



Jeroen Kluck
Wiebe Bakker
Laura Kleerekoper
Marten Rouvoet
Ronald Wentink
Lisette Klok
Ronald Loeve

ONDERZOEKSPROGRAMMA URBAN TECHNOLOGY
MEI 2016

VOOR HETZELFDE GELD KLIMAATBESTENDIG

*Voorbeelden klimaatbestendige inrichting
voor veelvoorkomende karakteristieke straten*

VOOR HETZELFDE GELD KLIMAATBESTENDIG

MEI 2016

Colofon:

Uitgave:

Hogeschool van Amsterdam en SBRCURnet

Auteurs:

Dr. Ir. Jeroen Kluck, Ir. Wiebe Bakker, Ir. Laura Kleerekoper, Marten Rouvoet BBE, Ing. Ronald Wentink, Dr. Ir. Lisette Klok en Ir. Ronald Loeve.

Samenwerking:

Dit voorbeeldenboek is het resultaat van het praktijkgerichte onderzoeksproject “De Klimaatbestendige Stad: Inrichting in de praktijk”, uitgevoerd door een consortium van gemeenten en kennisinstellingen. Aan dit project werkten in consortiumverband mee: gemeente Amsterdam – Dienst Zuidas (Gregor van Lit), gemeente Eindhoven (Luuk Postmes), gemeente Hoogeveen (Thomas Klomp), gemeente Houten (Marco Harms), Ingenieursbureau Amsterdam (Jasper Passtoors, Teun Timmermans), Waternet (Eljakim Koopman, Kasper Spaan), Hanzehogeschool Groningen (Olof Akkerman, Floris Boogaard, Jonathan Tipping) en de bovengenoemde auteurs van de Hogeschool van Amsterdam. Daarnaast werkten de gemeente Almere (Arjo Hof), de gemeente Almelo (Ruben de Jong) en de gemeente Groningen (Dries Jansma) aan het project mee.

Review:

SBRCURnet (Geert-Jan Verkade) en Building Changes (René de Kwaadsteniet).

Financiering:

Dit onderzoek is medegefinancierd door Regieorgaan SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en TKI Deltatechnologie.

Contact:

Dr. Ir. Jeroen Kluck

j.kluck@hva.nl

Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek

Postbus 1025, 1000 BA Amsterdam

www.hva.nl/klimaatbestendigestad

Meer informatie:

Deze publicatie is ook online beschikbaar. Daarnaast vindt u online aanvullende informatie in een uitgebreid achtergronddocument: www.hva.nl/klimaatbestendigestad

Inhoud

1	Inleiding	07
1.1	Klimaatbestendig inrichten	07
1.2	Voorbeeldenboek.....	09
2	Aanpak	11
2.1	Inleiding.....	11
2.2	Typologieën.....	11
2.3	Kosten.....	12
2.4	Baten.....	14
2.5	Varianten.....	14
3	Uitwerking van de drie typologieën	17
3.1	Vooroorlogs bouwblok	17
3.1.1	Kenmerken typologie	17
3.1.2	Lokale situatie praktijkvoorbeeld	18
3.1.3	Inrichtingsvarianten	20
3.1.4	Kosten en baten	23
3.1.5	Conclusies	24
3.2	Naoorlogse tuinstad hoogbouw	25
3.2.1	Kenmerken typologie	25
3.2.2	Lokale situatie praktijkvoorbeeld	25
3.2.3	Inrichtingsvarianten	28
3.2.4	Kosten en baten	31
3.2.5	Conclusies	32
3.3	Bloemkoolwijk – Woonerf	33
3.3.1	Kenmerken typologie	33
3.3.2	Lokale situatie praktijkvoorbeeld	33
3.3.3	Inrichtingsvarianten	36
3.3.4	Kosten en baten	39
3.3.5	Conclusies	40
4	Eindconclusies	43
	Literatuurlijst	46



1 INLEIDING

In samenwerking met verschillende gemeenten hebben onderzoekers van de Hogeschool van Amsterdam voor een aantal veelvoorkomende straatbeelden laten zien dat een klimaatbestendige inrichting van de openbare ruimte niet duurder hoeft te zijn dan een traditionele inrichting. Dit is gebaseerd op nauwkeurige schattingen van aanleg- en beheerkosten van recent uitgevoerde projecten.

'Voor hetzelfde geld klimaatbestendig' is daarmee de centrale boodschap in deze publicatie. Het toont de mogelijkheden van eenvoudige klimaatbestendige inrichtingen.

1.1 Klimaatbestendig inrichten: van weten en willen, naar werken in de dagelijkse praktijk

Klimaatverandering betekent meer hitte, extreme neerslag en droogte, met meer overlast, schade en veiligheidsrisico's tot gevolg. Dit maakt de stad minder aantrekkelijk. Klimaatbestendig inrichten is mede daarom noodzakelijk, zoals ook landelijk is vastgesteld met de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie (Deltaprogramma Ruimtelijke adaptatie, 2014). Volgens deze beslissing en de



Figuur 1.1 Verlaagde stoep voor eenvoudige afvoer van water naar een veldje.

Bestuursvereenkomst Deltaprogramma tussen het Rijk, het Interprovinciaal Overleg (IPO), de Unie van Waterschappen (UvW) en de Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG) (Deltaprogramma, 2014) moeten gemeenten bij een herinrichting van de openbare ruimte hun straten en wijken klimaatbestendig inrichten. Hierdoor maken we onze leefomgeving beter bestand tegen extremere regenbuien, perioden van droogte en meer hitte.

Veel gemeenten brengen inmiddels in beeld wat de lokale consequenties zijn van klimaatverandering. Een groeiend aantal gemeenten heeft helaas ook al praktijkervaring met overlast, schade en kosten als gevolg van bijvoorbeeld een wolkbreuk.

Met dit voorbeeldenboek demonsteren we dat een klimaatbestendige inrichting in veel gevallen eenvoudig (zoals het voorbeeld in Figuur 1.1) te realiseren is.

Het groeiend bewustzijn en de actieve verkenningen ten spijt, is een klimaatbestendige inrichting van de straat nog geen gangbare praktijk. De praktijkvoorbeelden¹ tot nu toe betreffen veelal pilots, losse projecten om een lokaal probleem op te lossen of om maatregelen te onderzoeken. Daarmee is wel veel kennis opgebouwd over de mogelijkheden om een straat, wijk en uiteindelijk een stad klimaatbestendiger te maken.

Voor de komende jaren is het de uitdaging voor gemeenten om de stap te maken van pilotfase naar de gangbare praktijk. Idealiter betekent dit dat bij iedere ruimtelijke ontwikkeling, zoals de herinrichting van een straat, de renovatie van een gebouw of het bouwen van nieuwe woningen of kantoren, de vraag gesteld moet worden of en hoe daarbij rekening is te houden met een extremer klimaat.

1. Bijvoorbeeld: Betondorp Rainproof in Amsterdam (Versteegh, 2015) en waterplein Benthemplein in Rotterdam (De Urbanisten, 2013). Meer voorbeelden zijn te vinden op de websites: www.groenblauwenetwerken.com en www.ruimtelijkeadaptatie.nl

1.2 Voorbeeldenboek

‘Voor hetzelfde geld klimaatbestendig’ is onderdeel van het onderzoeksproject: **De klimaatbestendige stad: Inrichting in de praktijk**. Het boek speelt in op de behoefte aan voorbeelden en praktijkinformatie, geuit door de participerende publieke (consortium)organisaties (zie colofon) kennisnetwerken als SBRCURnet en Building Changes, adviesbureaus zoals Tauw, en uitvoerende partijen.

Met dit voorbeeldenboek laten we zien hoe een straat klimaatbestendig in te richten is, wat een dergelijke inrichting kost, en rekenen we voor wat het oplevert. Voor drie karakteristieke – en voor veel gemeenten herkenbare – straten zijn vier inrichtingsmogelijkheden uitgewerkt, voorzien van de kosten en baten van de inrichting.

Naast de investeringskosten zijn de onderhoudskosten en kosten van eventuele waterschade meegenomen over een lange periode. Door iedere inrichtingsvariant op deze wijze door te rekenen, is een goed beeld verkregen van de totale kosten en onderlinge verschillen tussen de varianten. Hiermee ontstaat bovendien meer inzicht in de effecten van bepaalde inrichtingskeuzes, zodat beleidsmedewerkers, ontwerpers, beheerders en andere deskundigen straks betere afwegingen kunnen maken.

Dit voorbeeldenboek is te lezen als een logisch vervolg op de publicatie Kostenindicaties van klimaatmaatregelen in de stad (SBRCURnet, 2014). In die eerste publicatie was slechts één voorbeeld van een woonstraat opgenomen. Deze publicatie voegt daar drie praktijkvoorbeelden aan toe, met een aangepaste – verfijnde – methodologie voor het bepalen van kosten en baten van inrichtingsmaatregelen.

Bij het boek is een digitaal achtergronddocument² beschikbaar met meer detailinformatie over de praktijkvoorbeelden en een uitgebreidere toelichting op verschillende onderdelen en uitgangspunten.

Voorbeelden uit de praktijk

De voorbeelden die we behandelen zijn gebaseerd op recent uitgevoerde herinrichtingsprojecten, waarbij de focus ligt op het anticiperen op extreme neerslag. De praktijkvoorbeelden hebben de omvang van een woonstraat. Dat is tenslotte ook het schaalniveau waarop andere werkzaamheden in de stad plaatsvinden, zoals wegreconstructies en rioolvervangings.

Eind 2016 komt een vervolg uit met meer praktijkvoorbeelden van karakteristieke situaties. In die uitgave gaan we ook dieper in op de andere baten van het klimaatbestendig inrichten.

We hopen dat deze publicaties gemeenten en uitvoerende partijen inspireren en ondersteunen bij het klimaatbestendig inrichten van de stad.

2. Het achtergronddocument is te downloaden op www.hva.nl/klimaatbestendigestad



A photograph showing water splashing onto a brick-paved surface. The bricks are reddish-brown and arranged in a herringbone pattern. The water is captured in mid-air, creating a dynamic, energetic scene. The background is slightly blurred, showing more of the brick pavement and some greenery.

2 AANPAK

2.1 Inleiding

In dit boek gaan we uit van karakteristieke inrichtingsbeelden van straten en wijken. We vergelijken traditionele ontwerpen met klimaatbestendige varianten en tonen aan dat de klimaatbestendige varianten bij een herinrichting niet altijd duurder zijn. We onderscheiden daarbij kosten (voor aanleg en beheer) en baten (voorkomen van waterschade).

Baten die we nu nog niet kunnen kwantificeren, zijn niet meegenomen in dit voorbeeldenboek.

2.2 Typologieën

Een straat in Nederland is vaak ontworpen volgens een filosofie die typerend is voor een bepaalde tijd. De technische mogelijkheden en ideeën over het ontwerpen van onze woon- en leefomgeving die spelen in de periode van aanleg, zien we dan ook onmiskenbaar terug in typische, herkenbare kenmerken van een straat of wijk. Dan gaat het bijvoorbeeld over de grootte van woningen en tuinen, de ruimte voor openbaar groen en speelplekken, de breedte van de straat en de architectuur van woningen. Dit zijn kenmerken die stuk voor stuk typerend

zijn voor een bepaalde periode, en die je overal in Nederland terugvindt. Dankzij die eenduidigheid, kunnen we straten indelen in wijktypologieën.

Stedelijke typologieën worden in de regel onderscheiden in bouwjaar, bebouwingsvorm en de invulling van het publieke en private domein (Lorzing, Harbers, & Schluchter, 2008). In dit onderzoek werken we met de volgende typologieën (Kleereker, 2016):

- Historische binnenstad (voor 1910)
- Villawijk (1800 – heden)
- Vooroorlogs bouwblok (1890–1930)
- Tuindorp (1910–1930)
- Volkswijk (1930–1940)
- Naoorlogse tuinstad laagbouw (1945–1955)
- Naoorlogse uitbreidingswijk (1945–1970)
- Naoorlogse tuinstad hoogbouw (1950–1960)
- Bloemkoolwijk – woonerf (1975–1980)
- Hoogbouw stadscentra (1960–heden)
- Sub-urbane uitbreiding – Vinex (1990–2005)

De kenmerken van een typologie zijn van directe invloed op hoe er in de straat rekening kan worden gehouden met een extremer klimaat. Zo is het vele publieke groen in naoorlogse tuinsteden uitstekend inzetbaar voor klimaatadaptatie, maar vragen de vooroorlogse bouwblokken eerder om (technische) oplossingen ondergronds. De structuur van bloemkoolwijken biedt plaats voor wadi's om hevige regenbuien lokaal te kunnen verwerken.

Mogelijkheden voor een klimaatbestendige inrichting, zijn voor straten die vallen binnen dezelfde typologie, ongeveer gelijk, in welke gemeente je ook bent. Naast de overeenkomsten zijn er natuurlijk ook enkele eigenschappen die losstaan van de typologie, maar die wel invloed hebben op lokale oplossingsmogelijkheden: maaiveldverloop (hellingsgraad van het gebied), bodemsoort en grondwaterstand.

Kennis van de wijktypologie, het maaiveldverloop, de grondsoort en de grondwaterstand bij elkaar stelt ons in staat om een vrij

nauwkeurig beeld te geven van lokale klimaatadaptatiemogelijkheden voor heel veel straten en wijken in Nederland.

In dit voorbeeldenboek werken we drie typologieën uit:

- Vooroorlogs bouwblok
- Naoorlogse tuinstad hoogbouw
- Bloemkoolwijk

Tabel 2.1 laat de kenmerken van deze typologieën zien. We onderscheiden bouwperiode en een aantal fysieke eigenschappen: bebouwingshoogte, bebouwingsvorm en verhouding tussen verhard en natuurlijk oppervlak. Goed om te weten: in de verhouding tussen verhard en natuurlijk oppervlak nemen we in de tabel ook de gevels mee.

2.3 Kosten

Een veel gebruikt argument tegen het anders dan standaard inrichten van de openbare ruimte is dat de (klimaatbestendige) alternatieven duurder zijn. Om een constructieve bijdrage aan die discussie te leveren, hebben we een methodiek opgezet die inzicht geeft in de kosten en baten van varianten. Daarbij gaan we uit van zowel aanleg- als beheerskosten en houden we rekening met de (verschillende) levensduren van maatregelen. Uitgangspunt daarbij is de kostenkentallen uit de Leidraad Riolering (Module D1100) (Stichting Rioned, 2015) en specifieke kentallen van de gemeente waar het voorbeeld vandaan komt.

De contante waarde van investeringen, periodieke herinvesteringen, periodiek onderhoud en baten hebben we per variant teruggerekend tot een jaarbedrag. Dit zijn de zogeheten jaarkosten. De contante waarde hebben we berekend voor een periode van 100 jaar, uitgaande van een levensduur van de riolering van 60 jaar, en elke 30 jaar een herinrichting van de openbare ruimte.

Ook waterschade hebben we teruggerekend naar jaarlijkse kosten, op basis van verwachte frequentie van schades en omvang van schades (zie achtergronddocument).

STEDELIJKE TYPOLOGIE		MICROKLIJMAAT CATEGORIE			STEDELIJK OPPERVAK
	PERIODE	HOOGTE	BEDOUWINGSVORM	GROEN	
VOORDOORLOGS BOUWBLOK	'10-'30	MIDDEN HOOG	GESLOTEN BOUWBLOK	WEINIG GROEN (0-10%)	
NAOORLOGSE TUINSTAD HOOGBOUW	'50-'60	MIDDEN HOOG/ HOOG	OPEN BOUWBLOK	GEMATIGD GROEN (10-30%)	
BLOEMKOOLWIJK-WOONERT	'75-'80	LAAG	STROKENBOUW/ OPEN BOUWBLOK	GEMATIGD TOT VEEL GROEN (10-50%)	

■ BEBOUWD
■ GEVEL
■ VERHARD
■ GROEN
■ WATER

Tabel 2.1 Samenvatting van drie typologieën met drie onderscheidende kenmerken en de verdeling van het stedelijk oppervlak.

2.4 Baten

Er zijn meerdere voordelen verbonden aan het klimaatbestendig inrichten van de openbare ruimte. In onze afwegingen hebben we alleen het verminderen van de waterschadekosten meegenomen, omdat die kwantificeerbaar zijn. Andere baten zijn vaak minder goed kwantificeerbaar.

Denk aan:

- Minder water in de riolering en minder afvoer naar oppervlaktewater;
- Aanvulling van het grondwater;
- Beperken van de effecten van hittestress;
- Vertraging van de afvoer van regenwater;
- Meer water beschikbaar voor groenvoorzieningen.

Met meer groen als onderdeel van een adaptief watersysteem zijn er bovendien extra voordelen te noemen. Baten van groen zijn gerelateerd aan verbeteringen in comfort, gezondheid, waterkwaliteit, energieverbruik en biodiversiteit. De milieutechnische, economische en maatschappelijke voordelen zijn legio.

Met onder andere TEEB–stad (TEEB–stad, 2012) hebben we de baten op dit vlak onderzocht en getracht te kwantificeren. Dit vergt echter nog nader onderzoek en discussie, zodat we besloten hebben de voorlopige bevindingen nu niet in deze publicatie op te nemen.

2.5 Varianten

Voor de drie gekozen wijktypologieën (zie tabel 2.1) vergelijken we een traditioneel ontwerp met drie klimaatbestendige varianten. Variant 0 is het traditionele ontwerp, varianten 1 tot en met 3 zijn de klimaatbestendige varianten. De varianten verschillen in kwetsbaarheid voor extreme neerslag.

De gekozen varianten zijn representatief voor een deel voor Nederland, vanwege de volgende generieke kenmerken:

- Gelegen in een uitermate vlak gebied (hoogteverschil in de lengterichting van 100m straat is enige centimeters);
- Grondwaterstand meer dan 50cm beneden maaiveld;
- Doorlatendheid van de bodem is meer dan 0,5m/dag.

De vier gekozen varianten toetsen we op gevoeligheid voor wateroverlast. We zijn ervan uitgegaan dat waterschade optreedt als water de woningen binnentreedt. Daartoe hebben we bij verschillende hoeveelheden neerslag in één uur bepaald of water in de woning kan komen. Deze verschillende hoeveelheden neerslag zijn gerelateerd aan verschillende frequenties van voorkomen. Door klimaatveranderingen is het onzeker hoeveel neerslag precies bij een bepaalde herhalingstijd wordt verwacht. We hebben daarom de hierna volgende aannamen gedaan.

In alle varianten gaan we ervan uit dat een bui van 20mm/uur geen wateroverlast op straat veroorzaakt. Volgens de oude statistieken was zoveel regen gemiddeld eens per twee jaar te verwachten. Door klimaatverandering verwachten we nu dat deze bui eens per jaar optreedt (Kluck, et al. 2013).

Het uitgangspunt bij het ontwerp van inrichtingsvarianten 1 tot en met 3 is vervolgens dat een bui van 60mm in één uur niet leidt tot water in de woningen. Deze hoeveelheid neerslag in één uur wordt ongeveer eenmaal per 100 jaar verwacht, bij 2 graden temperatuurstijging (Kluck, et al. 2013).

De varianten verschillen verder in de gebruikte technieken en de verhouding tussen vasthouden, bergen en afvoeren.



3 UITWERKING VAN DRIE TYPOLOGIEËN

3.1 Vooroorlogs bouwblok

3.1.1 Kenmerken typologie vooroorlogs bouwblok

In veel Nederlandse steden komt het vooroorlogs bouwblok veelvuldig voor.

Deze typologie kent veel verharding in de openbare ruimte. Daar staat tegenover dat de ruimte binnen de bouwblokken vaak groen is en er regelmatig grote volwassen bomen groeien. Het groen in

deze bouwblokken staat onder druk door oprukkende betegelde terrassen en uitbouwen. Naast het groen binnen de bouwblokken zijn er in binnensteden vaak monumentale singels en grachten of monumentale lanen en parken met grote bomen.

De kans op wateroverlast in vooroorlogse bouwblokken is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van, en afstand tot, oppervlaktewater in de vorm van grachten en singels.



Figuur 3.1 Vooroorlogs bouwblok.

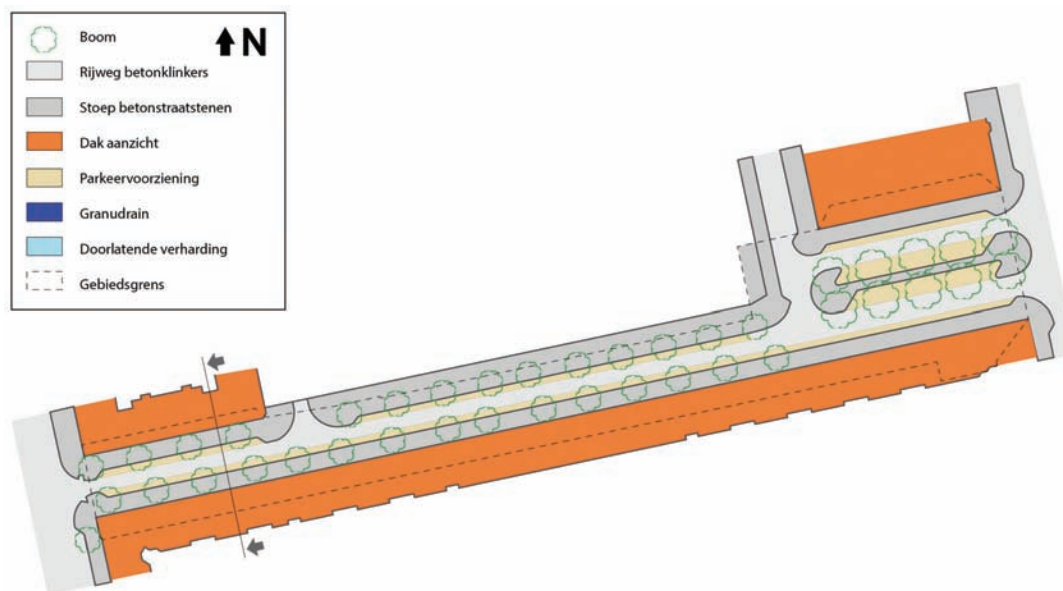


Figuur 3.2 Vooroorlogs bouwblok: straat praktijkvoorbeeld.

Vanwege de grote hoeveelheid verharding in verhouding tot groen en water zijn de binnensteden waar we de bouwblokken aantreffen gevoelig voor hittestress. Door variatie in hoogte/breedte-verhoudingen en oriëntatie zijn de straten meer of minder gevoelig voor het opwarmen en vasthouden van warmte.

3.1.2 Praktijkvoorbeeld vooroorlogs bouwblok

Dit praktijkvoorbeeld betreft een deel van een straat in een vooroorlogs bouwblok gelegen in een stad in West-Nederland. De wijk is rond 1930 gebouwd. De beschouwde straat is typerend voor deze typologie, maar heeft enkele specifieke kenmerken. Door zetting van de bodem zijn enige verzakkingen van de straat op getreden. Het grondwaterpeil ligt op circa 0,8m onder het maaiveld.



Figuur 3.3 Vooroorlogs bouwblok: plattegrond praktijkvoorbeeld.

Kenmerken:

- Lengte straat: 300 meter.
- Aantal woningen: 176.
- Een zeer groot deel van de openbare ruimte is verhard (circa 75%).
- De verharding bestaat uit klinkers en betonnen stoeptegels.
- Er is geen hoogteverschil in het straatpeil.
- Er staan in totaal 43 bomen in de straat.
- De afstand tussen de gevels is gemiddeld 15 meter.
- Het regenwaterriool is ontworpen om 20mm neerslag in één uur af te voeren, geen water op straat bij ontwerpbeurt 8 (herhalingstijd één keer in de twee jaar).

Geplande werkzaamheden aan de straat

Tijdens het groot onderhoud in de straat worden de verharding en de riolering geheel vervangen. Deze situatie biedt de kans om de straat klimaatbestendig in te richten. De hierna volgende pagina's tonen vier mogelijke varianten van herinrichting van de straat.

3.1.3 Inrichtingsvarianten vooroorlogs bouwblok

Variant 0: Traditionele herinrichting

De gemeente hoort de openbare ruimte op tot de oorspronkelijke aanleghoogte. Hierbij worden het bestaande regenwaterriool en de verharding vernieuwd.



Figuur 3.4 Vooroorlogs bouwblok: variant 0.

Variant 1: Berging op straat

De openbare ruimte wordt vernieuwd en gemiddeld 3 centimeter lager aangelegd dan in variant 0. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid tot extra waterberging op straat. Het bestaande regenwaterriool wordt vernieuwd.



Figuur 3.5 Vooroorlogs bouwblok: variant 1.

Variant 2: Lokale infiltratiegoot

Er wordt geen regenwaterriool aangelegd. Het wegprofiel is aangepast zodat het verzamelde regenwater infiltreert via een infiltratiegoot. De infiltratiegoot is ontworpen om 20mm neerslag in één uur te verwerken. Het wegprofiel is verlaagd aangelegd, zodat de mogelijkheid tot extra waterberging ontstaat.



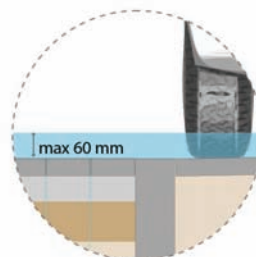
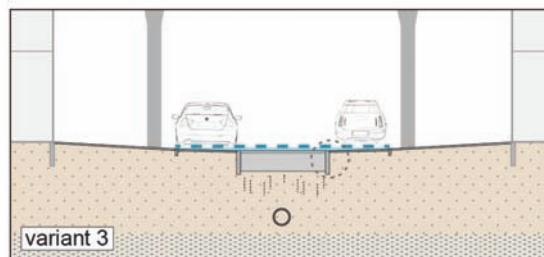
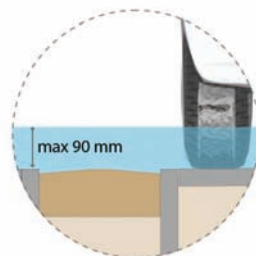
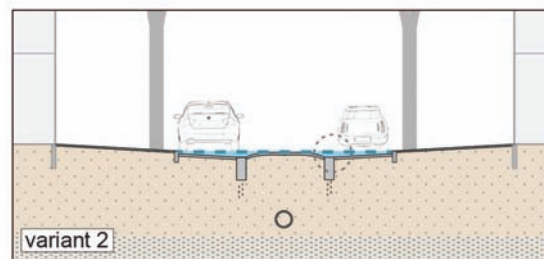
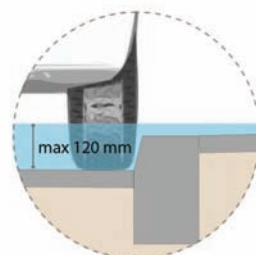
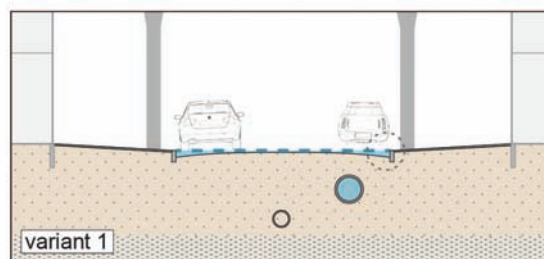
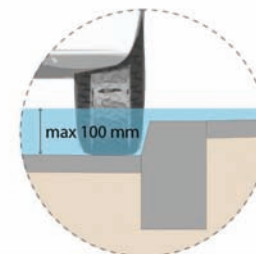
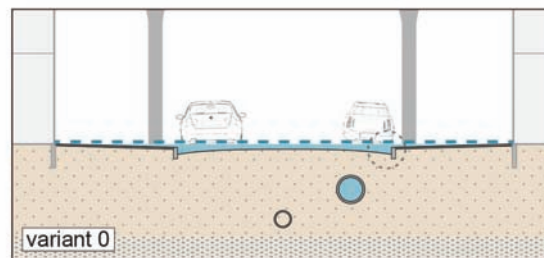
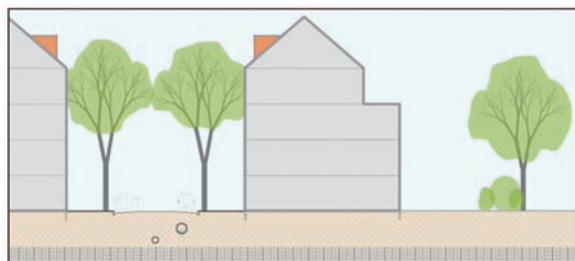
Figuur 3.6 Vooroorlogs bouwblok: variant 2.

Variant 3: Doorlatende verharding

Er wordt geen regenwaterriool aangelegd. Regenwater verzamelt zich op de rijloper. De rijloper is uitgevoerd met een doorlatende steenverharding, waardoor het water kan infiltreren. De openbare ruimte is verlaagd aangelegd.



Figuur 3.7 Vooroorlogs bouwblok: variant 3.



Figuur 3.8 Vooroorlogs bouwblok: herinrichting met waterniveau bij 40mm neerslag in één uur.³

3. Voor deze bui is gekozen omdat zo de verschillen tussen de varianten het beste in de figuur zichtbaar zijn.

	VARIANT 0	VARIANT 1	VARIANT 2	VARIANT 3
AFVOERCAPACITEIT REGENWATERRIODL (MM/UUR)	20	20	0	0
BERGING OP STRAAT (MM)	20	40	40	40
LOKALE BERGING IN VOORZIENING (MM)	0	0	20	20
TOTALE VERWERKINGSCAPACITEIT (MM NA 1 UUR)	40	60	60	60
WATER IN WONINGEN (EENS PER ...JAAR)	10	100	100	100

Tabel 3.1 Vooroorlogs bouwblok: overzicht karakteristieken varianten.

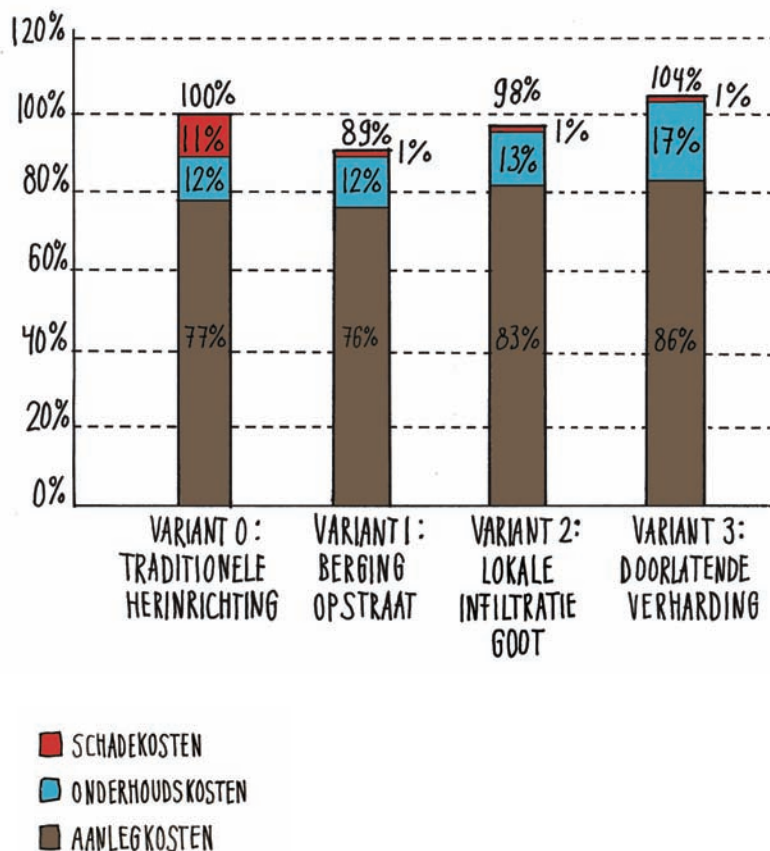
3.1.4 Kosten en baten

Onderstaande grafiek toont de jaarlijkse kosten van de verschillende varianten, ten opzichte van de totale jaarlijkse kosten voor variant 0. Deze jaarlijkse kosten bestaan uit de kosten voor aanleg, onderhoud en waterschade. De aanlegkosten (inclusief herinrichtingskosten) over 100 jaar zijn omgerekend tot jaarlijkse kosten.

De totale jaarlijkse kosten voor variant 0 zijn €4,20/jaar per m² openbare ruimte, exclusief BTW.

De jaarlijkse kosten van variant 1 zijn ongeveer 10% lager dan bij traditionele inrichting (variant 0). De jaarlijkse kosten van de overige varianten zijn ongeveer gelijk.

Varianten 0 en 1 kosten in aanleg en beheer evenveel. Het verschil zit in de waterschade die bij variant 1 nihil is.



Tabel 3.9 Vooroorlogs bouwblok: kostenverdeling.

3.1.5 Conclusies vooroorlogs bouwblok

- De totale jaarlijkse (aanleg-, onderhouds- en schade)kosten van de onderzochte inrichtingsvarianten liggen niet ver uit elkaar. Alleen de inrichtingsvariant met extra waterberging op straat (variant 1) is aanmerkelijk goedkoper dan een traditionele inrichting.
- Het vooroorlogs bouwblok heeft veel verhard oppervlak, weinig grootschalig groen of water en kent een intensief gebruik van de openbare ruimte. Oplossingen voor regenwaterberging liggen dan ook in meervoudig ruimtegebruik in de straat, dus in een combinatie van functies.
- Door mee te liften met het groot onderhoud van de verharding en riolering, is bij herinrichting eenvoudig meer ruimte te maken voor het bergen en afvoeren van regenwater. Dit hoeft niet te leiden tot hogere kosten: het kan de kosten zelfs verlagen.
- Door minder op te hogen kan er meer water op straat worden geborgen. Ophogen tot de originele maaiveldhoogte of / het oorspronkelijke straatpeil is vaak niet nodig. Minder ophogen van een straat betekent minder kosten en meer bergingsruimte op straat.
- Voor de traditionele inrichting zijn de waterschadekosten hoger dan bij een klimaatbestendige inrichting. Deze kosten liggen meestal niet bij de gemeente.
- Doorlatende verharding heeft hogere aanlegkosten dan de traditionele klinkerverharding en kent ook relatief hoge onderhoudskosten. De praktijkervaring met het onderhoud aan de verschillende typen doorlatende verharding is wisselend. Ontwerpkeuzes en lokale omstandigheden blijken van grote invloed te zijn op de uiteindelijke onderhoudsbehoefte en kosten daarvan.
- Doordat de wijk plat is (nauwelijks maaiveldhoogteverschil) en de grondwaterstand voldoende laag is, is de kans op waterschade eenvoudig en zonder extra kosten te verminderen.

3.2 Naoorlogse tuinstad hoogbouw

3.2.1 Kenmerken typologie naoorlogse tuinstad hoogbouw

De naoorlogse tuinstad hoogbouw kenmerkt zich door een ruime groenstructuur. Tussen de bouwblokken bevindt zich afwisselend een groengebied, een parkeerplaats, of een combinatie van die twee. Rondom de wijken ligt vaak oppervlaktewater.

Alhoewel er veel groen is, mist het effectiviteit. Het meeste groen is namelijk 'kijkgroen' dat bestaat uit grasveld zonder extra functie. Het wordt veelal niet optimaal gebruikt of ingezet voor bijvoorbeeld waterberging. Zonde, de ruime opzet en het vele groen biedt de mogelijkheid meer water binnen de wijk te houden.

Extreme buien kunnen in deze wijken voor veel water op straat zorgen, omdat het aanwezige groen doorgaans hoger is gelegen dan de wegen en het geen functie heeft voor afwatering en infiltratie. De schade zal overigens over het algemeen meevallen, omdat zich op de begane grond in de regel uitsluitend bergingen bevinden.

De gevoeligheid voor hittestress in deze wijken is niet direct urgent, vanwege goede ventilatie (wind) door de open structuur en het aanwezige groen. Echter, op de grote parkeerplaatsen en ook op de grasvelden met weinig bomen kan de temperatuur flink oplopen. Zeker op windstille dagen zijn er in deze wijken dan onvoldoende plekken die voor verkoeling zorgen.

3.2.2 Lokale situatie praktijkvoorbeeld naoorlogse tuinstad hoogbouw

De beschouwde straat in dit praktijkvoorbeeld is gelegen in Oost-Nederland. De straat is typerend voor de typologie tuinstad hoogbouw, en is eind jaren '50 gebouwd.

De bodem heeft een goede infiltratiecapaciteit, maar kent fluctuerende grondwaterstanden die soms vrij hoog zijn.



Tabel 3.10 Naoorlogse tuinstad hoogbouw.



Tabel 3.11 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: straat praktijkvoorbeeld.



Tabel 3.12 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: plattegrond praktijkvoorbeeld.

Kenmerken situatie:

- Lengte straat: 220 meter (twee portiekflats).
- Aantal woningen: 48.
- Een groot deel van de openbare ruimte is verhard (circa 55%).
- De verharding bestaat uit betonnen straatstenen en tegels.
- Er is geen/weinig hoogteverschil in het straatpeil.
- De afstand tussen de gevels is 30 meter.
- De flats worden gescheiden door een rijloper, een parkeervoorziening en een gazon van circa 20 meter breed en er staat een enkele boom tussen de flats.
- Op de begane grond bevinden zich de bergingen van de appartementen.
- In de straat ligt een gemengd rioolstelsel.

Geplande werkzaamheden aan de straat:

Tijdens de reconstructie van de openbare ruimte worden de gehele verharding en riolering vervangen. Dit biedt de kans om de straat klimaatbestendig in te richten. We hebben vier mogelijke varianten van herinrichting van de straat uitgewerkt.

3.2.3 Inrichtingsvarianten naoorlogse tuinstad hoogbouw

Variant 0: Traditionele herinrichting

De gehele openbare ruimte wordt vernieuwd. Het bestaande gemengde rioolstelsel maakt plaats voor een gescheiden stelsel.



Tabel 3.13 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: variant 0.

Variant 1: Berging op straat

De openbare ruimte wordt gemiddeld twee centimeter lager aangelegd. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid tot extra waterberging op straat. Het gemengde rioolstelsel wordt vervangen door een gescheiden stelsel.



Tabel 3.14 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: variant 1.

Variant 2: Centrale wadi

Het gemengde rioolstelsel wordt vervangen door een vuilwaterriolering. De straat wordt heringericht zonder regenwaterriool. Molgoten en verlaagde trottoirbanden leiden het regenwater naar twee wadi's, waar het binnen 24 uur kan infiltreren. Via een overstort wordt overtollig water naar het oppervlaktewater geleid. De openbare ruimte is verlaagd met gemiddeld twee centimeter, zodat meer regenwater op straat kan worden geborgen.



Tabel 3.15 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: variant 2.

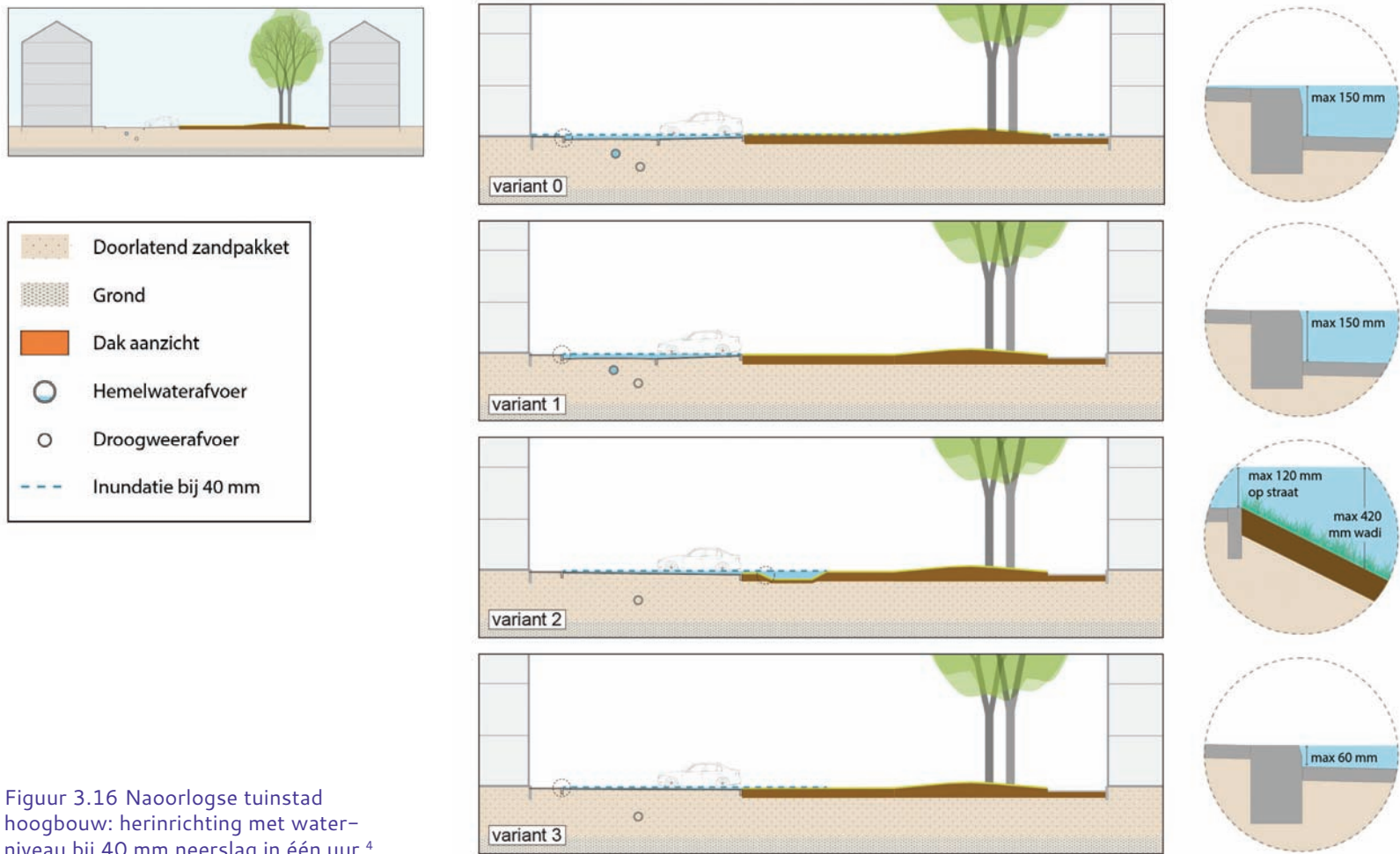
Variant 3: Doorlatende verharding

Het gemengde rioolstelsel wordt vervangen door een vuilwaterriolering. De straat wordt heringericht zonder regenwaterriool. Regenwater verzamelt zich op de rijloper. De rijloper is uitgevoerd met een doorlatende steen, waardoor het regenwater ter plekke kan infiltreren. Daarnaast wordt de openbare ruimte verlaagd met gemiddeld twee centimeter, waardoor de mogelijkheid tot extra waterberging ontstaat.



Tabel 3.16 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: variant 3.

Uitwerking



Figuur 3.16 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: herinrichting met water-niveau bij 40 mm neerslag in één uur.⁴

4. Voor deze bui is gekozen omdat zo de verschillen tussen de varianten het beste in de figuur zichtbaar zijn.

	VARIANT 0	VARIANT 1	VARIANT 2	VARIANT 3
AFVOERCAPACITEIT REGENWATERRIODL (MM/UUR)	20	20	0	0
BERGING OP STRAAT (MM)	20	40	40	40
LOKALE BERGING (MM)	0	0	20	20
TOTALE VERWERKINGSCAPACITEIT (MM NA 1 UUR)	40	60	60	60
WATER IN WONINGEN (EENS PER ...JAAR)	10	100	100	100

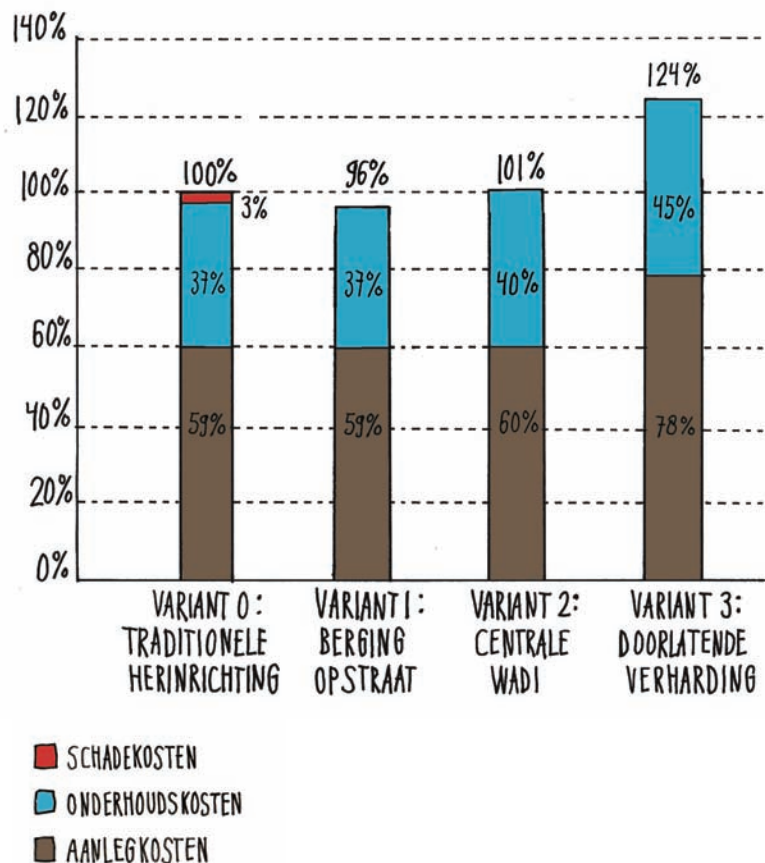
Tabel 3.2 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: overzicht karakteristieke varianten.

3.2.4 Kosten en baten

Onderstaande grafiek toont de jaarlijkse kosten van de verschillende varianten, ten opzichte van de totale jaarlijkse kosten voor variant 0. Deze jaarlijkse kosten bestaan uit de aanlegkosten, de onderhoudskosten en de kosten door wateroverlast. De aanlegkosten (inclusief herinrichtingskosten) over 100 jaar zijn omgerekend tot jaarlijkse kosten.

De totale jaarlijkse kosten voor variant 0 zijn €2,90/jaar per m² openbare ruimte, exclusief BTW.

De jaarlijkse kosten van variant 1 zijn het laagst. Variant 0 en 2 hebben vrijwel gelijke jaarlijkse kosten en variant 3 is de duurste oplossing (vooral door hogere aanlegkosten). De waterschadekosten zijn relatief laag omdat de schade in een berging lager is dan in een woning. De onderhoudskosten zijn in dit geval relatief hoog, circa 40% van de totale kosten.



3.2.5 Conclusies naoorlogse tuinstad hoogbouw

- De naoorlogse tuinstad hoogbouw kent veel groen in de wijk. Hierdoor zijn er ruime mogelijkheden om regenwater bovengronds op te vangen en te infiltreren, of vertraagd af te voeren.
- Door mee te liften met herinrichtingswerkzaamheden is er meer ruimte te vinden voor regenwaterberging, zonder dat dit tot een stijging van de jaarlijkse kosten leidt. Bij variant 1 (berging op straat) zijn de jaarlijkse kosten zelfs lager.
- De optredende schadekosten door wateroverlast vallen relatief laag uit, omdat er in de portiekflats van een naoorlogse tuinstad hoogbouw geen woningen op het maaiveld zijn gesitueerd.
- Door de straat lager aan te leggen, kan er meer water op straat worden geborgen zonder dat overlast optreedt. De kostenbesparing is echter gering en ook de baten zullen klein zijn (omdat de schadekosten laag zijn).
- De aanleg van doorlatende verharding is relatief duur in deze wijk (-typologie).
- De kosten voor het aanleggen en onderhouden van doorlatende verharding zijn aanmerkelijk hoger dan die van een centrale wadi met molgoten.
- Doordat de wijk plat is (nauwelijks maaiveldhoogteverschil) en de grondwaterstand voldoende laag is, is de kans op waterschade eenvoudig en zonder extra kosten te verminderen.

Figuur 3.17 Naoorlogse tuinstad hoogbouw: kostenverdeling.

3.3 Bloemkoolwijk – woonerf

3.3.1 Kenmerken typologie bloemkoolwijk

De bloemkoolwijk heeft een karakteristieke structuur. In een aaneenschakeling van woonerven, verbonden door een kronkelige weg, wordt ieder woonerf omsloten door woningen. Deze structuur heeft van bovenaf gezien de vorm van een bloemkool, waarbij de woonerven de bloemkoolroosjes voorstellen.

Het is een veelvoorkomende wijktypologie. In 2008 woonde één op de zes inwoners van Nederland in een 'woonerfwijk' (Wagenaar, Mens, Singelenberg, & Visser, 2008). De wijken zijn gebouwd met de visie de sociale cohesie op buurtniveau terug te brengen.

De bloemkoolwijk bevindt zich meestal aan de rand van de stad, op fietsafstand van de binnenstad. Vaak ligt er een grote verkeersader tussen de wijk en de stad. Dat vormt een barrière, maar zorgt ook voor een relatief goede ontsluiting op uitvalswegen. Door de gunstige ligging voor forensen is het autobezit in deze wijken hoog. Echter, bij de aanleg van de woonerven speelde de auto een ondergeschikte rol. Het een en ander heeft geleid tot een inrichting van de erven waarin de auto inmiddels een hoofdrol speelt.

Een kenmerk van de bloemkoolwijken is de grote hoeveelheid groen nabij of aan de rand van de woonerven. Bij de opzet zijn groen en blauw bewust ingezet ten behoeve van de woonkwaliteit. Er is echter weinig zicht vanuit de wijk op het omliggend groen. De verbinding tussen de woonerven en het groen is meestal beperkt. De woonerven zelf zijn vaak sterk verhard, zodat ze gevoelig zijn voor wateroverlast bij extreme neerslag.

Door de ligging aan de rand van de stad en de aanwezigheid van groen en water in de buurt zijn deze wijken in potentie goed bestand tegen hittestress. Evengoed treden er binnen de straten en woonerven nog wel problemen op met hitte, vanwege veel verharding en lokale afwezigheid van groen.

3.3.2 Lokale situatie praktijkvoorbeeld bloemkoolwijk

Dit praktijkvoorbeeld betreft een deel van een straat in een bloemkoolwijk in Flevoland.

De wijk is eind jaren zeventig gebouwd. Sinds de aanleg is het maaiveld en het rijwegpeil van de straten door zetting van de grond circa 30 centimeter gezakt. De woningen zelf zijn niet gezakt omdat ze gefundeerd zijn op het zand onder het klei/veenpakket.



Figuur 3.18 Bloemkoolwijk.



Figuur 3.19 Bloemkoolwijk: straat praktijkvoorbeeld.



Figuur 3.20 Bloemkoolwijk: plattegrond praktijkvoorbeeld.

Kenmerken:

- Lengte straat: 90 meter.
- Aantal woningen: 13.
- Een groot deel van de openbare ruimte is verhard (circa 50%).
- De verharding bestaat uit betonnen straatstenen en tegels.
- Er is geen hoogteverschil in het straatpeil.
- Er staan in totaal 8 bomen en langs een zijde van de rijweg ligt een groenstrook van 2m breed met hagen.
- Centraal in het beschouwde gebied ligt een kleine speelplaats, omringd door een haag en 4 bomen.
- De tuinen van de woningen aan de straatzijde zijn nagenoeg volledig verhard.

- Gescheiden rioolstelsel.
- Het regenwaterriool is ontworpen om 20mm neerslag in één uur te bergen / af te voeren.

Geplande werkzaamheden aan de straat:

Tijdens het geplande groot onderhoud hoort de gemeente de verharding en het groen op. De riolering is nog niet aan vervanging toe, volgens de inspecties kan die nog minimaal 20 jaar mee. De renovatie biedt de kans om de straat klimaatbestendig in te richten.

3.3.3 Inrichtingsvarianten bloemkoolwijk

Variant 0: Traditionele herinrichting

Het wegprofiel wordt opgehoogd tot de oorspronkelijke aanleghoogte. Het bestaande regenwaterriool blijft gehandhaafd.



Figuur 3.21 Bloemkoolwijk: variant 0.

Variant 1: Berging op straat

Het straatprofiel wordt circa 4 cm lager aangelegd dan het oorspronkelijke ontwerp, waardoor de mogelijkheid tot extra waterberging op straat ontstaat. Het bestaande regenwaterriool blijft gehandhaafd



Figuur 3.22 Bloemkoolwijk: variant 1.

Variant 2: Lokale wadi's

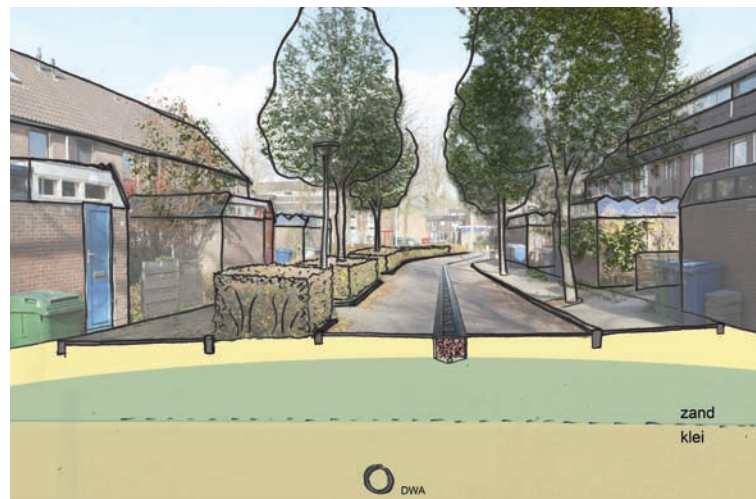
De weg wordt verlaagd. Het regenwaterriool wordt verwijderd. Via molgoten stroomt het water naar lokale wadi's op de voormalige plek van de hagen.



Figuur 3.23 Bloemkoolwijk: variant 2.

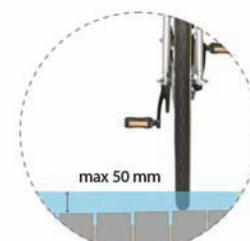
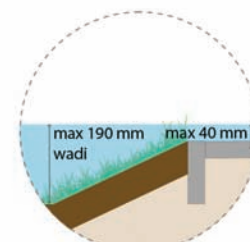
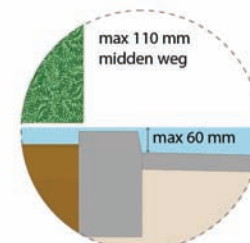
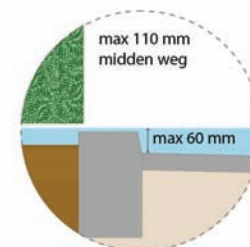
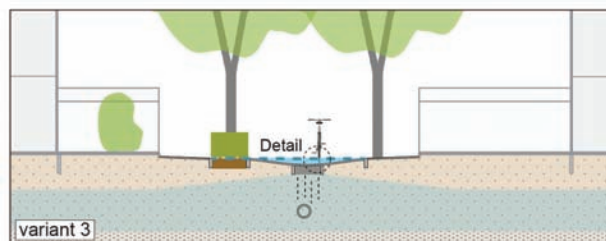
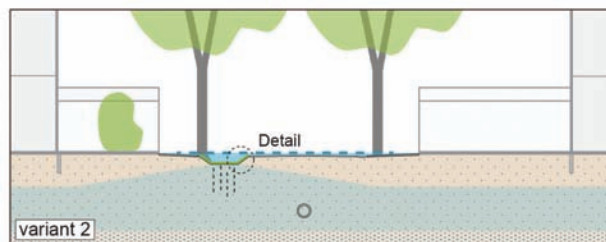
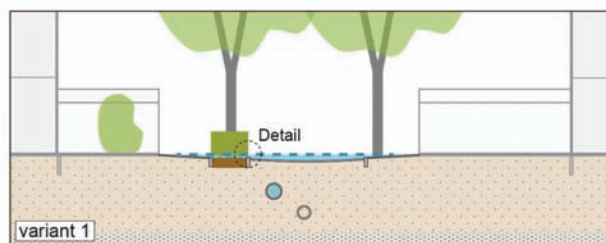
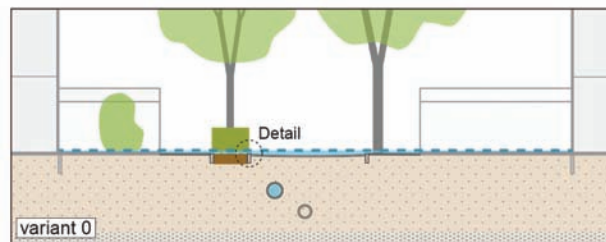
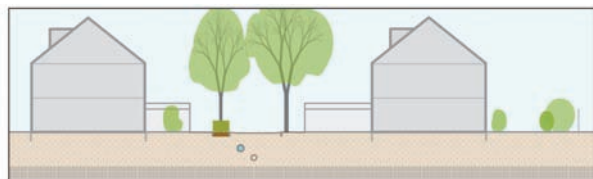
Variant 3: Centrale wadi, klein

Ook hier verlagen we de weg. Het regenwaterriool wordt verwijderd. Via een goot met doorlatende verharding stroomt water naar een grote wadi centraal in de wijk. Bij kleine buien (<5 mm) infiltreert het water in de goot.



Figuur 3.24 Bloemkoolwijk: variant 3.

Uitwerking



Figuur 3.25 Bloemkoolwijk: herinrichting met waterniveau bij 40 mm neerslag in één uur.⁵

5. Voor deze bui is gekozen omdat zo de verschillen tussen de varianten het beste in de figuur zichtbaar zijn.

	VARIANT 0	VARIANT 1	VARIANT 2	VARIANT 3
AFVOERCAPACITEIT REGENWATERRIODL (MM/UUR)	20	20	0	0
BERGING OP STRAAT (MM)	20	40	40	30
LOKALE BERGING IN VOORZIENING (MM)	0	0	20	>40
TOTALE VERWERKINGSCAPACITEIT (MMNA / UUR)	40	60	60	> 70
WATER IN WONINGEN (EENS PER ...JAAR)	10	100	100	>100

Tabel 3.3 Bloemkookwijk: overzicht karakteristieken varianten.

In varianten 2 en 3 is de ondergrond van de wadi's zo opgebouwd dat binnen 24 uur al het geborgen regenwater infiltreert. Als er meer regen valt dan dat er in de wadi's past, stroomt het surplus via een slokop weg naar het oppervlaktewater.

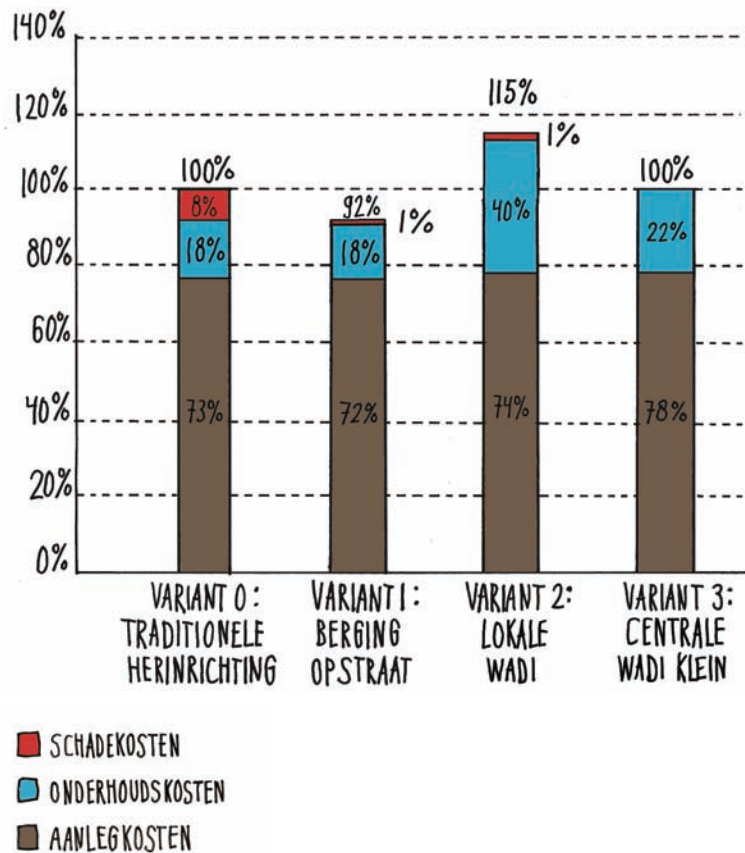
3.3.4 Kosten en baten

Onderstaande grafiek toont de jaarlijkse kosten van de verschillende varianten, ten opzichte van de totale jaarlijkse kosten voor variant 0. Deze jaarlijkse kosten bestaan uit de aanlegkosten, de onderhoudskosten en de kosten door wateroverlast.

De totale jaarlijkse kosten voor variant 0 zijn €5,70/jaar per m² openbare ruimte, exclusief BTW.

De aanlegkosten (inclusief herinrichtingskosten) over 100 jaar zijn omgerekend tot jaarlijkse kosten. Deze zijn hier circa 4 keer zo hoog als de onderhoudskosten. Waterschadeposten vormen in variant 0 een kleine 10% van de totale kosten. Bij een klimaatbestendige inrichting neemt dat af tot enige procenten.

Over een periode van 100 jaar kent variant 1 de laagste jaarlijkse kosten. Dat wil zeggen dat de totale kosten van aanleg, onderhoud en schades, teruggerekend naar de kosten per jaar, het laagst zijn. Variant 2 met de kleinschalige (lokale) wadi's is de duurste variant. Variant 0 en 3 zijn vrijwel even duur.



3.3.5 Conclusies bloemkoolwijk

De conclusies uit de verschillende varianten van de bloemkoolwijk zijn:

- Door klimaatbestendige maatregelen mee te nemen bij herinrichting van een bloemkoolwijk, hoeven de jaarlijkse kosten niet te stijgen en kunnen deze mogelijk zelfs dalen.
- Door de opbouw van een bloemkoolwijk, met relatief veel groen aan de randen van de wijk, zijn er veel mogelijkheden om regenwater bovengronds op te vangen, te infiltreren of vertraagd af te voeren.
- De traditionele inrichting kent hogere te verwachten kosten aan waterschade dan een klimaatbestendige inrichting.
- De jaarlijkse kosten van de klimaatbestendige variant met regenwaterriool (variant 1) zijn circa 10% lager dan die van de traditionele inrichting. Dit komt doordat de te verwachten schadekosten lager zijn.
- De onderhoudskosten van kleine, decentrale wadi's zijn relatief hoog. De jaarlijkse kosten van de klimaatbestendige variant 2, die uitgaat van decentrale wadi's zonder regenwaterriool, zijn daardoor hoger dan de andere inrichtingsvarianten.

Figuur 3.25 Bloemkoolwijk: kostenverdeling.

- Het is voordeliger om een grote centrale wadi aan te leggen dan kleine, versnipperde voorzieningen. De jaarlijkse kosten van de klimaatbestendige variant met een centrale wadi (en zonder regenwaterriool) (variant 3) zijn ongeveer even hoog als die van de traditionele inrichting. De hogere onderhoudskosten worden gecompenseerd door lagere schadekosten.
- Ophogen tot de originele maaiveldhoogte / het oorspronkelijke straatpeil is vaak niet nodig. Minder ophogen van een straat betekent minder kosten en meer bergingsruimte op straat.
- Doordat de wijk plat is (nauwelijks maaiveldhoogteverschil) en de grondwaterstand voldoende laag is, is de kans op waterschade eenvoudig en zonder extra kosten te verminderen.





4 EINDCONCLUSIES

De drie voorbeelden illustreren in detail dat een klimaatbestendige inrichting niet duurder hoeft te zijn dan een traditionele inrichting. Vooral het lager aanleggen van de straat blijkt in deze situaties (met voldoende lage grondwaterstanden en weinig hoogteverschil) een eenvoudige en goedkope aanpak, waarmee de kosten voor beheer en onderhoud gelijk blijven, maar de waterschadetekosten sterk afnemen.

- Groot onderhoud aan verhardingen of riolering is aanleiding voor herinrichting van een straat. Dit biedt kansen om de straat klimaatbestendig te maken.
- Er zijn diverse mogelijkheden om bij herinrichting van een straat klimaatbestendigheid mee te nemen.
- ***Voor hetzelfde geld klimaatbestendig***: een klimaatbestendige inrichting van een straat is, voor de besproken praktijkvoorbeelden, net zo duur als, of zelfs goedkoper dan, een traditionele herinrichting. De kosten bestaan uit aanlegkosten, de kosten voor het onderhoud en eventuele schadetekosten, beschouwd over een lange periode.

Eindconclusies

- Over 100 jaar bekeken zijn, in de praktijkvoorbeelden in dit voorbeeldenboek, de onderhoudskosten tot een factor zes lager dan de aanlegkosten. Omdat veel onderhoud jaarlijks terugkomt, hebben juist onderhoudskosten veel aandacht bij gemeenten. Bij het kiezen van klimaatbestendige varianten is het van belang hier voldoende aandacht aan te besteden.
- De verschillen in onderhoudskosten voor de beschreven varianten is relatief groot. Vooral doorlatende verharding en kleine en decentrale wadi's vertalen zich in relatief hoge onderhoudskosten.
- De meest eenvoudige, goedkope en effectieve maatregel, het vergroten van berging op straat door het straatpeil enkele centimeters lager aan te leggen, vermindert de kans op waterschade en kost bij herinrichting niets extra. Het verdient zich daarom snel terug. Deze optie was in alle praktijkvoorbeelden mogelijk, omdat het grondwaterpeil voldoende laag ligt en het gebied erg plat is.
- Het verminderen of voorkomen van schadekosten is een baat. Deze baat is in financiële zin klein ten opzichte van de totale jaarlijkse kosten. In de praktijkvoorbeelden in dit voorbeeldenboek vormen ze 3 tot 11% van de jaarkosten voor de traditionele inrichting. De baten liggen niet bij de gemeente maar bij de eigenaren van gebouwen.
- Zonder rekening te houden met het voorkomen van schade kan klimaatbestendig inrichten al financieel aantrekkelijk zijn.
- In de praktijkvoorbeelden in dit voorbeeldenboek zijn bijkomende voordelen die lastig kwantificeerbaar zijn nog niet meegenomen. De voordelen voor de ecologie, energiebesparing, een betere luchtkwaliteit, de leefbaarheid van de straat, het voorkomen van hittestress en het beperken van afvoer naar het oppervlaktewater of de lokale zuivering zijn in potentie stuk voor stuk belangrijke extra argumenten om een straat klimaatbestendig in te richten.

De drie wijktypologieën waarvoor we de voorbeelden hebben uitgewerkt zijn erg verschillend in mate van verharding en ruimte voor water. Het is bemoedigend dat voor elk van deze drie typologieën de conclusie luidt dat de inrichting voor hetzelfde geld klimaatbestendig kan zijn. De herinrichtingsopgaven in de komende 30 jaar bieden de unieke kans om dit te doen.

Vervolg

Ongeveer een kwart van de Nederlandse straten is ingericht volgens één van de in deze publicatie beschreven drie wijktypologieën.

Eind 2016 komt een nieuw voorbeeldenboek uit met meer praktijkvoorbeelden. Hierin nemen we praktijkvoorbeelden voor andere typologieën op, inclusief situaties met meer helling, hogere grondwaterstanden en slechtere doorlatendheid. Bovendien besteden we in die uitgave meer aandacht aan andere baten van klimaatbestendig inrichten, zoals baten uit een groene leefomgeving of water in de buurt. Denk aan de effecten op gezondheid, beeldkwaliteit, woongenot en energieverbruik.

Over het functioneren op de lange duur (en de kosten die dit meebrengt) van doorlatende verhardingen en wadi's hebben de gemeenten nog veel vragen. Extra onderzoek naar en innovatie in de aanleg en het beheer en onderhoud van doorlatende verharding is daarom nodig. Mogelijk worden hierdoor de aanlegkosten en kosten voor beheer en onderhoud van deze voorzieningen in de toekomst lager en worden de klimaatbestendige varianten met deze oplossingen voordeliger.

Literatuur

De Urbanisten. (2013). *Water Square Benthemplein*. Opgehaald van www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein.

Deltaprogramma. (2014). *Bestuursovereenkomst Deltaprogramma: Borging deltabeslissingen en voorkeursstrategieën*. Den Haag: Deltaprogramma.

Deltaprogramma Ruimtelijke adaptatie. (2014). *Deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie: Het Deltaprogramma: een nieuwe aanpak*. De Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.

Kleerekoper, L. (2016). *Urban Climate Design. Improving thermal comfort in Dutch neighbourhood typologies*. Delft: Delft University of Technology.

Kluck, J., Hogezaand, R. v., Dijk, E. v., Meulen, J. v., & Straatman, J. (2013). *Extreme neerslag: Anticiperen op extreme neerslag in de stad*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam: Kenniscentrum Techniek.

Lorzing, H., Harbers, A., & Schluchter, S. (2008). *Een stedenbouwkundige typologie*. Rotterdam: NAI.

SBRCURnet. (2014). *Kostenindicaties van klimaatmaatregelen in de stad*. Rotterdam: SBRCURnet.

Stichting Rioned. (2015). *Leidraad Riolerings Module D1100: Kostenkengetallen rioleringszorg*. Ede: Stichting Rioned.

TEEB Stad. (2012). *Groen loont met TEEB Stad: Gemeenten redeneren, rekenen en verdienen met de baten van natuur en water*. Deventer: Stichting Open Boek. Opgehaald van www.degroenestad.nl

Versteegh, M. (2015). *De Peilstok 2014: Inspirerende projecten voor droge voeten en een koel hoofd*. Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) .

Wagenaar, C., Mens, N., Singelenberg, J., & Visser, A. (2008). *De toekomst van de bloemkoolwijken*. Rotterdam: SEV.

