

Kosten Klimaatadaptieve Stadsharten

**Kosten klimaatadaptatie van gebiedsontwikkeling in negen
MRA stadsharten**

5 november 2021





Dit onderzoek is uitgevoerd door Arcadis en &Flux in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de MRA, project bereikbare steden, programma MRA bouwen en wonen en MRA klimaatbestendig maken.

November 2021

Inhoudsopgave

1	Managementsamenvatting	5
2	Aanleiding en doel	7
3	Aanpak	10
3.1	Invoergegevens	10
3.2	Dataverwerking en stappenplan	11
3.2.1	Indeling van stadsharten in (wijk)typologieën	11
3.2.2	GIS analyse per wijktypologie	12
3.2.3	Klimaatopgave per hectare wijktipe en per nieuw te bouwen gebouw	13
3.2.4	Toepasbare maatregelen voor wijktypologieën	14
3.2.5	Nieuwbouw dataverwerking	15
3.2.6	Classificatie van OV-knooppunten op basis van ondergrond gegevens	15
3.3	Maatregelsets samenstellen	16
3.3.1	Bestaande ruimte	16
3.3.2	Geprojecteerde nieuwbouw	18
3.4	Kostenbepaling van maatregelen	19
3.5	Bepalen van batenpotentieel van maatregelpakketten	20
4	Kosten, baten en methodiek	21
4.1	Kosten per OV-knooppunt	21
4.2	Batenpotentieel van maatregelpakketten	22
4.2.1	Wateroverlast	23
4.2.2	Hitte	23
4.2.3	Droogte	24
4.2.4	Overige maatschappelijke baten	24
4.3	Extrapoleerbare methodiek	26
5	Conclusies	27
6	Bronnenlijst	28






Bijlagen

Bijlage A – Lijst van belangrijke uitgangspunten en aannames	31
Bijlage B – Omschrijving Stadstypen	33
Bijlage C – (Wijk)typologieën per stadshart	36
Bijlage D – Lijst van wijktypologieën per stadshart.	45
Bijlage E – Resultaat GIS analyse	48
Bijlage F - Toepasbare maatregelen, rendementen en kosten	49
Bijlage G – Nieuwbouw gegevens en uitgangspunten	50
Bijlage H – Maatregelsets per wijctype en per nieuwbouwtype	51
Wateroverlast maatregelen voor de bestaande ruimte per ha wijctype laag veen/klei	51
Wateroverlast maatregelen voor de bestaande ruimte per ha wijctype hoog zilt/zand	57
Hitte maatregelen voor de bestaande ruimte per ha wijctype	63
Wateroverlast maatregelen voor nieuwbouw per perceel per type nieuwbouw	64
Hitte maatregelen voor nieuwbouw per perceel per type nieuwbouw	68
Bijlage I – Kosten voor wateroverlast en hitte per OV-knooppunt	69
Kosten voor de bestaande ruimte	69
Kosten voor nieuwbouw	69
Colofon	70

1 Managementsamenvatting

Het klimaat verandert in een hoog tempo en de effecten daarvan worden steeds zichtbaarder. Volgens de klimaatscenario's van het KNMI¹ zal extreme neerslag vaker en intenser voorkomen, worden hittegolven warmer en langer, en zullen periodes van droogte langer aanhouden. Om het stedelijk gebied in Nederland hierop voor te bereiden en daarmee grote potentiële schade te voorkomen, zijn investeringen nodig om de bestaande ruimte en de geprojecteerde nieuwbouw klimaatbestendig in te richten.

	Wateroverlast: er valt meer neerslag en buien worden heviger
	Hitte: het wordt warmer, en de duur en intensiteit van hittegolven neemt toe
	Droogte: de periodes zonder neerslag worden langer

Het gezamenlijke project 'Bereikbare Steden' van het ministerie van IenW en de Metropoolregio Amsterdam (MRA) doet onderzoek naar- en geeft uitvoering aan meerdere opgaven rond de openbaar vervoersknooppunten van negen steden rond Amsterdam. Om antwoord te geven op de vraag: "wat is de investering en ruimtelijke impact van de klimaatopgave in deze vervoersknooppunten rond Amsterdam?", heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat &Flux en Arcadis gevraagd om een generieke methode te ontwikkelen die antwoord geeft op deze vraag. Dit rapport doet verslag van de ontwikkeling van deze methode en de resultaten die de methode oplevert in de vorm van investeringskosten en ruimtelijke opgave voor klimaatadaptatie in negen stadsharten rondom Amsterdam.

In voorliggend onderzoek is een innovatieve, en generieke **methode** ontwikkeld waarbij met een beperkte set gegevens, snel en efficiënt een indicatie van de investeringskosten voor klimaatadaptatie per hectare kan worden bepaald. De ontwikkelde methode kan in aanstaande onderzoeken op verschillende detailniveaus gebruikt worden en kan in de eenvoudigste vorm zelfs zonder aanvullende gegevens worden toegepast. Dit maakt het voor overheden mogelijk om vóór de ontwerpfase al een beeld te krijgen van de potentiële investeringskosten voor klimaatadaptatie in stedelijk gebied op grote schaal.

Met de ontwikkelde methodiek zijn in relatief korte tijd de indicatieve **investeringskosten voor negen stadsharten** (excl. Amsterdam) in de MRA bepaald. Deze negen stadsharten bestaan uit 13 OV-knooppunten die zijn gedefinieerd als een gebied met een straal van 1.200 meter om een centraal bus-/treinstation. De berekende investeringskosten zijn opgebouwd uit de kosten voor het implementeren van maatregelen in de bestaande ruimte en voor de geprojecteerde nieuwbouw waarmee aan de gestelde klimaatopgaves voor hitte en wateroverlast op basis van het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie van de MRA wordt voldaan.

Voor het samenstellen van maatregelpakketten in de **bestaande ruimte**, zijn verschillende (GIS) analyses uitgevoerd waarmee de wijktypes in de OV-knooppunten zijn geïdentificeerd en de gemiddelde ruimtelijke verdelingen van de wijktypes zijn bepaald. Bijvoorbeeld: OV-knooppunt Alkmaar bestaat voor 24% uit wijktype Historische Binnenstad en binnen dit wijktype is gemiddeld 14% van het oppervlak langzaamverkeerroute (voet- en fietspad). Daarnaast zijn twee types ondergrond gedefinieerd: lage veen/klei en hoge zand/klei ondergrond en is per OV-knooppunt bepaald welke ondergrond het meest voorkomt. Uiteindelijk zijn voor de 24 verschillende subtypes (12 wijken en twee types ondergrond), verschillende maatregelpakketten samengesteld, op basis van de ruimtelijke verdeling en ondergrond eigenschappen van de types.

Voor de geprojecteerde **nieuwbouw** is op perceelniveau gekeken naar de maatregelen die nodig zijn om aan de klimaatopgave voor nieuwbouw te voldoen. Hiervoor is onderscheid gemaakt tussen vier types nieuwbouw: tweepersoonsappartementen, gezinsappartementen, grondgebonden woningen en bedrijven op twee verschillende ondergronden. Net zoals voor de bestaande ruimte kent ieder van de in totaal acht types (vier types nieuwbouw en twee types ondergrond) een eigen set maatregelen.

¹ KNMI (2014). KNMI '14 klimaatscenario's. <http://klimaatscenarios.nl/>

Uitkomsten onderzoek

De **totale kosten** om de negen stadsharten klimaat adaptief in te richten bedragen 785 miljoen euro tot 1,61 miljard euro. De gemiddelde investeringskosten per hectare voor alle stadsharten zijn € 140.019 tot € 285.479. In onderstaande tabel staat een samenvatting van de uitsplitsing van deze kosten. De bandbreedte in de onderstaande kosten zijn geen onzekerheidsmarges, maar een weergave van de laagste en hoogste investeringskosten, afhankelijk van het gekozen kwaliteitsniveau, van de maatregelen die zijn toegepast.

	Type Nieuwbouw	Minimale kosten	Maximale kosten
Bestaande ruimte + nieuwbouw	Totale investeringskosten voor 13 ov-knooppunten	€ 784.647.406	€ 1.606.826.683
	Gemiddelde kosten per ov-knooppunt	€ 64.232.221	€ 130.992.630
	Gemiddelde kosten per ha	€ 140.019	€ 285.479
Bestaande ruimte	Gemiddelde kosten per ha	€ 132.744	€ 238.578
	Gemiddelde kosten per ha voor water	€ 97.988	€ 181.970
	Gemiddelde kosten per ha voor hitte	€ 34.756	€ 56.607
Nieuwbouw in de MRA	Gemiddelde kosten per perceel	€ 1.059	€ 4.809
	Gemiddelde kosten per perceel voor water	€ 769	€ 1.434
	Gemiddelde kosten per perceel voor hitte	€ 289	€ 3.375

Voor de **bestaande ruimte** zijn de investeringskosten afhankelijk van de aanwezige wijktypes in de bestaande ruimte van een ov-knooppunt en het type ondergrond van een ov-knooppunt. Wat betreft de ondergrond, is een wijktype op hoog zand/zilt in alle gevallen goedkoper dan hetzelfde wijktype op lage veen/klei grond omdat meer water geïnfiltrerd kan worden en de maatregelen voor wateroverlast daarom goedkoper zijn. Het wijktype met de laagste investeringskosten voor de bestaande ruimte is het ruim opgezette wijktype Bloemkoolwijk: € 126.729 tot € 229.953 per hectare, en het duurste wijktype is de dichtbebouwde en versteende Volkswijk: € 233.835 tot € 413.541 per hectare. De precieze omschrijving van wijktypes en de ruimtelijke verdeling per wijktype is te vinden in Bijlage B, C en D. Gemiddeld zijn de investeringskosten voor de bestaande ruimte, inclusief bestaande ruimte waar geen maatregelen zijn toegepast zoals open water en grote parken, in de onderzochte stadsharten € 132.744 tot € 238.578 per hectare.

Voor de **geprojecteerde nieuwbouw** zijn de investeringskosten per perceel berekend waarbij ook geldt dat nieuwbouw op hoge zand/zilt ondergrond goedkoper is dan nieuwbouw op lage veen/klei grond. Daarnaast is het type nieuwbouw bepalend voor de kosten per perceel. De kosten voor een 2-persoonsappartement zijn bijvoorbeeld veel lager dan de kosten om een gemiddeld bedrijf klimaatadaptief te maken. De kosten voor een gemiddeld nieuwbouw perceel in de MRA en de kosten per type woning per perceel en per m² zijn in onderstaande tabel uitgewerkt.

	Type Nieuwbouw	Minimale kosten	Maximale kosten	Kosten nieuwbouw per m ²	Kosten nieuwbouw per m ²
Nieuwbouw in de MRA	Gemiddelde kosten per perceel	€ 1.059	€ 4.809		
	Kosten bandbreedte per woning (excl. Bedrijven)	€ 623	€ 7.168	€ 31	€ 105
Nieuwbouw (algemeen)	Kosten per 2-persoonsappartement	€ 623	€ 3.804	€ 31	€ 190
	Kosten per gezinspersoonsappartement	€ 901	€ 5.047	€ 29	€ 161
	Kosten per grondgebonden woning	€ 1.556	€ 7.168	€ 23	€ 105
	Kosten per bedrijf	€ 5.275	€ 19.500	€ 18	€ 68

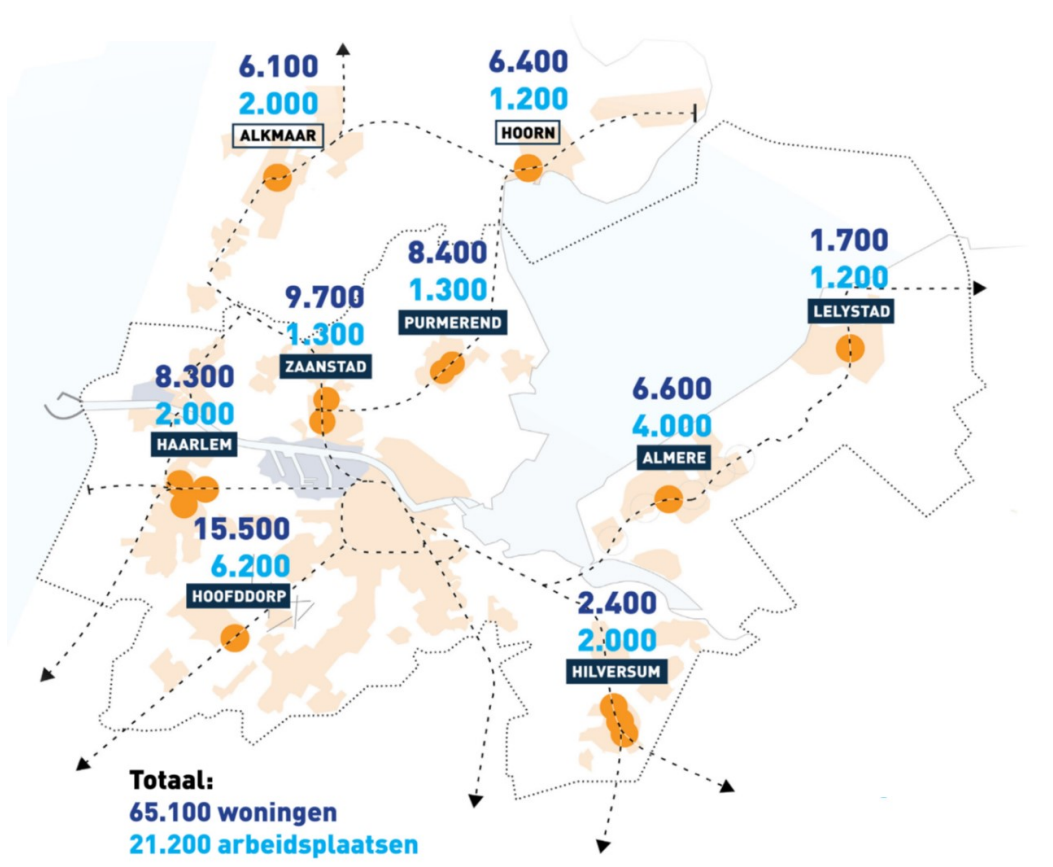
De **investeringskosten per ov-knooppunt** zijn een optelsom van de kosten voor de bestaande ruimte en de kosten voor de geprojecteerde nieuwbouw in het betreffende gebied. Daarnaast zijn de investeringskosten per ov-knooppunt afhankelijk van het oppervlak van een ov-knooppunt, aangezien sommige ov-knooppunten met elkaar overlappen. In onderstaande tabel zijn de totale investeringskosten en de investeringskosten per hectare per ov-knooppunt uitgewerkt.

Naam OV Knooppunt	Oppervlak OV Knooppunt (ha)	Minimale Kosten Klimaatadaptatie	Maximale Kosten Klimaatadaptatie	Min. Kosten per ha	Max. Kosten per ha
Alkmaar	452,39	€ 78.348.743	€ 160.301.685	€ 173.189	€ 354.345
Almere Centrum	452,39	€ 62.158.506	€ 131.402.250	€ 137.400	€ 290.463
Haarlem	439,80	€ 68.182.803	€ 127.067.077	€ 155.032	€ 288.922
Haarlem Spaarnwoude	450,58	€ 34.958.799	€ 67.662.770	€ 77.585	€ 150.167
Haarlem Zuid	437,99	€ 60.322.460	€ 118.690.476	€ 137.725	€ 270.988
Hilversum	355,89	€ 64.940.949	€ 119.621.135	€ 182.475	€ 336.119
Hilversum Sportpark	355,89	€ 51.583.886	€ 93.325.254	€ 144.944	€ 262.231
Hoofddorp	452,39	€ 64.648.698	€ 166.874.716	€ 142.905	€ 368.874
Hoom	452,39	€ 60.357.302	€ 127.767.324	€ 133.419	€ 282.428
Lelystad Centrum	452,39	€ 58.956.793	€ 112.441.303	€ 130.323	€ 248.550
Purmerend	452,39	€ 70.829.514	€ 154.057.638	€ 156.568	€ 340.542
Zaandam	439,76	€ 60.758.981	€ 129.273.248	€ 138.165	€ 293.966
Zaandam Kogerveld	439,76	€ 48.599.972	€ 98.341.807	€ 110.516	€ 223.629
Totaal	5.634	€ 784.647.406	€ 1.606.826.683		
Gemiddeld		€ 60.357.493	€ 123.602.053	€ 140.019	€ 285.479

2 Aanleiding en doel

Het ministerie van IenW en de MRA zijn gezamenlijk het project Bereikbare Steden gestart. Hiermee worden het Rijk-MRA programma Samen Bouwen aan Bereikbaarheid (SBaB)² en het MRA-programma Bouwen en Wonen³ aan elkaar gekoppeld. Beide programmalijnen hebben van hun respectievelijke opdrachtgevers, de Programmaraad van SBaB en het Portefeuillehoudersoverleg Bouwen en Wonen, de opdracht gekregen om voor de openbaar vervoersknooppunten ('stadsharten') van Almere, Haarlem, Hilversum, Hoofddorp, Lelystad, Purmerend en Zaanstad het project Bereikbare Steden te starten. In het najaar van 2020 is bestuurlijk besloten om de aanpak ook uit te breiden met twee stadsharten buiten de MRA: Alkmaar en Hoorn. Dit omdat deze twee steden steeds meer onderdeel uitmaken van het 'daily urban system' van de MRA. Als onderdeel van het project Bereikbare Steden is de klimaatadaptatieopgave in beeld gebracht voor deze stadsharten in relatie tot de nieuwbouwopgave en het bestaand stedelijk gebied.

In totaal moet in de **negentien stadsharten**⁴ een ambitieuze woningbouwopgave van ca. **65.100 nieuwe woningen** gerealiseerd worden. Behalve het aantal woningen dat gebouwd moet worden, moet ook de betaalbaarheid, variatie, bereikbaarheid en klimaatbestendigheid van deze woningen voldoen aan hoge standaarden en moet de omgeving van de nieuwe woningen aantrekkelijk zijn en worden voorzien van voldoende werkgelegenheid. Ten behoeve van de werkgelegenheid moeten er in totaal ruim **21.200 extra arbeidsplaatsen** worden gecreëerd in de stadsharten. In Figuur 1 zijn de OV-knooppunten in de stadsharten en de verdeling van de opgave over de stadsharten weergegeven.



Figuur 1. OV-knooppunten per stadshart en de verdeling van woningbouw opgave en arbeidsplaatsen over de negentien stadsharten.

² Zie voor meer informatie: <https://samenbouwenaanbereikbaarheid.nl/>

³ Zie voor meer informatie: <https://www.metropoolregioamsterdam.nl/platform/bouwen/>

⁴ Een stadshart is gedefinieerd als een gebied met een straal van 1.200 rondom de ov-knooppunten waarbij een stadshart in sommige gevallen uit meerdere ov-knooppunten bestaat.

Behalve voor een woningbouwopgave staan we landelijk voor een nóg grotere uitdaging: het mitigeren van een snelle klimaatverandering door onze uitstoot van broeikasgassen te minimaliseren: klimaatmitigatie en de opgave om onze leefomgeving bestendig maken voor een snelle klimaatverandering: **klimaatadaptatie**. Om laatstgenoemde opgave te concretiseren zijn er prestatie eisen die in de MRA de vorm hebben van het basisveiligheidsniveau klimaatbestendige nieuwbouw 3.0 waarin ambities en eisen zijn opgenomen om nieuwbouw tot 2050 klimaatbestendig te houden (Tabel 1)⁵. In andere regio's, zoals in de provincies Zuid-Holland, Utrecht en Gelderland worden gelijkwaardige eisen en ambities nagestreefd. Verder in dit rapport wordt naar deze set ambities en eisen van de MRA verwezen met 'het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie'.

Tabel 1. Basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie voor klimaatbestendige nieuwbouw voor de thema's hitte, droogte en wateroverlast uit het basisveiligheidsniveau klimaatbestendige nieuwbouw 3.0

Hitte: tijdens hitte biedt de gebouwde omgeving een gezonde en aantrekkelijke leefomgeving	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tenminste 40% schaduw in het plangebied op de hoogste zonnestand (21 juni) voor verblijfsplekken en gebieden waar langzaam verkeer zich verplaatst en minimaal 30 % schaduw op buurniveau 2. Koele, schaduwrijke verblijfsplekken zijn op loopafstand (300 meter) aanwezig en openbaar toegankelijk. 3. 40% van alle horizontale en verticale oppervlakten wordt warmtewerend of verkoelend ingericht 4. De koeling van gebouwen leidt niet tot opwarming van de (verblijfs)ruimte in de directe omgeving 5. Vitale en kwetsbare functies en groenvoorzieningen in de openbare ruimte moeten bestand zijn tegen de hitte.
Droogte: langdurige droogte leidt niet tot structurele schade aan bebouwing, funderingen, wegen, groen, water en vitale en kwetsbare functies	<ol style="list-style-type: none"> 1. De (grond)waterpeilen in het plangebied en de omgeving en de zoetwaterbeschikbaarheid in de bodem zijn sturend in de functiekeuze, systeemkeuze en inrichting van het plangebied. 2. De inrichting van het plangebied is infiltratieneutraal bij uitbreidingslocaties en infiltratiepositief bij herontwikkeling (minimaal 50 % van de jaarneerslag, afhankelijk van bodemtype benoemd in volgende kolom). 3. Bij het ontwerp en de inrichting wordt ingezet op drinkwaterbesparing, regenwaterbenutting en verbetering van de waterkwaliteit. 4. Vitale en kwetsbare functies moeten bestand zijn tegen langdurige droogte.
Wateroverlast: hevige neerslag leidt niet tot schade aan gebouwen, infrastructuur en voorzieningen. Vitale functies en voorzieningen blijven beschikbaar	<ol style="list-style-type: none"> 1. In het plangebied treedt bij extreem hevige neerslag geen schade op (bij 70 mm in een uur) aan bebouwing, infrastructuur en aan vitale voorzieningen en vitale voorzieningen blijven functioneren (bij 90mm in een uur) (hoofdwegen, drinkwater en energie) 2. Op privaat terrein wordt een groot deel van de neerslag (50mm, met range tussen 40-70mm) van een hevige bui (1/100 jaar, 70mm in een uur) verwerkt (geïnfiltreerd, vastgehouden en/of geborgen) in voorzieningen op privaat terrein of in daarvoor bestemde extra voorzieningen in het plangebied. De voorzieningen voeren de eerste 24 uur daarna vertraagd (niet extra) af en zijn in maximaal 60 uur weer beschikbaar (range 48-60 uur). 3. De ontwikkeling gebeurt waterneutraal en leidt niet tot extra aanvoer/afvoer van water. Hemelwater wordt zoveel mogelijk vastgehouden en hergebruikt in het plangebied.

Om een beter beeld te krijgen van de benodigde investering voor deze klimaatopgave van de negen stadsharten, heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de MRA, programma MRA Klimaatbestendig maken, Arcadis en &Flux gevraagd om de **indicatieve investeringskosten** te berekenen voor de klimaatopgave van de negen stadsharten, voor zowel de geprojecteerde nieuwbouw als voor de bestaande ruimte. Deze indicatieve investeringskosten bestaan uit een optelsom van kosten voor de implementatie van een minimale set maatregelen waarmee op de schaal van een OV-knooppunt wordt voldaan aan het gestelde basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie (Tabel 1). Naast de kosten van de geselecteerde maatregelen bevat dit onderzoek ook een beschrijving van het **maatschappelijk batenpotentieel** van de maatregelen. Ten slotte is behalve een grove indicatie van de kosten, ook **een generieke, extrapoleerbare methodiek** uitgewerkt om tot klimaatinvesteringskosten te komen welke ook toegepast kan worden op stadsharten in andere steden.

Het onderzoek omvat negen steden met in totaal dertien onderzochte OV-knooppunten:

1. **Haarlem:** Stations Haarlem Centrum, Spaarnwoude/ Oostpoort en OV-knooppunt Nieuw-Zuid
2. **Hoofddorp:** Station Hoofddorp
3. **Hilversum:** Stations Hilversum en Sportpark
4. **Purmerend:** Station Purmerend
5. **Almere:** Station Almere Centrum
6. **Lelystad:** Station Lelystad
7. **Zaanstad:** Stations Kogerveld en Centraal
8. **Alkmaar:** Centraal station
9. **Hoorn:** Station Poort van Hoorn

⁵ Metropoolregio Amsterdam (2021). Basisveiligheidsniveau klimaatbestendige nieuwbouw 3.0.

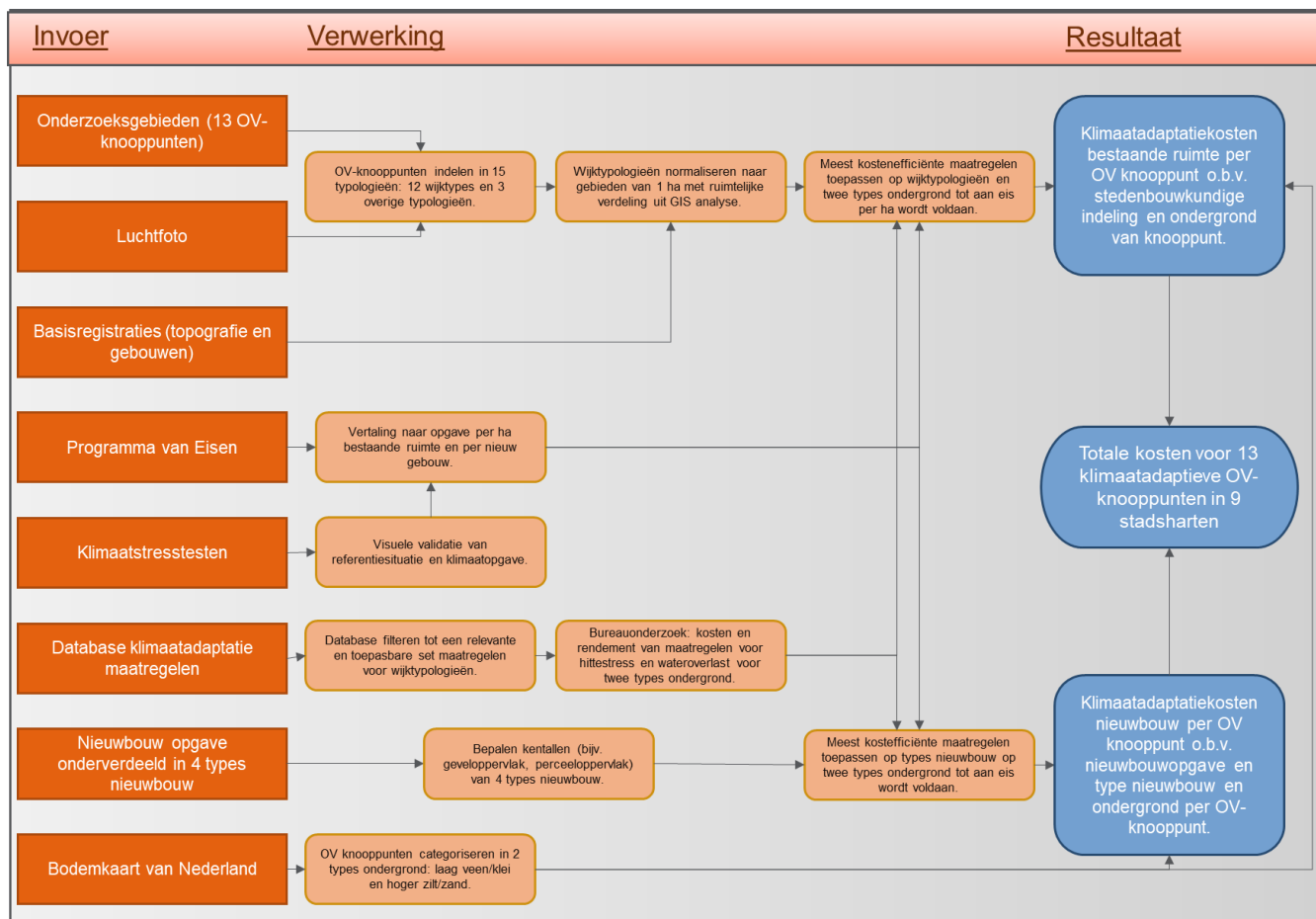


Leeswijzer

In dit rapport wordt achtereenvolgens de aanpak van het onderzoek uitvoerig beschreven, worden de kosten per OV-knooppunt toegelicht, het batenpotentieel van een klimaatadaptatieve inrichting kwalitatief beschreven en wordt een extrapoleerbare methodiek toegelicht om op andere stedelijke gebieden toe te passen. In hoofdstuk 5 zijn de conclusies vermeld met betrekking tot de klimaatadaptatiekosten per stadshart en het batenpotentieel. Het laatste hoofdstuk bevat de bronvermeldingen. In Bijlage A zijn de belangrijkste uitgangspunten van dit onderzoek te vinden. De overige bijlagen bevatten de gedetailleerde tussenproducten en resultaten van het onderzoek.

3 Aanpak

Om de investeringskosten voor de klimaatopgave van de negen stadsharten in te schatten is een multidisciplinaire aanpak gevolgd waarbij de benodigde invoergegevens beperkt zijn tot grotendeels openbaar beschikbare data. In Figuur 2 zijn de gebruikte methodiek en de relaties tussen invoergegevens, processen en resultaten schematisch weergegeven. In de volgende paragrafen zijn de invoergegevens, de processen en bijbehorende uitgangspunten in meer detail beschreven.



Figuur 2. Stroomschema van gebruikte methodiek in kostenbepaling klimaatadaptatieve stadsharten

3.1 Invoergegevens

Om de gebruikte methode extrapolieerbaar te houden is slechts een beperkte set invoergegevens gebruikt waarvan het grootste deel openbaar beschikbaar is (Tabel 2). De klimaatstresstesten en de gegevens over nieuwbouw en het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie zijn aangeleverd door de betrokken MRA-gemeenten. Daarnaast is een uitgebreide inventarisatie van klimaatadaptatie maatregelen uit eerder onderzoek van Arcadis en &Flux⁵ gebruikt en verfijnt voor dit onderzoek.

⁵ Arcadis en &Flux (2021). Meerkosten klimaatbestendige nieuwbouw in de Metropoolregio Amsterdam. Programma Metropoolregio Amsterdam Klimaatbestendig.

Tabel 2. Beschrijving van gebruikte invoergegevens en bronnen

Input	Beschrijving	Bron
Onderzoeksgebieden (13 OV Knooppunten)		Een straal van 1.200 m om 13 openbaarvervoersknooppunten in 9 stadsharten.
Luchtfoto		PDOK.nl
Basisregistraties	Openbare gegevens over de verdeling van openbare en private ruimte.	geobasisregistraties.nl
Programma van Eisen	Zie Figuur 2.	Metropool Regio Amsterdam.
Klimaatstresstesten	Waterdiepte, hittestress en verschillende effecten in kaart gebracht.	Klimaat-effectatlas.nl en aanlevering Gemeenten MRA
Database klimaatadaptatie maatregelen	Uitgebreide inventarisatie van klimaatadaptatieve maatregelen die effect hebben op de relevante thema's: wateroverlast, hitte en droogte.	Eerder onderzoek: MRA - klimaatbestendige nieuwbouw aangevuld met brede inventarisatie van maatregelen.
Nieuwbouw opgave onderverdeeld in 4 types nieuwbouw	De nieuwbouwopgave zoals gedefinieerd in de gemeentelijke plannen in het kader van Bereikbare steden onderverdeeld in vier types nieuwbouw.	De negen gemeenten binnen het projectgebied.
Bodemkaart van Nederland	De bodemsoorten onder het onderzoeksgebied.	Wageningen University, BOFEK 2012.

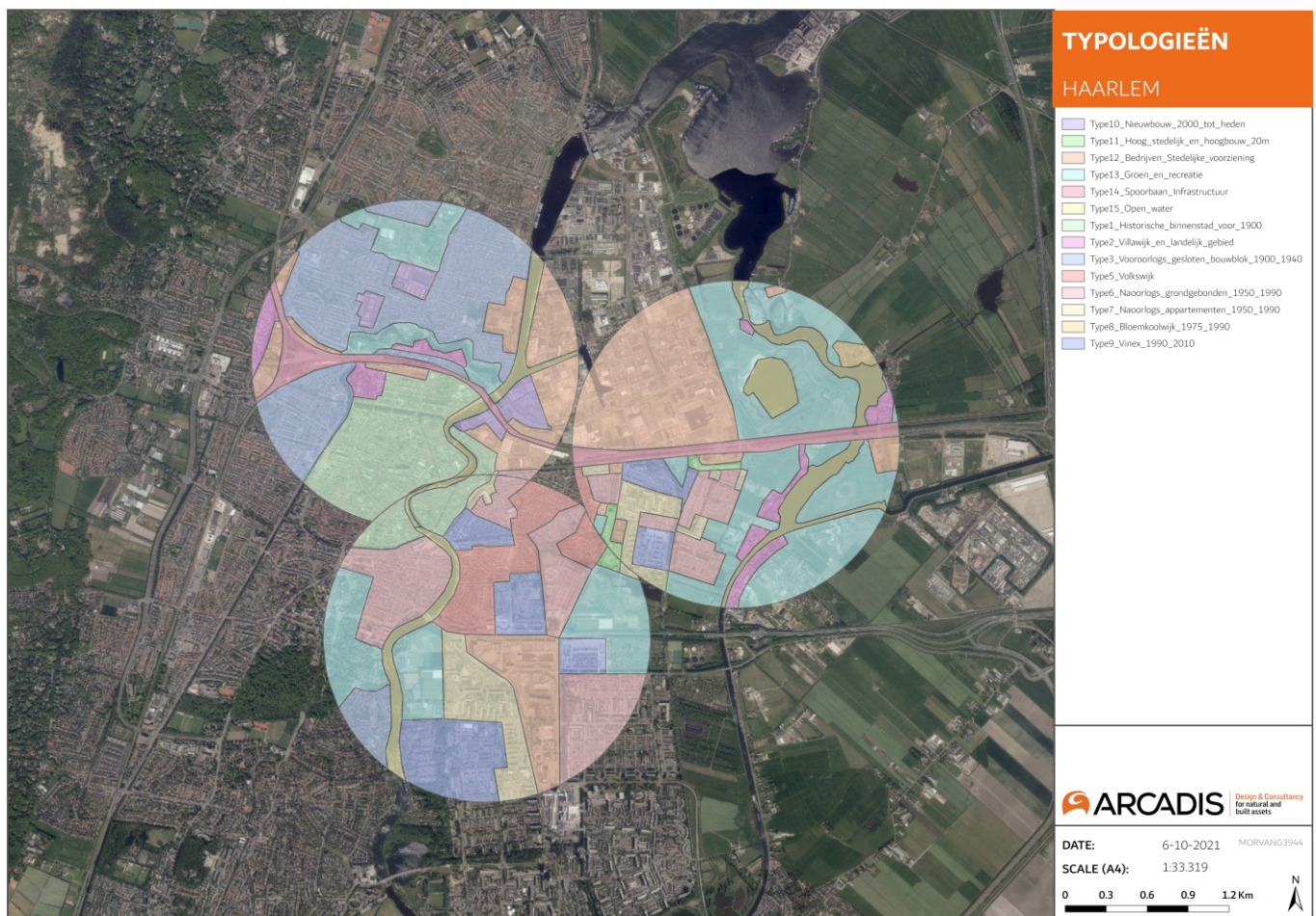
3.2 Dataverwerking en stappenplan

In voorliggende paragraaf worden de stappen en belangrijkste uitgangspunten beschreven om van de brondata tot de indicatieve investeringskosten te komen. De gebruikte aanpak bestaat uit de volgende stappen:

- 1) De 13 OV-knooppunten onderverdelen in **12 wijktypologieën** en **3 overige categorieën**;
- 2) **GIS analyse** met data uit basisregistraties de wijktypologieën te normaliseren naar gebieden van 1 ha met een typische ruimtelijke verdeling;
- 3) Vertaling van het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie (Tabel 1) naar een **meetbare klimaatopgave** per ha bestaande ruimte en per nieuw te bouwen gebouw;
- 4) De set maatregelen uit de uitgebreide inventarisatie filteren tot een **set relevante en toepasbare maatregelen** voor de gedefinieerde wijktypologieën en voor nieuwbouw en de kosten en rendementen bepalen voor de verschillende maatregelen;
- 5) **Nieuwbouw areaal en -aantallen bepalen** met aangeleverde nieuwbouw opgave en kentallen voor verschillende types nieuwbouw;
- 6) OV-knooppunten op basis van de landelijke bodemclassificatie **indelen in twee types ondergrond**: lage veen/klei grond waar infiltratiemogelijkheden beperkt zijn en hoge zand/zilt grond waar infiltratie van water prioriteit heeft.

3.2.1 Indeling van stadsharten in (wijk)typologieën

De 13 OV-knooppunten van het onderzoeksgebied zijn door stedenbouwkundigen van het projectteam op basis van luchtfoto's onderverdeeld in 15 categorieën waarvan 12 categorieën bestaan uit types wijken en 3 categorieën overige categorieën zijn zonder woningen. De stedenbouwkundige kenmerken van de 15 (wijk)typologieën zijn in Bijlage B beschreven. Voor de 3 categorieën zonder woningen: "Groen en recreatie", "Sporbaan en infrastructuur" en "Groot Open Water" is aangenomen dat deze zonder maatregelen aan de klimaatopgave voldoen. In Figuur 3 is een voorbeeld getoond van de stedenbouwkundige onderverdeling van de OV-knooppunten in stadshart Haarlem. De indeling van (wijk)typologieën van alle negen stadsharten is te vinden in Bijlage C en Bijlage D.

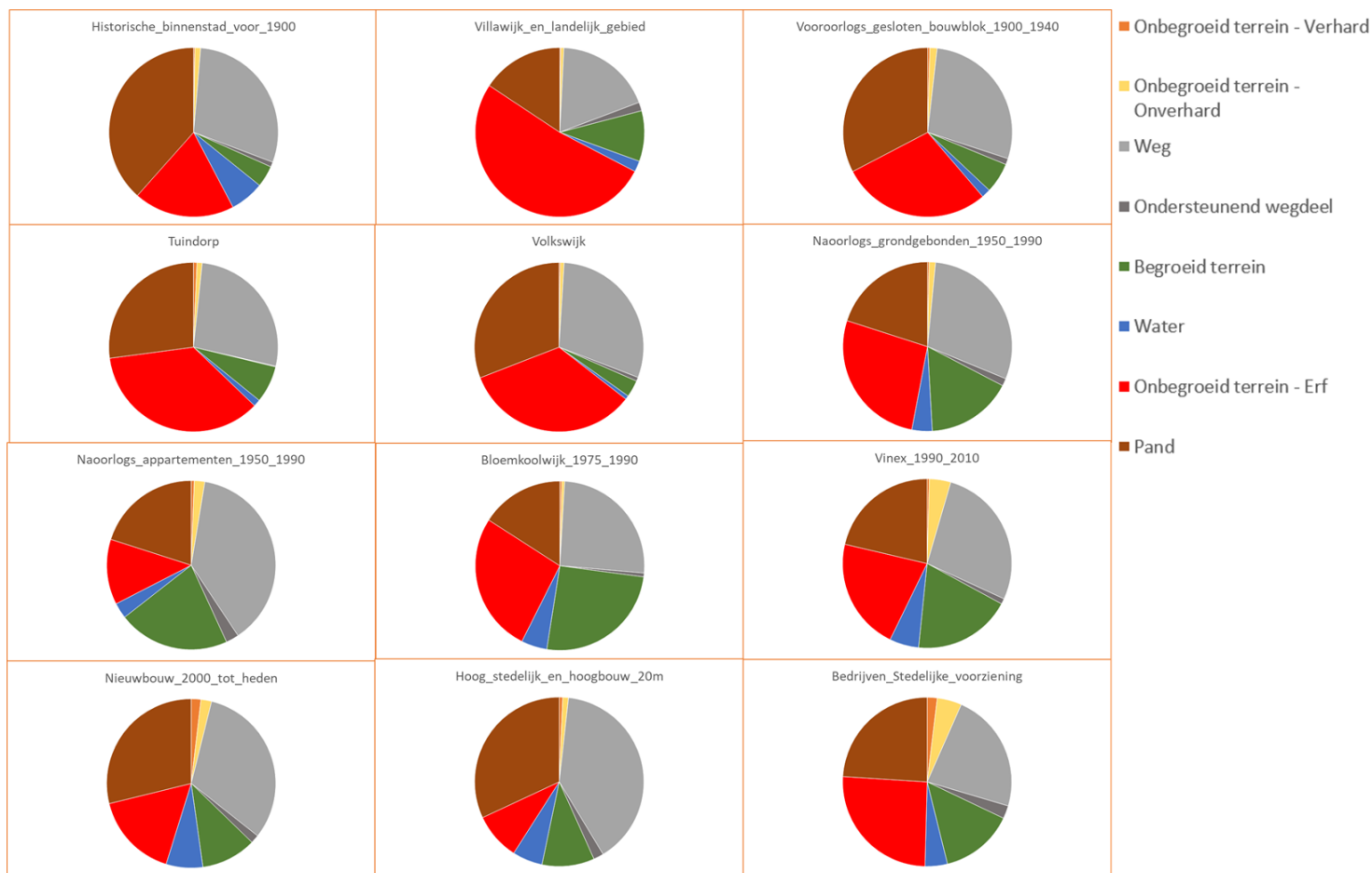


Figuur 3. Voorbeeld van de onderverdeling van OV-knooppunten in wijktypologieën in stadshart Haarlem bestaande uit drie OV-knooppunten.

3.2.2 GIS analyse per wijktypologie

Om de 12 geïdentificeerde wijktypologieën te normaliseren naar gebieden van 1 ha is een GIS-analyse op de wijktypes uitgevoerd met de basisregistratie adressen en gebouwen (BAG) en de basisregistratie grootschalige topografie (BGT). Hieruit is per wijktype een gemiddelde vlakdekkende ruimtelijke verdeling (Figuur 4) gekomen die de basis vormt voor het samenstellen van een toepasbaar maatregelenpakket per wijktype.

In het wegoppervlak (Figuur 4; Grijs) is ten behoeve van de toepassing van verschillende maatregelen een verdere detaillering aangebracht door deze uit te splitsen in langzaam verkeerroutes, parkeervlakken en rijbanen. Daarnaast is op basis van de BAG uit 2019 een inschatting gemaakt voor het percentage daken dat plat is per wijktype. Het gedetailleerde resultaat van de GIS-analyse: de ruimtelijke verdeling per wijktype, is te vinden in Bijlage E.



Figuur 4. Ruimtelijke verdeling van wijktypes op basis van GIS-analyse van wijktypes met de BGT en de BAG.

De ruimtelijke vlakken die uiteindelijk zijn gebruikt voor de toepassing van klimaatadaptatie maatregelen zijn:

- Verhard terrein (bv. pleinen, kleine sportveldjes);
- Onverhard en onbegroeid terrein (bv. braakliggend terrein);
- Wegen – Rijbaan;
- Wegen – Voetpaden en fietspaden;
- Wegen – Parkeervakken;
- Wegen – OV banen;
- Ondersteunend wegdeel (bv. bermen);
- Begroeid terrein (bv. kleine parken en groenstroken);
- Water: klein open water binnen een wijktipe;
- Erven: percelen horend bij een gebouw;
- Panden: gebouwen zoals deze zijn geregistreerd in de BAG.

3.2.3 Klimaatopgave per hectare wijktipe en per nieuw te bouwen gebouw

Het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie van de MRA (Tabel 1) stelt diverse eisen aan de inrichting van de leefomgeving om deze bestendig te maken tegen wateroverlast, hitte en droogte tot 2050.

Voor wateroverlast gaan deze eisen met name over het bergen van water op plekken die hiervoor geschikt zijn en vertraagd afvoeren naar het watersysteem zodat schade aan gebouwen en infrastructuur zo veel mogelijk beperkt blijft bij extreme neerslag. De eisen om hittestress te voorkomen moeten zorgen dat inwoners gedurende hittegolven toegang hebben tot verkoelende plekken en dat woningen en langzaam verkeerroutes voldoende beschaduwde zijn.

Voor droogte zijn in dit onderzoek geen specifieke maatregelen bepaald op basis van het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie uit Tabel 1 in hoofdstuk 2, anders dan dat bij de maatregelen voor wateroverlast gekeken is naar maatregelen die neerslag kunnen infiltreren daar waar mogelijk.

De concrete eisen voor wateroverlast en hitte zijn voor dit onderzoek vertaald naar de klimaatopgaves zoals in opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3. Vertaling van concrete eisen in het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie naar een meetbare klimaatopgave voor dit onderzoek. De gedetailleerde aannames en uitgangspunten die bij de klimaatopgave horen zijn opgenomen in Bijlage A.

Klimaat thema	Basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie	Klimaatopgave
Wateroverlast	Extreme neerslag van 70 mm in één uur zorgt niet voor schade in- en aan gebouwen, infrastructuur en voorzieningen.	Bestaande ruimte: bij een bui van 70 mm in één uur, wordt 20 mm door de riolering verwerkt, en is de bergingsopgave 50 mm. Voor één hectare wijktypologie is de bergingsopgave daarom 500 m ³ .
	Een groot deel van de neerslag (range 40-70 mm) van een hevige bui op het bebouwd deel van privaat terrein wordt verwerkt (geïnfiltreerd, opgevangen en/of vertraagd afgevoerd) op het terrein zelf of in extra (water)voorzieningen in of toegerekend aan het plangebied. De voorzieningen voeren de eerste 24 uur vertraagd af (niet naar riolering of watersysteem) en zijn in maximaal 60 uur weer beschikbaar.	Bij nieuwbouw wordt rekening gehouden met een bergingscapaciteit van minimaal 60 mm op privaat terrein.
Hitte	Er is tenminste 40% schaduw voor langzaam verkeerroutes en verblijfspoten in het plangebied tijdens de hoogste zonnestand in de zomer.	Bestaande ruimte: schaduw op alle voet- en fietspaden moet aangevuld worden tot 40% schaduw op de hoogste zonnestand.
	Koele plekken (minimaal 200 m ²) zijn op loopafstand (300 m) aanwezig.	Bestaande ruimte: op plekken waar de afstand tot koele plekken van minimaal 200 m ² groter is dan 300 m (risicogebieden voor hittestress) dient een koele plek aangelegd te worden.
	Tenminste 50% van alle horizontale en verticale oppervlakken worden warmtewerend of verkoelend ingericht/gebouwd om opwarming van het stedelijk gebied en opwarming van de gebouwen zelf te verminderen.	Bij nieuwbouw wordt 50% van het dakoppervlak en 50% van het geveloppervlak warmtewerend ingericht.

Voor **droogte** is de ambitie volgens het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie van de MRA (Tabel 1) om schade aan gebouwen, infrastructuur en groen zo veel mogelijk te voorkomen door de inrichting van het plangebied te sturen op de grondwaterstanden. Omdat deze eis moeilijk meetbaar is en het rendement van maatregelen niet eenduidig is, kiezen we er in dit onderzoek voor om klimaatadaptatie tegen droogte niet als concrete opgave op te nemen maar mee te laten wegen in de keuze van maatregelen op verschillende ondergronden. Op hogere zand/zilt gronden wordt de voorkeur gegeven aan maatregelen waarbij geïnfiltreerd wordt, en op lage veen/klei gronden is deze mogelijkheid er niet/beperkt en dient water vertraagd afgevoerd te worden naar het watersysteem via leidingen of het maaiveld.

3.2.4 Toepasbare maatregelen voor wijktypologieën

In een eerder onderzoek naar de meerkosten voor klimaatbestendige nieuwbouw in de Metropoolregio Amsterdam is in samenwerking met &Flux een database van klimaatadaptatie maatregelen opgesteld met de bijbehorende kosten per m² of per m³. Voor de berekening van de kosten in het voorliggend onderzoek zijn de kosten van de maatregelen uit eerder onderzoek⁵ gebruikt en zijn daarnaast op basis van uitgebreid literatuuronderzoek de rendementen van maatregelen voor de thema's wateroverlast (bergingscapaciteit) en hitte (schaduwoppervlak) bepaald. In de kosten en

⁵ Arcadis en &Flux (2021). Meerkosten klimaatbestendige nieuwbouw in de Metropoolregio Amsterdam. Programma Metropoolregio Amsterdam Klimaatbestendig.

het rendement van maatregelen is rekening gehouden met de toepassing van maatregelen op de verschillende ondergronden.

De gebruikte maatregelen voor wateroverlast en hitte met de bijbehorende rendementen, onderbouwing en kosten zijn te vinden in Bijlage F van dit rapport. De keuze maatregelsets voor verschillende wijktypes en ondergronden is verder toegelicht in paragraaf 3.3.

3.2.5 Nieuwbouw dataverwerking

Om een nauwkeuriger beeld te krijgen van de kosten van klimaatadaptieve nieuwbouw is in dit onderzoek, in samenwerking met Metafoor Vastgoed en Software, data verzameld over het type nieuwbouw en het bruto-vloeroppervlak van niet-woningbouw wat gerealiseerd moet worden per OV-knooppunt. Daarnaast is een tabel met uitgangspunten en kentallen voor vier types nieuwbouw: 2-persoonsappartementen, gezinsappartementen, grondgebonden woningen en niet-woningbouw. Beide tabellen zijn te vinden in Bijlage G van dit rapport.

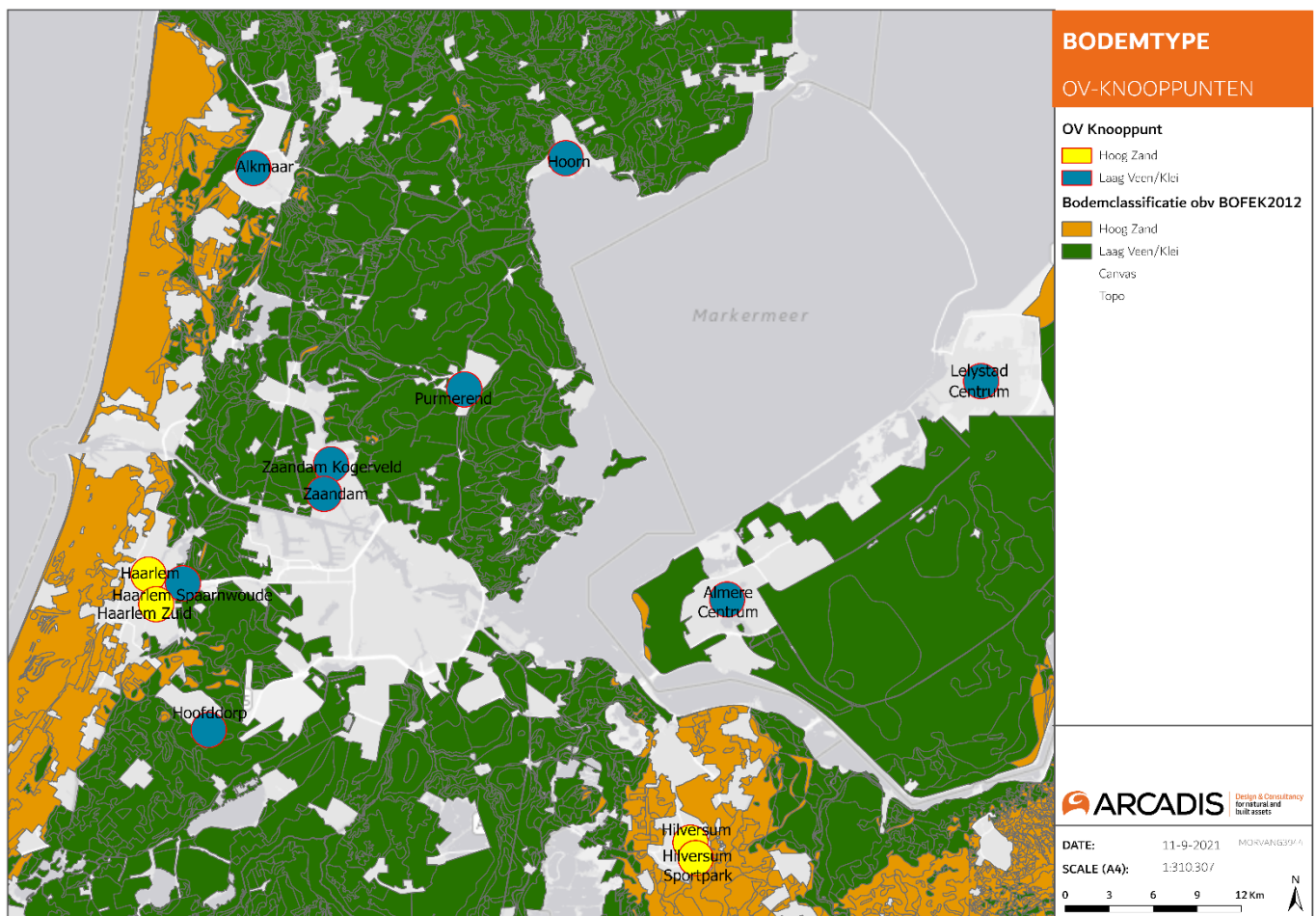
Met de informatie over het aantal woningen en het BVO van niet-woningen per OV-knooppunt en met de uitgangspunten per type nieuwbouw is een verdeling gemaakt van het aantal en type nieuwbouw wat per OV-knooppunt naar verwachting gerealiseerd zal worden en het areaal wat hiervoor gebruikt zal worden (Tabel 4).

Tabel 4. Aantallen per types nieuwbouw en totaal oppervlak wat voor nieuwbouw gebruikt zal worden op basis van kentallen per nieuwbouw type (Bijlage G).

Knooppunt	2-Persoonsappartementen (aantal)	Gezinsappartement en (aantal)	Grondgebonden woningen (aantal)	Niet-woningen (aantal)	Totaal Oppervlak Nieuwbouw (ha)	
Alkmaar	2248	3770		69	190	22
Almere Centrum	4965	1636		0	133	19
Haarlem	1852	669		0	87	8
Haarlem Spaarnwoude	592	546		0	46	4
Haarlem Zuid	2835	1797		0	19	12
Hilversum	1628	241		15	70	6
Hilversum Sportpark	414	86		0	100	4
Hoofddorp	7750	7750		0	776	62
Hoorn	3709	2529		149	123	20
Lelystad Centrum	1269	351		88	49	6
Purmerend	4320	2580		1518	283	35
Zaandam	2745	3129		400	125	22
Zaandam Kogerveld	2067	1346		0	124	12

3.2.6 Classificatie van OV-knooppunten op basis van ondergrond gegevens

Om geschikte maatregelsets samen te stellen voor OV-knooppunten op verschillende ondergronden, is onderscheid gemaakt tussen OV-knooppunten gelegen op lage veen/klei gronden en OV-knooppunten die op hogere zand/zilt gronden liggen. Het onderscheid in ondergrond van de OV-knooppunten is gemaakt op basis van een GIS analyse met de BOFEK bodemfysische eenhedenkaart van Wageningen University. Figuur 5 toont de ruimtelijke verdeling van de twee types bodem en de OV-knooppunten zoals deze na de analyse zijn gecategoriseerd. De bodemeenheden van OV-knooppunten Haarlem, Haarlem-Zuid, Hilversum en Hilversum Sportpark zijn geclassificeerd als hogere zand/zilt gronden. De overige OV-knooppunten zijn gelegen op lagere veen/klei gronden.



Figuur 5. OV-knooppunten ingedeeld in verschillende bodemtypes op basis van de BOFEK 2012 bodemfysische eenhedenkaart.

3.3 Maatregelsets samenstellen

Uit het voorbereidende werk volgen vier datasets:

- 1) De klimaatopgave (Tabel 3) op basis van het basisveiligheidsniveau klimaatadaptatie van de MRA;
- 2) Een lijst van toepasbare maatregelen waarmee de openbare ruimte, bestaande bebouwing en nieuwbouw moeten voldoen aan de klimaatopgave (Bijlage F);
- 3) 12 wijktypologieën op 2 verschillende ondergronden (totaal: 24) waarvoor maatregelsets worden samengesteld om te voldoen aan de bergingsopgave en de hitteopgave;
- 4) 4 types nieuwbouw met verschillende kenmerken en het aantal per type nieuwbouw wat gebouwd moet worden per OV-knooppunt.

Met de eerste drie datasets zijn de **maatregelpakketten** samengesteld voor de **openbare ruimte en bestaande bebouwing**. Met datasets 1, 2 en 4 zijn vervolgens de **maatregelen voor nieuwbouw** samengesteld. In de volgende twee paragrafen worden beide processen toegelicht.

3.3.1 Bestaande ruimte

Voor de **openbare ruimte en bestaande bebouwing** van de 24 typologieën zijn maatregelsets samengesteld om te voldoen aan de bergingseis om **wateroverlast** tegen te gaan. Figuur 6 geeft een voorbeeld van de samenstelling van een wateroverlast maatregelset voor een wijktype waarmee wordt voldaan aan de bergingseis. Bij de samenstelling van een maatregelset voor wateroverlast zijn een aantal uitgangspunten van belang:

- De riolering verwerkt 20mm in een uur en wordt afgetrokken van de bui om tot de bergingsopgave te komen.
- De referentiebergiging op maaiveld is 10mm (0,01 m³/m²), er mag dus 10mm op het maaiveld blijven staan zonder dat dit schade veroorzaakt. Uitzonderingen gelden voor de watervlakken waar de gehele bui direct op valt (bergiging = 70mm) en de daken waar aangenomen wordt dat er geen water blijft liggen (bergiging = 0mm).
- De maatregelen worden enkel toegepast op de GIS vlakken waarop toepassing van een specifieke maatregel mogelijk is. Bijvoorbeeld: Waterdaken worden enkel toegepast op de pandoppervlakken met platte daken en Wadi's worden toegepast op begroeid onverhard terrein.
- Het oppervlak van de toegepaste maatregel mag nooit het oppervlak van de GIS-vlakken overschrijden, in dat geval wordt de beschikbare ruimte overschreden.
- Samen moeten de referentiebergiging en de bergiging door maatregelen voldoen aan de minimale bergingseis per ha van 500 m³.

Ruimteverdeling wijktype	Opp. % Type 1	Bergingseis op openl. zonder maatregelen (m ³)	Berging openl. dak zonder maatregelen (m ³)	Berging (zaten) onder verhard oppervlak (naag met langzame overloop naar isolering)				Waterdichte bergingsvoorziening met vertraagde sloot		Compartmentering van kleine wegen	Verblijfsplek in met vlier	Rogewoerendheid	0
				Steen dak	Polderdak	Waterdak	Slim ingerichte wegen (flaag)	Slim ingerichte wegen (flaag)	Slim ingerichte wegen (flaag)				
Onbegroeid terrein - Verhard	0,72%	0,01	0,08	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%
Onbegroeid terrein - Onverhard	0,04	0,04	0,04	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%
Wegdeel - Rijbaan	9,56	2,88	2,88	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	70,00%
Wegdeel - OV	0,04%	0,01	0,01	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	70,00%
Wegdeel - Parkeerdak	1,29%	0,01	0,01	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	35,00%
Wegdeel - Voetpad en fietspad	7,58%	0,01	0,79	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%
Wegdeel - Overig wegdeel	0,00%	0,01	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ondersteunend wegdeel	1,64%	0,01	0,82	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%
Begroeid terrein	9,66%	0,01	9,18	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%
Water	2,09%	0,07	14,66	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Onbegroeid terrein - Erf	51,66%	0,01	43,91	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%
Pland - vlak dak (percentage totaal)	1,93%	0,00	0,00	3,33%	3,33%	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,99%
Openl. openbare ruimte (m ²)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Openl. particulier (m ²)		0,00	6,44	6,44	6,44	6,44	516,60	0,00	0,00	0,00	0,00	268,30	794,23
Totaal openl. (m ²)		0,00	6,44	6,44	6,44	6,44	840,64	563,66	0,00	192,58	3,59	306,82	2026,61
Totale berging openbare ruimte (m ³)		33,50	0,00	0,00	0,00	0,00	114,48	56,37	0,00	19,26	1,08	14,65	238,64
Totale berging particulier (m ³)		43,91	0,13	0,45	0,39	0,39	133,48	0,00	0,00	0,00	0,00	77,46	254,66
Totale berging (m ³)		76,81	0,13	0,45	0,39	0,39	253,97	56,37	0,00	19,26	1,08	92,11	500,49
Uitgangspunten:													
Gebiedsruimte (m ²)		10000											
Bergingsbenodigdheid totaal (m ³)		500											
Bergingsbenodigdheid openbare ruimte (m ³)		336,72											

Figuur 6. Voorbeeld van de samenstelling van een wateroverlast maatregelset voor een wijktypologie om aan de bergingseis van 500 m³ te voldoen.

Vervolgens zijn **hitemaatregelen** toegepast op de **openbare ruimte** en **bestaande bebouwing** van 12 wijktypologieën tot aan de volgende hiteopgaves voor de bestaande ruimte (Tabel 3) wordt voldaan. Er is bij de samenstelling van hite maatregelen geen onderscheid gemaakt tussen het type ondergrond van de wijktypes. In Tabel 5 zijn de hite maatregelen voor de verschillende wijktypologieën uitgewerkt. In algemene zin geldt dat: 1) aan de afstand tot verkoelend groen wordt voldaan door het aanplanten van pocketparken, 2) aan schaduw op langzaam verkeerroutes wordt voldaan door het aanbrengen van pergola's (50%) en aansluitende bomenrijen (50%) en 3) de schaduw op verblijfslocaties wordt gecreëerd door het aanplanten van bomen.

Bij de samenstelling van een maatregelset voor hite zijn een aantal uitgangspunten van belang:

- Koele plekken en verblijfsplekken zijn bepaald uit de GIS-analyse en gedefinieerd als het begroeid terreindeel van het BGT met oppervlakte >200m²
- Voor verblijfsplekken geldt dat maximaal 10% van het totaaloppervlak van een wijktype wordt voorzien van 40% schaduw. Indien meer dan 10% van het oppervlak van een wijktype als verblijfsplekken is gedefinieerd, hoeft het deel boven de 10% niet beschaduwd te worden.
- Huidig schaduwpercentage verkoelende verblijfplaatsen is benaderd in de GIS-analyse door het percentage begroeid terrein met bomen (bijv. loofbos) op de verblijfplaatsen te bepalen.
- Huidig schaduwpercentage langzaam verkeerroutes is gebaseerd op literatuuronderzoek, een luchtfoto analyse en advies van hite experts.
- Om aan PvE te voldoen moet per cirkel met een straal van 300m (~28 ha) een groenvoorziening van 200m² aanwezig zijn. Voor de gebieden waar dit niet aanwezig is (kwetsbaar gebied) moet dus voor 100 ha kwetsbaar gebied ca. 700 m² (0,07%) verkoelend groen worden aangelegd. De aanlegkosten hiervoor worden berekend per benodigd m² park per wijktype.

- Bij aanplanten van bomen t.b.v. schaduw op verblijfsplekken is gerekend met een loofboom (b.v. iep) met stamomtrek 20-25cm. Van deze boom wordt aangenomen dat deze na 20 jaar een hoogte van ca. 7,5m heeft bereikt en een kroonoppervlak van ca. 25 m² heeft en daarom minimaal 25 m² schaduw geeft op 21 juni om 14:00 (conservatieve aanname).

Tabel 5. Samenstelling van hitte maatregelen per wijktype.

Hitteopgave: Afstand tot verkoeling <300 m					
Wijktype	Oppervlakte risicogebied uit GIS (ha)	Oppervlakte risicogebied uit GIS analyse (%)	Oppervlakte park nodig per ha wijktypologie (m ²)		
Type1 Historische binnenstad voor 1900	29,21	6,57%	0,46		
Type2 Villawijk en landelijk gebied	1,41	0,57%	0,04		
Type3 Vooroorlogs gesloten bouwblok 1850 1940	1,87	0,92%	0,07		
Type4 Tuindorp	0,00	0,00%	0,00		
Type5 Volkswijk	14,74	5,10%	0,36		
Type6 Naoorlogs grondgebonden 1950 1990	0,00	0,00%	0,00		
Type7 Naoorlogs appartementen 1950 1990	0,00	0,00%	0,00		
Type8 Bloemkoolwijk 1975 1990	0,00	0,00%	0,00		
Type9 Vinex 1990 2010	0,00	0,00%	0,00		
Type10 Nieuwbouw 2000 tot heden	0,00	0,00%	0,00		
Type11 Hoog stedelijk en hoogbouw 20m	0,00	0,00%	0,00		
Type12 Bedrijven Stedelijke voorziening	0,00	0,00%	0,00		
Schaduw langzaamverkeerroutes (fietspaden en voetpaden)					
Wijktype	Referentie schaduw langzaamverkeerroutes (%)	Oppervlak fiets- en voetpaden uit GIS analyse (%)	Oppervlak van wijktypologie waar aanvullend schaduw nodig is (%)	Oppervlakte schaduwroute nodig per ha (m ²)	
Type1 Historische binnenstad voor 1900	15,0%	14%	3,55%	355	
Type2 Villawijk en landelijk gebied	15,0%	8%	1,89%	189	
Type3 Vooroorlogs gesloten bouwblok 1850 1940	15,0%	12%	3,12%	312	
Type4 Tuindorp	7,5%	11%	3,59%	359	
Type5 Volkswijk	7,5%	13%	4,11%	411	
Type6 Naoorlogs grondgebonden 1950 1990	7,5%	13%	4,31%	431	
Type7 Naoorlogs appartementen 1950 1990	7,5%	17%	5,68%	568	
Type8 Bloemkoolwijk 1975 1990	7,5%	10%	3,38%	338	
Type9 Vinex 1990 2010	7,5%	12%	3,92%	392	
Type10 Nieuwbouw 2000 tot heden	7,5%	16%	5,07%	507	
Type11 Hoog stedelijk en hoogbouw 20m	7,5%	19%	6,15%	615	
Type12 Bedrijven Stedelijke voorziening	7,5%	8%	2,45%	245	
Schaduw verblijfslocaties - gebieden > 200m ²					
Wijktype	Oppervlak (%) verblijfsplekken (maximaal 10% van totaaloppervlak)	Referentie schaduw oppervlakte verblijfslocaties (%)	Oppervlak van wijktypologie waar aanvullend schaduw nodig is (%)	Aantal loofbomen van 7,5m nodig per ha	
Type1 Historische binnenstad voor 1900	3%	5,70%	0,94%	4	
Type2 Villawijk en landelijk gebied	8%	14,77%	1,95%	8	
Type3 Vooroorlogs gesloten bouwblok 1900 1940	5%	8,61%	1,46%	6	
Type4 Tuindorp	6%	0,00%	2,28%	10	
Type5 Volkswijk	2%	3,28%	0,75%	3	
Type6 Naoorlogs grondgebonden 1950 1990	10%	6,42%	3,36%	14	
Type7 Naoorlogs appartementen 1950 1990	10%	6,75%	3,32%	14	
Type8 Bloemkoolwijk 1975 1990	10%	12,24%	2,78%	12	
Type9 Vinex 1990 2010	10%	8,12%	3,19%	13	
Type10 Nieuwbouw 2000 tot heden	8%	0,08%	3,03%	13	
Type11 Hoog stedelijk en hoogbouw 20m	8%	0,00%	3,15%	13	
Type12 Bedrijven Stedelijke voorziening	10%	9,32%	3,07%	13	

3.3.2 Geprojecteerde nieuwbouw

In tegenstelling tot de maatregelsets voor de bestaande ruimte, waar per hectare maatregelen zijn toegepast, zijn voor nieuwbouw, maatregelen op perceelniveau toegepast tot wordt voldaan aan de klimaatopgave per perceel.

Voor de samenstelling van **wateroverlastmaatregelen** is voor vier types nieuwbouw de bergingseis in m³ (Figuur 7) bepaald op basis van de bergingseis van 60 mm op privaat terrein (Tabel 3) en het perceeloppervlak per type nieuwbouw (Bijlage G). Met deze informatie zijn met dezelfde uitgangspunten als in Figuur 6 de maatregelsets samengesteld voor de 4 types nieuwbouw op 2 types ondergrond. Figuur 7 toont een voorbeeld van de samenstelling van een maatregelset voor het type gezinsappartement op lage veen/klei grond.

Tabel 6. Bergingseis per nieuwbouwtype in m3 op basis van een bergingseis van 60mm en perceeloppervlak per nieuwbouwtype.

Type nieuwbouw	Bergingseis (m ³)
2 persoonsappartement	1,2
Gezinsappartement	1,9
Grondgebonden woning	4,1
Niet-woning (bedrijf of voorziening)	17

Vlak	Opp. % Type 1	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)		Waterdak	Berging(kratten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	Regenwatervijver	% van vlak gebruikt en totale berging
Onbegroeid terrein - Erf	30,00%	0,01	0,05	0,00%	0,00%	44,00%	0,00%	2,00%	46,00%
Pand - vlak dak	70,00%	0,00	0,00	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%
Totaal oppervlak (m2)				35,00%	11,00	4,15	0,00	0,19	15,34
Totale berging (m3)			0,05	0,66	1,12	0,00	0,06	1,89	
Uitgangspunten:									
Bergingseis (mm):		60							
Bergingseis (m3/m2):		0,06							
Perceeloppervlak (m2)	31,43								
Bergingseis nieuwbouw (m3)	1,89								

Figuur 7. Voorbeeld van maatregelset voor nieuwbouwtype gezinsappartement op lage veen/klei ondergrond.

De **hitteopgave voor nieuwbouw** (Tabel 3) is net als de overige opgaves ingevuld door de meest kosteneffectieve maatregelen te selecteren. Op ieder pand wordt 50% van het dakoppervlak voorzien van een waterdak met als voorwaarde dat het dak tevens wordt voorzien van zonnepanelen die een warmtewerend effect hebben. De aanleg van de zonnepanelen is niet opgenomen in de kostenraming. Daarnaast wordt 50% van de gevel van ieder pand voorzien van groene gevels om het verticale oppervlak van het pand warmtewerend in te richten. De prijsrange van groene gevels is groot en sterk afhankelijk van het type groene gevel (van eenvoudige klimplant tot een dure constructie met granulaat en beplanting).

3.4 Kostenbepaling van maatregelen

Voor het doorrekenen van de stadsharten is vanuit een longlist van klimaatadaptieve maatregelen een selectie gemaakt van maatregelen die toegepast worden in het onderzoek. Vervolgens heeft een kostendeskundige de maatregelen actueel, anno 2021, begroot en tevens specifiek gekeken wat de meerkosten zijn van een klimaatbestendige maatregel ten opzichte van 'traditionele' maatregelen in de gebouwde omgeving en openbare ruimte. Zoals bijvoorbeeld het aanleggen van een slim ingerichte weg. Een weg kan traditioneel worden vervangen bij groot onderhoud voor een bepaalde eenheidsprijs, maar ook op een klimaatbestendige manier. De meerkosten van de klimaatbestendige toepassing van een maatregel is door de kostendeskundige in kaart gebracht.

In de geactualiseerde eenheidsprijzen, prijspeil 2021, is rekening gehouden met de volgende componenten:

- Directe kosten
- Eenmalige kosten en bouwplaatskosten
- Uitvoeringskosten
- Algemene kosten
- Winst & risico
- V, voorbereiding/engineering
- A, administratie
- T, toezicht

Alle vermelde prijzen zijn exclusief omzetbelasting.

Bijlage F geeft een overzicht van de eenheidsprijzen van de gehanteerde maatregelen en, daar waar van toepassing, specifiek de meerkosten van de maatregel voor een klimaatbestendige inrichting ten opzichte van een traditionele toepassing van een maatregel

Om de investeringskosten voor klimaatadaptatie per OV-knooppunt te bepalen zijn de volgende stappen gevolgd:

- 1) Bepalen van kosten per OV-knooppunt voor de bestaande ruimte:
 - a) De kosten per ha wijktype bepalen door de mate van toepassing (areaal of aantal eenheden) te vermenigvuldigen met de kosten per oppervlak of eenheid.
 - b) De kosten per hectare OV-knooppunten bepalen door de kosten per ha wijktype naar ratio van voorkomen van wijktypes in een OV-knooppunt te verdelen.
 - c) Areaal van bestaande ruimte bepalen door het areaal nieuwbouw af te trekken van de totale ruimte van een OV-knooppunt.
 - d) Kosten per hectare OV-knooppunt vermenigvuldigen met het areaal van de bestaande ruimte per OV-knooppunt.
- 2) Bepalen van kosten per OV-knooppunt voor nieuwbouw: kosten per perceel per type nieuwbouw vermenigvuldigen met het aantal te bouwen gebouwen per type nieuwbouw.
- 3) Per OV-knooppunt de kosten voor klimaatadaptatie van de bestaande ruimte en de kosten voor klimaatadaptatie van nieuwbouw bij elkaar optellen.

De resulterende kostenindicaties voor klimaatadaptatie betreffen expliciet de 'vanaf' kosten. Bij de keuze van maatregelen is de meest kostenefficiënte maatregel gekozen waarbij dus niet altijd voor de meest kwaliteit toebrengeende maatregel is gekozen.

3.5 Bepalen van batenpotentieel van maatregelpakketten

Om inzicht te krijgen in de maatschappelijke baten van klimaatbestendige inrichting van de verschillende stadsharten van de MRA is een batenanalyse 'light' uitgevoerd. Dit wil zeggen dat de baten van klimaatbestendige inrichting op hoofdpijnen en kwalitatief beschreven zijn.

De stadsharten van de MRA zijn onderverdeeld in stadstype en voor ieder stadstype is een maatregelpakket beschreven. Echter, de doelen voor de thema's wateroverlast, hitte en droogte zijn per stadstype hetzelfde. De maatregelpakketten, behorende bij de klimaatbestendige inrichting van de verschillende stadsharten per stadstype, leiden daarmee tot een vergelijkbaar effect, namelijk het bereik van opgestelde doelen op de hierboven genoemde thema's. De baten van de verschillende maatregelpakketten zijn daarom in algemene zin beschreven en niet gespecificeerd naar stadstype.

De maatregelen hebben per definitie een effect op de drie genoemde thema's, in de veronderstelling dat de gestelde doelen bereikt worden.

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat een vermindering van wateroverlast, hitte en droogte oplevert voor de maatschappij. Een deel van de maatregelen zal daarnaast zichtbaar de leefomgeving verbeteren door een toename van groen en water, zoals het aanleggen van een park, een vijver, bomen of groene daken. Deze baten zijn ook beschreven.

Voor het beschrijven van de maatschappelijke baten is gebruik gemaakt van expert judgement, geleerde lessen uit vergelijkbare projecten en aanvullende literatuurstudie.

4 Kosten, baten en methodiek

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek: de kosten voor klimaatadaptatie per OV-knooppunt en het kwalitatieve batenpotentieel van maatregelpakketten, toegelicht. Daarnaast geeft paragraaf 4.3 inzicht in hoe deze methode voor andere gebieden toegepast zou kunnen worden. De conclusies die aan de hand van de resultaten getrokken worden zijn beschreven in Hoofdstuk 5 van dit rapport.

4.1 Kosten per OV-knooppunt

De totale kosten om de 13 OV-knooppunten klimaatadaptief in te richten met de gegeven uitgangspunten zijn 785 miljoen euro tot 1,61 miljard euro. De totale vanaf kosten per OV-knooppunt bedragen gemiddeld 60 miljoen tot 124 miljoen euro. De kosten per hectare liggen gemiddeld tussen € 140.2019 en € 285.479 (Tabel 7). Voor de bestaande ruimte bedragen de investeringskosten gemiddeld € 132.744 tot € 238.578 per hectare (Tabel 8). De gemiddelde kosten per nieuwbouw perceel in de 9 stadsharten (incl. bedrijven) liggen tussen € 1.059 en € 4.809 (Tabel 9).

De kosten per (hectare) OV-knooppunt zijn afhankelijk van de verdeling van wijktypes in een OV-knooppunt, het type ondergrond, en de nieuwbouw opgave. De maatregelpakketten en de bijbehorende kosten per hectare wijktype en ondergrond zijn uitgewerkt in Bijlage H. Behalve de verdeling van de OV-knooppunten zijn de kosten afhankelijk van eventuele overlap met andere OV-knooppunten wat in de stadsharten van Haarlem, Hilversum en Zaandam voorkomt. Het overlappende oppervlak is gecorrigeerd door de helft van het oppervlak bij beide knooppunten af te trekken van het theoretische oppervlak van het OV-knooppunt.

Voor aanvullend inzicht zijn in Tabel 8 en Tabel 9 de totale kosten uitgesplitst in de kosten voor de bestaande ruimte en voor de nieuwbouw. Tabel 10 geeft daarnaast nog inzicht in de kosten voor de bestaande ruimte per wijktype. De verdere uitsplitsing naar kosten voor hitte en wateroverlast is te vinden in Bijlage I en de in conclusie (hoofdstuk 5).

Tabel 7. Overzicht van kosten voor klimaatadaptatie voor de 12 onderzochte OV-knooppunten. De verschillen in oppervlak van de OV-knooppunten wordt veroorzaakt door overlapping tussen enkele OV-knooppunten. De uitgangspunten van de kostenberekening zijn opgenomen in Bijlage A en Bijlage F.

Naam OV Knooppunt	Oppervlak OV Knooppunt (ha)	Minimale Kosten Klimaatadaptatie	Maximale Kosten Klimaatadaptatie	Minimale Kosten Klimaatadaptatie per ha	Maximale Kosten Klimaatadaptatie per ha
Alkmaar	452,39	€ 78.348.743	€ 160.301.685	€ 173.189	€ 354.345
Almere Centrum	452,39	€ 62.158.506	€ 131.402.250	€ 137.400	€ 290.463
Haarlem	439,80	€ 68.182.803	€ 127.067.077	€ 155.032	€ 288.922
Haarlem Spaarnwoude	450,58	€ 34.958.799	€ 67.662.770	€ 77.585	€ 150.167
Haarlem Zuid	437,99	€ 60.322.460	€ 118.690.476	€ 137.725	€ 270.988
Hilversum	355,89	€ 64.940.949	€ 119.621.135	€ 182.475	€ 336.119
Hilversum Sportpark	355,89	€ 51.583.886	€ 93.325.254	€ 144.944	€ 262.231
Hoofddorp	452,39	€ 64.648.698	€ 166.874.716	€ 142.905	€ 368.874
Hoorn	452,39	€ 60.357.302	€ 127.767.324	€ 133.419	€ 282.428
Lelystad Centrum	452,39	€ 58.956.793	€ 112.441.303	€ 130.323	€ 248.550
Purmerend	452,39	€ 70.829.514	€ 154.057.638	€ 156.568	€ 340.542
Zaandam	439,76	€ 60.758.981	€ 129.273.248	€ 138.165	€ 293.966
Zaandam Kogerveld	439,76	€ 48.599.972	€ 98.341.807	€ 110.516	€ 223.629
Totaal	5.634	€ 784.647.406	€ 1.606.826.683		
Gemiddeld		€ 60.357.493	€ 123.602.053	€ 140.019	€ 285.479

Tabel 8. Investeringskosten om de bestaande ruimte klimaatadaptief in te richten per OV-knooppunt.

Naam OV Knooppunt	Bestaande Bouw			
	Minimale Kosten Klimaatadaptatie Bestaande Bouw (euro)	Maximale Kosten Klimaatadaptatie Bestaande Bouw (euro)	Minimale Kosten Klimaatadaptatie Bestaande Bouw per ha (euro)	Maximale Kosten Klimaatadaptatie Bestaande Bouw per ha (euro)
Alkmaar	71.208.818	128.521.299	165.543	298.781
Almere Centrum	55.870.250	101.662.800	128.868	234.492
Haarlem	65.964.737	115.760.685	152.862	268.256
Haarlem Spaarnwoude	33.614.234	61.757.737	75.305	138.354
Haarlem Zuid	56.832.792	99.510.283	133.366	233.515
Hilversum	63.314.801	111.346.270	181.013	318.332
Hilversum Sportpark	50.720.419	89.818.228	144.110	255.198
Hoofddorp	45.110.440	83.141.944	115.553	212.973
Hoorn	53.814.402	97.425.731	124.424	225.257
Lelystad Centrum	57.133.392	104.255.714	127.879	233.351
Purmerend	59.883.657	108.201.252	143.525	259.329
Zaandam	53.767.328	97.732.409	128.587	233.731
Zaandam Kogerveld	44.768.734	81.266.494	104.635	189.939
Totaal	712.004.005	1.280.400.848		
Gemiddeld	54.769.539	98.492.373	132.744	238.578

Tabel 9. Investeringskosten om de nieuwbouwopgave klimaatadaptief te maken per OV-knooppunt.

Naam OV Knooppunt	Nieuwbouw			
	Minimale Kosten Klimaatadaptatie Nieuwbouw (euro)	Maximale Kosten Klimaatadaptatie Nieuwbouw (euro)	Minimale Kosten Klimaatadaptatie Nieuwbouw per perceel (euro)	Maximale Kosten Klimaatadaptatie Nieuwbouw per perceel (euro)
Alkmaar	€ 7.139.925	€ 31.780.386	€ 1.135	€ 5.053
Almere Centrum	€ 6.288.256	€ 29.739.450	€ 934	€ 4.417
Haarlem	€ 2.218.066	€ 11.306.392	€ 851	€ 4.337
Haarlem Spaarnwoude	€ 1.344.566	€ 5.905.033	€ 1.137	€ 4.992
Haarlem Zuid	€ 3.489.669	€ 19.180.194	€ 750	€ 4.125
Hilversum	€ 1.626.148	€ 8.274.865	€ 832	€ 4.235
Hilversum Sportpark	€ 863.467	€ 3.507.026	€ 1.439	€ 5.845
Hoofddorp	€ 19.538.258	€ 83.732.772	€ 1.200	€ 5.145
Hoorn	€ 6.542.900	€ 30.341.593	€ 1.003	€ 4.651
Lelystad Centrum	€ 1.823.400	€ 8.185.588	€ 1.043	€ 4.680
Purmerend	€ 10.945.856	€ 45.856.385	€ 1.261	€ 5.281
Zaandam	€ 6.991.653	€ 31.540.838	€ 1.093	€ 4.929
Zaandam Kogerveld	€ 3.831.238	€ 17.075.313	€ 1.083	€ 4.828
Totaal	€ 72.643.401	€ 326.425.835		
Gemiddeld	€ 5.587.954	€ 25.109.680	€ 1.059	€ 4.809

Tabel 10. Kosten voor de bestaande ruimte per hectare per wijktypologie.

Ondergrondklasse	Wijktypologie	Kosten per ha	Kosten per ha
Laag Veen/Klei	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	€ 220.103	€ 391.334
	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	€ 177.921	€ 320.315
	Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940	€ 220.779	€ 396.827
	Type4_Tuindorp	€ 219.274	€ 388.638
	Type5_Volkswijk	€ 233.835	€ 413.541
	Type6_Naoorlogs_grondgebonden_1950_1990	€ 182.298	€ 327.127
	Type7_Naoorlogs_appartementen_1950_1990	€ 196.956	€ 351.182
	Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	€ 133.372	€ 243.528
	Type9_Vinex_1990_2010	€ 166.410	€ 299.365
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	€ 200.449	€ 363.425
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	€ 219.450	€ 397.651
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	€ 144.889	€ 273.268
Hoog Zand/Zilt	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	€ 197.050	€ 341.952
	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	€ 170.611	€ 305.653
	Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940	€ 199.413	€ 347.939
	Type4_Tuindorp	€ 207.435	€ 358.851
	Type5_Volkswijk	€ 214.156	€ 371.434
	Type6_Naoorlogs_grondgebonden_1950_1990	€ 172.013	€ 301.799
	Type7_Naoorlogs_appartementen_1950_1990	€ 176.901	€ 304.183
	Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	€ 126.729	€ 229.953
	Type9_Vinex_1990_2010	€ 154.309	€ 269.854
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	€ 183.810	€ 318.570
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	€ 197.763	€ 344.542
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	€ 135.382	€ 248.247
	Minimum	€ 126.729	€ 229.953
	Maximum	€ 233.835	€ 413.541

4.2 Batenpotentieel van maatregelpakketten

De maatregelenpakketten waarop de investeringskosten zijn gebaseerd, zijn gekozen om in eerste instantie aan de klimaatopgave te voldoen zoals deze in paragraaf 3.2.3 is geformuleerd. Daarnaast hebben de gekozen maatregelen echter nog aanvullende financiële, sociale en andere baten voor de omgeving. In voorliggende paragraaf zijn deze aanvullende baten kwalitatief beschreven.

4.2.1 Wateroverlast

Toename waterbergingscapaciteit (waterretentie) en vermindering schade



In stedelijke gebieden is de afvoer van grote hoeveelheden water vaak lastig, omdat een groot deel van het beschikbare oppervlak is volgebouwd. Het riool kan de grote hoeveelheid regenwater niet aan in extreem natte periodes. De geselecteerde maatregelen, waaronder regenwatervijvers, bergingskranten onder verharding en waterbergende daken, zorgen ervoor dat een deel van het water wordt opgenomen en vertraagd wordt afgevoerd. Hierdoor zal de druk op het riool afnemen bij zware regenval en neemt de kans op grote waterdieptes op het maaiveld en wateroverlast ook af. Kortom, door deze maatregelen wordt de kans op maatschappelijke, financiële en emotionele schade door wateroverlast verkleint.

Verbetering waterkwaliteit



Waterberging kan leiden tot een vermindering van het aantal kubieke meters regenwater dat via het riool de waterzuivering bereikt en daar gezuiverd moet worden. Theoretisch kan dit een vermindering van de energie- en gebruikskosten van de waterzuivering opleveren. In de praktijk blijkt dit effect nihil.

Dezelfde vermindering van het aantal kubieke meters regenwater dat het riool bereikt kan in principe lokaal het aantal overstorten van rioolwater op het oppervlaktewater doen verminderen. Dat komt ten goede aan de kwaliteit van het oppervlaktewater. Dit kan ecologische gevolgen hebben, met name voor aquatische flora en fauna. De omvang van het effect is afhankelijk van het wateropvangsysteem van het riool en de specifieke locatie. Daarnaast heeft een afname van het aantal overstorten op het oppervlaktewater een positief effect op de waterkwaliteit van zwemwater.

Waterhergebruik



Bij maatregelen waarbij water tijdelijk wordt opgevangen, kan het water hergebruikt worden, bijvoorbeeld voor de irrigatie van groen in de omgeving. Zo verdwijnt het water niet direct in het riool, maar kunnen lokaal kosten worden vermeden voor het onderhoud van groen. Een goed voorbeeld hiervan is een groen dak, waarbij de opvang van water de kosten voor het onderhouden van het groene dak kan verminderen.

4.2.2 Hitte

Afname hittestress



Stedelijke hittestress (het *urban heat island effect*) is een toenemend probleem door klimaatverandering. Klimaatverandering leidt tot meer extremen, waaronder extreme, langdurige hitte (hittegolven). Omdat een groot deel van de beschikbare oppervlakte in de stad is volgebouwd, kan de hitte niet weg en wordt het lokaal extra warm. Blauw-groene maatregelen dragen bij aan verkoeling van de omgeving door verdamping. Dat leidt lokaal tot verkoeling op warme dagen en bevordert de leefbaarheid in de stad.

Hittestress kan ook leiden tot slaapverstoring, gedragsverandering en verminderde arbeidsproductiviteit (TNO) (zie ook Gezondheidseffecten). Door de temperatuur te verlagen kunnen blauw-groene maatregelen deze klachten verminderen. Voor groene maatregelen geldt wel dat deze voldoende geïrrigeerd dienen te worden om hun verkoelende effect door verdamping te behouden.

Voor multifunctionele daken geldt dat de effecten op hittestress ook bepaald worden door:

- Meer verdamping: verkoelend effect omgeving (blauw dak), zie ook hierboven;
- Het albedo effect: andere reflectie zonlicht (uitgaande van zwart dak in referentiesituatie), en;
- Verbeterde isolatie.

Ofwel, hittestress uit zich op twee manieren: het effect op energie in het gebouw in het geval van een multifunctioneel dak (albedo en isolatie) en het effect op energie buiten het gebouw (verkoeling omgeving door verdamping door blauw-groene maatregelen). Het effect op energiekosten in het gebouw is nihil. Het effect op de energie buiten het gebouw (verkoeling omgeving) loopt via gezondheidseffecten.

Gezondheidseffecten (fysiek en mentaal)



Hittestress heeft effect op de gezondheid van mensen en kan leiden tot verminderd comfort, slaapverstoring, gedragsveranderingen (zoals agressie) en verminderde arbeidsproductiviteit (TNO). Daarnaast kan langdurige hitte leiden tot lichamelijke klachten, zoals uitslag, nierfalen, beroertes, en in sommige gevallen sterfte. Dit leidt tot een significant hoger aantal patiënten bij de spoedeisende hulp. De effecten zijn het grootste bij kwetsbare groepen, zoals ouderen en chronische zieken.

Een toename van groen en schaduwrijke plekken in de stad zal tijdens hittegolven zorgen voor een afname van het aantal ziekenhuisbezoeken en sterfgevallen. Mensen ervaren minder lichamelijke klachten en ongemakken, omdat er meer ruimte is voor verkoeling.

Daarnaast blijkt uit The Economics of Ecosystems & Biodiversity (TEEB) dat meer groen in de omgeving leidt tot betere fysieke en mentale gezondheid en als gevolg tot minder zorgkosten en ziekteverzuim (KPMG, 2012). Maatregelen als het planten van meer bomen leiden tot minder stress bij omwonenden en het aanleggen van een groen park leidt tot meer beweging. In een sterk verstedelijkte omgeving leidt het toevoegen van groen al snel tot grotere gezondheidseffecten dan in een stadstype dat al groen is.

De omvang van het gezondheidseffect kan benaderd worden vanuit twee onderliggende effecten:

- Vermeden zorgkosten: 0,835 minder patiënten per 1000 inwoners bij 1% meer groen binnen een straal van 1 km rond de woning; € 917 per patiënt (TEEB-stad), en;
- Voorkomen arbeidsverlies: € 6.679 per patiënt (TEEB-stad).

Het gezondheidseffect omvat zowel fysieke als mentale gezondheidseffecten. De doorwerking van hittestress is hierin tevens meegenomen.

4.2.3 Droogte

Minder schade aan gebouwen en infrastructuur



Droogte zorgt door een laag grondwaterpeil voor verzakkingen van de grond, wat slecht is voor de funderingen van gebouwen. Paalrot aan de fundering van woningen en gebouwen is een groeiend probleem in Nederland (De Jong & Hoenders, 2021). Volgens experts variëren de kosten voor het herstellen van de paalrot tussen de €50.000 en €87.500 per woning, afhankelijk van het oppervlakte.

Toekomstige kosten worden verminderd of zelfs vermeden door het nemen van maatregelen tegen droogte.

Daarnaast heeft droogte en het verzakken van grond een invloed op infrastructuur. De verzakking van grond veroorzaakt zogenoemde sinkholes, een holte in de grond die spontaan ontstaat door het verschuiven van grond. Dit kan gevaarlijke situaties veroorzaken, bijvoorbeeld als dit fenomeen onder verharding ontstaat in een straat of op de snelweg.

De vermindering van een (langdurige) grondwaterpeil zal zorgen dat schadekosten aan gebouwen en infrastructuur afnemen.

Minder schade aan groenvoorzieningen



Door te kiezen voor het reguleren van een gezonde grondwaterstand en te kiezen voor vegetatie die beter tegen droogte kan, zal er minder schade zijn aan het groen in de stad. Een laag grondwaterpeil en een slechtere kwaliteit van de vegetatie zorgt er voor dat de grondkwaliteit verder naar beneden gaat.

Door maatregelen die het grondwaterpeil op een goed niveau houden door te voeren, wordt schade aan het groen in de stad verminderd en worden kosten voor het herstel verminderd.

4.2.4 Overige maatschappelijke baten

Voorbeeldfunctie, bewustwording en educatie



Maatregelen die de overheid neemt ten behoeve van klimaatadaptatie en vergroening van stedelijke gebieden kunnen leiden tot initiatieven van omwonenden en andere (lokale) overheden. Mensen worden zich bewuster van de problematiek en zijn eerder geneigd te onderzoeken wat ze zelf kunnen bijdragen. Investerings op het gebied van innovatieve klimaatadaptatie kunnen leiden tot verdere innovatie en een toename van recreatiegebieden.

Daarnaast is een klimaatbestendige inrichting van een stadshart ook een geschikte locatie voor educatieve doeleinden. Pleinen met een waterelement en plekken met verschillende flora en fauna zijn leerzaam voor kinderen en kunnen goed gecombineerd worden met educatie en bijvoorbeeld excursies. Dit kan voor kinderen in de stad een interessante toegevoegde waarde zijn.

Toename biodiversiteit



De maatregelen die bijdragen aan een groene leefomgeving kunnen ook bijdragen aan een toename aan biodiversiteit. Meer biodiversiteit in de stad betekent een grotere verscheidenheid van flora en fauna in de stad. Met name in hoog stedelijk gebied is dit belangrijk. Urbanisatie heeft geleid tot fragmentatie van habitatten.

Groene maatregelen, bijvoorbeeld groenstroken of wadi's, kunnen als stapsteen functioneren en groene gebieden verbinden met elkaar. Op deze manier draagt het bij aan de instandhouding en toename van biodiversiteit. Om als stapsteen te kunnen fungeren, dient er wel nabijgelegen groen te zijn. De aanwezigheid van diverse en inheemse planten is belangrijk (Lynch, 2019). Alleen al op een groen dak zijn bijvoorbeeld al meer dan 60 plantsoorten mogelijk (Köhler & Ksiazek-Mikenas, 2018). Voor sommige soorten kan het belangrijk zijn dat delen van het groen niet toegankelijk zijn voor publiek, zodat flora en fauna niet gestoord worden.

Toename vastgoedwaarde



Uit onderzoek is gebleken dat mensen een groene omgeving rond hun huis positief waarderen en dit wordt ook gereflecteerd in de woningwaarde (Visser & Van Dam, 2006; Deloitte, 2021). Met name parken en water dat zichtbaar is vanuit de woning hebben een groot effect, maar ook groen op loopafstand. In de literatuur is een bandbreedte van 1,4-21% vastgoedwaardestijging door groen te zien. De vastgoedwaardestijging reflecteert de volgende onderliggende effecten: esthetische waardering, geluiddemping, productiviteit en comfort. Daarnaast geldt ook dat bij vastgoedontwikkeling de residuele grondwaarde stijgt als het vastgoed groen wordt uitgevoerd.

Afvang fijnstof



Fijnstof, een verzamelnaam voor verschillende soorten kleine deeltjes in de lucht, is in hoge concentraties schadelijk voor mensen en de natuur (Hoffman, 2009). Hoewel de concentratie in Nederland veelal meevalt, is in dichtbevolkte gebieden de concentratie fijnstof vaak hoger, op sommige plekken zelfs hoger dan de toegestane Europese normen. Planten hebben de capaciteit om schadelijke deeltjes uit de lucht te filteren, waarbij bomen en heesters het grootste effect hebben. Ook groene daken vangen een beperkte hoeveelheid fijnstof af. De toename aan vegetatie in de buurt zal de hoeveelheid fijnstof in het gebied verminderen, waarbij de mate afhankelijk is van het type vegetatie.

Sociale cohesie



De aanwezigheid van groene gebieden in de stad heeft een positief effect op het samenkomen van buurtbewoners. Meer ontmoetingen tussen bewoners geeft een veiliger gevoel en criminaliteit neemt af. Dit geldt specifiek voor kleine ontmoetingsplekken, waar bewoners met elkaar in gesprek raken. Het toevoegen van groene structuren kan dus leiden tot meer gelegenheden voor ontmoeting en kan daarmee een positieve uitwerking hebben op sociale cohesie in de wijk.

Aantrekkelijk vestigingsklimaat



De MRA wil ook in de toekomst een aantrekkelijke en hoogwaardige omgeving bieden om in te wonen, te werken, te recreëren en te verblijven. Door te zorgen voor een klimaatrobuuste gebouwde omgeving treden alle bovenstaande effecten op. Bij elkaar opgeteld dragen deze effecten in hoge mate bij aan een aantrekkelijk vestigingsklimaat voor de MRA, ook in de toekomst.

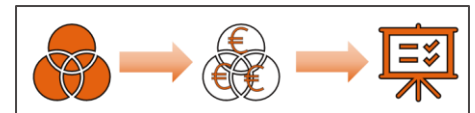
4.3 Extrapolerbare methodiek

In dit onderzoek is een unieke methodiek toegepast om de investeringskosten voor klimaatadaptatie binnen stedelijk gebied te bepalen. Bij deze methodiek is het grootste deel van de gebruikte gegevens openbaar beschikbaar, waardoor de methode zich uitstekend leent voor toepassing op stedelijk gebied buiten scope van deze studie. De kracht van de gebruikte methodiek is dat deze generiek is opgezet en daardoor op verschillende schaalniveaus kan worden toegepast.

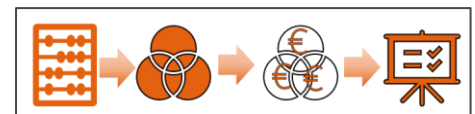
De eenvoudigste toepassing van deze methodiek op een ander gebied, is het direct toepassen van de investeringskosten per hectare uit dit onderzoek en deze te extrapoleren naar het betreffende onderzoeksgebied. Hierbij kan nog een verfijning gemaakt worden door een OV-knooppunt te selecteren wat vergelijkbaar is met het te onderzoeken gebied. Deze toepassing geeft een indicatief beeld van de benodigde kosten en er zijn geen invoergegevens voor nodig.



Ter verfijning, kan bij toepassing van deze methode het nieuwe onderzoeksgebied opgedeeld worden in de twaalf wijktypes die in dit onderzoek ook gebruikt zijn, en de kosten per wijktype (voor de betreffende ondergrond) direct toepassen naar ratio van voorkomen van de wijktypes in het onderzoeksgebied. Door deze toepassing wordt aangenomen dat de ruimtelijke verdeling van de wijktypes in het nieuwe onderzoeksgebied vergelijkbaar is met de ruimtelijke verdeling zoals deze is bepaald op basis van de ruim 5.800 ha onderzoeksgebied uit het huidige onderzoek.



De meest intensieve, maar ook nauwkeurige toepassing, is om de ruimtelijke verdeling van de wijktypes aan te vullen of te verfijnen op basis van een nieuwe GIS-analyse van het nieuw te onderzoeken gebied. Deze manier van toepassen biedt ook de mogelijkheid om de resultaten van de GIS-analyse te verbeteren met ieder onderzoek wat op deze manier wordt uitgevoerd. Daarnaast kunnen mogelijk nieuwe wijktypes worden toegevoegd waardoor de methode nog breder inzetbaar wordt.



Naast dat de methode zich uitstekend leent om op verschillend detailniveau toe te passen, is in de huidige methodiek rekening gehouden met verschillende keuzes die bij specifieke vraagstukken gemaakt moeten worden. De uitgangspunten kunnen met de huidige opzet van de methode, daarom bijgesteld worden voor een specifiek onderzoeksgebied, of worden verfijnd wanneer de methode vaker wordt toegepast of maatregelen efficiënter worden.

5 Conclusies

De uitkomsten

De **indicatieve investeringskosten** om de negen stadsharten (excl. Amsterdam) in de Metropool Regio Amsterdam klimaatadaptief in te richten zijn uiteengezet in Tabel 11. De totale investeringskosten om de 9 stadsharten bestendig in te richten tegen extreme hitte en wateroverlast bedragen met de meest kostenefficiënte set maatregelen minimaal 785 miljoen euro en maximaal 1,61 miljard euro. De kosten zijn opgebouwd uit de kosten voor de openbare ruimte en bestaande bebouwing (per ha) en de geprojecteerde nieuwbouw (per perceel).

Tabel 11. Totale investeringskosten voor klimaatadaptatie van de negen stadsharten in de Metropoolregio Amsterdam.

	Type Nieuwbouw	Minimale kosten	Maximale kosten
Bestaande ruimte + nieuwbouw	Totale investeringskosten voor 13 ov-knooppunten	€ 784.647.406	€ 1.606.826.683
	Gemiddelde kosten per ov-knooppunt	€ 64.232.221	€ 130.992.630
	Gemiddelde kosten per ha	€ 140.019	€ 285.479

Voor de **bestaande ruimte** (Tabel 12) zijn de investeringskosten afhankelijk van de aanwezige wijktypes in de bestaande ruimte van een ov-knooppunt en het type ondergrond van een ov-knooppunt. Wat betreft de ondergrond, is een wijktype op hoog zand/zilt in alle gevallen goedkoper dan hetzelfde wijktype op lage veen/klei grond omdat meer water geïnfiltreerd kan worden en de maatregelen voor wateroverlast daarom goedkoper zijn. Het wijktype met de laagste investeringskosten voor de bestaande ruimte is het type Bloemkoolwijk op hoge zand/zilt grond: € 126.729 tot € 229.953 per hectare, en het duurste wijktype is de Volkswijk: € 233.835 tot € 413.541 per hectare. Gemiddeld zijn de investeringskosten voor de bestaande ruimte, inclusief bestaande ruimte waar geen maatregelen zijn toegepast zoals open water en grote parken, in de onderzochte stadsharten € 132.744 tot € 238.578 per hectare.

Tabel 12. Investeringskosten voor de bestaande ruimte.

	Type Nieuwbouw	Minimale kosten	Maximale kosten
Bestaande ruimte	Gemiddelde kosten per ha	€ 132.744	€ 238.578
	Gemiddelde kosten per ha voor water	€ 97.988	€ 181.970
	Gemiddelde kosten per ha voor hitte	€ 34.756	€ 56.607
	Duurste wijktype: Volkswijk	€ 233.835	€ 413.541
	Goedkoopste wijktype: Bloemkoolwijk	€ 126.729	€ 229.953

Voor de **geprojecteerde nieuwbouw** (Tabel 13) zijn de investeringskosten per perceel berekend waarbij ook geldt dat nieuwbouw op hoge zand/zilt ondergrond goedkoper is dan nieuwbouw op lage veen/klei grond. Daarnaast is het type nieuwbouw bepalend voor de kosten per perceel. De kosten voor een 2-persoonsappartement zijn bijvoorbeeld veel lager dan de kosten om een gemiddeld bedrijf klimaatadaptief te maken. De gemiddelde investeringskosten per nieuwbouw perceel in de MRA – het gemiddelde van alle geprojecteerde nieuwbouw types in de MRA - is € 1.059 tot € 4.809. De bandbreedte van investeringskosten per woning (excl. bedrijven) is € 623 tot € 7.168 per woning en € 23 per m² (grondgebonden) tot € 190 per m² (2-persoonsappartement).

Tabel 13. Investeringskosten voor de geprojecteerde nieuwbouw.

	Type Nieuwbouw	Minimale kosten	Maximale kosten	Kosten nieuwbouw per m2	Kosten nieuwbouw per m2
Nieuwbouw in de MRA	Gemiddelde kosten per perceel	€ 1.059	€ 4.809		
	Kosten bandbreedte per woning (excl. Bedrijven)	€ 623	€ 7.168	€ 23	€ 190
Nieuwbouw (algemeen)	Kosten per 2-persoonsappartement	€ 623	€ 3.804	€ 31	€ 190
	Kosten per gezinspersoonsappartement	€ 901	€ 5.047	€ 29	€ 161
	Kosten per grondgebonden woning	€ 1.556	€ 7.168	€ 23	€ 105
	Kosten per bedrijf	€ 5.275	€ 19.500	€ 18	€ 68

De **investeringskosten per onderzocht ov-knooppunt** (Tabel 14) zijn een optelsom van de kosten voor de bestaande ruimte en de kosten voor de geprojecteerde nieuwbouw in het betreffende gebied. Daarnaast zijn de investeringskosten per ov-knooppunt afhankelijk van het oppervlak van een ov-knooppunt, die soms verschilt omdat sommige ov-knooppunten met elkaar overlappen. In onderstaande tabel zijn de totale investeringskosten en de investeringskosten per hectare per ov-knooppunt uitgewerkt.

Tabel 14. Investeringskosten per ov-knooppunt.

Naam OV Knooppunt	Oppervlak OV Knooppunt (ha)	Minimale Kosten Klimaatadaptatie	Maximale Kosten Klimaatadaptatie	Min. Kosten per ha	Max. Kosten per ha
Alkmaar	452,39	€ 78.348.743	€ 160.301.685	€ 173.189	€ 354.345
Almere Centrum	452,39	€ 62.158.506	€ 131.402.250	€ 137.400	€ 290.463
Haarlem	439,80	€ 68.182.803	€ 127.067.077	€ 155.032	€ 288.922
Haarlem Spaarnwoude	450,58	€ 34.958.799	€ 67.662.770	€ 77.585	€ 150.167
Haarlem Zuid	437,99	€ 60.322.460	€ 118.690.476	€ 137.725	€ 270.988
Hilversum	355,89	€ 64.940.949	€ 119.621.135	€ 182.475	€ 336.119
Hilversum Sportpark	355,89	€ 51.583.886	€ 93.325.254	€ 144.944	€ 262.231
Hoofddorp	452,39	€ 64.648.698	€ 166.874.716	€ 142.905	€ 368.874
Hoorn	452,39	€ 60.357.302	€ 127.767.324	€ 133.419	€ 282.428
Lelystad Centrum	452,39	€ 58.956.793	€ 112.441.303	€ 130.323	€ 248.550
Purmerend	452,39	€ 70.829.514	€ 154.057.638	€ 156.568	€ 340.542
Zaandam	439,76	€ 60.758.981	€ 129.273.248	€ 138.165	€ 293.966
Zaandam Kogerveld	439,76	€ 48.599.972	€ 98.341.807	€ 110.516	€ 223.629
Totaal	5.634	€ 784.647.406	€ 1.606.826.683		
Gemiddeld		€ 60.357.493	€ 123.602.053	€ 140.019	€ 285.479

De methode

In dit onderzoek is een innovatieve, toepasbare methode ontwikkeld om met beperkte basisgegevens een goed onderbouwde kostenindicatie voor klimaatadaptatie in stedelijk gebied te genereren. Bij de analyse is 5.634 ha stedelijk gebied geanalyseerd wat de typering van de wijken goed onderbouwd. Door de grote diversiteit aan wijktypes en het onderscheid in ondergrond, is de methode eenvoudig te extrapoleren naar andere gebieden. Deze extrapolatie kan op verschillende schaal- en complexiteitsniveaus. De methode biedt hierdoor keuzeruimte in uitgangspunten, aannames en ambities voor een bepaalde toepassing. Ten slotte is in dit onderzoek een methode ontwikkeld die potentieel nauwkeuriger en krachtiger wordt naarmate deze meer gebruikt wordt.

Het batenpotentieel van maatregelen

Wateroverlast, hitte en droogte zijn drie klimaatgevolgen waarvan de effecten over de tijd heen groter worden en regelmatig voorkomen. Dit leidt tot potentieel grotere economische schade. Economische schade is, ondanks dat het kan leiden tot emotionele schade, voor mensen makkelijker te bevatten, omdat het direct om geld gaat. Maar over de tijd heen zorgt klimaatverandering ook voor gevolgen die niet direct te zien zijn, zoals schade aan de gezondheid van mensen en afname van de biodiversiteit. In dit hoofdstuk is een samenvatting gegeven van de verschillende baten die de voorgestelde maatregelenpakketten kunnen opleveren. De maatregelen hebben naast een positief effect op wateroverlast, hitte en droogte ook een positief effect op de leefomgeving van bewoners in de wijken. Om deze synergie te vergroten, is het belangrijk om bij uitvoering al na te denken op welke manier het aanbrengen van de maatregelen de meeste baten kan opleveren, naast het doel dat is gesteld voor wateroverlast, hitte en/of droogte.

6 Bronnenlijst

De Jong, G. & Hoenders, J. (2021). Dreigende funderingsschade aan miljoen woningen is te voorkomen, organisaties komen met Deltaplan. <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/dreigende-funderingsschade-aan-miljoen-woningen-is-te-voorkomen-organisaties-komen-met-deltaplan/>

Hoffman, M.H.A. (2009). Planten en luchtkwaliteit. <https://edepot.wur.nl/249772>

Köhler, M., & Ksiazek-Mikenas, K. (2018). Green roofs as habitats for biodiversity. In Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability (pp. 239-249). Butterworth-Heinemann.

KPMG. (2012). Groen, gezond en productief. The Economics of Ecosystems & Biodiversity (TEEB NL): natuur en gezondheid. <https://edepot.wur.nl/211028>

Lynch, A. J. (2019). Creating effective urban greenways and stepping-stones: Four critical gaps in habitat connectivity planning research. *Journal of Planning Literature*, 34(2), 131-155. <https://doi.org/10.1177/0885412218798334>

TNO. Factsheet climate proof cities: Hittestress. <https://www.tno.nl/media/3959/factsheet-hittestress.pdf>

Visser, P. & Van Dam, F. (2006). Ruimtelijk Planbureau. De prijs van de plek; woonomgeving en woningprijs. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/De_prijs_van_de_plek.pdf

Ambient & Metropool Regio Amsterdam (2020). Notitie consequenties gezamenlijke basis veiligheidsniveau MRA voor klimaatbestendige nieuwbouw. Meerkosten veiligheidsniveaus klimaatbestendige nieuwbouw.

KNMI (2014). KNMI '14 klimaatscenario's. <http://klimaatscenarios.nl/>

Arcadis en &Flux (2021). Meerkosten klimaatbestendige nieuwbouw in de Metropoolregio Amsterdam. Programma Metropoolregio Amsterdam Klimaatbestendig.

Rijksoverheid en Metropoolregio Amsterdam (2021). Propositie Bereikbare Steden. Negen aantrekkelijke stadsharten in en nabij de MRA.

Deloitte (2021). Financiële instrumenten klimaatadaptief bouwen in de praktijk. Provincie Zuid-Holland.

Bijlage A – Lijst van belangrijke uitgangspunten en aannames

Onderwerp	Uitgangspunt	Toelichting
Stedenbouwkundige typologieën	De drie ruimtelijke categorieën zonder woningbouw: Groen en Recreatie; Spoorbaan en Infrastructuur en Groot Open water voldoen zonder maatregelen aan het basisveiligheidsniveau van de MRA (Tabel 1).	Deze drie types ruimte bevatten geen woningen en hebben een relatief grote waterbergingscapaciteit. Maatregelen zijn daarom niet op grote schaal nodig om in deze gebieden aan de klimaatopgave te voldoen.
GIS analyse van ruimtelijke verdeling	Voor de inschatting van het percentage vlakke en schuine daken per wijktype is gebruik gemaakt van de Basis Voorziening 3D die gebaseerd is op de BAG van 2019. In de Basis Voorziening 3D zijn 3 categorieën daken geïdentificeerd: 1) Meerdere vlakken; 2) Schuin en 3) Plat. Voor een volledige verdeling is aangenomen dat 50% van de categorie “meerdere vlakken” plat is en de andere 50% schuin.	De BAG bevat geen informatie over de pandhoogte en daktype van een pand. Om die toch te kunnen bepalen is er gebruik gemaakt van een andere bron: Basis Voorziening 3D. Deze bron is gebaseerd op de BAG van 2019. Belangrijk om te hierbij te melden is dat er een verschil kan ontstaan met de oppervlakte van de panden van de BAG en de panden van de Basis Voorziening 3D. Dit omdat de BAG geactualiseerd is in 2021 en de Basis Voorziening 3D in 2019.
Water	De referentie bergingscapaciteit van het maaiveld is 10 mm. Voor open water geldt een referentie bergingscapaciteit van 70 mm (de gehele extreme bui) en voor daken geldt een referentie bergingscapaciteit van 0 mm.	In de analyse is uitgegaan van 10mm berging op het maaiveld zonder dat hierbij schade optreedt. Deze 10mm berging op maaiveld komt boven op de 20mm die de riolering verwerkt. De 10mm bergingscapaciteit op maaiveld geldt niet voor daken waar deze 0mm is. Voor open water geldt een bergingscapaciteit van 70mm – de gehele bui valt direct op het open water.
Water	De riolering verwerkt 20 mm van een extreme bui van 70 mm in één uur.	De capaciteit van de veel huidige rioleringsstelsels is 20 mm per uur.
Hitte	Referentie schaduwpercentage op langzaam verkeerroutes is 7,5% tot 15% afhankelijk van het type wijk. De referentie schaduwpercentages op langzaam verkeerroutes voor wijktypes: “Historische binnenstad”, “Villawijk en landelijk gebied” en “Vooroorlogs gesloten bouwblok” zijn 15%, voor overige wijktypes geldt een referentie schaduwpercentage voor langzaam verkeerroutes van 7,5%.	De referentie schaduwpercentages van langzaam verkeerroutes zijn gebaseerd op analyses van luchtfoto’s en advies van hitte experts.
Hitte	Oppervlak van een cirkel met een straal van 300m is ca. 28 ha. Per cirkel moet minimaal één koele plek van 200 m ² aanwezig zijn, wat procentueel vertaald wordt naar 0,07% (200 m ² / 28 ha) van het oppervlak van deze cirkel. 0,07% van het oppervlak van de gebieden met een te grote afstand tot koele plekken in de stadsharten worden daarom voorzien van een stadspark.	De gebieden met een te grote afstand (>300 m) tot koele plekken >200 m ² moeten worden voorzien van een koele plek. Omdat de wijktypologieën zijn genormaliseerd naar gebieden van 1 ha en een cirkel met een straal van 300m groter is dan 1 ha, is het benodigde oppervlak stadspark en de bijbehorende kosten om aan deze eis te voldoen ook verhoudingsgewijs omgerekend naar het benodigde percentage koele plek per cirkel met een straal van 300 m.
Hitte	Bij warmtewerende horizontale en verticale oppervlakken van nieuwbouw wordt voor de meest kostefficiënte optie gekozen. Voor warmtewerende daken wordt uitgegaan van de aanleg waterdak t.b.v. waterberging met zonnepanelen t.b.v. energietransitie en warmtewering waarbij de zonnepanelen niet zijn geraamd in de kosten omdat deze deel zijn van de energietransitie.	-
Kosten	Voor klimaatadaptieve maatregelen die onderdeel zijn van een reguliere	-

	maatregel (bijv. wegvervanging) zijn alleen de meerkosten gerekend.	
Kosten	De gepresenteerde investeringskosten hebben betrekking op de maatregelen voor de thema's wateroverlast en hitte. Voor het thema droogte zijn geen specifieke aanvullende maatregelen genomen, anders dan de bergings- en infiltratiemaatregelen uit de eerstgenoemde thema's	-

Bijlage B – Omschrijving Stadstypen



1. Historische binnenstad
 Pandsgewijze opbouw van voor 1900 waar de stad omheen is uitgebreid. Veel dagelijkse functies zijn in dit gebied te vinden.



2. Villawijk en landelijk gebied
 Ruim opgezet met veel groen. De wijken zijn van alle tijden. Vaak zijn de panden gelegen aan rustige ontsluitingswegen.



3. Vooroorlogs gesloten bouwblok
 Stedelijk gesloten woonblok van 3 tot 5 bouwlagen met appartementen. Gebouwd tussen 1850 en 1940.



4. Tuindorp
 Lage grondgebonden rijwoningen die voor de oorlog zijn gebouwd met een zadeldak en eigen tuin. In de wijk is ook veel groen te vinden.



5. Volkswijk
 Lage kleine rijwoningen van voor de oorlog met een zadeldak. Dit kunnen ook benedenbovenwoningen zijn.



6. Naoorlogs grondgebonden
 Grondgebonden woningen gebouwd tussen 1950 en 1990. Vaak in rijen of twee-onder-een-kapwoningen.



7. Naoorlogs appartementen
 appartementencomplexen van 3 tot 8 lagen vaak als strokenbouw of torens. Veel gebouwd tussen 1950 en 1990.



8. Bloemkoolwijk
 Wijken met grondgebonden woningen met schuur in de voortuin. Gebouwd tussen 1960 en 1990 in een "bloemkoolstructuur. Veel wegen zijn doodlopend met woonerfen. Een secundair wandel/fietsnetwerk is vaak aanwezig.



9. Vinex
 Grondgebonden rijwoningen en twee-onder-een-kapwoningen gebouwd tussen 1990 en 2010 aan de rand van steden.



10. Nieuwbouw grondgebonden
 Grondgebonden rijwoningen en twee-onder-een-kapwoningen gebouwd na 2010. Vaak iets meer pandsgewijs. Dit kan ook alleen in de gevel naar voren komen.



11. Hoogstedelijk en hoogbouw
 Hoogbouw vanaf 20m en bebouwing in hoge dichtheid (FSI hoger dan 1,5). Vaak na 1980 gebouwd.



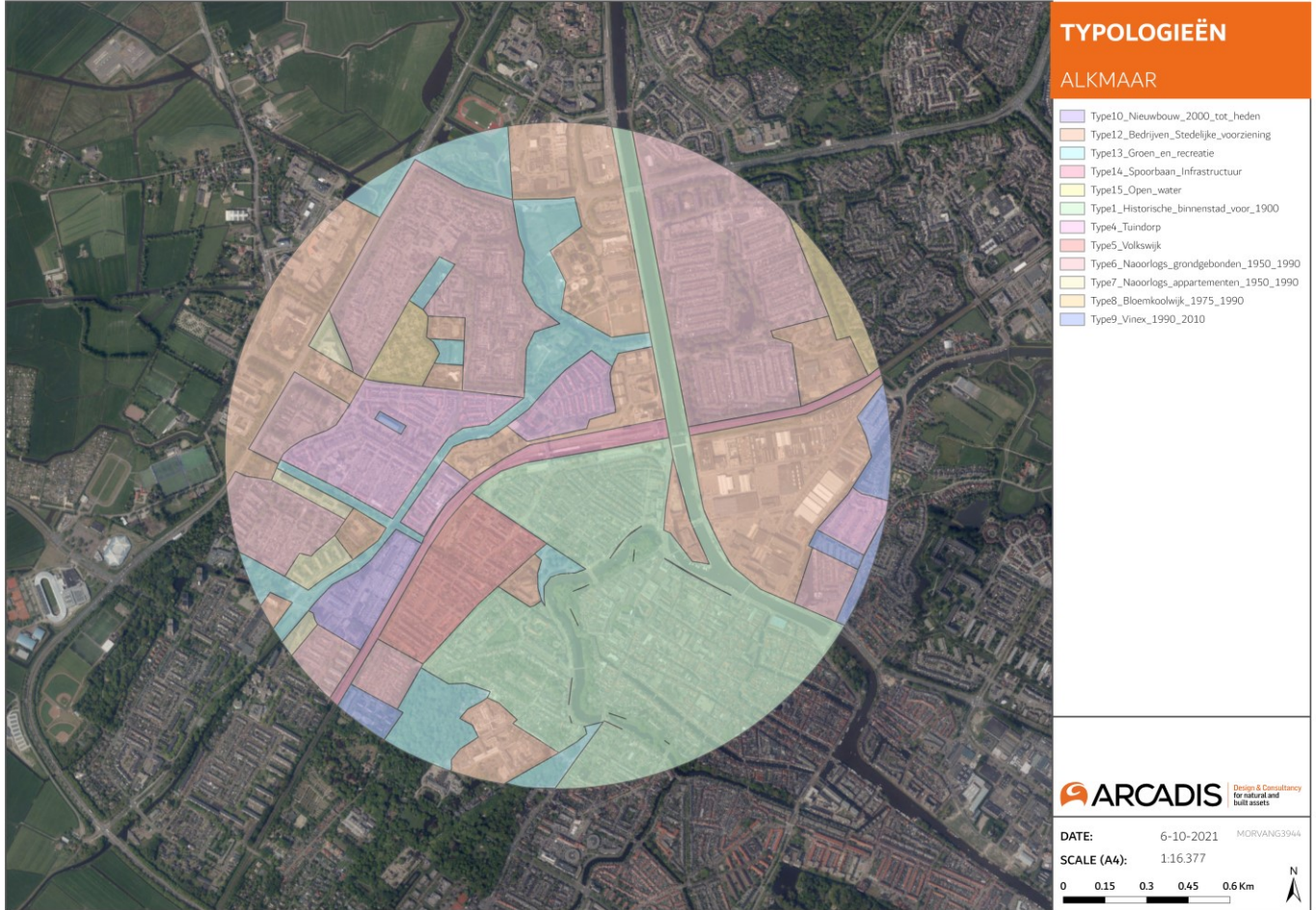
12. Bedrijven en stedelijke voorzieningen
 Gebieden met panden die duidelijk een grotere korrel hebben dan woningbouw. Dit kan bijvoorbeeld een ziekenhuis, school of bedrijf zijn.

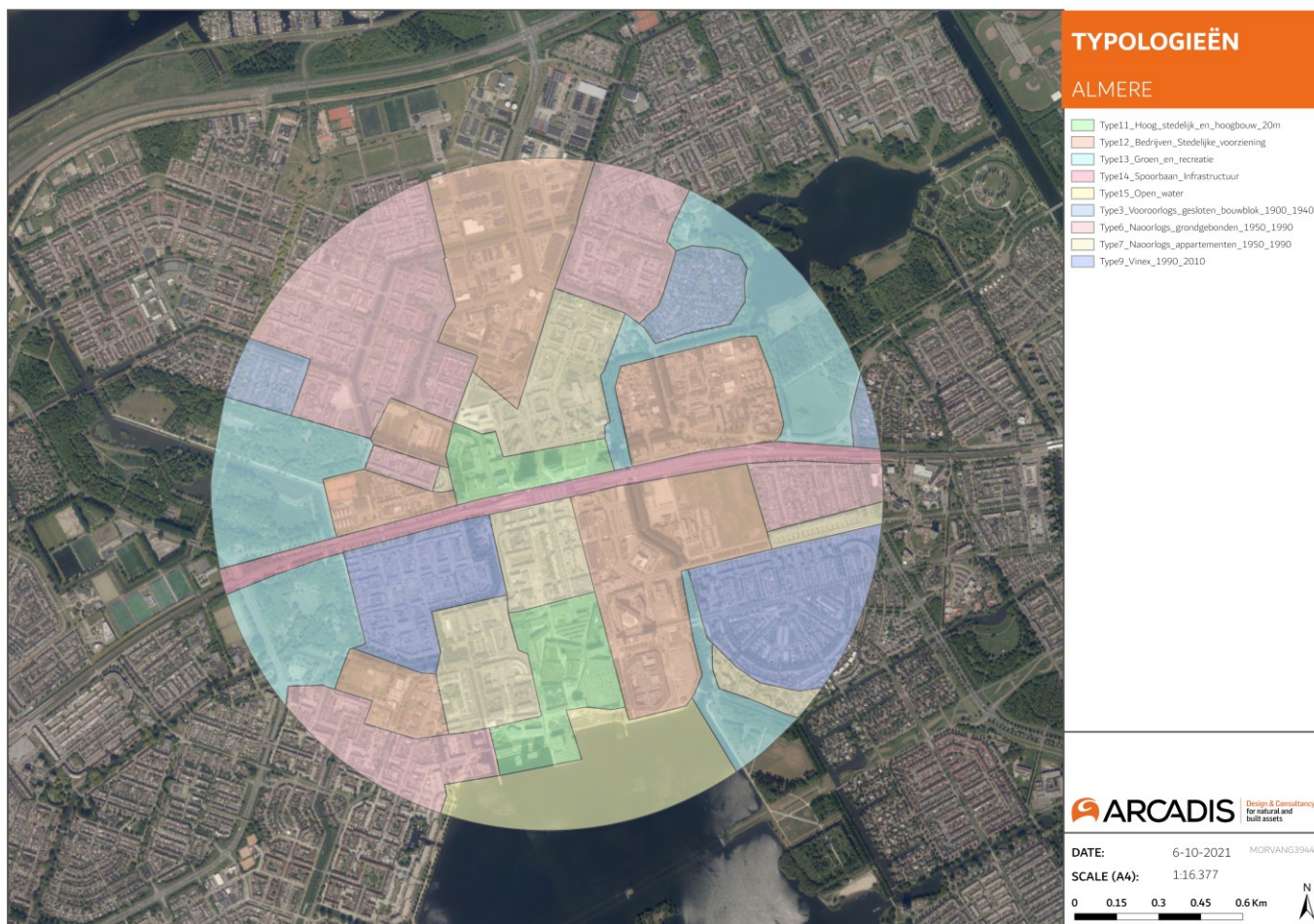


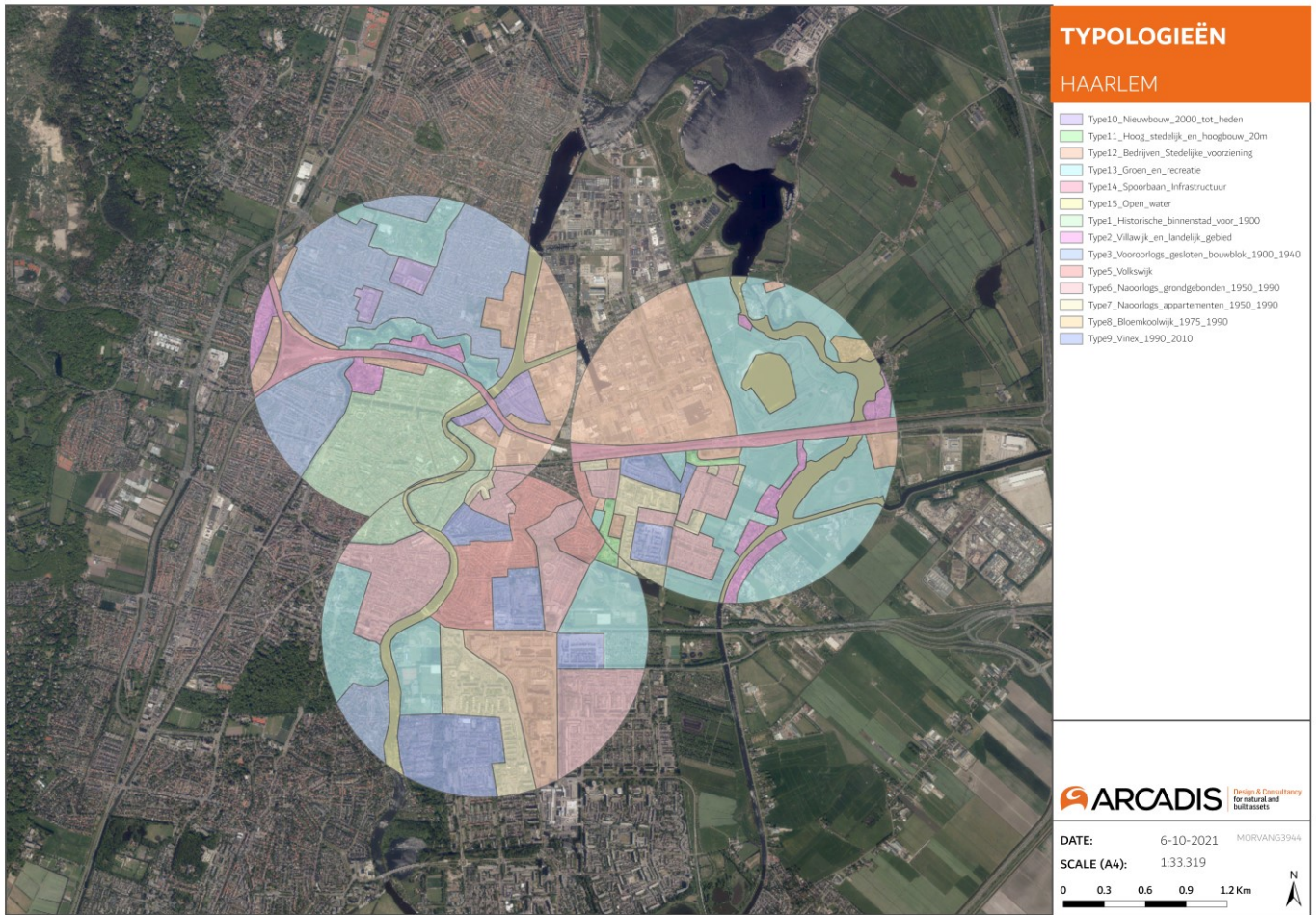
15. Groot open water

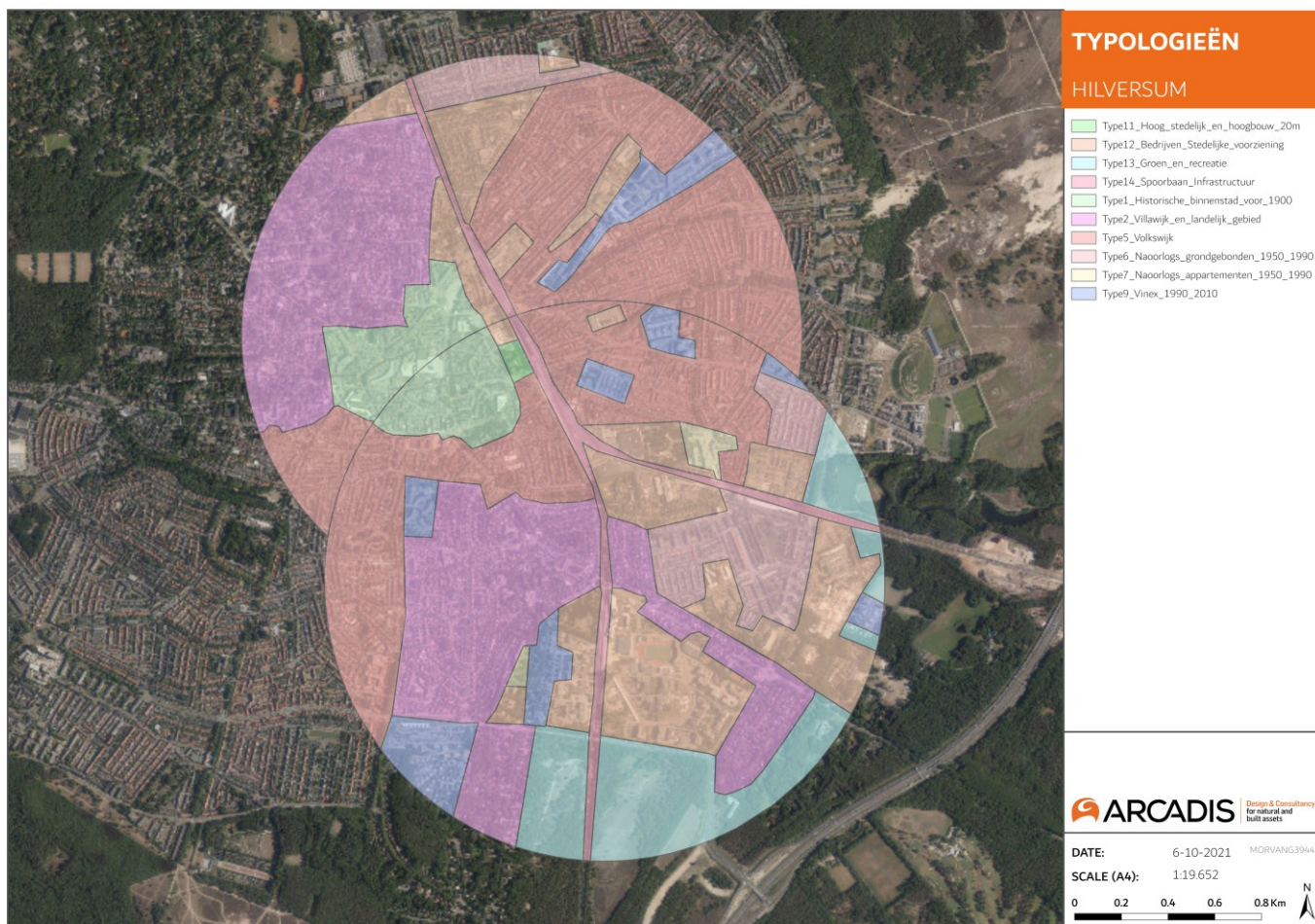
Exclusief kleine watergangen of sloten

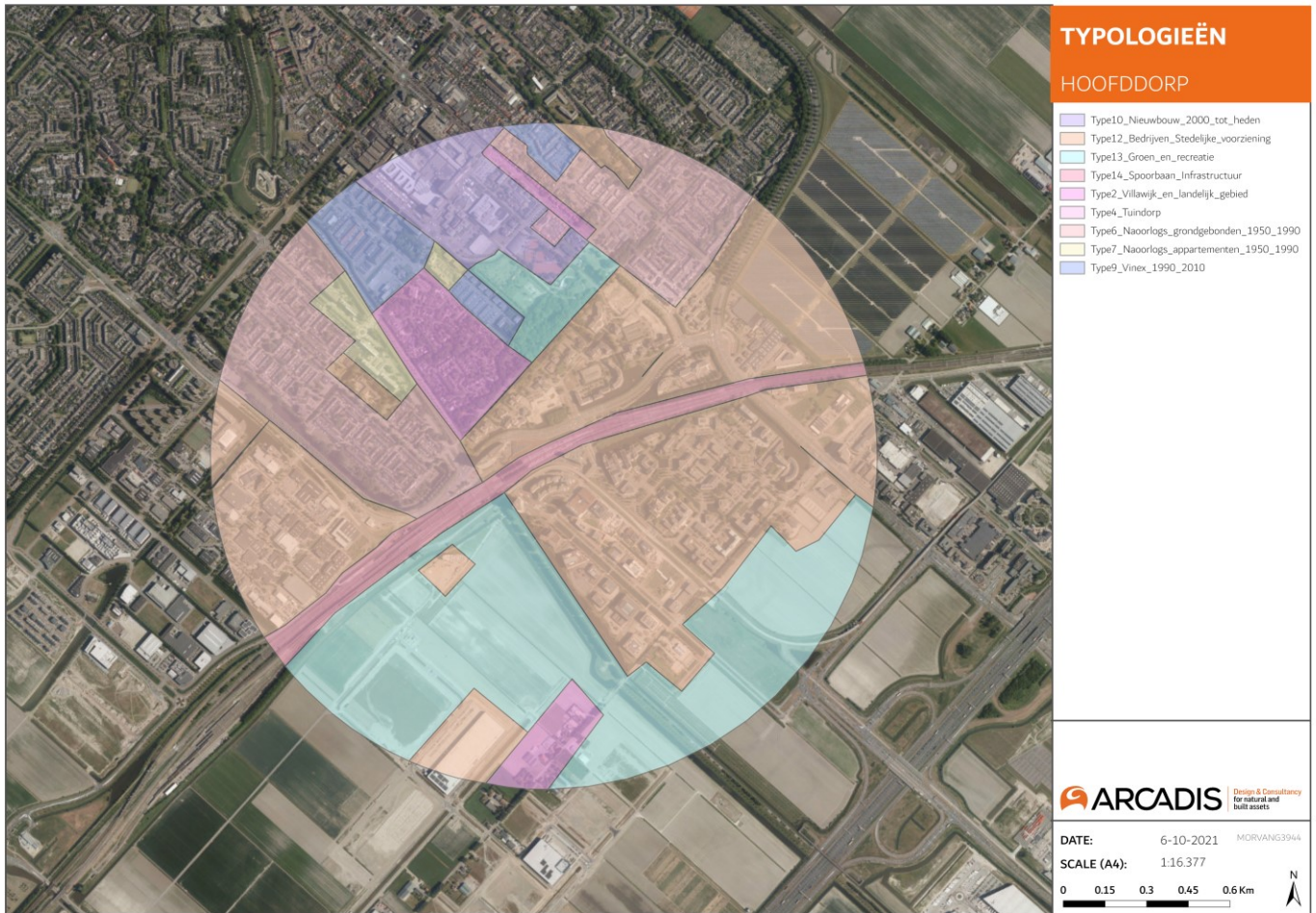
Bijlage C – (Wijk)typologieën per stadshart

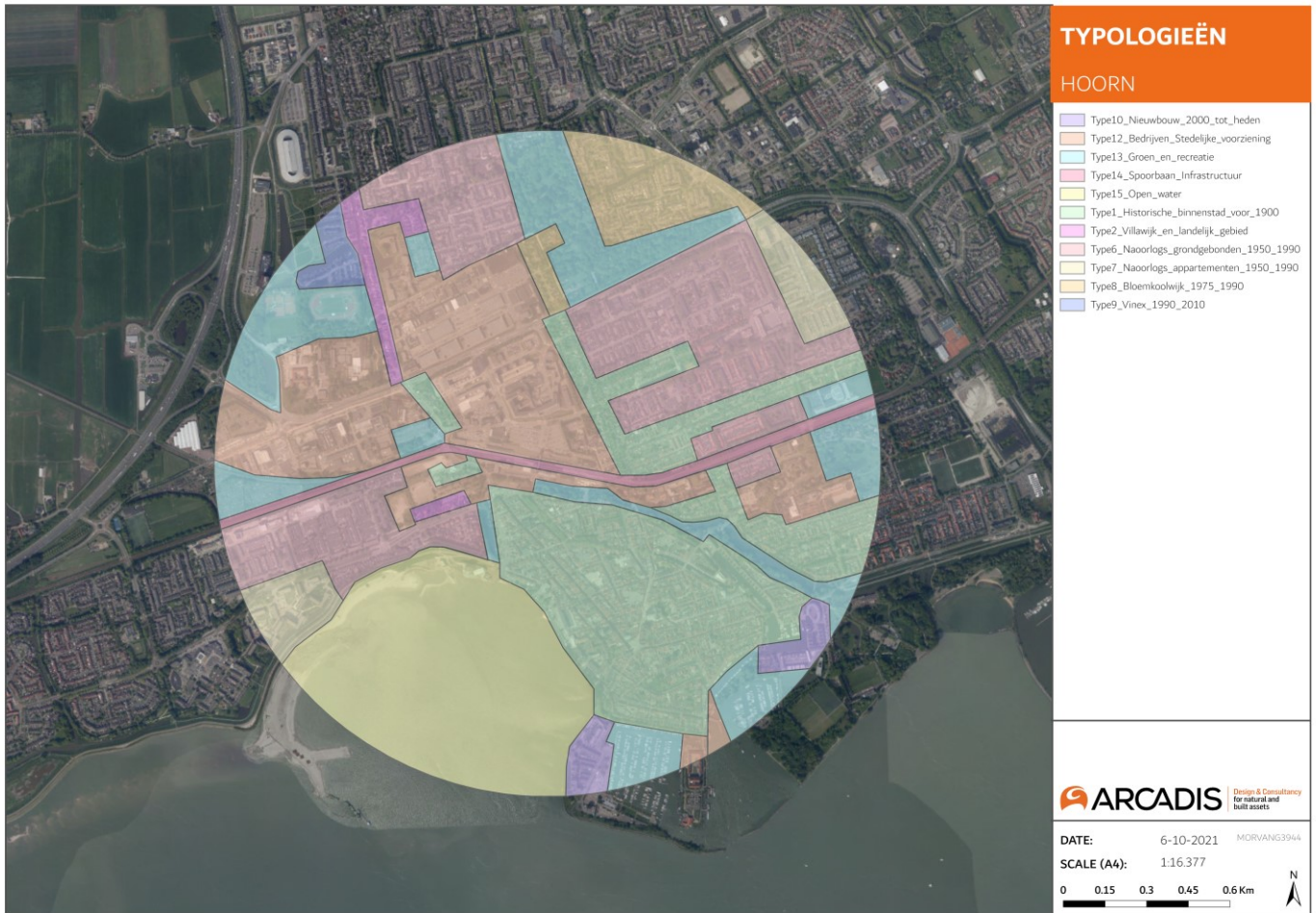


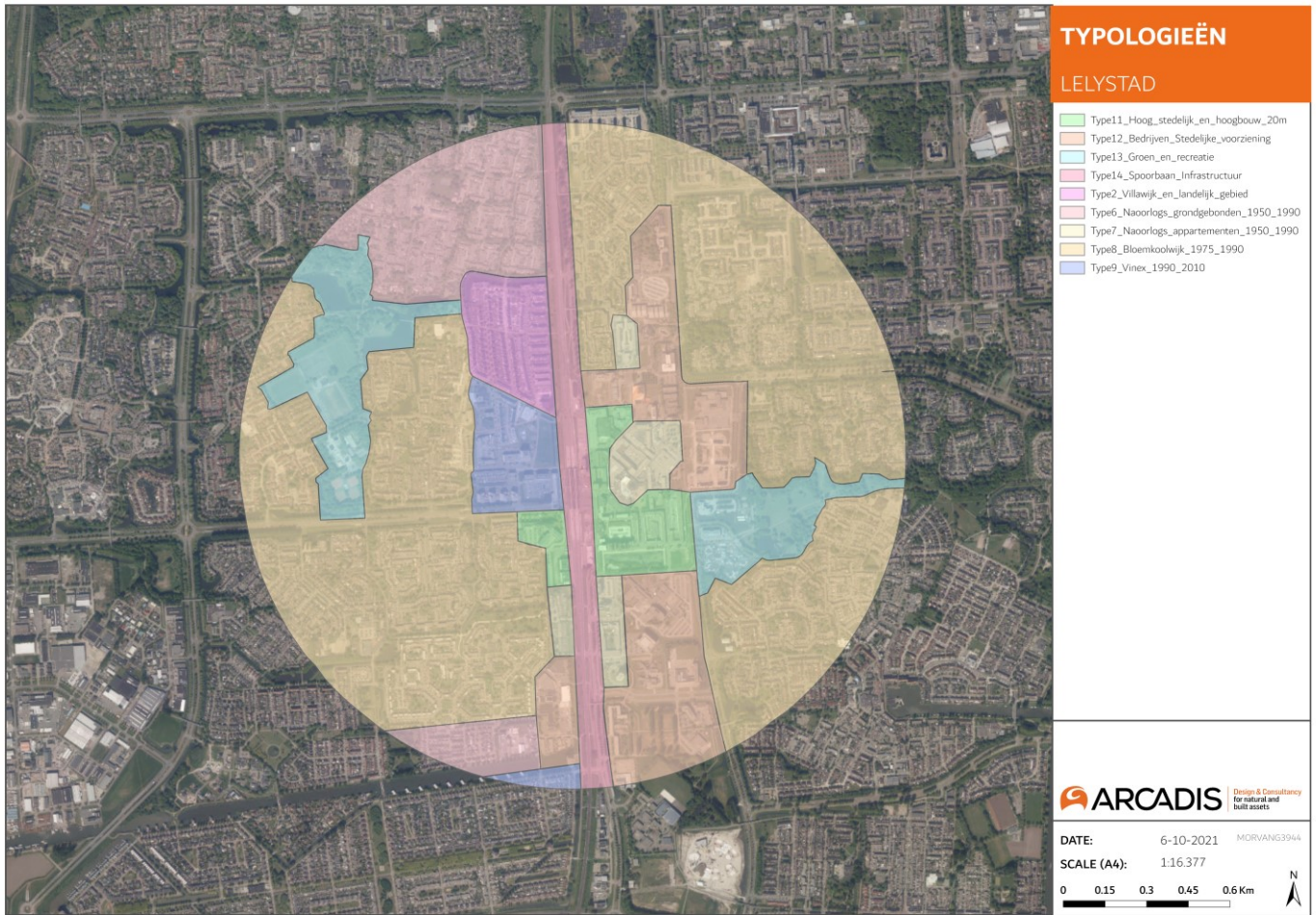


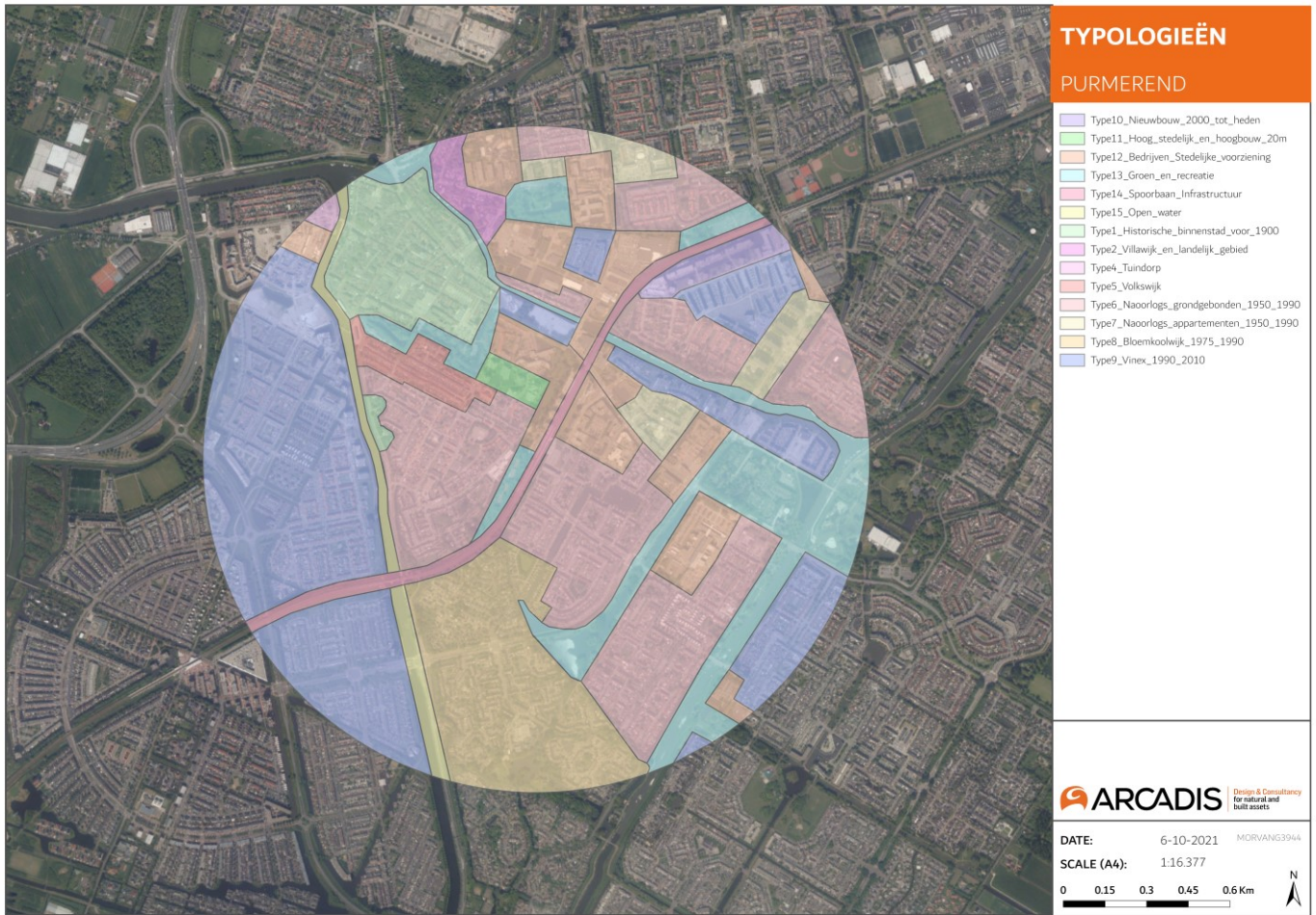


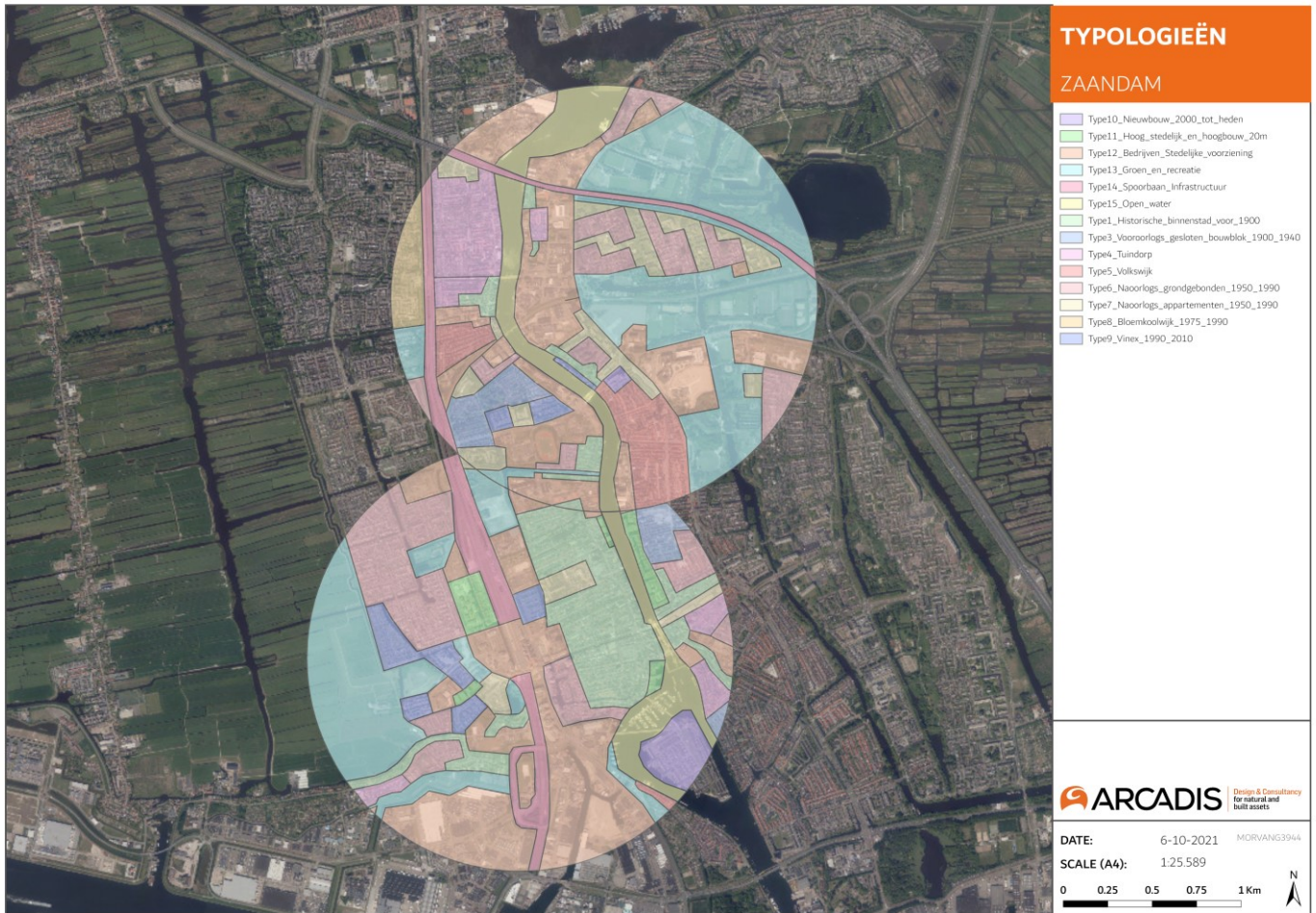












Bijlage D – Lijst van wijktypologieën per stadshart.

Naam OV Knooppunt	Wijktypologie	Oppervlakte Percentage
Alkmaar	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	24,34%
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	1,62%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	22,88%
	Type13_Groen_en_recreatie	9,42%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	2,14%
	Type15_Open_water	0,00%
	Type4_Tuindorp	7,15%
	Type5_Volkswijk	3,55%
	Type6_Noorlogs_grondgebonden_1950_1990	23,58%
	Type7_Noorlogs_appartementen_1950_1990	1,35%
	Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	2,01%
	Type9_Vinex_1990_2010	1,96%
	Almere Centrum	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m
Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening		23,85%
Type13_Groen_en_recreatie		16,88%
Type14_Spoorbaan_Infrastructuur		3,34%
Type15_Open_water		6,12%
Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940		3,44%
Type6_Noorlogs_grondgebonden_1950_1990		19,23%
Type7_Noorlogs_appartementen_1950_1990		11,02%
Haarlem	Type9_Vinex_1990_2010	10,23%
	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	22,69%
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	4,81%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	14,98%
	Type13_Groen_en_recreatie	8,41%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	4,59%
	Type15_Open_water	4,12%
	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	3,32%
	Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940	34,97%
	Type5_Volkswijk	0,00%
Haarlem Spaarnwoude	Type6_Noorlogs_grondgebonden_1950_1990	1,37%
	Type7_Noorlogs_appartementen_1950_1990	0,57%
	Type9_Vinex_1990_2010	0,18%
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	1,13%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	24,21%
	Type13_Groen_en_recreatie	39,27%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	4,93%
	Type15_Open_water	9,63%
	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	3,96%
	Type5_Volkswijk	0,73%
Haarlem Zuid	Type6_Noorlogs_grondgebonden_1950_1990	6,81%
	Type7_Noorlogs_appartementen_1950_1990	4,49%
	Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	0,96%
	Type9_Vinex_1990_2010	3,87%
	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	5,13%
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	0,76%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	8,96%
	Type13_Groen_en_recreatie	18,97%

Hilversum	Type15_Open_water	4,11%
	Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940	3,15%
	Type5_Volkswijk	10,63%
	Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	22,67%
	Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	9,10%
	Type9_Vinex_1990_2010	16,53%
	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	9,07%
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	0,35%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	12,27%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	2,74%
Hilversum Sportpark	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	25,30%
	Type5_Volkswijk	40,51%
	Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	4,37%
	Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	0,73%
	Type9_Vinex_1990_2010	4,67%
	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	4,27%
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	0,35%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	20,37%
	Type13_Groen_en_recreatie	13,57%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	3,42%
Hoofddorp	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	21,77%
	Type5_Volkswijk	21,46%
	Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	7,43%
	Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	0,95%
	Type9_Vinex_1990_2010	6,43%
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	4,76%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	40,69%
	Type13_Groen_en_recreatie	24,53%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	3,92%
	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	5,90%
Hoorn	Type4_Tuindorp	0,22%
	Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	14,48%
	Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	1,70%
	Type9_Vinex_1990_2010	3,81%
	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	20,29%
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	1,69%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	19,11%
	Type13_Groen_en_recreatie	14,77%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	1,94%
	Type15_Open_water	14,54%
Lelystad Centrum	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	1,54%
	Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	17,85%
	Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	3,28%
	Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	4,12%
	Type9_Vinex_1990_2010	0,87%
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	3,76%
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	11,83%
	Type13_Groen_en_recreatie	8,91%
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	5,26%
	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	2,96%
Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	9,25%	
Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	2,97%	
Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	51,79%	

Purmerend	Type9_Vinex_1990_2010	3,28%	
	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	5,86%	
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	1,19%	
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	0,60%	
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	11,08%	
	Type13_Groen_en_recreatie	11,84%	
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	2,34%	
	Type15_Open_water	2,01%	
	Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	1,07%	
	Type4_Tuindorp	0,21%	
	Type5_Volkswijk	1,52%	
	Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	23,11%	
	Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	3,17%	
	Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	10,06%	
	Type9_Vinex_1990_2010	25,93%	
Zaandam	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	14,90%	
	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	2,56%	
	Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	3,03%	
	Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	26,22%	
	Type13_Groen_en_recreatie	17,69%	
	Type14_Spoorbaan_Infrastructuur	5,48%	
	Type15_Open_water	5,75%	
	Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940	1,78%	
	Type4_Tuindorp	2,09%	
	Type5_Volkswijk	0,64%	
	Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990	13,29%	
	Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990	2,80%	
	Type9_Vinex_1990_2010	3,76%	
	Zaandam Kogerveld	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	2,23%
		Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	0,28%
Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m		0,00%	
Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening		22,20%	
Type13_Groen_en_recreatie		29,70%	
Type14_Spoorbaan_Infrastructuur		3,83%	
Type15_Open_water		8,37%	
Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940		2,66%	
Type4_Tuindorp		5,96%	
Type5_Volkswijk		6,22%	
Type6_Naorlogs_grondgebonden_1950_1990		8,06%	
Type7_Naorlogs_appartementen_1950_1990		7,06%	
Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990		2,37%	
Type9_Vinex_1990_2010		1,08%	



Bijlage E – Resultaat GIS analyse

Oppervlak t.o.v. totaal oppervlak BGT en BAG	Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	Type2_Vrij_landschap_1850_1940	Type3_Vooroorlogsgeslotenbouwtoe_k_1850_1940	Type4_Tuindorp	Type5_Volkswijk	Type6_Naoorlogsgeslotenbouwtoe_1950_1990	Type7_Naoorlogspartementen_1950_1990	Type8_Boerwijk_1975_1990	Type9_Vrijbouw_1990_2010	Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	Type11_Hogstedelijk_en_hogbouw_20m	Type12_Bedrijfsvoorziening	Uitgangspunten / aanduidingen
Onbegroeid terrein - Verhard	1,17%	0,72%	1,22%	1,37%	0,79%	1,09%	1,85%	0,63%	1,85%	2,94%	1,52%	5,60%	Op basis van BGT - Onbegroeid terreindeel - gesloten verharding; half verhard; open verharding
Onbegroeid terrein - Onverhard	0,17%	0,04%	0,58%	0,30%	0,17%	0,43%	0,73%	0,27%	2,66%	0,94%	0,24%	1,02%	Op basis van BGT - Onbegroeid terreindeel - onverhard; zand
Wegdeel - Rijbaan	12,11%	9,58%	13,08%	12,08%	13,96%	12,23%	14,40%	12,09%	11,01%	12,42%	14,52%	11,29%	Op basis van BGT - Wegdeel - Inrit; rijbaan autosnelweg; rijbaan autoweg; rijbaan lokale weg; wooneff
Wegdeel - OV	0,40%	0,04%	0,14%	0,08%	0,18%	0,24%	0,70%	0,04%	0,22%	0,05%	1,13%	0,70%	Op basis van BGT - Wegdeel - OV-baan; overweg; spoorbaan
Wegdeel - Parkeervak	2,71%	1,29%	2,55%	3,74%	3,08%	3,94%	5,52%	2,92%	4,07%	3,71%	5,02%	3,46%	Op basis van BGT - Wegdeel - Parkeervak
Wegdeel - Voetpad en fietspad	14,20%	7,58%	12,47%	11,06%	12,63%	13,27%	17,47%	10,40%	12,05%	15,59%	18,91%	7,53%	Op basis van BGT - Wegdeel - Fietspad; voetpad; voetgangersgebied; voetpad op trap
Ondersteunend wegdeel	0,94%	1,64%	1,17%	0,15%	0,75%	1,43%	2,46%	0,76%	1,06%	1,62%	1,94%	2,48%	Op basis van BGT - Ondersteunendwegdeel
Begroeid terrein	4,09%	9,66%	5,79%	7,06%	3,22%	16,47%	21,32%	25,37%	18,72%	10,53%	10,01%	14,07%	Op basis van BGT - Begroeid terreindeel
Water	6,51%	2,09%	1,71%	1,34%	0,73%	3,89%	2,99%	4,93%	5,59%	7,02%	5,76%	4,27%	Op basis van BGT - Waterdeel
Onbegroeid terrein - Erf	19,28%	51,66%	28,61%	35,71%	33,58%	26,98%	12,50%	26,68%	21,44%	16,36%	9,01%	25,61%	Op basis van BGT - Onbegroeid terreindeel - erf
Pand	38,43%	15,68%	32,67%	27,11%	30,89%	20,03%	20,05%	15,90%	21,34%	28,83%	31,95%	23,99%	Op basis van BAG - pand
Pand - schuin dak (percentage van daken)	88,69%	87,66%	83,86%	90,88%	83,79%	75,70%	58,58%	77,18%	68,28%	71,70%	71,88%	65,67%	Op basis van BAG (2019) - schuin dak percentage plus de helft van het meerdere vlakken percentage
Pand - vlak dak (percentage van daken)	11,31%	12,34%	16,14%	9,12%	16,21%	24,30%	41,42%	22,82%	31,72%	28,30%	28,12%	34,33%	Op basis van BAG (2019) - vlak dak percentage plus de helft van de daken met meerdere vlakken is geschikt voor klimaatadaptieve daken

Bijlage F - Toepasbare maatregelen, rendementen en kosten

Maatregelen wateroverlast							
Maatregel	Geschikt voor veen/klei	Wateroverlast (Bergings/infiltratie potentieel m ³ /m ²)	Uitgangspunten bronnen voor rendement	(Meer)kosten Minimaal (euro)	(Meer)kosten Maximaal (euro)	(Meer)kosten eenheid	Toepasbaar op nieuwbouw
Groen dak	ja	0,0200	O.b.v. Ambient notitie en validatie door literatuuronderzoek	50	300	/m ²	ja
Polderdak	ja	0,0701	O.b.v. Ambient notitie en validatie door literatuuronderzoek	90	350	/m ²	ja
Waterdak	ja	0,0600	O.b.v. Ambient notitie en validatie door literatuuronderzoek	10	30	/m ²	ja
Berging(kratten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	ja	0,2700	O.b.v van kratten van 30 cm diep. 90% van krat volume is beschikbaar voor berging (conservatieve aanname).	150	250	/m ²	ja
Berging(kratten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)	nee	0,2700	O.b.v van kratten van 30 cm diep. 90% van krat volume is beschikbaar voor berging (conservatieve aanname).	125	200	/m ²	ja
(natuurvriendelijke) Wadi (hoog)	nee	0,4000	Verlaging van 0,4m.	50	100	/m ³	nee
(natuurvriendelijke) Wadi (laag; met langzame doorloop naar riolering / oppervlaktewater)	ja	0,4000	Verlaging van 0,4m.	50	100	/m ³	nee
Slim ingerichte wegen (laag)	ja	0,1000	O.b.v. Ambient notitie en theoretische berekening van bergingspotentieel wegen.	20	60	/m ²	nee
Slim ingerichte wegen (hoog)	nee	0,1000	O.b.v. Ambient notitie en theoretische berekening van bergingspotentieel wegen.	15	50	/m ²	nee
Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	ja	0,3800	Diepte van bergingsvoorziening = 0,4 en 95% van bergingsvoorziening kan gebruikt worden	20	50	/m ³	ja
Waterpasserende verharding	nee	0,1000	O.b.v. Ambient notitie en validatie door literatuuronderzoek	30	55	/m ²	ja
Compartmentering van kleine wegen	ja	0,1000	O.b.v. Ambient notitie. Wegen die afstromen naar lager gelegen wegen compartimenteren om andere wegen te ontlasten	2	5	/m ²	nee
Koel verblijfsplein met vijver	ja	0,3000	Expert judgement: 30 cm tot overstromen vijver	25	125	/m ²	nee
Regenwatervijver	ja	0,3000	Expert judgement: 30 cm tot overstromen vijver	20	50	/m ²	ja
Regenton	ja (voorkeursmaatregel op hoge zand/zilt grond)	0,1200	O.b.v. één regenton van 120 liter met een oppervlak van 1 m ² .	80	100	/m ²	ja
Waterdoorlatende verharding (hoog)	nee	0,1000	O.b.v. Ambient notitie en validatie door literatuuronderzoek	250	750	/m ³	ja

Maatregelen Hitte					
Maatregel	Rendement	Uitgangspunten bronnen voor rendement	(Meer)kosten Minimaal (euro)	(Meer)kosten Maximaal (euro)	(Meer)kosten eenheid
Bomen aanplanten	25 m ² schaduw na 20 jaar.	Bij aanplanten van bomen t.b.v. schaduw is gerekend met een loofboom (b.v. lep) met stamomtrek 20-25cm. Van deze boom wordt aangenomen dat deze na 20 jaar een hoogte van ca. 7,5m heeft bereikt en een kroonoppervlak van ca. 25 m ² heeft en daarom minimaal 25 m ² schaduw geeft op 21 juni om 14:00 (conservatieve aanname). Prijs inclusief plantplaats, bomengrond/zand, beluchtungs-, infiltratiedrain en boomverankering	350	750	Per eenheid
Schaduwroutes	n.v.t. (prijs per m ²)	50% aansluitende bomenrij en 50% harde constructie (bv. pergola). Prijs exclusief onderliggende verhardingen.	120	190	/m ²
Park aanleggen	n.v.t. (prijs per m ²)	Prijs zeer afhankelijk van de inrichting, beeldkwaliteit, functie	15	60	/m ²
Groene gevels	n.v.t. (prijs per m ²)		15	175	/m ²
Lichte gevelkleur	n.v.t. (prijs per m ²)		50	75	/m ²
Zonwering	n.v.t. (prijs per m ²)		200	300	/m ²
Groen dak	Warmtewerend oppervlak door vegetatie		50	300	/m ²
Polderdak	Warmtewerend oppervlak door vegetatie		90	350	/m ²
Waterdak	Warmtewerend indien toegepast in combinatie met zonnepanelen	Kosten zijn exclusief zonnepanelen.	10	30	/m ²

Bijlage G – Nieuwbouw gegevens en uitgangspunten

OV-Knooppunt	Aantal Woningen	Percentage 2-persoonsappartement	Percentage Gezinsappartement	Percentage Grondgebonden Woning	Niet-woning bouw (bvo in m2)
Haarlem	2.520	73%	27%	0%	34.441
Haarlem Zuid	4.631	61%	39%	0%	7.480
Haarlem Spaarnwoude	1.137	52%	48%	0%	18.315
Zaandam	6.274	44%	50%	6%	49.940
Zaandam Kogerveld	3.413	61%	39%	0%	49.491
Alkmaar	6.100	37%	62%	1%	75.919
Hoorn	6.400	58%	40%	2%	49.000
Purmerend	8.400	51%	31%	18%	112.950
Hoofddorp	15.500	50%	50%	0%	310.030
Hilversum	1.884	86%	13%	1%	27.905
Hilversum Sportpark	500	83%	17%	0%	39.698
Almere Centrum	6.600	75%	25%	0%	52.816
Lelystad Centrum	1.700	75%	21%	5%	19.215

Aannames voor alle nieuwbouw:					
Aantal zijden gevel		2			
Hoogte gevel (m)		3			
Aandeel ramen per gevel (%)		40			
Kenmerken per woning \ Type Woning					
	2 persoons appartement	Gezinsappartement	Grondgebonden woning	Bedrijven	Uitgangspunten en toelichting
Gemiddeld woonoppervlak (m2)	70	110	143	400	Op basis van MRA - klimaatbestendige nieuwbouw. Voor bedrijven het pand oppervlak maal aantal verdiepingen
Percentage Erf (%)	30%	30%	40%	50%	Op basis van GIS analyse van bestaande woningbouw in wijktypologieën na-oorlogs appartementen, hoogbouw, nieuwbouw en bedrijven..
Gemiddeld aantal verdiepingen pand	5	5	3	2	
Gemiddeld pandoppervlak (m2)	14	22	48	200	Woonoppervlak gedeeld door aantal verdiepingen. Voor bedrijven inschatting op basis van luchtfoto analyse.
Erfoppervlak (m2)	6	9	20	86	
Gemiddeld perceeloppervlak (m2)	20	31	68	286	Inclusief Erf.
Omtrek woonoppervlak (m)	33	42	48	80	Omtrek van het woonoppervlak per verdieping voor het berekenen van geveloppervlak
Geveloppervlak (m2)	50	63	72	120	Geveloppervlak per woning op basis van aantal zijden gevels, gevel hoogte en omtrek woning
Raamoppervlak (m2)	20	25	29	48	



Bijlage H – Maatregelsets per wijktype en per nieuwbouwtype

Wateroverlast maatregelen voor de bestaande ruimte per ha wijktype laag veen/klei

Table 1: Type1 Historische binnenstad voor 1900. Columns include Oppervlak % per maatregel (Green dak, Polderdak, Waterdak) and various water management measures (Berging, Slim ingerichte wegen, etc.). Rows list various terrain types and totals.

Table 2: Type2 Villawijk en landelijk gebied. Similar structure to Table 1, showing measures for village and rural areas. Includes columns for area percentages and specific water management strategies.



Table for Type7 Naoorlogs appartementen_1950_1990. Columns include Oppervlak % per maatregel, Berging/Infiltratie oppervlak zonder maatregelen, and various climate adaptation measures like Groen dak, Polderdak, Waterdak, etc. Includes a summary table for 'Maatregel' and 'Uitgangspunten'.

Table for Type8 Bloemkoolwijk_1975_1990. Similar structure to Type 7, detailing climate adaptation measures and costs for a different residential type. Includes a summary table for 'Maatregel' and 'Uitgangspunten'.



Table with 15 columns: Oppervlak % per maatregel, Berging/infiltratie oppervlak zonder maatregelen (m3/m2), and various measures like Groen dak, Polderdak, Waterdak, etc. Includes summary rows for 'Type5_Volkwijk'.

Table with 15 columns: Oppervlak % per maatregel, Berging/infiltratie oppervlak zonder maatregelen (m3/m2), and various measures like Groen dak, Polderdak, Waterdak, etc. Includes summary rows for 'Type6_Naoroogs_grondgebonden_1950_1990'.

Hitte maatregelen voor de bestaande ruimte per ha wijktype

Hitteopgave: Afstand tot verkoeling <300 m				
Wijktype	Oppervlakte risicogebied uit GIS (ha)	Oppervlakte risicogebied uit GIS analyse (%)	Oppervlakte park nodig per ha wijktypologie (m2)	
Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	29,21	6,57%	0,46	
Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	1,41	0,57%	0,04	
Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1850_1940	1,87	0,92%	0,07	
Type4_Tuindorp	0,00	0,00%	0,00	
Type5_Volkswijk	14,74	5,10%	0,36	
Type6_Naoorlogs_grondgebonden_1950_1990	0,00	0,00%	0,00	
Type7_Naoorlogs_appartementen_1950_1990	0,00	0,00%	0,00	
Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	0,00	0,00%	0,00	
Type9_Vinex_1990_2010	0,00	0,00%	0,00	
Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	0,00	0,00%	0,00	
Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	0,00	0,00%	0,00	
Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	0,00	0,00%	0,00	
Schaduw langzaamverkeerroutes (fietspaden en voetpaden)				
Wijktype	Referentie schaduw langzaamverkeerroutes (%)	Oppervlak fiets- en voetpaden uit GIS analyse (%)	Oppervlak van wijktypologie waar aanvullend schaduw nodig is (%)	Oppervlakte schaduwroute nodig per ha (m2)
Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	15,0%	14%	3,55%	355
Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	15,0%	8%	1,89%	189
Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1850_1940	15,0%	12%	3,12%	312
Type4_Tuindorp	7,5%	11%	3,59%	359
Type5_Volkswijk	7,5%	13%	4,11%	411
Type6_Naoorlogs_grondgebonden_1950_1990	7,5%	13%	4,31%	431
Type7_Naoorlogs_appartementen_1950_1990	7,5%	17%	5,68%	568
Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	7,5%	10%	3,38%	338
Type9_Vinex_1990_2010	7,5%	12%	3,92%	392
Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	7,5%	16%	5,07%	507
Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	7,5%	19%	6,15%	615
Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	7,5%	8%	2,45%	245
Schaduw verblijfslocaties - gebieden > 200m2				
Wijktype	Oppervlak (%) verblijfsplekken (maximaal 10% van totaaloppervlak)	Referentie schaduw oppervlakte verblijfslocaties (%)	Oppervlak van wijktypologie waar aanvullend schaduw nodig is (%)	Aantal loofbomen van 7,5m nodig per ha
Type1_Historische_binnenstad_voor_1900	3%	5,70%	0,94%	4
Type2_Villawijk_en_landelijk_gebied	8%	14,77%	1,95%	8
Type3_Vooroorlogs_gesloten_bouwblok_1900_1940	5%	8,61%	1,46%	6
Type4_Tuindorp	6%	0,00%	2,28%	10
Type5_Volkswijk	2%	3,28%	0,75%	3
Type6_Naoorlogs_grondgebonden_1950_1990	10%	6,42%	3,36%	14
Type7_Naoorlogs_appartementen_1950_1990	10%	6,75%	3,32%	14
Type8_Bloemkoolwijk_1975_1990	10%	12,24%	2,78%	12
Type9_Vinex_1990_2010	10%	8,12%	3,19%	13
Type10_Nieuwbouw_2000_tot_heden	8%	0,08%	3,03%	13
Type11_Hoog_stedelijk_en_hoogbouw_20m	8%	0,00%	3,15%	13
Type12_Bedrijven_Stedelijke_voorziening	10%	9,32%	3,07%	13



Wateroverlast maatregelen voor nieuwbouw per perceel per type nieuwbouw

2-persoonsappartement - laag veen/klei				Oppervlak % per maatregel							
Vlakte	Opp. % Type 1	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Groen dak	Polderdak	Waterdak	Berging(kratten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	Regenwaterwifer	% van vlak gebruikt	
Onbegroeid terrein - Erf	30,00%	0,01	0,03	0,00%	0,00%	0,00%	44,00%	0,00%	2,00%	46,00%	
Pand - vlak dak	70,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	7,00	2,64	0,00	0,12	9,76	
Totale berging (m3)			0,03	0,00	0,00	0,42	0,71	0,00	0,04	1,20	
Uitgangspunten:											
Bergingseis (mm):		60									
Bergingseis (m3/m2):		0,06									
Perceeloppervlak (m2)		20,00									
Bergingseis nieuwbouw (m3)		1,2									
Maatregel											
	Totaal oppervlak (m2)	Totale berging (m3)	Kosten per ha min (euro)	Kosten per ha min (euro)							
Groen dak	0,00	0,00	€ 0,00	€ 0,00							
Polderdak	0,00	0,00	€ 0,00	€ 0,00							
Waterdak	7,00	0,42	€ 70,00	€ 210,00							
Berging(kratten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	2,64	0,71	€ 396,00	€ 660,00							
Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	0,00	0,00	€ 0,00	€ 0,00							
Regenwaterwifer	0,12	0,04	€ 2,40	€ 6,00							
Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	0,00	0,03									
Totaal	9,76	1,20	€ 468	€ 876							

Gezinsappartement - laag veen/klei				Oppervlak % per maatregel							
Vlakte	Opp. % Type 1	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Groen dak	Polderdak	Waterdak	Berging(kratten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	Regenwaterwifer	% van vlak gebruikt en totale berging	
Onbegroeid terrein - Erf	30,00%	0,01	0,05	0,00%	0,00%	0,00%	44,00%	0,00%	2,00%	46,00%	
Pand - vlak dak	70,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	13,20%	0,00%	0,60%	50,00%	
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	11,00	4,15	0,00	0,19	15,34	
Totale berging (m3)			0,05	0,00	0,00	0,66	1,12	0,00	0,06	1,89	
Uitgangspunten:											
Bergingseis (mm):		60									
Bergingseis (m3/m2):		0,06									
Perceeloppervlak (m2)		31,43									
Bergingseis nieuwbouw (m3)		1,89									
Maatregel											
	Totaal oppervlak	Totale berging (m3)	Kosten per ha min (euro)	Kosten per ha min (euro)							
Groen dak	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Polderdak	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Waterdak	11	1	€ 110,00	€ 330,00							
Berging(kratten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	4	1	€ 622,29	€ 1.037,14							
Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Regenwaterwifer	0	0	€ 3,77	€ 9,43							
Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	0	0									
Totaal	15	2	€ 736	€ 1.377							



Grondgebonden - laag veen/klei			Oppervlak % per maatregel								
Vlak	Opp. % Type 1 (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Groen dak	Polderdak	Waterdak	Berging(krachten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	Regenwatervijver	% van vlak gebruikt	
Onbegroeid terrein - Erf	40,00%	0,01	0,17	0,00%	0,00%	0,00%	34,40%	0,00%	2,00%	36,40%	
Pand - vlak dak	60,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	20,43	9,37	0,00	0,54	30,34	
Totale berging (m3)			0,17	0,00	0,00	1,23	2,53	0,00	0,16	4,09	
Uitgangspunten:											
Bergingseis (mm):	60										
Bergingseis (m3/m2):	0,06										
Perceeloppervlak (m2)	68,10										
Bergingseis nieuwbouw (m3)	4,09										
Maatregel											
	Totaal oppervlak	Totale berging (r)	Kosten per ha min (euro)	Kosten per ha min (euro)							
Groen dak	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Polderdak	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Waterdak	20	1	€ 204,29	€ 612,86							
Berging(krachten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	9	3	€ 1.405,49	€ 2.342,48							
Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Regenwatervijver	1	0	€ 10,90	€ 27,24							
Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	0	0									
Totaal	30	4	€ 1.621	€ 2.983							

Bedrijven - laag veen/klei			Oppervlak % per maatregel								
Vlak	Opp. % Type 1 (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Groen dak	Polderdak	Waterdak	Berging(krachten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	Regenwatervijver	% van vlak gebruikt	
Onbegroeid terrein - Erf	50,00%	0,01	0,99	0,00%	0,00%	0,00%	28,60%	0,00%	2,00%	30,60%	
Pand - vlak dak	50,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	71,43	40,86	0,00	2,86	115,14	
Totale berging (m3)			0,99	0,00	0,00	4,29	11,03	0,00	0,86	17,17	
Uitgangspunten:											
Bergingseis (mm):	60										
Bergingseis (m3/m2):	0,06										
Perceeloppervlak (m2)	285,71										
Bergingseis nieuwbouw (m3)	17,14										
Maatregel											
	Totaal oppervlak	Totale berging (r)	Kosten per ha min (euro)	Kosten per ha min (euro)							
Groen dak	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Polderdak	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Waterdak	71	4	€ 714,29	€ 2.142,86							
Berging(krachten) onder verhard oppervlak (laag; met langzame doorloop naar riolering)	41	11	€ 6.128,57	€ 10.214,29							
Waterdichte (ondergrondse) bergingsvoorziening met vertraagde afvoer	0	0	€ 0,00	€ 0,00							
Regenwatervijver	3	1	€ 57,14	€ 142,86							
Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	0	1									
Totaal	115	17	€ 6.900	€ 12.500							



2-persoonsappartement - hoog veen/klei			Oppervlak % per maatregel												
Vlak	Opp. % Type 1	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Berging(kratten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)							Waterpasserende verharding		Regenwatervijver	Regenton	
				Groen dak	Polderdak	Waterdak	met infiltratie	35,00%	10,50%	4,20%	5,00%	2,00%			
Onbegroeid terrein - Erf	30,00%	0,01	0,03	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	35,00%	14,00%	5,00%	2,00%	56,00%			
Pand - vlak dak	70,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%			
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	7,00	2,10	0,84	0,30	0,12	10,36				
Totale berging (m3)			0,03	0,00	0,00	0,42	0,57	0,08	0,09	0,01	1,20				
Uitgangspunten:															
Bergingseis (mm):		60													
Bergingseis (m3/m2):		0,06													
Perceeloppervlak (m2)		20,00													
Bergingseis nieuwbouw (m3)		1,2													
Maatregel															
	Totaal oppervlak	Totale berging (r)	Kosten per ha min (euro)	Kosten per ha min (euro)											
Groen dak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Polderdak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Waterdak	7	0	€ 70,00	€ 210,00											
Berging(kratten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)	2	1	€ 262,50	€ 420,00											
Waterpasserende verharding	1	0	€ 25,20	€ 46,20											
Regenwatervijver	0	0	€ 6,00	€ 15,00											
Regenton	0	0	€ 9,60	€ 12,00											
Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	0	0													
Totaal	10	1	€ 373	€ 703											

2-persoonsappartement - hoog zilt/zand			Oppervlak % per maatregel												
Vlak	Opp. % Type 1	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Berging(kratten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)							Waterpasserende verharding		Regenwatervijver	Regenton	
				Groen dak	Polderdak	Waterdak	met infiltratie	35,00%	10,50%	4,20%	5,00%	2,00%			
Onbegroeid terrein - Erf	30,00%	0,01	0,04	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	35,00%	14,00%	5,00%	2,00%	56,00%			
Pand - vlak dak	70,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%			
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	11,00	3,30	1,32	0,47	0,19	16,28				
Totale berging (m3)			0,04	0,00	0,00	0,66	0,89	0,13	0,14	0,02	1,89				
Uitgangspunten:															
Bergingseis (mm):		60													
Bergingseis (m3/m2):		0,06													
Perceeloppervlak (m2)		31,43													
Bergingseis nieuwbouw (m3)		1,89													
Maatregel															
	Totaal oppervlak	Totale berging (r)	Kosten per ha min (euro)	Kosten per ha min (euro)											
Groen dak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Polderdak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Waterdak	11	1	€ 110,00	€ 330,00											
Berging(kratten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)	3	1	€ 412,50	€ 660,00											
Waterpasserende verharding	1	0	€ 39,60	€ 72,60											
Regenwatervijver	0	0	€ 9,43	€ 23,57											
Regenton	0	0	€ 15,09	€ 18,86											
Totaal	16	2	€ 587	€ 1.105											

2-persoonsappartement - hoog zilt/zand			Oppervlak % per maatregel												
Vlak	Opp. % Type 1	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Berging(kratten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)							Waterpasserende verharding		Regenwatervijver	Regenton	
				Groen dak	Polderdak	Waterdak	met infiltratie	35,00%	10,50%	4,20%	5,00%	2,00%			
Onbegroeid terrein - Erf	40,00%	0,01	0,12	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	29,50%	5,00%	2,00%	56,50%			
Pand - vlak dak	60,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%			
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	20,43	5,45	8,04	1,36	0,54	35,82				
Totale berging (m3)			0,12	0,00	0,00	1,23	1,47	0,80	0,41	0,07	4,09				
Uitgangspunten:															
Bergingseis (mm):		60													
Bergingseis (m3/m2):		0,06													
Perceeloppervlak (m2)		68,10													
Bergingseis nieuwbouw (m3)		4,09													
Maatregel															
	Totaal oppervlak	Totale berging (r)	Kosten per ha min (euro)	Kosten per ha min (euro)											
Groen dak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Polderdak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Waterdak	20	1	€ 204,29	€ 612,86											
Berging(kratten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)	5	1	€ 680,95	€ 1.089,52											
Waterpasserende verharding	8	1	€ 241,06	€ 441,94											
Regenwatervijver	1	0	€ 27,24	€ 68,10											
Regenton	1	0	€ 43,58	€ 54,48											
Totaal	38	4	€ 1.197	€ 2.267											



2-persoonsappartement - hoog zilt/zand			Oppervlak % per maatregel												
Vlak	Opp. % Type 1	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3/m2)	Berging oppervlak zonder maatregelen (m3)	Berging(krachten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)											
				Groen dak	Polderdak	Waterdak	Waterpasserende verharding	Regenwatervijver	Regenton						
Onbegroeid terrein - Erf	50,00%	0,01	0,61	0,00%	0,00%	0,00%	10,50%	40,00%	5,00%	2,00%					57,50%
Pand - vlak dak	50,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	50,00%	5,25%	20,00%	2,50%	1,00%					50,00%
Totaal oppervlak (m2)				0,00	0,00	71,43	15,00	57,14	7,14	2,86					153,57
Totale berging (m3)			0,61	0,00	0,00	4,29	4,05	5,71	2,14	0,34					17,14
Uitgangspunten:															
Bergingseis (mm):		60													
Bergingseis (m3/m2):		0,06													
Perceeloppervlak (m2)		285,71													
Bergingseis nieuwbouw (m3)		17,14													
Maatregel															
	Totaal oppervlak	Totale berging (r)	Kosten per ha min (eurc)	Kosten per ha min (euro)											
Groen dak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Polderdak	0	0	€ 0,00	€ 0,00											
Waterdak	71	4	€ 714,29	€ 2.142,86											
Berging(krachten) onder verhard oppervlak (hoog; met infiltratie)	15	4	€ 1.875,00	€ 3.000,00											
Waterpasserende verharding	57	6	€ 1.714,29	€ 3.142,86											
Regenwatervijver	7	2	€ 142,86	€ 357,14											
Regenton	3	0	€ 228,57	€ 285,71											
Totaal	154	17	€ 4.675	€ 8.929											

Hitte maatregelen voor nieuwbouw per perceel per type nieuwbouw

2 persoons appartement				
Maatregel	Toepassen op oppervlak (%)	Toe te passen oppervlak (m2)	Kosten min (euro)	Kosten max (euro)
Groene gevels	50,00%	16,73	€ 251,00	€ 2.928,31
Lichte gevelkleur	0,00%	0	€ 0,00	€ 0,00
Zonwering	0,00%	0	€ 0,00	€ 0,00
Totaal			€ 251,00	€ 2.928,31
Geveloppervlak per woning (m2)	33			
Raamoppervlak per woning (m2)	50			
Gezinsappartement				
Maatregel	Toepassen op oppervlak (%)	Toe te passen oppervlak (m2)	Kosten min (euro)	Kosten max (euro)
Groene gevels	50,00%	20,98	€ 314,64	€ 3.670,83
Lichte gevelkleur	0,00%	0,00	€ 0,00	€ 0,00
Zonwering	0,00%	0	€ 0,00	€ 0,00
Totaal			€ 314,64	€ 3.670,83
Geveloppervlak per woning (m2)	42			
Raamoppervlak per woning (m2)	63			
Grondgebonden woning				
Maatregel	Toepassen op oppervlak (%)	Toe te passen oppervlak (m2)	Kosten min (euro)	Kosten max (euro)
Groene gevels	50,00%	23,91652149	€ 358,75	€ 4.185,39
Lichte gevelkleur	0,00%	0	€ 0,00	€ 0,00
Zonwering	0,00%	0	€ 0,00	€ 0,00
Totaal			€ 358,75	€ 4.185,39
Geveloppervlak per woning (m2)	48			
Raamoppervlak per woning (m2)	72			
Bedrijven				
Maatregel	Toepassen op oppervlak (%)	Toe te passen oppervlak (m2)	Kosten min (euro)	Kosten max (euro)
Groene gevels	50,00%	40	€ 600,00	€ 7.000,00
Lichte gevelkleur	0,00%	0	€ 0,00	€ 0,00
Zonwering	0,00%	0	€ 0,00	€ 0,00
Totaal			€ 600,00	€ 7.000,00
Geveloppervlak per woning (m2)	80			
Raamoppervlak per woning (m2)	120			



Bijlage I – Kosten voor wateroverlast en hitte per OV-knooppunt

Kosten voor de bestaande ruimte

Naam OV Knooppunt	Kosten WO Min Totaal per ha	Kosten WO Max Totaal per ha	Kosten Hitte Min Totaal per ha	Kosten Hitte Max Totaal per ha
Alkmaar	€ 124.637	€ 232.252	€ 40.906	€ 66.529
Almere Centrum	€ 90.587	€ 171.992	€ 38.282	€ 62.500
Haarlem	€ 118.706	€ 212.969	€ 34.156	€ 55.287
Haarlem Spaarnwoude	€ 55.263	€ 105.478	€ 20.042	€ 32.875
Haarlem Zuid	€ 92.870	€ 167.715	€ 40.496	€ 65.800
Hilversum	€ 140.334	€ 252.631	€ 40.679	€ 65.701
Hilversum Sportpark	€ 110.478	€ 200.521	€ 33.632	€ 54.676
Hoofddorp	€ 85.624	€ 163.791	€ 29.929	€ 49.182
Hoom	€ 92.713	€ 173.634	€ 31.711	€ 51.624
Lelystad Centrum	€ 87.886	€ 167.950	€ 39.993	€ 65.401
Purmerend	€ 101.522	€ 190.803	€ 42.002	€ 68.526
Zaandam	€ 95.578	€ 179.936	€ 33.008	€ 53.795
Zaandam Kogerveld	€ 77.651	€ 145.941	€ 26.984	€ 43.998
Totaal	€ 1.273.849	€ 2.365.612	€ 451.822	€ 735.895
Gemiddeld	€ 97.988	€ 181.970	€ 34.756	€ 56.607

Kosten voor nieuwbouw

Naam OV Knooppunt	Kosten Totaal WO Min (euro)	Kosten Totaal WO Max (euro)	Kosten Totaal Hitte Min (euro)	Kosten Totaal Hitte Max (euro)	Kosten WO Min per ha (euro)	Kosten WO Max per ha (euro)	Kosten Hitte Min per ha (euro)	Kosten Hitte Max per ha (euro)	Kosten WO Min per perceel (euro)	Kosten WO Max per perceel (euro)	Kosten Hitte Min per perceel (euro)	Kosten Hitte Max per perceel (euro)
Alkmaar	€ 5.250.725	€ 9.739.720	€ 1.889.200	€ 22.040.666	€ 236.123	€ 437.992	€ 84.957	€ 991.161	€ 835	€ 1.548	€ 300	€ 3.504
Almere Centrum	€ 4.447.495	€ 8.263.911	€ 1.840.760	€ 21.475.539	€ 236.013	€ 438.536	€ 97.683	€ 1.139.630	€ 661	€ 1.227	€ 273	€ 3.190
Haarlem	€ 1.490.522	€ 2.818.376	€ 727.544	€ 8.488.016	€ 180.305	€ 340.932	€ 88.009	€ 1.026.776	€ 572	€ 1.081	€ 279	€ 3.256
Haarlem Spaarnwoude	€ 996.580	€ 1.845.200	€ 347.986	€ 4.059.833	€ 236.819	€ 438.477	€ 82.692	€ 964.743	€ 842	€ 1.560	€ 294	€ 3.432
Haarlem Zuid	€ 2.201.276	€ 4.148.951	€ 1.288.392	€ 15.031.242	€ 185.730	€ 350.063	€ 108.707	€ 1.268.244	€ 473	€ 892	€ 277	€ 3.233
Hilversum	€ 1.094.313	€ 2.070.125	€ 531.835	€ 6.204.740	€ 179.138	€ 338.877	€ 87.061	€ 1.015.710	€ 560	€ 1.059	€ 272	€ 3.175
Hilversum Sportpark	€ 672.495	€ 1.279.014	€ 190.972	€ 2.228.012	€ 170.949	€ 325.127	€ 48.545	€ 566.364	€ 1.121	€ 2.132	€ 318	€ 3.713
Hoofddorp	€ 14.688.943	€ 27.157.429	€ 4.849.315	€ 56.575.343	€ 236.910	€ 438.008	€ 78.212	€ 912.474	€ 902	€ 1.669	€ 298	€ 3.476
Hoom	€ 4.688.963	€ 8.712.336	€ 1.853.936	€ 21.629.257	€ 235.853	€ 438.226	€ 93.252	€ 1.087.941	€ 719	€ 1.336	€ 284	€ 3.316
Lelystad Centrum	€ 1.333.474	€ 2.469.787	€ 489.926	€ 5.715.802	€ 237.574	€ 440.021	€ 87.286	€ 1.018.337	€ 762	€ 1.412	€ 280	€ 3.268
Purmerend	€ 8.335.387	€ 15.400.918	€ 2.610.469	€ 30.455.467	€ 237.115	€ 438.107	€ 74.260	€ 866.361	€ 960	€ 1.774	€ 301	€ 3.507
Zaandam	€ 5.099.647	€ 9.467.441	€ 1.892.006	€ 22.073.398	€ 235.932	€ 438.005	€ 87.532	€ 1.021.212	€ 797	€ 1.480	€ 296	€ 3.450
Zaandam Kogerveld	€ 2.814.516	€ 5.213.557	€ 1.016.722	€ 11.861.755	€ 236.526	€ 438.137	€ 85.443	€ 996.838	€ 796	€ 1.474	€ 287	€ 3.354
Totaal	€ 53.114.337	€ 98.586.764	€ 19.529.063	€ 227.839.071					€ 769	€ 1.434	€ 289	€ 3.375
Gemiddeld	4.085.718	7.583.697	1.502.236	17.526.082	€ 218.845	€ 407.731	€ 84.895	€ 990.445				



Colofon

KOSTEN KLIMAATADAPTIEVE STADSHARTEN
KOSTEN KLIMAATADAPTATIE VAN GEBIEDSONTWIKKELING IN NEGEN MRA STADSHARTEN

AUTEUR

Arcadis Nederland BV
&Flux

PROJECTNUMMER

30099147

ONZE REFERENTIE

D10040840:92

DATUM

5 november 2021

STATUS

Definitief

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 56825
1040 AV Amsterdam
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Over &Flux

&Flux werkt aan een toekomstbestendig Nederland. Circulair, duurzaam en resiliënt. Wat onmogelijk lijkt voor een individuele organisatie, maken wij mogelijk door gezamenlijk aan een voorstelbare toekomst te werken. Nieuwe waardeketens bouwen, dat is wat ons drijft. Daarbij zijn we niet bang voor onzekerheid of complexiteit, want daarin zit hem nou juist vaak de oplossing. Circulair en duurzaam werken zien wij als een kans. Sterker: voor wie succesvol wil zijn in de toekomst, is een klimaatvriendelijke werkwijze een absolute randvoorwaarde. Dat betekent verder kijken dan je eigen business, samenwerken en nadenken over de impact van groei en ontwikkeling op het klimaat en de toekomstbestendigheid van jouw organisatie. Dat is niet alleen beter voor de wereld, het geeft organisaties en mensen die er werken energie. Het biedt kansen om te groeien en te ontwikkelen. Om samen op zoek te gaan naar een nieuwe toekomst waarin we meer waarde creëren en minder vervuilen.

www.nflux.nl

&Flux B.V.

Goudsesingel 52-214, Unit 03.08
3011 KD Rotterdam

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[arcadis-nederland](https://www.arcadis-nederland.nl)



[arcadis_nl](https://twitter.com/arcadis_nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.facebook.com/ArcadisNetherlands)