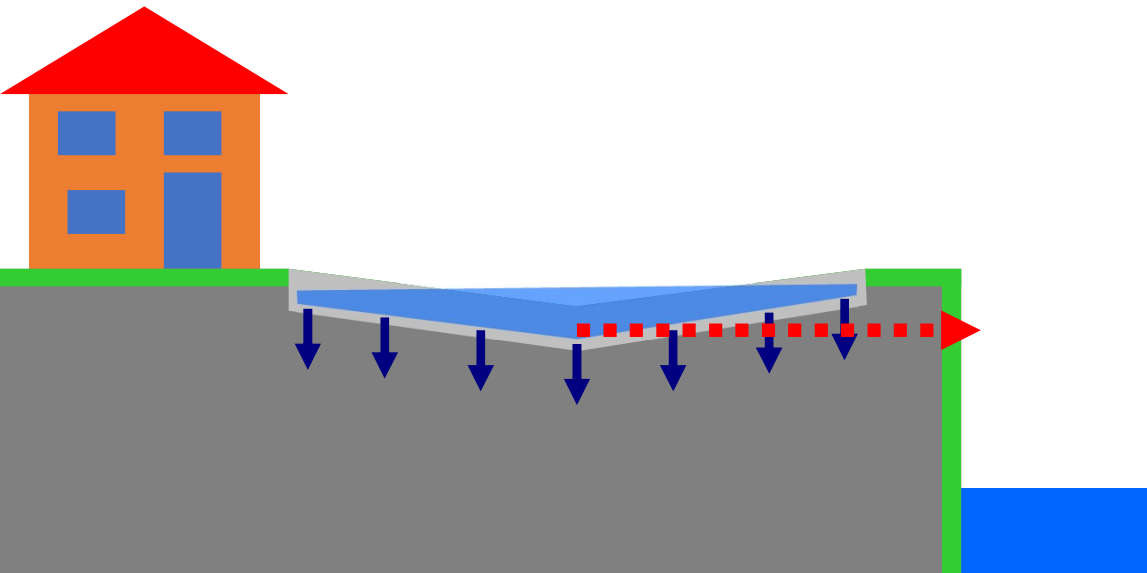


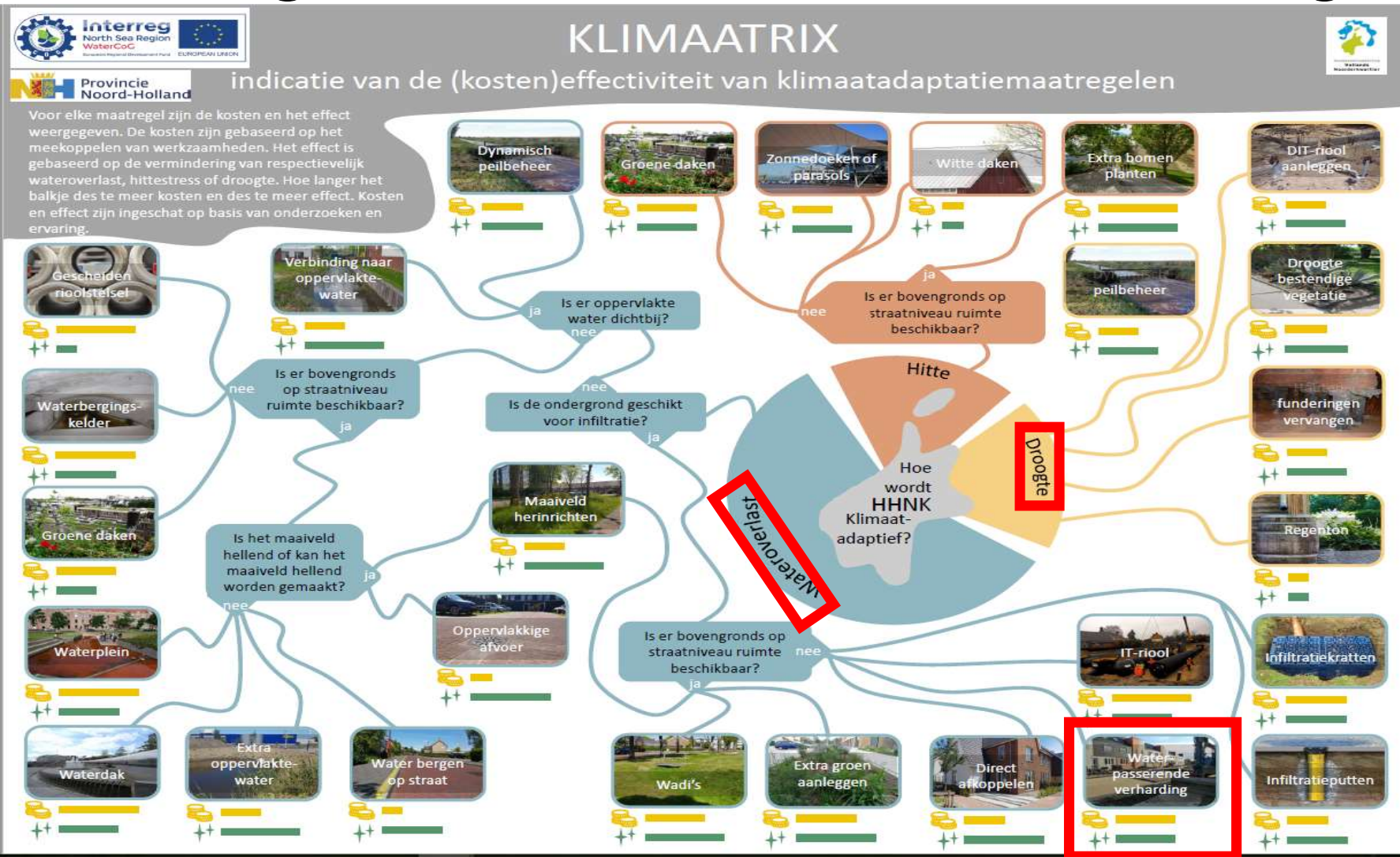
Vragen en antwoorden

- Doorlatende verharding: definitie, soorten en innovaties
 - Kun je ze overal aanleggen? Waar liggen ze?
 - Hoe functioneren ze?
 - Beheer
 - Kosten
-
- Meer (onderzoeks)vragen?

Doorlatende verharding wat is het?



Maatregelen: wateroverlast, hitte en droogte



Boven- gronds

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

6. Wadi of Infiltratieveld

Een wadi is een bufferings- en infiltratievoorziening. Het wordt vaak aangelegd als een soort kuil waarin hemelwater tijdelijk geborgen kan worden en het water de tijd heeft om weg te zakken (infiltreren) in de bodem. Soms wordt een drain en/of slokop aangelegd om een waterafvoer te creëren. Op een infiltratieveld kan water in de grond infiltreren, wanneer dit infiltratieveld verdiept aangelegd wordt kan ook tijdelijk water geborgen worden.

Voordelen

- ✓ De mogelijkheid om meer groen te realiseren.
- ✓ Combinaties met een andere functie(s) is mogelijk. Bijvoorbeeld door de wadi een onderdeel te laten zijn van een park of natuurgebied.

Aandachtspunten

- ! Bovengronds moet er ruimte beschikbaar zijn.
- ! Verdichting van de ondergrond zorgt voor slechter functioneren.
- ! De bodem moet waterdoorlatend zijn.
- ! De grondwaterstand moet niet te hoog zijn.
- ! Wadi's zijn niet geschikt als speelplaats voor kinderen.

Infiltreren

Bergen



€ € € €

+ + + + +

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

7. Groene daken

Groene daken zijn daken met beplanting die kan bestaan uit vetplanten zoals vetkruid (sedum), kruiden, mos en/of gras (extensieve begroeiing). Ook struiken en bomen zijn bij bepaalde constructies mogelijk (intensieve begroeiing). Vandaar dat er onderscheid wordt gemaakt tussen extensieve groene daken en intensieve groene daken.

Voordelen

- ✓ De aanleg van groen zorgt verkoeling tijdens hitte en voor waterberging.
- ✓ De aanleg van groen zorgt ervoor dat de leefomgeving prettiger wordt.
- ✓ Isolerende werking.
- ✓ Goed voor de biodiversiteit.

Aandachtspunten

- ! Het dak heeft voldoende draagkracht nodig, een intensief groen dak vereist vrijwel altijd dak versteviging.
- ! Intensieve groene daken kunnen maximaal 5 graden hellen, terwijl extensieve groene daken maximaal 35 graden hellen.



Bergen

€ € € €

+ + + + +

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

8. Waterpasserende verharding

Verharding in verschillende soorten en maten met meer open ruimte dan reguliere verharding. Door deze extra open ruimte laat deze soort verharding hemelwater door. Het hemelwater hoeft niet via het riool afgevoerd te worden, maar vult het grondwater aan.

Voordelen

- ✓ Breed toepasbaar.
- ✓ Geen extra ruimte nodig.
- ✓ Vertraagde afvoer
- ✓ Berging in de funderingslaag.

Aandachtspunten

- ! Alleen toe te passen op vlak terrein.
- ! Alleen toe te passen bij wegen met weinig verkeer.
- ! De ondergrond moet geschikt zijn om water te infiltreren.
- ! Goed onderhoudsplan nodig.



Infiltreren

€ € € €

+ + + + +

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

10. Direct afkoppelen (Alleen DWA aanleggen)

Door daken niet aan te sluiten op de riolering, maar de daken direct op oppervlaktewater of op lokaal groen te laten afwateren wordt de belasting op de riolering vermindert. Afwatering kan plaatsvinden op eigen perceel of op openbaar terrein.

Voordelen

- ✓ Er wordt minder relatief schoon hemelwater onnodig naar een zuiveringsinstallatie afgevoerd.
- ✓ Particulieren kunnen relatief goedkoop afkoppelen
- ✓ Te combineren met een regentent
- ✓ Af te koppelen naar bestaande infiltratievoorzieningen mogelijk

Aandachtspunten

- ! Particulieren moeten aangespoord worden om hemelwater op hun eigen perceel te laten infiltreren
- ! De ondergrond moet geschikt zijn om water te infiltreren.



Infiltreren

Afvoeren

€ € € €

+ + + + +

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

9. Waterbergende daken

Bij waterdaken blijft het hemelwater tijdelijk op het dak staan. Het water wordt vertraagd afgevoerd door een geknepen afvoer, zodat er voor een volgende bui weer genoeg opslagcapaciteit is.

Voordelen

- ✓ Kan veel berging opleveren terwijl lagere verdiepingen functioneel blijven.
- ✓ Vertraagde afvoer.

Aandachtspunten

- ! Hoge belasting op de constructie.
- ! Dak moet plat zijn.
- ! Bergt alleen wat direct op het dak valt.
- ! De verkoelende werking van het water op het gebouw fluctueert.



Bergen

€ € € €

+ + + + +

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

11. Maaiveldhoogte herinrichten

In de openbare ruimte of in tuinen kan door reliefvverschillen water geborgen worden in de lager gelegen delen, de hoger gelegen delen van het gebied blijven dan droog na zware regenbuien. Voorbeelden zijn het verlagen van groen en het rekening houden met stoepranden, verkeersdrempels en de drempelhoogte van woningen.

Voordelen

- ✓ Al met een licht verhang of kleine aanpassingen kan water worden afgevoerd naar gewenste locaties.
- ✓ Te combineren met extra infiltratievoorzieningen en andere functies binnen het gebied.

Aandachtspunten

- ! Veel grondverzet kan kostbaar zijn
- ! De ondergrond moet geschikt zijn om water te infiltreren.
- ! Voor een gedetailleerd beeld van hoe het water precies zal stromen moet een modelstudie uitgevoerd worden



Bergen

Afvoeren

€ € € €

+ + + + +

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

12. Extra oppervlaktewater aanleggen

Tijdens extreme neerslag geeft het oppervlaktewater extra ruimte voor het overschot aan water.

Voordelen

- ✓ Kan ook op kleinere schaal als hemelwaterrijvers
- ✓ Kan vertraagd infiltreren mits geschikte ondergrond aanwezig is

Aandachtspunten

- ! Er moet genoeg ruimte zijn
- ! Waterkwaliteit moet gemonitord worden.
- ! Veel grondverzet kan kostbaar zijn



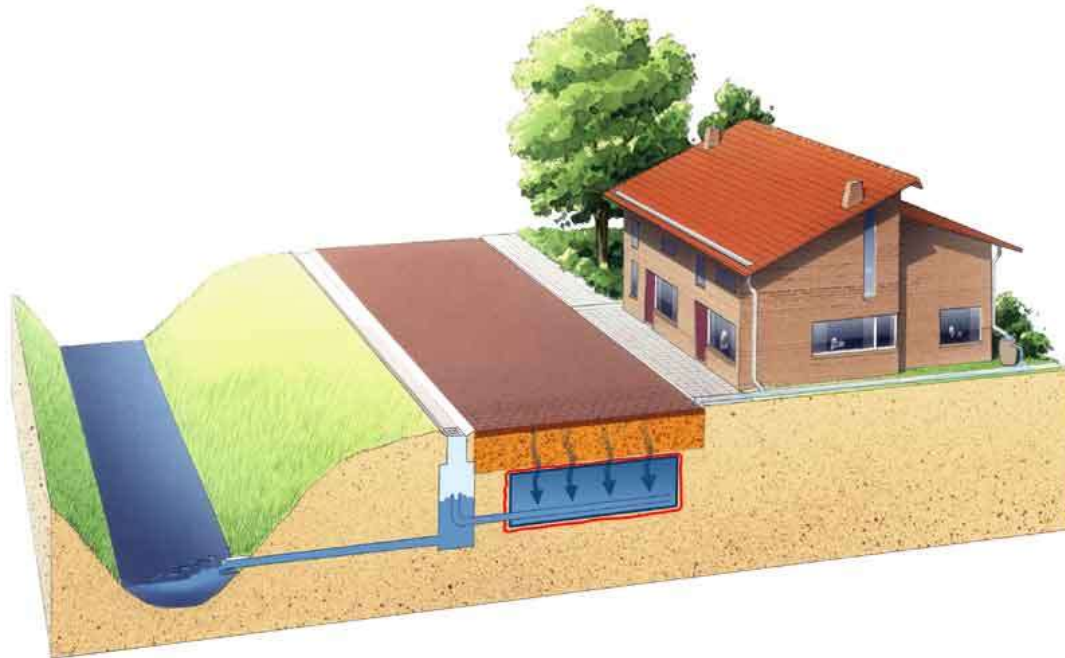
Bergen

€ € € €

+ + + + +

Doorlatende verharding: definitie

- *Doorlatende verharding is wegdek dat waterdoorlatend is. Onder de verharding ligt een (zand-)pakket dat een transporterende, zuiverende en bergende functie kan hebben en tevens draagkrachtig genoeg is om door verkeer bereden te worden.*



Soorten doorlatende verharding



Waterpasseerbare steen (links), Poreuze steen (midden), Halfverharding (rechts)

internationaal

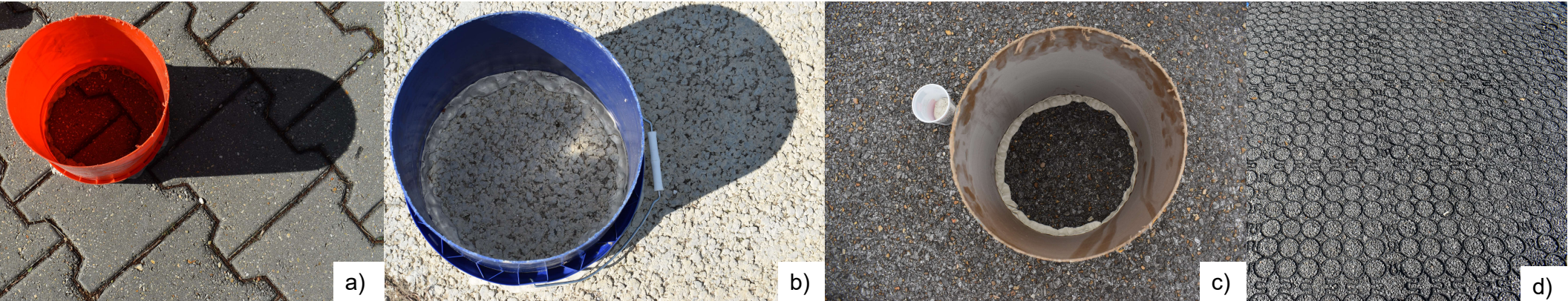
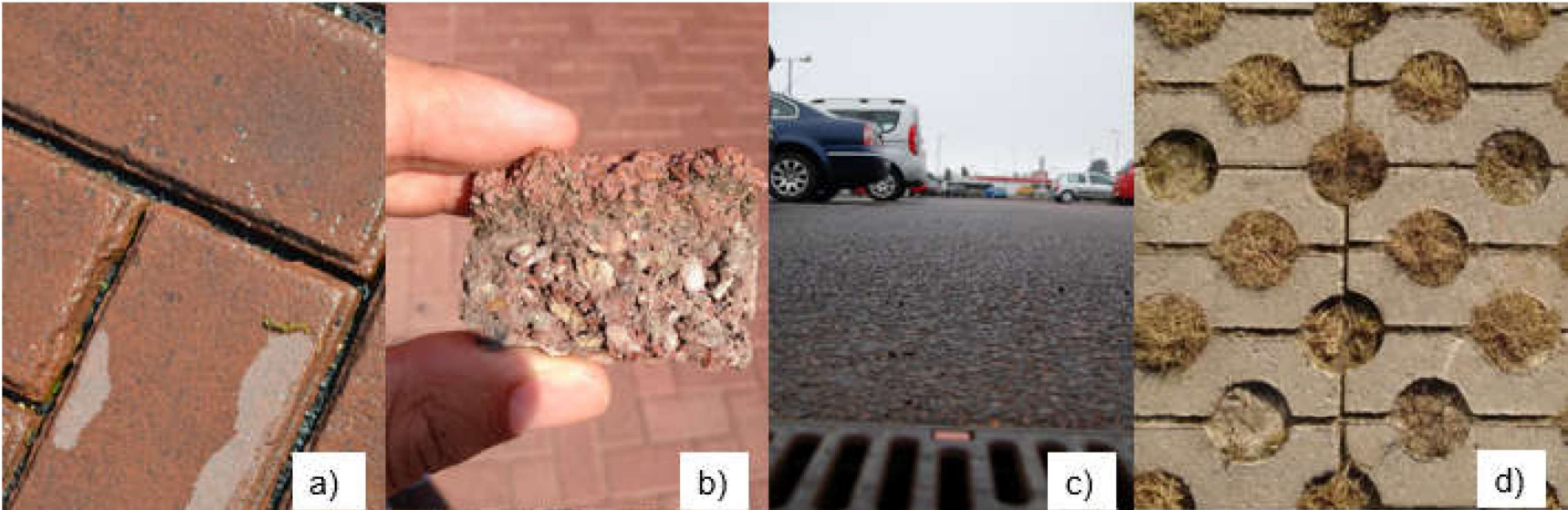


Figure 25. (a) Impermeable concrete interlocking pavers; (b) porous concrete; (c) porous asphalt; (d) plastic grid pavers.



Doorlatende verharding mirandabad

Permeable pavement (Waterdoorlatende/passerende verharding)



Created at: 02 Oct 2018

Description

Doorlatende verharding mirandabad

Samenvatting (Dutch description)

Doorlatende verharding mirandabad

Help us provide more detailed information about this project by [contributing!](#)

Images



About the author

Floris Boogaard

- Submitted 604 projects
- Expert at Water
- Netherlands

[View all 604 projects by this author](#) →

Downloads

No downloads added

Websites

No websites added

Contribute

[Edit this project](#)



<https://www.climatescan.nl/projects/2695/detail>

Doorlatende verharding

Permeable pavement copenhagen

Permeable pavement (Dutch: Doorlatende verharding)

Kaart Satelliet



Google
Created at: 22 Nov 2014
Kaartgegevens ©2016 | Gebruiksvoorwaarden | Een kaartfout rapporteren



Description

Permeable pavement Copenhagen

Images



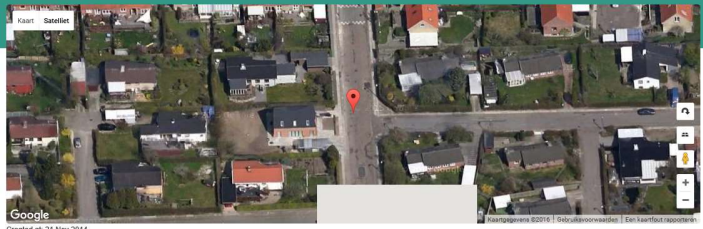
Videos



Copenhagen

Doorlatende verharding

Swales near road copenhagen
Swale (wadi)




Google
Created at: 21 Nov 2014

Description
swales near road Copenhagen

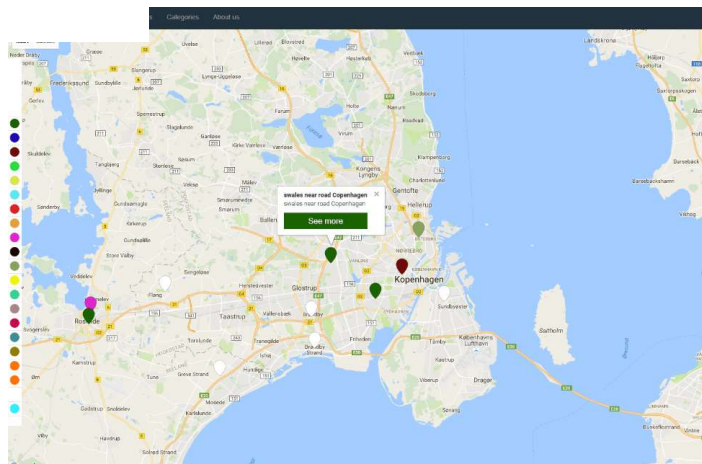
Downloads
No downloads added

Websites
No websites added

Images



Copenhagen



Waar we het niet over hebben: Waterbergende wegen (invoer beneden straat oppervlak)

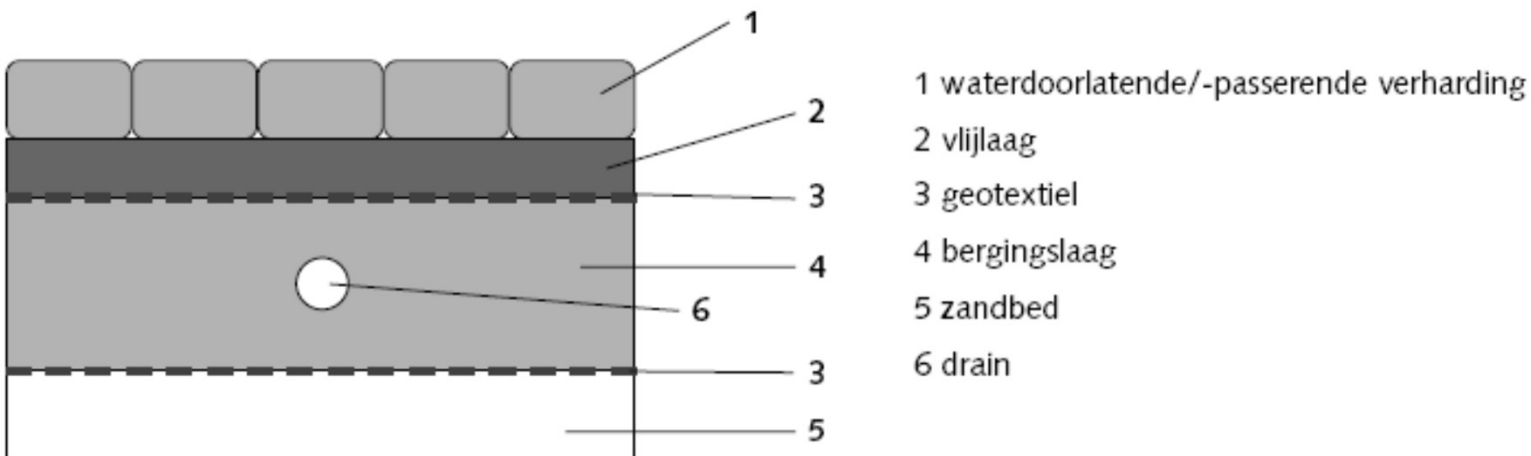


Waterbergende weg: Zuster van der Kolkstraat, Zwolle

Dwarsdoorsnede van doorlatende verharding

Dwarsdoorsnede van waterdoorlatende en waterpasserende verharding

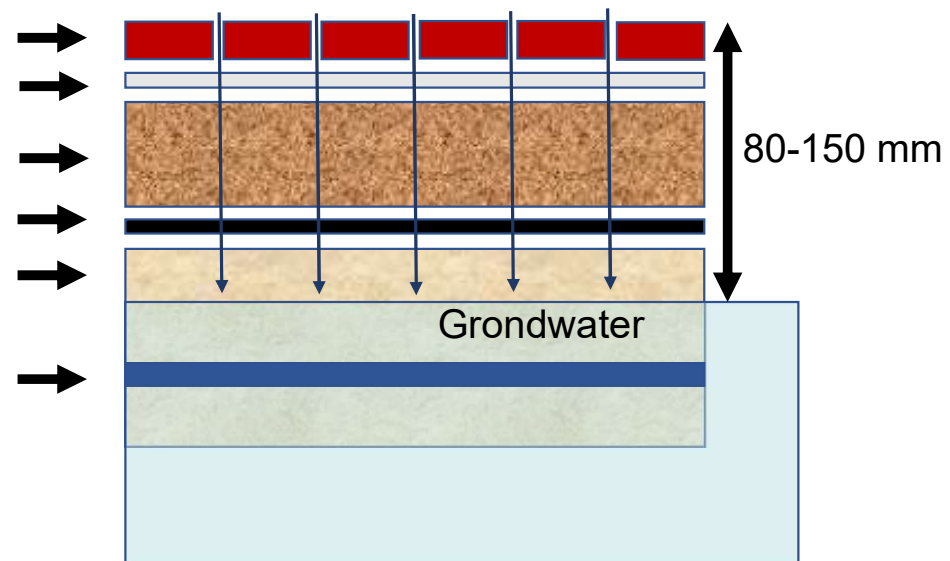
Drain



Voorbeeld van doorlatende verharding

Enkele maten

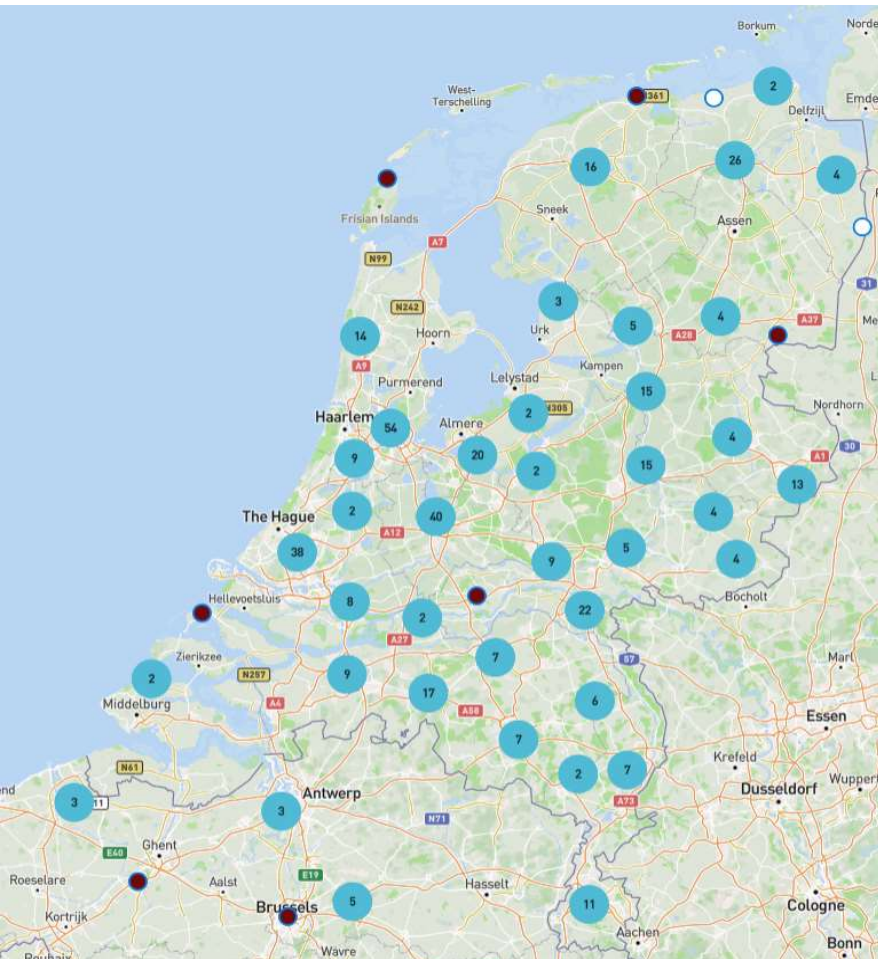
- 50-80 mm (doorlatende) verharding
- 2-5 mm voegvulling
- 40-50 mm granulaat/berging
- 1-3 mm geotextiel
- Ondergrond
- 60-120 mm drainage



Vragen en antwoorden

- Doorlatende verharding: definitie, soorten en innovaties
 - Kun je ze overal aanleggen? Waar liggen ze?
 - Hoe functioneren ze?
 - Beheer
 - Kosten
-
- Meer (onderzoeks)vragen?

Waar kun je doorlatende verharding toepassen?



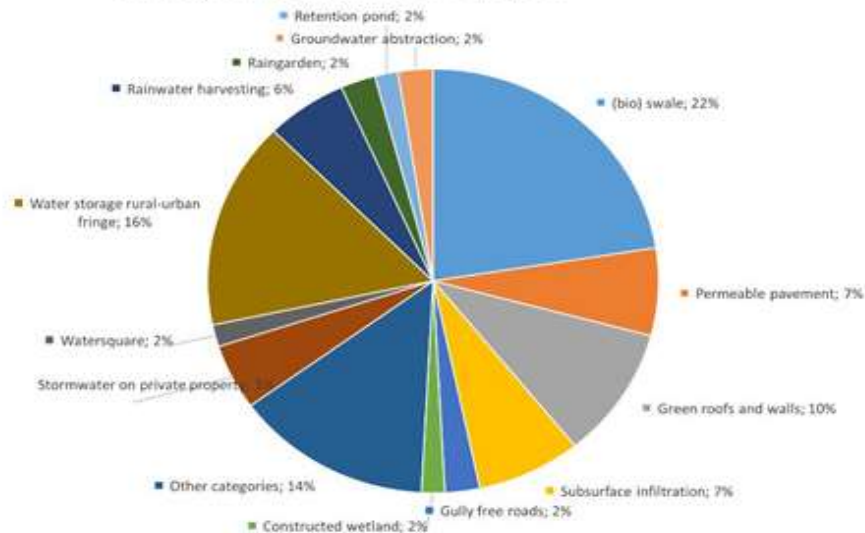
Enkele voorbeelden van doorlatende verharding [link](#) (links) en doorgroeibare verharding in Nederland [link](#) (rechts)

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

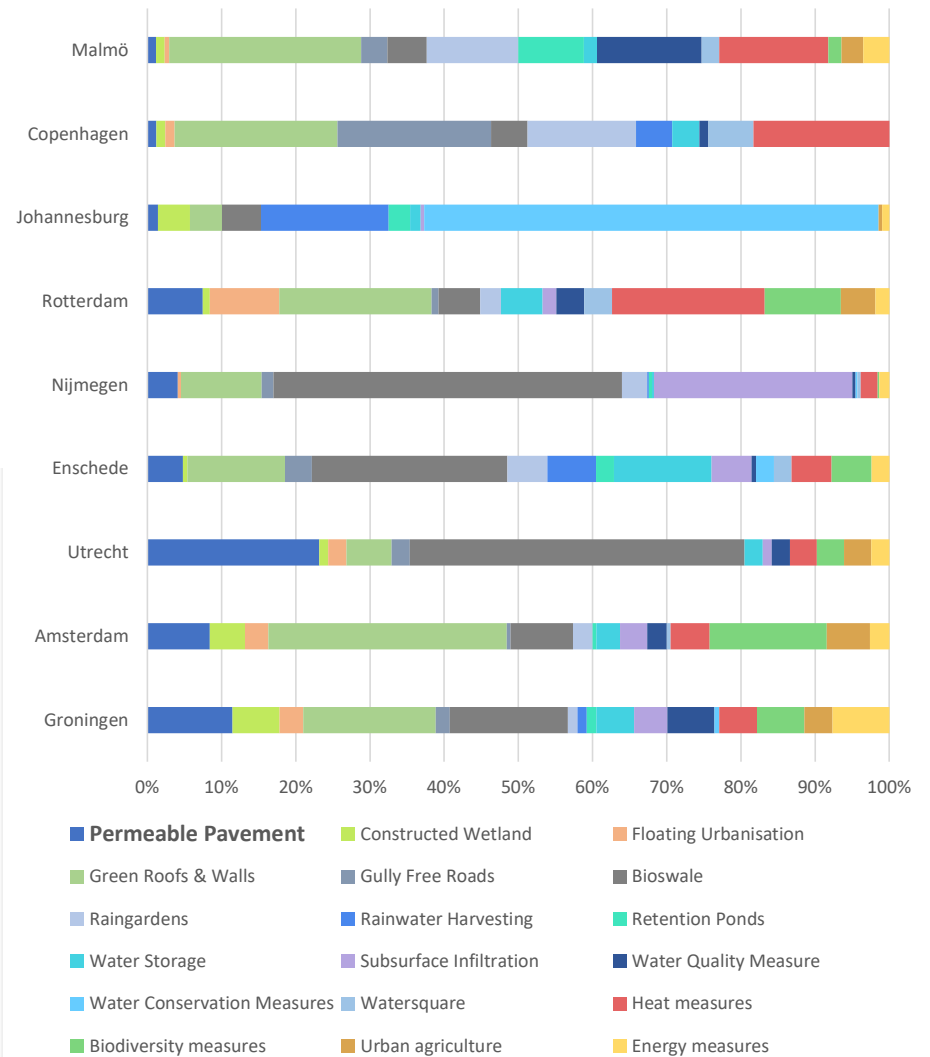
Steden en doorlatende verharding

voorbeelden

**Categorisation of climate adaptation
Municipality of Enschede: 122 projects**

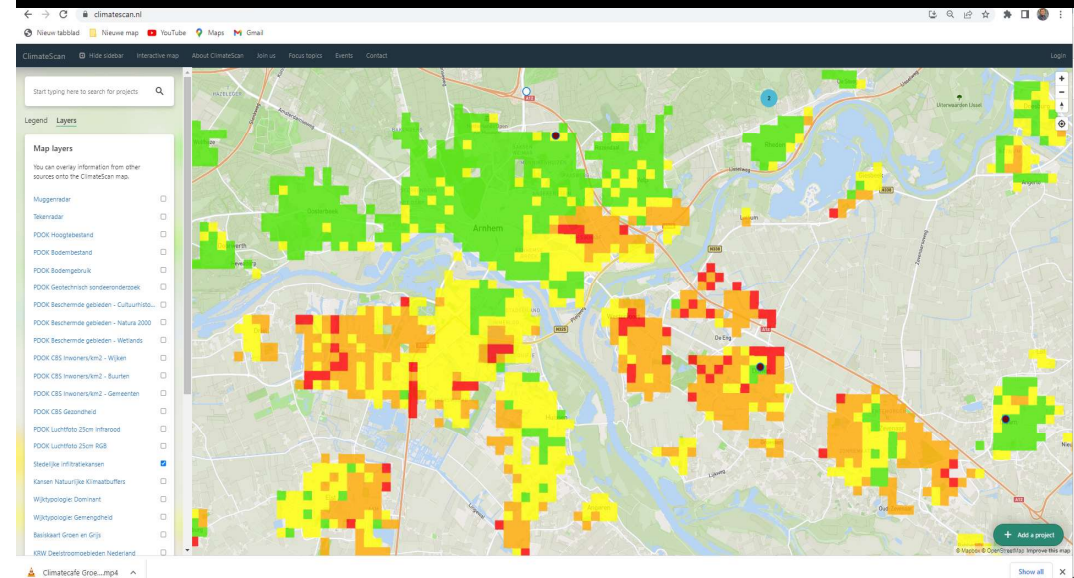
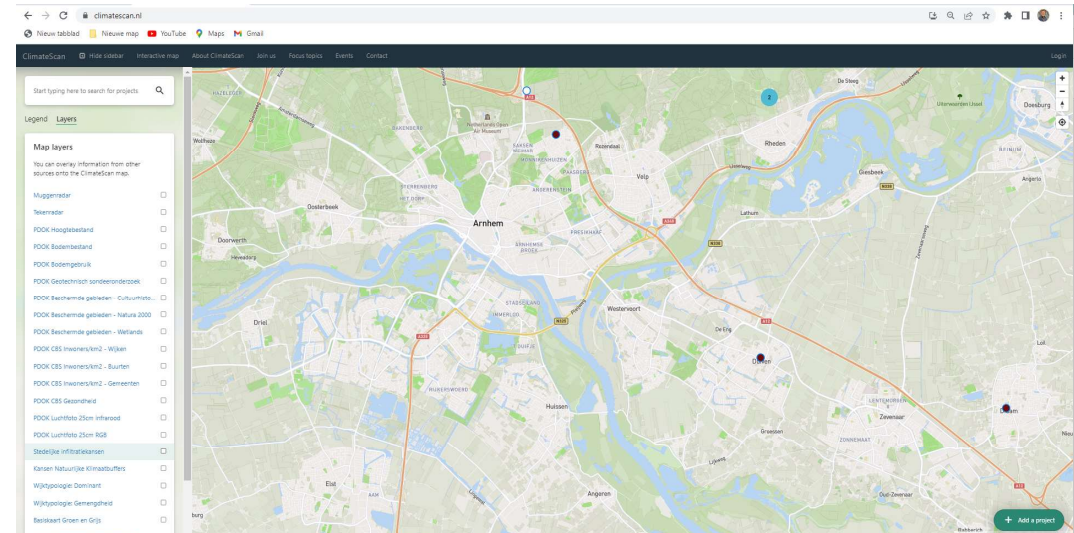


**Steden en klimaatmaatregelen
(Based on data from Climatescan)**



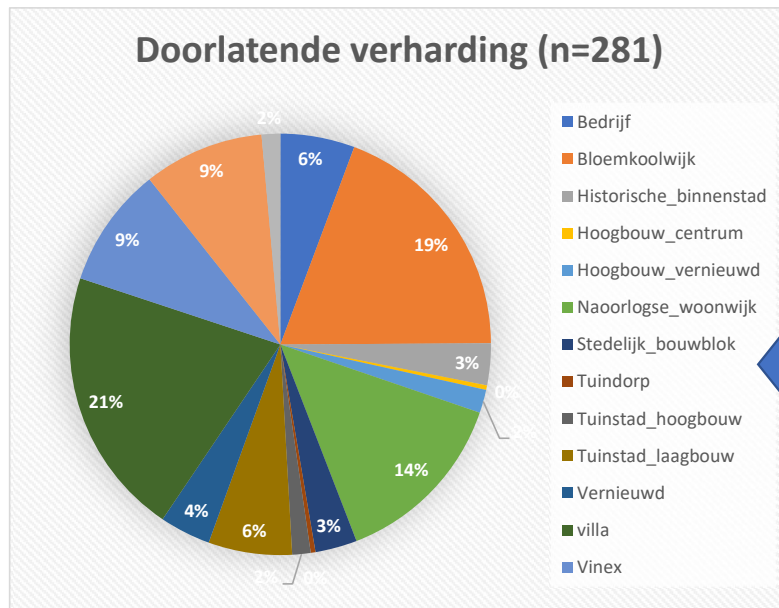
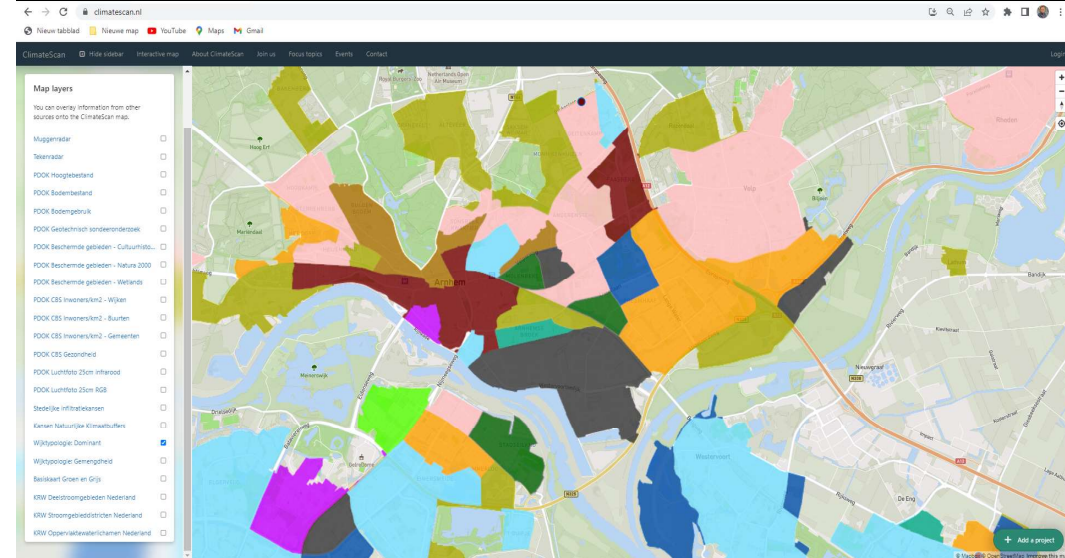
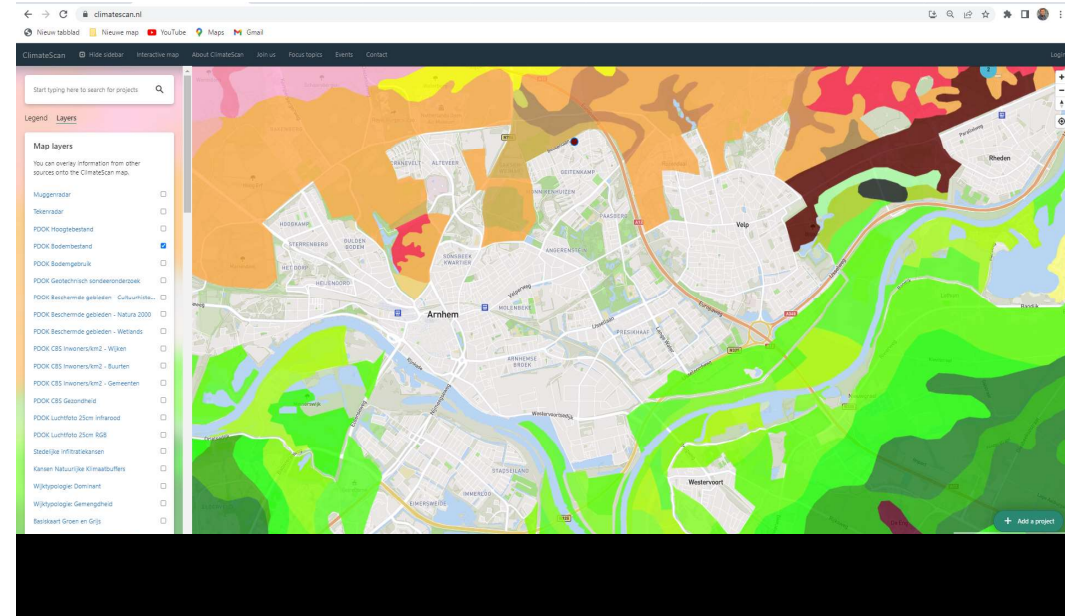
Arnhem

- Locaties doorlatende verharding
- infiltratiekansen



Arnhem

- Bodemsoorten
- Wijk-typologieen





Doorlatende verharding (en raingarden) geitenkamp, reestraat te arnhem bmp

Permeable pavement
Raingarden



Description

permeable pavement Reestraat Arnhem (drainvast) and three raingardens. In 2020 within the framework of a RAAK subsidy, monitoring of the hydraulic capacity of the three raingardens started.

Samenvatting (Dutch description)

In de wijk Geitenkamp zijn proefvakken doorlatende verharding aangelegd. Demonstratie van de werking van waterpasseerbare verharding is door de gemeente Arnhem uitgevoerd die goed bezocht werd door de bewoners van de wijk. Hiermee wordt wateroverlast door stortbuien in de toekomst nog beter voorkomen.
De Reestraat in Arnhem is een hellende weg met een stijgingspercentage van ruim. 6%. De bodemopbouw bestaat uit verschillende zanderige lagen en de grondwaterstand ligt ruim onder het maaiveld (peilbuizen in de omgeving met een grondwaterstand >20m -mv).
De Reestraat is verdeeld in vakken waarin verschillende soorten bestrating zijn toegepast. Er zijn zowel reguliere- als waterpasserende stenen toegepast. In totaal zijn er 7 verhardingstypes toegepast, waarvan 5 waterpasserend. Naast de doorlatendverharding zijn drie klein regentuinen/raingardens aanwezig. Vanuit een RAAK-subsidie is de monitoring gestart naar de ontwikkeling van de infiltratiecapaciteit.

Help us provide more detailed information about this project by [contributing!](#)

<https://www.climatescan.nl/projects/1109/detail>



About the author

Floris Boogaard

- Submitted 1001 projects
- Expert at Water
- Netherlands

[View all 1001 projects by this author →](#)

Research files

[Research article of the raingardens](#)

Websites

[arnhem klimaatbestendig](#)
[buut geitenkamp](#)
[geitenkampnet: straatmarkt-meedenken-herinrichting/](#)
[Project description by engineeringbureau](#)
[Arnhem en resultaten](#)

Contribute

Help us improve the data we have on this project:
[Edit this project](#)

Conclusie je kunt het overal aanleggen maar ...

The image is a screenshot of a website article. At the top left is the logo for 'Kennisportaal Klimaatadaptatie'. The navigation bar includes 'Home', 'Actueel', 'Aan de slag', 'Kennisdossiers', 'Hulpmiddelen', 'Voorbeelden', and 'Beleid & programma's'. A search bar is on the right. The breadcrumb trail reads 'Home > Actueel > Interviews Kennisportaal > 'Een wadi kun je eigenlijk overal aanleggen''.

'Een wadi kun je eigenlijk overal aanleggen'

Gepubliceerd op 15 juli 2020

Doorlatende verharding

In de jaren negentig werden de eerste wadi's aangelegd in Nederland, om regenwater te bergen, infiltreren en zuiveren. Na 25 jaar heeft bijna elke gemeente in Nederland één tot honderden wadi's. Wat hebben we in die tijd geleerd van de wadi? Wat gaat goed, wat kan beter? We vroegen het aan dé specialist op het gebied van wadi's: Floris Boogaard, lector bij Hanzehogeschool en consultant bij Deltares.



Floris Boogaard

Wat is een wadi?

'Een wadi is een groene greppel in het stedelijk gebied. Het Arabische woord is in Nederland een afkorting van Water Afvoer Drainage en Infiltratie. Een wadi bergt regenwater en zuivert het, waarna het water infiltrert in de ondergrond. Zo helpt de wadi tegen wateroverlast en droogte. De wadi heeft verschillende functies in het stedelijk gebied en je vindt hem in vele vormen. Vaak zit er infrastructuur onder om het water te bergen en af te voeren, zoals infiltratiekratten, granulaatkorrels en drainbuizen.'



Meer informatie

- [Leren van twintig jaar wadi's in Nederland](#)
- [De kwaliteit van afstromend hemelwater in Nederland](#)
- [Wat doet u tijdens extreme...](#)

Vragen en antwoorden

- Doorlatende verharding: definitie, soorten en innovaties
- Kun je ze overal aanleggen? Waar liggen ze?
- **Hoe functioneren ze?**
- Beheer
- Kosten

- Meer (onderzoeks)vragen?

Meetmethoden



Modified Ring Infiltrometers used for Permeable Pavement Testing: a) DRIT (Fassman & Blackbourn, 2010); b) Square, Double Ring (Lucke & Beecham, 2011); c) Single Ring Surface Inundation Test (Bean et al., 2004) . Right: permeable stone measurements



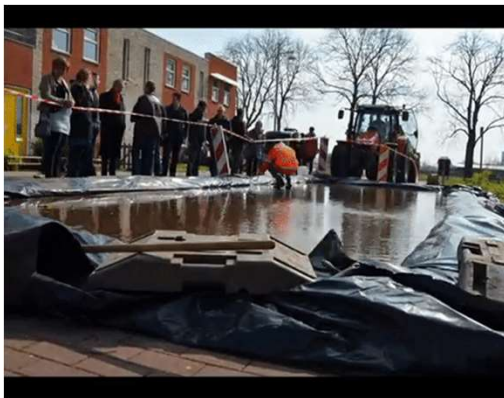
Meetmethoden: full scale test



Various Dam Variations Used at the Different Test Locations Dam, earthbags, street bump & geotextile with sand



Meten is weten

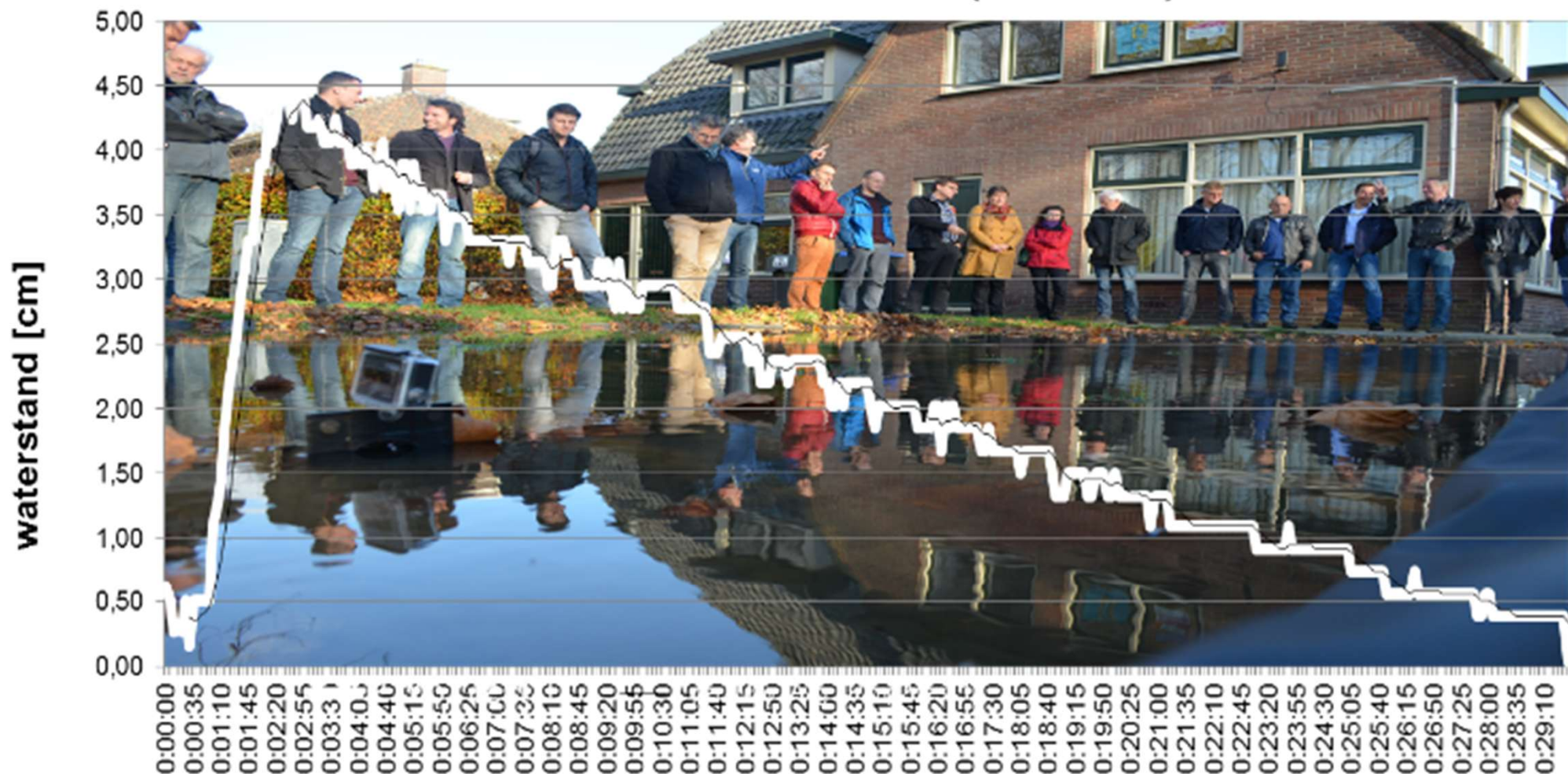


Boogaard F.C. [Stormwater characteristics and new testing methods for certain sustainable urban drainage systems in The Netherlands](#), Delft 2015.



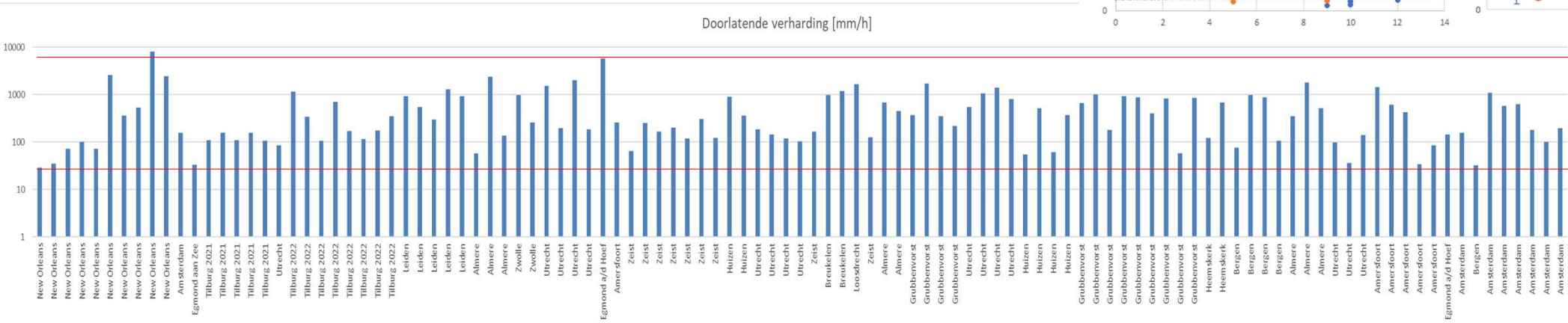
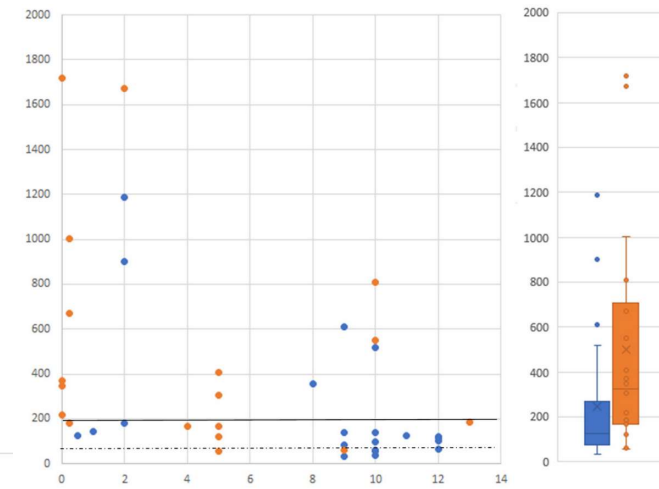
Werkt het?

Full scale infiltratietest: Doorlatende verharding Meppel Masterclass 12-11-2015 (93 mm/h)



(inter)nationale resultaten

- Min >10 mm/h
- Max > 10.000 mm/h



Waarom zulke grote verschillen?

- (fouten bij): Ontwerp, Aanleg, Gebruik, Beheer
- Meetmethode
- Type verharding
 - Granulaat
 - Compact
 - Infiltrerend oppervlak
- Leeftijd en Gebruik (bv deformatie)
- Geohydrologische omstandigheden
 - (Grond)waterstand/vochtgehalte
 - Bodemsoort en –lagen
- Diverse omgevingsfactoren: bomen, locatie, (wijktypen)

Factor	
Omgevingsfactoren	Bomen
	Boom over weg ratio
	Struiken
	Bladeren
	Conditie Straatwerk
	Losse stenen
	Spoorvorming
	Plaatvorming onder straatlaag
	Wijktypologie
	Maximumsnelheid
	Verkeersintensiteit
	Parkeerintensiteit (parkeerwijze: vakken/straat)
	Ondergrond materiaal
	Maaiveldhoogte
GHG/GLG	
Systeemkenmerken	Werking systeem
	Aanwezigheid kolk
	Aanwezigheid drain
	Aanwezigheid overstort
	Voeg-breedte
	Voeg-materiaal
	Voeg-conditie
	Straatlaag dikte
	Straatlaag materiaal
	Fundering dikte
	Fundering materiaal
Beheer en onderhoud	Verkanting
	Gereinigd als onderdeel van test
	Reinigingsmethode

Voldoen ze aan richtlijnen?

- Er zijn geen Nederlandse bindende richtlijnen
- Globale resultaten:
 - Gemiddelde rond 300 mm/h
 - Veel liggen onder de 'norm' 194 mm/h
- Infiltratiecapaciteit van doorlatende verharding, waterpasserende verharding en doorgroeibare verharding relatief dicht bij elkaar, meer onderzoek nodig
 - Discussie: wat betekent dit?
- Diverse factoren van belang

	hele database	selectie (oa >4 jaar, betrouwbaarheid/correcties)
min	29	29
max	8089	935
gem	634	295
med	299	179
aantal	109	87

Normen: wat moet doorlatende verharding doen?

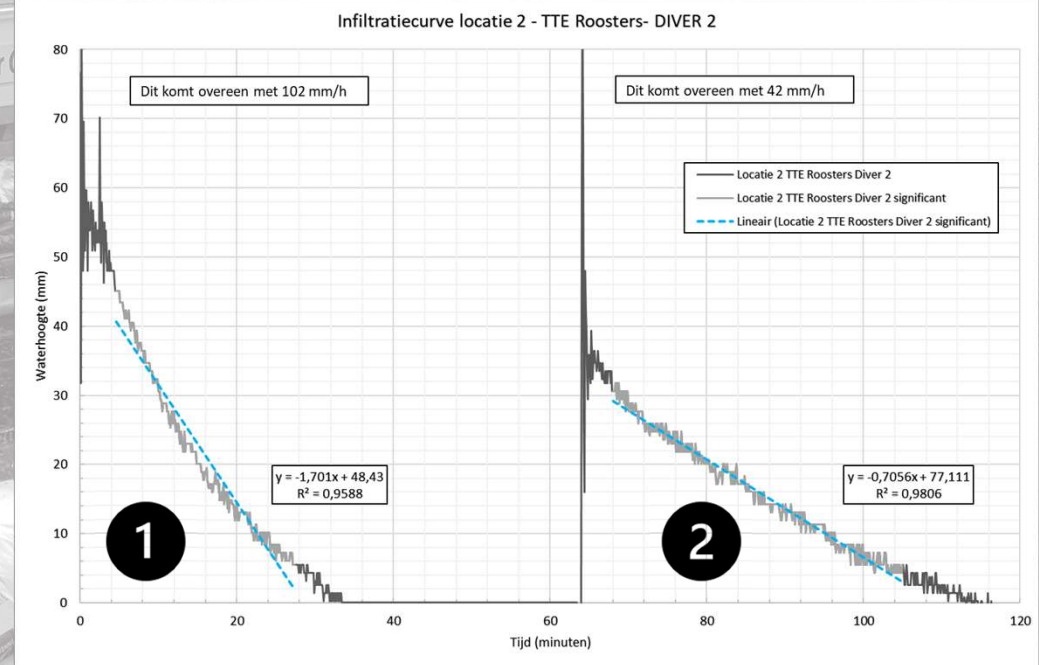
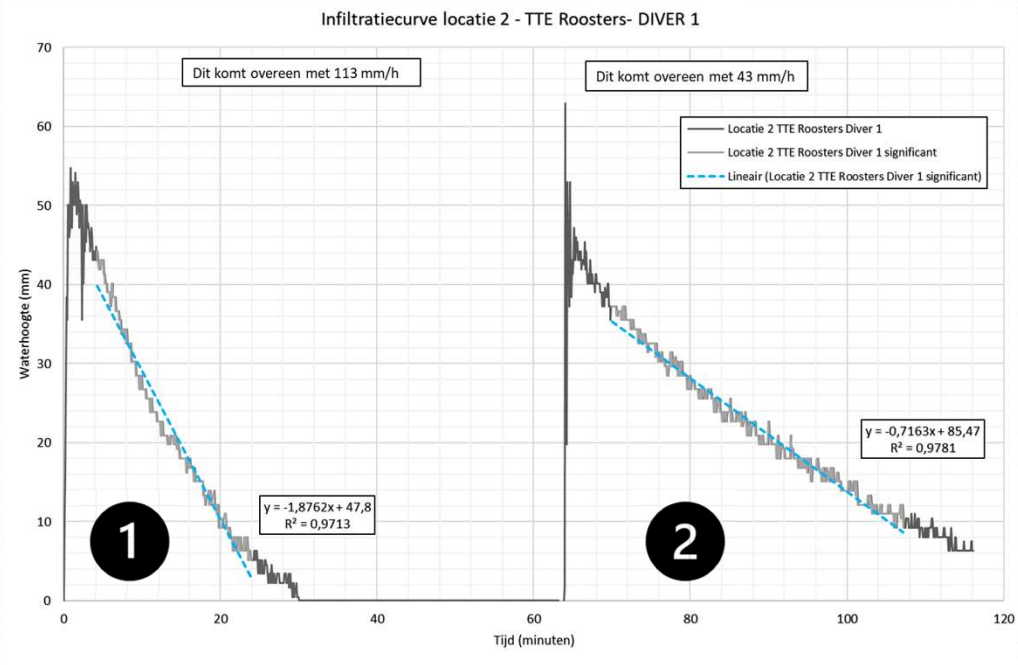
- Nb: de infiltratiecapaciteit is alleen de weg, er is vaak meer op aangesloten
- Veel doorlatende verharding liggen niet vlak, maar voeren af op regenwaterstelsel en of andere voorzieningen
- Richtlijnen in EU vaak lager dan Internationaal: voor toekomst?

country	organisation	Method testing	mm/h
USA	ASTM: American Society for Testing and Materials	ASTM C1781/C1781M-18e1 (ASTM, 2018)	254
China	CJJ	The CJJ/T188-2012 (MHURD, 2012a) and CJJ/T190-2012 (MHURD, 2012b)	360
England	CIRIA	BS7533-13:2009 (BSI, 2009)	
NL	BRL 2317	Beoordelingsrichtlijn	194.4
		21-mrt-14 Voor het KOMO® productcertificaat voor	97.2
Germany	DWA	DWA-A 138 (2005) is nu DWA 102	194.4
Belgium		Vlario	194.4

NB (on)verzadigde Testen in Tilburg

- Azuurweg – TTE ECO plus roosters
 - Kunststof systeem
 - 2018
 - 10.25 ²
 - >60% grasgroei voorzieningen
 - Slechte conditie





(Bron: Beerlandt, 2021)



Bron: Jadon Beerlandt, Jip Gravenberch



Vragen en antwoorden

- Doorlatende verharding: definitie, soorten en innovaties
 - Kun je ze overal aanleggen? Waar liggen ze?
 - Hoe functioneren ze?
 - Beheer
 - Kosten
-
- Meer (onderzoeks)vragen?



Factor Time

Water storage



Permeable pavement



Swales



phytoremediation



BF1 Boogaard, Floris; 6-7-2015

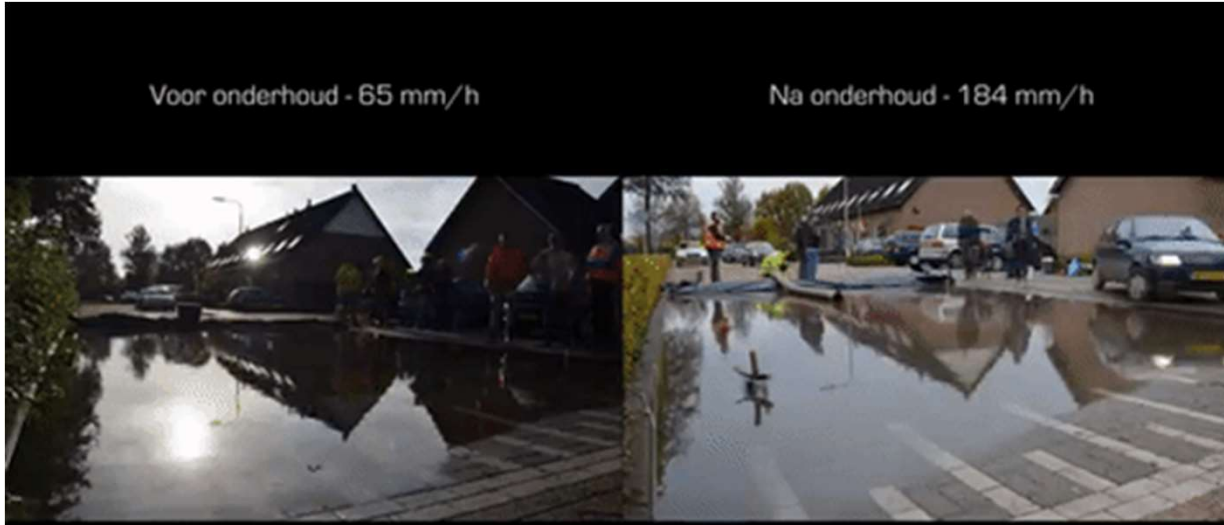
Werkt het?



Doubt is the origin of wisdom

~ Rene Descartes

Lange termijn. Onderhoud?



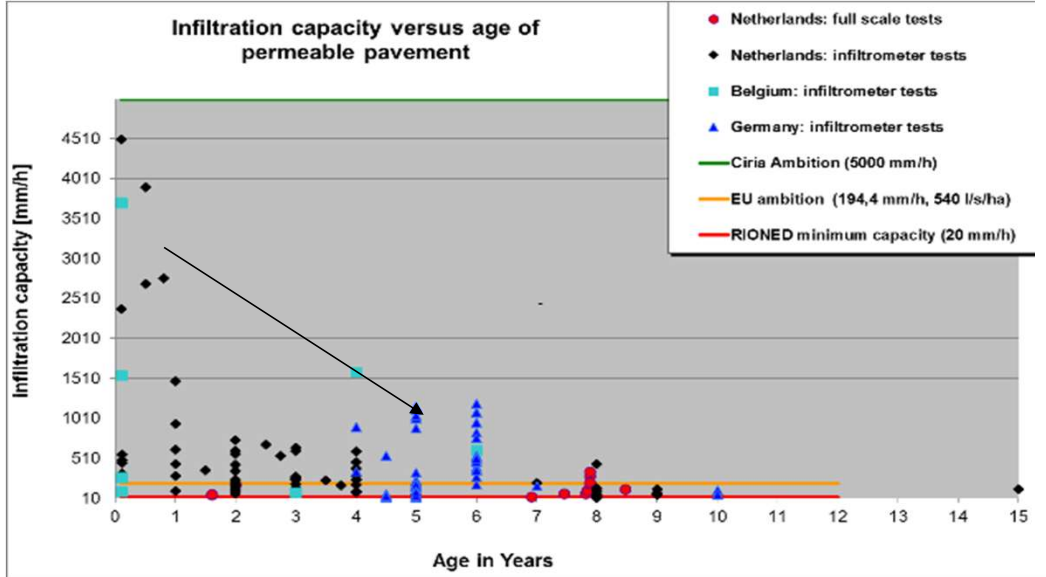
Zwolle - 256 mm/h

Effen - 96 mm/h

Dussen - 65 mm/h



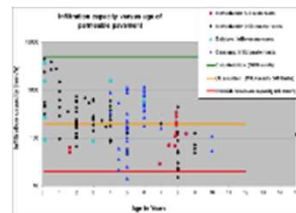
Doorlatende verharding



Results: use guidelines for design, construct and maintenance. Empty times show usually a reduce of infiltration rates in first years depending on the situation. Monitor and plan maintenance



WATER
Evaluating the Substitutive Performance of Urban Storm Permeable Pavements Using a New Full-Scale Infiltration Testing Method

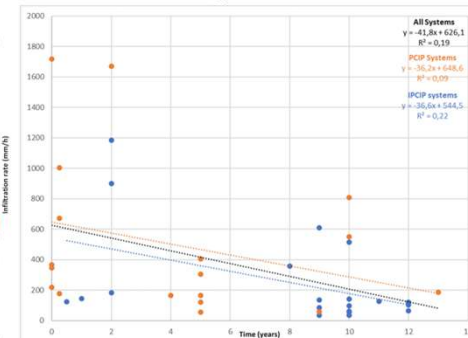
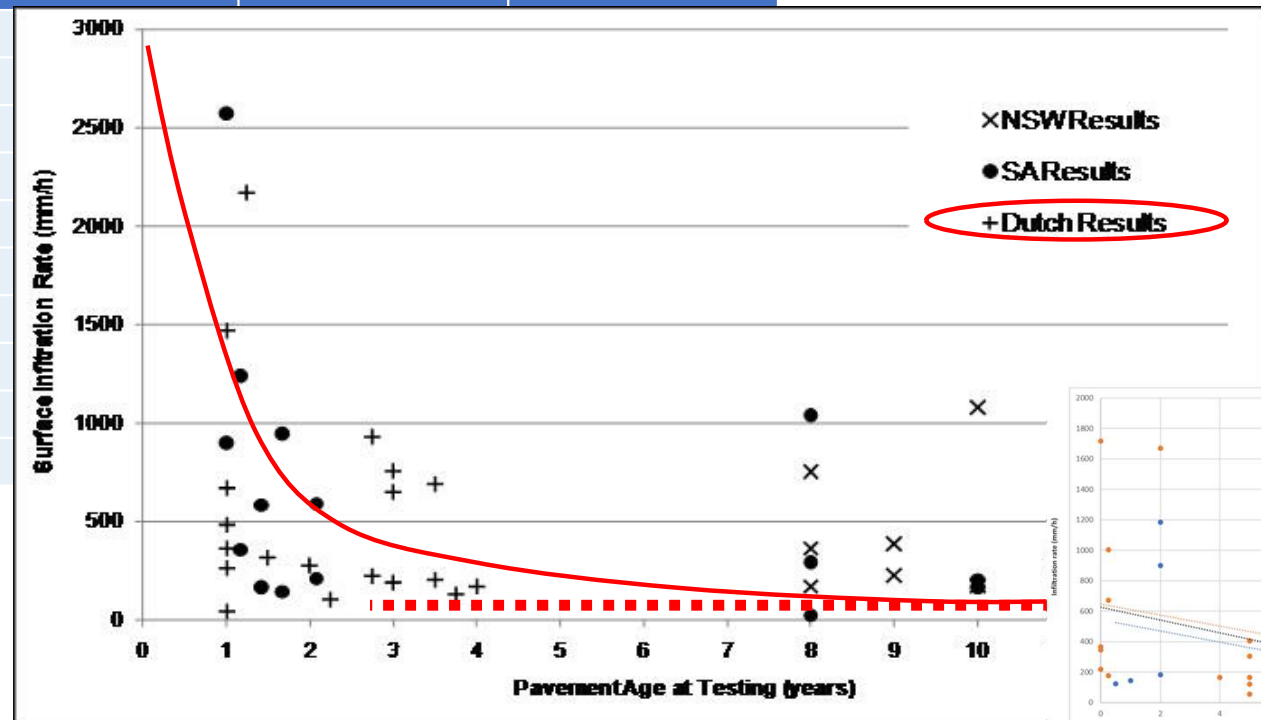


Boogaard F., Lucke T., Dierkes C., Wenkink R., Akkerman O. International long-term efficiency of stormwater infiltration by permeable pavement. International waterweek 2015. Amsterdam.

Resultaten monitoring doorlatende verharding (laag nl)



Gemeente	Behaalde gemiddelde infiltratie capaciteit [mm/h]
Alkmaar	428
Anna Paulowna	598
Beemster	216
Bergen (NH)	242
Beverwijk	99
Castricum	109
Edam-Volendam	560
Heiloo	739
Stede Broec	351
Zijpe	200



Almere, 'dichtrijden' tijdens bouw- en woonrijp fase

Figuur 3: Dichtgeslibde doorlatende verharding



Doorlatende verharding



In de eerste jaren





- Aanleg waterdoorlatende verharding. Problemen na uitvoering:
 - Klapperende stenen
 - Te lang water op straat
 - verhang

Dichtgeslibd systeem

f16



f16 (aquaflo)
fcb; 29-11-2010

Doorgroeibare verharding met weinig voedingsbodem



Uitvoering en doorlatendheid



Dichtgereden verharding

fc40 Aanleg waterdoorlatende verharding (Klostermann) bij nieuwe hoofdkantoor van Heijmans. Ik weet niet of er hier nu problemen zijn. Maar iets als dit uithalen tijdens de uitvoering, daar wordt de doorlatendheid niet beter van...

Floris Boogaard; 25-1-2008

- Aanleg waterdoorlatende verharding
- Problemen na uitvoering:
 - Wateroverlast, plasvorming
 - dichtslibbing

f17



f17 (Aquaflow)
Geen kloppende waterbalans
fcb; 29-11-2010

Diversen



- Onkruid
- Verzakking
- Beschadiging stenen



fc41



- fc41** Aanleg waterdoorlatende verharding (Klostermann) in herstructureringswijk Vogelbuurt in Heerenveen. Diverse problemen:
- Veel onkruidgroei bij randen verharding, vnl. Langs groen en tuinen
 - Verzakking verharding rondom bomen in verharding
 - Beschadigingen van stenen, o.a. door ruw omgaan met stenen bij aanleg en de vele containers die tijdens de renovatie van woningen zijn geplaatst.
- Systeem werkt overigens wel goed volgens de gemeente: het water zakt snel en goed weg.

Floris Boogaard; 25-1-2008

Meer voorbeelden?

FACTSHEET doorlatende verharding Almere	
Aangemaakt op: 30-10-2006	
PROJECT	Gerealiseerd
Status	Almere
Plaats	Almere buiten (proeflocatie)
Locatie	sep-03
Gebruik	Het vasthouden van gebieds eigen water
Functie(s)	Het huidige beleid schrijft voor om gebieds eigen water vast te houden op de locatie.
Aanleiding	
Ligging	
Montoring	Door de gemeente Almere is gekeken naar de doorlatendheid en sterkte van de doorlatende verharding. Er is ook gekeken naar het functioneren van de berging en afvoer en de kwaliteit van het drainagewater. Er is een rapport beschikbaar opgesteld door M.A. Rus.
Afgekoppeld oppervlak	Het gaat om een parkeerplaats met een breedte van 23m en een lengte van 70m
Beheer aangesloten oppervlak	De oppervlakte wordt beheerd door een veeg-/zuigauto
Productent en type	Aquaflow en ecodrain
Afmetingen voorziening	Gedeeltes van de parkeerplaats bestaan uit doorlatende verharding
Inhoud	
Berging	
Overige onderdelen watersysteem	
Overige gegevens	
Actoren	Gemeente Almere
Kosten (EURO)	Gemeente Almere
Financiering	www.aquaflow.nl, www.ecodrain.nl en www.rioned.nl
Documentatie	
Subsidies	

FACTSHEET doorlatende verharding Leidsche Rijn	
Aangemaakt op: 12-10-2006	
PROJECT	Gerealiseerd
Status	Utrecht
Plaats	Leidsche Rijn
Locatie	Vanaf 1996
Gebruik	Bergen (/zuiveren) regenwater
Functie(s)	
Aanleiding	Er moet een gesloten watersysteem komen, hiervoor dient al het regenwater geborgen te worden en niet direct afgevoerd te worden.
Ligging	
Montoring	Door de gemeenten Utrecht is gekeken naar de doorlatendheid van de stenen. Voor resultaten van het onderzoek moet men bij het ingenieursbureau Utrecht zijn.
Afgekoppeld oppervlak	Door geheel Leidsche Rijn ligt doorlatende verharding. Het water wat op de verharding komt is afkomstig van de daken en trottoirs.
Beheer aangesloten oppervlak	De oppervlakte worden geveegd, hiervoor is geen vast regime. Wanneer een be oppervlak een vervuilsgraad haalt wordt er geveegd.
Productent en type	Diverse type.
Afmetingen voorziening	Door heel Leidsche Rijn is doorlatende verharding toegepast
Inhoud	N.v.t.
Berging	Infiltratie capaciteit van 90 l/s/ha
Overige onderdelen watersysteem	Wadi, sloten
Overige gegevens	
Actoren	Gemeente Utrecht
Kosten (EURO)	€31,60 m2
Financiering	Gemeente Utrecht
Documentatie	Presentatie Michiel Rijsdijk, www.rioned.nl--PROA
Subsidies	

stowa VERENIGING VAN DE KENNIS VAN ONTWERP, AANLEID EN BEHEER VAN DOORLATENDE REGENWATERSTELLEN

ZUIVERENDE VOORZIENINGEN REGENWATER

RAPPORT 20

Vragen en antwoorden

- Doorlatende verharding: definitie, soorten en innovaties
- Kun je ze overal aanleggen? Waar liggen ze?
- Hoe functioneren ze?
- **Beheer**
- Kosten

- Meer (onderzoeks)vragen?

Onderhoud methoden

Hoofdcategorieën:

Straatvegen

Vacuum/zoab reiniger

Hoge druk reiniging

Vervangen van granulaat

...

Tabel 1: Locaties en kenmerken van de praktijkproeven uitgevoerd als onderdeel van WP2.

Locatie	Type systeem (Leverancier)	Leeftijd verharding	Aantal proeven	Omstandigheden	Reinigingsmethodes
Almere	Waterdoorlatend; Waterpasserend (Imp. PCIP)	8 – 10 jaar	8	Onverzadigd en verzadigd	Vervangen voegvulling
Amersfoort	Waterpasserend (Aquaflow, Drainvast bv)	2 – 9 jaar	6	Onverzadigd en verzadigd	ZOAB-reiniger; Hogedruk lucht reiniger
Bergen	Waterpasserend (Drainvast bv)	3 jaar	4	Onverzadigd en verzadigd	ZOAB-reiniger
Breukelen	Waterpasserend (Aquaflow)	2 jaar	2	Onverzadigd en verzadigd	-
Egmond a/d Hoef	Waterpasserende (Drainvast bv)	1 – 1,5 jaar	2	Onverzadigd en verzadigd	-
Grubbenvorst	Waterdoorlatend (ZOAK Tilesystems)	0 – 5 jaar	13	Onverzadigd en verzadigd	ZOAB-reiniger; Veeg-Zuig combi
Heemskerk	Waterpasserend	0,5 jaar	2	Onverzadigd en verzadigd	Hogedruk lucht reiniger (spuitlans)
Huizen	Waterpasserende (Morssinkhof UNI-Priora Aqua)	2 – 10 jaar	6	Onverzadigd en verzadigd	Hogedruk lucht reiniger
Loosdrecht	Waterdoorlatend (Easy Flow Struyk Verwo)	2 jaar	1	Onverzadigd	-
Utrecht	Waterdoorlatend (Grasbetonsteen); Waterpasserend (Imp. PCIP, Drainvast bv)	1 – 12 jaar	15	Onverzadigd en verzadigd	Hogedruk lucht reiniger
Zeist	Waterdoorlatend; Waterpasserend (Aquaflow)	4 – 12 jaar	9	Onverzadigd en verzadigd	ZOAB-reiniger

Enkele buitenlandse voorbeelden voor totaal overzicht

Technische Daten:

- Arbeitsdruck 100 - 300 bar
- Fördermenge 13 - 24 l/min
- Wassertemperatur 30 - 70 °c (100 °c)
- Wassertankvolumen 200 l



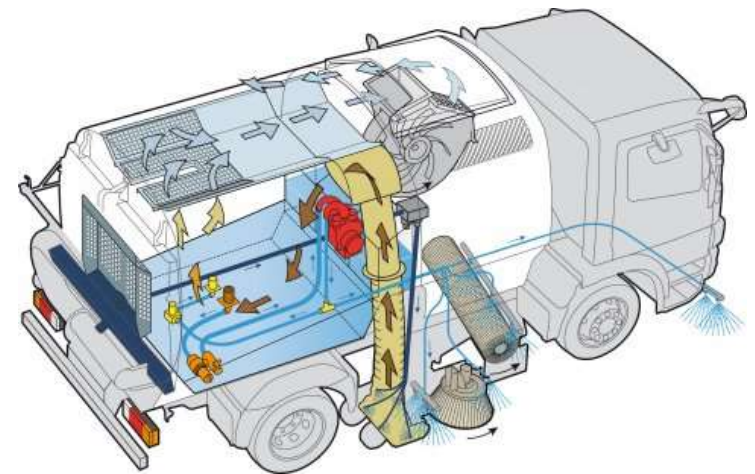
Technische Daten:

- Reinigungsprinzip: Rotierende Düsen und Vakuumbsaugung
- Arbeitsbreite: 700 mm
- Spüldruck: bis 320 bar
- Zusatz-Hand-Modul für kleinere Flächen und Randbereiche



Technische Daten:

- Frischwassertank: 2150 l
- Kehrgeschwindigkeit: 2 – 18 km/h
- Kehrgutbehälter: 7,6 m³
- Hochdruckwaschanlage: 125 l/min, 100 bar
- Wasserrückgewinnung



Technische Daten:

- Kehrbehältervolumen: 9m³ oder 14m³ in Edelstahlausführung (AISI 304)
- Wassertankkapazität: von 2900 Liter bis 7500 Liter
- Aufbaumotor: Aufbaumotor mit 129 kW oder Aufbaumotor mit 205 kW (Hochleistungsgebläse). Alternativ gibt es die Version mit Vollhydrostatischen Antrieb
- Hochdruckanlage: Hochdruckanlage, 280 bar bei 74 l/min. oder 300 bar bei 100 l/min.
- Heckabsaugung: Heckseitig montierter Rotorcleaner einschließlich der Heckabsaugung für die Flüssigkeitsaufnahme



Technische Daten:

- Unabhängig vom Stromnetz, Antrieb der kraftvollen Hochdruckpumpe (max. 150 bar Arbeitsdruck, Fördermenge 780 l/h) über leistungsstarken 4 KW (5,5 PS) Honda Benzinmotor, lediglich Wasseranschluss (Bajonettverschluss, Mindestwasserdruck = 0,3 bar) wird benötigt.
- Einfaches, leichtes Schieben des Gerätes durch vier große Räder unter der Spritzschutzhaube.
- Über eine zusätzliche, zuschaltbare Düse wird der Schmutz zur Seite gespült.
- Zweiteiliger Handgriff, für schnellen und einfachen Transport zusammenklappbar, dient gleichzeitig als Tragegriff.
- Im Handgriff integrierter Absperrhahn zur Unterbrechung der Wasserzufuhr. Kompakte Transportabmessungen (L x B x H) 800 x 600 x 500 mm, passt in nahezu jeden Kofferraum.

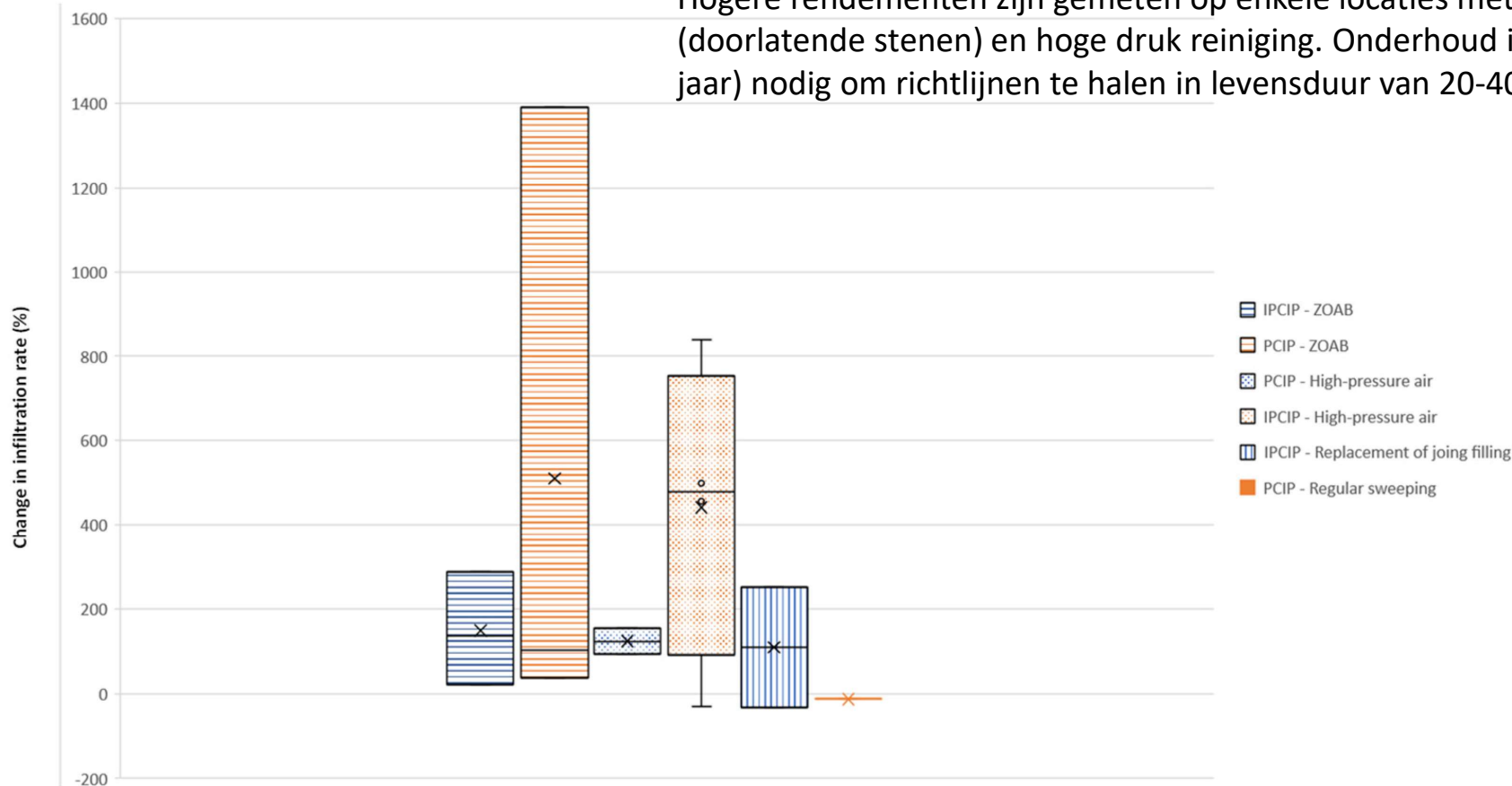
Spritzschutzhaube aus rostfreiem Edelstahl



beheer

NB: meer onderzoek nodig ... en sterk wisselende resultaten (afhankelijk locaties en soort verharding).

Hogere rendementen zijn gemeten op enkele locaties met vacuum - ZOAB (doorlatende stenen) en hoge druk reiniging. Onderhoud is regelmatig (elk 1-5 jaar) nodig om richtlijnen te halen in levensduur van 20-40 jaar ^{FB [2]1}



FB [2]1 Figuur 13 laat zien dat het gebruik van een ZOAB-reiniger effectief is voor het vergroten van de infiltratiesnelheid van zowel waterpasserende als waterdoorlatende verhardingen. Gebruik van een ZOAB-reiniger op waterdoorlatende verharding resulteert in een toename van de infiltratiesnelheid met 390%. Toepassing van een ZOAB-reiniger op waterpasserende verharding leidt tot een toename van de infiltratiesnelheid met 660%. In de gemeenten Bergen en Grubbenvorst is getest wat het effect is van het gebruik van een ZOAB-reiniger met variërende druk (bar) op respectievelijk waterpasserende en waterdoorlatende verharding. In beide gevallen leidt een hogere druk tot een grotere toename in infiltratiesnelheid. In de gemeente Bergen werd een toename in infiltratiesnelheid van +1050% gevonden na gebruik van een ZOAB-reiniger onder 50-60 bar, tegenover een toename van +1170% na gebruik van een ZOAB-reiniger onder 125 bar. In Grubbenvorst resulteerde gebruik van een ZOAB-reiniger onder 80-90 bar in een toename van de infiltratiesnelheid van 40%, het toepassen van een ZOAB-reiniger onder 100 bar leidde daar tot een toename van de infiltratiesnelheid van 105-1390%.

Floris Boogaard; 6-4-2023

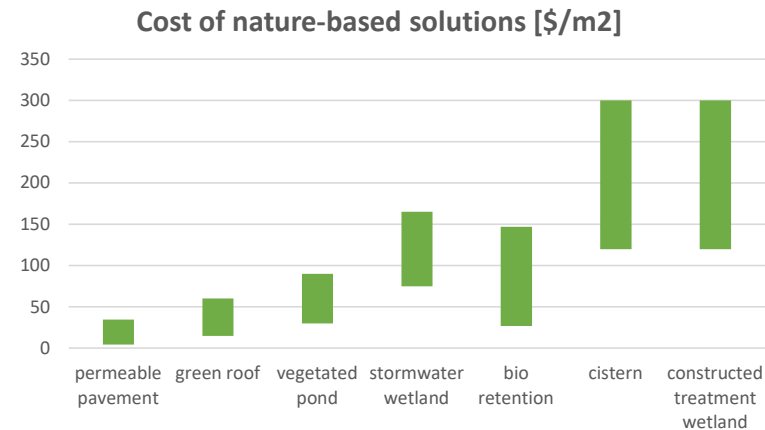
Vragen en antwoorden

- Doorlatende verharding: definitie, soorten en innovaties
- Kun je ze overal aanleggen? Waar liggen ze?
- Hoe functioneren ze?
- Beheer
- **Kosten**

- Meer (onderzoeks)vragen?

kosten

- Let op met kostenberekeningen, wat wordt meegenomen?
- Focus vaak alleen op aanleg en geen onderhoud
- (meer)kosten, de weg werd toch al aangelegd
- Besparing op regenwaterstelsel (en kolken)
-
- Je hebt vaak meer aan onderlinge vergelijkingen maar blijf kritisch



Kosten

Aanleg kosten

De investeringskosten per m2 infiltrerend oppervlak varieert zeer sterk: van 25 EUR/m2 tot 75 EUR/m2; dit is afhankelijk van de opbouw en materialen die gehanteerd worden door de leveranciers.

Beheer kosten

- Beerskosten liggen in de orde van 3,- Euro/m² bis 5,- Euro/m².
- De werkelijke kosten hangen sterk af van gebruik van soort reiniging, afwerking, grootte oppervlak etc.

Waterpasserende verharding, rehabilitatie, exclusief rioleringen				
Betreft een rijbaan van 6 meter breed en 100 meter lang	HOEVEELHEID	EENHEID	P.P.E. 2010	TOAAL
<u>Herstraten verharding na 25 jaar</u>				
Herstraten na 25 jaar, inclusief 10% inboet	6.00	m ² /m'	€ 23.00	€ 138.00
<u>Vervangen verharding na 50 jaar</u>				
Opnemen en afvoeren klinkers	6.00	m ²	€ 7.50	€ 45.00
Ontgraven en afvoeren lava 4/32mm; dik 300 mm incl. doek en drainage	1.80	m ³ /m'	€ 30.00	€ 54.00
Aanbrengen doek (onder en langs zijkanalen van het cunet)	2.50	m ² /m'	€ 2.25	€ 17.10
Leveren en aanbrengen drainage 160mm t.b.v. het waterdoorlatende pakket	1.50	m ² /m'	€ 15.00	€ 15.00
Leveren en aanbrengen drainageput	0.01	put/m	€ 195.00	€ 1.95
Leveren waterpasserend pakket (gebakken klinker platkeiformaat, lava en morane split)	6.00	m ² /m'	€ 50.00	€ 300.00
Aanbrengen klinkers plat keiformaat	6.00	m ² /m'	€ 12.00	€ 72.00
Aanbrengen lava 4/32mm; dik 300mm	2.10	m ³ /m'	€ 2.15	€ 4.52
Aanbrengen morane split 2/6mm; dik 50mm	0.30	m ³ /m'	€ 1.75	€ 0.53
Subtotaal				648.09
<u>Staartkosten</u>		15 %		97.21
<u>Onvoorzien</u>		2 %		14.91
TOTAALKOSTEN REHABILITATIE PER STREKKENDE METER (à 6m breed) PER 50 JAAR				760.21
Voor de totale kosten voor rehabilitatie van 600 m2 na 50 jaar komt dit neer op een bedrag van:	€	76,020.96		
Voor de totale kosten voor rehabilitatie na 50 jaar komt dit neer op een bedrag van:	€	126.70	per m2	

Vraag offertes aan met gedetailleerde kostenopbouw...



Cost and benefits: discussion

- It depends on situation and specific implementation



Wateroverlast			
Maatregel	Kosten	Effect	
Bovengronds			
1	Oppervlakkige afvoer/molgoten	€	++++
2	Verbinding met bestaand oppervlaktewater maken	€ €	++++
3	Waterplein	€ € € €	+++
4	Water bergen op straat	€	+++
5	Aanleggen extra groen	€ € €	++++
6	Wadi of infiltratieveld	€ €	++++
7	Groene daken	€ € €	+++
8	Waterpasserende verharding	€ € €	+++
9	Waterbergende daken	€ € € €	+++
10	Direct afkoppelen (alleen DWA aanleggen)	€ €	++++
11	Maaiveldhoogte herinrichten	€ €	++++
12	Extra oppervlaktewater aanleggen	€ €	++++
Ondergronds			
13	Gescheiden rioolstelsel aanleggen	€ € € € €	+
14	Infiltratieputten/infiltratiekolken	€ €	+++
15	Infiltratiekratten	€ € €	+++
16	IT-Riolen	€ € € €	+++
17	Infiltratiekelders/Bergbezinkbassins	€ € € € €	+++

Hittestress			
Maatregel	Kosten	Effect	
1	Groene daken	€ € €	+++
2	Witte daken	€	+
3	Extra bomen planten	€ € € €	++++
4	Extra schaduw creëren (doeken/parasols)	€ €	+++

Droogte			
Maatregel	Kosten	Effect	
1	Houten paalfunderingen vervangen	€ € € € €	++
2	Drainage Infiltratie transport riool aanleggen	€ € €	+++
3	Droogte bestendige vegetatie planten	€ €	++
4	Dynamisch Peilbeheer	€ €	+++

Boven- gronds

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

6. Wadi of Infiltratieveld

Een wadi is een bufferings- en infiltratievoorziening. Het wordt vaak aangelegd als een soort kuil waarin hemelwater tijdelijk geborgen kan worden en het water de tijd heeft om weg te zakken (infiltreren) in de bodem. Soms wordt een drain en/of slokop aangelegd om een waterafvoer te creëren. Op een infiltratieveld kan water in de grond infiltreren, wanneer dit infiltratieveld verdiept aangelegd wordt kan ook tijdelijk water geborgen worden.

Voordelen

- ✓ De mogelijkheid om meer groen te realiseren.
- ✓ Combinaties met een andere functie(s) is mogelijk. Bijvoorbeeld door de wadi een onderdeel te laten zijn van een park of natuurgebied.

Aandachtspunten

- ! Bovengronds moet er ruimte beschikbaar zijn.
- ! Verdichting van de ondergrond zorgt voor slechter functioneren.
- ! De bodem moet waterdoorlatend zijn.
- ! De grondwaterstand moet niet te hoog zijn.
- ! Wadi's zijn niet geschikt als speelplaats voor kinderen.

Infiltreren

Bergen

Infiltreren

Bergen

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

7. Groene daken

Groene daken zijn daken met beplanting die kan bestaan uit vetplanten zoals vetkruid (sedum), kruiden, mos en/of gras (extensieve begroeiing). Ook struiken en bomen zijn bij bepaalde constructies mogelijk (intensieve begroeiing). Vandaar dat er onderscheid wordt gemaakt tussen extensieve groene daken en intensieve groene daken.

Voordelen

- ✓ De aanleg van groen zorgt verkoeling tijdens hitte en voor waterberging.
- ✓ De aanleg van groen zorgt ervoor dat de leefomgeving prettiger wordt.
- ✓ Isolerende werking.
- ✓ Goed voor de biodiversiteit.

Aandachtspunten

- ! Het dak heeft voldoende draagkracht nodig, een intensief groen dak vereist vrijwel altijd dak versteviging.
- ! Intensieve groene daken kunnen maximaal 5 graden hellen, terwijl extensieve groene daken maximaal 35 graden hellen.



Bergen

Infiltreren

Infiltreren

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

8. Waterpasserende verharding

Verharding in verschillende soorten en maten met meer open ruimte dan reguliere verharding. Door deze extra open ruimte laat deze soort verharding hemelwater door. Het hemelwater hoeft niet via het riool afgevoerd te worden, maar vult het grondwater aan.

Voordelen

- ✓ Breed toepasbaar.
- ✓ Geen extra ruimte nodig.
- ✓ Vertraagde afvoer
- ✓ Berging in de funderingslaag.

Aandachtspunten

- ! Alleen toe te passen op vlak terrein.
- ! Alleen toe te passen bij wegen met weinig verkeer.
- ! De ondergrond moet geschikt zijn om water te infiltreren.
- ! Goed onderhoudsplan nodig.



Infiltreren

Infiltreren

Infiltreren

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

10. Direct afkoppelen (Alleen DWA aanleggen)

Door daken niet aan te sluiten op de riolering, maar de daken direct op oppervlaktewater of op lokaal groen te laten afwateren wordt de belasting op de riolering vermindert. Afwatering kan plaatsvinden op eigen perceel of op openbaar terrein.

Voordelen

- ✓ Er wordt minder relatief schoon hemelwater onnodig naar een zuiveringsinstallatie afgevoerd.
- ✓ Particulieren kunnen relatief goedkoop afkoppelen
- ✓ Te combineren met een regentent
- ✓ Af te koppelen naar bestaande infiltratievoorzieningen mogelijk

Aandachtspunten

- ! Particulieren moeten aangespoord worden om hemelwater op hun eigen perceel te laten infiltreren
- ! De ondergrond moet geschikt zijn om water te infiltreren.



Infiltreren

Afvoeren

Infiltreren

Infiltreren

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

9. Waterbergende daken

Bij waterdaken blijft het hemelwater tijdelijk op het dak staan. Het water wordt vertraagd afgevoerd door een geknepen afvoer, zodat er voor een volgende bui weer genoeg opslagcapaciteit is.

Voordelen

- ✓ Kan veel berging opleveren terwijl lagere verdiepingen functioneel blijven.
- ✓ Vertraagde afvoer.

Aandachtspunten

- ! Hoge belasting op de constructie.
- ! Dak moet plat zijn.
- ! Bergt alleen wat direct op het dak valt.
- ! De verkoelende werking van het water op het gebouw fluctueert.



Bergen

Infiltreren

Infiltreren

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

11. Maaiveldhoogte herinrichten

In de openbare ruimte of in tuinen kan door reliefverschillen water geborgen worden in de lager gelegen delen, de hoger gelegen delen van het gebied blijven dan droog na zware regenbuien. Voorbeelden zijn het verlagen van groen en het rekening houden met stoepranden, verkeersdrempels en de drempelhoogte van woningen.

Voordelen

- ✓ Al met een licht verhang of kleine aanpassingen kan water worden afgevoerd naar gewenste locaties.
- ✓ Te combineren met extra infiltratievoorzieningen en andere functies binnen het gebied.

Aandachtspunten

- ! Veel grondverzet kan kostbaar zijn
- ! De ondergrond moet geschikt zijn om water te infiltreren.
- ! Voor een gedetailleerd beeld van hoe het water precies zal stromen moet een modelstudie uitgevoerd worden



Bergen

Afvoeren

Infiltreren

Infiltreren

Maatregelen Wateroverlast

Bovengrondse maatregelen

12. Extra oppervlaktewater aanleggen

Tijdens extreme neerslag geeft het oppervlaktewater extra ruimte voor het overschot aan water.

Voordelen

- ✓ Kan ook op kleinere schaal als hemelwaterrijvers
- ✓ Kan vertraagd infiltreren mits geschikte ondergrond aanwezig is

Aandachtspunten

- ! Er moet genoeg ruimte zijn
- ! Waterkwaliteit moet gemonitord worden.
- ! Veel grondverzet kan kostbaar zijn



Bergen

Infiltreren

Infiltreren

Verskillende soorten verharding



Padvast



Koersmix



Stabilizer



Hydrolineo

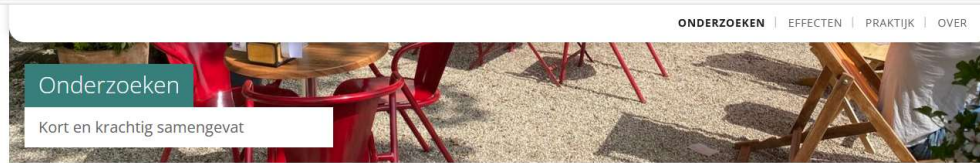


StruykVerwo



Aquaflow

Meer info



Hier vind je samenvattingen en highlights van onderzoeken op het gebied van beperking van hittestress, wateroverlast, gezondheid en biodiversiteit in de stad. De highlights zijn kenmerkende citaten uit de volledige onderzoeken die

gerubriceerd zijn naar thema, refererend onderzoek en type informatie.

Bij de samenvattingen kun je de links naar de volledige onderzoeken vinden.

Vind hier de samenvattingen van onderzoeken

- Groene daken nader beschouwd →
- Clever and cool →
- Vitamine G →
- De hittebestendige stad →
- De infiltrerende stad →
- Waterpasserende en doorgroeibare verharding →
- Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer →

INFO

Auteur(s): Daan Rooze, Floris Boogaard, Reinder Brolsma

Onderzoeksprogramma: Waterpasserende en doorgroeibare verharding, Deltares
Publicatiedatum: Februari 2021

ONDERZOEKEN |

Waterpasserende en doorgroeibare verharding

SAMENVATTING

Om meer inzicht te krijgen in de toepassing van verschillende klimaatadaptieve verhardingen zijn er interviews afgenomen bij gemeenten die vooroplopen in de toepassing van klimaatbestendige verharding, namelijk de gemeenten Delft, Rotterdam, Utrecht en Almere. Tijdens deze interviews worden de gemeenten uitvoerig bevroegd over hun bevindingen met de verschillende typen klimaatadaptieve verharding. In aanvulling hierop is een verdiepende workshop met de gemeente Leiden gehouden.

Daarnaast is voor dit project en het project 'infiltrerende stad' een database doorlatende verharding opgezet waarin alle metingen aan klimaatadaptieve verhardingen in 100 infiltratieproeven en in meer dan 20 gemeenten zijn opgenomen. Op basis van deze database met praktijkmetingen zijn de prestaties van diverse systemen van klimaatadaptieve verharding in kaart gebracht, namelijk van Aquaflo, Aquabase, HydroLineo, Greenbrick, Padvast, Koersmix, Stabilizer, Klostermann, Drainvast (Drainvoeg), Drainmix en Drainflow.

Er zijn in diverse gemeenten verschillende vormen van infiltrerende verharding aangelegd. Er zijn geen metingen van doorgroeibare verharding gevonden in literatuur en besproken in interviews van gemeenten. De database heeft dus alleen metingen over waterpasserende en waterdoorlatende verharding.

Het onderzoeksrapport heeft de volgende opbouw:

- Interviewresultaten
- Workshopresultaten
- Analyse praktijkmetingen
- Conclusie & aanbevelingen

<https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/onderzoeken/>

Meer weten?

- Kennisbank:
<https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/onderzoek/waterpasserende-en-doorgroeibare-verharding/>
- KAN: <https://www.kanbouwen.nl/2022/01/28/halfdoorlatende-verharding-en-beheer/>
- *Onderzoeken naar doorgroeibare verharding:*
 1. Daan Rooze, Floris Boogaard, Reinder Brolsma, [Waterpasserende en doorgroeibare verharding](#), Deltares, februari 2021
 2. Onderzoek [Groenblauwe oplossingen en risico's](#) en eerste resultaten in [nieuwsbrief](#)
- *Onderzoeken naar waterdoorlatende verharding:*
 1. Project De Infiltrerende Stad met o.a. [Infiltrerende verharding in de praktijk](#) (HvA, Hanze, HRO ea).
 2. Wetenschappelijke publicaties:

Boogaard F.C., Lucke T, Giesen N, Ven F, [Evaluating the Infiltration Performance of 10 Dutch Permeable Pavements Using a New Full-scale Infiltration Testing Method](#), Journal Water 2014.

[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

Veldkamp, T.I.E.; Boogaard, F.C.; Kluck, J. Unlocking the Potential of Permeable Pavements in Practice: [A Large-Scale Field Study of Performance Factors of Permeable Pavements in The Netherlands](#). Water 2022, 14, 2080.

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.