

 Framework

KLIMAATADAPTATIE

FRAMEWORK FOR CLIMATE ADAPTIVE BUILDINGS

VERSIE 1.0

Standaard-aanpak voor het
inschatten van fysieke
klimaatrisico's voor gebouwen

Deel 1: de omgevingscore



Dutch
Green Building
Council

[DGBC.nl](https://dgbc.nl)



Auteurs

Dutch Green Building Council (DGBC)

Jan Kadijk

Romee Prijden

Climate Adaptation Services (CAS)

Arjen Koekoek

Felix van Veldhoven

Hasse Goosen

Koen Veenenbos

Expert review

Bas Kolen (HKV) – Overstroming

Jeroen Kluck (Hogeschool van Amsterdam) – Hitte

Marco Hoogvliet (Deltares) - Wateroverlast & droogte

Vormgeving

Supervisie

Publicatiedatum

November 2022

Juridische disclaimer

Aan dit document kunnen geen rechten worden ontleend. Dutch Green Building Council (DGBC) en Climate Adaptation Services (CAS) zijn niet aansprakelijk voor geleden verlies, schade of kosten die voortvloeien uit of in verband staan met de informatie in dit document. Het vertrouwen op dit document is geheel voor eigen risico van de ontvanger. Hoewel wij van mening zijn dat de informatie en meningen gegeven door DGBC en CAS deugdelijk zijn, moeten alle partijen vertrouwen op hun eigen deskundigheid en beoordelingsvermogen wanneer zij er gebruik van maken.

Niets in dit document is of zal worden beschouwd als een belofte t.a.v. huidige of toekomstige gebeurtenissen of resultaten. Desalniettemin streven wij ernaar de integriteit van dit document te beschermen en verwelkomen wij alle feedback om onze aanpak verder te verbeteren.

Het Framework for Climate Adaptive Buildings wordt mede mogelijk gemaakt door onderstaande partijen.

provincie
Gelderland


provincie :: **Utrecht**


Ministerie van Binnenlandse Zaken en
Koninkrijksrelaties


provincie
Zuid-Holland

metropool
regioamsterdam


Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

ING 

Rabobank 

 **ABN-AMRO**

 **VERBOND VAN VERZEKERAARS**


Bouwinvest

W/E

a.s.r. real estate

CBRE Investment
Management

MN

IVBN
Vereniging van Institutionele
Beleggers in Vastgoed, Nederland

AlterA

nsi

syntrus | **achmea**
real estate & finance

 **bpd**

 **vesteda**

Wereldhave


SWECO

 **Climate
Adaptation
Services**

 **Nelen &
Schuurmans**

 **TAUW**

 **ARCADIS**

HKV
LIJN IN WATER

Deltares


NIEMAN
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

 **Royal
HaskoningDHV**
Enhancing Society Together


Hogeschool van Amsterdam

Witteveen + Bos

STICHTING
**RIO
NED**
STAD | WATER | MENS

OSKA
KLIMAATADAPTATIE
versnellen met STANDAARDEN

&flux

**GROENE
HUISVESTERS**

INHOUDSOPGAVE

1.	INTRODUCTIE	5
2.	KLIMAATVERANDERING EN GEBOUWEN	8
2.1.	Waarom is klimaatverandering belangrijk voor gebouwen?	8
2.2.	Rapportageverplichtingen over fysiek klimaatrisico	8
2.2.1.	Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD)	8
2.2.2.	EU Taxonomie	10
2.2.3.	Alignment met EU Taxonomie & TCFD	10
2.3.	Waarom een open, transparante aanpak?	12
3.	INZICHT IN FYSIEK KLIMAATRISICO	14
3.1.	Hoe definiëren we klimaatrisico?	14
3.2.	Omgevingsscore en gebouwscore	14
3.3.	Klimaatmodellen	15
3.4.	Klimaatscenario's	16
3.5.	Tijdshorizonten	17
4.	AANPAK VOOR HET INSCHATTEN VAN DE OMGEVINGSSCORE VOOR GEBOUWEN	18
4.1.	Hitte	19
4.1.1.	Hittestress door warme nachten - 2050 Hoog	19
4.2.	Droogte	20
4.2.1.	Natuurbrandgevoeligheid - 2050 Hoog	21
4.2.2.	Risico Paalrot 2050 Hoog	23
4.2.3.	Risico Verschilzetting - 2050 Hoog	24
4.3.	Wateroverlast	25
4.3.1.	Waterdiepte bij hevige bui - 70 mm / 2 uur (1:100 jaar)	26
4.3.2.	Grondwateroverlast, op basis van een index	28
4.4.	Overstroming	32
4.4.1.	Maximale waterdieptekaart (2021)	33
4.4.2.	Plaatsgebonden overstromingskansen 2050 20cm	33
4.5.	Aannames en beperkingen	35
5.	VERVOLG	37
5.1.	Kennisagenda voor het verbeteren van deze aanpak	37
6.	LITERATUUR	40

1. INTRODUCTIE

Een duurzame gebouwde omgeving is voorbereid op een veranderend klimaat. De gevolgen van klimaatverandering zijn nu al merkbaar, ook voor gebouweigenaren. Denk maar aan wateroverlast door hoosbuien, verzakkingen van panden en scheuring van rioolaansluitingen door droogte. Als we niets doen, verergeren klimaatschades in de toekomst. Om daarop voorbereid te zijn, is het belangrijk om inzicht te krijgen in de risico's.

Financiële toezichthouders maken zich zorgen over de stabiliteit van het financiële systeem wanneer er te veel geld zit in vastgoed dat is blootgesteld aan grote klimaatrisico's. De vastgoedsector vraagt steeds vaker naar klimaatrisico-analyses. Inzicht in klimaatrisico's is ook voor woningeigenaren relevant. Een klimaatrisico-analyse geeft een inschatting van de fysieke risico's van klimaatverandering voor een gebouw. Een algemeen geaccepteerde methode die deze risico's eenduidig in beeld brengt is er nog niet. Een standaard-aanpak ontbreekt.

Voor de gebouwde omgeving zijn er naast fysieke klimaatrisico's ook transitierisico's, dat zijn alle kosten die voortkomen uit de overgang naar een duurzame en klimaatbestendige economie. De risico's van die overgang komen steeds beter in beeld en het realiseren van aardgasvrije wijken en klimaatneutrale gebouwen is in volle gang. Al deze zaken helpen bij het halen van de ambities uit het Klimaatakkoord van Parijs.

Steeds meer bedrijven rapporteren over klimaatgerelateerde risico's. Tot nu toe leggen zij de nadruk op transitierisico. Het is belangrijk om ook meer inzicht te krijgen in het fysieke klimaatrisico en zo bij te dragen aan een klimaatbestendige gebouwde omgeving. Het rapporteren over klimaatrisico's van bestaand vastgoed is steeds vaker gemeengoed, onder andere vanwege de groene regels vanuit Europa, de EU Taxonomie, en de EU Sustainable Finance Disclosure Regulation. Deze vereisen het in kaart brengen van en rapporteren over fysieke klimaatrisico's en het beoordelen van adaptatie-maatregelen die de fysieke klimaatrisico's kunnen verminderen.

In dit rapport richten we ons op fysiek klimaatrisico voor gebouwen. Stilzitten is voor gebouweigenaren, woningcorporaties, beleggers en overheden geen optie meer. Zij moeten nu handelen naar geconstateerde risico's,

maar weten niet hoe. Met een brede alliantie van financiële instellingen, kennisinstituten, adviseurs en overheden is een Framework for Climate Adaptive Buildings opgezet, waarin een open, eenduidige aanpak staat voor het vaststellen van fysieke klimaatrisico's voor gebouwen. De aanpak gaat uit van drie stappen:

1. Het inschatten van de klimaateffecten voor de omgeving van een gebouw
2. Het bepalen van de gebouwspecifieke kwetsbaarheid
3. Het definiëren van gebieds- & gebouwmaatregelen. Figuur 1 op de volgende pagina vat de stappen samen.

Dit rapport beschrijft de eerste stap van deze aanpak: het inschatten van de omgevingsscore voor bestaande gebouwen. De aanpak is gebaseerd op de best beschikbare, vrij toegankelijke Nederlandse landelijke data. Het gebruik van vrij beschikbare gegevens, en duidelijkheid over de achterliggende methodes verbetert de vergelijkbaarheid en reproduceerbaarheid van klimaatrisico-analyses.

De hier omschreven aanpak geeft een inschatting van de fysieke risico's van klimaatverandering voor een bestaand gebouw. Deze aanpak is ontwikkeld voor bestaande gebouwen en niet geschikt voor nieuwbouw, het ontwikkelen van groene gebieden en voor herontwikkeling van voormalige industrieterreinen.

Hoofdstuk 2 beschrijft van de gevolgen zijn van klimaatverandering op gebouwen en geeft een overzicht van de rapportage verplichtingen. Hoofdstuk 3 geeft inzicht in fysiek klimaatrisico. Hoofdstuk 4 beschrijft de standaard-aanpak voor het bepalen van de omgevingsscore voor bestaande gebouwen. Hoofdstuk 5 bevat de vervolgstappen. Dit rapport is een eerste stap in de beoogde methodiek (zie figuur 1).

Financiële toezichthouders maken zich zorgen over de stabiliteit van het financiële systeem als er teveel geld zit in vastgoed met hoge klimaatrisico's. "Zij willen zekerheid dat hun geld goed is belegd",

stelt Jan Kadijk, manager kennis en innovatie van DGBC.

Framework for climate adaptive buildings



Figuur 1. Framework for Climate Adaptive Buildings. Dit eerste rapport beschrijft hoe de omgevingsscore wordt bepaald. Deel twee en drie verschijnen in 2023.

Water op de stoep in Delft 2022



2. KLIMAATVERANDERING EN GEBOUWEN

2.1. Waarom is klimaatverandering belangrijk voor gebouwen?

Klimaatverandering kun je beschouwen als een systeemrisico. De gevolgen van klimaatverandering kunnen leiden tot instabiliteit van het economische systeem¹. Wetenschappers schatten in dat bij een temperatuurstijging van 4 graden Celsius, de wereldeconomie met een kwart kan krimpen. Het daarmee gemoeide bedrag overstijgt de totale schade van de financiële crisis van 2007-2008².

Zelfs bij volledige uitvoering van de nationaal vastgestelde bijdragen – of Nationally Determined Contributions (NDC's) - in het kader van het Klimaatakkoord van Parijs, koerst de wereld af op een opwarming van ruim 2.7 graden aan het einde van deze eeuw³. Voor Nederland is de totale klimaatgerelateerde financiële schade geraamd op 77,5 tot 173 miljard euro over de periode tot 2050⁴.

De fysieke gevolgen van klimaatverandering, zoals overstromingen, stormen en droogte, kunnen gebouwen beschadigen of de waarde van gebouwen verminderen. Klimaatgerelateerde risico's kunnen zowel acuut zijn door bepaalde gebeurtenissen, als chronisch vanwege verschuivingen op langere termijn. Acute risico's ontstaan bijvoorbeeld door overstromingen, droogte en stormen, chronische risico's door langdurige hittestress, droogte en zeespiegelstijging⁵. Ook de overgang naar een koolstofarme economie kan de waarde van gebouwen beïnvloeden. Een voorbeeld is de label C-verplichting voor kantoren. Per 1 januari 2023 moet een kantoorgebouw minimaal energielabel C hebben. Een kantoor dat niet op tijd is gerenoveerd naar dat label mag niet meer als kantoor worden verhuurd, wat leidt tot huurdering. Net als bij olievelden kan zo'n kantoor dan zijn waarde verliezen door veranderde maatschappelijke factoren.

Bij fysieke klimaatrisico's ontstaan steeds vaker zowel schades als waardevermindering. De orkaan Ida, die in augustus 2021 in de Verenigde Staten aan land kwam, leidde tot een van de grootste verliezen die ooit door verzekeraars is opgetekend: 36 miljard dollar⁶. Record-hitte en droogte verhevigden bosbranden zoals in Cali-

fornië, die leidden tot een jaarlijks verlies van meerdere miljarden dollars. Ook in andere delen van de wereld hebben extreme regenval en overstromingen records gevestigd aan verzekeringsschades. In 2021 overschreden vier weergebeurtenissen de drempel van 20 miljard dollar schade: orkaan Ida, de overstromingen door Bernd in Europa, overstromingen in China en de poolwervel in Noord-Amerika. Het is de tweede keer in de geschiedenis dat zo'n aantal gebeurtenissen met meer dan 20 miljard dollar schade zich voordeed.

Onderzoeken wijzen steeds vaker uit dat klimaatverandering ook tot waardevermindering van gebouwen leidt. In de Verenigde Staten zijn er verschillende voorbeelden van neerwaartse prijsaanpassingen van gebouwen als gevolg van klimaatrisico. De prijzen van vastgoed in New York en Boston zijn naar beneden bijgesteld na de verwoestingen van orkaan Sandy in 2012⁷. Een andere studie naar meer dan 400.000 Amerikaanse eengezinswoningen die tussen 2007 en 2016 werden verkocht, wees uit dat panden in overstromingsgevoelig gebied ongeveer zeven procent minder opbrachten⁸. In de VS heeft verhoogd overstromingsrisico een steeds grotere invloed op de relatieve en absolute waarde van gebouwen.

1 DNB, 2017.

2 Kompas et al., 2018.

3 UNEP, 2021.

4 www.klimatschadeschatter.nl.

5 TCFD, 2017.

6 AON, 2022.

7 Addoum et al., 2021.

8 Bernstein et al., 2018.

Nederland is een van de best beschermde delta's ter wereld, maar ook hier leidt extreem weer tot schade en - hoewel nog niet concreet aangetoond – potentieel tot waardevermindering. De overstromingen in Limburg leidden in de zomer van 2021 tot een geschatte schade van 350 tot 600 miljoen euro⁹. De schade is daarmee groter dan die tijdens de overstromingen langs de Maas in 1993 en 1995. De gemeten hoeveelheden neerslag en rivierafvoeren in Limburg waren nooit eerder zo groot. Volgens De Nederlandsche Bank (DNB) bedraagt de potentiële overstromingsschade bij verschillende scenario's van dijkdoorbraken tussen de 20 en 60 miljard euro¹⁰.

Het aantal natuurbranden in Nederland neemt toe, vooral in het voorjaar. De schade van de brand in 2011 op de Kalmthoutse Heide is geschat op een schadebedrag tussen de 2.7 en 3.5 miljoen euro¹¹. In Nederland zijn tussen de 750.000 en 1.000.000 panden met een houten paalfundering of een fundering op staal. Deze panden zijn gevoelig voor droogte. De verwachting is dat de schade aan deze panden tot 2050 kan oplopen tot wel 60 miljard euro, door paalrot, lage grondwaterstanden en toenemende droogte¹². Een goede analyse van het fysieke klimaatrisico is een eerste stap richting het nemen van doeltreffende maatregelen.

2.2. Rapportageverplichtingen over fysiek klimaatrisico

Financiële regelgevers en andere relevante belanghebbenden hebben hun bezorgdheid geuit over klimaatrisico's voor de waarde van gebouwen¹³. Onlangs hebben investeerders bedrijven opgeroepen om klimaatverandering aan te pakken. Wetgevers vragen investeerders steeds vaker om te rapporteren over het

risico van klimaatverandering voor een transparante analyse van blootgestelde activa¹⁴. De Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD, 2017) ondersteunt deze aanbevelingen. De TCFD onderschrijft het belang van standaarden voor het rapporteren van klimaatgerelateerde risico's en kansen. De recent gepubliceerde aanbevelingen vanuit de EU Taxonomie, over technische screening-criteria voor het verminderen van fysieke klimaatrisico's, sluiten hierbij aan¹⁵. Verschillende studies hebben aangetoond dat veel bedrijven (nog) niet over de kosten van fysiek klimaatrisico rapporteren of de neiging hebben deze te onderschatten¹⁶.

2.2.1. Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD)

De Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) is opgericht door de Financial Stability Board (FSB). De organisatie presenteert aanbevelingen over het rapporteren van klimaatrisico's en kansen. Dit TCFD framework rapporteert over de financiële consequenties van klimaatverandering.

De aanbevelingen bestaan uit vier onderdelen: governance, strategie, risicomanagement en indicatoren en doelstellingen. Het gaat hierbij om het rapporteren over hoe de organisatie overzicht houdt over klimaatrisico's en kansen, over de actuele en potentiële impact van klimaatrisico's en kansen op de activiteiten, over de strategie, financiële vooruitzichten en planning van de organisatie, hoe de organisatie klimaatrisico's identificeert, beoordeelt en beheert, en de indicatoren en de doelstellingen die worden gebruikt bij het beoordelen en beheersen van klimaatrisico's. Daarbinnen staan verdere aanbevelingen en zijn er aanvullende handleidingen opgezet voor de financiële sector en andere, niet-financiële sectoren, zoals bijvoorbeeld materialen en gebouwen.

Natuurbrand



9 Task Force Fact-finding hoogwater, 2021.

10 DNB, 2017.

11 Klimateffectatlas, 2022.

12 KCAF, 2021.

13 Carney, 2015.

14 Lepousez et al., 2017.

15 TEG, 2020; TCFD, 2017.

16 Goldstein et al., 2019.

2.2.2. EU Taxonomie

De Europese Unie heeft recent nieuwe regelgeving aangenomen, zoals de Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR) in 2019 en de Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) in 2021. Deze nieuwe initiatieven dwingen organisaties transparanter te zijn over hun invloed op zowel de planeet als de samenleving. De SFDR stelt transparantieregels op voor het waarborgen van de integratie van duurzaamheidsrisico's in beleggingsprocessen en de harmonisatie van ESG¹⁷-openbaarmakingsnormen voor verschillende soorten producten en eindbeleggers.

Eind 2021 zijn de eerste technische screening-criteria voor klimaatmitigatie en klimaatadaptatie gepubliceerd om te bepalen wanneer een economische activiteit, in dit geval een bouw- en vastgoedactiviteit, substantieel bijdraagt aan klimaatadaptatie, en of de activiteiten geen ernstige afbreuk doen (Do No Significant Harm - DNSH) aan andere milieu-doelstellingen uit de EU Taxonomie. In de EU Taxonomy Climate Delegated Act¹⁸ zijn deze technische screeningcriteria voor een substantiële bijdrage aan klimaatadaptatie uitgewerkt. Vanuit de uitgewerkte bouw- en vastgoedactiviteiten zijn de volgende secties relevant: bouw van nieuwe gebouwen (sectie 7.1), de renovatie van bestaande gebouwen (sectie 7.2), en verwerving en eigendom van gebouwen (sectie 7.7). Voor bestaande gebouwen zijn dus specifiek sectie 7.2 en 7.7 relevant. Het gaat hierbij om criteria rond het uitvoeren van een klimaatrisicobeoordeling, het toepassen van fysieke en niet-fysieke adaptatiemaatregelen en het opstellen van een adaptatieplan. Figuur 2 op pagina 10 beschrijft de generieke DNSH-criteria voor de bouw- en vastgoedactiviteiten.

De EU Taxonomie geeft een overzicht van klimaatdreigingen (hazards), zowel chronisch als acuut, gerelateerd aan temperatuur, wind, water en bodem. Figuur 3 op pagina 11 geeft daarvan een overzicht. De lijst van klimaatdreigingen is niet uitputtend en biedt slechts een indicatief overzicht van de meest voorkomende gevaren waarmee ten minste rekening moet worden gehouden. Het is van belang om de relevante fysieke klimaatrisico's te kiezen die gelden op de desbetreffende locatie.

2.2.3. Alignment met EU Taxonomie & TCFD

Alignment EU Taxonomie

De technische screening-criteria voor de bijdrage aan klimaatadaptatie en de 'Do Not Significant Harm' criteria bij klimaatmitigatie in de EU Taxonomie bestaan uit:

- I) Het uitvoeren van een klimaatrisicobeoordeling,
- II) Het toepassen van fysieke en niet-fysieke klimaatadaptatieve maatregelen die de risico's reduceren, en
- III) Het opstellen van een adaptatieplan, inclusief monitoring.

De standaard-aanpak waarvoor dit rapport de eerste stap vormt, voldoet aan de eisen van de eerste set aan criteria, voor het uitvoeren van een klimaatrisicobeoordeling. Verder vereist de EU Taxonomie een transparante methode voor een klimaatrisico-screening, zodat financiële actoren de nauwkeurigheid van de resultaten kunnen beoordelen. Daarom hanteert het Framework for climate adaptive buildings een open, transparante aanpak. Deze aanpak is volledig op basis van open, landelijke gegevens, inclusief verwijzingen naar de onderliggende technische documentatie. Zo zorgt deze aanpak voor vergelijkbaarheid en consistentie.

Deze standaard-aanpak werkt met de KNMI'14-projecties voor 2050, die voldoen aan de tijdshorizons-eisen uit de EU Taxonomie. Voor meer uitleg hierover, zie hoofdstuk 4.5. Aannames en beperkingen. De aanpak richt zich op de thema's hitte, droogte, wateroverlast en overstroming. Niet alle klimaatdreigingen, zoals beschreven in de EU Taxonomie (zie figuur 3), zijn in deze beoordeling meegenomen. Dit komt omdat niet al deze dreigingen, zoals lawines, zich in Nederland voordoen, maar ook omdat er niet altijd een relevante dataset beschikbaar is om een specifieke dreiging te analyseren. Daarnaast beoordeelt deze standaard-aanpak klimaatdreigingen die niet expliciet in de bijlage van de EU Taxonomie staan, maar wel relevant zijn voor gebouwen in Nederland. Een voorbeeld hiervan is paalrot.

¹⁷ Environmental, Social en Governance (Milieu, Maatschappijen Governance).

¹⁸ EU Taxonomie Climate Delegated Act, 2021.

Generieke criteria voor DNSH aan adaptatie aan klimaatverandering

I. Criteria

De fysieke klimaatrisico's die voor de activiteit van belang zijn, zijn in kaart gebracht op basis van de lijst van risico's in de tabel in afdeling II van dit aanhangsel, aan de hand van een robuuste klimaatrisico- en -kwetsbaarheidsbeoordeling met de volgende stappen;

- a) Screening van de activiteit op te bepalen welke fysieke klimaatrisico's van de lijst in afdeling II van dit aanhangsel van invloed kunnen zijn op de prestatie van de economische activiteit tijdens haar verwachte levensduur.
- b) Indien de activiteit volgens die screening onderhevig kan zijn aan een of meer van de fysieke klimaatrisico's in afdeling II van dit aanhangsel, een klimaatrisico- en -kwetsbaarheidsbeoordeling om de materialiteit van de fysieke klimaatrisico's voor de economische activiteit te beoordelen;
- c) Een beoordeling van de adaptatieoplossingen die het vastgestelde fysieke klimaatrisico kunnen verminderen.

De klimaatrisico- en -kwetsbaarheidsbeoordeling staat in verhouding tot de schaal van de activiteit en de verwachte levensduur ervan, zoals hieronder beschreven:

- a) Voor activiteiten met een verwachte levensduur van minder dan 10 jaar wordt de beoordeling ten minste met gebruikmaking van klimaatprojecties op de kleinste passende schaal verricht;
- b) Voor alle andere activiteiten wordt de beoordeling verricht met gebruikmaking van de geavanceerde klimaatprojecties met de hoogst beschikbare resolutie voor de bestaande reeks toekomstscenario's die consistent zijn met de verwachte levensduur van de activiteit, waaronder, voor grote investeringen, klimaatprojecties van ten minste 10 tot 30 jaar.

De klimaatprojecties en effectbeoordelingen zijn gebaseerd op beste praktijken en beschikbare richtsnoeren en houden rekening met de laatste wetenschappelijke inzichten op het gebied van kwetsbaarheids- en -risicoanalyse en bijbehorende methodologieën in lijn met de recentste verslagen van de Intergouvernementele Werkgroep inzake klimaatverandering, collegiaal getoetste wetenschappelijke publicaties en opensource of betaalde modellen.

Voor bestaande activiteiten en nieuwe activiteiten die bestaande fysieke activa gebruiken, past de marktdeelnemer, over een periode van maximaal vijf jaar, fysieke en niet-fysieke oplossingen ("adaptatieoplossingen") toe die de belangrijkste vastgestelde fysieke klimaatrisico's die voor de activiteit van belang zijn, verminderen. Voor de toepassingen van die oplossingen wordt dienovereenkomstig een adaptatieplan opgesteld.

Voor nieuwe activiteiten en bestaande activiteiten die nieuw gebouwde fysieke activa gebruiken, integreert de marktdeelnemer de adaptatieoplossingen die de belangrijkste, op het tijdstip van ontwerp en bouw voor die activiteit van belang zijnde fysieke klimaatrisico's verminderen en die hij heeft toegepast voor de start van de werkzaamheden.

De toegepaste adaptatieoplossingen werken niet ongunstig uit op de adaptatie-inspanningen of op het niveau van weerbaarheid tegen fysieke klimaatrisico's van andere mensen, van de natuur, van het culturele erfgoed, van activa en van andere economische activiteiten, sluiten aan bij lokale, sectorale, regionale of landelijke adaptatiestrategieën en -plannen en overwegen zoveel mogelijk het gebruik van op de natuur gebaseerde oplossingen of de aanwending van blauwe of groene infrastructuur.

Classificatie van klimaatgerelateerde gevaren

	Gerelateerd aan de temperatuur	Gerelateerd aan de wind	Gerelateerd aan het water	Gerelateerd aan vaste massa
Chronisch	Veranderende temperatuur (lucht, zoet water, zeewater)	Veranderende windpatronen	Veranderende neerslagpatronen en -soorten (regen, hagel, sneeuw/ijs)	Kusterosie
	Warmtestress		Neerslag en/of hydrologische variabiliteit	Bodemaantasting
	Temperatuur-variabiliteit		Oceaanverzuring	Bodemerosie
	Wegsmelten van de permafrost		Zoutintrusie	Bodemvloeïng
			Zeespiegelstijging	
			Waterstress	
Acuut	Hittegolf	Cycloon, orkaan, tyfoon	Droogte	Lawine
	Koudegolf/vorst	Storm (met inbegrip van sneeuwstormen, stof- en zandstormen)	Zware neerslag (regen, hagel, sneeuw/ijs)	Aardverschuiving
	Natuurbrand	Tornado	Overstroming (kust, rivieren, regenwater, grondwater)	Verzakking
			Doorbraak van gletsjermeer	

Figuur 3. Classificatie klimaatgerelateerde gevaren uit de EU Taxonomie (EU Taxonomie Climate Delegated Act, 2021, Aanhangsel A, p. 141).

Alignment TCFD

De aanpak draagt bij aan het uitvoeren van de TCFD-aanbevelingen voor risicomanagement en indicatoren en doelstellingen, op gebouwniveau. Hierbij gaat het om het opzetten van een eenduidige en transparante aanpak voor een fysieke klimaatrisico-screening.

2.3. Waarom een open, transparante aanpak?

Klimaatverandering veroorzaakt nu al grote schades, ook voor gebouweigenaren. Als we niets doen, verergeren deze klimaatschades in de toekomst. Om daarop voorbereid te zijn, is het belangrijk om inzicht te krijgen in de risico's. In het vorige hoofdstuk staat al beschreven hoe onder andere Europese regelgeving steeds meer gebouweigenaren dwingt om een klimaatscenario-analyse uit te voeren.

Het Europese onderzoeksproject ClimINVEST (2017-2021)¹⁹ bracht klimaatwetenschappers en investeerders bij elkaar om informatie over fysieke klimaatrisico's voor de financiële sector te ontwikkelen. Uit het afsluitende rapport (2021) blijkt dat er grote uitdagingen aankomen. Eén van die uitdagingen, relevant in het licht van deze aanpak, is het probleem van de 'black box'. Een groot aantal internationale commerciële aanbieders van fysieke klimaatrisico-analyses heeft verschillende methodes ontwikkeld om gebouweigenaren te helpen bij het analyseren van hun risico's. Deze methodes verschillen sterk van elkaar en vaak is de gebruikte methode niet transparant. Dat maakt het moeilijk om resultaten van verschillende aanbieders met elkaar te vergelijken. Ook staat de betrouwbaarheid van de resultaten soms ter discussie. Dit 'black box'-syndroom leidt tot frustratie bij wetenschappers.

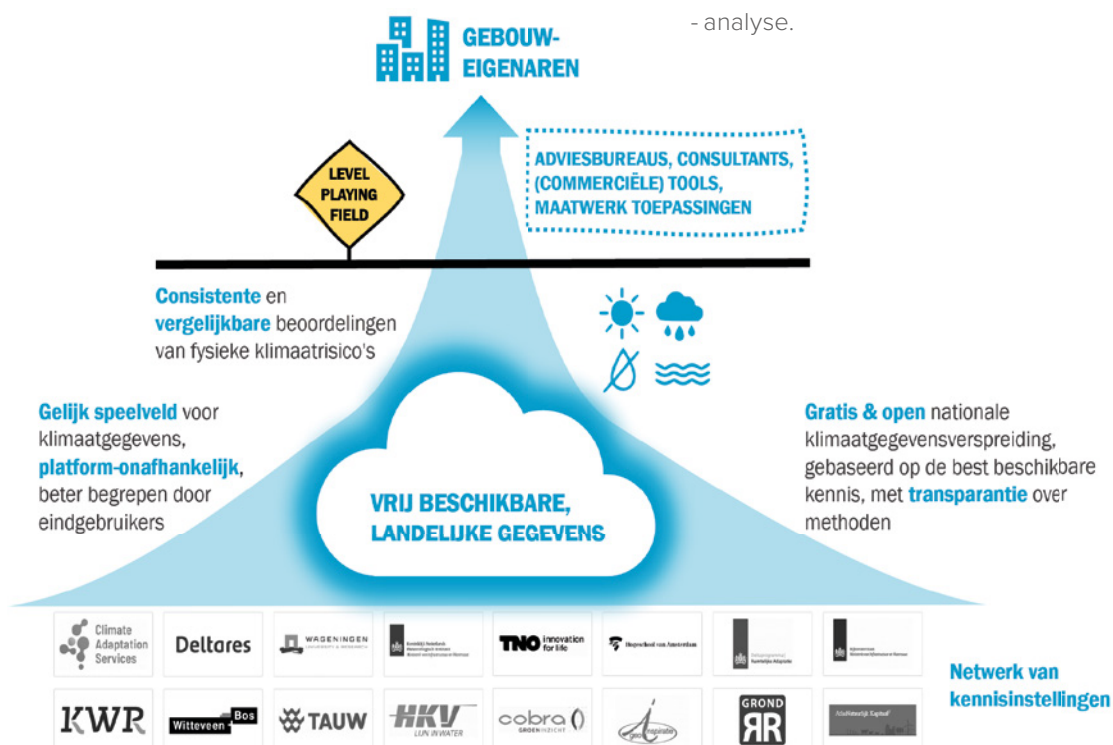
Een studie van Morgan Stanley (2021) sluit aan bij deze conclusie. Na het uitvoeren van een marktscan en het vergelijken van verschillende aanbieders van risicoanalyses, constateren de auteurs een lage correlatie tussen de resultaten van verschillende aanbieders. Deze lage correlatie maakt het moeilijk om te vertrouwen op één specifieke aanbieder. Dit gebrek aan transparantie over de gehanteerde methode kan ook leiden tot over- of onderschatting van het risico en resultaten zijn moeilijk te vergelijken.

19 <https://www.cicero.oslo.no/en/climinvest>.

Wetenschappers en gebouweigenaren vragen om een gelijk speelveld, gebaseerd op open gegevens en transparantie over de gebruikte methodes (zie figuur 4). Deze standaard-aanpak vormt een eerste stap om tot een gelijk speelveld te komen. De aanpak op de in Nederland vrij beschikbare, landelijke gegevens zijn de basis. Voorwaarde is dat de gegevens voor iedereen toegankelijk zijn: openbaar en gratis te downloaden.

Figuur 4. Gelijk speelveld voor toegang tot klimaatgegevens.

Omdat deze standaard-aanpak op basis van open gegevens is, kan iedereen die binnen zijn of haar organisatie zonder enige beperking toepassen. Daarnaast is het mogelijk voor bijvoorbeeld adviesbureaus of softwareontwikkelaars om maatwerk-toepassingen te ontwikkelen die op deze aanpak voortborduren. Zo kan een gebouweigenaar ervoor kiezen om op basis van deze open standaard-aanpak een eerste klimaatrisico-analyse van gebouwen uit te voeren. Via zo'n 'red flagging'-analyse kunnen zij bijvoorbeeld bepalen welk deel van het portfolio als eerste aandacht moet krijgen. Daarbij maken zij dan gebruik van de best beschikbare, vrij toegankelijke landelijke gegevens. Een meer gedetailleerde vervolganalyse is ook mogelijk. Dan kiest de gebouweigenaar voor maatwerk en laat zij of hij met gedetailleerde lokale of regionale gegevens een analyse uitvoeren. De standaard-aanpak voorziet zo in een vrij toegankelijke methode die voor vergelijkbaarheid en consistentie zorgt, op landelijk niveau. Een maatwerk-aanpak kan juist voorzien in een meer gedetailleerde - en op lokaal niveau meer betrouwbare - analyse.



Figuur 4. Gelijk speelveld voor toegang tot klimaatgegevens.

3. INZICHT IN FYSIEK KLIMAATRISICO

3.1. Hoe definiëren we klimaatrisico?

Traditioneel is de benadering van een risico vaak ‘kans maal gevolg’. Het nadeel van deze benadering is dat dit de nadruk legt op een strikt kwantitatieve invulling van het risicobegrip. Voor een inschatting van klimaatrisico is het zinvol om de verschillende dimensies van het risico te bekijken²⁰. Het zesde evaluatierapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (AR6, 2022, zie ook paragraaf 3.3) biedt een kader voor de beoordeling van fysieke klimaatrisico's.

Risico ontstaat door de interactie tussen verschillende dimensies van dat risico: de klimaatdreiging (hazard), de blootstelling en de kwetsbaarheid. Figuur 5 vat deze samen. Deze begrippen worden hieronder verder toegelicht. In het zesde evaluatierapport definieert het IPCC risico als “the potential for adverse consequences for human or ecological systems, recognising the diversity of values and objectives associated with such systems”²¹.

Klimaatdreiging (hazard): de kans op, en de intensiteit van klimaateffecten, inclusief de geografische omvang. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen acute en chronische klimaatdreigingen. Acute dreigingen zijn eenmalige, geïsoleerde gebeurtenissen, zoals een overstroming, een hittegolf of een bosbrand. Chronische dreigingen zijn de patroonverschuivingen die zich op de langere termijn voordoen, zoals zeespiegel- en temperatuurstijging.

Blootstelling: de mate waarin gebouwen worden getroffen, omdat ze in getroffen gebieden staan.

Kwetsbaarheid: de weerstand of het gebrek aan weerstand van een blootgesteld gebouw, hoe goed is het gebouw tegen een klimaatdreiging bestand? De wisselwerking tussen een klimaatdreiging, de blootstelling en de kwetsbaarheid van een gebouw bepaalt het klimaatrisico.

3.2. Omgevingscore en gebouwscore

Veel fysieke klimaatrisico-analyses richten zich enkel op het element van de klimaatdreiging (hazard), terwijl voor een goede beoordeling van het risico ook blootstelling en kwetsbaarheid belangrijk zijn²². Om tot een eenduidige aanpak te komen voor het inschatten van fysiek klimaatrisico voor gebouwen, maken wij onderscheid tussen **omgevingscore** en **gebouwscore**. Deze begrippen staan hieronder toegelicht.

²⁰ Planbureau voor de Leefomgeving, 2015b.

²¹ IPCC, 2020.

²² Cardona, et al., 2012, IPCC, 2020.



Figuur 5. Dimensies van risico.

De omgevingsscore, door sommige partijen uit de vastgoedsector ook wel 'bruto-klimaatrisico' genoemd, beschrijft de klimaateffecten voor de directe omgeving van een gebouw. De omgevingsscore is te bepalen door te kijken naar de klimaatdreiging, hoe de omgeving van het gebouw daaraan is blootgesteld en de kwetsbaarheid van die omgeving. De omgevingsscore beschrijft bijvoorbeeld de blootstelling aan overstromingen vanuit de rivieren - inclusief de bescherming van dijken.

De gebouwscore beschrijft de kwetsbaarheid van een gebouw voor de verschillende klimaateffecten, door te kijken naar gebouwspecifieke eigenschappen. Bij een overstroming gaat het dan bijvoorbeeld om de kwetsbaarheid die wordt veroorzaakt door elektrische installaties in de kelder van een gebouw. Tijdens extreme hitte kan bijvoorbeeld een groen dak, zonwering, of de ligging van het gebouw meewegen. Door de omgevingsscore en de gebouwscore te combineren komen we tot een klimaatrisicoscore. Sommige partijen uit de vastgoedsector spreken hier van 'netto-klimaatrisico'. Figuur 6 vat deze stappen samen. Het voorliggende rapport beschrijft de eerste stap: het inschatten van de omgevingsscore voor een bestaand gebouw. In een volgend rapport (begin 2023) wordt beschreven hoe de gebouwscore wordt vastgesteld.



Figuur 6. Omgevingsscore en gebouwscore zijn samen input voor de klimaatrisicoscore van een gebouw.

3.3. Klimaatmodellen

Klimaatmodellen zijn één van de belangrijkste instrumenten voor wetenschappers om het historische, huidige en toekomstige klimaat te onderzoeken. Klimaatmodellen maken gebruik van wiskundige vergelijkingen om te simuleren hoe energie en materie op elkaar inwerken in de atmosfeer, de oceanen, het landoppervlak, de biosfeer en de cryosfeer (meestal ijskappen en zee-ijs). De modellen bestaan uit duizenden regels computercode, om deze wiskundige vergelijkingen op te lossen. Zo geven de modellen de fysische processen en interacties weer die ons klimaat

bepalen. Door deze vergelijkingen op te lossen, genereren de modellen grote hoeveelheden klimaatgegevens over bijvoorbeeld temperatuur, neerslag, wind, bodemvocht, sneeuwval of zeeijsbedekking. Observatiegegevens van bijvoorbeeld weerstations en satellieten worden gebruikt om deze modellen te controleren en te valideren. Over de hele wereld hebben verschillende teams van wetenschappers modellen gebouwd en toegepast om de toekomstige klimaatomstandigheden te beschrijven. Er zijn verschillen tussen de prestaties van deze modellen. Sommige modellen presteren beter in bepaalde regio's of voor bepaalde variabelen. Zo kan het ene model zeer accuraat zijn in het beschrijven van de neerslag in Oost-Afrika, terwijl een ander model juist sterker is in het beschrijven van maximumtemperaturen in West-Europa. Klimaatmodellen bevatten inherente onzekerheden. Om daarmee om te gaan, en om deze te bestuderen, wordt vaak gebruik gemaakt van model-ensembles: een combinatie van meerdere klimaatmodellen. Klimaatwetenschappers maken gebruik van verschillende soorten modellen waaronder mondiale klimaatmodellen, ook wel General Circulation Models (GCM's), en regionale klimaatmodellen, ook wel Regional Climate Models (RCM's). Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gebruikt meer dan 30 GCM's om beschrijvingen te geven van het toekomstige klimaat op aarde.

Het IPCC publiceert eens in de ongeveer zeven jaar een rapport met daarin een overzicht van alle bekende kennis over het huidige klimaat en klimaatverandering, de zogenaamde 'assessment reports'. In de jaren voor de IPCC-rapporten worden de klimaatmodellen voortdurend geactualiseerd, aangezien verschillende modelleringgroepen over de hele wereld werken aan het verbeteren van de ruimtelijke resolutie, en het integreren van nieuwe fysische processen en biogeochemische cycli. Deze inspanningen maken deel uit van het Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). Wetenschappers vergelijken hierin de resultaten van de modellen en analyseren de verschillen. Het vijfde assessmentrapport van het IPCC (AR5), werd in 2013 geschreven op basis van de CMIP5 modellen. Het zesde en laatste assessmentrapport van het IPCC (AR6), waarvan het eerste deel in 2021 verscheen, is gebaseerd op CMIP6.

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) gebruikt de klimaatmodellen van het IPCC om nationale simulaties te maken voor Nederland. Dit doet het KNMI door de CMIP-modellen te analyseren en te vertalen naar fijnmazige modellen voor Nederland. Deze worden regelmatig vernieuwd. Het KNMI beschrijft aan de hand van deze modellen hoe het klimaat van Nederland in de toekomst kan veranderen en wat de meest waarschijnlijke ontwikkelingen zijn. Hiervoor worden klimaatscenario's gebruikt: aannemelijke en samenhangende voorstellingen van het toekomstige klimaat.

3.4. Klimaatscenario's

Klimaatscenario's geven de kaders aan waarbinnen klimaatverandering kan plaatsvinden. Klimaatscenario's zijn geen voorspellingen. Er wordt met verschillende scenario's gerekend omdat de menselijke keuzes bepalend zijn voor de toekomstige emissies en daarmee voor het toekomstige klimaat. Omdat de exacte toekomstige emissies van broeikasgassen onvoorspelbaar zijn, heeft het IPCC een reeks mogelijke scenario's ontwikkeld voor de concentratie van broeikasgassen. Deze scenario's schetsen een scala aan mogelijke toekomsten, op basis van mogelijke emissieniveaus en andere aspecten zoals veranderingen in landgebruik. Het IPCC groepeerde de scenario's in zogenaamde Representative Concentration Pathways (RCP's). Deze RCP's beschrijven verschillende potentiële opwarmingen als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen en variëren van meer optimistisch (RCP 2.6) tot meer pessimistisch (RCP 8.5). RCP 8.5 beschrijft een toekomst met veel fossiele brandstoffen. De getallen van de RCP's (2.6, 4.5, 6.0 en 8.5) verwijzen naar de concentraties in 2100.

De RCP's, die als onderdeel van het vijfde evaluatierapport (AR5) van het IPCC zijn ontwikkeld, waren bedoeld om de mogelijke ontwikkelingsstrategieën voor

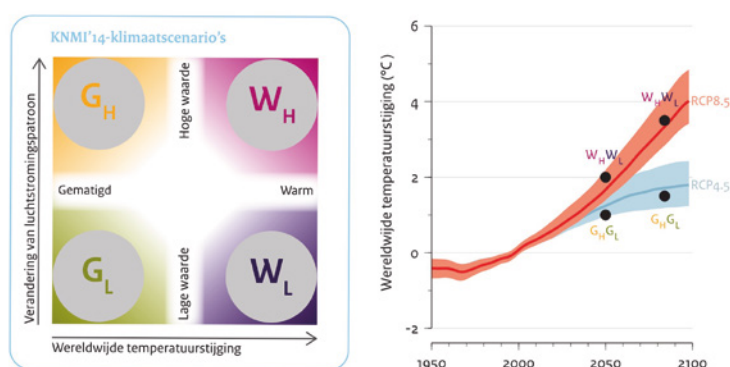
de belangrijkste klimaatveranderingsfactoren weer te geven. Het ontbrak echter aan een consistente reeks sociaaleconomische veronderstellingen die de toekomstige emissies aanstuurt. Voor het laatste evaluatierapport van het IPCC (AR6) zijn daarom ook sociaaleconomische paden vergeleken (Shared Socioeconomic Pathways, of SSP's). Deze beschrijven sociaaleconomische en demografische ontwikkelingen.

Om het toekomstige klimaat van Nederland te simuleren, maakt het KNMI gebruik van nationale klimaatscenario's. De meest recente klimaatscenario's zijn in 2014 gepubliceerd: de KNMI'14-klimaatscenario's. De vier KNMI'14-scenario's beschrijven samen het kader waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich waarschijnlijk voltrekt (zie ook figuur 7). Er zijn vier scenario's:

- WH: sterke temperatuurstijging (warm), hoge waarde verandering luchtstromen
- WL: sterke temperatuurstijging (warm), lage waarde verandering luchtstromen
- GH: gematigde temperatuurstijging, hoge waarde verandering luchtstromen
- GL: gematigde temperatuurstijging, lage waarde verandering luchtstromen

De KNMI'14-klimaatscenario's zijn gebaseerd op het vijfde assessmentrapport (AR5) van het IPCC, op de CMIP5 modellen en regionale modelanalyses. Naar verwachting verschijnen medio 2023 de KNMI'23-klimaatscenario's. Deze vervangen de KNMI'14-klimaatscenario's. De nieuwe scenario's worden gebaseerd op het zesde assessmentrapport (AR6) van het IPCC, op de CMIP6 modellen en regionale modelanalyses.

De klimaatscenario's van het KNMI kunnen ons helpen om ons zo goed mogelijk aan te passen aan de gevolgen van klimaatverandering.



Figuur 7: De KNMI'14-klimaatscenario's. Samengesteld op basis van KNMI, 2014.

In deze standaard-aanpak gaan wij is uitgegaan uit van het hoge klimaatscenario binnen de KNMI'14-klimaatscenario's. Het hoge scenario komt in de meeste gevallen overeen met het KNMI-scenario WH. Dit is het scenario dat voor de meeste klimaateffecten het worst-case scenario vertegenwoordigt. Het WH-scenario van het KNMI'14 valt binnen het bereik van het RCP 8.5-scenario van het IPCC. Voor meer uitleg hierover, zie hoofdstuk 4.5. Aannames en beperkingen.

3.5. Tijdshorizons

Klimaatscenario's hebben meestal een tijdshorizon van 50 tot 100 jaar. Hierin verschillen ze van weersverwachtingen, die tot 15 dagen vooruitkijken. Klimaatscenario's geven daarmee mogelijke toekomstbeelden, geen prognoses. Het mondiale klimaatstelsel ondergaat van jaar tot jaar en over meerdere jaren fluctuaties, ook wel de natuurlijke variabiliteit genoemd. Hierbij gaat het om afwijkingen van waargenomen gemiddelden over lange perioden. Langetermijngemiddelden in gemodelleerde gegevens worden berekend om het toekomstige

klimaat te kunnen analyseren. Het IPCC beschouwt twintig jaar als de minimumperiode die nodig is om relevante statistieken op te stellen en een voldoende grote steekproef van extreme verschijnselen te verzamelen. De klimaatscenario's van het KNMI geven reeksen van dertig jaar, en laten met getallen de veranderingen zien rond 2050 en 2085 ten opzichte van het klimaat in de periode van 1981-2010.

Voor het inschatten van het fysieke klimaatrisico voor gebouwen in het zinvol ver vooruit te kijken, zelfs voorbij 2050. Een vaste levensduur voor gebouwen is moeilijk te geven, maar voor woningen of utiliteitsgebouwen kan die bijvoorbeeld variëren van 50 tot 75 jaar²³. In deze standaard-aanpak is uitgegaan van het hoge klimaatscenario binnen de KNMI'14-klimaatscenario's, voor de periode tot 2050. Dit sluit aan bij de wensen van verschillende vastgoedpartijen. Daarnaast is er een heel praktische reden voor: niet alle tijdshorizons zijn beschikbaar voor alle kaartlagen die in deze aanpak zijn gebruikt. Voor meer uitleg hierover, zie hoofdstuk 4.5. Aannames en beperkingen.

²³ W/E adviseurs, 2013.

Overstroming in Nijmegen 2021



4. AANPAK VOOR HET INSCHATTEN VAN DE OMGEVINGSSCORE VOOR GEBOUWEN

Dit hoofdstuk beschrijft een standaard-aanpak voor het inschatten van de omgevingsscore voor gebouwen. Deze aanpak kan als basis dienen voor een analyse van fysiek klimaatrisico. De hier gepresenteerde standaard-aanpak vormt een eerste stap om tot een gelijk speelveld te komen en consistente en vergelijkbare beoordelingen van fysieke klimaatrisico's te ondersteunen. Verschillende kennisinstellingen hebben gewerkt aan de totstandkoming van de in deze aanpak gebruikte gegevens. Het toepassen van deze standaard-aanpak geeft een eerste indicatie van de klimaateffecten en de kwetsbaarheden in de directe omgeving van een gebouw.

Bij de selectie van relevante gegevens gaan wij uit van de eerder genoemde vier thema's: hitte, droogte, wateroverlast en overstroming. Deze corresponderen met de thema's zoals benoemd in het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA). Voor ieder thema is aan de hand van een selectie van kaartlagen toegewerkt naar een omgevingsscore. Deze selectie van kaartlagen en de daarbij gehanteerde classificatie stoelt op twee onderdelen:

- Een eerste aanzet voor deze standaard-aanpak die eerder door Stichting Climate Adaptation Services (CAS) werd ontwikkeld vanuit het ClimINVEST-project²⁴. Met een aantal vastgoedpartijen zijn zogenoemde 'impact chains' uitgewerkt voor een overzicht van de gevolgen van het klimaat op gebouwen. Deze 'impact chains' zijn vertaald naar een aanpak op basis van open, landelijke gegevens uit de landelijke Klimaat-effectatlas²⁵. Er werd daarbij voortgebordurd op de Bijsluiters voor de gestandaardiseerde stresstest²⁶ en de Klimaatschadeschatter²⁷.
- Een uitgebreide validatie van bovenstaande aanzet door verschillende, onafhankelijke experts. Zie colofon.

Per thema staat hieronder beschreven hoe een inschatting te maken is van de omgevingsscores. Daarbij staat bij iedere kaartlaag een korte toelichting, een verwijzing naar de brondata en bijbehorende specificaties. Daarnaast staat er een indicatie van de grofheid van de gegevens. Dit geeft duiding bij de toepasbaarheid en duiding van de gegevens.

De omgevingsscores zijn uitgedrukt in een kwalitatieve score (geen, zeer laag, laag, middel, hoog, zeer hoog of onbekend). De toelichtingen zijn te gebruiken bij de interpretatie van deze scores.

Deze standaard-aanpak beschrijft niet hoe de verschillende omgevingsscores kunnen leiden tot één overkoepelende score. Uit verschillende proefprojecten bleek dat een opgetelde score transparantie en eenduidigheid in de weg staat. Een initiatiefnemer is zelf verantwoordelijk voor een zorgvuldige uitvoering van een analyse en kan zelf besluiten de scores op te tellen. Deze aanpak doet ook geen voorstel hoe de omgevingsscores zich tot elkaar verhouden over de klimaatthema's heen (hitte, droogte, wateroverlast, overstroming). Een 'lage' score voor wateroverlast is bijvoorbeeld niet afgestemd met een 'lage' score voor overstroming.

In aanvulling op deze standaard-aanpak kan regionale of lokale informatie worden gebruikt, zoals een regionale of lokale atlas, of andere beschikbare (kaart-)informatie. Wanneer een regionale kaart nauwkeuriger is dan de landelijke kaart, is de nauwkeurigste informatiebron handiger in gebruik. Denk daarbij bijvoorbeeld aan extra model-analyses voor wateroverlast met andere buien, aanvullend op de bui uit deze standaard-aanpak.

²⁴ <https://cicero.oslo.no/en/climinvest>.

²⁵ <http://www.klimaat-effectatlas.nl/>.

²⁶ <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/>.

²⁷ <http://www.klimaatschadeschatter.nl/>.

4.1. Hitte

Door klimaatverandering stijgt de temperatuur en worden onze zomers warmer. Warmte-extremen zullen vaker voorkomen. Steden zijn meestal warmer dan een landelijke omgeving door het hitte-eilandeffect. Hitte versterkt de behoefte aan koeling. Dat kan met airconditioning en andere middelen, waarbij airconditioning kan leiden tot hogere energiekosten en emissies. Afhankelijk van het ontwerp van een gebouw kunnen hoge buitentemperaturen leiden tot hittestress bij de gebouwgebruikers of bewoners. Langdurig aanhoudende hitte kan leiden tot klachten als vermoeidheid, concentratieproblemen en hoofdpijn. Er bestaat ook risico op uitdroging en oververhitting. In het ergste geval kunnen mensen hieraan overlijden. Tijdens de hittegolf in juli 2019 overleden in één week bijna 400 mensen meer dan normaal.²⁸ Door het hitte-eilandeffect zijn bewoners die dag en nacht in het gebied verblijven extra blootgesteld aan de warmte.

Om te komen tot een klimaatrisicoscore voor gebouwen is een integrale analyse van gebieds- en gebouwkenmerken noodzakelijk. Voorbeelden van gebiedskenmerken zijn bijvoorbeeld de mate van verharding, de straatinrichting en de aanwezigheid van water. Relevante gebouwkenmerken zijn bijvoorbeeld de oriëntatie van de ramen, de ligging van de kamers, en de mate van isolatie²⁹. Voor de uiteindelijke klimaatrisicoscore voor hitte zijn vooral de gebouwkenmerken belangrijk: de kwetsbaarheid van het gebouw bij hoge temperaturen. De hieronder beschreven omgevingscore, weegt in de uiteindelijke klimaatrisicoscore dus maar beperkt mee. Om te beoordelen wat prioriteitsgebouwen zijn binnen een portefeuille, is het vooral belangrijk om naar de gebouwspecifieke eigenschappen te kijken. Dit kan met de gebouwscore, de tweede stap van het Framework for climate adaptive buildings. De omgevingscore voor hitte bepalen we aan de hand van de volgende kaartlaag:

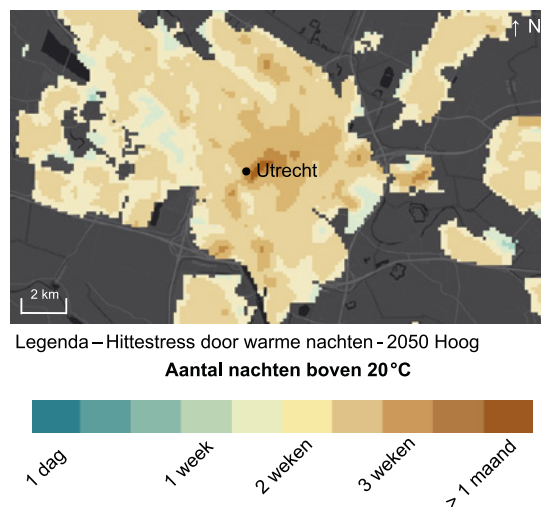
- Hittestress door warme nachten – 2050 Hoog

Tijdens een warme nacht blijft de luchttemperatuur boven de 20 graden Celsius. Als het buiten niet afkoelt tot onder de 20 graden Celsius is het moeilijker om het binnen aangenaam koel te houden. In de stad is het vaak warmer dan in het omringende landelijk gebied. Dit wordt het stadseffect of stedelijk hitte-eiland effect

genoemd³⁰. Dit effect is 's nachts het sterkst aanwezig, de warmte blijft dan tussen de gebouwen hangen. Deze kaart maakt specifieke aandachtsgebieden zichtbaar, maar of er uiteindelijk hittestress optreedt, is vooral afhankelijk van de kwetsbaarheid van het gebouw.

De hittekaart gevoelstemperatuur, ook wel PET-kaart³¹ genoemd, is ook relevant voor het inschatten van een klimaatrisicoscore voor gebouwen. Deze kaart laat de lokale gevoelstemperatuur zien op een extreem hete zomermiddag. De PET-kaart is gebruikt voor het inschatten van de gebouwscore, maar is voor de omgevingscore minder geschikt. Op termijn werken wij toe naar een meer geschikte kaart om koele plekken in de directe omgeving van het gebouw te identificeren, en daarmee de omgevingscore verder te verbeteren. Zie hiervoor ook hoofdstuk 5.1. Kennisagenda voor het verbeteren van deze aanpak.

4.1.1. Hittestress door warme nachten - 2050 Hoog



Figuur 8. Kaart Hittestress door warme nachten - 2050 Hoog, omgeving Utrecht.

Bij warme nachten is er kans op hittestress. Deze kaart geeft een indicatie van het aantal tropische nachten voor het WH-scenario in 2050. Het WH-scenario kent het grootste aantal tropische nachten van de vier KNMI'14-scenario's.

²⁸ CBS, 2019 (LINK).

²⁹ Vries et al., 2021.

³⁰ Ook wel UHI, Urban Heat Island effect.

³¹ Physiological Equivalent Temperature (PET).

Bij tropische nachten komt de temperatuur niet onder de 20 graden Celsius. Dit wordt in het algemeen beschouwd als een indicator voor gezondheidsrisico's. In de modellering is het stadseffect meegenomen. Bij de ontwikkeling van de kaart zijn temperatuurmetingen uit Rotterdam gerelateerd aan omgevingskenmerken en geëxtrapoleerd naar de rest van Nederland. Daarmee geeft de kaart vooral een indicatie van de hete nachten in stedelijk gebied. Er zijn meer inhoudelijke argumenten om de kaart te vernieuwen, zie daarvoor ook hoofdstuk 5.1. Kennisagenda voor het verbeteren van deze aanpak.

Omgevingsscore Hittestress		Omgevingsscore
Hittestress door warme nachten - 2050 hoog	> weken	Hoog
	2-3 weken	Middel
	< 2 weken	Laag
	NoData	Geen

Specificatie dataset Hittestress	
Bron	WENR
Jaartal	2016
Resolutie	100 meter (100 meter x 100 meter)
Grofheid van gegevens	Kaart ontwikkeld op basis van omgevingskenmerken. Bij de ontwikkeling van de kaart zijn temperatuurmetingen uit Rotterdam gerelateerd aan omgevingskenmerken (Van Hove et al. (2014) en geëxtrapoleerd naar de rest van Nederland.
Bron van specificatie	Warme nachten

Opmerkingen

Bovenstaande tabel geeft een voorstel voor een classificatie van de omgevingsscore voor hitte. Het is lastig om goed te onderbouwen waar de scheidslijn tussen laag, middel en hoog precies moet liggen. Voorlopig hanteren we (op basis van expert judgement) de grenswaarden zoals in de tabel, maar vanuit lopend onderzoek kan deze indeling in de toekomst mogelijk verder worden gespecificeerd. Op basis van een adrespunt kan de specifieke waarde voor het aantal hete nachten of de omgevingsscore op die locatie worden bepaald. Deze waarde kan aanleiding geven om het effect verder te onderzoeken voor specifieke aandachtsgebieden. Of er uiteindelijk hittestress optreedt is afhankelijk van de lokale kwetsbaarheid. Gebieden met veel sterk geïsoleerde nieuwbouwwoningen en waar veel ouderen wonen zijn bijvoorbeeld kwetsbaarder.

4.2. Droogte

De zomers van 2018 en 2019 waren uitzonderlijk droog, net als het voorjaar van 2020. De zomer van 2018 behoort zelfs tot de 5 procent droogste zomers sinds het begin van de vorige eeuw. We spreken van droogte wanneer er minder water beschikbaar is dan normaal en er een watertekort kan ontstaan. In de toekomst krijgen we mogelijk vaker te maken met droge periodes. Droogte is lastig te voorspellen, de modelberekeningen voor droogte in het toekomstig klimaat laten geen eenduidig beeld zien. Volgens twee van de vier KNMI'14-scenario's worden de zomers droger en voeren de rivieren steeds minder water aan. Volgens de andere twee scenario's neemt de neerslag iets toe in de zomer. Een recent onderzoek van het KNMI, met een klimaatmodel met een hogere resolutie, ondersteunt de scenario's met meer droge zomers³². Het lijkt dus waarschijnlijk dat droogte in Nederland vaker gaat optreden.

³² Linden et al., 2019.



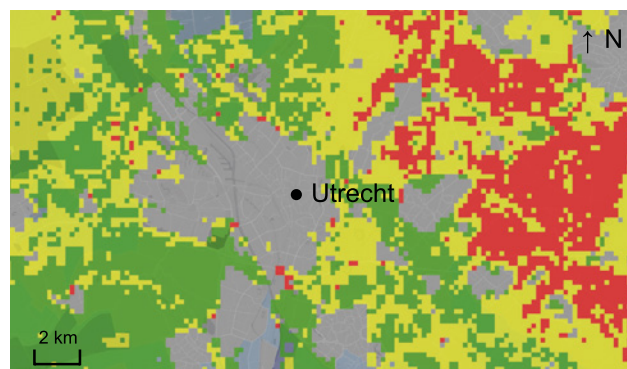
Scheve woningen in Amsterdam

Droogte heeft invloed op gebouwen. Als het lange tijd droog is, lopen we steeds meer risico op natuurbranden. Ook kan door droogte de bodem ongelijkmatig dalen. Deze zogeheten verschilzetting, is een verschil in textuur, structuur, watergehalte en belasting en dat leidt tot verschillende mate van inklinking van de bodem bij droogte, wat tot scheurvorming in gebouwen kan leiden. Verder kunnen langduriger lage grondwaterstanden leiden tot aantasting van houten paalfunderingen van gebouwen: de paalkop gaat rotten als er door een lage grondwaterstand zuurstof bij komt. Dit alles leidt tot schade aan gebouwen, funderingen, riolering, toegangswegen en groen. De omgevingscore voor droogte bepalen we aan de hand van drie kaartlagen:

- Natuurbrandgevoeligheid – 2050 Hoog
- Risico Paalrot – 2050 Hoog
- Risico Verschilzetting – 2050 Hoog

4.2.1. Natuurbrandgevoeligheid – 2050 Hoog

Het aantal natuurbranden in Nederland neemt toe, vooral in het voorjaar. Hoewel de oorzaak van een natuurbrand meestal menselijk handelen is, lopen we bij een aanhoudende droogte meer risico op ontbranding. De schade van de brand in 2011 op de Kalmthoutse Heide wordt geschat op een schadebedrag tussen de 2,7 en 3,5 miljoen euro. De branden in Bergen-Schoorl (2009-2011) veroorzaakten alleen al aan infrastructuur en voorzieningen een schade van 7 miljoen euro. Het voorspellen van de intensiteit en duur van een natuurbrand met een herhalingsstijd is erg complex, daarom is een gevoeligheidskaart ontwikkeld die de kans op vóórkomen laat zien.



Legenda – Natuurbrandgevoeligheid – 2050 Hoog



Figuur 9. Kaart Natuurbrandgevoeligheid – 2050 Hoog, omgeving Utrecht.

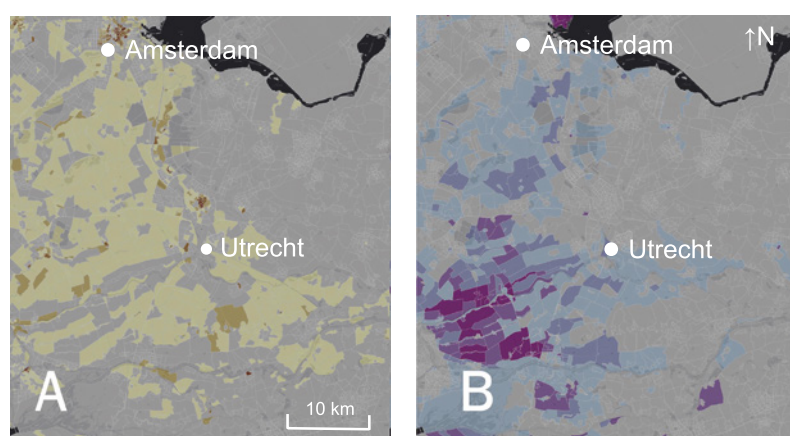
Deze gevoeligheidskaart toont per gebied wat de kans is op het ontstaan van een natuurbrand. De kaart is opgebouwd uit gegevens over brandbaar materiaal, klimaatspecifieke- en locatiespecifieke eigenschappen. De gevoeligheidskaart beslaat de natuur- en landbouwgebieden van heel Nederland. Landbouw is meegenomen omdat daar ook branden voorkomen. Grote stedelijke gebieden en water zijn niet meegenomen.

Omgevingscore Natuurbrand		Omgevingscore
Natuurbrand-gevoeligheid - 2050 Hoog	3	Hoog
	2	Middel
	1	geen
	NoData	Geen

Specificatie dataset Natuurbrand	
Bron	WENR & Deltares
Jaartal	2021
Resolutie	250 meter (250 meter x 250 meter)
Grofheid van gegevens	De resultaten van de analyse zijn gevalideerd aan de hand van de geregistreerde natuurbranden over 2017-2020. Bij de validatie van de kaart is een voorspelkracht gebleken. Zo wordt 75% van de opgetreden branden goed voorspeld indien deze locatie matig of hoog gevoelig wordt getoond op de kaart. Tegelijkertijd betekent dit dat 25% van de branden is opgetreden in een gebied dat op de kaart als 'weinig gevoelig' wordt aangeduid. Aanbevolen wordt om de kaart te gebruiken om extra aandacht te besteden aan locaties die als 'zeer gevoelig' zijn aangeduid. De classificatie tussen laag, matig en hoog gevoelig helpt om te prioriteren, maar dat wil niet zeggen dat branden niet voor kunnen komen op locaties die zijn geclassificeerd als 'weinig gevoelig' of 'Geen risico'. Met de juiste omstandigheden (voldoende brandstof om te branden, droogte, wind en een ontvlaming) zijn deze plekken uiteindelijk ook gevoelig en dus zullen deze locaties (in mindere mate) ook aandacht behoeven.
Bron van specificatie	Natuurbrandgevoeligheid

Opmerkingen

Op basis van een adrespunt kan de specifieke waarde op die locatie worden bepaald. De waarde 'NoData' betekent in dit geval dat er voor die plek geen natuurbrandrisico uit het model komt. Deze krijgt de waarde 'Geen' als omgevingscore. Op deze plekken is geen of onvoldoende data beschikbaar om een risicoscore toe te kennen.



Legenda – Risico Paalrot – 2050 Hoog

	Zeer laag
	Laag
	Matig
	Hoog
	Zeer hoog

Legenda – Risico Verschilzetting – 2050 Hoog

	Zeer laag
	Laag
	Matig
	Hoog
	Zeer hoog

Figuur 10. Kaart Risico Paalrot - 2050 Hoog (A) en Risico Verschilzetting - 2050 Hoog (B), omgeving Utrecht.

4.2.2. Risico Paalrot 2050 Hoog

Naar schatting zijn er in Nederland 750.000 tot 1.000.000 panden met een houten paalfundering of een fundering op staal in gebieden met een kleiige en venige ondergrond. Deze panden zijn gevoelig voor droogte. De kosten voor grondige herstelwerkzaamheden of een nieuwe fundering kunnen oplopen tot 120.000 euro per pand. Sinds circa 1975 zijn veel panden op een slappe ondergrond gebouwd op betonnen paalfunderingen. Deze funderingen zijn veel minder of helemaal niet gevoelig voor schade. De fundering van een pand of bouwblok van meerdere panden kan echter opgebouwd zijn uit meerdere funderingstypen. Welke problemen kunnen ontstaan, hangt niet alleen af van het type fundering, maar ook van de bouwkundige kwaliteit, en van de variatie in bodemsamenstelling en grondwaterstanden op het schaalniveau van een pand. De risicokaart paalrot geeft een indicatie van het risico op paalrot op buurtniveau tot 2050, bij sterke klimaatverandering. Deze is opgebouwd uit twee onderliggende kaarten: het percentage houten palen en de kwetsbaarheid. De kwetsbaarheid geeft een relatieve indicatie van de kans op problemen: als een pand in deze buurt op een houten paalfundering staat, dan is er kans op schade. Op basis van deze kaarten is een index berekend. Onderstaand schema vat dit samen.

$$\text{Risico paalrot} = \text{Percentage houten palen} \times \text{Kwetsbaarheid}$$

De risicokaart paalrot is in de eerste plaats een signaleringskaart. Bij een hoog of zeer hoog risico moet lokaal worden gekeken hoe een pand is gefundeerd en wat de plaatselijke bodem- en grondwaterkenmerken zijn.

Omgevingscore Paalrot		Omgevingscore
Risico paalrot 2050 Hoog	> 15 AND <= 100	Zeer Hoog
	> 6 AND <= 15	Hoog
	> 3 AND <= 6	Middel
	> 0,8 AND <= 3	Laag
	> 0 AND <= 0,8	Zeer Laag
	NoData	Geen
	Bouwjaar > 1975	Niet van toepassing

Specificatie dataset Paalrot	
Bron	Deltares
Jaartal	2021
Resolutie	Buurtniveau CBS Wijk- en buurtenkaart (2020)
Grofheid van gegevens	De risicokaart paalrot geeft een indicatie van het risico op paalrot op buurtniveau. De risicokaart paalrot is opgebouwd uit twee onderliggende kaarten: percentage houten palen en kwetsbaarheid. Een hoge risicoscore kan meerdere oorzaken hebben. Het kan betekenen dat er relatief veel panden op houten palen zijn in een buurt met een laag tot gemiddeld verwacht schadeniveau in 2050. Maar het kan ook betekenen dat het percentage panden op houten palen laag is, maar dat die panden wel een hoge gemiddelde schade hebben: een hoge gemiddelde schade krijgt een zwaardere weging mee bij de bepaling van het risico, omdat herstelkosten ook disproportioneel toenemen. Door het gebruik van landelijke data hebben de resultaten een hoge onzekerheid.
Bron van specificatie	Technische toelichting kaartverhaal funderingen

Opmerkingen

Op basis van een adrespunt kan de specifieke waarde op die locatie worden bepaald. Paalrot komt alleen voor bij gebouwen die vóór 1975 zijn gebouwd. Alle gebouwen met een later bouwjaar krijgen de categorie 'Niet van toepassing'. In de brondata kan de waarde NoData voorkomen: in dit geval wordt de risicoscore 'Geen'. Op deze plekken zijn geen of onvoldoende data beschikbaar om een risicoscore toe te kennen.

4.2.3. Risico Verschilzetting – 2050 Hoog

Panden die voor 1975 gebouwd zijn op een ondiepe fundering ('op staal'), op een ondergrond waar veen of klei in voorkomt, zijn gevoelig voor verschilzetting. Dat betekent dat ze door bodemdaling of krimp-zwel gedrag (het beurtelings inkrimpen en daarna weer opzwellen van de bodem onder een pand) van kleibodems kunnen scheefzakken. Een toename van droogte door klimaatverandering kan dit effect versterken. Ook kunnen deze panden, doordat ze meezakken met de bodem, kwetsbaar zijn voor grondwateroverlast. Panden met een ondiepe fundering die na 1975 zijn gebouwd, zijn door nieuwe bouwmethoden minder kwetsbaar voor verschilzetting. Kwetsbaarheid voor grondwateroverlast is niet meegenomen in deze analyse. Ook van schade door krimp-zwel gedrag is nog onvoldoende bekend om dit goed te kunnen meenemen.

Net als bij paalrot hangt de vraag of er problemen kunnen ontstaan niet alleen af van het type fundering, maar ook van de bouwkundige kwaliteit van de fundering en van de variatie in bodemsamenstelling- en grondwaterstanden. De risicokaart verschilzetting geeft een indicatie van het risico op verschilzetting op buurtniveau van panden gefundeerd op staal tot 2050, bij sterke klimaatverandering. Deze is opgebouwd uit twee onderliggende kaarten: het percentage funderingen op staal en de kwetsbaarheid. De kwetsbaarheid geeft een relatieve indicatie van de verwachte schade in 2050. Op basis van deze kaarten is een index berekend. Onderstaand schema vat dit samen.

$$\text{Risico verschilzetting} = \text{Percentage funderingen op staal} \times \text{Kwetsbaarheid}$$

Net als de risicokaart paalrot is de risicokaart verschilzetting in de eerste plaats een signaleringskaart. Bij een hoog of zeer hoog risico moet lokaal worden gekeken hoe een pand is gefundeerd en wat de plaatselijke bodem- en grondwaterkenmerken zijn.

Omgevingsscore Verschilzetting		Omgevingsscore
Risico verschilzetting 2050 Hoog	> 25 AND <= 100	Zeer Hoog
	> 10 AND <= 25	Hoog
	> 5 AND <= 10	Middel
	> 1 AND <= 5	Laag
	> 0 AND <= 1	Zeer Laag
	NoData	Geen

Specificatie dataset Verschilzetting	
Bron	Deltares
Jaartal	2021
Resolutie	CBS Wijk- en buurtenkaart (2020)
Grofheid van gegevens	De risicokaart verschilzetting geeft een indicatie van het risico op verschilzetting van panden op staal door bodemdaling tot 2050 bij sterke klimaatverandering. De risicokaart verschilzetting is opgebouwd uit twee onderliggende kaarten: percentage funderingen op staal en kwetsbaarheid. De kwetsbaarheid kaart toont per buurt het gemiddelde schadeniveau van de panden op staal in 2050 bij sterke klimaatverandering. Een hoge score kan meerdere oorzaken hebben. Het kan betekenen dat er relatief veel panden op staal zijn gefundeerd in een buurt met een laag tot gemiddeld verwacht schadeniveau. Maar het kan ook betekenen dat er een laag percentage panden met een fundering op staal is, maar wel met een hoge verwachte schade in 2050. Tot slot kan ook de combinatie van deze factoren zorgen voor een hoge score. Een technische toelichting van de gehanteerde methodiek is beschikbaar (Klik hier). Omdat de risicokaart de bodemdalingsprognosekaart als vertrekpunt heeft zijn niet alle gebieden meegenomen in de analyse, waaronder Zuid-Limburg. In gebieden waar krimp-zwel gedrag van kleibodems tot schade kan leiden, zoals in het riviereengebied, hebben de kaarten mogelijk een hogere onzekerheid.
Bron van specificatie	Technische toelichting kaartverhaal risico funderingen

Opmerkingen

Op basis van een adrespunt kan de specifieke waarde op die locatie worden bepaald. Panden met een ondiepe fundering die na 1975 zijn gebouwd zijn door nieuwe bouwmethoden minder kwetsbaar voor verschilzetting. In de brondata kan de waarde NoData voorkomen: in dit geval wordt de risicoscore 'Geen'.

4.3. Wateroverlast

Wateroverlast door hevige buien, soms vergezeld door onweer, hagel en windstoten, komt verspreid over heel Nederland voor. Wateroverlast kan leiden tot schades aan woningen, gebouwen en kassen, maar bijvoorbeeld ook tot onderlopende of vochtige kelders en tot schimmelvorming. Wateroverlast kan verder leiden tot houtrot of uitval van elektriciteitsvoorzieningen.

Uit de KNMI'14 scenario's blijkt dat de hoeveelheid neerslag en extreme neerslag in de winter toeneemt, evenals de intensiteit van regenbuien in de zomer. Ook hagel- en onweersbuien worden heviger. In de nieuwste modelsimulaties van het KNMI zien we dat de hevigste buien, met een neerslag van meer dan 50 mm in een uur, ook het meest verheugen (STOWA, 2019).

Er valt dus vaker meer neerslag, in minder tijd. Hierdoor is er een toenemende kans op wateroverlast. We kunnen drie typen wateroverlast onderscheiden:

- Wateroverlast door kortdurende hevige neerslag (vaker in de zomer)
- Wateroverlast door langdurige neerslag (meestal in de winter)
- Grondwateroverlast

De omgevingscore voor wateroverlast bepalen we daarom aan de hand van verschillende kaartlagen:

- Waterdiepte bij hevige bui - 70 mm/ 2 uur (1:100 jaar)
- Grondwateroverlast, op basis van een index:
 - Bodemdaling door ophoging 2020-2050
 - Ontwikkeling kans grondwateroverlast 2050 Hoog
 - Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand Huidig

Opmerkingen

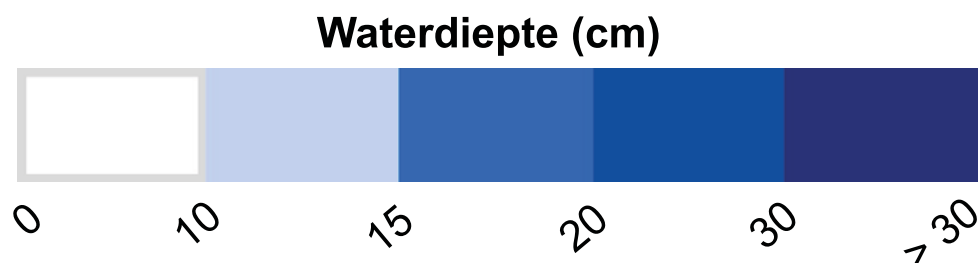
De grote wateroverlast in Limburg, België en Duitsland, in de zomer van 2021, past niet bij de drie typen. De oorzaak hiervan was langdurige en intensieve neerslag, in een erg groot gebied. Hoewel de kans op zo'n gebeurtenis klein is (kleiner dan 1:100 per jaar), zijn de gevolgen erg groot en kan een dergelijke gebeurtenis ook andere delen van Nederland treffen. Onderzoek naar de effectieve mogelijkheden om hierop voorbereid te zijn, loopt nog.

4.3.1. Waterdiepte bij hevige bui - 70 mm/ 2 uur (1:100 jaar)

Deze kaartlaag toont de maximale waterdiepte voor het stedelijk gebied en het buitengebied, voor een extreme bui: 70 mm neerslag in twee uur. Deze bui komt in het huidige klimaat gemiddeld eens per 100 jaar voor. Door klimaatverandering kan die kans aan het einde van de eeuw toenemen met een factor twee. Er is gerekend met een uniforme rioolbergings- en afvoercapaciteit van maximaal 20 mm/ uur, waarbij is aangenomen dat de verharde buitenruimte in de bebouwde kom hierop optimaal is aangesloten. Het hoogtemodel voor de berekening van de waterdiepte is gebaseerd op het AHN2 (ingemeten tussen 2007 en 2012). Voor een analyse van gebouwen en gebieden die na deze inmeetperiode zijn ontwikkeld, is de kaart ongeschikt. Een gedetailleerde beschrijving van de gehanteerde methode staat in het rapport Overstromingsrisico's door intense neerslag, 2018.³³



Legenda – Waterdiepte bij hevige bui –
70 mm / 2 uur (1:100 jaar)



Figuur 11. Kaart Waterdiepte bij hevige bui - 70 mm/ 2 uur (1:100 jaar), Utrecht.

³³ http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/155772/deltares_september_2018_overstromingsrisicos_door_intense_neerslag.pdf

Omgevingsscore Wateroverlast		Omgevingsscore
Waterdiepte bij hevige bui 70 mm / 2 uur (1:100 jaar)	> 30 cm (5)	Zeer Hoog
	> 20-30 cm (4)	Hoog
	> 15 - 20 cm (3)	Middel
	> 10 - 15 cm (2)	Laag
	< = 10 cm (1)	Zeer Laag
	NoData	Geen
	Gebouwd vanaf 2013	Onbekend

Specificatie dataset Wateroverlast	
Bron	Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR)
Jaartal	2018
Resolutie	Model-resolutie is 2 meter (2m x 2m)
Grofheid van gegevens	Voor de kaart is er gebruikt gemaakt van een vereenvoudigd hydrodynamisch model: 'Rainfall overlay' van Tygron. Het model is gevalideerd. Er is bij de modellering aangenomen dat de bergingscapaciteit in het oppervlaktewater-systeem volledig beschikbaar is bij aanvang van de bui.
Bron van specificatie	Overstromingsrisico door intense neerslag

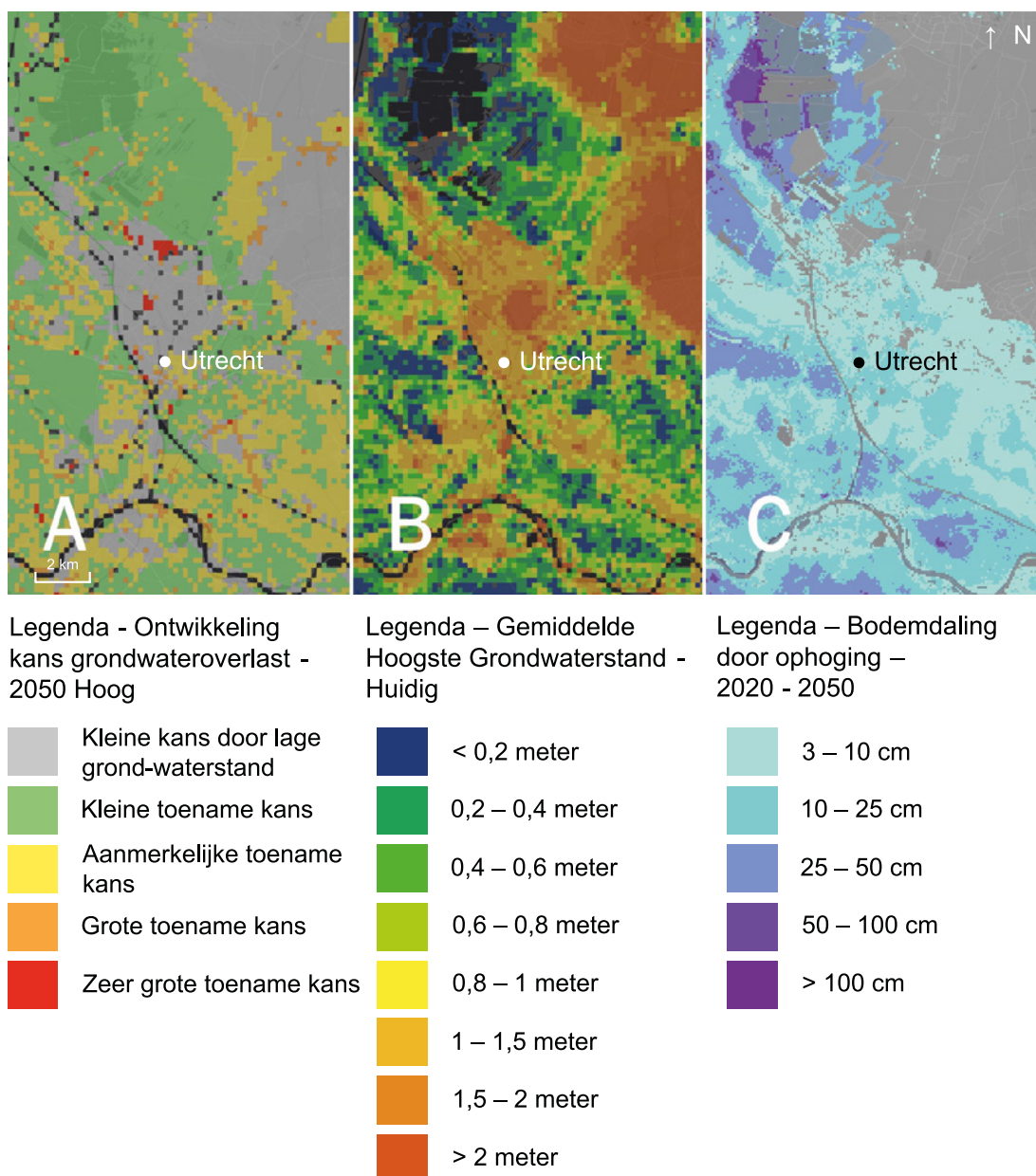
Opmerkingen

Voor het bepalen van de omgevingsscore dient voor de relevante gebouwen de gebouw-voetafdruk te worden gebruikt. Deze voetafdruk is vrij beschikbaar vanuit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)³⁴. Op basis van de BAG kan bij elk adres een pand-geometrie worden gezocht. Hier voegen wij vervolgens een buffer van twee meter aan toe. Deze bufferafstand is in verhouding tot de model-resolutie (2m x 2m). Binnen dit oppervlak nemen wij vervolgens de hoogste waterdiepte. Wanneer er geen BAG-object beschikbaar is, kan als alternatief een buffer van bijvoorbeeld tien meter om een adrespunt worden genomen, om zo een fictief object te creëren. Objecten met een bouwjaar vanaf 2013 worden niet meegenomen: het gebruikte hoogtemodel (AHN2) is ingemeten tussen 2007 en 2012. Deze objecten krijgen daarom de waarde "onbekend". Uit gesprekken met partijen uit de vastgoedsector bleek dat voor nieuwe gebouwen in stedelijke gebieden met een bouwjaar van na 2012, een omgevingsscore voor de waterdiepte op basis van AHN2 toch soms indicatief kan zijn. Eventueel kan daarvoor een specifieke formulering worden gebruikt, zoals 'onbekend, oude situatie: hoog'.

Daarnaast komt de waarde "NoData" voor: in dit geval is er op die locatie geen waterdiepte uit het model gekomen en is het risico dus "Geen". Een plek met als risico 'Geen' kan in werkelijkheid nog steeds onder water komen te staan (dit geldt bijvoorbeeld voor kelders): de gebruikte dataset is het resultaat van computersimulaties en geeft slechts een indicatie. Ook kan een locatie met een indicatieve waterdiepte in werkelijkheid droog blijven, bijvoorbeeld vanwege genomen beheersmaatregelen.

³⁴ <https://www.pdok.nl/introductie/-/article/basisregistratie-adressen-en-gebouwen-ba-1>.

4.3.2. Grondwateroverlast, op basis van een index



Figuur 12. Kaart Ontwikkeling kans grondwateroverlast 2050 Hoog (A), Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand Huidig (B) en Bodemdaling door ophoging 2020-2050 (C), omgeving Utrecht.

De kaart Ontwikkeling kans grondwateroverlast 2050 Hoog toont de mate waarin de kans op grondwateroverlast voor stedelijke functies (gebouwen, infrastructuur, tuinen en groenvoorziening) toeneemt tussen nu en 2050. De kaart zegt alleen iets over de verandering tot 2050 en niets over de daadwerkelijk geconstateerde overlast in de huidige situatie. Een kaart van de huidige grondwateroverlastsituatie - op basis van een gedetailleerde inventarisatie - is voor Nederland niet beschikbaar. Ook is er geen landelijk dekkende informatie over de aanwezigheid en het functioneren van drainage. Hierdoor kan de verwachte mate van grondwateroverlast plaatselijk worden onderschat of overschat. De kaart Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand Huidig geeft aan wat de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) is in de huidige situatie. De GHG wordt vaak in de wintermaanden bereikt. De kaart is gebaseerd op de uitkomsten van het Nationaal Water Model- Basisprognoses 2016. Dit model geeft op landelijk niveau een beeld van de huidige situatie. Specifieke lokale factoren kunnen veel effect hebben op grondwaterstanden en zijn niet meegenomen in deze modellering.

Wanneer de bodem daalt, en de waterpeilen niet mee dalen, neemt de kans op grondwateroverlast toe. Inzicht in bodemdalingsgevoeligheid is daarom relevant. De kaart Bodemdaling door ophoging 2020-2050 gaat over bodemdaling als gevolg van ophoging van de grond in gebieden met klei of veen, ook wel slappe grond. Meestal is de bodem in zo'n gebied te slap om direct op te bouwen of is de bodem al gedaald. In beide gevallen wordt de bodem bij het bouwrijp maken meestal opgehoogd. Het gevolg van ophoging is bijna altijd dat de bodem verder daalt. Deze kaart is bedoeld om inzicht te bieden in de zettingsgevoeligheid van Nederland. De kaart laat niet zien waar er ophogingen zijn of zijn geweest. Die informatie is niet landelijk bekend. De kaart wordt in deze index gebruikt om het aspect van bodemdaling mee te nemen bij het bepalen van de kans op grondwateroverlast.

Overstroomde straten



Omgevingsscore Grondwateroverlast

Grondwateroverlast - indexscore (som 3 kaarten)	Omgevingsscore
3	Hoog
2	Middel
1	Laag
0	Geen

	Classificatie brondata (klimaat-effectatlas)	Indexscore
Ontwikkeling kans grondwateroverlast 2050 hoog	Kleine kans door lage grondwaterstand (5)	0
	Kleine toename kans (1)	0
	Aanmerkelijke toename kans (2)	1
	Grote toename kans (3)	1
	Zeer grote toename kans (3)	1
	NoData	0

	Classificatie brondata (klimaat-effectatlas)	Indexscore
Gemiddelde hoogste grondwaterstand Huidig	< = 1 m	1
	> 1 m	0
	NoData	0

	Classificatie brondata (klimaat-effectatlas)	Indexscore
Bodemdaling door ophoging 2020-2050	> 50 cm	1
	< = 50 cm	0
	NoData	0

Specificatie dataset
Ontwikkeling kans grondwateroverlast 2050 Hoog

Bron	Deltares/ Nationaal Water Model
Jaartal	2017
Resolutie	250 meter (250m x 250m)
Grofheid van gegevens	De kaart is gebaseerd op uitkomsten van het Nationaal Water Model en heeft een grove resolutie. De kaart zegt alleen iets over verandering tot 2050 en niets over het huidige voorkomen van overlast. De kaart heeft een signaalfunctie. Voor lokaal schaalniveau moet er nader onderzoek gedaan worden naar bijvoorbeeld de huidige dynamiek van de grondwaterstand en de aanwezigheid van drainagevoorzieningen.
Bron van specificatie	Ontwikkeling Kans Grondwateroverlast

Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand Huidig

Bron	Deltares/ Nationaal Water Model
Jaartal	2017
Resolutie	250 meter (250m x 250m)
Grofheid van gegevens	De kaart is gebaseerd op uitkomsten van het Nationaal Water Model – Basisprognoses 2016 en heeft een grove resolutie. Het model geeft op landelijk niveau een beeld van de huidige situatie. Voor lokaal schaalniveau moet er nader onderzoek gedaan worden naar bijvoorbeeld de huidige dynamiek van de grondwaterstand en de aanwezigheid van drainagevoorzieningen.
Bron van specificatie	Nationaal Water Model

Bodemdaling door ophoging 2020 2050

Bron	Deltares
Jaartal	2021
Resolutie	100 meter (100m x 100m)
Grofheid van gegevens	De kaart is geschikt om te gebruiken op regionale schaal, vanaf wijk/polderniveau en hoger. Op wijk/polderniveau moet je wel rekening houden met foutmarges. De resultaten zijn onbetrouwbaar op straat- en buurniveau.
Bron van specificatie	Actualisatie bodemvoorspellingskaarten

Opmerkingen

Op basis van een adrespunt kan de specifieke waarde voor elk van de drie kaarten op die locatie worden bepaald. De som van de drie waarden vormt de indexscore voor grondwateroverlast.

4.4. Overstroming

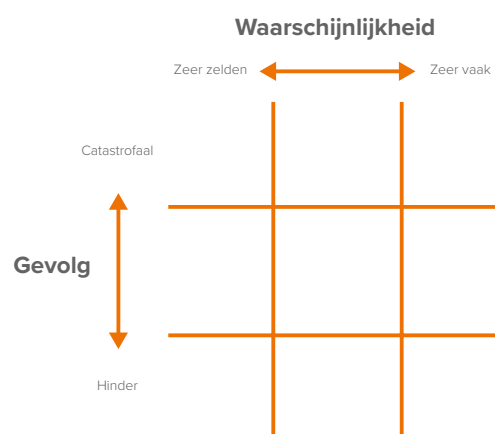
Door klimaatverandering stijgt de zeespiegel. In de twintigste eeuw is de zeespiegel ongeveer 20 centimeter gestegen en in de toekomst zet die stijging, mogelijk versneld, door. Tussen 2006 en 2018 was de zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust 3,7 mm per jaar.³⁵ Als we de uitstoot van broeikasgassen niet verminderen kan de zeespiegel voor de kust van Nederland rond het jaar 2100 zijn gestegen tot 1,20 meter ten opzichte van het begin van deze eeuw. Als delen van de ijskap instabiel worden, kan dat zelfs oplopen tot 2 meter. Ook de afvoer van rivieren stijgt als gevolg van klimaatverandering. Recente onderzoeken en klimaatscenario's wijzen uit dat de afvoer van de Rijn in de winter toeneemt. Dit komt vooral door de extra neerslag en temperatuurstijging: door hogere temperatuur wordt er minder water vastgehouden in de vorm van sneeuw. Ook in het Maasstroomgebied kan de afvoer groter worden.

Wanneer een gebied overstroomt, kan dit grote gevolgen hebben. Overstroming kan leiden tot schade aan gebouwen. De gevolgen worden onder andere bepaald door de overstromingsdiepte, de snelheid waarmee een gebied vol stroomt en de duur van een overstroming. Om te voorkomen dat het overstromingsrisico in Nederland toeneemt, wordt het beschermingsniveau van de dijken regelmatig herzien.

De omgevingscore voor overstroming bepalen we aan de hand van twee kaartlagen. De selectie van deze kaartlagen en de toegepaste classificatie is op basis van conservatieve uitgangspunten, in overeenstemming met het nationale beleid. De faalkans is hierbij relatief hoog. Er is sprake van een conservatieve schatting omdat de faalkansen zijn bepaald op basis van de uitgangspunten die ook worden gebruikt voor het normeren en beoordelen van waterkeringen.³⁶ Er zijn data beschikbaar die het overstromingsrisico weergeven op een manier die meer geschikt is als basis voor investeringsbeslissingen. Deze data zijn echter nog niet publiek beschikbaar. Er is een ambitie om ook deze gegevens publiek toegankelijk te maken, zie hiervoor ook hoofdstuk 5.1. Kennisagenda voor het verbeteren van deze aanpak.

- Maximale waterdieptekaart voor overstroming.nl (2021)
- Plaatsgebonden overstromingskans 2050 20cm

Deze twee kaartlagen gebruiken de kaders van een soort risicotabel of bedrijfswaardenmatrix. In zo'n matrix worden op de twee assen de waarschijnlijkheid en het gevolg weergegeven, met als doel om overstromingsgebeurtenissen met verschillende gevolgen en waarschijnlijkheid te kunnen onderscheiden, figuur 13 geeft hiervan een voorbeeld.



Figuur 13. Voorbeeld van een risicotabel.

De Maximale waterdieptekaart toont waar overstromingen tot ongeveer eens in de honderdduizend jaar (of nog extremer) kunnen voorkomen. De kaart bevat dus gebeurtenissen met een zeer kleine waarschijnlijkheid en zeer grote gevolgen. De Plaatsgebonden overstromingskans 2050 20cm laat juist alle plekken zien die vanaf een diepte van 20 cm overstroomt. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen gebieden met een zeer kleine kans om te overstroomt, maar ook gebieden met een grote kans op voorkomen en daarmee een grotere waarschijnlijkheid. Op deze manier laat de combinatie van maximale waterdiepte en plaatsgebonden overstromingskans zien welke diepte er maximaal kan optreden en wat de kans is dat de plek overstroomt.

Een meer genuanceerd beeld voor een specifieke locatie is beschikbaar via Mijn Waterrisicoprofiel.³⁷

³⁵ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-klimaatsignaal-21>.

³⁶ Zie Kolen, B. & J. Stenfert, 2021.

³⁷ <http://www.mijnwaterrisicoprofiel.nl/>.

4.4.1. Maximale waterdieptekaart (2021)

Deze kaart is identiek aan de kaart op de website overstroomik.nl. De kaart is samengesteld op basis van individuele overstromingsscenario's uit de Landelijke Database Overstromingen (LDO) en toont waar overstromingen tot ongeveer eens in de honderdduizend jaar (of nog minder vaak) kunnen voorkomen. De kaart geeft mogelijke overstromingen weer die in werkelijkheid niet allemaal tegelijkertijd zullen optreden. De kaarten zijn gebaseerd op vier typen overstromingen voor beschermde en onbeschermde gebieden gelegen langs het primair en regionale watersysteem. De waterhoogtes zijn gebaseerd op door de provincies, waterschappen en Rijkswaterstaat landelijk beschikbaar gestelde overstromingsscenario's, die ook in het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO) worden gebruikt.

Omgevingsscore Maximale waterdiepte		Omgevingsscore
Maximale waterdiepte-kaart voor overstroomik.nl	> 2,6 m (plafondhoogte Bouwbesluit van 2012)	Hoog
	> 1 m - 2,6 m	Middel
	> 0,2 - 1 m	Laag
	< = 0,2 m	Zeer laag
	NoData	Geen

Specificaties dataset Maximale waterdiepte	
Bron	Ontwikkeld in opdracht van RWS
Jaartal	2021
Resolutie	100 meter (100m x 100m), van de onderliggende scenario's is de resolutie soms fijner
Grofheid van gegevens	Onbekend
Bron van specificatie	Maximale Waterdieptekaart

Opmerkingen

Op basis van een adrespunt kan de specifieke waarde op die locatie worden bepaald. De classificatie is gebaseerd op aannames voor vloerpeil, de hoogte van stopcontacten/ meterkast en de wettelijk vastgelegde plafondhoogte uit het Bouwbesluit van 2012³⁸. De waarde 'NoData' betekent in dit geval dat er voor die plek geen waterdiepte uit het model komt. Deze krijgt de waarde 'Geen' als omgevingsscore.

4.4.2. Plaatsgebonden overstromingskans 2050 20cm

Op een locatie zijn vaak meerdere overstromingsscenario's mogelijk. In sommige scenario's overstroomt een locatie ondiep, in andere dieper. Welke maatregelen in een gebied het meest bijdragen aan het beperken van de gevolgen, hangt onder meer af van de kans op de verschillende overstromingsdieptes. De kaart Plaatsgebonden overstromingskans 2050 20cm laat zien wat de kans is dat een bepaald gebied volgens de norm in 2050 te maken krijgt met een overstroming waarbij het water hoger komt dan 20 cm. Er zijn ook andere overstromingsdieptes beschikbaar: > 0 cm, > 50 cm en > 200 cm. Omdat het vloerpeil of de drempelhoogte van gebouwen doorgaans hoger ligt dan maaiveld is

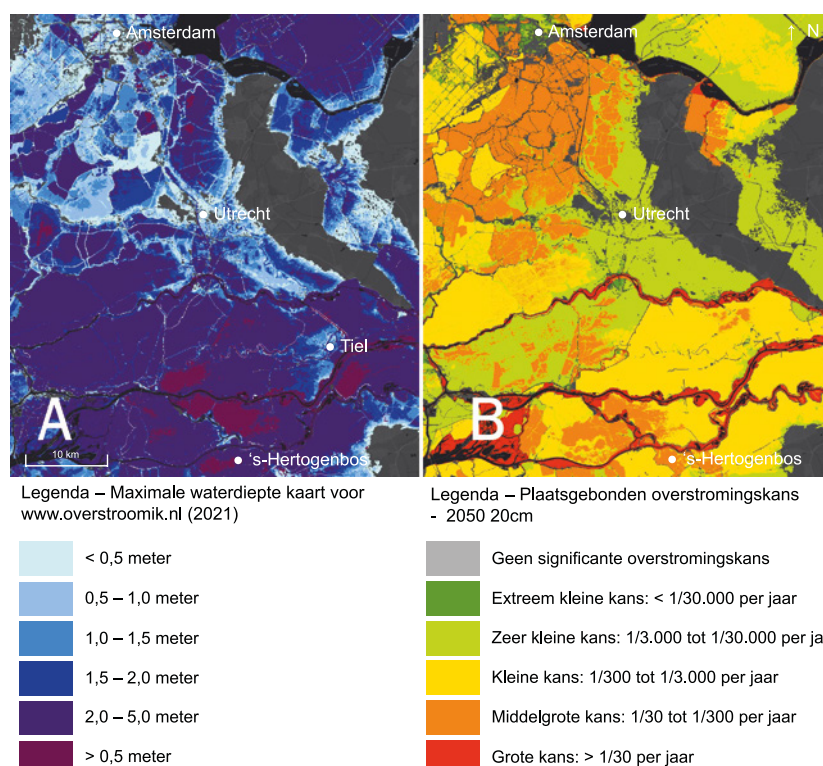
³⁸ <https://rijksoverheid.nl/besluiten/2012/07/26/bouwbesluit-2012>

hier voor 20 cm gekozen. De kaart laat zien wat de totale overstromingskans is vanuit het primaire en regionale systeem samen. De plaatsgebonden overstromingskansen zijn gebaseerd op de veiligheidseisen van de waterkeringen. Bij de berekening van deze kansen is uitgegaan van de volgende normen:

- De maximaal toelaatbare overstromingskansen uit de Waterwet waaraan de primaire waterkeringen in 2050 moeten voldoen
- De huidige provinciale norm voor regionale waterkeringen

Omgevingscore Plaatsgebonden overstromingskans		Omgevingscore
Plaatsgebonden overstromingskans 2050 20cm	Grote kans: > 1/30 per jaar (5)	Hoog
	Middelgrote kans: > 1/30 tot 1/300 per jaar (4)	Middel
	Kleine kans: > 1/300 tot 1/3000 per jaar (3)	Laag
	Zeer kleine kans tot extreem kleine kans: > 1/3.000 per jaar (1, 2)	Zeer laag
	NoData	Geen

Specificatie dataset - Plaatsgebonden overstromingskans 2050 20cm	
Bron	LIWO
Jaartal	2021
Resolutie	Binnendijks 100 meter (100m x100m), buitendijks 10 meter (10m x 10m)
Grofheid van gegevens	Deze kaart laat zien wat de kans is dat een bepaalde locatie in 2050 te maken krijgt met een overstroming waarbij het water hoger komt dan 20 cm. Overstromingen waarbij het water minder hoog komt, tellen dus niet mee op deze kaart. De kaart is gemaakt op basis van overstromingsscenario's.
Bron van specificatie	Plaatsgebonden overstromingskans



Opmerkingen

Op basis van een adrespunt kan de specifieke waarde op die locatie worden bepaald. De waarde 'NoData' betekent in dit geval dat er voor die plek geen overstromingskans uit het model komt. Deze krijgt de waarde 'Geen' als omgevingscore.

Figuur 14. Kaart Maximale waterdiepte kaart voor www.overstroomik.nl (A) en Plaatsgebonden overstromingskans 2050 20cm (B), omgeving Utrecht.

4.5. Aannames en beperkingen van deze aanpak

Deze standaard-aanpak voor het inschatten van de omgevingscore voor gebouwen kan als basis dienen voor een analyse van fysiek klimaatrisico. De aanpak maakt gebruik van de best beschikbare, open landelijke gegevens. Deze gegevens zijn voor iedereen toegankelijk en zijn gratis te downloaden. Verschillende kennisinstellingen hebben gewerkt aan de totstandkoming van de in deze aanpak gebruikte gegevens. Onze kennis over klimaatverandering is voortdurend in ontwikkeling. Dit betekent dat er regelmatig nieuwe kaarten verschijnen en bestaande kaarten worden geüpdatet. Zo verschijnen medio 2023 naar verwachting de KNMI'23-klimaatscenario's. Deze vervangen de KNMI'14-klimaatscenario's. Omdat deze standaard-aanpak gebruik maakt van de best beschikbare open landelijke gegevens, zal deze worden aangepast wanneer er betere gegevens beschikbaar zijn.

De kans op een bepaalde overstromingsdiepte in de plaatsgebonden overstromingskansen-kaarten is een conservatieve schatting. Er is sprake van een conservatieve schatting omdat de faalkansen zijn bepaald op basis van de uitgangspunten die ook worden gebruikt voor het normeren en beoordelen van waterkeringen. Drie factoren zijn hier van belang:

1. De gehanteerde faaldefinitie. Op het moment dat volgens de definitie sprake is van falen, is er in de praktijk nog reststerkte.
2. Er is geen rekening gehouden met systeemwerking. Als op een locatie de waterkering breekt, zal de waterstand in de omgeving zakken en daarmee de kans op een doorbraak ergens anders afnemen.
3. Er is geen rekening gehouden met noodmaatregelen die waterschappen nemen bij een overstroming, zoals het plaatsen van zandzakken. De informatie uit de plaatsgebonden overstromingskansen-kaart kan worden gebruikt voor een eerste schatting. Als de risico's hoog zijn of significant wordt, is een verdere verdieping in de faalkansen raadzaam.

Het toepassen van deze standaard-aanpak geeft dus een eerste indicatie (bovengrens) van de klimaat-effecten en de kwetsbaarheden in de directe omgeving van een gebouw. Tot 2050 is het effect van klimaatverandering op het overstromingsrisico beperkt in door waterkeringen beschermde gebieden. De verwachte hogere waterstanden leiden maar tot een kleine toename van de gevolgen.

Hoog water in Dordrecht



Veel belangrijker is dat de faalkansen door alle dijkversterkingen tot 2050 (zodat alle keringen voldoen aan de norm) afnemen. Deze afname in kans is in het algemeen veel groter dan de toename in gevolgen. Ook na 2050 zullen volgens het huidige beleid keringen worden versterkt zodat de faalkans blijft voldoen aan de norm. De omvang van een overstroming, en daarmee ook van het risico, kan wel toenemen door hogere buitenwaterstanden. Hiervoor zijn nu nog geen scenario's beschikbaar. Het kwantificeren van deze effecten is complex, want er zijn grote onzekerheden. Schaderelaties kunnen worden afgeleid met schademodelen waarin voor verschillende typen objecten schadefuncties beschikbaar zijn (bijvoorbeeld SSM2017 op Helpdesk Water, (Documentatie SSM-2017)).

Deze standaard-aanpak is gebaseerd op de huidige KNMI'14 scenario's. Op basis van de wereldwijde temperatuurstijging heeft het KNMI vier klimaat-scenario's ontwikkeld voor Nederland. Samen geven de scenario's de kaders weer waarbinnen klimaat-verandering waarschijnlijk zal plaatsvinden. Voor het berekenen van de omgevingscores gaan wij uit van het hoge klimaatscenario. Het hoge scenario komt in de meeste gevallen overeen met het KNMI-scenario WH. Dit is het scenario wat voor de meeste effecten het slechtst denkbare scenario is. Hiermee geeft deze aanpak inzicht in het klimaatscenario dat meestal de sterkste veranderingen laat zien. Het WH-scenario van het KNMI'14 valt binnen het bereik van het Representative Concentration Pathways 8.5-scenario van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC), dat de ontwikkeling van broeikasgassen weergeeft. Hoewel het RCP 8.5-scenario bekritiseerd is, omdat het uitgaat van onrealistisch hoge emissies in de tweede helft van de eeuw, nemen wij toch het slechtst denkbare scenario voor de periode tot 2050. In navolging van andere studies⁴⁰, hebben wij RCP 8.5/KNMI'14 WH aangenomen als de best beschikbare beschrijving voor een bijpassend risico of slechtst denkbare scenario voor de komende twee tot drie decennia. Het argument dat sinds het begin van de RCP's in 2005, RCP 8.5 het meest overeenkomt met de werkelijke uitstoot van broeikasgassen, ondersteunt dit. Daarnaast geldt dat niet alle scenario's beschikbaar zijn voor alle kaartlagen die in deze aanpak zijn gebruikt.

De landelijke gegevens die in deze aanpak zijn gebruikt, zijn ontwikkeld met landelijke modellen: de resultaten geven een beeld op regionaal schaalniveau en zijn meestal grof en indicatief op lokaal niveau. Het schaalniveau van de gegevens verschilt per kaartlaag. Wij willen benadrukken dat schademechanismen en klimaatrisico altijd lokaal bepaald zijn. Met deze eerste stap ontstaat een beeld van het fysieke klimaatrisico voor gebouwen, maar voor sluitende uitspraken op gebouwniveau moeten de lokale pand- en gebiedskenmerken meewegen. De betrokken kennisinstellingen en de auteurs van deze aanpak aanvaarden dan ook geen enkele verantwoordelijkheid voor gevolgen van aannames of gevolgtrekkingen gebaseerd op teksten of gegevens die in deze aanpak zijn gebruikt.

⁴⁰ Zie bijvoorbeeld Woetzel et al., 2020.

Verzakking Amsterdam



5. VERVOLG

Nu de aanpak er ligt voor het bepalen van de omgevingsscore, gaan de aangesloten partners samen een aanpak ontwikkelen om tot een klimaatrisicoscore te komen. Deze risicoscore bepalen we door de omgevingsscore te combineren met een gebouwscore. De gebouwspecifieke kenmerken worden meegenomen en zijn leidend voor bijvoorbeeld de beoordeling van hitte.

De uiteindelijke methode wordt getest op verschillende gebouwtypen, zoals kantoren, winkelpanden en woningen. Daarbij willen we ook de lessen meenemen van banken en beleggers, die eerder al ervaring opdeden met het doorrekenen van klimaatrisico's. Als voor een gebouw de grootste klimaatrisico's bekend zijn, is de volgende stap het verkleinen van die risico's. Daarom wil Dutch Green Building Council (DGBC) ook een overzicht maken van maatregelen die de risico's van droogte, wateroverlast, hitte en overstroming kunnen verkleinen. Dit kunnen maatregelen zijn in en rond het gebouw, maar ook in het gebied. Waar dat mogelijk is, laat het overzicht ook zien hoeveel effect een maatregel heeft.

5.1. Kennisagenda voor het verbeteren van deze aanpak

De kennis over klimaatverandering is voortdurend in ontwikkeling. Medio 2023 verschijnen naar verwachting de KNMI'23-klimaatscenario's, die de huidige KNMI'14-klimaatscenario's vervangen. Daarnaast lopen er vele initiatieven, programma's en projecten om de bestaande kennis verder te verbeteren en nieuwe kaarten te ontwikkelen die deze kennis ruimtelijk weergeven. Dat betekent dat deze aanpak regelmatig verandert, om in lijn te blijven met de best beschikbare, open landelijke kennis. Hieronder staan per thema een aantal verbeteringen die nu al in aantocht zijn:

Hitte

- De ambitie is om een open, landelijke kaart voor alle bomen in Nederland te maken. Een dergelijke kaart ondersteunt een verbeterde analyse van de afstand tot koelte: is er mogelijkheid tot verkoeling in de

directe omgeving van een gebouw? Een dergelijke kaart is nuttig om het '3-30-300'-uitgangspunt verder toe te passen. Dit uitgangspunt komt van Cecil Konijnendijk als een leidend beginsel voor stedelijke vergroening⁴¹. Iedere bewoner zou vanuit zijn huis ten minste drie bomen van een behoorlijke omvang moeten kunnen zien, iedere buurt zou ten minste 30 procent bladerdek moeten hebben en iedere bewoner zou binnen 300 meter van een park of groene ruimte moeten wonen.

- Een betere indicator voor overlast door hete nachten is nodig. Er wordt momenteel gewerkt aan een vernieuwde nachtelijke hittekaart. Deze verschijnt eind 2022 en vervangt mogelijk de Hittestress door warme nachten-kaart.
- Onderzoekers van het Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat, Klimaatbestendige Stad (NKWK-KBS) werken aan nieuwe kennis om de analyse voor hitte en de gevolgen voor gebouwen verder te verbeteren. Denk daarbij aan een kwetsbare gebiedenkaart en het effect van omgevingsfactoren (percentage groen, Urban Heat Island) op hitte in een gebouw. Zij werken ook hittelabels uit.
- Voor verdere verbetering van de omgevingsscore komt er een geschikte indicator voor koele plekken in de directe omgeving van een gebouw.

Droogte en wateroverlast

- De hoeveelheid buitenruimte en de inrichting hiervan bepaalt mede de adaptieve capaciteit ('adaptive capacity') van dat gebouw. Zaken als de eigendomsverhouding in een buurt en de verhouding tussen groen/grijs (het percentage bomen en laag groen versus het percentage steden en verharding) in een buurt zeggen veel over de ruimte voor het opvangen van de gevolgen van klimaatverandering. Dit kan

⁴¹ Konijnendijk, 2021.

ruimtelijk expliciet worden gemaakt. De daaruit resulterende kaart zou een waardevolle aanvulling op deze aanpak kunnen zijn.

- Ook de hoeveelheid waterdiepte/wateroverlast rond het gebouw is een onderdeel van de analyse. Een ruimtelijk antwoord op de vraag: hoeveel procent van de omgeving heeft meer dan 20 cm water? Daarmee kan diezelfde adaptieve capaciteit, of juist het gebrek daaraan, onderdeel worden van de analyse.
- Er is behoefte aan een kaart die de waterdiepte laat zien voor een bui van 70 mm in één uur (in tegenstelling tot de huidige twee uur). De kaart die op dit moment wordt gebruikt zegt iets over het huidige klimaat, maar door klimaatverandering neemt de intensiteit van extreme regenval toe. Daarom bestaat er een kans op onderschatten van dit probleem. De ambitie toe te werken naar een landelijke, vrij beschikbare kaart voor een bui van 70 mm in één uur⁴². Daarmee zal ook gebruik worden gemaakt van een meer recent Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). In de kaart die wij nu gebruiken is de AHN2 verwerkt, ingemeten tussen 2007 en 2012. De huidige AHN4 wordt in drie jaar ingewonnen. De inwinning van AHN4 loopt van 2021-2022, en ondersteunt daarmee het beoordelen van een omgevingscore voor gebouwen met een meer recent bouwjaar.
- Omdat hagel door verzekeraars wordt gezien als grote schadeveroorzaker, zal worden verkend of er een landelijke, publiek beschikbare hagel-kaart kan

worden ontwikkeld. Hiervoor ligt al een goede basis, in het onderzoek van het IVM: 'Understanding hail risks' (2019)⁴³.

Overstroming

- Naar aanleiding van de extreme wateroverlast en overstromingen in Limburg in 2021 zijn er verschillende studies gedaan. Zo werd de maatschappelijke gevolgen van deze extreme en ongeëvenaarde gebeurtenis verkend en werd onderzocht wat de gevolgen zijn als de extreem zware neerslag elders in Nederland was gevallen. Voortkomend uit deze en andere studies werd geadviseerd om inundatie vanuit het regionale systeem mee te nemen bij het inschatten van wateroverlast en overstroming.
- Omdat de huidige overstromingsrisicokaarten een conservatieve schatting geven, op basis van de uitgangspunten die ook worden gebruikt voor het normeren en beoordelen van waterkeringen, wordt er gewerkt aan kaarten die meer geschikt zijn voor investeringsbeslissingen in door keringen beschermde gebieden. In eerste instantie gaat het om niet-openbare gegevens, maar er zal worden onderzocht of er kan worden toegewerkt naar publiek beschikbare, landelijke gegevens.

⁴² Zie ook de *Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest (LINK)* en de *standaarden voor de stresstest wateroverlast (herzien o.b.v. nieuwe neerslagstatistiek 2019, LINK)*.

⁴³ <https://vu.nl/en/about-vu/more-about/understanding-hail-risks-ivm>.

Regenbui in Delft 2022





6. LITERATUUR

Addoum, J. et al. (2021), Climate Change and Commercial Real Estate: Evidence from Hurricane Sandy. SSRN

AON (2022), 2021 Weather, Climate and Catastrophe Insight

Bernstein, A. et al. (2018), Disaster on the horizon: the price effect of sea level rise, Journal of Financial Economics

Boland, B., C. Levy, R. Palter and D. Stephens, 2022. Climate risk and the opportunity for real estate. McKinsey & Company, 4 februari 2022

Brinkman, T. et al. (2017), Hoofd boven water. Verzekeren van schade in een veranderend klimaat

Bruin, K. de et al. (2019), Physical climate risk: Investor needs and information gaps. I4CE Institute for Climate Economics – ClimINVEST project

Bruijn, K. de & K. Slager (2022), Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen? Hackathon Deltares, november 2021

Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, and B.T. Sinh, 2012: Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation

Carney M, 2015. Breaking the tragedy of the horizon—climate change and financial stability. Speech at Lloyd's of London, England

ClimINVEST (2020), Climate modelling 101. Factsheet

ClimINVEST (2020), Climate risk. Factsheet

Convenant Klimaatadaptief Bouwen Zuid Holland (2019), Leidraad Klimaatadaptief bouwen

De Nederlandsche Bank (DNB) (2017), Waterproof? An exploration of climate-related risks for the Dutch financial sector

EU Taxonomie Climate Delegated Act (2021)

Goldstein, A., Turner, W.R., Gladstone, J. and Hole, D.G. (2019), The private sector's climate change risk and adaptation blind spots. Nature Climate Change, 9(1), pp.18-25

Hain, L. et al. (2021), Let's Get Physical: Comparing Metrics of Physical Climate Risk. SSRN

Hubert et al. (2021), Addressing challenges of physical climate risk analysis in financial institutions. I4CE Institute for Climate Economics – ClimINVEST project

Huizinga, J & B. Kolen (2019), Data analyse sterfte bij hitte, HKV

IPCC (2020), The Concept of Risk in the IPCC Sixth Assessment Report: A Summary of Cross-Working Group Discussions. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland. pp15

IPCC (2022), Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

KCAF (2021), Dreigende funderingsschade aan miljoen woningen is te voorkomen, organisaties komen met Deltaplan

Kluck, J. et al. (2020), De hittebestendige stad. Een koele kijk op de inrichting van de buitenruimte. Hogeschool van Amsterdam

Kolen, B. & J. Stenfert (2021), Klimaatinspanningskaart. Voor locatiekeuze nieuwe woningen vanuit nationaal perspectief. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Kolen, B. et al. (2019), Waterrisico's bij ruimtelijke ontwikkelingen en assets. Risico's afwegen met waterrisicoprofielen en waterrisicodiagrammen. Impactproject Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie

KNMI (2014), KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland

KNMI (2021), KNMI Klimaatsignaal'21: hoe het klimaat in Nederland snel verandert

Kompas, T. et al. (2018), The effects of climate change on GDP by country and the global economic gains from complying with the Paris climate accord. *Earth's Future*, 6(8), pp.1153-1173

Kok, S. & L. Angelova (2020), Impact droogte op funderingen. Deltares

Konijnendijk, C. (2021), The 3-30-300 Rule for Urban Forestry and Greener Cities. *Biophilic Cities Journal*, 4(2)

Lepousez, V., Gassiat C., Ory C., Stewart J., Huau J., Aulanier, H. M., Jancovici J.M., 2017. Climate Risk Impact Screening: the methodological guidebook. Carbone 4, Parijs

Linden, E. van der et al. (2019), Impact of climate model resolution on soil moisture projections in central-western Europe. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 23, 191–206. DOI: 10.5194/hess-23-191-2019

Morgan Stanley Institute for Sustainable Investing (2021), Climate-Related Risk Data for Real Assets: A Framework for Assessment

Planbureau voor de Leefomgeving (2015a), Klimaatverandering. Samenvatting van het vijfde IPCC-assessment en een vertaling naar Nederland

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2015b), Van risicobeoordeling naar adaptatiestrategie. Risicobeoordeling klimaateffecten bij rapport 'Aanpassen aan klimaatverandering'

Samen Klimaatbestendig (2021), Nederland klimaatbestendiger maken: welke rol spelen financiële instellingen? En welke kansen liggen er in samenwerking met overheden?

STOWA (2019), Neerslagstatistiek en -reeksen voor het waterbeheer 2019

Task Force Fact-finding hoogwater (2021), Hoogwater 2021 Feiten en Duiding

TCFD, 2017. Recommendations of the task force on climate-related financial disclosures

TEG, 2020. Taxonomy Report: Technical Annex. Updated Methodology and updated technical screening criteria

UK Green Building Council (2022), A Framework for Measuring and Reporting of Climate-related Physical Risks to Built Assets

UNEP (2021). Emissions Gap Report 2020

UNEP Finance Initiative (2022), The Climate Risk Tool Landscape. 2022 Supplement. Featuring an anthology of implementation case studies from financial institutions

Van Hove et al. (2014), Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. Building and Environment. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.08.029.

Vries, S. de & B. Mesdaghi (2021), Bureaustudie rondom de invloed van omgevings- en gebouwkenmerken op hitte in de woning. Kennisprogramma 2021 NKWK KBS

W/E adviseurs (2013), Richtsnoer 'Specifieke gebouwlevensduur' Aanvulling op de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (MPG)

Woetzel, J. et al. (2020), Climate risk and response. Physical hazards and socioeconomic impacts. McKinsey Global Institute

World Wide Fund for Nature (2020), Climate adaptation guide for asset owners: risk mitigation and opportunity realization



Dutch
Green Building
Council

[DGBC.nl](https://dgbc.nl)

**Dutch Green
Building Council**

Zuid Hollandlaan 7
2596 AL Den Haag

+31 (0)88 55 80 100
info@dgbc.nl

DGBC.nl