

KLIMAATADAPTATIE IN BERKEL CENTRUM WEST

Aanpassen aan een extremer klimaat

Gemeente Lansingerland

DEFINITIEVE VERSIE

21 DECEMBER 2018



Contactpersoon

ARCADIS

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 56825
1040 AV Amsterdam
Nederland

INHOUDSOPGAVE

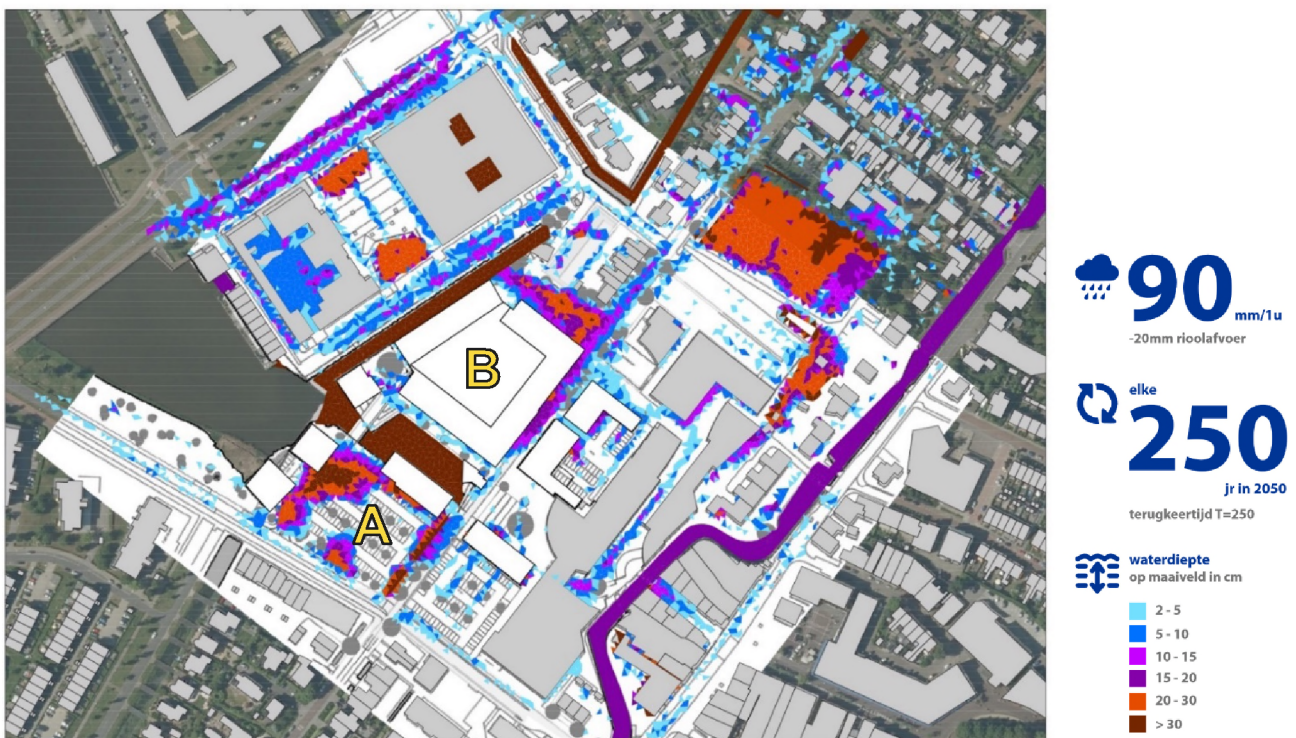
SAMENVATTING	4
1 AANLEIDING	5
2 ONDERZOEKSOPZET EN WERKWIJZE	6
2.1 Werkwijze simulatie extreme neerslag	6
2.2 Werkwijze simulatie hitte	8
3 EXTREME NEERSLAG	9
3.1 Simulatie extreme neerslag	9
3.2 Risico's extreme neerslag	12
3.3 Verkleinen van de risico's	13
4 HITTE	18
4.1 Kwetsbaarheid voor hitte	19
4.2 Knelpunten hitte	23
4.3 Mogelijke maatregelen hitte	23
COLOFON	25

SAMENVATTING

Het plan Berkel Centrum West voorziet in de nieuwbouw van winkels en appartementen in nu nog onbebouwd gebied. Uit de klimaatstresstest-light (Arcadis, 2018) komt dit gebied naar voren als mogelijk knelpunt voor extreme neerslag (piekbuien) en hittestress. In dit onderzoek is de kwetsbaarheid van het gebied voor extreme neerslag en hittestress nader geanalyseerd en worden maatregelen voorgesteld om deze kwetsbaarheid te verkleinen.

De locatie Berkel Centrum West is kwetsbaar voor wateroverlast en hittestress, maar adaptatiemaatregelen kunnen relatief eenvoudig en zonder grote meerkosten in het ontwerp worden opgenomen.

De kwetsbaarheid voor wateroverlast is bepaald aan de hand van de standaard neerslaggebeurtenissen voor stresstesten zoals opgesteld door het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie. De simulatie is uitgevoerd op basis van de bestaande maaiveldsituatie en laat zien dat regenwater zich voornamelijk verzamelt op de zuidelijke parkeerplaats (A) en op de Westersingel langs het geplande centrale blok (B) en de aanliggende noordelijke fietsparkeerplaats. Hier ontstaat het risico dat regenwater bij extreme buien de winkelpanden instroomt. Daarnaast stroomt regenwater van buiten het plangebied via de Westersingel en het Westerwater het plangebied in.



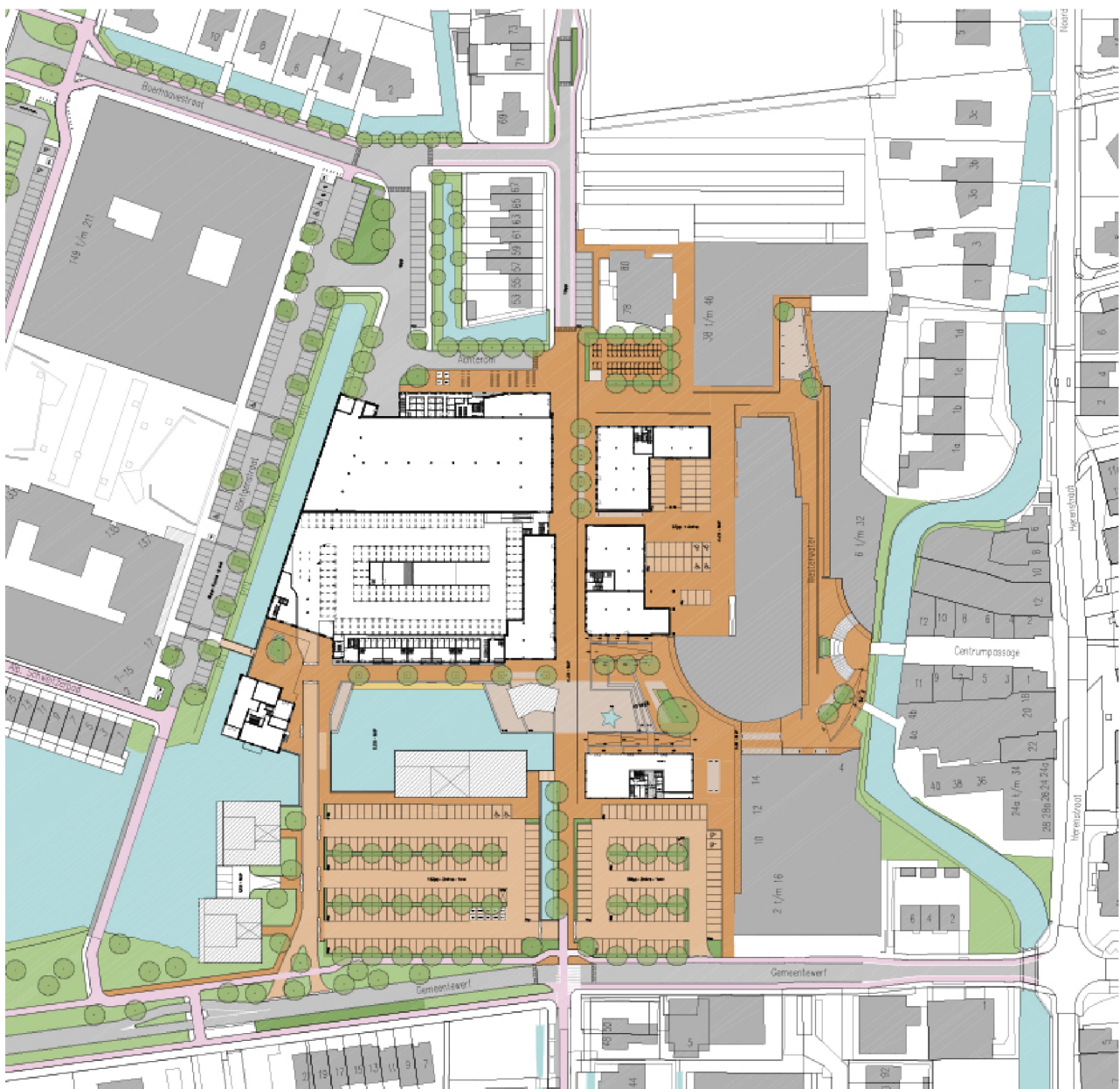
Om wateroverlast te voorkomen adviseren wij om het regenwater gecontroleerd af te laten stromen naar het geplande oppervlaktewater (haven en singels). Om dit mogelijk te maken dient de afstroming van regenwater in het hoogteontwerp van het plan meegenomen te worden en zoveel mogelijk via de geplande groenvoorzieningen lopen. In het rapport is op hoofdlijnen aangegeven hoe dit gerealiseerd kan worden. Alternatieve (bergings-)maatregelen zijn overwogen maar blijken moeilijk realiseerbaar of niet kosteneffectief. De directe oppervlakkige afvoer van regenwater naar het watersysteem heeft niet de voorkeur van het hoogheemraadschap. Ons advies is om het hoogheemraadschap te blijven betrekken bij het ontwerp. Verdere aandachtspunten zijn de capaciteit van tussenliggende duikerverbindingen en mogelijk kwetsbare in- en uitritten. We adviseren het definitief ontwerp in een gedetailleerde simulatie te toetsen op klimaatbestendigheid.

Er zijn een aantal hittestress-knelpunten in het plan geïdentificeerd: de verblijfsruimten (terrassen en zitplekken rond het winkelplein), de winkelstraat (Westersingel) en zuidelijke parkeerplek. Hier loopt de gevoelstemperatuur aanzienlijk op en kunnen bezoekers hittestress ervaren. Er zijn echter voldoende mogelijkheden om in het ontwerp meer schaduw te realiseren (bijvoorbeeld door bomen), te verkoelen (fontein en waterplein) en lichte materialen en meer groen toe te passen (plein, parkeerplaatsen en overige grote aaneengesloten openbare ruimte) wat een verkoelend effect heeft.

1 AANLEIDING

Het winkelgebied van Berkel in de gemeente Lansingerland wordt uitgebreid. Het plan voor Berkel Centrum West voorziet in de nieuwbouw van winkels en appartementen in nu nog onbebouwd gebied. Uit de klimaatstresstest-light (Arcadis, 2018) komt dit gebied naar voren als mogelijk knelpunt voor extreme neerslag (piekbuien) en hittestress. Uit verdere navraag blijkt dat bij het opstellen van het plan deze twee aspecten nog niet zijn meegenomen in het ontwerp.

De gemeente Lansingerland heeft Arcadis gevraagd om de klimaatkwetsbaarheid op de aspecten extreme neerslag en hitte van Berkel Centrum West te bepalen en om potentiële maatregelen en ontwerputgangspunten voor te stellen waarmee deze kwetsbaarheid verkleind kan worden. Door de maatregelen te ramen geven we een eerste inzicht in de (meer)kosten.



Figuur 1 Voorlopig Ontwerp Berkel Centrum West

2 ONDERZOEKSOPZET EN WERKWIJZE

In dit onderzoek doorlopen we voor beide klimaateffecten (extreme neerslag en hitte) de volgende stappen (Figuur 2).



Figuur 2 Doorlopen stappen Klimaatadaptatie in Berkel Centrum West

Op 3 december zijn de eerste onderzoeksresultaten tussentijds gedeeld met de gemeente en de betrokken landschapsarchitect. Op basis van de simulaties extreme neerslag en hitte zijn de risico's voor Berkel Centrum West aanwezen en beoordeeld. Vervolgens zijn de door Arcadis aangedragen mogelijke oplossingsrichtingen en maatregelen besproken op haalbaarheid en aangevuld. Het resultaat is opgenomen in dit verslag.

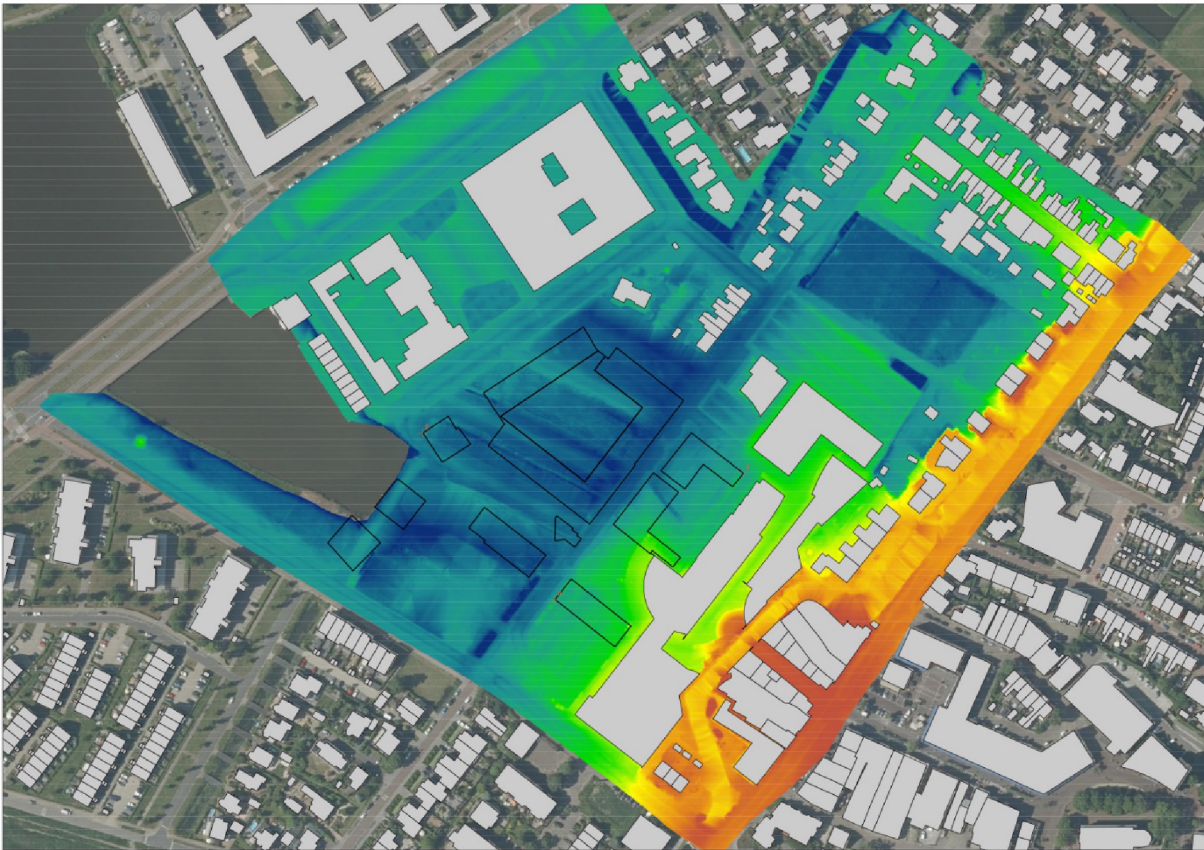
2.1 Werkwijze simulatie extreme neerslag

Om de gevolgen van extreme neerslag in het gebied inzichtelijk te maken is gebruik gemaakt van een rekenmodel dat de verspreiding van regenwater over het maaiveld simuleert. Belangrijk gegeven bij deze simulatie is het hoogteverloop van het gebied en de positie van (geplande en bestaande) gebouwen. We zijn uitgegaan van de hoogtesituatie zoals opgenomen in het AHN, het Algemeen Hoogtebestand Nederland. Op basis van het aangeleverde bestemmingsplan en de beschikbare ontwerp-tekening (Figuur 4) zijn de sloten en waterpartijen die in het nieuwe plan verdwijnen ook geëgaliseerd in de hoogte kaart. Vervolgens zijn de gebouwen en het nieuw te realiseren oppervlaktewater toegevoegd (Figuur 3 en oppervlaktewater in Figuur 6). In de werksessie werd duidelijk dat het maaiveld plaatselijk nog wordt opgehoogd, en dat er een extra singel wordt gegraven naast en achter de arbeiderswoningen Westersingel 53 en verder. Deze aanvullingen zijn niet meegenomen in de simulatie.

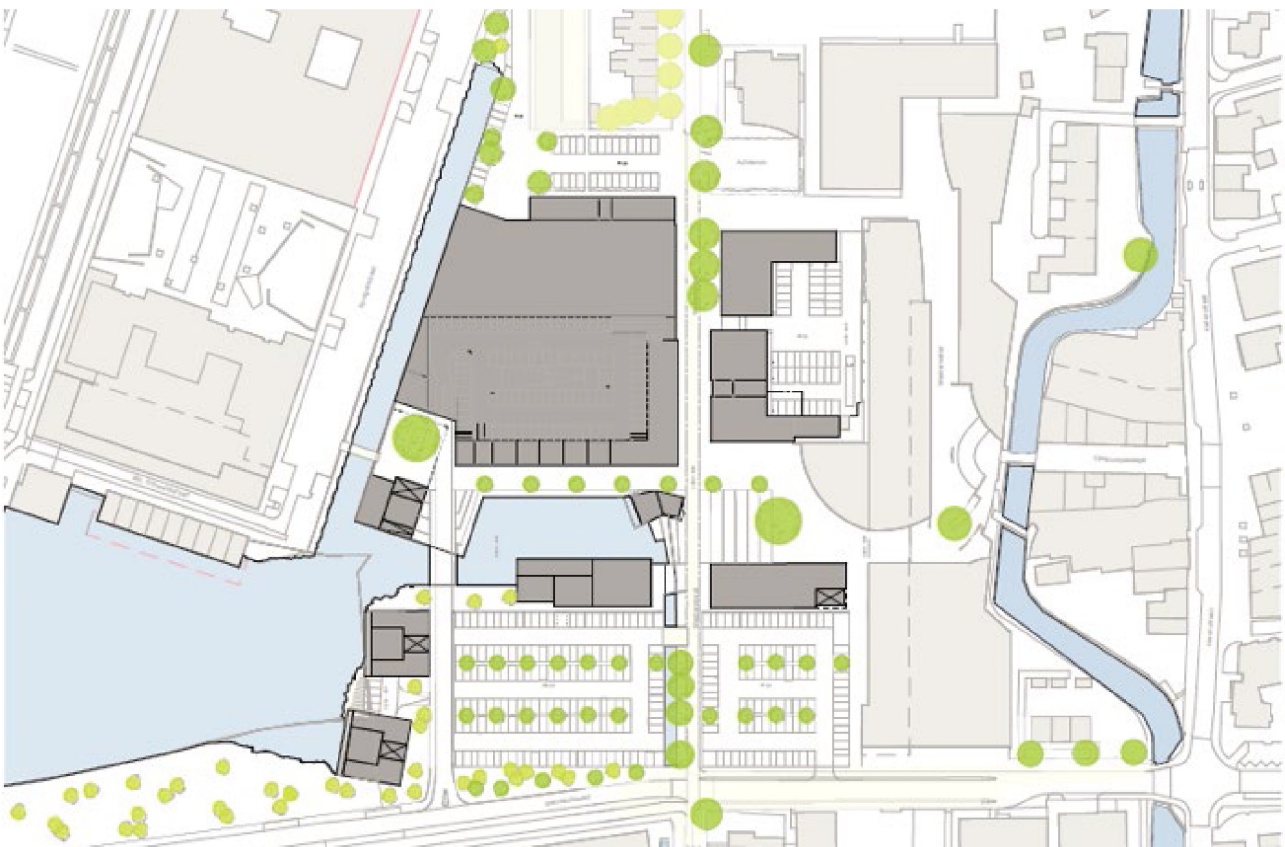
We hebben vier extreme neerslagsituaties gesimuleerd van verschillende intensiteit:

- 50mm in 1u
- 70mm in 1u
- 90mm in 1u
- 160mm in 2u

De laatste drie buien zijn door het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie voorgesteld als de standaard neerslaggebeurtenissen voor een klimaatstresstest (Tabel 1). De 50mm bui wordt (samen met de 70mm bui) in verschillende gemeenten gebruikt bij het opstellen van een klimaatbestendig ontwerp van de buitenruimte. In de simulatie zijn we uitgegaan van 20mm in één uur riolafvoer, wat standaard is in Nederland. In het model kan regenwater afstromen naar het geplande oppervlaktewater als het terreinverloop dat toelaat. Er is geen analyse van het regionaal (oppervlakte)watersysteem uitgevoerd.



Figuur 3 Ingevoerde maaiveldhoogte en ontwerp bij de neerslagsimulaties.



Figuur 4 Overgenomen ontwerp in de simulaties

Schaal	Duur	Hoeveelheid [mm]	Herhalingstijd			
			Huidig klimaat	2030	2050	2085
Lokaal	1 uur	70	200	150	100	60
		90	500	400	250	150
	2 uur	160	2000	1500	1000	600

Tabel 1 gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen voor de stresstest wateroverlast lokale schaal (bron: Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie)

2.2 Werkwijze simulatie hitte

Aan de hand van de KNMI-meetgegevens voor onder meer de gemeten luchttemperatuur, luchtvochtigheidsgraad en windkracht en -richting zijn met behulp van het driedimensionaal 'Computational Fluid Dynamics' (CFD) ENVI-MET de meteorologische processen in het plangebied gesimuleerd. Aan de hand van deze resultaten zijn de luchttemperatuur en de gevoelstemperatuur (PET) in beeld gebracht.

We hebben twee situaties gesimuleerd:

- Situatie op 14 juli 2018 14:00u, met een gemeten maximale luchttemperatuur van 25°C
- Situatie op 26 juli 2018 14:00u, met een gemeten maximale luchttemperatuur van 36°C

We gebruiken de meteorologische gegevens van het meest nabijgelegen weerstation Zestienhoven.

3 EXTREME NEERSLAG

Het klimaat verandert, en dat betekent dat de frequentie en intensiteit van weerextremen toenemen. Het afgelopen jaar (2018) gaf inzicht in wat ons in de toekomst te wachten staat: piekbuien in het voorjaar, opgevolgd door een zeer warme en droge zomer en herfst.

Het stedelijk gebied van Nederland is niet ingericht op dergelijke piekbuien. Waar normaal gesproken regenwater via het riool wordt afgevoerd naar de waterzuivering of het oppervlaktewater, verspreidt het zich bij een piekbui uit over de omgeving als de afvoercapaciteit van het riool bereikt is. Het water loopt dan over het maaiveld naar de laagste plek in het gebied. Lokaal ontstaan er dan diepe plassen water, die afhankelijk van de inrichting van het gebied en de kwetsbaarheid van bebouwing overlast veroorzaakt.

De inrichting van een winkelgebied is bijna altijd voornamelijk gericht op toegankelijkheid. Dat betekent dat veel van de buitenruimte verhard is en dat er zo min mogelijk hoogteverschillen, bijvoorbeeld in de vorm van trappen en drempels, ontworpen worden. Juist deze verharde en vlakke gebieden zijn kwetsbaar voor wateroverlast.



Figuur 5 Wateroverlast in het winkelgebied van Boskoop

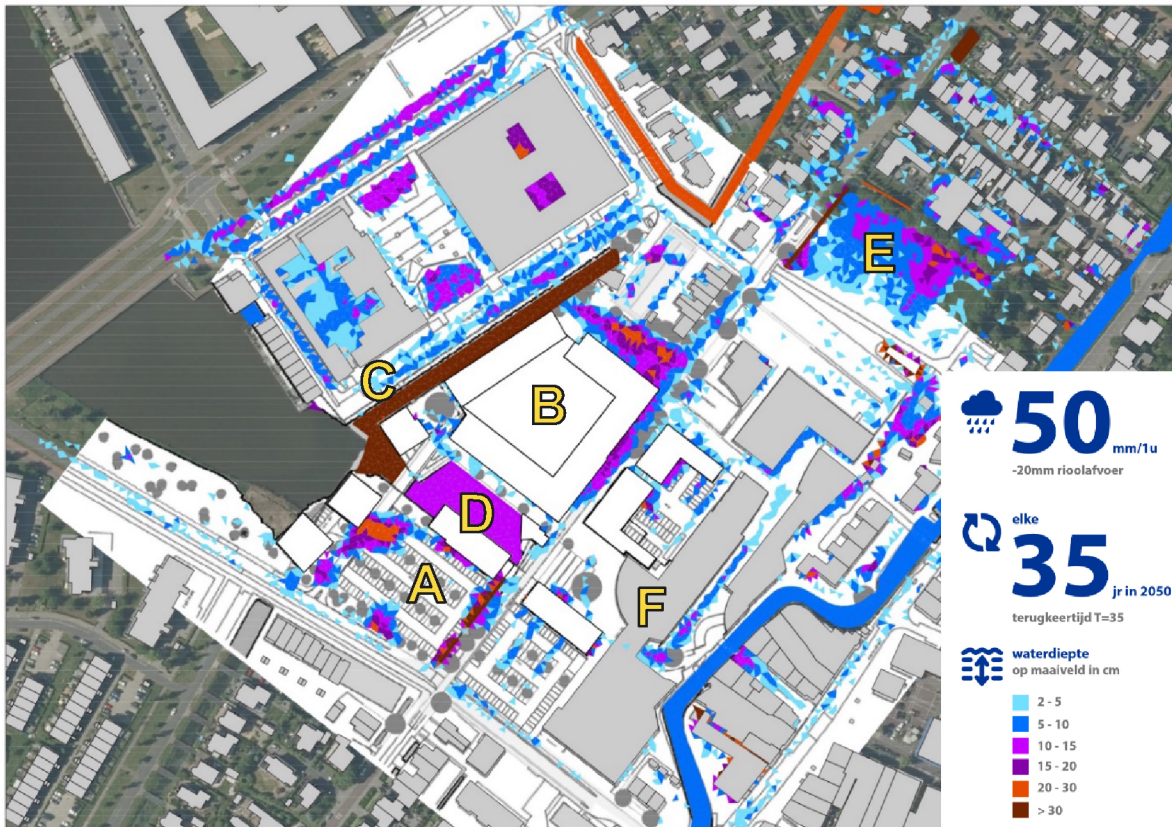
3.1 Simulatie extreme neerslag

De kaartenserie op de volgende pagina's laat de resultaten van de neerslagsimulaties zien. Elke kaart laat de waterdiepte op het maaiveld zien die direct na de doorlooptijd van de bui (1 of 2 uur) optreedt. Op dat moment is de waterdiepte op het maaiveld het diepst. Afhankelijk van de lokale rioolafvoer, infiltratie en eventuele aanwezig en bereikbaar oppervlaktewater zal de waterstand op het maaiveld langzaam afnemen.

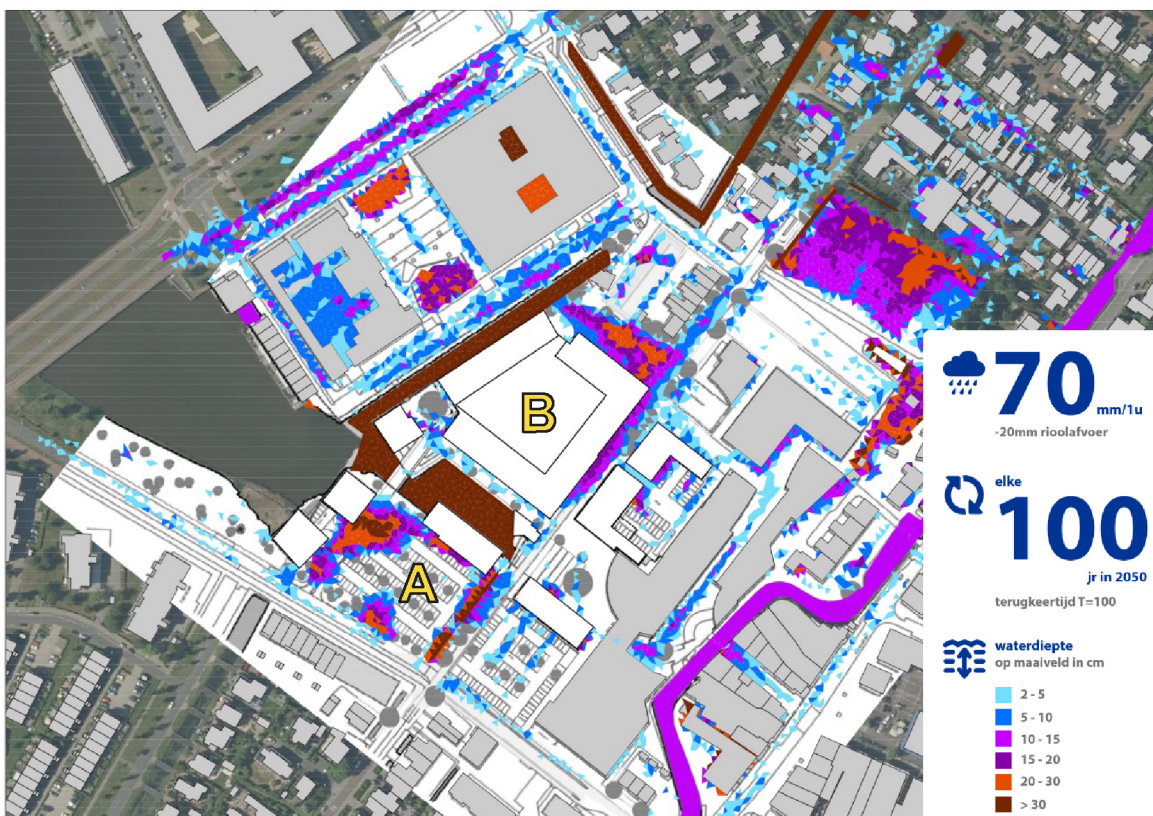
Naast de bui intensiteit staat bij ieder kaartbeeld de bijbehorende terugkeertijd in 2050. De terugkeertijden zijn bepaald door het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (Tabel 1) of zijn daarvan afgeleid.

Figuur 6 laat de waterdiepte op maaiveld zien bij de laagst gemodelleerde bui intensiteit, 50mm (herhalingsstijl 35 jaar in 2050). In het plangebied ontstaan op het zuidelijk parkeerterrein (A) en aan de noordelijke en oostelijke kant van het centrale bouwblok (B), waar het regenwater lokaal tussen de 15 en 20cm hoog tegen de gevel aan komt te staan, en mogelijk over de drempels van eventuele gevelopeningen in het gebouw kan stromen. De Westersingel komt op deze locatie ook gedeeltelijk onderwater te staan. Daarnaast is afhankelijk van de uitvoering ook de laad/los ruimte aan de noordkant van dit blok kwetsbaar voor wateroverlast.

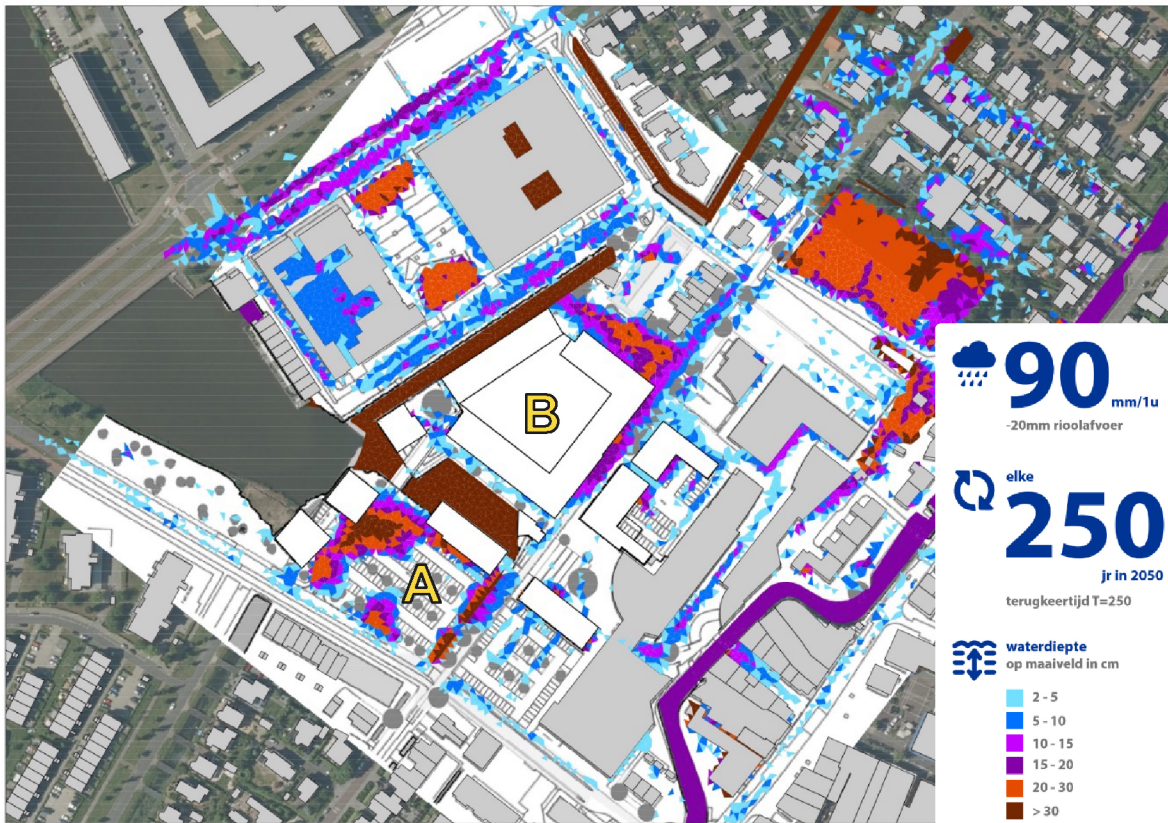
Een deel van het regenwater stroomt via het maaiveld naar de nieuw aan te leggen singel (C) en haven (D). Kijken we iets buiten het plangebied dan zien we dat relatief veel regenwater zich op het laaggelegen grasveld aan de Westersingel verzamelt (E). Ten slotte valt op dat er ook in het bestaande winkelcentrum (F) kans op wateroverlast is, en dan met name langs het Westerwater.



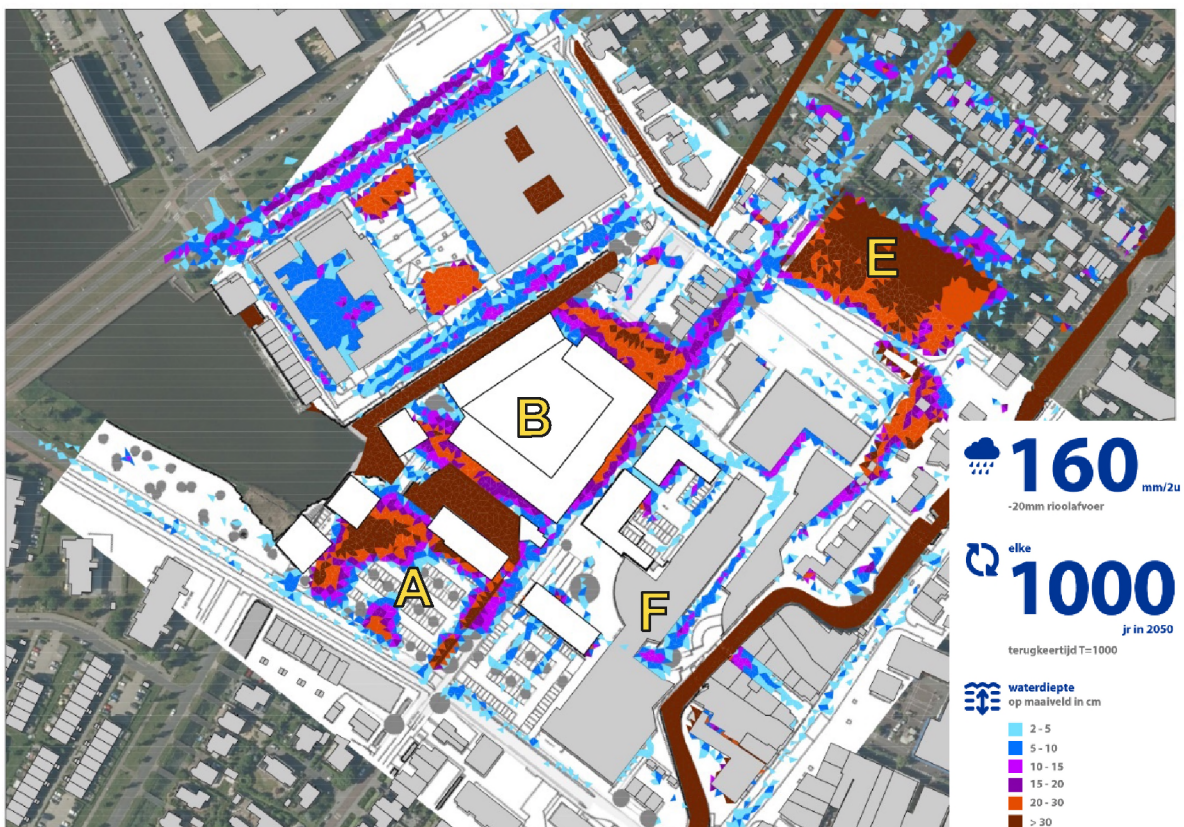
Figuur 6 Gesimuleerde waterdiepte op het maaiveld bij een bui van 50mm in 1 uur



Figuur 7 Gesimuleerde waterdiepte op het maaiveld bij een bui van 70mm in 1 uur



Figuur 8 Gesimuleerde waterdiepte op het maaiveld bij een bui van 90mm in 1 uur

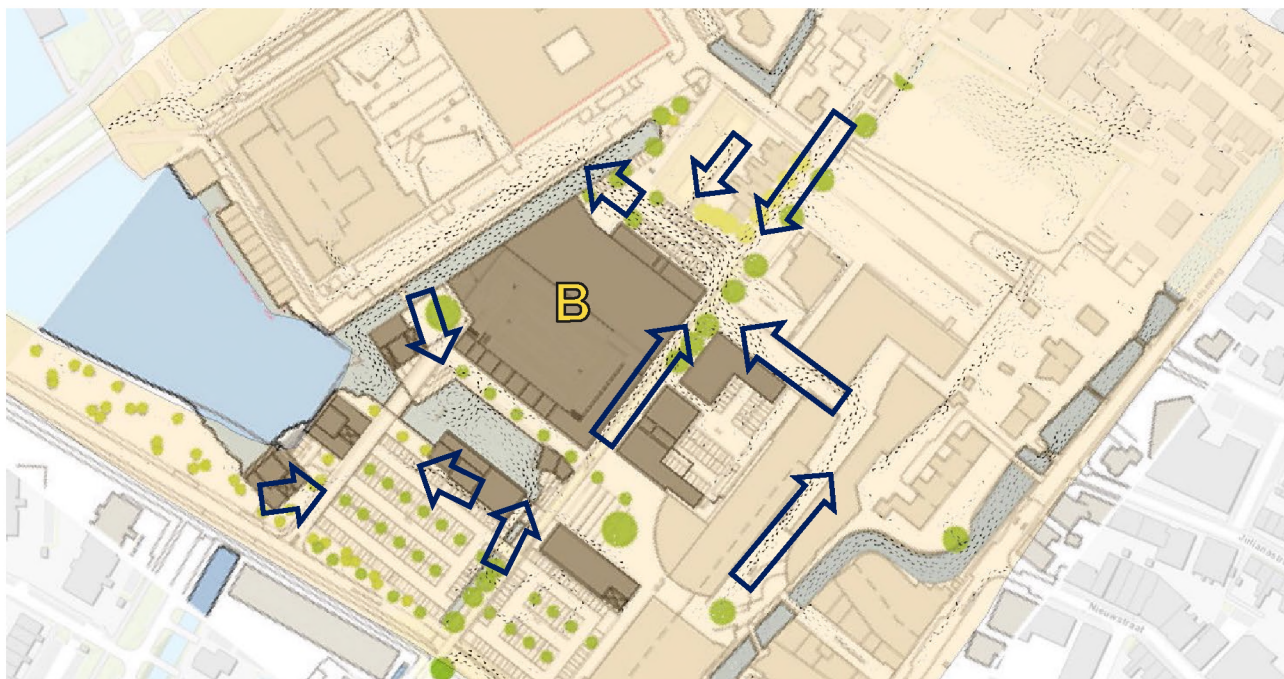


Figuur 9 Gesimuleerde waterdiepte op het maaiveld bij een bui van 160mm in 2 uur

De beschreven kwetsbare plekken in het plan nemen bij zwaardere bui intensiteiten toe in omvang en overstromingsdiepte. Figuur 7 laat zien hoe bij 70mm in 1 uur de inundatie op het parkeerveld (A) toeneemt en zich verspreid langs de naastgelegen gebouwgevels. De waterhoogte aan de gevel van het centrale blok (B) neemt toe en de Westersingel overstroomt dieper en over een grotere lengte. Deze toename in waterdiepte en bereik zet verder door in de volgende bui intensiteiten (Figuur 8 en Figuur 9). Opvallend is dat zelfs bij een uitzonderlijk hoge bui intensiteit van 160mm in 2uur het grasveld aan de Westersingel (E) relatief zeer veel water bergt. Daarnaast blijft de inundatie van het Westerwater (F) beperkt in diepte en bereik, wat er op kan duiden dat er regenwater afstroomt naar het aanliggende plangebied.

Stroombanen

Het kaartbeeld met gesimuleerde stroombanen (Figuur 10) laat zien dat er regenwater vanuit omliggende gebieden richting het plangebied stroomt. Met name vanuit het Westerwater en het noordelijk deel van de Westersingel stroomt regenwater het plangebied in richting dezelfde laaggelegen plek ten noorden van het centrale blok (B). Een deel van het regenwater dat in het plangebied valt stroomt via de oppervlakte af naar het oppervlaktewater (Singel en Haven). We benadrukken dat de simulatie is uitgevoerd op basis van het hoogteverloop van het bestaande maaiveld, zoals beschreven in paragraaf 2.1.



Figuur 10 Stroombanen (afstromend regenwater) in en rond het plangebied

3.2 Risico's extreme neerslag

Op basis van de inundatiekaarten zijn de risico's in het plangebied benoemd en beoordeeld in een werksessie met de gemeente, de landschapsarchitect en experts stedelijk water en klimaatadaptatie van Arcadis. De genoemde gevolgen van extreme neerslag zijn beoordeeld in ernst: verwaarloosbaar - ernstig – rampzalig. De gevolgen zijn beoordeeld op een frequentie van 1/250 in 2050 (90mm in 1 uur).

Gevolg	Ernst
Waterschade in winkelgebouwen	Rampzalig
Westersingel tijdelijk onbereikbaar voor calamiteitenverkeer	Rampzalig
Westersingel tijdelijk onbereikbaar voor normaal autoverkeer	Ernstig

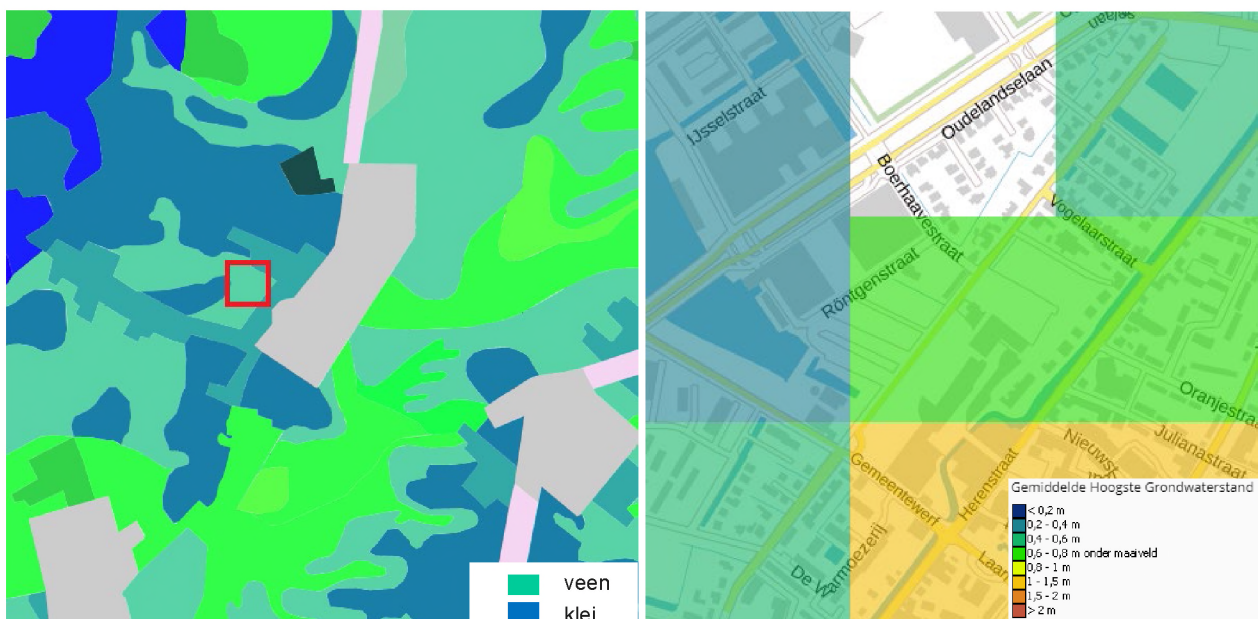
3.3 Verkleinen van de risico's

In deze paragraaf bespreken we mogelijke oplossingsrichtingen en maatregelen om de kwetsbaarheid voor extreme neerslag te verkleinen.

Voordat we een aantal realistische en haalbare maatregelen voorstellen, verkennen we een aantal oplossingsrichtingen.

Oplossingsrichting infiltratie

De eerste oplossingsrichting voor het voorkomen van wateroverlast is infiltratie en berging in de ondergrond. De bodemstelling van het plangebied bestaat uit veen en zandige klei. De gemiddelde hoogste grondwaterstand is met 0,6 – 0,8m onder het huidige maaiveld relatief hoog. Deze GHG is dus exclusief de gedeeltelijke ophoging die in het VO voorzien is en zal plaatselijk verder onder maaiveld komen te liggen. Tot 2050 wordt een additionele stijging van de GHG met nog eens maximaal 0,25m verwacht. Ons oordeel is dat adaptatiemaatregelen die gericht zijn op infiltratie (bijvoorbeeld wadi's) niet effectief zijn in het plangebied. Ondergrondse infiltratievoorzieningen zoals infiltratiekratten zullen ook slechts beperkt effectief zijn in het plangebied door de hoge grondwaterspiegel.



Figuur 11 Bodemsamenstelling (links, bron: PDOK) en gemiddelde hoogste grondwaterstand in het plangebied in de huidige situatie, dus exclusief ophoging (bron: klimateffectatlas)

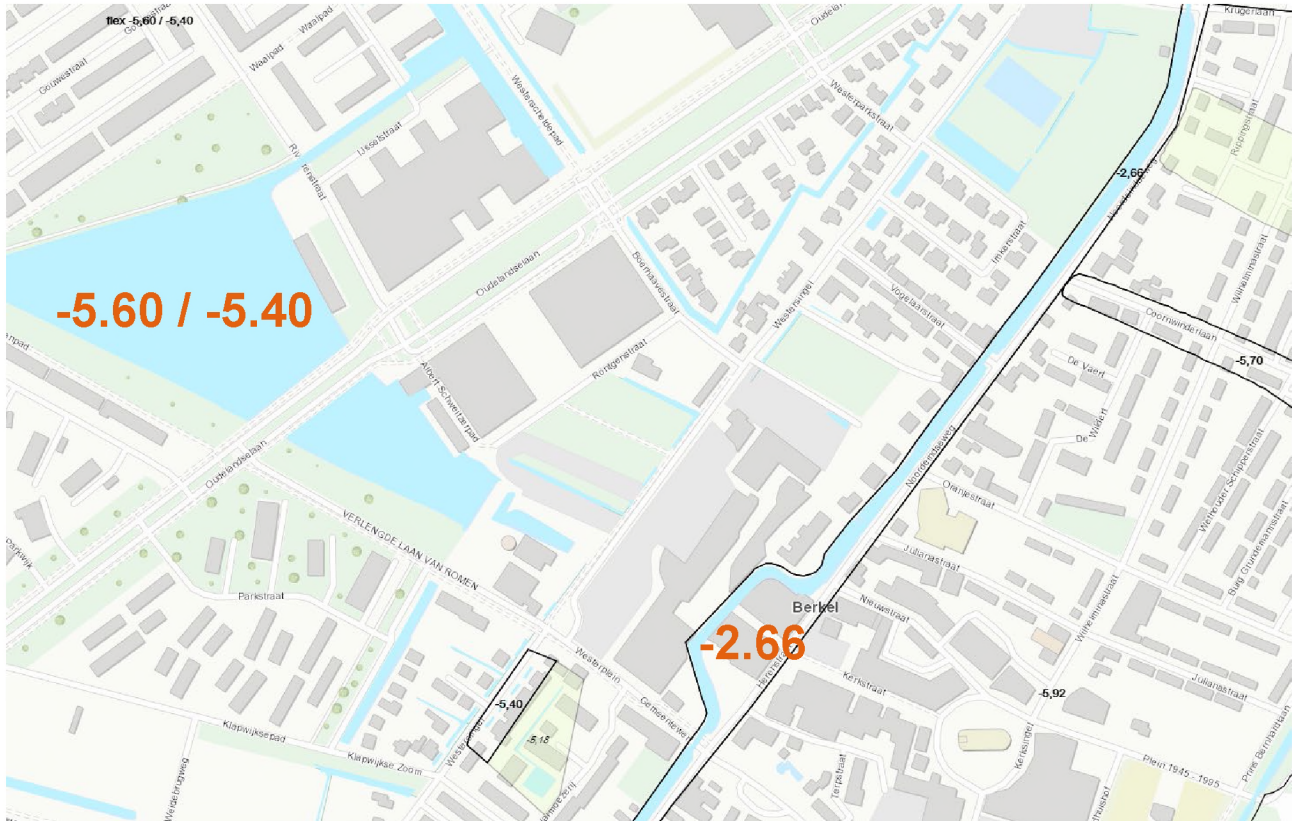
Oplossingsrichting (oppervlakkige) afvoer naar het watersysteem

Een andere oplossingsrichting is het oppervlakkig afvoeren van regenwater naar het oppervlaktewater. In het plangebied wordt 4.000m² extra oppervlaktewater aangelegd (Singel en Haven). Dit water is direct verbonden met het aanwezige oppervlaktewater (Berkelse Plas) en leidt feitelijk tot de directe uitbreiding daarvan.

We hebben contact opgenomen met het hoogheemraadschap van Delfland, de lokale beheerder van het oppervlaktewater en het regionaal watersysteem en gevraagd hoe zij tegen oppervlakkige afvoer naar het maaiveld bij piekbuien aankijken. De reactie is dat kortdurende buien (1 tot 2 uur) een minder groot probleem voor het watersysteem zijn dan langdurige buien maar dat er situaties denkbaar zijn waarbij een kortdurende bui toch overlast veroorzaakt in en buiten het watersysteem. In het lokale peilgebied Meerpolder

is genoeg waterberging mogelijk in het watersysteem, om die reden is er ook geen aanvullende watercompensatie gevraagd.

Het waterschap heeft de voorkeur dat water in eerste instantie wordt vastgehouden en geborgen op land, ook vanwege waterkwaliteitszorgen. Als het niet anders kan water worden afgevoerd op het oppervlaktewater, dit kan het hoogheemraadschap de gemeente ook niet weigeren.

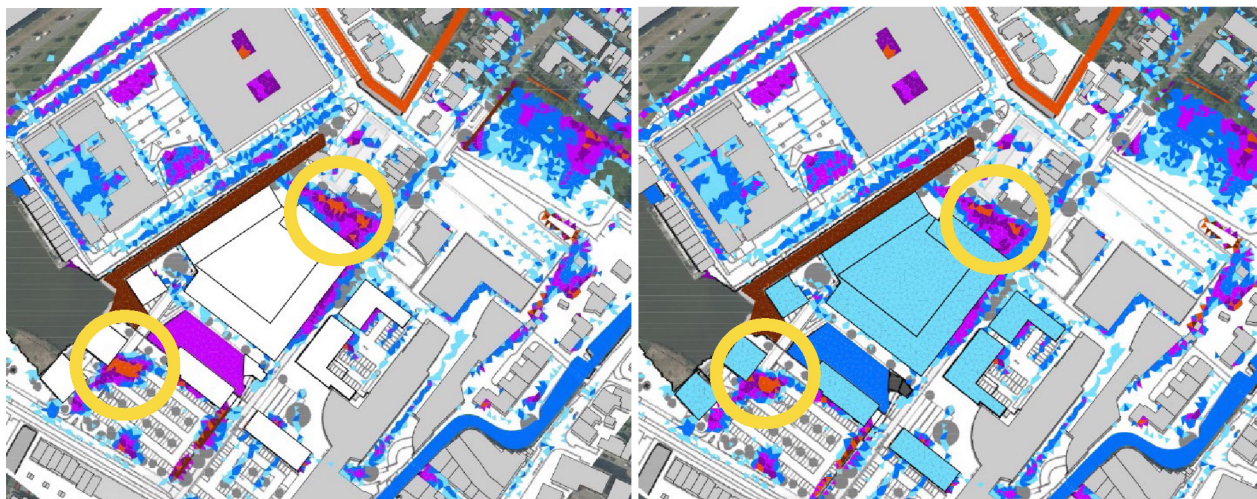


Figuur 12 Oppervlaktewater inclusief peilvakken in het plangebied

Oplossingsrichting vasthouden regenwater op daken

Regenwater dat op daken valt kan daar worden vastgehouden om het rioolsysteem te ontzien en zo wateroverlast te voorkomen of te verminderen. Toepassing van groene of blauw-groene retentiedaken op de bouwvolumes in het plangebied zou een behoorlijke hoeveelheid regenwater kunnen vasthouden. We hebben een aanvullende simulatie uitgevoerd om het effect van groene daken op de waterdieptes op maaiveld inzichtelijk te maken en te kunnen beoordelen.

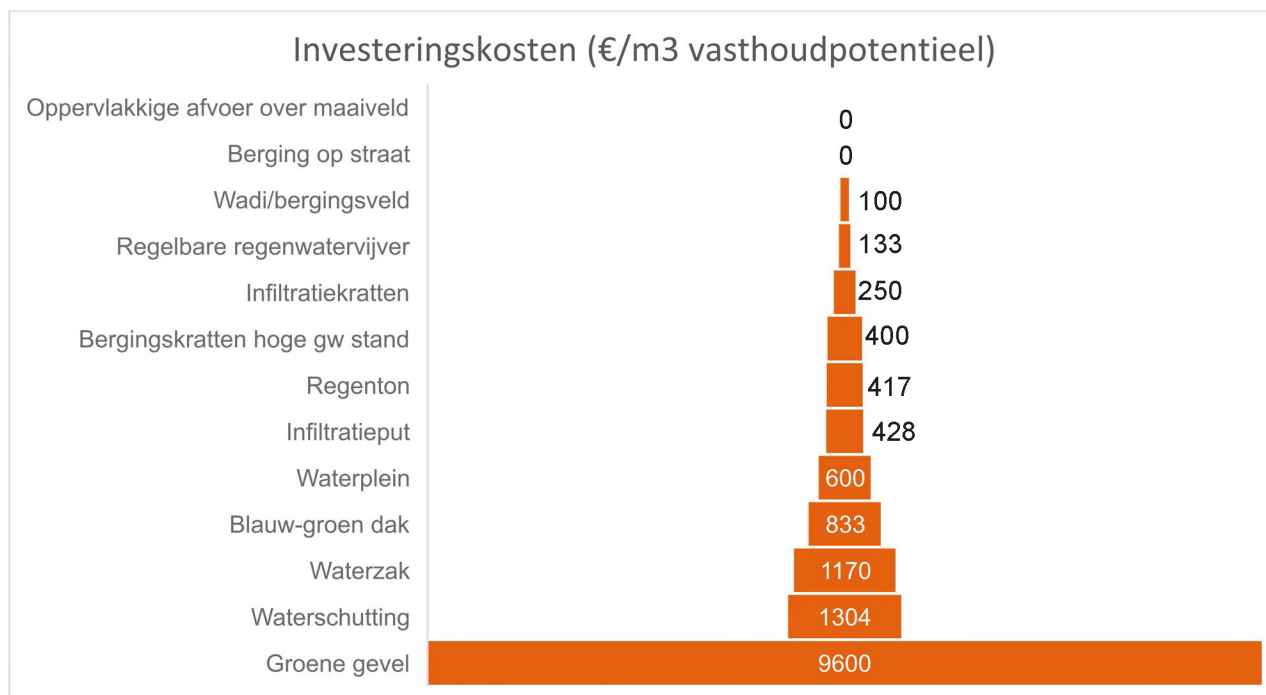
Figuur 13 laat het resultaat van die simulatie zien. De inundatiediepte bij de in geel omcirkelde knelpunten nemen beperkt in omvang en diepte af. We concluderen dat hoewel retentiedaken effectief zijn en regenwater vasthouden op een plek waar het geen overlast veroorzaakt, het effect op wateroverlast in het plangebied beperkt is. De hoeveelheid vastgehouden regenwater is beperkt vergeleken met de hoeveelheid regenwater die in het plangebied valt en van omliggende gebieden naar het plangebied toestroomt.



Figuur 13 Gesimuleerde waterdiepte bij 50mm in 1 uur, zonder toepassing van retentiedaken (links) en met retentiedaken (rechts)

Mogelijke maatregelen en kosteneffectiviteit

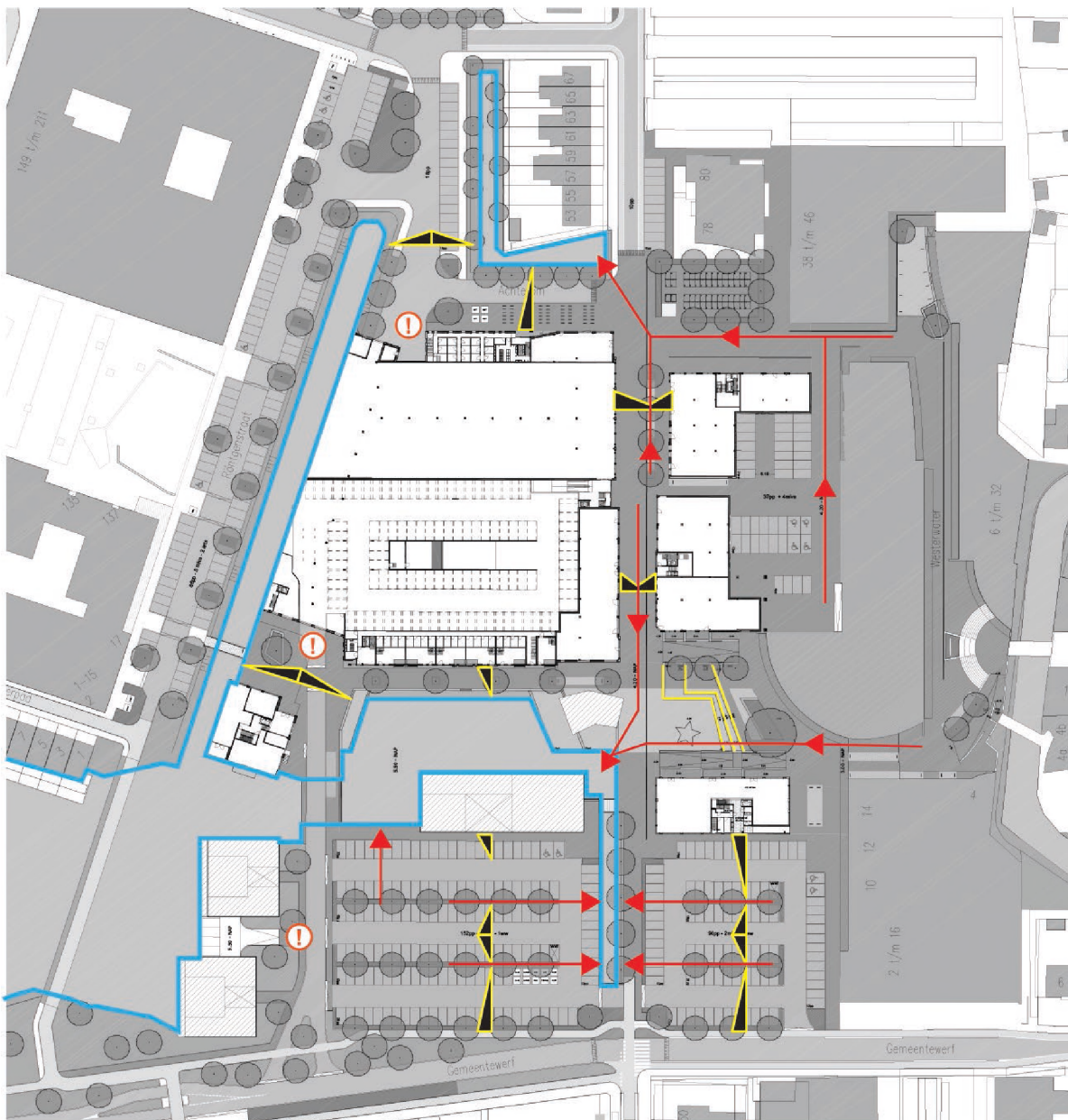
Bij het bepalen van mogelijke maatregelen voor het beperken van wateroverlast bekijken we niet alleen de technische haalbaarheid maar ook de kosteneffectiviteit. Figuur 14 laat de investeringskosten in €/m3 vasthoudpotentieel van mogelijke maatregelen in Berkel Centrum West zien.



Figuur 14 Investeringskosten van mogelijke maatregelen

Uitgangspunt is dat aanpassingen in het hoogteontwerp van het maaiveld om oppervlakkige afvoer of tijdelijke berging mogelijk te maken kostenneutraal in het ontwerp toe te passen en uit te voeren zijn. Om deze maatregelen mogelijk te maken zal de buitenruimte anders ontworpen worden, zonder extra uitvoeringskosten. Materiaalgebruik en arbeid bij uitvoering zijn gelijk met de uitvoering van het huidige ontwerp zonder oppervlakkige afvoer of berging op straat.

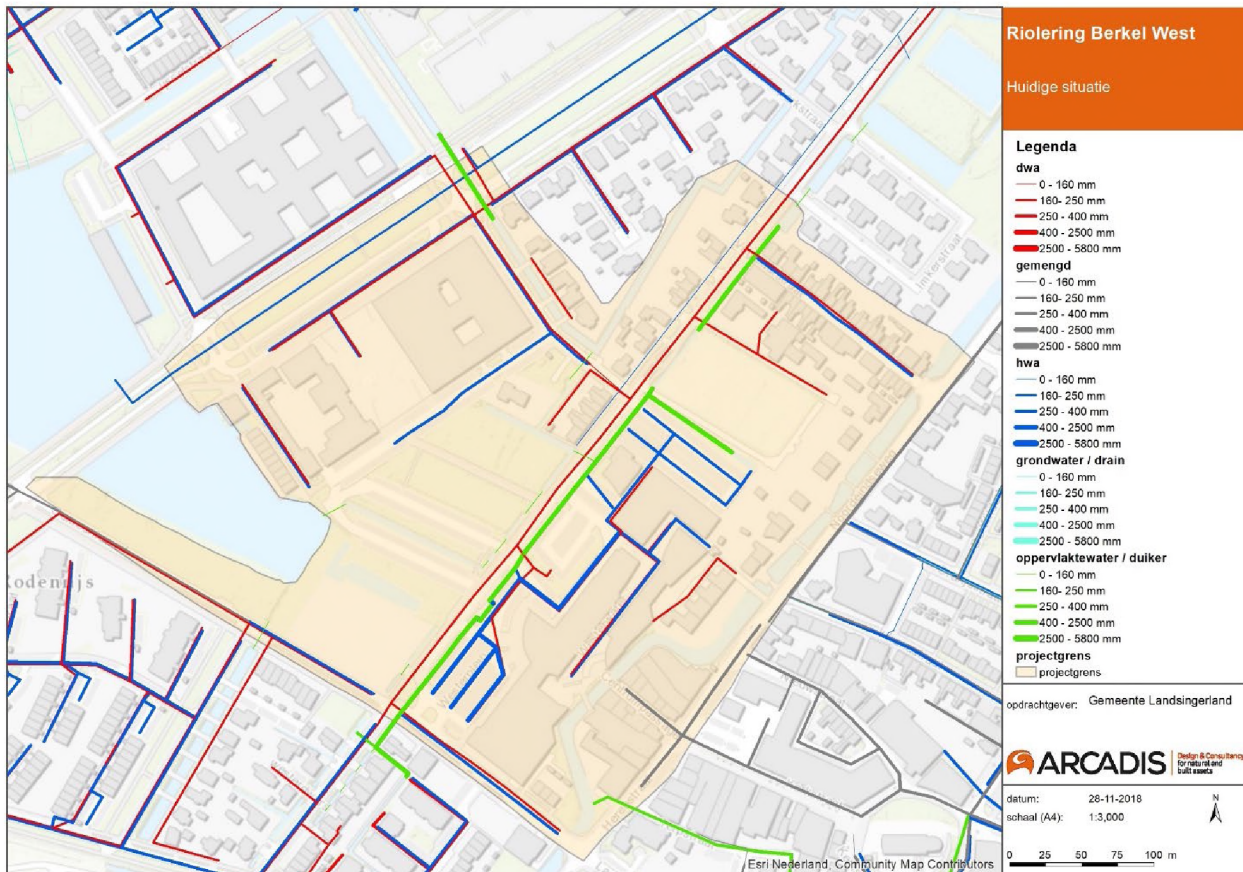
In het plan wordt extra oppervlaktewater gegraven wat het watersysteem niet alleen uitbreidt maar ook bereikbaar maakt voor over de oppervlakte afstromend regenwater. Het hoogheemraadschap geeft aan dat er in principe voldoende waterbergingscapaciteit in het lokale watersysteem beschikbaar is. Gezien oppervlakkige afvoer naar het watersysteem op een kosteneffectieve wijze toe te passen is in het ontwerp, geven we de voorkeur aan deze maatregelen. Door daarnaast tijdelijke berging op straat mogelijk te maken, bijvoorbeeld door de Westersingel in een V-profiel aan te leggen, kan voorkomen worden dat regenwater winkelgebouwen inloopt vóórdat het oppervlaktewater wordt bereikt (Figuur 15). De verschillende in- en uitritten in het plan naar parkeergarages of laad- en losplaatsen zijn mogelijk kwetsbaar voor instromend regenwater en verdienen extra aandacht. In een volgende ontwerpfase moet tevens bepaald worden of er aanvullende ondergrondse voorzieningen nodig zijn om tijdige afvoer naar het oppervlaktewater mogelijk te maken. Daarnaast verwachten we dat het lokale duikersysteem aangepast zal moeten worden aan het nieuwe plan (Figuur 16).



Maatregelen extreme neerslag

-  Vergroten oppervlaktewater
-  Afvoer over maaiveld
-  Afstroomrichting wegprofiel
-  Aandachtspunt in- en uitritten

Figuur 15 Maatregelen extreme neerslag Berkel Centrum West



Figuur 16 Huidige riolering en duikers in Berkel Centrum West

Over het algemeen richt een waterrobuust en klimaatbestendig ontwerp zich op het vasthouden van regenwater bij piekbuien in plaats van het versneld afvoeren daarvan. In dit specifieke geval zijn de technisch geschikte vasthoud- en bergingsmaatregelen zeer kostbaar vergeleken met berging in het watersysteem. Navraag bij het hoogheemraadschap heeft uitgewezen dat er in het watersysteem voldoende mogelijkheden zijn om de neerslag uit het plan bij piekbuien te bergen.

Figuur 14 laat zien dat wadi's infiltratiekratten of standaard bergingskratten mogelijk een kosteneffectieve oplossing bieden. Vanwege de lokale hoge grondwaterstand en de beperkt beschikbare ruimte zijn deze maatregelen niet toepasbaar in het gebied. Er is een grote potentie voor het toepassen van blauw-groene retentiedaken in het gebied, maar dat vraagt om aanzienlijke investeringen. Het afvoeren van regenwater naar het ongebruikte grasveld aan de Westersingel wordt niet als toekomstbestendig gezien. Mocht het veld op termijn toch bebouwd worden, dan moet alsnog voor alternatieve oplossing worden gezocht.

We adviseren om het hoogheemraadschap te blijven betrekken in de volgende ontwerpfases en het gesprek over de verwerking van regenwater bij extreme neerslag in Berkel Centrum West actief te blijven voeren.

4 HITTE

Het weer in stedelijk/dichtbebouwd gebied is een complex samenspel van atmosferische condities en landschapsinrichting. Zo is ook de luchttemperatuur in het bebouwd gebied een resultaat van complexe meteorologische processen in combinatie met inrichting en gebruik van de omgeving. Met name dit laatste aspect kan ervoor zorgen dat de luchttemperatuur in stedelijk gebied hoger is dan in de omliggende landelijke omgeving. Dit laatste fenomeen staat ook wel bekend als het stedelijk hitte-eilandeffect.

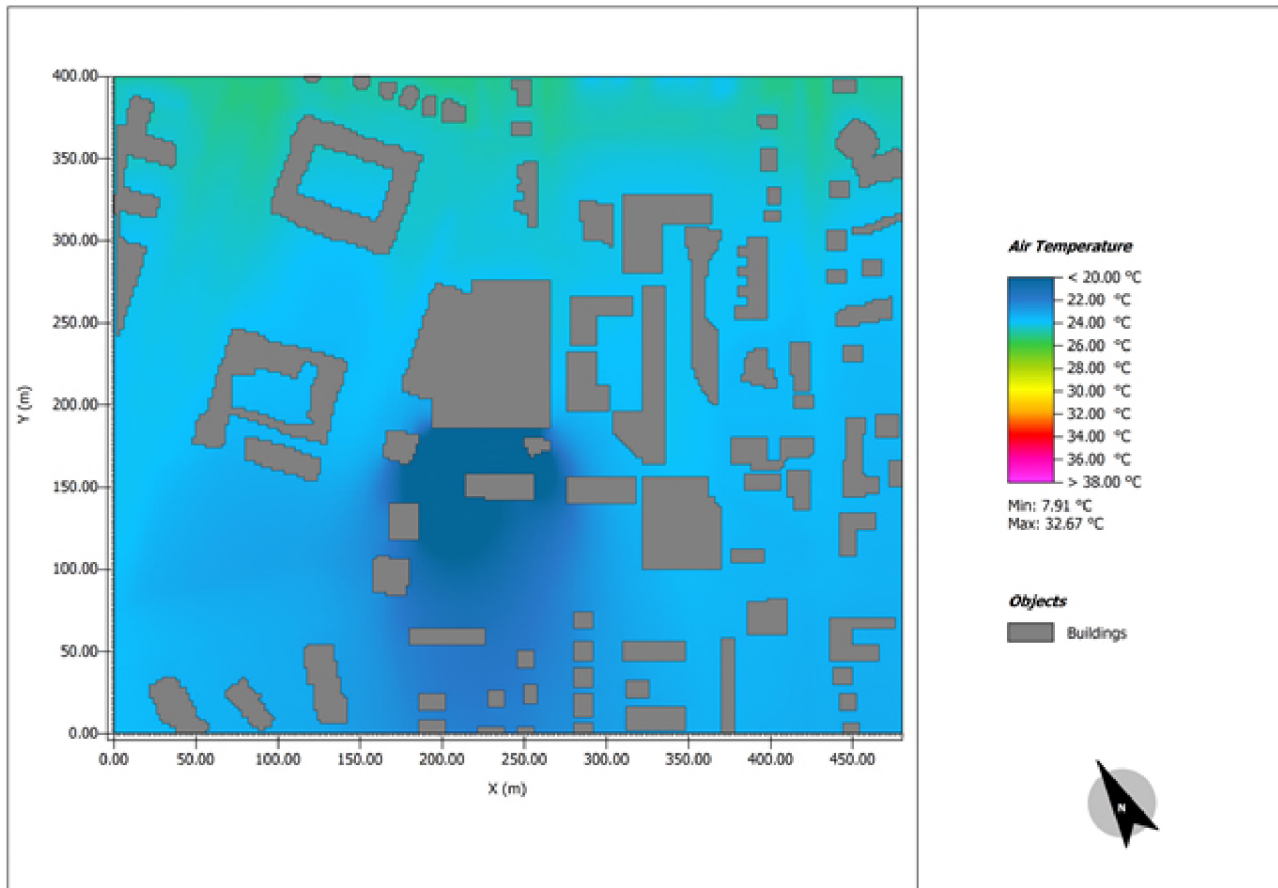
Echter, de temperatuur die mensen ervaren, de zogenaamde gevoelstemperatuur, wordt naast door de luchttemperatuur ook beïnvloed door andere externe fysische factoren (relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid, kortgolvlige (zon) straling en langgolvlige warmtestraling afgegeven door het oppervlak) alsook persoonlijke parameters (waaronder leeftijd, gewicht, lengte, de hoeveelheid kleding die men draagt en de inspanning die men levert). Het thermisch comfort van mensen is in andere woorden een complex samenspel van fysische, fysiologische, psychologische en gedragsfactoren. Zo is de aanwezigheid van kortgolvlige straling van de zon (dus zon of schaduw) een van de meest belangrijke factoren die de belevingstemperatuur beïnvloedt. In een open grasveld buiten de stad ligt de gevoelstemperatuur, gemeten in PET (*Physiologically Equivalent Temperature*) zo'n 10°C hoger dan de gemeten luchttemperatuur. Door het verschil in kortgolvlige straling die het oppervlak bereikt, langgolvlige straling die door oppervlak afgegeven wordt aan de omgeving, evaporatie door groen en antropogene warmtebronnen, kan de gevoelstemperatuur in stedelijk gebied zowel hoger als langer uitkomen.

PMV	PET	Thermal perception	Grade of physiological stress	Universal Thermal Climate Index (UTCI) (°C) range	Physiological responses
		Very cold	Extreme cold stress	< 40	Decrease in core temperature
-3.5	4			-27 to -40	Shivering, average skin temperature will fall below 0°C if exposure is sustained
-2.5	8	Cold	Strong cold stress	-13 to -27	Face temperature < 7°C (numbness), core to skin temperature gradient increases
		Cool	Moderate cold stress	0 to -13	Vasoconstriction, exposed skin temperature < 15°C
-1.5	13	Slightly cool	Slight cold stress	+9 to 0	Localized cooling, need for gloves
-0.5	18				
		Comfortable	No thermal stress	+9 to +26	Comfortable, sweat rate < 100 g h ⁻¹
0.5	23				
1.5	29	Slightly warm	Slight heat stress	+26 to +32	Slight heat stress
		Warm	Moderate heat stress	+32 to +38	Positive change in rate of sweating, and of skin temperature
2.5	35	Hot	Strong heat stress	+32 to +38	Sweat rate > 200 g h ⁻¹
3.5	41			+38 to +46	Small core to skin temperature gradient (< 1 K). Sweat rate increase (> 650 g h ⁻¹ at limit)
		Very hot	Extreme heat stress	> 46	Increase in core temperature

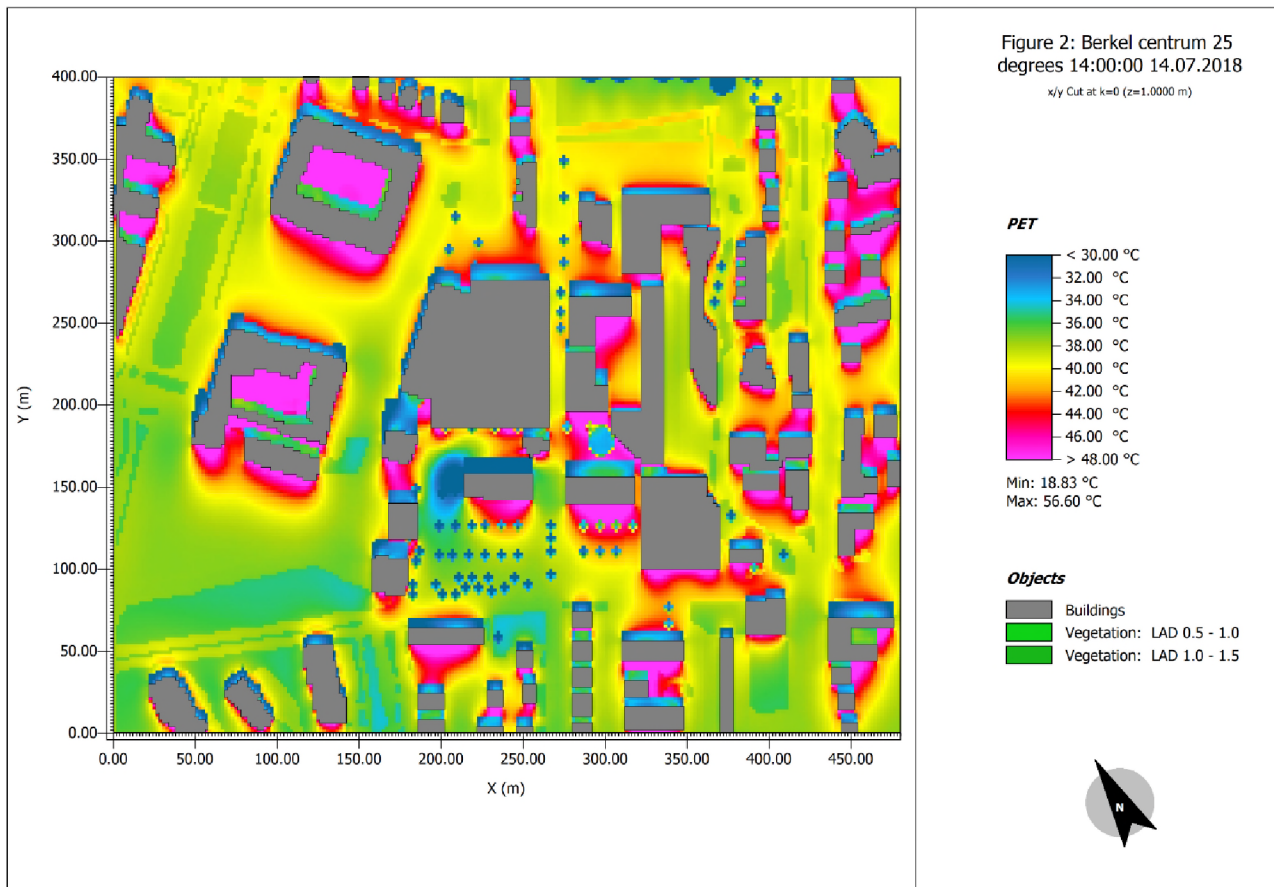
Figuur 17 Standaardisatie PET gelinkt aan hittestress

4.1 Kwetsbaarheid voor hitte

De eerste simulatie die voor het plangebied Berkel Centrum West is uitgevoerd, is voor een warme zomerse dag afgelopen zomer (14-07). Tijdens deze dag liep de luchttemperatuur, gemeten door het dichtstbijzijnde KNMI-meetstation (Zestienhoven: 344) op tot een maximum van 25°C. De tweede simulatie is voor een tropische dag afgelopen zomer (26-07). De gemeten maximum luchttemperatuur bij hetzelfde KNMI-meetstation bedroeg voor die dag 36°C. Figuur 18 en Figuur 19 geven respectievelijk de luchttemperatuur en de gevoelstemperatuur (PET) in het plangebied (in het midden van de afbeelding) en de directe omgeving weer voor 14 juli om 14.00 uur: het warmste moment van de dag (volgens de KNMI-meetgegevens).

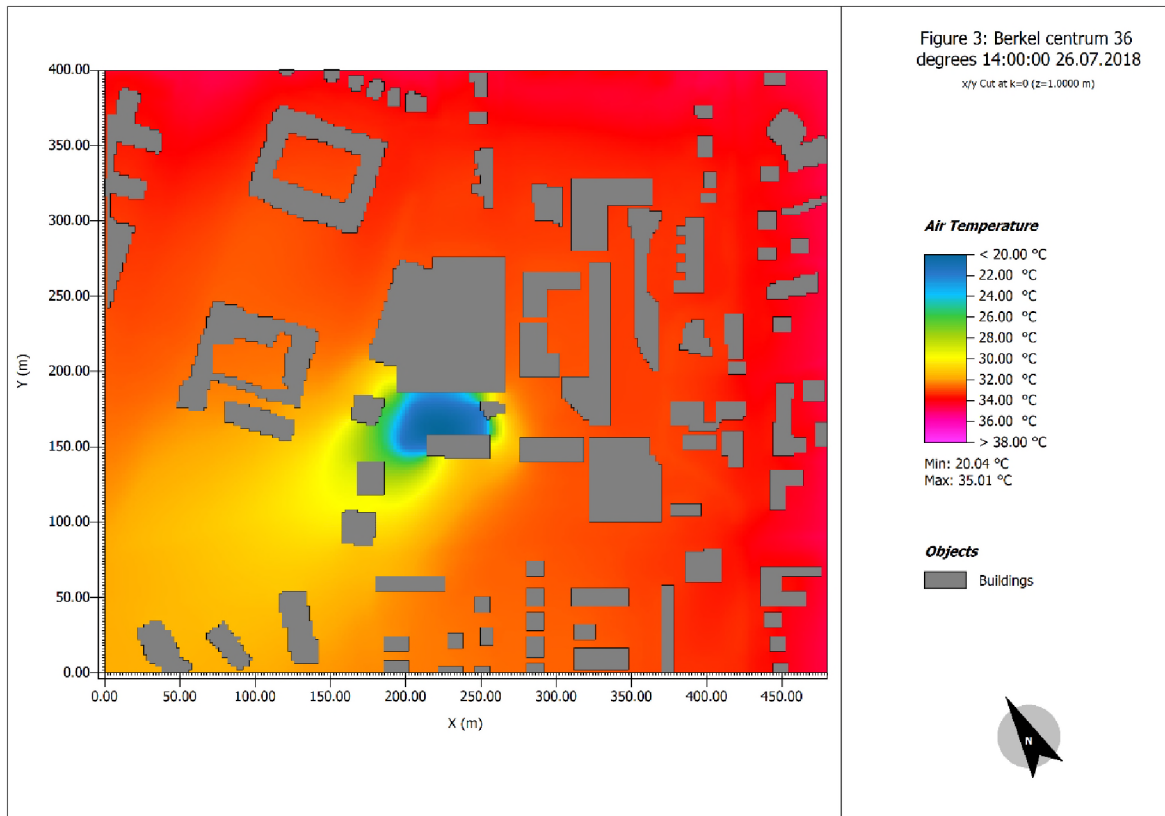


Figuur 18 Simulatie luchttemperatuur Berkel centrum en omgeving voor 14.00uur op 14-07-2018

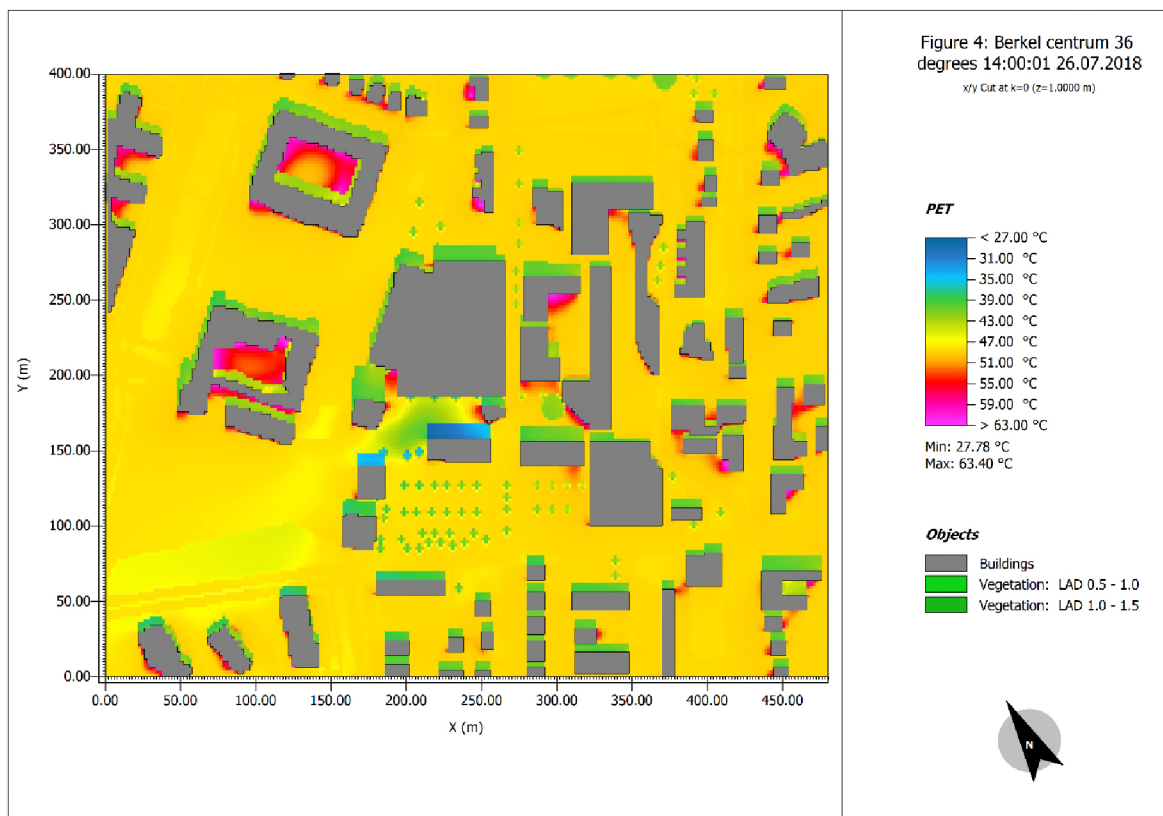


Figuur 19 Simulatie gevoelstemperatuur Berkel centrum en omgeving voor 14.00uur op 14-07-2018

Figuur 20 en Figuur 21 laten de luchttemperatuur en gevoelstemperatuur voor 26 juli om 14.00 uur zien. De x en y-as representeren de grootte van het simulatiegebied (480 bij 400 meter), daarnaast zijn rechts in het figuur de schaal voor de temperatuur, de minimale en maximale temperatuur, de objecten in de kaart en de noordpijl weergegeven.



Figuur 20 Simulatie luchttemperatuur Berkel centrum en omgeving voor 14.00uur op 26-07-2018



Figuur 21 Simulatie gevoelstemperatuur Berkel centrum en omgeving voor 14.00uur op 26-07-2018

Wat betreft de luchttemperatuur, is met name het blauwe gebied centraal in Figuur 18 en Figuur 20 opmerkelijk. De verkoeling is het resultaat van een relatief grote fontein met een hoogte van vier meter (niet-aanpasbare model instelling). Het verkoelend effect van een kleine fontein (die minder hoog sproeit) zoals die in de sfeerimpressie (Figuur 22) is opgenomen zal in werkelijkheid een lager zijn.



Figuur 22 Sfeerimpressie Berkel Centrum West

Ook het oppervlaktewater (links van de fontein) zorgt voor een verlaging van de luchttemperatuur van ongeveer 1 à 1.5°C. Het verkoelend effect van het oppervlaktewater wordt beperkt door het ontbreken van schaduw (bijvoorbeeld door bomen) en geringe mate van ventilatie doordat de gebouwen ten Noordoosten van het wateroppervlak de wind uit het noordoosten blokkeren. Tot slot laat figuur 1 zien dat de luchttemperatuur in het noordoosten het hoogst is, in figuur 3 is dit in beperktere mate ook te zien in het oosten. Het is echter een bekend fenomeen dat ENVI-met de rand van de kaart waar de wind vandaan komt (voor 14-07 is dit het noordoosten, voor 26-07 het oosten) in de simulatie niet juist weet te berekenen, aangezien de omgeving van het gebied in de simulatie niet meegenomen wordt.

Betreffende de gevoelstemperatuur (Figuur 19 en Figuur 21) kent het grootste gedeelte van het simulatiegebied een gevoelstemperatuur die ongeveer 10°C hoger ligt dan de gemeten luchttemperatuur. Het eerste dat opvalt aan Figuur 19 is dat de gevoelstemperatuur in de gehele simulatie (zowel binnen als buiten het plangebied) over het algemeen hoog ligt. Het grootste gedeelte van het simulatiegebied kent een minimum gevoelstemperatuur van 30°C, dit staat al gelijk aan 'slight heat stress'. Een behoorlijk gedeelte van het plangebied kent een gevoelstemperatuur van 45°C of hoger, waarbij sprake is van sterke of zelfs extreme sterke hittestress. Deze hoogste PET-waardes zijn met name te vinden in het luwtegebied aan de van de wind afgekeerde zijde van gebouwen. In bovenstaand figuur zijn deze aan de zuidwest kant van de gebouwen te vinden, aangezien de wind in de simulatie uit het noordoosten komt (windrichting 27° en windkracht 2.5). Daarnaast is de invloed van de stand van de zon duidelijk te zien in de schaduwvorming aan de noordoostzijde van gebouwen. Hier ligt de gevoelstemperatuur beduidend lager (tot wel 15°C-verschil tussen gebieden in de zon en schaduw). Figuur 21 geeft overeenkomstige resultaten weer: de gevoelstemperatuur is het hoogst in het luwtegebied bij gebouwen. Deze gebieden zijn in het figuur zichtbaar aan de west kant van de gebouwen, aangezien de wind op die dag uit het oosten komt (windrichting 78° en windkracht 2.8). Daarnaast is ook het effect van schaduw op de gevoelstemperatuur opnieuw goed zichtbaar: overeenkomstig met Figuur 19 is het verschil tussen schaduw en zon tot wel 15°C.

Figuur 4 maakt duidelijk dat de windrichting op 26 juli gunstiger is wat betreft gevoelstemperatuur: de warmste gebieden zijn kleiner dan in Figuur 19. Echter, bijna het gehele gebied kent hittestress bij een luchttemperatuur van 36°C, bij grote delen gaat het hier zelfs om extreme hittestress. Het is daarom aan te bevelen om maatregelen tegen hittestress te nemen.

Aan de hand van de Klimaat Effect Atlas kan worden vastgesteld hoe vaak deze gevoelstemperaturen per jaar te verwachten zijn. Hieruit kan worden geconcludeerd dat op het moment, 20 à 30 dagen per jaar 'zomerse dagen' in Berkel zijn (maximumtemperatuur rond 25°C). In 2050 worden dit 30 à 40 dagen per jaar in het meest extreme KNMI-scenario betreffende klimaatverandering. Tijdens zulke dagen zijn gevoelstemperaturen zoals ze in Figuur 19 zijn weergegeven realistisch voor Berkel centrum, meegenomen dat de windkracht (2.5) en luchtvochtigheidsgraad (gemiddeld 71%) overeenkomstig zijn. Ondanks dat er nog geen uitsluitsel is over de precieze effecten van een bepaalde gevoelstemperatuur op de mens, is er overeenstemming in de literatuur dat hittestress een negatief effect heeft op het comfort. Dit comfort is van belang voor woon-werk verkeer, winkelend publiek en buitenwerkers. Er is een indirecte link tussen het comfort en de arbeidsproductiviteit buiten en gezondheid. De mens zal tijdens hitte via twee mechanismen pogen om lichaamswarmte kwijt te raken: via bloedvatverwijding en zweten. Echter, bij extreem hoge temperaturen met name in combinatie met een hoge mate van straling, een hoge luchtvochtigheid en weinig wind schieten deze mechanismen mogelijk tekort en kan de lichaamstemperatuur oplopen. Op de korte termijn kan dit leiden tot warmteziekten waaronder warmte-uitslag, hittekrampen en zelfs hitteberoerte.

4.2 Knelpunten hitte

Op basis van de kaarten met de gesimuleerde gevoelstemperaturen zijn de mogelijke risico's in het plangebied benoemd de werksessie. De volgende plekken in het gebied zijn als knelpunt aangegeven, in volgorde van ernst.

- Verblijfsruimten buitengebied (terrassen, zitplekken)
- Winkelstraat (Westersingel)
- Zuidelijke parkeerplek

4.3 Mogelijke maatregelen hitte

Aan de hand van de resultaten zijn een aantal adaptatiemaatregelen aan te bevelen:

- Het aanbrengen van een of meerdere fontein(en) in het plangebied. Een fontein zorgt voor sterke verkoeling in de directe omgeving door de waterstralen, door verspreiding van de koele lucht als gevolg van de verdamping. Een fontein van behoorlijk formaat kan er zelfs voor zorgen dat de gevoelstemperatuur een aantal graden onder de gemeten luchttemperatuur ligt. In Figuur 18 en Figuur 20 is dit te zien in het groen/blauwe gebied in het midden van het figuur.
- Creëren van meer schaduw. Schaduw gecreëerd door de gebouwen en bomen (de kleine groengele punten) in het simulatiegebied zorgt voor een verlaging van de gevoelstemperatuur. Het verschil in gevoelstemperatuur tussen zon en schaduw kan tot wel 10 à 15°C oplopen. Daarnaast is het creëren van schaduw een relatief makkelijk toepasbare adaptatiemaatregel. Naast bomen kunnen luifels worden toegepast of beschuttingsconstructies over de winkelstraat.
- Het aanbrengen van meer oppervlaktegroen. Het contrast tussen verharding en stukken gras rondom het plangebied komt (met name in Figuur 18) duidelijk tot uitdrukking. De contouren van deze stukken gras zijn makkelijk op de kaart af te lezen. De gevoelstemperatuur ligt hier telkens een aantal graden (+/- 3°C) lager dan bij de omringende verharding.
- Vergroten van mate van ventilatie. De plekken in het simulatiegebied die het dichtst bebouwd zijn en de plekken waar de wind wegvalt (in het luwtegebied aan de van de wind afgekeerde zijde van gebouwen) is de gevoelstemperatuur duidelijk het hoogst. Dit terwijl de PET-waarde in open gebied aanmerkelijk lager is. Het aanpassen van de bebouwingsdichtheid is moeilijker dan het vergroten van oppervlaktegroen. Toch zou het plaatsen van de gebouwen in het plangebied in lijn met de overheersende windrichting in de zomer voor ventilatie en daardoor verkoeling kunnen zorgen.
- Toepassen van lichte materialen. Als binnen- of buitenruimtes in de zomer koel moeten blijven omdat er veel mensen verblijven, dan is het gebruik van bouwmaterialen die minder warmte opslaan, aan te raden. Ook kunnen materialen met een hoge albedo (dus reflectie) gekozen worden. Hier plaatsen we wel een kanttekening bij: als veel reflecterende materialen in de straatruimtes worden gebruikt worden, dan komt uiteindelijk ook meer kortgolfige straling weer in de straatruimte terecht en dus op andere objecten maar ook passanten. Het meest effectvol is het om materialen met hoge een hoge reflectie te gebruiken in grotere ruimtes zoals pleinen, daar kan namelijk de

straling in de ruimte boven de stad ontsnappen. Bij voorkeur worden materialen als lichtere natuursteen, betontegels of klinkers hier gebruikt. Volgens Lenzholzer (2013) is de oppervlaktetemperatuur van lichter gekleurde betontegels op warme dagen tot wel 20°C lager dan asfalt.

Onderstaande tabel geeft de kosten voor de mogelijke hittemaatregelen.

Maatregel	Kosten
Fontein opvoerhoogte 10m	€ 2.000,- tot € 10.000,- (inclusief materiaal, levering en aanleg)
Boom veldesdoorn in dakvorm, 4-5m hoogte, stam 60cm, leeftijd 15-20 jaar	€ 3.500,- (inclusief graven boomgat 12m3, beluchttingsdrain, irrigatiedrain, kluitverankering en eenmalige kosten. Excl. voorbereidingskosten en btw)
Meer oppervlaktegroen	Geen meerkosten t.o.v. aanbrengen verharding
Lichte materialen	Geen meerkosten t.o.v. reguliere verharding

Tabel 2 Kosten hittemaatregelen

COLOFON

KLIMAATADAPTATIE IN BERKEL CENTRUM WEST
AANPASSEN AAN EEN EXTREMER KLIMAAT

KLANT

Gemeente Lansingerland

AUTEUR

Robert de Kort

GECONTROLEERD DOOR

Jeroen Rijdsijk

ONZE REFERENTIE

083766262 0.3

DATUM

21 december 2018

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 56825
1040 AV Amsterdam
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com