



gemeente
Haarlemmermeer

De leden van de gemeenteraad van Haarlemmermeer

Postbus 250
2130 AG Hoofddorp

Bezoekadres:
Taurusavenue 100
Hoofddorp
Telefoon 0900 1852

Cluster Ruimte, Economie en Duurzaamheid, Concern Control
Inlichtingen T.C. Ligtenberg
Telefoon 0900 1852
Uw brief
Ons kenmerk XS-25110708.1585
Bijlage(n) Rapport financiële impact klimaatrisico's
Onderwerp Informatie over beantwoording motie 'klimaatrisico's in beeld'

Verzenddatum

17 DEC. 2025

Geachte heer, mevrouw,

Op 4 juli 2024 heeft de gemeenteraad de motie 'klimaatrisico's in beeld' aangenomen. Hierin heeft de raad ons verzocht om de klimaatrisico's voor Haarlemmermeer te kwantificeren en te vertalen in geld. Deze brief bevat de beantwoording van de motie.

Deze beantwoording is later dan begin 2025 vanwege de vernieuwende aanpak

In de motie is ons verzocht om de raad begin 2025 te informeren. Deze informatie is later gekomen, omdat het onderwerp op deze manier benaderen nieuw is. De vragen van de accountant zijn nog niet eerder op deze manier beantwoord en het onderzoek hiernaar heeft meer tijd gekost. Wij hebben dit onderzoek laten uitvoeren door een extern bureau (TAUW), met expertise op zowel het financiële vlak als op het vlak van klimaatrisico's. De aanbesteding van dit onderzoek is eind 2024 gestart, en de definitieve opdracht is begin 2025 verleend. Bureau TAUW is daarop begonnen de nieuwe onderzoeksmethode op te zetten. TAUW heeft daarbij andere gemeenten en interne deskundigen van onze gemeente geraadpleegd. Het onderzoek is aangestuurd en gecoördineerd door een gemeentelijk projectteam. Hoewel andere gemeenten al wat ervaring hebben op het vlak van klimaatverandering en financiën, is een onderzoek op deze manier nog niet eerder uitgevoerd. Hierbij hebben wij dus een voortrekkersrol. Diverse andere gemeenten hebben aangegeven ons onderzoek met veel belangstelling te volgen.

In het onderzoek zijn zeven deelvragen beantwoord

De zeven deelvragen volgen uit de opdracht die de raad ons in de motie heeft meegegeven. Hierin heeft de raad ons opgedragen om de klimaatrisico's voor Haarlemmermeer te identificeren en te vertalen in geld, aan te geven welke bronnen hierbij gebruikt zijn, aan te geven welke schattingen gebruikt zijn en te onderzoeken welke stappen vergelijkbare gemeenten al hebben gezet. De zeven deelvragen zijn:

1. Welke klimaatrisico's kunnen in algemene zin worden onderscheiden en welke klimaatrisico's gelden specifiek voor de gemeente Haarlemmermeer?
2. Wat is er reeds aan informatie/bronnen over klimaatrisico's beschikbaar en wat heeft aanvulling?
3. Zijn er klimaatrisico's die nog niet zijn geïdentificeerd of inzichtelijk zijn gemaakt door de gemeente, maar wel degelijk relevant zijn en, zo ja, welke is of zijn dit?
4. Wat is de impact van en welke financiële gevolgen (of een zo gedegen mogelijke inschatting daarvan) kunnen worden onderkend bij de geïdentificeerde klimaatrisico's?
5. Welke beheersmaatregelen heeft de gemeente reeds getroffen om geïdentificeerde klimaatrisico's te mitigeren en in welke mate mitigeren deze maatregelen de onderkende klimaatrisico's?
6. Welke additionele maatregelen kunnen worden genomen om de financiële impact van de onderkende risico's verder terug te brengen?
7. Welke andere, vergelijkbare gemeenten hebben reeds stappen gezet op het gebied van het beheersen van klimaatrisico's en waaruit bestaan die?

Het onderzoek is afgebakend op directe (financiële) verantwoordelijkheid

In het onderzoek zijn alleen die risico's gekwantificeerd waar de gemeente direct (financieel) verantwoordelijk voor is. De vragen van de raad volgen uit de nota risicomanagement en vragen van de accountant, daarom is gekeken naar Haarlemmermeer als gemeente. De kanttekening hierbij is dat er in de in dit onderzoek gemaakte berekeningen niet gekeken is naar risico's die strikt genomen niet onder de (financiële) verantwoordelijkheid van de gemeente vallen, maar die zich wel binnen de gemeentegrenzen kunnen voordoen. Wij kunnen begrijpen dat deze afbakening smal voelt, want hierbij kan toch een rol van de gemeente worden verwacht. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij een zware regenbui die leidt tot veel wateroverlast op privaat terrein. Het is een politiek-bestuurlijke afweging om private grondeigenaren in een dergelijke situatie te gaan helpen of (financieel) te compenseren. De gemeente Enschede heeft bijvoorbeeld deze ervaring gehad na veel wateroverlast in een woonwijk. Verderop in deze brief gaan wij dieper in op hoe we met u in gesprek willen blijven over deze vragen en situaties die zich kunnen (gaan) voordoen.

Samenvatting van het onderzoek:

Er zijn op basis van de afgebakende scope vijftien klimaatrisico's gedefinieerd met een middelgrote tot grote financiële impact op onze gemeente. Deze risico's zijn in te delen in structurele, voorspelbare risico's en in incidentele acute risico's. De kosten voor structurele risico's zijn onderdeel van (exploitatie)budgetten of zorgen voor budgetverhoging van beleid-, beheer- en onderhoudsprogramma's. Voorbeelden zijn doorgaande bodemdaling en een langer groeiseizoen. Het tweede deel van de risico's treedt incidenteel/ acuut op. Denk aan stormschades (bijvoorbeeld van storm Poly in 2023), of aan de gevolgen van extreme neerslag. Incidentele/acute risico's zijn geen onderdeel van reguliere programma's of kerntaken.

De financiële impact van de vijftien risico's is doorgerekend. De voorspelbare financiële impact voor de gemeente Haarlemmermeer, ofwel de verwachte financiële impact per jaar is ongeveer € 3,3 miljoen. € 2,2 miljoen van deze financiële impact bestaat uit maatregelen die al onderdeel zijn van de begroting van de gemeente. Daarnaast zullen jaarlijks ook enkele incidentele risico's optreden met kleine(re) schade, zoals bomensterfte bij korte droogtes.

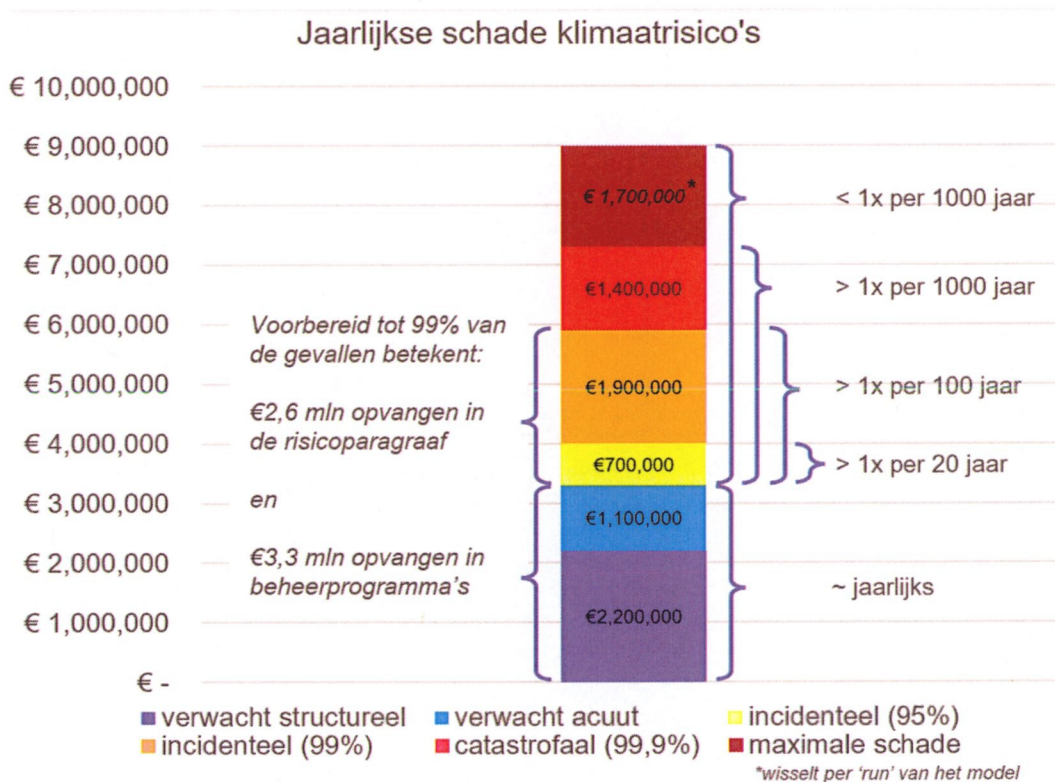
De schade die daar bovenop komt als gevolg van incidentele risico's met grote schade, verschilt per kans dat die schade voorkomt:

- De incidentele impact (kansen tot 1x per 20 jaar of 1x per 100 jaar), ligt in de bandbreedte van € 0,7 miljoen en € 2,6 miljoen extra per jaar. Het totaal is dan € 4 tot

€ 5,9 miljoen in dat jaar (de voorspelbare financiële impact plus de incidentele schade). Hiervan is dus een bedrag van € 2,2 mln. reeds opgenomen in de exploitatie aan maatregelen.

- Leiden alle risico's of een specifiek risico, zoals extreme wateroverlast, in een bepaald jaar tot grote schade dan is er sprake van een catastrofale impact (kansen tot 1x 1.000 jaar). In zo'n jaar komt er nog tot € 4,0 miljoen aan schade boven op de verwachte impact tot een totaal van € 7,3 miljoen.
- De maximale berekende jaarlijkse schade is € 9 miljoen (kans veel kleiner dan 1x 1.000 jaar).

De verwachte voorspelbare schade is op te vangen in beheerprogramma's. De incidentele grote schades dienen te worden opgenomen in de paragraaf weerstandsvermogen en risicobeheersing. Dat is minimaal € 0,7 miljoen om op 95 % van de risico's (1x per 20 jaar) financieel voorbereid te zijn en maximaal € 4 miljoen om op 99,9 % van de risico's (1x per 1.000 jaar) financieel voorbereid te zijn. Dergelijke risicoposten worden ook door andere gemeenten, zoals Eindhoven en Groningen opgenomen in hun weerstandsvermogen.



Belangrijkste aanbevelingen van het onderzoek:

- Voer de risicoanalyse, zoals ten behoeve van dit onderzoek uitgevoerd, jaarlijks uit. Deze herhaling is een update van het huidige onderzoek en daarmee minder arbeidsintensief.
- Neem de onderkende klimaatrisico's op in de risicoparagraaf.
- Neem een risicopost op in het risicomanagementsysteem tussen € 2,0 en € 4,0 miljoen voor doorberekening in het weerstandsvermogen. Als een additioneel bedrag wordt meegenomen in de jaarlijkse exploitatie van ruim € 1,0 voor verwachte schade, daalt de risicopost voor opname tot € 1,0 à € 3,0 miljoen. De uiteindelijke hoogte van de

schadepost is afhankelijk van de risicobereidheid: willen we gebeurtenissen kunnen opvangen die 1x per 100 jaar kunnen optreden, 1x per 1.000 jaar kunnen optreden of minder dan 1x per 1.000 jaar kunnen optreden? Er wordt niet aanbevolen om te begroten op de maximale schade, omdat het voorkomen hiervan een zeer lage waarschijnlijkheid heeft (0,01% van de risico's).

- Maak de data geschikt voor de toegepaste methode. Als er meer data uit verschillende jaren beschikbaar komt, kan het onderzoek nauwkeuriger worden uitgevoerd.
- Richt een schaderegistratiesysteem in.
- Maak de verbinding met het Klimaatadaptatiebeleid. Het huidige Klimaatadaptatiebeleid en de uitvoeringsprogramma's en de gebiedsgerichte aanpak voor beheer zetten stappen richting het klimaatbestendiger maken van de gemeente. Daarmee worden risico's al verkleind. Met de inzichten uit het rapport kunnen we dit verder aanscherpen. Het Klimaatadaptatiebeleid wordt in 2026 geëvalueerd.

Wij zullen de analyse jaarlijks updaten en hierbij ook aandacht hebben voor verbetering van de kwaliteit van data, mede ook door schades beter te registreren. De risico's uit dit onderzoek benoemen we samengevat in de risicoparagraaf. We zijn voornemens in het weerstandsvermogen een risicopost op te nemen van € 2,6 miljoen. We zijn van plan dit op te nemen in de jaarstukken 2025. Dit zou voldoende moeten zijn om de risico's die eens per 100 jaar kunnen optreden op te vangen. In het vervolg van deze brief gaan we verder in op de verbinding met beleid.

Beantwoording per deelvraag:

1. *Welke klimaatrisico's kunnen in algemene zin worden onderscheiden en welke klimaatrisico's gelden specifiek voor de gemeente Haarlemmermeer?*

In de Nationale Adaptatie Strategie en de Europese indeling van klimaatrisico's (Taxonomie) worden in totaal 118 klimaatrisico's onderscheiden. Op basis van twee filters is bepaald welke klimaatrisico's specifiek gelden voor onze gemeente. Het eerste filter is fysieke relevantie. 35 risico's komen niet voor in het gebied van onze gemeente en vallen om die reden af. Er is daarnaast specifiek gekeken naar de risico's die voor de gemeente relevant zijn. Dit is zo wanneer een risico onder de taak en bevoegdheid van de gemeente valt. 33 risico's vallen af omdat deze niet onder eigendom, taak of bevoegdheid van de gemeente vallen. De 46 overige risico's uit dit totale overzicht die fysiek relevant zijn voor Haarlemmermeer, en onder onze taak en bevoegdheid vallen, zijn opgenomen in het onderzoek. Van deze risico's zijn er 15 verder onderzocht, omdat deze potentieel veel schade kunnen veroorzaken.

2. *Wat is er reeds aan informatie/bronnen over klimaatrisico's beschikbaar en wat behoeft aanvulling?*

In de gemeente geregistreerde (schade)data, praktijkervaring vanuit de ambtelijke organisatie en landelijke bronnen (zoals de klimaatschadeschatter) staan aan de basis van het onderzoek. Bij alle risico's zijn vervolgens aannames gedaan om schade en herhalingstijden te kwantificeren. Dit is voldoende om een grof beeld te krijgen van het totaalbeeld. Om een nauwkeuriger beeld te krijgen van zowel de acute als de chronische klimaatrisico's is het nodig om meer (historische) data te verzamelen en klimaatschade in de toekomst als zodanig te registreren in de (financiële) administratie. Ook kan er schadedata aangeschaft worden van bijvoorbeeld het verbond van verzekeraars om een nog nauwkeuriger beeld te krijgen van risico's die (nog) niet zijn voorgekomen, maar wel voorstelbaar zijn.

3. Zijn er klimaatrisico's die nog niet zijn geïdentificeerd of inzichtelijk zijn gemaakt door de gemeente, maar wel degelijk relevant zijn en, zo ja, welke is of zijn dit?

Het huidige Klimaatadaptatiebeleid (2022.0000040) volgt de werkwijze van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en gaat in op de thema's wateroverlast, overstroming, hitte en droogte. Van de relevante klimaatrisico's voor Haarlemmermeer vallen storm- en hagelschade niet onder dit beleid. Storm en hagelschade zijn wel als klimaatrisico beschreven in de Europese benadering (Taxonomie). Bij de herijking van ons Klimaatadaptatiebeleid gaan we kijken of we dit risico kunnen opnemen.

4. Wat is de impact van en welke financiële gevolgen (of een zo gedegen mogelijke inschatting daarvan) kunnen worden onderkend bij de geïdentificeerde klimaatrisico's?

Van de 46 relevante klimaatrisico's (zie deelvraag 1) is afgewogen welke risico's naar verwachting een kleine financiële impact hebben. Deze zijn niet meegenomen in de bepaling van de financiële impact. Voor 15 risico's is de verwachting dat deze potentieel grote schade kunnen veroorzaken. Analyse van deze risico's laat zien dat het gaat om:

- 1) Een verwachte (gemiddelde) financiële impact van € 3,3 miljoen per jaar. Dit bestaat uit structurele, chronische klimaatrisico's en incidentele risico's met kleine schade die jaarlijks voorkomen. Hiervan is € 2,2 miljoen reeds afgedekt door budgetten vanuit de exploitatie.
- 2) Een incidentele (1 x per 20 jaar tot 1x per 100 jaar) extra financiële impact per jaar tussen de € 0,7 en € 2,6 miljoen boven op de verwachte impact (bij een kansverdeling 95e tot 99e percentiel)
- 3) Een catastrofale financiële impact (1x per 100 jaar tot 1x per 1.000 jaar), boven op de verwachte impact, € 2,6 tot € 4,0 miljoen per jaar (bij een kansverdeling van 99e tot 99,9e percentiel)

De financiële impact bestaat uit chronische klimaatrisico's, dus geleidelijke veranderingen die elk jaar tot een bepaalde schade leiden, en acute klimaatrisico's. Dit zijn calamiteiten als gevolg van extreem weersituaties die incidenteel voorkomen en per gebeurtenis tot wisselende schade leiden. Vinden alle risico's in een jaar plaats met de hoogst denkbare schade dan is er sprake van een extreme (catastrofale) financiële impact. Dit is het slechts denkbare scenario.

De kanttekening is dat de totale financiële impact hoger kan uitvallen als ook de risico's die niet onderzocht zijn meegenomen worden. Naar verwachting is dit echter een kleine impact.

5. Welke beheersmaatregelen heeft de gemeente reeds getroffen om geïdentificeerde klimaatrisico's te mitigeren en in welke mate mitigeren deze maatregelen de onderkende klimaatrisico's?

Met schades als gevolg van chronische risico's is goed rekening te houden in de assetbeheerprogramma's. Denk aan jaarlijkse extra kosten voor het water geven van bomen, extra maaibeurten of de reparatie van bodemdalingsschades. Deze kosten staan niet specifiek in de boekhouding als kosten die gemaakt worden om klimaatrisico's mee te mitigeren, maar zijn vaak onderdeel van regulier werk, of meegenomen in grote onderhoudscontracten. Daarom zijn deze kosten minder zichtbaar. Bedoelde gevolgen van klimaatverandering zijn reeds bestaand, het risico is dat dit in de toekomst heftiger wordt en er meer inzet vereist zal zijn om de gevolgen ervan op acceptabel niveau te houden.

Bij het afwegen van beheersmaatregelen ligt de nadruk op het kosteneffectief voldoen aan wettelijke zorgplichten. Het nalaten van deze maatregelen is financieel onwenselijk, omdat

schadeherstel doorgaans duurder is dan regulier onderhoud en bovendien leidt tot aansprakelijkheidsrisico's. Hierin wordt gezocht naar een optimum.

6. Welke additionele maatregelen kunnen worden genomen om de financiële impact van de onderkende risico's verder terug te brengen?

Voor risico's die in de praktijk nog niet tot schade hebben geleid zijn geen beheersmaatregelen bekend. Het gaat hierbij om schade aan gemeentelijke panden door verschillende oorzaken (hagel, storm en funderingsschade). In deze situaties kan nader onderzoek inzicht geven om toekomstige schades beter in te schatten en hier beheersmaatregelen voor te treffen.

7. Welke andere, vergelijkbare gemeenten hebben reeds stappen gezet op het gebied van het beheersen van klimaatrisico's en waaruit bestaan die?

De geïnterviewde gemeenten Eindhoven en Groningen kiezen ervoor om klimaatrisico's in de risicoparagraaf op te nemen. Het gaat hierbij om risico's waarvan de schade in een gegeven jaar slecht te voorspellen is en waarvoor het lastig is om er in assetbeheerprogramma's maatregelen voor op te nemen. Doel van de risicobeschrijving is dat er budget beschikbaar kan komen wanneer een calamiteit zich voordoet waarbij de schades niet uit reguliere programma's kunnen worden bekostigd. Enschede heeft bij de wateroverlast in juli 2024 ervaren dat ook wateroverlast en schade op privaat terrein tot extra gemeentelijke kosten leidt. Dit had te maken met een morele/politieke wil om verantwoordelijkheid te nemen voor kwetsbare getroffen. Deze schade bedroeg ruim € 2 miljoen.

Vragen en calamiteiten buiten onze verantwoordelijkheid vragen om beleidskeuzes

Zoals hierboven aangegeven, is het onderzoek afgebakend op de directe (financiële) gevolgen en verantwoordelijkheden van Haarlemmermeer. De aanpak die in dit onderzoek gekozen is, was gericht op risicomanagement. Wij begrijpen dat er ook behoefte kan zijn om het ook over de bredere vragen op het gebied van klimaat te hebben, omdat klimaatverandering veel en grote gevolgen heeft voor ondernemers, inwoners en natuur.

Wij willen met de raad in gesprek blijven over de keuzes en verantwoordelijkheden, onder andere als onderdeel van het evalueren van de ambities in het Klimaatadaptatiebeleid en de evaluatie van de omgevingsvisie. In 2026 zijn wij van plan om het Klimaatadaptatiebeleid en daarin genoemde ambities te evalueren. Hierbij maken we gebruik van de inzichten die onze geactualiseerde stresstesten bieden (te vinden op klimaatatlas.haarlemmermeer.net). In de evaluatie gaan wij een aantal 'risicodialogen' voeren met belanghebbenden, zoals het hoogheemraadschap van Rijnland, drinkwaterbedrijf PWN, Veiligheidsregio Kennemerland en ondernemersorganisaties. We bespreken de doelen op het gebied van klimaatbestendigheid en de rollen en verantwoordelijkheden op dit gebied. In het evalueren van de omgevingsvisie is ook ruimte voor het opnemen van ambities op het gebied van leefbaarheid en klimaatbestendigheid.

In het gesprek over beleid is een onderscheid te maken tussen grote calamiteiten en de gevolgen daarvan, en de meer geleidelijke en structurele gevolgen van klimaatverandering.

- Calamiteiten kunnen door klimaatverandering vaker voorkomen, bijvoorbeeld omdat er vaker een extreme regenbui valt. Bij deze grote calamiteiten kan een rol van de gemeente verwacht worden. Hierover gaan we in gesprek met de Veiligheidsregio Kennemerland. Tegelijkertijd moeten inwoners zichzelf ook goed voorbereiden. De burgemeester voert belangrijke gesprekken met inwoners over zelf- en samenredzaamheid in een tour langs de verschillende kernen.
- Geleidelijke en structurele gevolgen van klimaatverandering zijn in Haarlemmermeer het gevolg van de ligging in een diepe en deels verstedelijkte polder. Hierbij spelen

vraagstukken als verzilting, waterstanden bij langdurige neerslag en de leefbaarheid van wijken bij hitte.

Mocht de raad behoefte hebben aan een informatieve bijeenkomst over dit onderwerp, dan zijn wij bereid om dit onderzoek verder toe te lichten.

Wij verwachten u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

burgemeester en wethouders van de gemeente Haarlemmermeer,
de secretaris,

Hermineke van Bockxmeer

de burgemeester,

Marianne Schuurmans-Wijdeven



Gemeente Haarlemmermeer: Financiële impact klimaatrisico's

19 november 2025

Kenmerk R001-1299507JMZ-V03-agv-NL

Verantwoording

Titel	Gemeente Haarlemmermeer: Financiële impact klimaatrisico's
Opdrachtgever	Gemeente Haarlemmermeer
Projectleider	Joren Zwaan
Auteur(s)	Casper Bennink, Tieuwen Olivier, Ramon Wakelkamp, Leon Valkenburg, Laura Pater en Joren Zwaan
Tweede lezer	Leon Valkenburg
Kenmerk	R001-1299507JMZ-V03-agv-NL
Aantal pagina's	42 (exclusief bijlagen)
Datum	19 november 2025
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Inhoud

1	Samenvatting.....	5
2	Inleiding	7
2.1	Aanleiding	7
2.2	Doel	7
2.3	Opbouw	8
3	Inventarisatie klimaatrisico's en beleid	8
3.1	Inleiding	8
3.2	Afbakening	9
3.3	Het gebruik van risicomanagement.....	9
3.4	Aanpak	10
3.5	Filter één - Fysisch relevante risico's met negatieve effecten voor Haarlemmermeer	11
3.6	Filter twee – relevante risico's vanuit taak en bevoegdheid	11
3.7	Filter drie – risico's met financiële relevantie	11
3.8	Klimaatrisico's voor de gemeente Haarlemmermeer	11
3.9	Koppeling aan het vigerende gemeentelijke klimaatadaptatiebeleid	13
3.10	Inzichten van andere gemeenten voor financiële risicobeheersing	13
4	Data verzameling voor kwantificering van klimaatrisico's.....	16
4.1	Inleiding	16
4.2	(Schade)informatie koppelen aan de relevante klimaatrisico's	17
4.3	Kosten buiten de onderzoeksscope	26
5	Bepalen van totale financiële impact	26
5.1	Inleiding	26
5.2	Modellering.....	26
5.3	Resultaten analyse.....	27
5.4	Validatie en evaluatie	30
6	Beheersmaatregelen	31
6.1	Inleiding	31
6.2	Beheersmaatregelen per risico	32
7	Conclusie	38
7.1	Welke klimaatrisico's kunnen in algemene zin worden onderscheiden en welke klimaatrisico's gelden specifiek voor de gemeente Haarlemmermeer?	38
7.2	Wat is er reeds aan informatie / bronnen over klimaatrisico's beschikbaar en wat behoeft aanvulling?	38

7.3	Zijn er klimaatrisico's die nog niet zijn geïdentificeerd of inzichtelijk zijn gemaakt door de gemeente, maar wel degelijk relevant zijn en, zo ja, welke is of zijn dit?	38
7.4	Wat is de impact van en welke financiële gevolgen (of een zo gedegen mogelijke inschatting daarvan) kunnen worden onderkend bij de geïdentificeerde klimaatrisico's?	39
7.5	Welke beheersmaatregelen heeft gemeente reeds getroffen om geïdentificeerde klimaatrisico's te mitigeren en in welke mate mitigeren deze maatregelen de onderkende klimaatrisico's?	40
7.6	Welke additionele maatregelen kunnen worden genomen om de financiële impact van de onderkende risico's verder terug te brengen?	40
7.7	Welke andere, vergelijkbare gemeenten hebben reeds stappen gezet op het gebied van het beheersen van klimaatrisico's en waaruit bestaan die?	40
8	Reflectie en aanbevelingen	41
Bijlage 1	Overzicht klimaatrisico's uit de Nationale Adaptatie Strategie en EU Taxonomie	
Bijlage 2	Risico's die géén onderdeel zijn van de financiële analyse	
Bijlage 3	Verdiepend kader: bewuste inzet van Monte Carlo-simulatie	
Bijlage 4	Resultaten Monte Carlo	
Bijlage 5	Modellering	
Bijlage 6	Voorstel klimaatrisico in risicoparaagraaf	

1 Samenvatting

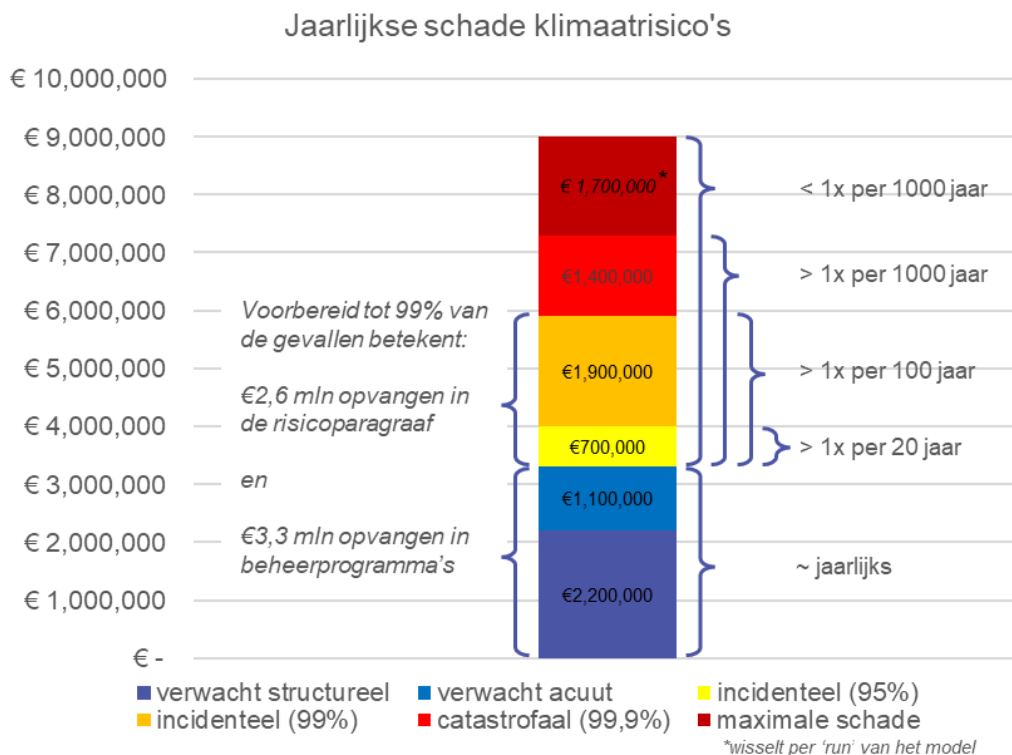
Klimaatverandering zorgt voor een toename van extreem weer. Dat leidt tot overlast en schade in en voor de gemeente Haarlemmermeer. Door klimaatverandering zullen de kosten en schade verder stijgen. Dit onderzoek geeft inzicht in deze financiële risico's voor de gemeente, zoals de gemeenteraad van Haarlemmermeer heeft gevraagd.

Er zijn 15 klimaatrisico's met een grote financiële impact op de gemeente Haarlemmermeer. Deze risico's bestaan uit structurele, voorspelbare risico's en incidentele acute risico's. De kosten voor structurele risico's zijn al onderdeel van budgetten of zorgen voor budgetverhoging van beleid-, beheer- en onderhoudsprogramma's. Voorbeelden zijn doorgaande bodemdaling en een langer groeiseizoen. Het tweede deel van de risico's treedt incidenteel/ acuut op. Denk aan de stormschade van storm Poly in 2023, of wateroverlast door extreme neerslag. Incidentele/acute risico's zijn geen onderdeel van reguliere programma's of kerntaken.

De financiële impact van de 15 risico's is doorgerekend met een Monte-Carlo simulatie: deze berekening brengt de orde grootte van de financiële impact in beeld. De voorspelbare financiële impact voor de gemeente Haarlemmermeer, ofwel de verwachte financiële impact per jaar is circa € 3,3 miljoen. € 2,2 miljoen van deze financiële impact bestaat uit structurele risico's die al onderdeel zijn van de begroting van de gemeente. Het gaat bijvoorbeeld om het bestrijden van de miersoort "mediterrane draaigatje" (€ 0,28 miljoen per jaar), investeringen in een klimaatadaptief water- en rioleringsstelsel (gemiddeld € 1,1 miljoen per jaar in het Programma Riolerings en Stedelijk Water) en het water geven van bomen bij droogte (€ 0,2 miljoen per jaar). Daarnaast zullen jaarlijks ook enkele incidentele risico's optreden met kleine schade, zoals bomensterfte bij korte periodes van droogte.

Minder frequente weerextremen zorgen voor aanvullende risico's. Deze incidentele risico's met grote schade (kansen tot 1 x per 20 jaar of tot 1 x per 100 jaar), zijn geschat op € 0,7 en € 2,6 miljoen extra per jaar. Het totaal is dan € 3,9 tot € 5,9 miljoen in zulke jaren. Zeldzame catastrofale risico's, zoals extreme wateroverlast (kansen tot 1 x per 1.000 jaar) zorgen tot € 4,0 miljoen extra schade boven op de verwachte impact tot een totaal van € 7,3 miljoen. De maximale berekende jaarlijkse schade in de Monte-Carlo simulatie is ongeveer € 9,0 miljoen (kans veel kleiner dan 1 x per 1.000 jaar). In figuur 1.1 op de volgende pagina staan de verwachte, incidentele en catastrofale schade naast elkaar.

De verwachte schade is goed op te vangen in beheerprogramma's. Voor de incidentele schade is de weerstandsparaagraaf de passende plek. De incidentele schade is berekend op € 0,7 miljoen om op 95 % van de risico's (1 x per 20 jaar) financieel voorbereid te zijn en op € 4,0 miljoen om op 99,9 % van de risico's (1 x per 1.000 jaar) financieel voorbereid te zijn.



Figuur 1.1 Uitkomsten van de Monte Carlo Analyse

De financiële impact is in dit onderzoek indicatief doorerekend. Dit inzicht is belangrijk bij het interpreteren van de onderzoeksresultaten. De berekening geeft handvatten voor de organisatie om de risico's in te dekken en de meerwaarde van beheersmaatregelen. Door nieuwe inzichten, doordat het klimaat verder verandert en door ervaring zal het begrip van risico's doorontwikkelen. Het kan zijn dat sommige risico's niet op de lijst voorkomen, simpelweg omdat ze zich nog niet hebben voorgedaan. Het is dan ook belangrijk om de berekening tweejaarlijks te herhalen en inhoudelijk te verbeteren.

Met beheersmaatregelen gericht op klimaatadaptatie is het mogelijk om klimaatrisico's te verkleinen. De gemeente beschikt al over klimaatadaptatiebeleid en een uitvoeringsprogramma. Ook treft de gemeente al tal van maatregelen. Beheersmaatregelen treffen is niet alleen een financiële afweging. De zorgplichten, verantwoordelijkheden en beleidsambities staan centraal: die verplichten een minimumkwaliteitsniveau en bijbehorende beheersmaatregelen. Niet voldoen aan de zorgplichten is ook vanuit financieel oogpunt onwenselijk. Schadeherstel en klachtenafhandeling zijn in de regel duurder dan regulier onderhoud en kennen aansprakelijkheidsrisico's.

Incidentele/acute risico's zijn geen onderdeel van reguliere programma's of kerntaken. Ook zijn ze niet 100 % af te dekken met beheersmaatregelen. Voor deze gebeurtenissen ligt het voor de hand een risico in de risicoparagraaf op te nemen, zodat er bij schade door klimaatrisico's budget beschikbaar is voor de afhandeling. Dergelijke risico's worden ook door andere gemeenten, zoals Eindhoven en Groningen opgenomen in de risicoparagraaf. In dit rapport is een tekstvoorstel opgenomen. Het voorstel is om de range van € 0 - € 2,6 miljoen in de risicoparagraaf op te nemen, waarmee dan de kansen tot 1x per 100 jaar worden afgedekt. 1x 100 per jaar is een herhalingsjijd die in de klimaatadaptatiewereld gangbaar is. De kans op een groter bedrag is zeer klein (tot 1 x per 1.000 jaar) en ook de onzekerheden in het berekende bedrag zijn groter.

2 Inleiding

2.1 Aanleiding

Het klimaat verandert. Steeds vaker wordt de samenleving geconfronteerd met extreme weersomstandigheden. Extreme regenval, hittegolven en periodes van extreme droogte komen ook in de gemeente Haarlemmermeer vaker voor. Daarom is klimaatadaptatie voor de gemeente Haarlemmermeer een belangrijke opgave met veel politieke aandacht. De gemeente beschikt al over stresstesten en klimaatadaptatiebeleid inclusief uitvoeringsagenda. Via een motie¹ door de gemeenteraad is de vraag gesteld wat de impact van klimaatverandering op de gemeentelijke financiën is. Het college van B&W heeft daarop besloten een onderzoek in te stellen. Het onderzoek is in deze rapportage beschreven.

2.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is het in beeld brengen van de financiële impact van risico's als gevolg van klimaatverandering op de gemeente Haarlemmermeer. Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van de centrale vraagstelling die door de gemeente is geformuleerd² om antwoord te geven op de motie van de gemeenteraad.

“De centrale vraag is welk beleid de gemeente heeft vastgesteld en uitvoert, welke klimaatrisico's de gemeente hierbij loopt, welke beheersmaatregelen de gemeente heeft genomen om deze te beperken, welke impact deze klimaatrisico's hebben ongeacht of er maatregelen zijn genomen en wat de financiële gevolgen zijn.”

De centrale vraagstelling van het onderzoek is opgedeeld in zeven deelvragen:

1. Welke klimaatrisico's kunnen in algemene zin worden onderscheiden en welke klimaatrisico's gelden specifiek voor de gemeente Haarlemmermeer?
2. Wat is er reeds aan informatie/bronnen over klimaatrisico's beschikbaar en wat heeft aanvulling?
3. Zijn er klimaatrisico's die nog niet zijn geïdentificeerd of inzichtelijk zijn gemaakt door de gemeente, maar wel degelijk relevant zijn en, zo ja, welke is of zijn dit?
4. Wat is de impact van en welke financiële gevolgen (of een zo gedegen mogelijke inschatting daarvan) kunnen worden onderkend bij de geïdentificeerde klimaatrisico's?

¹ <https://haarlemmermeer.bestuurlijkeinformatie.nl/Document/View/3260ccf1-042f-4c53-8220-1eac106c947a>

² <https://haarlemmermeer.bestuurlijkeinformatie.nl/Document/View/04d5d154-be0d-47b0-9b62-be631ee5af33>

5. Welke beheersmaatregelen heeft de gemeente reeds getroffen om geïdentificeerde klimaatrisico's te mitigeren en in welke mate mitigeren deze maatregelen de onderkende klimaatrisico's?
6. Welke additionele maatregelen kunnen worden genomen om de financiële impact van de onderkende risico's verder terug te brengen?
7. Welke andere, vergelijkbare gemeenten hebben reeds stappen gezet op het gebied van het beheersen van klimaatrisico's en waaruit bestaan die?

2.3 Opbouw

Hoofdstuk drie gaat in op de klimaatrisico's en de inventarisatie van beleid. Hoofdstuk vier beschrijft de kwantificering van individuele klimaatrisico's. Hoofdstuk vijf beschrijft de analyse waarmee de financiële impact van de klimaatrisico's inzichtelijk is gemaakt. Hoofdstuk zes adresseert de beheersmaatregelen die genomen zijn en genomen gaan worden om klimaatrisico's kleiner te maken. In hoofdstuk zeven staan de conclusies aan de hand van de beantwoording van de zeven deelvragen. Hoofdstuk 8 bevat de aanbevelingen en de reflectie.

3 Inventarisatie klimaatrisico's en beleid

3.1 Inleiding

De kennis, het draagvlak en urgentie voor klimaatadaptatie zijn de afgelopen jaren snel ontwikkeld. Zowel buiten als binnen Nederland zien wij steeds meer weersextremen. Daarnaast heeft Nederland ook te maken gehad met nieuwe klimaatextremen. In juli 2019 steeg de temperatuur in Nederland voor het eerst boven de 40 °C. De overstromingen in Limburg in juli 2021 veroorzaakten enorme schade en maatschappelijke impact. Droge zomers in 2018, 2019 en 2022 leidden tot bodemdaling, natuurschade en watertekorten. Rollen en verantwoordelijkheden zijn toegekend, de maatschappelijke urgentie is groter en er ontstaan nu verdiepende vragen over de kosten en bekostiging van klimaatadaptatie. Er ligt geen pasklaar antwoord en de methodiek in dit onderzoek is niet eerder op deze manier toegepast. Daarom wordt in dit hoofdstuk uitgebreid ingegaan op de aanpak, afbakening en gemaakte keuzes tijdens het onderzoek. De resultaten die in dit hoofdstuk staan beschreven vormen de input voor de analyse waarin de financiële impact bepaald wordt (hoofdstuk 5). Dit hoofdstuk geeft antwoord op de deelvragen 1, deels 3 en 7.

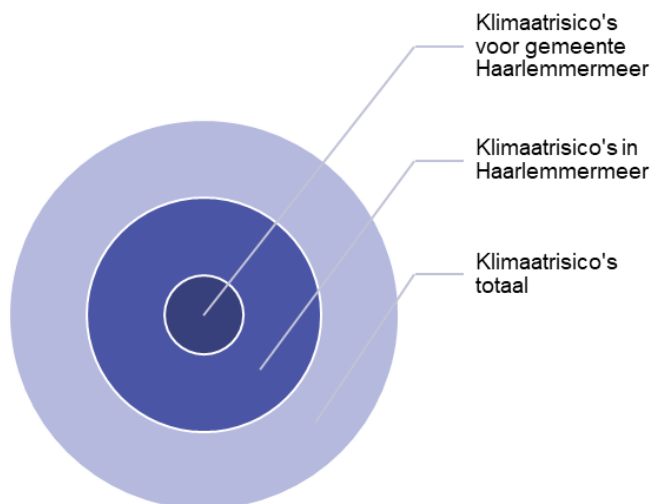
3.2 Afbakening

De kosten en financiële risico's behorende bij klimaatverandering en -adaptatie zijn omvangrijk en verdeeld over verschillende sectoren en belanghebbenden. De gemeente is een belangrijke organisatie die te maken heeft met deze risico's. Van schade aan gebouwen door wateroverlast tot investeringen in groen en bomen om hitte tegen te gaan. De uitdaging in dit onderzoek is om binnen de eigendommen, taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden van de gemeentelijke organisatie te blijven, en dit herleidbaar te beschrijven. Daarom is de keuze gemaakt om te starten vanuit alle mogelijke klimaatrisico's en van daaruit risico's weg te strepen die buiten de onderzoeksscope van de gemeente vallen. Na het wegstrepen blijven de relevante risico's over, die de basis vormen voor de financiële impactbepaling in hoofdstuk vijf. Er is gezocht naar klimaatrisico's specifiek voor de gemeente Haarlemmermeer, als selectie binnen alle klimaatrisico's op het grondgebied van Haarlemmermeer, binnen het totale overzicht van risico's (figuur 3.1).

3.3 Het gebruik van risicomanagement

Bij het inventariseren en kwantificeren van klimaatrisico's is gefocust op de kans en impact van de risico's, om de beste afweging te kunnen maken voor beheersmaatregelen en te verwachte schade in de gemeente Haarlemmermeer. Risicomanagement verkleint de (financiële) onzekerheid over klimaatrisico's, maar neemt deze niet weg. Door nieuwe inzichten, doordat het klimaat verder verandert en door ervaring, zal de mate van inzicht en kennis over de aard, de omvang en de gevolgen van risico's doorontwikkelen. Het kan ook zijn dat sommige risico's niet op de lijst voorkomen, simpelweg omdat ze zich nog niet hebben voorgedaan en daardoor onterecht als minder relevant worden ingeschat. Daarom wordt risicomanagement in dit onderzoek benaderd als een continu proces dat zich blijft ontwikkelen, zodat nieuwe inzichten, veranderende klimaatomstandigheden en opgedane ervaring steeds kunnen worden meegenomen in het beoordelen en beheersen van risico's.

Figuur 3.1 Klimaatrisico's voor de gemeente als selectie van het totaalbeeld aan klimaatrisico's



Dit inzicht is belangrijk bij het interpreteren van de onderzoeksresultaten. Dit onderzoek geeft een inschatting van de financiële impact van klimaatrisico's voor de gemeente als gevolg van klimaatverandering. Het geeft handvatten voor de organisatie om de risico's tot acceptabel niveau te reduceren en de nut en noodzaak voor beheersmaatregelen. Het laat ook zien hoeveel kosten de gemeente nu al maakt als gevolg van klimaat(verandering) ter voorkoming van ongewenste gebeurtenissen of het risico daarop, ook al zijn deze kosten niet altijd zichtbaar.

3.5 Filter één - Fysisch relevante risico's met negatieve effecten voor Haarlemmermeer

De eerste stap is het bepalen van de risico's die binnen de gemeentegrenzen van Haarlemmermeer fysisch niet relevant zijn. Denk aan risico's die passen bij erosie van een heuvelachtig gebied, of risico's met betrekking op aanwezigheid van primaire waterkeringen (zoals een zeedijk). In de bronstudies staan ook positieve gevolgen vermeld, zoals een toenemend toeristenseizoen door een langer zomerseizoen. Deze positieve risico's zijn bij gebrek aan schade geen onderdeel van de analyse. De risico's afkomstig van de adaptatietool van de Nationale Adaptatie Strategie en de lijst van de EU Taxonomie die niet relevant zijn binnen de gemeentegrenzen of een positief effect hebben, zijn opgenomen in bijlage 2.

3.6 Filter twee – relevante risico's vanuit taak en bevoegdheid

Filter twee adresseert eigendom, taak en bevoegdheid. Drogere veendijken en de toename van het overstromingsrisico van regionale keringen vallen bijvoorbeeld onder de verantwoordelijkheid van het hoogheemraadschap. Lagere gewasopbrengsten door droogte wordt gezien als een ondernemersrisico en is daarom de verantwoordelijkheid van landbouwbedrijven. In bijlage 2 staan de risico's die binnen de gemeentelijk grenzen van Haarlemmermeer relevant zijn, maar niet onder de taak en bevoegdheid van de gemeente vallen. Deze vallen buiten de scope van het onderzoek.

De keuze is gemaakt om alleen directe schade mee te nemen binnen dit onderzoek. Indirecte schade, gevolgschade door keteneffecten, blijft buiten beschouwing. Denk er als voorbeeld aan dat de vertrekhal van Schiphol onder water loopt bij hevige neerslag, en de gemeente kosten maakt om gestrande reizigers op te vangen. Deze indirecte risico's zijn buitengewoon lastig te kwantificeren, en de hoeveelheid indirecte risico's is omvangrijk. Dit wil niet zeggen dat er geen kosten zijn voor de gemeente; ze zijn alleen niet inzichtelijk gemaakt. Bij dit type risico is het vooral belangrijk om een flexibele crisisorganisatie paraat te hebben.

3.7 Filter drie – risico's met financiële relevantie

Risico's die wel relevant zijn, maar waarvan de verwachte financiële impact nihil is of alleen indirect toe te schrijven aan het betreffende klimaatrisico vallen buiten de scope van het onderzoek. Dit heeft als reden dat de risico's met een middelhoge en hoge financiële impact interessanter zijn om te onderzoeken vanuit de doelstelling van dit onderzoek. Het bepalen van risico's met een lage financiële impact is gedaan op basis van openbaar onderzoek en het expert oordeel van medewerkers van de gemeente. De motivatie is beschreven in de toelichting. Risico's met een beperkte financiële impact zijn beschreven in bijlage 2.

3.8 Klimaatrisico's voor de gemeente Haarlemmermeer

Na toepassen van de filtermethodiek resteren vijftien risico's van de oorspronkelijke 118 (zie tabel 3.1). Deze risico's komen voor in het gebied Haarlemmermeer, vallen onder eigendom, taak- en bevoegdheid en hebben naar de inschatting van expertoordeel en geraadpleegde collega's van de gemeente naar verwachting een middelgrote of grote financiële impact. Dit zijn de risico's waarvoor schade-informatie is verzameld en een financiële impactanalyse op is uitgevoerd.

Tabel 3.1 Overzicht van relevante klimaatrisico's

Thema	Klimaatrisico Gemeente Haarlemmermeer
Veranderende temperatuur (chronisch)	Langer groeiseizoen betekent meer groenonderhoudskosten
	Door hitte ontstaan onleefbare situaties
Bodemdaling (chronisch)	Frequenter vervanging en onderhoud weginfra bij verzakkingen door bodemdaling
	Frequenter vervanging en onderhoud riool bij verzakkingen door bodemdaling
	Verzakkingen door bodemdaling gebouwen
Hitte (acuut en chronisch)	Extra overlast door exoten: mediterrane draaigatje
	Verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)
	Hogere energierekening: meer koeling gemeentelijk vastgoed tijdens de zomer
	Asfalt smelt bij hitte en de scheuren leiden 's winters tot vorstschade
Droogte (acuut)	Sterfte bomen door watertekort
	Schade aan sportvelden bij intreden verdringingsreeks bij droogte
Extreme neerslag (acuut)	Schade aan (gemeentelijk) vastgoed door extreme piekneerslag, toename schadeclaims door extreme piekneerslag
	Hagelschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen)
Storm (acuut)	Schade gemeente en derden door omvallen bomen
	Stormschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen) door wind

Binnen de thema's maken we onderscheid tussen chronische klimaatrisico's en acute klimaatrisico's. Chronische risico's zijn het gevolg van langdurige klimaatveranderingen, zoals zeespiegelstijging, bodemdaling en aanhoudende hitte. Het risico zit hem meer in de onzekerheid op de mate van schade dan op de kans dat het voorkomt want die schatten we in op jaarlijks terugkerend. Acute risico's zijn het gevolg van extreme weersomstandigheden zoals overstromingen, hittegolven en stormen. De kans dat deze extreme events zich jaarlijks voordoen is onzeker en de bijbehorende schade is afhankelijk van de intensiteit van het extreme event.

3.9 Koppeling aan het vigerende gemeentelijke klimaatadaptatiebeleid

De financieel relevante klimaatrisico's voor de gemeente Haarlemmermeer staan naast het vigerende klimaatadaptatiebeleid (2022)³ en de wijze waarop en mate waarin de gemeente daar uitvoering aan geeft (2022-heden). Met het klimaatadaptatiebeleid zorgt de gemeente Haarlemmermeer ervoor de klimaatbestendigheid te vergroten en de gevolgen en schade van droogte, hitte, wateroverlast en overstromingen voor nu en toekomstige generaties te beperken. Daarvoor wordt ingezet op een omgeving die hitte- en droogtebestendig is en waar slechts beperkte wateroverlast optreedt. Hiervoor zijn drie ambities opgesteld; een koele woon/werkomgeving, droogtegevoeligheid verminderen en een waterrobuuste leefomgeving. Een van de deelvragen van dit onderzoek is hoe deze zich tot elkaar verhouden. In onderstaand kader is aangegeven welke geïdentificeerde klimaatrisico's beschreven staan in het beleid.

3.10 Inzichten van andere gemeenten voor financiële risicobeheersing

Beheersing van financiële klimaatrisico's wordt voor veel andere gemeenten in Nederland een relevant thema, en een klein aantal gemeenten is hier al actief mee bezig. Via vier interviews met vergelijkbare⁴ gemeenten is aanvullende informatie opgehaald over hoe zij omgaan met de financiële risicobeheersing van klimaatadaptatie- en waterisico's. De gemeente Almere bleek beperkte ervaringen te hebben. Deze gemeente is daarom niet opgenomen in onderstaand overzicht. De gesprekken met Eindhoven, Enschede en Groningen leverden de volgende inzichten op:

Inzichten gesprek Groningen: ervaringen met risicoparagraaf

- *Aanleiding:* De gemeente Groningen heeft sinds 2023, op advies van de accountant, een risicoparagraaf op het gebied van klimaat in de jaarrekening staan
- *Insteek:* De risicoparagraaf heeft invloed op het weerstandsvermogen. Deze paragraaf leidt tot een reservering van financiële middelen voor calamiteiten. Het gaat om de onvoorziene risico's, die niet in overig programma's binnen de gemeente gedekt zijn. Een voorbeeld is een extreme regenbui die lokaal tot zeer veel schade leidt. De kans hierop is klein, de gevolgen zijn groot. De gereserveerde bedragen zijn dan ook gekoppeld aan de kans op voorkomen. Buiten die vaker voorkomen worden al gedekt in het rioleringsprogramma. Voor de 'boven normatieve' gebeurtenissen is de risicoparagraaf van toepassing
- *Thema's:* In de risicoparagraaf zijn de risico's van droogte, groenbeheer, en wateroverlast (door regen en een dijkdoorbraak) meegenomen. Een aantal risico's, bijvoorbeeld hitte gerelateerde risico's, staan er enkel tekstueel in, omdat er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om deze te kwantificeren
- *Omvang:* De klimaatrisicopost voor droogte, wateroverlast en schade aan groen die opgenomen is, is € 1,1 miljoen per jaar met een 75 % jaarlijkse kans
- *Tips:* Groningen raadt aan om scherp te zijn op de mate van invloed van de gemeente als onvoorziene klimaatrampen optreden, en op waar de rol van de gemeente in dat geval begint en ophoudt. Daarnaast geeft de gemeente Groningen ook aan dat het belangrijk is een systematiek aan te houden waarbij duidelijk is wat de mogelijke risico's en de (financiële) gevolgen ervan zijn voor de gemeente. Groningen heeft hun werkwijze gebaseerd op aanpak van Amsterdam en Eindhoven

³ <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR684424>

⁴ Selectie op basis van fysieke omstandigheden, grootte van de gemeente en affiniteit met het thema

10	Gevolgen extreem weer (klimaatrisico)
Door het veranderende klimaat gaan we in toenemende mate last krijgen van extreem weer. Extreme hitte, langdurige droogte, clusterbuien, storm en onweer hebben effect op onze infrastructuur, gebouwen en groenvoorzieningen. Door droogte kan de bodem inklinken of scheuren. Het gaat dan bijvoorbeeld om schade door storm, extra uitval van groen door droogte, ziektes en plagen. De kosten van een (zee)dijk-doorbraak, en ontwrichting van een kunstwerk door hittestress zijn dermate hoog en het risico vrij klein (1-5%) dat deze niet zijn opgenomen in het risicobedrag van 1,1 miljoen euro.	

Figuur 3.3 Beschrijving risico in risicoparagraaf gemeente Groningen begroting 2025

Inzichten gesprek Eindhoven: ervaringen met risicoparagraaf

- **Aanleiding:** In 2018 vond in Eindhoven een storm plaats met miljoenen aan schade. Dit gaat alleen nog maar over opruimkosten, die tot een directe overschrijding van de begroting leidde. En in de jaren daarna extra kosten voor de herplant van bomen. En al deze inspanningen gingen ten koste van het reguliere beheer, want daar was minder tijd voor beschikbaar
- **Insteek:** Belangrijk om te benoemen dat de risicoparagraaf geen geld is. Het is een middel dat men kan gebruiken om aan het eind van het jaar aan de raad voor te leggen, dat men aanspraak wil maken op geld als dat over is. Dan kan er een deel toegekend worden, om het tekort te dekken. De raad beslist of dat geld ook daadwerkelijk wordt toegekend. Het is een risicoduiding en geen risicoreservering
- **Thema's:** Onder extreem weer valt storm, extreme droogte, wateroverlast. Vorstschade aan de bestrating is ook in de risicoparagraaf opgenomen. Recent was er sprake van schade door grondwateroverlast. De schade is opgeknipt in investeringen (relining van de riolering bijvoorbeeld, betaald vanuit taakveld riolering) en schades zoals sinkholes en verzakkingen aan de riolering. De kosten voor deze schades zijn wel uit de budgetreservering vanuit de risicoparagraaf betaald. Het onderscheid tussen kosten om schade te voorkomen, kosten om puur schade te repareren en kosten voor verbeterd herstel is belangrijk. De drie typen kosten moeten benoemd worden in het financiële risico. Extra water geven aan bomen bij droogte is van zichzelf geen schadepost, maar juist een manier om schade te voorkomen
- **Omvang:** De risicoparagraaf van Eindhoven is opgebouwd uit kosten voor schade aan bomen, riolering, gebouwen en beplanting. De jaarlijkse klimaatrisicopost is aangegeven als 0 tot 5 miljoen per jaar
- **Tips:** Eindhoven geeft aan dat er een verschil is tussen acute risico's (incidenteel) en chronische risico's (structureel). Structurele risico's horen niet thuis in de risicoparagraaf maar in de reguliere budgetten

1	Schade als gevolg van extreem weer
In de afgelopen jaren is er regelmatig sprake geweest van schade als gevolg van extreem weer zoals droogte, extreme regenval en stormen. Dit is niet meer incidenteel, maar lijkt elk jaar (meerdere keren) voor te komen. Schade door extreem weer vindt plaats aan bomen, beplanting, meubilair én aan bestrating en riolering door bijvoorbeeld sinkholes. Door schade ontstaan extra vervangingskosten en ook extra kosten voor het opruimen en herstellen. Uitstel is vaak niet mogelijk. Naar verwachting zal extreem weer vaker voorkomen.	

Figuur 3.4 Beschrijving risico in risicoparagraaf gemeente Eindhoven begroting 2025

Inzichten gesprek Enschede: ervaringen met ernstige wateroverlast

- **Aanleiding:** In juli 2024 leidde een extreme regenbui tot ernstige wateroverlast in de wijk Pathmos - Stadsveld. De wateroverlast leidde ertoe dat in meer dan 60 woningen niet meer gewoond kan worden. De gemeente Enschede had en heeft een centrale rol in de afhandeling van de wateroverlast en het beperken ervan in de toekomst
- **Context:** Enschede hanteert een systematiek om keuzes af te wegen. Het gaat om risicogestuurd rioolbeheer met daarin de kernwaarden: veiligheid & gezondheid, kwaliteit leefomgeving, schade en imago. De ernstcategorie van de verschillende kernwaarden is tevens te relateren aan schadebedragen. Samen met de kans dat een gebeurtenis optreedt, levert dit een risico op. Welk risico's acceptabel is, heeft de raad met een risicoacceptatiegrens vastgesteld. Deze is opgehaald in risicodialogen. Alles wat boven deze grens zit vraagt om maatregelen. De wijk Pathmos - Stadsveld was een bekend knelpunt dat boven de acceptatiegrens zit. Er zijn in het verleden al maatregelen uitgevoerd in deze wijk, en nieuwe maatregelen stonden al op de planning
- **Schadeposten en respons:** De schade van de wateroverlast was meer dan € 20 miljoen in totaal. De kostendragers waren vooral de corporatie in Pathmos en verzekeraars. De schade betrof met name woningen en auto's. Naast deze directe schade is er ook indirecte schade voor woningen in Pathmos (in particulier bezit), door verminderde woningwaarde. Mensen in Pathmos en Stadsveld hebben gemiddeld een lagere sociaaleconomische status (SES) en worden relatief zwaarder getroffen door een dergelijke gebeurtenis. Op andere plekken in de gemeente was ook waterschade, maar deze is in eerste instantie grotendeels buiten beeld van de gemeente gebleven doordat bewoners dit zelf met de verzekering hebben geregeld. Naderhand zijn deze locaties door de gemeente geïnterviewd en is onderzoek gedaan naar mogelijke kortetermijnmaatregelen in de openbare ruimte. De wijk Pathmos - Stadsveld was een bekend knelpunt dat boven de risicoacceptatiegrens zat. Vanuit de politiek-bestuurlijke context en de impact van de wateroverlast op 21 juli 2024, is besloten dat de voorgenomen planning versneld moest worden en dat er meer maatregelen bovenstrooms moeten worden uitgevoerd. De gemeente heeft ook zaken op zich genomen voor onder anderen tijdelijke huisvesting en rond vervangende woonruimte. Deze kosten zijn deels bij de gemeente terecht gekomen, ondanks dat dit geen directe verantwoordelijkheid van de gemeente was. En ook aanschaf en het uitdelen van zandzakken en het opstellen van een schaderegeling. Omdat er tijdens de extreme neerslag geen goed overzicht was in de omvang van het probleem, is geen contact gezocht met de Veiligheidsregio. Wel stond men continu in verbinding met onder anderen de brandweer. Achteraf gezien had de Veiligheidsregio de gemeente taken uit handen kunnen nemen. De gemeente is op een aantal locaties aansprakelijk gesteld voor de schade door de wateroverlast, maar die claims zijn afgewezen op basis van de extremitéit van de zware neerslag: dit valt buiten de gemeentelijke zorgtaak
- **Oplossingen vanuit watertaken:** Ten behoeve van Pathmos en Stadsveld treft de gemeente de komende 8 jaar maatregelen om het probleem aan te pakken (op locatie en bovenstrooms). Het scheelt financieel dat een deel van de maatregelen al op een later tijdstip in de planning stond en dat extra benodigde financiën zijn gevonden. Voor uitvoering van de maatregelen zijn de uitvoeringscapaciteit en de afstemming met/doorlooptijden van nutspartijen uitdagend

- **Omvang:** De kosten betaald door de gemeente bedroegen ongeveer € 1,4 miljoen. Deze 'schadekosten' vallen niet onder de rioolheffing (dit mag niet volgens de richtlijnen van het BBV). Deze kosten zijn opgevangen in de gemeentebegroting. De kosten voor het uitvoeren van korte en lange termijn maatregelen om de wateroverlast te bestrijden worden ten laste van de rioolheffing gebracht
- **Overwegingen:** Klimaat wordt vaak genoemd in de begroting van Enschede, maar niet in de risicoparagraaf. Beleid streeft klimaatbestendigheid in 2050 na. Extreme buien worden als een exceptionele gebeurtenis beschouwd en zijn (nog) geen onderdeel van de gemeentelijke risicoparagraaf. Voor extreme buien wordt gekeken waar te hoge risico's op wateroverlast zijn, op basis van de klimaateffectatlas. Waar dit aan de orde is worden vervolgens maatregelen geformuleerd en in de meerjarenraming opgenomen. Na Pathmos is het een overweging een risicoparagraaf voor extreem weer op te nemen, vanwege de kosten die bij de gemeente terecht zijn gekomen

Samenleving en organisatie

Wateroverlast Pathmos

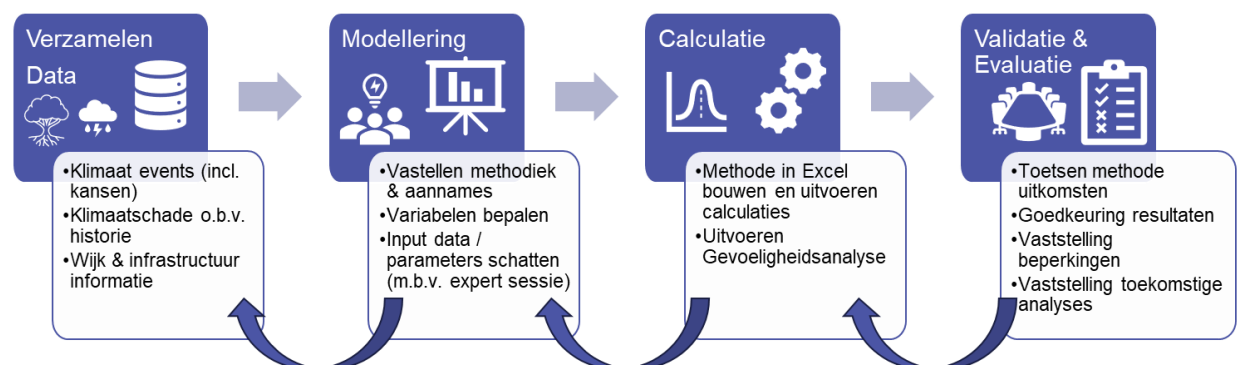
Incidentele lasten van 1.432.000 euro door extreme regenval en overstromingen op 21 juli 2024 in Pathmos en Stadsveld, inclusief een calamiteitenregeling van 375.000 euro.

Figuur 3.5 Beschrijving incidentele lasten jaarrekening Enschede 2024

4 Data verzameling voor kwantificering van klimaatrisico's

4.1 Inleiding

Voor het bepalen van de totale financiële impact van klimaatrisico's op de gemeente Haarlemmermeer is gekozen voor het gebruikmaken van een Monte Carlo-simulatie methodiek. In bijlage 3 is duidelijk beschreven waarom voor deze methode gekozen is. Het opstellen van een transparante en adequate Monte Carlo-simulatie methodiek vereist een specifieke aanpak waarin afzonderlijke (iteratieve) processtappen zijn doorlopen.



Figuur 4.1 Proces opstellen Monte Carlo-simulatie methode

In dit hoofdstuk staat hoe individuele klimaatrisico's zijn gekwantificeerd, welke informatie daarvoor is gebruikt en uit welke bronnen de getallen afkomstig zijn. De dataverzameling geeft input voor de modellering en calculatie in de processtappen daaropvolgend.

4.2 (Schade)informatie koppelen aan de relevante klimaatrisico's

Voor het kunnen uitvoeren van een Monte Carlo-simulatie is het van belang om de juiste informatie te verzamelen; data van potentiële klimaat gebeurtenissen, de zogenaamde extreem-weer events passend bij de geïdentificeerde klimaatrisico's, met bijbehorende kansen. Daarnaast is informatie van historische financiële schade verzameld die betrekking heeft op deze klimaatrisico's voor de gemeente Haarlemmermeer.

Voor de risico's die door de filters komen en dus relevant zijn, is schade informatie verzameld op basis van:

- Daadwerkelijke schades die in de gemeentelijke boekhouding staan geregistreerd
- Openbaar beschikbare informatie over klimaatschade
- Expert oordeel (werksessie met gemeentelijke experts op 13 mei 2025)
- Inzichten bij vergelijkbare gemeenten (er zijn 4 gemeenten geïnterviewd)

Hieronder volgt voor elk risico de uitwerking van de schadebepaling. Beschreven staat welke financiële informatie per risico beschikbaar is en hoe groot de kans per jaar is dat de schade gaat optreden.

Er wordt hier onderscheid gemaakt tussen acute incidentele klimaatrisico's en chronische structurele klimaatrisico's. Acute risico's zijn klimaat-en weersextremen van korte duur, zoals een extreme regenbui van een uur. Chronische risico's zijn langdurige effecten van weer en klimaat, zoals een droge periode van maanden. Bij chronische klimaatrisico's wordt niet enkel de directe schade in acht genomen, maar ook kosten voor (onderhouds)maatregelen.

4.2.1 Chronische klimaatrisico's

Zes van de vijftien risico's zijn chronisch van aard. Op volgorde van meeste naar minste gemiddelde schade per jaar zijn dat de volgende risico's:

Risico	Frequenter vervanging en onderhoud weginfra bij verzakkingen door bodemdaling
Methode schadebepaling	Een combinatie van slappe bodem (vooral veen), ontwatering en droogte zorgt voor daling van de bodem. Dit speelt vooral in de omgeving van Haarlemmerliede en Spaarnwoude. De berekening is gedaan voor verhard oppervlak publiek terrein (BGT: ondersteunend wegdeel, wegdeel. Minus 'erf' (privaat) resteert openbare verharding) bepaald van Haarlemmerliede en Spaarnwoude (afbakening op basis van CBS buurten). Kosten zijn bepaald op basis van de jaarlijkse meerkosten voor beheer van wegen op veen ten opzichte van wegen op draagkrachtige ondergrond. Deze meerkosten zijn € 0,69/m ² . De jaarlijkse meerkosten zijn vermenigvuldigd met het totale berekende verharde oppervlak op basis van de aanname dat voor elke 10 meter brede verharding er 1 strekkende meter riolering is.

Gebruikte bronnen	• CBS, buurten • BGT • PBL (eenheidsprijzen voor ophogen)
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Al het publiek verhard oppervlak in dit gebied wordt eens per 30 jaar extra opgehoogd. Elk jaar wordt 1/30^e van het areaal opgehoogd. Alle op te hogen wegen bestaan uit klinkerverharding Beheerders van de gemeente schatten deze kostenindicatie in als te hoog, omdat in de praktijk niet 100 % van het areaal in bodemdalingsgevoelig gebied daadwerkelijk zakt. Hoeveel de schadekosten daadwerkelijk zijn is niet bekend.
Kans op schadekosten per jaar	De kosten per jaar zijn € 962.039,00. Van deze kosten is ieder jaar sprake omdat we hier te maken hebben met een chronisch klimaatrisico.

Risico	Frequenter vervanging en onderhoud riool bij verzakkingen door bodemdaling
Methode schadebepaling	Een combinatie van slappe bodem (vooral veen), ontwatering en droogte zorgt voor daling van de bodem. Dit speelt vooral in de omgeving van Haarlemmerliede en Spaarnwoude. Het verschil in de jaarlijkse kosten voor beheer en afschrijving van we (riolering op basis van vrij verval door zwaartekracht) van in slappe en stabiele bodem bedraagt ongeveer € 3,42 per meter. De lengte van de riolering is bepaald op basis van de hoeveelheid verhard oppervlak publiek terrein voor de gebieden Haarlemmerliede en Spaarnwoude. Berekening: verhard oppervlak publiek terrein (BGT: ondersteunend wegdeel, wegdeel. Minus 'erf' (privaat) resteert openbare verharding) bepaald van Haarlemmerliede en Spaarnwoude (afbakening op basis van CBS buurten) Rioleringslengtes zijn afgeleid van het verhard oppervlak.
Gebruikte bronnen	PBL (eenheidsprijzen voor aanvullende kosten in jaarlijks beheer).
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Bij rioleringslengtes is de aanname gedaan dat alle publieke verharding bestaat uit een standaardprofiel weg (5,5 meter weg, twee keer trottoirband en 2 x 2 meter trottoir). In de praktijk zal het zo zijn dat er niet onder alle wegdelen riolering ligt. De hoeveelheid riolering is benaderd op basis van kengetallen en niet op basis van daadwerkelijke assetgegevens van de gemeente. Het schadebedrag kan scherper worden afgeleid wanneer dit wel gebeurt.
Kans op schadekosten per jaar	De kosten zijn een vast bedrag per jaar: € 476.837,00. Van deze kosten is ieder jaar sprake omdat we hier te maken hebben met een chronisch klimaatrisico.

Risico	Asfalt smelt bij hitte en de scheuren leiden 's winters tot vorstschade
Methode schadebepaling	Vast bedrag per jaar
Gebruikte bronnen	Werksessie gemeente Haarlemmermeer
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Er zijn jaarlijks schadekosten maar de precieze kosten zijn maar van één jaar (2023) beschikbaar: € 300.000,00. De aanname is dat de kosten elk jaar € 300.000,00 zijn.
Kans op schadekosten per jaar	De kans is 1 omdat we ervan uit gaan dat we te maken hebben met een chronisch klimaatrisico dat elk jaar voor komt. Bijbehorende kosten zijn € 300.000,00.

Risico	Extra overlast door exoten (mediterraan draaigatje)
Methode schadebepaling	De kosten voor het aanpakken van de exotische mierensoort mediterraan draaigatje waren in 2024 € 280.000,00. Op basis van informatie uit de werksessie over omliggende jaren zijn de onder- en bovengrens bepaald op basis van 50 % afwijking ten opzichte van de kosten in 2024. Binnen deze bandbreedte zijn de kosten per jaar lognormaal verdeeld.
Gebruikte bronnen	Werksessie gemeente Haarlemmermeer.
Aannames en bijbehorende onzekerheden	€ 280.000,00 zijn de gemiddelde kosten per jaar. Met als variatie een ondergrens van 50 % lager en bovengrens van 50 % hoger dan dit bedrag op basis van informatie uit de werksessie over de kosten in eerdere jaren. In het lopende jaar zijn de kosten tot zover € 160.000,00. Omdat het jaar nog niet is afgelopen, zijn deze kosten niet meegenomen in de schadeberekening.
Kans op schadekosten per jaar	Elk jaar is er sprake van schade in de bandbreedte.

Risico	Langer groeiseizoen betekent meer groenonderhoudskosten
Methode schadebepaling	Op basis van de daadwerkelijke hoeveelheid te maaien gras van de gemeente en eenheidsprijs € 0,04/m ² zijn de kosten van een maaibeurt bepaald.
Gebruikte bronnen	Hoeveelheid gras, gemeente Haarlemmermeer Eenheidsprijs: raming beheerkosten Leiden 2020 (TAUW)

Aannames en bijbehorende onzekerheden	Elke 2 jaar is er sprake van één extra maaibeurt, omdat gras door de hogere temperaturen langer blijft groeien in het najaar en eerder begint in het voorjaar. Elke 5 jaar is er sprake van twee extra maaibeurten per jaar. De gebruikte eenheidsprijs voor maaien dateert uit 2020: • € 0,03/m² • Deze is gecorrigeerd voor inflatie
Kans op schadekosten per jaar	Elke 2 jaar kans op € 280.196,00 (één extra maaibeurt). Elke 5 jaar kans op € 560.392,00 (twee extra maaibeurten).

Risico	Door hitte ontstaan in de leefomgeving onleefbare situaties en gezondheidsrisico's
Methode schadebepaling	Om onleefbare situaties en gezondheidsrisico's in de leefomgeving te voorkomen is het nodig om 'koele plekken' met groen en schaduw te realiseren. De benodigde koele plekken zijn bepaald op basis van analyse. Alle panden met afstand tot koelte groter dan 300 meter zijn geselecteerd. Om die panden is een zoekgebied aangebracht om koele plekken te plaatsen. Een koele plek moet zijn: minimaal 10.000 m² zijn (200 m² koele plekken met 2 x 300 m² 'uitstraling') en elk vlak moet minimaal 25 panden bedienen die niet voldoen.
Gebruikte bronnen	Kosten per koele plek: klimaateffectatlas, afstand tot koelte. Analyse benodigde koele plekken, TAUW 2025.
Aannames en bijbehorende onzekerheden	De koele plekken in de berekening hadden geoptimaliseerd kunnen worden door te schuiven met de locaties. Deze bewerking is niet gedaan. Kosten per koele plek zijn bepaald op € 5.000,00 - 25.000,00 (bron: klimaateffectatlas afstand tot koelte) bij een oppervlakte van 200 m². Het gehanteerde uitgangspunt is dat de benodigde koele plekken (292 stuks) uiterlijk in 2050 gereed moeten zijn, en dat er elk jaar een gelijk aantal (12 stuks) per jaar gerealiseerd worden.
Kans op schadekosten per jaar	De kosten per jaar zijn minimaal € 60.000,00 (12 x 5.000,00) en maximaal € 300.000,00. De precieze kosten per jaar zijn bepaald op basis een lognormale verdeling van kosten binnen dit bereik.

4.2.2 Acute klimaatrisico's

Negen van de vijftien risico's zijn acuut van aard. Op volgorde van meeste naar minste gemiddelde schade per jaar zijn dat de volgende risico's:

Risico	Sterfte bomen door watertekort
Methode schadebepaling	Door de toenemende frequentie en ernst van de droogte neemt bomensterfte toe. Inschatting op basis van herhalingstijd droogte: 0,001 %, 0,002 % en 0,005 % extra sterfte van alle bomen. 0.001 % bomensterfte gebeurt jaarlijks (+/- 100 dode bomen, ervaring van de gemeente). De herhalingstijd hiervan is dus 1. De herhalingstijden passend bij 0,002 % en 0,005 % bomensterfte zijn ingeschat op basis van het STOWA onderzoek (kans op 300 mm neerslagtekort is 1 op 20 jaar en 400 mm neerslagtekort is 1 op 100 jaar) en werksessie met de gemeente.
Gebruikte bronnen	Bomenmonitor Haarlemmermeer Kansberekening neerslagtekort, STOWA (STOWA_2023-36_droogtestatistiek)
Aannames en bijbehorende onzekerheden	De kosten voor het vervangen van een boom zijn bepaald op € 4.000,00 per stuk. De gemeente geeft aan dat de kosten wisselen per situatie (lokale omstandigheden) en tussen € 2.000,00 en € 10.000,00 liggen.
Kans op schadekosten per jaar	Er is elk jaar sprake van boomsterfte met een geschatte schade van € 376.000,00 en elke 100 jaar is er sprake boomsterfte met een geschatte schade van € 1.880.000,00.

Risico	Schade aan (gemeentelijk) vastgoed door extreme piekneerslag, toename schadeclaims door extreme piekneerslag
Methode schadebepaling	Schade aan gemeentelijke panden is gebaseerd op de pandschadeanalyse op basis van extreme neerslagmodellering van Arcadis. Het gemeentelijk bezit is gefilterd uit deze pandschadeanalyse. Er zijn twee buien doorgerekend. Schade bij aanvullende buien is bepaald op basis van interpolatie.
Gebruikte bronnen	- BAG - Lijst gemeentelijke panden, gemeente Haarlemmermeer - Pandschadeanalyse, Arcadis
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Bij bui van 20 mm/u is er 0 schade. Dit is de bui waarop de riolering is gedimensioneerd.
Kans op schadekosten per jaar	Er is niet ieder jaar sprake van schade. Bij een bui die eens per 2 jaar voorkomt (25 millimeter regen in een uur) is de schade € 88.272,00. De hoogste schade, bij een bui die eens per 500 jaar voorkomen is € 3.974.677,00.



Figuur 4.2 Gemeentelijke panden met water tegen de gevel bij een bui van 70 mm/uur (herhalingsjijd: 1 op 100 jaar)

Risico	Schade gemeente en derden door omvallen bomen
Methode schadebepaling	Er zijn schadebedragen bekend van een storm met windkracht 10 en windkracht 11 in Haarlemmermeer. Op basis van historische data is uitgezocht hoe vaak deze stormen voorkomen, namelijk eens per 2 jaar een storm van windkracht 10 en eens per 7 jaar een storm van windkracht 11.
Gebruikte bronnen	• Zomerstorm Poly, KNMI • Zware stormen in Nederland, KNMI
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Het is lastig om een compleet beeld te krijgen van alle schades door een storm. Aantal events is beperkt. Een storm van kracht 10 of 11 leidt tot een vast bedrag aan schade passend bij die windkracht. Elke storm in Nederland van windkracht 10 of 11 leidt tot schade voor de gemeente Haarlemmermeer vanwege de ligging nabij de Noordzee. In de werksessie is ook genoemd: 2 miljoen en 8 miljoen schade. Deze uitspraak is niet meegenomen in de analyse omdat er geen koppeling is gemaakt met herhalingsjiden en omdat het getal afwijkt van de daadwerkelijke schade die elke 7 jaar optreedt (storm Poly).
Kans op schadekosten per jaar	Er is elke 2 jaar kans op een schadepost van € 250.000,00, en elke 7 jaar kans op een schade van € 330.000,00.

Risico	Schade gemeente en derden door omvallen bomen
Risico	Verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)
Methode schadebepaling	De totale loonkosten per dag zijn berekend uitgaande van een gemiddeld salaris op basis van 50 werknemers fulltime in de buitendienst die 231 dagen werken per jaar. Op een hete dag is het verlies aan arbeidsproductiviteit 10 % van dit bedrag. Het aantal warme dagen per jaar en de kans op voorkomen van dit aantal warme dagen is bepaald op basis van historisch weerdata. De hoeveelheid warme dagen per jaar is geclusterd (0-9, 10-19, 20-29 et cetera tot maximaal 59 warme dagen, waarbij telkens de het middelste punt van het cluster is genomen; 4.5, 14.5, ... ,54.5.
Gebruikte bronnen	• Salariskosten – werkzoeken.nl • Verlies aan arbeidsproductiviteit – Arboned.nl • Aantal warme dagen – KNMI
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Rekenen met 10 % arbeidsproductiviteitsverlies per warme dag. Is 2 % per graad vanaf 25 graden waarbij in de berekening dus het uitgangspunt is dat elke warme dag gemiddeld 30 graden is. Uitgaande van 231 werkdagen per jaar: 365 (dagen)–104 (weekenddagen)–10 (feestdagen)–20 (vakantiedagen) = 231 werkdagen per jaar. Uitbesteed buitenwerk niet meegerekend. Totale loonkosten buitendienst met 50 FTE per jaar (€ 1.600.000,00) en per dag (€ 7.117,00) op basis van een gemiddeld loon van € 2.740,00. We passen hierin geen variatie toe van loon. Het aantal zomerse dagen is gebaseerd op de afgelopen 100 jaar, dus ook over het klimaat van de afgelopen 100 jaar in plaats van het klimaat van nu.
Kans op schadekosten per jaar voor ieder klimaat event (aantal zomerse/hitte dagen)	Op basis van de som van de kansen over alle clusters, die 1 is, is elk jaar sprake van warme dagen en dus gemiddeld elk jaar schade. De laagste schade is € 3.203,00 (= 4,5 * 10 % * 231* 7.117) per jaar, wanneer het aantal zomerse dagen onder de tien blijft. De kans hierop is 8 %. De hoogste schade is € 38.787,00. De kans hierop is 2 %.
Risico	Schade aan sportvelden bij intreden verdringingsreeks bij droogte
Methode schadebepaling	De schade is een vast bedrag die elke 50 jaar voorkomt. Er is geen verdere informatie beschikbaar en er heeft daarom geen verdere analyse plaatsgevonden.
Gebruikte bronnen	Werk sessie Haarlemmermeer

Aannames en bijbehorende onzekerheden	De verdringingsreeks is nog nooit ingegaan en dus is er geen informatie over een herhalingstijd. De kans is ingeschat op elke 50 jaar. Omdat deze gebeurtenis niet heeft plaatsgevonden is ook de schade onbekend. In de werksessie is aangegeven dat er 50 sportvelden van echt gras zijn en dat een heel veld renoveren tussen de € 200.000,00 en € 250.000,00 kost. Schade aan sportvelden bij het intreden van een verdringingsreeks, kan daardoor in de miljoenen lopen.
Kans op schadekosten per jaar	De schade van € 2,5 miljoen komt eens per 50 jaar voor. De gemiddelde schade per jaar bedraagt € 50.000,00.

Risico	Hagelschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen)
Methode schadebepaling	Volgens het klimaatdashboard van het verbond voor verzekeraars was de hagelschade in Haarlemmermeer in de periode 2007-2023 € 6.695.000,00. Uitschieters waren 2009 met € 1.775.000,00 en 2019 met € 2.000.000,00. 2022 en 2023 waren ook fors met € 500.000,00. Op basis hiervan is een schatting gemaakt van de herhalingstijden van schadekosten.
Gebruikte bronnen	Klimaatmonitor , verbond van verzekeraars.
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Vertaling van schadekosten naar herhalingstijden is een inschatting. Schade dat ten deel valt aan de gemeente is ook een inschatting. 1 % van het vastgoed is van de gemeente en daarom gekoppeld aan 1 % van de schadegetallen. Alleen gemeentelijk vastgoed is onderdeel van deze berekening. Privaat vastgoed valt niet onder de financiële verantwoordelijkheid van de gemeente.
Kans op schadekosten per jaar	Schadekosten zitten in de bandbreedte van minimaal € 1.000,00 en maximaal € 20.000,00.

Risico	Verzakkingen door bodemdaling gebouwen
Methode schadebepaling	Gemeentelijke panden geselecteerd die op veen/klei grond staan met een bouwjaar vóór 1970 (na die tijd is er niet meer met houten palen gebouwd). De kans dat er in 25 jaar (horizon 2050) schade optreedt is 1 minus de kans dat er in 25 jaar geen schade optreedt, ofwel $1 - (1-x)^{25}$. bij een jaarlijkse kans x van 0,4206 % is de kans op schade na 25 jaar 10 %.
Gebruikte bronnen	- Gemeente Haarlemmermeer (gemeentelijke panden) - Duik in je fundering (2022, bepaling schadekosten fundering)

Aannames en bijbehorende onzekerheden	De kans dat een pand dat voldoet aan de criteria daadwerkelijk schade ondervindt is 10 %. Dit is een expertoordeel en niet gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek. In geval van schade zijn de kosten een random bedrag tussen € 50.000,00 en € 100.000,00.
Kans op schadekosten per jaar	Eens per 40,5 jaar is de kans op een schadebedrag binnen het bereik van € 50.000,00-100.000,00. Gemiddeld komt dit uit tussen de € 1.235,00 en € 2.469,00 per jaar.
Risico	Hogere energierekening: meer koeling gemeentelijk vastgoed tijdens de zomer
Methode schadebepaling	Op basis van daadwerkelijke verbruik afgeleid hoeveel extra KWh wordt verbruikt in de zomermaanden jun/jul/aug en op basis daarvan extra kosten per dag bepaald. Deze kosten zijn gecombineerd met aantal warme dagen (25 graden+). Het aantal warme dagen per jaar en de kans op voorkomen van dit aantal warme dagen is bepaald op basis van historisch weerdata. De hoeveelheid warme dagen per jaar is geclusterd (0-9, 10-19, 20-29 et cetera tot maximaal 59 warme dagen.
Gebruikte bronnen	Daadwerkelijk verbruik, gemeente Haarlemmermeer Kosten per kilowattuur , ANWB. Extra verbruik bij warme dagen , 3nergie.nl.
Aannames en bijbehorende onzekerheden	Er is alleen gekeken naar extra verbruik in de zomer, niet voor eventuele besparing door zachte winters in stookkosten. Gemiddelde stroomverbruik 10 % hoger bij meer dan 25 graden. Ongeacht hoeveel warmer het is dan 25 graden.
Kans op schadekosten per jaar voor ieder klimaat event (aantal zomerse/hitte dagen)	Er is elk jaar sprake van warme dagen en dus elk jaar schade. De laagste schade is € 264,00 per jaar, wanneer het aantal zomerse dagen onder de tien blijft. De kans hierop is 8 %. De hoogste schade is € 3.194,00. De kans hierop is 2 %.
Risico	Stormschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen) door wind
Methode schadebepaling	Bij dit risico zijn geen bronnen beschikbaar over herhalingstijden en schade. Bij gebrek aan informatie is dit risico niet doorgerekend. De afdeling vastgoed van de gemeente heeft zeer sporadisch een situatie meegemaakt waarbij wind heeft geleid tot pandschade.
Gebruikte bronnen	Werksessie Haarlemmermeer
Aannames en bijbehorende onzekerheden	N.v.t.
Kans op schadekosten per jaar	N.v.t.

4.3 Kosten buiten de onderzoeksscope

Op stormschade door wind aan gemeentelijke panden na is er voor elk relevant risico, informatie beschikbaar over schade. Deze informatie is gebaseerd op de gemeentelijke administratie, praktijkkennis van deskundigen van de gemeente en TAUW en openbaar beschikbare bronnen.

Het is voorstelbaar dat de totale kosten een onderschatting geven van de werkelijke kosten omdat een aantal kosten buiten de onderzoeksscope valt. Dit komt door meerdere factoren:

- Van de risico's die in de filtermethodiek zijn afgevalen is de financiële impact door klimaatverandering niet nul. Echter is in dit onderzoek de keuze gemaakt om indirecte kosten en kleine kosten buiten beschouwing te laten. Risico's met een lage financiële impact (op basis van werksessie met gemeentelijke deskundigen, op basis van kans van optreden en financiële schade per event) zijn niet meegenomen, terwijl deze gecumuleerd alsnog een aanzienlijke kostenpost kunnen vormen
- De analyse is gebaseerd op historische weersgegevens tot en met nu. Specifiek voor het bepalen van het aantal hete dagen is bijvoorbeeld gebruik gemaakt van historische weergegevens van de afgelopen 100 jaar. Hierbij is geen correctie toegepast voor het feit dat het huidige klimaat al aanzienlijk verschilt van dat van honderd jaar geleden. De gebruikte data geven daardoor mogelijk een onderschat beeld van toekomstige extremen
- Het is aannemelijk dat bepaalde klimaatrisico's nog niet volledig in beeld zijn, omdat ze zich nog nooit hebben voorgedaan en daardoor moeilijk voorstelbaar zijn. Extreem weer dat buiten ons huidige referentiekader valt – zoals een hittegolf met temperaturen van 40 °C gedurende een hele week – zou tot geheel nieuwe en potentieel zeer hoge kosten kunnen leiden

5 Bepalen van totale financiële impact

5.1 Inleiding

Op basis van de relevante klimaatrisico's is de financiële impact voor de gemeente Haarlemmermeer berekend. Om de afzonderlijke klimaatrisico's te vertalen naar een totaal financieel risico is gebruikgemaakt van een Monte Carlo-simulatie, waarbij schadegegevens en herhalingstijden van de verschillende klimaatrisico's als input zijn gebruikt. Deze statistische methode berekent de totale jaarlijkse financiële impact van alle klimaatrisico's gezamenlijk, uitgaande van een situatie zonder aanvullende mitigerende klimaatmaatregelen. In de analyse is een opsplitsing gemaakt tussen chronische en acute risico's. De gemeente Haarlemmermeer heeft de chronische risico's al in beeld, neemt hiervoor maatregelen en heeft hiervoor budget gereserveerd. De acute risico's, die zich onverwacht en plotseling kunnen voordoen, zijn apart in kaart gebracht zodat hun potentiële financiële impact duidelijk wordt onderscheiden van de reeds beheerste chronische risico's.

5.2 Modelling

Nu per klimaatrisico de gekwantificeerde kans op schade en schadekosten bekend zijn, is het mogelijk om met een Monte-Carlosimulatie de klimaatrisico's beter te begrijpen. Dit zijn niet alleen de gemiddelde waardes maar ook bepaalde percentielen zodat je inzicht in de spreiding van uitkomsten krijgt. In bijlage 3 en bijlage 5 wordt de aanpak van de Monte-Carlo simulatie uitgebreid beschreven en de gebruikte parameters en aannames uiteengezet.

De essentie van de Monte-Carlomethodiek is het willekeurig samplen van een of meerdere kansverdelingen. Aan de basis van het bepalen van de totale financiële impact staat het samplen van een jaarlijkse of kansgerelateerde financiële schade voor elk individueel klimaatrisico. De som van de financiële schades vormen samen een sample van de totale jaarlijkse financiële schade. Dit wordt herhaald totdat het aantal samples groot genoeg is om waardevolle statistieken te kunnen berekenen, zoals gemiddelde waarden maar ook bepaalde percentielen zodat je inzicht in de spreiding krijgt.

Het is mogelijk de Monte Carlo-simulaties uit te voeren waarbij wel en geen rekening gehouden wordt met mitigerende maatregelen. De kans op een extreem weer event verkleinen valt buiten de invloedssfeer van de gemeente, maar de gemeente heeft wel invloed op de financiële schade/gevolgen na zo'n event door de juiste maatregelen te treffen. Bij het gebruik van andere schade input data (met behulp van expert input) en het opnieuw runnen van de calculatie kan berekend worden wat de mogelijke financiële impact is van (potentiële) mitigerende maatregelen.

5.3 Resultaten analyse

Het runnen van de Monte-Carlo simulaties resulteert in een verdeling van jaarlijkse totale potentiële schades op basis van klimaateffecten (zie figuur 5.1), en de analyse hierop kan op verschillende manieren uitgedrukt worden. Na het onderscheiden van chronische risico's en jaarlijks terugkerende acute risico's (verwachte impact) en incidentele acute risico's (incidentele en catastrofale impact) zijn deze afzonderlijk berekend en vervolgens samengevoegd om de totale impact te bepalen. Voor het bepalen van de financiële impact is gekeken naar de mediaan, het gemiddelde, de standaarddeviatie, het minimum en maximum van de totale jaarlijkse impact, en de impact uitgesplitst per risico. Daarnaast wordt het 5-, 25-, 75-, 96, 99-, en 99,9-percentiel berekend. Dit geeft inzicht in het risico in zeer extreme gevallen. Een afdruk van de modelresultaten is weergegeven in bijlage 4. De exacte resultaten wisselen per modelrun omdat de resultaten bestaan uit 10.000 random simulaties.

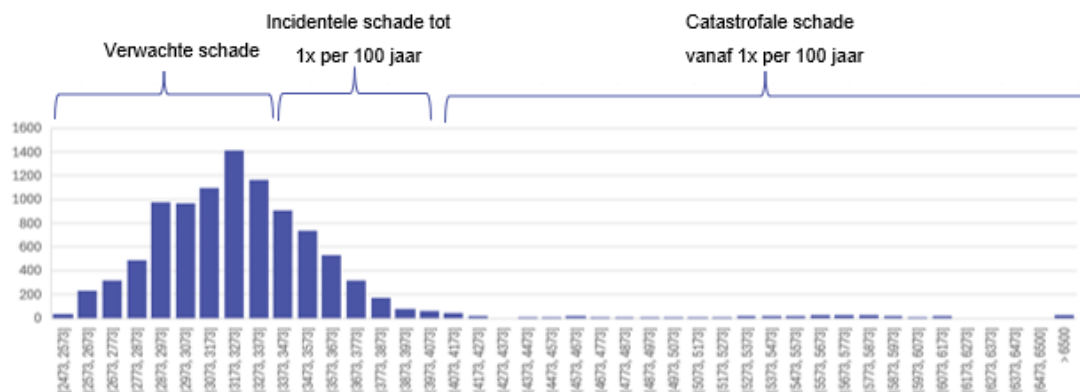
Opvallende resultaten zijn de volgende:

- Totaal (kEur/jaar):
 - De totale verwachte kosten (mediaan en gemiddeld) zijn ongeveer 3,3 miljoen EUR/jaar. Er is een aanzienlijke spreiding (standaarddeviatie van ongeveer 0,5 miljoen per jaar)
 - De incidentele schade tot en met het 95^e percentiel (1 x per 20 jaar) bedraagt 4,0 miljoen per jaar
 - Catastrofale schade vanaf het 99^e percentiel (1 x per 100 jaar) bedraagt de schade 5,8 miljoen per jaar
 - Catastrofale schade in het 99,9^e percentiel (1 x per 1.000 jaar) bedraagt de schade 7,2 miljoen per jaar. Dit valt onder catastrofale schade
 - In het ergste geval (maximaal berekende schade) kunnen de totale kosten oplopen tot 8,9 kEur/jaar, wat meer dan het dubbele is van de mediaan

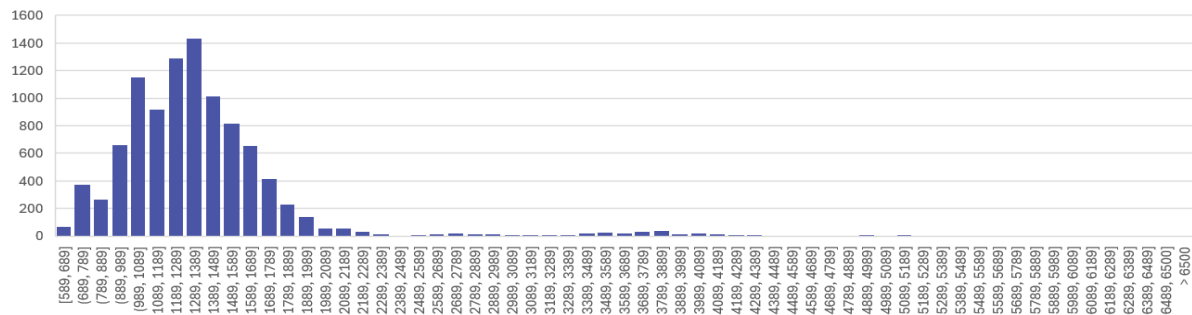
Dit onderstreept het belang van risicobeheer om grip te krijgen op extreme financiële impact. Dit kan door budget of risicoposten achter de hand te houden om schades te bekostigen in geval van calamiteiten

- Hoge onzekerheid/spreiding: Kostenposten met een hoge standaarddeviatie in verhouding tot hun mediaan, zoals 'Gemeentelijk vastgoed neerslag', 'Sportvelden' en 'Bomensterfte', laten een grote variatie zien. Dit zijn de posten waar de werkelijke kosten significant kunnen afwijken van de mediaan. Gebeurtenissen met een kleine kans zorgen bij deze klimaateffecten voor grote schade
- Uitschieters in de percentielen: Sommige posten laten een enorme sprong zien van het 95e naar het 99e of 99,9e percentiel, wat wijst op de aanwezigheid van 'extreme' of zeldzame gebeurtenissen die tot zeer hoge kosten kunnen leiden (bijvoorbeeld 'Gemeentelijk vastgoed neerslag', 'Sportvelden', 'Verzakking gebouwen')

De verspreiding van de kosten ten opzichte van het aantal rekenjaren is weergegeven in onderstaande figuur. Let op! Hoewel de vorm van figuur hetzelfde zal zijn en de conclusies niet significant zullen afwijken, zal de exacte verdeling van de figuur wel iets variëren per model run wat tot uiting kan komen in de 'staart'.



Figuur 5.1 De x-as geeft de totale schade in kEur weer. De y-as geeft de schade-frequentie in de Monte-Carlosimulatie weer



Figuur 5.2 De x-as geeft de schade in kEur van de acute klimaatrisico's weer. De y-as geeft de schade-frequentie in de Monte-Carlosimulatie weer

De chronische klimaatrisico's zijn meegenomen in figuur 5.1. Vanwege hun chronische karakter is deze niet los in de Monte Carlo simulatie meegenomen. De waardes zijn in onderstaande tabel weergegeven.

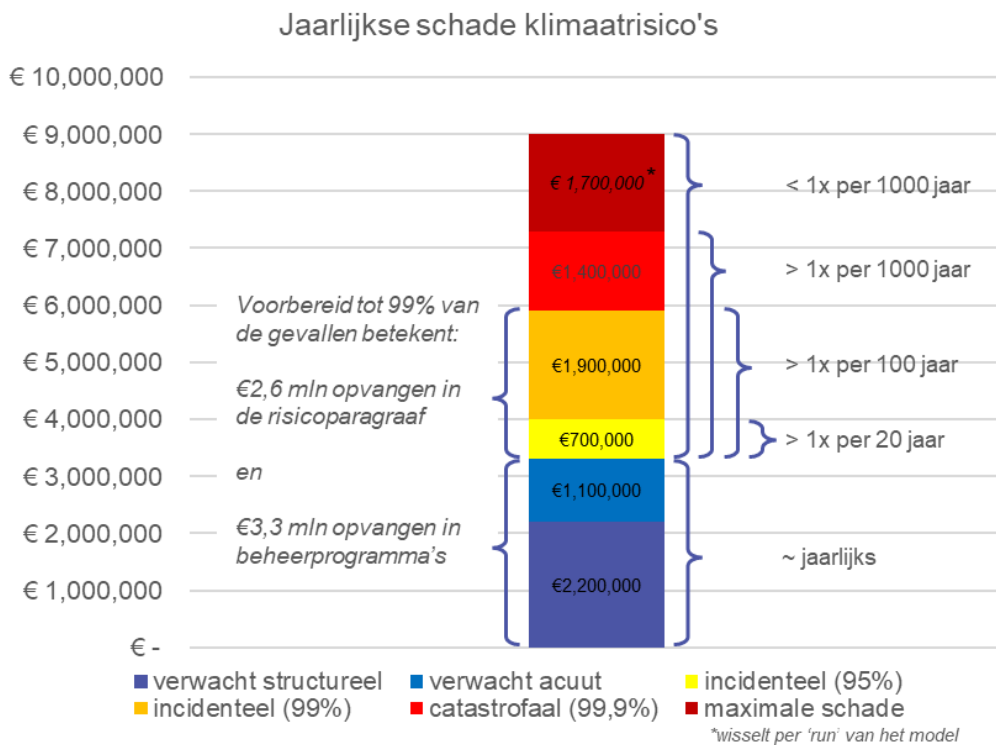
	Risicotype	MEDIAN	MEAN	ST. DEV.	MIN	MAX
Asfalt smelt (kEur)	Chronisch	300	300	0	300	300
Verzakking weginfra (kEur)	Chronisch	962	962	0	962	962
Verzakking riool (kEur)	Chronisch	477	477	0	477	477
Langer groeiseizoen (kEur)	Chronisch	280	253	0	0	560
Koele plekken (kEur)	Chronisch	178	189	0	82	700
Som YEAR (kEur) chronisch risico's	Chronisch	2197	2181	0	1821	2999

De **verwachte impact** zijn de kosten/verliezen waar om jaarlijks gemiddeld rekening mee te houden (het éne jaar zal wat meer zijn dan het andere jaar). Het zijn uitgaven aan zaken die te maken hebben met klimaatverandering en klimaatgevaaren, rekening houdend met het klimaatbeleid van de gemeente met de daarbij horende maatregelen. De som van de verwachte- en onverwachte impact levert de totale klimaatschade. De verwachte schade is onderdeel van reguliere budgetten. Alle chronische klimaatrisico's (€ 2.2 miljoen) en jaarlijkse terugkerende incidentele schade (€ 1,1 miljoen) vallen hieronder.

De extreme **incidentele schade** past als risicopost en die net als andere risicoposten gedekt worden door weerstandsvermogen. Deze schade heeft een kleine kans en een grotere impact (€ 0,7 tot 2,6 miljoen boven op de verwachte schade bij 95^e tot 99^e percentiel).

De bovengrens is **catastrofale impact**: het maximale worst-case schade (tot € 4 miljoen boven op de verwachte schade bij 99,9^e percentiel). De maximaal berekende schade is 5,6 miljoen boven op de verwachte schade tot een totaal van ongeveer 9,0 miljoen.

Deze gestapelde grafiek vat het samen in de verschillende stappen:



5.4 Validatie en evaluatie

De methodiek en resultaten zijn besproken met de gemeente Haarlemmermeer in een werksessie. Deze heeft plaatsgevonden op 10 juli 2025. In de werksessie is de methodiek vastgesteld en zijn de beperkingen van het model besproken en geaccepteerd. Een uitgebreide toelichting op de modellering is opgenomen in bijlage 6.

De belangrijkste beperkingen van het model zijn:

- Het maximaal aantal Monte-Carlo stappen is begrensd op 10.000 vanwege de 2GB RAM-limiet van Excel 32 bit. Een simulatie met 10.000 Monte-Carlo stappen is onvoldoende om een accuraat beeld te krijgen van de hogere percentielwaarden van de jaarlijkse financiële schade. Een Monte-Carlosimulatie met 100.000 stappen is aanbevolen om nauwkeuriger uitspraken te doen over de meest hoge percentielwaarden (rechts in figuur 5.1)
- Per klimaatrisico kan er per jaar maar 1 subevent plaatsvinden. Voor klimaatrisico's die samenhangen met de klimaatgevaaren 'extreme neerslag en storm', de schade in extreme gevallen onderschat omdat schadeveroorzakende extreme neerslag en storm meerdere keren per jaar kan voorkomen. Echter is de kans op zo'n extreem weer event zeer klein, waardoor het vaak niet eens één keer per jaar voorkomt, laat staan twee keer. Hoewel het risico theoretisch onderschat wordt, schatten we de impact van deze beperking als beperkt

- Chronische kostenposten, zoals *asfalt smelt* en *verzakking riool*, hebben in deze analyse een standaarddeviatie van 0. Dit houdt in dat deze kostenposten zijn gemodelleerd als jaarlijkse vaste waarden, zonder variatie binnen de gehanteerde aannames. Deze veronderstelling impliceert dat de gebudgetteerde kosten exact gelijk zijn aan het totale resterende risico na adaptieve en mitigerende maatregelen. Dit is een aanname die mogelijk niet volledig juist is en vormt daarmee een beperking van het model, aangezien er in werkelijkheid wel sprake kan zijn van onzekerheid

Met eigen controle processen is de inputdata gecontroleerd op reproduceerbaarheid en correctheid van de berekeningen. Het model is verder zelf gevalideerd door middel van het controleren van de modeloutput ten opzichte van de inputdata. Zo zou de gemiddelde financiële schade per klimaatrisico en de herhalingstijd van de subevents overeen moeten komen (de onzekerheidsmarges in acht nemende) met de input. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het algoritme correct werkt. De onzekerheidsmarge per subevent bij 10.000 stappen is berekend.

Ook heeft er een beperkte gevoeligheidsanalyse plaatsgevonden, zie bijlage 5. Daaruit volgt dat de enige parameters die logischerwijs zouden kunnen variëren de keuze is voor een lognormale of uniforme verdeling van de schadekosten, en indien er voor een lognormale verdeling wordt gekozen, de spreiding van deze verdeling. Daaruit volgt dat bij een redelijk gekozen spreiding de keuze tussen lognormale of uniforme kosten geen effect hebben op de gemiddelde schade en een niet noemenswaardig effect op de hogere percentielwaarden.

6 Beheersmaatregelen

6.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn de relevante klimaatrisico's bepaald inclusief te verwachten schade. Door het nemen van beheersmaatregelen is het mogelijk om de schade te voorkomen of te beperken. Haarlemmermeer voert ook nu al beheersmaatregelen uit om de impact van klimaatschade te verminderen of te voorkomen. Dit hoofdstuk gaat in op de beheersmaatregelen die nu al worden genomen en op mogelijke aanvullende maatregelen.

De achterliggende vraag hierbij is hoe het verkleinen van klimaatrisico's gedekt wordt. Hierbij zijn drie dekkingsbronnen belangrijk:

- Dekking binnen bestaande formatie en toegekende budgetten
- Dekking door opslag op bestaande budgetten (bijvoorbeeld assetbeheer)
- Dekking vanuit een reservering voor onvoorziene gebeurtenissen

De vraag is wat de financiële impact van een klimaatrisico is mét, en zonder beheersmaatregelen. Dit maakt een rationele financiële afweging mogelijk om een beheersmaatregel wel of niet te treffen. In de gemeentelijke praktijk is deze afweging complexer. De gemeente baseert investeringen niet alleen op financiële overwegingen, maar heeft zorgplichten, verantwoordelijkheden en beleidsambities die ze tracht te realiseren die een bepaald minimumniveau aan beheersmaatregelen vereisen. Denk hierbij aan de zorgplicht voor het verwerken van regenwater, of aan het borgen van de verkeersveiligheid.

Het beschrijven van de situatie zonder maatregelen (wat als de gemeente niets doet) is daarmee een kwalitatieve beschrijving. Hieronder volgt per klimaatrisico een beschrijving van de huidige beheersmaatregelen, mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en een toelichting op de situatie die ontstaat wanneer gestopt wordt met het treffen van beheersmaatregelen. In de praktijk valt op dat de keuze voor beheersmaatregelen zich richt op een situatie waarin tegen zo laag mogelijke kosten aan de zorgplichten en verantwoordelijkheid wordt voldaan. Het niet voldoen aan de zorgplichten is ook vanuit financieel oogpunt onwenselijk. Schadeherstel is in de regel duurder dan regulier onderhoud en het niet voldoen aan zorgplichten leidt ook tot aansprakelijkheidsrisico's en financiële consequenties daarvan.

6.2 Beheersmaatregelen per risico

Risico	Schade aan sportvelden bij intreden verdringingsreeks bij droogte
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Een situatie zonder beheersmaatregelen is onwenselijk. Er zijn in de gemeente rond de 50 grasvelden met echt gras. Zonder berekening, kan je deze velden na een droge en hete periode afschrijven. Als een veld afgeschreven wordt en geheel gerenoveerd moet worden, kost dat tussen de € 200.000,00 en € 250.000,00 per veld.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Er wordt gedurende de gehele zomer, tijdens extreme hitte 1 á 2 keer per dag, beregend. Meerdere mensen hebben een dagtaak aan het onderhouden van de sportvelden. Er is bijvoorbeeld een monteur in dienst, die bij warm weer dagelijks de sproeiers naloopt. Hoeveel dit kost is moeilijk te kwantificeren. De hoeveelheid van beregenen heeft alleen invloed op de stroomkosten, en deze kosten zijn verwaarloosbaar. Er is normaliter genoeg water beschikbaar om te beregenen. In Spaarndam wordt er gebruik gemaakt van een bassin dat wordt gevuld in de winter, en gebruikt in de zomer. Dat het bassin met water leeg was, heeft de gemeente ooit 1 keer in 7 jaar meegemaakt. Als dat gebeurt, wordt er water naar het bassin toegereiden.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen	Enkel kunstgrasvelden aanleggen. Dit is onwenselijk met oog op circulariteit en de voorkeur voor natuurlijke materialen. Extra velden aanleggen om de gebruiksdruk van de sportvelden te verlagen. Dit is lastig vanwege de hoge druk op de beschikbare ruimte. De trend is juist dat sportvelden intensiever gebruikt worden. Geschikte financiering voor deze maatregelen is een opslag op het assetbeheer.

Risico	Schade aan (gemeentelijk) vastgoed door extreme piekneerslag, toename schadeclaims door extreme piekneerslag
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Een situatie zonder beheersmaatregelen, leidt tot schade aan (gemeentelijk) vastgoed. Voor verschillende type buien met verschillende herhalingstijden (variërend van eens in de 2 tot eens in de 500 jaar), varieert de schade tussen de € 88.272,00 en € 3.974.677,00 per jaar.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Als beheersmaatregel wordt extra geld vrijgemaakt in het programma water en riolering. Voor inspanningen op klimaatadaptatie is 1,1 miljoen per jaar beschikbaar in de planperiode 2024-2028. Dit is niet specifiek bestemd voor pandgerichte maatregelen, maar voor het water- en rioleringssysteem als geheel.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen	Pandgerichte onderzoeken uit te voeren en maatregelen te nemen voor kwetsbare panden binnen de gemeente. Onderzoeksfinanciering vanuit assetbeheer.
Risico	Frequenter vervanging en onderhoud riool bij verzakkingen door bodemdaling
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	In een situatie zonder beheersmaatregelen, wordt niet voldaan aan de zorgplichten voor afval- en hemelwater. Er ontstaan situaties waar huisaansluitingen 'losscheuren' van de gemeentelijke riolering.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Als beheersmaatregel worden vervanging en reconstructies/relinen uitgevoerd op basis van inspecties. Daarnaast worden er ook Investerings in het PRRW gedaan.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen	Afwegen van lichte ophoogmaterialen om verder zakken in de toekomst te voorkomen.
Risico	Verzakkingen door bodemdaling gebouwen
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Er is weinig vastgoed in zakkingsgevoelige gebieden en er zijn nu geen signalen bekend van gemeentelijke panden met funderingsproblemen.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	De aanpak is responsief. Dat wil zeggen, als er problemen ontstaan worden die opgelost. Er worden geen preventieve maatregelen getroffen.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen	Onderzoeken naar funderingsrisico's voor gemeentelijke panden.
Risico	Sterfte bomen door watertekort
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Een scenario zonder beheersmaatregelen is niet mogelijk. Zonder water geven en extra boomcontroles gaan alle nieuw aangeplante bomen dood en is het beter om überhaupt geen bomen meer te planten. Als je een boom in de zomer 1 week geen water geeft, gaat deze boom dood.

Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Als beheersmaatregel worden (extra) boomveiligheidscontroles uitgevoerd. De totale kosten van boomveiligheidscontroles zijn € 122.000,00. Daarnaast wordt er tijdens hete periode extra water gegeven. Dit gebeurt steeds vaker. Eerst kregen de bomen 2 jaar lang water, maar dat is in het huidige klimaat te kort. Daarnaast hebben sommige bomen die ouder zijn, nu ook structureel water nodig. De kosten voor extra water geven bedragen € 200.000,00 per jaar. Ook met het extra water geven, gaan er alsnog gemiddeld 100 bomen per jaar dood.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen	Geen bomen meer aanplanten. Dit is strijdig met verschillende beleidsstukken (onder andere groenbeleid en klimaatbeleid). Het planten van enkel droogtebestendige soorten. Echter is de beschikbare ruimte beperkt om overal goede kwaliteit bomen te kunnen planten. Dit geldt voor zowel de openbare ruimte als in nieuw te bouwen ruimte.
Risico	
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Langer groeiseizoen betekent meer groenonderhoudskosten Een situatie zonder beheersmaatregelen leidt tot meer kosten. De grasvelden gaan overwoekeren en zullen niet voldoen aan beleid rondom de beeldkwaliteit en veiligheid. Voor het maaien van langer gras zijn zwaardere en duurdere machines nodig. Ook de klachtenafhandeling gaat meer geld kosten. Hogere grassen leiden ook tot verrommeling (afval), brandgevaar en beperkt de afvoer van regenwater.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Aanvullend maaien conform de gestelde kwaliteitseisen in het groenbeleid (kwaliteitsniveau B).
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen	Extensief beheer: minder maaien. Echter is het goedkoper om door te maaien, dan minder te maaien. Meer schrale grassoorten toepassen die je maar 1 á 2 keer per jaar hoeft te maaien. Echter is dit niet overal gewenst. Op een aantal locaties wordt al gewerkt met extensiever beheer en andere typen begroeiing.
Risico	
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Door hitte ontstaan onleefbare situaties Extreme hitte leidt tot oversterfte. Door inzetten op koele plekken kan de overlast door hitte worden beperkt. Het inzetten op groen is ook van wetgeving (natuurherstelwet) waarin staat dat tot 2030 de totale hoeveelheid groen niet af mag nemen, en daarna moet toenemen.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Momenteel is in beleid opgenomen dat de gemeente zorgt voor voldoende koelte en schaduw bij verblijfsplekken van kwetsbare groepen en in de omgeving van kwetsbare functies. Voorbeelden hiervan zijn schoolpleinen en zit- verblijfsplekken op loopafstand (300 meter) van woonlocaties voor senioren. Bij nieuwbouw gaat dit goed. In de bestaande omgeving is het vinden van ruimte voor groene koele plekken een uitdaging.

Risico	Door hitte ontstaan onleefbare situaties
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen	Op elke plek in de gemeente waar de afstand tussen een woning en een groene plek groter is dan 300 meter een aanvullende koele plek realiseren. Het opstellen van een lokaal hitteplan. In een lokaal hitteplan staan acties voor verschillende relevante organisaties beschreven, om kwetsbare doelgroepen te bereiken en te beschermen tegen de hitte. Her realiseren van 30 % groen in alle buurten met woonkernen, kost tussen de € 114,7 en € 286,8 miljoen. In deze analyse zijn de buurten die grotendeels uit woonkernen bestaan geselecteerd. Vervolgens is, op basis van het huidige percentage groen, bekeken hoe veel groen er per buurt toegevoegd moet worden. Op basis van oppervlak benodigd groen en kosten voor groen per m2 zijn de totale kosten bepaald. Het realiseren van 40 % schaduw op belangrijke wandel- en fietspaden, kost tussen de € 42,8 en € 89,8 miljoen. Op basis van het huidige percentage schaduw is bepaald welk percentage schaduw toegevoegd moet worden. Vervolgens zijn op basis van oppervlak benodigde schaduw, de boomkroonprojectie van verschillende type bomen en de kosten per boom, de totale kosten bepaald. Het is belangrijk om te benoemen dat de bomen die schaduw geven ook bijdragen aan de verhoging van het percentage groen. In de berekening zijn de twee doelstellingen afzonderlijk behandeld, maar mochten deze gezamenlijk aangepakt worden, zijn de totale kosten lager.
Risico	Schade gemeente en derden door omvallen bomen
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Geen controles doen en bomen opruimen wanneer ze omvallen leidt tot hogere kosten. Boven op de kosten voor opruimen komen dan ook de schades van omvallende bomen. Hier zijn ook de zorgplichten van de gemeente voor veiligheid relevant.
Huidige beheersmaatregelen	Als beheersmaatregel worden (extra) boomveiligheidscontroles uitgevoerd. De huidige aanpak is het preventief detecteren en snoeien/kappen van bomen met een risico op omvallen.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan	Aanvullende beheersmaatregelen zijn niet van toepassing. Op dit moment wordt er al maximaal ingezet op beheersen.
Risico	Frequentere vervanging en onderhoud weginfra bij verzakkingen door bodemdaling
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Niets doen leidt tot risico's voor de verkeersveiligheid. Denk aan een situatie waarin de weg verzakt, maar de putten op niveau blijven en dus boven de weg uit steken.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Op basis van inspecties wordt weginfrastructuur vervangen bij zorgelijke vervangingen. Volgens de norm moet bij 20-40 centimeter verzakking worden ingegrepen, de gemeente doet dit eerder.

Risico	Frequentere vervanging en onderhoud weginfra bij verzakkingen door bodemdaling
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan	Gebruik van lichte ophoogmaterialen om verdere verzakking in de toekomst te beperken.

Risico	Extra overlast door exoten: mediterrane draaigatje
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Een situatie zonder beheersmaatregelen is onwenselijk. Het mediterrane draaigatje geldt als een sloper van de openbare ruimte en ondergraaft onder andere de bestrating. Niks doen levert onleefbare situaties op en zorgt dat er niet aan de zorgplichten voldaan wordt.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	De huidige beheersmaatregelen bestaan uit de groepen niet laten uitbreiden, en de hoeveelheid mieren verminderen. De kosten in 2024 waren € 280.000,00
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan	Aanvullende beheersmaatregelen zijn niet van toepassing. Op dit moment wordt er al maximaal ingezet op beheersen.

Risico	Asfalt smelt bij hitte en de scheuren leiden 's winters tot vorstschade
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	Een situatie zonder beheersmaatregelen is onwenselijk. Smeltend asfalt en scheurvorming zorgt voor schade, waardoor het functioneren van het wegdek niet meer gegarandeerd kan worden. Vanuit veiligheidsoogpunt is dit onacceptabel.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Momenteel worden de scheuren die tijdens de zomer gevormd zijn, gedicht voorafgaand aan de winterperiode. Er wordt € 300.000,00 per jaar besteed aan reparaties aan het wegdek.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan	- Eerder vervangen van asfalt dat hier gevoelig voor is. Dit is duurder dan het repareren van schade - Het strooien van zout om te voorkomen dat asfalt smelt tijdens hitte

Risico	Verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet?	In een situatie zonder beheersmaatregelen zijn de kosten aan verlies arbeidsproductiviteit tussen de € 3.000,00 en € 39.000,00 per jaar.
Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan	Een huidige beheersmaatregel die wordt uitgevoerd, is dat de werktijden van groenwerkers worden aangepast.
Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan	Mensen die buiten werken, tijdelijk binnen laten werken aan alternatieve werkzaamheden.

Risico		Hagelschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen)
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet? Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan		In een situatie zonder beheersmaatregelen, is de verwachte schade tussen de € 1.000,00 en € 20.000,00 per jaar.
		Er worden op dit moment geen beheersmaatregelen genomen aangezien de kosten verwaarloosbaar zijn.
		Het is niet van toepassing om beheersmaatregelen te nemen, omdat de kosten verwaarloosbaar zijn.
Risico		Hogere energierekening: meer koeling gemeentelijk vastgoed tijdens de zomer
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet? Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan		In een situatie zonder beheersmaatregelen zijn de kosten aan extra energiekosten tussen de € 300,00 en € 3.000,00 per jaar.
		Er worden op dit moment geen beheersmaatregelen genomen aangezien de kosten verwaarloosbaar zijn.
		Het is niet van toepassing om beheersmaatregelen te nemen, omdat de kosten verwaarloosbaar zijn.
Risico		Stormschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen) door wind
Situatie zonder beheersmaatregelen. Wat als de gemeente niets doet? Huidige beheersmaatregelen en financiering daarvan Mogelijke aanvullende beheersmaatregelen en financiering daarvan		Bij dit risico zijn geen bronnen beschikbaar over herhalingstijden en schade. Bij gebrek aan informatie is dit risico niet doorgerekend. Er zijn volgens de afdeling vastgoed van de gemeente geen gebeurtenissen geweest waarbij wind heeft geleid tot pandschade
		Niet van toepassing
		Niet van toepassing

7 Conclusie

In dit hoofdstuk staat de beantwoording van de zeven deelvragen die ten grondslag liggen aan dit onderzoek.

7.1 Welke klimaatrisico's kunnen in algemene zin worden onderscheiden en welke klimaatrisico's gelden specifiek voor de gemeente Haarlemmermeer?

In de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) en de Europese Taxonomie worden in totaal 118 klimaatrisico's onderscheiden. Het volledige overzicht van 118 klimaatrisico's is opgenomen in bijlage 1. Op basis van twee filters is bepaald welke klimaatrisico's specifiek gelden voor de gemeente Haarlemmermeer. Het eerste filter is fysieke relevantie. 35 risico's komen niet voor in het gebied van de gemeente Haarlemmermeer. Deze vallen af. Er is daarnaast specifiek gekeken naar de risico's die voor de gemeente relevant zijn. Dit is zo wanneer een risico onder taak en bevoegdheid van de gemeente valt. 33 risico's vallen af omdat deze niet onder eigendom, taak of bevoegdheid van de gemeente vallen. De 46 risico's uit dit totale overzicht die fysiek relevant zijn voor Haarlemmermeer, en onder taak en bevoegdheid vallen zijn opgenomen in bijlage 2.

7.2 Wat is er reeds aan informatie / bronnen over klimaatrisico's beschikbaar en wat behoeft aanvulling?

In de gemeente geregistreerde (schade)data, praktijkervaring vanuit de ambtelijke organisatie en landelijke bronnen staan aan de basis van het onderzoek. Bij alle risico's zijn vervolgens aannames gedaan om schade en herhalingstijden te kwantificeren. Dit is voldoende om een grof beeld te krijgen van het totaalbeeld. Om een nauwkeuriger beeld te krijgen van zowel de acute als de chronische klimaat risico's is het nodig om meer (historische) data te verzamelen en klimaatschade in de toekomst als zodanig te registreren in de (financiële) administratie. Ook kan er schadedata aangeschaft worden van bijvoorbeeld verbond van verzekeraars om een nog nauwkeuriger beeld te krijgen van risico's die (nog) niet zijn voorgekomen, maar wel voorstelbaar zijn.

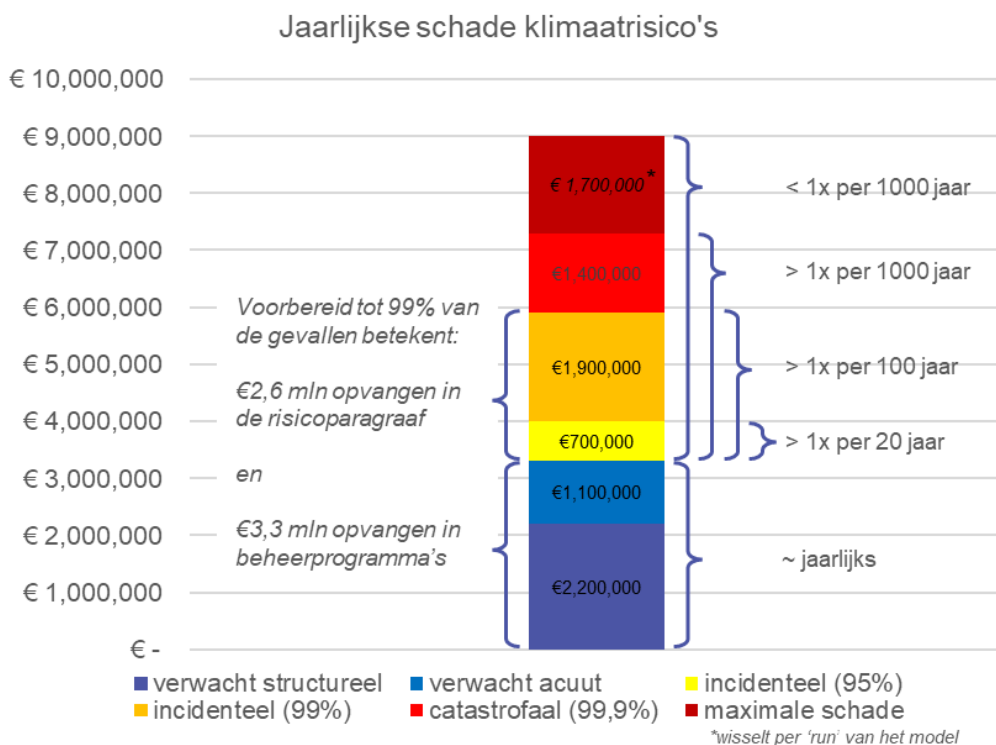
7.3 Zijn er klimaatrisico's die nog niet zijn geïdentificeerd of inzichtelijk zijn gemaakt door de gemeente, maar wel degelijk relevant zijn en, zo ja, welke is of zijn dit?

Het huidige klimaatadaptatiebeleid volgt de werkwijze van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DRPA) en gaat in op de thema's wateroverlast, overstroming, hitte en droogte. Van de relevante klimaatrisico's voor Haarlemmermeer vallen storm- en hagelschade niet onder dit beleid. Storm en hagelschade zijn wel als klimaatrisico beschreven in de Europese benadering (Taxonomie). Bij het herijken van het klimaatadaptatiebeleid is het zinvol om het opnemen van storm- en hagelschade af te wegen.

7.4 Wat is de impact van en welke financiële gevolgen (of een zo gedegen mogelijke inschatting daarvan) kunnen worden onderkend bij de geïdentificeerde klimaatrisico's?

Van de 46 relevante klimaatrisico's (zie deelvraag 1) is afgewogen welke risico's naar verwachting een kleine financiële impact hebben. Deze zijn niet meegenomen in de bepaling van de financiële impact. Voor 15 risico's is de verwachting dat deze potentieel grote schade kunnen veroorzaken. Analyse van deze risico's laat zien dat het gaat om:

- 1) Een **verwachte** (gemiddelde) financiële impact van € 3,3 miljoen per jaar. Dit bestaat uit structurele, chronische klimaatrisico's en incidentele risico's met kleine schade die jaarlijks voorkomen
- 2) Een **incidentele** (1 x per 20 jaar tot 1 x per 100 jaar) extra financiële impact per jaar tussen de € 0,7 en € 2,6 miljoen boven op de verwachte impact (bij een kansverdeling 95e tot 99e percentiel)
- 3) Een **catastrofale** financiële impact (1 x per 100 jaar tot 1 x per 1.000 jaar), boven op de verwachte impact, € 2,6 tot € 4,0 miljoen per jaar (bij een kansverdeling van 99e tot 99,9e percentiel)
- 4) De maximale impact is berekend op ongeveer € 9 miljoen. De maximale schade (donkerrood) wisselt per run van het financiële model.



De financiële impact bestaat uit chronische klimaatrisico's, dus geleidelijke veranderingen die elk jaar tot een bepaalde schade leiden, en acute klimaatrisico's. Dit zijn calamiteiten als gevolg van extreem weersituaties die incidenteel voorkomen en per gebeurtenis tot wisselende schade leiden. Vinden alle risico's in een jaar plaats met de hoogst denkbare schade dan is er sprake van een maximale schade. Dit is het slechts denkbare scenario en komt minder dan 1 keer in de 1000 jaar voor.

7.5 Welke beheersmaatregelen heeft gemeente reeds getroffen om geïdentificeerde klimaatrisico's te mitigeren en in welke mate mitigeren deze maatregelen de onderkende klimaatrisico's?

Met schades als gevolg van chronische risico's is goed rekening te houden in de assetbeheerprogramma's. Denk aan jaarlijkse extra kosten voor het water geven van bomen, extra maaibeurten of de reparatie van bodemdalingsschades. Deze kosten staan niet specifiek in de boekhouding als kosten die gemaakt worden om klimaatrisico's mee te mitigeren, maar zijn vaak onderdeel van regulier werk, of meegenomen in grote onderhoudscontracten. Daarom zijn deze kosten minder zichtbaar.

Bij het afwegen van beheersmaatregelen ligt de nadruk op het kosteneffectief voldoen aan wettelijke zorgplichten. Het nalaten van deze maatregelen is financieel onwenselijk, omdat schadeherstel doorgaans duurder is dan regulier onderhoud en bovendien leidt tot aansprakelijkheidsrisico's. Hierin wordt gezocht naar een optimum.

7.6 Welke additionele maatregelen kunnen worden genomen om de financiële impact van de onderkende risico's verder terug te brengen?

Voor risico's die in de praktijk nog niet tot schade hebben geleid zijn geen beheersmaatregelen bekend. Het gaat hierbij om schade aan gemeentelijke panden door verschillende oorzaken (hagel, storm en funderingsschade). In deze situaties kan nader onderzoek inzicht geven om toekomstige schades beter in te schatten. Hier wordt de keuze gemaakt om, zolang er niets misgaat, geen actie te ondernemen.

7.7 Welke andere, vergelijkbare gemeenten hebben reeds stappen gezet op het gebied van het beheersen van klimaatrisico's en waaruit bestaan die?

Geïnterviewde gemeenten Eindhoven en Groningen kiezen ervoor om voor het beheersen van klimaatrisico's in de risicoparagraaf op te nemen. Het gaat hierbij om risico's waarvan de schade in een gegeven jaar slecht te voorspellen is en waarvan het lastig is om er in assetbeheerprogramma's op te begroten. Doel van de risicobeschrijving is dat er budget beschikbaar kan komen wanneer een calamiteit zich voordoet, waarbij de schades niet uit reguliere programma's kunnen worden bekostigd. Enschede heeft bij de wateroverlast in juli 2024 ervaren dat ook wateroverlast en schade op privaat terrein tot extra gemeentelijke kosten leidt. Dit had te maken met een morele/politieke wil om verantwoordelijkheid te nemen voor kwetsbare getroffen. Deze schade bedroeg ruim € 2 miljoen.

8 Reflectie en aanbevelingen

De focus op het financiële aspect van klimaatrisico's begint in Nederland voet aan wal te krijgen. Dat komt door toegenomen urgentie rond klimaatrisico's, Europese regelgeving en ook de bewustwording bij accountants dat klimaatrisico's financiële aandachtspunten zijn voor de gemeentelijke financiën. De gebruikte methodiek in dit onderzoek is nieuw en maakt dat Haarlemmermeer hierin voorloper is. Eerder uitgevoerde studies gericht op de kosten van klimaatverandering in andere gemeenten zijn gebaseerd op de kosten die nodig zijn om aan de beleidsdoelstellingen te voldoen. Dat is een andere insteek dan het bepalen van de financiële schade van klimaatrisico's. Hierdoor is er beperkt vergelijkingsmateriaal en is er relatief veel tijd geïnvesteerd in het opzetten en bijsturen van de onderzoeksaanpak.

De belangrijkste aanbeveling uit dit onderzoek is om de risicoanalyse jaarlijks uit te gaan voeren, zodat alle onderstaande aanbevelingen meegenomen kunnen worden om de analyse te verbeteren. Ook het inzicht in klimaatrisico's ontwikkelt zich. Nu de methodiek is ontwikkeld is een herhaling een relatief kleine inspanning.

Om het inzicht in klimaatrisico's en de financiële impact en bekostiging daarvan te vergroten is het advies om in de komende jaren aan de slag te gaan met de volgende aanbevelingen

8.1.1 Een risicopost verwerken in het weerstandsvermogen

Voor de onverwachte en catastrofale financiële impact is in de huidige situatie geen reservering getroffen om schades mee te betalen. De hoogte van de benodigde reservering is afhankelijk van het gewenste zekerheidsniveau dat deze toereikend is. In bijlage 6 staat een tekstvoorstel voor de risicoparagraaf. Daar passen de bedragen bij in onderstaande tabel: deze laat de benodigde omvang zien bij een verschillende zekerheidsniveaus (percentielen):

Uitkomst berekening aanvullende schade	Benodigde omvang risicopost
95 % percentiel (1x 20 jaar)	€ 700.000,00
99 % percentiel (1x 100 jaar)	€ 2.600.000,00
99,9 % percentiel (1x 1.000 jaar)	€ 4.000.000,00

Het voorstel is om de range van € 0 - € 2,6 miljoen in de risicoparagraaf op te nemen, omdat dan de kansen tot 1x per 100 jaar worden afgedekt. 1x 100 per jaar is een herhalingstijd die in de klimaatadaptatiewereld gangbaar is. De kans op een groter bedrag is zeer klein (tot 1 x per 1.000 jaar) en ook de onzekerheden in het berekende bedrag nemen dan toe.

8.1.2 Data geschikt maken voor Monte Carlo simulatie

De Monte Carlo simulatie is geschikt voor het doorrekenen van verschillende schadegebeurtenissen met bepaalde herhalingstijden. Daarvoor is het nodig dat van verschillende calamiteiten schadedata beschikbaar is. Bijvoorbeeld stormschade uit verschillende jaren. In de praktijk blijkt dat klimaatschades niet zo nauwkeurig worden bijgehouden maar verrekend worden in assetbeheer of 'verdwijnen' onder andere kostenposten. In dit onderzoek is bijvoorbeeld een vast bedrag per jaar aangehouden voor de reparatie van smeltend en opvriezend asfalt.

Een vast bedrag dat elk jaar wordt uitgegeven geeft geen spreiding en voor dit type kosten voegt de Monte Carlo analyse niets toe. Door betere registratie van de kosten per jaar ontstaat een database die geschikt is als input voor de Monte Carlo systematiek.

8.1.3 Databeschikbaarheid vergroten

De beschikbaarheid van klimaatschade data is een aandachtspunt voor de validiteit van de onderzoeksmethode. Bij alle risico's zijn aannames gedaan om schade en herhalingstijden te kwantificeren. Dit is voldoende om een grof beeld te krijgen van het totaalbeeld. Om een nauwkeuriger beeld te krijgen van zowel de acute als de chronische klimaat risico's is het nodig om meer (historische) data te verzamelen en klimaatschade in de toekomst als zodanig te registreren in de (financiële) administratie. Ook kan er schadedata aangeschaft worden van bijvoorbeeld verbond van verzekeraars om een nog nauwkeuriger beeld te krijgen van risico's die (nog) niet zijn voorgekomen, maar wel voorstelbaar zijn.

8.1.4 Schaderegistratiesysteem inrichten

Door klimaatschades als dusdanig te registreren ontstaat meer informatie over de daadwerkelijke kosten van klimaatrisico's. Daarmee kan een betere toekomstverwachting worden bepaald. Het is dan wel nodig om een systeem in te richten waarin klimaatschades jaarlijks worden verzameld. Het gaat hierbij om:

- Kosten die gerelateerd zijn aan klimaatrisico's, maar niet zodanig zijn uitgesplitst omdat ze onderdeel zijn van grotere programma's of contracten
- Kosten die niet als specifieke klimaatschadekosten worden geregistreerd zoals schadeclaims van bewoners bij wateroverlast. Nu is onduidelijk of de claim te maken heeft met onderhoud of met extreme weersomstandigheden

8.1.5 Verbinding maken met het klimaatadaptatiebeleid

Bij het opstellen van nieuw klimaatadaptatiebeleid kan herhaling van deze analyse cyclisch worden ingepast als onderdeel van de monitoring en evaluatie. Lessen uit deze risicoanalyse vragen om afweging bij het opstellen van nieuw klimaatadaptatiebeleid. Specifiek gaat het hierbij om het betrekken van storm- en hagelschade in nieuw klimaatadaptatiebeleid.

Bijlage 1

Overzicht klimaatrisico's uit de Nationale Adaptatie Strategie en EU Taxonomie⁵

Thema	Risico
Droogte	Afname verkeersongelukken wegtransport
Droogte	Bedreiging cultureel erfgoed
Droogte	Bemoeilijking laden en lossen scheepvaart
Droogte	Extra investeringen en kosten voor drinkwatervoorziening
Droogte	Frequenter vervanging en onderhoud riool bij verzakkingen door bodemdaling
Droogte	Frequenter vervanging en onderhoud weginfra bij verzakkingen door bodemdaling
Droogte	Hogere kosten waterbeheer door droogte
Droogte	Internationaal verbeterde concurrentiepositie (hogere prijzen)
Droogte	Meer kansen voor zilte teelt
Droogte	Nederland gunstiger vakantieland
Droogte	Oogstschade landbouw
Droogte	Schade aan sportvelden bij intreden verdringingsreeks bij droogte
Droogte	Sterfte bomen door watertekort
Droogte	Stijging ziektelast door hogere blootstelling aan wateroverdraagbare infectieziekte in geval van slechte waterkwaliteit
Droogte	Toename blootstelling aan pollen door toename CO ₂
Droogte	Toename CO ₂ -uitstoot
Droogte	Toename reinigings- en zuiveringskosten water bij droogte (zwaardere vuilvracht)
Droogte	Toename schade en hogere kosten instandhouding infrastructuur en bebouwde omgeving
Droogte	Toename vraag naar water
Droogte	Verbetering omstandigheden voor zilte teelt
Droogte	Verlies aan soorten en habitats bij droogte. Meer inspanning nodig voor behoud
Droogte	Verminderde zoetwateraanvoer (West-Nederland)
Droogte	Vervoersbeperking scheepvaart
Droogte	Verzakkingen door bodemdaling gebouwen
Droogte (afname waterkwaliteit)	Minder bruikbaar water of meer voorzieningen voor nodig
Droogte (toename bodemdaling veengebieden)	Verandering hydrologie natuurgebieden
Droogte (toename verzilting grondwater in kuststreek)	Lagere gewasopbrengsten
Droogte (toename verzilting riviermonden)	Afname zoetwaterbeschikbaarheid

⁵ Een aantal dubbelingen tussen de EU Taxonomie en NAS risico's zijn samengevoegd. Bepaalde risico's zijn tekstueel anders opgeschreven of toegevoegd naar aanleiding van werksessies

Extreem weer	Toename risico voor grote evenementen/buitenevenementen bij extreem weer
Extreme kou	Koudegolf/vorst
Hagel	Hagelschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen)
Hevige neerslag	Sneeuw
Hitte	Asfalt smelt bij hitte en de scheuren leiden 's winters tot vorstschade
Hitte	Extra overlast door exoten: Mediterraan Draaigatje
Hitte	Hogere energierekening: meer koeling gemeentelijk vastgoed tijdens de zomer
Hitte	Lager energiegebruik
Hitte	Langer groeiseizoen betekent meer groenonderhoudskosten
Hitte	Meer gebruik van openbaar groen dus meer kosten voor beheer, toezicht
Hitte	Meer hittestress en zomersmog (meer zieken, ziekenhuisopnamen en doden)
Hitte	Meer hittestress vee
Hitte	Minder bloeiinductie (fruitteelt)
Hitte	Minder ongevallen en doden door gladheid en ijzel
Hitte	Minder problemen met ijsvorming voor scheepvaart
Hitte	Mismatch in voedselketen
Hitte	Mogelijke toename ziekten en plagen in landbouw
Hitte	Nederland gunstiger vakantieland
Hitte	Noodzaak realiseren koele plekken bij toenemende hitte
Hitte	Risicotoename verdrinking door toename waterrecreatie
Hitte	Stijging kosten extra inzet hulpdiensten bij extreme hitte
Hitte	Stijging van aantal 'allergiedagen'
Hitte	Stijging ziektelast door afname kwaliteit nachtrust bij extreme hitte, verminderde arbeidsproductiviteit door afname kwaliteit nachtrust bij extreme hitte
Hitte	Stijging ziektelast door lucht overdraagbare infectieziekten bij een lagere luchtvochtigheid
Hitte	Stijging ziektelast door toename fijnstof bij een lagere luchtvochtigheid
Hitte	Stijging ziektelast door toename luchtverontreiniging, hogere investering in luchtverbeteringsmaatregelen
Hitte	Toename alcohol en drugsgebruik door meer hete dagen
Hitte	Toename blackouts & kans op uitval ICT
Hitte	Toename blootstelling UV-straling (huidkanker, staar)
Hitte	Toename blootstelling ziekteverwekkers door meer waterrecreatie
Hitte	Toename natuur/bermbrand en toenemende inzet hulpdiensten
Hitte	Toename potentiële gewasopbrengsten
Hitte	Toename potentiële gewasopbrengsten
Hitte	Toename risico op uitzetting rails
Hitte	Toename voorkomen ziekteverwekkers in water (onder andere blauwalg)
Hitte	Veranderende neerslagpatronen en hogere temperatuur leiden tot andere flora en fauna
Hitte	Verandering boomsoorten en type groen door ander klimaat
Hitte	Verandering uitwisseling ziekten dieren / mensen
Hitte	Verandering vector overdraagbare ziekteverwekkers

Hitte	Verandering voedseloverdraagbare infecties (bijvoorbeeld salmonella)
Hitte	Verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)
Hitte	Verschuiving teelten
Hitte	Zwemwaterkwaliteit gaat omlaag
Hitte (opwarming oppervlakte water)	Warmer (koel)water energiecentrales industrie en glastuinbouw
Hitte (verschuiving klimaatzones)	Verschuiving of uitsterven soorten
Hitte (zachte winters)	Verandering migratiepatronen trekkende soorten
Overig	Aardverschuiving
Overig	Oceaanverzuring
Overig	Solifluctie
Overig	Zoutwaterintrusie
Overstroming	Hogere kosten door stilstand productieprocessen en diensten bij uitvallen vitale en kwetsbare infrastructuur bij overstromingen
Overstroming	Toename kans op overbelasting energienet of uitval kritische energie infrastructuur door hoger (piek) energiegebruik tijdens warme zomers
Overstroming en wateroverlast	Toename overstromings- en wateroverlastrisico door problemen waterafvoer bij hogere waterstanden
Overstromingen	Achteruitgang ecosysteem en soorten
Overstromingen	Afname waterkwaliteit
Overstromingen	Frequenter overstromingen buitendijks
Overstromingen	Gezondheidsproblemen bij / na overstroming
Overstromingen	Meer kansen voor zilte teelt
Overstromingen	Mogelijke invloed op psychische gezondheid
Overstromingen	Oogstschade landbouw
Overstromingen	Toename overlast door hogere overstromingskansen (slachtoffers en schade) bij hogere waterstanden
Overstromingen	Toename overstromingsrisico primaire en regionale wateren
Overstromingen	Vaker sluiting Maeslantkering/beperking scheepvaart
Overstromingen	Verandering blootstelling aan ziekteverwekkers
Overstromingen	Verbetering omstandigheden voor zilte teelt
Overstromingen (afname fysieke ruimte voor natuur 'coastal squeeze')	Minder spuien en meer pompen IJsselmeer
Overstromingen (hogere waterstanden)	Beschadiging door stof- of zandstormen
Storm	Beschadigingen door orkaan
Storm	Beschadigingen door tornado
Storm	Schade gemeente en derden door omvallen bomen
Storm	Stormschade aan (gemeentelijk) vastgoed en productiemiddelen (kassen en stallen) door wind
Storm	Toename erosie in heuvelachtig gebied

Storm	Verminderde gewasopbrengsten en of kwaliteitsverlies van het product door storm of hagel
Wateroverlast	Bodemverdichting
Wateroverlast	Frequenter inzetten hulpdiensten door meer ongelukken (minder ernstig) bij extreme neerslag, piekneerslag, toename aan schadeclaims door meer ongelukken (minder ernstig) bij extreme piekneerslag
Wateroverlast	Schade aan (gemeentelijk) vastgoed door extreme piekneerslag, toename schadeclaims door extreme piekneerslag
Wateroverlast	Toename kans vochtige woningen
Wateroverlast	Toename piekafvoer en overstromingskans primaire kering
Wateroverlast	Toename schimmel en huisstofmijtallergie
Wateroverlast	Toename schimmels in getroffen woningen
Wateroverlast	Transport beperking binnenvaart
Wateroverlast	Verandering ecosysteem / verschuiving soorten
Wateroverlast	Waterschade aan (gemeentelijke) weginfra door extreme piekneerslag, Frequentere vervanging en onderhoud weginfra door extreme piekneerslag
Wateroverlast (hogere luchtvochtigheid)	Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen
Wateroverlast (hogere luchtvochtigheid)	Verandering ziekten en plagen
Wateroverlast (meerdaagse natte periodes nemen toe)	Kansen voor natte natuur
Wateroverlast (toename grondwaterafvoer vanaf hogere zandgronden)	Toename erosie bovenloop en sedimentatie benedenloop
Wateroverlast (toename rivierafvoer en grilliger door seizoenen heen)	Drogere veendijken / toename overstromingsrisico regionale keringen
Wind en hagel	Afname beschikbaarheid infrastructuur bij storm, hagel, bliksem Hogere investering in klimaat adaptieve gebiedsontwikkeling (nieuwbouw)

Bijlage 2 Risico's die géén onderdeel zijn van de financiële analyse

Risico's die na filter 1 afvallen omdat ze fysisch niet relevant zijn.

Fysisch irrelevante risico's	Toelichting
Bemoeilijking laden en lossen scheepvaart	Weinig laad- en lospunten scheepvaart
Bedreiging cultureel erfgoed	Beperkte aanwezigheid cultureel erfgoed in Haarlemmermeer. Gemeentelijke panden wel meegenomen
Meer kansen voor zilte teelt	Positief
Nederland gunstiger vakantie­land	Positief
Afname verkeersongelukken wegtransport	Positief
Internationaal verbeterde concurrentiepositie (hogere prijzen)	Positief
Verbetering omstandigheden voor zilte teelt	Positief
Toename CO2 uitstoot	Geen veen
Toename schade en hogere kosten instandhouding infrastructuur en bebouwde omgeving	Geen veen
Verandering hydrologie natuurgebieden	Geen veennatuur
Koudegolf/vorst	Afname risico in de toekomst
Sneeuw	Afname risico in de toekomst
Nederland gunstiger vakantie­land	Positief
Toename potentiële gewasopbrengsten	Positief
Minder problemen met ijsvorming voor scheepvaart	Positief
Lager energiegebruik	Positief
Minder ongevallen en doden door gladheid en ijzel	Positief
Minder bloeiinductie (fruitteelt)	Positief
Toename potentiële gewasopbrengsten	Positief
Mismatch in voedselketen	Geen grootschalige natuur
Warmer (koel)water energiecentrales industrie en glastuinbouw	Voor zover bekend niet aanwezig
Verschuiving of uitsterven soorten	Geen grootschalige natuur
Verandering migratiepatronen trekkende soorten	Geen grootschalige natuur
Oceaanverzuring	Niet aanwezig
Solifluctie	Niet aanwezig
Aardverschuiving	Niet aanwezig
Meer kansen voor zilte teelt	Positief
Verbetering omstandigheden voor zilte teelt	Positief
Vaker sluiting Maeslantkering / beperking scheepvaart	Niet aanwezig
Achteruitgang ecosysteem en soorten	Geen grootschalige natuur
Minder spuien en meer pompen IJsselmeer	Niet aanwezig

Fysisch irrelevante risico's	Toelichting
Beschadiging door stof- of zandstormen	Geen stof- en of zandstormen
Beschadigingen door orkaan	Geen orkanen
Beschadigingen door tornado	Meegenomen onder wind
Toename erosie in heuvelachtig gebied	Geen sprake van heuvelachtig gebied
Toename piekafvoer en overstromingskans primaire kering	Geen primaire keringen in- of nabij Haarlemmermeer
Verandering ecosysteem / verschuiving soorten	Geen grootschalige natuur
Bodemverdichting	Meegenomen bij toename wateroverlast
Kansen voor natte natuur	Positief
Toename erosie bovenloop en sedimentatie benedenloop	Geen sprake van boven- en benedenlopen

Risico's die na filter 2 afvallen omdat ze niet onder taak- en bevoegdheid van de gemeente vallen.

Risico's zonder directe verantwoordelijkheid gemeente op basis van taak en bevoegdheid.	Verantwoordelijke partij op basis van taak en bevoegdheid
Drogere veendijken / toename overstromingsrisico regionale keringen	Hoogheemraadschap
Toename vraag naar water	Drinkwaterbedrijven en provincie
Toename blootstelling aan pollen door toename CO2	GGD
Oogstschade landbouw	Landbouwbedrijven
Verminderde zoetwateraanvoer (West-Nederland)	Landbouwbedrijven
Vervoersbeperking scheepvaart	Provincie
Minder bruikbaar water of meer voorzieningen voor nodig	Drinkwaterbedrijven
Lagere gewasopbrengsten	Landbouwbedrijven
Afname zoetwaterbeschikbaarheid	Drinkwaterbedrijven
Toename risico op uitzetting rails	ProRail
Verandering uitwisseling ziekten dieren / mensen	GGD
Verandering voedseloverdraagbare infecties (b.v. salmonella)	GGD
Toename blootstelling UV-straling (huidkanker, staar)	Inwoners
Toename blootstelling ziekteverwekkers door meer waterrecreatie	Inwoners
Risicotoename verdrinking door toename waterrecreatie	Inwoners
Mogelijke toename ziekten en plagen in landbouw	Landbouwbedrijven
Toename blackouts & kans op uitval ICT	Netbeheerder
Meer hittestress en zomersmog (meer zieken, ziekenhuisopnamen en doden)	Inwoners
Meer hittestress vee	Veeteeltbedrijven
Zwemwaterkwaliteit gaat omlaag	Provincie
Toename voorkomen ziekteverwekkers in water (o.a. blauwalg)	Hoogheemraadschap en provincie
Stijging van aantal 'allergiedagen'	Inwoners
Verandering vector overdraagbare ziekteverwekkers	Inwoners
Verschuiving teelten	Landbouwbedrijven

Risico's zonder directe verantwoordelijkheid gemeente op basis van taak en bevoegdheid.	Verantwoordelijke partij op basis van taak en bevoegdheid
Zoutwaterintrusie	Hoogheemraadschap
Frequenter overstromingen buitendijks	Hoogheemraadschap
Mogelijke invloed op psychische gezondheid	GGD
Gezondheidsproblemen bij / na overstroming	GGD
Afname waterkwaliteit	Hoogheemraadschap
Toename overstromingsrisico primaire en regionale wateren	Hoogheemraadschap en Rijk
Toename overlast door hogere overstromingskansen (slachtoffers en schade) bij hogere waterstanden	Hoogheemraadschap en Rijk
Verandering blootstelling aan ziekteverwekkers	GGD
Toename schimmel en huisstofmijtallergie	Inwoners
Toename kans vochtige woningen	Inwoners
Transport beperking binnenvaart	Provincie
Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen	Netbeheerder
Toename schimmels in getroffen woningen	Inwoners
Verandering ziekten en plagen	GGD
Extra investeringen en kosten voor drinkwatervoorziening	PWN is 100 % in eigendom van provincie.

Risico's die na filter 3 afvallen omdat de financiële impact naar verwachting laag is.

Risico's met beperkte financiële impact voor de gemeente	Toelichting
Hogere investering in klimaat adaptieve gebiedsontwikkeling (nieuwbouw)	Kosten bij nieuwbouw komen bij de koper en de projectontwikkelaar. Kosten voor de gemeente is enkel het stellen van nieuwe eisen/opstellen klimaatbeleid, deze kosten zijn laag.
Stijging ziektelast door afname kwaliteit nachtrust bij extreme hitte, verminderde arbeidsproductiviteit door afname kwaliteit nachtrust bij extreme hitte	
Toename reinigings- en zuiveringskosten water bij droogte (zwaardere vuilvracht)	In theorie vraagt dit om het vaker reinigen van bergbezinkbassins. In de praktijk gebeurt dit niet. Nu geen sprake van extra kosten.
Meer gebruik van openbaar groen dus meer kosten voor beheer, toezicht	Dit is lastig uit te splitsen naar het aandeel dat komt door klimaatverandering. Gevoelsmatig heeft dit een lage impact. Uitspraken doen kan pas als hier gegevens over worden bijgehouden.

Risico's met beperkte financiële impact voor de gemeente	Toelichting
Hogere kosten waterbeheer door droogte	Extra inspanningen gebeuren met name door het waterschap (denk aan het inlaten van water, of het extra doorspoelen van het watersysteem). De gemeentelijke kosten zijn laag.
Toename natuur/bermbrand en toenemende inzet hulpdiensten	Hier is alleen sprake van indirecte kosten in de vorm van de financiering van de veiligheidsregio en de brandweer.
Verlies aan soorten en habitats bij droogte. Meer inspanning nodig voor behoud	Natuurbeleid op het niveau van soorten en habitats ligt met name bij de provincie. De gemeente werkt ook aan de realisatie en onderhoud van openbaar groen, maar de kosten hiervoor zijn al bij andere risico's meegenomen.
Stijging ziektelast door hogere blootstelling aan wateroverdraagbare infectieziekte in geval van slechte waterkwaliteit	Relevante stijging van de ziektelast is in dit geval alleen de medewerkers van de gemeente zelf. De kans hierop is klein en de financiële consequentie laag.
Stijging ziektelast door toename fijnstof bij een lagere luchtvochtigheid	Relevante stijging van de ziektelast is in dit geval alleen de medewerkers van de gemeente zelf. De kans hierop is klein en de financiële consequentie laag.
Stijging ziektelast door overdraagbare infectieziekten bij een lagere luchtvochtigheid	Relevante stijging van de ziektelast is in dit geval alleen de medewerkers van de gemeente zelf. De kans hierop is klein en de financiële consequentie laag.
Veranderende neerslagpatronen en hogere temperatuur leiden tot andere flora en fauna	Dit leidt niet per se tot schade. Dit is alleen het geval waar het ongewenste exoten betreft. De kosten hiervoor zijn apart opgenomen.
Verandering boomsoorten en type groen door ander klimaat	Boomsterfte en herplant is opgenomen onder een ander risico.
Toename alcohol en drugsgebruik door meer hete dagen	De inspanning die vanuit Toezicht en Handhaving wordt gedaan kan wel toenemen, maar onbekend is het aandeel van hete dagen daarin. Naar verwachting is dit aandeel laag.
Stijging kosten extra inzet hulpdiensten bij extreme hitte	Hier is alleen sprake van indirecte kosten in de vorm van de financiering van de veiligheidsregio en de brandweer
Stijging ziektelast door toename luchtverontreiniging, hogere investering in luchtverbeteringsmaatregelen	Relevante stijging van de ziektelast is in dit geval alleen de medewerkers van de gemeente zelf. De kans hierop is klein en de financiële consequentie laag.
toename risico voor grote evenementen / buitenevenementen bij extreem weer	De gemeente stelt voorwaarden aan organisatoren van evenementen ten behoeve van de beheersing van deze risico's. Kosten die hieruit voortvloeien zijn dus ook voor hen.

Risico's met beperkte financiële impact voor de gemeente	Toelichting
Toename overstromings- en wateroverlastrisico door problemen waterafvoer bij hogere waterstanden	Wateroverlast risico's door extreme regen zijn bij een ander risico meegewogen. Specifieke kosten door waterafvoerproblemen zijn in de recente geschiedenis niet gemaakt en daarmee niet te voorspellen.
Hogere kosten door stilstand productieprocessen en diensten bij uitvallen vitale en kwetsbare infrastructuur bij overstromingen	Het gaat hier bijvoorbeeld over verkeerslichten die uitvallen of een ziekenhuis dat onder water staat. De financiële impact die voor rekening komt van de gemeente zit in de tweede en derde orde en is lastig te vatten. Dit type risico's vallen onder de calamiteitenorganisatie
Toename kans op overbelasting energienet of uitval kritische energie infrastructuur door hoger (piek) energiegebruik tijdens warme zomers	Netbeheerder eindverantwoordelijke, koeling gemeentelijk vastgoed is meegewogen in een ander risico.
Frequenter inzetten hulpdiensten door meer ongelukken (minder ernstig) bij extreme piekneerslag, toename aan schadeclaims door meer ongelukken (minder ernstig) bij extreme piekneerslag	Binnen het crisisbeheersingsteam wordt dit vraagstuk erkend. Het oppakken ervan gebeurt binnen de bestaande formatie en leidt niet tot direct kosten voor de gemeentelijke organisatie.
Afnahme beschikbaarheid infrastructuur bij storm, hagel, bliksem	Het gaat hier alleen om de gemeentelijke infrastructuur (denk aan: riolering en wegen). Er zijn geen gevallen bekend en het expert-oordeel is dat deze impact laag is.
Waterschade aan (gemeentelijke) weginfra door extreme piekneerslag, frequentere vervanging en onderhoud weginfra door extreme piekneerslag	Hier is sporadisch sprake van, in geval van ongelijk verzakken wegdek ontstaan plassen. Dit is geregeld en wordt meegenomen in standaard jaarlijks onderhoud aan wegen. Inclusief het afkomen van wegkanten. De aanvullende financiële impact is daarmee laag.

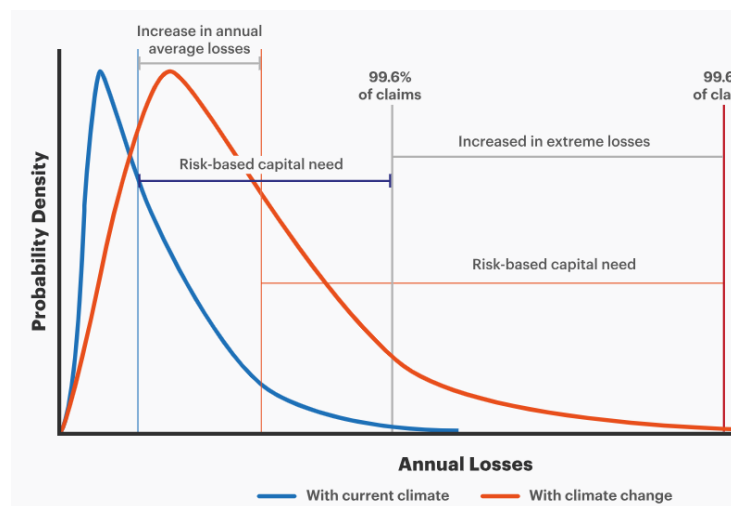
Bijlage 3 Verdiepend kader: bewuste inzet van Monte Carlo-simulatie

Het berekenen van de financiële blootstelling via Monte Carlo-simulatie is nieuw in de klimaatadaptatiewereld. De essentie van deze methode is om een grote hoeveelheid aan potentiële (financiële) resultaten te simuleren, en vervolgens inzicht te krijgen in wat het meest waarschijnlijke resultaat is en wat de spreiding van deze resultaten zijn. Aan de basis van de methode staan extreem-weer events, die willekeurig kunnen plaatsvinden met een bepaalde kans (binnen bepaalde kansverdeling). Ook zijn de extreem-weer events gekoppeld aan schade impact, mogelijkwerwijs horende bij een bepaalde (lognormale) kansverdeling, zodat er voor ieder potentieel resultaat (kans maal schade) een financiële impact ontstaat.

Na het doen van bijvoorbeeld 100.000 simulaties stelt het je in staat een idee te krijgen van:

- De verwachte financiële impact met daarbij de bijbehorende onzekerheid
- De onverwachte financiële impact, afhankelijk van je risicotolerantie, die deels gedekt kunnen worden door het weerstandsvermogen; en
- De catastrofe financiële impact in te schatten

De Monte Carlo simulatie van een jaarlijks risico voor bijvoorbeeld extreme neerslag kan er zo uit zien.



Vergelijkbare Monte Carlo-simulaties worden uitgevoerd op de volgende niveaus/intersecties¹:

- Verschillende type klimaatrisico's en extreem-weer events voor neerslag, hitte stress, en dergelijke
- Wel of niet integreren van transitie klimaatrisico, naast fysieke klimaatrisico's
- Inclusief en exclusief mitigerende klimaat maatregelen
- Alle geïntegreerde klimaatrisico's tezamen

Waarom zo'n methode? De voordelen van deze methode zijn:

- ✓ Het geeft eenvoudig en intuïtief weer wat de bandbreedtes zijn van de financiële impact schattingen
- ✓ De methodiek is herbruikbaar. Met nieuwe informatie en data inputs zij nieuwe analyses mogelijk waarmee beleidsmakers na een evaluatie hun beleid kunnen bijsturen
- ✓ De methodiek is een raamwerk waarmee ook de financiële impact van klimaatrisico's in de toekomst benaderd kunnen worden. De methode geeft grip op toekomstscenario's en geeft je resultaten, afhankelijk van de klimaat (stress) scenario's die je er in opneemt, zoals het gecombineerde Representative Concentration Pathways (RCPs) en Shared Socio-economic Pathways (SSPs) scenario's raamwerk die het ook gebruikt
- ✓ Het maakt het makkelijker om financieel gedreven beslissingen te nemen over klimaat mitigerende maatregelen die nog toekomstbestendiger zijn

Bijlage 4 Resultaten Monte Carlo

De chronische klimaatrisico's zijn in onderstaande tabel weergegeven. Vanwege hun chronische karakter zijn deze enkel meegenomen in de totaal berekening.

	Risicotype	MEDIAN	MEAN	ST. DEV.	MIN	MAX
Asfalt smelt (kEur)	Chronisch	300	300	0	300	300
Verzakking weginfra (kEur)	Chronisch	962	962	0	962	962
Verzakking riool (kEur)	Chronisch	477	477	0	477	477
Langer groeiseizoen (kEur)	Chronisch	280	253	0	0	560
Koele plekken (kEur)	Chronisch	178	189	0	82	700
Som YEAR (kEUR) chronisch risico's	Chronisch	2197	2181	0	1821	2999

De statistiek van de acute klimaatrisico's zijn in onderstaande tabel weergegeven. Daarnaast is ook het totaalresultaat weergegeven van de chronische en acute risico's samen.

	Risicotype	MEDIAN	MEAN	ST. DEV.	MIN	MAX
Arbeidsproductiviteit (kEur)	Acuut	17	15	8	3	39
Verzakking gebouwen (kEur)	Acuut	0	2	12	0	100
Gemeentelijk vastgoed neerslag (kEur)	Acuut	88	184	286	0	3,975
Omvallende bomen (kEur)	Acuut	250	172	131	0	330
Gemeentelijk vastgoed hagel (kEur)	Acuut	1	4	6	1	20
Exoten (kEur)	Acuut	280	291	64	172	751
Energiekosten (kEur)	Acuut	1	1	1	0	3
Bomensterfte (kEur)	Acuut	376	410	165	376	1,880
Sportvelden (kEur)	Acuut	0	46	336	0	2,500
Som YEAR (kEur) acute risico's	Acuut	1,038	1,126	495	586	5,909
Som YEAR (kEur) totaal	Acuut en Chronisch	3,235	3,307	495	2,407	8,908

	5 %	25 %	75 %	95 %	99 %	99,90 %
Arbeidsproductiviteit (kEur)	3	10	17	32	39	39
Verzakking gebouwen (kEur)	0	0	0	0	78	97
Gemeentelijk vastgoed neerslag (kEur)	0	88	212	459	900	3,975
Omvallende bomen (kEur)	0	0	250	330	330	330
Gemeentelijk vastgoed hagel (kEur)	1	1	5	20	20	20
Exoten (kEur)	213	247	325	416	509	644
Energiekosten (kEur)	0	1	1	3	3	3
Bomensterfte (kEur)	376	376	376	752	752	1,880
Sportvelden (kEur)	0	0	0	0	2,500	2,500
Som YEAR (kEur) acute risico's	884	1086	1386	1854	3744	5100
Som YEAR (kEur) totaal	2755	3010	3452	3980	5799	7155

Bijlage 5 Modelling

B5.1 Modelling uitgelegd

Hoe het samplen van een jaarlijkse financiële schade voor een klimaatrisico werkt kan het meest inzichtelijk worden uitgelegd aan de hand van een voorbeeld: verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten).

De financiële schade door verminderde arbeidsproductiviteit wordt voor dit klimaatrisico gekoppeld aan aantal zomerse dagen. Dit is in algemene zin een 'event'.

Een event kan worden verdeeld in meerdere 'subevents', in het beschouwde geval is een subevent een specifiek bereik van het aantal zomerse dagen in een jaar. Aan elk subevent k is een herhalingsstijd van het subevent gekoppeld (de kans $p_k = 1 / \text{herhalingsstijd}$). De kansen van alle subevents opgeteld mag niet groter zijn dan 1, maar mag wel kleiner zijn dan 1, in dat geval doet het event zich niet elk jaar voor. De kans dat het event niet voorkomt is 1 minus de som van de individuele kansen op de subevents. Zie tabel B5.1 voor een gedeeltelijk overzicht van het voorbeeld klimaatrisico.

Tabel B5.1 Gedeelte overzicht klimaatrisico 'verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)'

Event	Verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)					
Aantal zomerse dagen per jaar	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59
Herhalingsstijd 1/(x jaar)	8,3	2,7	3,2	7,7	20,0	50,0

Subevents samplen werkt als volgt. Voor elke Monte-Carlo stap (lees: jaar) wordt maximaal 1 sample genomen. Het model genereert een willekeurig getal in het bereik $[0, 1]$. Wanneer het willekeurig getal in het bereik $[0, p_1)$ ligt, dan wordt subevent 1 gesampled, en wanneer het willekeurig getal binnen het bereik $[p_1, p_1 + p_2)$ ligt dan wordt subevent 2 gesampled.

In algemene vorm:

subevent k wordt gesampled als het willekeurig getal in het bereik $[0 + p_1 + p_2 + \dots + p_{k-1}, 0 + p_1 + p_2 + \dots + p_k)$ ligt.

Aan het gesamplede subevent wordt vervolgens een financiële schade gekoppeld. Dit kan een vast bedrag zijn, elke keer als het subevent gesampled wordt is de financiële schade gelijk. De financiële schade kan daarnaast ook een willekeurig bedrag tussen een vastgesteld minimaal en maximaal bedrag zijn (uniform verdeeld), of een willekeurig bedrag uit een lognormale verdeling zijn met een vooraf vastgesteld minimaal bedrag, mediaan bedrag en variantie. Zie tabel B5.2 voor een gedeeltelijk overzicht van het voorbeeld klimaatrisico. Voor elk relevant klimaatrisico is een dergelijke tabel opgesteld die alle relevante input bevat voor de Monte-Carlosimulatie. Voor elk klimaatrisico wordt dit algoritme doorlopen. Dit algoritme werkt zowel voor acute als chronische klimaatrisico's.

De financiële schade per klimaatrisico wordt gesommeerd tot de totale financiële schade voor een Monte-Carlo stap (lees: jaar). In voorliggend onderzoek is wegens technische limieten een simulatie met 10.000 Monte-Carlo stappen uitgevoerd.

Tabel B5.2 Overzicht input klimaatrisico 'verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)'

Vermindering van arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)							
Event	Verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte (buiten)						
Aantal zomerse dagen per jaar		0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59
Herhalingstijd	1/(x jaar)	8,3	2,7	3,2	7,7	20,0	50,0
Schade minimaal	€/event						
Schade gemiddeld	€/event	3.203	10.319	17.436	24.553	31.670	38.787
Schade maximaal	€/event						
Verdeling soort	VAST/UNIFORM/VAST LOGNORM		VAST	VAST	VAST	VAST	VAST
Verdeling gemiddelde		3.203	10.319	17.436	24.553	31.670	38.787
Verdeling variantie		-	-	-	-	-	-
Verdeling minimum		-	-	-	-	-	-

B5.2 Modelbeperkingen

10.000 Monte-Carlo stappen is onvoldoende om een accuraat beeld te krijgen van de hogere percentielwaarden van de jaarlijkse financiële schade

Als er aangenomen wordt dat de inputdata gevalideerd is, dan wordt de performance van de Monte-Carlo simulatie enkel bepaald door het aantal Monte-Carlo stappen. Belangrijk is dat de frequentie van het aantal samples in de simulatiedata van elk afzonderlijk subevent zo goed mogelijk overeenkomt met de vastgestelde herhalingstijd. De regel is dat hoe meer Monte-Carlo stappen hoe nauwkeuriger de simulatieresultaten. Exacte nauwkeurigheid wordt in theorie benaderd wanneer het aantal Monte-Carlo stappen oneindig is. In ieder geval wordt er dus bij een Monte-Carlosimulatie vastgesteld worden welke onzekerheid acceptabel is, afgewogen tegen de benodigde rekentijd en rekencapaciteit.

Voor het bepalen van het totale financiële risico is Microsoft Excel 32 bit gebruikt voor de Monte-Carlosimulatie. Het RAM-gebruik van de 32 bit versie van Excel is begrensd op 2GB. Bij een simulatie met 10.000 stappen benadert het RAM-gebruik de 2GB limiet. Om technische reden is het niet mogelijk om met deze software het aantal Monte-Carlo stappen uit te breiden. De 64 bit versie van Microsoft Excel heeft geen dergelijke limiet.

Het is aangeraden om een simulatie uit te breiden naar 100.000 Monte-Carlo stappen. Hiervoor is 64 bit Excel vereist en minimaal 16 GB RAM (32 GB aangeraden). De rest van deze sectie beschrijft waarom 10.000 stappen onvoldoende is en waarom uitbreiding naar 100.000 stappen wordt aangeraden.

Voor elk subevent, afzonderlijk beschouwd, is een Monte-Carlo stap een 'bernoulli-experiment', een experiment met slechts twee mogelijk uitkomsten. Het subevent wordt gesampeld, of niet. De combinatie van het aantal Monte-Carlo stappen n en de kans⁶ p subevent gesampeld wordt, volgt derhalve de binomiale verdeling $B(n,p)$. Het verwachte aantal keren dat het subevent gesampeld wordt is gelijk aan $n * p$ (gemiddelde van de verdeling $B(n,p)$). De standaarddeviatie van de verdeling $B(n,p)$ is gelijk aan $\sqrt{np(1-p)}$. De standaarddeviatie ten opzichte van de verwachtingswaarde s is dan gelijk aan $s = \sqrt{(1-p)/np}$.

We kunnen s voor het zeldzaamste subevent gebruiken als graadmeter voor de nauwkeurigheid van de Monte-Carlo simulatie. Het zeldzaamste subevent in voorliggend onderzoek valt onder het klimaatrisico 'schade aan vastgoed door extreme piekneerslag'. Een bui van 112 mm/uur komt eens in de 500 jaar voor. De financiële schade die voor dit subevent is vastgesteld bedraagt bijna € 4 miljoen, het hoogste bedrag van alle subevents. Bij een Monte-Carlo simulatie met 10.000 stappen is het verwachte aantal samples van dit subevent $10.000 * 1/500 = 20$ samples.

De standaarddeviatie ten opzichte van de verwachtingswaarde is gelijk aan $s = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{500}}{10.000 * \frac{1}{500}}} =$

22,3 %.

Dat betekent het aantal samples bij een simulatie in de meeste gevallen grofweg tussen 15-25 samples ligt. Met 100.000 en 1.000.000 Monte-Carlo stappen reduceert s tot respectievelijk 7,1 % en 2,2 %. Daaruit volgt de conclusie dat het waardevol is om het aantal Monte-Carlo stappen te verhogen tot 100.000. De onzekerheid die men accepteert is subjectief. Stel men accepteert een s van 5 % dan volgt dat bij een simulatie van 10.000 Monte-Carlo stappen dat deze nauwkeurigheid behaald wordt bij een herhalingsjijd tot 26 jaar.

De voorgaande analyse beschouwd enkel het subevent met de hoogste herhalingsjijd. Wanneer alle subevents met een herhalingsjijd groter dan 1 jaar worden beschouwd, dan volgt een gemiddelde standaarddeviatie van 4,4 %. Bij 100.000 stappen is de gemiddelde standaarddeviatie 1,4 %.

⁶ De kans p dat het subevent gesampeld wordt is 1 gedeeld door de herhalingsjijd

Per klimaatrisico kan er per jaar maar 1 subevent plaatsvinden

Uit de beschrijving van modellering hierboven volgt dat er per klimaatrisico maximaal 1 subevent per jaar kan plaatsvinden. Over het algemeen vormt dit een beperking voor acute klimaatrisico's waarvoor het in theorie wel mogelijk is dat er meerdere subevents per jaar voorkomen. In de praktijk betekent dit dat voor klimaatrisico's die samenhangen met de klimaatgevaaren '*extreme neerslag en storm*', de schade in extreme gevallen onderschat omdat schade veroorzakende extreme neerslag en storm meerdere keren per jaar kan voorkomen. Voor andere klimaatgevaaren is dit geen beperking omdat deze chronisch zijn of omdat er gerekend wordt met jaargemiddelden.

Klimaatrisico's met dezelfde klimaatgevaaren worden als onafhankelijk beschouwd

Verschillende klimaatrisico's kunnen in algemene zin afhankelijk zijn van hetzelfde klimaatgevaar. Zodoende kunnen deze klimaatrisico's ook dezelfde subevents hebben. In de praktijk van voorliggend onderzoek is dit het geval voor de klimaatrisico's '*Verminderde arbeidsproductiviteit door toename hitte buiten*' en '*Hogere energierekening: meer koeling gemeentelijk vastgoed tijdens de zomer*' waarbij de subevents voor beide klimaatrisico's het aantal zomerse dagen in een jaar is. De correcte manier om deze klimaatrisico's afhankelijk van elkaar te maken in de Monte-Carlo simulatie. Als hoor het ene klimaatrisico in een Monte-Carlo stap bijvoorbeeld 20-29 zomerse dagen in het jaar wordt gesampeld, dan zou voor het andere klimaatrisico ook 20-29 zomerse dagen moeten worden gesampeld.

Dit is niet hoe onze Monte-Carlosimulatie functioneert. Het aantal zomerse dagen wordt voor de klimaatrisico's apart gesampeld. Dit is niet zozeer een modelbeperking maar een doelbewuste keuze. Deze keuze is gemaakt omdat in de Monte-Carlosimulatie er voor elk klimaatrisico een apart Excel-tabblad is gemaakt. Door alle klimaatrisico's afhankelijk van elkaar te maken staat ieder tabblad op zichzelf en worden er geen verwijzingen gemaakt naar andere tabbladen, behalve het input-tabblad. Voor dit onderzoek heeft deze 'ontkoppeling' een zeer gering effect omdat de financiële schade door een hogere energierekening in het meest extreme geval slechts op circa € 3.000,00 is vastgesteld.

Gevoeligheidsanalyse

Een gevoeligheidsanalyse is een belangrijk onderdeel van een Monte Carlo-simulatie, omdat het inzicht biedt in hoe variaties in inputparameters de uiteindelijke resultaten beïnvloeden.

Doordat er gekozen is om Excel te gebruiken voor de simulatie is het maar beperkt mogelijk om de inputparameters te variëren omdat dit handmatig moet worden uitgevoerd. Desondanks is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daarbij is in ieder geval niet gekeken naar de herhalingstijd van subevents en de gemiddelde, minimale en maximale financiële per subevent. Deze informatie is als definitief beschouwd. De set van beschouwde inputparameters is beperkte tot:

- Indien voor een klimaatrisico een minimale en maximale schade is vastgesteld, de keuze tussen een uniforme kostenverdeling of een lognormale kostenverdeling
- Indien voor een lognormale kostenverdeling is gekozen, de spreiding van deze verdeling

Voor 2 van de 14 klimaatrisico's is gekozen voor een lognormale verdeling van de schadekosten. Voor 1 klimaatrisico is gekozen voor een uniforme verdeling van de schadekosten. Voor de overige 11 klimaatrisico's is voor vaste schadekosten gekozen. Samen vertegenwoordigen deze klimaatrisico's € 0,5 miljoen van de gemiddelde schadekosten van € 3,3 miljoen. De maximale schade van deze drie klimaatrisico's samen ligt rond de € 1,5 miljoen ten opzichte van het totale maximum van rond de € 9,0 miljoen. Daaruit kan al geconcludeerd worden dat het effect van het variëren van de bovengenoemde inputparameters beperkt is.

Indien er een minimale, gemiddelde en maximale schadekosten voor een klimaatrisico is vastgesteld en het waarschijnlijk is bevonden dat de schadekosten zich concentreren rond het gemiddeld, is er voor een lognormale verdeling gekozen in plaats van een uniforme verdeling.

Een lognormale verdeling begint normaliter bij 0, maar kan gemakkelijk worden bewerkt zodat het beginpunt bij de minimale schadekosten begint. De gemiddelde schadekosten worden geïnterpreteerd als mediaan, omdat het gemiddelde van een lognormale verdeling bepaald wordt door zowel de mediaan als de variatie. Bij een kleine variatie is het verschil tussen de mediaan en het gemiddelde klein.

Een lognormale verdeling kent geen maximum, maar de spreiding van de verdeling kan zo gekozen worden zodat de bulk van de verdeling tussen de minimale en maximale schadekosten ligt. Voor de spreiding is LN(1,5) aangehouden. Dit getal is doormiddel van 'trial and error' vastgesteld.

Met deze spreiding zal in het geval dat de minimale schadekosten 0 zijn in circa 5 % van de gevallen de schadekosten minder dan de helft van de mediaan zijn en zal ook in circa 5 % van de gevallen de schadekosten meer dan het dubbele van de mediaan (in dit specifieke geval is dat gelijk aan het maximum). Dat betekent dat 95 % van de verdeling tussen het vastgestelde minimale en maximale schadebedrag ligt en 5 % ligt boven het vastgestelde maximale schadebedrag.

Van dit getal kan afgeweken worden, maar indien de eis dat circa 95 % of meer van de verdeling tussen het minimale en maximale schadebedrag ligt, kan er maar beperkt van deze waarden worden afgeweken. In dat geval is het verschil tussen een uniforme of lognormale verdeling niet noemenswaardig.

Bijlage 6 Voorstel klimaatrisico in risicoparagraaf

Door klimaatverandering krijgt de Haarlemmermeer te maken met meer extreme neerslag, droogte en hitte. Ook storm, hagel en onweer zorgen voor risico's. Deze kortdurende en langdurige weerextremen zorgen vaker voor schade aan en herstelkosten voor de infrastructuur, gebouwen en (groen)voorzieningen in de gemeente. Langdurige droogte leidt tot schade aan bomen en groen en maakt het bewateren van bomen noodzakelijk. Ook stormschade, vooral kosten voor snoeiwerk, opruimen en herplant van bomen, worden groter. Extreme neerslag heeft een kleine kans, maar kan leiden tot grote schade aan gebouwen, versterkt door de achterstand in onderhouds- en vervangingsopgave van de riolering. Hitte leidt tot schade aan asfalt. Ook is overlast en schade van exotische ziekten en plagen, zoals de miersoort Mediterraans draaigatje. Het jaarlijkse risico, bovenop kosten en maatregelen uit reguliere budgetten, heeft een bandbreedte van EUR 0 tot 2,6 miljoen.