

Grootschalig toepassen van waterpasserende verharding in Rotterdam

Arjen Oostra
Gemeente Rotterdam, Stadsbeheer

Loes van der Linden
Gemeente Rotterdam, Stadsontwikkeling

Kees Koudstaal
Gemeente Rotterdam, Stadsbeheer

Joseph Oentoro
Gemeente Rotterdam, Stadsontwikkeling

Samenvatting

Rotterdam is gestart met het op grote schaal toepassen van waterpasserende verharding. De grondslag van Rotterdam met veel veen en klei, de daarbij horende zettingverschillen en veelal een geringe ontwateringsdiepte, zien we niet primair als belemmering. De keuze voor waterpasserende verharding is ingegeven door ontwikkeling van inzichten in waterbeheer en het veranderen van het klimaat waardoor de noodzaak ontstaat de sponswerking van de ondergrond te benutten. Het is daarom zowel voor droogtebestrijding als voor het opvangen van grote pieken nodig meer water in het gebied vast te houden. Met directe infiltratie kan de ondergrond wel 90% van het regenwater vasthouden, waardoor het water niet in het riool komt en niet hoeft te worden gezuiverd.

Voorafgaand aan de beslissing om waterpasserende verharding toe te passen is uitgebreid overlegd, gerekend en zijn ontwerpeisen opgesteld. Wat vanaf het begin voorop stond was dat gemeente Rotterdam het grootschalig kon toe passen en in principe zonder meerkosten. In principe wijken we bij de funderingsopbouw niet af van de standaard opbouw. Er is bewust gekozen voor een eenvoudige constructie zonder specifieke en verschillende materialen of scheidende lagen (doek).

Uiteindelijk is begonnen met het toepassen van waterpasserende verharding ondanks weerstand en bedenkingen bij verschillende beheerders. Werkende weg naderen we steeds meer het optimale ontwerp. Begonnen is met traditioneel verhang/verkanting van de weg en hoeveelheid kolken en werkende weg passen we nu een minimaal verhang en

kolken toe. Vrijwel alle bedenkingen zijn weggenomen door optimaliseren van ontwerp, uitvoering en beheer.

We monitoren de aangelegde waterpasserende verharding om de uitgangspunten, de aanleg en het onderhoud te kunnen beoordelen en verbeteren. Hiervoor zijn verschillende proefvakken ingericht. Het afgelopen jaar is tevens vijf keer een test gehouden om te monitoren en het draagvlak te verbreden, met name bij beheerders en ontwerpers.

1. Toelichting op dit artikel

Veel gemeenten passen waterpasserende verharding al langer toe. Vanwege de voor Rotterdam kenmerkende ondergrond en geohydrologie is in Rotterdam lange tijd veel reserve geweest bij het grootschalig toepassen van infiltratie van hemelwater. De ambities van de stad in het kader van duurzaamheid en klimaatadaptatie dwingen de weg- en waterbeheerder tot intensieve samenwerking en het innemen van heldere standpunten ten opzichte van de te treffen maatregelen. In dit artikel leggen we uit hoe we dat doen:

- wat is de technische onderbouwing van de standaard voor toepassen van waterpasserende verharding;
- welke samenwerking en (beheer)overeenkomsten zijn noodzakelijk (geweest) om waterpasserende verharding stadsbreed toe te passen;
- wat zijn de ervaringen van monitoring en hoe ontwikkelen we verder.

2. Inleiding

In het gemeentelijk rioleringsplan (GRP) is opgenomen dat Rotterdam aan het stedelijk watersysteem van de toekomst werkt: Hiervoor zijn een viertal visies benoemd waarvan het scheiden van afvalwaterstromen één van de belangrijkste is.

Rotterdam streeft ernaar om in de toekomst zo min mogelijk hemelwater naar de zuivering af te voeren. Ongeveer 90% van de jaarlijkse neerslag valt in kleine hoeveelheden en zou goed kunnen infiltreren naar het grondwater, als het niet automatisch via verhard oppervlak en rioolsysteem naar de zuivering gaat. Die afvoer via rioolsystemen is vooral belangrijk om overlast te voorkomen bij piekbelasting (extreme buien). Scheiden van waterstromen is dus essentieel wanneer je water wilt sparen, daarbij is het vergroten van de berging voor hemelwater om de piekafvoer te vertragen ook van belang. De huidige (voornamelijk ondergrondse) bergingsvoorzieningen zijn niet voldoende om de extreme neerslag te verwerken die de gemeente in de toekomst verwacht. Rotterdam heeft nieuwe ideeën, eenvoudige en spectaculaire, nodig om toepassingen te vinden in de bovengrondse ruimtelijke inrichting van de stad.

Een watersensitive stad is een aantrekkelijke stad, die bij neerslag en droogte, hoog en laag water, optimaal blijft functioneren. Sterker nog een stad die zo is ingericht dat de extremen van klimaatverandering worden benut om bij verschillende seizoenen optimaal om te gaan met het beschikbare water en de optredende vraag van de stad. Hierbij is de voorwaarde dat elke ontwikkeling een bijdrage levert aan de vitaliteit, leefbaarheid en aantrekkelijkheid van de stad. Het stedelijk waterbeheer in Rotterdam is de laatste jaren sterk in ontwikkeling. Kenmerkend hierbij is een andere, duurzame omgang met overtollige neerslag. Zodanig dat deze weer als grondstof kan worden hergebruikt en niet rücksichtslos wordt afgevoerd naar de zuiveringsinstallaties of de rivier. Hierdoor wordt de toekomstige veerkracht en sponswerking van de stad duurzaam verbeterd met een meerwaarde op meerdere terreinen. Zoals vergroening, luchtkwaliteit, aanpak van hittestress, sociale cohesie et cetera. De traditionele aanpak om de wateropgaven op te

lossen is in de toekomst niet meer toereikend. Vooral in de dicht bebouwde omgeving is het essentieel om samen te werken met een breed scala aan betrokkenen en belanghebbenden (inclusief de bewoners van de stad) en mee te koppelen met overige programma's en partijen. Tevens is de verwachting dat een dergelijke aanpak financiële voordelen oplevert als gekeken wordt naar de hele levenscyclus (ontwerp, aanleg en beheer).

Het blijkt echter dat vooral het realiseren van bovenstaand gedachtegoed nog lastig is. De praktijk is vaak weerbarstiger dan de ambitie. Daadwerkelijk integraal ontwerpen vergt inbreng van vele partijen die elkaar vaak niet op alle taken weten te vinden of nog gehinderd worden door procedures om breder mee te kunnen denken. Toch blijft het essentieel om te investeren in innovatieve waterbergende concepten die bijdragen aan andere taken, verantwoordelijkheden en opgaven, en dus een meerwaarde hebben voor de hele stad en haar bewoners. Om de uitvoering van dergelijke ideeën een impuls te geven is gemeente Rotterdam met de waterschappen gestart met Water Sensitive Rotterdam. Een programma - of liever een beweging - die tot doel heeft een mentaliteitsverandering te bewerkstelligen bij alle betrokkenen (van watermanagers en ingenieurs tot ontwerpers, gebruikers en beheerders), te verkennen wat de mogelijkheden zijn om de watervraagstukken van de stad aan te pakken in zowel de publieke ruimte als op private terreinen, participatie te bevorderen bij diverse stakeholders (van netwerkbeheerders en woningcorporaties tot bewoners) en de toepassing van brede (water-)oplossingen te stimuleren.

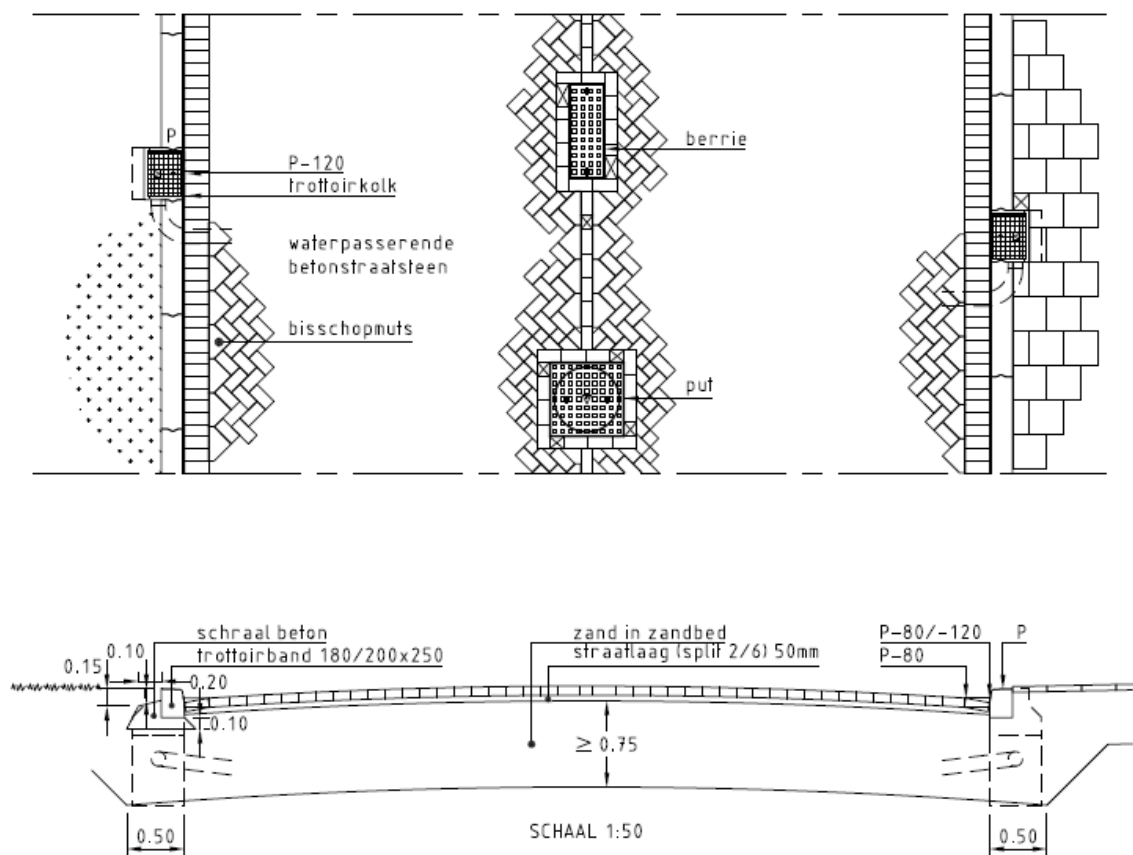
Om nieuwe mogelijkheden in het Rotterdamse geïmplementeerd te krijgen zijn de bestaande technieken beschreven en in een Hemelwatermatrix uitgewerkt, waarbij de eerste link is gelegd met de gebiedsspecifieke kenmerken. Deze Hemelwatermatrix geeft de verschillende betrokkenen een eerste inzicht in de mogelijkheden voor omgaan met hemelwater, afhankelijk van gebieds- en wegtype en locatie. Deze kansen lopen van oppervlakkige afstroming tot afvoeren naar de riolering, maar vooral lokaal infiltreren is een veelzijdige toepassing. Waterpasserende verharding is, mits eenvoudig toe te passen, één van de meest effectieve maatregelen omdat circa 45% van het op de riolering aangesloten verhard oppervlak elementenverharding betreft.

Voor geheel Rotterdam is een Waterpasserende Kanskaart opgesteld om de eerste kans-check te doen. De kanskaart is gebaseerd op de ontwateringsdiepte op basis van grondwaterstanden uit een stadsbreed grondwater meetnetwerk van peilbuizen. Vervolgens kan door maatwerk en afwegingscriteria een conceptvoorstel worden gedaan om wel of geen waterpasserende verharding toe te passen. Esthetische factoren (past de beschikbare steen in het esthetisch ontwerp voor de stad) bepalen op dit moment nog de definitieve keuze om de waterpasserende verharding wel of niet toe te passen. Wat betreft de weg- en waterbeheerder passen we de waterpasserende verharding in principe toe in alle ongefundeerde wegen, tenzij er grote risico's op de locatie spelen. Voor alle vervangingsprojecten bepalen we na een grondonderzoek op welke wijze, met welke uitvoeringsspecificaties, waterpasserende verharding kan worden toegepast. Het grondonderzoek is nodig om te toetsen of het bestaande wegcunet aan de gestelde eisen van de gemeente Rotterdam voldoet, conform haar eigen beleid geformuleerd in de Rotterdamse Stijl en Standaard Wegbouw Detail.

3. Technische specificaties Standaard Wegbouw Detail ongefundeerde wegen

De meeste toepassing van de elementen verharding in Rotterdam bevindt zich in de verblijfsgebieden c.q. woonstraten. De waterpasserende bestrating wordt dus in eerste instantie hiervoor ontworpen. De constructieopbouw is als volgt:

- 80 mm waterpasserende betonstraatsteen;
- 50 mm straatlaag steenslag 2/6;
- Circa 0,75 m zandbed zand;



- Bestaande ondergrond.

Figuur 1 Standaard Wegbouw profiel waterpasserende verharding ongefundeerde wegen

Opmerking:

- Toepassing van kolken is optioneel.

Uitgangspunten:

- Rijbaan breed dezelfde opbouw toepassen;
- De ontwateringsdiepte (afstand tussen grondwaterstand en het verhardingsoppervlak):
 - De gemiddelde ontwateringsdiepte is gelijk aan circa 0,90 meter;
 - De minimale ontwateringsdiepte is gelijk aan circa 0,75 meter.

Voor het bepalen van de constructieopbouw zijn de volgende aspecten maatgevend:

- Verkeersbelasting;
- Opdooischade.

Verkeersbelasting

De geschatte week intensiteit voor de licht belaste woonstraat:

- 500 personen auto's;
- 9 vrachtauto's enkelluchtbanden;
- 6 vrachtauto's dubbelluchtbanden.

Voor dimensionering van de elementen verharding is schadebeeld spoorvorming maatgevend. Spoorvorming veroorzaakt minder rijcomfort en bij een bepaalde spoordiepte vormt het schadebeeld een gevaar voor het verkeer. De vastgestelde norm voor de spoordiepte is gelijk aan 20 mm.

- De beoogde levensduur is gelijk aan circa 15 jaar.
- De berekening is gemaakt met behulp van het programma Bescon.

Opdooischade

Om opdooischade te voorkomen dient de dikte van de wegconstructie gelijk te zijn of groter dan de vorstindringingsdiepte plus de capillaire stijghoogte. Maatgevend bij de berekening is vorstindex bij 1 keer per 20 jaar.

Vorstindringingsdiepte $Z = \alpha \sqrt{I}$ met:

- Vorstindex Rotterdam bij 1 keer per 20 jaar: $I = 191$
- Parameter α is constructie afhankelijk; voor op zand gefundeerde bestrating $\alpha = 0,046$.

$Z =$ circa 0,60 m.

De capillaire stijghoogte voor zandbed zand is gelijk aan circa 0,30 m.

De totale constructiedikte is gelijk aan: $d = 0,60 \text{ m} + 0,30 \text{ m} =$ circa 0,90 m.

De factoren die van belang zijn voor het bepalen van de ontwateringsdiepte zijn als volgt:

- Grondmechanische stabiliteit: onder de wielbelasting kunnen hoge spanningen optreden waardoor het gevaar van inzakken/ instabiliteit ontstaat.
- Capillaire opstijging: bij zandlaag is de capillaire opstijging gelijk aan circa 0,30 meter.
- Vorstindringing.

Grondmechanische stabiliteit

De theorie van Prandtl geeft de draagkracht met de invloed van grondwater. Als in de afschuifzone verzadigde grond zit zal de draagkracht en daarmee de stijfheid van de ondergrond afnemen. Als het maatgevende 'wiel' een breedte heeft van 0,3 m, dan volgt uit NEN9997-1+C1:2012 : $z_e = 1,5 b'$. Hieruit volgt dat in elk geval de bovenste $1,5 \times 0,3 = 0,45$ m niet verzadigd mag raken. Gebeurt dit wel dan neemt de draagkracht van de wegconstructie en daarmee de levensduur significant af. Als het wegcunet aangelegd is met 'zand voor zandbed' is de capillaire zone circa 0,30 m. De kwaliteit van het zandbed blijkt niet altijd aan de eisen van 'zand voor zandbed' te voldoen, waardoor lokaal de

capillaire zone groter kan zijn. De hoogste grondwaterstand moet dus minimaal $0,45+0,30=0,75$ m onder het wegdek blijven, ook voor kortdurende perioden.

Vorstindringing

Onder invloed van vorst ontstaat in de verzadigde zone een ijslaag die geen water doorlaat. Bij dooi kan het dooiwater en nieuwe neerslag niet afstromen door deze ijslaag omdat deze als laatste smelt. De vorstindringingsdiepte voor op zand gefundeerde bestrating is in Rotterdam gelijk aan circa 0,60 m. Het freatisch vlak (grondwaterstand) in wegcunetten met 'zand voor zandbed' (ontwateringsdiepte) mag daarmee niet hoger worden dan $0,60+0,30=0,90$ m onder het maaiveld. Hierbij kunnen we uitgaan van de gemiddelde grondwaterstand omdat in een zware vorstperiode in het algemeen weinig neerslag valt en geen extreem hoge grondwaterstanden zijn te verwachten.

4. Beheer en onderhoud

In 2003 werd de wegbeheerder voor het eerst geconfronteerd met waterpasserende verharding in de nieuwbouwwijk Nesseland. De eerste pilotprojecten waren nog met een lavakoffer, dit was voor de wegbeheerder een voordeel. Een gefundeerde weg op kosten van de collega beheerder. De eerste ervaring was niet goed vanwege het gebruik door de buurt. Direct na aanleg van de verharding werden de tuintjes opgehoogd waardoor de voegen al snel dicht zaten met zand en grond. Wat ook een rol speelde was het traditionele wegprofiel en afschot dat was gebruikt. Hierdoor verzamelde het water zich in de goot waar normaliter de kolk aanwezig was. Hier verzamelt zich ook het vuil, waardoor er al snel wateroverlast ontstond. De tweede pilot is aangelegd met minimaal afschot en pas nadat alle tuinen waren aangelegd.

Vanuit het vakoverleg van de wegbeheerders kwam ondanks de positieve ervaring een negatief advies op de waterpasserende verharding vanwege de kwetsbare lavakoffer. Het gebruik van een lavakoffer in een woonstraat in combinatie met kabels en leidingen werd als te kwetsbaar ingeschat. Hierdoor heeft de implementatie van waterpasserende verharding een aantal jaren stilgelegen.

In 2014 vielen twee zaken samen. Er was een werkgroep gevormd om de waterpasserende verharding breed in te zetten, dus ook in de bestaande situatie. In 2014 zijn de deelgemeenten opgeheven waardoor ook het beheer van onder andere de wegen gecentraliseerd is. Deze twee zaken vielen samen, waardoor in plaats van twaalf wegbeheerders die een mening hebben en overtuigd moesten worden, nu slechts één afdeling wegbeheer betrokken was. Ook financieel vallen de beide afdelingen die bij waterpasserende verharding betrokken zijn onder dezelfde kostenplaats. Dit vereenvoudigde de discussie.

Doordat het wegbeheer is gecentraliseerd en dus ook de budgetten, kunnen er makkelijker proefprojecten worden uitgevoerd. Bij falen gaat dit ten koste van het eigen budget. In het verleden waren de deelgemeenten budgetverantwoordelijk en voelden niet veel voor experimenten die mogelijk konden falen waardoor ze dubbele kosten kwijt waren. De

afdelingen Water en Wegen maken sinds 2013 onderdeel uit van Stedelijk Beheer van Rotterdam. Het grote voordeel hiervan is dat beide afdeling een ambitie van Stedelijk Beheer dragen. Hierdoor is er geen discussie meer over kosten en budgetten. Dit kan intern worden opgelost.

De ervaring van de projecten die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd leert dat er nog veel negatieve beeldvorming rond de waterpasserende verharding aanwezig is. Bij een aantal projecten is de kwaliteit van aanleg slecht geweest. De waterpasserende verharding wordt in eerste instantie als reden genoemd. Terwijl bij nadere analyse blijkt dat de verdichting van de riolsleuf de reden is. Dit heeft bij de eerste projecten wat overtuigingskracht en missiewerk gekost om toch grootschalig door te gaan.

De ervaringen tot nu toe met de waterpasserende verharding zijn goed. Er treden geen schadebeelden op die anders zijn dan bij gewone bestrating. Het belangrijkste schadebeeld is spoorvorming en dat komt voornamelijk voor bij smalle straten of straten waarbij aan één of twee kanten wordt geparkeerd waardoor er onvoldoende ruimte is om versprend te rijden. Het grote voordeel van waterpasserende verharding bij spoorvorming is dat er geen water blijft staan, maar toch is de wens om dit te voorkomen. Er zijn nu toch een paar proefvakken ingericht met een lavakoffer en met een grove puinfundering om te testen of dit spoorvorming kan voorkomen.

Bij de uitrol van de waterpasserende verharding was er nog een beperking en dat is de Rotterdamse Stijl. In Rotterdam is een aantal gebieden aangewezen waar gebakken steen is gewenst, maar die ook kansrijk zijn voor waterpasserende verharding. Hier kon tot voor kort geen waterpasserende verharding worden toegepast om meerdere redenen. Een van de redenen was dat de wegbeheerder grote moeite heeft met de algemene kwaliteit van de gebakken steen. Hier zijn diverse redenen voor, onder andere de maatafwijkingen, het machinaal leggen, geen passtenen, etcetera. Daarnaast was er geen waterpasserende gebakken steen voorhanden. Inmiddels zijn er twee leveranciers die een steen aanbieden en deze stenen passen we beide toe in een pilot project. Na aanleg worden de stenen gemonitord op wegkwaliteit en op doorlatendheid.

Doordat we steeds meer waterpasserende verharding gaan aanleggen is sinds dit jaar budget vrijgemaakt en een programma gemaakt om alle waterpasserende verharding te schouwen en te onderhouden. De eerste proefvakken uit 2003 en 2005 worden dit jaar onderhouden door de voegen uit te zuigen en opnieuw te voegen. Ook hier willen we graag ervaring mee opdoen zodat we voor de komende jaren in kunnen schatten wat de onderhoudskosten zijn.

5. Ervaringen en toekomst

Inmiddels is in Rotterdam circa 4,5 hectare waterpasserende verharding toegepast. Deze verharding is aangelegd in woonstraten en parkeerplaatsen op locaties in Hoek van Holland tot Nesselande en zowel in Rotterdam Noord (Hoevebuurt) als Rotterdam Zuid (Sportdorp; Schoonegge). Hoewel de eerste waterpasserende verharding al werd

aangelegd in 2003 (Nesselande, nieuwe gebiedsontwikkeling) en 2007 (Sportdorp, nieuwbouw in bestaand woongebied) is bijna de helft van het huidige oppervlak aangelegd in het afgelopen jaar. Dit komt mede door het vaststellen van het Standaard Wegenbouw Detail. Tot enkele jaren geleden werd waterpasserende verharding vooral gezien als geschikt voor nieuwbouwlocaties waarbij de ondergrond en bouwspecificaties volledig konden worden afgestemd op de verharding. Door het opstellen van het Standaard Wegenbouw Detail voor ongefundeerde wegen, in samenwerking met alle betrokken afdelingen, is nu ook toepassing bij reguliere vervangingsprojecten onderbouwd. Obstakels worden werkende weg overwonnen. Zo bleek een onbekendheid met de argumentatie (noodzaak) voor infiltratie van regenwater en met het materiaal bij beheerders en uitvoerders vaak een belemmering om van een suggestie in de planvorming te komen tot een werkelijke toepassing in de straat. Ook blijken specifieke uitvoeringskenmerken als een vlakke uitvoering in plaats van tonrond profiel (3%) en een beperkt aantal kolken (als noodvoorziening) om de infiltratie te helpen, in de praktijk op weerstand te stuiten.

Daarom is in 2015 een monitoringsprogramma opgezet en uitgevoerd op project Schoonegge e.o. (Zuidwijk). Op deze locatie is in nauwe samenwerking van weg-, groen- en waterbeheer waterpasserende verharding toegepast in een bestaande woonwijk; een regulier vervangingsproject. De locatie is gekozen omdat de uitvoering van dit project samenviel met het tot stand komen van het Standaard Wegenbouw Detail (SWD). Discussies over uitvoeringsaspecten die gevoerd werden in de werkgroep Waterpasserende Verharding speelden tegelijk in de praktijk van het project Schoonegge e.o. Uiteindelijk is in dit project vooral het verticale profiel conform SWD aangebracht; het zandbed is vervangen voor beter doorlatend zand daar waar het bestaande cunet niet voldeed aan de gestelde norm. Het horizontale profiel komt nagenoeg overeen met een wegprofiel 'oude stijl': een tonrond profiel met een afschot van 3% en aan weerszijde van de weg kolken om de 15 meter. In enkele straten is een flauwer afschot (1,5%) toegepast. Nog lang niet optimaal dus. Duidelijk werd dat het realiseren van meer oppervlak waterpasserende verharding Rotterdam-breed niet alleen een kwestie is van deugdelijke technische onderbouwing, maar evengoed te maken heeft met de overtuiging van de beheerder, voorbereider en uitvoerder van diverse disciplines. Reden om op deze locatie te monitoren.



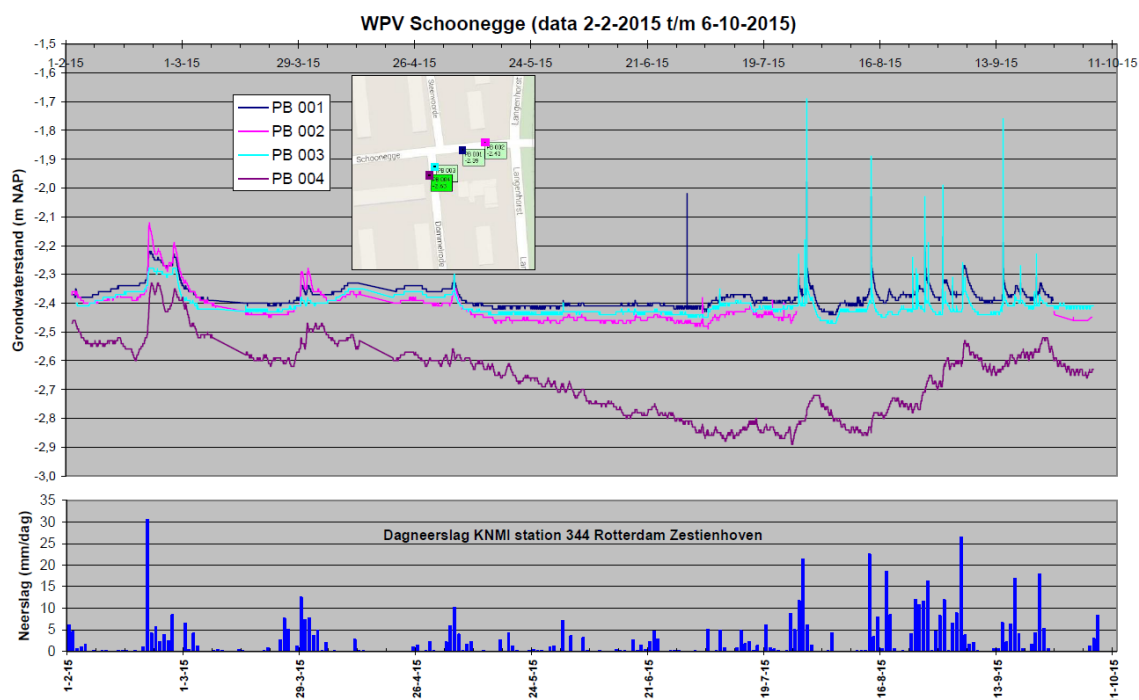
Het monitoringsprogramma 'Tests waterpasserende verharding' is vooral ingestoken om de bekendheid en betrokkenheid van de verschillende disciplines te vergroten en meningen en ervaringen te delen en verder te ontwikkelen. Daarom zijn naast vier peilbuizen die de effecten op het grondwater in en naast het wegcunet monitoren, ook vijf praktijkproeven uitgevoerd met publiek. Voor een praktijkproef spoot een spuitwagen van Rioolreiniging gemeente Rotterdam water direct op het wegoppervlak. De spuitwagen bootste met een debiet van 35 mm in 5 min (0,3 l/s op 3 m²) regen na.

Hiermee viel in 5 minuten ruim twee maal zoveel water op het wegdek als in 5 minuten bij $T = 100$ van de weerstatistieken van het KNMI. Hoewel deze regenshow op geen enkele manier te vergelijken is met de situatie van een intense bui, heeft het programma wel degelijk meerwaarde gehad.

Bij de praktijkproeven kwamen direct punten naar boven die terplekke met verschillende disciplines konden worden bediscussieerd.

- De doorlatendheid van de toplaag lijkt meer bepalend dan doorlatendheid van het wegcunet; beheer is dus van groot belang.
- Het afschot in de weg is van groot belang voor de infiltratie van het regenwater; hoe flauwer hoe beter voor de infiltratie.
- Er zijn meer mogelijkheden om regenwater te infiltreren; het is een inrichtingsvraagstuk voor de buitenruimte. En dus een onderwerp van alle disciplines van de buitenruimte.

In de resultaten van de grondwatermetingen (zie grafiek) is te zien dat regenwater infiltreert, de intensieve regenbuien zijn terug te zien in de peilbuismetingen (meetfrequentie 1 x per 15 minuten). Daarnaast is te zien dat het wegcunet de neerslag snel verwerkt en dat geen structurele verhoging van de grondwaterstand optreedt.



In de toekomst zal het monitoringsprogramma worden uitgebreid naar meerdere locaties in de stad, waarbij op verschillende manieren zal worden onderzocht op welke wijze waterpasserende verharding het beste kan worden toegepast. Basis hiervan zal in ieder geval zijn dat de oplossing niet bestaat; infiltratie van regenwater is belangrijk voor de sponswerking van de stad. Waterpasserende verharding is niet in één profiel te vatten, het is een zeer geschikte toepassing voor een stad als Rotterdam en voor iedere toepassingslocatie zal het optimale, gebiedsspecifieke ontwerp moeten worden afgestemd met alle partijen. Uitvoering is maatwerk!