

Waterpasserende verharding levert meer op dan het kost!

Arjen Oostra – gemeente Rotterdam Stadsbeheer
Lennart Droppert – student Hogeschool Rotterdam

Samenvatting

Sinds 2016 wordt waterpasserende verharding (wpv) grootschalig toegepast in Rotterdam. Er is de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar de werking van de infiltrerende verharding.

Een aantal uitkomsten is gemeld in de paper uit 2020, de belangrijkste zijn: de verharding infiltreert voldoende water en er treedt geen extra spoorvorming op.

Wat de kosten zijn is redelijk goed bekend, maar de opbrengsten waren nog niet onderzocht.

In 2021 is een Maatschappelijke Kosten en Baten Analyse (MKBA) opgesteld voor onder andere waterpasserende verharding in Rotterdam.

De uitkomst is verassend, de kosten zijn minder dan de baten. Vooral de maatschappelijke baten zijn hoog, maar ook de baten zijn voor de gemeente meer dan de kosten.

In deze paper wordt uiteengezet wat de kosten zijn van een infiltrerende verharding in relatie tot een gemengd en gescheiden riool.

Daarnaast worden de meerkosten van de waterpasserende verharding ten opzichte van de reguliere verharding toegelicht. Ook zal naar de milieukosten van de verschillende type verhardingen worden gekeken.

1 Waterpasserende verharding levert meer op dan het kost?

1.1 Inleiding

Het klimaat verandert, regenbuien worden extremer, zomers worden heter en de droogte zal steeds vaker voorkomen.

Rotterdam heeft 6 thema's benoemd die aangepakt gaan worden om Rotterdam weerbaar voor de klimaatverandering te maken.

Deze thema's zijn:



neerslag



hitte



droogte



bodemdaling



grondwater



overstroming

Figuur 1: Thema's ten gevolge van klimaatverandering

Eén van de bouwstenen om de stad klimaatadaptiever te maken is waterpasserende verharding.

Waterpasserende verharding vangt het water op dat op straat valt en laat het infiltreren in de ondergrond. Hierdoor wordt de wateroverlast verminderd en zal de droogte minder extreem worden. Bodemdaling zal minder optreden, omdat de ondergrond natter blijft. Een ander groot voordeel van waterpasserende verharding is dat het de bestaande oppervlakte gebruikt, oftewel het al aanwezige zandcunet. Hierdoor hoeft er geen extra ruimte in de ondergrond te worden vrijgemaakt en blijft er meer ruimte vrij in de ondergrond voor bijvoorbeeld warmteleidingen.

De afgelopen negen jaar is de gemeente Rotterdam daarom bezig met het aanleggen van waterpasserende verharding. Er zijn er wel twijfels of waterpasserende verharding de beste oplossing is, vooral wat betreft de kosten van reiniging en onderhoud. Vooral de mate en

snelheid van vervuilen is groter dan verwacht en de kosten van reiniging zijn hoger dan ingeschat.

De werking van waterpasserende verharding is uitgebreid getest en beschreven in de volgende papers:

2016: Grootschalig toepassen van waterpasserende verharding in Rotterdam

2018: Vijf jaar gebruik van waterpasserende verharding, stoppen of doorgaan.

2020: Infiltrerende verharding doorgaan of stoppen.

In de laatste paper van 2020 is geconcludeerd dat waterpasserende verharding werkt. Er wordt water geïnfiltreerd en vastgehouden in het cunet. De vraag die nog beantwoord moet worden is of waterpasserende verharding wel een kostenefficiënte maatregel is. Dat wil zeggen of de baten van de waterpasserende verharding de kosten dekken.

In 2021 heeft Lennart Droppert de vraag naar de kosten en baten van waterpasserende verharding uitgezocht in het kader van zijn afstuderen aan de Hogeschool Rotterdam.

In het hoofdstuk 2 wordt het rapport samengevat.

In hoofdstuk 3 en 4 worden de principes uitgewerkt voor een 'oude' stadswijk.

Hoofdstuk 5 zijn de conclusies.

2 Maatschappelijke kosten en baten

2.1 maatschappelijke kosten

Om de maatschappelijke kosten en baten te bepalen is eerst een onderzoek gedaan naar het maximaal mogelijk aantal vierkante meters waterpasserende verharding in Rotterdam.

Er zijn hier twee criteria voor gebruikt om deze oppervlakte te bereken. De criteria waren:

- Woongebieden: snelheid is minder dan 30km/h,
- Alleen rijbanen en parkeerplaatsen komen in aanmerking voor waterpasserende verharding.

Uit deze criteria blijkt dat 32% van het rijbaan en parkeerplaatsen areaal van Rotterdam omgevormd kan worden naar waterpasserende stenen. Dat betekent dat het maximale oppervlakte waterpasserende verharding maximaal 350 ha kan bedragen.

De totale maatschappelijke kosten voor 350 ha waterpasserende verharding (aanleg en onderhoud) komen neer op € 1.036 miljoen over een periode van 60 jaar. Dat komt neer op € 4,95/m² per jaar.

2.2 maatschappelijke baten

Tegenover de kosten van waterpasserende verharding staan ook baten (opbrengsten).

Gedacht moet worden aan baten door minder verdroging, dus minder schade aan groen en bomen. Het natter houden van de ondergrond waardoor er minder funderingsschade optreedt. Ook zal er minder water naar de zuivering worden afgevoerd en minder waterschade aan woningen.

2.2.1 Groen

Door droogte zal het grondwaterpeil zakken en daardoor zal er minder of geen water/vocht beschikbaar zijn voor groen en bomen. Bomen en groen gaan dood en zullen vervangen moeten worden. Een situatie waarin iedere regendruppel in de ondergrond kan worden opgevangen en die ten goede kan komen voor het groen kan veel schade voorkomen.

2.2.2 Funderingsschade

Droogte kan ook gevolgen hebben voor houten paalfunderingen en zeker voor ongefundeerde panden. Houten paalfunderingen moeten in principe altijd onder het

grondwaterniveau staan. Ook voor funderingen is het infiltreren van regenwater gunstig en levert baten op door minder schade.

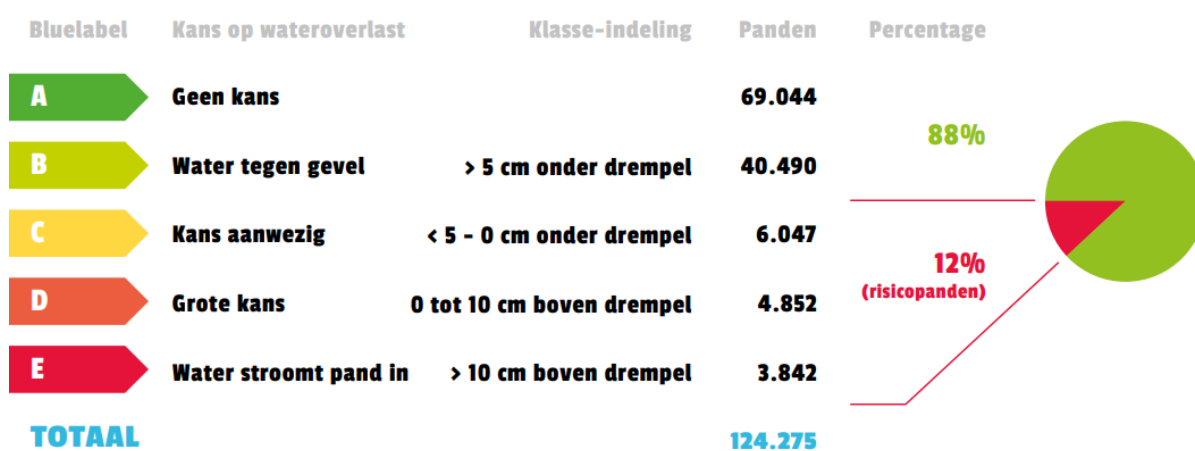
2.2.3 Wateroverlast in bebouwing en woonwijken:

Bij regenwateroverlast kijken we naar een extreme bui waarbij in 2 uur 100 mm regenwater valt. Bij zo'n bui is sprake van een overbelasting van het stedelijk watersysteem (riolering, oppervlaktewater en buitenruimte). Het regenwater kan op het maaiveld blijven staan en gebouwen binnenstromen of beschadigen. Vooral in de sterk verharde stadswijken zien we dat panden met regenwateroverlast te maken kunnen krijgen, zoals het onderlopen van souterrains. De meeste panden met een verhoogde kans op wateroverlast bij zo'n bui (BlueLabel C, D en E) bevinden zich in de oude stadswijken. Deze vooroorlogse wijken kennen veel verharding en (veel) te weinig waterbergingscapaciteit in de buitenruimte, waardoor de afvoer van regenwater afhankelijk is van de riolering of berging in het hoofdwatersysteem, terwijl deze systemen een beperkte afvoer- en bergingscapaciteit hebben.

BlueLabel

Voor elk gebouw kan, naast een energielabel, ook een klimaatlabel worden bepaald. Een A-label betekent dat het pand niet tot weinig kwetsbaar is voor klimaatinvloeden. Een E-label daarentegen betekent dat het pand zeer kwetsbaar is. De labels maken de risico's op wateroverlast door neerslag, hittestress en funderingsrisico door droogte in de ondergrond inzichtelijk.

Twaalf procent van de panden in Rotterdam zijn zogenaamde risicopanden. Die hebben een BlueLabel C, D of E.



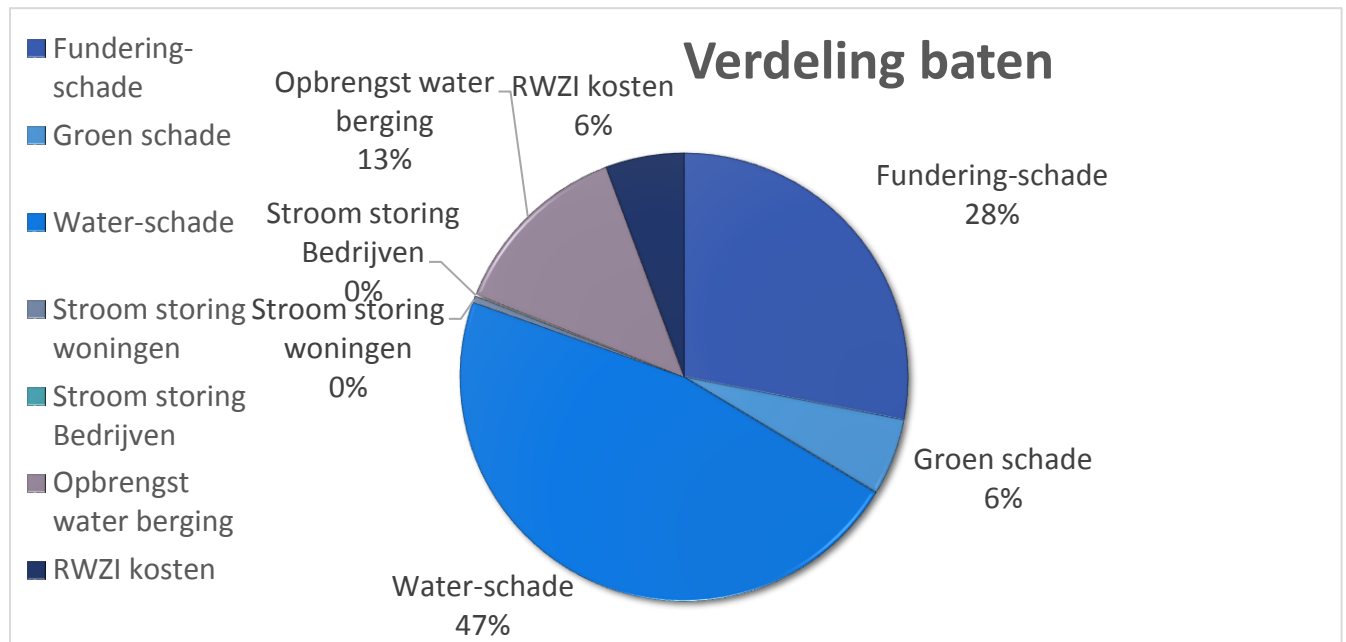
Figuur 2: risicopanden in Rotterdam

2.2.4 Berging

Bij extreme buien is berging van hemelwater nodig om overstorten en waterschade te voorkomen. Het bouwen van bergingen in de vorm van waterpleinen, bergingskelders, infiltratievelden van kratten etc zijn duur om aan te leggen. Het zandcunet onder de verharding kan ook water bergen. Door waterpasserende verharding is deze berging beschikbaar en kosteloos te gebruiken als berging.

2.2.5 Resultaten

Onderstaand een overzicht van de baten voor heel Rotterdam. Deze baten kunnen per wijk verschillen.



Figuur 3: verdeling baten

De totaal berekende baten zijn: € 4,5 miljard, over een periode van 60 jaar en voor 350 ha. Dan betekent dat de totale baten € 21,40/m² per jaar zijn.

Deze baten zijn berekend met verschillende klimaatscenario's. Als het klimaat extremer wordt zullen deze baten verder stijgen.

- Baten ten gevolge van het verminderen van waterschade. De grootste baten, ongeveer 2 miljard euro, zijn het voorkomen van waterschade. Door het toepassen van waterpasserende verharding en daardoor extra berging in de ondergrond, verdwijnt bijna alle mogelijke waterschade.
- Baten door vermindering van funderingsschade. Deze baten zijn ongeveer 1,2 miljard euro. De vermindering van de funderingsschade is minder dan zou kunnen, doordat deze niet volledig kan worden opgelost. Waterpasserende verharding zorgt ervoor dat ongeveer de helft van de schade wordt voorkomen.
- Baten door vermindering groenschade zijn ongeveer 0,5 miljard euro over 60 jaar.
- Baten door minder zuiveringskosten zijn ook ongeveer 0,5 miljard euro over 60 jaar. De kosten voor waterzuivering, omdat er geen water meer naar de zuivering wordt afgevoerd.
- Baten door vermindering van schade door stroomstoringen. Deze baten zijn bijna verwaarloosbaar. Slechts 9,2 miljoen euro over 60 jaar.

2.2.6 Conclusie afstudeeronderzoek

De kosten voor aanleg en onderhoud van waterpasserende verharding is: € 4,95/m²
De baten zijn € 21,40/m². De effectiviteit van waterpasserende verharding is gemiddeld € 4,30 euro. Dat betekent dat elke euro die wordt geïnvesteerd in waterpasserende verharding er € 4,30 aan maatschappelijke waarde genereerd wordt.

Vandaar de titel dat waterpasserende verharding meer oplevert dan het kost.

Er is wel een maar. De gemeente draagt alle kosten en pandeigenaren en verzekeringsmaatschappijen hebben de grootste baat. En bij de gemeente zitten de kosten en de baten niet bij dezelfde afdeling. De afdeling Water/Riool en Groen profiteren van de extra berging, minder zuiveringskosten en minder verdroging. De kosten landen bij de wegbeheerder.

De baten voor de gemeente zijn ongeveer € 3 miljard over 60 jaar. Dat is € 14,30/m² per jaar. Dus de effectiviteit voor de gemeente is $14,3/4,95 = € 2,90$

Ook een gescheiden riool heeft winst ten opzichte van een gescheiden systeem en er zijn diverse alternatieven te verzinnen, maar de meest voordelige variant is waterpasserende verharding. De meerkosten van waterpasserende verharding zijn minimaal ten opzichte van een 'normale' verharding.

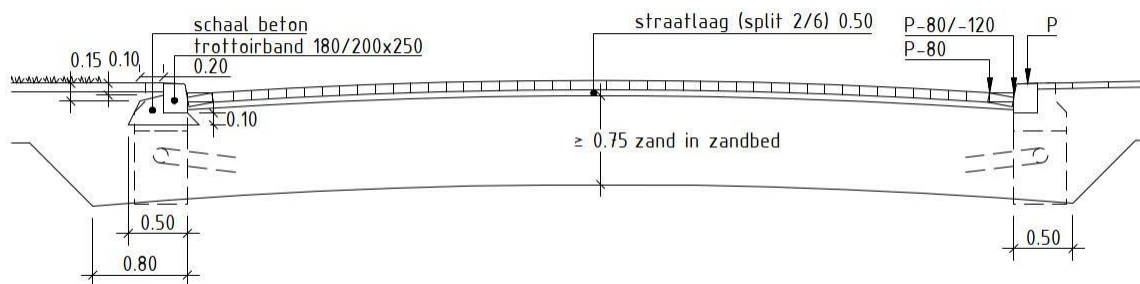
3 Waterpasserende verharding

3.1 Kosten van waterpasserende verharding

In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de kosten van waterpasserende verharding. Zowel de kosten van aanleg als van onderhoud en reinigen. Daarnaast wordt ingegaan op de levensduur en mogelijk levensduurverlengend onderhoud.

3.1.1 Kosten aanleg waterpasserende verharding

In Rotterdam is gekozen voor een detail voor de aanleg van waterpasserende verharding dat niet verschilt van normale elementverharding.



Figuur 4: Standaard Wegenbouw Detail

De meerkosten voor de aanleg van waterpasserende verharding bestaan uit de kosten voor de steen en het split. De minderkosten bestaan uit het minder gebruik van kolken. De stelregel is de helft minder kolken dan bij een gewone woonstraat. Per saldo zijn de meer- en/of minderkosten verwaarloosbaar.

3.1.2 Kosten voor beheer

De kosten voor beheer en onderhoud bestaan uit inspectie en doorlatendheidmetingen. Dit zijn de afwijkende kosten ten opzichte van een straat die niet waterpasserend is aangelegd.

De jaarlijkse inspectie van de verharding bestaat uit een visuele inspectie, die wordt vastgelegd in een ArcGis-laag. Eenmaal per twee jaar wordt de doorlatendheid van de verharding gemeten met de DRI-meter.

Deze kosten zijn:

inspectie: € 0,015/m² → € 0,015/m² per jaar x 57 keer = € 0,855/m²

Metingen: € 0,50/m² → € 0,50/m² per jaar x 27 keer = € 13,50/m²

De totale beheerkosten gedurende de levensduur is: € 14,40/m²

3.1.3 Kosten voor onderhoud

De kosten voor onderhoud bestaan uit:

- het reinigen van de voegen en het opnieuw invegen van de voegen met split of speciaal voegmateriaal.
- eerder onderhoud, omdat de voegen niet meer te reinigen zijn.

De afgelopen jaren zijn diverse reinigingsmethoden geprobeerd en vorig jaar is tot nu toe de beste methode toegepast.

Het reinigen gaat met een ZOAB cleaner die speciaal is aangepast voor waterpasserende verharding en met een hulpstuk ook in kleinere oppervlaktes kan reinigen. Op deze wijze kunnen ook parkeervakken worden gereinigd.



Figuur 5: Zoab cleaner aan het werk in Nesselande

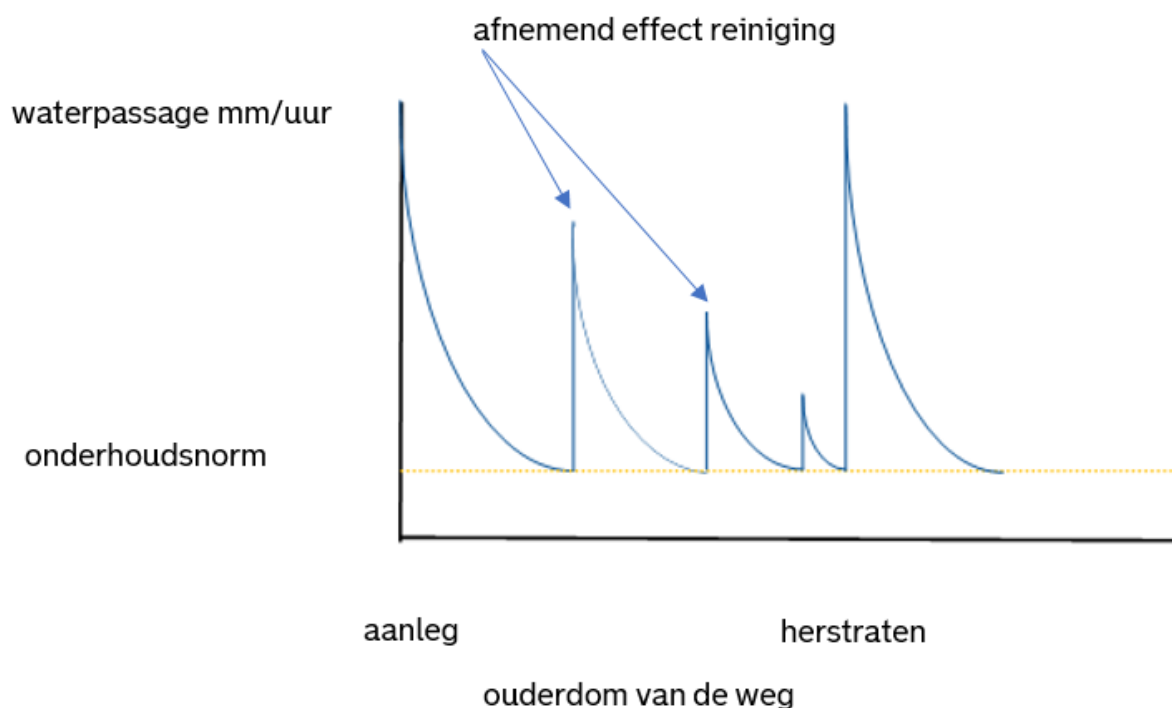
De kosten voor reinigen en opnieuw invegen komen uit tussen de € 4,- en € 5,-/m².

Afhankelijk van de plek en de werkzaamheden, zoals bewonersbrieven en verkeersmaatregelen.

De ervaring leert dat de frequentie van het reinigen per wijk kan verschillen, maar gemiddeld is het eenmaal per 5 jaar. Over een totale levensduur van 60 jaar zal er 9 maal worden gereinigd.

De totale reinigingskosten per m² gedurende de levensduur zijn: € 45,-/m²

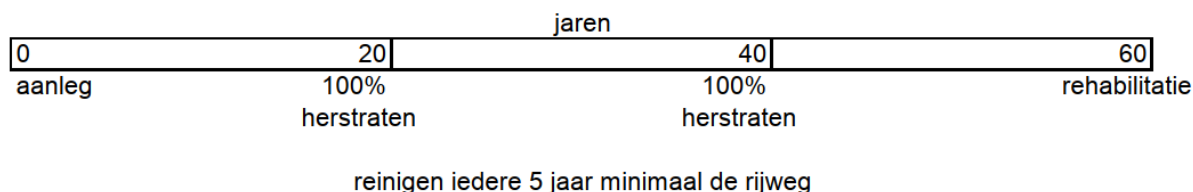
De verwachting is dat reinigen van de voegen ongeveer 3 maal mogelijk is. Daarna zijn de voegen niet meer te reinigen omdat de vervuiling dan te diep in de voeg zit en ook de bovenste centimeters van het cunet zijn vervuild. Vervuiling van het cunet net onder de straatlaag zal het doorlatende vermogen van het cunet ernstig verminderen.



Figuur 6: Onderhoudscycli voor waterpasserende verharding

Voor alle wegenassets zijn onderhoudsstrategieën ontwikkeld en voor waterpasserende verharding is de onderstaande strategie vastgesteld.

Betonstraatsteen waterpasserend



Figuur 7: Onderhoudsstrategie waterpasserende verharding

Deze strategie wijkt af van de normale strategie voor betonstraatstenen. Bij betonstraatstenen in de woonstraten is het uitgangspunt eenmaal per 30 jaar 100% herstraten. De inschatting is dat na 20 jaar de verharding zodanig is vervuild dat de voegen niet meer te reinigen zijn, althans niet tot een acceptabel niveau. Het eerder herstraten is dus een gevolg van het functionele falen van de verharding en niet van technisch falen.

De kosten voor eerder onderhoud zijn 2 maal zo groot als bij normaal straatwerk. Uitgangspunt is dat een woonstraat eenmaal per 60 jaar opnieuw wordt aangelegd. Dit is afgestemd met het rioolonderhoud. Na 30 jaar zal de hele rijweg en parkeerplaatsen 100% worden herstraat. Bij waterpasserende verharding zal gedurende de 60 jaar, tweemaal de rijweg en parkeervakken worden herstraat. Dit is vanwege de teruggelopen doorlatendheid van de voegen.

De meerkosten bestaan uit eenmaal extra herstraten á € 60,-/m².

De totale kosten versneld onderhoud per m² gedurende de levensduur zijn: € 60,-/m²

3.1.4 Levensduurverlengend onderhoud waterpasserende verharding

Vanwege functionele kwaliteit is eerder onderhoud aan waterpasserende verharding nodig dan vanuit technische noodzaak. Het afgelopen jaar zijn al een aantal meldingen ontvangen van water op straat, oftewel de waterpasserende verharding werkt onvoldoende. Het water loopt uiteindelijk wel weg, maar het duurt steeds langer. De bewoners beginnen er overlast van te krijgen en ingrijpen is dan nodig.

In eerste instantie is er gereinigd, maar de resultaten van de doorlatendheidsproeven geven aan dat er slechts een beperkte verbetering is opgetreden.

De mogelijkheid is dan om te herstraten, maar we zijn aan het onderzoeken of er met aanvullende maatregelen ook voldoende resultaat kan worden bereikt.

Gedacht wordt aan:

- Eén van de aanvullende maatregelen zijn infiltratiekolken aanbrengen. Kolken waar een infiltratie voorziening aan gekoppeld is in de vorm van een krat of drainagebuis.
- Extra waterpasserend vermogen in de gootlaag creëren. Bijvoorbeeld met een doorlatende band, grasbetonstenen met een vulling van split/zand of met drainviltjes.
- In de parkeervakken Plastic Road elementen aanbrengen. Deze elementen kunnen het hemelwater bufferen en laten infiltreren in de ondergrond.

De kosten voor deze maatregelen zal afhankelijk zijn van de gekozen type oplossing en moeten hun waarde nog bewijzen.

Vooralsnog is het niet de verwachting dat de onderhoudsstrategie van waterpasserende verharding kan worden aangepast.

3.2 Totale kosten waterpasserende verharding

Bovenstaande zijn de (meer)kosten beschreven van waterpasserende verharding.

De kosten bestaan uit:

Aanleg:	€ 0,00/m ²
Beheer:	€ 14,40/m ²
Onderhoud:	€ 45,00/m ²
Versneld onderhoud:	€ 60,00/m ²
Totaal:	€ 119,40/m ²

De totale meerkosten over de levensduur is € 119,40/m² wat neerkomt op € 1,99/m² per jaar.

4 Maatschappelijke kosten en baten

Om de baten inzichtelijk te maken is voor een 'oude' stadswijk de baten uitgewerkt.

4.1 berekening baten droogte

Door de droogte daalt het grondwater, dit zorgt voor verdroging van de grond. Dit is schadelijk voor de planten en bomen doordat deze verdrogen. Bij een fundering op houten palen is er een kans dat er paalrot optreedt, door te lage grondwaterstanden. Daarnaast kan een houten paalfundering worden aangetast door negatieve kleeft, als de grond aan de palen hecht en de palen naar beneden trekt, door verdroging van de ondergrond.

Ook bij fundering op staal is er een kans dat door inklinking van de grondlagen het huis zal zakken.

Het groen en bomen zal in een straat met waterpasserende verharding tijdens droge perioden profijt hebben dat iedere druppel van een regenbui in de ondergrond infiltreert. Dit groen wordt in de berekening van de baten ten gevolge van droogte meegenomen.

In Rotterdam zijn er ongeveer 120.000 stuks panden met houten fundering. Per buurt is bekend hoeveel procent mogelijk kwetsbare panden heeft. De indeling is gemaakt van < 1%, 1-5% en 5-30%. Vooral de oudere wijken hebben veel panden met houten paalfundering. Alle wijken van na 1980 hebben betonpalen.

In de berekeningen is rekening gehouden dat de aanvulling van het grondwater door de waterpasserende verharding eerst door het groen wordt opgenomen en daarna de fundering van de panden bereikt. Hierdoor is slecht 1/3 van de schadevermindering van de panden meegenomen als effect van waterpasserende verharding.

Dit kan per straat variëren, zoals uit onderstaand blijkt. De oude stadsstraten hebben vaak een smal profiel waar niet of nauwelijks groen en bomen in voorkomen, maar juist veel oude panden met houten paalfunderingen.

Globaal zijn de baten van minder funderingsschade te berekenen als volgt.

Per woonstraat met ongeveer 40 panden zal tussen de 5-30% een kwetsbare fundering hebben. Dus ongeveer 15% van 40 panden = 6 panden met een kwetsbare fundering.

Oppervlakte waterpasserende verharding 1000 m². Funderingsherstel circa € 60.000,- per pand.

Dus circa $\frac{1}{3} \times 6 \times € 60.000,- = € 120.000,-$ totaal over een levensduur van 60 jaar van de verharding. Dus $€ 120.000,- / 60 = € 2.000,-$ per jaar -> delen door 1.000 m² = € 2,-/m² baten voor funderingsherstel.



Figuur 8: Voorbeeld oude stadsstraat

Voor groen zijn de baten gering gezien het weinige groen en bomen in de stadsstraten. Gemiddeld zal de waarde van het groen € 30.000,- per straat zijn. Ook hier houden we een levensduur van 60 jaar aan. Dus $\text{€ } 30.000,- / 60 = \text{€ } 500,- / \text{jaar}$ -> delen door $1.000 \text{ m}^2 = \text{€ } 0,50 / \text{m}^2$.



Figuur 9: Voorbeeld oude stadsstraat

4.1.1 Berging

Voor berging van hemelwater wordt een bedrag aangehouden van € 1.000/m³. Dit is vooral in stedelijke omgeving, waar niet zomaar een singel/wadi of iets dergelijks aangelegd kan worden. De berging bestaat dan altijd uit een waterplein, ondergrondse opslag, of iets dergelijks.

In een woonstraat, zoals hierboven, is de volgende berging mogelijk.

Berging: $1.000 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \times 20\% = 40 \text{ m}^3$ berging.

Oppervlakte waterpasserende verharding: 1.000 m^2

Hoogte waarin water kan worden geborgen: $0,2 \text{ m}$

Percentage van het zandcunet waar water in geborgen kan worden: 20%

De baten per m² zijn $40 \text{ m}^3 \times \text{€ } 1.000,- / \text{m}^3 = \text{€ } 40.000,-$ -> gedeeld door $1.000 \text{ m}^2 = \text{€ } 40,- / \text{m}^2$ over 60 jaar. Dat is € 0,67/m² per jaar.

4.1.2 Waterschade

De buien worden extremer en waarden van boven de 50 mm in een uur en 100 mm in een dag zijn extreem, maar komen toch steeds vaker voor.

Dit soort hoeveelheden neerslag leidt tot water op straat en water in huis.

Een straat met waterpasserende verharding kan een deel van dit soort buien afvangen. Het cunet en voegen kan zodanig veel water bufferen dat de schade aan de woningen tot nul wordt gereduceerd.

Bij normale woningen zal er niet snel wateroverlast in huis ontstaan, maar wel bij de woningen die een C, D of E blueLabel hebben. Onderstaand een uitsnede van de funderingskaart met panden met een houten en/of risico fundering.



Figuur 10: Risicopanden

De met rood aangegeven panden zijn risicopanden.

Waterpasserende verharding zal niet voor panden met een D en E label de oplossing zijn, maar voor woningen met een C-label kan het net het verschil maken.

Het volume dat kan worden gebruikt voor een tijdelijke buffering is:

De hoeveelheid m³ die het cunet tijdelijk kan bergen: $1.000 \text{ m}^2 \times 0,9 \text{ m} \times 20\% = 180 \text{ m}^3$.

Dat kan voor circa 3 tot 5 panden waterschade schelen. Als de waterschade op ongeveer: € 50.000,- per pand wordt geschat dan is dat.

$5 \times € 50.000,- = € 250.000,-$ gedeeld door 100 jaar $\rightarrow € 2.500,-$ per jaar $\rightarrow € 2,50/\text{m}^2$

5 Samenvatting

De kosten voor waterpasserende verharding komt uit op: € 1,99/m² per jaar

De baten zijn:

Funderingsherstel:	€ 2,-/m ²
Groen:	€ 0,50/m ²
Berging:	€ 0,67/m ²
Waterschade:	€ 2,50/m ²
Totaal:	€ 5,67/m ²

In dit voorbeeld levert iedere euro geïnvesteerd in waterpasserende verharding € 2,85/m² per jaar op.

6 Conclusies

Waterpasserende verharding is duur in onderhoud. Voor een deel wordt het veroorzaakt doordat er eerder onderhoud (herstraten) nodig is. Ook het reinigen van de voegen is duur. De totale meerkosten ten opzichte van een 'normale' elementverharding is bijna € 2,0/m²

Vooraf in stadswijken zijn de baten een stuk hoger dan de kosten. In de oude stadswijken is weinig ruimte voor groen en ondergrondse berging. In de oude stadswijken staan de panden met een kwetsbare fundering en de meeste panden met een BlueLabel van C, D en E.

Hier zijn de baten een stuk hoger dan de kosten.

In wijken met geen kwetsbare panden en voldoende ruimte om water op te vangen, zoals greppel, wadi's en sloten, is waterpasserende verharding minder/niet kosteneffectief. Dan kan het hemelwater beter worden opgevangen in de openbare ruimte.

Zoals al in eerdere papers is vermeld: waterpasserende verharding is maatwerk. Het is niet alleen een kwestie van onderzoeken of het mogelijk is, maar ook of het in de betreffende wijk/buurt kosteneffectief is.