor aangeschaft?

-

24. Door wie wordt het onderhoud uitgevoerd?

Het onderhoud worden uitgevoerd door de afdeling wegbeheer.

25. Wordt het onderhoud goed uitgevoerd, wat gaat goed, wat gaat fout?

Een deel van het onderhoud en bestrijden van onkruiden, wordt met heet water uitgevoerd. Aandachtspunt: dit mag niet in de buurt van kwetsbare beplanting gebeuren.

26. Hoe verhouden onderhoudskosten zich met onderhoud aan reguliere bestrating?

De gemeente Leiden heeft kostenkengetallen, maar deze zijn nog niet geverifieerd met daadwerkelijke onderhoudskosten.

Bodemdaling

27. Hoe neemt u bodemdaling in overweging bij het plaatsen van waterpasserende/doorgroeibare verharding?

-

28. Dragen waterpasserende/doorgroeibare verhardingen bij aan het beperken van bodemdaling?

-

29. Heeft u voorbeelden van gevallen waarin bodemdaling een negatieve invloed heeft op de prestaties van waterpasserende/doorgroeibare verharding?

-

Afsluiting

30. Met welke aannemers heeft u ervaring voor de aanleg van doorgroeibare verhardingen en zouden we kunnen interviewen?

StruykVerwo: HydroLineo.

Klostermann: GREENSTON.

(zijn hier contactgegevens van beschikbaar?)

31. Heeft u verder nog informatie of vragen?

De gemeente Leiden is ontzettend benieuwd naar de lange termijn prestaties van doorgroeibare verharding.

Algemeen

1. Welke type doorgroeibare verharding heeft u liggen in de gemeente?

We passen de volgende verhardingen toe als doorgroeibare verharding:

- Grasbetontegels (vooral in het buitengebied aan de zijkant van wegen)
- grasbetonplaten
- TTE roosters / grasraten
- Klinkers met afstandhouders
- Klinkers met tussenopeningen

De volgende producten zijn toegepast:

- HydroLineo (gelegd op Europalaan):
 - a. Volledig gesloten
 - b. Klein deel open
 - c. Groot deel open
- Rainaway (gelegd op St. Annaplein):
 - a. Dichte tegel
 - b. Open tegel (is niet met vegetatie)
- TTE roosters;
- Grasbetontegels verkrijgbaar bij meerdere leveranciers;
- Grasbetonplaten (Giverbo, mogelijk ook andere leveranciers);
- Greenston; betonraten (Klostermann, mogelijk ook andere leveranciers). Deze passen we niet meer toe gezien deze onvoldoende sterk is; het raten van beton breken/verbrijzelen.

Ook wordt er waterpasserende verharding toegepast, maar dit valt buiten dit onderzoek. Dat zijn meestal klinkers met Drainvast voegen of open voegen.



2. Hoe lang liggen de doorgroeibare verharding in uw gemeente?

Enkele jaren tot 5 jaren, de open voeg met gras al \pm 16 jaar in Witbrant Oost. En op één locatie (parkeerplaats Sabelhof) liggen de grasbetontegels er ruim 10 jaar.

3. Waarom zijn doorgroeibare verhardingen in het verleden aangelegd?

Vroeger was het primaire doel ontharding van de openbare ruimte: meer water naar de ondergrond te brengen.

4. Met welk doel worden nu doorgroeibare verhardingen aangelegd? Beperken wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit, esthetisch, ...

Momenteel wordt het aangelegd vanuit diverse klimaatopgaven:

- Meer infiltratie van regenwater
- Minder verharding

- Een groenere omgeving, meer biodiversiteit
- Hittestress reductie

Ook is het opdoen van kennis een doel van aangelegde doorgroeibare verhardingen.

In het ideale geval moet de doorgroeibare verharding nuttig zijn voor:

- Verharding: geschikt om op te rijden.
- Groen: de vegetatie slaat aan en geeft een groen uiterlijk.
- Water: de verharding moet voldoende infiltratiecapaciteit hebben en houden.

Het is belangrijk om op voorhand uitspraak te doen over het doel van de doorgroeibare verharding: ligt de nadruk op vergroening of waterinfiltratie?

De norm aan de hand waarvan besloten wordt of er doorgroeibare verharding wordt aangelegd is nu niet optimaal: het zorgt ervoor dat het vaak niet wordt toegepast. Dit heeft o.a. te maken met de parkeerintensiteit. Vaak is de parkeerdruk zo hoog dat een parkeervak nauwelijks in grasbeton uitgevoerd kan worden. Daardoor wordt het vaak niet toegepast.

5. In welk type omgeving/wijken wordt doorgroeibare verharding aangelegd?

In principe wordt het vooral in parkeervakken in woonwijken aangelegd.

Ook in het buitengebied worden grasbetontegels en bermblokken gebruikt.

6. Wordt doorgroeibare verharding toegepast op rijbanen, parkeerstroken, of overige plekken?

Doorgroeibare verharding wordt vooral op parkeervakken toegepast; het is daar het gemakkelijkste in te passen. Ook komt het niet altijd direct op in het ontwerpproces, dan is het een bijzaak.

Leidend voor de toepassing op de rijbaan is verkeersveiligheid: voertuigen moeten voldoende grip op het wegdek hebben. Daarom is toepassing op de rijbaan van drukke wegen bijna onmogelijk. Daarnaast zal het ook niet goed groeien als er veel auto's rijden. Bij een lokale weg met lage intensiteit kan het wel.

In Kruizemuntweg (41) (bij de flats) is het wel al deels op de rijbaan toegepast. Dit is een hofje, waar niet hard gereden kan worden en de verkeersintensiteit zeer laag is.

Ook kan doorgroeibare verharding toegepast worden op onderhoudswegen waar alleen onderhoudsvoertuigen komen.

Daarnaast is het wel eens op een looppad naast een flat aangelegd. Deze strook is te gebruiken voor voetgangers en fietsers.

En als bermverstevingen kan doorgroeibare verharding worden toegepast in de vorm van:

- Bermblokken
- Grasbetontegels

7. Welk type bestrating is gebruikt?

Er worden voornamelijk betonproducten of kunststofproducten gebruikt.

Het valt op dat er soms het verkeerde type verharding wordt gebruikt. Betonstenen die voor toepassing in de berm bedoeld zijn worden toegepast in parkeervakken in de stad. Dat is niet de bedoeling; de betonranden zijn te scherp. Dus het is ook belangrijk om de juiste steen op de juiste plek te leggen.

Een randvoorwaarde voor ontwerp van parkeervakken en uitstapbanden (vanuit de HIOR en Normboek) is om langs de banden van parkeervakken in een rij van 30 cm breed alleen dichte stenen toe te passen. Dan groeit het gras daar niet hoog tegen de band op en kan er

ook gemaaid geveegd worden. Bij haaksparkeren geldt dat er tussen de parkeervakken ook een strook van dichte stenen van 30 cm breed wordt toegepast i.v.m. toegankelijkheid.

8. Welk type vegetatie/bepanting is gebruikt voor deze verhardingen?

De standaard is gras(zaad) in teelgrond op substraat. Het meest gebruikte graszaadmengsel is mow-saver (kort groeiend gras. Dit staat in het basisbestek.

Op dit moment is er minder vertrouwen in de toepassing van sedum.

Vegetatie zou eigenlijk iets onder de bestrating worden ingezaaid, dan wordt het niet kapotgereden. Dit staat ook in de HIOR. Echter, als water lang blijft staan gaat het gras snel achteruit.

Vorst kan alleen een probleem zijn als het water echt niet weg kan.

Als het gras lang niet opkomt, kan de bodem juist dichtslaan. Het juiste moment van inzaaien is daarom belangrijk.

Er wordt geen rekening gehouden met bezonning. Maar er wordt wel nagedacht of het direct onder een boom moet worden toegepast. Vanwege de schaduw, bladval of extra onttrekking is het onduidelijk of dit een geschikt combinatie is.

9. Hoe houdt dat type vegetatie zich op die locaties.

Over het algemeen ondermaats. Vooral als er auto's rijden groeit het slecht.

10. Welke type funderingen zijn gebruikt onder de verhardingen?

Er wordt gebruikt gemaakt van:

- Zand
- Menggranulaat
- Open menggranulaat

In de voegen wordt teelaarde met een (laag) organisch stofgehalte (7-9%) aangebracht. Deze teelgrond is niet verdicht en zakt daardoor weg. Het komt dan een aantal cm onder het wegdek te liggen. Deze methode staat wel in het basisbestek, maar niet in de HIOR.

Menggranulaat met brekerzand is een geschikte constructie. Te veel holle ruimte is niet goed. De gemeente Tilburg heeft nog geen ervaring met het toepassen (geo)doeken vanwege negatieve verhalen over de prestaties van deze doeken.

Er is geen nazorg/controle op reeds aangelegde systemen.

Vocht- en nutriëntenretentie is nog niet onderzocht in Tilburg.

11. Wat is de verkeers- en parkeer intensiteit bij deze locaties?

Open verhardingen worden nu alleen toegepast aan als er niet veel geparkeerd wordt.

12. Worden er beperkingen tot toegankelijkheid/begaanbaarheid ervaren?

Ja, de toegankelijkheid voor minder validen is minder, daarom wordt het niet overal aangelegd. Ook mensen met hoge hakken kunnen verminderde toegankelijkheid ervaren.

13. Van welke leveranciers / aannemers komen deze doorgroeibare verhardingen?

-

14. Hoe worden de verhardingen ervaren door bewoners? Hoe is het draagvlak?

Bewoners vinden het belangrijk om zo veel mogelijk parkeerplekken terug te krijgen. Als parkeerplekken door groen worden vervangen levert dat weerstand op. Ook kunnen verkeerde sfeerbeelden weerstand opwekken.

Vanwege klachten over verminderde toegankelijkheid geeft de HIOR aan dat er een uitstapstrook bij parkeervlakken volledig verhard moet worden; bij haaksparkeren geldt dat er tussen de parkeervakken een strook van dichte stenen van 30 cm breed wordt toegepast in verband met toegankelijkheid.

Bewoners nemen vaak niet zelf initiatief met het aanleggen van doorgroeibare verharding. Het belangrijkste is dat er genoeg parkeervakken zijn.

15. Hoe is het traject van ontwerp en aanleg verlopen?

We zetten een uitvraag op de markt. En tenzij er speciale doelen gehaald willen worden, wordt er gewerkt met de algemene uitgangspunten.

Het wordt nog vooral ervaren als een technisch product. De wil is er wel, vooral bij partijen die veel motivatie hebben. Maar het staat qua ontwerp nog heel erg in de kinderschoenen.

In de Kruidenbuurt was doorgroeibare verharding echt deel van het ontwerp. Daar wordt het ingezet als overgang tussen de verharding en het groen. Bij andere projecten wordt het vaak laat in het proces nog toegevoegd en maakt het niet deel uit van het ontwerp.

16. Wat heeft u geleerd tijdens het traject van ontwerp en aanleg? Wat kan beter?

De aanleg van doorgroeibare verharding kan in twee trajecten verdeeld worden:

- Herbestraten in stad: hier doet de gemeente het ontwerp en de aanleg zelf.
- Ontwikkeling van nieuwbouwwijken: soms doet de gemeente daar het inrichten van de OR, maar vaak ook niet. Het is dan wel de bedoeling dat dezelfde eis/norm gehanteerd wordt.

Wat er wordt opgemerkt is dat het werk van ontwikkelaars vaak minder ambitieus is dan het eigen werk. Vooral als er vanuit de ontwikkelaar geen wil is, en het niet in het contract is vastgelegd.

17. Wat is er in het verleden mis gegaan bij ontwerp en aanleg van doorgroeibare verhardingen?

Het resultaat valt vaak tegen. Door opdrachtnemers wordt het vaak als resultaatverplichting gezien, maar het uitgangspunt wordt niet begrepen. Dan is de inzet ondermaats, en valt het eindproduct tegen.

Hemelwater wordt tegenwoordig vaak afgekoppeld en richting wadi's geleid. Bewoners zien de noodzaak van doorgroeibare verharding niet meer omdat er al groene infrastructuur wordt aangelegd.

Een aandachtspunt is om de juiste systemen op de juiste plek aan te leggen.

Ook is er ervaring met een ongeschikte fundering: het zandbed bleek geen goede opbouw te hebben en te weinig stabiliteit te geven.

Op de Beneluxlaan zijn TTE roosters aangebracht. Maar deze zijn met teelgrond afgevuld en niet met substraat. Dus deze moeten worden leeggezogen, en dan moet het substraat worden aangebracht.

18. Heeft u ook additionele maatregelen geïnstalleerd voor het geval van zeer extreme neerslag, of niet functioneren van de 'infiltratie' in de verharding?

Er wordt altijd een afwatering mogelijk gemaakt door middel van een kolk of afstroming richting een wadi/verlaagd groen.

De kolken worden net iets hoger aangelegd om een kleine berging te creëren. In de wadi's wordt dit gedaan met slokops of overloop via maaiveld richting kolken of waar nog meer ruimte is voor water.

Om een langzame afstroming te krijgen met maximale infiltratie wordt een afschot van ongeveer 1% gehanteerd bij doorgroeibare verhardingen.

Onderhoudsfase

19. Wat is het onderhoudsregime (beheerplan) van de verschillende systemen? En hoe is periodiek onderhoud verwerkt in het onderhoudsschema in uw gemeente?

Er is regulier onderhoud, de systemen zelf worden niet onderhouden. Er wordt wel gras gemaaid. Er is behoefte aan systemen die er niet voor zorgen dat de beheerskosten omhoog gaan.

Normale verharding wordt geborsteld en geveegd (ca. 2 tot 3 rondes), maar doorgroeibare verharding niet. Als tijdens het reguliere onderhoud (tijdens de 2 tot 3 rondes) blijkt dat de doorgroeibare verharding onderhoud nodig heeft, worden ze met een bosmaaier (draagbare maaimachine) bijgemaaid (maximaal 3x per jaar). Als er geen auto's staan kan de verharding eventueel ook worden gemaaid met een maaimachine. Als er een auto's staan kunnen alleen de randen en hoeken worden gemaaid.

En wanneer er geen auto's staan, kunnen de zijkanten/hoeken van de doorgroeibare verharding ook worden geborsteld (maximaal 3x per jaar). Hiervoor passen wij (tegenwoordig) aan de zijkanten/ tegen de band een strook van dichte verharding toe van 30 cm breed.

20. Wat wordt onderhouden van de verschillende systemen?

Is beantwoord in eerdere vragen.

21. Wat zijn uw (lange termijn) ervaringen met doorgroeibare verharding?

Voldoet de verharding aan uw wensen? Wat waren deze wensen? Zo niet,

- **Graag aangeven vanaf wanneer dat het geval is:**
- **Is bekend is waarom deze niet meer voldeed**
- **Welke herstellende maatregelen zijn genomen**

Als het op de goede plek wordt aangelegd, en er een groen beeld ontstaat zijn de ervaringen positief. Als het niet aanslaat wordt het als negatief ervaren; er ontstaat een verwaarloosd beeld. Vaak slaat het niet goed aan, mede doordat de plant zelf boven de constructie uitkomt en daardoor kapotgereden wordt.

De fundering is belangrijk. Indien goed aangelegd presteert het hetzelfde als reguliere bestrating. Bijvoorbeeld, op plekken waar doorgroeibare verharding is gaan schuiven door zware belasting zou ook andere bestrating gaan schuiven.

22. Met welk materieel wordt dit uitgevoerd, en is hier extra materieel voor aangeschaft?

Standaard materieel.

23. Door wie wordt het onderhoud uitgevoerd?

Onderhoudsaannemers.

24. Wordt het onderhoud goed uitgevoerd, wat gaat goed, wat gaat fout?

-

25. Hoe verhouden onderhoudskosten zich met onderhoud aan reguliere bestrating?

De verwachting is dat de onderhoudskosten hoger uitvallen dan die van reguliere bestrating omdat er gemaaid moet worden

Bodemdaling

26. Hoe neemt u bodemdaling in overweging bij het plaatsen van waterpasserende/doorgroeibare verharding?

Nee.

27. Dragen waterpasserende/doorgroeibare verhardingen bij aan het beperken van bodemdaling?

Niet van toepassing.

28. Heeft u voorbeelden van gevallen waarin bodemdaling een negatieve invloed heeft op de prestaties van waterpasserende/doorgroeibare verharding?

Nee.

Afsluiting

29. Met welke aannemers heeft u ervaring voor de aanleg van doorgroeibare verhardingen en zouden we kunnen interviewen?

-

30. Heeft u verder nog informatie of vragen?

De volgende andere vragen spelen:

- Wat is de interactie tussen de oppervlakkige laag en fundering? En wat is een geschikte opbouw van de fundering?
- Wat gebeurt er als vegetatie niet tot ontwikkeling komt: maakt dat uit voor de prestaties?
- Is er een 'warmtegetal' van doorgroeibare verharding? T.b.v. hittestress is hoge albedo gewenst. Als de vegetatie niet aanslaat wordt de teelaarde zeer warm (vergelijkbaar met tegels). Vegetatie heeft wel een koelende functie, indien het kan verdampen.
- Hoe moeten doorgroeibare verhardingen worden meegeteld in berekeningen?

Wat betreft waterpasserende en waterdoorlatende verharding :

Stenen met Drainvast voegmateriaal is in de binnenstad op een zandbed aangelegd. Het voordeel is dat het onderhoud er niet duurder van wordt. Bij waterdoorlatende verharding moet er elk jaar een ZOAB cleaner overheen om de verharding te reinigen. Daardoor gaan de beheerskosten omhoog. Verder niet relevant voor dit onderzoek.

Gemeente Eindhoven

Datum: 24 januari 2022

Algemeen

1. Welke type doorgroeibare verharding heeft u liggen in de gemeente?

Er is een onderscheid tussen particuliere en openbare verharding:

Particulier: ligt wel doorgroeibare verharding op bepaalde plekke, maar dit is niet helder in beeld.

Openbaar: Hier kunnen we een goed overzicht van geven

- 80/90% van de aangelegde systemen zijn grasbeton stenen. Er zijn wel verschillende soorten stenen gebruikt. Er wordt vooral gewerkt met de volgende producenten:
 - StruykVerwo
 - Klostermann
- Weinig gebruikt maar wel interessant: in Zandrijk en Meerhoven liggen klinkers op de kant en daardoor ontstaan openingen (dit is geen apart product). Op deze manier behoud je wel draagkracht.

Er wordt absoluut niet gewerkt met kunststofplaten (ritterplaten). Deze worden namelijk kapotgereden door vrachtverkeer.

2. Hoe lang liggen de doorgroeibare verharding in uw gemeente?

Het oudste systeem ligt in parkeervakken in de woonwijk Zandrijk. Dit zijn gebakken klinkers met een bepaald patroon waardoor er ongeveer 1/5 of 1/6 deel open blijft. Dit systeem is al 20 jaar oud.

Grasbetonstenen worden ook al zo'n 10 – 20 jaar toegepast. In Blixembosch ligt dit systeem al ruim 10 jaar, op de Bilderdijklaan is het recentelijk aangelegd.

3. Waarom zijn doorgroeibare verhardingen in het verleden aangelegd?

In het verleden was het belangrijkste doel het ontlasten van het rioolstelsel door het verminderen van het afvoerend oppervlak. De focus lag dus op waterinfiltratie. Een secundair doel was het creëren van een groene uitstraling.

Droogte en hitte was destijds geen reden om doorgroeibare systemen aan te leggen.

4. Met welk doel worden nu doorgroeibare verhardingen aangelegd? Beperken wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit, esthetisch, ...

De doelen zijn nu breder geformuleerd: in aanvulling op infiltratie van regenwater en vergroening speelt nu ook droogte- en hittebestrijding.

Een bijdrage aan biodiversiteit wordt wel eens geclaimd, maar is zeer lastig te bewijzen.

5. In welk type omgeving/wijken wordt doorgroeibare verharding aangelegd?

Deze systemen worden vooral in woonwijken en bij sportparken aangelegd. Maar ook bedrijventerreinen zijn kansrijk.

Er is een trend woonwijken steeds dichterbij het stadscentrum doorgroeibare verharding krijgt, en dat het niet alleen maar aan de randen van de stad wordt aangelegd. Dit komt mede door de rekentool die de aanleg van groene systemen aanmoedigt en beloont.

Voor bij herbestraten wordt doorgroeibare verharding vaak toegepast. De samenhang met de omgeving blijft wel belangrijk, dus als een ontworpen systeem niet past in het straatbeeld van de buurt wordt het niet aangelegd.

In jaren '30 wijken zou het waarschijnlijk niet passen in het straatbeeld, en ook is daar de parkeerdruk te hoog. Het doel is wel om alle wijken die herbestraat worden te vergroenen. Dan wordt een percentage van 15% vergroenen nagestreefd, maar dit hoeft niet per se behaald te worden door doorgroeibare verharding.

6. Wordt doorgroeibare verharding toegepast op rijbanen, parkeerstroken, of overige plekken?

Doorgroeibare verharding wordt vooral aangelegd op:

- Parkeervlakken

Het eenvoudigste is om doorgroeibare verharding aan te leggen met een lage parkeerdruk (overloopzones, rondom sportvelden).

Maar bij een hoge parkeerdruk is de vraag: hoe kan je ondanks hoge parkeerdruk nog steeds vergroenen? De eerste keuze is om de rijbaan te versmallen en een groenstrook aan te leggen. Als dat niet kan, valt de keuze op doorgroeibare verharding. Dan speelt ook de kennisvraag of het gras daadwerkelijk gaat groeien op die plekken?

Uitstapstroken vragen speciale aandacht. Het is niet wenselijk om op een zeer ongelijke grond uit te stappen.

- Buitengebied

Uitwijkstroken en inhaalstroken.

- Fietsstraten

De plek waar fietsers rijden is asfalt; op plekken waar de auto kan rijden worden grasbetonstenen toegepast.

7. Welk type bestrating is gebruikt?

Voornamelijk grasbetonstenen, en af en toe gebakken klinkers.

8. Welk type vegetatie/bepanting is gebruikt voor deze verhardingen?

In de Geestenberg pilot, 'grazende auto's' (waar doorgroeibare verharding door bewoners zelf wordt onderhouden) wordt in overleg met de bewoners gebruik gemaakt van sedum en tijm. De strook waar de autobanden overheen rijden zijn ingezaaid met gras, en het idee is dat het gras 'gemaaid' wordt door de auto's. Een vraag waar op dit moment geen antwoord op is, is hoe om te gaan met inheemse vegetatie als die de ontwerpvegetatie verdringt?

Traditioneel wordt er meestal een taaie grassoort aangeplant. Meestal wordt een mengsel van *Engels raaigras* of Rood zwenkgras ingezaaid. In het ontwerp wordt er niet altijd een specifieke vegetatie meegegeven. Dan wordt het aan de groenvoorbereiders overgelaten.

Er is interesse om ruimte te geven aan andere inheemse vegetatie.

Het gras ligt iets onder de betonrand; auto's rijden daardoor over het beton en niet over het gras.

Er wordt momenteel gewerkt aan een groeiplaatsprotocol, waarin beschreven staat hoe een bodem opgewaardeerd kan worden om geschikt te maken voor wortelbouwwolume en betere infiltratie. Ook het vochtvasthoudend vermogen wordt verbeterd, dus de bodem wordt beter bestand tegen periodes van droogte.

9. Hoe houdt dat type vegetatie zich op die locaties.

In Zandrijk (waar het al lang ligt) is de grond zodanig verdicht dat het niet groen wordt. Daardoor is waarschijnlijk ook de infiltratiecapaciteit minimaal.

Bij aangelegde systemen wordt alleen de vegetatie gemaaid; met de ondergrond wordt niets gedaan.

De combinatie van doorgroeibare verharding met een boomgroeiplaats kan heel zinvol zijn. De activiteit in de ondergrond behoudt de infiltratiecapaciteit.

10. Welke type funderingen zijn gebruikt onder de verhardingen?

De opbouw van de fundering luistert heel nauw. De diepere lagen moeten ook na langere tijd nog voldoende doorlatend zijn; de toplaag moet voldoende doorlatend maar ook een goed groeimedium zijn. Bij een slecht doorlatende leembodem kan er nog wel wat water geborgen worden in de toplaag, waarna het langzaam kan infiltreren na de bui.

Bij granulaat zijn meerdere factoren van belang: haakweerstand, vergruizingsondergrens. Als je het menggranulaat te hard verdicht verliest het aan infiltratiecapaciteit. Voor een goede infiltratiecapaciteit is ook bodemactiviteit heel belangrijk. Een combinatie met actieve vegetatie is daarom nodig.

Er lopen tests met menggranulaat zonder kleine fractie. Organisch materiaal in de bovenlaag kan de sponswerking behouden, zelfs als de kleine fractie uit het menggranulaat gefilterd is.

Wordt nog geen rekening gehouden met de toepassing van kalkrijk of kalkarm granulaat. Dit kan effect hebben op de vegetatie.

Bomengranulaat

Er is een verschil tussen bomengranulaat en bomenzand:

- Bomengranulaat is gesteente; door het skelet blijven poriën open.
- Bomenzand is zandproduct; heeft veel minder draagkracht dan bomengranulaat.

Bij de pilot in Geestenberg (*grazende auto's*) wordt bomengranulaat toegepast. Het is wel een technisch product aan het worden: de complexiteit neemt toe.

Bij bomengranulaat kunnen de poriën gevuld worden met organisch materiaal/voedingsgrond. Bij infiltratiedoeleinden kunnen de poriën ook open gelaten worden. Bomengranulaat is geen restproduct; het wordt nieuw gekraakt.

Bij de toepassing van bomengranulaat is de draagkracht belangrijk. Er zijn gradaties tussen bomengranulaat en bomenzand. Het granulaat is veel sterker dan bomenzand; op het bomengranulaat kunnen wel voertuigen rijden. Er zijn ook tussenvormen, die hebben gemengde eigenschappen.

is nog geen ervaring met circulair gebruik van menggranulaat. Spoorballast wordt ook wel eens gebruikt, maar dat bevat zware metalen en moet eerst gereinigd worden.

Lava

Lava kan ook, hoge haakweerstand en veel poriën. Bij grazende auto's 80 cm granulaat, daar bovenop 30 cm fijner granulaat. Belangrijkste doel is creëren van waterberging. Staan ook bomen langs.

Als je te weinig dikte toepast kan het onder water komen te staan bij een bui.

Voegen/openingen

De voegen tussen de bestrating worden ingeveegd met bomengrond: teelaarde met hoge organisch stofgehalte. Normale teelaarde heeft een organisch stofgehalte van 8-10%, maar bij bomengrond is dit meer. Ook heeft bomengrond een hogere ec-waarde dan reguliere teelaarde. De doorlatendheid van bomengrond is afhankelijkheid van korrelgrootte.

De voegen worden tot de bovenkant ingeveegd en zakken dan een paar cm. Daarna wordt het nog een tweede keer ingeveegd en ingezaaid. Bij andere gemeentes wordt het meerdere keren ingeveegd worden.

11. Wat is de verkeers- en parkeer intensiteit bij deze locaties?

De parkeerintensiteit is meestal laag; zie antwoord op vraag 6.

12. Worden er beperkingen tot toegankelijkheid/begaanbaarheid ervaren?

Doorgroeibare verharding wordt als minder toegankelijk ervaren. Vooral mindervalide mensen hebben er last van. Ook grasbetonstenen toepassen langs fietspaden (in de verkeerde richting gelegd) kan tot gevaarlijke situaties leiden.

Er komen veel klachten van gebiedsbeheerders; doorgroeibare verharding wordt ervaren als niet verzorgd. Mensen zijn nog niet toe aan een 'natuurlijk' beeld, en zijn vooral gesteld op netheid.

In het ontwerp van de openbare ruimte is ruimte voor spelen en ontmoeten belangrijk. Daar past niet altijd doorgroeibare verharding bij. Het combineren van die functies is zeer belangrijk.

13. Van welke leveranciers / aannemers komen deze doorgroeibare verhardingen?

Voornamelijk van Struyk Verwo en Klostermann.

14. Hoe worden de verhardingen ervaren door bewoners? Hoe is het draagvlak?

Het wordt als 'goed' ervaren wordt als het groen is, maar anders wordt het negatief ervaren.

15. Hoe is het traject van ontwerp en aanleg verlopen?

Het proces van ontwerp en aanleg is een standaardtraject. De gemeente Eindhoven heeft een beheertoets (voor uitvoering van onderhoud). Daarbij toetst de beheerder een ontwerp, vóór aanbesteding van het werk, op beheerbaarheid. De beheerder heeft hierbij een vetorecht.

Het beheer in Eindhoven is gecombineerd en bevat de onder meer de volgende afdelingen:

- Beheerder verharding (t.a.v. vervangen bestrating)
- Beheerder groen
- Beheerder reiniging

16. Wat heeft u geleerd tijdens het traject van ontwerp en aanleg? Wat kan beter?

De gemeente heeft nu meer aandacht voor verdichting, uitzeven fijne fractie uit de wegfunderingen om de infiltratiecapaciteit op termijn te handhaven.

17. Wat is er in het verleden mis gegaan bij ontwerp en aanleg van doorgroeibare verhardingen?

In de aanleg wordt vaak de ondergrondopbouw niet goed meegenomen. Dan wordt regulier menggranulaat met alle fracties meegenomen. Dit fungeert als betonnen plaat en heeft geen doorlatend vermogen. Dit heeft een negatief effect op de vegetatie gedurende het gehele jaar.

Langs strooiroutes kan het zoutgehalte te hoog worden als water niet goed kan infiltreren. Dit is slecht voor de vegetatie.

Soms zit er onvoldoende organisch materiaal in de bovenlaag.

Aanleg van wegfundering en groeimedium gebeurt soms in te natte perioden waardoor ondergrond direct dichtslibt.

Ook wordt vegetatie in het verkeerde seizoen ingezaaid. De ideale periode is september/oktober.

Bij nieuwbouw worden parkeervlakken vaak al direct na aanleg intensief gebruikt. Dan krijgt het gras geen kans om te groeien.

Het is maar de vraag of de ondergrond eruit ziet zoals het was ontworpen. Een vergelijking tussen het bestek en de huidige situatie is dus zeer nuttig.

Concrete verbeterpunten zijn:

- ⇒ De ondergrond kan het beste worden aangelegd in een droge periode.
- ⇒ Gebruik granulaat waar de 0-fractie is uitgehaald. Daardoor heb je meer poriën. Hier is ervaring mee in de pilot in Geestenberg.
- ⇒ Organisch materiaal toevoegen garandeert vochtlevering in droge periodes.

18. Heeft u ook additionele maatregelen geïnstalleerd voor het geval van zeer extreme neerslag, of niet functioneren van de 'infiltratie' in de verharding?

We ontwerpen dit soort systemen eigenlijk altijd met een backup. Die backup treedt bij voorkeur pas in werking op het moment dat het infiltreren (in dit geval) niet of onvoldoende functioneert

Onderhoudsfase

19. Wat is het onderhoudsregime (beheerplan) van de verschillende systemen? En hoe is periodiek onderhoud verwerkt in het onderhoudsschema in uw gemeente?

Wat betreft monitoren zijn er in de pilot in Geestenberg (*grazende auto's*) bodemvochtsensoren geplaatst op 10, 20, 30, 40 en 50 cm onder maaiveld. Daarmee probeert de gemeente Eindhoven grip te krijgen op de hoeveelheid regenwater dat infiltreert. Dit kan tot een verbeterd ontwerp leiden.

20. Wat wordt onderhouden van de verschillende systemen?

-

21. Wat zijn uw (lange termijn) ervaringen met doorgroeibare verharding? Voldoet de verharding aan uw wensen? Wat waren deze wensen? Zo niet,

- Graag aangeven vanaf wanneer dat het geval is:
- Is bekend is waarom deze niet meer voldeed
- Welke herstellende maatregelen zijn genomen

Antwoorden zijn gegeven in voorgaande vragen (vraag 9, 10, 12, 15, 17).

22. Met welk materieel wordt dit uitgevoerd, en is hier extra materieel voor aangeschaft?

-

23. Door wie wordt het onderhoud uitgevoerd?

Het beheer wordt uitgevoerd door de afdeling 'reinigen'. Dit is onderdeel van het integraalbeheer. Hier valt ook onderhoud aan groenvoorzieningen onder.

24. Wordt het onderhoud goed uitgevoerd, wat gaat goed, wat gaat fout?

-

25. Hoe verhouden onderhoudskosten zich met onderhoud aan reguliere bestrating?

-

Afsluiting

26. Met welke aannemers heeft u ervaring voor de aanleg van doorgroeibare verhardingen en zouden we kunnen interviewen?

-

27. Heeft u verder nog informatie of vragen?

Mogelijke locaties om te onderzoeken zijn de parkeervlakken in Zandrijk

Algemeen

1. Welke type doorgroeibare verharding heeft u liggen in de gemeente?

Er zijn inmiddels al best veel plekken. Deze staan in een beeldbank met foto's?

In Leidsche Rijn liggen vier vlakken met doorgroeibare verharding die goed aanslaan. Echter, deze zijn allemaal aangelegd om gras te laten groeien, een groen beeld te geven met, en niet om water te infiltreren. Hier is gras gebruikt als vegetatie.



Twee type verhardingen met eigen functie



Zone voor onderhoudsvoertuigen, motivatie voor aanleg groencompensatie, waterparagraaf



Sportpark Loefenhoutsedijk, nieuwe parkeerplaatsen opgave zo groen mogelijk aanleggen



Overvecht: Wandelroutes als looppaden



Vechtdijk, aangelegd in eigen beheer, ook bemeten en boringen. Fundering van wit zand, zwarte grond erop aangebracht. Metingen door Hogeschool van Amsterdam.



Doorgroeibare verharding, zonder groen, maar alleen split. Watercompensatie vraagstuk. Zou mogelijk nog vergroend kunnen worden.



Terwijde, semi-openbaar, zowel op parkeerplaats als rijbaan

2. Hoe lang liggen de doorgroeibare verharding in uw gemeente?

In nieuwbouwwijken is recentelijk doorgroeibare verharding aangelegd.

3. Waarom zijn doorgroeibare verhardingen in het verleden aangelegd?

In het verleden is doorgroeibare verharding vooral aangelegd om een groen straatbeeld te creëren. Het doel van water infiltreren speelde toen nog niet.

4. Met welk doel worden nu doorgroeibare verhardingen aangelegd? Beperken wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit, esthetisch, ...

Ten opzicht van vroeger is de vraagstelling nu breder. Naast vergroening van de stad (t.b.v. reductie in hittestress) speelt ook het bufferen van regenwater. Het beleid is nu: *groen, tenzij*. Het doel is om 90% van de jaarneerslag op de plek vast te houden waar het valt.

Bij het ontwerpen en aanleggen kan je soms niet alle doelen tegelijk halen. Dan moet je kiezen tussen een specifiek doel, en het ontwerp daar volledig op richten. Vanuit klimaatadaptatie kun je ook kiezen tussen een mix van doorgroeibaar (groen, minder hitte) en waterpasserend (waterbufferend).

Bij uitbreidingen, waarbij groen ten koste gaat van verharding, moet er sprake zijn van groencompensatie. Hiervoor worden groene verhardingen gebruikt. Dit is onder andere het geval bij de sportvelden van UFO vechtzoom.

Mogelijk dat doorgroeibare verhardingen beter zijn voor waterberging dan betonnen waterpasserende verhardingen door grotere openingen.

5. In welk type omgeving/wijken wordt doorgroeibare verharding aangelegd?

Voornamelijk in woonwijken, en ook op andere plekken waar vergroening nodig is. Een voorbeeld is bij (uitbreidingen van) sportvelden.

Bij overloopparkeringsvoorzieningen, op stroken die niet veel gebruikt worden. Goed voorbeeld de overloop parkeerplaats bij de Jaarbeurs.

Mogelijk ook op de zwarte vakken bij parkeerplaatsen groen uitvoeren.

6. Wordt doorgroeibare verharding toegepast op rijbanen, parkeerstroken, of overige plekken?

Doorgroeibare verharding wordt vooral op parkeervakken aangelegd, maar soms ook op rijbanen. Een voorbeeld daarvan is hieronder afgebeeld:

Doorgroeibare verharding slaat vooral goed aan op plekken waar niet regelmatig auto's overheen rijden of mensen overheen lopen.

7. Welk type bestrating is gebruikt?

In de gemeente Utrecht zijn verschillende materialen gebruikt: betonstenen, gebakken stenen, kunststof en composiet.

Bij grote stenen met brede voegen groeit het gras goed. Maar vanwege de diepe voegen zijn ze niet aangenaam in gebruik (toegankelijkheid). Met beheer van deze verharding is nog weinig ervaring. Een voorbeeld staat hieronder.

Vaak worden de verkeerde stenen gebruikt. Bepaalde betonstenen die bedoeld zijn voor in de berm worden in parkeervakken toegepast. Daar passen ze niet goed en worden ze ervaren als onaangenaam.

Recentelijk is er de wens om gebakken stenen te gebruiken in plaats van betonstenen.

8. Welk type vegetatie/bepanting is gebruikt voor deze verhardingen?

De gemeente legt zelf niet zo veel doorgroeibare verharding aan, dit wordt vooral door andere partijen (projectontwikkelaars) gedaan. Maar waarschijnlijk zijn de meeste vakken ingezaaid met gras.

Er loopt onderzoek waarin wordt gekeken of er parkeervakken met sedum aangelegd kunnen worden.

Het zou interessant zijn om verschillende diepteliggings van vegetatie te onderzoeken. Diep liggende vegetatie is veilig tegen autobanden, maar als water lang blijft staan in de verdiepingen slaat de vegetatie ook niet aan.

9. Hoe houdt dat type vegetatie zich op die locaties.

Duidelijk is dat als er wordt gereden op doorgroeibare verharding, het gras niet goed groeit.

Veelal is het onduidelijk welke vegetatie er nu echt groeit op locaties. Het zou daarom interessant zijn om met een veldonderzoek te kijken welke soorten er daadwerkelijk groeien.

Wat opvalt is dat je bijna overal de verharding door de vegetatie kan zien, maar dat betekent dat het eigenlijk niet groen genoeg is. Het streven zou moeten zijn dat het 'onzichtbare' doorgroeibare verharding is. Je moet dan wel op de goede plek het goede materiaal moeten kiezen.

De factor schaduw moet niet vergeten worden. Het is belangrijk of het op zon- of schaduwrijke plekken wordt aangelegd.

Er zijn geen ecologen niet betrokken bij ontwerp van de doorgroeibare verhardingen. Interessant om stadsecologen te betrekken

10. Welke type funderingen zijn gebruikt onder de verhardingen?

Stadsingenieurs zouden dit moeten weten. Opbouw staat waarschijnlijk niet in beheerssysteem, zou ik bestekken moeten staan, maar dit hoeft niet overeen te komen met werkelijkheid.

In handboek, wel tekeningen over hoe het ontworpen moet worden

Daarnaast is het slim om op elke testlocatie een proefsleufje te maken om te kijken om de opbouw te bepalen. De vraag is of de realiteit strookt met de ontwerptekeningen.

11. Wat is de verkeers- en parkeer intensiteit bij deze locaties?

De intensiteit is laag. Het zou nuttig zijn om te weten wat het omslagpunt is wanneer de vegetatie wel of niet aanslaat. Ofwel, wat mag de bezetting zijn in % totdat de vegetatie niet meer aanslaat?

12. Worden er beperkingen tot toegankelijkheid/begaanbaarheid ervaren?

Grote (beton)stenen worden als vervelend ervaren. Mensen op hakken en bijvoorbeeld kinderwagens ervaren voornamelijk last.

13. Van welke leveranciers / aannemers komen deze doorgroeibare verhardingen?

-

14. Hoe worden de verhardingen ervaren door bewoners? Hoe is het draagvlak?

Doorgroeibare verharding wordt niet altijd als positief ervaren door bewoners. Met name de verminderde toegankelijkheid (niet goed beloopbaar) speelt een rol.

Het beeld speelt minder een rol.

Negatieve ervaringen zijn mogelijk ook ontstaan door verkeerde toepassing van stenen (bijv. op zijn kop, ribbels naar boven)

15. Hoe is het traject van ontwerp en aanleg verlopen?

Er zijn verschillende trajecten denkbaar, het belangrijkste verschil is het onderscheid tussen aanleg door gemeente en aanleg door derden.

Bij gemeentelijke aanleg spelen er diverse belangen, waardoor het soms niet toegepast wordt. In Kanaleneiland was het plan om waterpasserende verharding aan te leggen. Dit is uiteindelijk tegengehouden door de landschapsarchitect omdat het geen stedelijke uitstraling heeft.

16. Wat heeft u geleerd tijdens het traject van ontwerp en aanleg? Wat kan beter?

-

17. Wat is er in het verleden mis gegaan bij ontwerp en aanleg van doorgroeibare verhardingen?

-

18. Heeft u ook additionele maatregelen geïnstalleerd voor het geval van zeer extreme neerslag, of niet functioneren van de 'infiltratie' in de verharding?

-

Onderhoudsfase

19. Wat is het onderhoudsregime (beheerplan) van de verschillende systemen? En hoe is periodiek onderhoud verwerkt in het onderhoudsschema in uw gemeente?

Een sterke veeg/zuigwagen kan de beplanting vernietigen. Ook kan je daarmee voegmateriaal meezuigen. Dan krijg je klapperende stenen.

Het liefst wil je niet dat de vegetatie te hoog wordt, anders moet je het 1x per jaar maaien. Doorgroeibare verharding zit nog niet in het maaibestek.

Het beheer moet ook afhangen van het doel. Als het voornaamste doel het infiltreren van regenwater is, moet je het onderhoud erop inrichten om dit in stand te houden. Als het aangelegd is om met groen de hittestress te verminderen, is het dichtslibben niet erg maar moet je juist sturen op een zo groen mogelijk beeld.

20. Wat wordt onderhouden van de verschillende systemen?

-

21. Wat zijn uw (lange termijn) ervaringen met doorgroeibare verharding? Voldoet de verharding aan uw wensen? Wat waren deze wensen? Zo niet,

- Graag aangeven vanaf wanneer dat het geval is:
- Is bekend is waarom deze niet meer voldeed
- Welke herstellende maatregelen zijn genomen

-

22. Met welk materieel wordt dit uitgevoerd, en is hier extra materieel voor aangeschaft?

-

23. Door wie wordt het onderhoud uitgevoerd?

Het onderhoud wordt door Wijk en Service team (het onderhoudsteam) uitgevoerd.

24. Wordt het onderhoud goed uitgevoerd, wat gaat goed, wat gaat fout?

-

25. Hoe verhouden onderhoudskosten zich met onderhoud aan reguliere bestrating?

-

Bodemdaling

26. Hoe neemt u bodemdaling in overweging bij het plaatsen van waterpasserende/doorgroeibare verharding?

-

27. Dragen waterpasserende/doorgroeibare verhardingen bij aan het beperken van bodemdaling?

-

28. Heeft u voorbeelden van gevallen waarin bodemdaling een negatieve invloed heeft op de prestaties van waterpasserende/doorgroeibare verharding?

-

Afsluiting

29. Met welke aannemers heeft u ervaring voor de aanleg van doorgroeibare verhardingen en zouden we kunnen interviewen?

-

30. Heeft u verder nog informatie of vragen?

Onze belangrijkste interesses zijn:

- Hoe gaan we het vormgeven en hoe gaan we het beheren? Het moet namelijk effectief gebeuren. We zouden een soort beslisboom voor de aanleg van doorgroeibare verharding prettig vinden.
- De locatiekeuze is cruciaal. Daar willen we meer grip op krijgen.
- Wat is acceptabel in de prestaties van doorgroeibare verharding. Het optimale geval is vaak niet haalbaar, maar waar trek je de grens?

De schaal van toepassing is interessant. Bijvoorbeeld bij de Jaarbeurs kunnen we een enorme vlakte van verharding vergroenen. Vooral omdat grote parkeerplaatsen maar sporadisch worden gebruikt.

C Overzicht testlocaties

Test 1	
Stad:	Leiden
Naam:	Roomburg, Wierickestraat
Coördinaten:	52.149852 4.515199
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	927 mm/uur



Test 2	
Stad:	Leiden
Naam:	Noorderkwartier, Julianastraat (locatie 1)
Coördinaten:	52.165779 4.500736
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	540 mm/uur



Test 3	
Stad:	Leiden
Naam:	Noorderkwartier, Julianastraat (locatie 2)
Coördinaten:	52.1651494 4.500809365
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	299 mm/uur



Test 4	
Stad:	Leiden
Naam:	Ambachtsplein, betonplaten (locatie 1)
Coördinaten:	52.163709 4.493286
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	1306 mm/uur



Test 5	
Stad:	Leiden
Naam:	Ambachtsplein, betonplaten (locatie 2)
Coördinaten:	52.163919 4.493155
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	935 mm/uur



Test 6	
Stad:	Tilburg
Naam:	Sint Annaplein Plein
Coördinaten:	51.553426 5.079099
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	1160 mm/uur



Test 7	
Stad:	Tilburg
Naam:	Pijnboomstraat
Coördinaten:	51.559945.072323
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	340 mm/uur



Test 8	
Stad:	Tilburg
Naam:	Puccinistraat
Coördinaten:	51.587379 5.072299
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	106 mm/uur



Test 9	
Stad:	Tilburg
Naam:	Azuurweg (locatie 1)
Coördinaten:	51.574995.044812
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	694 mm/uur



Test 10	
Stad:	Tilburg
Naam:	Azuurweg (locatie 2)
Coördinaten:	51.573556 5.044072
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	169 mm/uur



Test 11	
Stad:	Tilburg
Naam:	Sabelhof (Sinopelstraat)
Coördinaten:	51.575194 5.041251
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	117 mm/uur




Test 12	
Stad:	Tilburg
Naam:	Kruizemuntweg (locatie 1)
Coördinaten:	51.579923 5.043748
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	176 mm/uur




Test 13	
Stad:	Tilburg
Naam:	Kruizemuntweg (locatie 2)
Coördinaten:	51.579801 5.043602
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	349 mm/uur





Test 14	
Stad:	Eindhoven
Naam:	Geestenberg (locatie 1)
Coördinaten:	51.444438 5.52651
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	575 mm/uur



Test 15	
Stad:	Eindhoven
Naam:	Geestenberg (locatie 2)
Coördinaten:	51.444539 5.52653
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	1021 mm/uur



Test 16	
Stad:	Eindhoven
Naam:	Zandrijk (locatie 1)
Coördinaten:	51.446592 5.409161
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	66 mm/uur
	

Test 17	
Stad:	Eindhoven
Naam:	Zandrijk (locatie 2)
Coördinaten:	51.447022 5.409782
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	175 mm/uur
	


Test 18	
Stad:	Eindhoven
Naam:	Waterrijk (locatie 1)
Coördinaten:	51.4348 5.395848
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	145 mm/uur



Test 19	
Stad:	Eindhoven
Naam:	Waterrijk (locatie 2)
Coördinaten:	51.4348 5.395848
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	123 mm/uur



Test 20	
Stad:	Amsterdam
Naam:	Zuidelijke Wandelweg (locatie 1)
Coördinaten:	52.338287 4.895875
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	1100 mm/uur
	

Test 21	
Stad:	Amsterdam
Naam:	Zuidelijke Wandelweg (locatie 2)
Coördinaten:	52.338266 4.896268
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	569 mm/uur
	

Test 22	
Stad:	Amsterdam
Naam:	Doorgroeibare verharding VU Amsterdam
Coördinaten:	52.333656 4.862081
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	627 mm/uur



Test 23	
Stad:	Amsterdam
Naam:	Van Heenvlietlaan
Coördinaten:	52.328801 4.881893
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	182 mm/uur




Test 24	
Stad:	Amsterdam
Naam:	Doorlatende verharding parkeerterrein Amsterdamse Bos
Coördinaten:	52.328154 4.855218
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	101 mm/uur




Test 25	
Stad:	Amsterdam
Naam:	Parkeervakken Ringvaartdijk
Coördinaten:	52.339803 4.793958
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	195 mm/uur



Test 26	
Stad:	Utrecht
Naam:	Dragonstraat
Coördinaten:	52.089816 5.060254
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	187 mm/uur



Test 27	
Stad:	Utrecht
Naam:	Westraklaan
Coördinaten:	52.086069 5.055277
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	67 mm/uur




Test 28	
Stad:	Utrecht
Naam:	Pimentweg
Coördinaten:	52.088627 5.0686
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	386 mm/uur




Test 29	
Stad:	Utrecht
Naam:	Emmy van Lokhorststraat
Coördinaten:	52.098503 5.055408
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	1472 mm/uur



Test 30	
Stad:	Groningen
Naam:	
Coördinaten:	
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	354 mm/uur



Test 31	
Stad:	Groningen
Naam:	
Coördinaten:	
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	143 mm/uur




Test 32	
Stad:	Groningen
Naam:	
Coördinaten:	
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	358 mm/uur



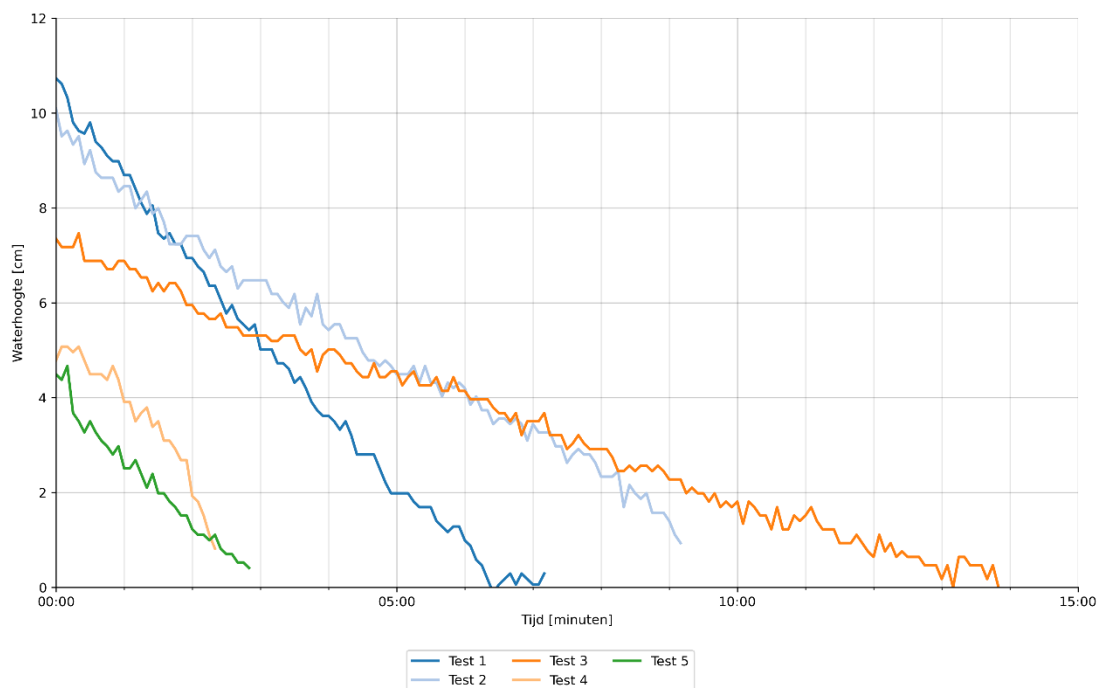
Test 33	
Stad:	Groningen
Naam:	
Coördinaten:	
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	263 mm/uur



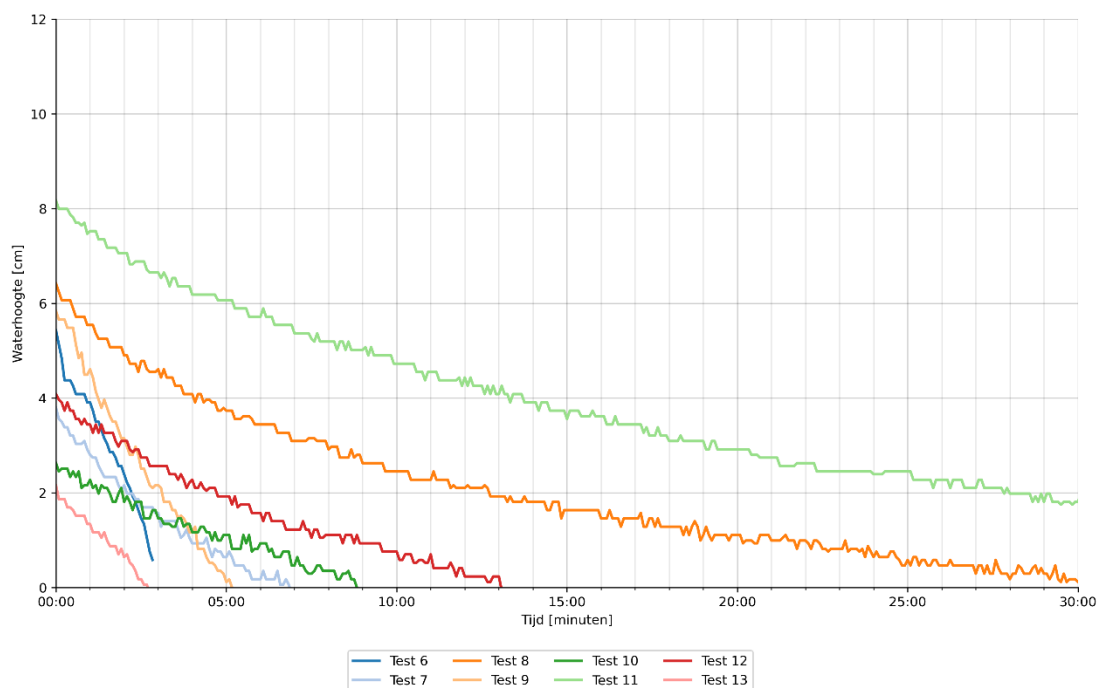
Test 34	
Stad:	Groningen
Naam:	
Coördinaten:	
Gemiddelde infiltratiesnelheid:	607 mm/uur



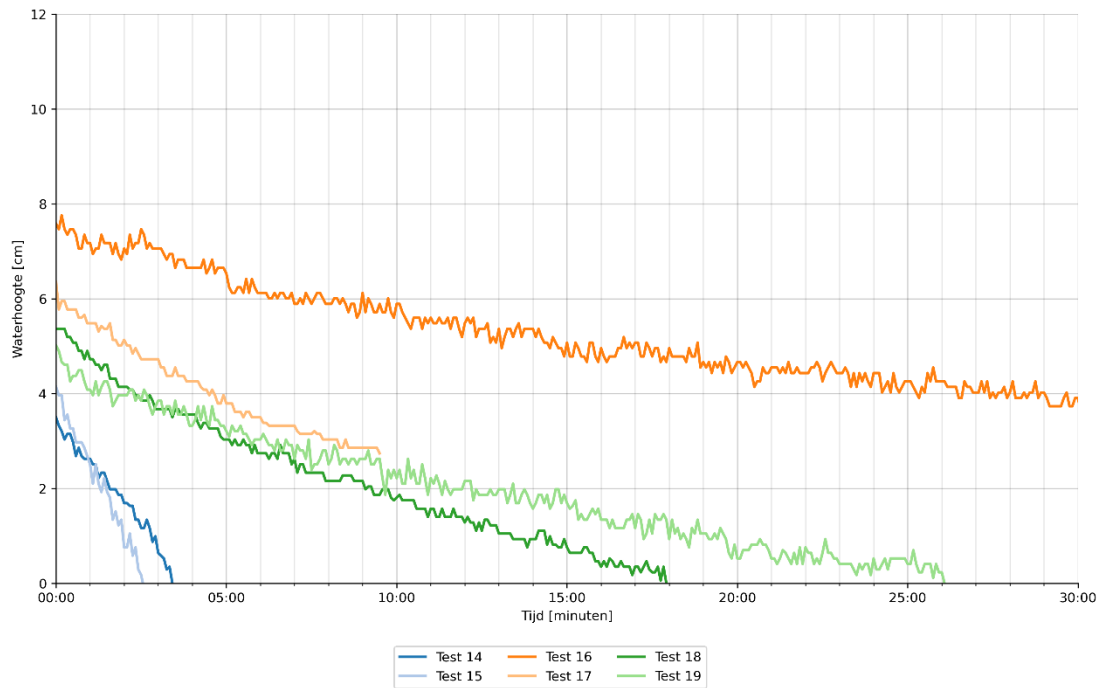
D Leegloopcurves



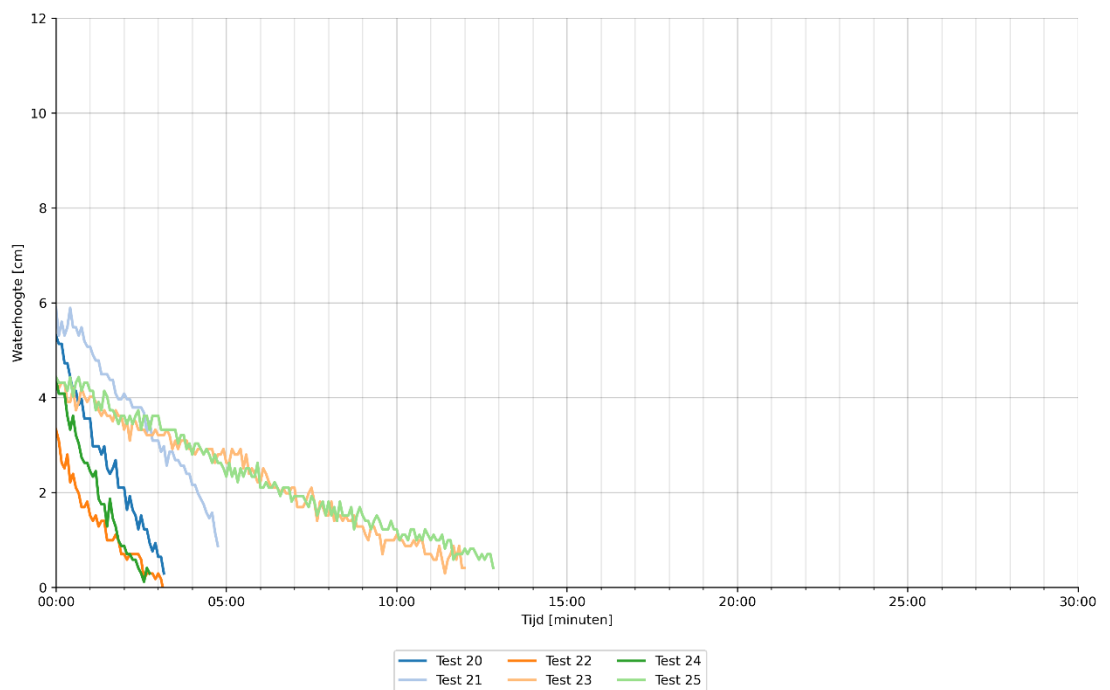
Figuur 27: Leegloopcurves van de tests in Leiden.



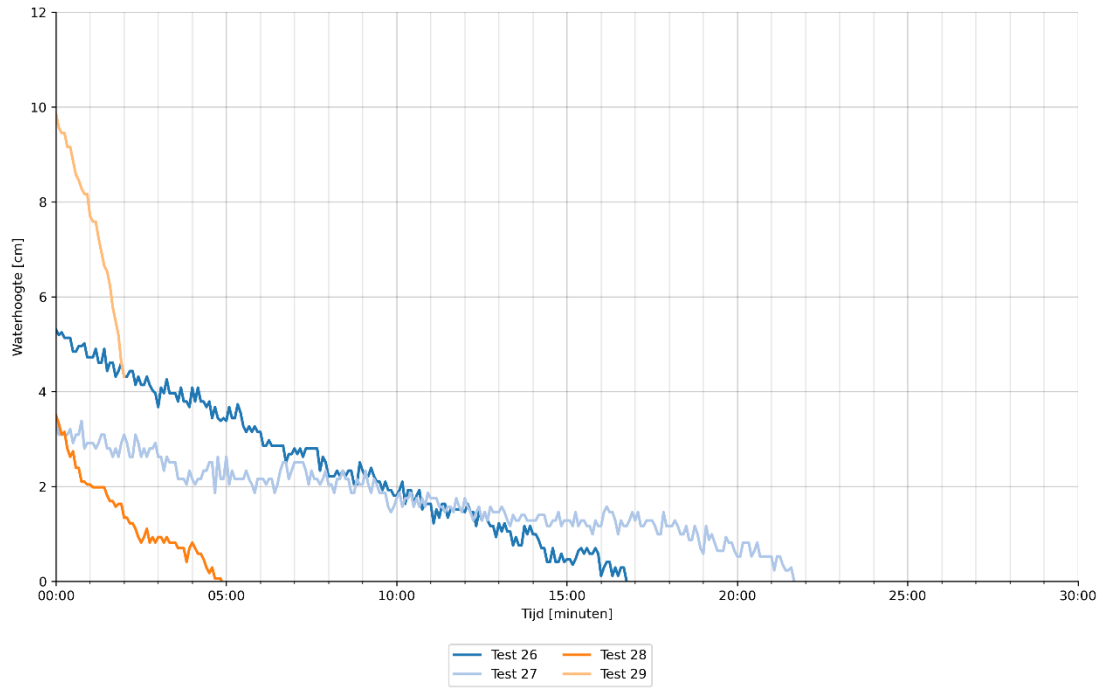
Figuur 28: Leegloopcurves van de tests in Tilburg.



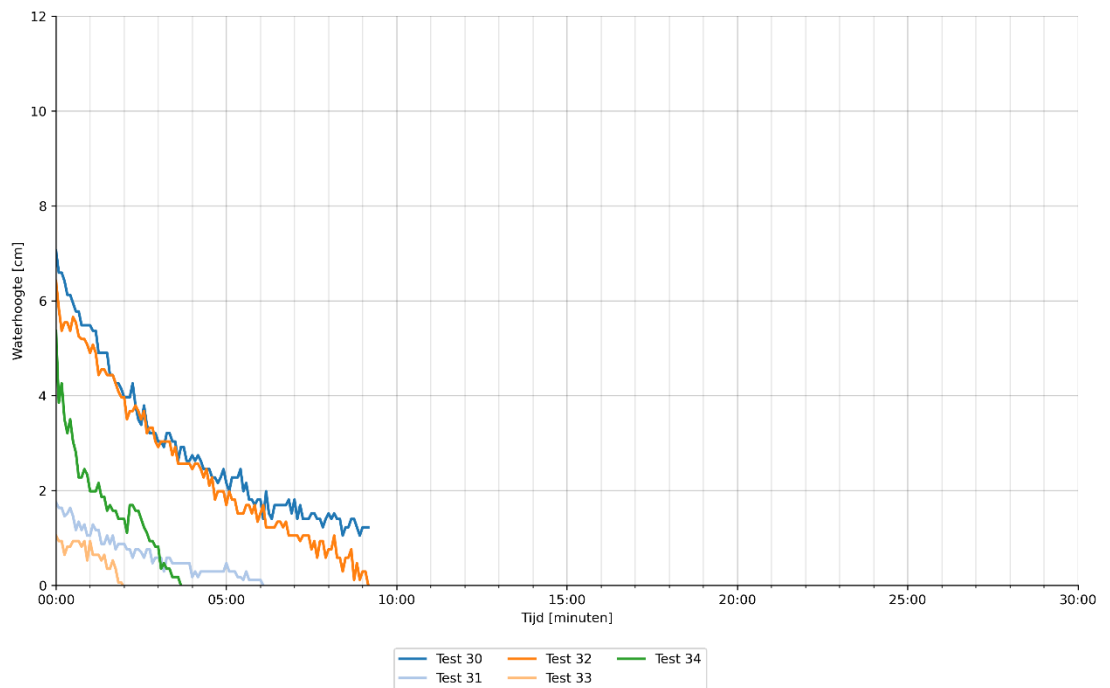
Figuur 29: Leegloopcurves van de tests in Eindhoven.



Figuur 30: Leegloopcurves van de tests in Amsterdam.



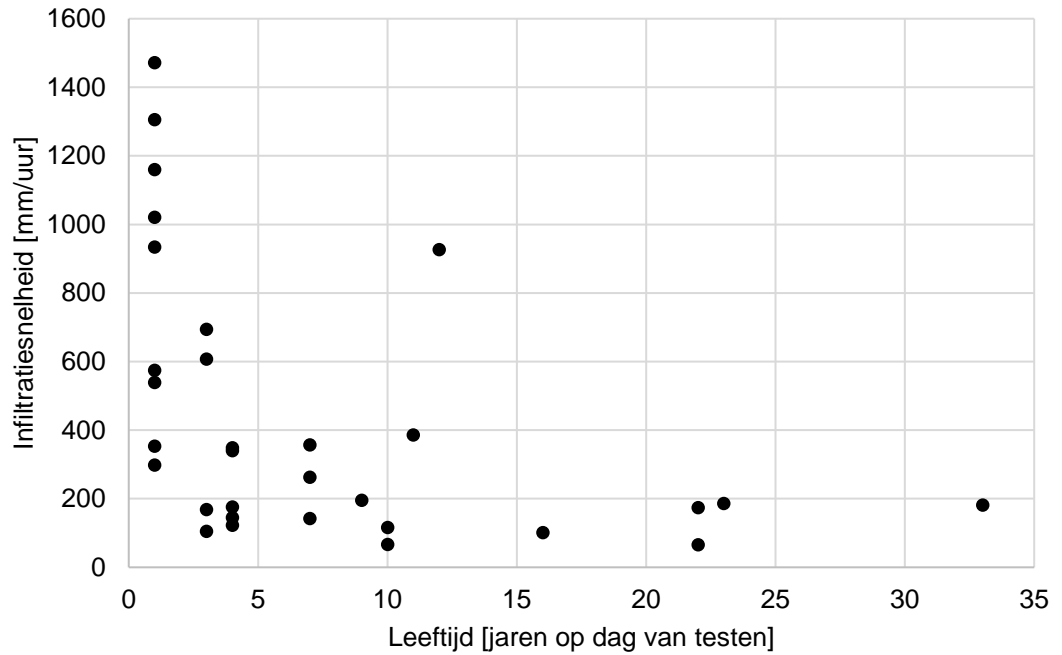
Figuur 31: Leegloopcurves van de tests in Utrecht.



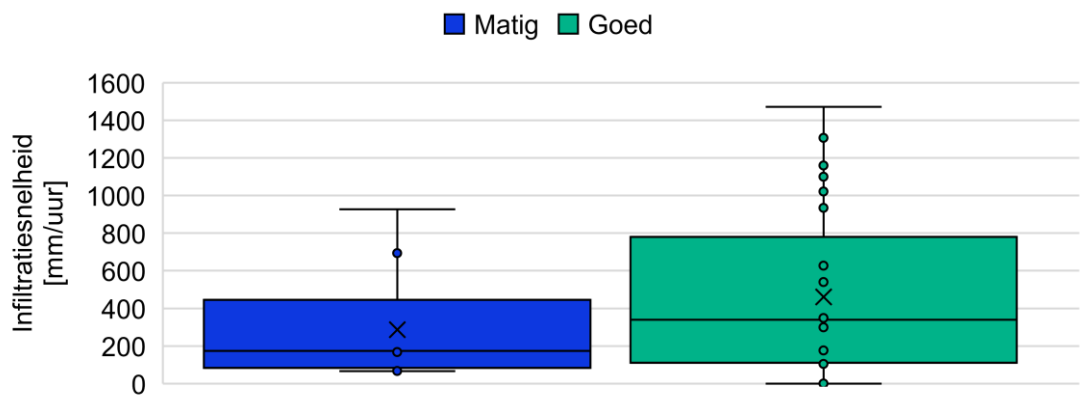
Figuur 32: Leegloopcurves van de tests in Groningen.

E Resultaten

Analyse 1: Aanlegdatum



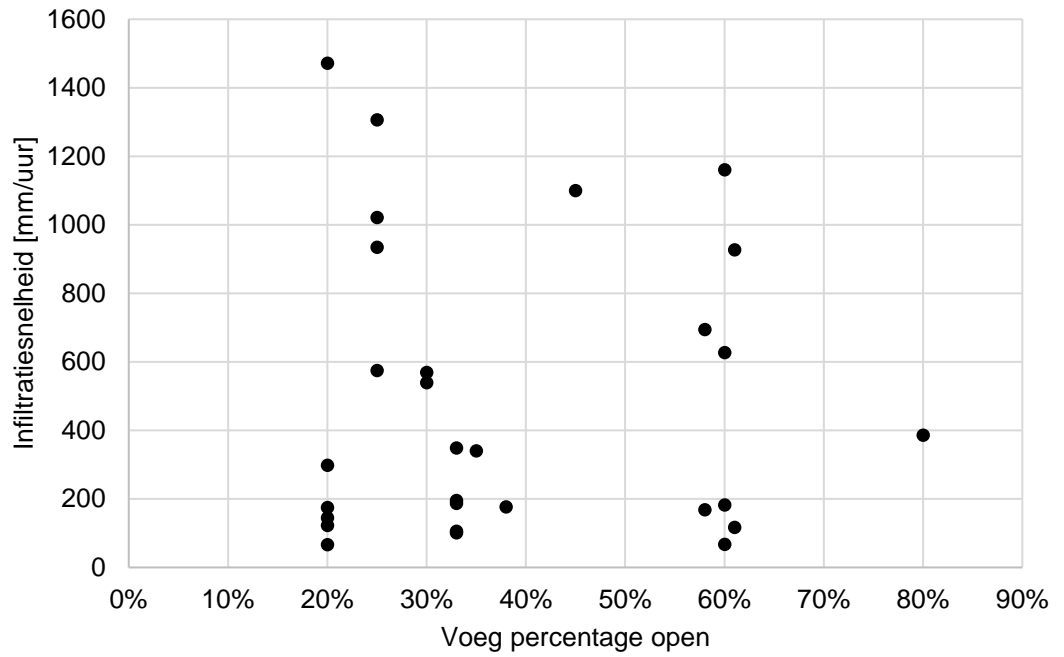
Analyse 2: Staat/kwaliteit van verharding



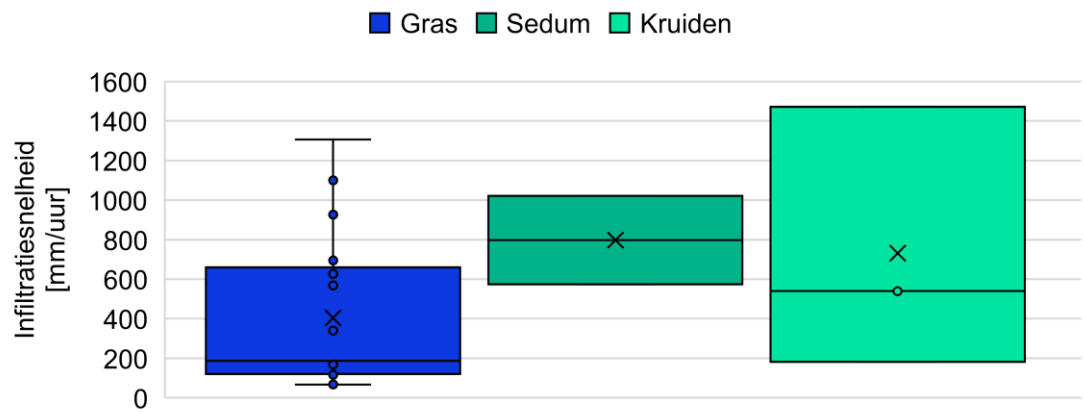
Aantal "matig": 9

Aantal "goed": 20

Analyse 3: Voeg percentage open

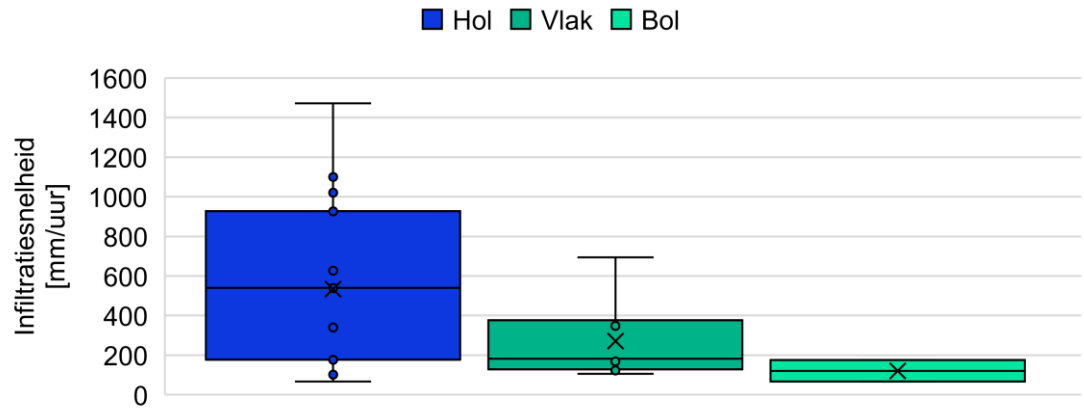


Analyse 4: Type vegetatie



Aantal "gras": 21
Aantal "sedum": 2
Aantal "kruiden": 3

Analyse 5: Ligging van vegetatie

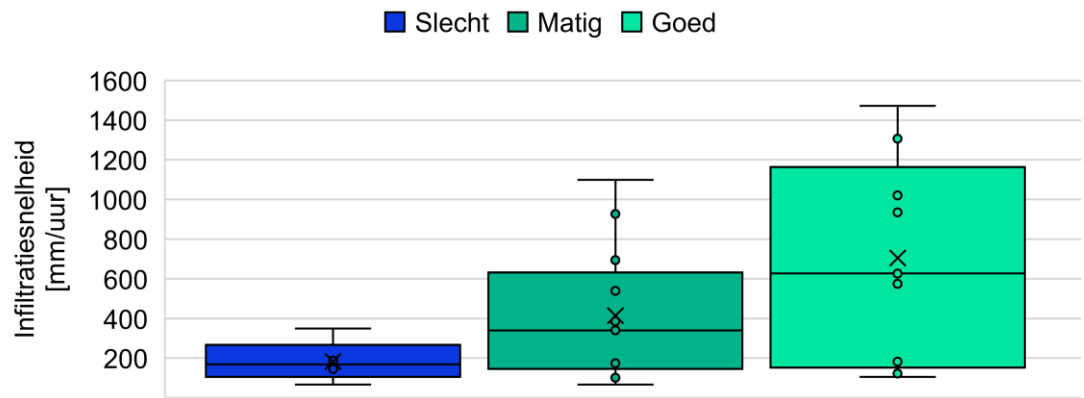


Aantal "hol": 15

Aantal "vlak": 8

Aantal "bol": 4

Analyse 6: Staat/kwaliteit van vegetatie

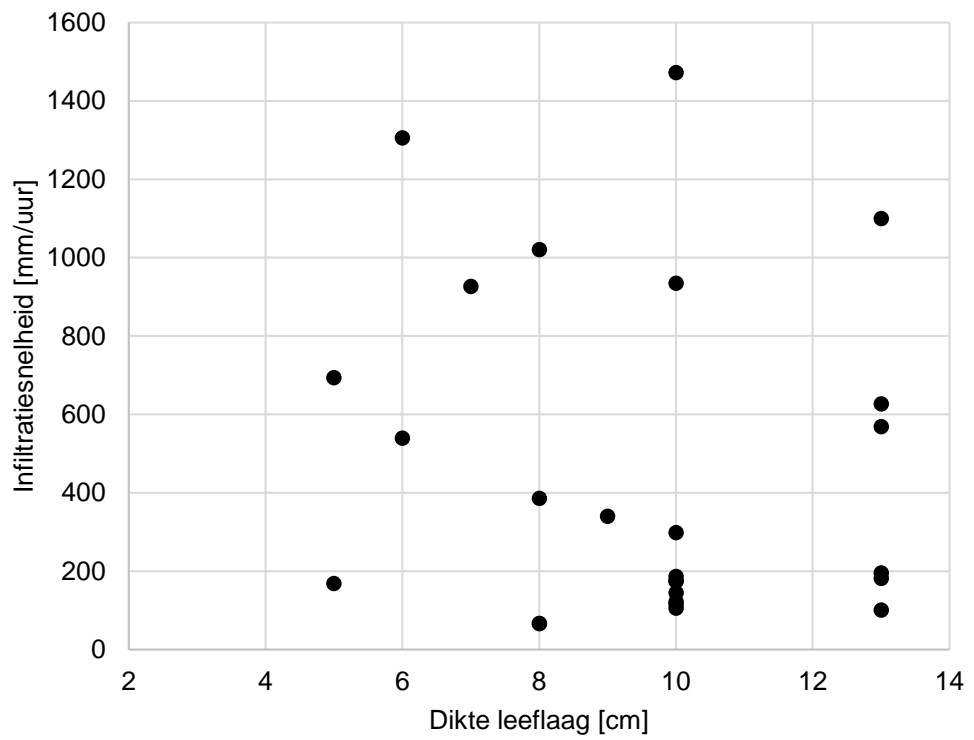
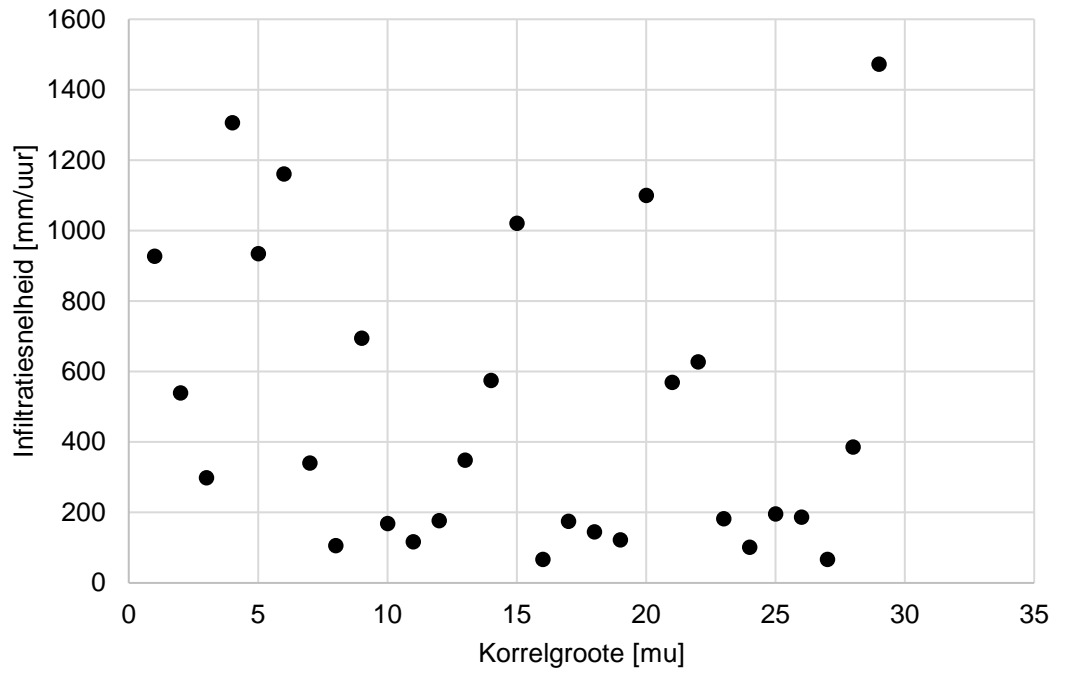


Aantal "slecht": 5

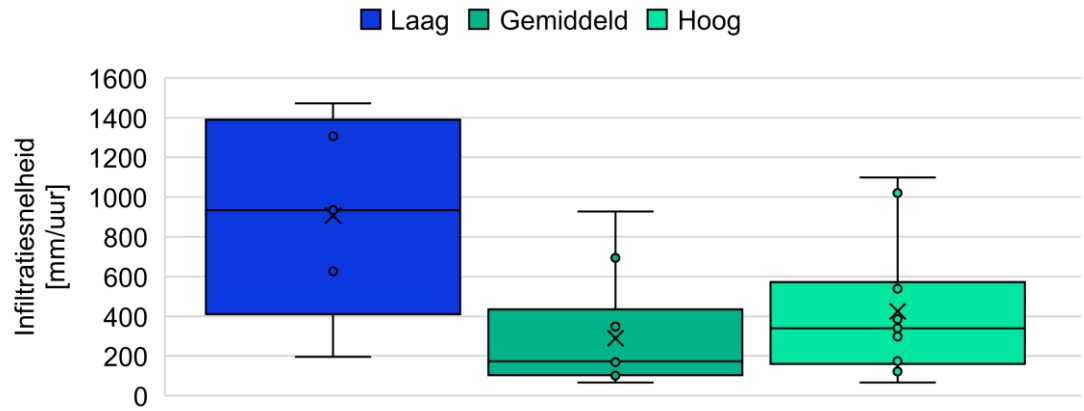
Aantal "matig": 13

Aantal "goed": 9

Analyse 7: Groeimedium

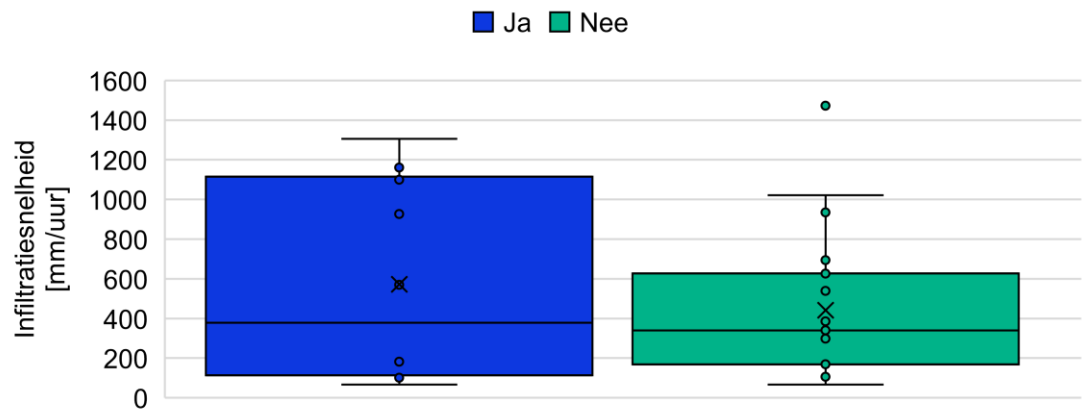


Analyse 8: Parkeerdruk



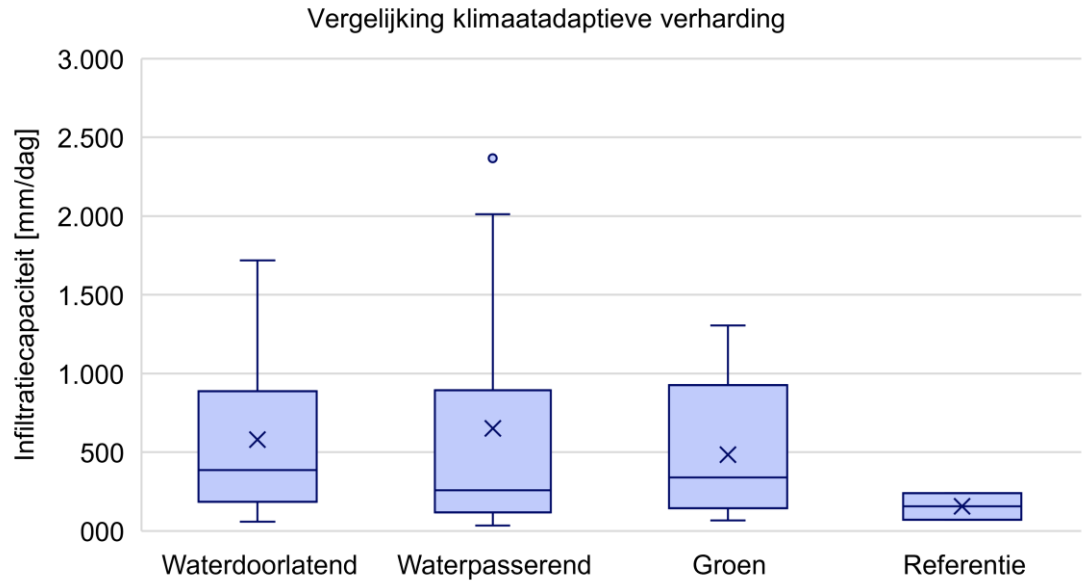
Aantal "laag": 5
Aantal "gemiddeld": 10
Aantal "hoog": 13

Analyse 9: Ligt vegetatie onder een boom?

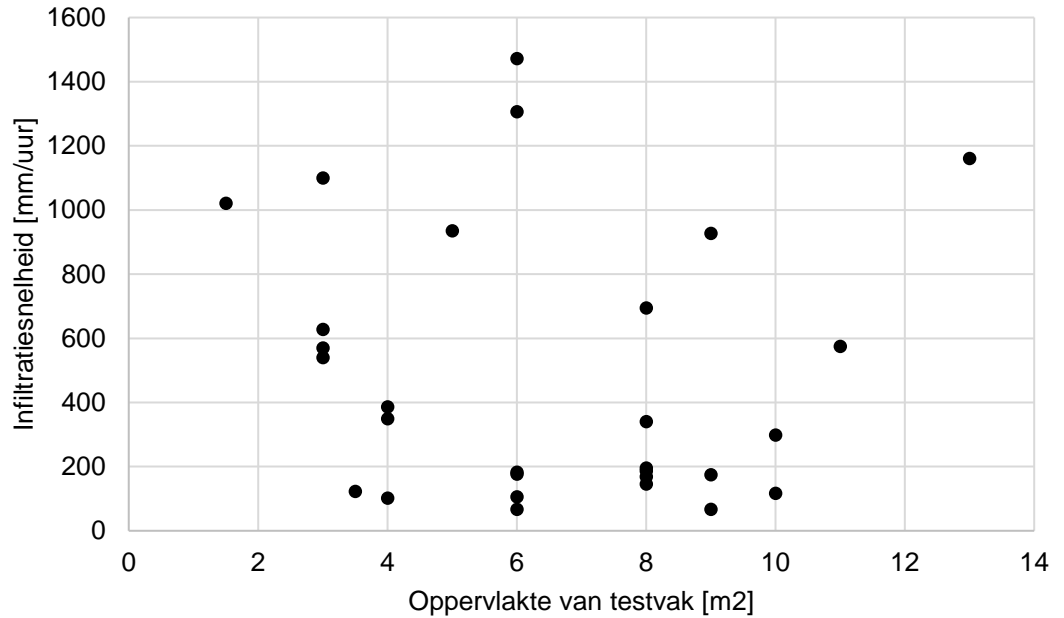


Aantal "ja": 10
Aantal "nee": 19

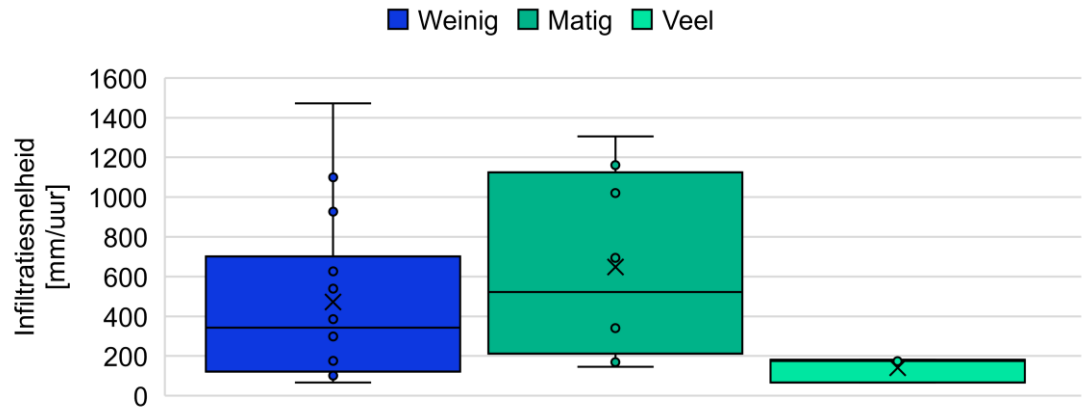
Analyse 10: Vergelijking met waterpasserende en waterdoorlatende verharding



Analyse 11: Oppervlakte van het testvak



Analyse 12: Lekverliezen

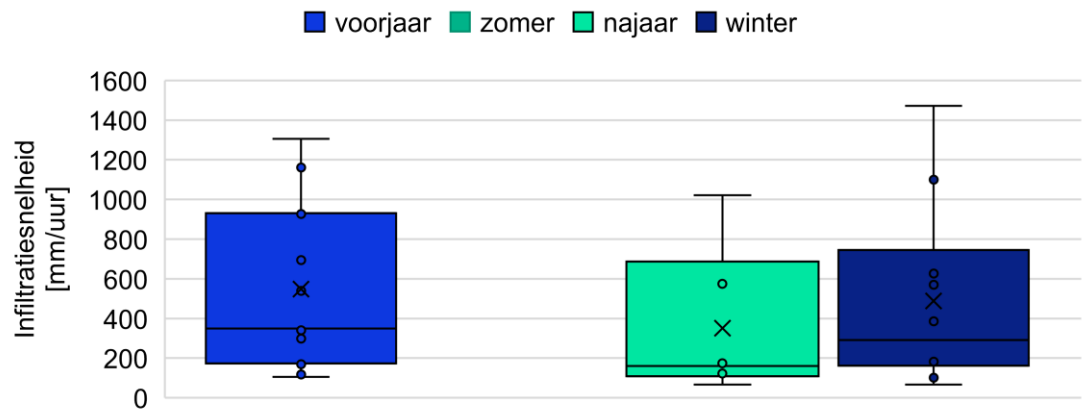


Aantal "gras": 18

Aantal "gras": 8

Aantal "gras": 3

Analyse 13: Testseizoen



Aantal "voorjaar": 13

Aantal "zomer": 0

Aantal "najaar": 6

Aantal "winter": 10

F Overzichtstabel

Test nummer	Naam	Locatie	Orientatie en zon	Onder een boom	Parkeers- intensiteit	Parkeers- intensiteit		Aanleg datum	Jaar van testen	Leeftijd [jaar]	Oppervlakte testgebied [m2]	Bestrating type	Bestrating
						klasse	Wijktype						
1	Roomburg, Wierickestraat Noorderkwartier, Julianastraat	Autoparkeerplaats	Onder een boom	Ja	Gemiddeld	2	Sub-urbane uitbreiding - VINEX	2010	2022	12	9	Grasbetontegels	HydroLineo full/22/44
2	(locatie 1) Noorderkwartier, Julianastraat	Fietsparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Hoog	3	Tuinstad laagbouw	2021	2022	1	3	Grasbetontegels	
3	(locatie 2) Ambachtsplein, betonplaten (locatie 4 1)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Hoog	3	Tuinstad laagbouw	2021	2022	1	10	Waterpasserend	
4	Ambachtsplein, betonplaten (locatie 5 2)	Plein	Onder een kleine boom	Ja	Laag	1	Hoogbouw	2021	2022	1	6	Grasbetonplaten	
5		Plein	Vrije bezonning	Nee	Laag	1	Hoogbouw	2021	2022	1	5	Grasbetonplaten	
6	Sint Annaplein Plein	Plein	Onder een boom	Ja	-		Volkswijk	2021	2022	1	13	Waterpasserend	Rainaway - Flood SecuBric, Swaans beton
7	Pijnboomstraat	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: oost-west	Nee	Hoog	3	Vernieuwd	2018	2022	4	8	Grasbetonplaten	
8	Puccinistraat	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Gemiddeld	2	Bloemkoolwijk	2019	2022	3	6	Grasbetontegels	
9	Azuurweg (locatie 1)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Gemiddeld	2	Tuinstad hoogbouw	2019	2022	3	8	Grasraten	TTE Eco Plus Rooster
10	Azuurweg (locatie 2)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Gemiddeld	2	Groen	2019	2022	3	8	Grasraten	TTE Eco Plus Rooster
11	Sabelhof (Sinopelstraat)	Autoparkeerplaats	Onder een boom	Ja	Gemiddeld	2	Tuinstad laagbouw	2012	2022	10	10	Grasbetontegels	
12	Kruizemuntweg (locatie 1)	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Nee	Gemiddeld	2	Groen	2018	2022	4	6	Grasbetontegels	HydroLineo 22/44
13	Kruizemuntweg (locatie 2)	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Nee	Gemiddeld	2	Groen	2018	2022	4	4	Grasbetontegels	HydroLineo 22/44
14	Geestenberg (locatie 1)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Hoog	3	Bloemkoolwijk	2021	2022	1	11	Grasbetontegels	
15	Geestenberg (locatie 2)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Hoog	3	Bloemkoolwijk	2021	2022	1	1.5	Grasbetontegels	
16	Zandrijk (locatie 1)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noordwest- zuidoost	Nee	Hoog	3	Sub-urbane uitbreiding - VINEX	2000	2022	22	9	Klinkers	
17	Zandrijk (locatie 2)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noordwest- zuidoost	Nee	Hoog	3	Sub-urbane uitbreiding - VINEX	2000	2022	22	9	Klinkers	
18	Waterrijk (locatie 1)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noordoost- zuidwest	Nee	Hoog	3	Sub-urbane uitbreiding - VINEX	2018	2022	4	8	Grasbetontegels	Keigrassteen
19	Waterrijk (locatie 2)	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noordoost- zuidwest	Nee	Hoog	3	Sub-urbane uitbreiding - VINEX	2018	2022	4	3.5	Grasbetontegels	Keigrassteen
20	Zuidelijke Wandelweg (locatie 1)	Fietsparkeerplaats	Straatorientatie: oost-west	Ja	Hoog	3			2023		3	Grasbetontegels	'plus' stenen HydroLineo full/22/44
21	Zuidelijke Wandelweg (locatie 2) Doorgroeibare verharding VU	Fietsparkeerplaats	Straatorientatie: oost-west	Ja	Hoog	3			2023		3	Grasbetontegels	
22	Amsterdam	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Nee	Laag	1			2023		3	Grasbetontegels	
23	Van Heenvlietlaan	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Ja	Gemiddeld	2		1990	2023	33	6	Grasbetontegels	
24	Doorlatende verharding parkeerterrein Amsterdamse Bos	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Ja	Gemiddeld	2		2007	2023	16	4	Grasbetontegels	
25	Parkeervakken Ringvaartdijk	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Nee	Laag	1		2014	2023	9	8	Grasbetontegels	
26	Dragonstraat	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: oost-west	Ja	Hoog	3		2000	2023	23	8	Grasbetontegels	
27	Westraklaan	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Ja	Gemiddeld	2		2013	2023	10	6	Grasbetontegels	
28	Pimentweg	Autoparkeerplaats	Straatorientatie: noord-zuid	Nee	Hoog	3		2012	2023	11	4	Grasraten	
29	Emmy van Lokhorststraat	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Nee	Laag	1		2022	2023	1	6	Grasbetontegels	
30	Groningen test 1	incidenteel laden en losse	Vrije bezonning	Nee	Laag	1		2022	2023	1		Grasbetontegels	solidrain
31	Groningen test 2	incidenteel laden en losse	Vrije bezonning	Nee	Laag	1		2016	2023	7		Grasbetontegels	?, zie ppt
32	Groningen test 3	incidenteel laden en losse	Vrije bezonning	Nee	Laag	1		2016	2023	7		Grasbetontegels	?, zie ppt
33	Groningen test 4	incidenteel laden en losse	Vrije bezonning	Nee	Laag	1		2016	2023	7		Grasbetontegels	?, zie ppt
34	Groningen test 5	Autoparkeerplaats	Vrije bezonning	Nee	Hoog	3		2020	2023	3		Grasbetontegels	?, zie ppt

Test number	Naam	Conditie van bestrating	Voeg opening [%]	Vegetatie	Conditie van vegetatie	Positie van vegetatie	Lekverlies	Test seizoen	Max temperatuur op testdag	Neerslag 1d voorafgaand	Neerslag 14d voorafgaand	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
1	Roomburg, Wierickestraat Noorderkwartier, Julianastraat	Matig	61%	Gras	Matig	hol	Weinig	voorjaar	23.4	2.7	6.1 927	604				
2	(locatie 1) Noorderkwartier, Julianastraat	Goed	30%	Kruiden	Matig	hol	Weinig	voorjaar	23.4	2.7	6.1 540	331				
3	(locatie 2) Ambachtsplein, betonplaten (locatie	Goed	20%	-			Weinig	voorjaar	23.4	2.7	6.1 299	186				
4	1) Ambachtsplein, betonplaten (locatie	Goed	25%	Gras	Goed	bol	Matig	voorjaar	23.4	2.7	6.1 1306	1201	1061	981	874	
5	2) Sint Annaplein Plein	Goed	25%	Gras	Goed	bol	Weinig	voorjaar	23.4	2.7	6.1 935	776	700			
6		Goed	60%	-			Matig	voorjaar	18.2	0	47.2 1160	1110				
7	Pijnboomstraat	Goed	35%	Gras	Matig	hol	Matig	voorjaar	18.2	0	47.2 340	185				
8	Puccinistraat	Goed	33%	Gras	Goed	vlak	Weinig	voorjaar	18.2	0	47.2 106					
9	Azuurweg (locatie 1)	Matig	58%	Gras	Matig	vlak	Matig	voorjaar	18.2	0	47.2 694	324				
10	Azuurweg (locatie 2)	Matig	58%	Gras	Slecht	vlak	Matig	voorjaar	18.2	0	47.2 169	98				
11	Sabelhof (Sinopelstraat)	Goed	61%	Gras	Matig	hol	Weinig	voorjaar	18.2	0	47.2 117					
12	Kruizemuntweg (locatie 1)	Goed	38%	Gras	Matig	hol	Weinig	voorjaar	18.2	0	47.2 176	85				
13	Kruizemuntweg (locatie 2)	Goed	33%	Gras	Slecht	vlak	Matig	voorjaar	18.2	0	47.2 349	339				
14	Geestenberg (locatie 1)	Goed	25%	Sedum	Goed	hol	Weinig	najaar	14.9	11.3	81.5 575	383				
15	Geestenberg (locatie 2)	Goed	25%	Sedum	Goed	hol	Matig	najaar	14.9	11.3	81.5 1021	753				
16	Zandrijk (locatie 1)	Matig	20%	Gras	Matig	bol	Veel	najaar	14.9	11.3	81.5 66					
17	Zandrijk (locatie 2)	Matig	20%	Gras	Matig	bol	Veel	najaar	14.9	11.3	81.5 175	71				
18	Waterrijk (locatie 1)	Goed	20%	Gras	Slecht	vlak	Matig	najaar	14.9	11.3	81.5 145					
19	Waterrijk (locatie 2)	Goed	20%	Gras	Goed	vlak	Weinig	najaar	14.9	11.3	81.5 123					
20	Zuidelijke Wandelweg (locatie 1)	Goed	45%	Gras	Matig	hol	Weinig	winter	5	17.4	94.2 1100	471	333			
21	Zuidelijke Wandelweg (locatie 2) Doorgroeibare verharding VU	Goed	30%	Gras	Matig	hol	Weinig	winter	5	17.4	94.2 569	362	329			
22	Amsterdam	Goed	60%	Gras	Goed	hol	Weinig	winter	5	17.4	94.2 627	317				
23	Van Heenvlietlaan	Goed	60%	Kruiden	Goed	hol	Veel	winter	5	17.4	94.2 182	180				
24	Doorlatende verharding parkeerterrein Amsterdamse Bos	Matig	33%	Gras	Matig	hol	Weinig	winter	5	17.4	94.2 101	65				
25	Parkeervakken Ringvaartdijk	Matig	33%	Gras	Matig	vlak	Weinig	winter	5	17.4	94.2 195	188				
26	Dragonstraat	Matig	33%	Gras	Slecht	hol	Weinig	winter	7.3	0	16 187	138				
27	Westraklaan	Matig	60%	Gras	Slecht	hol	Weinig	winter	7.3	0	16 67	53				
28	Pimentweg	Goed	80%	Mos	Matig	vlak	Weinig	winter	7.3	0	16 386	223	199			
29	Emmy van Lokhorststraat	Goed	20%	Kruiden	Goed	hol	Weinig	winter	7.3	0	16 1472	1102	756	533	422	
30	Groningen test 1	Goed		Gras	Goed	vlak	Weinig	zomer			354	243				
31	Groningen test 2	Goed		Gras	Goed	vlak	veel	zomer			143	56				
32	Groningen test 3	Goed		Gras	Goed	vlak	Weinig	zomer			358	170				
33	Groningen test 4	Goed		Gras	Goed	vlak	Weinig	zomer			263	237				
34	Groningen test 5	Goed		Gras	Goed	vlak	Weinig	zomer			607	561	103			

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl