KIN Klimaatonderzoek Initiatief Nederland

# Verkenning van adaptatiepaden voor de Nationale Klimaat adaptatiestrategie 2026:

## Ontwikkeling van methoden en een eerste toepassing

# Colofon

**Auteurs:**
Bas Kolen (HKV)
Dorien Lugt (HKV)
Elco Koks (Vrije Universiteit Amsterdam)
Marjolijn Haasnoot (Deltares, Utrecht University)
Noor ten Harmsen van der Beek (Deltares)
Robbert Biesbroek (Wageningen University & Research)
Tom van der Voorn (DRIFT)

**Ontwerp adaptatiepadenkaarten:** VormVijf

**Dank aan:**
Wij willen graag alle deelnemers aan de drie Make-atons danken voor hun waardevolle bijdragen en alle experts die bij het traject betrokken waren. In het bijzonder bedanken we Stephanie Holst en andere teamleden van KIN-NWO en de opgavetrekkers. Tevens gaat onze dank uit naar Rolien van der Mark (Deltares).

# Inhoud


**Colofon** 2
**1 Inleiding** 4
**2 Methodische aanpak voor de ontwikkeling van de adaptatiepaden** 5
**3 Uitwerking van de adaptatiepaden** 7
3.1 Wateroverlast 7
*3.1.1 Introductie* 7
*3.1.2 Risico's* 8
*3.1.3 Adaptatieopties* 8
*3.1.4 Adaptatiepaden* 11
*3.1.5 Wat leren we hieruit?* 12
3.2 Gezondheid (eerste concept, wordt nog verder uitgewerkt) 13
*3.2.1 Introductie* 13
*3.2.2 Risico's* 14
*3.2.3 Adaptatieopties* 15
*3.2.4 Adaptatiepaden* 19
*3.2.5 Wat leren we hieruit?* 22
3.3 Cultureel erfgoed 23
*3.3.1 Introductie* 23
*3.3.2 Risico's* 24
*3.3.3 Adaptatieopties* 24
*3.3.4 Adaptatiepaden* 27
*3.3.5 Wat leren we hieruit?* 29
3.4 Spoor- en weginfrastructuur 30
*3.4.1 Introductie* 30
*3.4.2 Risico's (nu en in de toekomst)* 31
*3.4.3 Adaptatieopties* 31
*3.4.4 Adaptatiepaden* 33
*3.4.5 Wat leren we hieruit?* 35
3.5 Vaarwegen 36
*3.5.1 Introductie* 36
*3.5.2 Risico's (huidig en toekomst)* 36
*3.5.3 Adaptatieopties* 36
*3.5.4 Adaptatiepaden* 39
*3.5.5 Wat leren we hier uit?* 41
3.6 Energie- en Telecominfrastructuur 42
*3.6.1 Introductie* 42
*3.6.2 Risico's (nu en in de toekomst)* 42
*3.6.3 Adaptatieopties* 42
*3.6.4 Adaptatiepaden* 45
*3.6.5 Wat leren we hieruit?* 47
**4 Samenhang tussen de adaptatiepaden** 48
**5 Reflectie en lessen voor verdere toepassing van de adaptatiepaden-aanpak** 50
5.1 Inhoudelijke reflecties op adaptatiepaden en de NAS 50
5.2 Reflectie op de methode en gehanteerde aanpak 51
5.3 Rol en invulling van de Make-atons 52
5.4 Proces 52
**Referenties** 53
**Bijlage1 Protocol voor het ontwerpen en valideren van adaptatiepaden voor de NAS op basis van de KIN Make-atons** 56

# 1 Inleiding

Voor het herijken van de Nederlandse Nationale Adaptatie Strategie (2026) is de ambitie uitgesproken om adaptatiepaden te ontwikkelen voor vijftien klimaatopgaven. In samenwerking met NWO- KIN en de opgavetrekkers is een quickscan uitgevoerd voor vijf van deze klimaatopgaven: wateroverlast, gezondheid, cultureel erfgoed, energie- en telecommunicatie-infrastructuur, en spoor, weg en vaarwegen. Dit project heeft twee doelen: enerzijds het verkennen van en experimenteren met de methode om nationale adaptatiepaden te ontwikkelen, en anderzijds het opstellen van een eerste aanzet voor deze adaptatiepaden.

Deze rapportage vat de belangrijkste bevindingen samen en is onderdeel van een bredere, langdurige inspanning voor de herijking van de NAS. Dit traject omvat onder meer het identificeren van mogelijke routes en doelen, het in kaart brengen van systeemkeuzes en interacties, en het vaststellen van een voorkeurs- en uitvoeringsstrategie, inclusief de MER- procedure.

Dit rapport moet dan ook worden gezien als een eerste verkenning van de methode en de toepassing daarvan. De uitwerking toont aan dat adaptatiepaden waardevolle inzichten kunnen bieden voor de NAS, maar ook dat het toepassen van de methode zorgvuldig en in samenspraak met relevante experts moet gebeuren, waarbij alle klimaatthema's in samenhang worden beschouwd.

Het volgende hoofdstuk beschrijft kort de methode, gevolgd door een uitgebreid hoofdstuk 3 waarin we de adaptatiepaden voor de klimaatopgaven presenteren. De laatste twee hoofdstukken beschrijven de samenhang tussen de paden en bieden een reflectie op de belangrijkste lessen voor een mogelijk vervolgtraject.

# 2 Methodische aanpak voor de ontwikkeling van de adaptatiepaden

(Door: Robbert, Marjolijn, Tom)

Dit hoofdstuk beschrijft de vier fasen die doorlopen zijn om adaptatiepaden te ontwikkelen voor de Nationale Adaptatiestrategie (NAS) 2026: dataverzameling, de ontwikkeling van adaptatiepaden op basis van klimaatrisico's, vooruitkijken, terugkijken vanuit toekomstbeelden, en de synergiën en tegenstrijdigheden tussen de adaptatiepaden.

Adaptatiepaden zijn gestructureerde trajecten van opeenvolgende (categorieën) adaptatiemaatregelen die kunnen worden genomen om klimaatrisico's te reduceren, met aandacht voor de aanlooptijd, volgordelijkheid, effectiviteit en haalbaarheid van de maatregelen onder verschillende klimaatscenario's. Deze paden bieden flexibiliteit om beslissingen aan te passen aan veranderende omstandigheden en onzekerheden. De aanpak die hiervoor is gebruikt, bouwt voort op de methode ontwikkeld in het IPCC AR6 WG2-rapport (Bednar-Friedel et al., 2022; Muccione et al., 2024).
We beschrijven hieronder kort de aanpak. In bijlage 1 staat het uitgebreide protocol.

## Fase 1: Dataverzameling

In de eerste fase werd in samenwerking met opgavetrekkers en externe experts een gestructureerd proces gevolgd om data te verzamelen over de belangrijkste klimaatrisico's voor de vijf opgaven. Het verzamelen van relevante adaptatieopties begon met een inventarisatie van mogelijke maatregelen die tijdens eerdere sessies, zoals de tweede KIN Make-aton, waren genoemd. Deze opties werden vervolgens verder uitgewerkt en geclusterd. Er is hierbij zoveel mogelijk gezorgd dat de adaptatieopties voldoende divers zijn: niet alleen technische, maar ook institutionele maatregelen, gedragsveranderingen en natuurgebaseerde oplossingen werden overwogen. Voor elke maatregel werd de relevantie bepaald op basis van bewijs uit wetenschappelijke literatuur en praktijkervaringen van de experts.

Elke maatregel werd beoordeeld op twee cruciale criteria: ***effectiviteit*** en ***haalbaarheid***. Effectiviteit is het vermogen van een maatregel om een klimaatrisico te reduceren, met een onderscheid tussen 'hoog', 'midden' en 'laag'. Daarnaast werd de haalbaarheid van elke maatregel geëvalueerd op zes dimensies: economisch, technisch, politiek-bestuurlijk, maatschappelijk, ecologisch en fysiek-ruimtelijk. Literatuur of expertise van betrokken experts ondersteunden deze inschattingen. Daarna werd voor elke maatregel de aanlooptijd bepaald, zodat duidelijk was hoe snel de maatregel kon worden geïmplementeerd (snel, gemiddeld, of lang). We merken op dat voor sommige opgaven meer (kwantitatieve) data beschikbaar zijn dan voor andere opgaven. Daardoor kan de mate van detail alsmede de robuustheid van het adaptatiepad verschillen. Dit is voor ieder adaptatiepad in de volgende hoofdstukken geduid.

## Fase 2: Ontwikkelen van adaptatiepaden (vooruitkijkend)

De verzamelde adaptatieopties vormden de basis voor de adaptatiepaden. Adaptatiepaden beschrijven de volgorde waarin maatregelen genomen zouden moeten worden om een bepaald klimaatrisico te beheersen. Hierbij werd rekening gehouden met de zogenoemde padafhankelijkheid van maatregelen: sommige maatregelen moeten eerst worden uitgevoerd voordat andere mogelijk of effectief kunnen zijn.

De adaptatiepaden zijn opgemaakt per klimaatrisico en bevatten verschillende stappen, afhankelijk van de ernst van de klimaatverandering. Bijvoorbeeld: low-regret maatregelen, die nuttig zijn onder alle klimaatveranderingsscenario's, worden veelal als eerste in het pad geplaatst. Naarmate de impact van klimaatverandering toeneemt komen meer ingrijpende maatregelen naar voren in het pad.
We gingen hierbij als volgt te werk. Op basis van de informatie uit fase 1 heeft een kernteamlid – in sommige gevallen met opgavetrekker en/of experts – de adaptatiepaden visueel opgezet door de maatregelen (y-as) in de tijd uit te zetten tegen verschillende niveaus van klimaatverandering of andere relevante verandering (x-as). Hierdoor werd zichtbaar hoe maatregelen kunnen worden gecombineerd of opgevolgd in de tijd. Voor elke maatregel is vervolgens aangegeven in welke mate die effectief zou zijn bij een bepaalde klimaatverandering, en wanneer moet worden overgestapt op een (set aan) aanvullende maatregelen.
Er is een onderscheid tussen maatregelen die een kortetermijnoplossing bieden en maatregelen die op de lange termijn nodig zijn. De visualisatie helpt om inzicht te geven in de robuustheid van (combinaties van) maatregelen, waarbij maatregelen die in meerdere scenario's nuttig zijn, een prominente plaats krijgen.

## Fase 3: Adaptatiepaden (terugkijkend vanuit toekomstbeelden)

In deze fase was de ambitie om terug te kijken vanuit een mogelijke toekomstige situatie. Dit zogenoemde 'backcasten' is een methode waarbij eerst de gewenste toekomst wordt gedefinieerd, waarna wordt vastgesteld welke maatregelen op welk moment nodig zouden zijn om die toekomst te realiseren. Als uitgangspunt dienden de vier PBL-scenario's, die verschillende mogelijke toekomstbeelden voor Nederland beschrijven. Aangezien deze scenario's voor de ruimtelijke inrichting voor Nederland in 2050 weinig tot geen klimaatspecifieke en opgavespecifieke informatie bevatten, hebben we voor deze fase gebruik gemaakt van ChatGPT4.0 om scenario's te vertalen.' Daarbij diende het PBL-rapport als input.

Uiteindelijk bleek het lastig de backcasting-exercitie te doorlopen zoals beoogd, vooral door gebrek aan tijd en voldoende input. In de praktijk hebben we bij elke opgave de ruimtelijke scenario's vooral gebruikt als een robuustheidscheck voor de paden en geselecteerde adaptatiemaatregelen. Daarbij zijn vaak twee contrasterende scenario's gebruikt. Sommige adaptatiemaatregelen volgen logisch uit een van beide scenario's, terwijl andere scenario's agnostisch zijn. In de volgende hoofdstukken wordt per klimaatopgave kort stilgestaan bij het gebruik van de PBL-scenario's.

## Fase 4: Samenvoegen en valideren van de adaptatiepaden

Tijdens de derde Make-aton (17 oktober 2024) werden de verschillende adaptatiepaden gepresenteerd. De deelnemers zochten naar synergiën en tegenstrijdigheden tussen de adaptatiepaden voor de vijf opgaven. Hierbij konden deelnemers vanuit hun eigen expertise op post-its en in een groepsdiscussie aangeven waar zij kansen en belemmeringen zagen. Het idee was om ook te kijken naar de timing van maatregelen en deze wellicht aan te passen om tegenstrijdigheden te verminderen en synergiën te versterken. Hier is in de praktijk niet aan toegekomen.

Bij het valideren van de adaptatiepaden werd beoordeeld of deze robuust genoeg waren om zowel op korte als lange termijn effectieve oplossingen te bieden. De Make-aton deelnemers gaven feedback over de volledigheid van de set aan adaptatiemaatregelen in de adaptatiepaden uit fase 2. Op basis van de feedback zijn zowel de inhoud als de visualisatie van de paden aangescherpt.

# 3 Uitwerking van de adaptatiepaden

In dit hoofdstuk worden de adaptatiepaden voor vijf van de vijftien door de NAS omschreven klimaatopgaven gepresenteerd. Deze vijf thema's kunnen worden onderverdeeld in een oorzaak van klimaatverandering namelijk wateroverlast, en in functies die worden blootgesteld aan verschillende oorzaken van klimaatverandering: gezondheid, cultureel erfgoed, spoor- en weginfrastructuur, vaarwegen en energie- en telecominfrastructuur. Iedere opgave wordt kort geïntroduceerd, gevolgd door de risico's van klimaatverandering, de effectiviteit en haalbaarheid van de adaptatieopties, de uiteindelijke adaptatiepaden en de belangrijkste bevindingen.

## 3.1 Wateroverlast

(Door: Bas en Dorien)

### 3.1.1 Introductie

Het klimaat verandert, hierdoor neemt de kans op wateroverlast toe. Welke keuzes kunnen we nu maken om ons minder kwetsbaar te maken? Welke gevolgen moeten we accepteren? En waar kan het peil de functie niet meer volgen? Wat kunnen we verwachten van keuzes in het ruimtelijke domein als we de gevolgen beperken? Of is het mogelijk ook nog het watersysteem aan te passen zodat de kans van voorkomen afneemt?

De ontwikkelde adaptatiepaden geven input om de adaptatieopgave verder uit te werken voor de situatie in 2100.

De paden tonen de effectiviteit in termen van risicoreductie van de 'adaptatieopgave'. Bij het ontwerp van het watersysteem en de inrichting van het land is er altijd al sprake geweest van een (mogelijk voor veel mensen impliciete) risico-acceptatie. Zo zijn na 1998 normen opgesteld waarbij wateroverlast in bebouwd gebied in de meeste delen van Nederland niet vaker voor mag komen dan 1/100 per jaar. Ook is in het stedelijk waterbeheer het bergen van water op straat, en het gebruik van overstorten onderdeel van de normale ontwerppraktijk.

Door klimaatverandering worden de risico's groter als er geen keuzes worden gemaakt. We richten ons in de paden op het reduceren van de toename van de risico's: er zullen dus risico's blijven bestaan. Alle maatregelen vragen wel een inspanning en hebben impact op de omgeving, bijvoorbeeld ruimtebeslag Er zijn dus geen makkelijke maatregelen zonder impact op anderen, maar er zijn er wel keuzes nodig.

De haalbaarheid van de verschillende maatregelen is grof geschat. De paden zijn een hulpmiddel voor de uitwerking in de praktijk. Voor de daadwerkelijke oplossingspakketten moeten we de lokale kenmerken in acht nemen en de adaptatiepaden concretiseren. Ook kunnen extremere ingrepen worden overwogen waarin bepaalde risico's worden geaccepteerd, of waarin vormen van grondgebruik actief worden verplaatst.

Er is sprake van wateroverlast wanneer water door piekbuien of langdurige regen op ongewenste plekken komt te staan op land of onderdelen van het watersysteem. Hierbij is de aanvoer van water hoger dan de afvoer, waardoor tuinen en landbouwvelden onderlopen, water in huizen binnendringt of wegen onbegaanbaar worden. De gevolgen van een dijkdoorbraak worden niet als wateroverlast beschouwd, dat is een overstroming. Ook schade door hoge grondwaterstanden, lekkages in gebouwen of overstromingen in buitendijks gebied noemen we niet wateroverlast.

In stedelijk gebied leiden kortdurende piekbuien van één tot enkele uren vaker tot wateroverlast, in het landelijk gebied gebeurt dat vaker door langdurige buien van meerdere dagen. Voor de ontwikkeling van de adaptatiepaden kijken we naar beide gebieden, uitgaande van een sterk geschematiseerde en versimpelde beschrijving van deze twee systemen. In de praktijk kunnen effecten natuurlijk net wat anders zijn door lokale kenmerken. De adaptatiepaden en de redeneerlijn kunnen in deze gevallen eenvoudig worden bijgesteld. We verwachten echter dat de globale effectiviteit, haalbaarheid en knikpunten hierdoor niet veranderen. De paden geven vooral inzicht in de mogelijke oplossingsrichtingen.

### 3.1.2 Risico's

Van oudsher maken we in Nederland afwegingen over hoe watersystemen in te richten, en wat acceptabele risico's zijn. Dit heeft geleid tot normen en ontwerpkaders voor zowel stedelijke als regionale watersystemen. Dat betekent dat wateroverlast geaccepteerd wordt bij de eisen die we stellen aan inrichting van watersystemen. Tegelijkertijd is deze wateroverlast wel ingrijpend voor mensen en bedrijven. Zeker als deze zich niet bewust zijn van het risico. En het is de vraag of men het risico dan wel accepteert. Toch gaan we uit van het huidige beleid, namelijk dat de normen en ontwerpkaders definiëren welke risico's we accepteren.

Ons beleid kent een geaccepteerde herhaaltijd voor verschillende soorten wateroverlast. We dimensioneren onze systemen op de hoeveelheid regen die daar statistisch gezien bij hoort. Als we ervan uitgaan dat we dezelfde standaarden blijven hanteren, dan wordt de ambitie voor klimaatadaptatie bepaald door de verandering van die statistiek. Door klimaatverandering gaat het vaker en harder regenen: een kortere herhaaltijd bij dezelfde hoeveelheid neerslag óf een grotere hoeveelheid neerslag bij dezelfde herhaaltijd. Omdat herhaaltijd leidend is in onze ontwerpen, gaan we uit van verandering van de hoeveelheid neerslag, bij gelijkblijvende herhaaltijd. Daarmee houden we rekening met het feit dat het vaker én harder gaat regenen.

### 3.1.3 Adaptatieopties

De adaptatieambitie geeft aan in welke mate het risico gereduceerd moet worden. Een reductie van 100% betekent dat de risico's op wateroverlast weer op het niveau zijn van voor de klimaatverandering, (dus niet nul maar weer op het niveau zoals het was voor de klimaatverandering). In de ambitie nemen we mee dat op dit moment niet al onze systemen aan de huidige normen voldoen. De ambitie bestaat daarmee uit twee componenten:
1. de klimaatverandering (klimaatambitie) en
2. de benodigdheden om aan de huidige eisen te voldoen (bestaande ambitie).

We bepalen het huidige risico op een eensper100jaarneerslaggebeurtenis, om het eenvoudig te houden. Wellicht kan er later nog naar andere herhaaltijden gekeken worden. De herhaaltijd van 100 jaar hoort zowel in landelijk als stedelijk gebied bij de ontwerpeis voor nieuwbouw en in landelijk gebied ook bij de inundatienorm voor bebouwing. Deze T100bui komt in 2100 ongeveer 2 keer zo vaak voor.

## Categorieën adaptatieopties

We identificeren twee categorieën adaptatieopties:
1. verlagen van de kans van vóórkomen van wateroverlast, de opgave bestaan dan uit het omgaan met de 'extra' neerslag;
2. beperken van de gevolgen van wateroverlast. De opgave bestaat uit het halveren van de gevolgen in 2100. De halvering van de gevolgen levert in combinatie met een twee keer zo hoge kans dus weer een gelijk risico.

Door deze clustering kunnen we de effecten bepalen op de kans van optreden van wateroverlast aan de ene kant en op de gevolgen aan de andere kant. We zijn bij de eerste categorie uitgegaan van de trits: vasthouden, bergen en afvoeren. De tweede categorie is terug te voeren op het concept van

'meerlaagsveiligheid' (inclusief de toevoeging van 'waterbewustzijn' en 'herstel' van de beleidstafel wateroverlast). In Tabel 3-1 beschrijven we deze twee clusters. Het vergroten van waterbewustzijn bij burgers is hierbij beschouwd als onderdeel van de maatregelen op gebied van crisisbeheersing. Een verzekeringsoplossing is onderdeel van ruimtelijke inrichting.

*Tabel 3-1: Maatregelen voor risicoreductie onderverdeeld naar maatregelen die de kans en de gevolgen verkleinen*

| Kansverkleining | Gevolgbeperking |
|---|---|
| **Water vasthouden.**<br>Vasthouden van water op de plaats waar de neerslag valt zodat deze niet tot afstroming komt naar de rest van het watersysteem. Het verschil met water bergen is dat er bij bergen eerst transport (afvoer) door het watersysteem nodig is plus bergingsgebied. Er kan niet meer worden vastgehouden dan directe neerslag op het betreffende gebied. | **Crisismaatregelen (locatie beschermen of gevolgbeperking, inclusief early warning en bewustzijn).**<br>Het nemen van lokale en tijdelijke maatregelen om 1) in geval van een dreiging objecten (bebouwd gebied) te beschermen 2) om schade te reduceren (evacueren van goederen). Deze maatregelen kunnen worden uitgevoerd door professionals, burgers en bedrijven.<br>Een waarschuwing is een vereiste. |
| **Water bergen.**<br>Het bergen van water in watergangen, noodpolders, stroombanen, bakken of bassins en misschien wel in parken of op straat. Dit water is dus tot afstroming gekomen naar het watersysteem maar wordt (nog) niet afgevoerd. | **Ruimtelijke inrichting – anders bouwen (inclusief locatiekeuze en verzekeringsoplossing en bewustzijn).**<br>Het nemen van structurele maatregelen in de openbare ruimte en aan gebouwen om het areaal dat wordt blootgesteld te verkleinen of de gevolgen te verkleinen bij blootstellingen. Er wordt aangesloten bij de snelheid van nieuwbouw en renovatieopgave (hier is geen verdere impuls meegenomen). Hierbij is ook een verzekeringsoplossing bedacht door na optreden van wateroverlast schadebeperkende maatregelen te nemen bij het herstel (building back better). Deze maatregelen vereisen dus bewustzijn.<br>Noot: effecten op andere vormen van grondgebruik als agrarisch gebied zijn nu nog niet meegenomen. |
| **Water afvoeren.**<br>Het vergroten van de afvoercapaciteit van watersystemen inclusief hydraulische voorzieningen; er wordt dus gezorgd dat er meer water uit het watersysteem wegstroomt. | **Sneller herstel.**<br>Het zodanig ontwerpen van processen dat een sneller herstel kan plaatsvinden waardoor de indirecte schade wordt verkleind. |

## Werkwijze voor afleiden effectiviteit en haalbaarheid

Naast het effect op de risicoreductie is per maatregel gekeken naar de haalbaarheid op de volgende vlakken: economisch/ financieel, technisch, politiek-bestuurlijk, maatschappelijk, ecologisch en fysiek-ruimtelijk. We werken met de scores laag (-), midden (0) en hoog (+), die mede zijn opgesteld met input van experts.

In Tabel 3-2 staan de effectiviteit en haalbaarheid van alle maatregelen in termen van risicoreductie ten opzichte van de adaptatieambitie. De onderbouwing per maatregel is opgenomen in het achtergrondrapport. Voor alle maatregelen geldt dat deze bijdragen aan risicoreductie. De maatregelen kunnen zowel in combinaties als afzonderlijk worden uitgevoerd. In het adaptatiepad is ook de effectiviteit van combinaties opgenomen als individuele maatregelen eindig zijn. De maatregelen hebben een bredere impact dan de risicoreductie. Alle maatregelen hebben namelijk ook nadelen (kosten, ruimte, ecologie, etc.) die telkens anders zijn verdeeld over de stakeholders. De waarde die aan deze impact wordt gegeven verschilt per stakeholder.

Er is dus iets te kiezen voor de politiek. Makkelijke keuzes zijn er niet tussen de maatregelen of voor het opgeven van functies. We zien dat de effectiviteit van gevolgbeperkende maatregelen (crisisbeheersing, sneller herstel, ruimtelijke inrichting) niet zo groot is dat 100% van de adaptieopgave kan worden opgelost. Dit komt doordat de schade in het bebouwd gebied slechts een deel van de totale schade is en de maatregelen nooit alle schade wegnemen. Daarbij komt dat water vasthouden eindig is, omdat dit wordt beperkt door de hoeveelheid regen die op die exacte locatie valt. Water bergen en afvoeren is technisch gezien niet eindig, maar vraagt wel extra oppervlak voor bredere watergangen en afvoercapaciteit. Afvoeren zal ook benedenstrooms wateropgaven kunnen vergroten. Voor 'Water en Bodem sturend' heeft bergen de voorkeur boven afvoeren. Afvoeren kan worden gezien als afwentelen op andere systemen.

In de praktijk is het niet verstandig om op één maatregel in te zetten. Combinaties van maatregelen zullen eerder in aanmerking komen. Afhankelijk van de lokale omstandighedenkunnen andere keuzes gemaakt worden. Ook kunnen er voorkeuren zijn voor maatregelen. Zo wordt afvoeren soms als afwentelen op andere systemen gezien, zoals we hierboven al zagen. Voor maatregelen die zich richten op nieuwbouw geldt dat deze beperkt invloed hebben op bestaande bouw.

*Tabel 3-2: Effect op risico en haalbaarheid van alle maatregelen (K is kort en kan uitgevoerd worden binnen een decennium en meegroeien met klimaatverandering, M is mediumlang en vergt enkele decennia, en L is lang en vergt een lange inspanning). De maatregelen zijn puur gericht op wateroverlast bij extreme gebeurtenissen, en staan los van dagelijks waterbeheer dan wel droogtebestrijding. Dat betekent dat de ruimte voor water vasthouden en bergen ook beschikbaar moet zijn ten tijde van wateroverlast en dus niet al benut kan zijn voor droogtebestrijding.*

| **Risicoreductie t.o.v. klimaatambitie** | | **Economisch/financiële** | **Technische** | **Politiek-Bestuurlijke** | **Maatschappelijke** | **Ecologische** | **Fysiek-ruimtelijke** | **Aanlooptijd** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | **Haalbaarheid (+/ 0 / -)** | | | | | | |
| Water vasthouden | 27% | - | + | - | 0 | 0 | - | M |
| Water bergen | 125% | - | + | + | + | 0 | - | M |
| Water afvoeren | 125% | - | + | + | 0 | 0 | 0 | M |
| Crisisbeheersing (early warning, bewustzijn) | 59% | 0 | - | + | + | 0 | 0 | K |
| Ruimtelijke inrichting gebouwen aanpassen (locatiekeuze En ontwerp nieuwbouw, renovatie, building back better, bewustzijn) | 32% | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 | L |
| Sneller herstel | 25% | + | + | - | 0 | 0 | 0 | M |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | **Haalbaarheid (+/ 0 / -)** | | | | | | |
| Water vasthouden | 41% | 0 | + | 0 | 0 | 0 | - | M |
| Water bergen | 125% | - | + | + | + | + | - | K |
| Water afvoeren | 125% | - | + | + | 0 | 0 | 0 | K |
| Crisisbeheersing (early warning, bewustzijn) | 30% | 0 | - | + | + | 0 | 0 | K |
| Ruimtelijke inrichting gebouwen aanpassen (locatiekeuze En ontwerp nieuwbouw, renovatie, building back better, bewustzijn) | 20% | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 | L |
| Sneller herstel | 25% | + | + | - | 0 | 0 | 0 | M |

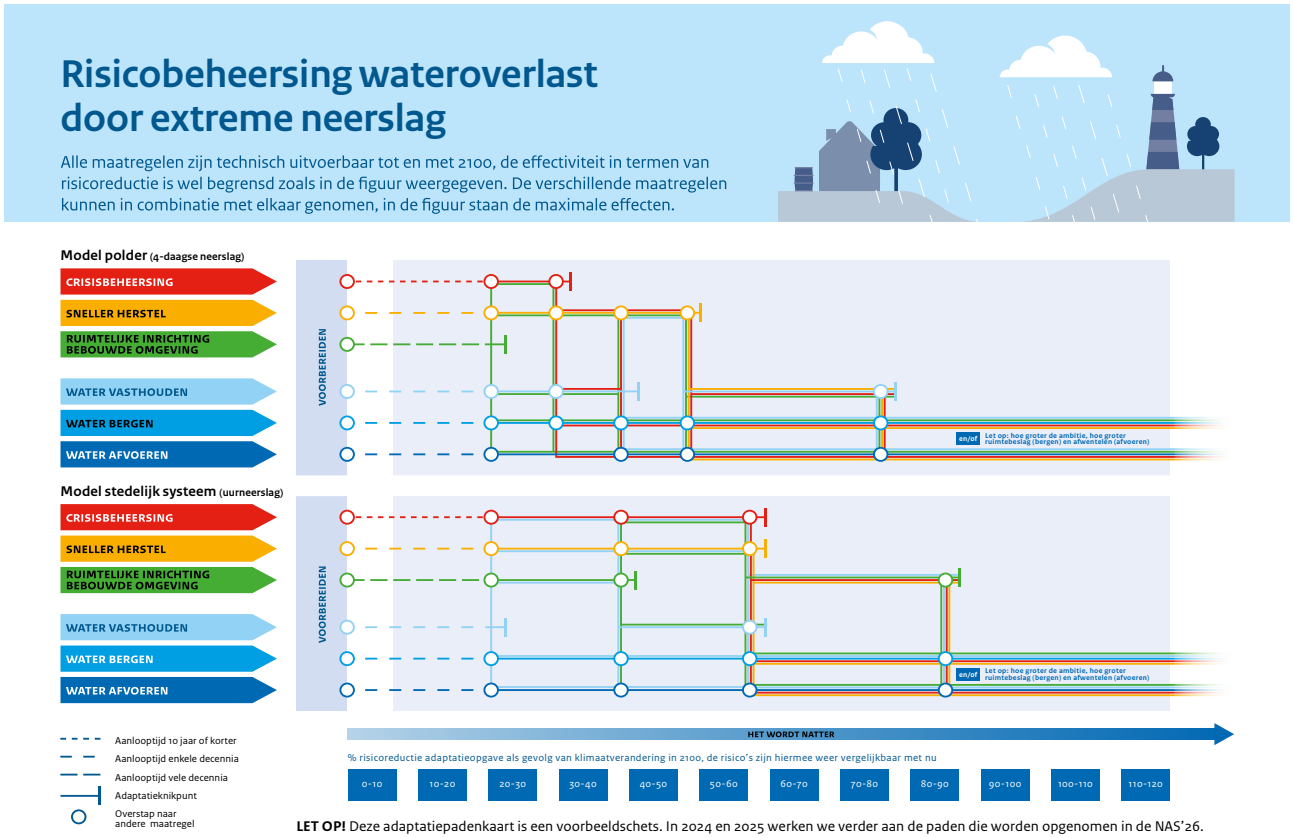
### 3.1.4 Adaptatiepaden

## Op basis van forecasting

Figuur 3-1 toont het adaptatiepad voor een stedelijk en een poldergebied. Dit pad begint bij de decentrale maatregelen en gevolg reductie. Afvoeren is voor Water en Bodem sturend een laatste redmiddel. De gevolgbeperkende maatregelen vasthouden en bergen hebben de voorkeur omdat afwentelen op andere watersystemen wordt voorkomen. Het is ook mogelijk om aan de adaptatieopgave te voldoen met alleen bergen, dus zonder maatregelen voor afvoeren die de overlast zouden afwentelen op andere gebieden. Bergen vereist wel een ruimtelijke inpassing en veel ruimtebeslag. Het is dan ook zeker niet makkelijk om te realiseren (maar dat geldt voor alle maatregelen).

De gevolgbeperkende maatregelen kunnen in verschillende volgordes en combinaties worden uitgevoerd. Het adaptatiepad start met de maatregel die afzonderlijk leidt tot het minste risicoreductie. Deze indeling sluit aan bij de prioriteiten van Water en Bodem sturend, die inzetten op gevolgbeperking, vasthouden en bergen. Het gecombineerde effect van crisisbeheersing, sneller herstel en ruimtelijk beleid is 84% voor het model stedelijk gebied. Voor een modelpolder is dit 72%, zie achtergrondrapportage. Water vasthouden reduceert het risico verder maar nooit tot 100%. Uiteindelijk zal afvoeren én bergen worden ingezet om aan de volledige adaptatieopgave te kunnen voldoen.

*Figuur 3-1: Adaptatiepad op basis van forecasting voor een model stedelijk en poldergebied. In deze figuur is enkel de effectiviteit opgenomen voor de risicoreductie van de klimaatopgave. De haalbaarheid van de maatregelen hangt ook af van andere effecten.*




**LET OP!** Deze adaptatiepadenkaart is een voorbeeldschets. In 2024 en 2025 werken we verder aan de paden die worden opgenomen in de NAS'26.

## Op basis van backcasting

Op basis van de vier wereldbeelden van PBL spreken we een voorkeur uit voor bepaalde type maatregelen. We gebruiken deze scenario's om te backcasten, met andere woorden: hoe bereiken we de in dat scenario gewenste situatie.

1. Mondiaal Ondernemend: een toekomstscenario waarin grote bedrijven de lead hebben.
2. Snelle Wereld: waarin de nog verder toegenomen digitalisering afstanden doet verdwijnen.
3. Groen Land: met veel ruimte voor de natuur.
4. Regionaal Geworteld: waarin burgers het initiatief nemen in hun eigen leefomgeving.

In Tabel 3-3 staan de voorkeuren per scenario. In het achtergrondrapport zijn de verschillende adaptatiepaden opgenomen.

*Tabel 3-3: Relatie van maatregelen en de PBL-scenario's*

| | Mondiaal ondernemend | Snelle wereld | Groen land | Regionaal geworteld |
|---|---|---|---|---|
| Water Vasthouden | + | + | + | + |
| Water bergen | + | + | | |
| Water afvoeren | + | | | |
| Crisismaatregelen | | + | + | + |
| Ruimtelijke inrichting – bebouwde omgeving | + | | + | + |
| Sneller herstel | | + | + | + |

- De adaptatiepaden laten zien dat bergen en/of afvoeren altijd onderdeel zijn van de maatregelen als we de risico's willen reduceren tot het niveau van voor klimaatverandering (inclusief de achterstand die er was).
- Gevolgbeperking en vasthouden zijn opties. Hierbij kan een keuze gemaakt worden in welke mate bergen en/of afvoeren wordt ingezet. In feite zijn deze opties inwisselbaar, maar de effecten en kosten kunnen anders zijn.
- De mate waarin berging dan wel afvoer nodig is kan worden gereduceerd door andere maatregelen op te nemen.
- Alle andere maatregelen dan de bovengenoemde hebben minder impact op de risicoreductie.
- Alle maatregelen hebben verschillende effecten.
- Alle maatregelen brengen kosten met zich mee.
- Als laatste merken we op dat een verdere risicoreductie mogelijk is als de schade aan landelijk gebied door inundatie en hoge grondwaterstanden beperkt kan worden. Hierover kunnen we op dit moment nog geen uitspraken doen.

### 3.1.5 Wat leren we hieruit?

Uit deze adaptatiepaden blijkt dat de verschillen tussen een model stedelijk watersysteem en een model polder relatief beperkt zijn. Alle maatregelen verlagen het risico in 2100 en zijn in beginsel uitvoerbaar. Knikpunten zijn er alleen vanwege een beperkte effectiviteit. Voor een stedelijk systeem zijn de maatregelen voor aanpassing van de bebouwde omgeving en voor crisisbeheersing iets effectiever omdat er meer bebouwd gebied is. Echter, de effecten van water vasthouden zijn wat kleiner.

Water bergen en/of water afvoeren zijn de enige maatregelen waarmee het risico van wateroverlast geheel kan worden gereduceerd. Wel is de ruimtelijke opgave erg groot en dit beïnvloedt de haalbaarheid. (Let wel, de risico's zijn dan niet nihil, maar weer op het niveau van vóór de klimaatverandering.) Met de andere maatregelen is het niet mogelijk om de ambitie (risico vergelijkbaar met situatie voor klimaatverandering) te bereiken.

Wanneer de lat hoger komt te liggen, bijvoorbeeld als we aannemen dat de risico-acceptatie in de toekomst lager is dan we nu aannemen, dan zal dat nog meer inzet van bergen en afvoer vragen. Andersom kan het worden overwogen meer risico's te accepteren, waardoor er dus meer situaties met wateroverlast zijn (en het grondgebruik wordt aangepast).
Alle maatregelen vragen een inspanning en hebben andere effecten, zoals het ruimtebeslag en het aantal betrokken partijen. In het achtergrondrapport duiden we kort de mogelijke varianten van de maatregelen en de effecten daarvan

De maatregelen zijn veelal combineerbaar. Dat betekent dat afhankelijk van de politieke en bestuurlijke keuzes risico's kunnen worden gereduceerd met behulp van meerdere mogelijke oplossingspakketten.
Het is echter ook een keuze om bepaalde risico's en gevolgen alsnog te accepteren, of om bepaalde grondgebruiken actief aan te passen, waarbij de landgebruiker moet meebewegen.

## 3.2 Gezondheid (eerste concept, wordt nog verder uitgewerkt)

(Door: Tom)

### 3.2.1 Introductie

De Wereldgezondheidsorganisatie (2016) beschouwt de klimaatcrisis als een gezondheidscrisis en één van de grootste uitdagingen voor de mensheid. Klimaatverandering heeft allerlei effecten op de volksgezondheid. Door klimaatverandering zijn er vaker zomerse dagen, tropische dagen en extreem warme dagen (respectievelijk met maximumtemperaturen vanaf 25, 30 en 35 graden). Daardoor kan hittestress ontstaan (KNMI, 2023). Dit is afhankelijk van de lokale omstandigheden en de gevoeligheid voor hitte. Hittestress kan leiden tot een verminderd welzijn en ook tot gezondheidsproblemen. Mensen kunnen vermoeid raken, concentratieproblemen krijgen, duizelig worden, hoofdpijn of huidklachten krijgen. In extreme gevallen treedt zelfs bewusteloosheid op. Langdurige hitte kan leiden tot uitdroging, met name bij ouderen en mensen met hart- en vaatziekten. De doorbloeding van vitale organen kan door uitdroging verstoord raken. Dit kan levensbedreigende gevolgen hebben.

Door klimaatverandering begint ook het pollenseizoen vroeger en duurt het langer; pollenconcentraties nemen toe en pollen worden mogelijk allergener (RIVM, 2024). Het Nederlandse klimaat wordt geschikter voor de vestiging van niet-inheemse plantsoorten die allergene pollen produceren. Daardoor zullen hooikoortsklachten bij bestaande patiënten langer duren en/of verergeren en is het aannemelijk dat meer mensen hooikoorts ontwikkelen. Tot op heden is er geen beleid op pollen. In 2022 verzocht een groot aantal pollenallergie- (hooikoorts) betrokken organisaties aan het Ministerie van VWS verzocht om de voorlichting aan patiënten te verbeteren en om te investeren in een pollenmeetnetwerk ten behoeve van deze voorlichting. Op dit moment tellen twee ziekenhuizen, in Leiden en Helmond, handmatig de pollen die de week ervoor in die omgeving in de lucht zaten. De directie Publieke Gezondheid van VWS heeft aan het RIVM gevraagd advies uit te brengen over het nut en de noodzaak van het opzetten van een landelijk pollenmeetnetwerk, en de urgentie en relevantie hiervan te beschrijven.

Het is de vraag of het huidige beleid toereikend is om de uitdagingen op het gebied van hitte en gezondheid het hoofd te bieden. Er is wel sinds 2007 een Nationaal Hitteplan waarmee organisaties, (zorg) professionals en mantelzorgers worden gewaarschuwd voor verwachte hitte, zodat zij daar rekening mee kunnen houden. Sinds 2019 is er ook een Handreiking Lokaal Hitteplan om lokale partijen, zoals overheden en maatschappelijke organisaties, te ondersteunen bij het opstellen van een lokaal hitteplan.
In een dergelijk plan zijn op lokale schaal afspraken gemaakt over maatregelen tijdens perioden van hitte. Een effectieve aanpak van hittestress vereist echter een integrale aanpak door Rijk en decentrale overheden én verschillende domeinen zoals gebied (ruimtelijke ordening), gebouw en gezondheid.

Voor een dergelijke aanpak binnen de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) is nader onderzoek nodig naar de gezondheidseffecten van hitte en naar de effectiviteit van maatregelen om mensen beter tegen hitte te beschermen. Mentale gezondheid moet ook worden meegenomen. Voor de herziening van de NAS voert het PBL samen met andere kennisinstellingen onderzoek uit naar de effecten van klimaatverandering. Het RIVM (2024) brengt de gezondheidseffecten in beeld. Het betreft een nieuwe analyse (herijking/actualisatie) van de gezondheidseffecten van klimaatverandering over de periode 1991-2020. Daarin worden zes klimaatgerelateerde gezondheidsthema's geanalyseerd: hitte, luchtkwaliteit, mentale gezondheid, Uv-straling, (pollen)allergieën en infectieziekten. Met name de stapeling van omstandigheden bij hittegolven (slechte luchtkwaliteit, veel pollen) is een groot kennishiaat (Van der Ree et al., 2022). Deze analyse legt een basis voor toekomstig beleid en prioritering van de meest urgente risico's en voor monitoring van de risico's op lange termijn.

Tijdens de 2e Make-aton is een eerste aanzet gedaan voor het opstellen van adaptatiepaden voor twee van de zes gezondheidsthema's: hittestress en pollenallergieën. Vervolgens zijn deze paden verder uitgewerkt tijdens een feedbacksessie met de betrokken experts. De hier gepresenteerde adaptatiepaden bieden inzicht in welke maatregelen op de korte, middellange en lange termijn kunnen bijdragen aan het verminderen van hittestress en pollen.

De keuze om de focus te leggen op deze twee thema's is pragmatisch van aard: tijdens de 2e Make-aton waren voornamelijk experts aanwezig op het gebied van hitte en pollenallergieën. Deze thema's dienen als voorbeeld voor de andere thema's: mentale gezondheid, Uv-straling en ozon, luchtkwaliteit en infectieziekten. We zullen onze bevindingen terugkoppelen naar de uitkomsten van een lopende brede verkenning van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en naar het Deltaprogramma om te kijken hoe het Deltaprogramma negatieve neveneffecten van adaptatiemaatregelen voor de gezondheid kan voorkomen of beperken. Daarin komen de andere thema's ook aan bod.

### 3.2.2 Risico's

#### *Pollenallergieën*

Sinds 1969 wordt door het LUMC het aantal pollen in de buitenlucht gemeten. Mede hierdoor hebben we goed beeld van de relatie tussen symptomen bij patiënten en pollenconcentraties, van de bloeiperiodes van verschillende planten en bomen, en kunnen ook veranderingen in het bloeiseizoen bestudeerd worden. In 2008 bleek dat 15 tot 20% van de Nederlandse bevolking last heeft van allergie voor pollen (De Weger, 2008).

De prevalentie van allergische aandoeningen, zoals hooikoorts en astma, is sinds het eind van de vorige eeuw wereldwijd toegenomen (Weger & Hiemstra, 2009). Uit eerder onderzoek blijkt dat deze toename in verschillende regio's in de westerse wereld tot stilstand komt (Bjorksten et al., 2008; Von Hertzen et al., 2005). Voor deze bevinding, die overigens niet in alle studies even duidelijk naar voren komt, zijn volgens Weger en Hiemstra (2009) verschillende mogelijke verklaringen. Zo zou het effect van de moderne levensstijl en van de omgeving op de ontwikkeling van allergische aandoeningen en astma binnen deze regionale populaties wellicht een maximum bereikt kunnen hebben, aldus Weger en Hiemstra (ibid.). Daarnaast verwijzen zij naar de invloed die klimaatverandering kan hebben op allergische aandoeningen, niet alleen op de prevalentie, maar ook op de ernst en de duur van de symptomen. Door klimaatverandering duurt het 'pollenseizoen' ook langer. Dit kan leiden tot een toename van pollen met gevolgen voor patiënten met een pollenallergie.

Door hitte neemt de luchtkwaliteit af en de gevoeligheid voor pollen toe (RIVM, 2014; 2024; PBL, 2024). Tijdens droge perioden kunnen pollenconcentraties fors oplopen omdat planten meer pollen produceren en de wind ze gemakkelijk verspreidt. Dit kan leiden tot verhoogde symptomen bij mensen met hooikoorts. De verwachting is dat door meer hitte mensen vaker buiten zijn. De blootstelling aan en gevoeligheid voor allergene stoffen kunnen daardoor toenemen.

Door klimaatverandering verandert de geografische verspreiding van de planten, zodat er nieuwe allergene pollen in de lucht komen. In Nederland kunnen nieuwe allergieën optreden door het verschijnen van uitheemse plantensoorten. Het is belangrijk dat bij de inrichting van de leefomgeving rekening wordt gehouden met de allergeniciteit van planten en de mate waarin mensen klachten krijgen van pollen (Huynen et al., 2019; Cariñanos et al., 2014). Eventuele 'groenblauwe' maatregelen die klimaatadaptatie bevorderen, kunnen een negatief effect hebben op de volksgezondheid, bijvoorbeeld meer blootstelling aan pollen door meer allergeen groen. Verschillende onderzoeken tonen echter aan dat nabijheid van groen bij grotere wateroppervlaktes kan helpen om de pollenconcentratie in de lucht te verlagen doordat de pollen kunnen neerslaan in water (Cariñanos et al., 2014; 2016; 2017).

#### *Hittestress*

Hittestress werd tot eind vorige eeuw niet als groot probleem gezien in Nederland. Maar sinds de eeuwwisseling onderkent men steeds meer dat het risico groter wordt als gevolg van klimaatverandering. Klimaatverandering leidt tot meer hittegolven en meer droogte. Als steden zich hier niet op voorbereiden, heeft dit invloed op de gezondheid van mensen, leefbaarheid van buurten, comfort in woningen en gebouwen, op de arbeidsproductiviteit. Dit leidt tot economische schade.

Hittestress kan optreden afhankelijk van gevoeligheid voor hitte en lokale omstandigheden en activiteiten (inspanning) en kan leiden tot een verminderd thermisch comfort, slaapverstoring, gedragsverandering (grotere agressie) en verminderde arbeidsproductiviteit. Hittestress kan echter ook tot serieuze hittegerelateerde klachten en ziekten leiden zoals: huiduitslag, krampen, oververmoeidheid, beroertes, nierfalen en ademhalingsproblemen. Soms kan hittestress zelfs sterfte tot gevolg hebben.

### 3.2.3 Adaptatieopties

#### *Pollenallergieën*

Er zijn drie categorieën adaptatieopties geïdentificeerd, waarbinnen specifieke opties kunnen bestaan. Deze categorieën worden hieronder kort besproken met een toelichting op de haalbaarheid van de opties. In Tabel 3-4 worden de adaptatieopties en hun effectiviteit en haalbaarheid samengevat.

#### *Categorieën adaptatieopties*

**1. Pollenbewuste inrichting**
Deze categorie omvat fysieke maatregelen voor een pollenbewuste inrichting van de leefomgeving en woningen. Er is gekozen voor de term pollenbewust omdat pollen altijd voor zullen komen. Het is echter onmogelijk en onwenselijk om tot een pollenvrije leefomgeving te komen. Door de opwarming van de aarde wordt het groeiseizoen verlengd en neemt het aantal allergiedagen toe. Volgens de meest extreme KNMI-klimaatscenario's (2014) wordt het groeiseizoen rond 2050 met zo'n veertig dagen verlengd (Lucassen, 2019). Hogere temperaturen veroorzaken een vervroeging van het bloeiseizoen en een toename van het aantal pollen.
Door het maaibeleid aan te passen kan het aantal graspollen verminderd worden. Logischerwijs zal gras dat gemaaid wordt voordat het pollen produceert, minder pollen in de lucht brengen. Maaien tijdens bloei kan juist weer veel pollen doen opwaaien. Daarnaast zijn maatregelen om bronnen van luchtverontreiniging te reduceren effectief. Een verhoogde CO2- concentratie zou een toename kunnen veroorzaken van de hoeveelheid pollen die planten produceren en ook de hoeveelheid allergenen per pollenkorrel kan groter worden (RIVM, 2023). Verhoogde ozonconcentraties lijken effecten te hebben op de allergene samenstelling van de pollenkorrels en de gevoeligheid van individuen voor pollen.

Uit onderzoek (Cariñanos & Casares-Porcel, 2011) blijkt dat als pollen niet kunnen verwaaien en er lokaal hoge pollenconcentraties ontstaan, dit mogelijk leidt tot meer hooikoorts. Te dicht op elkaar planten van bomen en aanwezigheid van veel hoge gebouwen rondom de groenstructuur kunnen de luchtstroming in en rondom groene infrastructuren beperken.

Binnenshuis zijn er ook maatregelen nodig om patiënten met allergieklachten minder bloot te stellen aan pollen. Het gaat hier om aanpassingen aan huizen door bijvoorbeeld horren te plaatsen. Er is echter nog weinig bekend over de effectiviteit van deze maatregel en hoe groot dit probleem is. De effectiviteit is sterk afhankelijk van bewustwording en bereidheid van patiënten met allergieklachten. Deze maatregel is niet op korte, maar wel op de lange termijn haalbaar omdat de aanpassingsmogelijkheden per woning sterk verschillen.

**2. Aanleg hypoallergene gebieden**
Deze categorie omvat maatregelen die de aanleg van hypoallergene gebieden kunnen bevorderen. Door de hogere temperaturen bloeien bestaande planten en bomen eerder en mogelijk intenser. Nieuwe planten en bomen die laat bloeien en allergieën kunnen veroorzaken, zoals de olijfboom, gedijen goed in een warmer klimaat en worden steeds vaker in Nederland geplant. Ook kunnen nieuwe (niet-inheemse) soorten zich vestigen, zoals Ambrosia. Dit vraagt op de korte termijn om adequaat exotenbeleid, dat de vestiging van allergene exoten in Nederland zoveel mogelijk voorkomt. De haalbaarheid van effectief exotenbeleid is sterk afhankelijk van internationale en Europese afspraken en monitoring en evaluatie (update en uitbreiding) van de Unielijst voor invasieve exoten.

Het vergroten van de biodiversiteit is een effectieve maatregel voor zowel het aanpakken van de gevolgen van klimaatverandering als het beperken van het risico op allergene klachten (Huynen et al., 2019; Cariñanos et al., 2014). Hogere temperaturen door klimaatverandering zullen in de steden steeds vaker leiden tot hittestress onder de bevolking. Aanplant van bomen kan deze temperatuurstijging verminderen door schaduw en verdamping. Bij de aanplant van bomen is het belangrijk om te letten op een bewuste (verminderde) aanplant van allergene boomsoorten en op het verhogen van de biodiversiteit (meer variatie in aanplant verkleint het risico op allergene klachten) (Velasco-Jiménez et al., 2014). Adequaat aanplantbeleid is een effectieve maatregel voor het vergroten van de biodiversiteit, waarbij gekozen wordt voor minder allergene bomen, de minst allergene bomen (zoals vrouwelijke soorten) en het kappen van allergene bomen (Cariñanos et al., 2016; 2017). De haalbaarheid van deze maatregelen hangt sterk af van gemeentelijke ruimtelijke structuurplannen en groenbeleid.

**3. Ontwikkeling hypoallergeen groen**
Deze categorie omvat maatregelen om de ontwikkeling van hypoallergeen groen te bevorderen. Vanwege de lange ontwikkeltijd zullen de effecten naar verwachting op de lange termijn optreden.

### *Voorbereidende stappen*

In de gesprekken met experts werden twee essentiële voorbereidende stappen benoemd op het treffen van bovengenoemde maatregelen. Aan alle maatregelen gaat voorbereiding in de vorm van monitoring en communicatie vooraf (zie Figuur 3-2). Beide zijn noodzakelijk om gunstig gedrag te bevorderen bij blootstelling aan pollen en de effecten ervan.

Aan het monitoren van pollen wordt al gewerkt. Een pollenmeetnetwerk en een pollenverwachtingssysteem helpen bij het informeren van patiënten over de aanwezigheid en activiteit van specifieke pollen. Op korte termijn zijn een kleinschalig en automatisch pollenmeetnetwerk en een pollenverwachtingssysteem haalbaar. Op de lange termijn (>10 jaar) is de verwachting dat het pollenmeetnetwerk uitgebreid is naar tien meetstations voor landelijke dekking en er zal een geavanceerd pollenverwachtingssysteem beschikbaar zijn.

Met de verwachte toename van het aantal pollen is het ook belangrijk om patiënten te informeren hoe zij hun gedrag kunnen aanpassen om blootstelling aan allergene pollen te verminderen. De verwachting is dat

deze stap een lange aanlooptijd heeft en daarom pas op de lange termijn effectief kan zijn. Als er op de lange termijn sprake is van een significante toename van pollen, dan zal er extra geïnvesteerd moeten worden in bewustwording. Ook is het belangrijk om patiënten bewuster te maken van medicijngebruik bij hun klachten. De ontwikkeling van betere medicijnen en behandelingen speelt daarbij een belangrijke rol. Deze medicijnen en behandelingen zullen pas op de lange termijn beschikbaar zijn, gelet op de lange ontwikkeltijd.

Tabel 3-4 beschrijft de effectiviteit en haalbaarheid van de drie categorieën adaptatieopties. De betrokken experts gaven aan dat nader onderzoek nodig is om uitspraken te doen over de haalbaarheid van maatregelen.

*Tabel 3-4: Overzicht van categorieën adaptatieopties voor pollenallergieën met hun effectiviteit en haalbaarheid*

| Adaptatiecategorie | Effectiviteit | Haalbaarheid |
|---|---|---|
| Pollenbewuste inrichting | Hoog | Afhankelijk Van Nieuwe Ontwikkelingen Rijksbeleid Omtrent Klimaat En Gezondheid |
| Aanleg hypoallergene gebieden | Midden tot hoog | Vereist kiezen voor de minst allergene bomen (zoals vrouwelijke soorten), beperking bronnen van luchtverontreiniging en allergene bomen kappen |
| Ontwikkeling hypoallergeen groen | Hoog | Pas in de toekomst haalbaar vanwege lange ontwikkeltijd |

### *Hittestress*

Er zijn vier categorieën adaptatieopties geïdentificeerd, waarbinnen specifieke opties kunnen bestaan. Deze categorieën worden hieronder kort besproken met een toelichting op de haalbaarheid en effectiviteit van de opties. Tabel 3-5 is een overzicht van de categorieën adaptatieopties en hun effectiviteit en haalbaarheid.

## Categorieën adaptatieopties

**1. Groene stad met passieve koeling**

Onder deze categorie vallen maatregelen voor een groene stad met passieve koeling. Met een toename van zomerse en tropische dagen kunnen we in de toekomst zowel in het buitengebied als in de stad een aanzienlijke toename verwachten van het aantal dagen met verminderd thermisch comfort. Hittestress is een serieus en urgent probleem. Vergroenen is een effectieve maatregel om hittestress in de leefomgeving te verminderen. Dit zorgt voor meer schaduw, verkoeling en verdamping. De 3-30-300-vuistregel kan helpen om te sturen op vergroening. Dit vergt een lange aanlooptijd omdat gemeenten hiermee rekening moeten houden bij hun groenbeheer. Hetzelfde geldt voor verkoeling door water. Gemeenten dienen hun ruimtelijke ordening en inrichting daarop aan te passen: oriëntatie van gebouwen, lokale hittebronnen en aanwezigheid van stedelijk water. Het plaatsen van watertappunten kan hydratatie bevorderen. De effecten hiervan zullen pas op de lange termijn zichtbaar zijn omdat het gebruik van watertappunten vereist dat mensen hun gedrag veranderen en de noodzaak zien om voldoende water te drinken.

**2. Indoor klimaatbeheersing**

Onder deze categorie vallen maatregelen voor hittebestendige gebouwen. Hitte wordt een steeds groter probleem in de bebouwde omgeving. Langdurige warme perioden zorgen ervoor dat woningen verder opwarmen en in de nacht onvoldoende kunnen afkoelen. Dit gebeurt vooral in woningen met een slechte isolatie, donkere daken, grote raamoppervlakten, slechte ventilatiemogelijkheden, geen (natuurlijke) koeling, geen zonwering en in ruimtes op de bovenste etages. Maar ook moderne, goed geïsoleerde gebouwen met veel glas raken de ingevangen warmte niet meer kwijt (RIVM, 2019).

Een koel binnenklimaat kan verlichting bieden. Onderzoek gebaseerd op de KNMI'06- klimaatscenario's toont aan dat oververhitting binnenshuis bij klimaatverandering vaker zal voorkomen en langer zal duren in een groter deel van de Nederlandse woningen (Climate Proof Cities, 2014). Om de temperatuur binnenshuis beperkt te houden, is het belangrijk om zoninstraling te voorkomen door (buiten)zonwering of rolluiken te

gebruiken, zeker bij goed geïsoleerde huizen. Goed isoleren is belangrijk om warmteverlies in de winter te beperken, maar dezelfde isolatie zorgt ervoor dat in de zomer een oververhitte ruimte minder snel afkoelt. Met goede zonwering kan bij goed geïsoleerde woningen de opwarming bijna volledig worden voorkomen. Bij het ontwerp van nieuwbouw kan rekening worden gehouden met hittestress door zonwering binnen en buiten standaard in het ontwerp mee te nemen.

Bestaande gebouwen kunnen ook actief gekoeld worden door bijvoorbeeld gebruik te maken van Warmte- en koudeopslag-systemen. WKO is een duurzame methode om energie in de vorm van warmte of koude op te slaan in de bodem. Het gebruik van airconditioning werkt negatief vanwege de warmteproductie in de stedelijke omgeving en de bijdrage aan klimaatverandering door het energiegebruik. Voor de energietransitie vindt er momenteel een grote overgang plaats van Cv-ketel naar warmtepomp en warmtenetten die ook kunnen koelen. Het huidige kabinet heeft de uitfasering van de Cv-ketel uitgesteld, maar het blijft onzeker of (hybride) warmtepompen voldoende kunnen koelen en of ze dezelfde nadelige effecten hebben als Cv-ketels (hoog energiegebruik en het hitte-eilandeffect).

**3. Groene stad met hittebestendige gebouwen**
Deze categorie omvat een combinatie van maatregelen uit de vorige categorieën. Op de lange termijn zal een groene stad met hittebestendige gebouwen effectief zijn tegen hittestress (zie 3.2.4).

**4. Gedragsaanpassingen**
Onder deze categorie vallen maatregelen voor het bevorderen van gedragsverandering tijdens hitteperioden. Gezonde en jongere mensen kunnen zich beter aanpassen aan hitte dan ouderen (75-plussers) en chronisch zieken. Uit eerder onderzoek blijkt dat ouderen vaak suboptimaal gedrag vertonen tijdens hittegolven. Zij nemen temperatuur en dorst verminderd waar (Climate Proof Cities, 2014). Het is dan ook belangrijk om een Nationaal Hitteplan te hebben, dat adviezen en richtlijnen voorschrijft zoals: voldoende drinken; geschikte kleding dragen (niet te veel); niet teveel bewegen; op zoek gaan naar koele plekken.

De meest gevoelige mensen voor hittegerelateerde ziekten en sterfte zijn ouderen boven de 75 jaar en chronisch zieken, met name als zij hart-, ademhaling- en nieraandoeningen hebben (Climate Proof Cities, 2014). Tijdens recente hittegolven bleek dat bij ouderen veel klachten optraden en de hittebelasting aanzienlijk was.  Tijdens een hittegolf in 2010 werden in rust lichaamstemperaturen van boven de 38 ˚C gemeten. Ouderen zijn extra kwetsbaar voor hitte en lopen meer risico op gezondheidsklachten bij hittestress. Extra aandacht voor deze kwetsbare groep tijdens hittegolven is belangrijk. Deze inzichten zijn verwerkt in het Nationaal Hitteplan. Dit plan biedt ouderen, familie van ouderen, verzorgenden en zorginstellingen richtlijnen voor hittegolven. De noodzaak van goede zorg en hittestresspreventie voor deze doelgroep neemt toe, omdat het aantal 75-plussers, dat alleenstaand is en meer kampt met gezondheidsproblemen, naar verwachting de komende jaren sterk zal groeien (SCP, 2019) 1

## Voorbereidende stappen

Net als voor pollenallergieën werden in de gesprekken met experts enkele essentiële voorbereidende stappen benoemd op het treffen van bovengenoemde maatregelen. (Aan maatregelen als nationale en lokale hitteplannen wordt al gewerkt.) Aan alle maatregelen gaat voorbereiding in de vorm van monitoring en communicatie vooraf. Het gaat hier om de wijze waarop monitoring en communicatie wordt ingezet:

- **In kaart brengen van kwetsbare groepen.** Vanuit gezondheid is al veel informatie beschikbaar over waar kwetsbare groepen wonen, en dat biedt meer inzicht in de effectiviteit van maatregelen.
- **Redeneren vanuit de gebruiker**. Door vanuit de gebruiker te redeneren kunnen meekoppelkansen met andere maatregelen worden verkend en benut.
- **Inzetten van ICT-middelen**. Sommige doelgroepen in de samenleving zijn lastig te bereiken. Dit kan het gevolg zijn van laaggeletterdheid, slechte beheersing van het Nederlands, beperkte toegang tot informatiekanalen, etc. Het is belangrijk om ook deze groepen te bereiken door beschikbare ICT-middelen in te zetten in combinatie met toegankelijke bijeenkomsten en events.

- **Communiceren over hittepreventie en bewustwording**. Communicatie kan bijdragen aan hittepreventie door burgers te informeren en adviseren over hittestress. Dit bevordert bewustwording en stimuleert gedragsverandering bij hittestress.
- **Communiceren vanuit een adaptatiestrategie**. Deze vorm van communicatie is anders dan wanneer er vanuit acute actieplannen (hitteplannen) wordt gecommuniceerd. Het biedt de mogelijkheid om adviezen over hittestress en pollen te combineren. Dit voorkomt tegenstrijdige adviezen en draagt bij aan algemene bewustwording van klimaatverandering.

Tabel 3-5 beschrijft de effectiviteit en haalbaarheid van de vier categorieën adaptatieopties. De betrokken experts gaven aan dat nader onderzoek nodig is om uitspraken te doen over de haalbaarheid van maatregelen.

*Tabel 3-5: Overzicht van categorieën adaptatieopties voor hittestress met hun effectiviteit en haalbaarheid*

| Adaptatiecategorie | Effectiviteit | Haalbaarheid |
|---|---|---|
| Indoor klimaatbeheersing | Midden tot hoog | Afhankelijk van ontwerp bestaande en nieuwbouw |
| Groene stad met passieve koeling | Midden tot hoog | Afhankelijk van gemeentelijke ruimtelijke structuurplannen en groenbeleid |
| Groene stad met hittebestendige gebouwen | Midden tot hoog | Afhankelijk van gemeentelijke ruimtelijke structuurplannen en groenbeleid |
| Gedragsaanpassingen | Midden tot hoog | Afhankelijk van gedragsbeïnvloeding van inwoners |

### 3.2.4 Adaptatiepaden

#### *Pollenallergieën*

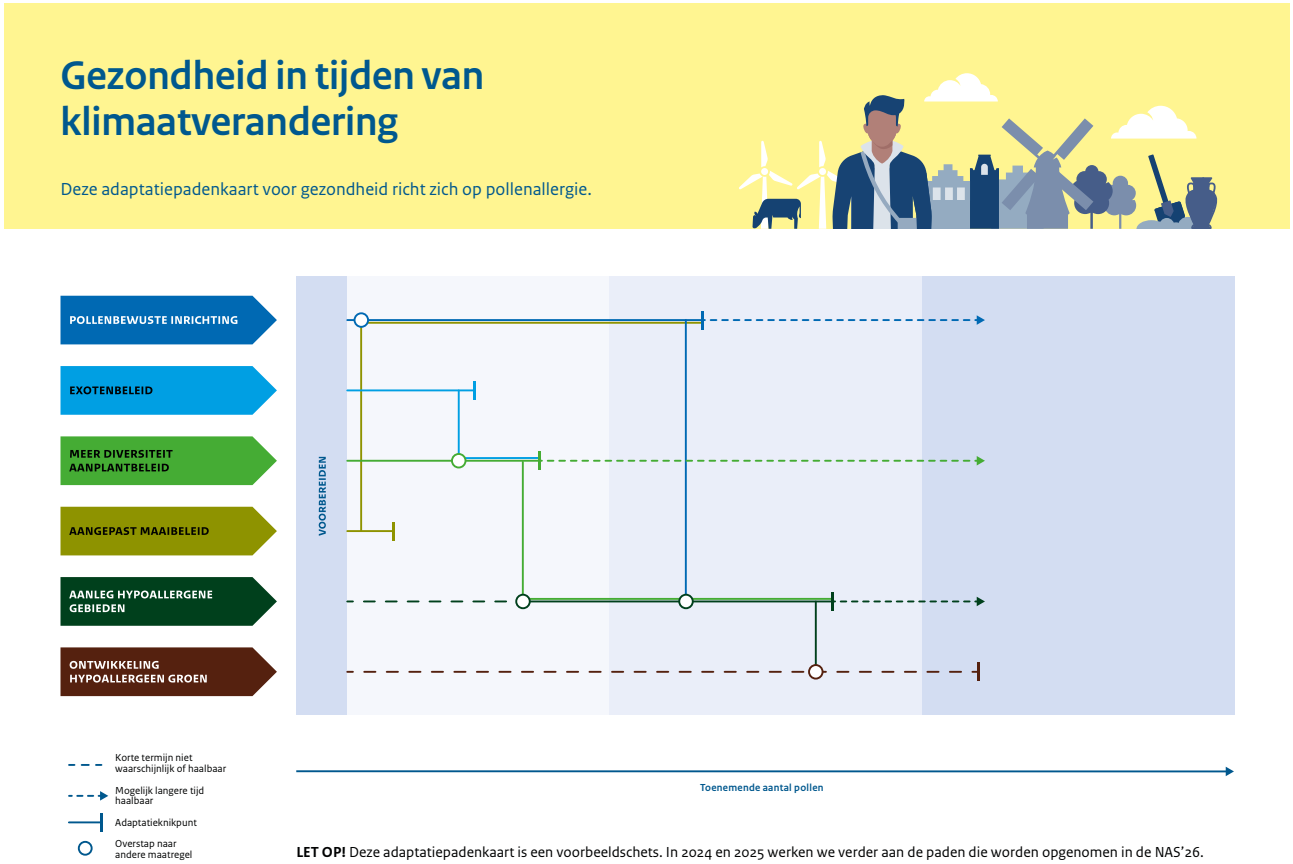
## Vooruitkijkend

Een pollenbewuste inrichting helpt om het aantal pollen te verminderen. Daarbij wordt gekozen voor de minst allergene groensoorten. Aanpassing van het maaibeleid kan op korte termijn bijdragen aan een reductie van pollen. Deze maatregelen maakt onderdeel uit van een pollenbewuste inrichting en blijft ook op de lange termijn effectief.

Op de lange termijn zal een pollenbewuste inrichting niet toereikend zijn en zal de aanleg van hypoallergene gebieden uitkomst moeten bieden. De aanleg van deze gebieden vergt (aanloop)tijd. Eerst zal er meer diversiteit gecreëerd moeten worden door slim aanplantbeleid. Verder is effectief exotenbeleid noodzakelijk om de opkomst van uitheemse soorten, die tot meer[1] pollen kunnen leiden, te voorkomen (Cariñanos et al., 2011). De verwachting is dat hypoallergene gebieden geruime tijd effectief kunnen zijn in het verminderen van het aantal pollen. Maar op de lange termijn zal de effectiviteit afnemen en zullen we nieuwe hypoallergene groensoorten moeten ontwikkelen. Deze zullen pas in de toekomst beschikbaar zijn vanwege lange ontwikkeltijd. Dat maakt dit adaptatiepad nog onzeker (zie stippellijn).

1 De verwachting is dat er in 2030 ruim 2 miljoen ouderen van 75 jaar of ouder zijn (12% van de bevolking) (SCP, 2019).

*Figuur 3-2: Adaptatiepaden voor pollenallergieën*




**LET OP!** Deze adaptatiepadenkaart is een voorbeeldschets. In 2024 en 2025 werken we verder aan de paden die worden opgenomen in de NAS'26.

## Terugkijkend

Op basis van de PBL-scenario's (PBL, 2023) is gekeken naar mogelijke synergiën met de hierboven geschetste paden. Afhankelijk van het scenario is een sterke nadruk op bepaalde adaptatieopties waarschijnlijker, zoals hieronder toegelicht.

- **Mondiaal ondernemend**
  In Mondiaal ondernemend is een sterke nadruk op een economie gebaseerd op groene groei. In dit scenario domineren grote, internationale bedrijven de markt. Een actieve rol van de markt kan een versnellend effect hebben op de ontwikkeling van betere medicijnen en behandelingen.
- **Snelle wereld**
  In de Snelle wereld ligt de nadruk op digitaliseren en digitaal beleven. De mogelijkheden tot digitaliseren en gebruikmaken van nieuwe technieken bieden kansen om de communicatie gerichter af te stemmen op kwetsbare groepen en zo bewustwording en gunstig gedrag te bevorderen. Daarnaast zal digitalisering de verdere ontwikkeling van een pollenmeetnetwerk en pollenverwachtingssysteem stimuleren.
- **Groen land**
  In Groen land zal er een sterke nadruk liggen op 'Post-groei'-economie waarin mensen zichzelf als onderdeel zien van natuur. Daarnaast ligt het accent op uitbreiding van groenblauwe netwerken. Dit biedt kansen voor een pollenbewuste inrichting van de leefomgeving.
- **Regionaal ondernemend**
  In Regionaal ondernemend ligt de nadruk op gemeenschappen die zorgen voor burgers en voor natuur en landschap. Dit kan gunstig zijn voor het realiseren van een pollenbewuste inrichting van de leefomgeving.

## Vooruitkijkend

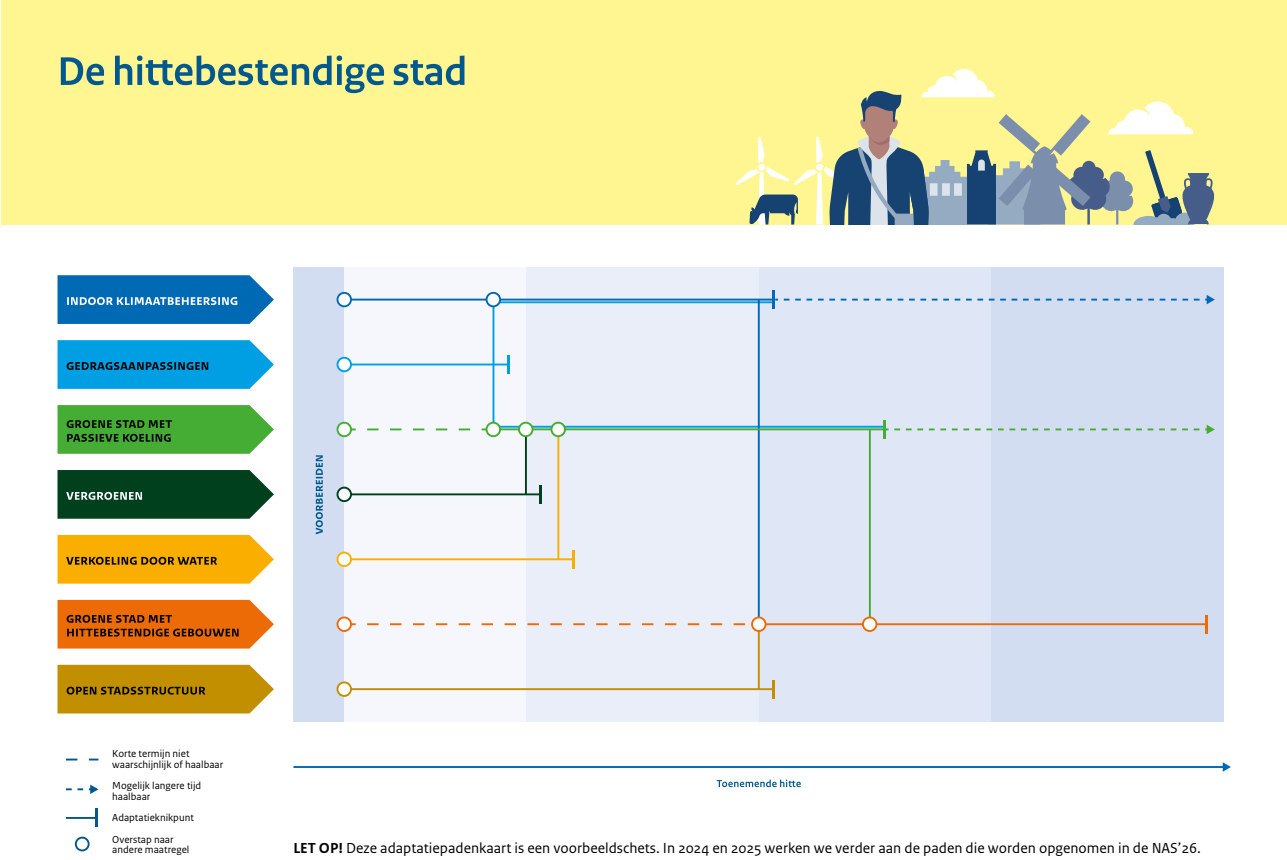
Figuur 3-3 laat zien dat we nu in moeten zetten op indoor klimaatbeheersing. Daarvoor zijn er indoorgerichte maatregelen zoals het plaatsen van airco's, en ontwerpaanpassing van gebouwen omdat steeds minder huizen hittebestendig zijn. Tegelijkertijd zal er sprake zijn van een autonome ontwikkeling: mensen die het zich kunnen veroorloven, schaffen een airco aan die het probleem van hitte in de stad juist verergert. Airco's verplaatsen de hitte van binnen naar buiten. In steden waar veel airco's zijn, loopt de omgevingstemperatuur meer op.

De adaptatiecategorie 'Groene stad met passieve koeling' bevat maatregelen voor vergroenen van de stad. Meer groen zorgt voor meer verkoeling. Vergroening helpt, maar kost tijd en het effect is niet eindeloos. Gebouwaanpassingen zijn effectief, maar vergen een lange aanlooptijd. Het aanbrengen van zonwering en isolatie met ventilatie kan voor enige verlichting zorgen, maar dat zal op de lange termijn niet voldoende zijn. Dan is koeling hard nodig, met name voor kwetsbare groepen.

Zoals aangegeven in Figuur 3-3, zijn gedragsaanpassingen in bovenstaande paden essentieel om blootstelling aan hitte te verminderen. Op de lange termijn valt winst te behalen als deze aanpassingen langdurig onderdeel uitmaken van beide paden. Voor de adaptatiecategorie 'Indoor klimaatbeheersing' betekent het dat mensen zich ervan bewust worden dat het plaatsen van airco's in combinatie met passieve koeling door zonwering en isolatie met ventilatie effectiever is. Voor 'Groene stad met passieve koeling' geldt dat mensen de blootstelling aan hitte kunnen verminderen door verkoeling te zoeken in schaduwplekken en/of tijdens de warmste uren van de dag intensieve activiteiten te beperken. Adequaat crisisbeheersing helpt om gunstig gedrag te stimuleren.

De verwachting is dat de paden 'Indoor klimaatbeheersing' en 'Groene stad met passieve koeling' mogelijk doorlopen (zie stippellijnen) in de tijden uiteindelijk overgaan in het adaptatiepad 'Groene stad met hittebestendige gebouwen'. Dit komt doordat het implementeren van de vergroeningsopgave natuurlijk steeds kostbaarder en tijdrovender wordt: er moet steeds opnieuw ruimte voor groen worden gemaakt en groen moet nog groeien. Dit pad bestaat uit een combinatie van maatregelen voor vergroenen en voor hittebestendige gebouwen met alle noodzakelijke koeling.

*Figuur 3-3: Adaptatiepaden voor hittestress*




**LET OP!** Deze adaptatiepadenkaart is een voorbeeldschets. In 2024 en 2025 werken we verder aan de paden die worden opgenomen in de NAS'26.

### 3.2.5 Wat leren we hieruit?

De uitdagingen op het gebied van hitte en gezondheid zijn relatief nieuw. Dit uit zich in grote onzekerheid over de effectiviteit en haalbaarheid van de maatregelen. Door tijdgebrek ontbreekt een kwantitatieve onderbouwing om deze specifieke clusters van maatregelen op een kwantitatieve basis tegen elkaar af te zetten. Vaak is ook nog onvoldoende onderzocht hoe groot het aandeel van klimaatverandering is in de gezondheidseffecten van de klimaatgerelateerde thema's zoals hitte, luchtkwaliteit, mentale gezondheid, Uv-straling, pollenallergieën en infectieziekten. Daarin verschilt het thema gezondheid mogelijk met andere thema's zoals infrastructuur en wateroverlast.

Nader onderzoek naar de gevolgen van klimaatverandering en de effectiviteit van maatregelen is nodig om mensen beter tegen hitte en pollen te kunnen beschermen. Daarbij moeten ook mentale gezondheid en risico's op UV-schade en infectieziekten worden meegenomen om de weerbaarheid van mensen, met name kwetsbare groepen, te vergroten.

Er lopen op dit moment diverse onderzoeksprojecten en programma's vanuit het Rijk, provincies, gemeenten en kennisinstellingen om daarin meer inzicht te verkrijgen. Door de toenemende gezondheidseffecten van klimaatverandering is extra inspanning nodig om de leefomgeving hittebestendig en pollenbewust in te richten. Dit betekent een substantiële vergroeningsopgave in het stedelijk gebied. De uitdaging ligt voornamelijk in het prioriteren en versnellen van maatregelen voor vergroenen en 'verblauwen', des te urgenter gezien de beperkte beschikbare ruimte voor meer groen en water in stedelijk gebied. Synergiën en meekoppelkansen met de thema's waterveiligheid en infrastructuur zijn mogelijk.

## 3.3 Cultureel erfgoed

(Door: Marjolijn en Noor)

### 3.3.1 Introductie

Wat tot cultureel erfgoed wordt gerekend is sterk sociaal-maatschappelijk bepaald. Erfgoed is namelijk van ons allemaal. Erfgoed kan verbinden, inspireren en ons tot nadenken zetten. Het is daarmee van grote culturele én sociale waarde. Samen moeten we goed voor ons erfgoed zorgen. Het is belangrijk erfgoed breed toegankelijk te maken en het herkenbaar te maken voor elk van ons.

Het erfgoedbeleid is daarom gericht op behoud van kwaliteit, het inrichten van de systemen die daarvoor nodig zijn, financieren waar noodzakelijk, het bevorderen van participatie en het inspelen op nieuwe ontwikkelingen. De erfgoedzorg is een verantwoordelijkheid van velen: Rijk, gemeenten en provincies, maar ook erfgoedinstellingen, particuliere eigenaren van monumenten en collecties, markpartijen zoals restauratie- en archeologische onderzoeksbedrijven, en publieke en private fondsen. Het Rijk heeft een specifieke verantwoordelijkheid, bijvoorbeeld ten aanzien van de rijkscollectie en rijksmonumenten. Daarnaast is het Rijk ook stelselverantwoordelijk, m.a.w.: zorgen de inspanningen van alle partijen samen ervoor dat we het erfgoed voor de toekomst behouden en doorgeven?

Klimaatadaptatiebeleid voor cultureel erfgoed staat nog in de kinderschoenen. Cultureel erfgoed is dan ook een nieuw thema in de NAS'26.

Cultureel erfgoed bestaat uit materieel en immaterieel erfgoed, waarbinnen materieel erfgoed verdeeld kan worden in gebouwd erfgoed, archeologisch erfgoed, roerend erfgoed, en cultuurlandschap en historisch groen. Deze typen erfgoed kennen allen hun eigen klimaatrisico's en maatregelen om met deze risico's om te gaan. Adaptatie vindt al plaats en er wordt in de praktijk ook al nagedacht over hoe dit verder in de toekomst te doen.

De focus van deze adaptatie is op klimaatadaptatie van het gehele veld van cultureel erfgoed. De afgelopen jaren is er ook veel aandacht voor het gebruiken van erfgoed voor klimaatadaptatie ('leren van het verleden'), wat aansluit bij wat het IPCC 'indigenous'[2] en lokale[3] kennis noemt. Dit inspireert de mogelijke set van maatregelen. Voor de adaptatiepaden in deze analyse ligt de focus op maatregelen om de klimaatrisico's te beperken.

De adaptatiepaden zijn tot stand gekomen op basis van de Make-atons, literatuurstudie en acht interviews met experts uit het erfgoedveld en een brede feedbacksessie met deze experts. In de interviews is aandacht geweest voor klimaatrisico's, adaptatieopties, mogelijke verhaallijnen voor klimaatadaptatie van het cultureel erfgoed, beschikbare literatuur en voorbeelden.

2 The understandings, skills and philosophies developed by societies with long histories of interaction with their natural surroundings. For many indigenous peoples, IK informs decision-making about fundamental aspects of life, from day-to-day activities to longer-term actions. This knowledge is integral to cultural complexes, which also encompass language, systems of classification, resource use practices, social interactions, values, ritual and spirituality. These distinctive ways of knowing are important facets of the world's cultural diversity (UNESCO, 2018). Uit IPCC. (2022). Annex II: Glossary [Möller, V., R. van Diemen, J.B.R. Matthews, C. Méndez, S. Semenov, J.S. Fuglestvedt, A. Reisinger (eds.)]. In Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)] (pp. 2897–2930). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844.029

3 The understandings and skills developed by individuals and populations, specific to the places where they live. Local knowledge informs decision-making about fundamental aspects of life, from day-to-day activities to longer-term actions. This knowledge is a key element of the social and cultural systems which influence observations of and responses to climate change; it also informs governance decisions (UNESCO, 2018). Ibid.

### 3.3.2 Risico's

Klimaatverandering bedreigt alle vormen van cultureel erfgoed direct of indirect (via adaptatiemaatregelen die het erfgoed raken) (EU, 2022). Bij de directe impact van klimaatverandering gaat het zowel om geleidelijke veranderingen als om de impact van rampen op erfgoed. In Nederland heeft de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (2023) verschillende klimaatrisico's voor cultureel erfgoed geïdentificeerd. De risico's zijn verschillend per type erfgoed. Aangezien cultureel erfgoed erg divers is en ook gevolgen sterk afhankelijk zijn van de locatie, zijn de specifieke risico's en knelpunten nog beperkt in beeld.

Op landelijke schaal geeft de klimaatrisico-scan, gemaakt door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed in samenwerking met stichting CAS (Climate Adaptation Services) een eerste beeld van de risico's op basis van kaartmateriaal over klimaatrisico's en locaties van cultureel erfgoed (RCE, januari 2024). Ook het werk van Teruel Cano et al. (2020) geeft een landelijk beeld van de klimaatrisico's.
Aan verdere kwantificering en bewustwording wordt gewerkt in de vorm van klimaatstresstest- workshops met gemeenten en provincies, waar de RCE gedurende 2024 mee bezig is. Ook is er een stappenplan gemaakt om de gemeentelijke cultuurhistorie onderdeel te maken van de klimaatstresstesten (RCE, 2020).

Naast kwantitatieve onderzoeken zijn er ook kwalitatieve inschattingen. Zo loopt er op dit moment bij het KIEN (Kenniscentrum Immaterieel Erfgoed Nederland) een onderzoek onder beoefenaars van cultureel erfgoed naar klimaatbedreigingen en adaptatieopties (verwachte afronding zomer 2025) en met het NIPV brengt de RCE de natuurbrandgevoeligheid van cultureel erfgoed in beeld.

Drie hoofdklimaatrisico's zijn geïdentificeerd op basis van literatuur en de expertgesprekken. Naast de directe klimaatrisico's zijn ook de indirecte gevolgen van klimaatadaptatie voor andere opgaven een belangrijk risico (zie Tabel 3-6).

*Tabel 3-6: Belangrijkste klimaatrisico's voor cultureel erfgoed met enkele voorbeelden gebaseerd op RCE (2023)*

| Categorie | Risico | Voorbeelden |
|---|---|---|
| Hogere temperaturen en droogte | Droogte, zoetwatertekorten, natuurbranden, hitte, schimmel, bodemdaling | Verdroging natte archeologische vindplaatsen en achteruitgang van archeologisch materiaal, schade aan funderingen, verdroging historisch groen, toename plagen en ziekten en verandering geschiktheid klimaat voor verschillende plantensoorten, toename energievraag koeling. |
| Extreme neerslag en stormen | Wateroverlast, overstromingen, stormschade | Schade door overstromingen en wateroverlast, inclusief kans op wegspoelen (archeologisch) materiaal en vochtschade gebouwd en roerend erfgoed, stormschade aan historisch groen en gebouwd erfgoed. |
| Zeespiegelstijging | Verzilting, overstromingen | Aantasting archeologische vindplaatsen in zoetwater, risico op wegspoelen en erosie van archeologische sites. |
| Adaptatie voor andere opgaven | Inname van fysieke ruimte, aanpassingen van het waterbeheer, bodemdaling | Inname van fysieke ruimte door waterbuffers, waterontrekkingsverboden in droge perioden, samendrukken van archeologische lagen en funderingsproblemen door bodemdaling. |

### 3.3.3 Adaptatieopties

Er zijn zeven categorieën adaptatieopties geïdentificeerd, waarbinnen specifieke opties kunnen bestaan. Deze categorieën worden hieronder kort besproken met een toelichting op de haalbaarheid van de opties. In Tabel 3-7 staat een samenvatting van de categorieën adaptatieopties en hun effectiviteit, haalbaarheid en wenselijkheid. Niet alle opties zijn voor al het erfgoed mogelijk (zie hiervoor Tabel 3-7).

## Categorieën adaptatieopties

1. **Aanpassen van condities:** Aanpassen van condities rondom het erfgoed om het risico te verminderen. Hierbij kan gedacht worden aan aanpassingen in het waterbeheer, zoals het meenemen van erfgoed in de verdringingsreeks, op basis waarvan de prioritering van de zoetwatervoorziening plaatsvindt in periodes van droogte. Een prioritering zou ook gedaan kunnen worden om de gevolgen van wateroverlast en overstromingen te beperken.

2. **Aanpassen erfgoed:** Aanpassen van het erfgoed betekent dat wordt gekeken hoe door middel van aanpassingen (met behoud van de erfgoedwaarden) het klimaatrisico verminderd kan worden. Bijvoorbeeld door het vervangen van kwetsbare beukenlanen door lindelanen of aan specifieke maatregelen, zoals vloedschotten, om gebouwen te beschermen (Blavier et al., 2023).
3. **Verplaatsen:** Verplaatsen van erfgoed kan tijdelijk of permanent.
   a. Tijdelijk verplaatsen: nooddepots voor roerend erfgoed of verplaatsing van bepaalde culturele evenementen bij extreme omstandigheden.
   b. Permanent verplaatsen: verplaatsen van (een deel van) een gebouw. Permanent verplaatsen is niet altijd mogelijk en wenselijk. Bij archeologisch erfgoed betekent dit het opgraven van archeologische sites.
4. **Selectief behouden:** Selectief behoud betekent kiezen voor wat wel en wat niet actief wordt behouden. Hierbij is een combinatie met andere adaptatieopties nodig, bijvoorbeeld bepaald erfgoed behouden door lokale aanpassingen aan de condities.
5. **Creëren replica's in gedachtengoed van origineel:** Nieuw erfgoed creëren in het gedachtengoed kan bestaan uit het herbouwen in het gedachtengoed of het creëren van replica's.
6. **Documenteren en digitaal beleven:** Het digitaal vastleggen van het erfgoed en manieren creëren om het erfgoed digitaal te beleven, kan een manier zijn om erfgoed te bewaren, zie bijvoorbeeld de digitale reconstructies van Heritage on Edge (Google, no date).
7. **Afscheid nemen en mogelijke nieuwe waarden/erfgoed:** Er kan ook worden gekozen voor afscheid nemen van bepaald erfgoed. Voor dit afscheidsproces zijn verschillende vormen mogelijk, bijvoorbeeld door het langzaam over te laten gaan in een ruïne (DeSilvey, 2017).

## Voorbereidende stappen en haalbaarheid

De experts noemden in de gesprekken enkele essentiële voorbereidende stappen op het maken van keuzes. Op verschillende vlakken wordt hier al aan gewerkt, zoals het in beeld brengen van de risico's in verschillende klimaatstresstesten (RCE, 2020). De voorbereidende stappen zijn:

- Het beter **in kaart brengen van de klimaatrisico's** voor het erfgoed en van de hotspots wat klimaatrisico en erfgoedwaarde betreft geeft meer inzicht in wat er wanneer nodig is (Fatoric & Biesbroek, 2020). Ook monitoring om snel te kunnen reageren op toenemende risico's kan hier onderdeel van zijn.
- **Het gesprek met de erfgoedgemeenschap** over de erfgoedwaarden kan helpen om keuzes te maken (ICOMOS, 2019).
- Daarnaast is cultureel erfgoed niet altijd voldoende opgenomen in **afwegingskaders en beleid** voor noodsituaties en in langetermijnkeuzes (Fatoric & Biesbroek, 2020; Zwegers, 2024). Het gaat hier bijvoorbeeld om hoe erfgoed wordt meegenomen in crisisbeheer of in de verdringingsreeks in tijden van droogte. Verdere kennisopbouw en beleidsvorming op zowel lokaal als nationaal niveau zijn nodig
- Tot slot is het van belang om het erfgoed te **documenteren** als basis voor keuzes en als referentie voor later.

Bovenstaande voorbereidende stappen zijn belangrijk voor de politiek-bestuurlijke en maatschappelijke haalbaarheid van keuzes in de adaptatieopgave. Tegelijkertijd is de impact van klimaatverandering op het cultureel erfgoed al voelbaar en daarom kunnen keuzes niet (te lang) worden uitgesteld.

Qua maatschappelijke haalbaarheid zijn keuzes om bepaald erfgoed los te laten of aan te passen mogelijk controversieel. Tegelijkertijd wordt er in het erfgoedveld ook opgeroepen om het verhaal van erfgoed te zien als dynamisch en continu transformerend (Holtorf, 2024; Seekamp & Jo, 2020). Daarom is het van belang om de (erfgoed)gemeenschap goed te betrekken en te ondersteunen (ICOMOS, 2019) en manieren te vinden om met verlies van erfgoed om te gaan (Pearson et al., 2023).

Een deel van de adaptatieopgave ligt bij individuele erfgoedeigenaren of -instellingen. Er spelen daarbij vragen over verantwoordelijkheden op lokaal, regionaal en nationaal niveau (Zwegers, 2024). In het geval van immaterieel erfgoed ligt de bevoegdheid om keuzes te maken bij de erfgoedbeoefenaars. De overheid is in dit geval alleen faciliterend. Vanwege het eigenaarschap bij individuen en kleine (vrijwilligers)instellingen speelt soms ook de financiële haalbaarheid om aanpassingen te maken.

## Effectiviteit, haalbaarheid en wenselijkheid adaptatieopties

Tabel 3-7 geeft een samenvatting van de adaptatieopties en hun effectiviteit, haalbaarheid en wenselijkheid. De beoordeling hiervan is een expert-inschatting. Voor specifieke locaties, erfgoed en klimaatrisico's kan deze beoordeling anders liggen. De scores van laag tot hoog geven de effectiviteit voor het reduceren van het klimaatrisico weer. De haalbaarheid is niet met een score beoordeeld; hier worden enkele specifieke aspecten per adaptatieoptie benoemd. De wenselijkheid voor behoud van het erfgoed is een inschatting van laag tot hoog. 'Hoog' geeft hieraan dat het erfgoed (grotendeels) in huidige vorm behouden blijft. De tabel laat zien dat voor veel opties geldt dat zij, hoewel zij effectief zijn in het reduceren van het klimaatrisico, mogelijk minder wenselijk zijn voor het behoud van het erfgoed.

*Tabel 3-7: Categorieën adaptatieopties met effectiviteit, haalbaarheid en wenselijkheid voor behoud van het erfgoed.*

| Categorie | Effectiviteit in reduceren van het klimaatrisico | Haalbaarheid | Wenselijkheid voor behoud erfgoed |
|---|---|---|---|
| Aanpassen van condities | Sterk afhankelijk van locatie en erfgoed: Laag tot hoog | Aanpassing condities vraagt ook aanpassingen bij andere gebruikers van het watersysteem. | Hoog |
| Aanpassen erfgoed | Midden tot hoog | De authenticiteit van het erfgoed kan in gevaar komen door vergaande aanpassingen. | Midden, met aandacht voor erfgoedwaarden. |
| Tijdelijk verplaatsen | Midden tot hoog, afhankelijk van risico's op locatie wordt (te) vaak verplaatsen permanent. | Verplaatsen is niet voor al het erfgoed mogelijk, en wenselijk, omdat het erfgoed uit context wordt gehaald. Ook kan er sprake zijn van financiële barrières en barrières in de capaciteit van de uitvoering. | Laag tot midden, maar de consequenties zijn klein, wel kans op beschadigingen. |
| Permanent verplaatsen | Hoog | Verplaatsen is niet voor al het erfgoed mogelijk en wenselijk, omdat het erfgoed uit context wordt gehaald. Daarnaast kan de locatie van belang zijn voor de erfgoedwaarde (Westeijn, 2023, pp. 191-195). | Laag, want erfgoed uit context en kans op beschadigingen. |
| Selectief behouden | Midden tot hoog, sterk afhankelijk van de locatie. | Keuzes hierbinnen liggen mogelijk maatschappelijk gevoelig. Sterk afhankelijk van de locatie en het erfgoed. | Hoog voor het erfgoed dat wordt behouden. |
| Creëren replica's in gedachtengoed van origineel | Hoog | De (materiële) authenticiteit van erfgoed kan deel zijn van de erfgoedwaarde verloren gaat bij herbouwen of replica's; tegelijkertijd is er ook steeds meer aandacht voor de immateriële waarden van het erfgoed die zo wel behouden blijven (Westeijn, 2023, pp. 189-190) | Laag |
| Documenteren en digitaal beleven | Hoog | Eerdere digitalisering kan achterhaald worden.<br><br>Daarnaast is de vraag in hoeverre een digitale kopie het erfgoed levend kan houden en de erfgoedwaarde in stand kan houden (Westeijn, 2023, pp. 157-164). | Laag |

### 3.3.4 Adaptatiepaden

## Vooruitkijkend

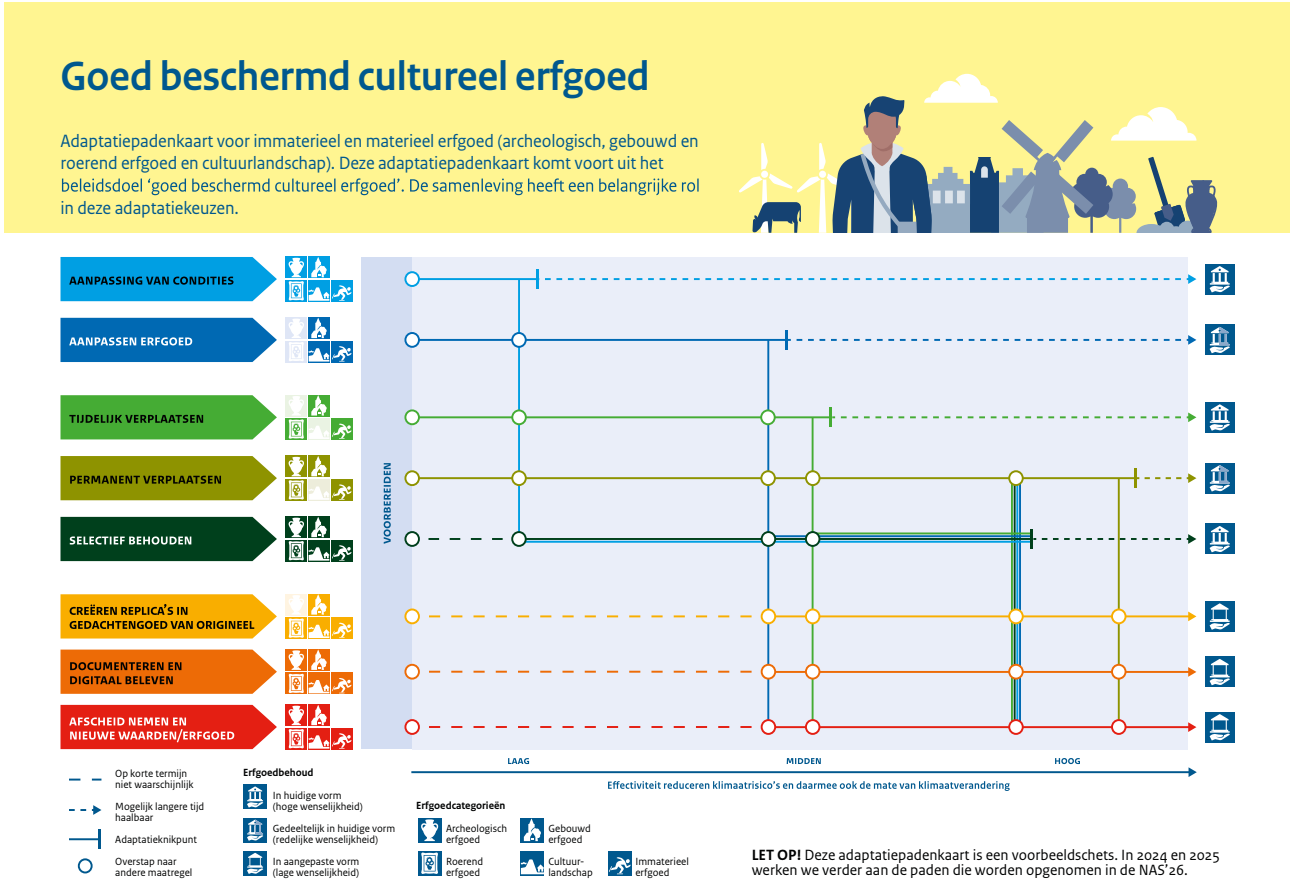
Op basis van de verhaallijnen en de adaptatieopties is een adaptatiepad voor cultureel erfgoed opgesteld (Figuur 3-4). De adaptatieopties staan hier relatief ten opzichte van elkaar in de tijd vanwege de beperkte kennis en het ontbreken van kwantitatieve informatie over effectiviteit en knikpunten van maatregelen. De knikpunten in het pad zijn vooral gebaseerd op de verwachte klimaatrisico-reductie die maatregelen in algemene zin kunnen hebben. Uiteindelijk kan de klimaatrisico-reductie verschillen per locatie (zie tabel) en in de padenkaart is de minimale relatieve effectiviteit opgenomen. Daarnaast nemen we ook de verwachte haalbaarheid en wenselijkheid mee. Zo kan het permanent verplaatsen van erfgoed risico's sterk verminderen, maar is het financieel en mogelijk ook in tijd en ruimte, niet haalbaar en wenselijk om dat overal te doen. Bovendien verandert dat het erfgoed, omdat het uit context wordt gehaald. De wenselijkheid is te zien aan het eind van de paden (als een evaluatie).

Er is één adaptatiepad voor de verschillende erfgoedtypen en klimaatrisico's opgesteld. Tussen de verschillende erfgoedtypen zitten er accentverschillen in de opties. Deze worden hieronder toegelicht. Voor alle typen erfgoed is het selectief behouden een maatregel die op termijn gekozen kan worden. Voor erfgoed dat niet (meer) behouden kan worden, zijn er opties voor het 'creëren replica's in gedachtengoed van origineel','documenteren en digitaal beleven' en 'afscheid nemen en nieuwe waarden/erfgoed'.

- **Archeologisch erfgoed**
  Archeologisch erfgoed is sterk afhankelijk van de condities in de bodem. De klimaatrisico's en met name de effecten van droge periodes worden in dit veld al sterk ervaren (Archeologist 4 Future, 2024; Muns, 2022), wat keuzes rondom selectief behoud dichterbij in de tijd brengt. Het aanpassen van condities op lokale schaal is in sommige gevallen een optie, zoals de hydrologische zone op Schokland (Huisman & Mauro, 2012). Op landelijke schaal kan hier gedacht worden aan een plek voor archeologisch erfgoed in de verdringingsreeks. Aanpassen van het erfgoed of tijdelijk verplaatsen is geen optie voor archeologisch erfgoed. Permanent verplaatsen (opgraven van archeologische sites) is een optie, hoewel het huidige in situ-beleid uitgaat van zo veel mogelijk behoud op locatie.
- **Gebouwd erfgoed**
  Verplaatsen van gebouwd erfgoed is in sommige gevallen mogelijk. Recente (beperkte) verplaatsingen in Nederland zijn bijvoorbeeld de Bagijnetoren, en molen de Roos in Delft. Internationaal is er het voorbeeld van Kiruna in Zweden, waar de volledige stad enkele kilometers zal worden verplaatst. Bij gebouwd erfgoed is aanpassing van de condities soms mogelijk, denk bijvoorbeeld aan het beschermen van erfgoed in overstromingsgevoelige locaties. Een andere belangrijke optie in het adaptatiepad is het aanpassen van het erfgoed. Hierbij kan gedacht worden aan aanpassingen die het gebruik van het gebouw in stand houden, zoals het mogelijk maken van en ondersteunen bij verduurzamen. Ook valt te denken aan het terugbrengen van 'oude' gebruiksfuncties en het gebruik daarop aanpassen, bijvoorbeeld bij kelders die ontworpen zijn op overstromingen. Herstel of herbouwen in het gedachtegoed is een optie bij schade door klimaatrisico's. In Pioen in de wijk Bloemhof in Rotterdam bekijkt men bijvoorbeeld hoe architectonische uitgangspunten vertaald kunnen worden naar nieuwe woningen.
- **Roerend erfgoed**
  Aanpassing van de condities in de depots is in sommige gevallen mogelijk. Aanpassen van het erfgoed zelf in principe niet. Roerend erfgoed wordt in noodsituaties nu al in sommige gevallen tijdelijk verplaatst naar nooddepots. Hierbij zijn een tijdige waarschuwing, een snelle reactietijd en voldoende capaciteit essentieel. Bij de overstromingen in Limburg was er bijvoorbeeld ook vanuit burgers een grote bereidwilligheid om het erfgoed te beschermen (Zwegers, 2024). Bij frequenter voorkomen van noodsituaties is de overstap mogelijk naar permanent verplaatsen naar een klimaatbestendigere locatie. In sommige gevallen hebben instellingen ook collectiehulpplannen om in geval van nood keuzes te maken rondom selectief behoud.

- **Cultuurlandschap en historisch groen**
  Aanpassen van de condities is voor het cultuurlandschap in sommige gevallen mogelijk, hoewel daar naar verwachting een limiet aan is. Het aanpassen zit voor dit type erfgoed in het kijken naar hoe bepaalde erfgoedwaarden vastgehouden kunnen worden en bepaalde lagen zichtbaar gemaakt kunnen worden in het landschap. Ook zullen mogelijk nieuwe cultuurlandschappen zich vormen. Als voorbeeld werd in de gesprekken de komst van wijngaarden in Nederland genoemd.
- **Immaterieel erfgoed**
  Bij immaterieel erfgoed ligt de bevoegdheid om keuzes te maken sterk bij de erfgoedbeoefenaars. In principe zijn alle geschetste paden mogelijk voor immaterieel erfgoed, hoewel de invulling sterk afhankelijk is van het erfgoed zelf. Een voorbeeld van tijdelijk verplaatsen is het vervroegen van de Nijmeegse vierdaagse naar eerder in het jaar wanneer het nog niet heel warm is, en het verplaatsen van de Elfstedentocht naar Zwitserland. Een voorbeeld van een replica is een bloemencorso veranderen in een papierencorso, of de corso selectief behouden en beperkt bollenteelt faciliteren met daarbij een beperkte corso.

*Figuur 3-4: Adaptatiepad voor cultureel erfgoed*




## Terugkijkend

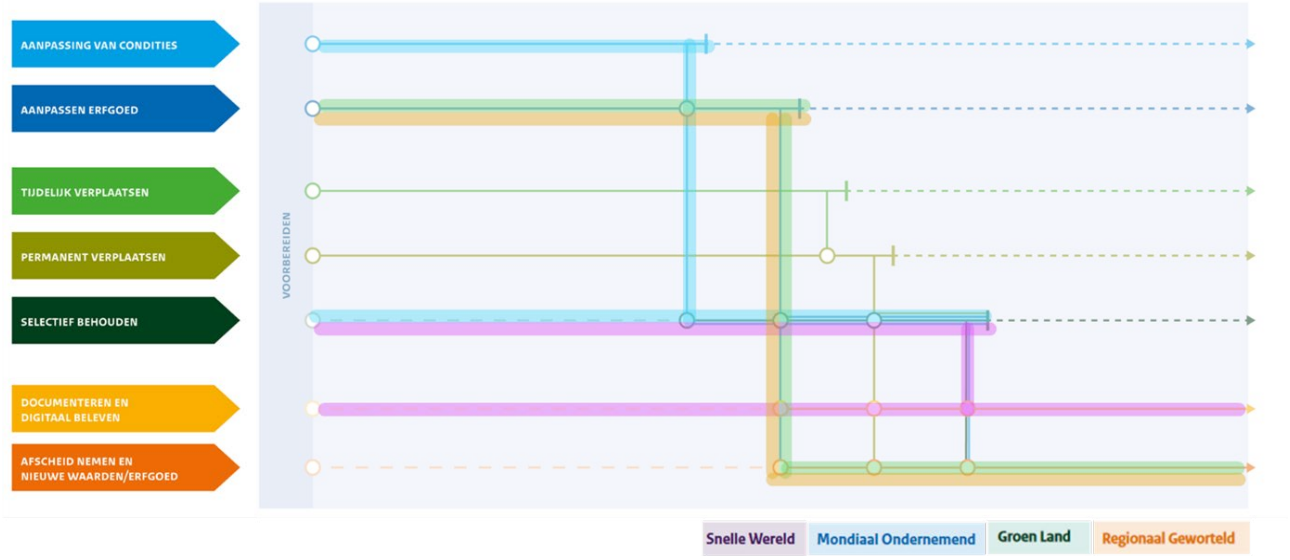
Op basis van de PBL-scenario's (PBL, 2023) keken we naar mogelijke synergiën met de hierboven geschetste paden. Afhankelijk van het scenario is een sterke nadruk op bepaalde adaptatieopties of op bepaald erfgoed waarschijnlijker, zoals hieronder toegelicht en weergegeven in Figuur 3-5.

- **Mondiaal ondernemend**
  In Mondiaal ondernemend is een sterke nadruk op selectief behoud van economisch rendabele

hotspots waarschijnlijk. Bij dit selectief behoud zal naar verwachting een sterk accent op behoud met technologische innovaties komen te liggen.

- **Snelle wereld**
  In de Snelle wereld is een nadruk op digitaliseren en digitaal beleven waarschijnlijk. De mogelijkheden tot digitaliseren en gebruikmaken van nieuwe technieken kunnen onderdeel zijn van keuzes voor selectief behoud.
- **Groen land**
  In Groen land zal er een sterke nadruk liggen op het behoud van cultuurlandschappen en de rol van erfgoed in het landschap. Het waar mogelijk aanpassen en meebewegen van het erfgoed met het veranderend klimaat is hier waarschijnlijker dan in de andere scenario's. Ook zal er in Groen land sterker worden gekeken naar hoe we erfgoed kunnen inzetten ten behoeve van adaptatie.
- **Regionaal geworteld**
  In Regionaal geworteld zal de regionale identiteit en de regionale erfgoedgemeenschap centraal staan bij keuzes rondom behoud van het erfgoed. Op basis van de lokale erfgoedwaarden zullen keuzes gemaakt worden voor het aanpassen van erfgoed en het afscheid nemen en creëren van nieuw erfgoed.

*Figuur 3-5: Synergiën tussen de adaptatieopties en de PBL-scenario's*




## 3.3.5 Wat leren we hieruit?

Cultureel erfgoed is zeer kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Nu al verliezen we erfgoed dat we willen behouden voor toekomstige generaties. Als we in de toekomst de impact van klimaatverandering willen minimaliseren, zullen we keuzes moeten maken die óf het erfgoed aantasten óf de omgeving. Buiten de erfgoedsector moet er meer aandacht komen voor erfgoed en de (lokale) waarde hiervan. Binnen de erfgoedsector zullen vaste uitgangspunten (zoals behoud van archeologie in de bodem en bescherming van het exterieur) ter discussie moeten worden gesteld.

Voorbereiding is nodig om adaptatiekeuzes te maken. Deze voorbereiding bestaat onder andere uit beter inzicht in de klimaatrisico's en het monitoren van het erfgoed. Tegelijkertijd worden nu al de gevolgen van klimaatverandering gevoeld. Wachten met adaptatie en focussen op deze voorbereidende stappen betekent mogelijk onherstelbare gevolgen accepteren. Er is daarom een prioritering nodig, waarbij op dit moment niet duidelijk is bij wie die taak ligt.

Erfgoedwaarden zijn van groot belang voor discussies over behoud, en kunnen ook ruimte bieden om de omgang met erfgoedverlies vorm te geven. Deze erfgoedwaarden zijn dynamisch, en de vraag is wat de samenleving wil doorgeven aan volgende generaties. Het meebewegen en het gebruik van het erfgoed

mogelijk houden draagt mogelijk bij aan het behoud van het erfgoed. Het in onbruik raken van het erfgoed geeft een vergroot risico op verlies van het erfgoed.

Er is weinig bekend over de (effectiviteit van) maatregelen. De maatregelen zijn daarom ook vooral relatief ten opzichte van elkaar opgenomen. Verder zijn er verschillen per type erfgoed, per klimaatrisico en op lokaal niveau. Een hoge mate van effectiviteit in het reduceren van klimaatrisico's betekent niet altijd dat de adaptatieoptie ook wenselijk is voor het behoud van het erfgoed. De verantwoordelijkheid en de bevoegdheid om keuzes te maken ligt voor een groot deel bij individuele erfgoedeigenaren en -beoefenaars.

Het bekijken van de adaptatiepaden in relatie tot de sociaal-maatschappelijke ontwikkelingen zoals beschreven in de PBL-scenario's, maakt inzichtelijk onder welke scenario's welk erfgoed waarschijnlijk aangepast of behouden wordt. Ook lijkt er in bepaalde scenario's een sterke nadruk op bepaalde adaptatieopties te komen.

Klimaatrisico's voor het erfgoed worden niet alleen door klimaatverandering veroorzaakt, maar ook door adaptatie vanuit andere beleidsvelden, zoals wateroverlast en bodemdaling. Voldoende aandacht voor erfgoed bij adaptatie is daarom van belang. Synergie en samenwerking zoeken met andere sectoren – zoals natuur – kan hierbij helpen. Een aanvulling is dat erfgoed ook kan worden ingezet voor klimaatadaptatie, bijvoorbeeld door te 'leren van het verleden' of doordat (bedreigd) erfgoed de samenleving in beweging kan zetten voor adaptatie.

## 3.4 Spoor- en weginfrastructuur

(Door: Elco)

### 3.4.1 Introductie

Het hoofdwegennet, beheerd door Rijkswaterstaat, is blootgesteld aan verschillende klimaatrisico's zoals wateroverlast, hitte, droogte, en overstromingen (Tillema et al., 2021). Extreem weer kan voor aanzienlijke schade zorgen: zware regenval leidt bijvoorbeeld tot plasvorming en erosie van taluds, door hoge temperaturen kunnen beweegbare bruggen vast komen te zitten, en bij extreme droogte komen bermbranden vaker voor. Dit alles met stremmingen tot gevolg. Het zorgt voor overlast en disrupties voor weggebruikers. Rijkswaterstaat voert daarom stresstesten uit om de gevoeligheid van wegen in kaart te brengen, en gebruikt tools zoals de Handreiking Energie en Klimaat om planstudies te toetsen op klimaatadaptatie. Naast technische maatregelen zoals verbeterde hemelwaterafvoer, werkt Rijkswaterstaat met een uitvoeringsagenda aan langetermijn-aanpassingen.

Het hoofdspoorwegennet wordt eveneens sterk beïnvloed door klimaatverandering. Ook ProRail heeft een stresstest en een uitvoeringsagenda ontwikkeld om de gevolgen van wateroverlast, hitte, droogte, onweer en stormwinden in beeld te brengen en te beheren (ProRail, 2022). Zo kan extreme regenval zorgen voor ondergelopen spoorlijnen en verzakkingen van de spoorbaan, terwijl hoge temperaturen kunnen leiden tot zogenaamde 'spoorspattingen' waarbij het spoor vervormt. Er worden al verschillende maatregelen bij het spoornetwerk geïmplementeerd, zoals ondergrondse waterbergingen bij stations, en verhoging van elektronische installaties langs het spoor.

We erkennen in Nederland het belang van klimaatadaptatie voor infrastructuur, met een nationale aanpak die wordt gecoördineerd door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat via de interdepartementale NAS en het Deltaprogramma. De NAS stimuleert betrokken ministeries om klimaatbestendig te handelen binnen hun eigen beleidsveld. Voor de mobiliteitsinfrastructuur worden extra maatregelen overwogen, aangezien deze grotendeels ontworpen en aangelegd is ten tijde van andere klimatologische omstandigheden en eisen daarvoor. Het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie werkt aan een klimaatbestendige inrichting van Nederland voor 2050, met een proces van stresstesten, risicodialogen en uitvoeringsagenda's, waar vele partijen bij betrokken zijn of uitvoering aan geven, zoals gemeenten, veiligheidsregio's, provincies,

waterschappen Rijkswaterstaat en ProRail. Zo zijn er de Uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken (MinIenW, 2022; ProRail, 2022).

In het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT) en in de Nota Ruimte wordt rekening gehouden met klimaatadaptatie in de langetermijnplanning voor infrastructuur. Daarbij is er aandacht voor de vernieuwing en verduurzaming van netwerken. Op deze manier wordt gewerkt aan klimaatbestendigheid in de plannen voor het onderhouden, renoveren en beheren van het Nederlandse mobiliteitssysteem.

### 3.4.2 Risico's (nu en in de toekomst)

Het hoofdwegennet en het hoofdspoorwegennet in Nederland staan voor aanzienlijke uitdagingen door toenemende klimaatrisico's. Voor het wegennet vormen extreme neerslag, bos- en bermbranden, en instabiliteit van wegtaluds bij neerslag belangrijke bedreigingen (Bles et al., 2021). Ook problemen met beweegbare bruggen bij extreme hitte en het opdrijven van tunnels door stijgende grondwaterstanden kunnen leiden tot kritieke kwetsbaarheden. Deze risico's verschillen sterk per regio en weerspiegelen de invloed van klimaatverandering: zwaardere regenbuien, langere periodes van droogte, en frequenter optreden van extreme hitte. Ze vergen forse aanpassingen aan de infrastructuur. De gevolgen van deze risico's zullen naar verwachting toenemen, wat zorgt voor hogere jaarlijkse kosten door herstel en stremming.

Het hoofdspoorwegennet ervaart stijgende risico's door extreme weersomstandigheden (Bles et al., 2021). Bijvoorbeeld: hevige regenbuien veroorzaken wateroverlast, wat schade oplevert en vertragingen voor reizigers- en goederenvervoer. Toenemende temperaturen kunnen rails doen uitzetten; het leidt tot storingen in elektronica. Langdurige droogte verhoogt het neerslagtekort, en kan bijdragen aan de verzakking van spoorwegen en de onderliggende infrastructuur. Overstromingen, zoals die van 2021 in Limburg, vormen een groot risico voor de stabiliteit en veilige berijdbaarheid van het spoor. Een toename van stormwinden en onweer kan bovendien zorgen voor meer schade aan de bovenleidingen en elektronica van het spoorsysteem en aan de uitval van treinen – vertragingen dus (ProRail, 2022).

### 3.4.3 Adaptatieopties

We identificeerden vijf categorieën, elk met een selectie van adaptatieopties die toepasbaar zijn bij het reduceren van het risico voor wateroverlast. De categorieën worden hieronder besproken met een korte toelichting op de haalbaarheid van enkele voorbeeldopties. In Tabel 3-8 staat een samenvatting van de adaptatieopties en hun effectiviteit op het reduceren van het risico en de haalbaarheid. We benadrukken dat de categorieën en opties een selectie zijn van adaptatiemogelijkheden. Ze illustreren een breed palet aan maatregelen voor het functioneren van alle systemen: van onderhoud op assetniveau tot het maatschappelijke gebruik van deze systemen. Van belang zijn ook de tijdsperiode waarbinnen en de schaalniveaus waarop de maatregelen geïmplementeerd kunnen worden. Er is bijvoorbeeld een wezenlijk onderscheid tussen de adaptatiemaatregelen die je implementeert als (onderdeel) van een integraal plan, primair gericht op klimaatadaptatie, en maatregelen die onderdeel worden van projecten als de nieuwbouw/verbouwing van een station of emplacement. In het eerste geval kunnen het aanpassingen zijn in een groot gebied, met een mogelijke lange doorlooptijd, terwijl in het tweede geval klimaatadaptatie niet het primaire doel is maar wel meegenomen wordt ('werk met werk maken'). Dit is in de regel meer lokaal, en kent een kortere periode van voorbereiding tot uitvoering.

## Categorieën adaptatieopties

1. **Klimaatrobuust onderhoud:** Dit cluster omvat maatregelen die gericht zijn op preventief onderhoud van infrastructuur om beter bestand te zijn tegen extreme weersomstandigheden. Voorbeelden zijn het beheren van vegetatie om hellingen te stabiliseren en erosie tegen te gaan, en het regelmatig schoonhouden van duikers en waterafvoerkanalen om verstoppingen en daarmee wateroverlast te voorkomen.

2. **Assetniveau-maatregelen:** Deze omvatten aanpassingen van de fysieke infrastructuur zelf om specifieke onderdelen weerbaarder te maken tegen wateroverlast. Voorbeelden zijn het verhogen van kwetsbare weggedeelten, het verbeteren van drainagesystemen en het aanpassen van ontwerpnormen voor bruggen op basis van nieuwe klimaatscenario's. Dit cluster richt zich op structurele aanpassingen die zorgen voor waterrobuuste en klimaatbestendige assets.
3. **Versterken van netwerk-redundantie:** Door het toevoegen van alternatieve routes en overslagpunten wordt het transportnetwerk flexibeler en minder gevoelig voor verstoringen. Voorbeelden zijn het creëren van meerdere toegangswegen naar kritieke locaties en het verbeteren van de overstapmogelijkheden tussen verschillende vervoersmodaliteiten, zoals van water naar spoor of weg. Redundantie in het netwerk verhoogt de veerkracht en de flexibiliteit tijdens extreme weersomstandigheden.
4. **Versterken van operationele processen:** Dit cluster omvat operationele maatregelen zoals het trainen van personeel voor noodsituaties, het ontwikkelen van strategieën voor tijdelijke omleidingen en het verbeteren van impact-based weersvoorspellingen. Door dergelijke processen te versterken kan de respons tijdens extreme weersomstandigheden verbeteren, waardoor schade en verstoringen worden geminimaliseerd.
5. **Acceptatie verminderde functionaliteit:** Deze maatregelen richten zich op het strategisch (en beleidsmatig) accepteren van tijdelijke beperkingen in het netwerk vanwege extreme weersomstandigheden. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat bepaalde routes tijdelijk worden afgesloten of (voor het spoor) dat er minder treinen rijden, en dat bepaalde wegen in de toekomst ook vaker afgesloten zijn bij wateroverlast. Dat zal zorgen voor een verminderde netwerkfunctionaliteit.

*Tabel 3-8: Categorieën van adaptatieopties, met voorbeelden gericht op wateroverlast, en hun effectiviteit en haalbaarheid ten opzichte van de mogelijkheden van dat betreffende cluster. Effectiviteit en haalbaarheid van de voorbeelden zijn zeer context-specifiek en kunnen daarom veranderen.*

| Categorie | Voorbeelden | Effectiviteit van het reduceren van het risico | Haalbaarheid |
|---|---|---|---|
| Klimaatrobuust onderhoud | Adequaat beheren van vegetatie voor verbetering van hellingsstabiliteit en erosiebescherming | Midden tot hoog | Lage kosten en eenvoudig uitvoerbaar; vooral effectief in regio's met erosiegevoelige taludhellingen. |
| | Voorkomen van verstopping van duikers | Midden tot hoog | Onderhoudsmaatregel met relatief lage kosten en eenvoudig uitvoerbaar; belangrijk voor doorstroming bij zware neerslag. |
| Assetniveau-maatregelen | Verhogen van kwetsbare componenten (wet-proofing) | Midden tot hoog | Vereist aanzienlijke investeringen, technische aanpassingen en mogelijk langdurige aanlegprocedures. |
| | Vergroten van drainagesystemen om dreigingen op te vangen | Midden tot hoog | Kostenintensief met aanzienlijke aanpassingen, maar technisch haalbaar en effectief bij toenemende regenintensiteit. |
| Versterken van netwerkredundantie | Versterken van opties voor modal shift naar andere vervoerstypen | Laag tot midden | Afhankelijk van investeringen en samenwerking met andere transportsectoren, maar versterkt flexibiliteit bij verstoringen. |
| | Zorgen voor beschikbaarheid van meerdere routes naar een locatie | Midden tot hoog | Vereist investering in aanleg en onderhoud van alternatieve routes, maar biedt hoge veerkracht voor kritieke locaties. |
| Versterken van operationele processen | Ontwikkelen van strategieën voor tijdelijke omleidingen of aanpassingen van gebruik, bij overstromingen van wegen en spoorwegen | Midden tot hoog | Haalbaar met lage aanpassingskosten; vereist echter planning en coördinatie tussen wegbeheerders en hulpdiensten. |
| | Implementeren van impact-based forecasting | Laag tot midden | Vereist integratie van weersvoorspellings- en impactmodellen, samen met goede handelingsperspectieven, maar haalbaar met bestaande technologieën. |

| Categorie | Voorbeelden | Effectiviteit van het reduceren van het risico | Haalbaarheid |
|---|---|---|---|
| Acceptatie verminderde functionaliteit | Accepteren van risico's | Laag tot midden | Vereist beleidsmatige en maatschappelijke acceptatie van verminderde prestaties bij crises. |
| | Afschalen van netwerkfuncties | Midden tot hoog | Vereist duidelijke afspraken over prioritering en maatschappelijke acceptatie bij langdurige verstoringen. |

## Voorbereidende stappen en haalbaarheid

De haalbaarheid van adaptatiemaatregelen voor het weg- en spoornetwerk varieert sterk per cluster en type maatregel en hangt af van ruimtelijke, economische, technische, ecologische, landschappelijke en maatschappelijke factoren: een effectieve aanpak is alleen mogelijk door een goede combinatie van de genoemde adaptatieopties.

Klimaatrobuust onderhoud, zoals het voorkomen van verstopping bij duikers, is over het algemeen economisch haalbaar en goed uitvoerbaar. Deze maatregelen zijn vaak laagdrempelig en vergen minder technische ingrepen, met brede steun vanwege de directe voordelen voor veiligheid en duurzaamheid.

Assetniveau-maatregelen, zoals het vergroten van drainagesystemen en het verhogen van kwetsbare componenten, vereisen daarentegen meer investeringen en planning. Ze zijn effectief en vaak technisch haalbaar. Maar de hoge kosten kunnen tot een minder aantrekkelijke kosten-baten-afweging leiden, vooral in gebieden waar ruimte beperkt is en bekostiging voor maatregelen schaars. Er moet ook rekening gehouden worden met de beschikbare capaciteit van personeel, zowel bij opdrachtgevers als in de markt, en materialen. Dat is in de huidige situatie al een belemmerende factor.

Netwerkredundantie, zoals modal-shift-opties en meerdere toegangswegen, zou verkend kunnen worden in kerngebieden waar mobiliteit essentieel is, maar deze maatregelen vereisen langetermijn- investeringen en coördinatie tussen sectoren en schaalniveaus.

Het versterken van operationele processen, zoals tijdelijke omleidingen en impact-based forecasting, is over het algemeen haalbaar door de technologische focus, lage kosten en het relatief snelle effect. Wel kan dit leiden tot een verhoogde vraag naar verkeersmanagementpersoneel.

Ten slotte zijn maatregelen die verminderde functionaliteit accepteren minder kostbaar en snel inzetbaar, maar ze vereisen een verschuiving in risicotolerantie en beheerdoelen, en dit hangt weer af van de specifieke behoeften en prioriteiten binnen het transportnetwerk.

Ten slotte merken we op dat de presentatie van deze adaptatiemaatregelen niet betekent dat er in de huidige situatie nog geen maatregelen genomen zijn. De adaptatiepaden geven vooral aan tot wanneer een set aan maatregelen (op zichzelf of in combinatie met andere typen maatregelen) succesvol zou kunnen zijn om de risico's van extreme wateroverlast zoveel mogelijk te beperken.

### 3.4.4 Adaptatiepaden

## Vooruitkijkend

Aan de hand van de adaptatiecategorieën hebben we een adaptatiepad opgesteld voor het hoofdwegen- en hoofdsporennet voor wateroverlast. De adaptatieopties zijn hier relatief ten opzichte van elkaar geplaatst. Er is op dit moment geen onderbouwing om deze specifieke categorieën van maatregelen op een kwantitatieve basis tegen elkaar af te zetten. De knikpunten in het pad zijn daarom vooral gebaseerd op de verwachte klimaatrisico-reductie en haalbaarheid. De maatregelen zijn wel voortgekomen uit de

verschillende projecten en onderzoeken naar de klimaatrisico's van het weg- en spoornetwerk (en de oplossingen hiervoor) binnen RWS en ProRail. We willen benadrukken dat deze paden een 'gemiddeld' adaptatiepad zijn voor heel Nederland. De haalbaarheid en de effectiviteit van verschillende maatregelen hangen af van het segment of de corridor in het transportnetwerk waarop men focust.

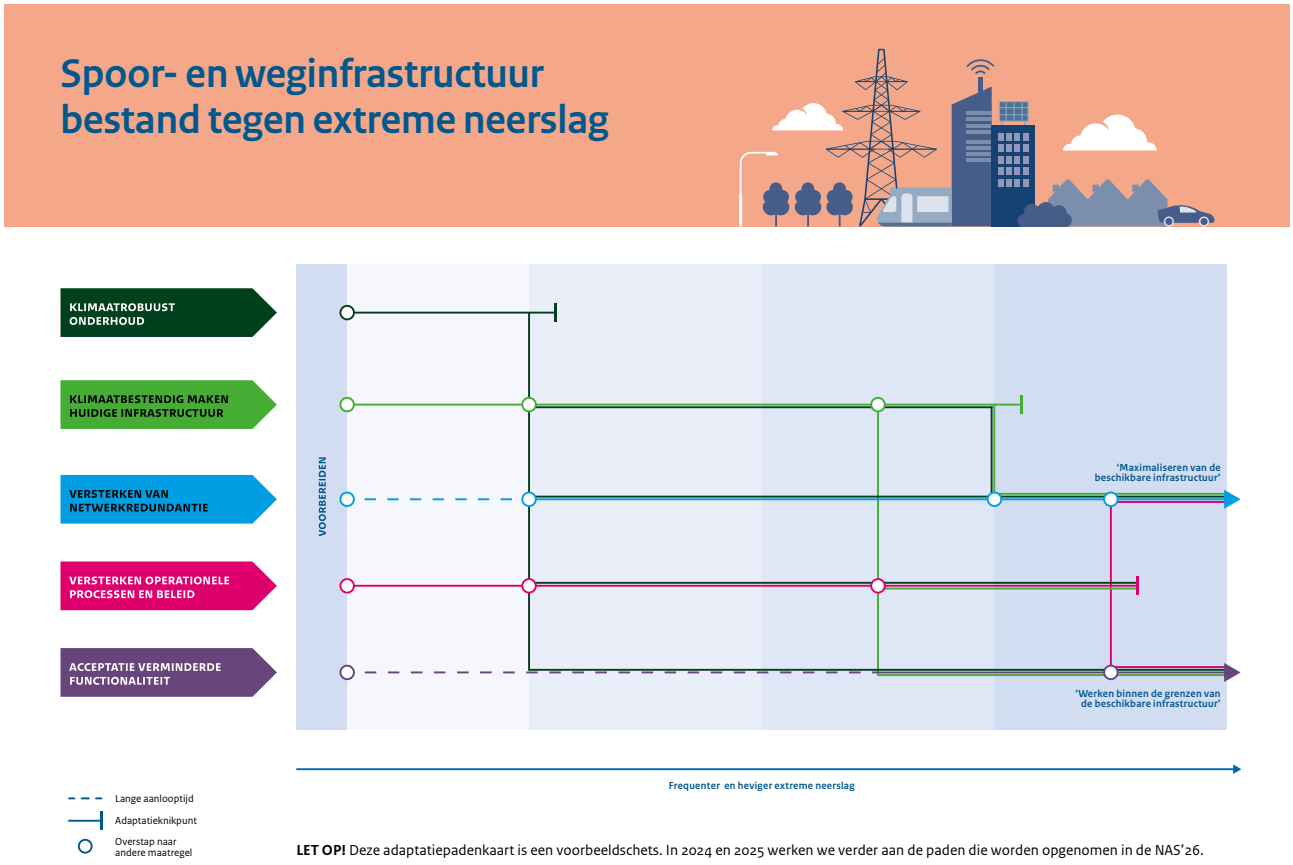
Figuur 3-6 laat zien dat enkel het voortzetten en versterken van klimaatrobuust onderhoud een beperkte looptijd heeft. We gaan ervan uit dat het relatief snel noodzakelijk zal zijn om dit te combineren met andere clusters aan maatregelen.

Vanaf een zekere toename in de intensiteit en frequentie van extreme neerslag, zal nagedacht moeten worden over het ofwel verder versterken van assets binnen de huidige infrastructuur en/of het versterken van operationele processen. Men zou al kunnen nadenken over het versterken van netwerkredundantie, in de vorm van verbeterde multimodaliteit. Dit vereist wel een langere aanlooptijd, door de mogelijk hoge investeringskosten en de vereiste systeemoverschrijdende samenwerking.

De combinatie van klimaatrobuust onderhoud en het klimaatrobuust maken van de huidige infrastructuur zal waarschijnlijk voor relatief langere tijd houdbaar zijn. Maar we verwachten dat er een punt komt waarop de combinatie uitgebreid moet worden met het veel verder versterken van operationele processen.

Uiteindelijk zijn er (in deze illustratie) twee uitkomsten. Ofwel men blijft zich focussen op het verder versterken van de netwerkredundantie om zo de beschikbare infrastructuur te 'maximaliseren', ofwel men gaat zich focussen op het 'werken binnen de grenzen' van de beschikbare infrastructuur. Bij het maximaliseren van de beschikbare infrastructuur zal men zich richten op het waarborgen van hoge Key Performance Indicators (KPIs) en het weg- en spoornetwerk in functie houden, ook in gebieden met sterk verhoogde risico's. Bij het werken binnen de grenzen van de beschikbare infrastructuur zullen bepaalde weg- of spoorsegmenten een verlaagde functionaliteit krijgen, en zal er mogelijk meer uitval plaatsvinden op het netwerk. De focus zal dan liggen op het operationeel houden van een zo groot mogelijk weg- en spoornetwerk, binnen de (financiële en uitvoerbare) mogelijkheden.

*Figuur 3-6: Geïllustreerde adaptatiepaden voor het hoofdwegennet en het hoofdspoorwegennet*




**LET OP!** Deze adaptatiepadenkaart is een voorbeeldschets. In 2024 en 2025 werken we verder aan de paden die worden opgenomen in de NAS'26.

## Terugkijkend

De impact van de vier PBL-scenario's op de keuzes van adaptatiemaatregelen voor het hoofdweg- en spoornetwerk verschilt sterk, afhankelijk van de mate waarin de nadruk ligt op economische groei, duurzame ontwikkeling, lokale zelfvoorziening of snelle technologische vooruitgang. In elk scenario verschuift de prioriteit naar bepaalde clusters van maatregelen en het verwachte adaptatiepad.

In het Mondiaal Ondernemend-scenario zijn er sterke economische kerngebieden en hoge eisen aan infrastructuurprestaties. Dit leidt tot een voorkeur voor maatregelen die de netwerkredundantie versterken, zoals het creëren van multimodale verbindingen voor belangrijke corridors. Klimaatrobuust onderhoud en het versterken van assets (bijv. vergroting van drainagesystemen) zullen centraal staan, met aanzienlijke investeringen in netwerkredundantie voor het maximaliseren van capaciteit, vooral in economische kerngebieden. De focus op KPI's en continuïteit in economisch cruciale gebieden maakt deze maatregelen prioritair.

Het Regionaal Geworteld-scenario is gericht op regionale veerkracht en zelfvoorziening. Er zijn waarschijnlijk minder middelen beschikbaar voor grootschalige investeringen, waardoor een combinatie van klimaatrobuust onderhoud en operationele maatregelen aantrekkelijker wordt. Het versterken van operationele processen, zoals het ontwikkelen van tijdelijke omleidingen, zal belangrijk zijn. Het maximaliseren van de infrastructuurcapaciteit is mogelijk minder haalbaar; optimaliseren van bestaande capaciteit en adaptieve, regionale maatregelen zullen dan aantrekkelijker zijn.

Het Groen Land-scenario richt zich op duurzaamheid en ecologische balans. Gevolg is dat klimaatrobuust onderhoud en de versterking van assets hoge prioriteit krijgen. De focus is op het optimaliseren van de beschikbare infrastructuur. Functionaliteit kan soms worden ingeperkt in het belang van ecologische en duurzame doelen. Dit scenario kan adaptieve keuzes stimuleren die gericht zijn op lage impact en op langetermijnoplossingen.

In het Snelle Wereld-scenario zullen digitale en operationele processen, zoals impact-based forecasting en dynamische routeplanning, voorrang krijgen. Snel implementeerbare maatregelen, zoals tijdelijke omleidingen en flexibele voorspellingen, sluiten goed aan bij de focus op wendbaarheid en een hoog aanpassingsvermogen. De sterke nadruk op technologische oplossingen kan betekenen dat klimaatbestendig onderhoud wordt gecombineerd met innovatieve procesverbeteringen.

### 3.4.5 Wat leren we hieruit?

Er lopen op dit moment al diverse projecten en programma's om het weg- en spoornetwerk op de langere termijn klimaatbestendig te maken. Echter, de toenemende snelheid en intensiteit van klimaatverandering maken duidelijk dat er extra stappen nodig kunnen zijn om het netwerk tijdig aan te passen. De urgente uitdaging ligt in (i) het inzichtelijk maken van de klimaatrisico's, (ii) het duidelijk maken welke maatregelen hiertoe kunnen worden genomen, en (iii) het prioriteren van maatregelen, vooral gezien de beperkte middelen en het personeelstekort binnen de infrastructuursector. Hierbij komt nog de onzekerheid die inherent is aan klimaatverandering. Dit vraagt om systeemoverschrijdende coördinatie, waarin verschillende sectoren en beleidsniveaus elkaar ondersteunen. Zonder een gezamenlijke, integrale en adaptieve aanpak kan de effectiviteit van geïsoleerde maatregelen snel tegen grenzen aanlopen. Het mobiliteitsnetwerk wordt dan kwetsbaarder voor extreme weersomstandigheden.

De PBL-scenario's geven inzichten in hoe keuzes voor adaptatie kunnen veranderen afhankelijk van de verschillende toekomstbeelden. Elk scenario, variërend van een sterke focus op economische groei tot een nadruk op duurzame leefomgevingen, brengt eigen implicaties voor klimaatmaatregelen. Behalve met deze scenario's moeten we rekening houden met het mobiliteitsbeleid, de mobiliteitsvisie en de onderliggende beleidsvoornemens  ook die hiermee samenhangen, zoals in de Nota Ruimte. Deze zijn nog sterk in beweging.

## 3.5 Vaarwegen

(Door: Elco)

### 3.5.1 Introductie

Extreem weer door klimaatverandering, zoals droogte, hitte, en hoogwater, heeft aanzienlijke gevolgen voor de binnenvaart. Bij droogte daalt de afvoer en daarmee de waterstand. Dat resulteert in beperktere vaardiepten en hogere vervoerskosten doordat schepen minder vracht kunnen meenemen. Hogere waterstanden door intensieve regenval, hogere rivierafvoeren en zeespiegelstijging kunnen de doorvaarthoogte bij bruggen verminderen en extra brugopeningen voor beweegbare bruggen vereisen, wat de doorstroming voor zowel de binnenvaart als het weg- en spoorverkeer belemmert (Bles et al., 2021).

We benadrukken dat er verschillende programma's lopen om het hoofdvaarwegennet toekomstbestendig te maken. Bij maatregelen in het hoofdwatersysteem om droogte aan te pakken, zoekt het Deltaprogramma Zoetwater de synergie tussen de opgaven voor zoetwater, wateroverlast en bereikbaarheid via het hoofdvaarwegennet. Onder het programma Klimaatbestendige Netwerken, Hoofdvaarwegennetwerk KBN-HVWN (RWS, 2022) worden kwetsbaarheden in kaart gebracht, stresstesten uitgevoerd en risicodialogen gehouden. In het Nationaal Water Programma (MinIenW, 2022) werken overheden samen aan klimaatadaptieve maatregelen. Via het Programma Integraal Riviermanagement (IRM) wordt integraal gekeken naar een toekomstbestendig Maas- en Rijnsysteem met een optimale balans tussen hoogwaterveiligheid, natuur en waterkwaliteit, zoetwaterbeschikbaarheid en bevaarbaarheid, ook als onderdeel van het Deltaprogramma. Ondersteunende onderzoeken, zoals de MIRT-studies, helpen bij het ontwikkelen van een robuust vaarwegennet. Daarnaast wordt binnen de sector gezocht naar toekomstbestendige aanpassingen, zoals de ontwikkeling van schepen die bij lagere waterstanden kunnen varen en het herzien van vervoersplanning bij extreem weer.

### 3.5.2 Risico's (huidig en toekomst)

Uit onderzoek blijken verschillende klimaatgevoeligheden die naar verwachting zullen toenemen door klimaatverandering (Bles et al., 2021). De belangrijkste risico's zijn onvoldoende diepte in vaarwegen, verminderde waterbeschikbaarheid bij sluizen, en beperkte doorvaarthoogte bij bruggen. Bij langdurige droogte is de waterdiepte in belangrijke vaarwegen als de Waal en de IJssel ontoereikend. Ook is het aantal schuttingen per dag bij sluizen in risicogebieden zoals de Maas soms beperkt door lage afvoeren, wat leidt tot langere wachttijden voor scheepvaart. Lage afvoeren door droogte en daarmee gepaard gaande verziltingsproblematiek leiden ook tot langere wachttijden bij sluizen op de grenzen zoet/zout, omdat beperkt wordt geschut om het zout zoveel mogelijk buiten te houden. Verder kunnen een stijgende zeespiegel en een toename in rivierafvoeren de doorvaarthoogte bij bruggen, zoals de Moerdijkbrug en de bruggen op de Maasroute, ontoereikend maken. Deze belemmeringen leiden tot verhoogde transportkosten door meer en kortere vaartochten, en hebben impact op zowel nationaal als internationaal transport.
De stressfactoren tonen een aanzienlijke gevoeligheid in het vaarwegennet. Het vergt grootschalige aanpassingen om in de toekomst het hoofd te bieden aan de toegenomen risico's. Maatschappelijke en industriële schade ontstaat vooral bij langdurige droogte, zoals we hebben gezien in 2018, toen productie moest worden verminderd of soms stilgelegd omdat grondstoffen niet meer geleverd konden worden en strategische voorraden leeg waren. In dit hoofdstuk richten we ons daarom vooral op klimaatadaptatie in relatie tot droogte en de noodzaak om hier passende maatregelen voor te treffen.

### 3.5.3 Adaptatieopties

Er zijn zes categorieën geïdentificeerd, waarbinnen specifieke opties kunnen gelden. Deze categorieën worden hieronder kort besproken met een toelichting op de haalbaarheid van enkele voorbeeldopties.
In Tabel 3-9 worden de categorieën adaptatieopties en hun effectiviteit en haalbaarheid samengevat.
We zeggen erbij dat de categorieën en opties een selectie zijn van adaptatiemogelijkheden. Het zijn

voorbeelden van maatregelen voor het functioneren van alle systemen: van onderhoud op assetniveau, tot het maatschappelijke gebruik van deze systemen.

## Categorieën adaptatieopties

1. **Verbeterde informatievoorziening:** De huidige informatievoorziening over de meest beperkende waterdiepte kan worden verbeterd en uitgebreid. Momenteel wordt de Minst Gepeilde Diepte (MGD) afgegeven. Deze meting kan accurater worden gemaakt. Ook inschattingen van de verwachte MGD voor enkele dagen vooruit, of de meest beperkende diepte op het te varen pad, kunnen beschikbaar gemaakt worden om het schip optimaal af te laden tijdens lage waterstanden. Daarnaast kunnen betere waterstandsvoorspellingen enkele dagen tot meerdere weken vooruit helpen om rederijen en bevrachters meer grip te geven op de planning van lading en voorraadbeheer, vooral in periodes van extreem laag water.
2. **Vlootmaatregelen:** Deze maatregelen richten zich op aanpassingen aan schepen zelf om beter bestand te zijn tegen veranderingen in waterstanden. Voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van lichtere schepen die minder diepgang hebben en dus beter geschikt zijn voor lage waterstanden. Een ander voorbeeld is het vaker inzetten van koppelverbanden Hierbij worden meerdere duwbakken aan een enkel schip gekoppeld om het drijfvermogen en de flexibiliteit te vergroten. Of er kan een nieuw type samenstel ontwikkeld worden met bijv. kleinere of lichtgewicht bakken.
3. **Logistieke maatregelen:** Deze maatregelen richten zich op het optimaliseren van de logistieke keten rondom binnenvaart. Zo kan afstappen van het 'just-in-time'-principe in voorraadbeheer bijdragen aan meer flexibiliteit, omdat bedrijven dan grotere voorraden aanhouden om pieken in vraag of transport te overbruggen. Ook kunnen multimodale transportopties zoals synchromodaal transport worden benut, waarbij goederen tijdelijk met een alternatieve modaliteit zoals spoor of weg worden vervoerd.
4. **Maatregelen voor rivierbodembeheer:** Deze categorie maatregelen grijpt in op de rivierbodem en biedt mogelijke oplossingen voor het probleem van sedimentatie, lokale ondieptes en de effecten van ongelijkmatige bodemerosie voor de scheepvaart. Veel ondieptes bevinden zich rond 'niet- baggerlocaties' waar niet gebaggerd mag worden vanwege kruisende kabels en leidingen. De ondieptes op deze locaties kunnen opgelost worden. Bodemerosie zorgt er onder andere voor dat slecht of niet- erodeerbare locaties een knelpunt worden en dat de waterdiepte in aansluitende kanalen en boven sluisdrempels bij laagwater te klein wordt. Sedimentsuppleties en de aanleg van langsdammen ('meergeulensysteem') zijn maatregelen om de erosie tegen te gaan. De huidige bagger- en terugstortpraktijk kan geoptimaliseerd worden: door proactief of preventief te baggeren of anders terug te storten; door andere baggertechnieken te ontwikkelen; of door internationaal andere afspraken te maken over de gegarandeerde diepte en breedte bij laagwater (wijziging baggerreferentievlak).
5. **Kleinschalige fysieke aanpassingen vaarwegen:** Kleinschalige aanpassingen aan vaarwegen kunnen effectief zijn om het risico te verlagen zonder grote infrastructurele veranderingen en zonder grote impact op het riviersysteem of andere rivierfuncties. Voorbeelden zijn het verlagen van sluisdrempels (Weurt), de aanleg van pompen bij sluizen om het schutverlies terug te pompen, innovaties met flexibele constructies, en het aanpassen van de infrastructuur van binnenhavens om de lading bij langdurige periodes van droogte beter te kunnen afwikkelen. Deze aanpassingen kunnen de bevaarbaarheid (in combinatie met maatregelen die ingrijpen op de rivierbodem) sterk verbeteren.
6. **Grootschalige fysieke aanpassingen vaarwegen:** Deze maatregelen richten zich op structurele grootschalige investeringen in het vaarwegennet. Dit is bijvoorbeeld de aanleg van nieuwe stuwconstructies op rivieren zoals de Waal of de IJssel, die een permanente verhoging van de waterstand mogelijk maken. Een ander voorbeeld is het bovenstrooms vasthouden van water. Door bovenstrooms (bijv. bij de Bodensee) te bufferen, kan water tijdens droogte ingezet worden om de afvoer te verhogen. Dit type maatregelen vraagt grote investeringen en lange implementatietijd, maar kan op de lange termijn significant bijdragen aan een robuuste binnenvaartinfrastructuur die beter bestand is tegen klimaatrisico's.

*Tabel 3-9: Categorieën van adaptatieopties, met voorbeelden en hun effectiviteit en haalbaarheid*

| Categorie | Voorbeelden | Effectiviteit voor het reduceren van het risico | Haalbaarheid |
|---|---|---|---|
| Verbeterde informatie-voorziening | Verbeteren waterstands-voorspelling | Laag tot midden | Redelijk haalbaar met huidige technologie; vereist samenwerking tussen waterbeheerders en binnenvaartsector. |
| | Verbeteren informatie-voorziening | Laag tot midden | Technisch haalbaar; vraagt investering in digitale infrastructuur en interoperabiliteit tussen informatiesystemen. |
| Vlootmaatregelen | Varen met koppelverbanden of extra duwbakken | Laag tot midden | Haalbaar voor grotere rederijen; vraagt om aanpassingen aan vaarplannen en mogelijk verhoogde operationele kosten. |
| | Diversificatie van de vloot; meer lichte schepen bouwen en behoud kleine schip | Midden tot hoog | Beperkt haalbaar door trends in schaalvergroting; vereist investeringen en beleid ter behoud van kleine schepen. |
| Logistieke maatregelen | Voorraadbeheer aanpassen | Laag tot midden | Haalbaar voor bedrijven met voldoende opslagruimte en flexibiliteit in supply chains; afhankelijk van bedrijfsbeleid. |
| | Synchro-modaal/ multimodaal transport | Midden tot hoog | Mogelijk haalbaar met extra investeringen in terminals; vereist goed afgestemde logistieke ketens. |
| Maatregelen voor rivierbodem-beheer | Verwijderen van ondieptes ter plaatse van kruisende kabels en leidingen | Midden tot hoog | Haalbaar met technische maatregelen; vereist coördinatie met nutsbedrijven voor kabelverlegging of - verdieping. |
| | Aanpassing/optimalisatie van de huidige bagger- stort praktijk | Laag tot midden | Haalbaar met goede coördinatie en monitoring; vraagt verhoogde operationele budgetten en planning. |
| Kleinschalige fysieke aanpassingen vaarwegen | Verlagen van sluisdrempels, plaatsen van waterbesparende oplossingen om schutverliezen te beperken | Midden tot hoog | Technisch haalbaar, maar vraagt locatie-specifieke oplossingen. |
| | Innovaties met flexibele en adaptieve constructies voor waterstandsopzet en watersturing ten tijde van laagwater | Laag tot midden | Technisch haalbaar, maar onduidelijk of effect opweegt tegen effort. |
| Grootschalige fysieke aanpassingen vaarwegen | Stuwen en sluizen aanleggen | Hoog | Complex door hoge kosten, grote ecologische en maatschappelijke effecten en langdurige realisatie; vraagt grootschalige investeringen en overeenstemming met regio's. |
| | Water bovenstrooms vasthouden | Midden tot hoog | Vereist internationale samenwerking en infrastructuur; grote investeringen en planvorming nodig. |

## Voorbereidende stappen en haalbaarheid

Sommige maatregelen zijn technisch relatief eenvoudig uitvoerbaar, worden als kosteneffectief beschouwd, hebben een beperkte aanlooptijd en kunnen relatief snel worden ingezet waardoor ze geschikt zijn als kortetermijnaanpassingen. Bijvoorbeeld het verhelpen van de ondieptes bij niet- baggerlocaties (al ingezet) is een typische no-regret-maatregel. Sommige maatregelen die technisch relatief eenvoudig uitvoerbaar zijn, vereisen na een succesvolle implementatie alsnog voortdurend extra inspanning of monitoring en onderhoud, denk bijvoorbeeld aan een gewijzigde bagger- en stortmethodiek. Hiermee wordt zo'n maatregel minder kosteneffectief.

Grootschalige infrastructuuraanpassingen, zoals de aanleg van nieuwe stuwen en sluizen, zijn veel complexer. Deze aanpassingen brengen hoge kosten, een integrale afweging en lange aanlooptijden met zich mee, vooral wanneer de vereiste samenwerking tussen verschillende bestuurlijke niveaus en

internationale partijen wordt meegewogen. Tot slot speelt de maatschappelijke haalbaarheid een rol, vooral wanneer grootschalige aanpassingen effecten hebben op omliggende gemeenschappen en het lokale ecosysteem. In relatie tot de verschillende PBL-scenario's kunnen deze factoren bepalend zijn voor de snelheid waarmee maatregelen worden gerealiseerd en de mate waarin oplossingsrichtingen prioriteit krijgen.

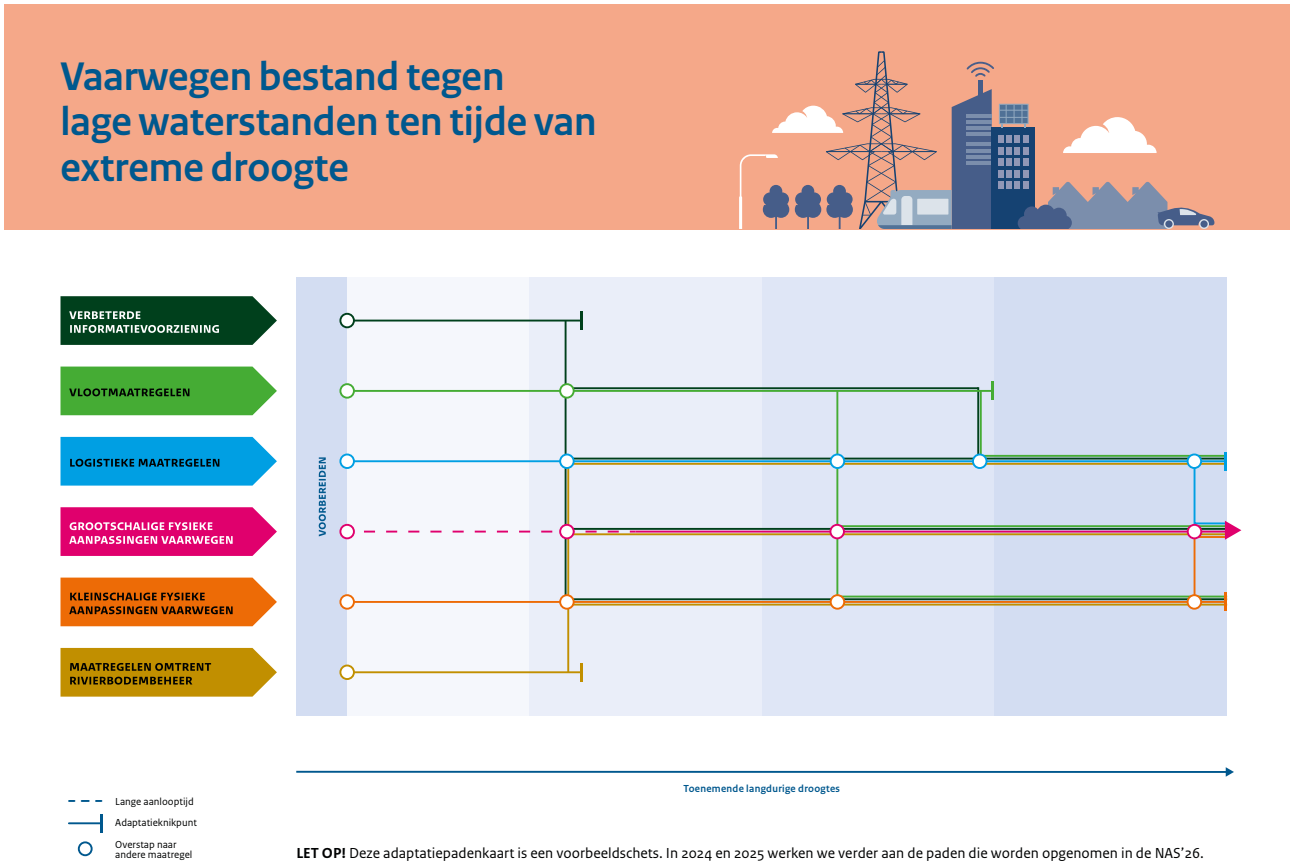
We benadrukken dat de adaptatiemaatregelen hier gepresenteerd niet betekenen dat er in de huidige situatie nog geen maatregelen genomen zijn. De adaptatiepaden geven vooral aan tot wanneer de categorie maatregelen (op zichzelf of in combinatie met andere typen maatregelen) succesvol zou kunnen zijn om de risico's van langdurige droogte zo beperkt mogelijk te houden. Tot slot is het van belang om aan te geven dat sommige maatregelen specifiek voor een locatie of corridor zijn. Bijvoorbeeld, om het transport richting Duitsland te kunnen blijven garanderen, helpt het niet om een pomp te plaatsen bij een sluis in de Maas. Corridor- of locatieafhankelijkheid van maatregelen geldt trouwens ook voor de weg- en spoornetwerken, zie hoofdstuk 3.4.

### 3.5.4 Adaptatiepaden

## Vooruitkijkend

Aan de hand van de categorieën van adaptatiemaatregelen kwamen we tot een adaptatiepad voor het hoofdvaarwegennet. De adaptatieopties zijn relatief ten opzichte van elkaar geplaatst. Ondanks dat er veel onderzoek loopt naar de klimaatrisico's voor de binnenvaart (en de oplossingen hiervan), ligt er op dit moment geen onderbouwing om deze specifieke clusters van maatregelen op een kwantitatieve basis tegen elkaar af te zetten. De knikpunten in het pad zijn daarom vooral gebaseerd op de verwachte klimaatrisico-reductie en de haalbaarheid. Daarnaast beklemtonen we dat deze paden een 'gemiddeld' adaptatiepad zijn voor heel Nederland. Dee haalbaarheid en de effectiviteit van verschillende maatregelen hangen af van waar men naar kijkt in het hoofdvaarwegennet.

*Figuur 3-7: Geïllustreerd adaptatiepad voor het hoofdvaarwegennet*




Figuur 3-7 presenteert het adaptatiepad. Bij een toename van langdurige droogtes verwachten we dat verbeterde informatievoorziening en aanpassingen rivierbodembeheer als opzichzelfstaande maatregelen relatief het kortst houdbaar zijn. We gaan ervan uit dat er al betrekkelijk snel een combinatie gemaakt moet worden van verschillende maatregelen. Dit kan ofwel door te combineren met logistieke en vlootmaatregelen, ofwel met kleinschalige fysieke aanpassingen aan de vaarwegen. Een combinatie van vlootmaatregelen en verbeterde informatievoorziening is mogelijk wel een tijd lang houdbaar, maar uiteindelijk zullen ook deze samen moeten gaan met bijvoorbeeld logistieke maatregelen. Denk hierbij aan het afstappen van het 'just-in-time'-principe of het versterken van multimodaal transport. Voor een functionerend, betrouwbaar hoofvaarwegennet zullen grootschalige fysieke aanpassingen nodig zijn wanneer de aarde sterk opwarmt, en wanneer de vloot zich niet volledig zal aanpassen aan laagwater. Dat laatste is de verwachting, zolang een 'laagwaterschip' bij normale omstandigheden gedurende het grotere deel van het jaar minder winstgevend is.  We veronderstellen dan dat de ladingstromen en hoeveelheden in de toekomst niet afnemen.

## Terugkijkend

De vier PBL-scenario's laten zien dat de adaptatiekeuzes en -paden gevoelig zijn voor de verschillende toekomstbeelden van Nederland.

In het **Mondiaal Ondernemend-scenario**, waar economische groei en internationale handel voorop staan, zijn grootschalige fysieke aanpassingen meer waarschijnlijk. Een sterk competitieve, internationale context kan een push geven aan structurele maatregelen en multimodaal transport om transportcontinuïteit te waarborgen. Dit scenario vraagt om snel opschaalbare infrastructuuroplossingen, zodat economische corridors intact blijven.

Het **Regionaal Geworteld-scenario** benadrukt regionale autonomie en sociale cohesie. Dit leidt tot adaptatiemaatregelen met een meer gefaseerde, lokale aanpak. Hier zouden regionale autoriteiten waarschijnlijk prioriteit en voorkeur geven aan kleinschalige fysieke aanpassingen en verbeterde informatievoorziening in combinatie met vlootmaatregelen. Het accent zal liggen op kleinschalige, robuuste aanpassingen die de flexibiliteit van het binnenvaartnetwerk verbeteren met behoud van regionale controle.

In het **Groen Land-scenario**, dat zich richt op ecologische duurzaamheid en regionaal verankerde oplossingen, zijn kleinschalige aanpassingen en innovaties waarschijnlijker, zoals bagger- en terugstortpraktijken, verbeterde informatievoorziening, en logistieke maatregelen zoals afstappen van het 'just-in-time'-principe. Hier zou de voorkeur uitgaan naar een langdurige combinatie van verbeterde informatievoorziening en vlootmaatregelen om met minimale impact het netwerk veerkrachtig te houden.

In het **Snelle Wereld-scenario**, waar digitalisering en snelheid cruciaal zijn, komen vooral maatregelen zoals verbeterde informatievoorziening en slimme logistiek naar voren. In plaats van grote fysieke aanpassingen aan vaarwegen, zou de focus liggen op digitale oplossingen zoals impactvoorspellingen, realtime diepte-informatie en data-gestuurd logistiek management.

### 3.5.5 Wat leren we hier uit?

Het adaptatieproces vraagt om een gelaagde aanpak, waarbij zowel kortetermijn- als langetermijnoplossingen worden ingezet. Bijvoorbeeld: verbeterde waterstandsvoorspellingen en het verwijderen van ondieptes ter plaatse van kruisende kabels en leidingen kunnen relatief snel worden geïmplementeerd om de meest acute uitdagingen aan te pakken, terwijl grootschalige infrastructuurprojecten, zoals de aanleg van nieuwe stuwen en buffersystemen, op de lange termijn stabiliteit moeten bieden.  We zijn van mening dat er al in een vroeg stadium verkend moet worden welke grootschalige ingrepen noodzakelijk en haalbaar zijn in de (verre) toekomst. Adaptiepaden kunnen handvatten bieden om te bepalen waar in de tijd deze afwegingen gemaakt moeten worden. Daarnaast laten de clusters van maatregelen zien dat de samenwerking tussen overheden, binnenvaartsector en waterbeheerders essentieel is om effectieve en geïntegreerde aanpassingen te realiseren.

Hierbij kan de backcasting aan de hand van de PBL-scenario's helpen. Deze toekomstbeelden laten zien hoe de adaptatiebehoefte en de haalbaarheid van maatregelen kunnen variëren. Zo kan een scenario met nadruk op economische groei en globalisering grotere investeringen in grootschalige fysieke aanpassingen vereisen om de transportcontinuïteit te waarborgen. Een scenario gericht op regionale autonomie en ecologische duurzaamheid zou eerder vragen om kleinschalige aanpassingen en innovatieve vloot- en logistieke maatregelen. Deze verschillende toekomstperspectieven laten zien dat een adaptieve en flexibele aanpak essentieel is. Het hoofdvaarwegennet kan zich dan tijdig aanpassen aan de veranderende klimaatomstandigheden en maatschappelijke eisen.

## 3.6 Energie- en Telecominfrastructuur

(Door: Elco)

### 3.6.1 Introductie

Energie- en ICT-infrastructuur vormen de ruggengraat van onze moderne samenleving. Energie- infrastructuur omvat onder andere laag-, midden- en hoogspanningsnetwerken, energiecentrales en netwerken van buisleidingen, terwijl ICT-infrastructuur bestaat uit vaste en mobiele verbindingen, en datacentra. Beide zijn kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering, zoals wateroverlast en extreme temperaturen. Om deze kwetsbaarheid te verminderen, zijn er adaptatiestrategieën nodig voor het voorkomen en beheersen van de impact van klimaatverandering op deze systemen.

Adaptatiepaden voor de energiesector en ICT-sector kunnen niet ontwikkeld worden zonder de energietransitie en grote maatschappelijke veranderingen in acht te nemen. Het is dus van belang om de balans en synergiën te vinden tussen klimaatadaptatie en klimaatmitigatie. Adaptatie richt zich op het aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering, terwijl mitigatie draait om het verminderen van de oorzaken ervan, zoals het terugdringen van CO2-uitstoot. Het integreren van deze twee aspecten is essentieel om effectief om te gaan met de risico's van klimaatverandering.

Het huidige klimaatadaptatiebeleid in Nederland, opgesteld in de eerste NAS en het Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie (NUP KA; MinIenW, 2023), erkent het belang van deze balans. De evaluatie van de eerste NAS in 2022 onderstreept de noodzaak om klimaatadaptatie beter te integreren in andere grote transities, zoals de energietransitie. Het beleid benoemt de risico's die ontstaan als er geen actie wordt ondernomen, zoals de uitval van elektriciteitsnetwerken door extreem weer. Toch zijn er onvoldoende concrete handvatten om effectief op de interacties tussen mitigatie en adaptatie in te spelen. Het NUP KA werkt de strategie verder uit, met onder andere aandacht voor het beschermen van vitale infrastructuren zoals het energienetwerk tegen klimaatverandering, maar mist nog een duidelijke integratie van mitigatiemaatregelen. Het Deltaprogramma speelt ook een cruciale rol bij het waarborgen van klimaatbestendige energie-infrastructuur. Dit programma legt de nadruk op waterveiligheid en slim waterbeheer, essentiële elementen in het kader van klimaatadaptatie. In de 'Water en Bodem Sturend'-strategie wordt een integrale benadering voorgesteld, rekening houdend met water- en bodemsystemen.

### 3.6.2 Risico's (nu en in de toekomst)

Klimaatverandering vormt een directe bedreiging voor energie- en telecominfrastructuur, zowel door acute gebeurtenissen als door langdurige processen zoals bodemdaling en zeespiegelstijging. Voor de energiesector brengt wateroverlast risico's met zich mee voor laaggelegen elektriciteitsstations en leidingen. Overbelasting en stroomuitval kunnen het gevolg zijn. Voor de telecomsector zijn extreme neerslag en extreme hitte een risico voor bovengrondse verbindingen en apparatuur, waardoor cruciale communicatiesystemen kunnen uitvallen (NAS, 2023). De risico's voor deze infrastructuursystemen zijn breed en variëren afhankelijk van locatie en de kwetsbaarheid van specifieke installaties. Op basis van de NAS'23 en de Make-Atons identificeerden we drie belangrijke klimaatrisico's voor energie- en telecominfrastructuur: overstromingsrisico's door extreme neerslag en zeespiegelstijging, hoge temperaturen, en droogte. Hoge temperaturen en droogte leiden tot een hogere vraag naar koeling voor datacentra en elektriciteitscentrales, hetgeen de netbelasting verhoogt. In dit hoofdstuk richten we ons vooral op klimaatadaptatie in relatie tot wateroverlast en de noodzaak om hier passende maatregelen voor te treffen.

### 3.6.3 Adaptatieopties

We hebben vijf categorieën geïdentificeerd, waarbinnen specifieke opties kunnen gelden. Deze categorieën worden hieronder kort besproken met een toelichting op de haalbaarheid van enkele voorbeeldopties. In Tabel 3-10 worden de adaptatieopties en hun effectiviteit en haalbaarheid samengevat. De categorieën en opties zijn een selectie van adaptatiemogelijkheden. Ze illustreren mogelijke maatregelen voor het

functioneren van alle systemen (van onderhoud op assetniveau, tot het maatschappelijke gebruik van deze systemen). De adaptatiepaden en de getoonde maatregelen zijn geen doel op zich.

## Categorieën adaptatieopties

1. **Versterken van dagelijks functioneren:** Dit cluster richt zich op het verbeteren van het dagelijks functioneren om de weerbaarheid van energie- en ICT-systemen tegen extreme weersomstandigheden te vergroten. Een voorbeeldoptie is investeren in robuuste onderhoudsprocedures. Deze voorkomen storingen door frequente inspecties en preventief onderhoud. Een andere optie is het operationeel houden van snelle noodreparatie-teams. Deze teams kunnen uitvaltijd minimaliseren door snel te reageren op schade door extreme omstandigheden, zoals stormen. Al deze maatregelen verkleinen de kans op uitval en versterken de betrouwbaarheid van de infrastructuur door de hersteltijd te verkorten.
2. **Assetniveau-maatregelen:** Deze maatregelen richten zich op het fysiek beschermen en versterken van specifieke onderdelen binnen energie- en ICT-infrastructuur. Een voorbeeld is het hoger plaatsen van kwetsbare componenten zoals regelapparatuur bij de aanleg van nieuwe infrastructuur. Dat kan helpen om schade door overstromingen te voorkomen. Daarnaast zijn strengere ontwerpnormen effectief om infrastructuur beter bestand te maken tegen zware weersomstandigheden. Door componenten op strategische locaties fysiek te beschermen en infrastructuur te bouwen volgens strenge ontwerpnormen, worden de gevolgen van wateroverlast verminderd, en dat verhoogt de duurzaamheid van de infrastructuur aanzienlijk.
3. **Technische robuustheid op systeemniveau:** Maatregelen binnen dit cluster richten zich op het verhogen van de veerkracht van het gehele systeem door middel van investeringen in nieuwe fysieke infrastructuur. Zo kan gedecentraliseerde opwekking van energie de afhankelijkheid van het centrale net verminderen, wat de kans op uitval verlaagt. En de netwerkaanleg met enkelvoudige storingsreserve versterkt de betrouwbaarheid van energie- en ICT-netwerken door te zorgen voor back-up verbindingen in het geval van storingen. Deze maatregelen zorgen voor een robuuster netwerk, waardoor essentiële diensten blijven draaien, zelfs bij storingen in een deel van het systeem.
4. **Operationele robuustheid op systeemniveau:** Deze maatregelen richten zich op operationele en bestuurlijke processen. Het optimaliseren en verbeteren van de controlesystemen en ICT-componenten kan bijvoorbeeld de kans op uitval reduceren. Ook systeemoverschrijdende noodsamenwerking tussen (o.a.) energiesectoren, telecomaanbieders en veiligheidsregio's kan ervoor zorgen dat infrastructuurbeheerders elkaar kunnen ondersteunen bij noodsituaties. Deze maatregelen verbeteren de veerkracht van verschillende systemen, doordat ze een gecoördineerde respons mogelijk maken en uitval door systeemoverschrijdende storingen voorkomen.
5. **Aanpassen van netwerkgebruik:** Hier ligt de focus op efficiënter gebruik van energie- en datanetwerken. Energiebesparing door middel van aangescherpte besparingsdoelen kan de druk op het energiesysteem verminderen, vooral tijdens periodes van piekbelasting (i.e. peak shaving). Bij telecommunicatie kan er ingezet worden op veranderend gebruik van data (bijvoorbeeld van vast naar mobiel).

*Tabel 3-10: Categorieën van adaptatiemaatregelen, met voorbeelden en hun effectiviteit en haalbaarheid*

| Categorie | Voorbeelden | Effectiviteit voor het reduceren van het risico | Haalbaarheid |
|---|---|---|---|
| Versterken van dagelijks functioneren | Snelle operationele noodreparatie teams | Laag tot midden | Vereist investeringen in personeel en apparatuur, maar biedt voordelen door snelle reactietijden. |
| | Robuuste onderhouds-procedures | Laag tot midden | Versterkte onderhoudsprocedures vragen om integratie van technologie en training, wat initiële kosten met zich meebrengt. Verhoogt echter de operationele efficiëntie op lange termijn. |
| Assetniveau-maatregelen | Verhogen van nieuwe kwetsbare componenten | Midden tot hoog | Technisch haalbaar met bestaande bouwtechnieken, maar de kosten en benodigde middelen kunnen hoog zijn. Politieke en maatschappelijke steun vereist voor investeren in aanpassingen. |
| | Strengere ontwerpnormen | Hoog | Het opstellen van nieuwe ontwerp- en bouwstandaarden vraagt om regelgeving en toezicht, wat een langdurig proces kan zijn. |
| Technische robuustheid systeemniveau | Gedecentraliseerde opwekkingssystemen | Midden tot hoog | De initiële kosten en de vereiste technologie voor decentrale energieopwekking zijn aanzienlijk. Dit beperkt de uitvoerbaarheid, ondanks langetermijnvoordelen en milieuwinst. |
| | Netwerkaanleg met minimaal enkelvoudige storingsreserve | Midden tot hoog | Redundante netwerken verhogen de betrouwbaarheid, maar vereisen extra investeringen en zorgvuldige planning. Maatschappelijk draagvlak is hoog, maar budget en ruimte kunnen beperkend zijn. |
| Operationele robuustheid systeemniveau | Betrouwbaarheid van controle systemen en ICT-componenten | Midden tot hoog | Vereist een initiële investering in technologie en een goede afstemming met bestaande systemen. Vernieuwen van ICT-systemen is echter vaak duur en complex. |
| | Systeem-overschrijdende noodsamenwerking | Midden tot hoog | Deze maatregel vereist een sterke samenwerking tussen betrokken sectoren en instellingen, wat bestuurlijke ondersteuning vraagt. |
| Aanpassen netwerkgebruik | Energiebesparing | Midden tot hoog | Energiebesparende maatregelen vereisen initiële investeringen, maar hebben een positief effect op de langetermijnkosten en milieudoelen. Brede maatschappelijke steun voor duurzaamheid. |

## Voorbereidende stappen en haalbaarheid

De haalbaarheid van de maatregelen voor energie- en ICT-infrastructuur varieert sterk en wordt beïnvloed door factoren zoals kosten, ruimte, technische vereisten, beleidsmatige ondersteuning, en maatschappelijk draagvlak. Maatregelen zoals verbeterde onderhoudsprocedures zijn relatief snel en makkelijk te implementeren in bestaande processen en zullen breed worden ondersteund. Daarentegen vragen opties als gedecentraliseerde opwekkingssystemen en ophogen van nieuwe infrastructuur substantiële investeringen, lange aanlooptijden, en vaak ook complexe technologische innovaties. Dat zal hun toepasbaarheid beperken. Politiek-bestuurlijke en maatschappelijke steun spelen een cruciale rol in de haalbaarheid van structurele maatregelen, zoals strengere ontwerpnormen en systeem-overschrijdende noodsamenwerking. Die zijn voor een langdurig effect afhankelijk van regulering en samenwerking tussen diverse belanghebbenden.

Zoals ook is te zien in de illustratie van adaptatiepaden, is er voor een klimaatrobuust en veerkrachtig systeem een gebalanceerde inzet nodig van snelle, laagdrempelige maatregelen en structurele (maar dure) oplossingen. Daarbij zullen we financiële haalbaarheid en technische uitvoering zorgvuldig moeten afstemmen op de urgentie en impact van klimaatrisico's.

Het is essentieel dat rijksoverheid en de energienetbeheerders gezamenlijk de klimaatadaptatiedoelen duidelijk vaststellen voor de herijking van de NAS'23 en op basis daarvan mogelijke adaptatiepaden bepalen.

De NAS-doelen vormen een basis waarop de netbeheerders, binnen hun eigen klimaatadaptatieprogramma's en verantwoordelijkheden, kunnen aansluiten. De adaptatiepaden in Figuur 3-8 zijn een generieke weergave van mogelijke adaptatiepaden. De keuzemomenten in relatie tot neerslagtoename zijn bedoeld als illustratief, niet als richtinggevend.

We merken op dat de hier gepresenteerde adaptatiemaatregelen niet betekenen dat er in de huidige situatie nog geen maatregelen genomen zijn. Een voorbeeld zijn de maatregelen die vallen onder versterken van dagelijks functioneren. De adaptatiepaden geven vooral aan tot wanneer deze set aan maatregelen (op zichzelf of in combinatie met andere typen maatregelen) succesvol zou kunnen zijn om de risico's van extreme wateroverlast zo beperkt mogelijk te houden.

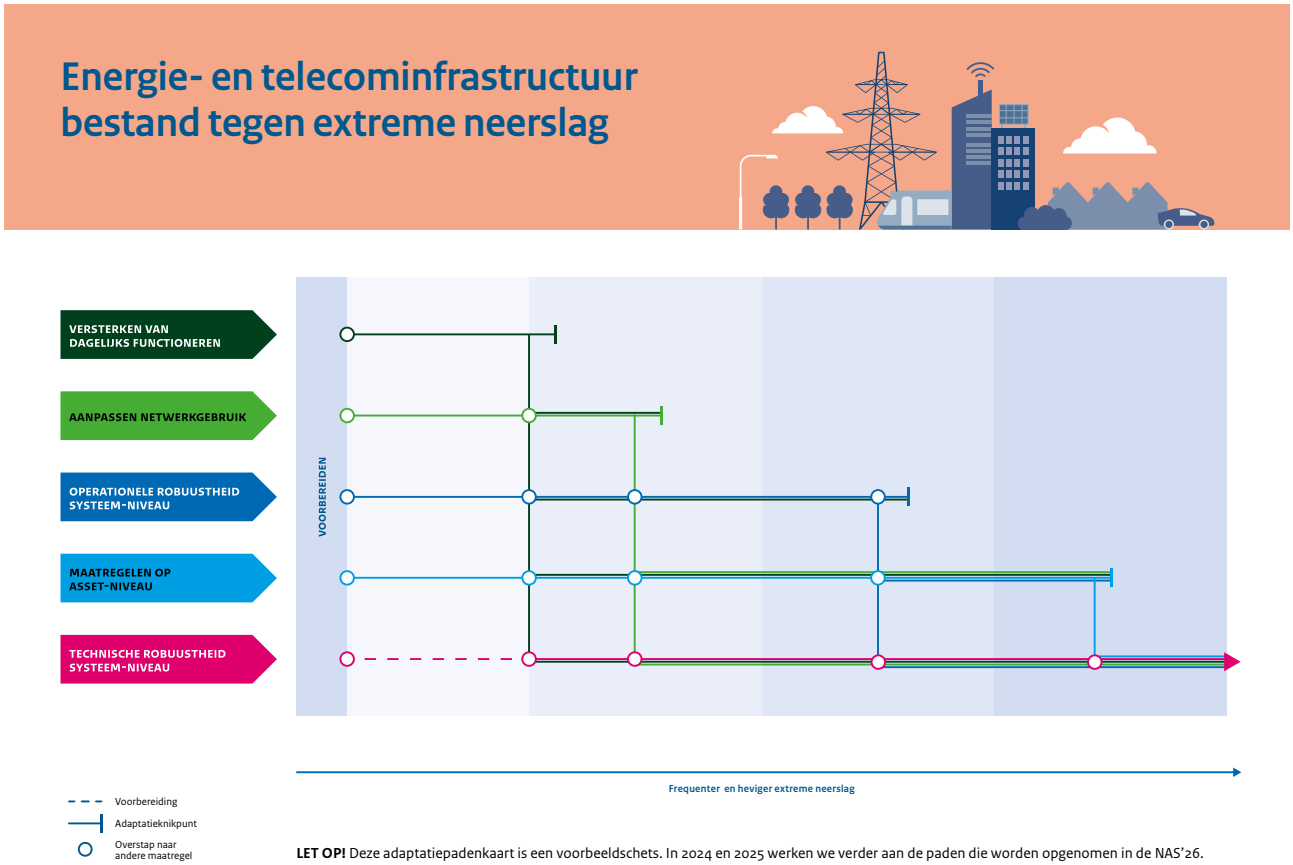
### 3.6.4 Adaptatiepaden

## Vooruitkijkend

Aan de hand van de categorieën van adaptatiemaatregelen hebben we een adaptatiepad opgesteld voor de energie- en ICT-infrastructuur. De adaptatieopties zijn relatief ten opzichte van elkaar geplaatst vanwege de beperkte kennis en het ontbreken van kwantitatieve informatie over knikpunten en effectiviteit van maatregelen. De knikpunten in het pad zijn vooral gebaseerd op de verwachte klimaatrisico-reductie en haalbaarheid. We zeggen erbij dat deze paden een 'gemiddeld' adaptatiepad zijn voor heel Nederland. Op lokaal niveau zal er een verschuiving plaatsvinden in de haalbaarheid en de effectiviteit van verschillende maatregelen.

Figuur 3-8 illustreert dat het enkel inzetten op het versterken van dagelijks functioneren een beperkte looptijd heeft. De categorie maatregelen kan bij een kleine toename van extreme neerslag effectief zijn, maar zal (relatief) snel gecombineerd moeten worden met een andere set aan maatregelen. Een vergelijkbaar verloop geldt voor aanpassen netwerkgebruik. Het aanpassen van het gebruik van het energie- of telecomnetwerk aan de gebruikerskant door te investeren in bijvoorbeeld energie-efficiëntie (een belangrijk onderdeel van de energietransitie) kan eindgebruikers in mindere mate afhankelijk maken van het energie- en telecomnetwerk. Echter, er is een grote kans dat eindgebruikers bij een toename van overstroomde assets en uitval van het netwerk alsnog geraakt zullen worden. De operationele robuustheid op systeemniveau, zoals systeemoverschrijdende noodsamenwerking en impact-based forecasting, helpen het systeem veerkrachtiger te maken voor disrupties. Maar als toekomstige buien echt veel heviger worden, zijn fysieke aanpassingen aan het systeem nodig. De maatregelen op assetniveau, zoals het verhogen of versterken van assets, zullen lange tijd houdbaar zijn en leiden mogelijk tot sterke risico-reducties. Dat neemt niet weg dat gedetailleerde risico-modellen noodzakelijk zijn om investeringen te prioriteren op locaties waar de baten het hoogst zullen zijn. Alle assets ophogen en/of verplaatsen is economisch niet haalbaar. De laatste groep van maatregelen, die zich richt op de technische robuustheid op systeemniveau, zal vragen om structurele en transformationele aanpassingen (bijv. decentrale energiesystemen). Er zal een lange aanlooptijd zijn van deze maatregelen, maar ze kunnen zorgen voor een structurele verbetering van de veerkracht en de robuustheid van het systeem.

*Figuur 3-8: Geïllustreerde adaptatiepaden voor energie- en ICT-infrastructuur.*




**LET OP!** Deze adaptatiepadenkaart is een voorbeeldschets. In 2024 en 2025 werken we verder aan de paden die worden opgenomen in de NAS'26.

## Terugkijkend

De verschillende PBL-scenario's beïnvloeden de keuzes voor klimaatadaptatie binnen de energie- en ICT-infrastructuur aanzienlijk.

In een scenario zoals **Mondiaal Ondernemend**, waar economische groei en innovatie voorop staan, zou de nadruk liggen op adaptatieopties die zorgen voor grootschalige netwerkrobuustheid. Hier kunnen maatregelen zoals gedecentraliseerde opwekkingssystemen en het versterken van systeem-overschrijdende noodsamenwerking prioriteit krijgen, gezien hun potentieel om de infrastructuur op mondiale schaal robuuster en innovatiever te maken.

In een **Groen Land-scenario**, dat sterk focust op duurzaamheid, zouden juist de adaptatiemaatregelen die bijdragen aan ecologische veerkracht de voorkeur hebben. Dit kan betekenen dat strengere ontwerpnormen en investeringen in energie-efficiëntie bovenaan staan om de $CO_2$-uitstoot structureel te verminderen en om de langetermijn-duurzaamheid van de infrastructuur te garanderen.

In het **Regionaal Geworteld-scenario**, dat sterk inzet op lokale autonomie en veerkracht, zouden adaptatiekeuzes worden gedreven door de specifieke behoeften van lokale gemeenschappen en geografische omstandigheden. Maatregelen zoals het verhogen van kwetsbare componenten (wet- proofing) en het verplaatsen van infrastructuur naar veiligere locaties kunnen dan de voorkeur krijgen, omdat deze direct inspelen op lokale klimaatuitdagingen en bijdragen aan de bescherming van regionale netwerken.

Het **Snelle Wereld-scenario**, met een focus op groei en digitale innovatie, zou daarentegen prioriteit geven aan aanpassingen die de infrastructuur flexibel en snel inzetbaar maken. Voorbeelden zijn

noodreparatieteams en verbeterde monitoring technologieën en de implementatie van impact-based forecasting modellen.

### 3.6.5 Wat leren we hieruit?

Zorgvuldige voorbereiding is cruciaal om klimaatadaptatiemaatregelen effectief te implementeren in de energie- en ICT-infrastructuur. Deze voorbereiding dient te bouwen op bestaand beleid en bestaande initiatieven, zodat maatregelen goed geïntegreerd en effectief zijn. Hierdoor kunnen beleidskaders het implementatieproces versterken en helpen bij het overwinnen van mogelijke knelpunten. Daarnaast is de fysieke ruimte een beperkende factor voor veel maatregelen, zowel op het niveau van afzonderlijke infrastructuurcomponenten (assets) als op netwerkniveau. De beperkte ruimte, vooral in dichtbevolkte gebieden, vraagt om doordachte ruimtelijke planning en innovatieve oplossingen. Dit kan betekenen dat alternatieve of minder ruimte-intensieve maatregelen soms de voorkeur krijgen, ook al zouden fysieke aanpassingen op zichzelf misschien effectiever zijn.

De connectie met de PBL-scenario's toont bovendien dat de maatschappelijke wenselijkheid en passendheid van maatregelen sterk afhankelijk is van het maatschappelijke toekomstbeeld dat een scenario vertegenwoordigt. Elk scenario, met zijn eigen accenten op duurzaamheid, economische groei, of lokale autonomie, benadrukt andere behoeften en waarden. De acceptatie en de effectiviteit van aanpassingen zullen dan ook verschillen per scenario. Deze variatie laat zien dat beleidskeuzes flexibel moeten inspelen op de veranderende verwachtingen en prioriteiten van de samenleving. Zo wordt duidelijk hoe belangrijk een adaptieve benadering is om de infrastructuur toekomstbestendig te maken.

# 4 Samenhang tussen de adaptatiepaden

(Door: allen)

In het vorige hoofdstuk zijn adaptatiepaden per klimaatopgave uitgewerkt. Maar adaptatiepaden voor verschillende opgaven kunnen elkaar versterken of juist ondermijnen, en de keuzes in het ene adaptatiepad kunnen aanleiding zijn om beslissingen in andere paden naar voren of achteren te verschuiven, of om voor een geheel ander adaptatiepad te kiezen. Om voorbij doelmatigheidsdenken en verkokering te gaan is het inzichtelijk maken van de kansen en belemmeringen van adaptatiepaden dan ook belangrijk, zeker bij een veelheid aan opgaven en daaruit volgende adaptatiepaden. Hierbij merken we nog op dat wij slechts (globaal) naar vijf thema's hebben gekeken die relevant zijn voor de NAS, maar dat er binnen de NAS veel meer thema's spelen.

Er zijn geen beproefde en wetenschappelijk onderbouwde methoden om de integratiekansen op een systematische en transparante wijze vast te stellen. In de praktijk zal er besluitvorming plaatsvinden waarbij betrokken partijen telkens een eigen waarde-afweging maken. Deze wordt ook beïnvloed door de mogelijkheden op dat moment. Tijdens de derde Make-aton hebben we daarom geëxperimenteerd met een expert-inventarisatie van de integratiekansen en belemmeringen per opgave. Hiervoor zijn de adaptatiepaden per opgave gevisualiseerd en is een adaptatiepaden-matrix gecreëerd waarbij alle Make-aton-deelnemers op een of meerdere post-its mogelijke kansen en belemmeringen formuleerden voor de andere veertien geïdentificeerde opgaven. Hier vatten we de belangrijkste bevindingen van deze sessie samen.

Overstijgend zijn er een aantal terugkerende belemmeringen tussen twee of meerdere opgaven:

- **Ruimteclaims:** alle adaptatiepaden vergen ruimtelijke ingrepen in een reeds schaarse ruimte. Dit vergt keuzes en prioritering zowel binnen als tussen adaptatiepaden. Ook kan het verstandig zijn om ruimtes te reserveren (of tijdelijk te bestemmen) om toekomstige keuzes makkelijker mogelijk te maken.
- Adaptatiemaatregelen voor het **omgaan met wateroverlast** hebben een veelal positief effect op de meeste andere opgaven: bijvoorbeeld het vasthouden, bergen en afvoeren van water verkleint de kans op optreden van wateroverlast en voorkomt vocht in woningen (gezondheid). Er zijn ook negatieve effecten: zo kan ruimte voor vasthouden om wateroverlast te bestrijden niet ook worden ingezet voor droogtebestrijding. Water vasthouden kan ook leiden tot hogere grondwaterstanden, waardoor de kans op opdrijven van infrastructuur groter wordt.
- **Klimaatbestendig bouwen in brede zin** (infra, energie, woningbouw) is een terugkerend uitgangspunt. We merken wel dat het noodzakelijk is om duidelijk te maken wat onder klimaatbestendig wordt verstaan. Treden gevolgen dan nooit meer op? Of gaat het om schadereductie tot een bepaald niveau? (En wat is dat niveau?) Het is verleidelijk om te zeggen dat er nooit gevolgen (bv. wateroverlast) kunnen optreden terwijl de natuur onzeker is.

Specifieker zijn de volgende belemmeringen en kansen per opgave genoemd:

- Wateroverlast:
  - Als we de kans op wateroverlast verkleinen hebben heel veel functies hier baat bij. Wateroverlast komt dan minder vaak voor.
  - De maatregelen om de gevolgen van wateroverlast te verkleinen hebben veel samenhang met andere doelen. Denk hierbij aan natuur, biodiversiteit en landbouw, woningbouw. Tegelijkertijd kunnen er ook tegengestelde belangen zijn: als we water vasthouden of bergen voor wateroverlast, kan deze ruimte niet worden ingezet voor droogtebestrijding. Deze ruimte moet immers beschikbaar zijn als het gaat regenen. Er kunnen dus nieuwe kwetsbaarheden worden geïntroduceerd.
  - Kansen om het watersysteem in te zetten voor de energietransitie, bijvoorbeeld als omgekeerde batterij.
  - Belemmering: water als een (te) leidend principe waardoor er minder geld en aandacht naar andere opgaven gaat.
  - Belemmering: waterkwaliteit en gezondheid, vooral bij extreme regenval en creëren van nieuwe hotspots voor VBD door meer waterberging.

- Energie, ICT en vitaal:
  - Kansen: groene corridors creëren onder nieuwe hoogspanningstracés, voor biodiversiteit en waterberging.
  - Belemmering: vasthouden van water (en pompen) vergt nadenken over energieverbruik en kwetsbaarheden van systemen.
  - Belemmering: uitbreiden van kritieke infrastructuur en energiesystemen vergt meer ruimte.
  - Oplossingsruimte wordt belemmerd door weinig (technisch) personeel. Uitvoeringscapaciteit is beperkt.
- Weg, spoor en vaarwegen:
  - Kansen: bij nieuwe aanleg of grootschalige aanpassingen binnen de bebouwde omgeving: bouw ook meteen de infrastructuur klimaatadaptatief (bijvoorbeeld stations die ook ingericht kunnen worden als verkoelingslocaties).
  - Kansen: organiseren van redundantie in het systeem; meekoppelkansen tussen spoor, weg en binnenvaart.
  - Belemmeringen: beperkte capaciteit om klimaatbestendige infra te creëren, vooral door te weinig technisch personeel.
  - Belemmering: kwetsbare archeologie die in de rivierbodem ligt kan rivierkundige ingrepen belemmeren.
- Cultureel erfgoed:
  - Belemmering: adaptatie vanuit andere beleidsvelden kan een risico vormen voor het cultureel erfgoed als het erfgoed niet tijdig of voldoende wordt meegenomen in de voorbereiding.
  - Omgaan met wateroverlast door baggeren/ruimte voor vasthouden van water: dit biedt zowel kansen voor cultureel erfgoed (nieuwe archeologische vondsten), alsmede belemmeringen (bv. mogelijke schade aan erfgoed).
  - Belemmering: fluctuerende waterstanden kunnen schade aanbrengen aan cultureel erfgoed (voornamelijk aan archeologisch erfgoed, (funderingen van) monumenten en landschappen).
  - Kansen: in sommige gevallen is er sprake van synergie met natuurbehoud en is samenwerking tussen de opgaven mogelijk.
  - Kansen: oude structuren (oude waterstructuren zoals grachten) terugbrengen om zo om te gaan met huidige uitdagingen ('leren van het verleden'). Voegt daarmee ook identiteit toe aan bijvoorbeeld nieuwbouw.
  - Kansen: inzetten van cultureel erfgoed om water te bufferen (zoals Hollandse waterlinies).
- Gezondheid:
  - Kansen: groenblauwe ruimtelijke ingrepen voor gezondheid kunnen positief effect hebben op hitte-stress, waterberging en waterveiligheid, leefbaarheid van de stad, pollenbewuste inrichting van de leefomgeving, etc. Synergiën en meekoppelkansen met de thema's waterveiligheid en infrastructuur zijn mogelijk.
  - Kansen: gezondheid kan dienen als dwarsdoorsnijdend thema. Waterveiligheid is een apart thema maar wateroverlast kan voor mensen met gezondheidsproblemen (psychische aandoeningen, mobiliteitsbeperking, etc.) en voor zorginstellingen grote risico's met zich meebrengen.
  - Belemmering: gezondheid is minder ver uitgewerkt dan de andere thema's. Gezondheid als dwarsdoorsnijdend thema vereist dat het voldoende wordt meegenomen in de overige thema's.
  - Belemmering: in het kader van de energietransitie vindt een overgang plaats van CV- ketel naar (hybride) warmtepomp en warmtenetten die soms ook kunnen koelen. Het is onzeker of de nieuwe generatie warmtepompen voldoende kunnen koelen en/of dezelfde neveneffecten als Cv-ketels hebben, zoals hoog energiegebruik en hitte- eiland-effect.
  - Belemmeringen: meer koeling (airconditioning) vraagt meer energie en dit conflicteert met de energietransitie. Toename van zoetwatervraag door hitte. Veel water drinken en (drink)water als verkoeling (bv. zwembaden, langer/vaker douchen).

Belangrijkste lessen in het zoeken naar integratie tussen de paden:
- Het verbinden van de adaptatiepaden laat een aantal duidelijke kansen en belemmeringen zien. Deze worden concreter naarmate de paden concreter worden uitgewerkt.
- Het analyseren van integratiemogelijkheden vergt voldoende expertise, onafhankelijkheid van beleid, en tijd om voorbij de voor de hand liggende integratiemogelijkheden te geraken.
- Het zoeken naar samenhang is belangrijk om keuzes, consequenties en prioritering in kaart te brengen, maar het moet wel behapbaar blijven. Als alles met elkaar samenhangt kan dit leiden tot deadlocks en verplaatsen van ambities.

# 5 Reflectie en lessen voor verdere toepassing van de adaptatiepaden-aanpak

(Door: allen)

Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste reflecties en lessen van het kernteam voor een eventuele verdere uitwerking van de adaptatiepaden en/of voor de overige klimaatopgaven.

## 5.1 Inhoudelijke reflecties op adaptatiepaden en de NAS

De adaptatiepaden ontwikkeld in hoofdstuk 3 laten vooral een eerste verkenning van de beschikbare categorieën adaptatieopties zien en geven inzichten in de padafhankelijkheid en volgtijdelijkheid van de opties. Het merendeel van de paden wordt dusdanig inzichtelijk dat er wel degelijk wat te kiezen valt, nu en in de toekomst. Het is duidelijk dat op termijn, bij meer opwarming, combinaties van meerdere maatregelen nodig zijn. Hieronder een aantal meer inhoudelijke reflecties op de adaptatiepaden.

**Combinaties van richtingen**: Op hoofdlijnen zien we een aantal typen paden ontstaan: paden voor het door ontwikkelen van technische maatregelen om huidig landgebruik te faciliteren, en paden die vooral het landgebruik aanpassen. Natuurlijk zijn combinaties mogelijk waarbij men eerst doorgaat met door ontwikkelen en dan pas ingrijpendere maatregelen neemt, zoals grootschalige landgebruik-aanpassingen of grootschalige ingrepen in watersystemen die veel ruimte vragen.

**Onevenwichtigheid tussen de opgaven**: De vijf opgaven verschillen sterk van aard, wat het lastig maakt om een uniforme aanpak toe te passen. Bovendien is er vaak sprake van overlap van de opgaven. Wateroverlast is een duidelijk voorbeeld, omdat deze opgave effectief door de vier andere paden heen loopt. Dit geldt overigens ook voor gezondheid, al is dit minder ver uitgewerkt in deze rapportage. De overlap is veel minder het geval bij bijvoorbeeld cultureel erfgoed. Er zijn in de NAS meer thema's dan de opgaven die nu zijn uitgewerkt.

**Scherpere doelen = scherpere paden**: De vijftien opgaven zijn wel omschreven maar de beleidsambities en -doelen zijn maar beperkt uitgewerkt. Daardoor bleek het soms lastig om de fore- en back-casting te doen. Ook is het van belang helder te maken wat onder bepaalde termen wordt verstaan in de opgaven, zoals 'klimaatrobuust'. Gaat het er dan om te allen tijde de gevolgen te voorkomen (voorzorgsbeginsel) of gaat het erom dat tot bepaalde mate gevolgen worden voorkomen (risicobeheersing), en welke zijn dat dan?

**Doel van de paden in de NAS aanscherpen**: Zoals aangetoond in deze eerste verkenning kunnen de adaptatiepaden belangrijke inzichten opleveren in het type maatregelen, volgtijdelijkheid, padafhankelijkheid en effectiviteit in risicoreductie voor een opgave. Ook zijn er verschillende oplossingsrichtingen, ieder met een eigen impact op de maatschappij. Deze inzichten kunnen worden gebruikt voor waarde-afwegingen. Op basis van deze quickscan kan hopelijk scherper worden geformuleerd wat het doel van de paden is voor de NAS omdat dit een aantal ontwerpkeuzes beïnvloedt (bv. details van de paden of verschillende manieren van visualisatie om de boodschap te communiceren).

**Nationale paden versus deelsysteem-paden**: Uit bovenstaande volgt dit punt. Er is nu vooral naar generieke paden gekeken, maar lokaal of voor een specifiek deelsysteem kunnen de paden er anders (gedetailleerder) uitzien. Dit heeft effect op de keuzes voor de te volgen paden. Bijvoorbeeld bij de wateroverlastopgave is vooral gekeken naar bemalen deelsystemen en stedelijk gebied, maar niet in hoog Nederland of vrij afwaterend gebied. Omdat deze systemen wezenlijk anders zijn, kan de effectiviteit van de

(set aan) maatregelen daar anders zijn. Met andere paden als resultaat. Dit geldt ook voor de verschillende infrastructuur-thema's; op segment- of corridorniveau zullen er andere afwegingen gemaakt worden dan de hier gepresenteerde hoofdlijnen op nationaal niveau.

**Paden als input voor vervolgstappen**: De adaptatiepaden zijn een middel, geen doel op zich, en kunnen belangrijke input leveren in vervolgstappen. Bijvoorbeeld: de adaptatiepaden bieden inzicht in mogelijkheden, maar laten onderliggende normen en waarden niet zien. Onderdeel van een vervolgtraject kan een risicodialoog zijn op basis van de paden: welk risico vinden we acceptabel?

**Verdere verdieping paden nodig**: Het merendeel van de adaptatiepaden in deze eerste verkenning hebben beperkt diepgang en detail en bevatten niet alle mogelijke adaptatieopties. Deels omdat er niet genoeg tijd beschikbaar was, deels omdat de adaptatieopties onvoldoende zijn uitgewerkt in de literatuur. Meer tijd en diversiteit aan input van experts (zie bovenstaand) kan daarbij helpen. Daarnaast zijn de gepresenteerde adaptatiepaden vaak niet of nauwelijks gebaseerd op (kwantitatieve) data. Vervolgstappen, met behulp van de nieuwe PBL-klimaatrisicoanalyse, zijn noodzakelijk om de effectiviteit van de maatregelen beter in te kaderen. Tegelijkertijd kunnen we de paden nu al wel gebruiken om de koers te bepalen. De paden laten namelijk wel globale effecten zien van richtinggevende keuzes.

## 5.2 Reflectie op de methode en gehanteerde aanpak

**Duidelijke(re) scenario's nodig voor backcasting**: De ambitie was om de PBL-scenario's te gebruiken in een backcasting-exercitie die complementair is aan de forecasting-exercitie. Dit bleek problematisch omdat de PBL-scenario's niet voldoende inzicht gaven in de klimaatopgaven en doelen nu en in de toekomst. Het gevolg is dat backcasten net anders is gedaan voor de verschillende opgaven: soms als robuustheid-check (synergiën en/of tegenstrijdigheden), soms als het identificeren van voorkeurspaden en kritieke paden voor een opgave. Er zijn verschillende opties voor een vervolgtraject: backcasten toepassen als de PBL-scenario's voldoende zijn vertaald in concrete doelen; backcasten toepassen als een check van de robuustheid van paden (en dus minder prioriteiten geven aan minder kansrijke paden); achterwege laten van backcasten in de ontwikkeling van de paden.

**Zorgdragen voor onderbouwing van de paden**: Het idee van 'evidence informed'-adaptatiepaden is dat ze voldoende zijn onderbouwd op basis van wetenschappelijke inzichten en expertise. Alleen dan zijn ze robuust, betrouwbaar en geloofwaardig. De methode is uitgebreid, maar deze is niet overal gevolgd door gebrek aan tijd, expertise, middelen.

**Verder uitbouwen van de adaptatiepaden**: De paden laten op dit moment vooral de set aan opties en volgtijdigheid zien, maar kunnen verder worden uitgewerkt door bijvoorbeeld de haalbaarheid sterker te integreren (de oplossingsruimte), de effectiviteit van de verschillende paden verder uit te werken, of de mate van risicoreductie voor tipping points of ook haalbaarheid toe te voegen aan de adaptatiepaden. Samenhang in plaats van integratie: Bij het zoeken naar meekoppelkansen en belemmeringen gaat het vooral om welke adaptatiemaatregelen elkaar versterken of juist tegenwerken. Sommige maatregelen kunnen dubbel voordeel opleveren, en dat vraagt om een focus op samenhang in plaats van integratie.

**Samenhang tussen de paden**: Tijdens de derde Make-aton lag de focus soms op de kansen en belemmeringen van een bepaalde set adaptatieopties binnen één pad en hoe deze andere paden beïnvloeden. In andere gevallen draaide het juist om de haalbaarheid van de paden in bredere zin (zoals kortetermijndenken vs. langetermijndenken van de overheid). In een verdere uitwerking is vooral de eerste invulling bruikbaar.

## 5.3 Rol en invulling van de Make-atons

De Make-atons speelden een belangrijke rol in het (snel) ophalen van verschillende ideeën over de mogelijke adaptatieopties en paden, alsmede de mogelijke integratie van de paden. Hieronder volgen enkele van onze ervaringen.

**Duidelijker doel**: Ondanks dat de bijeenkomsten als constructief werden ervaren, is het wenselijk om scherper te duiden wat de rol van Make-atons is in het gehele proces. Als het doel is om verdieping te creëren, dan zijn wellicht meer klimaatopgave-gecentreerde Make-atons bruikbaarder dan bijeenkomsten waar breed geïnteresseerden kunnen aansluiten. Wanneer het doel draagvlak of kennisoverdracht is dan is het uitnodigen van een brede groep belangstellenden wenselijker. Dit liep in het proces nogal eens door elkaar waardoor inhoudelijke experts werden overstemd door enthousiaste betrokkenen. In een aantal gevallen resulteerde dit in zichtbare irritatie van de experts.

**Diversiteit aan experts**: Zowel de Make-atons als de expertbijeenkomsten vergen voldoende diversiteit aan expertise. Voor de vijftien gedefinieerde opgaven zijn verschillende typen experts nodig om een goed beeld te krijgen van de adaptatieopties.

## 5.4 Proces

**Gezamenlijk procesarchitectuur inrichten:** Het opstartproces verliep traag, deels omdat we in de zomer zijn begonnen. Daarnaast bleef het lange tijd onduidelijk wie waarvoor verantwoordelijk was. Om dit in de toekomst te voorkomen, is het zinvol om aan het begin van het traject duidelijk de taken en verantwoordelijkheden vast te leggen: wie doet wat en wanneer.

# Referenties

## Referenties hoofdstuk 2


Bednar-Friedl, B., R. Biesbroek, D.N. Schmidt, P. Alexander, K.Y. Børsheim, J. Carnicer, E. Georgopoulou, M. Haasnoot, G. Le Cozannet, P. Lionello, O. Lipka, C. Möllmann, V. Muccione, T. Mustonen, D. Piepenburg, and L. Whitmarsh, 2022: Europe. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817-1927, doi:10.1017/9781009325844.015.

Muccione, V., Haasnoot, M., Alexander, P., Bednar-Friedl, B., Biesbroek, R., Georgopoulou., E., Le Cozannet., G., and D. Schmidt (2024) Adaptation pathways for effective responses to climate change risks. Wires Climate Change


## Referenties hoofdstuk 3.1 (zie bijlage 2)

## Referenties hoofdstuk 3.2


Bjorksten B, Clayton T, Ellwood P, Stewart A, Strachan D. Worldwide time trends for symptoms of rhinitis and conjunctivitis: Phase III of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood. Pediatr Allergy Immunol. 2008;19:110-24

Cariñanos P, Casares-Porcel M. Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. Landsc Urban Plan. 2011;101(3):205-214.

Cariñanos P, Casares-Porcel M, Quesada-Rubio JM (2014). Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. Landsc Urban Plan. 2014;123:134-144.

Cariñanos P, Adinolfi C, de la Guardia CD, De Linares C, Casares-Porcel M (2016). Characterization of allergen emission sources in urban areas. J Environ Qual. 2016;45(1):244-252

Cariñanos P, Casares-Porcel M, Díaz de la Guardia C, et al. Assessing allergenicity in urban parks: A nature-based solution to reduce the impact on public health. Environ Res. 2017;155(March):219-227.

Cariñanos P, Grilo F, Pinho P, et al. Estimation of the allergenic potential of urban trees and urban parks: Towards the healthy design of urban green spaces of the future. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(8).

Climate Proof Cities (2014). Factsheet Hittestress. https://www.tno.nl/media/3959/factsheet- hittestress.pdf

Hertzen, von, L, Haahtela T. Signs of reversing trends in prevalence of asthma. Allergy. 2005;60:283- 92

Huynen M, van Vliet A, Staatsen B, Hall L, Zwartkruis J, Kruize H. Kennisagenda Klimaat En Gezondheid. Den Haag; 2019.

KNMI (2006). KNMI'06-klimaatscenario's: Klimaat in de 21e eeuw; vier scenario's voor Nederland

KNMI (2014). KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland. KNMI (2023). KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland.

Lucassen, D. (2019). Hooikoorts beïnvloed door klimaatverandering. KNMI-klimaatbericht. https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/hooikoorts-beinvloed-door- klimaatverandering#:~:text=Door%20de%20aanhoudend%20hoge%20temperatuur,dagen%20verleng d%20(figuur%202).

PBL (2023). RUIMTELIJKE VERKENNING 2023 VIER SCENARIO'S VOOR DE INRICHTING VAN NEDERLAND IN 2050.

PBL (2024). KLIMAATRISICO'S IN NEDERLAND. De huidige stand van zaken.

Ree, van der, J., C. Betgen, C. Boomsma, A. van Dijk, L. Hall, D. Houweling, J. Limaheluw, K. Rijs (2022) Plan van aanpak Onderzoeksprogramma Klimaatverandering en gezondheidseffecten. RIVM- rapport 2022-0030.

RIVM (2014). Effecten klimaat op gezondheid Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016). RIVM rapport 2014-0044

RIVM (2019). Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte. RIVM Briefrapport 2019-0008. DOI 10.21945/RIVM-2019-0008
RIVM (2023). Factsheet Klimaatadaptatie Groen en Allergenen. https://www.rivm.nl/media/240131
RIVM (2024). Gezondheidseffecten van klimaatverandering. Actualisatie van de huidige klimaatrisico's voor gezondheid. DOI 10.21945/RIVM-2023-0324
SCP (2019). Zorgen voor thuiswonende ouderen. Kennissynthese over de zorg voor zelfstandig wonende 75-plussers, knelpunten en toekomstige ontwikkelingen
Spijker J.H., C.M.J. Jacobs, G. Mol, 2019. Aanpak hittestress Harderwijk. Wageningen Environmental Research, Rapport .
Velasco-Jiménez MJ, Alcázar P, Valle A, et al. Aerobiological and ecological study of the potentially allergenic ornamental plants in south Spain. Aerobiologia (Bologna). 2014;30(1):91-101.
Weger, de, L.A (2008). Pollenallergie in Nederland. Ned Tijdschr Klin Chem Labgeneesk 2008; 33: 21- 25
Weger, de, L.A., Hiemstra, P.S. (2009) Klimaatverandering en pollenallergie in Nederland. NED TIJDSCHR GENEESKD. 2009;153:A1410.
WHO (2016). Preventing disease through healthy environments A global assessment of the burden of disease from environmental risks. ISBN 978 92 4 156519 6

## Referenties hoofdstuk 3.3

Archeologist 4 Future. (2024). Klimaatverandering & Archeologie. De paradox van een trage reactie en een enorm, urgent probleem – wat nu en wie is aan zet? .
Blavier, C. L. S., Huerto-Cardenas, H. E., Aste, N., Del Pero, C., Leonforte, F., & Della Torre, S. (2023). Adaptive measures for preserving heritage buildings in the face of climate change: A review. Building and Environment, 245, 110832. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110832
DeSilvey, C. (2017). Curated decay: Heritage beyond saving. U of Minnesota Press.
EU. (2022). Strengthening cultural heritage resilience for climate change – Where the European Green Deal meets cultural heritage. https://data.europa.eu/doi/10.2766/44688
Fatoric, S., & Biesbroek, R. (2020). Adapting cultural heritage to climate change impacts in the Netherlands: barriers, interdependencies, and strategies for overcoming them. Climatic change. https://doi.org/10.1007/s10584-020-02831-1
Google. (no date). Heritage on the Edge. Retrieved 24-10-2024 from https://artsandculture.google.com/project/heritage-on-the-edge
Holtorf, C. (2024). The Climate Heritage Paradox – how rethinking archaeological heritage can address global challenges of climate change. World Archaeology, 1-14. https://doi.org/10.1080/00438243.2024.2320122
Huisman, D., & Mauro, G. (2012). The never-ending story? The lessons of fifteen years of archaeological monitoring at the former island of Schokland. Conservation and Management of Archaeological Sites, 14(1-4), 406-428.
ICOMOS. (2019). The Future of Our Pasts: Engaging cultural heritage in climate action Outline of Climate Change and Cultural Heritage. http://openarchive.icomos.org/id/eprint/2459/
IPCC. (2022). Annex II: Glossary [Möller, V., R. van Diemen, J.B.R. Matthews, C. Méndez, S. Semenov, J.S. Fuglestvedt, A. Reisinger (eds.)]. In Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)] (pp. 2897–2930). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844.029
Muns, M. (2022). 'Waardevol erfgoed verpulvert waar je bij staat'. De impact van droogte en klimaatverandering op de archeologie. Retrieved 24-10-2024 from https://www.nemokennislink.nl/publicaties/waardevol-erfgoed-verpulvert-waar-je-bij-staat/
PBL. (2023). Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke verkenning 2023.
PBL (2023) Ruimtelijke verkenning 2023. Planbureau voor de Leefomgeving
Pearson, J., Jackson, G., & McNamara, K. E. (2023). Climate-driven losses to knowledge systems and cultural heritage: A literature review exploring the impacts on Indigenous and local cultures. The Anthropocene Review, 10(2), 343-366. https://doi.org/10.1177/20530196211005482

Raad van Europa. (2005). De Waarde van Cultureel Erfgoed voor de Samenleving.
RCE. (2020). Stappenplan Klimaatstresstest. https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/water-en-klimaat/klimaatstresstest/stappenplan-klimaatstresstest
RCE. (2023). Cultureel Erfgoed – Huidige risico's. Nationale Adaptatiestrategie 2022-2026.
RCE. (januari 2024). Klimaatrisico's voor het Nederlandse erfgoed. Retrieved 24-10-2024 from https://storymaps.arcgis.com/stories/02252ae6ffcc4e178577eab18ff59035
Seekamp, E., & Jo, E. (2020). Resilience and transformation of heritage sites to accommodate for loss and learning in a changing climate. Climatic change, 162(1), 41-55. https://doi.org/10.1007/s10584- 020-02812-4
Teruel Cano, D., Fatorić, S., & Manders, M. (2020). The impacts of climate change on cultural heritage in the Netherlands. A preliminary assessment of exposure. https://doi.org/10.4233/uuid:73f6506d- c07e-481a-8f43-735a5ea87a43
Westeijn, T. (2023). De toekomst van het verleden. Erfgoed en klimaat. Uitgeverij Prometheus. Zwegers, B. (2024). Erfgoed in Zwaar Weer. Limburgs erfgoed in tijden van klimaatverandering.

## Referenties hoofdstuk 3.4

https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2021/07/01/klimaatverandering-en-het-mobiliteitssysteem
https://rwsinnoveert.nl/
https://open.overheid.nl/documenten/ronl-a994861124ab3792b56a06cc87cf1ec461edb5e8/pdf
https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/03/29/202242087-1-bijlage-bij-kamerbrief-rws-uitvoeringsagenda-klimaatbestendige-netwerken
https://www.kimnet.nl/publicaties/publicaties/2021/07/01/bijlage-rapport-klimaatverandering-en-het-mobiliteitssysteem

## Referenties hoofdstuk 3.5

https://open.overheid.nl/repository/ronl- 48e37e0ca37e74af0bb6e7af0f785bde8b9369b5/1/pdf/202242087-1-bijlage-bij-kamerbrief-rws- uitvoeringsagenda-klimaatbestendige-netwerken.pdf
https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/03/18/bijlage-nationaal-water-programma-2022-2027

## Referenties hoofdstuk 3.6

https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/11/17/bijlage-2-nationaal-uitvoeringsprogramma-klimaatadaptatie-nup-ka
https://nas-adaptatietool.nl/

# Bijlage1 Protocol voor het ontwerpen en valideren van adaptatiepaden voor de NAS op basis van de KIN Make-atons

## ACHTERGROND

Dit document beschrijft kort de belangrijkste stappen om tot evidence-informed adaptatiepaden te komen voor de NAS 2026. Het document bestaat uit vier delen.

- Deel 1 beschrijft beknopt de methode van dataverzameling om mee aan de slag te gaan in deel 2 en 3. Deel 1 wordt uitgevoerd door kernteam, opgavetrekker en (eventuele) externe experts
- Deel 2 beschrijft de methode om de adaptatiepaden te ontwikkelen, op basis van de huidige situatie vooruitkijkend. De paden worden ontwikkeld door het kernteam in samenwerking met de opgavetrekker en voorgelegd aan de experts
- Deel 3 beschrijft de methode om de adaptatiepaden te ontwikkelen op basis van de gewenste toekomst en wat er nodig is om daar te komen. De paden worden ontwikkeld door het kernteam in samenwerking met de opgavetrekker en voorgelegd aan de experts
- Deel 4 beschrijft de methode om de adaptatiepaden samen te voegen en te valideren. Het kernteam zal een eerste aanzet doen, maar de laatste Make-aton zal in het teken staan van deze stap.
- Sommige stappen zijn al aan bod gekomen tijdens de laatste KIN Make-aton. Het gaat er nu om dat deze inzichten systematisch wordt nagelopen en er wetenschappelijke onderbouwing en waar mogelijk praktijkvoorbeelden bij worden gezocht.

## DEEL 1: DATAVERZAMELING

Doorloop onderstaande stappen om tot een ingevulde dataverzamelingstabel te komen. De template voor de tabel is als los document beschikbaar:

**Stap 1: identificeer de belangrijkste klimaatrisico's voor de betreffende opgave.**
Voor iedere opgave kunnen meerdere klimaatrisico's bestaan, maar voor het identificeren van adaptatiepaden is het belangrijk om per risico aan de slag te gaan. Deze kan in overleg met de opgavetrekker worden bepaald, bijvoorbeeld op basis van eerdere analyses voor Nederland zoals PBL (2024) Klimaatrisico's in Nederland: De huidige stand van zaken. (https://www.pbl.nl/publicaties/klimaatrisicos-in-nederland)
Het helpt in deze fase ook wanneer bestaande doelstellingen worden vastgelegd en meegenomen.

Gebruik voor ieder geselecteerd klimaatrisico een ander tabblad in de dataverzamelingstabel. Schets kort wat de klimaatrisico's omvatten.

**Stap 2: identificeer relevante adaptatieopties voor ieder van de gekozen klimaatrisico's**
Om tot adaptatiepaden te komen is het belangrijk om mogelijk relevante adaptatieopties te identificeren. Tijdens de Make-aton zijn verschillende adaptatieopties geïdentificeerd. In deze stap worden de adaptatieopties verder verkend en geclusterd.

- Maak gebruik van de wetenschappelijke literatuur, de uitkomsten van de Make-aton en huidige adaptatiemaatregelen om tot een omvattende lijst van mogelijke adaptatieopties voor het klimaatrisico te komen.
- Kies adaptatieopties waar voldoende kennis en ervaring over is gedocumenteerd (dit is belangrijk voor stap 3). Zoek naar diversiteit in het type adaptatieopties (niet alleen maar harde, technische ingrepen).
- Voorkom dat adaptatieopties te algemeen zijn, bijvoorbeeld 'klimaatrobuust bouwen' is te abstract voor een adaptatiepad.
- Zorg dat de maatregelen niet te kleinschalig of gedetailleerd zijn.
- Probeer de adaptatieopties te clusteren in 3-5 groepen. Iedere groep van adaptatieopties moet uit minimaal 3 maatregelen bestaan.
- Beschrijf in 1-2 zinnen iedere adaptatieoptie op een nieuwe rij in de dataverzamelingstabel.

**Stap 3: bepaal de effectiviteit van de gekozen adaptatieopties**
Voor iedere adaptatieoptie is het vervolgens belangrijk om de effectiviteit te bepalen. Onder effectiviteit wordt hier verstaan het potentieel van een maatregel om het betreffende risico te verlagen of weg te nemen. Idealiter wordt het vaststellen van de effectiviteit gedaan op basis van wetenschappelijke literatuur en is dit gekwantificeerd voor een tijdsperiode en mate van opwarming. Omdat dit in de praktijk vaak lastig blijkt, vragen we om op basis van de beschikbare wetenschappelijke literatuur en expertise van de betrokken experts een inschatting te maken.

- 'Hoog' (de adaptatieoptie heeft de potentie om >75% van het totale risico te verminderen)
- 'Midden' (de adaptatieoptie heeft de potentie om 25-75% van het totale risico te verminderen
- 'Laag' (de adaptatieoptie heeft de potentie om <25% van het totale risico te verminderen)

In sommige gevallen is het eenvoudiger om per adaptatieoptie de effectiviteit te omschrijven als het reduceren van de kans, of het reduceren van de gevolgen. In de tabel is hiervoor de ruimte

Maak voor iedere adaptatieoptie een inschatting en documenteer welke recente wetenschappelijke bronnen (gepubliceerd na 2016) en praktijkvoorbeelden zijn gebruikt.

Gebruik het veld 'opmerking over effectiviteit' om meer details te geven, bijvoorbeeld over de maximale temperatuurstijging waarbij de maatregel nog effectief is.

**Stap 4: bepaal de haalbaarheid van de adaptatiemaatregel**
Sommige maatregelen zijn heel effectief maar nauwelijks haalbaar of maatregelen zijn makkelijk uit te voeren maar deze zijn beperkt effectief. Bepalen van de haalbaarheid van iedere adaptatieoptie is daarom een belangrijke stap in het bepalen van de benodigde oplossingsruimte.

Haalbaarheid bestaat uit de volgende 6 dimensies:

- Economische/ financiële haalbaarheid: bijvoorbeeld wat zijn de economische kosten/baten van de maatregel? (hoge kosten = lage economische haalbaarheid)
- Technische haalbaarheid: bijvoorbeeld is de technologie voldoende beschikbaar om nu al te implementeren?
- Politiek-bestuurlijke haalbaarheid: bijvoorbeeld is er voldoende politiek draagvlak voor de adaptatie optie, past het binnen bestaande juridische kaders?
- Maatschappelijke haalbaarheid: bijvoorbeeld is er voldoende maatschappelijk draagvlak voor de optie?
- Ecologische haalbaarheid: bijvoorbeeld is de optie nu en in de toekomst op ecologische gronden haalbaar?
- Fysiek-ruimtelijke haalbaarheid: claimt de optie niet te veel ruimte? Vergt de optie bepaalde fysische omstandigheden?

Idealiter wordt de haalbaarheid vastgesteld op basis van wetenschappelijke literatuur, maar net als het bepalen van de effectiviteit (stap 4) is het mogelijk om hierbij een inschatting door de experts te gebruiken.

Voor ieder van de geïdentificeerde adaptatieopties kunnen de zes dimensies worden gescoord als volgt:
- 'Haag' (deze dimensie maakt het erg lastig de maatregel te implementeren)
- 'Midden' (deze dimensie zorgt voor wat obstakels om de maatregel te implementeren)
- 'Hoog' (er zijn voor deze dimensie weinig obstakels om de maatregel te implementeren)

Gebruik het veld 'opmerking over haalbaarheid om meer details te geven, bijvoorbeeld of een van de dimensies zwaarder weegt of doorslaggevend is.

**Stap 5: bepaal de aanlooptijd**
Sommige maatregelen zijn relatief snel te implementeren, waarbij anderen veel meer tijd zullen kosten. Het bepalen van de aanlooptijd (de tijd dat het duurt voordat een maatregel is geïmplementeerd) is belangrijk in het bepalen wanneer er moet worden gestart met het voorbereiden van de maatregel.
- 'Snel' (<2 jaar)
- 'Gemiddeld' (2-10 jaar)
- 'Lang' (>10 jaar)

Omdat hier weinig literatuur over te vinden is, kun je gebruikmaken van de experts in het vaststellen van de aanlooptijd.

## DEEL 2: ADAPTATIEPADEN (VOORUITKIJKEND)

Als een set adaptatieopties voor een bepaald risico bekend is, kun je paden gaan genereren. Maak eerst aparte adaptatiepaden per risico en kijk daarna naar interacties. Maatregelen moeten specifiek zijn en effect hebben op het risico. Begin met adaptatiepaden vanuit het perspectief van een social planner, die verschillende actoren meeneemt. Dat betekent dat we initieel niet rekening houden met wie wat doet, en vooral maatregelen doordenken van overheden. Interacties tussen maatregelen van verschillende actoren kan later.

Adaptatiepaden maken kan door systematisch maatregelen in een volgorde te zetten en/of met verhaallijnen. Uiteraard dient hier rekening gehouden te worden met padafhankelijkheid (zijn er maatregelen die eerst moeten, of later niet meer mogelijk zijn).

Verhaallijnen beschrijven, korte-, midden- en langetermijn maatregelen en redenen om over te stappen. Met 3 tot 4 maatregelen in een pad kom je de tijd-horizon wel door. Als dat niet zo is, kun je grotere maatregelen er in zetten of portfolio van maatregelen. Als er te veel paden ontstaan en het wordt te complex moet je gaan versimpelen. Kun je een beperkt aantal hoofdstrategieën bedenken, of maatregelen die vaak samen worden genomen in een groepje meenemen? Het is altijd mogelijk een versimpeld pad weer op te splitsen of later in een aparte padenkaart weer in te zoomen. Het maken van een aantal verhaallijnen helpt met het creëren van logische paden en geeft inzicht in hoe het zou kunnen.

Met systematisch paden genereren bedoelen we dat je alle mogelijke volgordes bekijkt waarbij rekening wordt gehouden met padafhankelijkheid, en dat je typisch begint met low-regret maatregelen die nuttig zijn in alle toekomst en dat je maatregelen die alleen nodig zijn bij veel klimaatverandering bewaart voor later, mocht het nodig zijn. Vaak is het spelen met de visualisatie om te zorgen dat lijnen niet te veel door elkaar gaan. Het helpt om maatregelen die bij elkaar in een groep/categorie zitten (stap 2 deel 1) ook bij elkaar te zetten in het pad Een typisch pad is immers te gaan stapelen met deze maatregelen.

Voor de NAS kunnen we de paden als volgt gaan maken:

1. Begin met verhaallijn: Beschrijf 3-5 mogelijke paden van 3 tot 4 maatregelen. Denk bijvoorbeeld: waar zou je typisch mee kunnen beginnen, wat is dan een volgende stap, en wat zou daarna gedaan kunnen worden als het klimaat nog verder verandert. Bedenk een andere optie voor de laatste stap, en voor de tweede stap. Maak nog een verhaallijn, maar dan met een andere eerste stap. Gebruik hierbij de input van de bijeenkomst. Je kunt ook aan de experts en opgavetrekker een paar verhaallijnen vragen.
2. Zet de maatregelen op de x-as, waarbij de maatregelen van 1 groep bij elkaar staan. De huidige situatie hoort er ook bij. Geef deze maatregelen een vergelijkbare kleur. Grotere maatregelen staan verder weg aan de buitenkant van de visualisatie. Maatregelen die tegenovergesteld zijn en een grote verandering zouden zijn, staan ook van elkaar vandaan.
3. Maak een y-as met de driver (toename extreme neerslag, zeespiegelstijging, lage afvoeren, temperatuur).
4. Voeg nu voor iedere maatregel een balk toe tot welke verandering de maatregel effectief is, corresponderend met laag, midden, hoog uit de tabel van deel 1. Als je meer variatie wil aanbrengen kan dat. We focussen op de relatieve effectiviteit. Een maatregel die het risico meer beperkt en meer verandering aan kan, heeft een langere balk dus. Daarna kun je maatregelen gaan combineren en/of in volgorde zetten. Als beide maatregelen geïmplementeerd blijven, komen er 2 parallelle lijnen, en als een maatregel vervangen wordt door iets groters, dan 1 kleur lijn.
5. Voeg eerst de paden uit de verhaallijnen toe. Kijk dan welke mogelijkheden er nog meer zijn. Als het te veel is, kun je gaan versimpelen zoals boven beschreven, of paden die niet heel waarschijnlijk zijn, lichtere achtergrondkleur geven.
6. Bedenk nu wat de paden zeggen over de korte- en langetermijn maatregelen. Zijn er voldoende opties voor de lange termijn? Is er meer nodig? Mis je maatregelen? Welke maatregelen zijn nodig om de paden haalbaar te houden/krijgen? Dat kunnen (vaak kortetermijn-) maatregelen zijn om de oplossingsruimte te vergroten. Dit kan opgeschreven worden en mogelijk ook nog in een soort tekst boxen als toelichting aan de paden worden toegevoegd. Die kun je beschrijven De visualisatie van paden is niet een doel op zich.

Belangrijke opties, maar waar weinig kennis is over de effectiviteit (deel 1 stap 3) kunnen in de adaptatiepadenkaart weergegeven worden met onzekere lengte van het pad, of zonder als dit niet in te schatten is.

Na het uitvoeren van deel 3 kunnen de paden aangevuld worden.
Adaptatiepaden zijn geen doel op zich, maar informeren over kortetermijnmaatregelen, langetermijnopties, kritische beslissingen en noodzakelijke innovaties of andere maatregelen (bijv. Wetgeving).

## DEEL 3: ADAPTATIEPADEN (TERUGKIJKEND)

**Stap 1: Terugkijken vanuit toekomstbeelden**
Kijk vanuit de PBL-scenario's terug naar het heden en verken welke mijlpalen en maatregelen er op verschillende momenten in de tijd (mijlpalen/subdoelen) nodig zijn om bij de gewenste toekomstige situatie te komen?

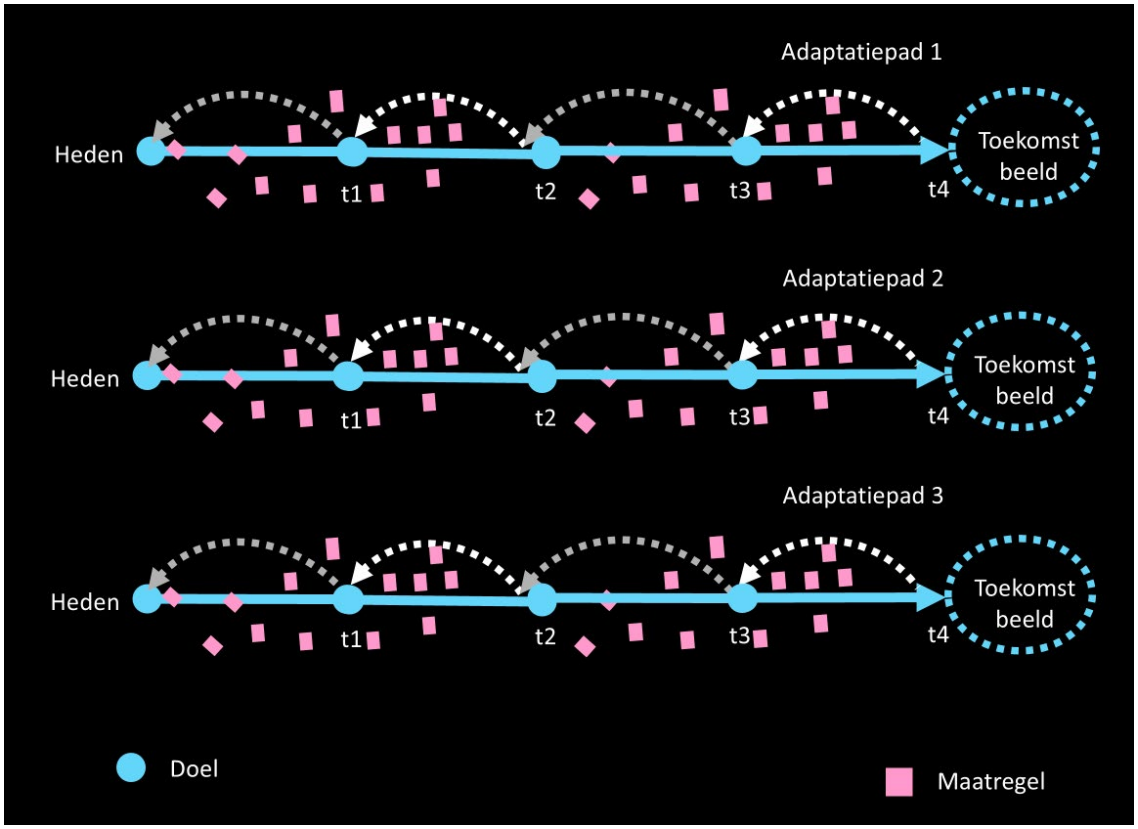
**Stap 2: Inventarisatie maatregelen**
Analyseer naar welke gewenste toekomstige situatie wordt gestreefd in de PBL-scenario's, en wat is daarvoor nodig om die te bereiken.

Bepaal welke korte-, middellange- en langetermijn maatregelen uit deel 2 bijdragen aan het bereiken van de gewenste toekomstige situatie.

**Stap 3: Backcasten**

- Formuleer tussentijdse doelen en mijlpalen om de gewenste toekomstige situatie te bereiken.
- Verken welke opties (maatregelen) logischerwijs in de tijd bijdragen aan de verwezenlijking van de tussentijdse doelen en mijlpalen.
- Bepaal de volgordelijkheid en wederzijdse afhankelijkheid van de opties in de tijd: welke maatregel moet eerst en welke kan later? Hierdoor ontstaat een adaptatiepad.
- Bepaal welk risico's (zie stap 1 uit deel 1) van invloed zijn op de haalbaarheid en effectiviteit (zie stap 2 en 3 uit deel 1) van de maatregelen
- Als het risico de haalbaarheid en effectiviteit negatief beïnvloedt, bepaal een overstapmoment naar een alternatief adaptatiepad om de tussentijdse doelen en mijlpalen te behalen.

*Figuur 7-1: Visualisatie Backcasting*




## DEEL 4: SAMENVOEGEN EN VALIDEREN VAN DE ADAPTATIEPADEN

**Stap 1: Verken synergiën of tegenstrijdigheden**

- Leg de adaptatiepaden van de thema's naast elkaar en identificeer gemeenschappelijke risico's
- Identificeer of er grote mate van synergie en/of tegenstrijdigheid (versterkende of belemmerende maatregelen) ontstaat tussen de adaptatiepaden waar in de uitvoering rekening mee moet worden gehouden.
- Bepaal of een aangepaste timing van maatregelen de mate van tegenstrijdigheid vermindert of synergie vergroot.

**Stap 2: Valideer adaptatiepaden**

Validatie geeft meer duiding aan de mogelijke maatregelen, aan de belangrijkste keuzes en gewenste effecten.

- Kijk naar de bestaande oplossingsruimte: Hoe kunnen we dit realiseren? Wat is er nodig? Wat is mogelijk?
- Verken maatregelen die binnen de realistische oplossingsruimte vallen.

# Bijlage 2: MEMO HKV

| | |
|---|---|
| Aan: | Betrokken experts |
| Van: | Bas Kolen, Dorien Lugt (HKV) |
| Datum: | 24 oktober 2024 |
| Projectnummer: | PR5292.10 |
| Onderwerp: | Adaptatiepaden |

# Inhoudsopgave


**1. Inleiding** 63
1.1 Aanleiding 63
1.2 Doelstelling en afbakening 63
1.3 Aanpak 64

**2. Bepalen klimaatrisico wateroverlast** 65
2.1 Definitie wateroverlast 65
2.2 Al 'geaccepteerde' risico's 66
2.3 Perceptie van risico 67
2.4 Adaptatie ambitie: reduceer de toename van het risico 68

**3. Mogelijke adaptatiemaatregelen voor risicoreductie** 71

**4. Bepalen risico reductie en haalbaarheid van maatregelen** 73
4.1 Werkwijze voor afleiden risico reductie 73
4.2 Werkwijze voor afleiden haalbaarheid 74
4.3 Maatregelen gericht op het verkleinen van de kans van voorkomen 74
4.4 Maatregelen combineren 76

**5. Adaptatiepad op basis van forecasting** 78

**6. Adaptatiepad op basis van backcasten** 79
6.1 Stedelijke modelgebied 80
6.2 Modelgebied polder 82

**7. Bevindingen** 84
A.1 Huidige ontwerpcriteria model stedelijk gebied 86
A.2 Huidige ontwerpcriteria en standaardwaarden van een model polder 87
A.3 Bestaande ambitie als onderdeel klimaatambitie 87
A.4 Klimaatambitie als onderdeel klimaatambitie 88
A.5 Maatregel Water vasthouden 89
A.6 Maatregel bergen 91
A.7 Maatregel afvoeren 93
A.8 Maatregel crisisbeheersing 95
A.9 Maatregel ruimtelijke inrichting gebouwde omgeving 97
A.10 Sneller herstel 100

# 1. Inleiding

Het klimaat veranderd, hierdoor neemt de kans op wateroverlast toe. Welke keuzes kunnen we nu maken om ons minder kwetsbaar te maken. Wat kunnen we verwachten van keuzes in het ruimtelijke domein door de gevolgen te beperken. Of is het mogelijk ook nog het watersysteem aan te passen. De ontwikkelde adaptatiepaden geven input aan de verdere uitwerking van de adaptatieopgave voor de situatie in 2100. De paden laten de effectiviteit in termen van risico reductie van de 'adaptatie opgave' zien. Echter alle maatregelen vragen ook een inspanning en hebben impact, zoals ruimtebeslag, op de omgeving. Zo zijn er geen makkelijke maatregelen, maar zijn er wel keuzes nodig over hoe we omgaan met deze grotere gevolgen. De haalbaarheid van deze verschillende maatregelen is ook grof geschat. De paden zijn een hulpmiddel voor de uitwerking in de praktijk, het is dan mogelijk om verschillende pakketten van daadwerkelijke oplossingen te beschouwen gegeven de lokale kenmerken en de adaptatiepaden te concretiseren. Ook kunnen dat extremere ingrepen worden beschouwd waarin bepaalde risico's worden geaccepteerd, of vormen van grondgebruik actief worden verplaatst.

## 1.1 Aanleiding

In opdracht van het Regieorgaan Klimaatonderzoek Innovatief Nederland (KIN), namens het Ministerie van I&W, is gevraagd adaptatiepaden voor wateroverlast uit te werken voor de Nationale Adaptatiestrategie (NAS). In dit memo presenteren we de wijze waarop de adaptatiepaden voor wateroverlast zijn uitgewerkt op basis van het opgestelde protocol voor het ontwerpen en valideren van adaptatiepaden. Naast wateroverlast zijn nog vier thema's uitgewerkt; gezondheid, cultureel erfgoed, personen/goederen infrastructuur, energie-infrastructuur.

Tijdens het uitwerken van de adaptatiepaden zijn de volgende stappen doorlopen conform het protocol:
1. Bepalen klimaatrisico wateroverlast.
2. Bepalen mogelijke adaptatiemaatregelen.
3. Bepalen effectiviteit van de adaptatiemaatregelen.
4. Bepalen haalbaarheid van de adaptatiemaatregelen.
5. Bepalen aanlooptijd van de adaptatiemaatregelen.
6. In dit memo beschrijven we deze vijf stappen inclusief de opgestelde adaptatiepaden aan de hand van forecasting en backcasting.

## 1.2 Doelstelling en afbakening

Het doel is het opstellen van adaptatiepaden voor wateroverlast door piekbuien aan de hand van typologieën van maatregelen. Deze paden zijn opgesteld op basis van forecasting en backcasting gebruikmakend van toekomstscenario's zoals opgesteld door het PBL.

In het onderzoek is uitgegaan van een sterk geschematiseerd en versimpelde beschrijving van wateroverlast in een 'model stedelijk' en 'model landelijk gebied'. Deze beschrijving geeft de mogelijkheid om de orde grootte van de effecten en haalbaarheid te bespreken. In de praktijk kunnen effecten natuurlijk net wat anders zijn door lokale kenmerken. De adaptatiepaden en de redeneerlijn kunnen hierbij ook eenvoudig worden bijgesteld. We verwachten echter dat het globale beeld van de effectiviteit, haalbaarheid en knikpunten hierdoor niet veranderd. De paden geven dan vooral inzicht in de mogelijke richtingen van oplossingen.

De maatregelen zijn beoordeeld op basis van de risicoreductie. Hierbij is eerst een ambitie bepaald als gevolg van klimaatverandering. De risicoreductie is beoordeeld aan de hand van deze ambitie, het risico kan reduceren door ofwel de kans van voorkomen te verkleinen ofwel de gevolgen.
Vervolgens is een bredere beschouwing gegeven van de haalbaarheid aan de hand van andere thema's.

In de paden zijn ook verschillende soorten maatregelen naast elkaar gezet. Deze maatregelen zijn vaak uitwisselbaar en kunnen in bijna alle gevallen als combinatie worden uitgevoerd.

Echter het effect op het risico is niet altijd zomaar te combineren. Je kan bijvoorbeeld maar één keer schade voorkomen. Sommige maatregelen hebben ook een bovengrens in de te behalen risicoreductie. Dit wordt een knikpunt genoemd. Iedere maatregel heeft ook andere consequenties waardoor er dus (politieke) keuzes mogelijk zijn. Geen enkele maatregel kan het risico tot 0 reduceren.

## 1.3 Aanpak

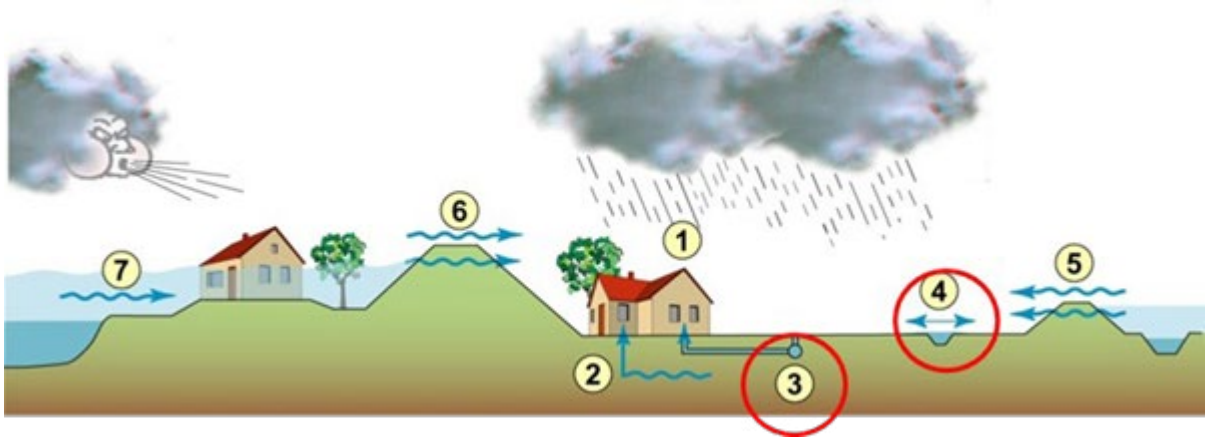
De opgestelde redeneerlijnen en inschattingen zijn getoetst aan experts, de inschattingen zijn verwerkt in deze notitie. Alle experts hebben ruime ervaring in het waterbeheer.

# 2. Bepalen klimaatrisico wateroverlast

## 2.1 Definitie wateroverlast

Wat is wateroverlast? De een denkt daarbij aan de beelden van Valkenburg, in de zomer van 2021. Een ander zal denken aan ondergelopen kelders. De gevolgen van een dijkdoorbraak worden niet als wateroverlast beschouwd, dat is een overstroming. Aan de hand van Figuur 1 leggen we uit wat er wél en wat er niet onder wateroverlast wordt verstaan. In dit figuur zijn verschillende manieren te zien waarop water tot schade of overlast kan leiden.

*Figuur 1 Manieren waarop water tot schade of overlast kan leiden.*




*(Bron: Klopstra, D. & Kok, M. (2009). Van Neerslag tot Schade. Eindrapport. STOWA.)*

Er is sprake van wateroverlast wanneer water door piekbuien of langdurige regen op ongewenste plekken komt te staan via land of onderdelen van het watersysteem. Hierbij is de aanvoer van water hoger dan de afvoer, waardoor tuinen en landbouwvelden kunnen onderlopen, water in huizen binnendringt of wegen onbegaanbaar worden. Wateroverlast is hiermee een brede verzamelterm die verwijst naar situaties waarin mensen of instanties overlast ondervinden als gevolg van te veel water. Hierbij gaat het vaak om een geringe waterdiepte, waardoor een beperkte materiele schade ontstaat. Wateroverlast heeft in het algemeen een grotere kans op voorkomen dan een overstroming.

We spreken van wateroverlast als er zoveel extreme neerslag valt, dat het stedelijk of regionale watersysteem[1] overbelast raakt en daardoor overstromingen of inundaties ontstaan. Nummer 3 geeft wateroverlast in het stedelijke systeem weer, nummer 4 wateroverlast in het regionale systeem. Schade door hoge grondwaterstanden (nummer 2) is ook wateroverlast maar deze wordt veelal niet veroorzaakt door extreme piekbuien maar door langdurige natte periodes (of beheermaatregelen).

De overige nummers vallen ook niet onder wateroverlast; een doorbraak van een primaire (nummer 6) of regionale (nummer 5) waterkering wordt beschouwd als een overstroming waarbij waterkeringen bezwijken, dan wordt de overlast immers niet direct door de extreme regen bepaald. Ook schade door lekkages in gebouwen (nummer 1) valt er niet onder, net als bij grondwaterschade wordt het probleem namelijk niet veroorzaakt door een overbelasting van het watersysteem tijdens een extreme bui. Ook overstromingen van

1 Onder een watersysteem wordt het stelsel van watergangen, rioleren, drainage, gemalen, stuwen, berging (in polders en op maaiveld) verstaan dat erop gericht is om wateroverlast te voorkomen. Onder wateroverlast wordt hier verstaan het onderlopen van agrarisch gebied, natuur, infrastructuur en gebouwen.

buitendijks gebied (nummer 7) door hogere rivierafvoeren of stormvloeden worden niet als wateroverlast beschouwd. Het gaat hierbij om gronden langs de grote rivieren of kust die niet beschermd wordt door waterkeringen of hoge gronden, omdat het niet om een overbelasting door een lokale of regionale bui gaat, maar wordt veroorzaakt door hoogwater in een stroomgebied van de Rijn en Maas of bij een stormvloed langs de kust.

Wateroverlast gaat dus over overstromingen of inundaties die voortkomen uit een overbelasting van het stedelijke of regionale watersysteem door extreme neerslag. De omvang van de wateroverlast wordt, naast de hoeveelheid neerslag, ook bepaald door het patroon waarin deze neerslag valt in de ruimte en de tijd, de beschikbare berging in de bodem en het watersysteem, het grondgebruik en het functioneren van gemalen en bijvoorbeeld spuisluizen. In stedelijk gebied leiden kortdurende piekbuien van één tot enkele uren vaker tot wateroverlast, in het landelijk gebied zijn dat vaker langdurige buien van meerdere dagen. Voor de ontwikkeling van de adaptatiepaden kijken we zowel naar wateroverlast in stedelijke als regionale systemen.

## 2.2 Al 'geaccepteerde' risico's

Van oudsher worden in Nederland afwegingen gemaakt over hoe watersystemen in te richten, en wat acceptabele risico's zijn[2]. Dit heeft geleid tot normen en ontwerpkaders voor zowel stedelijke als regionale watersystemen, opgenomen in onderstaande paragrafen. Deze afwegingen zijn soms expliciet gemaakt (als bij de normen voor regionale wateroverlast) en soms impliciet als in het stedelijke waterbeheer waarbij in de loop der jaren een geaccepteerde aanpak is ontwikkeld op hoe we deze systemen ontwerpen en de wateroverlast kunnen verzekeren.

De eisen voor stedelijke systemen zijn vastgelegd in stedelijke waterbeheerplannen en variëren per gemeente. Voor regionale systemen zijn de eisen vastgelegd in een provinciale verordeningen.
Binnen DPRA zijn er recent ook 'stresstesten' en 'risicodialogen' bijgekomen waarbij de focus ligt op mogelijke blootstelling van objecten en de mate waarin deze 'acceptabel' is.

Dat betekent dat wateroverlast dus ook geaccepteerd is gegeven de eisen die we stellen aan inrichting van watersystemen. Bij het ontwerp van de watersystemen wordt hier dus ook rekening mee gehouden. Maatregelen worden niet zwaarder gedimensioneerd dan de eisen, en dus mag wateroverlast optreden. Zo zal in het stedelijk gebied er bij een gebeurtenissen van 1/100 per jaar sprake zijn van ondergelopen kelders, winkels en woningen. Deze risico's worden dus geaccepteerd, en schade door neerslag is ook verzekerd. Tegelijkertijd is deze wateroverlast wel ingrijpend voor mensen en bedrijven. Zeker als deze zich niet bewust zijn van het risico is het de vraag of men het risico dan wel accepteert.
In de Maatlat voor nieuwbouw is recent opgenomen dat er bij een 1/100 per jaar gebeurtenis geen wateroverlast mag optreden. Deze eis geldt dus niet voor bestaande bouw, en de maatlat is nog niet vertaald naar regionale verordeningen.

Voor nieuwbouw is de maatlat en het ruimtelijk afwegingskader opgesteld. Vitale objecten moeten in het kader van EU wetgeving (SER) ook nadenken over de eigen kwetsbaarheid en hoe deze te verkleinen. Financiële instellingen moeten rapporteren over de kwetsbaarheden.

2 Zie bijvoorbeeld: https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2024/04/09/bijlage-3-onderzoeksrapport- ruimtelijk-afwegingskader-klimaatadaptieve-omgeving en achtergrondnotitie wateroverlast van Deltares bij de PBL studie op https://www.pbl.nl/publicaties/klimaatrisicos-in-nederland.

## 2.3 Perceptie van risico

Twee elementen van neerslagstatistiek zijn van belang voor de perceptie van risico, het feit dat onze neerslagstatistiek per locatie geldt (het is puntstatistiek) en het feit dat statistiek altijd een gemiddelde beschrijft van een proces waarop ook toeval van invloed is. Beide noties zijn van belang voor de risicoperceptie van wateroverlast en lichten we hier toe.

### Puntstatistiek vs de kans op wateroverlast in Nederland

Ten eerste zijn onze ontwerpcriteria gedefinieerd als een geaccepteerde herhaaltijd voor specifieke vormen van wateroverlast op één locatie (puntstatistiek). We accepteren bijvoorbeeld eens per twee jaar water op straat op elke locatie. In een groter gebied, wijk, hele gemeente of zelfs een groter gebied, zal er dus vaker dan eens per twee jaar water op straat kunnen voorkomen omdat er meer 'punten' zijn. Een bui valt immers de ene keer op de ene en een andere keer op een andere plek. De ambitie wordt vertaald naar neerslaghoeveelheid die hoort bij deze herhaaltijd, waar een systeem op moet worden ingericht. Ook die neerslagstatistiek geldt per locatie, op iedere locatie in Nederland is er statistisch gezien eens per 100 jaar een bui van meer dan 31 mm in een uur. Omdat Nederland uit veel 'locaties' bestaat, zal zo'n bui toch een aantal keer per jaar voorkomen ergens in Nederland. Dit is voor velen tegen-intuïtief, waardoor soms de perceptie ontstaat van een grotere ambitie dan er volgens onze eigen afspraken is.

Hoe vaak een bui ergens in Nederland voorkomt is (nog) niet bekend. Dat hangt met name af van de gemiddelde schaalgrootte van buien, treft een bui heel Nederland of is hij heel lokaal? Dat hangt dan weer samen met onder andere de duur; buien van meerdere dagen zijn meestal grootschaliger dan buien van slechts een uur. Op dit moment loopt er een onderzoek bij HKV die de relatie tussen de schaalgrootte van buien en hun duur en intensiteit in beeld probeert te brengen, om deze vraag beter te kunnen beantwoorden. Voor ons is het antwoord op deze vraag niet relevant, omdat we de ontwerpcriteria per locatie beschouwen.

Voorbeeld:

- Als de gemiddelde grootte van een bui met herhaaltijd van 100 jaar 50 km2 is, dan verwachten we die ongeveer 8 maal per jaar in Nederland.
- Als de gemiddelde grootte 10 km2 is, verwachten we dit soort buien ongeveer 40 keer per jaar in Nederland.

### Toeval

Ten tweede is het belangrijk te onthouden dat het altijd toeval blijft waar een bui valt. Een bepaalde straat kan bij toeval 2 keer in korte tijd worden getroffen door een bui die we statistisch gezien maar eens per 10 jaar verwachten en daardoor vaker wateroverlast ervaren dan de norm voorschrijft. Dit betekent niet dat het systeem niet aan de norm voldoet, maar dat die locatie helaas 'pech' had. De neerslagstatistiek is dus leidend voor de vraag of een systeem aan de norm voldoet, deze geeft immers aan wat we statistisch verwachten met betrekking tot extreme neerslag/wateroverlast.

## 2.4 Adaptatie ambitie: reduceer de toename van het risico

De adaptatie ambitie geeft aan in welke mate het risico gereduceerd moet worden, een 100% reductie betekent dat de risico's weer op het niveau zijn van voor de klimaatverandering. We gaan ervan uit dat de klimaatverandering in de huidige situatie leidt tot een ambitie. De ambitie bestaat uit twee componenten: de klimaatverandering (klimaatambitie) en wat nodig is om aan de huidige eisen te voldoen (bestaande ambitie). De effectiviteit van maatregelen kan worden bepaald aan de hand van maatregelen die de kans van voorkomen verkleinen en maatregelen die de gevolgen verkleinen.

We gaan in ons beleid uit van een geaccepteerde herhaaltijd voor verschillende soorten wateroverlast. We dimensioneren onze systemen op de hoeveelheid regen die daar statistisch gezien bij hoort. Als we ervan uitgaan dat we dezelfde standaarden blijven hanteren, wordt de ambitie voor klimaatadaptatie bepaald door de verandering van die statistiek. Door klimaatverandering gaat het vaker en harder regenen. Er zijn twee manieren om dat uit te drukken: De uurneerslag die eens per 10 jaar voorkomt, nu 31 mm, neemt toe in mm. In de toekomst hoort er dus of:
1. een hoger aantal mm bij een uurneerslag met herhaaltijd van 10 jaar;
2. een kortere herhaaltijd bij een uurneerslag van 31 mm.

Omdat herhaaltijd leidend is in onze ontwerpen, gaan we uit van verandering van de hoeveelheid neerslag, bij gelijkblijvende herhaaltijd. Daarmee houden we zowel rekening met het feit dat het vaker en harder gaat regenen.

We bepalen de ambitie voor een eens per 100 jaar neerslaggebeurtenis, om het eenvoudig te houden. Wellicht kan er later nog naar andere herhaaltijden gekeken worden. De herhaaltijd van 100 jaar hoort zowel in landelijk als stedelijk gebied bij de ontwerpeis voor nieuwbouw en in landelijk gebied ook bij de inundatienorm voor bebouwing. De adaptatieambitie wordt bepaald door twee elementen:
- een ambitie die er nu al ligt, de huidige ambitie, omdat niet al onze systemen aan de huidige normen voldoen gegeven het huidige klimaat (zie bijlage A.3);
- de klimaatambitie, de toename in neerslag die we vanaf nu verwachten op basis van de klimaatscenario's (zie bijlage A.4).

De adaptatieambitie is gedefinieerd als een risicoreductie. Een effectiviteit van 100% betekent dat het risico weer dermate is afgenomen dat deze gelijk is aan de situatie voor klimaatverandering (en voldoet aan de gestelde eisen). Het risico kan worden gereduceerd door:
1. verlagen van de kans van voorkomen;
2. verlagen van de gevolgen.

### 2.4.1 Adaptatieambitie door verkleinen van de kans op wateroverlast

In Tabel 1 is de ambitie voor een gebeurtenis van 1 uur en 4 dagen opgenomen voor de hoeveelheid neerslag waarin de maatregel gericht op het verkleinen van de kans moet voorzien. We veronderstellen een lineaire relatie tussen het aantal millimeters en de gevolgen.

Een reductie van 100% (26 mm bij een 1 uur gebeurtenis en 35 mm bij een 4daagse gebeurtenis) betekent dat in de ambitie wordt voorzien. Een groter percentage dan 100% betekent dat het risico verder wordt gereduceerd.

*Tabel 1: Adaptatie ambitie in mm neerslag voor het verkleinen van het risico*

| | 1 uur gebeurtenis | 4 daagse gebeurtenis |
|---|---|---|
| Referentie bestaande ambitie | 45 mm[3] | 109 mm[4] |
| Huidige statistiek[5] | 58 mm | 128 mm |
| Statistiek voor 2100H[6] | 71 mm | 144 mm |
| **Ambitie** | **26 mm** | **35 mm** |

De adaptatieambitie is een combinatie van de reeds bestaande ambitie en de klimaatambitie. Voor landelijk gebied nemen we het verschil tussen statistiek in 2004 en 2023 als de bestaande ambitie. Volgens de statistiek uit 2004 was een 4-daagse gebeurtenis die eens per 100 jaar voorkwam 109 mm. In onze huidige statistiek is dat 128 mm, een toename van 19 mm definieert dus de bestaande ambitie. Bij het hoge scenario verwachten we in 2100 dat er eens per 100 jaar 144 mm valt, dat definiëren we als de klimaatambitie en die bestaat uit 16mm toename.

De verhouding tussen bestaande ambitie en klimaatambitie in landelijk gebied is dus grofweg 50/50.

Dat betekent echter niet dat de neerslag zelf tussen 2004 en 2023 evenveel veranderde als tussen 2023 en 2100 verwacht wordt. Bij de actualisatie van de statistiek die tussen 2004 en 2019 heeft plaatsgevonden, is reeds opgetreden toename in neerslag meegenomen. Dit betreft verandering in neerslag die al sinds de jaren ‘70 en ‘80 gaande was, maar die niet eerder was meegenomen bij het afleiden van de statistiek. De eens per 100 jaar neerslag was in 2004 dus onderschat en dat is bij deze actualisatie gecorrigeerd. De grote ‘sprong’ is dus niet representatief voor de snelheid waarmee neerslag veranderde tussen 2004 en 2019.

Statistiek van uurneerslag bij eens per 100 jaar is pas beschikbaar sinds 2018 en sindsdien ongewijzigd. We nemen daarom aan dat ook in stedelijk gebied de verhouding tussen klimaatambitie en bestaande ambitie grofweg 50/50 is. Voor stedelijk gebied zien we klimaatambitie van 13mm, een toename van 58mm tot 71mm. We gaan dus ook uit van een bestaande ambitie van 13mm, wat de referentie op 45 mm brengt.

### 2.4.2 Adaptatieambitie door verkleinen van de gevolgen van wateroverlast

Het verkleinen van de gevolgen levert minder schade in geval van wateroverlast. De T100 gebeurtenis voor het huidige klimaat zal in 2100, uitgaande van het hoge scenario, ongeveer een T40-T50 gebeurtenis zijn. Dit betekent dat het risico grofweg verdubbeld.

Bij de maatregelen gericht op het verkleinen van de kans van voorkomen is de ambitie om het risico weer op het oude peil te brengen. Ook bij de gevolgen is dat het verhaal. Dat bekent dat aan de ambitie is voldaan als de gevolgen met 50% zijn gereduceerd.

3 Afgeleid uit de verhouding tussen bestaande ambitie en klimaatambitie voor landelijk gebied, met de aanname dat deze verhouding voor stedelijk gebied hetzelfde is. Dit omdat er geen eerdere statistiek voor uurlijkse neerslag beschikbaar is.

4 Huidig is jaar 2004, op basis waarvan de NBW maatregelen na de eerste ronde zijn geïmplementeerd voor landelijk gebied, het systeem is nog niet ingericht op de extra toename van de neerslag die in 2019 is gesignaleerd.

5 Meteobase.nl

6 Meteobase.nl

### 2.4.3 Gebieden

Binnen Nederland kunnen tal van verschillende watersystemen worden geformuleerd, veel van deze watersystemen hangen ook samen. In de stad zijn er verschillende soorten rioleringen (gescheiden, gemengd) en kan afwatering op vrij verval of via gemalen plaatsen. Het percentage open water varieert. In landelijk gebied zijn er polders in veen, zand en kleigebied die andere kenmerken hebben. Er zijn hoge en brij afwaterende zandgronden en beekdalen. Deze gebieden hebben ook nog een samenhang die van invloed is op de wateroverlast bij zeer grote gebeurtenissen.

In dit onderzoek onderscheiden we twee modelgebieden. Deze modelgebieden zijn theoretische gebieden die een implicatie geven van de effecten:

- een stedelijk gebied, waarin de riolering (en watersysteem) is gedimensioneerd op uurneerslag;
- een polder in een regulier polder boezem systeem. Voor deze polder is een langdurige neerslagperiode maatgevend.

# 3. Mogelijke adaptatiemaatregelen voor risicoreductie

Er zijn diverse maatregelen mogelijk om het risico te reduceren. We clusteren de maatregelen in type maatregelen waarmee het effect op de kans van optreden en de gevolgen kan worden bepaald. Bij de clustering zijn we uitgegaan van het concept van meerlaagsveiligheid (inclusief de toevoeging met waterbewustzijn en herstel van de beleidstafel wateroverlast), en de trits vasthouden, bergen afvoeren.
In Tabel 2 beschrijven we ieder cluster van maatregelen onderverdeeld naar het doel (kansverkleining of gevolgverkleining). In Tabel 3 geven we voorbeelden. Het vergroten van waterbewustzijn bij burgers is hierbij beschouwd als onderdeel van de maatregelen op gebied van crisisbeheersing. Een verzekeringsoplossing is onderdeel van ruimtelijke inrichting.

*Tabel 2 Maatregelen voor risicoreductie onderverdeeld naar maatregelen die de kans en de gevolgen verkleinen*

| Kansverkleining | Gevolgbeperking |
|---|---|
| **Water vasthouden.**<br>Vasthouden van water op de plaats waar de neerslag valt zodat deze niet tot afstroming komt naar de rest van het watersysteem. Het verschil met water bergen is dat er dan eerst transport (afvoer) door het watersysteem nodig is plus bergingsgebied. Er kan niet meer worden vastgehouden dan directe neerslag. | **Crisismaatregelen (locatie beschermen of gevolgbeperking, inclusief early warning en bewustzijn) .**<br>Het nemen van lokale en tijdelijke maatregelen om 1) in geval van een dreiging objecten (bebouwd gebied) te beschermen 2) om schade te reduceren (evacueren van goederen). Deze maatregelen kunnen worden uitgevoerd door professionals, burgers en bedrijven. Een waarschuwing is een vereiste. |
| **Water bergen.**<br>Het bergen van water in watergangen, noodpolders, stroombanen, bakken of bassins en misschien wel in parken of op straat. Dit water is dus tot afstroming gekomen naar het watersysteem maar wordt (nog) niet afgevoerd. | **Ruimtelijke inrichting – anders bouwen (inclusief locatiekeuze en verzekeringsoplossing en bewustzijn).**<br>Het nemen van structurele maatregelen in de openbare ruimte en aan gebouwen om het areaal dat wordt blootgesteld te verkleinen of de gevolgen te verkleinen bij blootstellingen. Aangesloten is bij de snelheid van nieuwbouw en renovatieopgave (hier is geen verdere impuls meegenomen). Hierbij is ook een verzekeringsoplossing beschouwd door na optreden van wateroverlast schade beperkende maatregelen te nemen bij het herstel (building back better). Deze maatregelen vereisen dus bewustzijn.<br>Noot: effecten op andere vormen van grondgebruik als agrarisch gebied zijn nu nog niet meegenomen. |
| **Water afvoeren.** | **Sneller herstel.** |
| Het vergroten van de afvoercapaciteit van watersystemen inclusief hydraulische voorzieningen, er wordt dus gezorgd dat er meer water uit het watersysteem wegstroomt. | Het zodanig ontwerpen van processen dat een sneller herstel kan plaatsvinden waardoor de indirecte schade wordt verkleind. |
| | Bewustzijn. Het doel is dat professionals, burgers en bedrijven beter op de hoogte zijn van de risico's en mogelijke maatregelen. Dit kan leiden tot betere keuzes bij een crisis en effecten op de ruimtelijke inrichting. Het effect van deze maatregel is dus vertaald naar crisisbeheersing en ruimtelijke inrichting. |
| | Verzekeringsoplossing. Sneller herstel van schade leidt niet zozeer tot risicoreductie, wel als deze wordt gecombineerd met het terugbouwen van een minder kwetsbare omgeving. Het effect van deze maatregel is dus vertaald naar ruimtelijke inrichting. |

*Tabel 3 Clusters van typen maatregelen om risico op wateroverlast te reduceren*

| Maatregel | Voorbeelden |
|---|---|
| Water Vasthouden | Sponswerking[7], dempen sloten, verminderen drainage, groene daken[8], berging in tuinen en parken al dan niet door maaiveldbeleid etc. Hierbij wordt opgemerkt dat het alleen gaat om directe neerslag. Het gebied moet er ook op ingericht zijn dat het water kan worden vastgehouden. Indien er ook water voor droogtebestrijding wordt vastgehouden zal deze extra ambitie voor vasthouden er dus bijkomen. |
| Water bergen | Bredere watergangen, Wadi's, bergingspolders, waterpleinen, museumparkeergarage Rotterdam[9], open water berging, noodpolders of bergingsgebieden etc. Het gaat om water wat tot afvoer is gekomen naar het watersysteem. Deze berging zal ruimtelijk verspreid moeten zijn om te voorkomen dat ook het afvoersysteem moet worden aangepast. |
| Water afvoeren | Grotere gemalen, grotere riolering, grotere overstortcapaciteit, afvoercapaciteit watergangen groter maken. Het doel is dat meer water afgevoerd wordt uit het watersysteem. Hierbij zijn cascade effecten naar andere watersystemen mogelijke in serie afvoeren, deze systemen zullen dan ook meer water moeten bergen of afvoeren (of overlast accepteren). |
| Crisismaatregelen (locatie beschermen of gevolgbeperking) | Het gaat hierbij om noodmaatregelen die geplaatst worden, voorbeelden die voorkomen dat blootstelling optreedt zijn: zandzakken, vloedschotten, mobiele waterkeringen. Voorbeelden die schade verminderen zijn evacuaties van goederen (verplaatsen van goederen naar hoge of droge locaties) en het afschalen van bedrijfsprocessen en fabrieken. Early warning is hiervoor een vereiste. Waterbewustzijn kan deze maatregelen effectiever maken. |
| Ruimtelijke inrichting – anders bouwen (inclusief locatiekeuze) | Het gaat om maatregelen die voorkomen dat gebouwen onder lopen (locatiekeuze nieuwbouw, beleid rondom vloerpeilen, wet proofing, hogere lijnelementen die het water keren) en maatregelen die schade reduceren (aanpassingen van inboedel, kritische voorzieningen hoger plaatsen). De snelheid van deze maatregel wordt bepaald door nieuwbouw en renovatie. Dit kan worden versneld door met een verzekeringsoplossing na optreden van schades schadevrij terug te bouwen of door gerichte maatregelen. |
| Sneller herstel (verkorten duur uitval) | Bij de bepaling van de schade wordt onderscheid gemaakt in directe schade (onafhankelijk van de duur) en indirecte schade (afhankelijk van de duur en door keteneffecten). Sneller herstel richt zich op het verkleinen van de indirecte schade. |

7 https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/sponswerking-van-landschappen-in-nederland

8 https://rioned-web-prod.azurewebsites.net/media/k1xk0u3w/groene-daken-nader-beschouwd.pdf?uuid=8e25509b- 8a3b-401d-b067-882c60f0766f&groupId=20182&targetExtension=pdf

9 https://www.rotterdam.nl/waterberging-museumparkgarage. Hier is een berging van 10 miljoen liter voorzien. Deze berging is vooral effectief om het aantal overstorten terug te brengen van 10 naar 2 per jaar.

# 4. Bepalen risico reductie en haalbaarheid van maatregelen

## 4.1 Werkwijze voor afleiden risico reductie

Om het effect van de maatregelen te kunnen schatten wordt een eenvoudig balansmodel opgesteld. Op basis van kentallen kan zo bepaald worden wat de randvoorwaarden zijn om maatregelen uit te voeren. We onderscheiden daarbij 5 klassen voor de risicoreductie en zo mogelijk is ook het maximaal effect bepaald.

De risicoreductie wordt bereikt als ofwel de kans, of de gevolgen afnemen (of combinaties van beiden). Idealiter wordt het risico berekend door zowel naar de kans op wateroverlast als de gevolgen van wateroverlast (schade) te kijken. Daarvoor zouden schadeberekeningen moeten worden uitgevoerd. Voor deze studie passen we een vereenvoudiging toe door uit te gaan van een directe relatie met schade.

De adaptatieambitie (zie 2.2) is gedefinieerd aan de hand van toegenomen neerslag, 26mm/uur voor stedelijk gebied en 35 mm per 4 dagen voor landelijk gebied.

Ook het effect van de maatregelen water vasthouden, bergen en afvoeren kan worden uitgedrukt in neerslaghoeveelheden. Daarmee kunnen we een-op-een bepalen wat de effectiviteit van een maatregel is als percentage van de ambitie. Bijvoorbeeld, als er 13mm/uur extra kan worden vastgehouden, is de risicoreductie in stedelijk gebied 50% van de ambitie.

De maatregelen crisisbeheersing, ruimtelijke inrichting en sneller herstel kunnen we niet uitdrukken in neerslaghoeveelheden. Daarvoor schatten we de gevolgbeperking als percentage van de schade. Stel dat we met crisisbeheersing 25% van de schade weten te reduceren, dan gaan we ervan uit dat er maximaal 25% van de ambitie gereduceerd kan worden.

Met dit rekenmodel voor het bepalen van de effectiviteit van maatregelen worden nuances door verschillende type watersystemen en verschillende mogelijke configuraties van maatregelen platgeslagen. We veronderstellen telkens een lineaire relatie tussen de neerslaghoeveelheid en de schade. Dat kan in een vervolgstudie verbeterd worden. Voor een eerste inzicht in mogelijke adaptatiepaden en de haalbaarheid hiervan geeft de benadering wel voldoende inzicht.

*Tabel 4 Rekenmodel voor bepalen effectiviteit maatregelen*

| Kansverkleining (Maatregelen vasthouden, bergen en afvoeren) | Gevolgbeperking (Maatregelen crisisbeheersing, ruimtelijke inrichting en sneller herstel) |
|---|---|
| Extra neerslag in mm bij een bepaalde reductie van het risico. | Percentage van de schade door een bepaalde omvang van de maatregel. |

## 4.2 Werkwijze voor afleiden haalbaarheid

Naast het effect op de risicoreductie is per maatregel gekeken naar de haalbaarheid. Sommige maatregelen zijn heel effectief maar nauwelijks haalbaar of maatregelen zijn makkelijk uit te voeren maar deze zijn beperkt effectief. Bepalen van de haalbaarheid van iedere adaptatie optie is daarom een belangrijke stap in het bepalen van de benodigde oplossingsruimte.

Haalbaarheid bestaat uit de volgende 6 dimensies:

- Economisch / financiële haalbaarheid: bijvoorbeeld wat zijn de economische kosten/baten van de maatregel (hoge kosten = lage economische haalbaarheid).
- Technische haalbaarheid: bijvoorbeeld is de technologie voldoende beschikbaar om nu al te implementeren.
- Politiek-bestuurlijke haalbaarheid: bijvoorbeeld is er voldoende politiek draagvlak voor de adaptatie optie, past het binnen bestaande juridische kaders?
- Maatschappelijke haalbaarheid: bijvoorbeeld is er voldoende maatschappelijk draagvlak voor de optie.
- Ecologische haalbaarheid: bijvoorbeeld is de optie nu en in de toekomst op ecologische gronden haalbaar?
- Fysiek-ruimtelijke haalbaarheid: claimt de optie niet te veel ruimte? Vergt de optie bepaalde fysische omstandigheden?

We werken hiermee met de volgende scores:

| Score | |
|---|---|
| - | 'laag' (deze dimensie maakt het erg lastig de maatregel te implementeren) |
| 0 | 'midden' (deze dimensie zorgt voor wat obstakels om de maatregel te implementeren) |
| + | 'hoog' (er zijn voor deze dimensie weinig obstakels om de maatregel te implementeren) |
| XX | dit wordt aangegeven als de maatregel niet haalbaar is. |

## 4.3 Maatregelen gericht op het verkleinen van de kans van voorkomen

In Tabel 5 is het effect van alle maatregelen opgenomen op de reductie van het risico ten opzichte van de adaptatieambitie. Visueel is het opgenomen in Figuur 2.Ook de haalbaarheid is hierin opgenomen. De onderbouwing per maatregel is opgenomen in de bijlage A5 tot en A10.

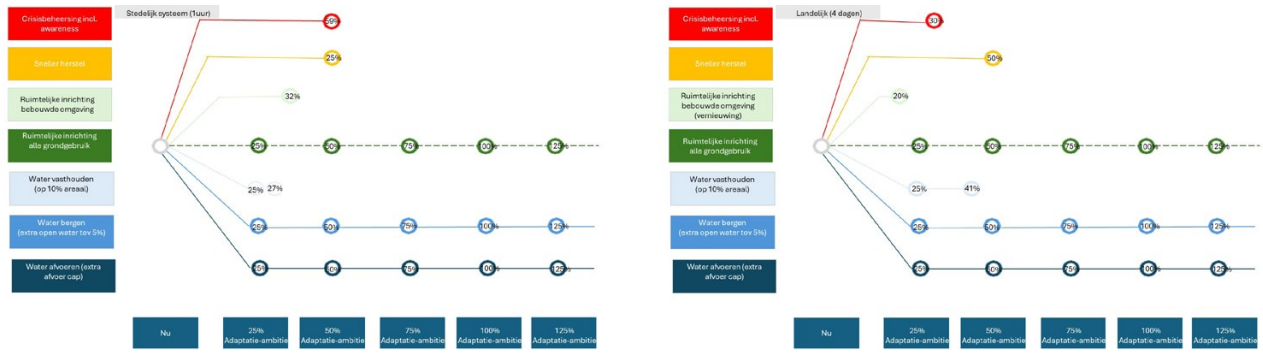
De maatregelen water vasthouden, crisisbeheersing en sneller herstel zijn qua effectiviteit op het risico reductie eindig op basis van de kenmerken van deze maatregel.

De maatregel aanpassen van de gebouwde omgeving is ook in theorie eindig gezien de bijdrage van het gebouwd gebied aan de totale schade. Echter in 2100 is nog niet de hele bebouwing aangepast. De maatregelen water bergen en water afvoeren zijn niet eindig vanwege technisch inhoudelijke factoren.

*Tabel 5 Effect op risico en haalbaarheid van alle maatregelen (K is kort en kan uitgevoerd worden binnen een decennium en meegroeien met klimaatverandering, M is mediumlang en vergt enkele decennia en L is lang en vergt een lange inspanning).*

| | Risico- reductie tov klimaat ambitie | Doel van de maatregel | Economisch / financiële | Technische | Politiek-bestuurlijke | Maatschappelijke | Ecologische | Fysiek-ruimtelijke | Aanlooptijd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | | |
| Water vasthouden | 27% | 71 mm neerslag (knikpunt in haalbaarheid) | - | + | - | 0 | 0 | - | M |
| Water bergen | 125% | +4,6% meer open water | - | + | + | + | 0 | - | M |
| Water afvoeren | 125% | 163% extra afvoer capaciteit | - | + | + | 0 | 0 | 0 | M |
| Crisisbeheersing | 59% | Toepassen op alle gebouwen (knikpunt in haalbaarheid) | 0 | - | + | + | 0 | 0 | K |
| Ruimtelijke inrichting gebouwen aanpassen (nieuwbouw, renovatie, build back better) | 32% | Maximaal toepassen over 75 jaar (knikpunt in de tijd) | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 | L |
| Sneller herstel | 25% | Toepassen op alle indirecte schade | + | + | - | 0 | 0 | 0 | M |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | | |
| Water vasthouden | 41% | 144 mm neerslag (knikpunt in haalbaarheid) | 0 | + | 0 | 0 | 0 | - | M |
| Water bergen | 125% | +6,3% meer open water | - | + | + | + | + | - | K |
| Water afvoeren | 125% | 73% extra afvoer capaciteit | - | + | + | 0 | 0 | 0 | K |
| Crisisbeheersing | 30% | Toepassen op alle gebouwen (knikpunt in haalbaarheid) | 0 | - | + | + | 0 | 0 | K |
| Ruimtelijke inrichting gebouwen aanpassen (nieuwbouw, renovatie, build back better) | 10 – 16 - 20% | Maximaal toepassen over 75 jaar (knikpunt in de tijd)) | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 | L |
| Sneller herstel | 25% | Toepassen op alle indirecte schade | + | + | - | 0 | 0 | 0 | M |

*Figuur 2: Effectiviteit voor bepalen ambitie van afzonderlijke maatregelen*




## 4.4 Maatregelen combineren

In de praktijk zal er altijd een combinatie van maatregelen plaatsvinden. Het is daarbij belangrijk mee te nemen dat bij sommige maatregelen de effectiviteit kan worden opgeteld, waar dat bij andere maatregelen niet het geval is.

Voor maatregelen die de kans op wateroverlast reduceren kan de effectiviteit worden opgeteld. Als er water wordt vastgehouden en daarnaast water wordt afgevoerd kan de effectiviteit worden opgeteld. Immers, water dat wordt vastgehouden hoeft niet te worden afgevoerd, dus als ook de afvoer vergroot wordt kan het systeem totaal een grotere hoeveelheid neerslag aan.

De effectiviteit van maatregelen met het oog op gevolgbeperking (ruimtelijke inrichting, crisisbeheersing en sneller herstel) wordt uitgedrukt relatief tot het totale risico. Neem een situatie waarbij ruimtelijke inrichting tot maximaal 10% van de gevolgen kan reduceren en crisisbeheersing tot 25%. Stel dat door ruimtelijke inrichting reeds de maximale 10% van de gevolgen, en dus het risico, gereduceerd is. Dan zal crisisbeheersing nog 25% van 90%, dus 22,5% van de totale resterende gevolgen kunnen reduceren. Samen is er dan 32,5% van de gevolgen gereduceerd.

Hetzelfde geldt als de kans op wateroverlast reeds is afgenomen met 20% door bijvoorbeeld water af te voeren. Het totale resterende risico is dan nog 80% van wat het was, dus door crisisbeheersing kan ook nog 25% van 80% risico worden gereduceerd, 20%. In totaal is dan 40% risicoreductie mogelijk.

Combinaties van maatregelen waarbij de effectiviteit van risicoreductie door kansreductie onderling optelbaar is, worden in onderstaande tabel aangegeven met een +. Voor alle overige combinaties geldt dat de effectiviteit relatief is ten opzichte van het resterende risico.

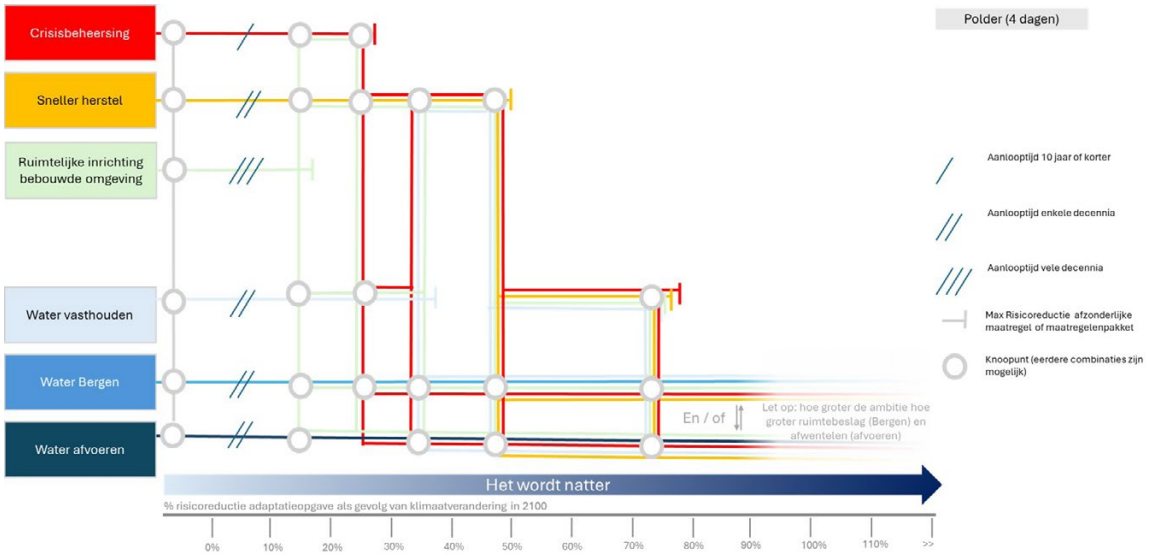
| | Vasthouden | Bergen | Afvoeren | Ruimtelijke inrichting alle grondgebruik | Ruimtelijke inrichting bebouwde omgeving | Crisisbeheersing (incl. water-bewustzijn) | Sneller herstel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Vasthouden** | | + | + | | | | |
| **Bergen** | + | | + | | | | |
| **Afvoeren** | + | + | | | | | |
| **Ruimtelijke inrichting alle grondgebruik** | | | | | | | |
| **Ruimtelijke inrichting bebouwde omgeving** | | | | | | | |
| **Crisisbeheersing (incl. water-bewustzijn)** | | | | | | | |
| **Sneller herstel** | | | | | | | |

# 5. Adaptatiepad op basis van forecasting

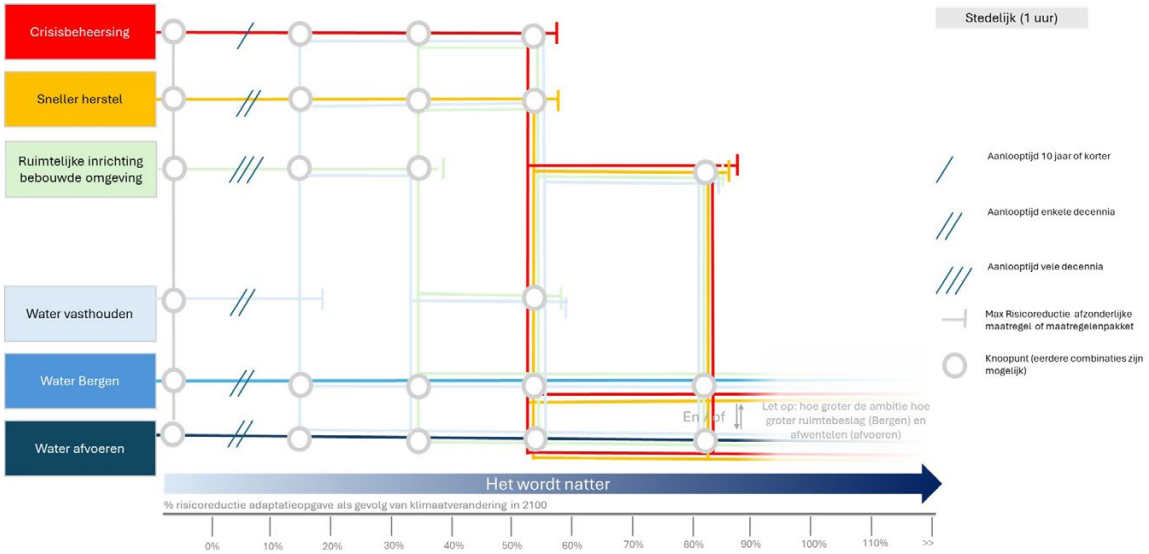
In Figuur 4 en Figuur 5 is het adaptatiepad weergegeven voor een stedelijk gebied en voor een polder. Dit pad begint bij de decentrale maatregelen en gevolgreductie. Bergen en afvoeren zijn in dit beleid een laatste redmiddel, waarbij bergen de voorkeur heeft boven afvoeren. Het is ook mogelijk om aan de adaptatieopgave te voldoen met alleen bergen, dus zonder maatregelen rondom afvoeren waarbij de overlast wordt afgewenteld op andere gebieden. Bergen vereist wel een ruimtelijke inpassing en veel ruimtebeslag, het is dan ook zeker niet makkelijk om te realiseren. De gevolgbeperkende maatregelen kunnen in verschillende volgordes en combinaties worden uitgevoerd.

In de figuur is gestart met de maatregel die afzonderlijk leidt tot het minste risicoreductie. Daarna is de overstap gemaakt naar de volgende maatregel etcetera. Het gecombineerde effect van crisisbeheersing, sneller herstel en ruimtelijk beleid is 72% risicoreductie voor de model polder en 84% voor het model stedelijk gebied. Water vasthouden reduceert het risico verder maar nooit tot 100% waarmee aan de ambitie is voldaan.

*Figuur 3: Adaptatiepad op basis van forecasting voor een model polder.*




*Figuur 4: Adaptatiepad op basis van forecasting voor een model stedelijk gebied.*



# 6. Adaptatiepad op basis van backcasten

Op basis van de verschillende wereldbeelden van PBL kan een voorkeur worden uitgesproken voor bepaalde type maatregelen. Er zijn vier PBL scenario's:

*Mondiaal Ondernemend:* een toekomstscenario waarin grote bedrijven de lead hebben.
*Snelle Wereld:* waarin de nog verder toegenomen digitalisering afstanden doet verdwijnen.
*Groen Land*: met veel ruimte voor de natuur.
*Regionaal Geworteld:* waarin burgers het initiatief nemen in hun eigen leefomgeving.

Voor interpretatie van deze scenario's op dit onderwerp putten we inspiratie uit de beschrijving die aan klimaatadaptatie wordt gegeven binnen deze vier PBL scenario's:

| Mondiaal Ondernemend | Snelle Wereld | Groen Land | Regionaal Geworteld |
|---|---|---|---|
| - Dijkverzwaring en nieuwe technieken voor sterke, smalle en hoge dijken en retentiegebieden.<br>- Ruimte voor waterbuffering en wateraanvoer voor zoetwatervoorziening landbouw. | - Ad-hocmaatregelen, early-warningsystemen en tijdelijk gebruik van buitendijks gebied.<br>- Wateraanvoer met noodpompen waar en wanneer nodig en mogelijk. | - 'Bouwen met natuur', natuurlijke klimaatbuffers, meer ruimte voor rivier, multifunctionele dijken (deltadijken) en overstroombare dijken.<br>- Robuuste groenblauwe dooradering van landelijk gebied en bebouwd gebied.<br>- Geen wateraanvoer meer voor doorspoeling of bestrijding van verzilting.<br>- Geen woningbouw buiten bestaand bebouwd gebied in gebieden met slappe, zettingsgevoelige of natte bodems. | - Nadruk op lokale en regionale maatregelen van waterschappen en 'regio-provincies'. Minder oog voor waterbeheer in groter verband.<br>- Veel kleinschalige oplossingen, zoals groenblauwe dooradering op perceelsranden, groene en blauwe wijken en lichte bouw op slappe bodems. |

We maken onderscheid tussen het zoeken van centrale technische oplossingen in het watersysteem, dus via water vasthouden, bergen en afvoeren, en decentrale oplossingen waarbij wij ons aanpassen aan het watersysteem, daaronder scharen we aanpassingen aan de bebouwde omgeving, water vasthouden, sneller herstel en crisismaatregelen.

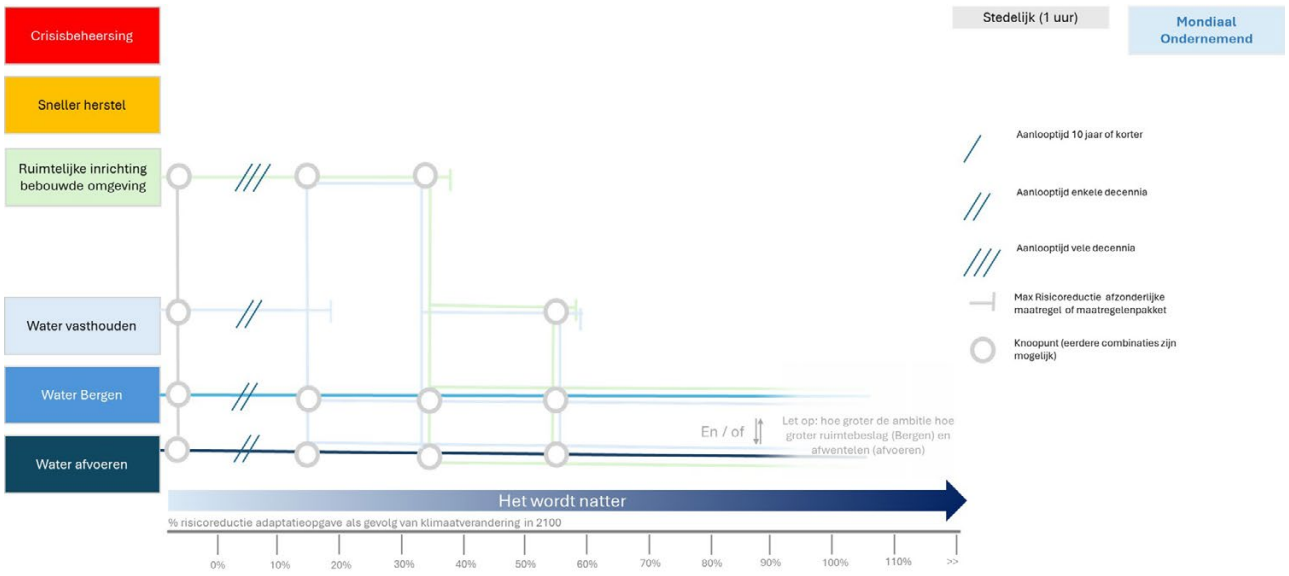
Binnen het PBL scenario Mondiaal Ondernemend zullen de centrale en technische oplossingen de voorkeur zullen hebben, water vasthouden, bergen en afvoeren. Binnen de PBL scenario's Groen land en Regionaal geworteld zal de voorkeur worden gegeven aan aanpassen aan het watersysteem. Dat zijn maatregelen in de ruimtelijke inrichting, sneller herstel, crisismaatregelen inclusief waterbewustzijn en water vasthouden. Tussen deze twee scenario's zullen accentverschillen liggen, maar die laten we in deze analyse buiten beschouwing. Bij het PBL scenario Snelle Wereld is er geen sterke voorkeur voor bepaalde type maatregelen, er is waardering voor technische oplossingen maar ook voor decentrale organisatie, wat waarschijnlijk tot een combinatie van maatregelen zal leiden. Deze wereld wordt gekenmerkt door ad hoc beleid waardoor langetermijnbeleid lastig uit te voeren blijkt. Dat zal mogelijkheden voor maatregelen in de ruimtelijke inrichting en grootschalige aanpassingen aan het watersysteem voor het vergroten van water afvoer bemoeilijken. De tabel hieronder geeft aan welke maatregelen per PBL scenario de voorkeur genieten.

| | Mondiaal onder-nemend | Snelle wereld | Groen land | Regionaal geworteld |
|---|---|---|---|---|
| Water Vasthouden | + | + | + | + |
| Water bergen | + | + | | |
| Water afvoeren | + | | | |
| Crisismaatregelen | | + | + | + |
| Ruimtelijke inrichting – bebouwde omgeving | + | | + | + |
| Sneller herstel | | + | + | + |

# 6.1 Stedelijke modelgebied

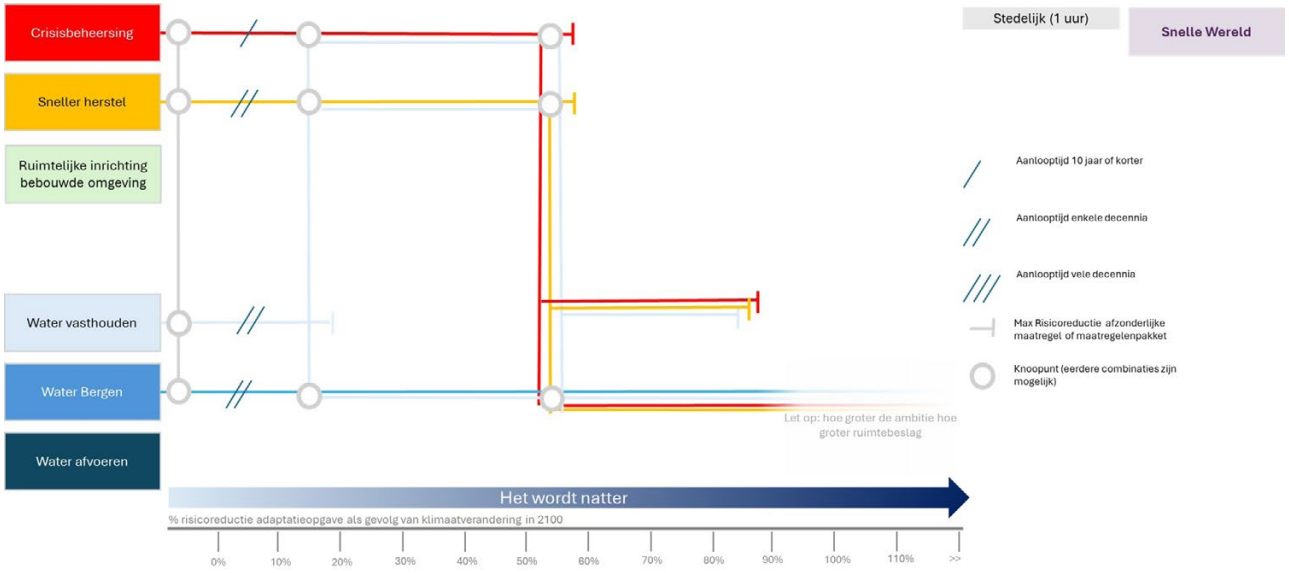
## 6.1.1 PBL Scenario Mondiaal Ondernemend

*Figuur 5: Adaptatiepad obv backcasting voor het stedelijk modelgebied op basis van wereldbeeld Mondiaal Ondernemen (let op, alle maatregelen kunnen in combinatie met elkaar worden genomen. De effecten van de getoonde combinaties zijn getoond in de figuur aan de hand van de gecombineerde lijnen).*



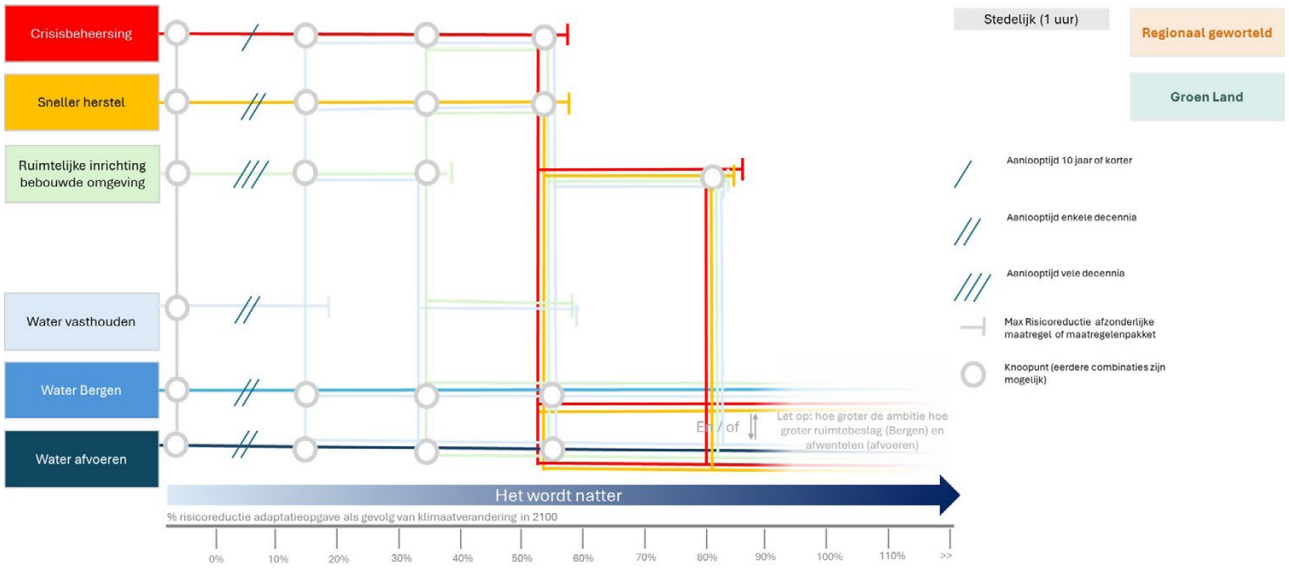
### 6.1.2 PBL Scenario Snelle Wereld

*Figuur 6: Adaptatiepad obv backcasting voor het stedelijk modelgebied op basis van wereldbeeld Snelle Wereld (let op, alle maatregelen kunnen in combinatie met elkaar worden genomen. De effecten van de getoonde combinaties zijn getoond in de figuur aan de hand van de gecombineerde lijnen).*




### 6.1.3 PBL Scenario Groen Land / Regionaal Geworteld

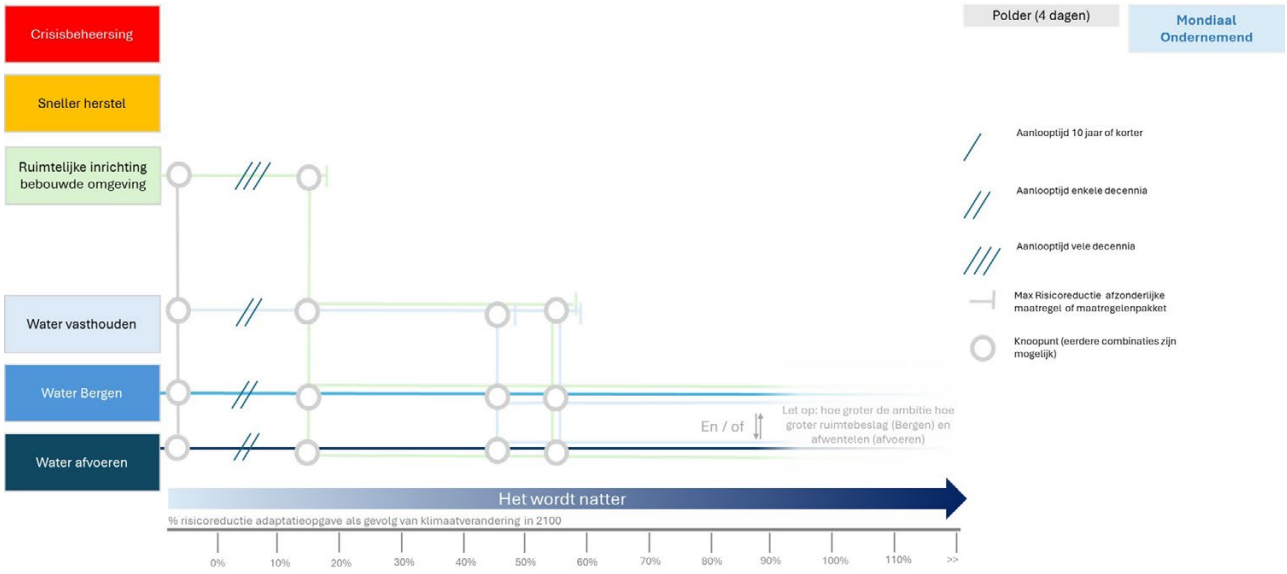
*Figuur 7: Adaptatiepad obv backcasting voor het stedelijk modelgebied op basis van wereldbeeld Groenland / Regionaal geworteld (let op, alle maatregelen kunnen in combinatie met elkaar worden genomen. De effecten van de getoonde combinaties zijn getoond in de figuur aan de hand van de gecombineerde lijnen).*



## 6.2 Modelgebied polder

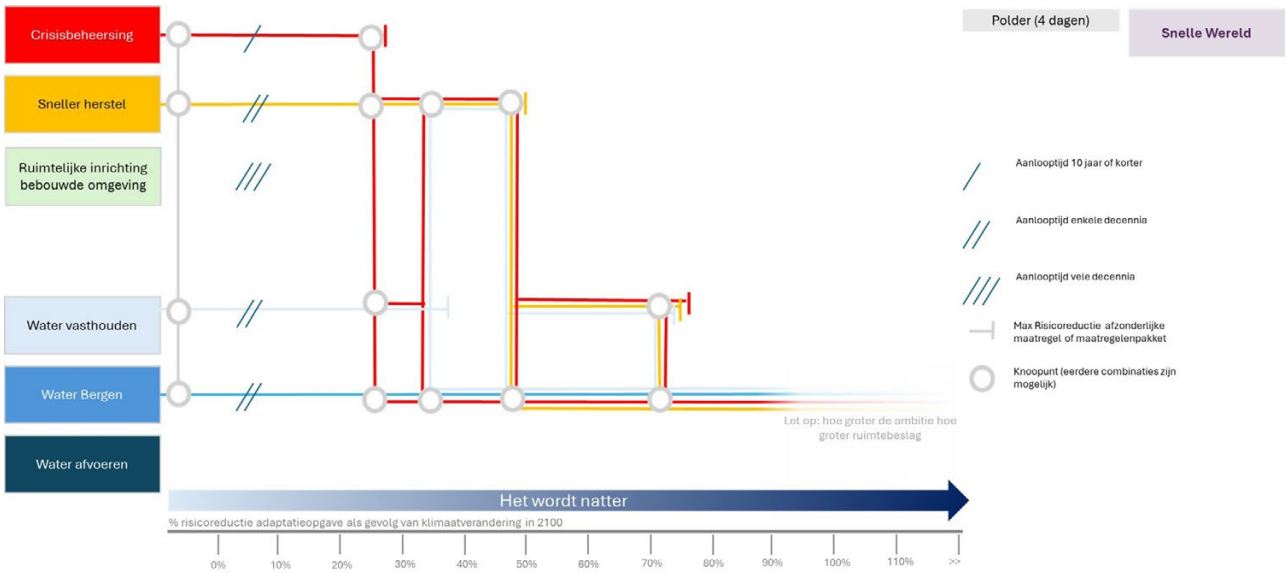
### 6.2.1 PBL Scenario Mondiaal Ondernemend

*Figuur 8: Adaptatiepad obv backcasting voor het polder modelgebied op basis van wereldbeeld Mondiaal Ondernemen (let op, alle maatregelen kunnen in combinatie met elkaar worden genomen. De effecten van de getoonde combinaties zijn getoond in de figuur aan de hand van de gecombineerde lijnen).*



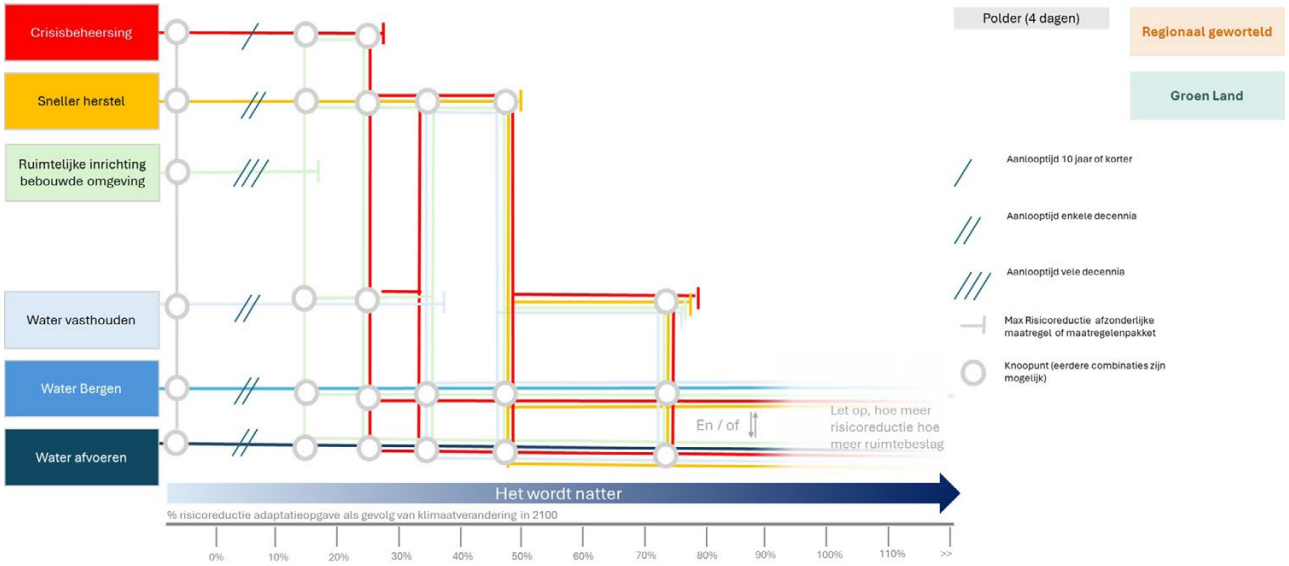

### 6.2.2 PBL Scenario Snelle Wereld

*Figuur 9: Adaptatiepad obv backcasting voor het polder modelgebied op basis van wereldbeeld Snelle Wereld (let op, alle maatregelen kunnen in combinatie met elkaar worden genomen. De effecten van de getoonde combinaties zijn getoond in de figuur aan de hand van de gecombineerde lijnen).*



### 6.2.3 PBL Scenario Groen Land / Regionaal Geworteld

*Figuur 10: Adaptatiepad obv backcasting voor het polder modelgebied op basis van wereldbeeld Groenland / Regionaal geworteld (let op, alle maatregelen kunnen in combinatie met elkaar worden genomen. De effecten van de getoonde combinaties zijn getoond in de figuur aan de hand van de gecombineerde lijnen).*



# 7. Bevindingen

Uit deze adaptatiepaden blijkt dat de verschillen tussen een model stedelijk watersysteem en een model polder relatief beperkt zijn. Alle maatregelen verlagen het risico in 2100 en zijn in beginsel uitvoerbaar. Knikpunten zijn er alleen vanwege een beperkte effectiviteit. Voor een stedelijk systeem zijn de maatregelen gericht op aanpassing van de bebouwde omgeving en crisisbeheersing iets effectiever omdat er meer bebouwd gebied is. Echter de effecten van water vasthouden zijn wat kleiner.

Ook blijkt dat Water Bergen en / of Water Afvoeren de enige maatregelen zijn waarmee de adaptatieambitie geheel kan worden gereduceerd, al is de ruimtelijke opgave erg groot wat de haalbaarheid beinvloedt. Met de andere maatregelen is het niet mogelijk om de ambitie (risico vergelijkbaar met situatie voor klimaatverandering) te bereiken. Wanneer de lat hoger komt te liggen, bijvoorbeeld als we aannemen dat de risico-acceptatie in de toekomst lager is dan we op basis van huidig beleid aannemen, dan zal dat nog meer inzet van bergen en afvoer vragen.

Andersom kan het worden overwogen meer risico's te accepteren, waardoor er dus meer situaties met wateroverlast zijn (en het grondgebruik wordt aangepast).

Alle maatregelen vragen een inspanning en hebben andere effecten voor andere stakeholders zoals onder andere een ruimtebeslag en het aantal betrokken partijen. Ook zijn er binnen deze klassen meerdere varianten van maatregelen mogelijk. Op deze varianten en effecten wordt kort ingegaan in het achtergrondrapport.

De maatregelen zijn veelal combineerbaar als onderdeel van oplossingspakketten. Dat betekent dat afhankelijk van de politieke en bestuurlijke keuzes risico's kunnen worden gereduceerd langs diverse mogelijke maatregelen. Het is echter ook een keuze om bepaalde risico's alsnog te accepteren, of om bepaalde grondgebruiken actief aan te passen. In essentie komt dit neer op het accepteren van de gevolgen, waarbij de landgebruiker moet meebewegen.

Alle maatregelen vragen een inspanning en hebben andere effecten voor andere stakeholders zoals onder andere een ruimtebeslag en het aantal betrokken partijen.

- Maatregelen op gebied van crisisbeheersing zijn snel te implementeren maar vergen we onderhoud.
- Maatregelen op gebied van de ruimtelijke ordening hebben niet snel effect als alleen wordt aangesloten bij nieuwbouw, renovatie. Een verzekeringsoplossing kan bijdragen aan het versneld aanpassen van de bestaande bebouwde omgeving.
- Maatregelen op gebied van sneller herstel hebben een beperkt economische meerwaarde, maar kunnen wel bijdragen aan sneller herstel.
- Bewustzijn zal leiden tot een betere en effectievere crisisbeheersing en ruimtelijk beleid. Bewustzijn zal ook leiden tot beter inzicht in geaccepteerd risico en voorkomt valse beloftes (of hoop). Het behouden van bewustzijn is echter een sinecure.
- Maatregelen gericht op building back better kunnen de snelheid van aanpassen van de gebouwde omgeving versnellen. Dit kan nog verder versneld worden als er preventief maatregelen worden genomen. Building back better kan onderdeel zijn van een verzekeringsoplossing.
- Vasthouden kan ook leiden tot afwentelen naar bestaande grondgebruikers, en wellicht ook tot nieuwe risico's door het versneld reageren van watersystemen.
- Bergen, en in mindere maten afvoeren, maar zeker ook vasthouden vragen ruimte voor de uitvoering en technische ingrepen. De haalbaarheid hiervan kan lastig zijn, zeker als de opgave groter wordt.
- Afvoeren van water kan ook leiden tot afwenteling naar benedenstroomse gebieden. Al naar gelang de kenmerken van de watersystemen zal blijken in welke mate afwentelen een probleem is.

Het voorkomen van de andere schades dan die aan de gebouwde omgeving (als teelten) kan in potentie leiden tot veel risicoreductie. Deze zijn nog niet uitgewerkt maar in potentie erg interessant. Hierbij kan ook aangesloten worden met andere transities.

De verschillen tussen een model stedelijk watersysteem en een model polder zijn relatief beperkt. Binnen model stedelijke systemen en model polders kunnen zijn nog veel varianten mogelijk. Denk aan gemengde en gescheiden rioolstelsels, en vrij afwaterende of bemalen gebieden. Ook binnen polders is er variatie. Denk aan veenweide polders en kleipolder, denk ook aan vrij afwaterende gebieden en in het bijzonder beekdalen. Hierdoor is het mogelijk dat de overlast zich concentreert in bepaalde (lagere) gebieden. Specifieke programma's kunnen hier de lokale aanpassingen natuurlijk versnellen. De ontwikkelde adaptatiepaden kunnen een hulpmiddel zijn om ook lokaal de effecten te verkennen door het toevoegen van lokale kennis.

# A. Bijlagen

## A.1 Huidige ontwerpcriteria model stedelijk gebied

In Tabel 6 zijn criteria voor het ontwerpen van een stedelijk systeem gegeven die gemiddeld genomen gelden voor gemeenten.

De afvoercapaciteit van riolering wordt bepaald aan de hand van standaard buien van Rioned waarmee het systeem wordt doorgerekend. Dat komt neer op een afvoercapaciteit van 20 mm per uur. Daarnaast wordt het systeem gedimensioneerd op basis van criteria die aangeven hoe vaak verschillende soorten wateroverlast voor mogen komen in ons stedelijk gebied. Dit wordt gegeven als een geaccepteerde herhaaltijd. Over het algemeen mogen overstorten van riolen grofweg jaarlijks voorkomen. Zogenaamde 'water op straat'-situaties mogen ongeveer eens in de 2 jaar voorkomen waarbij het niet de bedoeling is dat het bij gebouwen naar binnen stroomt. Inundaties van wegen en winkels met ernstige hinder accepteren we eens per 10-25 jaar, inundaties van woningen eens per 50 jaar. Voor nieuwbouw houden we een eis aan van eens per 100 jaar. Voor vitale en kwetsbare objecten zijn nog geen eisen, maar dit is wel onderdeel van de stresstesten en risicodialogen. We kiezen er hier voor om daarvoor een grens van 500 jaar te beschouwen.

*Tabel 6 Globale ontwerpcriteria wateroverlast stedelijk gebied. De schuin gedrukte criteria hebben vooral betrekking op de ruimtelijke inrichting, de andere criteria op het watersysteem zelf inclusief de berging in de openbare ruimte.*

| Ontwerpcriterium | Neerslag (bij huidig klimaat) | Geaccepteerde herhaaltijd |
|---|---|---|
| Gemiddelde afvoercapaciteit riolering (in samenhang met het stedelijk watersysteem) | 20 mm/uur | (bron Rioned) |
| Berging op straat en open water: Water op straat / Overstorten | >20 mm/uur | Jaarlijks (bron Rioned) |
| Inundaties wegen en enkele winkels: ernstige hinder | 31-40 mm/uur | Deze komen in de huidige ontwerppraktijk voor met een terugkeertijd van 10 – 25 jaar (bron Rioned) |
| Inundaties woningen Overlast | 48 mm/uur | Deze komen in de huidige ontwerppraktijk voor met een terugkeertijd van 50 jaar (bron Rioned) |
| Ontwerpeis Nieuwbouw (Water en Bodem sturend + Maatlat) | 58 mm/uur | 100 jaar. In het ruimtelijk afwegingskader (onderdeel Water en Bodem Sturend) en de maatlat is opgenomen dat er geen schade mag optreden aan bebouwing bij frequenties > 1/100 per jaar, ook is een drempel-hoogte van 20cm boven maaiveld voorgeschreven in de Maatlat (beide zijn richtlijnen, geen verplichting).<br>Bij kansen < 1/100 pj geldt dat men een afweging moet maken over te accepteren risico's en mogelijke maatregelen. Bij hele kleine kansen zijn de risico's acceptabel.<br>In sommige ruimtelijke ontwikkelingen als Gnephoek wordt de lat nog hoger gelegd, hier mag bij de 'Limburgbui' geen schade optreden aan bebouwing. |
| Stresstest (DPRA en Bovenregionaal) | Extreme events | Keuzes in risicodialoog |

## A.2 Huidige ontwerpcriteria en standaardwaarden van een model polder

In Nederland bestaan verschillende soorten polders. In Tabel 7 zijn voor een gemiddelde polder de ontwerpcriteria en standaardwaarden opgenomen.

We zijn hierbij uitgegaan van een gemiddelde polder in Nederland. De gemaalcapaciteit in een polder van Nederland is bijvoorbeeld gemiddeld 15mm/dag, dat is de hoeveelheid water die per dag kan worden afgevoerd uit de polder. De drooglegging van 70 cm is gelijk aan een waarde die ligt tussen de waarden voor veen, zand en kleigebieden. Samen met het percentage oppervlak aan open water, 5%, kan daarmee de bergingscapaciteit bepaald worden. Er kan ook water in de bodem worden geborgen. Afhankelijk van de soort bodem, klei, veen of zand, is dat meer of minder water. Dit water moet wel in de bodem kunnen infiltreren. Vooralsnog gaan we ervan uit dat dit kan.

Binnen de provinciale verordeningen geldt voor een gemiddelde polder dat we eens per 10 jaar accepteren dat 5% van het maaiveld inundeert in geval van grasland. Bij akkerbouw accepteren we eens per 25 jaar inundatie en bij hoogwaardige land en tuinbouw is dat eens per 50 jaar. Voor bebouwd gebied en bij nieuwbouw accepteren we niet vaker dan eens per 100 jaar schade door inundaties. Voor vitale en kwetsbare objecten zijn nog geen eisen, maar dit is wel onderdeel van de stresstesten en risicodialogen. We kiezen er hier voor om daarvoor een grens van 500 jaar te beschouwen.

*Tabel 7 Ontwerpcriteria wateroverlast van een polder*

| Ontwerpcriterium | Neerslag | Terugkeertijd heden |
|---|---|---|
| Gemaalcapaciteit | 15 mm/dag | Gemiddelde gemaalcapaciteit van een polder in Nederland. |
| Inundatie eis grasland | 80 mm/4d | T 10 jaar, met 5% maaiveld criterium |
| Inundatie eis akkerbouw | 91 mm/4d | T 25 jaar |
| Inundatie eis hoogwaardige land en tuinbouw | 100 mm/4d | T 50 jaar |
| Inundatie eis bebouwd gebied | 109 mm/4d | T 100 jaar |
| Ontwerpeis Nieuwbouw (Water en Bodem sturend) | 109 mm/4d | 100 jaar. In het ruimtelijk afwegingskader is opgenomen dat er geen schade mag optreden aan bebouwing bij frequenties > 1/100 per jaar, ook is een drempelhoogte van 20cm boven maaiveld voorgeschreven in de Maatlat (beide zijn richtlijnen geen verplichting). Bij kleinere kansen geldt dat men een afweging moet maken over te accepteren risico's en mogelijke maatregelen. |
| Stresstest (DPRA en Bovenregionaal) | Extreme events | Keuzes in risicodialoog |

## A.3 Bestaande ambitie als onderdeel klimaatambitie

In het regionale watersysteem is na de wateroverlast van 1998 en de hieruit volgende NBW- normering, een grote verbeterslag gerealiseerd. Op basis van de eerste toetsronde zijn maatregelen gedefinieerd en de meeste watersystemen voldoen aan de eisen gegeven de destijds geldende randvoorwaarde en bekende neerslagstatistiek. Dit betreft veelal de statistiek van 2004.

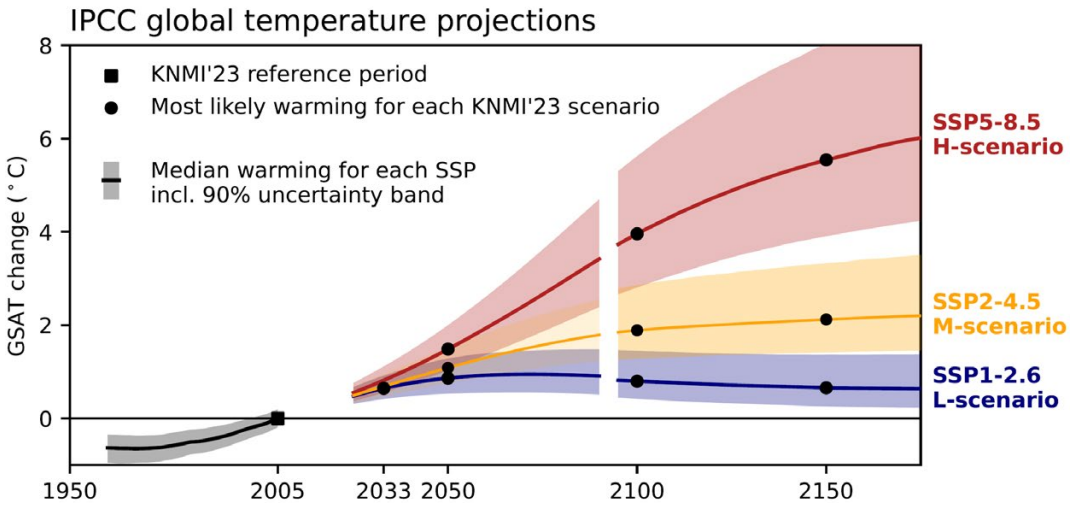
In 2018 en 2019 zijn door de STOWA (in samenwerking met KNMI en HKV) de klimaatstatistieken geactualiseerd. Hierbij zijn de statistieken voor de huidige situatie aangepast aan de al opgetreden klimaatverandering. De meeste regionale watersystemen zijn nog niet aangepast aan deze nieuwe neerslagstatistieken, waarbij onder aangepast wordt verstaan dat het watersysteem wordt verbeterd zodat aan de inundatie eisen wordt voldaan. Gezien de status van het watersysteem wordt voor 'polders en langdurige neerslag' het zichtjaar 2004 als referentiejaar genomen voor het opstellen van de adaptatiepaden.

Voor het stedelijke watersysteem wordt er continu gewerkt aan beheer en onderhoud van de riolering en waterbeheer. We weten dat het stedelijk systeem in veel gevallen nog niet voldoet aan de huidige inzichten met betrekking tot wateroverlast, laat staan aan de voorliggende klimaatambitie. Voor stedelijk gebied is er echter geen duidelijk moment aan te wijzen waarop de systemen zijn aangepast aan toenmalige inzichten, zoals bij landelijke systemen na invoering van de NBW-normering. We nemen voor deze paden dus aan dat de verhouding tussen de bestaande ambitie en de klimaatambitie voor stedelijk gebied hetzelfde is als voor landelijk gebied.

## A.4 Klimaatambitie als onderdeel klimaatambitie

Door klimaatverandering neemt de kans op extreme neerslag toe. De mate van toename is afhankelijk van het klimaatscenario en het zichtjaar. In de KNMI'23 klimaatscenario's wordt onderscheid gemaakt in vier kwadranten: een 'hoog' en 'laag' scenario en een 'nat' en 'droog'. Voor professionele gebruikers is er ook een 'midden' scenario gedefinieerd. Voor extreme neerslag was het onderscheid tussen de effecten bij een nat en droog scenario niet duidelijk, vandaar dat dit onderscheid voor extreme neerslag niet wordt gemaakt in de doorvertaling van de scenario's naar extreme neerslagstatistiek door STOWA. Er is dan ook alleen sprake van een 'hoog', 'midden' en 'laag' scenario. Aan de hoge, midden en lage scenario's zijn geen kans toegekend. In Figuur 11 is te zien dat de mondiale temperatuurstijging die binnen het laagste scenario stagneert vanaf grofweg 2033 en in het hoogste scenario blijft toenemen.

*Figuur 11 Mondiale opwarming per klimaatscenario voor de verschillende zichtjaren.*



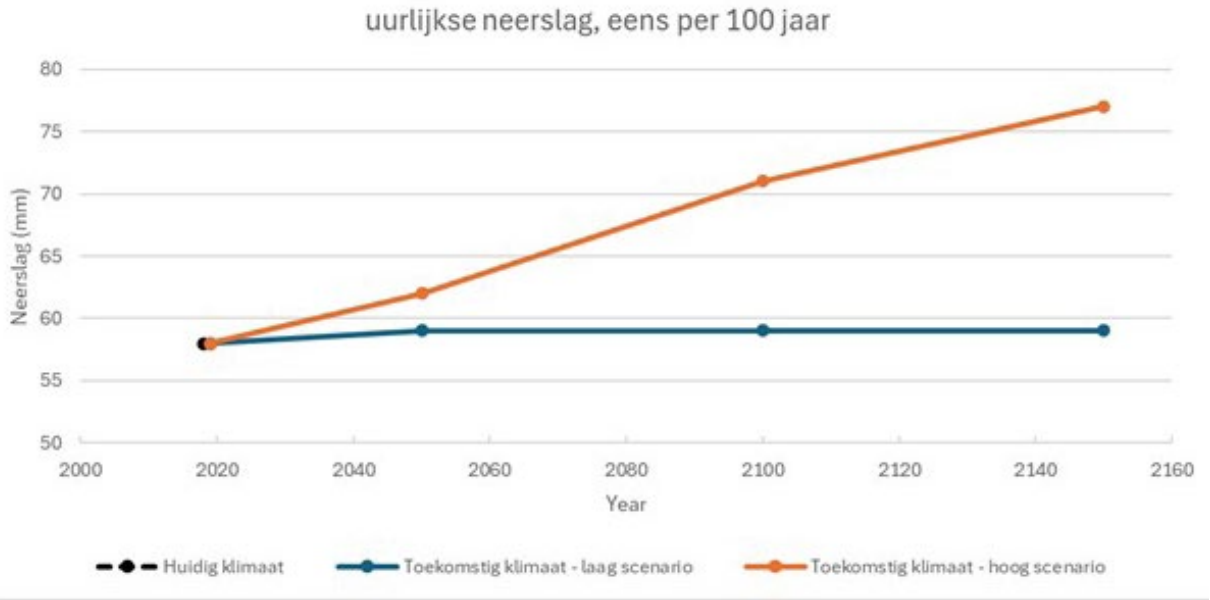

Bron: KNMI National Climate Scenarios 2023 for the Netherlands R. van Dorland, J. Beersma, J. Bessembinder, N. Bloemendaal, H. van den Brink M. Brotons Blanes, S. Drijfhout, R. Groenland, R. Haarsma, C. Homan, I. Keizer, F. Krikken, D. Le Bars, G. Lenderink, E. van Meijgaard, J. F. Meirink, B. Overbeek, T. Reerink, F. Selten, C. Severijns, P. Siegmund, A. Sterl, C. de Valk, P. van Velthoven, H. de Vries, M. van Weele, B. Wichers Schreur, K. van der Wiel
De Bilt, 2023 | Scientific report; WR-23-02, version 2, March 8, 2024

In Figuur 12 en Figuur 13 is de toename van de neerslag door klimaatverandering weergegeven voor respectievelijk kortdurende buien (1 uur) voor het stedelijke watersysteem en langdurige buien (4 dagen) voor het regionale watersysteem voor zowel het hoge als het lage scenario voor een gebeurtenis van eens per 100 jaar.[10], [11] Omdat de mondiale opwarming in het lage scenario stagneert vanaf 2033 zien we ook geen toename van extreme neerslag binnen dat scenario. Voor een conservatieve benadering werken we in dit memo met het hoge scenario.

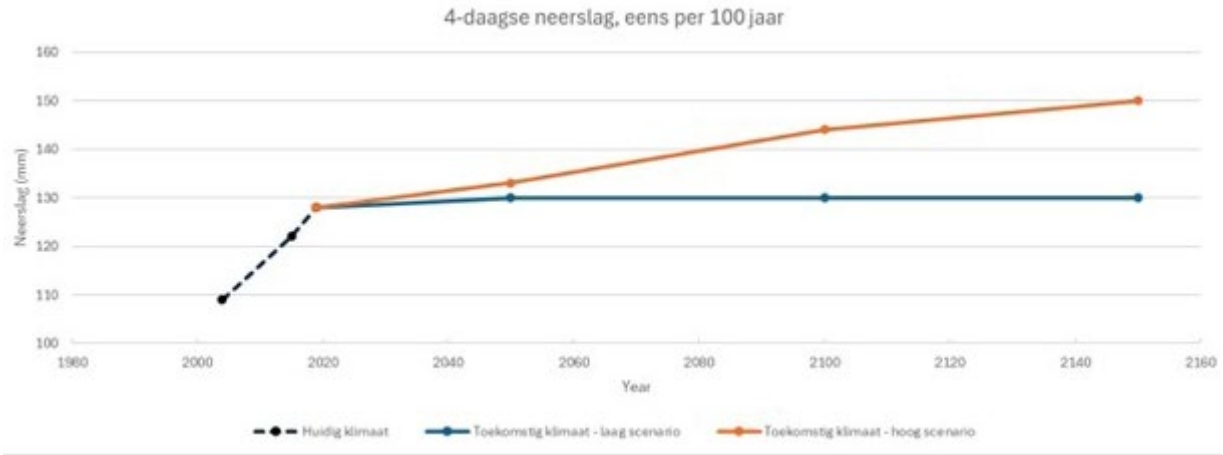
10 Meteobase.nl

11 (STOWA, 2004), (STOWA, 2015), (STOWA, 2018), (STOWA, 2019), (STOWA, 2023)

*Figuur 12 Statistiek van uurlijkse neerslag die eens per 100 jaar voorkomt in het huidig klimaat en in het toekomstig klimaat volgens de hoge en lage klimaatscenario's*




*Figuur 13 Statistiek van 4-daagse neerslag die eens per 100 jaar voorkomt in het huidig klimaat en in het toekomstig klimaat volgens de hoge en lage klimaatscenario's*




De zwarte stippellijn in Figuur 14 en Figuur 15 geeft aan hoe de statistiek voor 'huidig' klimaat in de loop der jaren is veranderd. In de volgende paragraaf bepalen we daarmee de bestaande ambitie.

## A.5 Maatregel Water vasthouden

### Narratief

Onder de maatregel ***water vasthouden*** wordt verstaan dat een deel van de neerslag die in een gebied valt niet tot afvoer komt en dat het ook niet leidt tot extra schade door het water vast te houden. Deze wordt dus vastgehouden op de plaats waar de neerslag valt. De hoeveelheid water die kan worden vastgehouden is dan ook begrensd door het volume neerslag dat valt. Om het effect op de omgeving in te schatten is het nodig om het areaal te weten van het water waar het wordt vastgehouden.

Het water vasthouden heeft in beginsel een positief effect op de omgeving omdat minder water in het watersysteem van dit gebied stroomt. Voor een polder gebied zal het merendeel van het water op land moeten worden geborgen omdat de bodem al vol zit bij de extreme belasting volgens het huidige klimaat en er een gerede kans is op een natte voorgeschiedenis. Voor een gebied op de hoge zandgronden kan meer water in de bodem infiltreren. Bij kortdurende buien is het echter de vraag of de infiltratiecapaciteit voldoende is waardoor alsnog oppervlakkige afstroming kan ontstaan. Water kan ook worden vastgehouden op daken en hiervoor ingerichte gebieden.

## Keuzes

We gaan ervan uit dat de gehele bergingscapaciteit beschikbaar is voordat de bui valt. Dat betekent dat er geen ruimte voor het vasthouden van water is benut door bijvoorbeeld droogtebestrijding. Voor extreme situaties is dat een risico omdat er bij water vasthouden een grotere kans is op een verzadigde bodem, waardoor het systeem meer als een verhard systeem gaat reageren.

We gaan uit van benutting van 10% van het areaal voor water vasthouden bij een eens per 100 jaar gebeurtenis. Dit betekent dat voor het vasthouden van gemiddeld 4 mm over het gehele gebied er 10 maal zoveel, dus 40 mm, moet worden vastgehouden op de locaties waar water wordt vastgehouden.

## Effectiviteit op risicoreductie

Tabel 8 geeft per beoogd effect, variërend van 25% tot 125% van de adaptatieambitie, het volume dat moet worden vastgehouden. In stedelijk gebied is dat bij 100% reductie 260 mm/uur en in de polder is dat 450 mm/4 dagen. We kunnen niet meer neerslag vasthouden dan er valt, 71mm/uur in stedelijk gebied en 144mm/4 dagen in landelijk gebied. Daaruit maken we op dat de maximaal haalbare risicoreductie van deze maatregel 27% in stedelijk gebied is en 31% in landelijk gebied.

*Tabel 8: Effect van maatregel water vasthouden, uitgaande van het toepassen op 10% van het areaal bij een eens per 100 jaar gebeurtenis.*

| Water Vasthouden | Risico | Ambitie (mm water vasthoud en) | Economisch / financiële | Technische | Politiek-bestuurlijke | Maatschappelijke | Ecologische | Fysiek-ruimtelijke |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -) X is niet haalbaar** | | | | | |
| Maximaal haalbaar | -27% | 71 mm | - | + | - | 0 | 0 | - |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Maximaal haalbaar | -41% | 144 mm | 0 | + | 0 | 0 | 0 | - |

De adaptatieambitie kan dus niet geheel worden gecompenseerd met water vasthouden. Opgemerkt wordt nog dat bij minder extreme gebeurtenissen het water vasthouden ook effectief is. Dit heeft in stedelijke omgeving bijvoorbeeld ook een effect op de kans van water op straat en overstorten. Per terugkeertijd van situaties als water op straat kan bepaald worden wat het effect is van klimaatverandering en vervolgens kan worden bepaald wat het effect is op deze situatie.

Als er meer areaal beschikbaar is voor het vasthouden van water zal de effectiviteit toenemen. Tegelijkertijd wordt opgemerkt dat de hoeveelheid die vastgehouden moeten worden aanzienlijk is.

### Haalbaarheid

Water vasthouden wordt begrensd door de neerslag die valt (en het areaal waarop deze van toepassing is. In Tabel 8 zijn de schattingen gegeven. Hierbij geldt de volgende toelichting:

- Er is een knikpunt in de effectiviteit op risico reductie van water vasthouden. Dit wordt bepaald door de hoeveelheid neerslag die valt en de omvang van het gebied. Als in 10% van het areaal al het water wordt vastgehouden (en geen druppel tot afstroming komt van de extra neerslag) dan is de risicoreductie 27% in stedelijk gebied en 41% in landelijk gebied.
- Het water vasthouden vraagt een groot ruimtebeslag waarop functies moeten worden aangepast. Dit areaal is ook groter dan bij de andere oplossingen. Daarom is het negatief beoordeeld.
- De omvang van dit ruimtebeslag vertaalt zich ook door naar de economische en financiële haalbaarheid en de vele stakeholders (politiek / maatschappelijk) die geraakt worden en is daarom negatief in stedelijk gebied. In landelijk gebied is deze impact er ook, maar is er ook meer ruimte en is deze als neutraal beoordeeld.
- Voor natuur is het oordeel neutraal. Voor bestaande natuur kan het water vasthouden negatieve impact hebben. Echter ook nieuwe natuur kan weer ontstaan wat positief is.

### Aanlooptijd maatregelen

Het water vasthouden vraagt dat het gebied waarop dit van toepassing is ook hierop ingericht is. Water vasthouden bij nieuwe ontwikkelingen heeft een trage snelheid omdat het areaal nieuwe ontwikkelingen beperkt is. Lokaal kan dit kansen bieden maar een grootschalig effect op heel Nederland is er niet. Water vasthouden vraagt ook een andere grondgebruik. Aanlooptijden kunnen worden versneld met een apart programma wat transities initieert, echter de kosten zullen dan ook oplopen. De vraag is ook wat de robuustheid is van deze maatregel, immers water vasthouden vergt ook onderhoud en het richt zich op extreme gebeurtenissen. De vraag is of dit onderhoud ook houdbaar is ook gezien de mogelijk vele stakeholders en conflicterende belangen in de natuur.

Voor de stedelijke omgeving is de aanlooptijd op Medium Lang (decennia) ingeschat gezien het feit dat de eigendom van gronden over veel partijen is verdeeld. In het landelijk gebied is deze ingeschat op korter mede gebaseerd op de implementatie van de NBW normering en hieruit volgende opgave. Omdat hier minder partijen betrokken zijn is de aanlooptijd korter en is de verwacht dat – mits men wil – in een periode van 10 jaar dermate water vastgehouden kan worden dat men meegroeit met klimaatverandering.

### Mogelijke nadelen

Water vasthouden heeft ook nadelen omdat het kan leiden tot nieuwe risico's. Bij hogere grondwaterstanden kan meer wateroverlast ontstaan in de gebieden waar water wordt vastgehouden. De beoogde capaciteit moet ook beschikbaar zijn voorafgaand aan de (zomerse) bui en kan niet worden ingezet voor bijvoorbeeld droogtebestrijding. Ook kunnen gebieden die eenmaal 'vol' zijn met water gaan reageren als verhard oppervlak waardoor bij extreme situaties de neerslag nog sneller tot afstroming kan komen. Bij keuze voor de maatregel water vasthouden moeten deze risico's meegenomen worden in de afweging.

## A.6 Maatregel bergen

### Narratief

Onder de maatregel ***water bergen*** wordt verstaan dat het water in het open water belandt en daar blijft, zodat het later wordt afgevoerd. Op open water resulteert dit niet in schade. Een verschil met water vasthouden is

dat water wel eerst naar het watersysteem kan afstromen. De hoeveelheid die kan worden geborgen wordt niet beperkt door de hoeveelheid neerslag die op het areaal valt, zoals bij vasthouden het geval is.

## Keuzes

De beperkende factor bij water bergen is de ruimte die er is in. We berekenen die door het oppervlak met de drooglegging te vermenigvuldigen. We gaan daarbij uit een drooglegging[12] van 70cm (als maat voor een gemiddeld watersysteem). Om meer water te kunnen bergen zal dit oppervlak vergroot moeten worden.

## Effectiviteit op risicoreductie

In de tabel hieronder is gegeven met welk percentage van het totaal oppervlak, het oppervlak aan open water moet groeien om aan de gestelde ambitie te voldoen. Dit bepaalt mede de haalbaarheid van deze maatregel die we samen met experts zullen inschatten. Gegeven de ambitie zoals geformuleerd geldt dat voor iedere bijdrage van 25% risicoreductie er grofweg 0,9% van het areaal nodig is. In het landelijk gebied is dat 1,3%.

*Tabel 9: Effect van maatregel water bergen bij in een T100 situatie (de uitgangssituatie is reeds 5% open water/bergend oppervlak stedelijk gebied).*

| Water Bergen | Kans | Effect | Risico | Ambitie (extra benodigd oppervlak voor open water tov totale oppervlak) | Economisch / financiële | Technische | Politiek-bestuurlijke | Maatschappelijke | Ecologische | Fysiek-ruimtelijke |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Meer | | | -125% | +4,6% | - | + | + | + | 0 | - |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Meer | | | -125% | +6,3% | - | + | + | + | + | - |

Opvallend is dat er geen bovengrens is aan deze maatregel. Het percentage open water kan altijd worden vergroot, al kost dat wel ruimte.

Ook voor deze maatregel is nu geraamd op een gebeurtenis die eens per 100 jaar voorkomt. Voor vaker voorkomende gebeurtenissen zal met hetzelfde oppervlak open water een grotere risicoreductie bereikt worden. Voor extremere gebeurtenissen is dat andersom.

## Haalbaarheid

Bergen van water kent in feite geen beperking omdat het areaal kan worden vergroot. In Tabel 9 zijn de schattingen gegeven van de haalbaarheid. Hierbij geldt de volgende toelichting:

- Er is geen knikpunt in de effectiviteit op risico reductie van water bergen.
- Het water vasthouden vraagt een relatief groot ruimtebeslag waarop functies moeten worden aangepast. Dit areaal is ook kleiner dan bij vasthouden maar de mogelijkheden voor andere grondgebruik lijken ook kleiner. Daarom is het negatief beoordeeld.
- De omvang van dit ruimtebeslag vertaalt zich ook door naar de economische en financiële haalbaarheid.

12 Verschil tussen grondwaterstand en oppervlaktewaterstand met het maaiveld. Zoveel ruimte is er dus nog 'over' tot het maaiveld inundeert.

- De maatregel is echter wel makkelijker inpasbaar en betreft minder stakeholders (politiek / maatschappelijk) die geraakt worden. De overlast is relatief beperkt ten opzichte van de baten.
- Voor natuur is het oordeel neutraal voor stedelijk gebied en positief voor landelijk gebied. Voor bestaande natuur kan het water vasthouden negatieve impact hebben. Echter ook nieuwe natuur kan weer ontstaan wat positief is. In het landelijk gebied zijn er meer mogelijkheden voor natuur dan in het stedelijk gebied.

### Aanlooptijd maatregelen

Het bergen vraagt dat het gebied waarop dit van toepassing is ook hierop ingericht is. Ervaringen van de wateroverlast van 1998 heeft laten zien dat landelijke watersystemen relatief snel aangepast kunnen worden (zie bijvoorbeeld ABCDelfland). De aanlooptijd is geschat op orde 10 jaar voor een landelijk watersysteem. In de stedelijke omgeving kan het gezien het aantal stakeholders langer duren (enkele decennia).

### Mogelijke nadelen

Het extra open water zal onderdeel moeten zijn van het reguliere watersysteem. Het betekent ook dat er meer ruimte nodig is, met andere woorden er zijn gronden nodig die worden ingezet als waterberging. Deze gronden horen nu niet bij het watersysteem. Om deze ruimte te kunnen benutten kan het wenselijk zijn om reserveringen te treffen zodat deze gebieden niet permanent ontwikkeld worden door andere functies.

Ook voor deze maatregel geldt dat de berging beschikbaar moet zijn voor inzet. Deze berging kan dus niet gebruikt worden voor bijvoorbeeld droogtebestrijding.

## A.7 Maatregel afvoeren

### Narratief

Onder de maatregel ***afvoeren*** wordt verstaan dat het water via watergangen, riolering en kunstwerken als stuwen en gemalen naar een ander gebied wordt getransporteerd.

### Keuzes

We gaan daarbij uit van een afvoercapaciteit van 15 mm/dag in een polder en 20 mm/uur voor de riolering in stedelijk gebied conform de vigerende ontwerpen. De extra afvoercapaciteit wordt bepaald op basis van de adaptatieambitie in een gebied.

### Effectiviteit op risicoreductie

De tabel hieronder geeft aan met welk percentage de afvoercapaciteit verhoogd moet worden om aan de ambitie te voldoen. Om 45 mm per 4 dagen extra af te kunnen voeren uit een polder, moet de afvoercapaciteit worden vergroot met 75% ten opzichte van 15 mm/dag. Hierbij is er rekening mee gehouden dat op de eerste dag van deze neerslagperiode de meeste neerslag valt en op deze dag het water dus moet worden afgevoerd. Naast het vergroten van de gemalen en leidingen kan het nodig zijn om ook watergangen te verbreden of verdiepen om voldoende doorvoercapaciteit te hebben. Gegeven de ambitie zoals geformuleerd geldt dat voor iedere bijdrage van 25% risicoreductie er grofweg 33% meer afvoer nodig. In het landelijk gebied is dat 15%.

*Tabel 10: Effect van maatregel water afvoeren bij een T100 gebeurtenis.*

| Water Afvoeren | Kans | Effect | Risico | Ambitie (% extra afvoer) | Economisch / financiële | Technische | Politiek-bestuurlijke | Maatschappelijke | Ecologische | Fysiek-ruimtelijke |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Meer | - | | -125% | 163% | - | + | + | 0 | 0 | 0 |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Meer | - | | -125% | 73% | - | + | + | 0 | 0 | 0 |

Opvallend is dat er geen bovengrens is aan de effectiviteit, wel kan het lastig zijn de extra afvoer te realiseren.

Ook voor de maatregel afvoeren geldt dat de risicoreductie voor vaker voorkomende gebeurtenissen groter zal zijn bij dezelfde verhoging van de afvoercapaciteit en lager voor de meer extreme gebeurtenissen.

## Haalbaarheid

Afvoeren kent in feite geen beperking omdat de capaciteit kan worden vergroot en hydraulische knelpunten kunnen worden weggenomen. Het heeft echter wel impact. In Tabel 10 zijn de schattingen gegeven van de haalbaarheid. Hierbij geldt de volgende toelichting:

- Er is geen knikpunt in de effectiviteit op risico reductie van afvoeren.
- Het water afvoeren vraagt om een vergroting van de afvoercapaciteit en lokaal oplossen van hydraulische knelpunten. Het ruimtebeslag is fors kleiner dan bij bergen. Daarom is het neutraal beoordeeld.
- De kosten van afvoeren en het beheer vertalen zich ook door naar een lagere economische en financiële haalbaarheid.
- De maatregel, technisch mogelijke, is echter wel makkelijker inpasbaar en betreft minder stakeholders (politiek / maatschappelijk) die geraakt worden.
- Voor natuur is het oordeel neutraal vergeleken met de huidige situaties omdat extremen niet vaak voorkomen.

## Aanlooptijd maatregelen

Het bergen vraagt dat het gebied waarop dit van toepassing is ook hierop ingericht is. Ervaringen van de wateroverlast van 1998 heeft laten zien dat watersystemen relatief snel aangepast kunnen worden. De aanlooptijd is geschat op orde 10 jaar. Voor stedelijke gebieden is de aanlooptijd langer omdat aanpassingen van rioolsystemen nodig zijn. Gemiddeld worden deze eens in de 50- 75jaar vervangen.

### Mogelijke nadelen

Om de afvoercapaciteit te vergroten kan het nodig zijn om ook transportkanalen te verbreden (wat ruimtebeslag vraagt).

Daarnaast wordt door het afvoeren van water een ander deelgebied belast. Dit wordt ook afwentelen genoemd en dat wordt soms onaantrekkelijk beschouwd. De mate waarin de extra afvoer leidt tot problemen wordt sterk bepaald door de capaciteit van de ontvangende systemen en de timing van hoogwater.

## A.8 Maatregel crisisbeheersing

### Narratief

Onder de maatregel 'locaties beschermen middels crisisbeheersing' wordt verstaan dat op basis van waarschuwingen acties worden ondernomen om tijdelijke noodmaatregelen te nemen. Deze noodmaatregelen kunnen worden uitgevoerd door de overheid, door de burger en door bedrijven. Voorbeelden zijn zandzakken, vloedschotten en het hoger plaatsen van waardevolle spullen. Ook noodpompen kunnen worden ingezet.

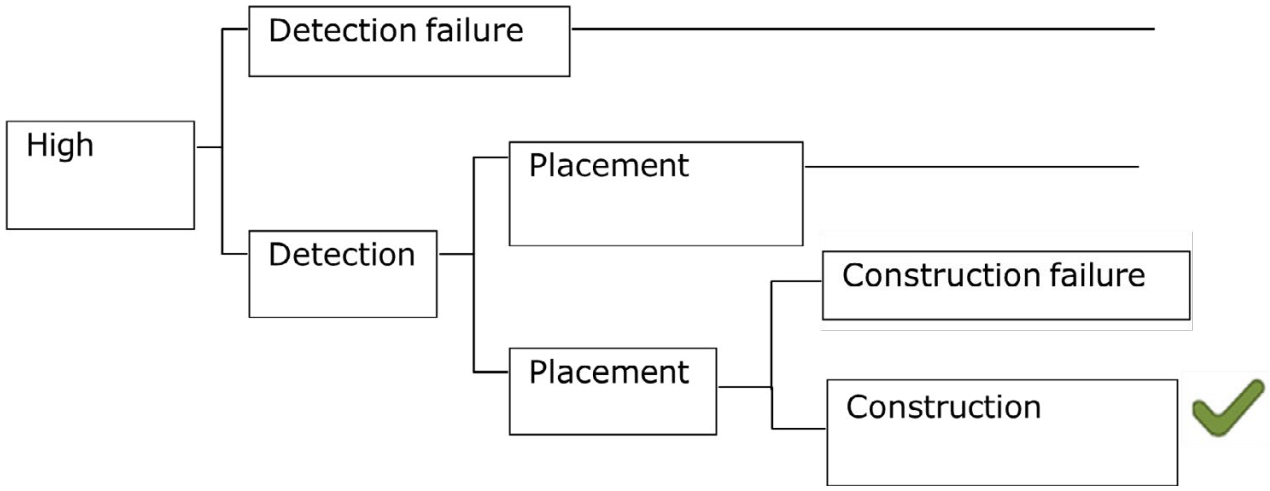
De maatregelen op het gebied van crisisbeheersing zijn vooral bedoeld om de schade aan gebouwen te voorkomen. Er zal sprake zijn van schaarste aan middelen en tijd. Het voorkomen van schade aan de landbouw en infrastructuur is een stuk lastiger via noodmaatregelen.

De wateroverlast van 1998 (vooral polders) laat zien dat 80% van de schade door de extreme neerslag gekoppeld was aan teeltschade[13]. De bijdrage aan de schade van objecten was dus beperkt. De case studie voor de bovenregionale neerslag in Zuid-Holland (zowel polders als stedelijk gebied) uitgevoerd door Deltares liet ook zien dat de schade aan woningen en bedrijven minder dan 33% van de totaal berekenende inundatieschade is. Daarbij werd in die studie uitgegaan van de Schade en Slachtoffer Module (SSM), waarin teeltschade door hoge grondwaterstanden niet beschouwd is en het werkelijke aandeel van de schade door woningen en bedrijven mogelijk nog lager ligt. Ook in 2021, de regenwateroverlast in Limburg, was de teeltschade 65% van de totale schade (analyse RVO en HKV) en de schade aan woningen beperkt ten opzichte van het totaal.

De effectiviteit van noodmaatregelen is afhankelijk van de handelingen van mensen. Deze handelingen kunnen worden opgedeeld in stappen (Figuur 14). De eerste stap is detectie, men moeten weten dat er een dreiging is en bereid zijn hiernaar te handelen. Dit vereist dus voorspelling, early warning en hier ontvankelijk voor zijn. De tweede stap is de logistiek. Zowel de mensen die de maatregel uitvoeren als de middelen zelf (denk aan zandzakken) moeten naar de plaats van uitvoering. De laatste stap is de uitvoering zelf waarbij de effectiviteit wordt begrensd door de aanwezige middelen (als het aantal zandzakken of de hoogte van een vloedschot en de beschikbare tijd) als de uitvoering. Het is niet te verwachten dat alle maatregelen succesvol worden uitgevoerd, dat is afhankelijk van allerlei factoren onder te verdelen naar techniek, voorbereiding en awareness (zie het 'Handbook emergency measures' van Rijkswaterstaat). Het is dan ook niet reëel dat altijd alle schade wordt voorkomen ondanks goede voorbereiding.

13 Verzekeren van regenschade gepubliceerd in: Het Waterschap nummer 17, pag. 803-807, september 2000 Auteurs: M. Kok H.F. Dooper I.B.M. Lammers. Zie https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/283857889/Kok2000verzekeren.pdf

*Figuur 14: Foutenboom plaatsing noodmaatregelen.*




*Bron: Lendering, K. (2018). Advancing Methods For Evaluating Flood Risk Reduction Measures. [Dissertation (TU Delft), Delft University of Technology]. https://doi.org/10.4233/uuid:5d45d298-9c1d-4454-9206-495faf4109fe*

## Keuzes

Onze verwachting is dat in polders een schadereductie van meer dan 30% niet mogelijk is door woningen en bedrijven te beschermen. Dit komt door de grote bijdrage van teeltschade die moeilijk te voorkomen is en dat ook voor andere soorten schades nooit alle schade kan worden voorkomen.

De mogelijkheden voor schadereductie in stedelijk gebied zijn groter omdat hier ook meer bebouwd gebied is, we gaan hier uit van 50% maximale schadereductie.

We gaan er verder vanuit dat 50% schadereductie het hoogst haalbare is als we rekening houden met mogelijke fouten in de uitvoering en onzekerheid in de weersverwachtingen.

## Effectiviteit op risicoreductie

De effectiviteit is beschreven in onderstaande tabel. In de verschillende klassen is een areaal opgenomen waar de crisismaatregelen worden toegepast. Als de uitvoering altijd 100% correct is dan kan de risicoreductie dus verdubbelen. De adaptatieambitie kan dus niet geheel worden gecompenseerd met crisisbeheersing.

Gegeven de ambitie zoals geformuleerd geldt dat als 25% van de gebouwen wordt beschermd de bijdrage aan risicoreductie ongeveer 12% is in stedelijk gebied en 8% in landelijk gebied.

*Tabel 11: Effect van maatregel crisisbeheersing, door locaties beschermen en gevolgbeperking.*

| Crisisbeheersing | Risico | Ambitie (% van gebouwen beschermd) | Economisch / financiële | Technische | Politiek-bestuurlijke | Maatschappelijke | Ecologische | Fysiek-ruimtelijke |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Alles | -59% | 100% vd gebouwen | 0 | - | + | + | 0 | 0 |
| Meer | - | > 100% vd gebouwen | | X | | | | |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Alles | -30% | 100% vd gebouwen | 0 | - | + | + | 0 | 0 |
| Meer | - | > 100% vd gebouwen | | X | | | | |

Er liggen kansen bij vitale of kwetsbare objecten voor verdere schade reductie, vooral omdat hier de uitvoering kan worden geprofessionaliseerd. Voor woningen en bedrijven ligt er een duidelijke link met nieuwbouw en renovatie waardoor door betere ontwerpen de ambitie voor crisisbeheersing kleiner kan worden.

De bijdrage aan de economische schade reductie is dan wellicht beperkt, echter de maatschappelijke gevolgen kunnen wel aanzienlijk worden verkleind. Zeker voor neerslag met geringe waterdieptes is aanzienlijke verkleining van de gevolgen mogelijk, mits voorbereid.

## Haalbaarheid

De effectiviteit van crisisbeheersing om gevolgen te beperken in de gebouwde omgeving is beperkt. In Tabel 11 zijn de schattingen gegeven van de haalbaarheid. Hierbij geldt de volgende toelichting:

- Er is een knikpunt in de effectiviteit op risico reductie van crisisbeheersing, het risico kan niet verder worden verlaagd dat de ambitie om alle gebouwen te beschermen. Dat de risico reductie niet 100% is komt doordat 1) de faalkans van crisisbeheersing en 2) dat de gebouwde omgeving maar een deel van de totale schade is. Dat is ook de reden dat de technische haalbaarheid negatief is beoordeeld.
- De impact op de ruimte en ecologie is neutraal, immers crisisbeheersing gaat om tijdelijke maatregelen in uitzonderlijke situaties.
- De kosten van crisisbeheersing zijn neutraal ingeschat omdat er geen investeringen in gronden aankoop nodig zijn. Er zijn investeringen nodig in noodmiddelen en in trainen en oefenen. Ook voorspellingen en waarschuwingen zijn van belang.
- De politieke en maatschappelijke haalbaarheid is hoog omdat crisisbeheersing altijd een onderdeel is. Echter de keerzijde is een valse verwachting in hoge effectiviteit.

## Aanlooptijd maatregelen

De aanlooptijd voor crisisbeheersing is relatief kort, in korte tijd kan een impuls worden gegeven en bewustzijn kan worden vergroot. De grote uitdaging ligt echter in het onderhoud, ook als er even geen rampen zijn.

Het waterbewustzijn in Nederland is structureel laag, ondanks allerlei pogingen. Tegelijkertijd is het niet de bedoeling om mensen en investeerders angst aan te praten. Dit vereist dus een dun koord en continue aandacht in een wereld waarbij er ook andere acute onderwerpen concurreren met de aandacht voor water. Dit aspect vergt continue aandacht.

### Mogelijke nadelen

De maatregel crisisbeheersing is een alternatief voor anders bouwen. Hierbij wordt hetzelfde effect nagestreefd. Deze maatregelen zijn uiteindelijk dus inwisselbaar maar uiteindelijk niet combineerbaar omdat je gevolgen maar één keer kan voorkomen.

Bij de uitvoering van de maatregelen ben je afhankelijk van heel veel mensen, dat maakt deze maatregel ook kwetsbaar.

## A.9 Maatregel ruimtelijke inrichting gebouwde omgeving

### Narratief

Voor deze maatregel gaan we ervan uit dat risico's beperkt worden door anders te bouwen en/of op andere locaties te bouwen. Dat betekent dat de maatlat en het ruimtelijk afwegingskader worden toegepast bij nieuwe ontwikkelingen en renovaties. Deze maatregelen zeggen echter niks over de bestaande bouw.

De snelheid waarmee het totale risico dan gereduceerd kan worden wordt onder andere bepaald door het tempo waarin er nieuw wordt gebouwd of verbouwd. In 2050 zal 90% van de bestaande gebouwen nog bestaan, dat staat gelijk aan een vernieuwingsgraad bij bestaande bouw van ongeveer 2% per 5 jaar[14]. Bij deze ontwikkelingen kunnen maatregelen worden genomen om de risico's weer te reduceren. We gaan daarnaast uit van het Build Back Better principe via verzekeraars (als maatregel). In dat geval wordt na wateroverlast door verzekeraars de eis gesteld maatregelen te treffen. Gemiddeld genomen wordt ieder jaar 1% van de gebouwen getroffen door een eens per 100 jaar bui. Het Build Back Better principe alleen werkt voor bebouwing waar nog geen maatregelen getroffen zijn, dus naarmate een groter deel van de bebouwing reeds vernieuwd is wordt deze maatregel minder effectief. We passen ieder jaar 1% van de nog niet aangepaste bebouwing aan. Daarnaast wordt er 12,5% bijgebouwd in de komende 10 jaar, 1 miljoen woningen ten opzichte van 8 miljoen woningen. Dat staat gelijk aan een percentage nieuwbouw van 6.25% per 5 jaar. Als we dat doortrekken dan betekent dat dat over 25 jaar 35% van de woningen aan de nieuwe standaard voldoet. Over 100 jaar voldoet 75% van de gebouwen aan de nieuwe standaard.

### Keuzes

Het zal ook niet mogelijk zijn om alle risico's af te dekken door anders te bouwen, we gaan daarom uit van een maximale risicoreductie van 50%[15] bij gebouwen. Net als voor de maatregel crisisbeheersing gaan we er daarnaast van uit dat in de polder ongeveer 30% van de schade door bebouwing wordt geleden en in stedelijk gebied ongeveer 50%. De maximale risicoreductie met renovatie en nieuwbouw zal dus ook respectievelijk 15% en 25% zijn.

### Effectiviteit op risicoreductie

We gaat nu uit van een tijdshorizon van 100 jaar en reduceren het maximaal haalbare effect dus nog eens met 50%. We geven voor de verschillende risicoreducties aan hoeveel jaar het zal duren om dit te bereiken. Uit de tabel blijkt dat de risicoreductie van deze maatregel beperkt is. Dat komt door het areaal bestaande

14 https://kvab.be/sites/default/rest/blobs/3652/tw_klimaatneutrale_woongebouwen.pdf

15 Aanname voorleggen aan experts

bouw wat niet wordt aangepast, de maatregel zich alleen richt op de gebouwde omgeving en door de beperkte effectiviteit (als deze 100% effectief is dan verdubbeld de risicoreductie). Opgemerkt wordt dat er ook geen rekening is gehouden met economische groei wat veel grotere impact heeft op het risico.

*Tabel 12: Effect van maatregel anders bouwen inclusief locatiekeuze.*

| Ruimtelijke inrichting | Risico | Ambitie (in jaren, afgaande op vernieuwingsgraad en effectiviteit) | Economisch / financiële | Technische | Politiek-bestuurlijke | Maatschappelijke | Ecologische | Fysiek-ruimtelijke |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| | 18 – | 25 – 50 - 75 jaar | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| | 26 - | (maximum haalbaar) | | | | | | |
| | 32% | | | | | | | |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| | 10 – | 25 – 50 - 75 jaar | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| | 16 - | (maximum haalbaar) | | | | | | |
| | 20% | | | | | | | |

Opvallend is dat de adapatieambitie dus niet kan worden gecompenseerd in 2100.

## Haalbaarheid

De effectiviteit van ruimtelijke inrichting om gevolgen te beperken in de gebouwde omgeving is beperkt. In Tabel 12 zijn de schattingen gegeven van de haalbaarheid. Hierbij geldt de volgende toelichting:

- Binnen 75 jaar (tot 2100) is het niet mogelijk om de ambitie van risico reductie te halen. Dit komt door:
  - de schade aan bebouwd gebied is maar een deel van de totale schade;
  - de snelheid van renovatie en nieuwbouw is beperkt;
  - Building back better wordt pas toegepast na optreden van wateroverlast en deze buien vallen random in Nederland.
- De overige haalbaarheidscriteria zijn allemaal neutraal, alleen de kosten zijn positief. De kosten zijn positief omdat aangesloten wordt bij lopende programma's of incidenten.
- Politiek bestuurlijk is de haalbaarheid negatief benoemd. Ondanks dat de maatlat en het ruimtelijke afwegingskader bestaan zijn deze niet verplichtend. Uiteindelijk gaat het om een afweging van belangen en kosten zoals in Zuidplas duidelijk zichtbaar bij de ontwikkeling van het 5e dorp.

## Aanlooptijd maatregelen

De aanlooptijd is relatief lang door de lage ontwikkelsnelheid en de kleine kans op extreme gebeurtenissen. De aanlooptijd kan worden versneld door specifieke programma's, de kosten en governance stijgen dan ook.

## Mogelijke nadelen

De maatregelen op gebied van nieuwbouw en renovatie zijn vooral gericht op het moment van aanleg. Door allerlei ontwikkelingen als bodemdaling, watersysteemingrepen etcetera kunnen de risico's veranderen. We gaan ervan uit dat dit nu niet gebeurd.

### Nog effectiever?

Vanwege de grote rol van teeltschade is het van belang te kijken naar maatregelen waarmee die schade beperkt kan worden. Op dit moment kennen wij geen concrete voorbeelden van maatregelen die daarvoor genomen kunnen worden. Er zijn wel enkele mogelijke initiatieven die ook voor droogtebestrijding worden genoemd als drijvende kassen en landbouw die los is van de volle grond. Deze maatregelen zijn nu niet meegenomen.

## A.10 Sneller herstel

### Narratief

Sneller herstel richt zich op het veel sneller operationeel krijgen van processen. Denk hierbij aan de uitval van een gemaal of zuivering, waarbij de periode dat dit object niet ingezet kan worden sterk kan worden verkort.

In de schadeberekeningen wordt al onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte schade. De directe schade is de herstelschade na blootstelling aan water. De indirecte schade is de schade die afhankelijk is van de duur. Deze schade kan dus worden verminderd door een sneller herstel en heeft zo effect op het risico.

In de MKBA voor waterveiligheid (Deltares, 2011) is verondersteld dat de indirecte schade 50% is van de berekende directe schade. Hierin is dus rekening gehouden met de factor tijd en dat mensen en bedrijven hun gedrag aanpassen. In de Waterschadeschatter is de indirecte schade lineair met de duur verondersteld waardoor die zeer hoog kan oplopen.

### Keuze

We nemen in deze studie aan dat door sneller herstel 25% van de schade kan worden voorkomen.
De maximale indirecte schade die kan worden voorkomen is 50% van de schade, echter is het niet te verwachten dat de duur naar '0' kan gaan en alle indirecte schade kan worden voorkomen.

### Effectiviteit op risicoreductie

In Tabel 13 is het effect op de risicoreductie opgenomen voor verschillende klassen van voorkomen van indirecte schade. Opvallend is dat de adapatieambitie dus niet kan worden gecompenseerd.

Gegeven de ambitie zoals geformuleerd geldt dat als 25% van de indirecte schade wordt voorkomen dat dan 13% van de ambitie wordt gereduceerd.

*Tabel 13: Effect van maatregel sneller herstel.*

| Sneller herstel | Risico | Ambitie | Economisch / financiële | Technische | Politiek-bestuurlijke | Maatschappelijke | Ecologische | Fysiek-ruimtelijke |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stedelijk systeem (1 uur)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Alles | 25% | Maximaal haalbaar: 50% van indirecte schade voorkomen | + | + | - | 0 | 0 | 0 |
| **Poldersysteem (4 dagen)** | | | **Haalbaarheid (+ / 0 / -)** | | | | | |
| Alles | 25% | Maximaal haalbaar: 50% van indirecte schade voorkomen | + | + | - | 0 | 0 | 0 |

## Haalbaarheid

De effectiviteit van sneller herstel is beperkt omdat de indirecte schade een beperkt onderdeel is van de totale schade. In Tabel 13 zijn de schattingen gegeven van de haalbaarheid. Hierbij geldt de volgende toelichting:

- Sneller herstel kan slechts 50% van de indirecte schade voorkomen, de risicoreductie is dan maximaal 25%.
- Sneller herstel zal zich richten op speciale functies en voorzieningen, deze vragen dus speciale aandacht en afspraken. Ook is het nodig deze afspraken te onderhouden omdat deze bij laagfrequente situaties moeten werken en regulier asset management kijkt naar vaker voorkomende situaties. Daarom is de politiek bestuurlijke haalbaarheid lager ingeschat. Het is nodig om handhaafbare en werkende eisen te stellen, iets waarvoor ook enige huiver is.
- De kosten zijn positief ingeschat zeker als deze gekoppeld kunnen worden aan reguliere vervangingsambities.

## Aanlooptijd maatregelen

De aanlooptijd zal enkele decennia zijn gekoppeld aan de vervangsambitie en onderhoud van de speciale voorzieningen. Deze is op medium lang ingeschat, enkele decennia

## Mogelijke nadelen

Het vergroten van het herstelvermogen kan mogelijk ook een positief effect hebben op andere gebeurtenis (het nadeel wordt dus een voordeel).

Het realiseren en handhaven van het herstelvermogen kan lastig zijn in de praktijk omdat het gaat om laagfrequente gebeurtenissen.