Financiële en ruimtelijke impact klimaatadaptatie Nederland

Rapportage

Maart 2024

Dit onderzoek is uitgevoerd door Arcadis in opdracht van zowel het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties als het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
Het maakt deel uit van een kosten-batenanalyse, waarvan dit het eerste deel is; het tweede deel is uitgevoerd door Rebel Group.

© Arcadis 2022

Inhoud

1. Inleiding 4
2. Voorbereiding 9
3. Methode 14
4. Resultaten per thema 20
5. Resultaten totaal 27
6. Functieverandering 30
7. Conclusie 34

Bijlagen 36

© Arcadis 2022

1. Inleiding

1.1 Inleiding: Aanleiding en doel

In oktober 2023 heeft Arcadis in opdracht van de Metropool regio Amsterdam (MRA) en het ministerie van BZK de indicatieve ruimtelijke en financiële impact van klimaatadaptatie bepaald voor het gehele stedelijk gebied binnen de MRA op basis van de Landelijke Maatlat[1].

Dit wordt nu op aanvraag van de ministeries BZK en I&W opgeschaald naar de bebouwde kom op landelijk niveau. Het resultaat vormt een geactualiseerd beeld van de indicatieve kosten en ruimtereserveringen voor klimaatadaptatie voor de bebouwde kom van Nederland in 2050. Net als voorgaand onderzoek volgt ook deze aanpak de richtlijnen uit de Landelijke Maatlat met de zes thema's uit de maatlat: biodiversiteit en natuurinclusiviteit, droogte, bodemdaling, hitte, gevolgbeperking overstromingen en wateroverlast.

Parallel aan deze opdracht voert Rebel Group een onderzoek uit naar de financiële baten en batenhouders van een groene en klimaat adaptieve leef- en werkomgeving.

Wat is de ruimtelijke en financiële impact van klimaatadaptatie binnen de huidige bebouwde kom en op geprojecteerde nieuwbouw tot 2050 van Nederland met klimaatadaptatie richtlijnen en normen zoals geformuleerd in de Landelijke maatlat?

[1]Arcadis, 2023. *Klimaat Adaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam*

© Arcadis 2022

1.2 Inleiding: Kader

- Dit onderzoek beperkt zich tot de bebouwde kom van Nederland. Dit is ca. 503 duizend hectare[2]. Dit wordt aangevuld met geprojecteerde nieuwbouw wat buiten de bebouwde kom valt.
- Het onderzoek gaat uit van de bestaande planologie waarbij de functies ongewijzigd blijven. Behalve in hoofdstuk 6, hier wordt de financiële en ruimtelijk impact van functieveranderingen onderzocht.
- Dit onderzoek gaat uit van maatregelcategorieën die zijn geselecteerd op efficiëntie, relevantie en haalbaarheid. Deze categorieën zijn het resultaat van een uitgebreide maatregelinventarisatie en bevatten alle oplossingsrichtingen met een op grote schaal meetbaar resultaat. De grote diversiteit aan maatregelen binnen deze categorieën kan leiden tot een grote spreiding in kosten.
- In dit onderzoek gelden strengere eisen voor nieuwbouw dan voor bestaande bouw, zoals vastgesteld in het MRA onderzoek[1].
- In dit onderzoek is de bestaande bouw en nieuwbouw gepland tot 2050 meegenomen.
- Alle kosten o.b.v. prijspeil 2023, inclusief staart- en VAT-kosten, exclusief BTW. Voor klimaatadaptieve maatregelen die onderdeel zijn van een reguliere maatregel (bijv. wegvervanging) zijn alleen de meerkosten gerekend.

[1]Arcadis, 2023. *Klimaat Adaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam*

[2]Esri Nederland – BRT TOP10NL link (2022)

© Arcadis 2022

1.2 Inleiding: Eisen en ambities

De eisen en ambities zijn vastgesteld op basis van de Landelijke Maatlat, aangevuld met de intentieovereenkomst Klimaatbestendige Nieuwbouw 3.0 van de MRA. De eisen en ambities zijn per thema beschreven.

Wateroverlast

- Er treedt geen waterschade op bij een bui die 1 x per 100 jaar voorkomt, vitale en kwetsbare functies blijven beschikbaar. Dit wordt vertaald naar een bergingseis van 70 mm in één uur. De minimale capaciteit van riolering, een inschatting van berging op maaiveld worden hierin meegenomen. Daarnaast worden er geen waterbergende maatregelen op regionale- of rijkswegen toegepast om de vitale ontsluitingsfunctie in stand te houden.
- 80 % van de lokale wegen worden waterbergend (tot 0,2 meter) en watervoerend ingericht.
- Er geldt een aanvullende bergingseis van 40 mm op privaatterrein.

Bodemdaling

Om schade door bodemdaling te beperken wordt licht ophoogmateriaal toegepast in zettingsgevoelige gebieden t.o.v. traditioneel ophoogmateriaal. In bestaande bouw wordt dit toegepast in de openbare ruimte. Voor uitleglocaties wordt rekening gehouden met extra voorbelasting.

Gevolgbeperking overstroming

Er worden maatregelen toegepast op bestaande bouw in gebieden met een overstromingskans van meer dan 1/300 per jaar.

Droogte

Waterkwaliteit wordt verbeterd door (groen) waterbergings- en infiltratie voorzieningen. Dit wordt meegenomen in de maatregelkeuze door maatregelen die infiltratie bevorderen hoger in de voorkeursvolgorde te plaatsen.

Hitte

- Er geldt een schaduweis van 40% op belangrijke loop-en fietsroutes, drinkwaterstroken en verblijfsplekken.
- Er geldt een schaduweis van 30% op buurtniveau op het heetste moment van de dag (15:30 op 21 juni).
- 40-50% van horizontale (dak, erf) en verticale (gevel) oppervlakken van nieuwbouw worden warmtewerend ingericht.

Biodiversiteit

- Om waardevolle habitat te behouden en realiseren worden 3 soortencategorieën toegevoegd per hectare.
- Er wordt minimaal 30% groen op buurtniveau op privaat en openbaar terrein gerealiseerd.

[1]Arcadis, Klimaat Adaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam, 2023

© Arcadis 2022

1.3 Inleiding: Aanpak

1. Nederland verdelen in 3 bodemtypologieën

In stap 1 is Nederland verdeeld in 3 bodemtypologieën. Eerst is bepaald welke factoren van belang zijn, vervolgens zijn deze samengevoegd in 3 bodemtypologieën.

2. Woningbouw opgave 2050 projecteren

In stap 2 is de woningbouwopgave geprojecteerd in Nederland. De woningbouwopgave is bepaald tot en met 2030 en vervolgens tot 2050. Deze opgaven zijn verdeeld over de 3 bodemtypologieën, de verhouding binnen en buiten de bebouwde kom, en naar inbreiding hoogstedelijk, inbreiding lage woningdichtheid en uitbreidingsgebieden.

3. Landelijk oppervlak bepalen per wijk- en bodemtypologie

In stap 3 is er een GIS-analyse uitgevoerd om de verdeling van de wijktypologieën op landelijk niveau te bepalen. Een aanvullende GIS-analyse is uitgevoerd om de verdeling wijktypologieën te bepalen per bodemtypologie.

4. Correctiefactoren bepalen per bodemtypologie

In stap 4 zijn correctiefactoren bepaald op basis van eerdere onderzoeken om de kosten van de maatregelen van wateroverlast door te rekenen naar de 3 bodemtypologieën.

5. Totale kosten bepalen per thema

In stap 5 zijn de kosten in combinatie met de correctiefactoren berekend door de kosten van het MRA onderzoek op te schalen naar de oppervlaktes per wijktypologie en bodemtypologie van Nederland.

Effect functiever-andering op kosten

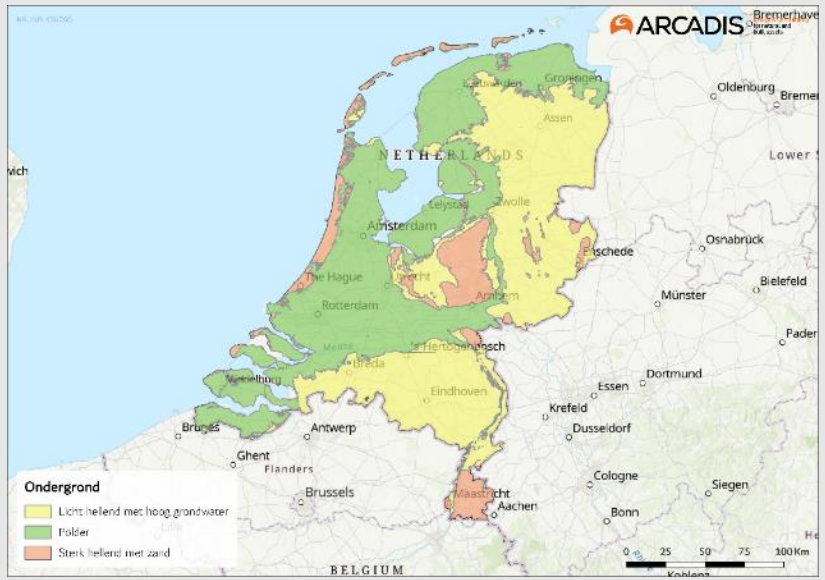
Parallel is er onderzocht wat voor effect functieveranderingen van 3 wijktypologieën hebben op de maatregelpakketten en daardoor op de financiële en ruimtelijke impact.

© Arcadis 2022

2. Voorbereiding

2.1 Voorbereiding: Bodemtypologieën

Nederland is onderverdeeld in 3 bodemtypologieën. Dit is gedaan op basis van drie relevante thema's; **hoogte**, **afwateringsysteem** en **ondergrond**. Op onderstaande kaarten is te zien dat deze thema's veel overeenkomsten hebben. De resulterende verdeling van de bodemtypologieën is te zien aan de rechterkant, met daarbij een korte beschrijving van de kenmerken.



Figuur 1: De verdeling van Nederland naar ondergrond

Polderlandschap 44.9%
- Hoge grondwaterstand
- Lage infiltratiecapaciteit
- Weinig hoogte verschil

Licht hellend 44.6%
- Lage grondwaterstand
- Hoge infiltratiecapaciteit
- Hogere zandgronden
- Weinig hoogte verschil

Sterk hellend – 10.5%
- Variërende grondwaterstand
- Variërende infiltratiecapaciteit
- Geen oppervlakte water
- Significante hoogteverschillen in relatie tot afstroming neerslag

[3]Acuteel Hoogtebestand Nederland (AHN), 2023 [4]De Polder Atlas van Nederland – C. Steenbergen (2009) [5]Basiskaart Natuurlijk Systeem – Geo-Insiratie & GrondRR (2021)

© Arcadis 2022

2.2 Voorbereiding: Woningbouwopgave 2030 en 2050

Om de kostenraming te realiseren voor de kosten van klimaatadaptatie maatregelen in 2050, is een analyse uitgevoerd op de woningbouwopgave. Aangezien er nog grote onzekerheid is over waar deze opgave ingevuld gaat worden, is de opgave gesplitst in twee delen.

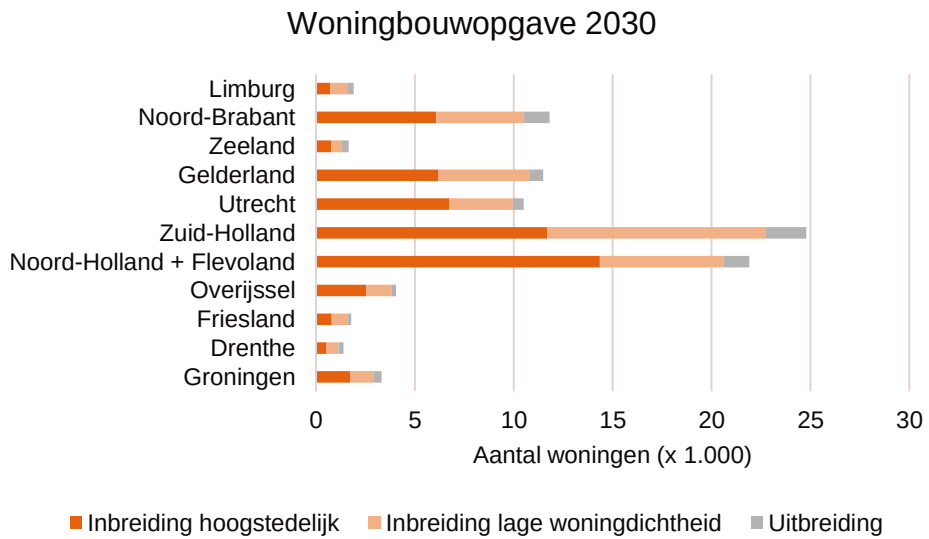
Allereerst is er gekeken naar de woningbouwopgave tot 2030[6] (945.000 woningen). Over de invulling van deze opgave is meer informatie bekend. Vanuit deze opgave zijn de verhoudingen Inbreiding hoogstedelijk / Inbreiding lage woningdichtheid / Uitbreiding, binnen/buiten bebouwde kom, en bodemtypologieën gehaald. Zoals deze in de tabellen rechts zijn weergegeven. Vervolgens zijn deze verhoudingen toegepast om de woningbouwopgave tot 2050 (1.794.363 woningen) te projecteren[7].

De verdeling van het aantal woningen van de geprojecteerde nieuwbouw staan weergegeven in de grafiek hieronder.

	Inbreiding hoogstedelijk	Inbreiding lage woningdichtheid	Uitbreiding	Totaal
Woningen in 2030	521.417	348.164	75.601	945.182
Woningen in 2050	468.055	316.418	64.708	849.181
Woningen in 2030 + 2050	989.471	664.583	140.309	1.794.363

	Inbreiding hoogstedelijk	Inbreiding lage woningdichtheid	Uitbreiding
Gemiddelde verdeling [%]	51	38	11
Binnen de bebouwde kom [%]	85	70	10

	Polderland-schap	Licht hellend	Sterk hellend
Gemiddelde verdeling [%]	46	43	11



[6]Op basis van de provinciale woondeals 2022-2030

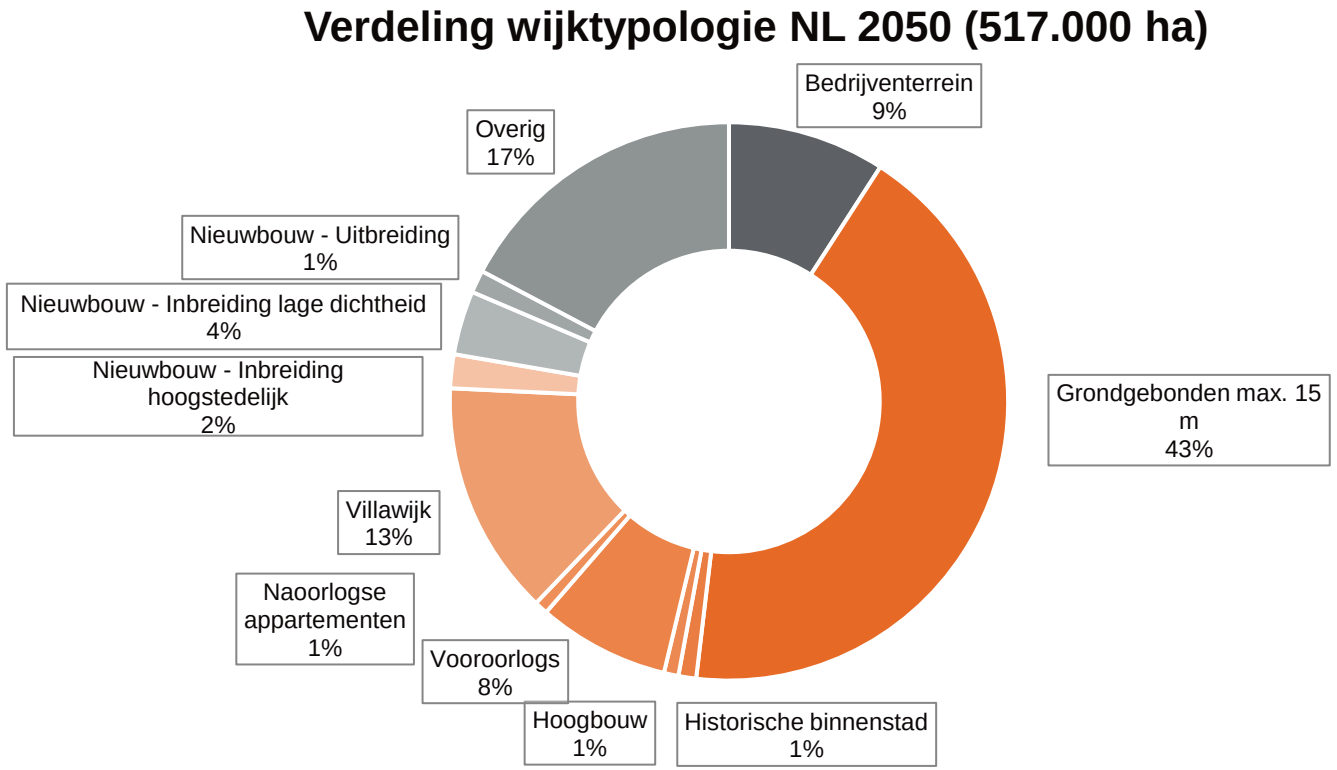
[7] Publicatie 'Wat wij willen is nog nooit gedaan', de Bouwagenda, 2021

© Arcadis 2022

2.3 Voorbereiding: Oppervlak per wijktypologie

In de Klimaateffectatlas zijn wijktypologieën zoals gedefinieerd door de HvA weergegeven[6]. Het type wijk zegt veel over de kwetsbaarheid voor klimaatverandering en over de mogelijke maatregelen. In dit onderzoek zijn de wijktypologieën geclusterd volgens de verdeling in Bijlage 1. Vervolgens is er een GIS-analyse uitgevoerd om de verdeling van de wijktypologieën op landelijk niveau te bepalen. De beschouwde bebouwde kom is 503.870 ha, dit is vervolgens aangevuld met het deel van de nieuwbouw wat buiten de bebouwde kom is geprojecteerd op basis van de verhouding uit pagina 11.

Wat opvalt in de verdeling naar wijktypologie is dat het overgrote deel van Nederland (43%) bestaat uit de wijktypologie Grondgebonden max 15 m.



Figuur 2: De verdeling van de wijktypologieën voor Nederland voor bestaande bouw als nieuwbouw tot 2050

[8]De klimaatbestendige wijk: Onderzoek voor de praktijk, J. Kluck et al., Hogeschool van Amsterdam, 2017

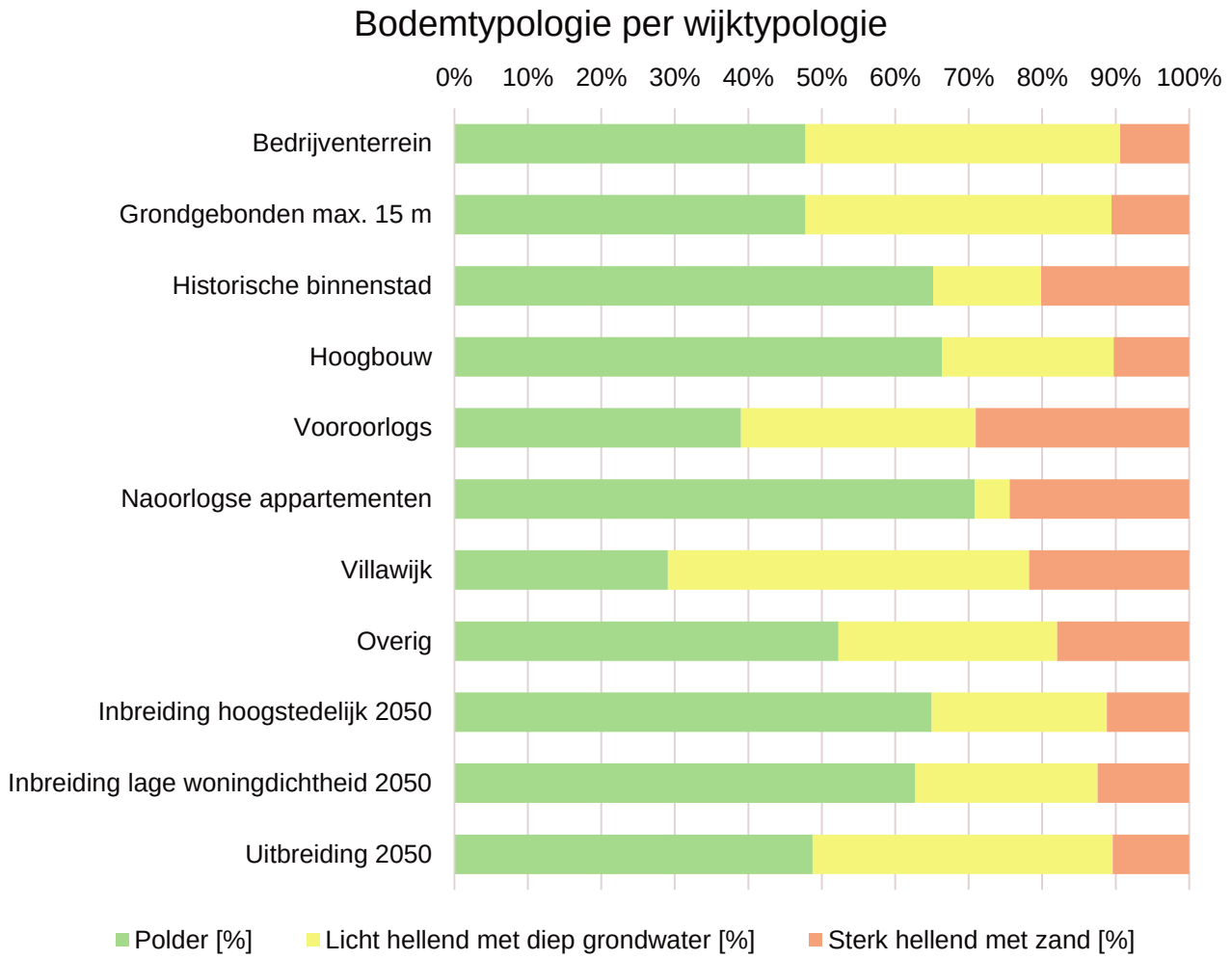
2.4 Voorbereiding: Oppervlak per bodemtypologie

Het landelijk oppervlak van de bodemtypologie per wijktypologie is bepaald door de verdeling van Nederland in de 3 bodemtypologieën (pagina 10) te combineren in een GIS-analyse met de verdeling van Nederland in de 11 wijktypologieën (pagina 12). Het resultaat staat hiernaast weergegeven.

De kaart met de gedefinieerde wijktypologieën is niet dekkend voor de gehele bebouwde kom, om die reden is het wijktypologie Overig toegevoegd. De bodemverdeling is bepaald door het gemiddelde te nemen van de gedefinieerde wijktypologieën.

- 54% van de wijktypologieën ligt gemiddeld in Polderlandschap.
- 30% van de wijktypologieën ligt gemiddeld in Licht hellend.
- 16% van de wijktypologieën ligt gemiddeld in Sterk hellend.

Voor een overzicht met de exacte getallen zie Bijlage 2.



Figuur 3: De verdeling van de bodemtypologieën over de wijktypologieën

© Arcadis 2022

3. Methode

3.1 Methode per thema

In voorgaande onderzoeken zijn maatregelpakketten bepaald om bestaande bouw en nieuwbouw te laten voldoen aan klimaatadaptatie-eisen. In deze onderzoeken zijn de maatregelpakketten toegepast in verschillende gebieden. In Bijlage 3.1 is een overzicht gegeven met de mogelijke maatregelen en in Bijlage 3.2 is een voorbeeld maatregelpakket gegeven. Zo is in '*Kosten Klimaatadaptieve Stadsharten*' van &flux en Arcadis uit 2021 gekeken naar verschillende stadsharten in Noord-Holland, Utrecht en Flevoland, en is in *'Kosten en bekostiging klimaatbestendige nieuwbouw*' van &flux en Arcadis uit 2021 gekeken naar de Metropoolregio Amsterdam, net als in '*Klimaatadaptatie in de bebouwde omgeving*' van Rebel in 2023 en in ' *Klimaat Adaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam*' van Arcadis uit 2023. In deze onderzoeken zijn kosten bepaald van maatregelpakketten per hectare en per wijktypologie. In dit onderzoek is gekeken naar de verschillen tussen voorgaande onderzoeken, en onderzocht wat verschillen in kosten zijn per ondergrond en wijktypologie. Dit is vervolgens gecombineerd met de gegevens uit het vorige hoofdstuk, om zo de kosten te extrapoleren voor de gehele bebouwde kom in Nederland.

Op pagina 16 tot 19 worden de methodes per thema toegelicht.

© Arcadis 2022

3.2 Methode: Impact wateroverlast

Om de kosten van de maatregelen van wateroverlast van het MRA onderzoek door te rekenen naar de 3 bodemtypologieën zijn **correctiefactoren** bepaald. Maatregelen in Licht hellend gebied zijn goedkoper dan in Polderlandschap, dit komt onder andere doordat de zand ondergrond in het Licht hellend gebied een hogere infiltratiecapaciteit heeft.

Maatregelen in Sterk hellend gebied zijn daarentegen duurder dan maatregelen in Licht hellend gebied. Dit komt doordat het water hier gecompartimenteerd geborgen moet worden, anders stroomt het water de helling af en verzamelt het water op het diepste punt.

De maatregelpakketten van het meest recente onderzoek voor de MRA[1] zijn opgeschaald qua oppervlakte om zo de kosten te bepalen voor het Polderlandschap. Vervolgens worden de kosten bepaald voor Licht hellend gebied en Sterk hellend gebied door deze kosten te vermenigvuldigen met de correctiefactoren.

De correctiefactoren zijn bepaald op basis van twee voorgaande onderzoeken; Kosten Klimaatadaptieve Stadsharten[9] (2021) en Kosten en bekostiging klimaatbestendige nieuwbouw[10] (2021). Tussen Polderlandschap en Licht hellend zijn correctiefactoren bepaald per wijktypologie voor de minimale en de maximale prijs voor zowel aanlegkosten als B&O kosten. Voor de nieuwbouw typologieën is gebruik gemaakt van de gemiddelde waarde van de wijktypologieën. Tussen Licht hellend en Sterk hellend zijn twee correctiefactoren (minimale en maximale prijs) bepaald, die op alle wijktypologieën zijn toegepast.

[1]Arcadis, *Klimaat Adaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam*, 2023

[9]Arcadis en &flux, Kosten Klimaatadaptieve Stadsharten, 2021

[10]Arcadis en &flux, Kosten en bekostiging klimaatbestendige nieuwbouw, 2021

Droogte is meegenomen door in de maatregelkeuze voorkeur is gegeven aan (groene) waterbergings- en infiltratie voorzieningen.

Correctiefactoren Licht hellend t.o.v. Polder

	min	max
Bedrijventerrein	0,93	0,91
Grondgebonden max. 15 m	0,95	0,92
Historische binnenstad	0,90	0,87
Hoogbouw	0,90	0,87
Vooroorlogs	0,91	0,90
Naoorlogse appartementen	0,90	0,87
Villawijk	0,96	0,95
Overig	0,92	0,88
Inbreiding hoogstedelijk 2050	0,92	0,88
Inbreiding lage woningdichtheid 2050	0,92	0,88
Uitbreiding 2050	0,92	0,88

Correctiefactoren Sterk hellend t.o.v. Licht hellend

	min	max
Alle wijktypologieën	1,10	1,05

© Arcadis 2022

3.3 Methode: Impact hitte en biodiversiteit

Voor hitte en biodiversiteit is op basis van Kosten Klimaatadaptieve Stadsharten (2021) en Kosten en bekostiging klimaatbestendige nieuwbouw (2021) vastgesteld dat er **geen kostenverschillen zitten tussen de drie bodemtypologieën**.

De kosten vanuit het MRA onderzoek zijn opgeschaald naar de verdeling per wijktypologie en per ondergrond zoals deze is vastgesteld op pagina 10, 12 en 13.

Kosten per ondergrond per ha per wijktypologie (MRA)

↓

Kosten per ondergrond Nederland per wijktypologie

↓

Kosten per ondergrond Nederland

© Arcadis 2022

3.4 Methode: Impact bodemdaling

Om de kosten te bepalen voor bodemdaling is allereerst voor heel Nederland bepaald waar de bodemdaling groot is. Dit is gedaan op basis van de kaart ‘ Bodemdaling 2020 – 2050 Hoog’ uit de Klimaateffectatlas. Groot betekent in dit geval meer dan 20 cm.

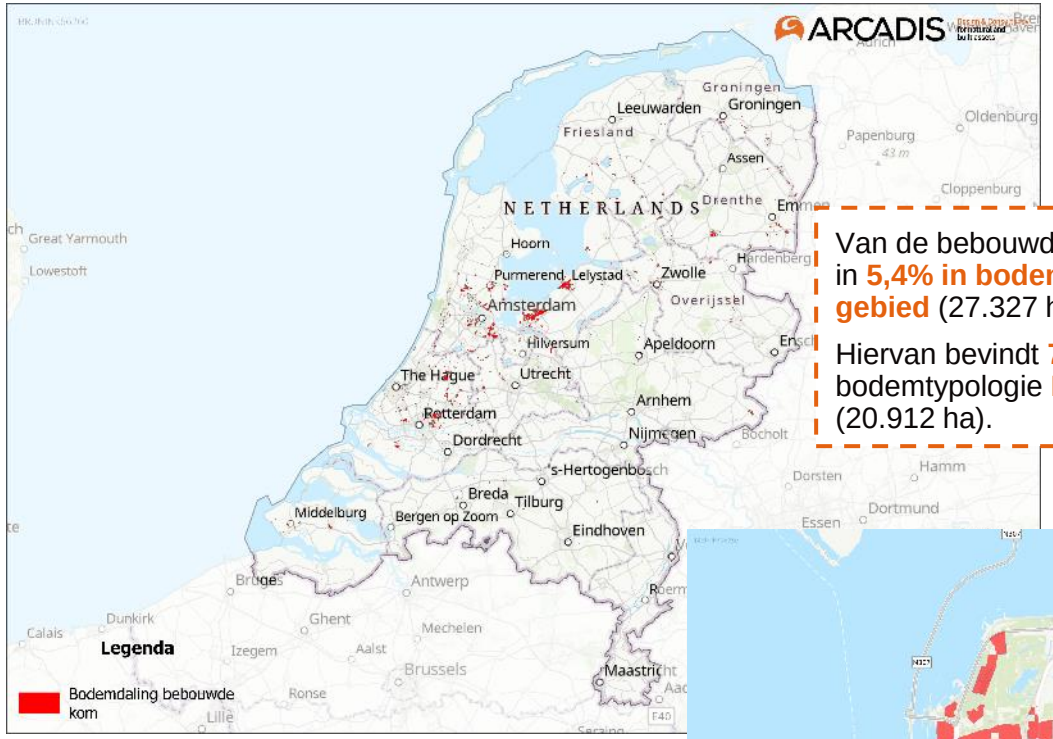
In figuur 5 is de bodemdalingskaart van Nederland te zien, waar de bodemdalingskaart over de bebouwde kom is gelegd, en vervolgens verdeeld over de bodemtypologieën, zoals gedefinieerd op pagina 10.

Wat opvalt is dat het overgrote deel zich bevindt in de bodemtypologie Polderlandschap.

Deze kaart is vervolgens over de wijktypologieën kaart gelegd, om zo de verdeling van bodemdalingsgevoelig gebied te bepalen per wijktypologie en per bodemtypologie.

Om de kosten te bepalen voor bodemdaling voor de bestaande bouw is er in de gebieden van figuur 5 gekozen voor het ophogen met lichte materialen in de openbare ruimte. Het private oppervlak is hier buiten beschouwing gelaten. Ophogen zal niet in elke situatie toegepast kunnen worden, wat de kosten in de praktijk mogelijk zal verlagen.

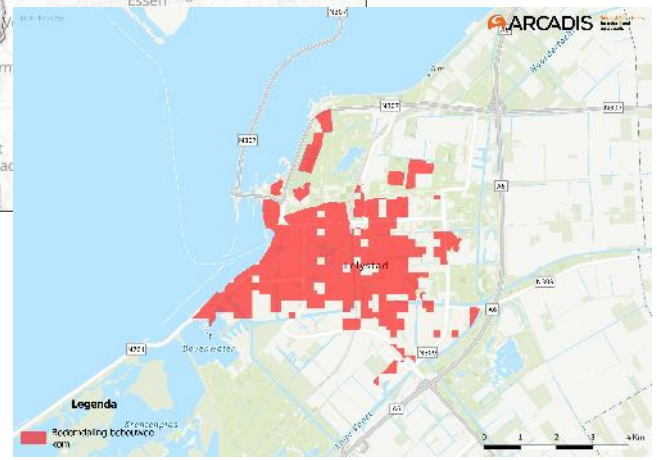
Om een inschatting te kunnen maken voor nieuwbouw is het gewogen gemiddelde bepaald op basis van de bodemtypologieën. Vervolgens zijn deze percentages toegepast op de uitbreidingsgebieden van de geprojecteerde nieuwbouw.



Figuur 5: Bebouwde kom met bodemdaling van meer dan 20 cm.

Van de bebouwde kom bevindt zich in **5,4% in bodemdalingsgevoelig gebied** (27.327 ha).

Hiervan bevindt **77%** zich in de bodemtypologie **Polderlandschap** (20.912 ha).



Figuur 6: Voorbeeld van een gebied met hoge bodemdaling gevoeligheid (Lelystad)

© Arcadis 2022

3.5 Methode: Impact gevolgbeperking overstromingen

Om de kosten te bepalen voor gevolgbeperking overstroming is dezelfde methode toegepast als voor bodemdaling; alleen daar waar een hoge kans is op overstromingen worden maatregelen toegepast. Dit is gedaan op basis van de kaart ‘Plaatsgebonden overstromingskans > 20 cm, 2050 hoog’ uit de Klimaateffectatlas.

Voor gevolgbeperking overstromingen zijn de categorieën 20 cm tot 50 cm meegenomen. Maatregelen om overlast te beperken bij 0 – 20 cm worden al bepaald vanuit wateroverlast. Bij overstromingen hoger dan 50 cm zijn veel maatregelen niet meer effectief; in dat geval ligt evacueren meer voor de hand. In figuur 6 is het oppervlakte weergegeven waar de kans groot (> 1/300 per jaar) is op een overstroming van 20 tot 50 cm, met woningen die zich in deze gebieden bevinden (zie figuur 7).

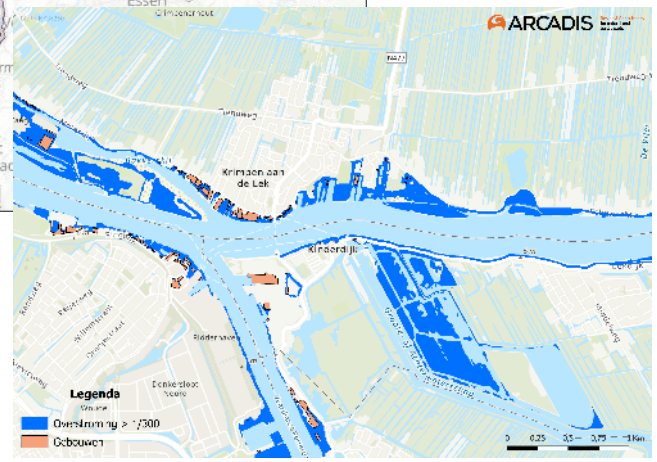
Let op: in het figuur is de overstromingskans van heel Nederland te zien, niet alleen van de bebouwde kom.

Om de impact te bepalen voor de nieuwbouw is aangenomen dat 1,1% van de nieuwbouw gebouwd zal worden in overstromingsgevoelig gebied.

In uiterwaarden mogen in principe geen woningen meer ontwikkeld worden, maar het aandeel uiterwaarden in de overstromingskaart is klein, waardoor we als projectgroep hebben besloten dit te verwaarlozen en uit te gaan van 1,1% nieuwbouw in overstromingsgevoelige gebieden.

Figuur 7: De overstromingsgevoelige gebieden met een overstromingskans van >1/300

Van de bebouwde kom bevindt zich **1,1% in overstromingsgevoelig gebied**. (5.556 ha)



Figuur 8: Voorbeeld van een overstromingsgevoeligs gebied met daarin gebouwen (Rotterdam)

© Arcadis 2022

4. Resultaten per thema

Bestaande bouw en Nieuwbouw 2050

4.1 Resultaat financiële en ruimtelijke impact per thema

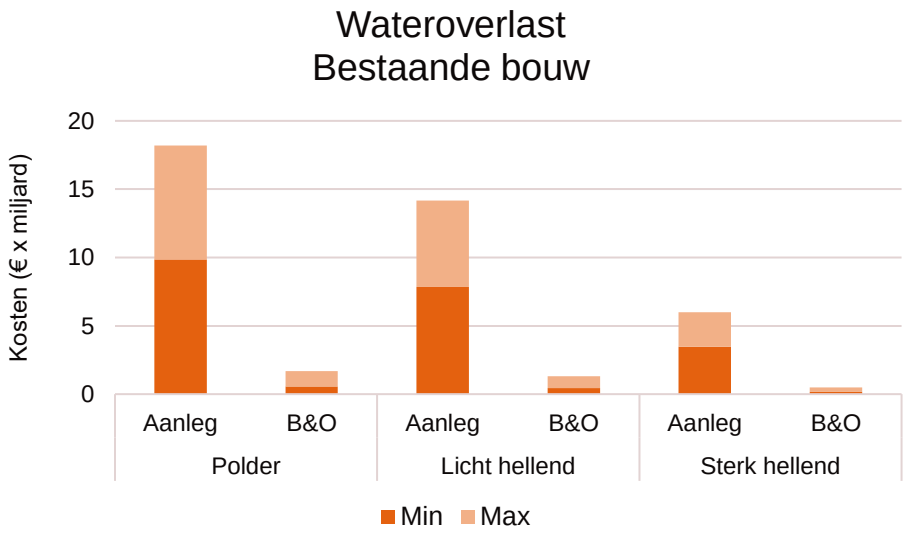
In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van zowel de financiële als de ruimtelijke per thema. Dit wordt los weergegeven voor bestaande bouw als voor nieuwbouw tot 2050. In bijlage 2 is de financiële en ruimtelijke impact voor nieuwbouw tot 2030 weergegeven.

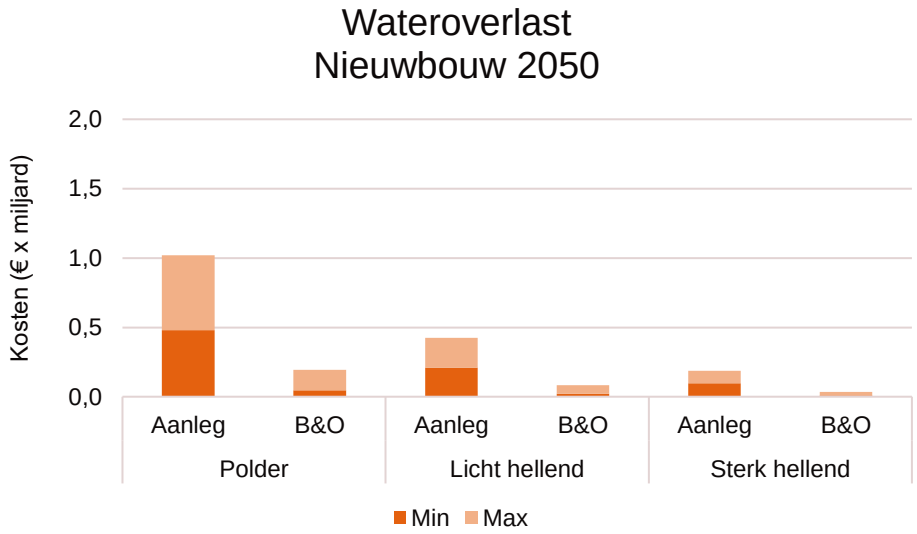
Het gebruik van maatregelpakketten in plaats van afzonderlijke maatregelen resulteert in een kosten-range. Dit is te vinden in de grafieken en tabellen op de volgende pagina's als een minimum en een maximum waarde. Daarbij is er onderscheid gemaakt tussen de eenmalige aanlegkosten en de jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten.

Alle kosten zijn o.b.v. prijspeil 2023, inclusief staart- en VAT-kosten, exclusief BTW. Voor klimaat adaptieve maatregelen die onderdeel zijn van een reguliere maatregel (bijv. wegvervanging) zijn alleen de meerkosten gerekend.

© Arcadis 2022

4.2 Resultaat: Totale kosten wateroverlast





	Aanleg (€ x miljard)		B&O (€/jaar x miljard)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	9,9	18,2	0,6	1,7	37.658
Licht hellend	7,8	14,1	0,5	1,3	28.365
Sterk hellend	3,5	6,0	0,2	0,5	10.846
Totaal	21,2	38,3	1,2	3,5	76.869

	Aanleg (€ x miljard)		B&O (€/jaar x miljard)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	0,5	1,0	0,1	0,2	6.404
Licht hellend	0,2	0,4	0,0	0,1	2.921
Sterk hellend	0,1	0,2	0,0	0,0	2.294
Totaal	0,8	1,6	0,1	0,3	11.619

In de grafiek links zijn de totale kosten weergegeven van de wateroverlast maatregelen in de bestaande bouw. Wat direct opvalt is dat de kosten voor de *Polderlandschap* een stuk hoger zijn dan voor de andere bodemtypologieën. Dit komt allereerst doordat de *Polderlandschap* ook het grootste oppervlakte bevat. Daarbij gelden er tussen de andere bodemtypologieën de correctiefactoren, zoals toegelicht op pagina 16: Licht hellend is 0,88 – 0,92 keer goedkoper per ha. In de tabel eronder staan de totale kosten opgeteld.

In de grafiek rechts zijn de totale kosten weergegeven van de wateroverlast maatregelen voor nieuwbouw 2050. Ook hier zijn de kosten voor de Polderlandschap een stuk hoger dan voor de overige bodemtypologieën. Hier gelden dezelfde redenen.

De totale aanlegkosten voor de bestaande bouw als de nieuwbouw voor wateroverlast bedragen **€ 22,0 – 40,0 miljard**, met de bijbehorende B&O kosten van **€ 1,3 – 3,8 miljard per jaar**. Met een totale ruimtereservering van **ca. 89.000 ha** (17% van de bebouwde kom).

Voor kosten nieuwbouw 2030 – zie bijlage 2

© Arcadis 2022

4.3 Resultaat: Totale kosten hitte

	Aanleg (€ x miljard)		B&O (€/jaar x miljard)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	6,2	14,5	0,1	0,7	32.077
Licht hellend	5,4	12,7	0,1	0,6	28.166
Sterk hellend	2,0	4,7	0,0	0,2	10.525
Totaal	13,7	14,5	0,2	1,5	70.768

	Aanleg (€ x miljard)		B&O (€/jaar x miljard)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	6,3	25,5	0,2	1,0	3.532
Licht hellend	3,2	21,5	0,1	0,5	2.039
Sterk hellend	1,3	6,3	0,0	0,2	765
Totaal	10,7	53,2	0,4	1,7	6.338

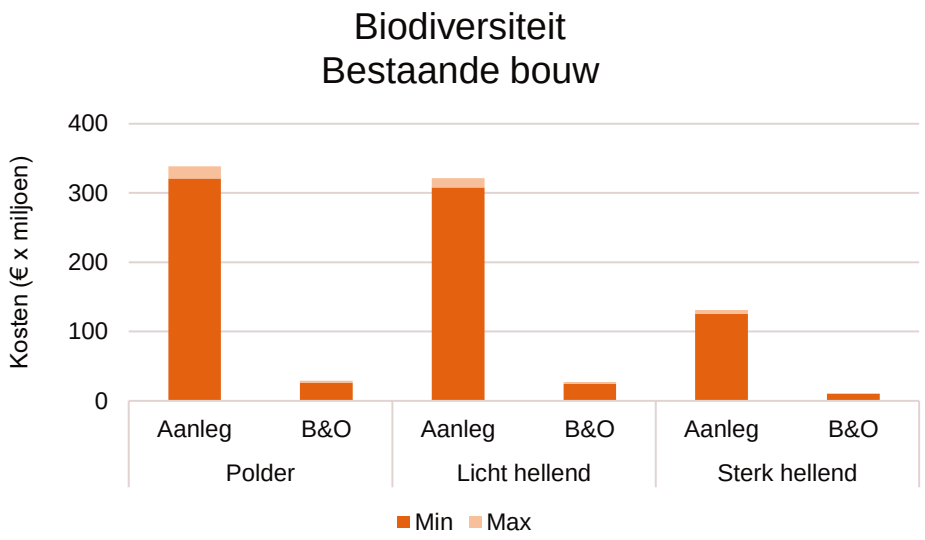
In de grafiek links zijn de totale kosten weergegeven van de hitte maatregelen in de bestaande bouw, en in de grafiek rechts voor de nieuwbouw in 2050.
Het verschil tussen de bodemtypologieën komt enkel door het verschil in oppervlak. Wat opvalt is het grote verschil tussen de minimale en de maximale kosten. Dit komt vanuit de kosten-range van de maatregelpakketten. Een groene gevel kan worden ingevuld door een klimplant of door een volledige verticale tuin met irrigatiesysteem.
Wat ook opvalt is dat de kosten voor nieuwbouw erg hoog zijn, dit komt voornamelijk door de extra hitte-eis die aan nieuwbouw is gesteld: 40% van alle verticale en horizontale oppervlakken dient warmtewerend te worden ingericht. Dit verklaart ook waarom de ruimtereservering voor nieuwbouw relatief laag is.

De totale aanlegkosten voor de bestaande bouw als de nieuwbouw voor wateroverlast bedragen **€ 24,4 – 85,2 miljard**, met de bijbehorende B&O kosten van **€ 0,6 – 3,2 miljard per jaar**. Met een totale ruimtereservering van **ca. 77.000 ha** (15% van de bebouwde kom).

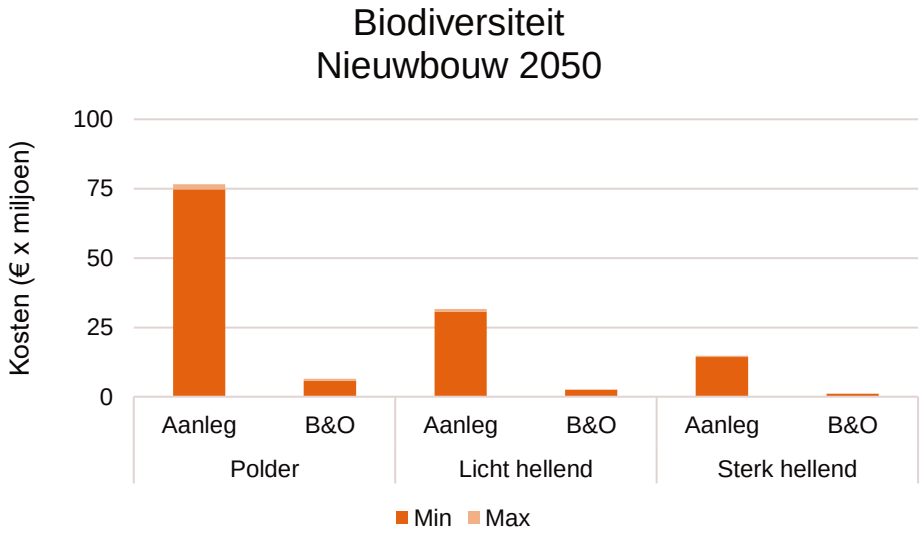
Voor kosten nieuwbouw 2030 – zie bijlage 2

© Arcadis 2022

4.4 Resultaat: Totale kosten biodiversiteit



	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	321	338	26	29	7.834
Licht hellend	308	321	25	27	6.908
Sterk hellend	126	131	10	11	2.633
Totaal	755	791	61	67	17.375



	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	74,7	76,6	5,8	6,5	600
Licht hellend	30,6	31,6	2,4	2,7	322
Sterk hellend	14,4	14,8	1,1	1,2	125
Totaal	119,7	123,0	9,4	10,4	1.047

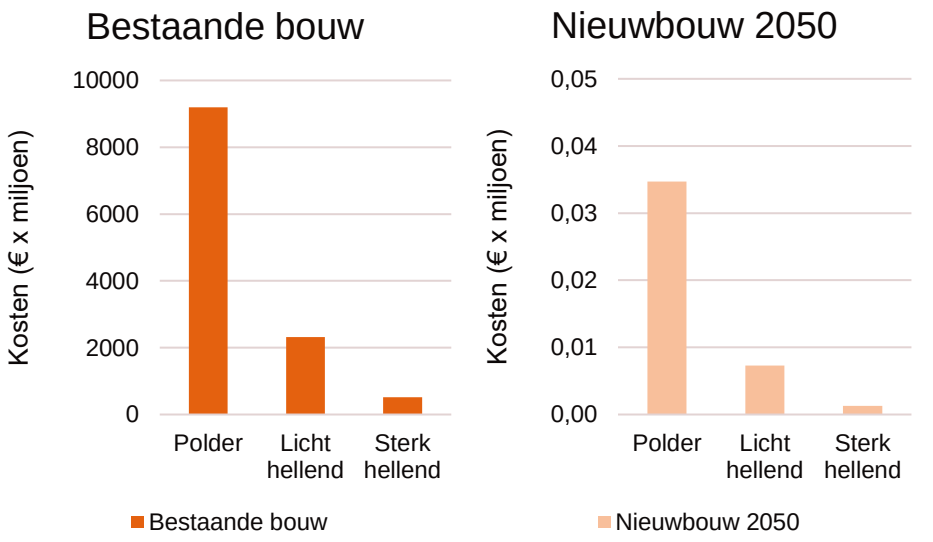
In de grafiek links zijn de totale kosten weergegeven n van de biodiversiteit maatregelen in de bestaande bouw, en in de grafiek rechts voor de nieuwbouw in 2050.
Het verschil tussen de bodemtypologieën komt enkel door het verschil in oppervlak. Wat opvalt is het kleine verschil tussen de minimale en de maximale kosten. Dit komt vanuit de kosten-range van de maatregelpakketten.

De totale aanlegkosten voor de bestaande bouw als de nieuwbouw voor biodiversiteit bedragen **€ 874 – 914 miljoen**, met de bijbehorende B&O kosten van **€ 69,9 – 77,6 miljoen per jaar**. Met een totale ruimtereservering van **ca. 18.000 ha** (4% van de bebouwde kom).

Voor kosten nieuwbouw 2030 – zie bijlage 2

© Arcadis 2022

4.5 Resultaat: Totale kosten bodemdaling



	Bestaande bouw (€ x miljoen)	Nieuwbouw 2050 (€ x miljoen)
Polderland-schap	9.201	0,03
Licht hellend	2.312	0,01
Sterk hellend	510	0,00
Totaal	12.024	0,04

Oppervlakte gevoelig voor bodemdaling

	Polderland-schap (ha)	Licht hellend (ha)	Sterk hellend (ha)
Hoogbouw	246	33	0
Historische binnenstad	58	6	15
Naoorlogs grond-gebonden max. 15 m	10.189	1.711	405
Villawijk	1.160	1.213	259
Bedrijventerrein	1.351	631	36
Vooroorlogs	557	247	171
Naoorlogse appartementen	102	9	87
Overig	7.250	1.405	187
Inbreiding hoogstedelijk 2050	575	65	17
Inbreiding lage woningdichtheid 2050	1.044	128	35
Uitbreiding 2050	327	109	15

Voor kosten nieuwbouw 2030 – zie bijlage 2

In de grafiek links zijn de totale kosten weergegeven van de bodemdaling maatregelen voor de bestaande bouw en de nieuwbouw in 2050.

Zoals toegelicht op pagina 18 worden alleen maatregelen toegepast daar waar de kans op bodemdaling in de openbare ruimte groot is en zijn de oppervlaktes bepaald voor nieuwbouw door het gewogen gemiddelde van de bestaande wijktypologieën te schalen naar het oppervlakte geprojecteerde nieuwbouw.

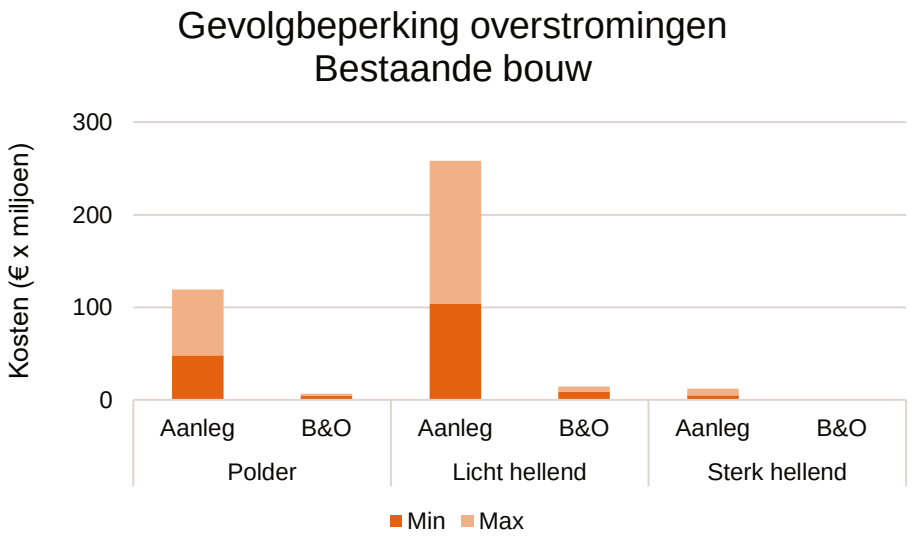
In Polderlandschap is het gewogen gemiddelde 9%, dit betekent dat **9% van de bebouwde kom in het Polderlandschap zich in zettingsgevoelig gebied bevindt**. In **Licht hellend** is dit **2.7%** en in Sterk hellend is het **1.5%.**

Omdat er maar één maatregel wordt toegepast: ophogen met lichte materialen in de openbare ruimte, is er geen sprake van minimale en maximale kosten, en ook geen sprake van onderhoudskosten.

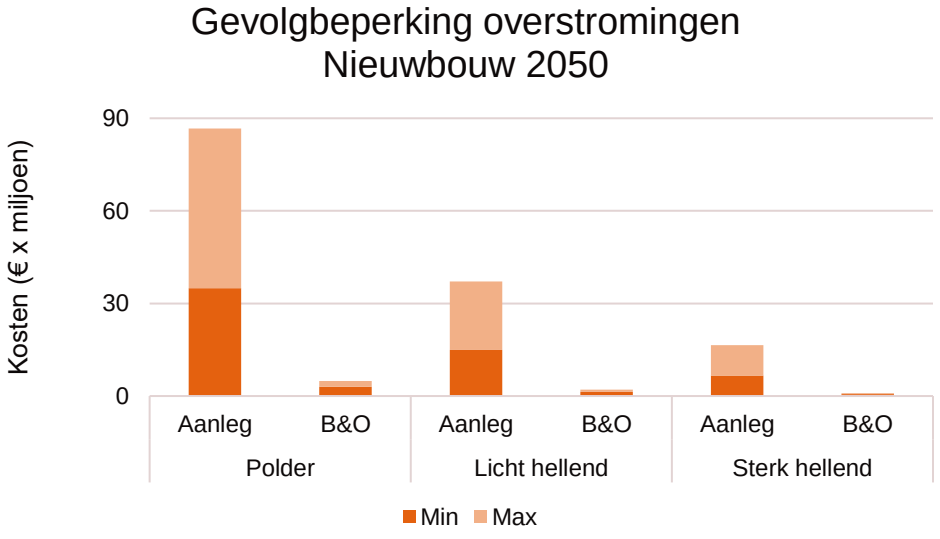
De totale kosten voor de bestaande bouw als voor nieuwbouw voor bodemdaling bedragen **€ 12,0 miljard**, Waarbij de maatregel wordt toegepast op **ca. 30.000 ha.**

© Arcadis 2022

4.6 Resultaat: Totale kosten gevolgbeperking overstromingen



	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Aantal woningen (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	48	119	4	7	16.570
Licht hellend	104	258	9	14	35.851
Sterk hellend	5	12	0	1	1.667
Totaal	157	389	14	22	54.088



	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Aantal woningen (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	35	87	3	5	12.048
Licht hellend	15	37	1	2	5.153
Sterk hellend	7	16	1	1	2.283
Totaal	57	140	5	8	19.484

Voor kosten nieuwbouw 2030 – zie bijlage 2

In de grafiek links zijn de totale kosten weergegeven van de maatregelen voor gevolgbeperking overstromingen in de bestaande bouw, en in de grafiek rechts voor de nieuwbouw in 2050.

De kosten zijn bepaald op basis van het aantal woningen dat zich in overstromingsgevoelig gebied bevindt.

Wat opvalt is dat de kosten voor Licht hellend in bestaande bouw hoger zijn dan voor Polderlandschap, dit komt doordat de overstromingskans langs rivieren een stuk hoger is dan aan de kust, zoals te zien is op de kaart op pagina 18.

Voor de nieuwbouw daarentegen zijn de kosten voor Polderlandschap wel hoger, dat komt omdat het overgrote deel van de nieuwbouw geprojecteerd is in Polderlandschap.

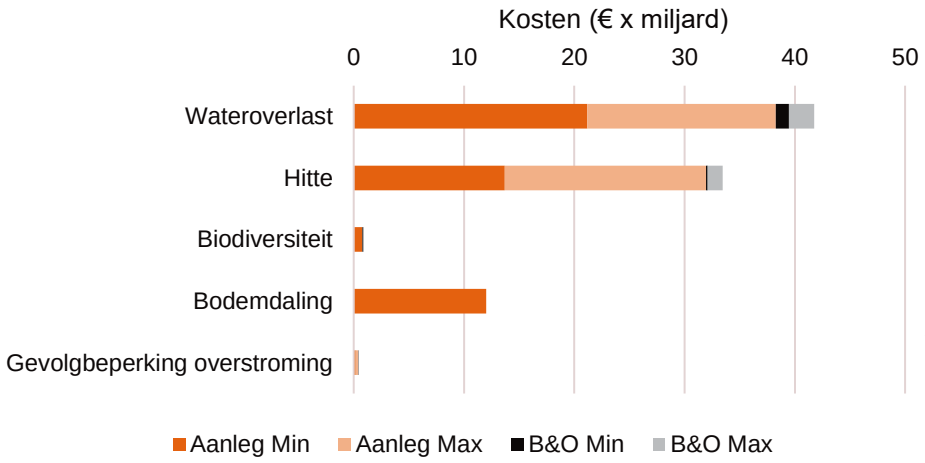
De totale aanlegkosten voor de bestaande bouw als de nieuwbouw voor gevolgbeperking overstromingen bedragen **€ 214 – 529 miljoen**, met de bijbehorende B&O kosten van **€ 19 – 30 miljoen per jaar**. Met een totale ruimtereservering van **ca. 74.000 woningen**.

© Arcadis 2022

5. Resultaten totaal

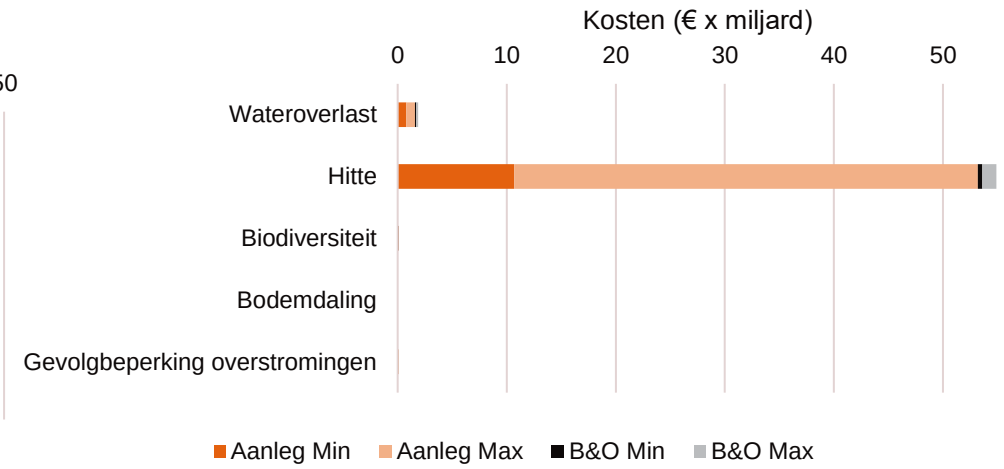
5.1 Resultaten totaal: Overzicht

Bestaande bouw



	Aanleg (€ x miljard)		B&O (€/jaar x miljard)	
	Min	Max	Min	Max
Wateroverlast	21,2	38,3	1,2	3,5
Hitte	13,7	31,9	0,2	1,5
Biodiversiteit	0,8	0,8	0,1	0,1
Bodemdaling	12,0	12,0	0,0	0,0
Gevolgbeperking overstromingen	0,2	0,4	0,0	0,0
Totaal	47,8	83,4	1,4	5,1

Nieuwbouw 2050



	Aanleg (€ x miljard)		B&O (€/jaar x miljard)	
	Min	Max	Min	Max
Wateroverlast	0,8	1,6	0,1	0,3
Hitte	10,7	53,2	0,4	1,7
Biodiversiteit	0,1	0,1	0,01	0,01
Bodemdaling	0,0	1,0	0,00	0,00
Gevolgbeperking overstromingen	0,1	0,1	0,00	0,01
Totaal	11,7	56,0	0,5	2,0

In de grafiek links zijn de totale kosten weergegeven van de maatregelen voor de bestaande bouw, en in de grafiek rechts voor de nieuwbouw in 2050.

Voor de bestaande bouw komt dit neer op **ca. € 95.000 – 165.000 per ha** met B&O kosten van **€ 2.800 – 10.000 per ha per jaar**.

Voor nieuwbouw in 2050 komt dit neer op **ca. € 320.000 – 1.530.000 per ha** met B&O kosten van **€ 13.500 – 55.000 per ha per jaar**. Waarvan de kosten voor hitte maatregelen wel 83% is.

Per nieuwbouwwoning komt dit neer op aanleg kosten van **ca. € 6.500 – 31.000 en € 280 – 1.000 per jaar**. Ter reverentie: in het eerste kwartaal van 2023 is € 504.000 inclusief BTW[11]. De meerkosten voor klimaatadaptief bouwen komen (alle getallen met BTW rekenend) neer op ongeveer 1,5% tot 7,4% van de verkoopprijs.

Bij de kosten voor bodemdaling in de bestaande bouw gaat dit dus om 5% van de bebouwde kom, terwijl dit 25% is van de totale minimale aanleg kosten. Dit bedrag is nog onder te verdelen in het aandeel dat veroorzaakt is door klimaatverandering ten opzichte van reguliere bodemdaling.

© Arcadis 2022

[11] Aantal verkochte nieuwbouwkoopwoningen daalt verder, CBS, 2023, https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2023/27/aantal-verkochte-nieuwbouwkoopwoningen-daalt-verder

5.2 Resultaten totaal: Groene maatregelen

Groene maatregelen zijn maatregelen vanuit alle thema's die groen zijn (bijvoorbeeld wadi's bij thema wateroverlast of groene gevels voor nieuwbouw bij thema hitte); niet te verwarren met de maatregelen binnen het thema biodiversiteit.

De maatregelpakketten zijn hetzelfde als in het MRA onderzoek[1]. Hiervan waren de groen-percentages al bepaald. In Licht hellend gebied neemt het groene oppervlak percentage toe met **ca. 2,5%.** Dit komt doordat kratten en wadi's in de zand bodem dieper aangelegd kunnen worden. De kosten en hoeveelheid waterberging blijven hier wel gelijk, maar er is minder oppervlakte nodig.

Dit resulteert gecombineerd in de volgende percentages:

- **71%** van het totale oppervlak wordt gebruikt voor **groene maatregelen**
- **44%** van de aanlegkosten worden gebruikt voor **groene maatregelen**
- **35%** van de B&O kosten worden gebruikt voor **groene maatregelen**

[1]Arcadis, 2023. *Klimaat Adaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam*

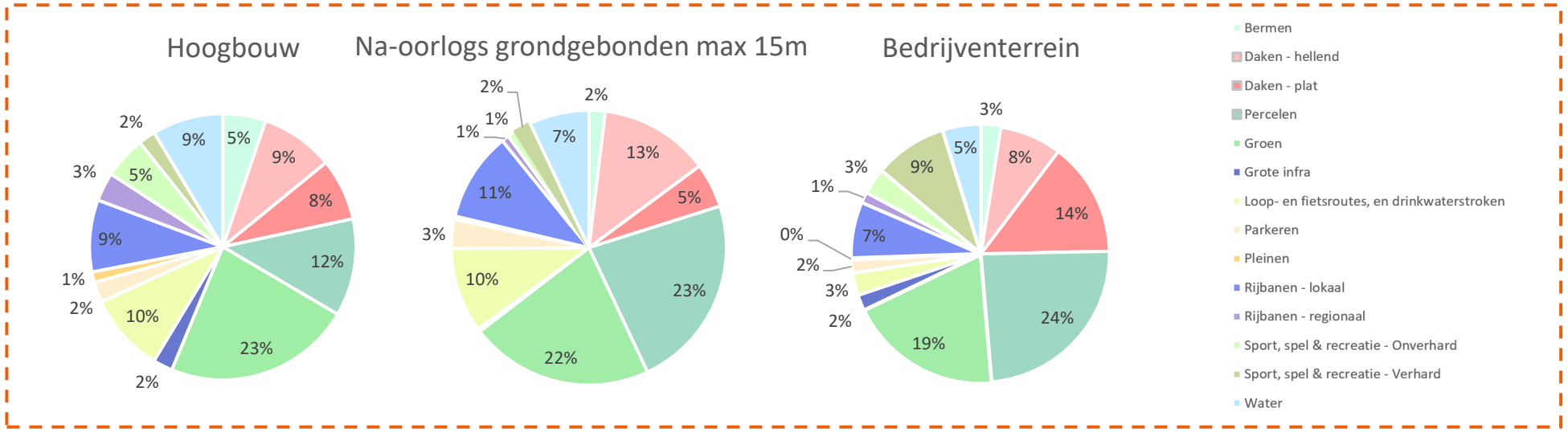
© Arcadis 2022

6. Functieverandering

6.1 Introductie

In dit en voorgaande onderzoeken is altijd uitgegaan van de huidige planologie. Dat wil zeggen dat bijvoorbeeld op de functie parkeren de maatregel waterpasserende verharding werd toegepast, maar het totale oppervlak van parkeren bleef gelijk. Dit riep de vraag op hoeveel effect een functieverandering zou hebben op de financiële en ruimtelijke impact. In dit hoofdstuk is dit onderzocht. Hiervoor zijn drie wijktypologieën geselecteerd, en daar zijn functieveranderingen op aangebracht. De geselecteerde wijktypologieën zijn: Hoogbouw, Grondgebonden max 15 m. en Bedrijventerrein. De huidige functieverdeling is hieronder weergegeven. Vervolgens zijn er 4 functieveranderingen geselecteerd:

- Vergroenen van brede stoepen
- Tuintegels verwijderen op percelen
- Lokale wegen eenrichtingsverkeer maken
- Parkeeroppervlak omlaag



© Arcadis 2022

6.2 Functieveranderingen

Vergroenen van brede stoepen

Voor het vergroenen van brede stoepen is gekeken naar stoepen die breder zijn dan 3 m. Aangezien er bij Hoogbouw veel mensen wonen per hectare is er hier voor gekozen om maar **een kwart** van **deze stoepen te versmallen**, terwijl er bij Grondgebonden max 15 m. en Bedrijventerreinen **50%** van **deze stoepen is versmald**. Door deze stoepen te versmallen en hier de functie Groen aan te geven, is er meer plek voor groene maatregelen (bijvoorbeeld wadi's).

Een bijkomstigheid van deze maatregel is dat door de functie van langzaamverkeer te veranderen naar Groen, er **minder schaduw** gecreëerd hoeft te worden vanuit de hitte-eisen. Dit zorgt voor een extra kosten reductie.

Tuintegels verwijderen op percelen

Door het verwijderen van tuintegels is de **bergingscapaciteit** in percelen vergroot van **15 mm naar 17,5 mm**; voor verhard oppervlak is dit 10 mm en voor groen 20 mm. Daarbij heeft het verwijderen van tegels voordelen voor droogte aangezien er meer water direct kan infiltreren in de bodem, dit resulteert in deze analyse niet in een verschil in kosten.

Eenrichtings-verkeer

Door van lokale wegen eenrichtingsverkeer te maken komt er ruimte vrij voor groen. Dit resulteert aan de ene kant voor minder ruimte voor berging onder verhard oppervlak, en creëert ruimte voor wadi's in groen. Waardoor het percentage groene maatregelen verhoogd, en de kosten aanzienlijk verlaagd. In deze analyse is ervan uitgegaan dat **30%** van de lokale wegen wordt ingericht als eenrichtingsverkeer, wat lijdt tot een reductie van 15% van het wegoppervlak.

Parkeer-oppervlak omlaag

Het verlagen van het parkeeroppervlak zorgt net als het eenrichtingsverkeer voor minder ruimte voor berging onder verhard oppervlak en creëert meer ruimte voor groene maatregelen. In deze analyse is uitgegaan van een reductie van **25%**[11]**.**

© Arcadis 2022

[12] Parkeren en duurzame verstedelijking, MuConsultant en Rho Adviseurs voor leefruimte, 2020

6.3 Resultaten

In de tabel hieronder zijn de resultaten weergegeven van de functieveranderingen. De percentuele toename op de kosten is weergegeven; een negatieve waarde is dus een afname in kosten. Daarbij zijn tussen haakjes de percentuele toename weergegeven van de groene maatregelen.

Wat opvalt zijn de hoge percentages extra groen bij Grondgebonden max 15 m. Dit komt voornamelijk door de grote hoeveelheid groen wat erbij komt door het toepassen van het eenrichtingsverkeer, en waardoor de hoeveelheid berging onder verhard oppervlak ook afneemt.

Wat ook opvalt is de hoge reductie in kosten op het bedrijventerrein. Dit komt doordat het toepassen van blauwe daken niet meer nodig is om de bergingsopgave te halen; dit kan nu opgelost worden met Wadi's in groen, wat een stuk voordeliger is. Daarbij heeft het verminderen van parkeerplekken hier een groot effect. Waardoor de berging onder verhard oppervlak nogmeer afneemt en de berging in groen toeneemt.

In bijlage 5 zijn de percentuele toenames weergegeven per functieverandering.

Door het vergroenen van brede stoepen neemt de schaduw-eis op langzaamverkeer af (pagina 6). Dit resulteert in een kostenreductie op de hitte-maatregelen. Deze kostenreductie is gelijk aan het percentage waarmee de stoepen smaller worden (Hoogbouw 7%, Grondgebonden max 15 m. 31% en voor Bedrijventerrein 21%). In alle gevallen werd de groen-eis al gehaald, waardoor dit niet zorgde voor een extra kostenreductie.

Let op: In deze analyse zijn de bijkomende kosten voor de functieverandering zelf niet meegenomen, het gaat hier alleen om de kosten van de maatregelen zelf. Er is vanuit gegaan dat deze functieveranderingen worden toegepast wanneer er groot onderhoud nodig is, waardoor dit weinig tot geen extra kosten zal meebrengen.

Percentuele toename op kosten (en op groenoppervlak)

	Totaal oppervlak	Kosten min	Kosten max	B&O kosten per jaar min	B&O kosten per jaar max
Hoogbouw	-3,8% (+11%)	-14,6% (+10%)	-11,8% (+10%)	-15,0% (+5%)	-8,2% (+8%)
Grondgebonden max 15 m.	-5,0% (+17%)	-21,8% (+21%)	-18,0% (+21%)	-27,3% (+13%)	-13,9% (+18%)
Bedrijventerrein	-27,3% (+6%)	-6,7% (+1%)	+6,0% (+1%)	-26,8% (+3%)	-26,9% (+3%)

© Arcadis 2022

7. Conclusie

7.1 Conclusies

In dit onderzoek zijn eerder bepaalde maatregelpakketten om de gebouwde omgeving te laten voldoen aan de richtlijnen van de Landelijke Maatlat opgeschaald naar landelijk niveau, rekening houdend met verschillende bodemtypes. In de Landelijke Maatlat is onderscheid gemaakt tussen wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit, bodemdaling en gevolgbeperking overstromingen. De maatregelen vallen qua kosten onder het thema van de primaire functie van de maatregel, om zo dubbeltellingen te voorkomen. Alle kosten o.b.v. prijspeil 2023, inclusief staart- en VAT-kosten, exclusief BTW. Voor klimaatadaptieve maatregelen die onderdeel zijn van een reguliere maatregel (bijv. wegvervanging) zijn alleen de meerkosten gerekend.

- Om de gehele **bestaande gebouwde omgeving** klimaatadaptief te maken zijn de meerkosten voor maatregelen in de bestaande bouw **ca. € 48 - 83 miljard** en **ca. € 1,4 - 5,1 miljard per jaar (B&O)**.
  - Dit is gelijk aan **ca. € 95.000 – 165.000 per ha** met B&O kosten van **ca. € 2.800 – 10.000 per ha per jaar**.
  - Of gelijk aan **ca. € 5.800 – € 10.000 per huishouden** en aan **ca. € 170 – € 600 per huishouden per jaar** (op basis van 8,3 miljoen huishoudens in het eerste kwartaal van 2023[12]). In de totaalprijs van de bestaande gebouwde omgeving zijn bedrijven(terreinen) ook meegenomen, dit getal is dus slechts ter illustratie.
  - Hiervan zijn **45%** van de aanlegkosten en **85% - 69%** van de B&O kosten afkomstig van het thema **wateroverlast.**
  - Hiervan zijn **44%** van de aanlegkosten en **35%** van de B&O kosten gereserveerd voor **groene maatregelen**. Dit betekent dat een grootste deel van aanleg kosten, en een groter deel van B&O kosten voor grijze maatregelen zijn. Grijze maatregelen hebben hoge B&O kosten omdat dit vaak ingewikkelde constructies zijn wat B&O kosten duurder maakt, denk aan het schoonspoelen van kratten onder verhard oppervlak.
  - Let op: De kosten voor **bodemdaling** zijn slechts voor 5% van de bebouwde kom, terwijl dit **25%** bedraagt van de **totale minimale aanleg kosten**. Hierin vallen ook kosten die zijn veroorzaakt door reguliere bodemdaling, ten opzichte van bodemdaling dat veroorzaakt wordt door klimaatverandering. De herstelkosten voor schade aan funderingen zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Dit kan echter grote effecten hebben, hier is nader onderzoek voor nodig.
  - Let op: De kosten voor **gevolgbeperking overstromingen,** ca. € 0,2 – 0,4 miljard, zijn slechts voor **1,1%** van de bebouwde kom.

© Arcadis 2022
[13] Huishoudens nu, CBS, 2023, *https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/woonsituatie/huishoudens-nu*

7.2 Conclusies

In dit onderzoek zijn eerder bepaalde maatregelpakketten om de gebouwde omgeving te laten voldoen aan de richtlijnen van de Landelijke Maatlat opgeschaald naar landelijk niveau, rekening houdend met verschillende bodemtypes. In de Landelijke Maatlat is onderscheid gemaakt tussen wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit, bodemdaling en gevolgbeperking overstromingen. De maatregelen vallen qua kosten onder het thema van de primaire functie van de maatregel, om zo dubbeltellingen te voorkomen. Alle kosten o.b.v. prijspeil 2023, inclusief staart- en VAT-kosten, exclusief BTW. Voor klimaatadaptieve maatregelen die onderdeel zijn van een reguliere maatregel (bijv. wegvervanging) zijn alleen de meerkosten gerekend.

- Om de gehele geplande **nieuwbouw** in 2050 klimaatadaptief te maken zijn de meerkosten **ca. € 12 – 56 miljard**, en **ca. € 0,5 – 2,0 miljard per jaar.**
  - Hiervan zijn **91%** van de kosten afkomstig van het thema **hitte**. Dit komt voornamelijk doordat er aan nieuwbouw extra eisen zijn gesteld wat betreft hitte-werende oppervlakken. Hiervan is gemiddeld **8%** voor maatregelen **in de openbare ruimte**. Voor de private maatregelen is nader onderzoek nodig naar de haalbaarheid en wenselijkheid van de gestelde eisen.
  - Dit is gelijk aan **ca. € 320.000 – 1.530.000 per ha** met B&O kosten van **€ 13.500 – 55.000 per ha per jaar**.
  - Of gelijk aan **ca. € 6.500 – 31.000 per nieuwbouwwoning en € 280 – 1.000 per nieuwbouwwoning per jaar**.
    Ter referentie: de gemiddelde verkoopprijs van een nieuwbouw woning in het eerste kwartaal van 2023 is € 504.000 inclusief BTW[13]. De meerkosten voor klimaatadaptief bouwen komen (alle getallen met BTW rekenend) neer op ongeveer 1,5% tot 7,4% van de verkoopprijs.

- In bovenstaande waardes is uitgegaan van de bestaande planologie. Wanneer hier **functieveranderingen** worden toegepast (vergroenen van brede stoepen, tuintegels verwijderen op percelen, lokale wegen eenrichtingsverkeer maken om groenstroken te creëren, parkeeroppervlak verkleinen om groenoppervlak te creëren) kan er gemiddeld 14% op de minimale aanlegkosten en 23% op de minimale B&O kosten worden bespaard. Het groenpercentage van de minimale aanlegkosten gaat gemiddeld 11% omhoog en de minimale B&O kosten gemiddeld 7%.

[11] Aantal verkochte nieuwbouwkoopwoningen daalt verder, CBS, 2023, https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2023/27/aantal-verkochte-nieuwbouwkoopwoningen-daalt-verder

© Arcadis 2022

Bijlagen

Bijlage 1: Clustering wijktypologieën HvA

Om het aantal wijktypologieën te reduceren zijn de wijktypologieën zoals gedefinieerd door de HvA[8] zijn in dit onderzoek geclusterd. dit is gedaan aan de hand van onderstaande verdeling.

Wijktypologieën	HVA Wijktypologieën
Historische binnenstad	Historische binnenstad
Villawijk	Villawijk
Vooroorlogs	Vooroorlogs bouwblok. Stedelijk bouwblok, Tuindorp en Volkswijk
Grondgebonden max. 15 m	Naoorlogse woonwijk, Tuinstad laagbouw, bloemkoolwijk, Vinex
Naoorlogse appartementen	Tuinstad hoogbouw
Hoogbouw	Hoogbouw centrum en hoogbouw vernieuwd
Bedrijventerrein	Bedrijf

[8]De klimaatbestendige wijk: Onderzoek voor de praktijk, J. Kluck et al., Hogeschool van Amsterdam, 2017

© Arcadis 2022

Bijlage 2: Oppervlaktes wijktypologie per bodemtypologie

In deze tabel staan de totale oppervlaktes van de wijktypologieën, de oppervlaktes van de wijktypologieën per bodemtypologie met de bijbehorende percentages.

Wijktypologie	Opp NL [ha]	Opp NL [%]	Polderlandschap [ha]	Polderlandschap [%]	Licht hellend met diep grondwater [ha]	Licht hellend met diep grondwater [%]	Sterk hellend met zand [ha]	Sterk hellend met zand [%]
Bedrijventerrein	47.206	9,1	22.492	47,8	20.148	42,8	4.425	9,4
Grondgebonden max. 15 m	221.128	42,8	105.452	47,8	92.022	41,7	23.305	10,6
Historische binnenstad	5.316	1,0	3.452	65,2	780	14,7	1.066	20,1
Hoogstedelijk	4.350	0,8	2.831	66,4	996	23,3	439	10,3
Vooroorlogs	39.442	7,6	15.368	39,0	12.596	32,0	11.448	29,0
Naoorlogse appartementen	4.029	0,8	2.855	70,9	190	4,7	985	24,4
Villawijk	70.365	13,6	20.432	29,0	34.613	49,2	15.315	21,8
Nieuwbouw - Inbreiding hoogstedelijk	10.135	2,0	6.582	64,9	2.419	23,9	1.134	11,2
Nieuwbouw - Inbreiding lage dichtheid	19.147	3,7	12.009	62,7	4.751	24,8	2.386	12,5
Nieuwbouw - Uitbreiding	6.788	1,3	3.309	48,7	2.773	40,9	706	10,4
Overig	89.336	17,3	48.454	54,2	26.618	29,8	14.265	16,0
Totaal	517.244	100	243.237		197.905		75.474	

© Arcadis 2022

Bijlage 3.1: Maatregelpakketten

Hieronder staan alle mogelijke maatregelen weergegeven. In het MRA onderzoek zijn op basis van deze maatregelen maatregelpakketten uitgewerkt[1].

Wateroverlast
Infiltratievelden
Regenwatervijver
Wadi
Waterplein
Groen dak
Groenblauw dak
Blauw dak
Berging onder verhard oppervlak
Water afvoerende wegen
Waterbergende wegen
Water passerende verharding

Hitte
Groene pergola
Harde pergola
Schaduwdoeken
Bomen planten
Hitte werende hellende daken (zonder waterbergingsfunctie)
Groene gevels (klimplant; eventueel met raster)
Groene gevels (cassettesysteem met irrigatievoorziening)
Lichte gevels (geschikt voor hogere etages)
Overstekken ter beschaduwing van ramen
Lamellensystemen bij bedrijfspanden
Zonwering op ramen / zonwerend glas

Biodiversiteit
Autochtoon kruidenpakket
Boomclusters met inheemse soorten
Natuurvriendelijke oevers
Zeeuwse haag
Insectenstenen
(keer)muren met open voegen voor vleermuis
Nestplaatsen voor gierzwaluw
Vleermuiskasten
Nestplaatsen voor huismus

Gevolgbeperking overstromingen
Drempels verhogen
Gevel waterdicht maken
Kelderkoekoeks ophogen
Schotbalken
Zandzakken

Bodemdaling
Ophogen met lichte materialen
Extra voorbelasten

[1]Arcadis, 2023. Klimaat Adaptatie Impact Metropool Regio Amsterdam, Ministerie van BZK

© Arcadis 2022

Bijlage 3.2: Maatregelpakketten
Voorbeeld: Villawijk – Wateroverlast

Maatregelen	Ruimte reservering [m²/ha]	Totale bergings-capaciteit [m3/ha]	Aanleg kosten minimaal [€/ha]	Aanleg kosten maximaal [€/ha]	B&O kosten minimaal [€/ha]	B&O kosten maximaal [€/ha]	Thema's
Wadi	396	158	9.509	19.017	396	1.981	
Waterplein	179	72	2.149	10.743	895	3.581	
Berging onder verhard oppervlak	500	180	32.380	53.967	2.498	4.997	
Water afvoerende wegen	170	0,17	9	15	1	2	
Water bergende wegen	127	13	636	1.081	51	102	
Water passerende verharding	17	0,02	1	2	0	0	
Totaal wateroverlast	**1.389**	**423**	**44.684**	**84.825**	**1.291**	**5.562**	

Totale bergingsopgave:	411 m³/ha

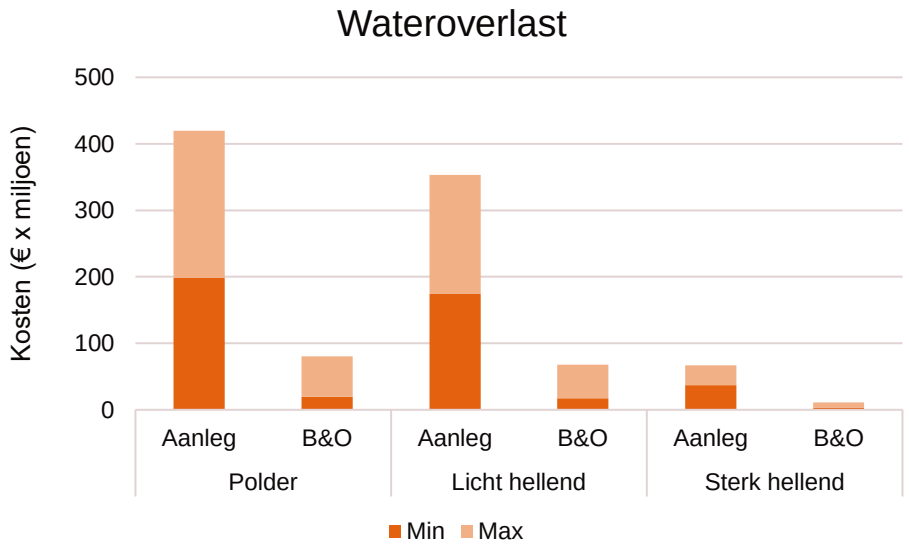
© Arcadis 2022

Bijlage 3.2: Maatregelpakketten
Voorbeeld: Villawijk – Biodiversiteit, hitte en bodemdaling

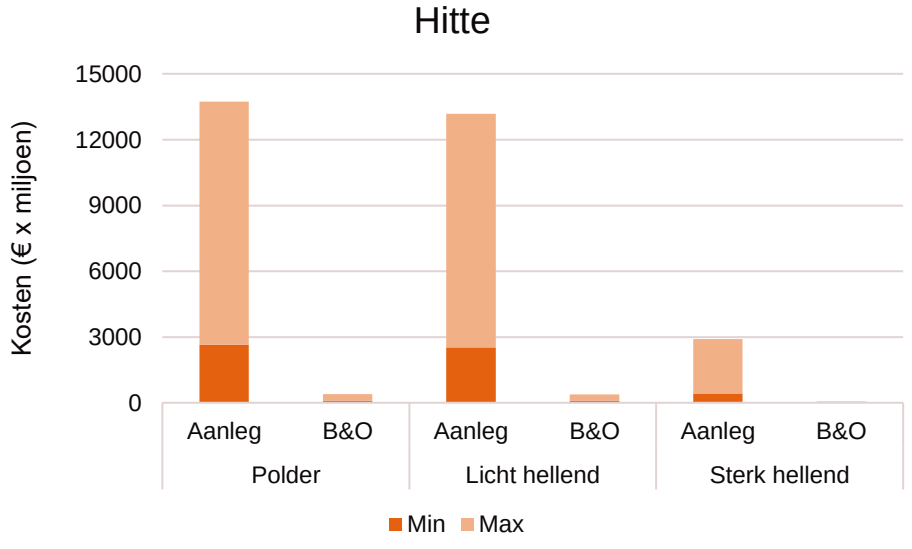
Maatregelen	Ruimte reservering	Aanleg kosten minimaal [€/ha]	Aanleg kosten maximaal [€/ha]	B&O kosten minimaal [€/ha]	B&O kosten maximaal [€/ha]	Thema's
Groene pergola	86 m²/ha	4.408	12.490	147	1.029	
Schaduw doeken	86 m²/ha	1.029	5.143	294	3.674	
Bomen planten	62 stuk/ha	25.986	55.685	22	93	
Totaal	1.722 m²/ha	31.423	73.318	462	4.795	
Autochtoon kruidenpakket	200 m²/ha	1	2	0	0	
Boomclusters met inheemse soorten	2 clusters/ha	3.852	3.852	285	314	
Zeeuwse haag	120 m²/ha	28	28	1	1	
Insectenstenen	0,5 stuk/ha	18	30	1	2	
Totaal	470 m²/ha	3.899	3.912	287	317	
Ophogen grond	852 m²/ha*	35.798	39.208	0	0	
Totaal	**2.192 m²/ha**	**71.120**	**116.438**	**750**	**5.112**	

© Arcadis 2022

Bijlage 4.1: Nieuwbouw 2030



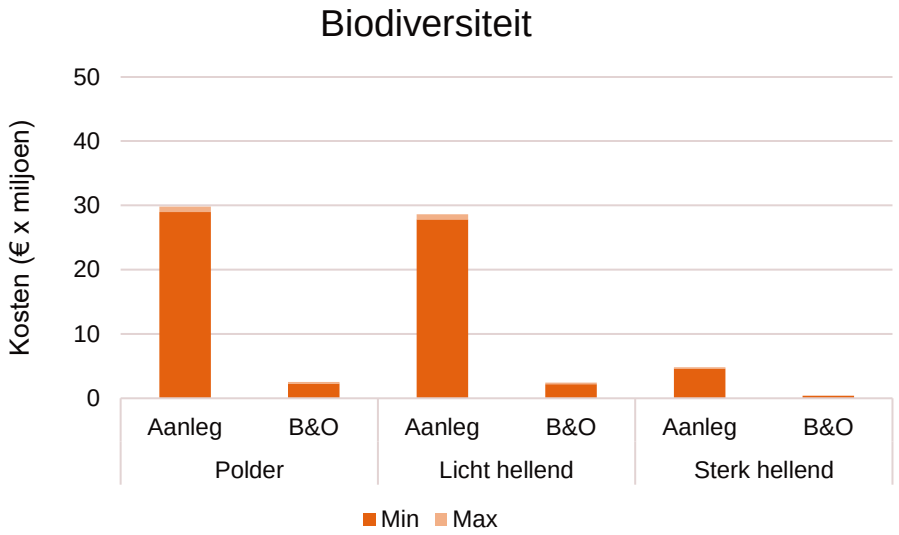
	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	198	419	20	81	2.695
Licht hellend	174	353	18	68	2.331
Sterk hellend	37	67	3	11	1.495
Totaal	410	840	41	156	6.520

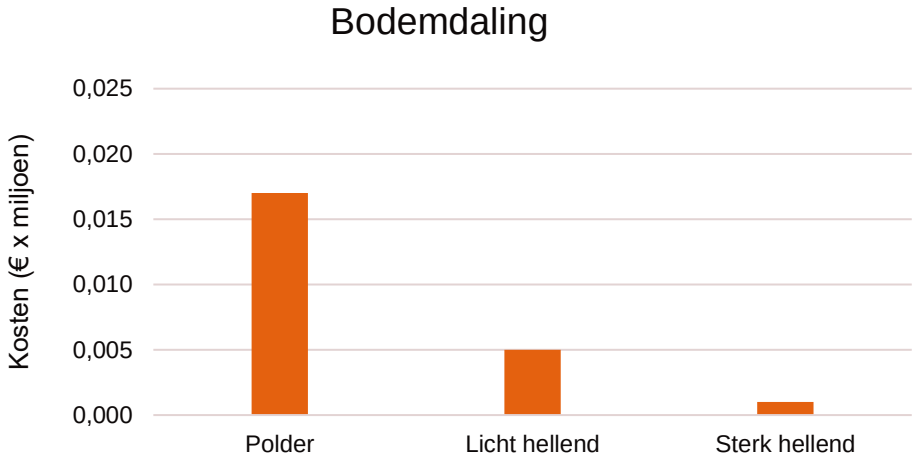


	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	2.639	13.731	97	406	1.581
Licht hellend	2.534	13.182	93	390	1.518
Sterk hellend	422	2.916	15	62	333
Totaal	5.595	29.829	205	858	3.431

© Arcadis 2022

Bijlage 4.2: Nieuwbouw 2030



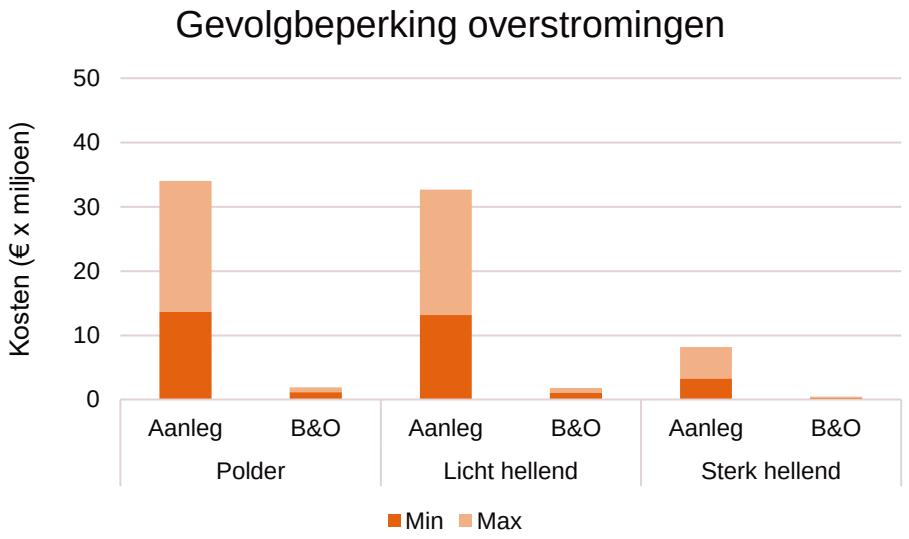


	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polderland-schap	29,0	29,8	2,3	2,5	259
Licht hellend	27,8	28,6	2,2	2,4	249
Sterk hellend	4,6	4,8	0,4	0,4	47
Totaal	61,4	63,2	4,8	5,3	555

	Bestaande bouw (€ x miljoen)	Ruimte reservering (ha)
Polderland-schap	0,017	830
Licht hellend	0,005	238
Sterk hellend	0,001	25
Totaal	0,023	1.092

© Arcadis 2022

Bijlage 4.3: Nieuwbouw 2030



	Aanleg (€ x miljoen)		B&O (€/jaar x miljoen)		Ruimte reservering (ha)
	Min	Max	Min	Max	
Polder-landschap	13,7	34,0	1,2	1,9	4,7
Licht hellend	13,2	32,7	1,1	1,8	4,5
Sterk hellend	3,3	8,2	0,3	0,5	1,1
Totaal	30,2	74,9	2,6	4,2	10,4

© Arcadis 2022

Bijlage 5.1 Functieverandering Hoogbouw

Hieronder zijn de effecten op kosten per functieverandering weergegeven voor wateroverlast Hoogbouw. De oorspronkelijke oppervlakken en kosten zijn eerst gegeven, met daaronder de percentuele afname, of toename.

Vervolgens zijn ook de percentuele toename en afname gegeven voor het groen percentage.

De waarde van de gecombineerde maatregelen is lager dan wanneer de functieveranderingen los worden toegepast. Dit komt doordat bij de functieveranderingen los de duurste maatregel eerst wordt verminderd, dit heeft dan minder effect wanneer er vervolgens een extra functieverandering wordt toegepast.

Effect op kosten	Totaal oppervlak	Kosten min	Kosten max	B&O kosten per jaar min	B&O kosten per jaar max
Oorspronkelijk	1.613 m2/ha	40.674 €/ha	76.197 €/ha	3.588 €/jaar/ha	9.289 €/jaar/ha
Brede stoepen	+ 0,2%	- 3,9%	- 3,1%	- 4,1%	- 2,1%
Tuintegels	- 0,6%	- 1,4%	- 1,3%	- 1,2%	- 1,0%
Eenrichtingsverkeer	- 2,4%	- 9,6%	- 7,5%	- 10,4%	- 5,2%
Parkeeroppervlak	- 0,9%	- 3,7%	- 3,0%	- 3,9%	- 2,0%
Gecombineerd	- 3,8%	- 14,6%	- 11,8%	- 15,0%	- 8,2%

Effect op groenpercentage	Totaal oppervlak	Kosten min	Kosten max	B&O kosten per jaar min	B&O kosten per jaar max
Brede stoepen	+ 2,6%	+ 2,7%	+ 2,8%	+ 1,4%	+ 2,2%
Tuintegels	+ 0,4%	+ 0,4%	+ 0,4%	+ 0,2%	+ 0,3%
Eenrichtingsverkeer	+ 7,7%	+ 7,4%	+ 7,5%	+ 4,0%	+ 6,0%
Parkeeroppervlak	+ 3,0%	+ 2,6%	+ 2,7%	+ 1,4%	+ 2,1%
Gecombineerd	+ 10,5%	+ 9,8%	+ 9,9%	+ 5,3%	+ 7,7%

© Arcadis 2022

Bijlage 5.2 Functieverandering Grondgebonden

Hieronder zijn de effecten op kosten per functieverandering weergegeven voor wateroverlast van Grondgebonden max 15 m.. De oorspronkelijke oppervlakken en kosten zijn eerst gegeven, met daaronder de percentuele afname, of toename.

Vervolgens zijn ook de percentuele toename en afname gegeven voor het groen percentage.

De waarde van de gecombineerde maatregelen is lager dan wanneer de functieveranderingen los worden toegepast. Dit komt doordat bij de functieveranderingen los de duurste maatregel eerst wordt verminderd, dit heeft dan minder effect wanneer er vervolgens een extra functieverandering wordt toegepast.

Effect op kosten	Totaal oppervlak	Kosten min	Kosten max	B&O kosten per jaar min	B&O kosten per jaar max
Oorspronkelijk	1.704 m2/ha	45.792€/ha	82.470 €/ha	3.545 €/jaar/ha	8.986 €/jaar/ha
Brede stoepen	+ 1,0%	- 11,2%	- 9,1%	- 14,2%	- 7,0%
Tuintegels	- 0,9%	- 2,2%	- 2,1%	- 2,2%	- 1,8%
Eenrichtingsverkeer	- 3,0%	- 3,0%	- 2,3%	- 4,2%	- 1,7%
Parkeeroppervlak	- 1,8%	- 3,4%	- 2,7%	- 4,2%	- 2,1%
Gecombineerd	- 5,0%	- 21,8%	- 18,0%	- 27,3%	- 13,9%

Effect op groenpercentage	Totaal oppervlak	Kosten min	Kosten max	B&O kosten per jaar min	B&O kosten per jaar max
Brede stoepen	+ 2,8%	+ 2,2%	+ 2,3%	+ 1,3%	+ 2,3%
Tuintegels	+ 0,3%	+ 0,4%	+ 0,5%	+ 0,2%	+ 0,4%
Eenrichtingsverkeer	+ 4,4%	+ 3,3%	+ 3,5%	+ 1,9%	+ 3,2%
Parkeeroppervlak	+ 3,0%	+ 2,7%	+ 2,8%	+ 1,6%	+ 2,5%
Gecombineerd	+ 17,4%	+ 20,8%	+ 21,0%	+ 12,9%	+ 18,2%

© Arcadis 2022

Bijlage 5.2 Functieverandering Bedrijventerrein

Hieronder zijn de effecten op kosten per functieverandering weergegeven voor wateroverlast voor Hoogbouw. De oorspronkelijke oppervlakken en kosten zijn eerst gegeven, met daaronder de percentuele afname, of toename. Vervolgens zijn ook de percentuele toename en afname gegeven voor het groen percentage.

De waarde van de gecombineerde maatregelen is lager dan wanneer de functieveranderingen los worden toegepast. Dit komt doordat bij de functieveranderingen los de duurste maatregel eerst wordt verminderd, dit heeft dan minder effect wanneer er vervolgens een extra functieverandering wordt toegepast.

Wat opvalt is dat de procentuele toename van aanlegkosten voor brede stoepen, eenrichtingsverkeer en parkeeroppervlak hier positief is. Dit komt voornamelijk doordat in de oorspronkelijke maatregelen een groot deel van de waterberingsopgave werd ingevuld vanuit het blauwe dak, dit is een goedkope maatregel, maar wel op privaat terrein. Dat heeft in dit onderzoek niet de voorkeur, waardoor deze maatregel als eerste wordt verminderd wanneer er een functieverandering wordt toegepast.

Effect op kosten	Totaal oppervlak	Kosten min	Kosten max	B&O kosten per jaar min	B&O kosten per jaar max
Oorspronkelijk	1.833 m2/ha	22.608 €/ha	45.258 €/ha	1.321 €/jaar/ha	6.606 €/jaar/ha
Brede stoepen	- 2,5%	+ 1,1%	+ 1,0%	- 3,5%	- 3,5%
Tuintegels	- 4,0%	- 0,3%	- 0,4%	- 5,5%	- 5,5%
Eenrichtingsverkeer	- 8,1%	+ 1,4%	+ 1,4%	- 1,7%	- 1,7%
Parkeeroppervlak	- 6,2%	+ 0,8%	+ 0,7%	- 1,6%	- 1,6%
Gecombineerd	- 27,3%	+ 6,7%	+ 6,0%	- 26,8%	- 26,8%

Effect op groenpercentage	Totaal oppervlak	Kosten min	Kosten max	B&O kosten per jaar min	B&O kosten per jaar max
Brede stoepen	+ 1,9%	+ 0,3%	+ 0,4%	+ 3,4%	+ 3,4%
Tuintegels	+ 2,0%	+ 0,3%	+ 0,4%	+ 3,9%	+ 3,9%
Eenrichtingsverkeer	+ 5,5%	+ 1,0%	+ 0,9%	+ 2,8%	+ 2,8%
Parkeeroppervlak	+ 3,7%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 1,7%	+ 1,7%
Gecombineerd	+ 6,2%	+ 1,0%	+ 1,0%	+ 2,5%	+ 2,5%

© Arcadis 2022

Colofon

FINANCIËLE EN RUIMTELIJKE IMPACT KLIMAATADAPTATIE MAATREGELEN NEDERLAND

KLANT
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

AUTEURS
Jeroen Rijsdijk
Soesja Brunink

PROJECTNUMMER
30198926

DATUM
16-2-2024

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

Arcadis. Improving quality of life.

© Arcadis 2022