

Adaptatiepaden voor de Nationale Klimaatadaptatie- strategie (NAS) '26

Deel 2: Klimaatbestendig wonen, gezondheid,
landbouw, natuur, nieuwbouw, SEVESO,
waterkwaliteit en werklandschappen



Inhoud

0	Inleiding	5
1	Bestaande bouw – klimaatbestendig wonen voor iedereen	7
1.1	Introductie	7
1.2	Opgaven	7
1.2.1	<i>Klimatologische opgave</i>	7
1.2.2	<i>Risico's voor gebouwen en stedelijke infrastructuur</i>	8
1.2.3	<i>Rechtvaardigheid in klimaatadaptatie</i>	9
1.3	Invloeden van andere maatschappelijke opgaven	10
1.3.1	<i>Woningbouwopgave</i>	10
1.3.2	<i>Verdichtingsopgave</i>	11
1.3.3	<i>Ongewenste neveneffecten op klimaatrechtvaardigheid</i>	11
1.3.4	<i>Toekomstige generaties</i>	11
1.4	Categorieën adaptatieopties en randvoorwaarden	12
1.4.1	<i>Categorieën adaptatieopties en haalbaarheid</i>	12
1.4.2	<i>Randvoorwaardelijke maatregelen</i>	15
1.5	Beoordeling adaptatieopties en randvoorwaarden	17
1.6	Adaptatiepadenkaart	18
1.7	Interacties met andere NAS'26-opgaven	20
1.8	Discussie en conclusie	21
2	Klimaatadaptatieve Nieuwbouw	24
2.1	Introductie	24
2.2	Opgaven	24
2.2.1	<i>Klimatologische opgaven</i>	24
2.2.2	<i>Risico's voor gebouwen en stedelijke infrastructuur</i>	25
2.3	Invloeden van andere maatschappelijke opgaven	26
2.3.1	<i>Woningbouwopgave</i>	26
2.3.2	<i>Opgaven voor gebiedsontwikkeling</i>	26
2.3.3	<i>Verdichtingsopgave</i>	27
2.4	Categorieën adaptatieopties en randvoorwaarden	28
2.4.1	<i>Categorieën adaptatieopties en haalbaarheid</i>	28
2.4.2	<i>Randvoorwaardelijke maatregelen</i>	31
2.5	Beoordeling adaptatieopties en randvoorwaarden	33
2.6	Adaptatiepadenkaart	34
2.7	Interacties met andere NAS'26-opgaven	35
2.8	Discussie en conclusie	37
3	Gezondheid	39
3.1	Inleiding	39
3.2	Risico's en adaptatieopties	40
3.2.1	<i>Pollenallergie</i>	40
3.2.2	<i>Infectieziekten</i>	40
3.2.3	<i>UV-straling</i>	41
3.2.4	<i>Mentale gezondheid</i>	42

3.3	Categorieën adaptatieopties	42
3.3.1	<i>Beoordeling categorieën adaptatieopties</i>	45
3.4	Adaptatiepaden	45
3.4.1	<i>PBL-scenario's Intensiveren en Transformeren</i>	48
3.5	Interacties met andere opgaven	48
3.6	Conclusie en advies	50
3.6.1	<i>Gedragsverandering</i>	51
3.6.2	<i>Integrale aanpak gezonde leefomgeving</i>	51
3.6.3	<i>Gezondheidszorg, voor, tijdens en na crises</i>	51
3.6.4	<i>Kwetsbare groepen en een rechtvaardige aanpak</i>	51
3.6.5	<i>Communicatie van één gezamenlijk verhaal</i>	51
3.6.6	<i>Mogelijkheden voor verdere studie</i>	52
4	Landbouw	53
4.1	Inleiding	53
4.2	Adaptatieopties	53
4.2.1	<i>Inleiding</i>	53
4.2.2	<i>Type adaptatieve maatregelen en schaalniveaus</i>	54
4.3	Adaptatiepaden en de schaalniveaus	55
4.3.1	<i>Vijf adaptatiepaden</i>	55
4.3.2	<i>Adaptatiepaden per schaalniveau</i>	57
4.4	Interacties met andere opgaven	60
4.5	Conclusies	62
5	Veerkrachtige Natuur	63
5.1	Introductie	63
5.2	Adaptatieopties	63
5.2.1	<i>Categorieën van adaptatiemaatregelen</i>	64
5.3	Adaptatiepaden	65
5.4	Interacties met andere opgaven	67
5.5	Conclusie	68
6	Waterkwaliteit	69
6.1	Inleiding	69
6.2	Adaptatieopties	70
6.2.1	<i>Zero-pollution</i>	70
6.2.2	<i>Uitbreiding waterzuiveringsprocessen</i>	70
6.2.3	<i>Inrichting van het watersysteem</i>	71
6.2.4	<i>Nieuwe bronnen, meer circulariteit</i>	71
6.2.5	<i>Point-of-use zuivering</i>	71
6.2.6	<i>Transformeren van functies</i>	72
6.2.7	<i>Uitfaseren of verplaatsen van functies</i>	72
6.3	Adaptatiepaden	73
6.4	Interacties met andere opgaven	74

7	Seveso-inrichtingen voorbereiden op klimaatrisico's	77
7.1	Inleiding	77
7.2	Adaptatieopties	78
7.3	Adaptatiepaden	79
7.4	Verdere aanpak	80
7.5	Conclusie	81
8	Toekomstbestendige werklandschappen	82
8.1	Inleiding	82
8.1.1	<i>Ruggengraat lokale en regionale economie</i>	83
8.1.2	<i>Onderbouwing van de opgave</i>	85
8.2	Scope van de NAS-opgave Werklandschappen	86
8.2.1	<i>Brede welvaart</i>	88
8.3	Opgaven	88
8.3.1	<i>Klimaatrisico's en kansen voor werklandschappen</i>	88
8.3.2	<i>Ruimtelijk beleid in beweging</i>	89
8.3.3	<i>Economisch beleid en basis niet op orde</i>	92
8.3.4	<i>MKB</i>	92
8.3.5	<i>Hitte-eilanden én ruimtelijke eilanden</i>	93
8.4	Adaptatieopties	94
8.4.1	<i>Randvoorwaarden</i>	94
8.4.2	<i>Maatregelen: van verkokerde naar gebundelde aanpak</i>	96
8.4.3	<i>Categorieën adaptatieopties</i>	97
8.5	Adaptatiepaden	97
8.5.1	<i>Toelichting op de zeven paden</i>	101
8.5.2	<i>Overstappunten tussen de paden</i>	103
8.6	Interacties met andere opgaven	104
9	Samenhang tussen adaptatiepaden	105
9.1	Introductie	105
9.2	Samenhang tussen de adaptatiepaden van de NAS-opgaven	105
9.3	Samenhang in het licht van Intensiveren en Transformeren	107
9.4	Samenhang: invloed van tijd en klimaatscenario	109
9.5	Samenhang met andere transitie-opgaven	110
9.6	Samenhang benutten vraagt om bestuurlijke keuzes	110
10	Referenties	112
	Bestaande bouw – klimaatbestendig wonen voor iedereen	112
	Klimaatadaptieve Nieuwbouw	114
	Gezondheid	117
	Veerkrachtige natuur	118
	Waterkwaliteit	118
	Colofon	121

0 Inleiding

De overheid werkt aan een nieuwe Nationale Adaptatie Strategie (NAS 2026). Dit is een Rijksbrede strategie. In de NAS geeft het Rijk een samenhangend beeld van de richting, routes en mijlpalen naar een klimaatbestendig Nederland. Voor verschillende momenten in de tijd wordt in kaart gebracht wat er nodig is om zo goed mogelijk voorbereid te zijn op het toekomstige klimaat, welke doelen en mijlpalen we zouden moeten vaststellen hoe deze elkaar onderling kunnen versterken en waar dilemma's optreden.

Voor het herijken van de Nederlandse Nationale Adaptatiestrategie (NAS, 2026) is de ambitie uitgesproken om adaptatiepaden te ontwikkelen voor vijftien klimaatopgaven. In samenwerking met NWO-KIN werkten opgavetrekkingen van verschillende ministeries en experts van kennisorganisaties, beleid en praktijk de adaptatiepaden uit.

Adaptatiepaden zijn gestructureerde trajecten van opeenvolgende (sets van) adaptatiemaatregelen die bijdragen aan het reduceren van klimaatrisico's, met aandacht voor aanlooptijd, volgorde, effectiviteit en haalbaarheid onder verschillende klimaatscenario's. De paden bieden flexibiliteit om besluiten aan te passen aan veranderende omstandigheden en onzekerheden.

In een eerdere fase zijn adaptatiepaden opgesteld voor vijf geselecteerde klimaatopgaven: wateroverlast, gezondheid, cultureel erfgoed, energie- en telecommunicatie-infrastructuur, en weg, spoor- en vaarwegen.

Dit rapport beschrijft de ontwikkelde paden voor de overige opgaven:

- Bestaande bouw – Klimaatbestendig wonen voor iedereen
- Nieuwbouw – Klimaatadaptieve nieuwbouw
- Gezondheid – Gezond blijven in tijden van klimaatverandering
- Landbouw – Toekomstbestendige landbouw
- Natuur – Veerkrachtige natuur
- Waterkwaliteit – Verbeteren van de waterkwaliteit
- Seveso-inrichtingen – Voorbereiding van Seveso-inrichtingen op klimaatrisico's
- Werklandschappen – Toekomstbestendige werklandschappen

De tweede fase bouwt voort op de inzichten en ervaringen uit de eerste fase. Naast het verder ontwikkelen van adaptatiepaden was er in deze fase nadrukkelijker aandacht voor het analyseren van samenhang en interacties tussen maatregelen en paden.

De werkwijze was grotendeels gelijk aan die in de eerste fase: systematische verzameling en analyse van gegevens uit wetenschappelijke en grijze literatuur ter identificatie van adaptatieopties en hun effectiviteit. Ook zijn weer Make-atons georganiseerd (22 januari 2025 en 20 maart 2025). Tijdens de eerste Make-aton stond het co-creëren van adaptatiepaden met experts centraal; tijdens de tweede Make-aton richtte de aandacht zich op de onderlinge samenhang tussen maatregelen en paden. Voorafgaand aan de eerste Make-aton is meer voorbereidend werk verricht, onder meer door maatregelen te categoriseren met als doel synergie tussen opgaven te bevorderen en een bredere set aan opties te verkennen.

Van backcasting op basis van PBL-scenario's is in deze fase afgezien, aangezien eerdere ervaringen leerden dat de beschikbare scenario-uitwerkingen onvoldoende houvast boden voor de verschillende opgaven. In plaats daarvan is gewerkt met twee leidende strategieën voor het clusteren van maatregelen:

- *Intensiveren en doorontwikkelen*: (optimaliseren en opschalen) van bestaande adaptatiestrategieën gericht op behoud en ontwikkeling van de huidige functies en het huidige landgebruik;
- *Transformeren en meebewegen*: aanpassen van het systeem, functies en landgebruik passend bij water, bodem en klimaat, om in te spelen op klimaatverandering.

Deze rapportage vat de belangrijkste bevindingen samen en dient als input voor de verdere herijking van de NAS. Dit vervolgtraject omvat onder meer het identificeren van mogelijke routes en doelstellingen, het in kaart brengen van systeemkeuzes en interacties, en het ontwikkelen van een voorkeurs- en uitvoeringsstrategie.

In de volgende hoofdstukken beschrijven we de adaptatiepaden voor de klimaatopgaven. De rapportage sluit af met een reflectie op de samenhang tussen de paden, inclusief mogelijke synergiën en trade-offs.

1 Bestaande bouw – klimaatbestendig wonen voor iedereen

Geschreven door Ted Veldkamp en Sara Vermeulen (Hogeschool Rotterdam)

Dit hoofdstuk hangt nauw samen met hoofdstuk 2 over Klimaatadaptieve Nieuwbouw. Daardoor overlappen delen van de inhoud elkaar.

1.1 Introductie

In toenemende mate voelen we in Nederland de effecten van extreem weer. Nu al. Het veranderende klimaat, met bijbehorende weersextremen en zeespiegelstijging tast – in samenspel met de toenemende verstedelijking en watervraag – de toekomstbestendigheid en leefbaarheid van Nederland aan (Bessembinder et al., 2023; Hendriks & Mens, 2024; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat [IenW], 2022a; Siegmund et al., 2021). Actie is nu vereist om Nederland voor te bereiden op 2050, 2100, en verder. Vandaag bouwen we aan de samenleving van morgen. Dit doen we enerzijds door nieuwe manieren van gebiedsontwikkeling, door (her)inrichten van de bestaande gebouwde omgeving, door aanpassingen te plegen op gebouwniveau en wijzigingen door te voeren in bouwwijze, en anderzijds door bewoners en gebruikers van de juiste kennis, informatie en handelingsperspectieven te voorzien.

De NAS '26-opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* richt zich op het bestand maken van de bestaande gebouwde omgeving en haar inwoners tegen de gevolgen van klimaatverandering, met als doel een veilige, duurzame, gezonde en comfortabele leefomgeving voor alle bevolkingsgroepen. Dit vraagt om een eerlijke verdeling van de lasten en lusten van klimaatmaatregelen, met oog voor gemarginaliseerde gemeenschappen in kwetsbare situaties, en met oog voor de ongelijkheid in blootstelling aan en veerkracht tegen klimaatextremen. Aandacht is gewenst voor procedurele, erkennende, verdelende en herstellende rechtvaardigheid (Hulscher et al., 2023). Zowel technische maatregelen als sociale interventies en systeemwijzigingen, ondersteund door economische en beleidsmatige instrumenten, zijn nodig om een klimaatbestendige leefomgeving voor iedereen te realiseren.

De focus in deze opgave ligt op woningen. Utiliteitsgebouwen en zakelijk vastgoed zijn niet meegenomen. Voor woningen met funderingsproblemen is er een apart traject, de Nationale Aanpak Funderingsproblematiek (NAF). De resultaten uit dit traject worden aan deze opgave verbonden maar het traject zelf maakt geen deel uit van de uitwerking hieronder.

1.2 Opgaven

1.2.1 Klimatologische opgave

De Nederlandse gebouwde omgeving heeft te maken met een opeenstapeling van effecten die door klimaatverandering veroorzaakt dan wel verder versterkt worden. De opwarming van de atmosfeer en de toename van langdurige droogte leiden in de gebouwde omgeving tot extremere temperaturen tijdens langdurige hittegolven. Het gevolg is meer oversterfte, meer hittestress en verergering van de ziektelast voor bewoners en gebruikers.

Neerslagtekorten en lagere rivierafvoeren in droge periodes kunnen, in combinatie met grondwateronttrekkingen, leiden tot een daling van de grondwaterstanden. Daling van grondwaterstanden zorgt weer voor extra klink en veenoxidatie in kleiige en venige gebieden, met bodemdaling tot gevolg. Deze daling kan bijvoorbeeld de (houten) fundering van panden aantasten of panden doen scheuren.

Ook de waterkwaliteit, het stedelijk groen en de biodiversiteit nemen af. Door hogere temperaturen, toenemende droogte en hogere CO₂-concentraties in de lucht duurt het pollenseizoen langer en zijn de pollenconcentraties hoger, waardoor hooikoortsklachten toenemen. De nabijheid van de opwarmende Noordzee zorgt voor extremere buien met wateroverlast en overstromingen in de gebouwde omgeving. Hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot water in kruipruimtes en schimmel in gebouwen, wat kan leiden tot schade aan gebouw en inboedel maar ook gezondheidsproblemen kan veroorzaken bij bewoners en gebruikers, zoals astma en andere luchtwegklachten.

In de stedelijke delta zorgt de combinatie van zeespiegelstijging en droogte voor een toenemende verzilting van het grond- en oppervlaktewater, met mogelijk zoetwatertekorten in de gebouwde omgeving als resultaat.

Zeespiegelstijging en een verhoogd overstromingsrisico vanaf de rivieren tasten op langere termijn de waterveiligheid aan en dwingen ons als maatschappij tot het maken van fundamentele keuzes voor de toekomstige ruimtelijke inrichting van Nederland. Ten slotte: Zowel extreme klimaatgebeurtenissen (hitte, droogte, wateroverlast, overstromingen, natuurbranden) als de langetermijengevolgen van klimaatverandering kunnen leiden tot fysieke en mentale gezondheidsproblemen (Bessembinder et al., 2023; Hendriks & Mens, 2024; Hoogvliet et al., 2012; IenW, 2022; Siegmund et al., 2021).

1.2.2 Risico's voor gebouwen en stedelijke infrastructuur

Gebouwen en stedelijke infrastructuur zijn kwetsbaar voor de effecten van hitte, droogte en wateroverlast door extreme neerslag (Bani et al., 2024; Deltares et al., 2020; Van Gaalen et al., 2024).

Overstromingen vanaf de rivieren en/of de zee bedreigen steeds meer de waterveiligheidssituatie van de gebouwde omgeving. In 2020 maakte onderzoeksbureau Deltares met behulp van de klimaatschadeschatter een inschatting van de verwachte schade aan gebouwen en stedelijke infrastructuur voor de periode 2018-2050: De schatting kwam uit op 77,6 – 173,6 miljard euro (Deltares et al., 2020).

Gebouwen in heel Nederland kunnen schade ondervinden van **wateroverlast** door extreme neerslag en hoosbuien. Door beperktere mogelijkheden voor waterberging is voornamelijk het stedelijke gebied in het westen van het land vatbaar voor overlast, terwijl hoogteverschillen in het landschap in Zuid-Limburg woningen en bedrijven kwetsbaar maken voor een snelle stijging van water in kleine rivieren en beken (Van Gaalen et al., 2024). Deze overlast kan worden versterkt door droogte. Wanneer de bodem is uitgedroogd, kan water minder goed infiltreren in de grond, waardoor hoosbuien eerder tot wateroverlast leiden. Verder speelt met name in stedelijke gebieden het probleem van hoogteverschil door ongelijkmatige zetting: Aangezien water naar de laagste gelegen plek stroomt, zorgt dat bij extreme neerslag snel voor problemen (Van Gaalen et al., 2024) en resulteert dat veelal in ondergelopen kelders, kruipruimtes en souterrains en/of materiële schade aan de begane grond. Het Verbond van Verzekeraars neemt waar dat de verzekerde schade als gevolg van extreme buien is toegenomen. Registratie van onverzekerde schade ontbreekt (Van Gaalen et al., 2024; Verbond van Verzekeraars, 2024). De extreme neerslag en daaropvolgende hoogwater-gebeurtenis in Limburg van de zomer van 2021 heeft laten zien dat de economische schade door water vanuit regionale wateren – Roer, Geul, Gulp, Geleenbeek - aanzienlijk kan zijn (Van Gaalen et al., 2024). Deze bedroeg naar schatting 433 miljoen euro (Van Heeringen et al., 2022). Als deze waterbom elders in Nederland gevallen was, had de totale schade kunnen oplopen tot meer dan een miljard euro (De Bruijn & Slager, 2022).

Minder neerslag en hogere temperaturen leiden tot meer **droogte** (in frequentie, duur en intensiteit) en watertekorten, waardoor grondwaterstanden dalen. De daling van grondwaterstanden kan zorgen voor verzakking van de bodem en droogstand. Met name houten palen onder woningen en gebouwen met ondiepe funderingen in West-, Noord-Nederland en het riviereengebied zijn kwetsbaar voor paalrot, verzakkingen en scheuren. Funderingsproblemen zijn niet nieuw, maar door klimaatverandering worden deze erger (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024e). Op dit moment speelt dit probleem in hoge mate bij ongeveer 425.000 gebouwen in Nederland (6 procent van alle gebouwen), met name in West- en Noord-Nederland (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024). In rivierkleigebieden verergert de funderingsproblematiek Door klimaatverandering neemt de bandbreedte

toe waarbinnen fluctuatie optreedt tussen droogstand en natheid (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli), 2024; Van Gaalen et al., 2024). Rond twintig procent van de woningen met ernstige problemen staat in steden en wijken met lage inkomens (Bani et al., 2024; Van Gaalen et al., 2024). De [Nationale Aanpak Funderingsproblematiek](#) werkt aan een meerjarenprogramma om het bewustzijn en de informatiepositie van mensen rond funderingsschade te vergroten en om woningeigenaren te stimuleren aan de slag te gaan met schade- en funderingsherstel (VRO, 2024). Hitte en droogte, en de bijbehorende daling van de grondwaterstand met mogelijke bodemdaling tot gevolg, tasten ook de stedelijke infrastructuur aan. Droogte resulteert in een verminderde vaardiepte en kan leiden tot schutbeperkingen. Ongelijkmatige zettingen als gevolg van droogte leiden tot spoorvorming aan wegen en breukvorming in de ondergrondse infrastructuur zoals kabels, leidingen en riolering (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024).

Extreme **hitte** leidt tot het uitzetten van rails en het vast komen te zitten van beweegbare bruggen. Extreme hitte vergroot daarnaast de kans op oververhitting in gebouwen, resulterend in een hogere koellast en extra verhitting van het stadsklimaat. Extreme hitte doet ook de ziektelast toenemen. Jaarlijks overlijden er enkele honderden mensen meer dan verwacht door hittegolven (hittesterfte) en hogere gemiddelde jaartemperatuur (warmtesterfte). Tijdens de hittegolf van 2019 stierven er in een week 400 mensen door hittestress, mogelijk in combinatie met smog. En tijdens de hittegolf in 2020 (dertien dagen, maximumtemperatuur 34,6 graden Celsius) lag het sterftecijfer negen procent hoger dan gemiddeld, bijna honderd sterfgevallen meer (Betgen et al., 2024; Van Gaalen et al., 2024).

Een groot deel van de westelijk gelegen stedelijke delta ligt onder NAP en wordt door een systeem van waterkeringen beschermd tegen hoog water vanaf zee en de rivieren. Het buitendijkse gebied wordt niet beschermd door dijken, maar ligt relatief hoog. Buitendijks wonen ca 115.000 mensen. Dat neemt deze eeuw nog toe met circa 60.000 mensen (Nationaal Deltaprogramma, 2012). Volgens de KNMI'23-scenario's kan de zeespiegel tot 2100 stijgen met 16-34 cm in het lage scenario en tot 59-124 cm in het hoge scenario (Bessembinder et al., 2023). Als onzekere processen, zoals het instabiel worden van de Antarctische IJskap, al voor 2100 optreden, kan de bovengrens van de zeespiegelstijging rond 2100 oplopen tot 2,5 meter (Bessembinder et al., 2023). Deze geraamde stijging vormt, zeker in combinatie met hoog water vanaf de rivieren, een reële bedreiging voor het wonen, werken en leven in binnen- en buitendijks gebied en voor het behoud van kwetsbare en vitale functies en infrastructuur. De zeespiegelstijging zorgt bovendien voor een extra opgave ten aanzien van verzilting, waterkwaliteit en de waterbeschikbaarheid tijdens periodes van droogte en voor uitdagingen ten aanzien van het afvoeren van regenwater (meer pompen, minder of niet meer onder vrij verval spuien) en in sommige gevallen het realiseren van voldoende bergingscapaciteit (Visser & Oosterholt, 2023).

1.2.3 Rechtvaardigheid in klimaatadaptatie

Iedereen ervaart de impact van klimaatverandering en extreme weersomstandigheden anders, ook het handelingsperspectief is ongelijk. Niet ieder huishouden kan de kosten van klimaatschade goed dragen (Phlippen et al., 2023). Huurders zijn bijvoorbeeld afhankelijk van hun verhuurders voor klimaatadaptatieve maatregelen aan hun huis (Hulscher et al., 2023). De beschikbare financiering vanuit overheidswege is vaak ontoereikend is voor het implementeren van effectieve maatregelen (Helmer et al., 2023). Zonder procedurele, erkennende, verdelende en herstellende rechtvaardigheid vergroot de ongelijkheid in Nederland (Helmer et al., 2023; Hulscher et al., 2023). De gebouwde omgeving vertoont een grote sociaaleconomische en -culturele diversiteit (BZK, 2022; CBS, 2024; Hulscher et al., 2023; Jennissen et al., 2018). Mensen in een kwetsbare sociaaleconomische positie wonen relatief vaak in slecht aan het klimaat geadapteerde woningen in kwetsbare wijken met een gebrek aan groene ruimte, gezondheidszorg, onderwijs en sociale voorzieningen. Deze ongelijkheid wordt versterkt door klimaatverandering en bijbehorende weersextremen (Phlippen et al., 2023). Beperkte vaardigheden om te kunnen anticiperen op of zich te kunnen aanpassen aan klimaatverandering en extreem weer, door taal-/kennisachterstanden, gezondheid, toegang tot hulpbronnen en de kwaliteit van infrastructuur, maakt deze groepen extra kwetsbaar. Door stapeling van verschillende problemen is bovendien alleen al het idee van klimaatimpact op hun huis of wijk een grote stressbron boven op de chronische stress waar men in de dagelijkse gang van zaken al mee te maken heeft. Deze chronische stress heeft grote invloed op de gezondheid.

Mensen met chronische ziekten en oudere mensen met verminderde mobiliteit en beperkte toegang tot gezondheidszorg zijn relatief kwetsbaar voor hitte-gerelateerde ziekten tijdens langdurige hittegolven in stedelijke gebieden.

Het realiseren van klimaatbestendig wonen voor iedereen vraagt om aandacht voor vier vormen van rechtvaardigheid (Hulscher et al., 2023).

Procedurele rechtvaardigheid in participatie- en besluitvormingsprocessen. Kunnen mensen hun stem laten horen? Hebben alle belanghebbenden mogen meedenken? En is het een transparant proces geweest? Aandacht is nodig voor het waarborgen van de participatie van kwetsbare groepen, toekomstige generaties, sleutelpersonen of ervaringsdeskundigen, zodat hun stem gehoord wordt en hun specifieke behoeften en perspectieven worden meegenomen. Het inspelen op barrières bij bepaalde groepen is een uitdaging, zoals taalbarrières, het gebrek aan toegang tot voor hen begrijpelijke informatie, het gebrek aan informele netwerken die hulp kunnen bieden en het gebrek aan inzicht in inspraakprocedures.

Erkende rechtvaardigheid gaat over de erkenning van de identiteit, behoeften, waarden, cultuur en meningen van verschillende mensen, partijen en gemeenschappen, inclusief niet-menselijke entiteiten. Dit helpt bij het creëren van een inclusieve samenleving waarin mensen zich gezien, gehoord en gewaardeerd voelen, ongeacht hun achtergrond.

Verdelende rechtvaardigheid gaat over een eerlijke verdeling van de lusten en lasten. Het betekent: prioriteren op wijken waar huishoudens het meest kwetsbaar zijn; ongelijk investeren voor gelijke kansen; procedures eenvoudiger en begrijpelijker te maken; het vergroten van de financiële steun.

Herstellingsrechtvaardigheid houdt in dat de schade wordt hersteld als er onevenredige kosten, schade en gevolgen van klimaatverandering bij bepaalde mensen, groepen, of gemeenschappen terecht komen. Historische verantwoordelijkheid wordt meegenomen.

1.3 Invloeden van andere maatschappelijke opgaven

Behalve het veranderende klimaat hebben ook andere maatschappelijke opgaven een invloed op het realiseren van de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen*.

1.3.1 Woningbouwopgave

Het oplossen van het tekort aan woningen geldt de komende decennia onverminderd als een belangrijke opgave. Het programma Woningbouw zet in op de bouw van 900.000 woningen tot en met 2030, middels een groei van de bouwproductie naar 100.000 woningen per jaar en het realiseren van additionele woningen door splitsen, optoppen, en het faciliteren van andere collectieve woonvormen (VRO, 2022). Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) vertaalde deze doelstelling in een ruimteclaim van 77 vierkante kilometer bij een hoge, stedelijke dichtheid van 100 woningen per hectare, en 308 vierkante kilometer bij een lage dichtheid van 25 woningen per hectare (PBL, 2019). Naar verwachting is vanuit een technisch perspectief een groot deel van de woningbouwopgave haalbaar door verdichting en transformatie op binnenstedelijke locaties.

Veranderingen in bevolkingssamenstelling vragen om aanpassingen in de nieuwbouw (Langenberg & Jonkers, 2022). Door de vergrijzing stijgt vooral het aantal oudere alleenstaanden sterk. Deze ontwikkeling vraagt om meer klimaatbestendige, flexibele, modulaire wooneenheden met aandacht voor die klimaatfactoren die ouderen in het bijzonder raken zoals hittestress, en vraagt ook om het stimuleren van doorstroming op de woningmarkt zodat vooral ouderen gemakkelijker verhuizen naar een passende, voor hen aantrekkelijke woning.

1.3.2 Verdichtingsopgave

De beperkt beschikbare ruimte (ondergronds en bovengronds) stelt gemeenten voor grote uitdagingen bij klimaatbestendige stadsontwikkeling. Ruimte in de stad is schaars en wordt vaak al benut voor verschillende functies, zoals wonen, commerciële activiteiten, infrastructuur (wegen, kabels, leidingen) en groen. Het toevoegen van klimaatbestendige elementen kan concurreren met andere stedelijke behoeften en belangen. Het integreren van ondergrondse wateropvangsystemen is technisch complex in dichtbebouwde omgeving. Bestaande ondergrondse infrastructuur (zoals kabels, leidingen en rioleringen) kan het moeilijk maken om nieuwe systemen toe te voegen zonder verstoringen of extra kosten. Ten slotte kunnen bestaande stedelijke structuren zoals historische gebouwen, monumenten of beschermde gebieden beperkingen opleggen aan de implementatie van klimaatadaptieve maatregelen. Het is in dat geval nodig om innovatieve ontwerp oplossingen te vinden die zowel de historische waarde beschermen als de klimaatbestendigheid verbeteren. Meervoudig ruimtegebruik is noodzakelijk om alle opgaven in de beperkt beschikbare ruimte te positioneren (Hamers et al., 2021).

Grond in het stedelijk gebied is vaak duur. Het toevoegen van klimaatbestendige elementen of herontwikkelen van bestaande ruimtes voor klimaatadaptatie kan hierdoor kostbaar zijn, bijvoorbeeld het omzetten van bestaande gebouwen, parkeerplaatsen of industriële locaties naar groene ruimtes of wateropvang (Rijsdijk & Brunink, 2024; Velthuis et al., 2024; Zwaan et al., 2024). Ook beleid en wetgeving zijn nog niet altijd voldoende toegerust voor klimaatadaptieve binnenstedelijke gebiedsontwikkeling. Bestaande parkeernormen staan bijvoorbeeld in sommige gevallen op gespannen voet met het vergroenen van de openbare ruimte (e.g. MuConsult & Rho Adviseurs, 2020). Soms is het niet mogelijk om klimaatadaptieve maatregelen aan gebouwen te nemen zonder dat het gebouw eerst gesloopt moet worden. Hier speelt een extra uitdaging voor gemeenten met zogenaamde gespikkelde woonwijken waar (sociale) huurders en eigenaren door elkaar wonen (Born & Winkel, 2021).

1.3.3 Ongewenste neveneffecten op klimaatrechtvaardigheid

Klimaatadaptief (her)ontwikkelen van de gebouwde omgeving kan ongewenste neveneffecten op klimaatrechtvaardigheid met zich meebrengen. Stadsontwikkeling kan leiden tot duurder vastgoed en daardoor tot verdringing van de oorspronkelijke bewoners naar minder leefbare gebieden van de stad (Anguelovski et al., 2022; Rocha et al., 2024). Dit fenomeen verzwakt de sociale cohesie van wijken en beperkt de toegang voor kwetsbare gemeenschappen tot betaalbare huisvesting en noodzakelijke diensten. Ook in nieuw te ontwikkelen delen van de gebouwde omgeving spelen deze effecten. Klimaatadaptief bouwen is bovendien (nog) relatief duur – hoe voorkomen we dat klimaatbestendige woonwijken alleen toegankelijk zijn voor hen die het zich kunnen veroorloven? Hoe voorkomen we dat groepen met een kwetsbare positie veroordeeld worden tot de minder toekomstbestendige gebiedsontwikkelingen en dat dit leidt tot ongewenste ruimtelijke segregatie? Rechtvaardige stedelijke (her)ontwikkeling vereist beleidsmaatregelen die de belangen van alle bewoners beschermen en die inclusieve participatie bevorderen bij ontwerp- en besluitvormingsprocessen.

1.3.4 Toekomstige generaties

De belangen en preferenties van toekomstige generaties worden weliswaar onderkend maar nog maar zeer beperkt operationeel gemaakt in ruimtelijke planvorming, strategische besluiten en/of investeringsbeslissingen die in grote mate de toekomstige inrichting van ons land bepalen. Denk aan het programma Woningbouw onder de Nationale Woon- en Bouwagenda of de deltabeslissingen voor Zeespiegelstijging, Zoetwatervoorziening en Ruimtelijke Adaptie (Byskov, 2024; De Wit, 2024; Nationaal Deltaprogramma, 2024). Deze stellen toekomstige generaties in potentie voor (ruimtelijke) lock-ins en crises, juist omdat we nagelaten hebben om in ons ruimtelijke en klimaat(adaptatie)beleid te denken aan, voor en namens de generaties die ons zullen volgen. Een aanpak om de stem van de toekomst beter mee te nemen is noodzakelijk (De Wit, 2024; Hulscher et al., 2023).

1.4 Categorieën adaptatieopties en randvoorwaarden

Voor de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* identificeerden we met behulp van twee Make-atons, één expert-sessie en enkele tussentijdse consultatierondes zes categorieën adaptatieopties. Deze categorieën bespreken we hieronder, met een toelichting op de haalbaarheid van de adaptatieopties. Aanvullend zijn er vijf maatregelen geïdentificeerd die randvoorwaardelijk zijn voor het in uitvoering brengen van de genoemde adaptatieopties.

1.4.1 Categorieën adaptatieopties en haalbaarheid

1 Gebiedsgebonden en gebruikersspecifiek advies: het formuleren van mogelijke (klimaatadaptatie) maatregelen die de potentiële effecten verminderen van klimaatverandering en de weerbaarheid verhogen, eigen rol en verantwoordelijkheid, en het klaar hebben van protocollen voor crisisbeheersing. Voorbeelden: informeren over hoe groot de klimaatrisico's voor een woning zijn, of een waterwijzer op basis van gebiedsgebonden informatie en het bevorderen van waterbewust gedrag (e.g. Hoogvliet, Slager & Dolman, 2023). Dergelijke klimaatadaptatiemaatregelen geven burgers handelingsperspectief voor klimaatadaptieve keuzes en stellen hen in staat zichzelf voor te bereiden in het geval van verhoogd risico (Hoy, Swartling & Leander, 2022). Hitteprotocollen en gebruikersspecifiek advies wat te doen in voorbereiding op én tijdens een periode van extreme hitte geeft burgers handvatten om met crisissituaties om te gaan (Van den Hazel & Weterings, 2019). Gebiedsgebonden crisisplannen voor hoog water en overstromingen geven burgers de juiste instructies hoe zich voor te bereiden op en wat te doen tijdens een dergelijk extreme gebeurtenis (Bakker et al., 2025).

Experts beoordelen de haalbaarheid van gebiedsgebonden en gebruikersspecifiek advies als goed met een korte aanlooptijd. De haalbaarheid van een waterwijzer die bijdraagt aan waterbewust gedrag krijgt een positieve beoordeling. Eventuele gebouwgebonden risicolabels krijgen een negatieve/neutrale beoordeling vanwege de mogelijke financiële consequenties voor huidige woningeigenaren – als daartoe benodigde (financiële) vangnetten ontbreken.

2 Maatregelen aan gebouwschil en in private buitenruimte: het treffen van (kleinschalige) maatregelen door bewoners, eigenaar-bewoners, en eigenaren zoals corporaties en kleine en grotere verhuurders om de klimaatbestendigheid en leefbaarheid van de bestaande woningen te verbeteren (Bakker et al., 2024; Hamers et al., 2021; IenW, 2023; IenW, 2024a; Kadijk & Priden, 2023; Mereboer & Postma, 2023; Rijdsdijk & Brunink, 2024; Valkenburg et al., 2022; Velthuis et al., 2024; Zwaan et al., 2024).

Voorbeelden: isoleren van dak en (spouw)muren, plaatsen van dubbelglas of HR++(+) glas, en het installeren van zonwering tegen hitte; installeren van systemen voor regenwateropvang zoals een regenton, een groenblauw dak, groene gevels, regenwaterbassins of additionele waterberging in de kruipruimte of in de tuin; maatregelen gericht op waterbesparing zoals waterbesparende apparaten, lekdetectiesystemen en slimme irrigatiesystemen voor groenvoorziening; het onttregelen en vergroenen van de (semi-)private buitenruimte en het realiseren van waterberging in de kruipruimte of in de tuin.

In het *Framework for Climate Adaptive Buildings (deel 2, gebouwscore)* benoemen bouwspecialisten, en wegen wetenschappers, gebouwkenmerken die bijdragen aan de weerbaarheid/kwetsbaarheid van een gebouw voor verschillende klimaatopgaven (Bakker et al., 2024; Kadijk & Priden, 2023).

Wat haalbaarheid betreft: Door experts is de haalbaarheid van maatregelen aan de gebouwschil en private buitenruimte als goed beoordeeld met een korte aanlooptijd, voor in ieder geval woningeigenaren met voldoende beurs en voor andere bewoners mits voldoende (financieel) ondersteund.

3 Klimaatadaptieve herinrichting gebied: Bij de herinrichting van stedelijk gebied zijn diverse klimaatadaptieve maatregelen mogelijk – zowel binnen het bestaande straatprofiel als binnen de contouren van een nieuw profiel of wijkinrichting.

Groene, blauwe en grijze maatregelen in de openbare ruimte die (regen)water beter laten vasthouden en infiltreren, vergroten de sponswerking van de gebouwde omgeving (Bakker et al., 2024; Hamers et al., 2021;

lenW, 2023; lenW, 2024a; Kadijk & Prijden, 2023; Posthouwer, 2024; Rijdsijk & Brunink, 2024; Valkenburg et al., 2022; Velthuis et al., 2024; Zwaan et al., 2024).

Groene infrastructuur omvat het gebruik van natuurlijke en seminatuurlijke elementen, zoals wadi's, infiltratievelden, geveltuinen, watervertragende groenstroken, regenwaterparken en stadsbossen. Deze elementen helpen bij het vasthouden en absorberen van regenwater, waardoor de belasting van het rioleringsstelsel vermindert en de kans op overstromingen afneemt. Groene daken en gevels absorberen direct regenwater en verminderen de hoeveelheid water die het stedelijke oppervlak bereikt. Stadsbossen en regenwaterparken fungeren als natuurlijke opvanggebieden en bieden habitats voor meer biodiversiteit. Meer groen betekent ook meer verkoeling en meer biodiversiteit. Permeabele (doorlaatbare) oppervlakken, zoals waterpasserende en waterdoorlatende bestrating, grasbetontegels en grindpaden, maken infiltratie van regenwater in de bodem mogelijk. Deze oppervlakken verminderen de waterafvoer naar rioleringen en oppervlaktewater (kanalen, meren, plassen, beekjes, rivieren), waardoor de kans op overstromingen afneemt en de watervoorziening voor grondwater wordt aangevuld.

Specifieke voorzieningen voor regenwaterinfiltratie, zoals infiltratiekragen, -buizen en -goten in parkeerplaatsen, trottoirs en openbare ruimten bevorderen de infiltratie van regenwater in de bodem. Deze systemen vangen regenwater op van verharde oppervlakken en leiden het naar speciaal ontworpen structuren die het water laten infiltreren in de bodem, waar het kan worden opgeslagen en het grondwater kan aanvullen (MWH, 2012).

Maatregelen voor het bergen en beschikbaar maken van water voor hergebruik maken het mogelijk om tijdens zware regenval water tijdelijk vast te houden, om dit vervolgens tijdens drogere perioden weer te kunnen benutten. Waterbergingsystemen zijn onder meer waterbergende elementen in of onder pleinen, zoals infiltratiekragen, betonnen elementen, steenwol, schuimbeton, diverse vormen van granulaat; en ook wegen en/of groenstroken met een verhoogde porositeit in de bodem waarin (regen)water kan worden opgevangen. Andere maatregelen zijn straten lager aanleggen dan de woningen, of stoepanden verhogen, zodat de straat het teveel aan water kan opvangen. Daarbij moet het ontwerp ook rekening houden met toegankelijkheid. Waterpleinen en -plekken kunnen dienen als multifunctionele ruimtes, voor waterberging, als recreatief gebied en voor visuele aantrekkelijkheid van de stad. Ondergrondse waterbergingsystemen, zoals de Urban Waterbuffer, maken gebruik van diepere watervoerende zandlagen voor infiltratie, grootschalige opslag en terugwinning van hemelwater via putten (Van Dooren & Wietse Boer, 2020). Met actief grondwaterpeilbeheer (AGWP) binnen een afgebakend gebied kunnen grondwaterstanden worden gestabiliseerd. AGWP kan zo actief bijdragen aan het vergroten van het infiltrerend vermogen van de stad. AGWP wordt op verschillende locaties in Nederland al onderzocht en toegepast, maar ervaringen met de werking en toepasbaarheid lopen uiteen.

Blauw staat voor oppervlaktewater. Meer oppervlaktewater vergroot de buffercapaciteit van de gebouwde omgeving bij extreme neerslag. Lokaal vastgehouden water geeft op warme dagen verkoeling – door verdamping – en draagt zo bij aan het verminderen van de effecten van opwarming en hittestress.

Grijze maatregelen zijn ook nodig, zeker op plekken in de gebouwde omgeving met onvoldoende ruimte voor groenblauwe structuren. Grijze maatregelen zijn traditionele, technische oplossingen zoals rioleringen, pompen en waterzuiveringsinstallaties. Harde technische infrastructuur en systemen (afdoende beschermd tegen stillegging door cybercrime) blijven nodig om in geval van extreme neerslag en calamiteiten water weg te pompen. Een gebied bestand maken tegen perioden van hoog water is vooral mogelijk door het hanteren van uitgiftepeilen en/of integraal of gedeeltelijk ophogen van het gebied. Flexibele of vaste keringen om een (deel)gebied maken een gebied afsluitbaar voor water. Het plaatsen van (tijdelijke) schotten beschermt huizen tegen hoogwater. Ook hier zijn harde technische infrastructuur en systemen nodig om water te kunnen wegpompen.

In de omgang met hitte staat het creëren van koele plekken en het creëren van een duurzame koudevoorziening centraal, onder meer via de aanleg van groenblauwe structuren (Cortese et al., 2024). Maatregelen voor verkoeling zijn grotendeels gebaseerd op de volgende vier principes: verdamping, beschaduwing, reflectie en ventilatie (Kluck et al., 2020).

Het belangrijkste principe voor verkoeling is beschaduwing. Er zijn verschillende middelen om schaduw te creëren: schaduw van gebouwen, bomen, pergola's en canvasdoeken. In verband met de seizoenswisseling is een goede balans tussen schaduw en zon van groot belang. Bomen en pergola's zijn het meest effectief. Zij zorgen lokaal voor schaduw en koelen bovendien actief de luchttemperatuur door de verdamping van water. Bovendien laten bomen en pergola's in de wintermaanden juist voldoende zonlicht door. De *Handreiking Groen In en Om de Stad* formuleert hoe niet alleen kwantitatief maar ook kwalitatief op groen gestuurd kan worden en hoe normen geformuleerd kunnen worden met lokaal maatwerk (BZK & LNV, 2024).

Voor de klimaatopgaven hitte, wateroverlast en waterveiligheid geldt ten slotte dat het inrichten van aantrekkelijke koele routes en/of klimaatbestendige evacuieroutes, samen met publiek toegankelijke (aantrekkelijke en koele in het geval van hitte) opvangplaatsen, bijdraagt aan de toekomstbestendigheid van het gebied (Linck et al., 2024; Weppelman et al., 2023).

De *Landelijke maatlat voor een groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving* bestaat uit doelen, prestatie-eisen en richtlijnen voor de thema's overstromingen, wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit en bodemdaling (Valkenburg et al., 2022). De *Maatlat* biedt weliswaar handvatten, maar is op dit moment een vrijwillig kader voor de bouwsector en de medeoverheden (VRO, 2025). De *Maatlat* wordt verder geconcretiseerd en toegespitst op toepassing bij gebiedsinrichting in plaats van op gebouwontwerp en/of bouwwijze. Juridische borging wordt onderzocht (VRO, 2025). De *Maatlat* is nu gericht op nieuwbouw. Toepassing binnen de bestaande gebouwde omgeving wordt onderzocht.

Haalbaarheid: De experts schatten de haalbaarheid van klimaatadaptieve inrichting van een gebied als positief in. De aanlooptijd wordt als kort ingeschat.

4 Locatiekeuze: Met oog op een veranderende toekomst moeten we afwegen waar en hoe er ergens op een toekomstbestendige manier (her)ontwikkeld, gerenoveerd en/of gebouwd kan worden (Booister et al., 2021; Hamers, 2021; RLi, 2021; IenW, 2022b). Bijvoorbeeld na een klimaatincident waarbij opnieuw bouwen op dezelfde plek onwenselijk is, gegeven het risicoprofiel en de gestelde randvoorwaarden vanuit het water- en bodemsysteem. Of bijvoorbeeld bij (her)ontwikkeling van bestaand gebied, waarbij op sommige plekken het nemen van maatregelen aan de gebouwschil en/of in de private buitenruimte niet meer opweegt tegen de meervoudige opgave(n) waar het pand of het gebied voor gesteld staan. Nog een voorbeeld: De enige mogelijkheid om tot een toekomstbestendige inrichting van een wijk te komen is via grootschalige herinrichting van het gebied die om grotere aanpassingen vragen dan bestaande inrichting van de wijk toelaat.

Het *Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving* (Kolen et al., 2023) geeft inzicht in:

- 1) waar te ontwikkelen gegeven het water- en bodem-systeem;
- 2) hoe te ontwikkelen gegeven de kenmerken van het water- en bodemsysteem;
- 3) of nagedacht moet worden over aanvullende bescherming door aanpassing van het watersysteem of door mitigerende noodmaatregelen als onderdeel van de beoogde ontwikkeling.

Daarbij zijn de volgende klassen geformuleerd: Ja, Ja mits (kleine, middelgrote, grote opgave), Nee tenzij, en Nee. Overheden kunnen zones aan de kaarten toevoegen die aanvullende kaders geven aan ruimtelijke ontwikkelingen, bijvoorbeeld wat buitendijks bouwen betreft, en mogelijke reserveringszones toevoegen. Toepassen van de criteria heeft geleid tot een sturingskaart voor Nederland waaruit blijkt welke klasse van toepassing is. Het Ruimtelijk afwegingskader is een beslissingsondersteunend instrument voor gemeenten, waterschappen en provincies. Het helpt hen om bij locatiekeuzes voor nieuwe woningbouw, werklocaties, publieke gebouwen of industriegebieden een afweging te maken vanuit het water- en bodemsysteem. Er is nog geen besluit genomen over juridische borging van het ruimtelijk afwegingskader.

Experts schatten de economisch-financiële, technische, maatschappelijke en ecologische haalbaarheid van locatiekeuze als positief in. Politiek-bestuurlijke en fysiek-ruimtelijke haalbaarheid wordt ingeschat als negatief. De aanlooptijd wordt als kort tot middellang ingeschat.

5 Opvangen en verkleinen restrisico: Deze categorie vraagt om een slimme combinatie van risicovoorlichting, noodplannen, verzekeringen tegen klimaatrisico's en het voorzien in financiële steun/subsidies voor de meest kwetsbare huishoudens om maatregelen te kunnen nemen (AFM, 2023; Platform voor Duurzame Financiering, 2023).

Inclusieve risicovoorlichting vergroot het bewustzijn bij bewoners van mogelijke gevaren, zoals overstromingen of hittegolven. Door goede communicatie, passend bij verschillende groepen in de samenleving, weten mensen wat ze kunnen doen vóór, tijdens en na een extreme weersituatie. Niet alleen de informatievoorziening zelf is van belang, maar ook de (gemeentelijke) sociale infrastructuur die deze informatie (mondeling) kunnen overdragen.

Noodplannen zorgen ervoor dat overheden, hulpdiensten en bewoners weten hoe te handelen bij een ramp, waardoor schade en slachtoffers beperkt blijven.

Verzekeringen kunnen financiële schade opvangen wanneer ondanks alle maatregelen toch iets misgaat. Risico van wateroverlast of overstroming door het falen van niet-primaire waterkeringen is door de meeste verzekeraars standaard verzekerd. Wat niet is gedekt is: falen van primaire waterkeringen, buitendijkse gebieden en hoog grondwater. Schade door het falen van primaire waterkeringen zal naar verwachting worden gecompenseerd vanuit de Wet tegemoetkoming schade bij rampen (Wts). Aanpassing van de Wts in een duidelijkere regeling die ook door verzekeraars kan worden uitgevoerd, is wenselijk. Uitbreiding van de verzekeringsdekking voor buitendijkse gebieden wordt door het Verbond van Verzekeraars onderzocht. Onder bepaalde voorwaarden zou dit mogelijk kunnen zijn, maar niet voor gebieden die relatief vaak overstromen en bedoeld zijn voor waterberging, zoals uiterwaarden. Hoog grondwater is lastig verzekeraar.

Door experts is de haalbaarheid van het verkleinen van het restrisico als positief ingeschat. De aanlooptijd wordt als kort ingeschat.

6 Afscheid nemen: In sommige gevallen kan een ontwerp- en bouwwijze of gebiedsinrichting, een toekomstbestendige gebouwde omgeving met acceptabele risiconiveaus, niet gegarandeerd of gerealiseerd worden, ondanks toepassen van klimaatadaptatieve maatregelen. Afscheid nemen van een gebied, of sloop-nieuwbouw van de bestaande, niet-bestendige, woningvoorraad is in dit soort situaties soms de enige haalbare, toekomstbestendige en rendabele aanpak ter oplossing van de opgave.

Experts schatten de technische en ecologische haalbaarheid van afscheid nemen of sloop/nieuwbouw als positief in. Economisch-financiële, politiek-bestuurlijke, maatschappelijke en fysiek-ruimtelijke haalbaarheid wordt ingeschat als negatief. De aanlooptijd wordt als kort (in sommige urgente situaties) tot middellang (met betrekking tot strategisch beleid) ingeschat.

1.4.2 Randvoorwaardelijke maatregelen

Bovengenoemde categorieën adaptatieopties zijn veelal technisch en ontwerpelijk van aard en benaderen de genoemde opgave als een technische uitdaging. Het realiseren van de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* betreft echter ook het aanpakken van financiële en procedurele hordes en additionele inclusie-opgaven. Hieronder staan vijf maatregelen die voorwaarde zijn voor het doen slagen van de eerdergenoemde categorieën adaptatieopties.

1) Heldere rollen en taakverdeling: Rollen, taken en verantwoordelijkheden van verschillende overheden en andere actoren (financiële instellingen, bedrijven, zakelijk en particulier verhuurders, eigenaar-bewoners, burgers) zijn op dit moment niet duidelijk geformuleerd en belegd (IenW, 2024b; RLi, 2023; Zwaan et al., 2024;).

Ons voorstel is: Maak voor iedereen duidelijk wie verantwoordelijk is voor de verschillende delen van de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen*. Maak helder wat het woord 'nationaal' in een nationale adaptatiestrategie betekent.

2) Vergroten inzicht in de opgave en benodigde aanpak: Op dit moment is beperkt inzichtelijk wat de doorwerking van de diverse klimaatopgaven is voor de diverse groepen binnen onze samenleving. Het is nog maar beperkt bekend hoe ruimtelijke verschillen in fysieke klimaatopgaven doorvertalen naar (beleefde) maatschappelijke, economische en gezondheidsschade, en welke invloed factoren die mede de veerkracht van een samenleving bepalen, hebben op de hoogte van de (gevoelde) schade. Gemeenten hebben nog maar beperkt in beeld welke gemeenschappen op kwetsbare plekken met (hoog) risico op klimaatschade wonen en of bepaalde delen van de samenleving inderdaad onevenredig hard geraakt worden door klimaatverandering en extreem weer en zo ja – op welke wijze. Alhoewel er al veel bekend is over waar sociaaleconomische verschillen zich concentreren (bijvoorbeeld via waarstaatjegemeente.nl of de [CBS wijk- en buurt-statistieken](https://www.cbs.nl/nl-nl/onderwerpen/wijk-en-buurtstatistiek)), worden deze data nog niet standaard toegepast in het klimaatadaptatiedomein. Ook ontbreekt nog in grote mate een bottom-up inzicht in beperkingen, behoeften, prioriteiten en percepties van lokale gemeenschappen, en een goed inzicht in het functioneren van het huidige systeem voor diverse groepen in de samenleving. Tezamen een belangrijke bron voor het creëren van handelingsperspectief.

Welke (subsidie-)regelingen werken wel/niet voor wie en waarom wel/niet?

Hoe organiseren we inclusieve(re) participatie bij de (her)ontwikkeling van een stedelijk gebied? Toepassen van een potentiële sociale-impact-analyse biedt een uitkomst. Data over klimaatrisico's in stedelijk gebied moeten volgens de DPRA-cyclus al minimaal 6-jaarlijks worden geactualiseerd. Deze frequentie dient – waar mogelijk – omhoog te gaan: zeker wanneer er nieuwe klimaatscenario's uitkomen. Tevens moeten de data worden uitgebreid en landelijk opengesteld. Het landelijk openstellen van deze data maakt benchmarking mogelijk en is maatschappelijk efficiënt – iedereen gebruikt dezelfde data voor het inschatten van klimaatrisico's.

Klimaatrisico-informatie over de directe omgeving kan gekoppeld worden aan het digitaal gebouwdossier, in eerste aanzet voor nieuwbouw, daaropvolgend voor de zakelijke markt en tenslotte voor de bestaande bouw. Verkend moet worden of taxateurs bij overdrachtssituaties een informatieplicht over klimaatrisico's kunnen krijgen, zodat banken bij het verstrekken van een hypotheek de financiële situatie van de klant kunnen matchen met het klimaatrisico van het onderpand (climate informed mortgages) De burger wordt zo beschermd tegen desinformatie en miskoop (AFM, 2023; Bor et al., 2021; Platform voor Duurzame Financiering, 2023). Eventuele prijseffecten bij acute problemen moeten worden ondervangen door financiële arrangementen en vangnetten.

Informatie over adaptatiebeleid van de overheid moet transparant zijn. De monitoring van de voortgang van klimaatadaptatiemoet beter worden vastgelegd en gedeeld, tenminste volgens dezelfde 6-jaarlijkste (DPRA) cyclus. Monitoring maakt het in theorie mogelijk de klimaatrisico's (de opgave) te zien afnemen als we stapsgewijs de knelpunten in bestaand bebouwd gebied oplossen en alleen nog maar klimaatadaptief nieuwbouwen. Dit kan stakeholders helpen een goede inschatting te maken van klimaatgerelateerde risico's, wat de overheid hieraan doet, en van de kosten en opbrengsten van het nemen van eigen adaptatiemaatregelen (Nationaal Deltaprogramma, 2023).

Het inzicht in en de afweging van (maatschappelijke) kosten en baten – op individueel en gebiedsniveau en door de tijd heen – moet worden verbeterd. Samen met de financiële sector en de decentrale overheden. Met aandacht voor klimaatrechtvaardigheid, betaalbaarheid en handelingsperspectief voor de bewoner: Klimaatadaptieve renovatie en (her)ontwikkeling van de gebouwde omgeving moet inclusief zijn. Alleen met behulp van dit inzicht is het mogelijk om goede keuzes te maken tussen losse maatregelen en een strategie.

3) Doorontwikkelen en borgen normerende instrumenten: De bestaande instrumenten *De Maatlat* en *Het Ruimtelijke Afwegingskader* beoordelen we – in aanvulling op het *Besluit bouwwerken leefomgeving* en de *Weging van het waterbelang* - als een stap in de goede richting voor normen en standards die het realiseren van een klimaatbestendig gebouwde omgeving ondersteunen en versnellen Voor het functioneren van deze instrumenten: a) dient de maatlat uitgebreid te worden naar een toepassing in de bestaande gebouwde omgeving (hij is nu gericht op nieuwbouw); b) dienen geformuleerde doelen, prestatie-eisen en richtlijnen verder uitgewerkt te worden, met actuele en consistente klimaat- en

waterdatasets als gemeenschappelijk startpunt en met aandacht voor sociaaleconomische factoren en klimaatrechtvaardigheid; c) moeten beide instrumenten beter geborgd worden zodat ze een verplicht/dwingend karakter krijgen en niet meer vrijblijvend te hanteren zijn. Daarbij is ruimte nodig voor lokaal maatwerk; en d) moeten besluiten worden genomen over zichtjaar, scenario en achterliggende neerslagstatistieken, met ruimte voor lokaal maatwerk (IenW, 2024b; Valkenburg et al., 2022; VRO, 2025; Zwaan et al., 2024).

- 4) Verruimen van financiële arrangementen en vangnetten:** Het aantal financiële producten, diensten en publiek-private arrangementen om oplossingen voor klimaatadaptatie te stimuleren moet worden uitgebreid of verruimd. In het bijzonder met aandacht voor de financiering van betaalbare, klimaatadaptieve gebiedsontwikkeling/-herontwikkeling, voor de toekomstige verzekeraarbaarheid tegen klimaatrisico's en voor beschikbare vangnetten in geval van acute problemen. Voorbeelden zijn: planbatenheffing waarbij een deel van de waardevermindering van gronden gebruikt wordt voor benodigde publieke investeringen; grondbelasting, inrichting van een revolverend fonds, een gebiedsinvesteringszone, ketenkoppeling en/of de regeling groenprojecten. Voor individuele gebruikers moet in het bijzonder gekeken worden naar: het vergroten van de toegankelijkheid tot subsidies, inrichten van vermogensafhankelijke subsidies, alternatieve financiële arrangementen (gebouwgebonden financiering, collectieve arrangementen, publiek-private financiering, erfpacht), premie-/belastingverlaging, aanvullende verzekeringsopties, en ruimhartige compensatie/vergoeding in geval van acute problemen. Mogelijkheden voor verruimen van financiële arrangementen moeten samen met de financiële sector, medeoverheden, eindgebruikers en consumentenbeschermers zoals AFM, ACM en toezichthouders worden verkend. Ook moet gekeken worden naar benodigde aanpassingen in het bekostigingsmodel van Gemeenten (Gemeentefonds) (Verstraten et al., 2019). Experimenteerterruimte om in geselecteerde gebieden publieke en private arrangementen te testen is gewenst (Bor et al., 2021; Platform voor Duurzame Financiering, 2023).
- 5) Verbreden participatieproces:** Bevorderen van rechtvaardigheid in klimaatadaptatie vereist kiezen voor een inclusieve benadering bij het ontwerpen van klimaatadaptatiemaatregelen, gebiedsontwikkelprocessen en bijbehorende besluitvorming (Hulscher et al., 2023; Helmer et al., 2023). Dit omvat het waarborgen dat kwetsbare groepen participeren in het proces, zodat hun stem gehoord wordt en hun specifieke behoeften en perspectieven worden meegenomen. Ontwerp participatie daarom als een bewust maatwerkproces (Mees & Ottow, 2021; Odekerken et al., 2021). Zie ook 1.2.3 en 1.3.4

1.5 Beoordeling adaptatieopties en randvoorwaarden

Tabel 1 toont een samenvatting van de categorieën adaptatieopties en de randvoorwaardelijke maatregelen en hun effectiviteit, haalbaarheid en wenselijkheid. Beoordeling van de adaptatieopties op hun effectiviteit, haalbaarheid en wenselijkheid heeft plaatsgevonden op basis van expertconsultatie gedurende de twee Make-atons en een tussentijdse expertsessie. Bij de beoordeling van de adaptatieopties merken we op dat haalbaarheid, effectiviteit en wenselijkheid door verschillende betrokken actoren betrokken anders kunnen worden beoordeeld. Zo kunnen klimaatadaptieve maatregelen aan het gebouw en/of in het gebied vanuit een macro-economisch oogpunt als economisch/financieel positief beoordeeld worden. Voor de individuele woningeigenaar kan het tegelijkertijd in eerste aanzet een directe additionele kostenpost betekenen.

Tabel 1-1: Haalbaarheid en aanlooptijd categorieën adaptatieopties en randvoorwaardelijke maatregelen

	Economisch /Financieel	Technisch		Politiek-Bestuurlijk	Maatschappelijk	Ecologisch	Fysiek-Ruimtelijke		Aanlooptijd
Maatregelopties	Haalbaarheid (+/0/-)								
Gebiedsgebonden en gebruikersspecifiek advies	+	+		+	+	+	+		K
Maatregelen aan gebouwschil en private buitenruimte	+	+		+	+	+	+		K
Klimaatadaptieve (her)inrichting gebied	+	+		+	+	+	+		K
Locatiekeuze	+	+		-	+	+	-		K/M
Opvangen en verkleinen van het restrisico	+	+		+	+	0	+		K
<i>Afscheid nemen</i>	+	+		-	-	+	-		K/M/L
Randvoorwaardelijke maatregelen:									
Heldere rollen en taakverdeling									
Vergroten inzicht in de opgave en de aanpak									
Doorontwikkelen en borgen normerende instrumenten (Maatlat, Afwegingskader)									
Verruimen financiële arrangementen en vangnetten									
Verbreden participatieproces									

1.6 Adaptatiepadenkaart

We formuleerden twee typen adaptatiepaden, die passen bij de twee PBL-adaptatiescenario's: Intensiveren en Transformeren (Hamers et al., 2023). In elk pad komt een verschillende combinatie van categorieën adaptatieopties samen. Randvoorwaardelijke maatregelen zijn voor het volgen van beide paden noodzakelijk. Figuur 1 toont de adaptatiepaden kaart voor de *opgaveklimaatbestendig wonen voor iedereen*. In de huidige praktijk, en in het RO- en DPRA-beleid, gebruiken we nu al een mix van de zes categorieën adaptatiemaatregelen. Afhankelijk van de plek in Nederland ligt het zwaartepunt van de mix meer bij Intensiveren (in meeste gevallen) of bij Transformeren.

In het scenario Intensiveren ligt de focus op het doorontwikkelen en optimaliseren van het huidige landgebruik. Voor de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* betekent dit een focus op maatregelen aan de gebouwschil en in de private buitenruimte, en een klimaatadaptieve herinrichting van het gebied. De adaptatiepadenkaart hieronder in Figuur 1-1 laat zien dat – zolang klimaatverandering beperkt blijft – klimaatbestendig wonen voor iedereen succesvol gerealiseerd kan worden.

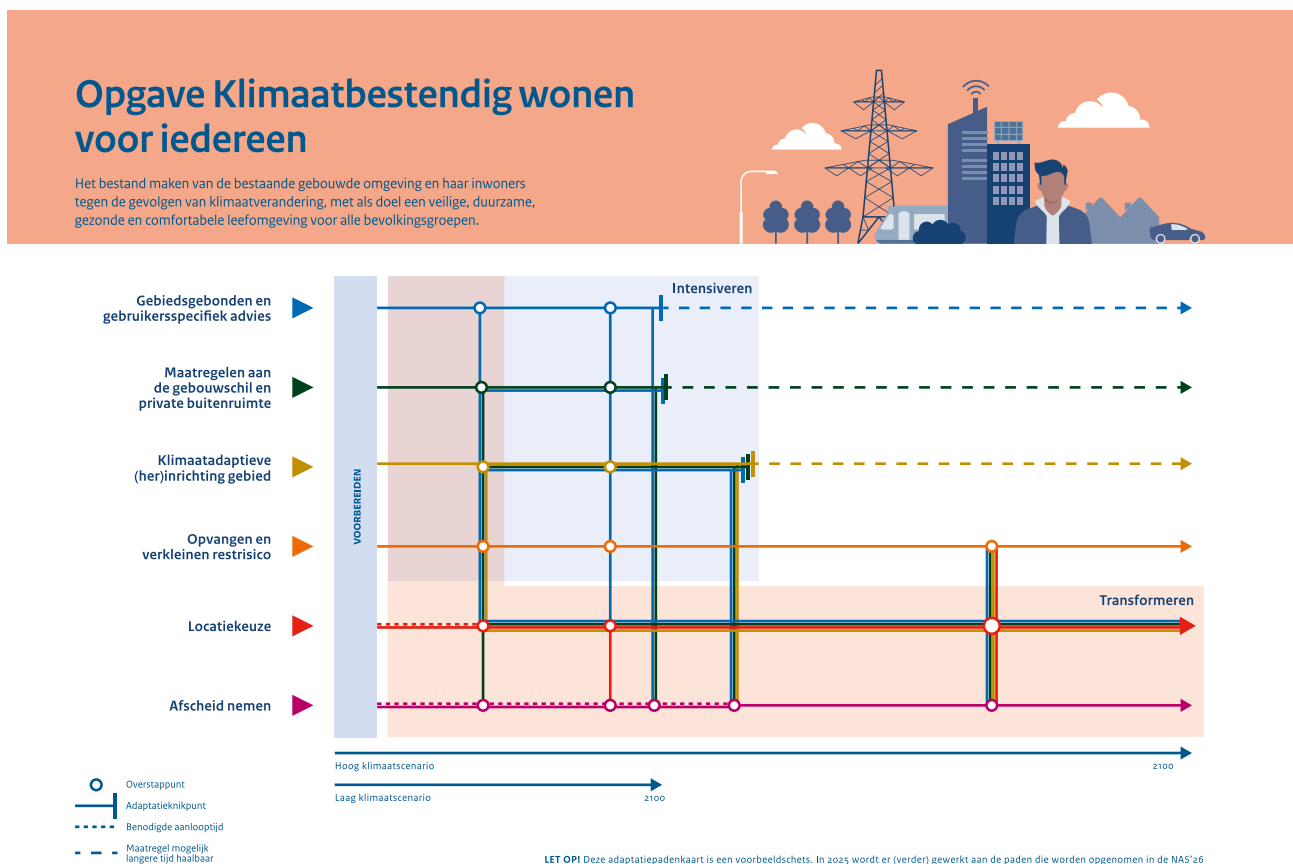
Al naargelang klimaatverandering toeneemt zullen ingrepen/aanpassingen echter groter moeten worden. De kans bestaat dat woonlasten tot een onacceptabel niveau stijgen, bijvoorbeeld door toename van de waterschapsbelastingen, rioolheffingen, drinkwatertarieven, en verzekeringspremies (tot het punt waarop de dekkingsoptie wegvalt). Er zal om deze situatie te voorkomen kritisch gekeken moeten worden waar nog wel, niet en/of onder voorwaarden maatregelen succesvol zijn. De kenmerken van een locatie worden bij voortschrijdende klimaatverandering een onvermijdelijke bepalende factor voor het kunnen behalen van de klimaatadaptatiedoelstellingen - ondanks de inzet van technische maatregelen. Wanneer te laat overgestapt wordt op de maatregel locatiekeuze zal op enig moment (ongewenst) afscheid genomen moeten worden van gebieden waar klimaatbestendig wonen voor iedereen niet meer gewaarborgd of gerealiseerd kan worden.

In het scenario Transformeren ligt de focus op diepgaande en fundamentele verandering van het huidig landgebruik en waterbeheer. En op de formulering van strategieën op wijkniveau en bijbehorende investeringsagenda's in plaats van pleisters plakken met losse maatregelen. Voor de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* betekent dit een vroegtijdige focus op locatiekeuze bij de (her)ontwikkeling van de bestaande gebouwde omgeving. Het betekent vroegtijdig in beeld brengen van meervoudige kansen en brede maatschappelijke opgaven voor gebieden en wijken. De verschillende klimaatrisico's en bijbehorende onzekerheden worden gewogen in samenspel met de bestaande sociaalmaatschappelijke opgaven die een wijk kenmerken. Door de combinatie van inzichten leidend te laten zijn bij het aanwijzen van prioritair gebieden voor (her)ontwikkeling en investering, kan proactief wordt toegewerkt naar een toekomstbestendig gebouwde omgeving die op verregaande klimaatverandering is voorbereid – voor iedereen. De wijze van klimaatadaptieve (her)inrichting van het gebied en bijbehorende vereisten voor klimaatadaptief (her)ontwerp en bouwwijze zouden hierop moeten aansluiten,

Ook in dit pad zal in enkele gevallen afscheid genomen moeten worden van (de huidige inrichting en woningvoorraad van) sommige gebieden omdat het onder de bestaande randvoorwaarden niet (meer) mogelijk is om hier een klimaatbestendige leefomgeving voor iedereen te waarborgen of realiseren.

In beide paden, Intensiveren en Transformeren zullen we niet alle risico's van klimaatverandering volledig kunnen afwenden en moet dus ook worden ingezet op de maatregel Opvangen en verkleinen restrisico.

Figuur 1-1 toont de adaptatiepaden kaart voor de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen*.



Figuur 1-1: Adaptatiepadenkaart *klimaatbestendig wonen voor iedereen*.

1.7 Interacties met andere NAS'26-opgaven

Er bestaat een hoge mate van interactie tussen de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* en de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw*. Zij liggen in elkaars verlengde. Door een juiste invulling van de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* kan *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* ge-realiseerd worden. Waar we het voor de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* in één keer goed willen doen, is de aanpak van de bestaande gebouwde omgeving een gefaseerde waarbij we afhankelijk zijn van de urgentie van de opgave en logische interventiemomenten.

Er bestaat veel synergie tussen opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* en opgaven voor *wateroverlast*, *waterkwaliteit*, *zoetwatervoorziening*, en *hittebestendige stad*. Maatregelen op het niveau van gebruiker, gebouw (aanpassingen aan de schil en in het ontwerp), gebied (binnen bestaand profiel en wat betreft herinrichting van gebied) en locatiekeuze werken voor deze opgaven in dezelfde richting en versterken elkaar in positieve zin. Voorbeelden hiervan zijn: hittebestendig ontwerpen, toepassen van groenblauwe daken, realiseren van waterberging op privaat terrein of in de openbare ruimte, toepassen van groenblauwe structuren bij gebiedsinrichting. Verregaande vergroening van de gebouwde omgeving is de meest kosteneffectieve manier om meerdere opgaven tegelijkertijd te bedienen. Door met opgevangen hemelwater te voorzien in de watervraag van groen, is tegelijkertijd een drinkwaterbesparing mogelijk. Door groen in te zetten voor verkoeling, zijn er minder airco's nodig en neemt de netcongestie-problematiek af in plaats van toe. Door goed na te denken over groen op private percelen en hier op te sturen, hoeft de ruimtevraag in de openbare ruimte niet af te nemen. Een mogelijke trade-off treedt op bij het toepassen van groen in de openbare ruimte (denk aan de parkeernorm) en de stedelijke watervraag (bij groentypen met een relatief hoog watergebruik).

Ondanks de hoge mate van synergie tussen de hierboven genoemde opgaven moet benoemd moeten worden dat – gegeven beperkte budgetten, tijd, beschikbare capaciteit en ruimte – het nodig kan zijn opgaven en maatregelen te prioriteren. Inzetten op een strategische wijkaanpak met meervoudig ruimtegebruik waarin meerdere opgaven tegelijkertijd kunnen worden geadresseerd verdient hierbij de voorkeur. Het is van belang om bij het maken van keuzes en leggen van prioriteiten oog te houden voor klimaatrechtvaardigheid, en voor de factoren die hieraan ten grondslag liggen: procedurele, verdelende, erkennings- en herstellingsrechtvaardigheid.

Tussen de opgaven *Toekomstbestendige landbouw en Veerkrachtige natuur* en *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* is met name op het niveau van gebiedsinrichting en locatiekeuze synergie te bespeuren. Mogelijke transitie in de landbouw geven op kleine schaal ruimte aan locatiekeuze ten behoeve van klimaatbestendig wonen voor iedereen en bijbehorende gebiedsontwikkeling conform water- en bodemsturendprincipes. Tegelijkertijd versterkt het vergroenen van de gebouwde omgeving een veerkrachtige (stads)natuur. Technische en ruimtelijke maatregelen voor de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* kunnen in grote mate ook functioneel en effectief zijn voor de opgaven *Seveso-inrichtingen* en *Toekomstbestendige werklandschappen*. Voor sommige typen werklandschappen kan een functiemix van wonen en werken bovendien een bijdrage leveren aan een leefbare, toekomstbestendige inrichting van de gebouwde omgeving. Dit geldt echter niet voor alle typen werklandschappen. Met name bedrijvigheid waarbij geluidsen/of geuroverlast kan vrijkomen, kan op gespannen voet staan met de ontwikkeling van woongebieden.

Tussen de opgaven *Gezondheid* en *Cultureel erfgoed* en *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* zijn zowel synergiën als trade-offs te formuleren. Maatregelen die bijdragen aan *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* kunnen gezondheidsaspecten gerelateerd aan extreme hitte, en luchtweg-infecties door een vochtige woning (grondwateroverlast) verbeteren en gerelateerde mentale problemen (stress, angst) mogelijk verminderen. Een mogelijke trade-off die optreedt tussen de opgaven *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* en *Gezondheid* zijn de mogelijke (pollen)allergieën, meer ongedierte en muggenoverlast, en een verhoogde kans op natuurbranden die gepaard gaan aan het (in hoge mate) vergroenen van de gebouwde omgeving. *Cultureel erfgoed* kan voor de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* een inspiratiebron vormen als het gaat om locatiekeuze en het nemen van klimaatadaptieve maatregelen. De positionering van cultureel erfgoed kan in sommige gevallen een 'sta-in-de-weg' zijn, met name bij de noodzaak voor (grootschalige)

herinrichting van een gebied en eventuele sloop-nieuwbouw. Het is in die omstandigheden soms onontkoombaar om specifieke vormen van cultureel erfgoed te moeten opgeven.

Bij klimaatadaptieve (her)inrichting van een gebied dient rekening gehouden te worden met het veilig en duurzaam functioneren van kritieke infrastructuur. Denk hierbij aan het plaatsen van elektriciteitskastjes op veilige hoogte; of binnen een groenblauwe gebiedsinrichting rekening houden met bereikbaarheid voor hulpdiensten.

Door klimaatverandering zullen er ook langere droge periodes zijn, waardoor vaarwegen niet bevaarbaar zijn en er geen toevoer is van bouwgrondstoffen en er bovendien schade kan ontstaan aan drijvende en/of amfibische woningen.

Buiten het NAS'26-kader is er een link te maken met de energie- en warmtetransitie. Er moet meer aandacht komen voor duurzame koude, zodat er synergie kan ontstaan tussen het realiseren van doelstellingen voor de energietransitie enerzijds en klimaatbestendig wonen voor iedereen met aandacht voor hitte en droogte anderzijds.

Ook de Nationale Aanpak Funderingsproblematiek kent veel synergie met de opgave klimaatbestendig wonen voor iedereen. De Nationale Aanpak Funderingsproblematiek werkt aan een meerjarenprogramma om funderingsproblemen met toenemende urgentie en omvang op te lossen met een brede coalitie van partners. Gestart is met het zichtbaar maken van de maatschappelijke opgaven voor iedereen en het ontwikkelen van een aanpak met handelingsperspectief. Verbeteren van de informatiepositie helpt woningeigenaren vanuit hun financiële positie bewuster keuzes te maken over hun woonkeuze. De complexiteit en impact van funderingsschade zijn zo groot dat het soms te groot is voor woningeigenaren om alleen op te pakken. Met een collectieve integrale wijkaanpak kunnen de woningeigenaren effectiever worden geholpen en ondersteund bij het oplossen van hun meervoudige problemen en de funderingsproblematiek. Denk hierbij aan het oplossen van andere (klimaat)opgaven zoals verduurzamen en klimaatbestendig inrichten, soms met de noodzaak van transformatie van het gebied bij grondige renovatie of zelfs sloop-nieuwbouw. Vóór de start van de planning, fasering en aanpak van (klimaat)opgaven – zowel verduurzaming als adaptatie – moet worden gekeken of er geen onderliggend funderingsprobleem of -schade aanwezig is. Dit om mogelijke mal-investeringen te voorkomen door decentrale overheden, verhuurders en/of (eigenaar-)bewoners.

1.8 Discussie en conclusie

De effecten van extreem weer worden in toenemende mate gevoeld in Nederland. Ook nu al. Het veranderende klimaat, met bijbehorende weersextremen, en zeespiegelstijging tasten – in samenspel met de toenemende verstedelijking en watervraag – de toekomstbestendigheid en leefbaarheid van Nederland verder aan. De NAS '26 opgave *klimaatbestendig wonen voor iedereen* richt zich op het bestand maken van de bestaande gebouwde omgeving en haar inwoners tegen de gevolgen van klimaatverandering, met als doel een veilige, duurzame, gezonde en comfortabele leefomgeving voor alle bevolkingsgroepen. Dit vraagt om een eerlijke verdeling van de lasten en lusten van klimaatmaatregelen, met oog voor gemarginaliseerde gemeenschappen in kwetsbare situaties. Bij het klimaatbestendig maken van woongebieden moet daarbij rekening gehouden worden met de ongelijkheid in blootstelling aan en veerkracht tegen klimaatextremen. Aandacht voor procedurele, erkennende, verdelende en herstellende rechtvaardigheid spelen hierin een belangrijke rol (bron). Zowel technische maatregelen als sociale interventies en systeemwijzigingen, ondersteund door economische en beleidsmatige instrumenten, zijn nodig om een klimaatbestendige leefomgeving voor iedereen te realiseren.

Voor de opgave *klimaatbestendig wonen voor iedereen* zijn in dit traject met behulp van twee Make-atons, één expert-sessie en enkele tussentijdse consultatierondes 6 categorieën adaptatieopties geïdentificeerd, waarbinnen specifieke maatregelen kunnen bestaan: 1) Gebiedsgebonden en gebruikersspecifiek advies, 2) Maatregelen aan de gebouwschil en de private buitenruimte, 3) Klimaatadaptieve (her)inrichting van het gebied, 4) Locatiekeuze, 5) Opvangen en verkleinen van het restrisico, en 6) Afscheid nemen. Om klimaatbestendig wonen voor iedereen succesvol te realiseren zijn er aanvullend voorbereidende acties nodig die voorzien in 5 randvoorwaardelijke maatregelen: 1) Heldere rollen en taakverdeling, 2) Vergroting

inzicht in de opgave en de aanpak, 3) Doorontwikkelen en borgen normerende instrumenten, 4) Verruimen van financiële arrangementen en vangnetten, en 5) Verbreden van het participatieproces.

In de adaptatiepadenkaart onderscheiden we paden die passen bij de twee PBL adaptatiescenario's: intensiveren en transformeren. In de huidige praktijk, en in het RO en DPRA beleid, wordt nu al een mix van de zes categorieën adaptatiemaatregelen gebruikt. Afhankelijk van de plek in Nederland ligt het zwaartepunt van de mix meer bij intensiveren (in meeste gevallen) of bij transformeren.

Zolang klimaatverandering beperkt blijft kan klimaatadaptief wonen voor iedereen succesvol gerealiseerd middels klimaatadaptieve maatregelen aan de gebouwschil en de private buitenruimte al dan niet gecombineerd met een klimaatbestendige (her)inrichting van het gebied. Al naargelang klimaatverandering toeneemt zullen ingrepen/aanpassingen echter groter moeten worden om succesvol te zijn/blijven. Bij verder toenemende klimaatverandering bestaat de kans dat een klimaatadaptieve gebouwde omgeving voor iedereen binnen de contouren van het huidige landgebruik niet meer te waarborgen is. Door vroegtijdig voor gebieden de meervoudige kansen en brede maatschappelijke opgaven in beeld te brengen, kan worden ingezet op de formulering van strategische investeringsagenda's. Waarbij de verschillende klimaatrisico's en bijbehorende onzekerheden richting de verdere toekomst worden gewogen in samenspel met de bestaande sociaalmaatschappelijke opgaven die een wijk kenmerkt. Door deze combinatie van inzichten leidend te laten zijn bij het aanwijzen van prioritaire gebieden voor (her)ontwikkeling en investering, en de wijze van klimaatadaptieve (her)inrichting van het gebied en bijbehorende vereisten ten aanzien van klimaatadaptief (her)ontwerp en bouwwijze hierop te laten aansluiten, kan proactief wordt toegewerkt naar een gebouwde omgeving die ook op een toekomst met verregaande klimaatverandering is voorbereid – voor iedereen. Ook in dit pad zal in enkele gevallen afscheid genomen moeten worden van (de huidige inrichting en woningvoorraad van) sommige gebieden omdat het onder de bestaande randvoorwaarden niet (meer) mogelijk is om op deze plekken een klimaatbestendige leefomgeving voor iedereen te waarborgen of realiseren. In beide paden (intensiveren/transformeren) zullen we niet alle risico's van klimaatverandering volledig kunnen afwenden en moet dus ook worden ingezet op de maatregel *restrisiko opvangen en verkleinen*.

Er bestaat een hoge mate van interactie tussen de opgave *klimaatbestendig wonen voor iedereen* en de opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw*. Zij liggen in elkaars verlengde. Door een juiste invulling van de opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw* kan *klimaatbestendig wonen voor iedereen* gerealiseerd worden. Hierbij is de aanpak van de bestaande gebouwde omgeving een gefaseerde waarbij we afhankelijk zijn van de urgentie van de opgave en logische interventiemomenten. Ook met andere NAS'26 opgaven – en daarbuiten - zijn voornamelijk synergiën geconstateerd, zoals bij wateroverlast, hittebestendige stad, gezondheid en de energietransitie als het gaat om een klimaatadaptieve gebiedsinrichting en aanpassingen aan de gebouwschil of private buitenruimte, of met natuur en landbouw als het gaat om klimaatadaptieve locatiekeuze. Ondanks de hoge mate van synergie moet benoemd worden dat – gegeven beperkte budgetten, tijd, beschikbare capaciteit en ruimte – ook tussen de aanpak van deze opgaven het nodig kan zijn om prioriteiten te stellen. Het is in het maken van deze keuzes en leggen van prioriteiten dat het van belang is oog te houden voor klimaatrechtvaardigheid, evenals voor de factoren die hieraan ten grondslag liggen: te weten procedurele-, verdelende-, erkennings-, en herstellingsrechtvaardigheid.

Er bestaat een grote regionale diversiteit in de manier waarop de verschillende klimaatopgaven zich uiten – nu en in de verwachte toekomstige ontwikkeling. Ook bestaat tussen de verschillende klimaatopgaven een groot onderscheid wat betreft aard en urgentie van het probleem, de typen betrokkenen en het handelingsperspectief van betrokkenen. De grote variëteit aan stakeholders die elk op eigen wijze betrokken zijn bij de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* maakt een overkoepelende beoordeling van de haalbaarheid van de verschillende categorieën klimaatadaptatiemaatregelen complex.

Een uitwerking van de adaptatiepadenkaart naar regio, klimaataspect en/of betrokken actor, met bijbehorende onderbouwing, zou een gedetailleerder, minder generalistisch en nauwkeuriger beeld opleveren van de aard en omvang van de betreffende opgave, mogelijk passende maatregelen en kansrijke adaptatiepaden.

De experts die we raadpleegden tijdens dit traject en die hun bijdrage leverden aan de totstandkoming van dit stuk, hebben hun kennis en inzichten op persoonlijke titel gedeeld. Zij hebben daarmee bijgedragen aan het vergroten van het draagvlak voor deze notitie. Een formele consultatie van de verschillende sectoren over de voorgestelde maatregelen, randvoorwaarden en mogelijk te belopen adaptatiepaden was geen onderdeel van dit traject en moet nog plaatsvinden in een later stadium van de NAS'26-ontwikkeling.

2 Klimaatadaptieve Nieuwbouw

Geschreven door Ted Veldkamp en Sara Vermeulen (Hogeschool Rotterdam)

Dit hoofdstuk over Klimaatadaptieve Nieuwbouw hangt nauw samen met hoofdstuk 1, Bestaande bouw - klimaatbestendig wonen voor iedereen. Daardoor overlappen delen van de inhoud elkaar.

2.1 Introductie

De effecten van het veranderende klimaat voelen we in Nederland in toenemende mate. Perioden van droogte, extreme hitte, en wateroverlast wisselen elkaar in hoog tempo af en tasten de leefbaarheid van de gebouwde omgeving aan. Zeespiegelstijging en een toegenomen overstromingsrisico vanaf de rivieren bedreigen op langere termijn de waterveiligheid en dwingen ons als maatschappij tot het maken van fundamentele keuzes voor de toekomstige ruimtelijke inrichting van de Nederlandse delta (Bessembinder et al., 2023; Hendriks & Mens, 2024; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat [IenW], 2022a; Siegmund et al., 2021). Om in de toekomst klimaatbestendig te zijn, telt elke schop in de grond – ook nu al. Vandaag realiseren we de klimaatbestendige steden en dorpen van de toekomst.

De NAS '26-opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* richt zich op het investeren in en meenemen van klimaatadaptatie in nieuwe bouwplannen om beter voorbereid te zijn op de gevolgen van klimaatverandering, om negatieve gevolgen van klimaatverandering op onze gezondheid te beperken, om de overlast en schade aan gebouwen en omgeving te minimaliseren, en om toe te werken naar een prettigere, groene en gezondere leefomgeving met voldoende beschikbaarheid van drinkwater – nu en in de toekomst. Het gaat om zowel woningbouw als utiliteit, grootschalige gebiedsontwikkeling, inbreiding en een straatje erbij. In het geval van nieuwbouw moet het in één keer goed. De klimaatopgave kan in steden en dorpen een aanleiding zijn voor een vergroening, meer ruimte voor water en een gezondere inrichting. Deze inrichting heeft vele baten en werkt ook in economische zin positief door in woningwaarde en lagere zorgkosten.

2.2 Opgaven

2.2.1 Klimatologische opgaven

De Nederlandse gebouwde omgeving heeft te maken met een opeenstapeling van effecten die door klimaatverandering veroorzaakt dan wel verder versterkt worden. De opwarming van de atmosfeer en de toename van langdurige droogte leiden in de gebouwde omgeving tot extremere temperaturen tijdens langdurige hittegolven. Het gevolg is meer oversterfte, meer hittestress en verergering van de ziektelast voor bewoners en gebruikers.

Neerslagtekorten en lagere rivierafvoeren in droge periodes kunnen, in combinatie met grondwateronttrekkingen, leiden tot een daling van de grondwaterstanden. Daling van grondwaterstanden zorgt weer voor extra klink en veenoxidatie in kleiige en venige gebieden, met bodemdaling tot gevolg. Ook de waterkwaliteit, het stedelijk groen en de biodiversiteit nemen af. Door hogere temperaturen, toenemende droogte en hogere CO₂-concentraties in de lucht duurt het pollenseizoen langer en zijn de pollenconcentraties hoger, waardoor hooikoortsklachten toenemen. De nabijheid van de opwarmende Noordzee zorgt voor extremere buien, met wateroverlast en overstromingen in de gebouwde omgeving. Hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot water in kruipruimtes en schimmel in gebouwen, wat kan leiden tot schade aan gebouw en inboedel maar ook gezondheidsproblemen kan veroorzaken bij de bewoners en gebruikers, zoals astma en andere luchtwegklachten. In de stedelijke delta zorgt de combinatie van zeespiegelstijging en droogte voor een toenemende verzilting van het grond- en oppervlaktewater, met mogelijk zoetwatertekorten als resultaat. Door de combinatie van mogelijk optredende zoetwatertekorten, schadelijke gevolgen van droge periodes voor de natuur en een hoger (piek)verbruik van water in een

opwarmend klimaat, komt de drinkwatervoorziening onder druk te staan. Zeespiegelstijging en een verhoogd overstromingsrisico vanaf de rivieren tasten op langere termijn de waterveiligheid aan en dwingen ons als maatschappij tot het maken van fundamentele keuzes voor de toekomstige ruimtelijke inrichting van de Nederlandse delta. Ten slotte: Zowel extreme klimaatgebeurtenissen (zoals hitte, droogte, wateroverlast, overstromingen, natuurbranden) als de langetermijnevolgen van klimaatverandering kunnen leiden tot fysieke en mentale gezondheidsproblemen (Bessembinder et al., 2023; Hendriks & Mens, 2024; Hoogvliet et al., 2012; IenW, 2022a; Siegmund et al., 2021).

2.2.2 Risico's voor gebouwen en stedelijke infrastructuur

Gebouwen en stedelijke infrastructuur zijn kwetsbaar voor de effecten van hitte, droogte en wateroverlast door extreme neerslag (Bani et al., 2024; Deltares et al., 2020; Van Gaalen et al., 2024). Overstromingen vanaf de rivieren en/of de zee bedreigen steeds meer de waterveiligheidssituatie. In 2020 maakte onderzoeksinstituut Deltares met behulp van de klimaatschadeschatter een inschatting van de verwachte schade aan gebouwen en stedelijke infrastructuur voor de periode 2018-2050: De schatting kwam uit op 77,6 – 173,6 miljard euro (Deltares et al., 2020). Gebouwen in heel Nederland kunnen schade ondervinden van **wateroverlast**. Door beperktere mogelijkheden voor waterberging is voornamelijk het stedelijke gebied in het westen van het land vatbaar voor overlast, terwijl hoogteverschillen in het landschap in Zuid-Limburg woningen en bedrijven kwetsbaar maken voor een snelle stijging van water in kleine rivieren en beken (Van Gaalen et al., 2024). Deze overlast kan worden versterkt door droogte. Wanneer de bodem is uitgedroogd, kan water minder goed infiltreren in de grond, waardoor hoosbuien eerder tot wateroverlast leiden. Verder speelt met name in stedelijke gebieden het probleem van hoogteverschil door ongelijkmatige zetting: Aangezien water naar de laagste gelegen plek stroomt, zorgt dat bij extreme neerslag snel voor problemen (Van Gaalen et al., 2024) en resulteert dat veelal in ondergelopen kelders, kruipruimtes en souterrains en/of materiële schade aan de begane grond. Het Verbond van Verzekeraars neemt waar dat de verzekerde schade als gevolg van extreme buien is toegenomen. Registratie van onverzekerde schade ontbreekt (Van Gaalen et al., 2024; Verbond van Verzekeraars, 2024). De extreme neerslag en daaropvolgende hoogwater gebeurtenis in Limburg van de zomer van 2021 heeft laten zien dat de economische schade door water vanuit regionale wateren -Roer, Geul, Gulp, Geleenbeek - aanzienlijk kan zijn (Van Gaalen et al., 2024). Deze bedroeg naar schatting 433 miljoen euro (Van Heeringen et al., 2022). Als deze waterbom elders in Nederland gevallen was, had de totale schade kunnen oplopen tot meer dan een miljard euro (De Bruijn & Slager, 2022).

Minder neerslag en hogere temperaturen leiden tot meer **droogte** (in frequentie en intensiteit) en watertekorten, waardoor de grondwaterstand daalt. Met name houten palen onder woningen en gebouwen met ondiepe funderingen in West-, Noord-Nederland en het rivierengebied zijn kwetsbaar voor verzakkingen en scheuren. Funderingsproblemen zijn niet nieuw, maar door klimaatverandering worden deze erger (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024). Hitte en droogte, en de bijbehorende daling van de grondwaterstand met mogelijke bodemdaling tot gevolg, tasten ook de stedelijke infrastructuur aan. Droogte resulteert in een verminderde vaardiepte en kan leiden tot schutbeperkingen. Ongelijkmatige zettingen als gevolg van droogte leiden tot spoorvorming aan wegen en breukvorming in de ondergrondse infrastructuur (kabels, leidingen, riolering) (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024).

Extreme **hitte** leidt tot het uitzetten van rails en het vast komen te zitten van beweegbare bruggen. Extreme hitte vergroot daarnaast de kans op oververhitting in gebouwen, resulterend in een hogere koellast, en extra verhitting van het stadsklimaat. Extreme hitte doet ook de ziektelast toenemen. Jaarlijks overlijden er enkele honderden mensen meer dan verwacht door hittegolven (hittesteerte) en hogere gemiddelde jaartemperatuur (warmtesteerte). Tijdens de hittegolf van 2019 stierven er in een week 400 mensen door hittestress, mogelijk in combinatie met smog. En tijdens de hittegolf in 2020 (dertien dagen, maximumtemperatuur 34,6 graden Celsius) lag het sterftcijfer negen procent hoger dan gemiddeld, bijna honderd sterfgevallen meer (Betgen et al., 2024; Van Gaalen et al., 2024).

Een groot deel van de westelijk gelegen stedelijke delta ligt onder NAP en wordt door een systeem van waterkeringen beschermd tegen hoog water vanaf zee en de rivieren. Het buitendijkse gebied wordt niet

beschermd door dijken, maar ligt relatief hoog. Buitendijks wonen ca 115.000 mensen. Dat neemt deze eeuw nog toe met circa 60.000 mensen (Nationaal [Deltaprogramma, 2012](#)). Volgens de KNMI'23-scenario's kan de **zeespiegel** tot 2100 stijgen met 16-34 cm in het lage scenario en tot 59-124 cm in het hoge scenario (Bessembinder et al., 2023). Als onzekere processen, zoals het instabiel worden van de Antarctische IJskap al voor 2100 optreden kan de bovengrens van de zeespiegelstijging rond 2100 oplopen tot 2,5 meter (Bessembinder et al., 2023). Deze geraamde stijging vormt, zeker in combinatie met hoog water vanaf de rivieren, een reële bedreiging voor het wonen, werken en leven in binnen- en buitendijks gebied en voor het behoud van kwetsbare en vitale functies en infrastructuur. De zeespiegelstijging zorgt bovendien voor een extra opgave ten aanzien van verzilting, waterkwaliteit en de waterbeschikbaarheid tijdens periodes van droogte en voor uitdagingen ten aanzien van het afvoeren van regenwater (meer pompen, minder of niet meer onder vrij verval spuien) en in sommige gevallen het realiseren van voldoende bergingscapaciteit (Visser & Oosterholt, 2023).

2.3 Invloeden van andere maatschappelijke opgaven

Behalve het veranderende klimaat hebben ook andere maatschappelijke opgaven een invloed op het realiseren van de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw*.

2.3.1 Woningbouwopgave

Het oplossen van het tekort aan woningen geldt de komende decennia onverminderd als een belangrijke opgave. Het programma Woningbouw zet in op de realisatie van 900.000 woningen tot en met 2030 middels een groei van de bouwproductie naar 100.000 woningen per jaar en het realiseren van additionele woningen door splitsen, optoppen, en het faciliteren van andere collectieve woonvormen (VRO, 2022). In een eerdere studie heeft het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) vertaalde deze in een ruimteclaim van 77 vierkante kilometer bij een hoge stedelijke dichtheid van 100 woningen per hectare, en 308 vierkante kilometer bij een lage dichtheid van 25 woningen per hectare (PBL, 2019). Naar verwachting is vanuit een technisch perspectief een groot deel van de woningbouwopgave haalbaar door verdichting en transformatie op binnenstedelijke locaties. Nieuwe gebiedsontwikkelingen zijn naar verwachting in mindere mate verantwoordelijk voor invulling van de opgave.

Veranderingen in bevolkingssamenstelling vragen om aanpassingen in de nieuwbouw (Langenberg & Jonkers, 2022). Door de vergrijzing stijgt vooral het aantal oudere alleenstaanden sterk. Deze ontwikkeling vraagt om het realiseren van meer klimaatbestendige, flexibele, modulaire wooneenheden met aandacht voor die klimaatfactorenopgaven die ouderen in het bijzonder raken zoals hittestress, en vraagt om het stimuleren van doorstroming op de woningmarkt zodat vooral ouderen gemakkelijker verhuizen naar een passende, voor hen aantrekkelijke woning.

De omvang van de woningbouwopgave en snelheid waarmee deze aangepakt dient te worden, leiden in de praktijk tot wrijving met de klimaatadaptieve en natuurinclusieve doelstellingen. Als klimaatadaptatie op tijd in plannen wordt meegenomen, dan hoeft zij niet duurder te zijn en langer te duren. Dat vraagt echter wel om uniforme kaders en het inzetten op Water en Bodem Sturend (Rijsdijk & Brunink, 2024; Velthuis et al., 2024; Zwaan et al., 2024). Het bouwen zelf draagt ten slotte ook bij aan klimaatverandering. De gebouwde omgeving is voor circa 40% verantwoordelijk voor de CO₂-uitstoot. Een kwart daarvan heeft te maken met het bouwproces (embodied carbon). Klimaatadaptieve nieuwbouw moet dus ook nog eens binnen de kaders van de afspraken van Parijs plaatsvinden (Paris Proof bouwen). Transformeren en herontwikkelen passen wat dat betreft beter bij 'bouwen binnen CO₂-budget' dan nieuwbouw (Zonnevrijlde, 2025).

2.3.2 Opgaven voor gebiedsontwikkeling

Gebiedsontwikkeling voor klimaatadaptieve nieuwbouw gaat gepaard met diverse randvoorwaarden en/of beperkingen, te weten: beperkingen van de stikstofuitstoot nabij Natura 2000-gebieden, drinkwaterbeschikbaarheid, mogelijkheid tot aansluiting op het energiesysteem, vereisten voor verbeteren van de

waterkwaliteit in relatie tot de KRW-doelen, en het Water en Bodem Sturend beleid (Hamers et al., 2021; Kuiper & Spoon, 2024).

Al jaren is er in Natura 2000-gebieden te veel stikstof (ammoniak en stikstofoxiden). Te veel stikstof is schadelijk voor de natuur. In de Europese Unie (EU) zijn afspraken gemaakt over de bescherming van natuurgebieden. Nederland moet zich daaraan houden. Op 29 mei 2019 oordeelde de Raad van State dat het Programma Aanpak Stikstof (PAS) niet gebruikt mag worden om toestemming te geven voor activiteiten die extra stikstofuitstoot veroorzaken. Volgens de Raad van State voldeed de PAS niet aan de natuurbeschermingsregels in de Europese Habitatrichtlijn, waarin het voldoende waarborgen van natuurbehoud en -herstel in de Natura 2000-gebieden centraal staat. Sindsdien is de PAS niet meer te gebruiken voor bouwprojecten waarbij stikstofverbindingen vrijkomen. Per bouwproject moet worden bewezen dat er geen extra stikstof in natuurgebieden terecht komt, of dat er compensatie is (extern salderen) voor de stikstof die vrijkomt bij een project (Raad van State, 2019). Aanvullend oordeelde de Raad van State op 18 december 2024 dat er voortaan andere regels gelden voor intern salderen. De Raad zette een streep door intern salderen op basis van een natuurvergunning/milieutoestemming als een mitigerende maatregel, waardoor per ontwikkeling een passende beoordeling en een nieuwe natuurvergunning nodig is (Raad van State, 2024). Dat betekent dat bij bouw- en infrastructurele projecten intern salderen minder vaak gebruikt kan worden. In vier provincies zit hierdoor de vergunningverlening inmiddels volledig op slot, ook uit angst dat salderen ten behoeve van natuurherstel onvoldoende is – mede na de uitspraak van de Rechtbank Den Haag in de zaak Greenpeace tegen de Staat (Rechtbank Den Haag, 2025).

Gebiedsontwikkelingen buiten de bestaande gebouwde omgeving hebben verder te maken met randvoorwaarden voor de beschikbaarheid van voldoende drinkwater (IenW, 2024a; Van Leerdam et al., 2023, Vewin et al., 2025) en de mogelijkheid om aangesloten te raken op het energienet (Friele et al., 2025). Ook hierbij zijn er steeds meer knelpunten. Bovendien leggen vereiste maatregelen voor het verbeteren van de waterkwaliteit om aan de KRW-doelstellingen te voldoen (Van Wieringen et al., 2022; Wuijts et al., 2022;) en het Water en Bodem Sturend beleid (IenW, 2022b; Willemsen & De Jonge, 2023) randvoorwaarden op aan de mogelijke locatiekeuze van een gebiedsontwikkeling en de haalbaarheid van een straatje erbij.

2.3.3 Verdichtingsopgave

De beperkt beschikbare ruimte (ondergronds en bovengronds) stelt gemeenten voor grote uitdagingen bij klimaatadaptieve stadsontwikkeling, met name als het gaat om inbreiding en/of een straatje erbij. Ruimte in de stad is schaars en wordt vaak al benut voor verschillende functies, zoals wonen, commerciële activiteiten, infrastructuur (wegen, kabels, leidingen) en groen. Het toevoegen van klimaatadaptieve elementen kan concurreren met andere stedelijke behoeften en belangen. Het integreren van ondergrondse wateropvangsystemen is technisch complex in dichtbebouwde steden. De aanwezigheid van bestaande ondergrondse infrastructuur zoals kabels, leidingen en rioleringen kan het moeilijk maken om nieuwe systemen – bijvoorbeeld bij verdichting - toe te voegen zonder verstoringen of extra kosten. Ten slotte kunnen bestaande stedelijke structuren zoals historische gebouwen, monumenten of beschermde gebieden beperkingen opleggen bij de verdichtingsopgave van een gebied. Meervoudig ruimtegebruik is noodzakelijk om alle opgaven in de beperkt beschikbare ruimte te realiseren (Hamers et al., 2021).

Grond in het stedelijk gebied is vaak duur. Het toevoegen van klimaatbestendige elementen of herontwikkelen van bestaande ruimtes voor klimaatadaptatie kan hierdoor kostbaar zijn, bijvoorbeeld het omzetten van bestaande gebouwen, parkeerplaatsen of industriële locaties naar groene ruimtes of wateropvang (Rijsdijk & Brunink, 2024; Velthuis et al., 2024; Zwaan et al., 2024). Ook zijn beleid en wetgeving nog niet altijd voldoende toegerust voor klimaatadaptieve binnenstedelijke gebiedsontwikkeling. Bestaande parkeernormen staan bijvoorbeeld in sommige gevallen op gespannen voet met het vergroenen van de openbare ruimte (e.g. MuConsult & Rho Adviseurs, 2020).

2.4 Categorieën adaptatieopties en randvoorwaarden

Voor de opgave identificeerden we met behulp van twee Make-atons, één expert-sessie en enkele tussentijdse consultatierondes zes categorieën adaptatieopties. Deze categorieën bespreken we hieronder, met een toelichting op de haalbaarheid van de adaptatieopties. Aanvullend zijn er zes maatregelen geïdentificeerd die randvoorwaardelijk zijn voor het in uitvoering brengen van de genoemde adaptatieopties.

2.4.1 Categorieën adaptatieopties en haalbaarheid

1 Klimaatadaptief ontwerp en bouwwijze: integreren van klimaatadaptieve maatregelen in het ontwerp en de wijze van bouwen, gericht op het omgaan met te veel en te weinig water (benutten en besparen, vasthouden en infiltreren, bergen en hergebruiken, vertraagd afvoeren, buiten houden) en op een hittebestendige leefomgeving (Bakker et al., 2024; Hamers et al., 2021; IenW, 2023; Kadijk & Prijden, 2023; Rijdsijk & Brunink, 2024; Valkenburg et al., 2022; Velthuis et al., 2024; Zwaan et al., 2024).

Voorbeelden van maatregelen zijn: tegengaan van hitteproblemen met aandacht voor de oriëntatie van de woning, het glasoppervlak op de gevel en het type glas, de aanwezigheid van en het type zonwering, de aanwezigheid van overstekken, de mate van woningisolatie, mogelijke faseverschuiving door biobased isolatiematerialen, en het gebruik maken van warmtewerende oppervlakken. Zodanig ontwerp van gebouwen en materiaalkeuze dat een wateroverlast niet tot onacceptabele bouwkundige schade leidt (wetproofing/dryproofing); denk aan het toepassen van waterbestendige constructie- en afwerkingsmaterialen of het toepassen van waterbestendige materialen in de plint van gebouwen. Kruipruimteloos bouwen kan geschikt zijn in gebieden met een hoge grondwaterstand; een alternatief is het ontwerpen van gebouwen waarbij de begane grond ingericht is voor niet-cruciale functies. De implementatie van systemen voor regenwateropvang op gebouwen, zoals regentonnen, groenblauwe daken en regenwaterbassins; de installatie van grijswatersystemen in gebouwen om afvalwater van douches, wastafels en wasmachines op te vangen en te behandelen voor hergebruik; de inzet van waterbesparende technologieën in gebouwen en infrastructuur, zoals waterbesparende apparaten, lekdetectiesystemen en slimme irrigatiesystemen voor groenvoorziening; het gebruik van waterzuiveringstechnologieën die het mogelijk maken om afvalwater te behandelen tot hoogwaardig herbruikbaar water. Natuurinclusief en biobased ontwerpen en bouwen om een gezonde en aantrekkelijke gebouwde omgeving te creëren voor alle gebruikers; dat zorgt ervoor dat de natuur en de biodiversiteit niet verder worden aangetast, dat ecosystemen intact blijven, en dat er een kleinere additionele belasting is voor het klimaat ten opzichte van conventionele bouwwijzen (Mereboer & Postma, 2023; Posthouwer, 2024).

In het *Framework for Climate Adaptive Buildings* benoemen bouwspecialisten, en wegen wetenschappers, gebouwkenmerken die bijdragen aan de weerbaarheid/kwetsbaarheid van een gebouw voor verschillende klimaatopgaven (Bakker et al., 2024; Kadijk & Prijden, 2023).

Haalbaarheid: Betrokken experts beoordeelden de haalbaarheid van klimaatadaptief ontwerpen en bouwen als goed, en de aanlooptijd als kort

2 Alternatieve ontwerpprincipes: Alternatieve ontwerpprincipes geven de mogelijkheid om nu te bouwen in gebieden die gelden als buffer- of risicogebied en na 2050 mogelijk vrijgemaakt moeten worden (Booister et al., 2021; Daamen, 2022; Dijkstra et al., 2024). Of ze geven de mogelijkheid om te bouwen in waterlichamen, buitendijks en/of in gebieden waar te verwachten is dat de waterstanden op termijn door zeespiegelstijging zullen stijgen.

Voorbeelden zijn tijdelijk, verplaatsbaar en/of demontabel bouwen, of drijvend of amfibisch bouwen (Dijkstra et al., 2024). Drijvende gebouwen drijven permanent door middel van een drijflichaam. Amfibische gebouwen gaan bij hoog water drijven en zo meebewegen met het waterpeil. Om te voorkomen dat de woningen bij hoog water wegdrijven, zijn deze verankerd aan flexibele meerpalen, waarmee de deining kan worden opgevangen. Aandachtspunt bij deze wijze van bouwen zijn de aansluitingen op de omliggende infrastructuur en de nutsaansluitingen. Deze moeten flexibel of zelfvoorzienend zijn uitgevoerd.

Experts beoordeelden de haalbaarheid van alternatieve ontwerpprincipes fysiek/ruimtelijk als goed. Beoordeling van economische/financiële, technische, politiek-bestuurlijke, maatschappelijke en ecologische haalbaarheid is negatief tot neutraal. De aanlooptijd wordt middellang tot lang ingeschat.

3 Klimaatadaptieve inrichting gebied: Bij de (her)inrichting van stedelijk gebied, gebiedsontwikkeling, verdichting, of een straatje erbij, zijn diverse klimaatadaptieve maatregelen mogelijk – zowel binnen het bestaande straat profiel als binnen de contouren van een nieuwe profiel of wijkinrichting. Groene, blauwe en grijze maatregelen in de openbare ruimte die (regen)water beter laten vasthouden en infiltreren vergroten de sponswerking van de gebouwde omgeving (Bakker et al., 2024; Hamers et al., 2021; IenW, 2023; IenW, 2024a; Kadijk & Prijden, 2023; Posthouwer, 2024; Rijsdijk & Brunink, 2024; Valkenburg et al., 2022; Velthuis et al., 2024; Zwaan et al., 2024).

Groene infrastructuur omvat het gebruik van natuurlijke en seminatuurlijke elementen, zoals groene daken, groene gevels, wadi's, infiltratievelden, geveltuinen, watervertragende groenstroken, regenwaterparken en stadsbossen. Deze elementen helpen bij het vasthouden en absorberen van regenwater, waardoor de belasting van het rioleringsstelsel vermindert en de kans op overstromingen afneemt. Groene daken en gevels absorberen direct regenwater en verminderen de hoeveelheid water die het stedelijke oppervlak bereikt. Stadsbossen en regenwaterparken fungeren als natuurlijke opvanggebieden en bieden habitats voor meer biodiversiteit. Meer groen betekent ook meer verkoeling en meer biodiversiteit. Permeabele (doorlaatbare) oppervlakken, zoals waterpasserende en waterdoorlatende bestrating, grasbetontegels en grindpaden, maken infiltratie van regenwater in de bodem mogelijk. Deze oppervlakken verminderen de waterafvoer naar rioleringen en oppervlaktewater (kanalen, meren, plassen, beekjes, rivieren), waardoor de kans op overstromingen afneemt en de watervoorziening voor grondwater wordt aangevuld.

Specifieke voorzieningen voor regenwaterinfiltratie, zoals infiltratiekratten, -buizen en -goten in parkeerplaatsen, trottoirs en openbare ruimten bevorderen de infiltratie van regenwater in de bodem. Deze systemen vangen regenwater op van verharde oppervlakken en leiden het naar speciaal ontworpen structuren die het water laten infiltreren in de bodem, waar het kan worden opgeslagen en het grondwater kan aanvullen.

Maatregelen voor het bergen en beschikbaar maken van water voor hergebruik maken het mogelijk om tijdens zware regenval water tijdelijk vast te houden, om dit vervolgens tijdens drogere perioden weer te kunnen benutten. Waterbergingsystemen zijn onder meer waterbergende elementen in of onder pleinen, zoals infiltratiekratten, betonnen elementen, steenwol, schuimbeton, diverse vormen van granulaat; en ook wegen en/of groenstroken met een verhoogde porositeit in de bodem waarin (regen)water kan worden opgevangen. Andere maatregelen zijn: straten lager aanleggen dan de woningen of stoepanden verhogen, zodat de straat het teveel aan water kan opvangen. Daarbij moet het ontwerp ook rekening houden met toegankelijkheid. Waterpleinen en -plekken kunnen dienen als multifunctionele ruimtes, voor waterberging, als recreatief gebied en voor visuele aantrekkelijkheid van de stad. Ondergrondse waterbergingsystemen, zoals de Urban Waterbuffer, maken gebruik van diepere 'watervoerende' zandlagen voor infiltratie, grootschalige opslag en terugwinning van hemelwater via putten (Van Dooren & Wietse Boer, 2020). Met actief grondwaterpeilbeheer (AGWP) binnen een afgebakend gebied kunnen grondwaterstanden worden gestabiliseerd. AGWP kan zo actief bijdragen aan het vergroten van het infiltrerend vermogen van de stad. AGWP wordt op verschillende locaties in Nederland al onderzocht en toegepast, maar ervaringen met de werking en toepasbaarheid lopen uiteen.

Blauw staat voor oppervlaktewater. Meer oppervlaktewater vergroot de buffercapaciteit van de stad bij extreme neerslag. Lokaal vastgehouden water geeft op warme dagen verkoeling – door verdamping – en draagt zo bij aan het verminderen van de effecten van opwarming en hittestress. Grijze maatregelen zijn ook nodig, zeker op plekken in de stad met onvoldoende ruimte voor groen/blauwe structuren. Grijze maatregelen zijn traditionele, technische oplossingen zoals rioleringen, pompen en waterzuiveringsinstallaties. Harde technische infrastructuur en systemen (afdoende beschermd tegen stillegging door cybercrime) blijven nodig om in geval van extreme neerslag en calamiteiten water weg te

pompen. Een gebied bestand maken tegen perioden van hoog water is vooral mogelijk door het hanteren van uitgiftepeilen en/of integraal of gedeeltelijk ophogen van het gebied. Flexibele of vaste keringen om een (deel)gebied maken een gebied afsluitbaar voor water. Ook hier zijn harde technische infrastructuur en systemen nodig om water te kunnen wegpompen.

In de omgang met hitte staat het creëren van koele plekken en het creëren van een duurzame koudevoorziening centraal, onder meer via de aanleg van groenblauwe structuren (Cortês et al., 2024). Maatregelen voor verkoeling zijn grotendeels gebaseerd op de volgende vier principes: verdamping, beschaduwing, reflectie en ventilatie (Kluck et al., 2020). Het belangrijkste principe voor verkoeling is beschaduwing. Er zijn verschillende middelen om schaduw te creëren: schaduw van gebouwen, bomen, pergola's en canvasdoeken. In verband met de seizoenswisseling is een goede balans tussen schaduw en zon van groot belang. Bomen en pergola's zijn het meest effectief. Zij zorgen lokaal voor schaduw en koelen bovendien actief de luchttemperatuur door de verdamping van water. Bovendien laten bomen en pergola's in de wintermaanden juist voldoende zonlicht door. De *Handreiking Groen In en Om de Stad* formuleert hoe niet alleen kwantitatief maar ook kwalitatief op groen gestuurd kan worden en hoe normen geformuleerd kunnen worden met lokaal maatwerk (BZK & LNV, 2024).

Voor de klimaatopgaven hitte, wateroverlast en waterveiligheid geldt tenslotte dat het inrichten van aantrekkelijke koele routes en/of klimaatbestendige evacuatie routes samen met publiek toegankelijke (aantrekkelijke en koele in het geval van hitte) opvangplaatsen bijdraagt aan de toekomstbestendigheid en veiligheid van het gebied (Linck et al., 2024; Weppelman et al., 2023).

De *Landelijke maatlat voor een groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving* bestaat uit doelen, prestatie-eisen en richtlijnen voor de thema's overstromingen, wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit en bodemdaling (Valkenburg et al., 2022). De *Maatlat* biedt weliswaar handvatten maar is op dit moment een vrijwillig kader voor de bouwsector en de medeoverheden (VRO, 2025). De *Maatlat* is gericht op nieuwbouw en wordt verder geconcretiseerd en toegespitst op toepassing bij gebiedsinrichting in plaats van gebouwontwerp en/of bouwwijze. (Er loopt een onderzoek naar toepassing binnen de bestaande bebouwde omgeving.) Juridische borging wordt onderzocht (VRO, 2025).

Door experts is de haalbaarheid van klimaatadaptieve inrichting van een gebied als positief ingeschat. De aanlooptijd wordt als kort ingeschat.

4 Locatiekeuze: Tenminste 900.000 woningen moeten volgens de huidige kabinetsdoelstellingen tot en met 2030 in Nederland een plek krijgen, via inbreiding, verdichting of nieuwe gebiedsontwikkeling. Een deel hiervan is gepland in delen van Nederland met een risico op overstromingen, wateroverlast, beperkingen in de drinkwatervoorziening en/of bodemdaling. Met het oog op een veranderende toekomst moeten we afwegen waar en hoe er ergens op een toekomstbestendige manier ontwikkeld kan worden (Booister et al., 2021; Hamers, 2021; RLi, 2021; IenW, 2022b). Met aandacht voor waterstromen van oppervlaktewater, grondwater en regenwater en hun interacties, en voor bodemgesteldheid (soorten bodems, doorlatendheid en kwetsbaarheid voor verzilting en bodemdaling) en voor kaders voor drinkwaterbeschikbaarheid, bodemdaling, wateroverlast en overstromingen.

Het *Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving* (Kolen et al., 2023) geeft inzicht in: 1) waar te ontwikkelen gegeven het water- en bodemsysteem, 2) hoe te ontwikkelen gegeven de kenmerken van het water- en bodemsysteem; 3) of nagedacht moet worden over aanvullende bescherming door aanpassing van het watersysteem of door mitigerende noodmaatregelen als onderdeel van de beoogde ontwikkeling. Daarbij zijn de volgende klassen geformuleerd: Ja, Ja mits (kleine, middelgrote, grote opgave), Nee tenzij, en Nee. Overheden kunnen zones aan de kaarten toevoegen die aanvullende kaders geven aan ruimtelijke ontwikkelingen, bijvoorbeeld wat buitendijks bouwen betreft, en mogelijke reserveringszones toevoegen. Toepassen van de criteria heeft geleid tot een sturingskaart voor Nederland waaruit blijkt welke klasse van toepassing is. Het Ruimtelijk afwegingskader is een beslissingsondersteunend instrument voor gemeenten, waterschappen en provincies. Het helpt hen om bij locatiekeuzes voor nieuwe woningbouw,

werklocaties, publieke gebouwen of industriegebieden een afweging te maken vanuit het water- en bodemsysteem. Er is nog geen besluit genomen over juridische borging van het ruimtelijk afwegingskader.

Experts schatten de economisch-financiële, technische, maatschappelijke en ecologische haalbaarheid van locatiekeuze als positief in. Politiek-bestuurlijke en fysiek-ruimtelijke haalbaarheid wordt ingeschat als negatief. De aanlooptijd wordt als kort tot middellang ingeschat.

5 Opvangen en verkleinen restrisico: Deze categorie vraagt om een slimme combinatie van risicovoorlichting, noodplannen, verzekeringen tegen klimaatrisico's en het voorzien in financiële steun/subsidies voor de meest kwetsbare huishoudens om maatregelen te kunnen nemen (AFM, 2023; Platform voor Duurzame Financiering, 2023). Risicovoorlichting vergroot het bewustzijn bij bewoners en bedrijven van mogelijke gevaren, zoals overstromingen of hittegolven. Door goede communicatie weten mensen wat ze kunnen doen vóór, tijdens en na een extreme weersituatie. Noodplannen zorgen ervoor dat overheden, hulpdiensten en bewoners weten hoe te handelen bij een ramp, waardoor schade en slachtoffers beperkt blijven. Verzekeringen kunnen financiële schade opvangen wanneer ondanks alle maatregelen tóch iets misgaat. Risico van wateroverlast of overstroming door het falen van niet-primaire waterkeringen is door de meeste verzekeraars standaard verzekerd. Wat niet is gedekt is: falen van primaire waterkeringen, buitendijkse gebieden en hoog grondwater. Schade door het falen van primaire waterkeringen zal naar verwachting worden gecompenseerd vanuit de Wet tegemoetkoming schade bij rampen (Wts). Aanpassing van de Wts in een duidelijkere regeling die ook door verzekeraars kan worden uitgevoerd is wenselijk. Uitbreiding van de verzekeringsdekking voor buitendijkse gebieden wordt door het Verbond van Verzekeraars onderzocht. Onder bepaalde voorwaarden zou dit mogelijk kunnen zijn, maar niet voor gebieden die relatief vaak overstromen en bedoeld zijn voor waterberging, zoals uiterwaarden. Hoog grondwater is lastig verzekeraar.

Door experts is de haalbaarheid van het opvangen en verkleinen van het restrisico als positief ingeschat. De aanlooptijd wordt als kort ingeschat.

6 Afscheid nemen: In sommige gevallen kan, ondanks toepassen van een klimaatadaptieve ontwerp- en bouwwijze en gebiedsinrichting, een toekomstbestendige gebouwde omgeving met acceptabele risiconiveaus niet gegarandeerd worden. Of is een ruimtelijke reservering noodzakelijk om de realisatie van benodigde klimaatadaptieve maatregelen mogelijk te houden. Afscheid nemen van specifieke gebieden als geschikt voor gebiedsontwikkeling of sloop-nieuwbouw van de bestaande niet-bestendige woningvoorraad of besluiten in specifieke gebieden nu (nog) niet te bouwen is in dit geval noodzakelijk. Ook is in sommige gevallen afscheid noodzakelijk van een locatie die al bewoond is.

Experts schatten de economisch-financiële, technische en ecologische haalbaarheid van afscheid nemen als positief in. Politiek-bestuurlijke, maatschappelijke en fysiek-ruimtelijke haalbaarheid wordt ingeschat als negatief. De aanlooptijd wordt als kort (in sommige urgente situaties) tot middellang (met betrekking tot strategisch beleid) ingeschat.

2.4.2 Randvoorwaardelijke maatregelen

Bovengenoemde categorieën adaptatieopties zijn veelal technisch en ontwerpend van aard en benaderen de genoemde opgave als een technische uitdaging. Het realiseren van de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* betreft echter ook het aanpakken van normstelling, borging, standaardisatie van de bouwpraktijk, en de beschikbaarheid van financiële instrumenten en kennis over klimaatrisico's. Hieronder staan zes maatregelen die randvoorwaardelijk zijn voor het doen slagen van de eerdergenoemde categorieën adaptatieopties.

1) Heldere rollen en taakverdeling: Rollen, taken en verantwoordelijkheden van verschillende overheden en andere actoren zijn op dit moment niet duidelijk geformuleerd en belegd (IenW, 2024b; RLi, 2023; Zwaan et al., 2024). Ons voorstel is: Maak voor iedereen duidelijk wie verantwoordelijk is voor de verschillende

delen van de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw*. Maak helder wat het woord 'nationaal' in een nationale adaptatiestrategie betekent.

2) Vergroten inzicht in de opgave en de aanpak: Op dit moment is beperkt inzichtelijk wat de doorwerking van de verschillende klimaatopgaven is voor verschillende onderdelen van onze samenleving. Het is nog maar beperkt bekend hoe ruimtelijke verschillen in fysieke klimaatopgaven doorvertalen naar (beleefde) maatschappelijke, economische en gezondheidsschade en hoe verwachtingen over toekomstige veranderingen van het klimaat en bijbehorende weersextremen effectueren in de praktijk. En hoe de voortgang van onze klimaatadaptatie is. Data over klimaatrisico's in stedelijk gebied moeten volgens de DPRA-cyclus al minimaal 6-jaarlijks worden geactualiseerd. Deze frequentie dient – waar mogelijk – omhoog te gaan: zeker wanneer er nieuwe klimaatscenario's uitkomen. Tevens moeten de data worden uitgebreid en landelijk opengesteld. Het landelijk openstellen van deze data maakt benchmarking mogelijk en is maatschappelijk efficiënt – iedereen gebruikt dezelfde data voor het inschatten van klimaatrisico's.

Klimaatrisico-informatie over de directe omgeving kan gekoppeld worden aan het digitaal gebouwdossier, in eerste aanzet voor nieuwbouw, daaropvolgend voor de zakelijke markt en tenslotte voor de bestaande bouw. Zoals in het geval van een klimaat- of waterlabel (e.g. Hoogvliet, Slager & Dolman, 2023). Verkend moet worden of taxateurs bij overdrachtssituaties een informatieplicht over klimaatrisico's kunnen krijgen, zodat banken bij het verstrekken van een hypotheek de financiële situatie van de klant kunnen matchen met het klimaatrisico van het onderpand (climate informed mortgages). De burger wordt zo beschermd tegen desinformatie en miskoop (AFM, 2023; Bor et al., 2021; Platform voor Duurzame Financiering, 2023).

Informatie over adaptatiebeleid van de overheid moet transparant zijn. De monitoring van de voortgang van klimaatadaptatie moet beter worden vastgelegd en gedeeld, tenminste volgens dezelfde 6-jaarlijkste (DPRA) cyclus. Monitoring maakt het in theorie mogelijk de klimaatrisico's (de opgave) te zien afnemen als we stapsgewijs de knelpunten in bestaand bebouwd gebied oplossen en alleen nog maar klimaatadaptief nieuwbouwen. Dit kan stakeholders helpen een goede inschatting te maken van klimaatgerelateerde risico's, wat de overheid hieraan doet, en van de kosten en opbrengsten van het nemen van eigen adaptatiemaatregelen (Nationaal Deltaprogramma, 2023). Het inzicht in en de afweging van (maatschappelijke) kosten en baten – op individueel en gebiedsniveau en door de tijd heen – moet worden verbeterd. Samen met de financiële sector en decentrale overheden. Met aandacht voor klimaatrechtvaardigheid, betaalbaarheid en handelingsperspectief voor de bewoner: Klimaatadaptieve nieuwbouw moet inclusieve nieuwbouw zijn en moet voor de langere termijn toekomstbestendig zijn. Alleen met behulp van dit inzicht is het mogelijk om goede keuzes te maken tussen losse maatregelen en een strategie.

3) Doorontwikkelen en borgen normerende instrumenten: De bestaande instrumenten *De Maatlat* en *Het Ruimtelijke Afwegingskader* beoordelen we – in aanvulling op het *Besluit bouwwerken leefomgeving* en de *Weging van het waterbelang* – als een stap in de goede richting van het normeren en standaardiseren van klimaatadaptieve nieuwbouw. Voor het functioneren van deze instrumenten: a) dient de maatlat uitgebreid te worden naar een toepassing in de bestaande gebouwde omgeving (hij is nu gericht op nieuwbouw); b) dienen geformuleerde doelen, prestatie-eisen en richtlijnen verder uitgewerkt te worden, met actuele en consistente klimaat- en waterdatasets als gemeenschappelijk startpunt; c) moeten beide instrumenten beter geborgd worden zodat ze een verplicht/dwingend karakter krijgen en niet meer vrijblijvend te hanteren zijn; en d) moeten besluiten worden genomen over zichtjaar, scenario en achterliggende neerslagstatistieken. Daarbij is ruimte nodig voor lokaal maatwerk (IenW, 2024b; Valkenburg et al., 2022; VRO, 2025; Zwaan et al., 2024).

4) Verruimen van financiële arrangementen: Het aantal financiële producten, diensten en publiek-private arrangementen om oplossingen voor klimaatadaptatie te stimuleren moet worden uitgebreid of verruimd. In het bijzonder met aandacht voor de financiering van betaalbare, klimaatadaptieve gebiedsontwikkeling en de toekomstige verzekerbaarheid tegen klimaatrisico's.

Voorbeelden zijn: planbatenheffing waarbij een deel van de waardevermeerdering van gronden gebruikt wordt voor benodigde publieke investeringen, grondbelasting, inrichting van een revolverend fonds, een

gebiedsinvesteringszone, ketenkoppeling en/of de regeling groenprojecten, alternatieve financiële arrangementen (gebouwgebonden financiering, collectieve arrangementen, publiek-private financiering, erfpacht), premie-/belastingverlaging, en aanvullende verzekeringsopties. Mogelijkheden voor verruimen van financiële arrangementen moet samen met de financiële sector, medeoverheden, eindgebruikers en consumentenbeschermers zoals AFM, ACM en toezichthouders worden verkend. Experimenteeruimte om in geselecteerde gebieden publieke en private arrangementen te testen is gewenst (Bor et al., 2021; Platform voor Duurzame Financiering, 2023).

5) Actief grondbeleid: Met actief grondbeleid, en herziening van de GREX, kan een gemeente grip krijgen op de grondmarkt en sturing geven aan klimaatbestendige gebiedsontwikkeling (Boelman, 2023; Buitelaar, 2021; Rli, 2023). Een herziening van de GREX, met meenemen van het beheer van een gebied en de lange termijn, maakt het mogelijk om klimaatkosten in de toekomst en de vermeden schade door extra investeringen inzichtelijk te maken. Dan geeft de GREX een completer (kosten)plaatje van een project en kunnen betere keuzes gemaakt worden. Door zelf grond aan te kopen, bouwrijp te maken en te verkopen, kan de gemeente beter sturen op de invulling, én haalbaarheid vastleggen van gebiedsontwikkelingen en ruimtereserveringen (bijvoorbeeld ten behoeve van waterberging). Moderniseren van het bekostigingsmodel van gemeenten (Gemeentefonds) is echter nodig, om gemeenten genoeg financiële ruimte te geven voor aankoop van meer gronden (Verstraten et al., 2019).

6) Systeemkeuzes op deltaniveau: Om Nederland weerbaar te houden tegen vergaande zeespiegelstijging, moeten er voor de lange termijn landelijk ingrijpende systeemkeuzes worden gemaakt. Bij de herinrichting van Nederland en de keuze voor toekomstige woningbouwlocaties moet nu al rekening gehouden worden met de ruimte en ingrepen die op termijn nodig zijn. Afsluiten van de Nieuwe Waterweg of verhogen van het waterpeil in het IJsselmeer werkt bijvoorbeeld direct door in de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw*. Des te sneller er inzicht is in deze systeemkeuzes op deltaniveau, des te beter is locatiekeuze mogelijk voor klimaatadaptieve nieuwbouw (Nationaal Deltaprogramma, 2024).

2.5 Beoordeling adaptatieopties en randvoorwaarden

Tabel 2-1 toont een samenvatting van de categorieën adaptatieopties en de randvoorwaardelijke maatregelen haalbaarheid. Beoordeling van de adaptatieopties op hun effectiviteit, haalbaarheid en wenselijkheid heeft plaatsgevonden op basis van expertconsultatie gedurende de twee Make-atons en een tussentijdse expertsessie. Bij de beoordeling van de adaptatieopties merken we op dat haalbaarheid, effectiviteit en wenselijkheid door verschillende betrokken actoren betrokken bij klimaatadaptieve nieuwbouw anders kunnen worden beoordeeld. Zo kan klimaatadaptief ontwerpen en bouwen vanuit een macro-economisch oogpunt als economisch-financieel positief beoordeeld worden. Voor de individuele ontwikkelaar betreft het een directe additionele kostenpost.

Tabel 2-1: Haalbaarheid en aanlooptijd categorieën adaptatieopties en randvoorwaardelijke maatregelen

	Economisch/ Financieel	Technisch	Politiek- Bestuurlijk	Maatschap- pelijk	Ecologisch	Fysiek- Ruimtelijke	Aanlooptijd
Maatregelopties							
Haalbaarheid (+/0/-)							
Klimaatadaptief ontwerp en bouwwijze	+	+	+	+	+	+	K
Alternatieve ontwerpprincipes	-	-	-/0	0	0	+	M/L
Klimaatadaptieve inrichting gebied	+	+	+	+	+	+	K
Locatiekeuze	+	+	-	+	+	-	K/M
Opvangen en verkleinen van het restrisico	+	+	+	+	0	+	K
<i>Afscheid nemen</i>	+	+	-	-	+	-	K/M/L
Randvoorwaardelijke maatregelen:							
Heldere rollen en taakverdeling							
Vergroten inzicht in de opgave en de aanpak							
Doorontwikkelen en borgen normerende instrumenten (Maatlat, Afwegingskader)							
Verruimen financiële arrangementen							
Actief grondbeleid							
Systeemkeuzes op deltaniveau							

2.6 Adaptatiepadenkaart

Figuur 2-1 toont de adaptatiepadenkaart voor de opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw*. De randvoorwaardelijke maatregelen zijn voor het volgen van de paden noodzakelijk.

In de adaptatiepadenkaart onderscheiden we paden die passen bij de twee PBL-adaptatiescenario's: Intensiveren en Transformeren. In de huidige praktijk, en in het RO- en DPRA-beleid, gebruiken we nu al een mix van de zes categorieën adaptatiemaatregelen. Afhankelijk van de plek in Nederland ligt het zwaartepunt van de mix meer bij Intensiveren (in de meeste gevallen) of bij Transformeren.

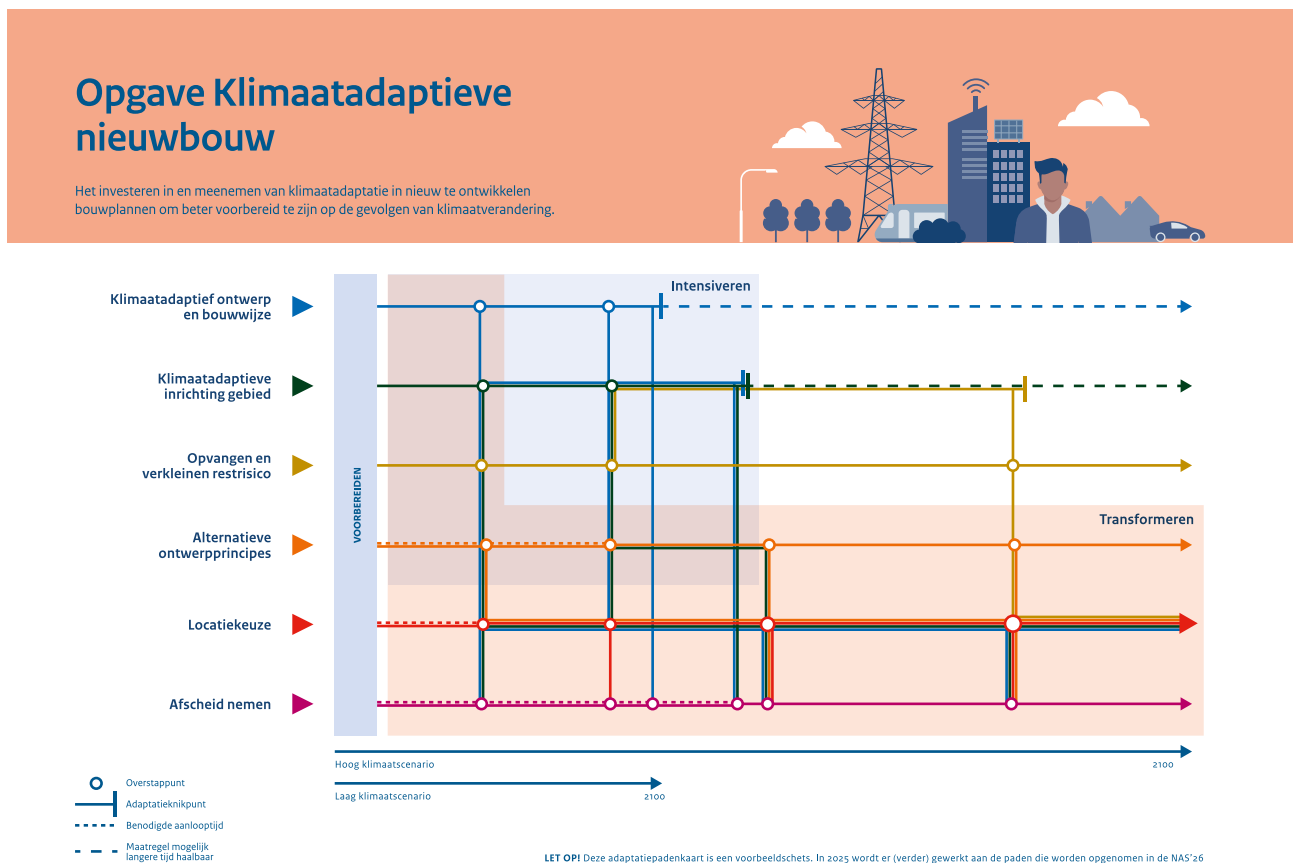
In het scenario Intensiveren ligt de focus op het doorontwikkelen en optimaliseren van het huidige landgebruik. Voor de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* betekent dit een focus op klimaatadaptief ontwerp en bouwwijze en een klimaatadaptieve inrichting van het gebied. Eventueel aangevuld met alternatieve ontwerpprincipes. De adaptatiepadenkaart laat zien dat – zolang klimaatverandering beperkt blijft – klimaatadaptieve nieuwbouw succesvol gerealiseerd kan worden.

Al naargelang klimaatverandering toeneemt zullen ingrepen/aanpassingen echter groter moeten worden. En zullen deze paden gecombineerd moeten worden met alternatieve ontwerpprincipes zoals drijvend of amfibisch bouwen. De kans bestaat dat woonlasten tot een onacceptabel niveau stijgen, bijvoorbeeld door toename van de waterschapsbelastingen, rioolheffingen, drinkwatertarieven, en verzekeringspremies (tot het punt waarop de dekkingsoptie wegvalt). Er zal om deze situatie te voorkomen kritisch gekeken moeten worden waar nog wel, niet en/of onder voorwaarden nieuwbouw gepleegd kan worden. De kenmerken van een locatie worden bij voortschrijdende klimaatverandering een onvermijdelijke bepalende factor voor het kunnen behalen van de klimaatadaptatiedoelstellingen, – ondanks de inzet van technische maatregelen.

Wanneer te laat overgestapt wordt op de maatregel locatiekeuze zal op enig moment (ongewenst) afscheid genomen moeten worden van die gebieden waar klimaatadaptieve nieuwbouw niet meer gerealiseerd kan worden.

In het scenario Transformeren ligt de focus op diepgaande en fundamentele verandering van het huidige landgebruik en waterbeheer. Dit betekent een focus op vroegtijdige locatiekeuze voor toekomstbestendige gebiedsontwikkeling en de reservering van bufferlocaties voor klimaatadaptatie. In dit pad kunnen alternatieve klimaatadaptieve ontwerpprincipes op twee manieren ruimte geven: Enerzijds biedt tijdelijk, verplaatsbaar en/of demontabel bouwen de mogelijkheid om nu te bouwen in gebieden die gelden als buffer- of risicogebied en na 2050 mogelijk vrijgemaakt moeten worden. Anderzijds biedt drijvend en amfibisch bouwen de mogelijkheid om te bouwen op het water of op die locaties waar in de toekomst hogere waterstanden verwacht worden. Ook in dit pad zal in sommige gevallen afscheid genomen moeten worden van gebieden als geschikt voor gebiedsontwikkeling.

In beide paden, Intensiveren en Transformeren, zullen niet alle risico's van klimaatverandering volledig kunnen worden afwend en moet dus ook worden ingezet op de maatregel Opvangen en verkleinen restrisico.



Figuur 2-1: Adaptatiepadenkaart klimaatadaptieve nieuwbouw.

2.7 Interacties met andere NAS'26-opgaven

Er bestaat een hoge mate van interactie tussen de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* en de opgave *Klimaatbestendig wonen voor iedereen*. Zij liggen in elkaars verlengde. Door een juiste invulling van de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* kan *Klimaatbestendig wonen voor iedereen* gerealiseerd worden. Waar we het voor de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* in één keer goed willen doen, is de aanpak van de bestaande gebouwde omgeving een gefaseerde waarbij we afhankelijk zijn van de urgentie van de opgave en logische interventiemomenten.

Er bestaat veel synergie tussen opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* en opgaven voor *wateroverlast*, *waterkwaliteit*, *zoetwatervoorziening*, en *hittebestendige stad*. Maatregelen op het niveau van gebouw (ontwerpkeuzes, bouwwijze), gebiedsinrichting en locatiekeuze werken voor deze opgaven in dezelfde richting en versterken elkaar in positieve zin. Voorbeelden hiervan zijn: hittebestendig ontwerpen, toepassen van groenblauwe daken, realiseren van waterberging op privaat terrein of in de openbare ruimte, toepassen van groenblauwe structuren bij gebiedsinrichting. Verregaande vergroening van de gebouwde omgeving is de meest kosteneffectieve manier om meerdere opgaven tegelijkertijd te bedienen. Door met opgevangen hemelwater te voorzien in de watervraag van groen, is tegelijkertijd een drinkwaterbesparing mogelijk. Door groen in te zetten voor verkoeling, zijn er minder airco's nodig en neemt de netcongestie-problematiek af in plaats van toe. Door goed na te denken over groen op private percelen en hier op te sturen, hoeft de ruimtevraag in de openbare ruimte niet af te nemen. Een mogelijke trade-off treedt op bij het toepassen van groen in de openbare ruimte (denk aan de parkeernorm) en de stedelijke watervraag (bij groentypen met een relatief hoog watergebruik).

Ondanks de hoge mate van synergie tussen de hierboven genoemde opgaven merken we op dat – gegeven beperkte budgetten, tijd, beschikbare capaciteit en ruimte – het nodig kan zijn te prioriteren. Inzetten op een strategische wijkaanpak/gebiedsontwikkeling met meervoudig ruimtegebruik waarin meerdere opgaven tegelijkertijd kunnen worden geadresseerd verdient hierbij de voorkeur.

Tussen de opgaven *Toekomstbestendige landbouw* en *Veerkrachtige natuur* en *Klimaatadaptieve nieuwbouw* is met name op het niveau van gebiedsinrichting en locatiekeuze synergie te bespeuren. Mogelijke transitie in de landbouw geven ruimte aan klimaatbestendige gebiedsontwikkeling conform Water en Bodem Sturend-principes. Tegelijkertijd versterkt het vergroenen van de gebouwde omgeving een veerkrachtige (stads) natuur. Technische en ruimtelijke maatregelen voor de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* kunnen in grote mate ook functioneel en effectief zijn voor de opgaven *Seveso-inrichtingen* en *Toekomstbestendige werklandschappen*. Voor sommige typen werklandschappen kan een functiemix van wonen en werken bovendien een bijdrage leveren aan een leefbare, toekomstbestendige inrichting van de gebouwde omgeving. Dit geldt echter niet voor alle typen werklandschappen. Met name bedrijvigheid waarbij geluids- en/of geuroverlast kan vrijkomen kan op gespannen voet staan met de ontwikkeling van woongebieden.

Tussen de opgaven *Gezondheid*, *Cultureel erfgoed*, en *Infrastructuur* en *Klimaatadaptieve nieuwbouw* zijn zowel synergiën als trade-offs te formuleren. Maatregelen die bijdragen aan *Klimaatadaptieve nieuwbouw* kunnen gezondheidsproblemen gerelateerd aan extreme hitte en luchtweginfecties door een vochtige woning (grondwateroverlast) verbeteren en gerelateerde mentale problemen (stress, angst) mogelijk verminderen. Een mogelijke trade-off die optreedt tussen de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* en *Gezondheid* zijn de mogelijke (pollen)allergieën, meer ongedierte en muggenoverlast, en een verhoogde kans op natuurbranden die gepaard gaan aan het (in hoge mate) vergroenen van de gebouwde omgeving. Middels juiste soortenkeuze kunnen veel van deze trade-offs ondervangen worden. *Cultureel erfgoed* kan voor de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* een inspiratiebron vormen als het gaat om locatiekeuze en het nemen van klimaatadaptieve maatregelen. De positionering van cultureel erfgoed kan in sommige gevallen een 'sta-in-de-weg' zijn met name bij de noodzaak tot (grootschalige) (her)inrichting van een gebied ten behoeve van gebiedsontwikkeling en eventuele sloop-nieuwbouw, en/of verdichting. Het is in die omstandigheden soms onontkoombaar om specifieke vormen van cultureel erfgoed te moeten opgeven. Bij klimaatadaptieve gebiedsontwikkeling dient rekening gehouden te worden met het veilig en duurzaam functioneren van kritieke *infrastructuur*. Denk hierbij aan het plaatsen van elektriciteitskastjes op veilige hoogte; of binnen een groenblauwe gebiedsinrichting rekening houden met bereikbaarheid voor hulpdiensten. Door klimaatverandering zullen er ook langere droge periodes zijn, waardoor *vaarwegen* niet bevaarbaar zijn en er geen toevoer is van bouwgrondstoffen en er bovendien schade kan ontstaan aan drijvende en/of amfibische woningen.

Buiten het NAS'26-kader is er een link te maken met de energie- en warmtetransitie. Er moet meer aandacht komen voor duurzame koude, zodat er synergie kan ontstaan tussen het realiseren van doelstellingen voor de energietransitie enerzijds en klimaatadaptieve nieuwbouw gericht op de opgaven hitte en droogte anderzijds.

2.8 Discussie en conclusie

De effecten van het veranderende klimaat worden in Nederland in toenemende mate gevoeld. Perioden van droogte, extreme hitte, en wateroverlast wisselen elkaar in hoog tempo af en tasten de toekomstbestendigheid en leefbaarheid van de gebouwde omgeving aan. Zeespiegelstijging en een toegenomen overstromingsrisico vanaf de rivieren tasten op langere termijn de waterveiligheid aan en dwingen ons als maatschappij tot het maken van fundamentele keuzes ten aanzien van de toekomstige ruimtelijke inrichting van de Nederlandse delta. Om in de toekomst klimaatbestendig te zijn telt elke schop in de grond – ook nu al. Vandaag realiseren we de klimaatbestendige steden en dorpen van de toekomst. De opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw* richt zich op het investeren in en meenemen van klimaatadaptatie in nieuw te ontwikkelen bouwplannen om beter voorbereid te zijn op de gevolgen van klimaatverandering, om negatieve gevolgen van klimaatverandering op onze gezondheid te beperken, om de overlast en schade aan gebouwen en omgeving te minimaliseren en om toe te werken naar een prettigere, groene en gezondere leefomgeving met voldoende beschikbaarheid van drinkwater – nu en in de toekomst. Het gaat hierbij om zowel woningbouw als utiliteit, grootschalige gebiedsontwikkeling, inbreiding en een straatje erbij. Bij nieuwbouw willen we dit graag in één keer goed doen. De klimaatopgave kan hierbij in steden en dorpen een juist aanleiding zijn voor een vergroening, meer ruimte voor water en een gezondere inrichting. Deze inrichting heeft vele baten en werkt ook in economische zin door in woningwaarde en lagere zorgkosten.

Voor de opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw* zijn in dit traject met behulp van twee Make-atons, één expertsessie en enkele tussentijdse consultatierondes 6 categorieën adaptatieopties geïdentificeerd, waarbinnen specifieke maatregelen kunnen bestaan: 1) Klimaatadaptief ontwerp en bouwwijze; 2) Alternatieve ontwerpprincipes; 3) Klimaatadaptieve inrichting gebied; 4) Locatiekeuze; 5) Verkleinen restrisico; en 6) Afscheid nemen. Om klimaatadaptieve nieuwbouw succesvol te realiseren zijn er aanvullend voorbereidende acties nodig die voorzien in 6 randvoorwaardelijke maatregelen: 1) Heldere rollen en taakverdeling, 2) Vergroten inzicht in de opgave en de aanpak; 3) Doorontwikkelen en borgen normerende instrumenten zoals de Maatlat en het Ruimtelijk Afwegingskader; 4) Het verruimen financiële arrangementen; 5) Actief grondbeleid; en 6) Systeemkeuzes op deltaniveau.

In de adaptatiepadenkaart onderscheiden we paden die passen bij de twee PBL adaptatiescenario's: intensiveren en transformeren. In de huidige praktijk, en in het RO en DPRA beleid, wordt nu al een mix van de zes categorieën adaptatiemaatregelen gebruikt. In optimale volgordelijkheid: eerst locatiekeuze en gebiedsinrichting (rekening houdend met het natuurlijke systeem); daaropvolgend bouwwijze en alternatieve ontwerpprincipes (technische maatregelen); en tot besluit verkleinen restrisico en afscheid nemen (reactief handelen). Afhankelijk van de plek in Nederland ligt het zwaartepunt van de mix meer bij intensiveren (in meeste gevallen) of bij transformeren. Zolang klimaatverandering beperkt blijft kan klimaatadaptieve nieuwbouw succesvol gerealiseerd worden met behulp van klimaatadaptieve keuzes in het ontwerp, de bouwwijze en de inrichting van het gebied. Al naargelang klimaatverandering toeneemt zullen ingrepen/aanpassingen echter groter moeten worden om succesvol te zijn. Door vroegtijdig in te zetten op locatiekeuze, met meeweging van de verschillende klimaatrisico's en bijbehorende onzekerheden richting de verdere toekomst, en deze locatiekeuze leidend te laten zijn bij het aanwijzen van gebieden voor gebiedsontwikkeling, de wijze van klimaatadaptieve inrichting van het gebied en bijbehorende vereisten ten aanzien van klimaatadaptief ontwerp en bouwwijze van nieuwbouw kan echter op doelmatigere wijze worden toegewerkt naar een gebouwde omgeving die ook op een toekomst met verre gaande klimaatverandering is voorbereid.

Er bestaat een hoge mate van interactie tussen de opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw* en de opgave *klimaatbestendig wonen voor iedereen*. Zij liggen in elkaars verlengde. Door een juiste invulling van de opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw* kan *klimaatbestendig wonen voor iedereen* gerealiseerd worden. Waar we het voor de opgave *klimaatadaptieve nieuwbouw* in één keer goed willen doen, is de aanpak van de bestaande gebouwde omgeving een gefaseerde waarbij we afhankelijk zijn van de urgentie van de opgave en logische interventiemomenten. Ook met andere NAS'26 opgaven – en daarbuiten - zijn voornamelijk synergiën geconstateerd, zoals bij wateroverlast, hittebestendige stad, gezondheid en de energietransitie als het gaat om een klimaatadaptieve gebiedsinrichting en bouwwijze, of met natuur en landbouw als het gaat om

klimaatadaptieve locatiekeuze. Ondanks de hoge mate van synergie moet benoemd worden dat – gegeven beperkte budgetten, tijd, beschikbare capaciteit en ruimte – ook tussen de aanpak van deze opgaven het nodig kan zijn om prioriteiten te stellen.

Er bestaat een grote regionale diversiteit in de manier waarop de verschillende klimaatopgaven zich uiten – nu en in de verwachte toekomstige ontwikkeling. Ook bestaat tussen de verschillende klimaatopgaven een groot onderscheid wat betreft aard en urgentie van het probleem, de typen betrokkenen en het handelingsperspectief van betrokkenen. De grote variëteit aan stakeholders die elk op eigen wijze betrokken zijn bij de opgave *Klimaatadaptieve nieuwbouw* maakt een overkoepelende beoordeling van de haalbaarheid van de verschillende categorieën klimaatadaptatiemaatregelen complex. Een uitwerking van de adaptatiepadenkaart naar regio, klimaataspect en/of betrokken actor, met bijbehorende onderbouwing, zou een gedetailleerder, minder generalistisch en nauwkeuriger beeld opleveren van de aard en omvang van de betreffende opgave, mogelijk passende maatregelen en kansrijke adaptatiepaden.

De experts die we raadpleegden tijdens dit traject en die hun bijdrage leverden aan de totstandkoming van dit stuk, hebben hun kennis en inzichten op persoonlijke titel gedeeld. Zij hebben daarmee bijgedragen aan het vergroten van het draagvlak voor deze notitie. Een formele consultatie van de verschillende sectoren over de voorgestelde maatregelen, randvoorwaarden en mogelijk te belopen adaptatiepaden was geen onderdeel van dit traject en moet nog plaatsvinden in een later stadium van de NAS'26-ontwikkeling.

3 Gezondheid

Geschreven door Floor Speet (Arcadis)

3.1 Inleiding

De Wereldgezondheidsorganisatie (2016) beschouwt de klimaatcrisis als gezondheids crisis en één van de grootste uitdagingen voor de mensheid. Door klimaatverandering zijn er vaker zomerse dagen, tropische dagen en extreem warme dagen (respectievelijk met maximumtemperaturen vanaf 25, 30 en 35 graden) (KNMI, 2023). De effecten hiervan op gezondheid treden nu al op, en de risico's nemen nog verder toe. In dit hoofdstuk over de opgave Gezondheid gaan we nader in op de thema's infectieziekten, kanker door UV-straling, pollenallergie en mentale gezondheidsproblemen. Ook hitte en slechte luchtkwaliteit zijn een belangrijke opgave binnen gezondheid. Hitte wordt in een aparte opgave: 'Hittebestendige stad' besproken. Luchtkwaliteit wordt niet direct door klimaatverandering beïnvloed, en is daarom niet als apart thema in de NAS'26 opgenomen.

De toename van infectieziekten, huidkanker, allergieën en mentale gezondheidsproblemen leidt tot grote gezondheidsschade bij mensen, met als gevolg economische schade door zorgkosten en arbeidsverlies. De jaarlijkse impact op de mens verschilt per thema, maar is fors. Uit analyse van het PBL blijkt dat deze voor UV-straling en allergieën in de impactklasse 'groter' valt (>100.000 getroffen mensen en/of > 100 doden), voor infectieziekten in de klasse 'midden' (10.000-100.000 getroffen mensen en/of 10-100 doden) tot de klasse 'kleiner' (<10.000 getroffen mensen), afhankelijk van het type infectie. De impact op mentale gezondheid wordt als 'hoog' geïmpacteerd (>100.000 getroffen mensen). De impact op de economie is geïmpacteerd als 'midden' (€ 100 miljoen – 1 miljard euro) voor zowel UV-straling, allergieën als mentale gezondheid. Voor infectieziekten is dit minder dan € 100 miljoen per jaar per type infectieziekte. (RIVM, 2024). De diversiteit aan effecten kan leiden tot onderlinge versterking van de impact door een cascade-effect.

Gezondheidsrisico's raken iedereen. Maar binnen Nederland is de gevoeligheid voor en blootstelling aan gezondheidsrisico's door klimaatverandering niet voor iedereen even groot. Onder andere ouderen, baby's en kinderen, chronisch zieken, mensen met een lage sociaaleconomische status, en buitenwerkers zijn kwetsbare groepen. Mensen die binnen meerdere kwetsbare groepen vallen, lopen een nog hoger gezondheidsrisico.

Klimaatadaptatiemaatregelen voor andere opgaven, zoals aanleg van waterberging en vergroening, kunnen ook van grote invloed zijn op gezondheid, zowel positief als negatief. Aanpassingen aan de fysieke leefomgeving bieden kansen om gezondheidsrisico's te verminderen. Gezondheid is daardoor sterk verbonden met adaptatiemaatregelen voor andere opgaven.

De urgentie geeft aan hoe belangrijk het is om prioriteit te geven aan gezondheid in tijden van klimaatverandering. Dit is van belang voor de impact op de samenleving, de economie en individueel. Wie wil nu niet gezond oud worden, of zorgen voor een goede gezondheid van kinderen?

Betrokken experts en proces adaptatiepaden

De adaptatiepaden kwamen tot stand op basis van interviews met experts, een expertsessie over de opgave gezondheid, de doelensessie van de NAS, de overkoepelende NAS-sessie met meerdere opgaven samen, literatuurstudie en individuele feedback van experts. Er is weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering op de thema's binnen de opgave gezondheid. Veel conclusies in deze rapportage zijn daarom gebaseerd op expert-inschattingen.

3.2 Risico's en adaptatieopties

Klimaatverandering heeft nu al effecten op de volksgezondheid en zonder maatregelen nemen deze in de toekomst verder toe, vooral bij kwetsbare groepen. En klimaatverandering brengt nieuwe gezondheidsrisico's en weersextremen.

Dit hoofdstuk laat de afbakening en de risico's zien van de gezondheidsthema's pollenallergie, infectieziekten, UV-straling en mentale gezondheid. Vervolgens lichten we mogelijke adaptatiemaatregelen toe, die in het volgende hoofdstuk in de adaptatiepaden terugkomen.

3.2.1 Pollenallergie

Door klimaatverandering zullen hooikoortsklachten toenemen, en er zullen waarschijnlijk meer mensen hooikoortspatiënt worden (RIVM, 2024). Ook de overlast van andere allergenen kan toenemen door klimaatverandering, zoals de populatie van huisstofmijt binnenshuis, wespen en eikenprocessierups. Voor de adaptatiepaden ligt de focus op pollenallergie omdat hier de grootste risico's te verwachten zijn.

Een langer pollenseizoen (door meer warme dagen) en een hogere concentratie van pollen (onder invloed van ander weer en hogere productie van pollen door planten) kunnen leiden tot meer klachten. Ook kunnen nieuwe soorten leiden tot nieuwe allergieën. Het Nederlandse klimaat wordt gunstiger voor de vestiging van niet-inheemse plantsoorten die allergene pollen produceren, zoals ambrosia of de olijfbom. Daarnaast kan een slechte luchtkwaliteit leiden tot hogere gevoeligheid voor pollen (RIVM, 2024). De toename van warme dagen kan zorgen dat mensen meer buiten zijn, en daarmee de blootstelling aan allergenen verhogen. De aanleg van meer groen, bijvoorbeeld als klimaatadaptatiemaatregel voor hitte, zorgt potentieel ook voor meer blootstelling aan allergenen.

Thunderstorm-astma is al opgetreden in onder andere Verenigd Koninkrijk en Italië. Onbekend is of dit ook in Nederland zal optreden. Dit acute ziektebeeld treedt op bij hevig onweer in combinatie met hoge concentraties pollen, en zorgt voor hevige allergieklachten en daarmee hoge belasting van de zorg.

Het vóórkomen van allergische aandoeningen, zoals hooikoorts en astma, is sinds het eind van de vorige eeuw wereldwijd toegenomen (Weger & Hiemstra, 2009). Deels wordt dit veroorzaakt door klimaatverandering; het voorkomen, de ernst en duur van de symptomen neemt daardoor toe. Onderzoek uit 2008 geeft aan dat 15 tot 20% van de Nederlandse bevolking toen last had van allergie voor pollen.

Tot op heden is er beperkt overheidsbeleid gericht op pollenconcentraties. In 2022 verzocht een groot aantal pollenallergie-/hooikoorts-betrokken organisaties aan het Ministerie van VWS om de voorlichting aan patiënten te verbeteren en om te investeren in een pollenmeetnetwerk. Recent (begin 2025) zijn de ziekenhuizen in Leiden en Helmond overgegaan van handmatig de pollen tellen naar automatische metingen. 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.

3.2.2 Infectieziekten

Klimaatverandering kan leiden tot een toename van infectieziekten bij mensen, onder andere van vector-overdraagbare ziekten en zoönosen. Vector-overdraagbare ziektes zijn ziektes die door geleedpotigen (voornamelijk teken en insecten) aan mensen en gewervelde dieren kunnen worden overgedragen. Zoönosen zijn infecties die tussen gewervelde dieren en mensen onderling overgedragen kunnen worden. Sommige ziektes vallen onder beide categorieën. Lyme wordt bijvoorbeeld door een vector (een teek) overgedragen tussen gewervelde dieren en mensen.

Een veranderend klimaat kan leiden tot meer risico op infectieziekten door een verandering in één of meerdere oorzaken die tot infectieziekten leiden. Denk aan de aanwezigheid, populatie, activiteit en seizoensritmiek van de ziekteverwekkers en overdragende dieren. Ziekteverwekkers zijn gevoelig voor het klimaat, onder andere door een hogere temperatuur en vochtigheid. De blootstelling aan infectieziekten kan

ook toenemen door klimaatverandering, bijvoorbeeld door meer warme dagen. Klimaatadaptatiemaatregelen kunnen de infectieziektenrisico's negatief beïnvloeden. Een andere inrichting van de leefomgeving kan leiden tot een toename in leefgebied en meer kans op overdraging van ziekteverwekkers.

Het klimaat in Nederland is al geschikt voor vestiging van de Aziatische tijgermug, die Dengue-, Zika- en Chikungunyavirus kan overbrengen (Hall et al., 2021). Door hogere zomertemperaturen wordt het risico op overdracht van infectieziekten via muggen steeds groter (RIVM, 2024). Onderzoek toonde aan dat het tekenseizoen eerder start, maar dat de tekenpopulatie niet toeneemt (Hartemink et al., 2019). Hogere temperaturen kunnen leiden tot meer virusoverdracht (Daniel et al., 2018).

Behalve vector-overdraagbare ziektes zijn er water- en voedsel overdraagbare ziektes. Hogere temperaturen, en daarmee opwarming van (zee-)water en meer behoefte aan waterrecreatie, leiden tot meer risico's voor water-overdraagbare infectieziekten. Hogere temperaturen leiden tevens tot meer risico's voor voedsel overdraagbare infectieziekten bij voedsel dat in water gekweekt wordt, zoals schelpdieren. Ook kan extreme neerslag zorgen voor infectierisico's door menging van rioolwater en oppervlaktewater (of water op straat). (RIVM, 2024). Verder kan een ramp, zoals een overstroming, leiden tot verhoogde risico's op infectieziekten (RIVM, 2024). Schimmels kunnen voor gezondheidsrisico's zorgen, bijvoorbeeld na een overstroming. Door een toename in temperatuur wordt een gunstige omgeving voor schimmelvorming veroorzaakt.

Klimaatverandering kan leiden tot een hoger risico op voedselinfecties zoals salmonella. Dit risico wordt niet nader besproken in de NAS'26. In het NUPKA is aangegeven dat hier in het reguliere voedselveiligheidsbeleid voldoende aandacht voor is.

3.2.3 UV-straling

Ultraviolette (UV)-straling is niet-zichtbare straling van de zon. UV-straling zorgt voor huidverbranding en versnelde huidveroudering, en is een belangrijke oorzaak van huidkanker op lange termijn (Van der Ree et al., 2022). Ook draagt UV-straling bij aan staarvorming in het oog (Van Dijk et al., 2019). Daarnaast heeft UV-straling een positief effect door de productie van vitamine D als gevolg van UV-straling op de huid.

Klimaatverandering zorgt voor hogere temperaturen en meer warme dagen, vooral in het voorjaar. Ook is de verwachting dat de hoeveelheid bewolking afneemt. Dit leidt tot een toename van UV-straling en waarschijnlijk een verhoogde blootstelling aan deze straling, doordat mensen meer dagen en meer uren per dag buiten zijn, met luchtigere, minder huidbedekkende beschermende kleding (KNMI, 2024).

De risico's zijn het grootst tijdens de blootstelling aan de zon in het voorjaar en de zomer, met een piek van potentieel beschikbare UV-straling rond 21 juni.

Deze veranderingen in hoeveelheid UV-straling en in gedrag verhogen het risico op huidkanker. Afgelopen decennia is het aantal huidkankergevallen in Nederland sterk gestegen. De Volksgezondheid Toekomst Verkenning 2024 geeft aan dat huidkanker de snelst stijgende aandoening in Nederland is. Huidkanker is de meest voorkomende kanker in Nederland. Deels is de stijging toe te wijzen aan vergrijzing en aantasting van de ozonlaag, maar een groot deel van de toename is niet duidelijk te verklaren. De oorzaak kan klimaatverandering zijn, maar ook gedrag of een aangepaste diagnostiek (Van der Ree et al., 2022). Volgens 'Kanker in Nederland trends & prognoses tot en met 2032' van IKNL neemt het aantal huidkankerdiagnoses met ruim 40% toe in de komende tien jaar. Een toename in het aantal huidkankergevallen leidt tot hogere zorgkosten en druk op de capaciteit in de zorg (zowel direct toegankelijke 1^e-lijnszorg, zoals de huisarts, als 2^e-lijns zorg, waar een verwijzing voor nodig is, zoals huidartsen).

De risico's van UV-straling zijn groter voor enkele kwetsbare groepen. Mensen met een lichte huid of huidbeschadigingen zijn gevoeliger voor verbranding door de zon. Ook gebruikers van medicijnen, drugs en alcohol zijn lichtgevoeliger. Daarnaast zijn ook mensen kwetsbaar die veel buiten recreëren: jonge kinderen, buitenwerkers en buitensporters. De landbouwsector zit in de top 3 van grootste risicogroepen voor huidkanker door werkgerelateerde blootstelling aan UV.

3.2.4 Mentale gezondheid

Mentale gezondheid is 'een toestand van welzijn waarin het individu zijn of haar eigen capaciteiten realiseert, de normale spanningen van het leven aankan, productief en vruchtbaar kan werken en in staat is om een bijdrage te leveren aan zijn of haar gemeenschap' (WHO, 2022). Klimaatverandering kan diverse directe en indirecte effecten op mentale gezondheid hebben, maar er is nog maar weinig onderzoek naar gedaan, zeker in Nederlandse context.

Negatieve effecten op mentale gezondheid kunnen worden veroorzaakt door acute gebeurtenissen (zoals overstromingen of bosbranden), lange termijn veranderingen (zoals droogte of hitte) en de algehele dreiging van klimaatverandering (Palinkas & Wong, 2020). Dit kan leiden tot mentale gezondheidsproblemen zoals klimaatstress of -angst, trauma's en gevoelens van verlies en rouw. Daarnaast laten recente internationale studies zien dat blootstelling aan extreme hitte of langdurige stress de cognitieve functies van de hersenen negatief kan beïnvloeden, zoals geheugen, concentratievermogen en besluitvorming (Sisodiya et al., 2024; Walinski et al., 2023). Verstoringen in de slaap als gevolg van hitte, luchtvervuiling en stressfactoren zijn eveneens gerelateerd aan verminderde hersenfunctie en vormen een verhoogd risico op neurodegeneratieve aandoeningen zoals dementie.

Uit onderzoek van TNO blijkt dat 65% van de Nederlanders zich zorgen maakt om het klimaat (TNO, 2022). IPSOS geeft aan dat dit voor jongeren zelfs 70% is, en dat 20% van de jongeren regelmatig tot vaak stress ervaart als ze aan de klimaatcrisis denken (IPSOS, 2023). Gezien de nauwe relatie tussen chronische stress en hersengezondheid, is dit een belangrijk aandachtspunt voor preventie en beleid.

De verwachting is dat de behoefte aan geestelijke gezondheidszorg zal toenemen als gevolg van klimaatverandering (Lawrance et al., 2021). Een verslechtering van de mentale gezondheid is op zich al ongewenst, maar een langdurig effect hierop leidt ook tot een achteruitgang van fysieke gezondheid. Fysieke gezondheid en mentale gezondheid zijn sterk gerelateerd. Bovendien wordt uit onderzoek steeds duidelijker dat mentale en cognitieve effecten elkaar wederzijds beïnvloeden; schade aan hersenfuncties zoals geheugen, besluitvorming en concentratie kan de algehele weerbaarheid en herstelcapaciteit ondermijnen (Sisodiya et al., 2024; Walinski et al., 2023). Secundaire effecten kunnen verlies van inkomen zijn en meer benodigde zorgcapaciteit.

Personen in slechte gezondheid (zowel fysiek als mentaal), lage sociale status en bewoners van locaties die kwetsbaar zijn voor extreem weer, zijn extra kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering op mentale gezondheid (WHO, 2022). Dit geldt voor de gevolgen van acute en lang termijn gebeurtenissen, maar ook voor klimaatstress. Daarnaast zijn jonge mensen, mensen met beperkte toegang tot zorg of een beperkt sociaal vangnet, en mensen met neurologische aandoeningen extra kwetsbaar voor neuropsychologische gevolgen van klimaatverandering (Charlson et al., 2021; Sisodiya et al., 2024). De gevoeligheid voor deze stress hangt ook af van de attitude richting klimaatverandering. Waarschijnlijk zijn mensen die klimaatverandering als een minder groot probleem zien, minder gevoelig voor de gezondheidseffecten (Gregersen et al., 2020).

3.3 Categorieën adaptatieopties

We hebben negen categorieën adaptatieopties gekozen. Drie hiervan zijn specifiek gericht op mentale gezondheid. Hieronder worden de adaptatieopties op hoofdlijnen toegelicht, met daarbij enkele voorbeelden. Dit is geen volledig overzicht van maatregelen, maar schetst de mogelijkheden. De maatregelen zetten in op het verkleinen van gezondheidsrisico's en preventie van ziekten, om de benodigde gezondheidszorg zo klein mogelijk te houden.

1 Voor alle thema's binnen de opgave gezondheid is **gedragsveranderingsinterventie** een belangrijke categorie adaptatieopties. Het Behaviour Change Wheel geeft hiervoor verschillende interventiemogelijkheden zoals educatie, overtuigen, training en aanbieden van mogelijkheden in de

omgeving. Gezondheidsrisico's kunnen afnemen door gedragsaanpassingen van de samenleving. Enkele voorbeelden:

- Voorlichting en educatie over risico's: het verhogen van de bewustwording onder de bevolking over de gezondheidsrisico's van pollenallergieën, UV-straling en infectieziekten. Het Huidfonds stimuleert bijvoorbeeld het weren van UV en smeren van zonnebrand. Ook kunnen mensen zelf zorgen voor een beperkte leefomgeving van muggen door stilstaand water in potten te voorkomen.
- Aanmoedigen gezond gedrag in gebruik van beschermende middelen: het promoten van het juiste gebruik van beschermende middelen zoals zonnebrandcrème, beschermende kleding en allergiemedicatie. Zonnebrandcrème wordt al gratis aangeboden op sommige events of locaties. Ook kunnen gerichte reclamecampagnes hieraan bijdragen.
- Training van zorgpersoneel: om de juiste adviezen te geven en bijvoorbeeld adequaat om te gaan met klimaatstress.
- Op langere termijn zou ook het dagritme aangepast kunnen worden aan de zonsterkte: minder buitenactiviteiten midden op de dag, zoals ook in landen dichterbij de evenaar al vaak gebeurt.

Gedragsinterventie kan direct gestart worden en blijft ook een zinvolle maatregel bij veel klimaatverandering. De effectiviteit is echter lager bij meer klimaatverandering, omdat het bewerkstelligen van grote veranderingen lastig haalbaar is. Gedragsverandering vereist herhaling en langdurige inspanning. Continuïteit in campagnes en in gedragsinterventies zorgen voor blijvende impact.

2 Monitoring, reactie en evaluatie is een categorie adaptatiemaatregelen die de gedragsinterventie verder versterkt. Ze omvat het bieden van informatie aan alle inwoners en zorginstellingen, en vervolgens het uitvoeren van reacties op deze informatie. Enkele voorbeelden:

- Tijdens en na klimaatgerelateerde rampen en crises zorgen voor monitoring van de impact op de (mentale) gezondheid en het welzijn van mensen, met daarbij de inventarisatie van zorg- en ondersteuningsbehoefte. Dit is noodzakelijk om vervolgens adequate ondersteuning te kunnen bieden en de langetermijengevolgen te beperken.
- Uitbreiding van het pollenmeetnetwerk en pollenverwachtingssysteem. Op lange termijn is landelijke dekking (uitbreiding naar tien meetstations) wenselijk.
- Het monitoren van vectoren en het monitoren van infectieziekten die mensen oplopen in de leefomgeving (zowel voor vector- als wateroverdraagbare ziektes). Zodat vroegtijdig maatregelen genomen kunnen worden om verdere verspreiding te voorkomen.
- Het monitoren van klimaatstress, zodat de zorg hier op een goede manier mee om kan gaan. Bijvoorbeeld door het gesprek over (mentale) gezondheid te stimuleren, zullen mensen eerder hulp opzoeken in hun omgeving of bij de zorg.
- Monitoring van de effecten van gedragsinterventies, om daarmee de doelmatigheid van de gedragsinterventies te vergroten.

3 Het versterken van de **zorgcapaciteit en medische preventie** is de volgende categorie adaptatiemaatregelen. Deze categorie is vaak een 'eindcategorie'. Als voorkomen niet mogelijk is, moet de zorg het opvangen. Maar ze bevat ook preventieve maatregelen ter voorbereiding op een crisis of om risico's te verminderen:

- Uitbreiden van de zorgcapaciteit, onder andere op het gebied van huidkankerbehandeling en -diagnostiek, en in de geestelijke gezondheidszorg.
- Mogelijkheden voor opschalen in het geval van een crisis, pandemische paraatheid. Het is van belang om in de preparatiefase de psychosociale ondersteuning en zorg goed in te bedden in alle crisisplannen om mentale gezondheidsproblemen te voorkomen of snel op te kunnen vangen.
- Vaccinatieprogramma's: het opzetten van vaccinatieprogramma's om de bevolking te beschermen tegen infectieziekten.
- Verbeteren van de gezondheidszorginfrastructuur, om beter voorbereid te zijn op de gevolgen van pollenallergieën, UV-straling en infectieziekten.

4 Innovatieve eliminatie van de bron en het effect op de mens is een groep maatregelen die langere aanlooptijd vereist. Onderzoek is nodig voordat uitvoering mogelijk is. Deze categorie kent een hoge mate van onzekerheid, omdat vaak nog niet bekend is wat er mogelijk is. Voorbeelden hiervan zijn:

- Immunotherapie voor pollenallergie
- Nader onderzoek naar factoren in ontstaan van huidkanker
- De ontwikkeling van hypoallergeen groen, en meer bekendheid over de impact daarvan op bijvoorbeeld natuurwaarde.
- Verder ontwikkelen van biociden en eliminatie van ziekteverwekkers van infectieziekten, zoals vaccins bij dieren.

5 en 6 De laatste twee categorieën maatregelen voor pollenallergie, UV-straling en infectieziekten zijn het **aanpassen van de buiten- en binnenruimte**. Deze categorieën hebben een sterke relatie met andere opgaven. Zo is het belangrijk om bij het inrichten van nieuwbouwwoningen en -wijken de gezondheidsbelangen mee te nemen. In het algemeen moet er aandacht zijn voor gezondheid bij de inrichting van water, groen en ontwerp en inrichting van gebouwen. Het project Blauw en Groen, Goed Doen! beschrijft hier maatregelen voor, onder andere in de factsheets Klimaatadaptatie. Ook staan er maatregelen in de modules LIFE IP Klimaatadaptatie en Gezondheid van de AWGL. Enkele maatregelen:

- Vastleggen van eisen aan groen en water in het beleid voor het inrichten van de fysieke leefomgeving. Aandachtspunten zijn stilstaand water in relatie tot infectieziekten, en groenaanplanting in relatie tot allergieën. Verschillende onderzoeken tonen aan dat de nabijheid van groen bij grotere wateroppervlaktes kan helpen om de pollenconcentraties in de lucht te verlagen doordat pollen neerslaan in water (Carinanos et al, 2014;2016;2017) Hiernaar is echter meer onderzoek nodig alvorens dit als maatregel te kunnen toepassen.
- Aanpassen van het maaibeeld. Door niet te maaien tijdens de bloei verspreiden de pollen minder.
- Binnenshuis kunnen maatregelen zoals horren zorgen voor verminderde allergieklachten. Er is echter nog weinig bekend over de effectiviteit van deze maatregel. Verder kan een slechte luchtkwaliteit binnenshuis allergische klachten vergroten. Aanpassingen aan de woning die de luchtkwaliteit binnenshuis bevorderen kunnen helpen.

Bovengenoemde categorieën gelden voor een deel voor mentale gezondheid. De risico's voor mentale gezondheid vragen echter ook om andersoortige maatregelen:

7 Zorgen voor vertrouwen in klimaatbeleid. Vertrouwen zorgt voor een afname van stress en mentale problemen. Een duidelijke visie van de overheid op klimaatbeleid is onmisbaar. Luisteren naar de jongere generatie is nodig, omdat zij een risicogroep zijn voor mentale gezondheidsproblemen. Het nemen van zichtbare maatregelen tegen klimaatverandering versterkt het vertrouwen.

8 Het vergroten van de algemene weerbaarheid en veerkracht. vooral voor kwetsbare groepen. Het creëren van gemeenschapsgevoel draagt bij aan weerbaarheid Dit kan bijvoorbeeld bereikt worden door het online delen van ervaringsverhalen over klimaatangst (zoals de Canadese website Ecoanxious), of door het organiseren van klimaatbijeenkomst in de buurt, gericht op klimaatgerelateerde stress. Ook niet-klimaatgerelateerde buurtactiviteiten leiden tot een weerbaardere samenleving. Crises zullen dan minder nadelige effecten hebben op de mentale gezondheid.

9 Benutten meekoppelkansen andere adaptatiemaatregelen. Door adaptatiemaatregelen van andere opgaven op passende manier uit te voeren, kunnen deze ook een positief effect hebben op mentale gezondheid. Dit gaat zowel om de zichtbaarheid van klimaatmaatregelen, zoals het meetbaar maken van verminderde CO₂-uitstoot, als om directe effecten op stress, zoals vergroening in de buurt van woonomgevingen.

3.3.1 Beoordeling categorieën adaptatieopties

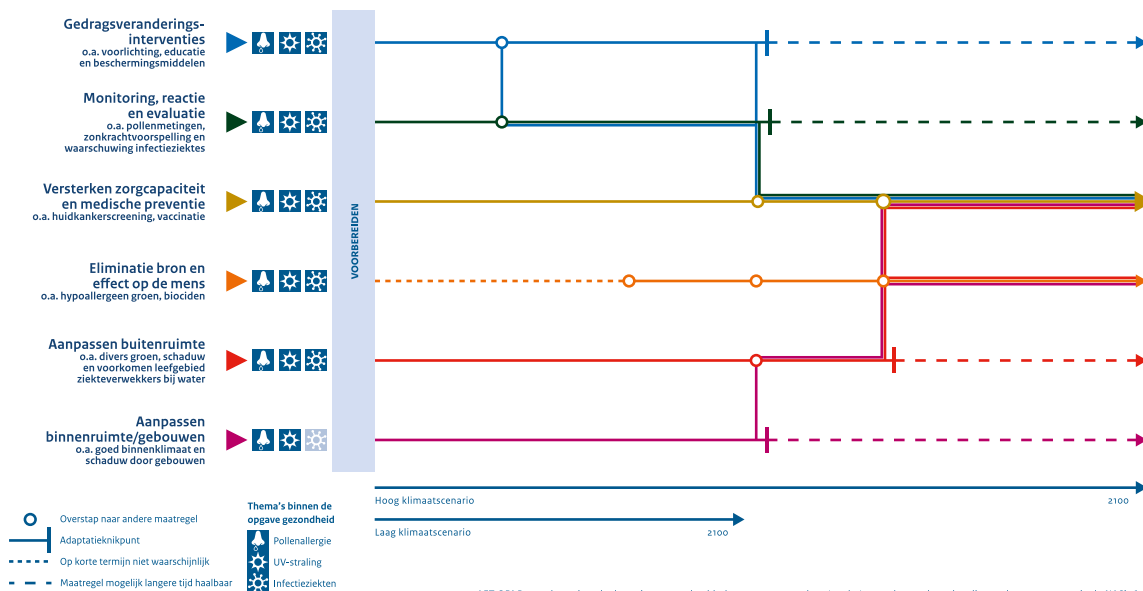
Tabel 3-1: Effectiviteit en haalbaarheid adaptatieopties

Categorie adaptatieopties	Adaptatiemaatregelen (enkele voorbeelden)	Effectiviteit in reduceren van het klimaatrisico	Haalbaarheid
Gedragsveranderings-interventie	Voorlichting, educatie (ook aan zorgpersoneel), aanpassing dagritme op uv-straling, uitdelen hulpmiddelen (zonnebrand/brillen/mondkapjes)	Laag/midden	Midden/Hoog
Monitoring, reactie en evaluatie	Waterkwaliteitsmetingen, monitoring infectieziekten, voorspellingen zonkracht, monitoring thunderstorm-astma, pollenmeetnetwerk, monitoring impact van klimaatgerelateerde rampen en crises op de mentale gezondheid en het welzijn van getroffen	Laag/midden	Midden/Hoog
Versterken zorgcapaciteit en medische preventie	Vaccinatie infectieziekten, diagnostiek huidkanker, GGZ versterken, nazorg na rampen. Synergie tussen 2 ^e -lijnszorg en ARBO-artsen bij medische preventie en (vroeg)diagnostiek.	Hoog	Hoog
Eliminatie bron en effect op de mens (innovatief)	Biociden, eliminatie ziekteverwekkers, onderzoek oorzaak/gevolg huidkanker, hypo-allergeen groen ontwikkelen, immunotherapie allergieën.	Hoog	Onzeker
Aanpassen buitenruimte	Aandacht voor infectieziekten in inrichting openbare ruimte, diverse groenaanplanting, schaduwplekken	Midden/hoog	Midden
Aanpassen binnenruimte	Aandacht luchtkwaliteit Schaduw door gebouwen	Laag	Midden
Zorgen voor vertrouwen in klimaatbeleid	Daadkrachtige overheid met duidelijk klimaatbeleid, inclusief communicatie	Midden	Midden
Weerbaarheid en veerkracht vergroten	Individueel en collectief. Versterken gemeenschap en buurt	Hoog	Laag
Meekoppelkansen andere adaptatiemaatregelen	Zichtbare klimaatmaatregelen nemen, toegankelijk groen	Laag	Hoog

3.4 Adaptatiepaden

We hebben twee adaptatiepadenkaarten voor de gezondheidsthema's opgesteld. De eerste adaptatiepadenkaart biedt een overzicht van verschillende strategieën en maatregelen om de impact van pollenallergieën, UV-straling en infectieziekten te verminderen. De tweede kaart met adaptatiepaden gaat over mentale gezondheid.

Gezond blijven in tijden van klimaatverandering: Pollenallergieën, UV-straling en Infectieziekten



Figuur 3-1: Adaptatiepadenkaart gezondheid

Het adaptatiepad voor pollenallergie start met gedragsinterventie, onder andere door voorlichting en educatie zorgen dat mensen allergiemedicijnen gebruiken. Op korte termijn is monitoring en reactie nodig, zodat duidelijk is op welke momenten in het jaar mensen hun gedrag moeten aanpassen. Bij een hoge mate van klimaatverandering zijn uitbreiding van het pollenmeetnetwerk nodig en monitoring van de kans op thunderstorm-astma. Bij de bekende gevallen in het buitenland was de capaciteit van de acute zorg in ziekenhuizen onvoldoende. Bij een hoge toename van pollen zal aanpassen van gedrag in combinatie met monitoring niet langer voldoende zijn, en is uitbreiding van de zorgcapaciteit nodig. Op dit moment gaat slechts een klein deel van de mensen met pollenallergie naar de huisarts of andere zorginstelling. Dit zal echter sterk toenemen door de verwachte toename in de concentratie van allergenen en in allergeniciteit.

Een pollenbewuste inrichting van binnen- en buitenruimte helpt om het aantal pollen te verminderen. Op korte termijn aanpassen van het maaibeeld en kiezen voor de minst allergene groensoorten reduceert de blootstelling aan pollen. Op langere termijn zal dit niet meer voldoende effect hebben, en kan overgegaan worden op de toepassing van hypoallergeen groen, mits dit in onderzoek effectief is gebleken. Verder kunnen nieuwe inzichten in immunotherapie bij de mens het gezondheidsrisico verkleinen.

Het adaptatiepad voor infectieziekten begint met voorlichting aan burgers over infectieziekten met als doel gedragsaanpassing. Dit is een basisinterventie, maar heeft een beperkte effectiviteit op de lange termijn. Monitoring van infectieziekten en reactie daarop is langer effectief, omdat dit de ziektelast onder controle houdt. Als dit niet meer voldoende is, is uitbreiding van de zorgcapaciteit vereist.

Het tweede pad van infectieziekten is vooral gericht op preventie. Dit begint met het zorgen dat er geen nieuwe risico's ontstaan in de fysieke leefomgeving, door risico's voor infectieziekten mee te nemen in vergroening en de aanleg van water. Het effect hiervan is beperkt, omdat infectieziekten desondanks toch zullen blijven toenemen. De volgende adaptatieoptie is de eliminatie van infectieziekten bij mensen en

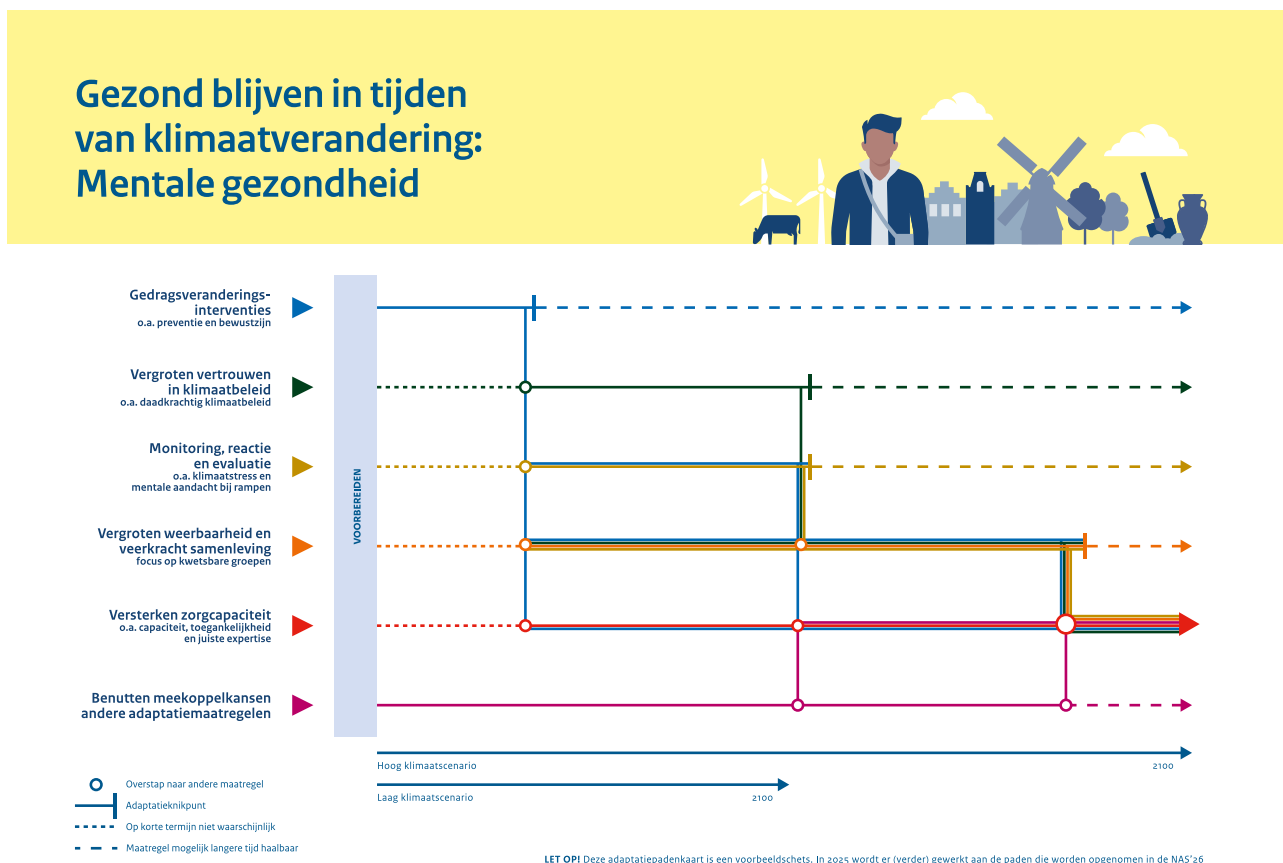
dieren met een innovatieve aanpak. Omdat er nog veel onbekend is over de mogelijkheden en mogelijke negatieve effecten is nader onderzoek nodig.

Het adaptatiepad voor UV-straling start met gedragsinterventies, zoals de huidige campagnes van het Huidfonds. Daarnaast kan het dagritme aangepast worden op de zon, zoals ook in zuidelijkere landen al gebeurt. Vooral voor kwetsbare groepen, zoals kinderen of buitenwerkers, is dit van belang. Een essentiële voorwaarde is monitoring van de zonkracht, en communicatie daarover. Mensen kunnen zo zelf hun risico's verminderen door op het juiste moment van de dag, en in het jaar, de zon extra te mijden. Aangezien buitenwerkers veel minder zelf in de gelegenheid zijn om preventieve maatregelen te nemen, zullen maatregelen in de Risico-Inventarisatie en -Evaluatie, en in de ARBO-richtlijnen uitkomst moeten bieden. Uiteindelijk zal de adaptatie op de zorg terechtkomen. Zorgcapaciteit voor de behandeling van huidkanker is nu al urgent, maar de behoefte zal voorlopig blijven toenemen. Het aantal huidkankergevallen kan sterk verminderd worden door gedragsaanpassing, te weten minder blootstelling aan de zon. In combinatie met monitoring kan succesvolle gedragsinterventie de behoefte aan zorg voor een belangrijk voorkomen.

Inrichting van meer schaduwplekken, zowel door groen, schaduwdoeken als door gebouwen slim in te zetten, kan naast het eerste pad preventief werken, de effectiviteit is echter lager. Meer onderzoek naar de relatie tussen UV-straling en het specifieke mechanisme waardoor huidkanker ontstaat, kan mogelijk leiden tot nieuwe inzichten voor gedragsinterventie en monitoring.

Het is nog onbekend of de risico's van UV-straling verder toenemen met meer klimaatverandering. Het is daarom lastig de maatregelen uit te zetten voor deze toename. Wel zijn de maatregelen uitgezet over de tijd.

De tweede kaart toont de adaptatiepaden voor mentale gezondheid.



Figuur 3-2: Adaptatiepadenkaart mentale gezondheid

De padenkaart van mentale gezondheid begint met gedragsveranderingsinterventies: de burger en de gezondheidszorg bewust maken van mentale gezondheidsproblemen. Op dit moment is er weinig aandacht voor de relatie tussen klimaatverandering en mentale gezondheid, zowel bij burgers als bij de gezondheidszorg. Inzet op monitoring van de mentale gezondheid in relatie tot klimaatverandering versterkt het bewustzijn. Vertrouwen in de overheid werkt positief voor mentale gezondheid, dit biedt perspectief. Het maken en uitvoeren van een plan, zoals de NAS '26, draagt daaraan bij. Dit is echter sterk afhankelijk van de politiek van het moment, en kan daarom slecht haalbaar zijn.

Algemene weerbaarheid en veerkracht zorgt voor minder kans op mentale gezondheidsklachten. Dit uit zich vooral bij specifieke (kwetsbare) groepen. Gedragsveranderingsinterventies en monitoring van mentale klachten kunnen zorgen voor een maatschappelijke omslag in denken over mentale klachten. De taboe van praten over mentale gezondheid moet doorbroken worden. Agrariërs kunnen slecht weerbaar zijn door verlies van inkomen en toekomstperspectief door klimaatverandering.

Slechts tot op zekere hoogte kunnen mentale gezondheidsklachten voorkomen worden; vervolgens moet er voldoende en juiste zorg- en hulpverleningscapaciteit zijn. De druk op de geestelijke gezondheidszorg is al hoog, maar zal nog hoger worden. Rondom een acute crisis of ramp is er veel ondersteuning en zorg voor mentale gezondheid nodig. Tijdens de crisis zijn deze gericht op juiste communicatie met handelingsperspectieven, het voorzien in basisbehoeften, geven van erkenning, praktische ondersteuning, etc. Achteraf zijn het bieden van de juiste psychosociale ondersteuning en zorg voor mentale gezondheidsklachten nodig. De multidisciplinaire richtlijn psychosociaal crisismanagement van het ARQ Nationaal Psychotrauma Centrum (2023) geeft richting aan de verschillende stappen mentale gezondheidszorg.

Een doorlopend tweede adaptatiepad voor mentale gezondheid is de uitvoering van adaptatiemaatregelen voor andere opgaven.

- De juiste uitvoering van adaptatiemaatregelen leidt tot risicoverkleining voor andere opgaven. Er is dan een lagere kans op een crisis, wat leidt tot minder mentale gezondheidsproblemen.
- Het uitvoeren van zichtbare adaptatiemaatregelen kan zorgen voor een positief effect op de mentale gezondheid.
- Aandacht voor mentale gezondheid bij andere maatregelen zorgen voor meekoppelkansen; vergroening in de leefomgeving verhoogt bijvoorbeeld de mentale gezondheid.

3.4.1 PBL-scenario's Intensiveren en Transformeren

De PBL-scenario's zorgen niet voor verschillende adaptatiepaden binnen de opgave gezondheid. Gezondheid speelt zich vooral af in het sociaal domein en de opgave kan met de maatregelen zowel bij Intensiveren als Transformeren van de leefomgeving aansluiten.

3.5 Interacties met andere opgaven

Er is een sterke relatie tussen de opgave Gezondheid en de opgaven uit het NUPKA: Veerkrachtige natuur, Toekomstbestendige landbouw, Klimaatadaptieve Nieuwbouw, Toekomstbestendige werklandschappen, en Verbeteren van de waterkwaliteit. Tijdens een Make-aton op 20 maart 2025 bestudeerden we de interacties met deze opgaven. Er zijn ook interacties met de overige opgaven uit de NUP KA, maar dit is tijdens de Make-aton niet uitgebreid besproken. In algemene zin is er altijd economisch en ruimtelijk een sterke relatie tussen de maatregelen voor de verschillende opgaven. Geld uitgegeven aan één maatregel kan niet meer uitgegeven worden aan andere maatregelen. Ook het ruimtebeslag van maatregelen kan elkaar concurreren.

Overall waar de mens zich bevindt in de omgeving, is een relatie te leggen met gezondheid. De grootste relaties liggen op het gebied van groen- en waterinrichting; dit raakt onder andere aan nieuwbouw, bedrijventerreinen, waterkwaliteit, hittebestendige stad en natuur. De juiste aandacht bij het inrichten van de leefomgeving kan leiden tot positieve effecten op infectieziekten, UV-straling, pollenallergie en mentale

gezondheid. Verkeerde aanleg kan juist negatieve effecten hebben. In onderstaande tabel 3-1 zijn de meest opvallende relaties weergegeven, met een korte toelichting.

Communicatie, educatie en voorlichting zijn maatregelen die veel terugkomen binnen gezondheid. Voor UV-straling, pollenallergie en infectieziekten hebben ze als doel gedragsaanpassing. Voor mentale gezondheid zijn ze een breder inzetbare tool die veel raakt aan andere opgaven. Het uitvoeren en juist communiceren (met integriteit en competentie) van adaptatiemaatregelen kan leiden tot meer vertrouwen in het klimaatbeleid.

De relatie met de landbouw is groot door de kwetsbaarheid van agrariërs voor mentale gezondheidsproblemen. Klimaatverandering zorgt voor een sterke afname van veerkracht en weerbaarheid. Naast de risico's voor de mentale gezondheid van de gemiddelde Nederlander, loopt de agrariër ook risico om zijn/haar inkomen te verliezen. In Spanje leidt dit aantoonbaar al tot meer mentale problemen binnen de opgave landbouw. Het bieden van verzekeringen of opstarten van duurzamere landbouw kan de weerbaarheid van agrariërs vergroten.

De relatie met de natuur is voornamelijk positief. Groen zorgt voor een verbetering van mentale gezondheid. Dit moet dan wel toegankelijk zijn voor mensen. Ook kunnen bomen zorgen voor meer schaduw. Voor allergieën is het van belang dat meer groen niet leidt tot meer allergenen. Hypoallergeen groen kan een oplossing zijn, maar het is nog onbekend welk effect dit heeft op de natuurwaarden. De verbinding van natuurgebieden (vooral internationaal) kan leiden tot een snelle verspreiding van infectieziekten doordat leefgebieden van ziekteverwekkers verbonden worden.

Klimaatverandering kan vereisen dat we afscheid moeten nemen van huidige kenmerken van Nederland als geheel (zoals een deel van de polders). Ook kunnen klimaatrisico's leiden tot individueel verlies of rouw, door sterfte of verlies van woning. Dit kan leiden tot negatieve effecten op de mentale gezondheid. Door vooraf de veerkracht en weerbaarheid van mensen te vergroten, kan het effect verkleind worden.

Tabel 3-2: Meest opvallende relaties tussen adaptatiemaatregelen voor opgave Gezondheid en adaptatiemaatregelen voor andere opgaven

	Algemeen	Natuur	Nieuwbouw	Landbouw	Water- kwaliteit	Bedrijven- terreinen
Maatregel Gedragsveranderings-interventie	+	+ contact met ziekte-verwekkers tijdens recreatie + gedrag t.o.v. allergenen in natuur		+ gedrag buitenwerkers		+ vergroten private kennis verduurzaming
Maatregel monitoring		+ vectoren + pollenmeting		+ vectoren	+ zwemwater	
Maatregel Versterken zorgcapaciteit	- verlies en afscheid					
Maatregel aanpassen buitenruimte	+/- gezondheid meenemen in ontwerp	+ meer groen, meer natuur + meer natuur is ook meer schaduw -- Meer natuur kan leiden tot meer ziekte-verwekkers en pollen (voor groen en water)	+ bij groen en water gezondheid meenemen in ontwerp		+ bij ontwerp water gezondheid meenemen + zwem-water	+ bij groen en water gezondheid meenemen in ontwerp
Maatregel aanpassen binnenruimte			+ gezondheid meenemen in ontwerp			+ gezondheid meenemen in ontwerp
Maatregel Eliminatie bron/effect		-- verbinding natuurgebieden +/- hypo-allergeen groen		+ ziekte-verwekkers	+ infectie-ziekten -- effect medicijnen op RWZI	
Maatregel mentale gezondheid – Vertrouwen klimaatbeleid	+ klimaat-beleid maken					
Maatregel mentale gezondheid – Weerbaarheid en veerkracht vergroten	- Verlies en afscheid			-Kwetsbaarheid agrariërs		
Maatregel mentale gezondheid – Meekoppelen andere maatregelen	+ zichtbare klimaat-maatregelen	+ meer natuur				+ groene werkomgeving

3.6 Conclusie en advies

Klimaatverandering heeft een aanzienlijke impact op de gezondheid van mensen. De urgentie om gezondheid een centrale rol te geven in het beleid is nog nooit zo groot geweest. Zonder adequate maatregelen zullen de gezondheidseffecten van klimaatverandering alleen maar toenemen, wat leidt tot meer ziektes, sterfgevallen en een hogere druk op de gezondheidszorg.

Hogere temperaturen zorgen voor nieuwe infectieziekten in Nederland, of een groter risico op het optreden ervan. Het pollenseizoen begint eerder, duurt langer en pollen worden allergener, waardoor hooikoortsklachten toenemen. Meer zomerse dagen en minder bewolking leiden tot meer blootstelling aan UV-straling, en daarmee meer huidkankergevallen. Daarnaast zorgen rampen en crises als gevolg van

klimaatverandering voor een toename van mentale gezondheidsproblemen. Adaptatiemaatregelen voor UV-straling, infectieziekten, allergieën en mentale gezondheidsrisico's zijn nodig om gezond te blijven in tijden van klimaatverandering.

3.6.1 Gedragsverandering

De meeste gezondheidsrisico's zijn afhankelijk van menselijk gedrag. Interventies om gedrag te veranderen zijn daarom voor alle gezondheidsthema's een effectieve preventieve maatregel. Voorlichting, educatie en het beschikbaar maken van beschermingsmiddelen zorgen voor bewustzijn van de gezondheidsrisico's. De interventies worden versterkt door monitoring: Actuele kennis van het voorkomen van UV-straling, infectieziekten en allergenen zorgt voor gedragsaanpassingen op het juiste moment. Het helpt om barrières en motivatoren voor gedragsverandering te identificeren.

3.6.2 Integrale aanpak gezonde leefomgeving

Het voorkomen of verminderen van negatieve effecten op gezondheid vraagt een integrale aanpak. Een aanpak die werkt voor de verschillende thema's binnen gezondheid, maar ook nauw samenwerkt met adaptatiemaatregelen in de fysieke leefomgeving. Gezondheid is immers sterk verbonden met de leefomgeving. Een gezonde leefomgeving maakt de samenleving weerbaar, veerkrachtig en betrokken bij klimaatadaptatie. Een integrale aanpak kan aanhaken bij de opgaven voor een gezonde leefomgeving uit de Themaverkenning Leefomgeving en klimaat (Volksgezondheid Toekomst Verkenning 2024, RIVM).

In de adaptatie-aanpak voor gezondheid zijn adaptatiemaatregelen van andere opgaven, zoals natuur, waterkwaliteit en gebouwde omgeving, cruciaal. Aandacht voor een gezonde leefomgeving bij deze adaptatiemaatregelen, voorkomt toename van gezondheidsrisico's voorkomen, en kan zelfs zorgen voor een positief effect op de gezondheid.

3.6.3 Gezondheidszorg, voor, tijdens en na crises

Niet alle gezondheidsrisico's zijn weg te nemen met aanpassing van gedrag. Daarom blijft voldoende beschikbare zorgcapaciteit en medische preventie altijd vereist. Maar crises en grote klimaatveranderingen vergroten de kans op (geestelijke) gezondheidsproblemen en een goede voorbereiding op een ramp is essentieel.

3.6.4 Kwetsbare groepen en een rechtvaardige aanpak

Woon- en werkomstandigheden kunnen leiden tot een hoger risico op gezondheidsproblemen. Buitenwerkers worden meer blootgesteld aan UV-straling en allergenen. Ook zijn sommige groepen, zoals ouderen, baby's en kinderen en chronisch zieken gevoeliger voor ziekte. Zij zijn onder andere vatbaarder voor infectieziekten. Vermindert veerkrachtige groepen zijn daarnaast ook vatbaarder voor mentale gezondheidsproblemen.

Mensen in een kwetsbare positie zijn meer dan anderen op hun leefomgeving aangewezen. Echter is juist vaak in hun leefomgeving onvoldoende aandacht voor gezondheid. De aanpak van klimaatadaptatiemaatregelen vraagt daarom om lokaal maatwerk met samenwerking tussen het fysieke en sociale domein. De WRR (wetenschappelijke raad voor het overheidsbeleid) adviseert dan ook een rechtvaardig klimaatbeleid. Adaptatiemaatregelen voor gezondheid dragen bij aan de rechtvaardigheid.

3.6.5 Communicatie van één gezamenlijk verhaal

Specifiek op communicatie is het advies om de samenwerking met andere thema's op te zoeken. Klimaatverandering vraagt om een gedragsverandering op vele verschillende onderdelen. Door één verhaal uit te dragen in de communicatie, is het verhaal sterker en zal meer gedragsverandering bereikt worden.

Vaak wordt gedacht dat psychologische afstand tot klimaatverandering een belangrijke barrière is voor klimaatactie. Het blijkt echter dat het benadrukken van risico's van klimaatadaptatie en de urgentie niet altijd tot meer klimaatacties leidt, het effect van psychologische afstand is overschat (van Valkengoed, Steg, Perlaviciute, 2023). Het benadrukken van de urgentie kan de mentale gezondheid negatief beïnvloeden. In de communicatie van het klimaatadaptatieverhaal wordt geadviseerd hier rekening mee te houden.

3.6.6 Mogelijkheden voor verdere studie

De uitdagingen voor de opgave gezondheid hebben een grote mate van onzekerheid, ook is vaak nog onbekend wat de bijdrage is van klimaatverandering aan de gezondheidseffecten. Nader onderzoek naar deze relaties is van belang. Vooral op het gebied van mentale gezondheid is er nog veel onbekend in relatie tot klimaatverandering. Echter, zonder gedetailleerde kennis over deze relaties kan er al wel gestart worden met het nemen van adaptatiemaatregelen.

4 Landbouw

Geschreven door: Jan Eelco Jansma (Wageningen Plant Research), Daan Verstand (Wageningen Environmental Research), Rogier Vogelijn (Wageningen Environmental Research)

4.1 Inleiding

De laatste jaren heeft ons land en daarmee de land- en tuinbouw te maken gehad met weersextremen en toenemende verzilting. Denk aan de hagelschade in 2017, de drie droge zomers in 2018, 2019 en 2020 ende enorme wateroverlast in Limburg in 2021. En dit voorjaar zorgde weinig neerslag opnieuw voor zorgen over droogte. De gevolgen van klimaatverandering spelen nu al, en niet pas over 20 of 30 jaar, en onderstrepen hoe urgent klimaatadaptatie (ook) voor de land- en tuinbouw is.

Voor Nederland zijn vier door het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) benoemde trends van klimaatverandering belangrijk: het wordt **droger, warmer** en **natter**, en de zeespiegel gaat stijgen, waardoor de **verzilting** toeneemt. De impact van deze trends op de land- en tuinbouw verschilt per gebied, sector en teelt (zie ook volgende paragraaf).

Om de ondernemers in de land- en tuinbouw beter met deze klimaatveranderingen te kunnen laten omgaan, heeft het Ministerie van LNVN samen met betrokken partijen het Actieprogramma Klimaatadaptatie Landbouw (AP KAL) ontwikkeld. De boer en zijn handelingsopties en het toekomstperspectief van zijn of haar bedrijf staan hierin centraal. De *hoofddoelstelling* van het AP KAL is dat in 2030 alle ondernemers in de land- en tuinbouw voorbereid zijn om duurzaam en effectief te kunnen omgaan met de veranderingen in het klimaat. Acties in dit programma zijn bijvoorbeeld gericht op het beter vasthouden van water in landbouwbodems via water- en bodemmaatregelen, verminderen van hittestress bij vee, en aanpassen van teelt- en veehouderijssystemen.

Het actieprogramma gaat uit van vijf pijlers:

1. Watersysteem
2. Bodemsysteem
3. Gewassen en teeltsystemen
4. Veehouderij
5. Ondersteunende instrumenten:
 - Kennis en innovatie
 - Regionale aanpak
 - Risicomanagement

In het vervolg van dit rapport komen deze pijlers terug in de uitwerking van de adaptatiepaden voor de land- en tuinbouw.

4.2 Adaptatieopties

4.2.1 Inleiding

In grote lijnen bepalen dus vier klimaattrends de risico's van de land- en tuinbouw in Nederland: Verdroging, vernatting, verzilting en verhitting. De rapportage Inventarisatie Actieprogramma klimaatadaptatie landbouw (AP KAL) <https://edepot.wur.nl/571600> stipt deze klimaattrends aan in relatie tot adaptatie in de landbouw. Hieronder zijn de vier trends en de risico's daarvan kort samengevat.

- **Verdroging:** In droge periodes zal zoetwater beperkt(er) beschikbaar zijn voor de landbouw en dat kan leiden tot gewasschade in daarvoor gevoelige regio's. <https://edepot.wur.nl/558291> , <https://edepot.wur.nl/555534>

- **Vernatting:** Kenmerken van deze trend zijn langdurige perioden met veel neerslag, maar ook kortdurende hevige neerslag. Het effect op de landbouw is divers: bijvoorbeeld moeilijker het land op kunnen gaan (vee en machines), gewasschades door verdrinking, ziekten en plagen die kunnen ontstaan of omvangrijker voorkomen, verslechtering van bodemkwaliteit, en het optreden van bodemverdichting op de lange termijn. <https://edepot.wur.nl/671444>, <https://edepot.wur.nl/653836>
- **Verziltting:** Door de stijging van de zeespiegel neemt de verziltting verder toe, vooral in de kustregio. Schade door verziltting treedt vaak op in combinatie met verdroging en dus in perioden met beperkte mogelijkheden om zoet water op het land/gewas te brengen (bijv. door beregenen of irrigeren). Dit kan leiden tot directe schade aan het gewas op korte termijn (afhankelijk van zouttolerantie-drempel) en op de lange termijn tot verslechtering van de bodemkwaliteit. <https://edepot.wur.nl/555534>
- **Verhitting:** Deze trend betreft de toename van hittegolven maar ook de algehele opwarming van Nederland, door bijvoorbeeld warmere winterperiodes. Dit heeft consequenties voor de landbouw, zoals het moeilijker overleven van ziekten en plagen, en hittestress bij plant en dier. Maar ook de introductie van nieuwe ziekten en plagen waarvoor geen remedie is. <https://edepot.wur.nl/535133>

De trends kunnen ook gecombineerd optreden, zoals verdroging en verziltting. Dit kan een cumulatieve uitwerking hebben. De agrarische sector is zeer divers en actief in geheel het land. Hoe groot de uitwerking van de vier (gecombineerde) klimaatrends is, verschilt per gewas, sector, keten en regio, en uiteraard per heftigheid van de optredende trend(s).

- Wateroverlast is bijvoorbeeld een risico in het rivierengebied (vollopen van uiterwaarden in het groeiseizoen) en in het heuvelland in Limburg (overstroming van de Maas en zijtakken).
- Droogte is met name een risico op de hoge zandgronden in Oost- en Zuid-Nederland en raakt alle sectoren daar.
- Verziltting als gevolg van een stijgende zeespiegel in combinatie met droogte en bodemdaling speelt in het westen en noorden van het land langs de kust, en in Flevoland. Dit raakt de land- en tuinbouw in de zuidwestelijke delta, en ook kapitaalintensieve zoutgevoelige teelten zoals boomteelt (Boskoop) en bloembollen (Duin- en Bollenstreek, kop van Noord-Holland).
- Daarnaast spelen bij de fruitteelt risico's door nachtvorst, hitte en zonstraling.
- Extremere weersomstandigheden hebben ook impact op veehouderijbedrijven. Te denken valt aan hittestress bij landbouwhuisdieren in stallen, weiden en bij transport; aan gederfde gewasopbrengsten en minder voer van eigen land, en aan dieren die door extreme (natte of warme) weersomstandigheden minder naar buiten kunnen. Daarbij hebben bodemdaling en verziltting ook gevolgen voor de (melk) veehouderij in de veenweidegebieden.
- Piekbuien kunnen in heel Nederland voor wateroverlast zorgen.

Dit laat zien dat er gewassen, sectoren, ketens en regio's zijn die kwetsbaar zijn en soms nu al getroffen worden. Een overzicht van welke kwetsbaarheden in welke landbouwgebieden spelen en wat de onderliggende factoren zijn, is recent beschikbaar gekomen in: [impactkaarten klimaatkwetsbare landbouwgebieden](#). Overigens zijn er ook gewassen, sectoren, ketens en regio's die - nu nog - minder gevoelig zijn zoals de glastuinbouw.

4.2.2 Type adaptieve maatregelen en schaalniveaus

De Nederlandse land- en tuinbouw is zeer divers, zowel regionaal als binnen en tussen sectoren. Klimaatverandering zal in verschillende delen van het land in verschillende mate en op verschillende manier impact hebben. En de impact verschilt al naar gelang de kenmerken van het bodem-watersysteem. Om grip te krijgen op deze diversiteit in relatie tot adaptieve maatregelen, beschouwen we de adaptatiemaatregelen op vier schaalniveaus: Gewas/Dier, Perceel/Stal, Bedrijf, en Ketens/Regio.

De adaptatieopties per schaalniveau:

Gewas/Dier: maatregelen op schaal van gewas of dier, zoals rassenkeuze (plant en dier), of gewas- en dierbescherming.

Perceel/Stal: maatregelen op de schaal van perceel of stal, zoals voor watervoorziening, gewas beschermen (overkappen), of aanpassen stalklimaat en bodembeheer.

Bedrijf: maatregelen op schaal van het agrarische bedrijf, zoals voorzieningen (weersverzekering, inkomstverspreiding), nieuwe producten (of diensten), of andere bedrijfsinrichting.

Keten/regio: maatregelen op de schaal van regio of keten, zoals voor ecologische zones, waterbuffering en -opslag of prijsafspraken en risicodeling.

De invulling en uitwerking van deze maatregelen wordt mede gestuurd door (ontwikkelingen in) ons voedselsysteem als geheel. Ontwikkelingen (sociaal maatschappelijke, demografische, politieke, technologische etc.) die daarin spelen, kunnen verregaande gevolgen hebben voor de richting waarin de landbouw zich ontwikkelt, en zelfs sturend zijn. Denk bijvoorbeeld aan het maatschappelijk invloedrijker worden van menu's op plantaardige basis, EU-landbouwbeleid en ook importheffingen of -beperkingen. Deze ontwikkelingen kunnen door klimaatverandering zijn ingegeven maar dat hoeft niet.

4.3 Adaptatiepaden en de schaalniveaus

Hieronder bespreken we vijf adaptatiepaden en daarna verbinden we vier van deze vijf paden aan de vier schaalniveaus.

4.3.1 Vijf adaptatiepaden

Voor de opgave landbouw zijn er vijf adaptatiepaden geïdentificeerd: Optimaliseren, meebewegen, transformeren – conditioneren, transformeren – diversifiëren, en uitfaseren. Deze paden zijn tot stand gekomen tijdens de NAS Make-atons, en sluiten goed aan bij reeds bestaande literatuur, zoals <https://edepot.wur.nl/571600>.

Optimaliseren: Doorontwikkelen huidige landbouw

De strategie optimaliseren houdt in dat maatregelen worden getroffen die de verliezen beperken binnen het huidige systeem – een voorbeeld is met aangepast bodem- of waterbeheer. Doorontwikkelen biedt op de korte termijn soelaas, maar als dit te vaak en op te grote schaal plaatsvindt wordt ingeteerd op de watervoorraad. Optimalisatie strategieën houden daarmee een systeem in stand dat op de lange termijn niet toekomstbestendig is. Als dit samengaat met omvangrijke investeringen bestaat het gevaar van pad-afhankelijkheid; er wordt een *lock-in* gecreëerd die het moeilijker maakt om een andere richting in te slaan, juist omdat er zoveel in geïnvesteerd is. Op korte termijn helpen deze maatregelen de klimaatrisico's enigszins te beperken en geven zede tijd om ingrijpendere maatregelen voor te bereiden en te testen.

Meebewegen: hybride vormen van landbouw

Meebewegen kan beschouwd worden als een verkennende fase, een voorfase waarin meer dan bij optimaliseren geaccepteerd wordt dat afwijkende, extremere weersomstandigheden zich vaker zullen voordoen. Het leidt tot meer structurele innovaties van de land- en tuinbouw, die ook op een langere termijn effectief zijn. Er wordt nog niet overgeschakeld naar een fundamenteel andere vorm van landbouw, zoals in een transformatieve vorm van adaptatie wel gedaan wordt. Het is een tussenvorm, hybride, waarin de keuze nog gemaakt kan worden voor welke transformatierichting in welke situatie passend is. In deze fase kan men voorsorteren voor gesorteerd worden op verdere conditioneren of diversifiëren van de landbouw.

Transformeren: conditioneren van landbouw

Het uitgangspunt van transformeren is dat het huidige systeem op de lange termijn klimaatbestendig niet meer houdbaar is. De landbouw wordt daarmee fundamenteel anders, denk bijvoorbeeld aan drijvende voedselproductie of voedselproductie in een agrifood-lab. De kern van conditioneren is dat de invloed van het klimaat zoveel als mogelijk buiten gesloten wordt, in letterlijke zin. Daarbij zal de landbouw zich

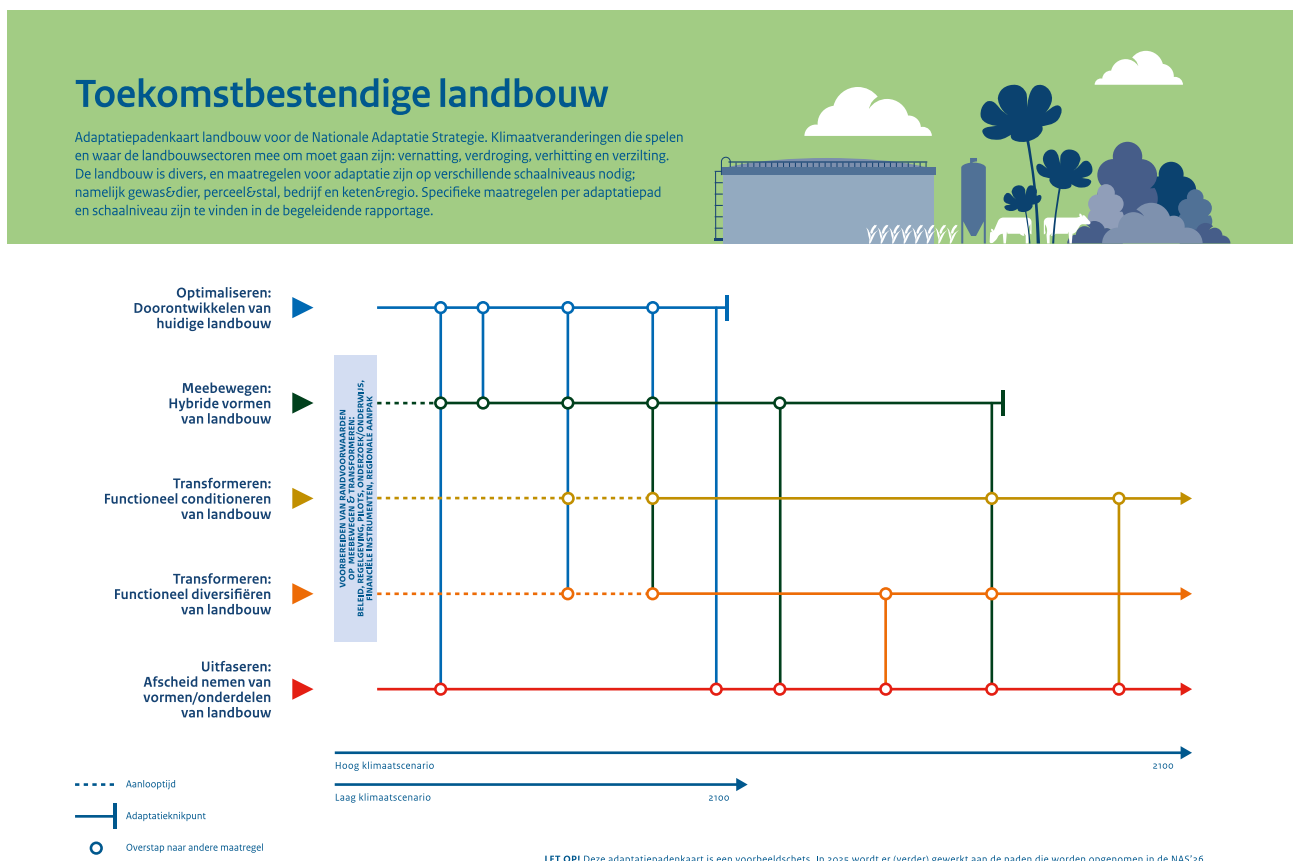
zoveel mogelijk afscheiden van andere ruimtelijke functies door zich te concentreren op daarvoor bestemde locaties. Het zijn hoog- technologische vormen van landbouw die in hoge mate afhankelijk zijn van externe input (zoals energie en grondstoffen). Een voorbeeld is een indoor systeem waarin de voedselproductie volledig gereguleerd is.

Transformeren: diversifiëren van landbouw

Bij de adaptatiestrategie transformeren -- diversifiëren, wordt er gezocht naar nieuwe systemen die bij het veranderende klimaat passen. In deze strategie wordt bestendigrobuustheid verkregen door diversiteit. Voorbeelden zijn; bijvoorbeeld door een diverser verdienmodel waarin de teelt van verschillende gewassen met verschillende klimaatkwetsbaarheden plaatsvindt; of door niet alleen voedingsgewassen te telen maar ook het landgebruik of diensten zo in te richten dat de boer bijdraagt aan het behoud of versterking van het (water-)ecosysteem, en daar een verdienmodel op baseert. Dit pad biedt ook ruimte om landbouw te integreren met andere functionaliteiten, zoals natuur en waterbuffer. In tegenstelling tot het pad conditioneren is de landbouw in dit pad dus ook veel meer verweven met het landschap en de maatschappij.

Uitfaseren: Afscheid nemen van vormen of onderdelen van landbouw

Uitfaseren gaat om het beëindigen van vormen of onderdelen van landbouw door te grote klimaatrisico's en schades. In feite gebeurt dat nu al. Denk aan het verdwijnen van uienteelt in droge en verzilte gebieden in Zeeland. Uitfaseren kan impliciet onderdeel zijn van een adaptatiestrategie, als er bewust voor wordt gekozen om specifieke activiteiten, teelten of landbouwwormen niet voort te zetten. Het kan ook gaan om keuzes die expliciet volgen vanuit een gekozen adaptatiestrategie. Het is belangrijk dat er aandacht is voor het verlies dat kan volgen uit het uitfaseren van activiteiten, zodat de degenen die dat verlies ervaren ondersteund en begeleid worden. Uiteraard kan het afscheid nemen van vormen of onderdelen van landbouw ook weer kansen bieden voor vernieuwing in de landbouw, of kan het bijdragen aan het oplossen van andere (-klimaat gerelateerde)- knelpunten.



Figuur 4-1: Adaptatiepadenkaart toekomstbestendige landbouw.

4.3.2 Adaptatiepaden per schaalniveau

Hieronder verbinden we de vier schaalniveaus aan de adaptatiepaden. In de adaptatiepaden kunnen we een driedeling onderscheiden: optimaliseren, meebewegen, transformeren. Voor het begrip lichten we hier eerst de driedeling toe:

Bij **optimaliseren** gaat het om maatregelen die binnen het huidige systeem op de korte termijn verlichting bieden tegen de impact van klimaatverandering. Deze zijn relatief makkelijk in te passen in het bedrijf, maar lossen het probleem op de lange termijn niet op. Bij **meebewegen** worden meer ingrijpende maatregelen getroffen die een meer hybride oplossing bieden voor het veranderende klimaat, maar die oplossingen zijn vaak nog onderdeel van een overgangsfase – van een volledige omschakeling of transitie van de landbouw is nog geen sprake. Dat is wel het geval bij **transformeren**, waarbij een fundamentele omschakeling van de bedrijfsvoering plaatsvindt en waarbij de hele keten, van toelevering, financiering tot afnemers, heel anders georganiseerd zal worden.

Optimaliseren: doorontwikkelen huidige landbouw

Gewas/Dier: rassenkeuze (momenteel beschikbare rassen), gewas- en dierbescherming

Perceel/Stal: wateropslag, irrigatie, bodembeheer, stalklimaat

Bedrijf: weersverzekering, risicospreiding

Keten/regio: ketenafspraken (delen risico's), watersysteem aanpassen

Tabel 4-1: Effectiviteit en haalbaarheid maatregelen Optimaliseren

Schaalniveau	Maatregel	Effectiviteit	Haalbaarheid	Overweging
Gewas/dier	Rassenkeuze, gewas- en dierbescherming	Midden	Hoog	Omschakelen naar andere rassen (van de momenteel beschikbare gewassen) zal kortstondig oplossing bieden. Effectief zolang de vaccinaties/gewasbescherming beschikbaar en toegelaten zijn.
Perceel/stal	Wateropslag, irrigatie, bodembeheer, stalklimaat	Midden	Hoog	Wateropslag/irrigatie heeft beperkt effect: neerslag wordt grilliger en het gebruik voor andere toepassingen neemt toe. Goed bodembeheer kan voor zowel droogte, hitte en vernalte omstandigheden effectief zijn en is relatief makkelijk toe te passen. Beneveling of airconditioning helpt, maar kan kostbaar worden.
Bedrijf	Weersverzekering, risicospreiding	Midden	Midden	Verzekeringen kunnen bedrijfseconomisch verlichting bieden maar zijn geen structurele oplossing. Spreiding risico's door aangepaste bedrijfsinrichting en aanbieden van aanvullende activiteiten of diensten is mogelijk maar afhankelijk van locatie en vaardigheden.
Keten/regio	Ketenafspraken, watersysteem aanpassen	Hoog	Laag	Mogelijk effectief maar ook complex, want wie kan en wil mede de verantwoordelijkheid (en investering) gaan dragen?

De maatregelen voor optimaliseren zijn redelijk tot goed haalbaar en op de korte termijn effectief, maar op langere termijn kan de effectiviteit afnemen al naar gelang de klimaatrend. Bovendien zal het effect per teelt, bedrijf, sector of regio kunnen verschillen.

Meebewegen: hybride vormen van landbouw

Gewas/Dier: zilte teelten, gewaskeuze, mengteelten, klimaatbestendige rassen ontwikkelen en weerbare dierrassen fokken

Perceel/Stal: waterbuffer in bodem, bodem als spons, natte/droge perioden accepteren, agro-ecologie, schaduw tegen hitte

Bedrijf: meebewegen met verschuivende seizoenen (inzaai, oogstmomenten), agroforestry, extensiveren/kosten verlagen of deels beschermen of conditioneren van teelten (Cabriokas), gemengde diverse bedrijven of verdergaande specialisatie, verdere automatisering/AI-robotisering

Keten/regio: stimuleren klimaat-adaptief gedrag (lening, subsidies, KPI's), keten integratie, landbouw voor maatschappelijke/diensten, herinrichten watersysteem en ander menu

Tabel 4-2: Effectiviteit en haalbaarheid maatregelen Meebewegen

Schaalniveau	Maatregel	Effectiviteit	Haalbaarheid	Overweging
Gewas/dier	Zilte teelten, gewaskeuze, mengteelten, klimaatbestendige rassen weerbare dierrassen	Hoog	Midden	Inzetten op nieuwe gewassen/teelten/rassen kan effectief zijn, maar omschakelen is onzeker, kost tijd en vraagt investering.
Perceel/stal	Waterbuffer in bodem, bodem als spons, natte/droge perioden accepteren, agro-ecologie, schaduw tegen hitte	Hoog	Hoog	Relatief makkelijk toe te passen en helpt tegen zowel droger, natter, heter weer, maar wie draagt de kosten?
Bedrijf	Meebewegen met verschuivende seizoenen (inzaai, oogstmomenten), agroforestry, extensiveren/kosten verlagen of deels beschermen of conditioneren van teelten (Cabriokas), gemengde diverse bedrijven of verdergaande specialisatie, verdere automatisering-AI-robotisering	Hoog	Hoog	Relatief makkelijk toe te passen en helpt tegen zowel droger, natter, heter weer, maar wie draagt kosten van investering of extensivering?
Keten/regio	Stimuleren klimaat-adaptief gedrag (lening, subsidies, KPI's), keten-integratie, landbouw voor maatschappelijke diensten, herinrichten watersysteem, ander menu	Midden	Laag	Lastig te organiseren; nieuwe beleidsinstrumenten en verdienmodellen nodig; je moet de hele keten mee krijgen, zelfs de hele samenleving voor verandering van menu.

De maatregelen voor meebewegen zijn eveneens relatief makkelijk toe te passen en zijn effectief, doch ze zullen een investering vragen. Mogelijk zijn de kosten hoger/opbrengsten lager en mogelijk vraagt het een ontwikkeltijd. Ook hier geldt weer dat er per teelt, bedrijf, sector of regio verschillen kunnen zijn.

Bij **Transformeren** is er keuze voor twee verschillende routes: **conditioneren** of **diversifiëren**. Overigens sluit de ene route de andere niet uit. Sectoraal, op bedrijfsniveau of regionaal kan de ene route meer voor de hand liggen dan de andere. Kortom: beide routes zouden naast elkaar tot ontwikkeling kunnen komen, bijvoorbeeld conditioneren dicht tegen stedelijk gebied en diversifiëren in kwetsbare regio's.

Transformeren -conditioneren betekent het creëren van een nieuw landbouwsysteem. Gewassen of dieren worden zoveel mogelijk afgesloten van invloeden van buitenaf, bijvoorbeeld in agrifood-parken. Het veranderende klimaat heeft daardoor nauwelijks meer impact op de land- en tuinbouw.

Transformeren: conditioneren van landbouw

Gewas/Dier: nieuwe gewassen en teeltsystemen

Perceel/Stal: drijvende/amfibie-teelt, overkappen van agrarisch land, indoor teelt- en houderijsystemen

Bedrijf: indoor landbouw, clusters van plant- en dierhouderijbedrijven, verdere bedrijfsspecialisatie, automatisering/AI-robotisering

Keten/regio: Agrifoodketen-clusters, regionale herinrichting en zoning, en ander menu

Tabel 4-3: Effectiviteit en haalbaarheid maatregelen Meebewegen Conditioneren

Schaalniveau	Maatregel	Effectiviteit	Haalbaarheid	Overweging
Gewas/dier	Nieuwe gewassen en teeltsystemen	Hoog	Midden	Inzetten op nieuwe gewassen/teelten/rassen kan effectief zijn, maar omschakelen is onzeker, en complex en duur.
Perceel/stal	Drijvende/amfibie-teelt, overkappen van agrarisch land, indoor teelt- en houderijsystemen	Hoog	Midden	Deels is dit proces al gaande (indoor/kassen/dierhouderij), maar volledige transitie vraagt om investeringen, ruimtelijk beleid en om externe input (energie, water).
Bedrijf	Indoor landbouw, clusters van plant- en dierhouderijbedrijven, verdere bedrijfsspecialisatie, automatisering/AI-robotisering.	Hoog	Midden	Zie bovenstaande.
Keten/regio	Agrifoodketen-clusters, regionale herinrichting en zoning en ander menu	Midden	Laag	Lastig te organiseren, herinrichting NL en forse investeringen nodig, je moet de hele keten mee krijgen, mogelijk maatschappelijke bezwaren.

De maatregelen bij Transformeren – conditioneren zijn per definitie effectief, al zal de afhankelijkheid van het klimaat en van natuurlijke hulpbronnen (bijv. water) nooit tot nul gereduceerd kunnen worden. Hoewel een aantal maatregelen een voortzetting van huidige ontwikkelingen in de landbouw lijken (zoals automatisering/robotisering van bedrijfsprocessen), is de gevraagde verandering ingrijpend. Omdat het om een fundamenteel ander systeem gaat, zijn de kosten hoog. Niet alleen voor de (ruimtelijke) investeringen maar ook voor de inputfactoren. Dit verlaagt de haalbaarheid. Bovendien vraagt deze ingrijpende verandering ook tijd, en dus langdurige maatschappelijke en politieke steun.

Bij **Transformeren-diversifiëren** gaat het om het ontwikkelen van (voor Nederland) nieuwe vormen van landbouw die qua functie verweven zijn met de omgeving en passen in het klimaat van de toekomst. Te denken valt aan landbouw die verweven is met natuur- of waterbufferzones, en die daarnaast maatschappelijke diensten (bijv. recreatie) aanbiedt.

Transformeren: diversifiëren van landbouw

Gewas/Dier: nieuwe gewassen en gemengde teelten

Perceel/Stal: paludi-cultuur, teelt in/op (zilt) water, silvo-pasture, functionele integratie van landbouw met andere maatschappelijke functies (natuur, water etc.)

Bedrijf: multifunctioneel, integraal onderdeel omgeving, ecosysteemdiensten

Keten/regio: korte keten, ecosysteemdiensten, regionale functionele integratie, ruimtelijk afgestemde landbouw met infra, natuur, water en klimaat, en een ander menu.

Tabel 4-4: Effectiviteit en haalbaarheid maatregelen Diversifiëren

Schaalniveau	Maatregel	Effectiviteit	Haalbaarheid	Overweging
Gewas/dier	Nieuwe gewassen en gemengde teelten	Midden	Midden	Er zijn al voorbeelden hiervan, zoals strokenteelt of mengteelten. De juiste combinaties op de juiste plek is nog een uitdaging.
Perceel/stal	Paludi-cultuur, teelt in/op (zilt) water, silvo-pasture, integratie met andere functies (water, natuur etc)	Hoog	Midden	Deels is dit proces al gaande (natte teelten, integratie functies), maar volledige transitie vraagt om investeringen (andere rassen/gewassen), ruimtelijk beleid en om inpassing in het landschap (al dan niet met andere functies zoals natuur).
Bedrijf	Multifunctionele bedrijfsvoering, integraal onderdeel van omgeving, ecosysteem diensten	Hoog	Midden	Zie bovenstaande. En hoe en door wie worden de alternatieve diensten gefinancierd?
Keten/regio	Korte ketens, ecosysteemdiensten, functionele integratie, ruimtelijke inpassing, ander menu	Midden	Laag	Lastig te organiseren, vraagt (regionale) herinrichting NL en forse investeringen nodig, je moet de hele keten mee krijgen, mogelijk maatschappelijke bezwaren. Maar naar welk eindpunt?

Transformeren-diversifiëren is in het algemeen hoog tot midden qua effectiviteit, maar midden tot laag qua haalbaarheid. Het vraagt om ingrijpende aanpassing van de landbouw, aanzienlijke ruimtelijke opgaven. Kortom: investeringen en tijd. Anders dan bij het functioneel conditioneren, dat veel meer 'klimaat-onafhankelijk' kan ontwikkelen, moet bij diversifiëren een kanttekening gemaakt worden. De onzekerheden over het tempo en de precieze aard van de klimaatverandering zijn hier veel meer van invloed op de ontwikkelingsrichting van het pad dan bij conditioneren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan tipping points: kantelpunten in het klimaat. Omdat de verandering mogelijk nog lang zal doorzetten en een nieuw stabiel klimaat nog niet in zicht is, is het lastig navigeren naar een klimaatbestendige landbouw. Het is immers niet eenvoudig aan te geven in welk toekomstig klimaat de nieuwe landbouwsystemen voldoende robuust zijn. Deze ingrijpende maar onzekere transformatie vraagt tijd en geduld, en dus langdurige maatschappelijke en politieke steun.

Uitfaseren: afscheid nemen van vormen of onderdelen van landbouw

Uitfaseren van niet-klimaatbestendige vormen of onderdelen van landbouw maakt de landbouw die nog wel doorgaat niet per se bestendiger. In die zin is de maatregel niet altijd effectief. Toch kan uitfaseren mogelijk wel de druk op schaarse hulpbronnen verminderen en daarmee ruimte bieden aan de ontwikkeling van andere vormen van landbouw, of aan andere functionaliteiten (denk aan natuur, waterberging, of woningbouw). De haalbaarheid zou - nu nog - als laag aangeduid kunnen worden, vanwege de sociaal-maatschappelijke impact en daarmee samenhangende gevoeligheden. Dit kan in de toekomst uiteraard anders liggen.

4.4 Interacties met andere opgaven

Land- en tuinbouw zijn beiden één van de belangrijkste ruimtegebruikers en bieden veel mogelijkheden voor interactie met de andere adaptatie-opgaven. Potentiële interacties met andere opgaven werken we hieronder thematisch uit.

- Waterbeschikbaarheid of tekorten.
 - 20% minder zoet water beschikbaar op korte termijn. Hoe past dat in landbouw? Betekent dit dan eerder Meebewegen en of Transformeren? Trade-off.
 - Al het water naar Noord-Nederland -> dan is voor landbouw geen water meer beschikbaar in andere delen van het land. Dat betekent sneller moeten Meebewegen en Transformeren. Trade-off.

- Teveel water; vaker dan eens in de 10 jaar wateroverlast.
 - Hoe gaat landbouw daarmee om? Waterberging op landbouwpercelen? Kan in de paden Meebewegen en Transformeren - diversifiëren een plek krijgen via ecosysteemdiensten/maatschappelijke diensten. Synergie.
- Waterkwaliteit:
 - Waterkwaliteit gaat deels bepalen welke vormen landbouw waar kunnen (Bodem-water-sturend). Verzilting als waterkwaliteitsgegeven -> kansen voor ziltminnende landbouwsystemen (Diversifiëren). Mogelijk trade-off of synergie.
 - Landbouw kan ook bijdragen aan waterkwaliteit: bijv. helofytenfilters. Synergie
 - Labels waterkwaliteit kunnen er eventueel voor zorgen dat bepaalde kwaliteit water voor landbouw beschikbaar is/komt. Synergie.
- Natuur:
 - o Drukfactoren op natuur verminderen: kan landbouw daaraan bijdragen? Voor de natuurdoelstellingen moet dat op korte termijn gebeuren. Vanuit de landbouw kan dat op langere termijn gerealiseerd worden, in adaptatiepad Meebewegen en Transformeren □ diversifiëren (denk aan GBDA, extensiveren, bufferzones). Uitfasen van vormen of onderdelen van landbouw kan ook ruimte bieden aan natuur. Maar tijdelijk matcht niet altijd met die van landbouw. Trade-off
 - o Landbouw kan bijdragen aan natuur door het verbinden en vergroten van natuurgebieden (door landsparing enerzijds en land-sharing anderzijds). Op korte termijn kan landbouw bijdragen aan natuurdoelen voor waterbeschikbaarheid, door waterbuffering(zones) op landbouwgrond te realiseren. Synergie.
- Werklandschappen
 - In werklandschappen kan water goed opvangen en geïnfiltreerd worden, zodat het later voor landbouw beschikbaar wordt. Past bij landbouw optimaliseren. Synergie
 - In het adaptatiepad Transformeren - conditioneren -> Wordt landbouw dan ook een werklandschap, als in agrifoodpark?
 - Landbouw kan niet direct bijdragen aan opgaven werklandschappen. Al kan waterbuffering op landbouwgrond (opslagbekkens, infiltratiemaatregelen de sponswerking van de bodem bevorderen, etc.) wateroverlast in benedenstrooms gelegen werklandschappen helpen voorkomen. Mogelijk synergie.
 - Andere links (niet/ minder direct gelinkt aan adaptatie) zitten in het wederzijds benutten van reststromen (gewasresten + mest van de landbouw voor biomassa-vergisting + warmte door bedrijven, benutten CO₂ van bedrijven door bijv. glastuinbouw, etc.). En in de mogelijkheid van samenwerking met en in de werklandschappen die nieuwe verdienmodellen mogelijk maken. Synergie
- Wonen
 - De financiële waardestijging van landbouwgrond bestemd voor woningbouw gebruiken voor landbouwtransitie op de overige landbouwgronden. Trade-off
 - Groene infrastructuur met landbouwvormen in stedelijke omgeving. Synergie
 - Biobased producten verbouwen voor stedenbouw. Dat zit in Meebewegen en Diversifiëren. Synergie
- Seveso
 - Reinigen afvalwater van Seveso-inrichtingen kan op landbouwgrond eventueel gedaan worden. Synergie
 - Benodigd koelwater verzamelen op landbouwgronden (in Meebewegen en Transformatie - diversifiëren). Synergie
 - In geval van grootschalige opslag van chemische middelen zijn boeren zelf ook als Seveso-inrichting te kenmerken.
- Gezondheid
 - De mens en gezondheid. Gezondheid agrarische werknemers in het veld: blootstelling uv, hitte, pesticiden. Diergezondheid: transport. Zoönose, pollen en (stof)lucht vanuit landbouw. Trade-off
 - Vers en gezond voedsel en een aantrekkelijk landschap als bijdrage aan algehele gezondheid met name Transformatie - diversifiëren. Synergie

- Erfgoed
 - Twee onderdelen van thema erfgoed zijn het meest relevant: cultuurlandschap en historische gebouwen (boerderijen en stallen).
 - Voor adaptatie in de landbouw is water-bodem-sturend (WBS) belangrijk (met name in Meebewegen en Transformatie - diversifiëren). Vóór ongeveer 1850 waren water en bodem veel sturender. Dat is ook een periode die cultuurhistorisch interessant is. Vanuit erfgoed wordt gewerkt aan het terugbrengen van landschapselementen, ruimtelijke structuren en gebouwen uit die periode. Daarvoor is land- en tuinbouw nodig. Wordt mogelijk ervaren als een meer positieve motivatie voor omschakeling naar WBS dan vanwege adaptatie, namelijk één die raakt aan identiteit, trots op de streek en het boerenleven. RCE heeft een subsidieregeling GBDA vanuit het programma landbouw en natuur. Synergie
- Financiële sector
 - Benutten om omschakeling mogelijk te maken → Hoe om te gaan met de grote leningen/stranded assets van boeren?
 - Nieuwe verdienmodellen mogelijk maken, bijv. vergoeding voor ecosysteemdiensten. Synergie
- Algemeen:
 - Ruimte: Veel opgaven vragen om ruimte. Landbouw heeft veel ruimte, en de vraag is in hoeverre dat beschikbaar komt voor andere opgaven bij uitfasen van bepaalde vormen of onderdelen van landbouw of in specifieke gebieden. Uitfasen zou ook kansen moeten bieden voor nieuwe vormen van landbouw. Ruilverkaveling 2.0 zou kunnen helpen om nieuwe ruimtelijke structuren te realiseren, daarvoor op nationaal niveau meer regie nodig! (link met update van de Nota Ruimte).
 - EU beleid: Moet niet ook op EU niveau strategische keuzes gemaakt worden waar ingezet wordt op landbouw? In andere delen van EU wordt landbouw onder invloed van klimaatverandering lastiger, dus biedt dat mogelijk kansen voor land- en tuinbouw in NL? Geopolitieke ontwikkelingen dwingen ook om kritisch stil te staan bij de voedselvoorziening en - veiligheid op nationaal en EU niveau.

4.5 Conclusies

Puntsgewijze komen we tot de volgende globale conclusies voor de landbouw-klimaatadaptatiepaden:

- **Optimaliseren** ontwikkelt het huidige systemen door, maar kan daarmee zeer beperkt bijdragen aan de lange-termijnopgaves voor landbouw, en ook beperkt bijdragen aan de opgaves van andere paden. Mogelijkheden voor synergie zijn dus minimaal. Adaptieve maatregelen voor landbouw lossen bestaande blokkades niet op. Dezelfde problemen en drukfactoren vanuit landbouw op natuur en water blijven behouden.
- **Meebewegen** biedt de ruimte om landbouw te innoveren en om te verkennen welke klimaatadaptieve maatregelen passend zijn. Het zijn nog hybride maatregelen die mogelijk op termijn onvoldoende adaptief zijn. Met meebewegen ontstaan ook kansen om verbinding met andere paden op te zoeken en te verkennen hoe gezamenlijk aan elkaars opgave gewerkt kan gaan worden (synergie zoeken), en welke transformatierichting goed past.
- **Transformeren - conditioneren.** Deze vorm van vergaande innovatie sluit de invloed van klimaat op landbouw zoveel mogelijk uit, door geheel beschermde en gecontroleerde productiesystemen te ontwikkelen. Landbouw wordt zo eigenlijk een werklandschap. Daarmee kan landbouw tevens ruimte vrijmaken in het landelijk gebied voor andere opgaven, bijvoorbeeld voor wonen, water of natuur.
- **Transformeren - diversifiëren.** Landbouw diversifieert en extensiveert binnen de grenzen van de regio, het klimaat, het bodem- en watersysteem en kan daarmee bijdragen aan andere opgaven, zoals natuur, waterkwaliteit en gezondheid, via ecosysteem- en maatschappelijke diensten. Landbouw zal geen ruimte vrijspelen voor andere opgaven, maar zal juist de bijdrage aan andere opgaven in de landbouw integreren.
- **Uitfasen.** Het afscheid nemen van de meest kwetsbare vormen of onderdelen van land- en tuinbouw biedt kansen voor alle opgaven, maar zeker ook voor landbouw zelf. Er zullen nieuwe mogelijkheden (ruimte) ontstaan voor klimaatadaptatie.

5 Veerkrachtige Natuur

Geschreven door: Carolien Kraan (Deltares)

5.1 Introductie

De ambitie van de Rijksoverheid voor de opgave Veerkrachtige Natuur is de natuur in Nederland klimaatbestendig te hebben in 2050: *ondanks het veranderende klimaat floreert de natuur*. De doelen van de Rijksoverheid zijn tweeledig: Aan de ene kant moet de kwaliteit en kwantiteit van de natuur in Nederland verbeterd worden, zodat zij beter om kan gaan met de effecten van klimaatverandering. Aan de andere kant gaat het om het inzetten van de natuur als klimaatadaptatie-oplossing voor andere opgaven, *nature-based solutions* genoemd. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023).

Voor het maken van de adaptatiepadenkaart voor de opgave Veerkrachtige Natuur hebben we ingezoomd op het eerste verbeterdoel, te weten adaptatie vóór natuur in plaats van mét natuur. In sectie 5.4 komen interacties met andere opgaven naar voren. Daar zal ook kort worden ingegaan op de toepassing van *nature-based solutions* binnen andere opgaven.

Een veerkrachtige natuur is een natuur die zichzelf kan onderhouden. Hiervoor moeten de abiotische randvoorwaarden in orde zijn, moet er genoeg ruimte en connectiviteit zijn, en moet er ruimte zijn voor dynamiek van het natuurlijk systeem (IPBES, 2019). Dit geldt voor zowel natuur in beschermde natuurgebieden ('donkergroene natuur') als natuur die zich bevindt op plaatsen met ander landgebruik ('lichtgroene natuur'). Denk bij deze tweede categorie bijvoorbeeld aan tuinen, parken, en bermen.

Uitgangspunt van deze opgave is dat de natuur op dit moment niet voldoende veerkrachtig is (Het Nationaal Dashboard Biodiversiteit, 2025; IPBES, 2019). De natuur in Nederland lijdt aan een gebrek aan kwantiteit en kwaliteit, als gevolg van menselijke drukfactoren: vervuiling, versnippering en verstoring. Daarmee is de natuur kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Bijvoorbeeld, als gevolg van versnippering zijn populaties zwakker en kunnen ze zich minder makkelijk verplaatsen, waardoor er een gebrek aan veerkracht is om te herstellen van periodes van droogte of hitte. In de adaptatiepadenkaart werken we toe naar een natuurlijk systeem in Nederland dat robuust en veerkrachtig is, in een bredere context dan alleen in geval van de impacts van klimaatverandering.

5.2 Adaptatieopties

Klimaatverandering heeft via meerdere wegen een effect op de natuur, waarbij onderscheid te maken is tussen langzame veranderingen en acute impacts. Langzamere veranderingen waar we mee te maken gaan krijgen zijn opwarming, een verhoogd risico op drogere zomers en nattere winters, en zeespiegelstijging en daarmee verzilting van benedenrivieren en grondwater. De meer plotselinge impacts zijn bijvoorbeeld extreme piekbuien, periodes van droogte en hitte, natuurbranden en valwinden.

De effecten van deze klimaatimpacts op de natuur zijn divers. Zo kan waterkwaliteit en -kwantiteit afnemen, waardoor aquatische natuur verstoord wordt. Er kan schade ontstaan aan de biotische en abiotische delen van ecosystemen door extreme gebeurtenissen. En we zien verschuivingen in klimaatzones waardoor leefgebieden veranderen. Omdat er in Nederland veel versnippering en fragmentatie van natuur is, is er niet altijd ruimte om mee te bewegen naar bijvoorbeeld het noorden (lagere temperatuur) of oosten (minder verzilting in rivieren). Daardoor kunnen we habitattypen verliezen, kunnen voedselketens instorten of drastisch veranderen, en kan de soortensamenstelling veranderen door de optrek van invasieve soorten.

5.2.1 Categorieën van adaptatiemaatregelen

Voor natuur zijn zes categorieën adaptatiemaatregelen geïdentificeerd om deze veerkrachtiger te maken in het omgaan met klimaatverandering. De volgorde van de categorieën van maatregelen heeft te maken met de schaal waarop deze worden toegepast: het begint met maatregelen die op kleine schaal tot specifieke resultaten leiden, en eindigt met meer fundamentele veranderingen die juist op veel grotere schaal effect hebben.

- 1. Klimaatbestendig technisch beheer.** Op lokale schaal zijn er veel technische beheermaatregelen die een positief effect kunnen hebben op klimaatimpacts. Denk bijvoorbeeld aan het aanleggen van stuwen om water vast te houden tegen droogte of het aanleggen van brandgangen (weghalen van vegetatie) tegen natuurbranden. Deze maatregelen kunnen helpen behouden wat er is, maar zullen de natuur in Nederland niet op grote schaal veerkrachtig kunnen maken. Dit zijn maatregelen waarbij een fysieke verandering wordt bewerkstelligd om de natuur te helpen ("een schop in de grond").
- 2. Lokaal condities optimaliseren.** Kwetsbare natuur kan ook worden beschermd door in de omgeving aanpassingen te doen die helpen de impacts van klimaatverandering, met name acute impacts, te verminderen. Om droogte tegen te gaan, zou bijvoorbeeld ander peilbeheer in een gebied kunnen worden toegepast, of kunnen gebieden met natuur waar niet-onomkeerbare droogteschade kan ontstaan, hoger worden opgenomen in de verdringingsreeks (Unie van Waterschappen, 2018).
- 3. Vergroten en verbinden van natuurgebieden.** Het verbinden van natuurgebieden geeft soorten de kans om te verplaatsen en is daarmee cruciaal voor een veerkrachtige natuur. Met deze maatregelen zou het Natuurnetwerk Nederland verder kunnen worden uitgebreid. Het Natuurnetwerk Nederland heeft als expliciet doel natuur ook beter te verbinden met het omringende agrarische gebied (Rijksoverheid, 2014).
- 4. Versterken van natuur door verminderen van menselijke drukfactoren** Op dit moment ervaart de natuur in Nederland veel drukfactoren die te maken hebben met menselijk handelen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan vervuiling als gevolg van de steeds verder uitbreidende bebouwde gebieden, stikstofdepositie, uit- en afspoeling vanaf landbouwgronden gekoppeld aan bemesting en pesticiden-gebruik, hormoonverstorende stoffen, of complexe chemische verbindingen zoals pfas vanuit afvalwater, onnatuurlijke waterpeilen en onttrekkingen. Maar ook verstoring van bestaande natuur door verkeer en recreatiedruk. Door drukfactoren te verlagen brengen we de basiscondities op orde voor een veerkrachtig natuurlijk systeem.
- 5. Op grote schaal natuurinclusiviteit realiseren.** Voor een veerkrachtige natuur in Nederland is het belangrijk dat niet alleen beschermde natuurgebieden met elkaar verbonden worden, maar dat juist ook buiten deze beschermde gebieden meer ruimte komt voor hogere kwaliteit natuur. In een natuurinclusieve samenleving is de natuur overal, wordt zij gezien als onderdeel van andere maatschappelijke opgaven, wordt natuur meegenomen in economische en politieke besluitvorming, en wordt er gebiedsgericht aan samengewerkt door overheden en betrokkenen (Rli, 2022).
- 6. Ruimte maken voor klimaatrobuuste natuurdynamiek.** De laatste stap om de natuur de ruimte te geven is: dynamisch zijn. Dit is mogelijk wanneer er een natuurinclusieve samenleving in Nederland is gecreëerd, met een veerkrachtig systeem met natuur van voldoende kwaliteit en kwantiteit. Denk hierbij bijvoorbeeld aan meer variabiliteit toestaan om zo tot meer natuurlijke water- en bodemcondities te komen. Deze maatregelen gaan niet zozeer over het geven van fysieke ruimte, maar van maatschappelijke ruimte aan veranderingen in de natuur. Habitats zullen zich gaan verplaatsen, er zullen soorten verdwijnen en andere bijkomen, en deze veranderingen zullen op maatschappelijk begrip en draagvlak moeten kunnen rekenen (Bakema, Knotters & Woolderink, 2024). Dit zal een systeem-transformatie vereisen, waarbij een ander denkkader nodig is over de rol van de natuur in de maatschappij.

In Tabel 5-1 staat een samenvatting van de categorieën van adaptatiemaatregelen en hun effectiviteit en haalbaarheid. De beoordeling is gebaseerd op expert-inschatting tijdens de Make-atons en kan laag, midden, of hoog zijn. Voor verschillende opties binnen een categorie adaptatiemaatregelen kan de effectiviteit of haalbaarheid anders zijn. In algemene zin zien we dat de schaal van de maatregelen een positieve correlatie heeft met de effectiviteit, maar een negatieve correlatie met de haalbaarheid. Maatregelen op kleine schaal zijn goed haalbaar maar beperkt effectief, terwijl moeilijker te realiseren systeem-transformaties effectief en nodig zijn voor het behalen van een veerkrachtige natuur.

Tabel 5-1 Categorieën adaptatiemaatregelen met hun effectiviteit in het reduceren van klimaatrisico's en haalbaarheid van de implementatie

	Effectiviteit	Haalbaarheid
Klimaatbestendig technisch beheer	Sterk afhankelijk van type natuur, kan lokaal effectief zijn voor het behouden van wat er is, maar brengt niet op grote schaal veerkracht terug	Hoog
Lokaal condities optimaliseren	Laag tot midden	Midden tot hoog
Vergroten en verbinden van natuurgebieden	Midden tot hoog	Sterk afhankelijk van politieke wil en maatschappelijk draagvlak vanwege andere ruimteclaims
Versterken van natuur door verminderen van menselijke drukfactoren	Hoog	Sterk afhankelijk van politieke wil en maatschappelijk draagvlak vanwege andere belangen
Op grote schaal natuurinclusiviteit realiseren	Hoog	Hoog op kleine schaal, bijvoorbeeld nieuwbouwprojecten, maar laag op landelijk niveau
Ruimte maken voor klimaatrobuuste natuurdynamiek	Hoog	Laag, dit vraagt een ander maatschappelijk denkkader rondom natuur

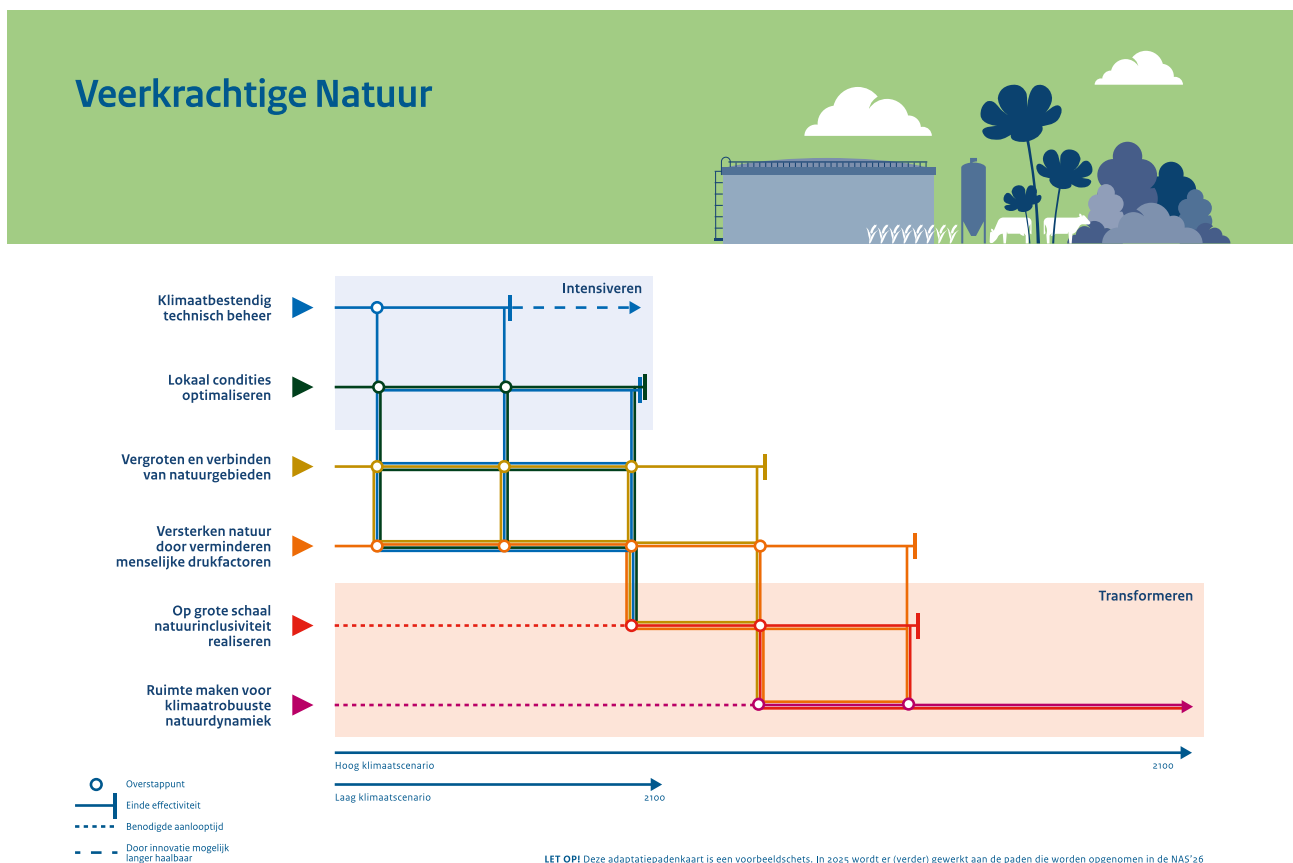
5.3 Adaptatiepaden

Op basis van de hierboven beschreven categorieën van adaptatiemaatregelen is de onderstaande adaptatiepadenkaart ontwikkeld, zie figuur 5-1. De x-as van de figuur geeft de tijd weer die nodig is om de maatregelen te implementeren. Bij lage uitstoot en minder intensieve klimaatverandering is het beslist niet zo dat de Nederlandse natuur met alleen maatregelen op kleine schaal naar een veerkrachtige staat gebracht kan worden. Uit expert-interviews en Make-atons is naar voren gekomen dat er geen mogelijkheid is om zonder transformatie naar een toekomst te werken met een veerkrachtige natuur.

Op korte termijn zien we met name mogelijkheden voor adaptatiemaatregelen uit de eerste vier categorieën: technische beheermaatregelen, lokaal condities optimaliseren, het vergroten en verbinden van de natuur, en het versterken van de natuur door het laten afnemen van menselijke drukfactoren. Het meest effectief zal zijn om deze maatregelen in combinatie met elkaar te implementeren. Hoewel we van deze maatregelen weten hoe we ze moeten uitvoeren, blijft het maatschappelijk een uitdaging om deze ook te implementeren.

Op langere termijn zien we de mogelijkheid tot systeemtransformatie door middel van het op grote schaal realiseren van natuurinclusiviteit en het maken van ruimte voor klimaatrobuuste natuurdynamiek. Het is wel van belang voor deze twee categorieën adaptatiemaatregelen dat hier nu al rekening mee wordt gehouden en dat er op wordt voorgesorteerd in bijvoorbeeld nieuwe dialogen over ruimtelijke ordening van gebieden. Natuurinclusiviteit als standaard denk-raamwerk moet zich verder ontwikkelen. E ruimte voor natuurdynamiek vereist een verandering in denken over de natuur en landgebruik: van het maakbaarheidsdenken dat nu heerst tot het accepteren dat een veerkrachtig natuurlijk systeem zichzelf onderhoudt en dat een veerkrachtige natuur ook mogelijk negatieve effecten heeft op bestaand landgebruik.

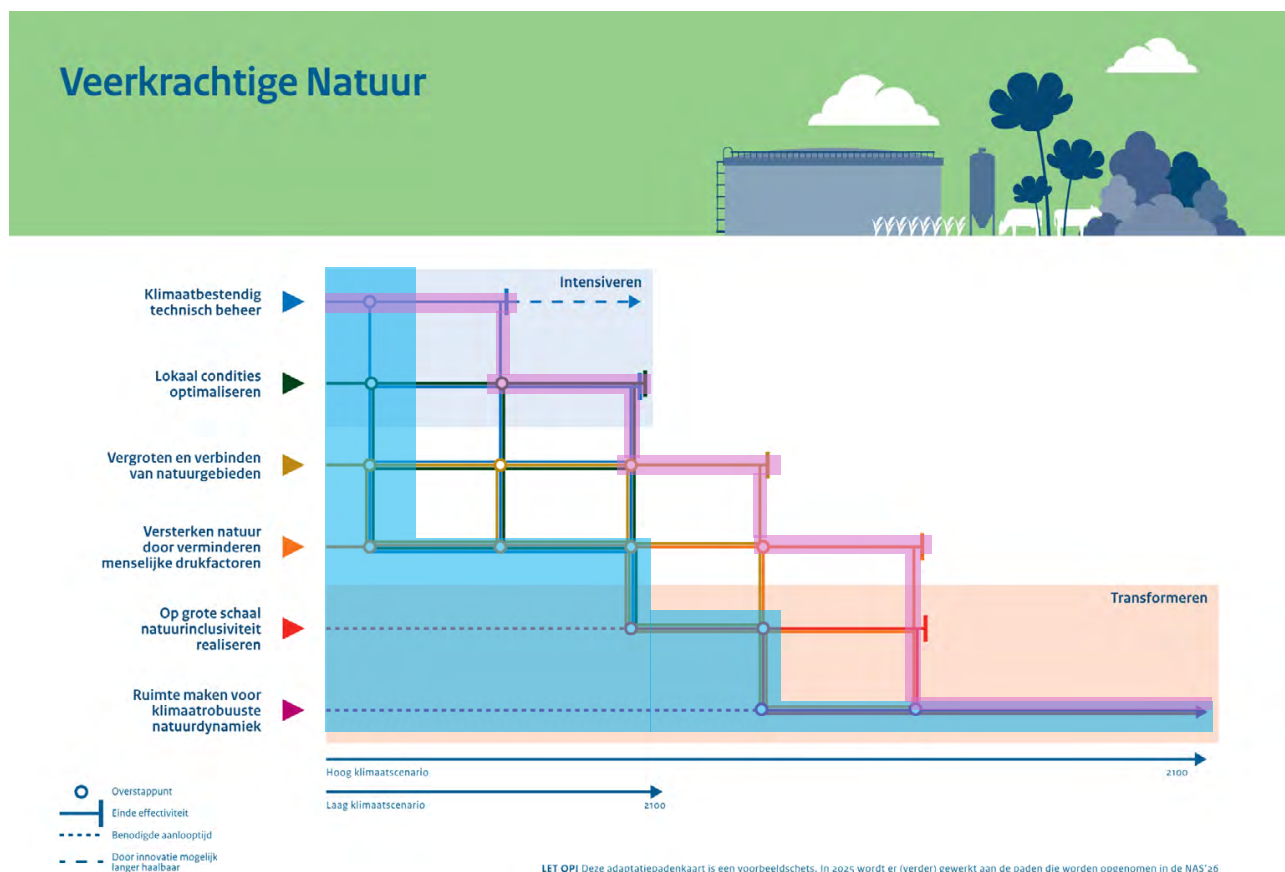
De eerste twee categorieën adaptatiemaatregelen passen het beste bij het PBL-scenario Intensiveren, omdat het voornamelijk gaat om het doorgaan op huidige voet en het verder optimaliseren van de natuur(ontwikkeling). Natuurinclusiviteit en het realiseren van natuurdynamiek zullen beter passen bij het PBL-scenario Transformeren. De overige twee categorieën maatregelen vallen hier tussen: op kleine schaal passen ze bij Intensiveren, maar indien ze op grotere schaal worden toegepast, zijn ze de eerste stappen naar transformeren.



Figuur 5-1 Adaptatiepadenkaart voor de opgave Veerkrachtige Natuur

Een eerste verhaallijn noemen we Intensiveren en gaat uit van het huidige maakbaarheidsdenken dat op dit moment in Nederland heerst rondom natuur (zie roze pad in Figuur 5-2). In dit pad wordt de natuur zo lang mogelijk en zo ver mogelijk opgerekt binnen de huidige kaders. Er wordt op zo klein mogelijke schaal begonnen met aanpassen door middel van technische beheermaatregelen en er zal zo lang mogelijk gewacht worden met de overstap naar maatregelen op grotere schaal. Er is met dit pad grote kans dat bestaande natuurwaarden onomkeerbaar worden beschadigd of verloren raken, waardoor de natuur zich niet goed meer kan transformeren (Walker et al., 2004). Dit pad kan er ook toe leiden dat kansen die de natuur biedt onvoldoende worden benut.

Een tweede verhaallijn, Aankomende Transformatie, beoogt een proactieve transformatie naar een natuurinclusieve samenleving. Daarin is een ruimte voor de natuur en natuurlijke dynamiek (zie blauwe pad in Figuur 5-2). Dit pad sorteert hierop voor door een portfolio van adaptatieopties uit alle vier de bovenste categorieën toe te passen om verder natuurverlies te vermijden en de natuur te versterken. Er wordt ook al direct voorgesorteerd op het realiseren van een natuurinclusieve samenleving, bijvoorbeeld door bij nieuwbouw of renovatie de gebouwde omgeving anders in te richten.



Figuur 5-2 Adaptatiepadenkaart voor natuur met de twee verhaallijnen aangegeven. De eerste verhaallijn, gebaseerd op Intensiveren, in het roze. De tweede verhaallijn, gebaseerd op een aankomende Transformatie, in het blauw.

5.4 Interacties met andere opgaven

Er zal meer ruimte voor natuur moeten worden vrijgemaakt in Nederland om tot een veerkrachtig natuurlijk systeem te komen dat bestand is tegen de invloeden van klimaatverandering. Op dit moment is bijna tweederde van het Nederlandse grondoppervlak in gebruik voor het landbouwsysteem. Een voedseltransitie waarbij significant minder dierlijke producten worden geconsumeerd, kan zorgen voor minder druk op de ruimte, omdat minder dierlijk voer hoeft te worden verbouwd. Zo'n transitie kan ook zorgen voor minder druk op de natuur doordat stikstofuitstoot van (kunst)mest vermindert. Uitfasering of (lokale) intensivering van de landbouw zou ruimte kunnen creëren, terwijl extensivering van de landbouw juist drukfactoren kan verminderen en mogelijkheden kan creëren voor natuurinclusieve landbouw. Het omzetten van landbouwgrond in natuur is met name van belang voor het adaptatiepad Vergroten en verbinden van natuurgebieden.

Ruimte voor natuur kan goed gecombineerd worden met ruimte voor andere opgaven. Aan de ene kant kan donkergroene natuur vaak goed gebruikt worden voor recreatie, wat de volksgezondheid ten goede komt. Dit is niet altijd of voor iedereen zo: Pollen, en ziektes overgedragen door dieren, kunnen ook schadelijk zijn voor de (volks)gezondheid. Aan de andere kant kan meer en meer diverse, en goed verbonden lichtgroene natuur in stedelijk of landelijk gebied een bijdrage leveren aan de volksgezondheid. *Nature-based solutions* in

werklandschappen, en in gebieden met bestaande bouw en nog te realiseren nieuwbouw kunnen eveneens bijdragen. Deze bijdrage ondersteunt ook de categorie maatregelen Op grote schaal natuurinclusiviteit realiseren (Bremen et al., 2022).

Water is een belangrijke bron voor de natuur in Nederland, zowel voor natuur op land (*terrestrisch*) als voor natuur in en rond het water (*aquatisch*). De opgaven die te maken hebben met het waterbeheer, zoals de opgaven rondom waterkwaliteit, wateroverlast, watertekort, en waterveiligheid, staan in direct verband met de veerkracht van de natuur. Een gezonde natuur heeft baat bij een goede waterkwaliteit en -kwantiteit, en kan zelf op haar beurt een grote rol spelen in het verbeteren van het watersysteem. Indien er voor de opgaven rondom wateroverlast, watertekort en waterveiligheid veel wordt gekozen voor technische maatregelen, zoals dijken, afsluiting van rivieren, en pompen, kan dit een negatief effect hebben op de natuur. Meer *nature-based solutions* zouden in dit geval juist meer ruimte bieden aan aquatische en kwetsbare natte natuur.

5.5 Conclusie

Op dit moment is de natuur niet veerkrachtig, en daarmee zeer kwetsbaar voor klimaatverandering. Nu al zien we dat het klimaat de natuur onder druk zet en de druk zal met het toenemen van klimaatverandering alleen maar ernstiger worden. De adaptatiepadenkaart in dit hoofdstuk bestaat voor een groot deel uit maatregelen die de natuur in het algemeen robuuster maken, en daarmee ook veerkrachtig in het geval van klimaatimpacts. We merken op dat klimaatverandering slechts één van de drukfactoren is waar de natuur mee te maken heeft.

Op de korte termijn zien we dat maatregelen die onder het scenario Intensiveren vallen (zie Figuur 5-2), kunnen helpen om de kwetsbaarheid van de natuur te ondersteunen en te verminderen zodra klimaatimpacts effect hebben op de natuur.

Op de lange termijn is het noodzakelijk om een Transformatie door te maken om daarmee de veerkracht terug te brengen in de natuur. Hiervoor moet de druk op de natuur afnemen, en moeten we meer ruimte maken voor natuur. We moeten toewerken naar een maatschappij die natuurinclusief is en waarin ruimte is voor de dynamiek van de natuur.

De opgave Veerkrachtige Natuur, en zeker een toekomst waarin we een natuurinclusieve maatschappij voorzien, raakt vele andere maatschappelijke opgaven. De opgave behoeft ruimte maar biedt ook veel kansen. Als we in de toekomst een veerkrachtig natuurlijk systeem in Nederland willen hebben, dan zal daar ruimte voor vrijgemaakt moeten worden. Slim omgaan met het ruimtegebruik en het integreren van natuur in gebieden met een ander hoofddoel (zoals wonen of werken) kan een goede impuls geven.

De effectiviteit van specifieke maatregelen hangt erg af van hoe deze worden geïmplementeerd. De categorieën met maatregelen en de specifieke knikpunten in de adaptatiepadenkaart zijn daarom relatief en vooral indicatief. Verschillende natuurtypen of natuurwaarden behoeven verschillende maatregelen. Omdat natuur een breed begrip is en overal te vinden, zeker in een natuurinclusieve samenleving, zijn er vele partijen bij wie de beslissingsbevoegdheid en de uitvoerende taak ligt. Dat maakt coördinatie en uitvoering van de opgave ingewikkeld.

6 Waterkwaliteit

Geschreven door: Roberta Hofman-Caris (KWR)

6.1 Inleiding

Klimaatverandering uit zich in Nederland door middel van twee verschillende effecten:

1. Het wordt warmer
2. Extreme klimaatcondities komen vaker voor en nemen toe in intensiteit. Bijvoorbeeld langdurige periodes van droogte en hitte, afgewisseld met wateroverlast veroorzakende piekbuien.

Deze klimaateffecten zijn inmiddels al merkbaar geworden in Nederland (Compendium voor de Leefomgeving, 2023; KNMI, 2023; Weeronline, 2024).

De watertemperatuur kan rechtstreeks invloed hebben de waterkwaliteit (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2025). Hogere temperaturen leiden tot lagere zuurstofconcentraties in het water, deels doordat organismen meer zuurstof gebruiken bij hogere temperaturen, deels doordat de oplosbaarheid van zuurstof afneemt bij toenemende temperatuur. Daarnaast beïnvloedt de temperatuur de microbiologische waterkwaliteit, bijvoorbeeld door groei van opportunistische ziekteverwekkers (zoals Legionella) in water. Op sommige locaties in het drinkwaterdistributiesysteem kunnen de temperaturen stijgen tot waarden waarbij Legionella pneumophila zich kan vermeerderen, en in het hele drinkwatersysteem voor problemen kan zorgen (van de Wielen & Smeets, 2024). Inmiddels is al aangetoond dat klimatologische veranderingen van de afgelopen tien jaar medeverantwoordelijk lijken te zijn voor het toegenomen aantal mensen met de veteranenziekte. Dit wordt gelinkt aan koeltorenwater (Reukers et al., 2024). Tijdens vochtige bewolkte weersomstandigheden bij hogere temperaturen kunnen deze bacteriën langer overleven in de lucht, waardoor ook in de winter de ziekte vaker voorkomt.

Piekbuien leiden tot een lager zuurstofgehalte van het oppervlaktewater, doordat er plotseling veel water bijkomt. Daarnaast veroorzaken ze riool overstorten en overstromingen. Die beïnvloeden op hun beurt de waterkwaliteit: Er komen verontreinigingen in het water terecht, en riool overstorten zorgen voor lagere zuurstofgehalten van het oppervlaktewater. Door riool overstorten en afspoelend regenwater kunnen stikstof en fosfaat vanuit externe bronnen in het water belanden ('externe eutrofiëring'). Tijdens piekbuien worden er meer organische microverontreinigingen (OMV) en toxische stoffen in het oppervlaktewater gespoeld, zoals microplastics afkomstig van autobanden, koper van autoremmen, olie en dergelijke, wat zich in droge periodes op het oppervlak ophoopt. Ook worden bodemverontreinigingen uit vroegere industriegebieden uitgespoeld. De effecten worden versterkt door een minder effectieve werking van afvalwaterzuiveringsprocessen bij hogere aanvoer van water.

De piekbuien worden afgewisseld met periodes waarin het droger is dan vroeger (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2025; Bessembinder et al., 2023; Stichting Climate Adaptation Services, 2025). Aangezien de vracht van verschillende verontreinigingen (zoals geneesmiddelen) vrij constant is, nemen de concentraties in het oppervlaktewater toe tijdens droogte. Een andere bron van verontreiniging bij droogte is het inlaten van gebiedsvreemd water om de waterstanden te verhogen. Dit water is mogelijk vervuild en vaak rijker aan stikstof en fosfaat.

Vanwege zeespiegelstijging, bodemdaling en inpoldering in het verleden dringt meer zout water vanuit zee het land in. Dit leidt tot verzilting van oppervlakte- en grondwater (Haasnoot, 2018). Daarnaast bevat het oppervlaktewater meer nutriënten als stikstof en fosfor, met als gevolg eutrofiëring. Deels wordt dit veroorzaakt door de versnelde afbraak van organisch materiaal bij hogere temperaturen, waarbij nutriënten vrijkomen. Hierbij wordt overigens veel zuurstof uit het water opgenomen, wat tot zuurstoftekorten kan leiden. In periodes met droogte blijven de stikstof- en fosfaatgehalten dan hoog.

6.2 Adaptatieopties

Bij de klimaatrisico's is uitgegaan van een combinatie van stijgende temperatuur, langduriger periodes van droogte, en meer overlast door piekbuien. De hierdoor veroorzaakte waterkwaliteitsproblemen zijn hierboven beschreven.

We beschrijven zeven adaptatieopties, oftewel maatregelen, die voor een deel gelijktijdig en voor een deel achtereenvolgend kunnen c.q. moeten worden uitgevoerd.

6.2.1 Zero-pollution

Juist bij klimaatverandering wordt bronbescherming steeds belangrijker "Wat er niet in komt, hoeft er ook niet uit", is een in dit kader veel gehoorde uitspraak (Rijksoverheid, 2019). Dit vraagt om adequate wet- en regelgeving in combinatie met handhaving (vergunningverlening – toezicht – handhaving, VTH). Dit is nodig om puntlozingen en diffusie lozingen tegen te gaan. Er moet een einde komen aan eeuwigdurende lozingsvergunningen, en lozingsvergunningen moeten worden herzien (Contenture, 2021; Redactie Waterforum, 2024). Het moet bekend zijn wat er precies geloosd wordt, zodat hierop ook gehandhaafd kan worden. Het geldt evenzeer voor diffuse verontreinigingen, zoals veroorzaakt door het op het land brengen van gewasbeschermingsmiddelen (De Dekker, 2025a; De Dekker, 2025b), of via diergeneesmiddelen (Boxall et al., 2003). Naast het toepassen van verboden kan ook worden ingezet op stimuleringsmaatregelen, bijvoorbeeld door het verlenen van subsidies voor maatregelen die emissies tegengaan. De meest effectieve maatregel is het absoluut voorkomen van een bepaalde verontreiniging door milieueffecten duidelijk mee te wegen bij toelating van productie en gebruik van stoffen, en eventueel sommige stoffen niet toe te laten.

Deze maatregel loopt door over de gehele periode, om effectief te blijven.

6.2.2 Uitbreiding waterzuiveringsprocessen

Een uitbreiding van de waterzuiveringsprocessen voor alle afvalwater (stedelijk en industrieel afvalwater, enz.) helpt de waterkwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren (European Union, 2024). Vanwege de verslechterende kwaliteit van bronnen voor drinkwater moet ook de drinkwaterzuivering worden aangepast (European Union, 2020). In alle gevallen moet de zuivering worden aangepast c.q. uitgebreid op veranderende bronnen en bronkwaliteiten, en op de toepassingen en functies voor het water (Tas, 2023; Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, 2025; Vitens, 2025). Implementatie is mogelijk op verschillende schaalgroottes. Op dit moment wordt voor stedelijk afvalwater altijd een biologische zuivering met behulp van actief slib toegepast, maar vanwege de nieuwe Wastewater Directive (European Union, 2024) en de kwaliteitseisen in de KRW worden steeds vaker extra zuiveringsstappen geïmplementeerd, zoals met actieve kool (Berkhof et al., 2018; Vergnes et al., 2020) of met ozon (Hofman-Caris, 2024). Hierbij moet rekening worden gehouden met de afvoer van water bij extreme regenval. Dat betekent dat de zuivering flexibel met grote variaties in aanbod moet kunnen omgaan. Wellicht wordt desinfectie van behandeld afvalwater in de toekomst nodig, om microbiële verontreiniging van oppervlaktewater tegen te gaan. Dit kan ofwel via een technologisch proces, ofwel via natuurlijke nazuivering met behulp van wetlands.

De waterzuivering moet om kunnen gaan met sterkere fluctuaties en, zeker als er geen gescheiden rioolstelsel is, een hogere belasting aankunnen om overstorten te voorkomen. Daarnaast geldt dat bij hogere temperaturen in de regel ook het kraanwaterverbruik per persoon toeneemt, wat dus ook een grotere drinkwatervraag met zich meebrengt. Dit zou kunnen betekenen dat er meer drinkwater gezuiverd moet worden, of dat andere kwaliteiten water voor bepaalde doeleinden ingezet moeten worden.

Deze maatregelen starten al direct omdat de kwaliteit van de bronnen nu al onder druk staat, maar ze blijven ook doorlopen en worden opgeschaald gedurende de hele periode, omdat de waterzuivering zich altijd aan de aangeboden kwaliteit zal moeten aanpassen.

De uitbreiding van de waterzuivering is verbonden met de inrichting van het watersysteem (maatregel 3), omdat bijvoorbeeld door de aanleg van buffer, een rioolwaterzuivering meer hemelwater kan verwerken.

6.2.3 Inrichting van het watersysteem

Met inrichting van het watersysteem wordt bedoeld het geheel aan grondwater en oppervlaktewater en hoe hiermee wordt omgegaan. Dit omvat bijvoorbeeld inname voor drinkwater, industriewater en landbouw, lozing van (behandeld) afvalwater, het afpompen van teveel water, het inlaten van gebiedsvreemd water bij droogte, enzovoort. Het watersysteem moet als geheel worden meegenomen in allerlei maatregelen, zodat niet een maatregel ter verbetering van één aspect ergens anders tot problemen leidt.

Hoe en waar vangen we water op, houden we het vast, en waar leiden we het naar toe? Voorbeelden zijn wadi's voor regenwateropvang, het afkoppelen van regenwaterriolen van het centrale rioolstelsel, ondergrondse of bovengrondse opslag enz. Er moet een nieuwe balans worden gevonden tussen afvoer van hemelwater om wateroverlast te voorkomen en wateropslag voor droge periodes. Dit geldt zowel voor bronnen van drinkwater, als voor bijvoorbeeld landbouw en industrie. Dit leidt tot nieuwe uitdagingen op het gebied van kwantiteit en kwaliteit van het opgeslagen water (WaterForum, 2025).

Aanpassingen van het watersysteem gelden zowel voor stedelijk gebied, vergroening, natuur, landbouw als voor industriegebieden. Men kan bij de inrichting van het watersysteem denken aan her-meanderen en het natuurlijker maken van watersystemen en oevers. Dit heeft gunstige effecten op waterkwaliteit. Door meer ruimte voor het water te reserveren ontstaat er bovendien meer bergingscapaciteit ('meer ruimte voor de sloot'). Daarnaast kan water meer circulair worden ingezet, bijvoorbeeld door afvalwater zodanig te zuiveren dat het bruikbaar is in industrie of landbouw. In landelijk gebied moet echter ook aandacht zijn voor andere functies dan landbouw. Een voorbeeld is het voorkomen van funderingsschade als gevolg van te grote schommelingen in grondwaterstanden. Door het watersysteem aan te passen kunnen bestaande functies van gebieden mogelijk blijven, of nieuwe functies mogelijk worden.

Een extra aandachtspunt bij de inrichting van watersystemen is de rol van water voor bij recreatie, sporten en de (mentale) gezondheid van mensen.

Bij de inrichting van werklandschappen en woonwijken zullen we meer aandacht moeten geven aan het voorkomen van hittestress. Meer groen, en de aanleg van blauw-groene daken spelen hierbij een rol.

Deze maatregel begint nu al en loopt door tot na 2100.

6.2.4 Nieuwe bronnen, meer circulariteit

Er is steeds meer drinkwater nodig, door bevolkingsgroei en door een toenemend gebruik per hoofd van de bevolking (Compendium voor de Leefomgeving, 2024). Tegelijkertijd verwachten we al in 2030 serieuze tekorten (DrinkwaterPlatform, 2025). Sommige drinkwaterbronnen zijn door kwantiteits- of kwaliteitsproblemen - die vaak samenhangen - niet meer te gebruiken. Er wordt op dit moment al gekeken naar het gebruik van brak water (Wolthek et al., 2013; DrinkwaterPlatform, 2021), en zeewaterontzouting (Bonnélye et al., 2007). Een andere optie is het beter zuiveren van afvalwater, zodat het gebruikt kan worden voor bv. landbouw en industrie (die daardoor minder beroep doen op drinkwater of drinkwaterbronnen) of misschien zelfs wel voor drinkwaterproductie (Bertelkamp et al., 2020; Hofman-Caris et al., 2023). Hier komen ook decentrale, kleinschaliger zuiveringen in beeld om afvalwater direct te kunnen zuiveren voor bepaalde toepassingen (Bandyopadhyay, 2024; Tyagi et al., 2024).

Deze maatregelen kennen een lange aanlooptijd, en kunnen worden toegepast tot een middelgroot klimaateffect. Bij een ernstig klimaateffect zal wellicht moeten worden overgeschakeld op point-of-use zuivering (zie punt 5).

6.2.5 Point-of-use zuivering

Point-of-use zuivering betekent een extra zuiveringsproces op de plek waar het water gebruikt wordt. Een voorbeeld is een extra filter of een UV-lampje voor desinfectie aan de kraan. Als de waterkwaliteit te slecht wordt, gaat het relatief erg veel inspanning kosten om al het water in huis als drinkwaterkwaliteit te leveren. Dan is een overweging een iets mindere kwaliteit water via het net te leveren (een soort 'huishoudwater'), en

mensen te vragen om het water dat ze willen consumeren aan de kraan extra te zuiveren, of om gebruik te maken van flessenwater. In sommige landen is dit al de praktijk (Bandyopadhyay, 2024).

Als de verantwoordelijkheid voor het onderhoud bij de burgers zelf komt te liggen, moet je mogelijk accepteren dat dit negatieve gevolgen kan hebben voor de volksgezondheid. Bij flessenwater is de volksgezondheid minder in het geding, maar dit is veel duurder: op dit moment een factor duizend duurder dan kraanwater. Bovendien heeft flessenwater een veel grotere milieu-impact: op dit moment ongeveer 1500 keer zo groot dan de impact van kraanwater (Thomassen et al., 2021). De technieken voor point-of-use zuivering bestaan al, maar de capaciteit is voorlopig een knelpunt.

Dit punt komt in beeld vanaf ernstige klimaateffecten. Het heeft wel enige aanlooptijd, maar de meeste technieken hiervoor bestaan nu al.

6.2.6 Transformeren van functies

Zijn bestaande functies (bewoning, landbouw, industrie, natuur) onveranderd te handhaven? Ze leveren immers een bijdrage aan waterverontreiniging. Bovendien moeten de kosten en veroorzaakte milieu-impact van een zuivering worden afgezet tegen de opbrengsten van het produceren van water van geschikte kwaliteit. Daarnaast moeten we hierbij rekening houden met de mogelijkheden en impact van de distributie van dit water over een bepaalde afstand van bron naar klant, waarbij een toenemende temperatuur ook voor kwaliteitsproblemen kan zorgen in het net.

Kiezen we voor de beste of goedkoopste bron, met mogelijk een grote distributieafstand, of voor een duurdere zuivering op kleinere afstand?

Is het mogelijk de landbouw in een bepaald gebied beter aan te passen aan de veranderende omstandigheden, bijvoorbeeld door andere bedrijfsvoering of andere typen teelt?

Welke mogelijkheden bieden aangepast peilbeheer?

Vergelijkbare overwegingen gelden voor de aanpassing van industriële activiteiten.

Uit bovenstaande vragen voortvloeiende maatregelen zullen niet onmiddellijk van start gaan, maar een aanlooptijd vergen. Naarmate de klimaateffecten ernstiger worden (hogere temperaturen, meer verdroging, meer wateroverlast), zullen rigoureuzere maatregelen nodig zijn om landbouw mogelijk te blijven maken (overigens niet alleen in relatie tot het watersysteem, maar ook in verband met stikstof, CO₂ en gezondheidseffecten). Dergelijke maatregelen vergen een lange voorbereidingstijd.

6.2.7 Uutfaseren of verplaatsen van functies

Kunnen we de gestelde natuurdoelen nog halen? Is het mogelijk op een bepaalde plek centraal drinkwater te blijven maken of moeten we flessen aanleveren uit een andere regio? Kunnen bepaalde typen industrie en landbouw wel blijven voortbestaan in een bepaald gebied van Nederland? Moeten we bepaalde functies op sommige locaties opgeven omdat ze niet meer haalbaar zijn in het systeem, of opgeven om plaats te maken voor andere functies die beter bij het systeem passen?

Er is een visie nodig op welke natuur, welke voorzieningen, welke industrie en welke landbouw van strategisch en sociaal belang zijn voor Nederland. Daarbij worden niet-prioritaire punten aangepast op basis van waterbeschikbaarheid. Misschien kunnen functies worden samengevoegd of moeten ze juist veranderen.

Dit geldt over het algemeen vooral bij veel klimaateffecten, en komt dus pas over een langere periode in beeld. Maar deze maatregelen vergen ook een lange aanlooptijd.

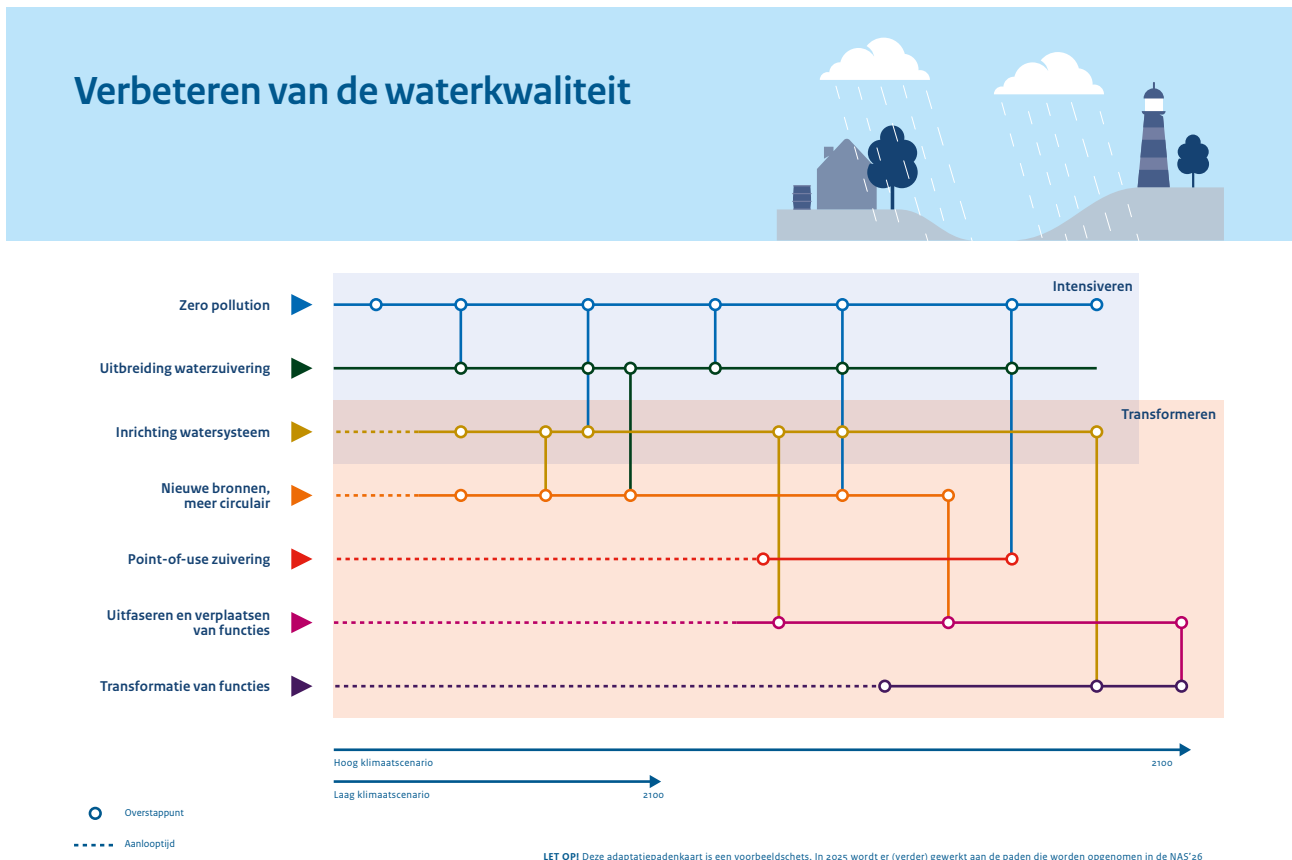
Een overzicht van alle zeven voorgestelde maatregelen en hun effectiviteit bij verschillende mate van klimaatverandering staat in Tabel.

Tabel 6-1: Overzicht van de effectiviteit van de voorgestelde maatregelen bij verschillende klimaatveranderingen. ++ zeer effectief, + effectief

Klimaatverandering	Laag	Middel	Hoog
Maatregel			
1 Zero-pollution	++	++	++
2 Uitbreiding waterzuiveringsprocessen	++	++	+
3 Inrichting watersysteem	++	++	+
4 Nieuwe bronnen, meer circulariteit	++	++	+
5 Point-of-use zuivering	+	+	+
6 Transformeren van functies	+	++	++
7 Uitfaseren of verplaatsen van functies	+	+	++

6.3 Adaptatiepaden

Voor de adaptatiepaden zijn drie horizontale assen gebruikt. De eerste is een generieke as, die de grootte van het klimaateffect aangeeft. De beide andere zijn gelinkt aan een periode. Hierbij is aangenomen dat bij een gemiddelde klimaatverandering in 2100 een gemiddeld klimaateffect wordt waargenomen op de waterkwaliteit, terwijl bij een grote klimaatverandering gemiddelde effecten optreden rond 2050, en grote effecten spelen in 2100.



Figuur 6-1: Adaptatiepadenkaart voor verbeteren van de waterkwaliteit

De zeven adaptatieopties, oftewel maatregelen voor waterkwaliteit rangschikken we onder twee adaptatiepaden:

Intensiveren en Transformeren.

1 Intensiveren: bestaande systemen worden aangepast aan de veranderende omstandigheden. Hieronder vallen:

Maatregel 1: zero-pollution. Dit voorkomt de verontreiniging van water. Deze maatregel kan snel ingaan en geldt voor de hele periode.

Maatregel 2: uitbreiding van zuiveringsprocessen. Als de waterkwaliteit niet voldoet voor de bestaande functies, kunnen zuiveringen worden aangepast. Deze maatregel vertoont een wisselwerking met maatregel 1. Hoe meer verontreinigingen, des te meer moeten zuiveringen worden aangepast en andersom. Uitbreidingen van zuiveringen vinden nu al plaats, en zullen over een lange periode kunnen blijven plaatsvinden., totdat de inspanning ten opzichte van de opbrengst te groot wordt.

Maatregel 3: inrichting watersysteem. Door de inrichting van het watersysteem te optimaliseren, kunnen bestaande functies behouden blijven. Deze maatregel vergt wel meer voorbereiding. Deze maatregel hangt samen met maatregel 2 en valt deels onder het Transformatiepad, waardoor er meerdere overstapmomenten mogelijk zijn.

2 Het tweede adaptatiepad is Transformeren. Bestaande functies kunnen niet meer in de huidige vorm worden voortgezet, of moeten worden verplaatst naar andere gebieden.

Maatregel 3: inrichting watersysteem valt deels onder het Transformatiepad. Het kan zijn dat de noodzakelijke veranderingen in de inrichting van het watersysteem niet verenigbaar zijn met de huidige functies. Dan zullen die functies dus aangepast moeten worden.

Maatregel 4: nieuwe bronnen, meer circulair. Hierbij zijn de huidige bronnen niet meer toereikend wat betreft kwaliteit en/of kwantiteit. Dan komen nieuwe bronnen in beeld, en ook hergebruik van gezuiverd afvalwater voor diverse functies. Dit gaat misschien samen met andere veranderingen van bv. landbouw of industrie, maar dat is niet noodzakelijk. Deze maatregel hangt samen met maatregel 2, want de zuivering moet hierop worden aangepast.

Maatregel 5: point-of-use zuivering. Deze oplossing komt in beeld als het zuiveren van water tot de gewenste kwaliteit niet meer mogelijk is tegen aanvaardbare kosten en aanvaardbare milieu-impact. Het grote nadeel is dat het moeilijk is de volksgezondheid hierbij te blijven waarborgen. Dit vraagt om een maatschappelijke discussie: Welk risico achten we aanvaardbaar. De technieken hiervoor bestaan al, maar het is de vraag of ze op voldoende grote schaal geleverd kunnen worden. Vandaar dat hier wel enige voorbereidingstijd voor nodig is.

Maatregel 6: transformatie van functies. Als het watersysteem en de waterkwaliteit niet meer aangepast kunnen worden aan de gewenste functies, komt het aanpassen van de functies zelf in beeld.

Maatregel 7: uitfasen en verplaatsen van functies.

Als de waterkwaliteit zodanig verslechtert dat aanpassen van functies niet meer mogelijk is, kan het noodzakelijk worden bepaalde functies helemaal naar een ander gebied te verplaatsen.

6.4 Interacties met andere opgaven

Er zijn veel interacties tussen waterkwaliteit en de andere opgaven.

De interactie met landbouw is evident vanwege de uitspoeling van stikstof, fosfaat en verontreinigingen. Waterkwantiteit en -kwaliteit zijn van grote invloed op de mogelijkheden landbouw te bedrijven. Maar alle functies in een gebied concurreren met elkaar om voldoende water van geschikte kwaliteit. Door het watersysteem op een andere manier in te richten, en door meer gebruik te maken van hergebruik van water, kan er meer water beschikbaar zijn voor verschillende functies. Zero-pollution heeft twee raakvlakken met landbouw: enerzijds zorgt het voor een betere waterkwaliteit voor de landbouw zelf (bijvoorbeeld door een betere zuivering van afvalwater dat op oppervlaktewater geloosd wordt), anderzijds betekent het dat landbouw moet voorkomen dat verontreinigingen in het water terechtkomen. Dit is lastig, omdat landbouw vaak een diffuse bron van verontreinigingen is. Indien het niet meer lukt om de waterkwantiteit en -kwaliteit aan te passen aan de behoeftes van de landbouw, kan het zijn dat de landbouw moet worden aangepast aan de waterkwaliteit, of wellicht uiteindelijk zelfs verplaatst moet worden.

Wat hierboven is beschreven voor landbouw, geldt in zekere zin ook voor de werklandschappen. Welke industrie mogelijk is, hangt in bepaalde gevallen ook af van de beschikbaarheid van voldoende water van geschikte kwaliteit. Ook hier kan hergebruik van water gunstig zijn, en kan een andere inrichting van het watersysteem wateroverlast of juist droogte voorkomen. Het uitbreiden van zuiveringsprocessen kan de industrie helpen geschikt water te krijgen, maar is anderzijds ook een inspanning voor de industrie, die zijn afvalwater beter zal moeten zuiveren. Uiteindelijk kan ook hier het noodzakelijk worden functies te transformeren of te verplaatsen.

Bij nieuwbouwwijken en klimaatbestendig wonen speelt water een belangrijke rol. Er is steeds meer aandacht voor het opvangen en eventueel gebruiken van hemelwater, vooral ook om overlast door piekbuien te voorkomen. Bovendien kan water helpen hittestress te voorkomen. Hiervoor worden blauwgroene daken aangelegd, en meer groen aangeplant. Dat laatste heeft echter ook een grote watervraag. Een andere inrichting van het watersysteem en een betere zuivering die hergebruik mogelijk maakt, zijn dan van invloed op de inrichting van woonwijken.

Natuur heeft een grote behoefte aan water van een goede kwaliteit. Sommige gebieden zijn gebaat bij relatieve droogte, andere vragen meer water. Maar in alle gevallen zal het gunstig zijn als het water niet of zo min mogelijk verontreinigd is. Zero-pollution, en uitgebreidere afvalwaterzuivering, en een andere inrichting van het watersysteem zijn belangrijke maatregelen voor de natuur.

Gezondheid is rechtstreeks gerelateerd aan waterkwaliteit. Recreëren en sporten op en in het water hebben een gunstig effect op de mentale en fysieke gezondheid van mensen. En de drinkwaterkwaliteit heeft ook directe gevolgen voor de gezondheid. Als point-of-use zuivering noodzakelijk zal worden, zal dat direct gevolgen kunnen hebben voor de volksgezondheid, ook in negatieve zin. Van de andere kant zullen zero-pollution en uitgebreidere zuiveringsprocessen positieve effecten hebben op de gezondheid.

Klimaatverandering heeft op verschillende manieren effect op de waterkwaliteit. Verzilting is één van de effecten die door klimaatverandering wordt bevorderd, maar ook watertekorten bij droogte en overlast door te veel water (en daardoor overstromingen en riool overstorten) zorgen voor een slechtere chemische en microbiologische waterkwaliteit. Bovendien is ook een hogere temperatuur zelf van invloed op de (microbiologische) waterkwaliteit.

Op korte termijn kan met behulp van maatregelen die onder de noemer "Intensiveren" vallen een verbetering van de waterkwaliteit worden bereikt. De meest voor de hand liggende maatregel is zero-pollution: verontreinigingen die niet in het watersysteem terechtkomen, hoeven ook niet eruit verwijderd te worden. Door te streven naar een adequaat vergunningenbeleid en bijbehorende handhaving kan de waterkwaliteit zeker verbeterd worden. Dit zal niet overal voldoende zijn, en in die gevallen kunnen zuiveringsprocessen worden uitgebreid, om de waterkwaliteit te verbeteren. Het is de verwachting dat dit op den duur

onvoldoende zal zijn, en dat daarom het watersysteem ook aangepast zal moeten worden. Dit vergt meer tijd, maar er vinden al ontwikkelingen op dit gebied plaats.

Op de langere termijn zal "Transformeren" nodig zijn. Dit gebeurt als bestaande functies niet meer in de huidige vorm kunnen worden voortgezet of moeten worden verplaatst naar andere gebieden. De inrichting van het watersysteem, die deels onder 'Intensiveren' valt, zal ook deel uitmaken van "Transformeren", indien grote aanpassingen nodig zijn. Het is mogelijk dat sommige functies (bijvoorbeeld bepaalde typen landbouw of industrie) niet verenigbaar zijn met de noodzakelijke aanpassingen in het watersysteem, en daarom aangepast moeten worden.

We voorzien ook dat andere bronnen zullen moeten gaan gebruiken, en meer circulair (hergebruik van afvalwater) zullen moeten gaan werken. Deze aanpassingen vereisen ook aangepaste zuiveringstechnieken (zie maatregel 2).

Het is de vraag of we de huidige beschikbare kwaliteit water, bijvoorbeeld bij drinkwater, willen of kunnen handhaven, of dat er misschien moet worden overgestapt op een soort basiskwaliteit, waarbij mensen het water zelf voor de beoogde toepassing verder moeten zuiveren.

Tot slot kan het nodig zijn functies aan te passen aan de beschikbare waterkwaliteit, of wellicht te verplaatsen naar een andere locatie, waar die kwaliteit wel beschikbaar is.

De effectiviteit van de voorgestelde maatregelen hangt af van de implementatie ervan. Bovendien hangt het samen met andere opgaven en de maatregelen die daarin geïmplementeerd worden, zoals de natuur, woonwijken, landbouw en industrie. Voor een succesvolle implementatie is samenwerking in het gehele watersysteem cruciaal.

7 Seveso-inrichtingen voorbereiden op klimaatrisico's

Geschreven door: Jan Kwakkel (TU Delft)

7.1 Inleiding

Het doel van de Seveso III-richtlijn (2012/18/EU) is de preventie van zware ongevallen bij inrichtingen waar grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn of kunnen zijn. De Seveso-richtlijn benadert het veiligheidsdoel integraal. Bij het treffen van veiligheidsmaatregelen wordt geïntegreerd aandacht besteed aan de veiligheid voor de omgeving, de arbeidsveiligheid en de voorbereiding van de bestrijding van rampen en zware ongevallen. Seveso richt zich niet op langdurige blootstelling of gezondheidsaspecten.

De Seveso III-richtlijn bevat algemene regels die gericht zijn tot de exploitant van activiteiten met bepaalde gevaarlijke stoffen of met gevaarlijke stoffen in bepaalde hoeveelheden. Deze regels zien onder meer op het treffen van beheersmaatregelen om zware ongevallen te voorkomen en op het periodiek verstrekken van een veiligheidsrapport aan het bevoegd gezag. Dat moet dit rapport vervolgens beoordelen en openbaar maken.

Het bedrijfsleven heeft de primaire verantwoordelijkheid voor de bescherming van de werknemers en de omgeving. Daarnaast moet de overheid erop toezien dat het bedrijfsleven deze verantwoordelijkheid waarmaakt. Om dit te bereiken stelt de overheid regels en ziet toe op de naleving daarvan. In Nederland zijn ongeveer 400 Seveso-locaties. Ongeveer 65% van deze bedrijven zijn 'hogedrempelinrichting'. De hogedrempelinrichtingen zijn verplicht een veiligheidsrapport op te stellen dat voldoet aan de eisen die zijn vastgelegd in de artikelen 4.14 tot en met 4.18 van het Besluit Activiteiten Leefomgeving. In het veiligheidsrapport moet staan: "[een] gedetailleerde beschrijving van de scenario's voor mogelijke zware ongevallen en de omstandigheden waarin deze zich kunnen voordoen, inclusief een samenvatting van de voorvallen die bij het op gang brengen van deze scenario's een belangrijke rol kunnen spelen, ongeacht of de oorzaken binnen of buiten de installatie liggen, en inclusief met name natuurlijke oorzaken, bijvoorbeeld aardbevingen of overstromingen".

Uit de KNMI '23-scenario's blijkt dat de weersinvloeden op Seveso-inrichtingen zullen wijzigen. Deze weersinvloeden zullen zowel directe als indirecte effecten veroorzaken. Onder directe effecten vallen effecten zoals toenemende kans op overstroming vanuit zee/rivieren, droogte door neerslagtekort of door afname van rivierafvoeren, extreme hitte, extreme neerslag en wind. Onder secundaire effecten vallen zaken zoals versnelde degradatie van verf en andere beschermingsmechanismen door toename van UV-intensiteit, en spanningen in kabels en leidingen door verdroging.

De mogelijke verandering in klimaat zijn ruimtelijk heterogeen en verschillen per cluster:

- Cluster Noord-Nederland: De zeehavens Delfzijl/Eemshaven, Den Helder en Harlingen; hierin is vooral een toename in overstroming te verwachten rond 2100 in het gebied van Harlingen.
- Cluster Noordzeekanaalgebied: De zeehavens Amsterdam, Zaanstad, Beverwijk, Velsen, IJmuiden incl. Tata Steel; hier speelt vooral droogte door neerslagtekort en rivierafvoer vanaf 2050 een grotere rol dan nu.
- Cluster Rotterdam-Moerdijk: De zeehavens Rotterdam, Vlaardingen, Schiedam, Dordrecht en Moerdijk; hier speelt droogte door neerslagtekort en rivierafvoer en kans op overstroming vanuit rivier vanaf 2050 een grotere rol dan nu.
- Cluster Chemelot: Het Chemelot terrein in Sittard-Geleen, incl. de binnenhaven Stein; hier speelt vooral droogte door neerslagtekort en rivierafvoer en hitte vanaf 2050 een grotere rol dan nu
- Cluster Zeeland/Bergen op Zoom: De zeehaven North Sea Port in de gemeenten Vlissingen, Borsele en Terneuzen; hier speelt vooral droogte door neerslagtekort en rivierafvoer vanaf 2050 een grotere rol dan nu.

Uit deze inventarisatie blijkt dat regionale verschillen in weersbeelden optreden. Deze klimaatsveranderingen kunnen invloed hebben op het functioneren van veiligheidsmaatregelen en algemene bedrijfsvoering. De veiligheid- en risico-studies waaruit veiligheidsmaatregelen zijn voortgekomen, zouden door klimaatsveranderingen vragen om aanpassingen. De uitgangspunten voor de mogelijke toekomstige klimaatomstandigheden zouden inzichtelijk kunnen maken of de huidige bedrijfsvoering en de veiligheidsmaatregelen toekomstbestendig zijn.

Het klimaat verandert zelfs in de meest optimistische scenario's nog een flinke tijd door. Het is veiliger en uiteindelijk goedkoper om daar tijdig rekening mee te houden: (a) de kosten van broeikasgasreductie zijn lager dan de kosten van de gevolgen; (b) voor de veranderingen die al niet meer te vermijden zijn is het goedkoper om tijdig te investeren in aanpassing; (c) ondanks die aanpassing zal schade optreden, die deels kan worden beperkt met betere waarschuwingen en goede voorbereiding.

Het overkoepelende doel van de Seveso-opgave is dat het risico op zware ongevallen bij inrichtingen waar grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn of kunnen zijn, niet verandert als gevolg van een veranderd klimaat. Praktisch betekent dit op installatie-niveau proactief analyseren hoe veranderende klimatologische omstandigheden in de breedste zin invloed hebben op het risico van een zwaar ongeval. Zodat er tijdig maatregelen genomen worden om eventuele toename van het risico te mitigeren.

7.2 Adaptatieopties

De vijf mogelijke maatregelen hieronder schalen op.

Ze beginnen bij technische aanpassingen aan bestaande installaties om deze aan te passen aan de veranderende klimatologische omstandigheden. De precieze aard van deze maatregelen hangt af van het type installatie. Voorbeelden zijn koepels over opslagtanks om ze te beschermen tegen extreme neerslag, of aanpassingen aan de brandblusinstallatie vanwege toenemende maximum temperaturen.

De tweede mogelijke maatregel is het nemen van operationele maatregelen op de Seveso-locatie tijdens gebeurtenissen. Denk bijvoorbeeld aan het tijdig bijplaatsen van pompen om tijdens extreme neerslag water weg te pompen, of aan het vergroten van de on-site opslag van bluswater om tijdens extreme droogte over voldoende bluswater te blijven beschikken.

Zowel technische aanpassingen als on-site operationele maatregelen zijn de verantwoordelijkheid van de eigenaar van de Seveso-inrichting.

Een derde maatregel is het opschalen van off-site maatregelen voor meerlaagse veiligheid. Dit zal bijvoorbeeld gaan om aanpassingen bij de hulpdiensten om beter voorbereid te zijn, of het aanpassen van veiligheidscontouren rondom installaties om het externe veiligheidsrisico binnen de geldende normen te houden.

Naarmate klimaatverandering verder toeneemt, is het van belang om hier proactief rekening mee te houden in de aanleg van nieuwe Seveso-installaties.

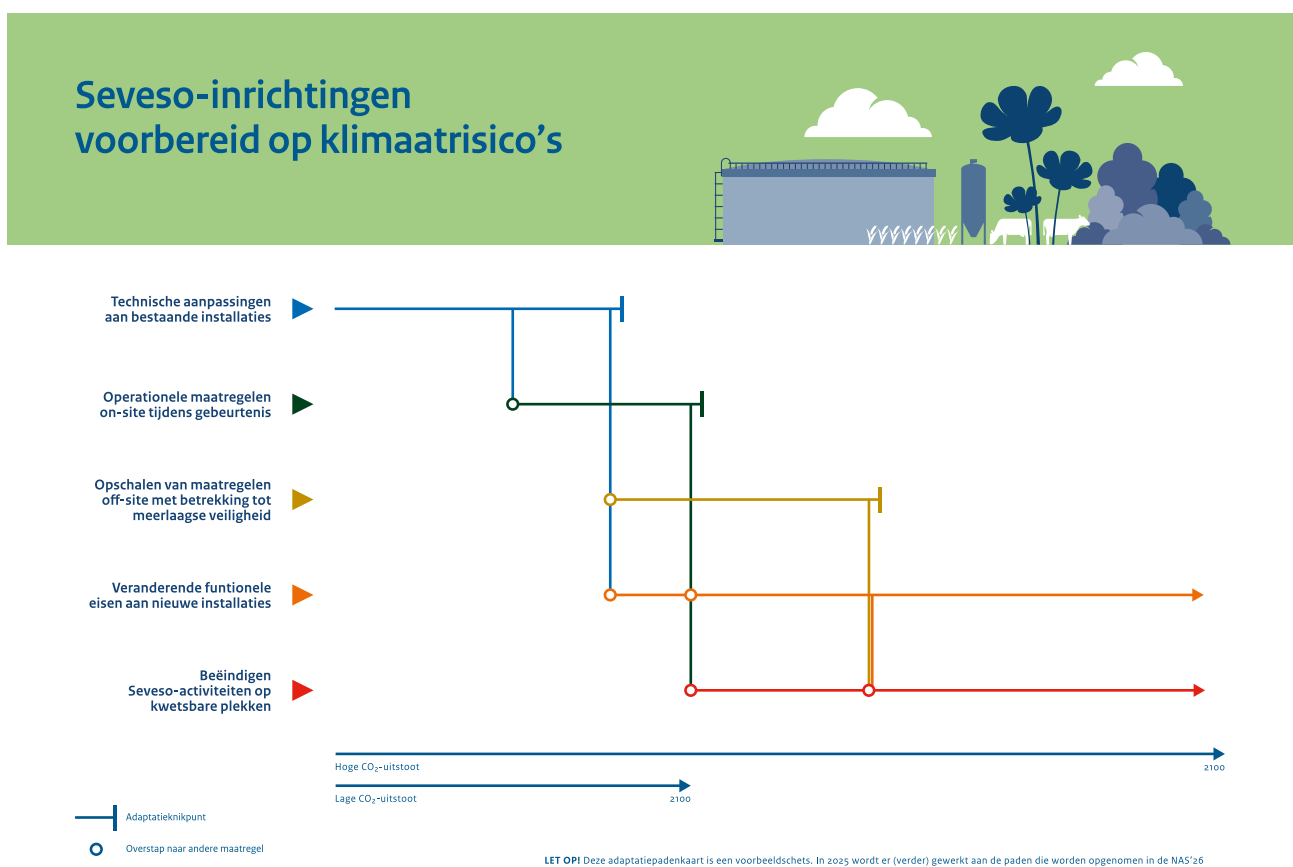
De vierde maatregel is om de functionele eisen waar de installaties aan moeten voldoen aan te passen aan het veranderende klimaat. Hierbij is het van groot belang om deze te baseren op de verwachte toekomstige klimatologische situatie in termen van onder meer neerslagextremen, bliksem-intensiteit, en de maximum omgevingstemperatuur. De gedetailleerde kwantificatie van de KNMI'23-scenario's is hiervoor een zeer nuttig en belangrijk vertrekpunt. Het is ook van belang voldoende ver vooruit te kijken. De oudste bestaande Seveso-installatie stamt uit begin jaren '50. Het ligt dus voor de hand om 50-75 jaar vooruit te kijken bij het aanpassen van de functionele eisen, en na te denken over de aanpasbaarheid over de tijd heen van deze installaties.

De laatste logische maatregel is het beëindigen van Seveso-activiteiten op plekken die buitengewoon kwetsbaar worden. Te denken valt hierbij aan buitendijkse gebieden die in de toekomst mogelijk vaker

overstromen. Een eerste inschatting is dat er bijna geen bestaande Seveso-installaties zijn in dergelijke gebieden. Daardoor zal deze maatregel mogelijk niet nodig zijn.

7.3 Adaptatiepaden

Figuur 7-1 toont de adaptatiepadenkaart voor de Seveso-opgave. Het einddoel van deze verzameling van adaptatiepaden is dat in 2100 klimaatverandering niet leidt tot additionele risico's op ongewone voorvallen bij bedrijven die werken met of die gevaarlijke stoffen opslaan. Op de verticale as staan de mogelijke maatregelen. Op de horizontale staat de snelheid van klimaatverandering zoals die ook gebruikt is in de KNMI'23-scenario's. Afhankelijk van de snelheid van klimaatverandering zijn specifieke maatregelen eerder of later in de tijd nodig.



Figuur 7-1 Adaptatiepadenkaart Seveso-inrichtingen voorbereid op klimaatrisico's

De vijf mogelijke maatregelen kunnen op verschillende manier gecombineerd worden in adaptatiepaden. De basisstructuur van deze paden is hetzelfde: een opschaling begint met maatregelen genomen door de eigenaren van Seveso-installaties, gevolgd door het veranderen van functionele eisen aan nieuwe installaties en daarna de mogelijke beëindiging van Seveso-activiteiten op extreem kwetsbare locaties.

Een eerste pad is technische aanpassingen on-site, on-site operationele maatregelen, veranderingen in de functionele eisen, eindigend met de beëindiging op kwetsbare locaties. In dit pad ligt de primaire verantwoordelijkheid bij de eigenaren van de Seveso-installaties.

Een tweede pad begint ook met technische aanpassingen aan bestaande installaties, gevolgd door opschaling van off-site meerlaagse veiligheidsmaatregelen, aanpassingen in functionele eisen voor nieuwe

installaties, eindigend met de mogelijke beëindiging van Seveso-activiteiten op kwetsbare locaties. In dit pad neemt de overheid een gedeelte van de verantwoordelijkheid over.

In beide paden lopen verschillende maatregelen parallel. Zo zal bij toenemende klimaatverandering het nodig zijn om naast aanpassingen aan de installaties zelf ook te beginnen met aanpassingen in de omgeving (ofwel on-site ofwel off-site, afhankelijk van het pad). Daarnaast zal het op een gegeven moment nodig zijn om de functionele eisen van nieuwe installaties aan te gaan passen, terwijl er in parallel maatregelen genomen blijven worden met betrekking tot bestaande installaties en hun omgeving.

7.4 Verdere aanpak

De implementatie van de adaptatiepadenkaart vereist nauwe samenwerking en coördinatie tussen de verschillende betrokken partijen, aansluitend op de nu al geldende governance structuur:

- De provincie is het bevoegde gezag voor de omgevingsvergunning milieu.
- De Omgevingsdienst heeft in mandaat van de provincie zowel de vergunningverlenende als toezichthoudende taken.
- De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) is adviseur op dergelijke complexe vergunningen en houdt tweedelijns toezicht op provincies.
- De waterschappen, en Rijkswaterstaat voor de rijkswateren, zijn bevoegd voor directe lozingen en hebben zowel een vergunningverlenende als toezichthoudende taak.
- Het ministerie is coördinerend beleidsdepartement voor de verplichtingen uit de Seveso-richtlijn die de Europese commissie aan een lidstaat oplegt. Bijvoorbeeld een rapportage over het aantal inspecties dat wordt uitgevoerd.
- De exploitant van een Seveso-inrichting draagt zorg voor het opstellen en correct uitvoeren van het preventiebeleid voor zware ongevallen. Het preventiebeleid voor zware ongevallen staat borg voor een hoog beschermingsniveau van de menselijke gezondheid en het milieu. Het beleid moet zijn afgestemd op de gevaren van zware ongevallen binnen de Seveso-inrichting.

De geschetste adaptatiepaden beginnen bij maatregelen die de exploitant moet nemen. Dit betekent echter wel dat de exploitant maar ook de verschillende toezichthouders en vergunningverleners bekend moeten zijn met de mogelijke implicaties van klimaatverandering voor Seveso-installaties. Dat zij ook allen gebruik maken van de hiervoor al beschikbare gedetailleerde informatie bij het KNMI, en dat de informatie expliciet meegenomen wordt in vergunningverlening, toezicht en overige verplichte rapportages.

Bij alle Seveso-inrichtingen moet een zogenoemde PBZO-document aanwezig zijn. Voor lagedrempelinrichtingen geldt dat het niet hoeft te worden ingediend, terwijl er voor hogedrempelinrichtingen wel een verplichting is om het in te dienen bij het veiligheidsrapport. Het preventiebeleid moet actueel blijven. Hiertoe moet ten minste iedere vijf jaar aantoonbaar worden beoordeeld of het beleid nog wel passend is, bijvoorbeeld door het te evalueren door middel van een review. Zo nodig wordt het bijgewerkt. De exploitant is verplicht het beleid bij te werken wanneer ontwikkelingen in de stand der wetenschap of techniek, verandering van bedrijfsomstandigheden, of klimaatverandering daartoe aanleiding geven. Deze verplichting geldt in zo'n geval vaker dan eenmaal per vijf jaar. Deze vijfjarige cyclus is een meekoppelkans voor het realiseren van de geschetste maatregelen, mits klimaatverandering hierin expliciet aandacht krijgt en de relevante partijen voldoende kennis en kunde hebben om hier expliciet toezicht op te houden.

Hogedrempelinrichtingen moeten een veiligheidsrapport opstellen en regelmatig updaten. Ook dit is een meekoppelkans voor de implementatie van de geschetste paden. Het veiligheidsrapport heeft als doel het volgende aan te tonen (in de zin van aannemelijk maken):

- Een preventiebeleid voor zware ongevallen en een veiligheidsbeheerssysteem (VBS) zijn ingevoerd;
- Ongeval-scenario's zijn vastgesteld; de gevaren van zware ongevallen zijn geïdentificeerd en de nodige maatregelen zijn getroffen om die te voorkomen en de gevolgen voor de menselijke gezondheid en het milieu te beperken;

- Het ontwerp, de constructie, de exploitatie en het onderhoud van alle met de werking van de Seveso-inrichting samenhangende installaties, opslagplaatsen, apparatuur en infrastructuur die in verband staan met de gevaren van een zwaar ongeval binnen de Seveso-inrichting, zijn voldoende veilig en betrouwbaar.

De ongevalsscenario's moeten ook betrekking hebben op de risico's door natuurlijke oorzaken. Risico's ten gevolge van overstroming of aardbeving worden expliciet genoemd. De Seveso-richtlijn beperkt zich niet alleen tot deze twee natuurlijke oorzaken.

Van de exploitanten wordt verwacht dat zij zich bewust zijn van de mogelijke gevaren van natuurlijke oorzaken, en van mogelijke (nood)maatregelen zowel vooraf, tijdens of na afloop van een ongeval met natuurlijke oorzaak. Daarbij moeten zij rekening houden met de veelal korte waarschuwingstijd, de verwachte kans dat de natuurlijke gebeurtenis daadwerkelijk optreedt, en de onzekerheid over de verwachte gevolgen. Hierbij speelt ook nog een onderscheid tussen natuurlijke gebeurtenissen met directe (extreme) situaties, zoals piekbuien, hagel, en natuurlijke gebeurtenissen die zich langzaam in tijd versterken, zoals zeespiegelstijging. Het gebruik van gedetailleerde klimaatinformatie via het KNNMI is een logische manier om klimaatverandering expliciet te verankeren in de bestaande governance-structuren.

Bij Seveso-bedrijven zijn behalve milieu-partijen nog veel meer partijen betrokken, zoals de Nederlandse Arbeidsinspectie vanwege arbeidsomstandigheden, en de veiligheidsregio's onder andere voor de voorbereiding en bestrijding van rampen en zware ongevallen.

7.5 Conclusie

Klimaatverandering mag het risico op zware ongevallen waar grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn of kunnen zijn, niet veranderen. Dit is het overkoepelende doel van klimaatadaptatie voor Seveso-installaties. De Seveso III-richtlijn ziet onder meer op het treffen van beheersmaatregelen om zware ongevallen te voorkomen, op het periodiek verstrekken van een veiligheidsrapport door de exploitant, en op de beoordeling hiervan door het bevoegd gezag. Om het doel te bereiken is het van belang om in deze al bestaande structuur klimaatverandering op een proactieve manier expliciet mee te nemen.

Het meenemen van klimaatverandering in de bestaande structuur moet aansluiten op de klimaatinformatie die reeds beschikbaar is bij het KNNMI. Uit de KNNMI '23-scenario's blijkt dat de weersinvloeden op Seveso-inrichtingen zullen wijzigen. Directe effecten hiervan zijn meer droogte, meer hittestress, veranderend overstromingsrisico, en een toename van extreme neerslag. Indirect heeft klimaatverandering echter ook effect op bijvoorbeeld beschermende coatings die minder lang mee kunnen gaan, en spanningen op leidingen door droogte. De precieze veranderingen zijn scenario-afhankelijk, ruimtelijk heterogeen, en welke veranderingen relevant zijn is installatie-specifiek.

Praktisch betekent dit dat er op installatie-niveau proactief geanalyseerd moet worden op welke manier veranderende klimatologische omstandigheden in de breedste zin invloed hebben op het risico van een zwaar ongeval. Daardoor kan men tijdig maatregelen nemen om een eventuele toename van het risico te mitigeren. Daarnaast is het zaak om tijdig de functionele eisen aan nieuwe installaties aan te passen, anticiperend op toekomstige klimatologische omstandigheden. Het is ook niet op voorhand uit te sluiten dat op specifieke locaties waar bijvoorbeeld het overstromingsrisico toe gaat nemen, Seveso activiteiten beëindigd worden.

Op hoofdlijnen zijn er twee adaptatiepaden. Het eerste pad legt de primaire verantwoordelijkheid bij de exploitant. Dit pad begint met aanpassingen aan bestaande installaties, gevolgd door extra noodmaatregelen on-site. Bij toenemende klimaatverandering is het daarna van belang om de functionele eisen voor nieuwe installaties aan te passen. Tot slot kan er een punt komen dat op sommige locaties de klimaatrisico's zo groot worden dat het verstandig is om de Seveso-activiteiten op die plekken niet langer voort te zetten. Het tweede pad begint ook met aanpassingen aan bestaande installaties, maar vervolgens worden er meer maatregelen off-site genomen in het kader van meerlaagse veiligheid. Hierna verloopt het pad analoog aan het eerste pad, dus proactieve aanpassingen in functionele eisen en tot slot de mogelijke beëindiging op plekken met een onacceptabele toename van klimaatrisico's.

8 Toekomstbestendige werklandschappen

Geschreven door: Cees-Jan Pen (Fontys Hogeschool Economie en Communicatie)

8.1 Inleiding

Dit hoofdstuk over de NAS '26-opgave Toekomstbestendige Werklandschappen heeft twee doelen: enerzijds het verkennen van en experimenteren met de methode om een nationaal adaptatiepad toekomstbestendige werklandschappen te ontwikkelen en anderzijds het opstellen van een eerste aanzet voor dit adaptatiepad. Adaptatiepaden zijn een belangrijk onderdeel van een bredere, langdurige inspanning voor het herijken 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.

Vanuit de NAS is een probleemstelling voor de opgave 'werklandschappen'¹ opgesteld: De huidige bedrijventerreinen worden omgevormd naar werklandschappen, om ze zo toekomstbestendig te maken.

Het wordt steeds warmer, natter en droger. Het zal vaker voorkomen dat hoge temperaturen effect hebben op het arbeidsproces en de productiviteit van werknemers en machines. Ook kan extreem weer en overstroming ervoor zorgen dat het werkproces en/of transportketens op bedrijventerreinen voor korte of langere tijd worden stilgelegd of zelfs schade oplopen.

Aanvullend is de druk op de terreinen groot: er wordt voor afvangen van de effecten van klimaatverandering in de steden en dorpen vaak gekeken naar oplossingen voor werklandschappen. Ook wordt er vaak gekeken naar werklandschappen om het woningtekort en de netcongestie op te lossen en om circulariteit te realiseren".

Om de opgaven van klimaatadaptatie zo klein mogelijk te houden, is het noodzakelijk om te blijven werken aan mitigatie: het verminderen van de klimaatverandering.

Naast de veel beschreven problemen rond netcongestie en de ontwikkeling richting steeds meer energy hubs op bedrijventerreinen dreigen op korte termijn vergelijkbare problemen rond wateroverlast, maar vooral rond watertekorten en -kwaliteit². Water zal op korte termijn een groter issue worden dan netcongestie. We verwijzen hiervoor graag naar de NAS route 'Verbeteren van de waterkwaliteit'. Er is bijvoorbeeld geen aansluitplicht vastgelegd in de Waterwet voor bedrijven, waardoor ook hier woningbouw voor gaat. Op steeds meer plekken dreigt een tekort aan water en mag er geen water meer opgepompt worden. Vanuit het Programma Verduurzaming Bedrijventerreinen Nederland (PVB) worden de gevolgen al zichtbaar voor grootgebruikers zoals vleesverwerkingsbedrijven, procesindustrieën, en de papierindustrie. Dit soort

1 Term werklandschap gaat voorbij aan het grote belang van bedrijventerrein voor weer toenemen (industriële) productie (Draghi), werken voor alle lagen bevolking, ruggengraat regionaal vestigingsklimaat en landingsplaats voor energie- en vooral circulaire transitie.

2 De industrie is verantwoordelijk voor 25% van het totale waterverbruik. In de industrie wordt water voor verschillende doeleinden gebruikt. De meest voorkomende zijn:

- Koeling: industriële processen genereren warmte die afgevoerd wordt om apparatuur te beschermen en te behouden. Water wordt gebruikt als koelmiddel in systemen zoals koeltorens en warmtewisselaars.
- Reiniging en spoelen: water wordt gebruikt om apparatuur, producten en installaties te reinigen en te spoelen. Dit is vooral belangrijk in sectoren zoals de voedingsmiddelenindustrie, waar hygiëne van groot belang is.
- Proceswater: in veel industrieën wordt water direct gebruikt in het productieproces. Bijvoorbeeld in de chemische industrie, waar water als oplosmiddel of reactiemedium wordt gebruikt.
- Stoomproductie: water wordt omgezet in stoom voor gebruik in energieopwekking en andere industriële processen. Stoom wordt gebruikt om turbines aan te drijven, chemicaliën te verwerken en producten te steriliseren.
- Transport en distributie: water wordt gebruikt om materialen te transporteren, bijvoorbeeld in de papierindustrie, waar papierpulp met water wordt verplaatst. <https://www.rabobank.nl/kennis/d011444897-meer-aandacht-nodig-voor-watermanagement-in-de-industrie>.

bedrijven krijgen geen nieuwe aansluiting meer op bedrijventerreinen. Tegelijkertijd weten we dat teveel bedrijventerreinen zijn verhard, waardoor het water tijdens steeds vaker voorkomende hoosbuien niet snel genoeg kan worden opgevangen en/of afgevoerd en het riool overbelast raakt. Tenslotte levert de lozing van water steeds grotere problemen op vanwege de Kaderrichtlijn Water (KRW). Hiervoor zijn duidelijke doelen gesteld voor 2027. Bedrijven mogen de waterkwaliteit niet negatief beïnvloeden en nieuwe vergunningen staan onder druk en moeten worden geactualiseerd en aangescherpt. De Rabobank ziet vaker dat milieugroeperingen en omwonenden vergunningen aanvechten bij de rechter, als blijkt dat de huidige vergunningen niet zijn aangepast aan de Europese wetgeving. De bank ziet tevens dat bedrijven plannen moeten ontwikkelen voor duurzaam watergebruik en -beheer. Dit gaat om opslagcapaciteit, hergebruik en betere zuiveringstechnieken, zie: <https://www.rabobank.nl/kennis/d011444897-meer-aandacht-nodig-voor-watermanagement-in-de-industrie>. De prijs van water zal naar verwachting flink gaan stijgen.

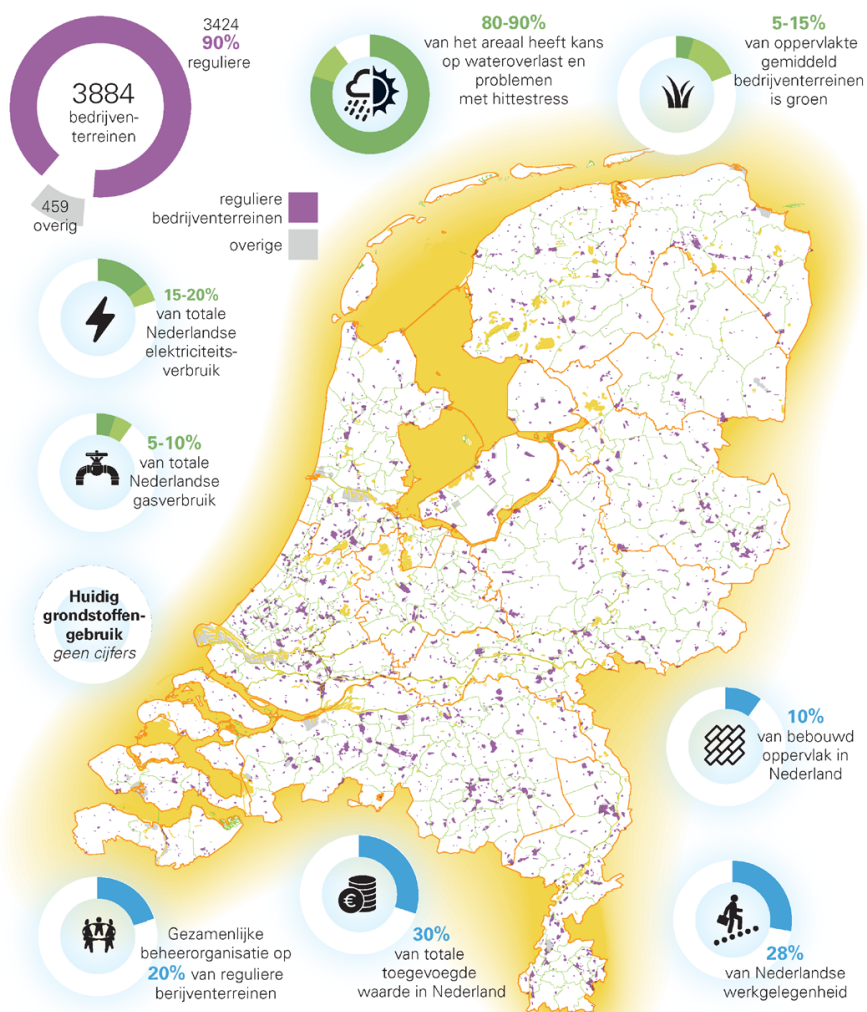
Bedrijventerreinen zijn hitte-eilanden. Er is nog relatief weinig aandacht voor een steeds droger wordende ondergrond en versnelde bodemdaling, funderingsschade en andere schade aan constructies en scheuren in gebouwen door dalende grondwaterstanden. Steeds vaker ontstaat schade aan gebouwen en infra door verzakkingen en het uitzetten van materialen, zoals metaal. Het herstel van funderingen en scheuren is een vaak onbekende maar steeds zichtbaardere stijgende kostenpost. Werknemers krijgen bij hitte ook vaker hoofdpijn, concentratieproblemen en vermoeidheid. Een onaantrekkelijke werk- en leefomgeving zorgt tevens voor het lastiger binden en boeien van schaars personeel. Dit vraagstuk neemt in belang toe.

8.1.1 Ruggengraat lokale en regionale economie

In de praktijk wordt vaak voorbijgegaan aan het grote belang van werklandschappen. Het debat wordt eenzijdig gedomineerd door weinig wervende klassieke bedrijventerreinen-termen en typering zoals verdozing, blokkendozen, verrommeling, 'verstening/vergrijzing' en hitte-eilanden. Vergeten wordt dat er veel mensen werken, er cruciale bedrijven en activiteiten zitten, ze de kraamkamer/broedplaats voor het MKB zijn, er betaalbare bedrijfsruimte is, ondernemers de ruimte hebben om te ondernemen, en dat deze gebieden een grote rol spelen bij het (ruimtelijk) faciliteren van grote transitie. Kortom, de duurzame potentie is groot, zoals de Grote Oogst-aanpak in Brabant laat zien. Recent wordt steeds duidelijker dat werklandschappen een cruciale rol spelen in het faciliteren van de energie- en circulaire transitie (PBL, 2022, 2023).

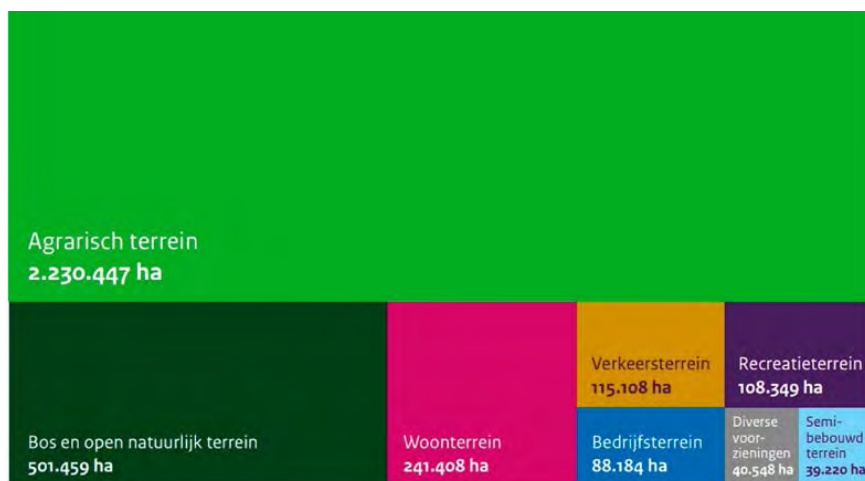
De ruimtelijk economische verkenning (EZ, 2024) benadrukt dat op de ruim 88.000 hectare aan werklandschappen een groot deel van Bruto Binnenlands Product wordt verdiend. Dit staat in schril contrast met vaak weinig vleierende beeldvorming en geringe politieke aandacht rond werklandschappen.

De gebieden huisvesten vooral stuwende bedrijven, die weer zorgen voor meer verzorgende en toeleverende banen en omzet voor bedrijven en voor het instandhouden van voorzieningen elders in de regio. Het RLI (2023) heeft in haar advies over de verduurzaming van bedrijventerreinen, het belang verbeeld in onderstaande kaart, figuur 8-2.



Reguliere bedrijventerreinen

Figuur 8-1 Feiten en cijfers over reguliere bedrijventerreinen (Bron: Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2023). Samen werken: kiezen voor toekomstbestendige bedrijventerreinen. Den Haag, Digitale uitgave)



Figuur 8-2 Feiten over bedrijfsterreinen
 Uit: De Ruimtelijke Economische Erkenning, 2024, Ministerie van Economische Zaken



Figuur 8-3 Voorbeeld van een werklandschap.

Bron: Josine Claasen / Werklandschappen van de Toekomst.

8.1.2 Onderbouwing van de opgave

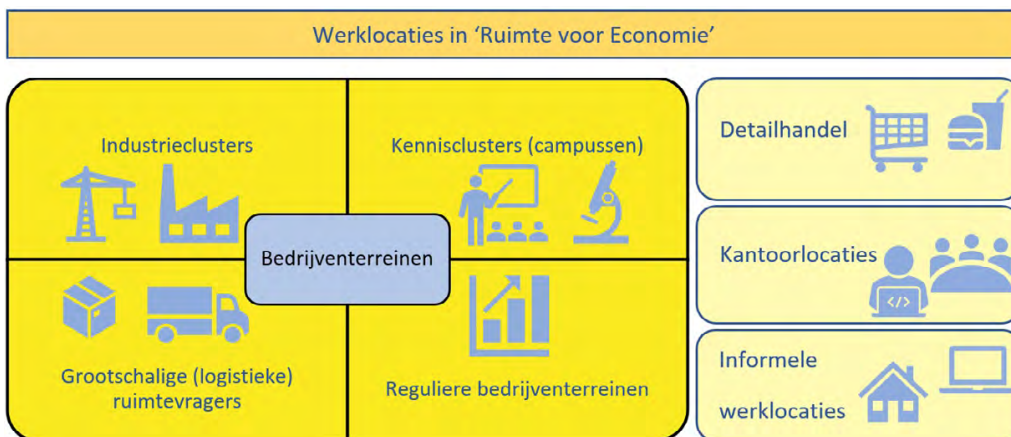
Voor de onderbouwing van het adaptatiepad toekomstbestendige werklandschappen is tevens gebruik gemaakt van recente adviezen, onderzoeken en input van onder meer NWO-SIA, SKBN, Clok, PVB, Werklandschappen van de Toekomst en Platform31, om te komen tot versnelling van de verduurzaming van 'bedrijventerreinen'. 'Het RLI-advies 'Samen werken: kiezen voor toekomstbestendige bedrijventerreinen' uit 2023 is een belangrijk kader, <https://www.rli.nl/nieuws/2023/rli-brengt-advies-samen-werken-kiezen-voor-toekomstbestendige-bedrijventerreinen-uit>, net als de documentatie over het Groeifonds project 'Werklandschappen van de toekomst' <https://www.ivn.nl/werklandschappen-van-de-toekomst/>. Input is tevens opgehaald vanuit het programma Verduurzaming Bedrijventerreinen Nederland <https://pvbnederland.nl/>. De betrokken experts hebben overzicht over de state of the art kennis van werklandschappen inclusief de recente ruimtelijk economische verkenning van EZ <https://open.overheid.nl/documenten/dc1626e8-06cc-4944-b578-e28651814a63/file> van werken aan toekomstbestendige bedrijventerreinen in Nederland. Aanvullend is geput uit het netwerk van de community bedrijventerreinen en van Samen Klimaatbestendig³ <https://klimaatadaptatienederland.nl/samen/klimaatbestendig/>. Tevens is de kennis benut van het collectief Natuurinclusief⁴, en meer specifiek het Domein bedrijventerreinen <https://www.collectiefnatuurinclusief.nl/> als een van de 10 domeinen.

-
- 3 Samen Klimaatbestendig draagt bij aan het doel om Nederland klimaatbestendiger en waterrobuuster te maken. Samen Klimaatbestendig brengt partijen bij elkaar die zich bezighouden met biodiverse, groenblauwe en klimaatbestendige bedrijven en bedrijventerreinen
 - 4 Collectief Natuurinclusief is een nationaal programma in 10 domeinen om Nederland natuurinclusief te krijgen in 2050. Hierbinnen is een domein bedrijventerreinen dat werkt om natuurinclusiviteit een vanzelfsprekend onderdeel te maken van toekomstbestendige bedrijventerreinen. Het domein bedrijventerreinen richt zich op bestaande en nieuwe terreinen en herstructurering, verbinding met de omgeving en de relatie tussen natuur en mens.

8.2 Scope van de NAS-opgave Werklandschappen

We spreken bij de NAS niet meer over bedrijventerreinen, maar over werklandschappen. Het zijn er circa 3600. Behalve klimaatadaptatie zijn het negatieve imago en de stiefmoederlijke politieke en ambtelijke behandeling van deze gebieden genoeg aanleiding voor een meer wenkend en duurzaam perspectief. De term werklandschappen geeft beter aan dat deze 'bedrijventerreinen' integraal onderdeel worden van de omgeving en het omliggende landschap.

Onder werklandschappen vallen de vier kwadranten van 'Bedrijventerreinen' uit het programma Ruimte voor Economie, zie figuur 8-4, al vraagt elk kwadrant om een specifieke uitwerking van de adaptatiesporen. Campussen als kleinste groep (enkele tientallen) binnen het totaal aantal van 3600 bedrijventerreinen spelen bijvoorbeeld wat betreft ruimtelijke kwaliteit, groene werkomgeving, en onderdeel zijn van een stedelijk landschap, vaak al meer in op de profilering als werklandschap. De grootste klimaatadaptatie-opgave geldt voor de andere drie kwadranten bedrijventerreinen.



Figuur 8-4 Uit 'Ruimte voor Economie' 2023, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Tuinbouwkassen en agribusinesslocaties vallen niet in onze scope. Voor Seveso-inrichtingen (bedrijven en locaties met een hoge milieucategorie) is een eigen NAS-opgave (hoofdstuk 7) geformuleerd. De infrastructuur van een werklandschap valt (in hoofdlijnen) onder de NAS-opgave Infrastructuur.

De komende tijd neemt het aantal hectares 'werklandschappen' toe met honderden en op termijn duizenden hectares. Die toenemende behoefte aan ruimte is volgens EZ (2023) voor een deel toe te schrijven aan een autonome groei van de ruimtevraag door economische ontwikkeling en bevolkingsgroei (tot 2030 zo'n 700 hectare per jaar). De overheid zal de regie moeten pakken en ervoor zorgen dat deze nieuwe locaties state of the art klimaat- en toekomstbestendig zijn. Cruciaal is dat er ook echt wordt gehandhaafd wat betreft het nakomen van de gestelde adaptatiecriteria <https://stadszaken.nl/artikel/7390/stec-overheid-moet-regie-nemen-voor-groei-bedrijventerreinen>.

Veronderstelling van deze adaptatiecriteria voor bestaande werklandschappen, is dat alle nieuwe en opgeknapte locaties bij de daadwerkelijke ontwikkeling worden gerealiseerd als werklandschap. Uitgangspunt is dat deze locaties state of the art klimaat worden uitgegeven rekening houdend met water, bodem, hitte, energie en circulariteit. Dit betekent dat de zeven adaptatiepaden (zie 8.6) en vooral de governance altijd concreet worden gemaakt vanaf de uitgifte van de gronden. Dat gebeurt nu soms al (bijvoorbeeld op HoogTij Zaandam, Ecommunitypark Oosterwolde en Treepoort Zundert), maar nog lang niet altijd.

Juist bestaande bedrijventerreinen moeten op termijn toekomstbestendig worden gemaakt. Daar zijn de risico's nu al groot en van de andere kant zijn er kansen bij bundeling van maatregelen, budgetten en politieke prioriteiten (werk met werk maken door bedrijven, eigenaren, overheid en stakeholders) bij iedere verbouwing, renovatie en herstructurering (zie ook de '[Interventiemomenten in Het Verhaal van Collectief Natuurinclusief](#)').



Figuur 8-5 Doorlatende verharding in Wehe-denHoorn, (Foto: Stichting CAS).



Figuur 8-6 Meer hemelwateropvang, verkoeling en groen bij herinrichting van Flight Forum Eindhoven (foto: F. Macke)

8.2.1 Brede welvaart

In tegenstelling tot het verleden is op grond van voorgaande duidelijk dat het bij werklandschappen om veel meer gaat dan meer klassieke welvaartsvariabelen als winst, banen, omzet, goedkope grond en hectares en bereikbaarheid per weg. Verduurzaming, vergroening, uitstraling, kwaliteit leefomgeving en onderlinge samenwerking worden steeds belangrijker voor bedrijven en voor de omwonenden. Zowel de kwaliteit van de werk- en leefomgeving als de rol van werklandschappen als vestigingslocatie voor stuwende, maak-, industriële- en logistieke bedrijven, staan centraal.

Vandaar dat gekozen is voor een brede-welvaart-scope om de opgave Toekomstbestendige werklandschappen in 2100 te definiëren. Een voorbeeld van dit denken komt uit het RLI-advies:

Voordeel van vergroenende maatregelen (meer groenstructuren en waterpartijen) is dat ze de economische waarde van vastgoed op een bedrijventerrein vergroten met 4 tot 8%. Als we ervan uitgaan dat de 3.400 reguliere bedrijventerreinen in Nederland samen een vastgoedwaarde vertegenwoordigen van ongeveer € 210 miljard, betekent dit een potentiële vastgoedwaardestijging van in totaal € 8 tot 17 miljard (Arcadis et al., 2021; De Kort & Gradussen, 2023b).

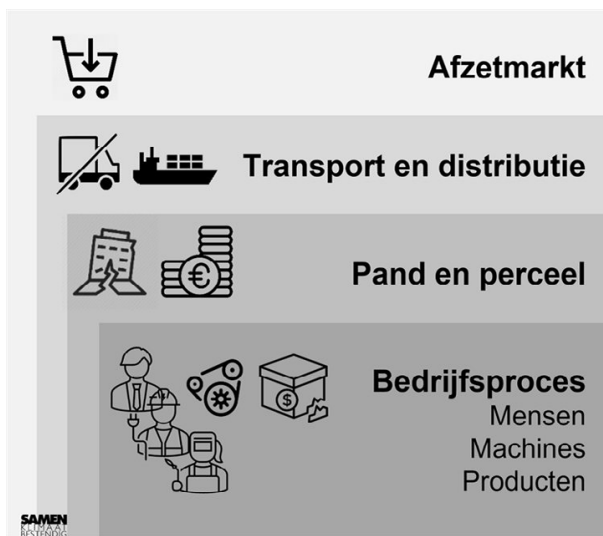
De drie pijlers, formuleer een toekomstbeeld, professionalisering de organisatie en samenwerking en maak een duidelijke rol- en taakverdeling onder het RLI-advies (2023) zijn herkenbaar en krijgen een plek in onze zeven adaptatiepaden.

8.3 Opgaven

8.3.1 Klimatrisico's en kansen voor werklandschappen

De gevolgen van klimaatverandering zijn nu al merkbaar. Denk aan schade door instromend regenwater, onbegaanbare wegen, bloedhete parkeerplaatsen of machines die oververhit en kapot raken. Maar ook droogte en overstromingen vormen een steeds groter risico. Vaak springen werklandschappen er sterk uit op analyses voor deze thema's, zoals de klimaatstresstesten in figuur 8-8 laten zien (<https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>)

Schade en overlast bij bedrijven kunnen optreden in het bedrijfsproces, aan pand en perceel, in de productieketen en op de afzetmarkt. Alleen door bedrijven en bedrijventerreinen tot werklandschappen aan te passen aan de gevolgen van klimaatverandering, kunnen we schade en overlast verminderen. Of we moeten meer ingrijpen door weloverwogen locatiekeuzes. Niet alles kan immers overal. Klimaatadaptatie is een noodzakelijk onderdeel van toekomstbestendige werklandschappen. Figuur 8-10 beschrijft de aspecten van bedrijven waarop klimaatverandering impact heeft.



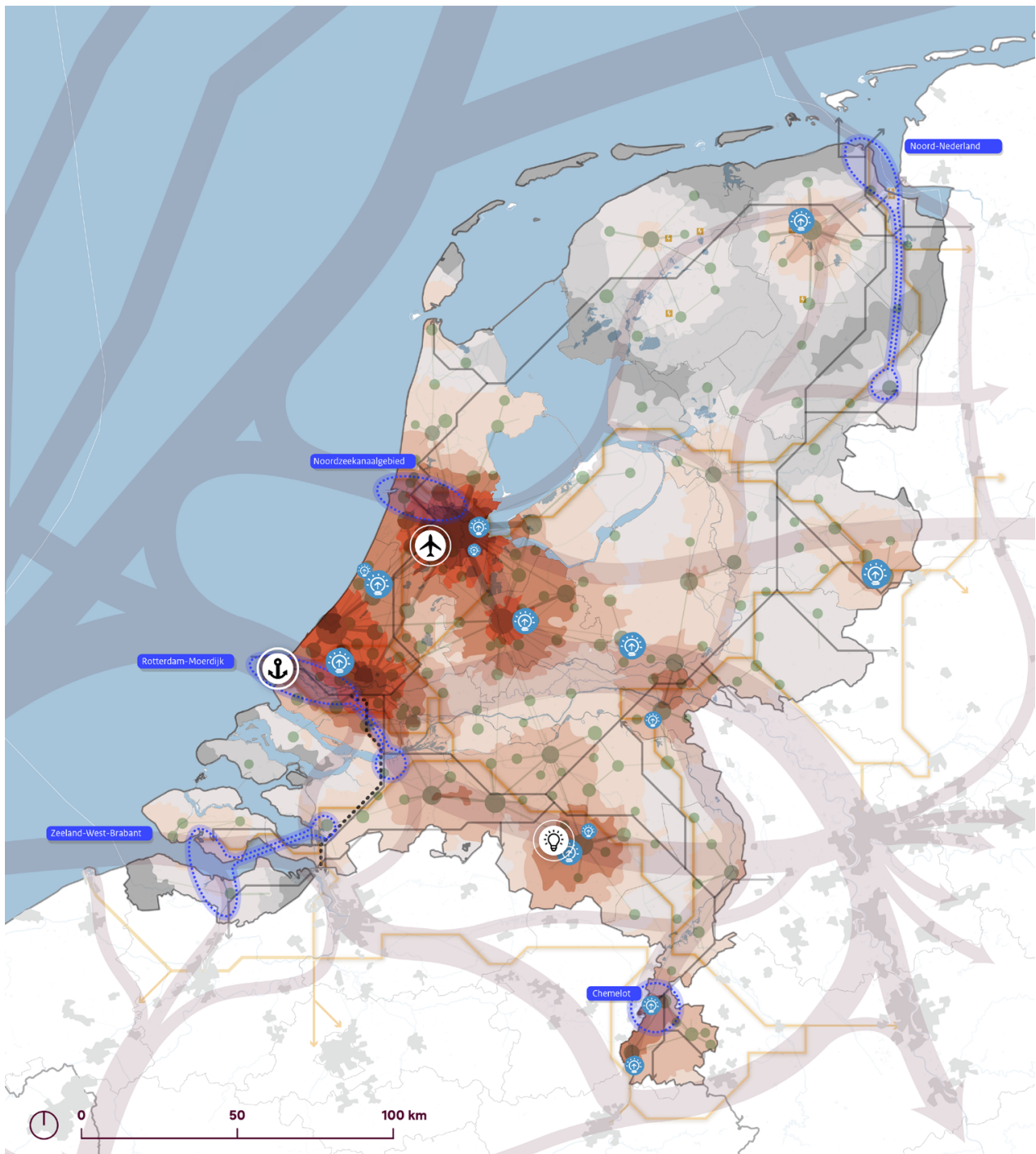
Figuur 8-7 De 4 aspecten van bedrijven waarop klimaatverandering impact heeft. Uit: Platform Samen Klimaatbestendig <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/groenblauwe-bedrijventerreinen>

Bovendien vormen werklandschappen zoals eerder beschreven een onderdeel van het grotere bodem- en watersysteem. Aanpassingen aan de terreinen zijn noodzakelijk om dit systeem aan te passen aan het veranderend klimaat.

De klimaatuitdagingen bieden ook een momentum en daarmee een kans om werk met werk te maken. Er zullen extra private en publieke investeringen plaatsvinden, die meer, beter en slimmer aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Bedrijventerreinen moeten worden omgevormd tot werklandschappen die meer onderdeel zijn van de omgeving. Ze kunnen klimaatoplossingen bieden via bijvoorbeeld opvang van water, en als energieleverancier voor de omgeving. Investeringen in vergroening zorgen niet alleen voor meer ruimtelijke kwaliteit, maar vergroten ook de kwaliteit van de werkomgeving voor werknemers en de waarde van vastgoed. De noodzaak om diverse private en publieke geldstromen te combineren en stapelen, is groot. Dit vereist een betere en meer professionele governance naast veel grotere politieke en private aandacht voor werklandschappen.

8.3.2 Ruimtelijk beleid in beweging

Vooruitlopend op de komst van de Nota Ruimte in 2025 lopen er begin 2025 diverse ruimtelijk-economische onderzoeken om de benodigde en de te behouden ruimte voor werklandschappen te onderbouwen. Ze betreffen onder meer inzicht in de ruimte voor circulaire bedrijven, ruimte voor de versterking en verduurzaming van de industrie, versterken van industrieclusters en (binnen)havencomplexen, in kaart brengen van de ruimtelijk-economische structuur en versterken van de vergroening en de organisatiekracht van werklandschappen. Deze urgentie neemt sterk toe door globale ontwikkelingen die mede al zijn aangekaart in het Draghi-advies voor de Europese Commissie. Europa en zeker Nederland is te afhankelijk van andere werelddelen voor onder meer kritieke grondstoffen, productie en (defensie)industrie. Als onderdeel van nieuw en duurzaam industriebeleid en versterking van het vestigingsklimaat is behoud en ook ruimte voor nieuwe werklandschappen hoger op de agenda gekomen. Zo is de provincie Zuid-Holland gekomen met het instellen van minimale milieucategorieën, wijst Noord-Holland werklandschappen aan van provinciaal belang en vertaalt Gelderland het Draghi-advies naar ruimtelijk-economische kaders en ambities. Onderstaande twee kaarten beschrijven de ruimtelijk-economische structuur en ruimte voor duurzame economie, waarin werklandschappen een belangrijke rol spelen.



Ruimtelijke economische hoofdstructuur 2024

Legenda

Toegevoegde Waarde (2022):
Toegevoegde waarde per vierkante kilometer

- €127.000 of meer
- €78.000 - €127.000
- €35.000 - €78.000
- €22.000 - €35.000
- €12.000 - €22.000
- €6.000 - €12.000
- €4.000 - €6.000
- tot €4.000

Bron: LISA, uitgewerkt door Bureau Louter, 2022

Industrieclusters

- 5 energie intensieve industrieclusters

Bron: Voorontwerp Iets Ruimte, 2024

Economische kerngebieden

- Brainport Eindhoven
- Mainport Amsterdam - Schiphol
- Mainport Rotterdam

Goederenstromen

- Grootte in tonnage's (indicatief)

bronnen: ITOV, 2020; Voorontwerp Nova Ruimte, 2024; Vereniging Deltametropool, 2022

Daily Urban Systems:

- Bevolking per gemeente
- Pendel

Grootte in verhouding tot het aantal inwoners per gemeente en, respectievelijk, het aantal bewegwijzeld busse steden. Als een gemeente meerdere kernterriëns heeft, wordt gebruik gemaakt van de centrale locatie (lossen de kernterriëns (bevolkingscentrales)).

Bron: CBS uitgewerkt door Posada-Monwin, 2022

Campussen

- Volwassen

Grootte in verhouding tot het aantal innovatieve bedrijven

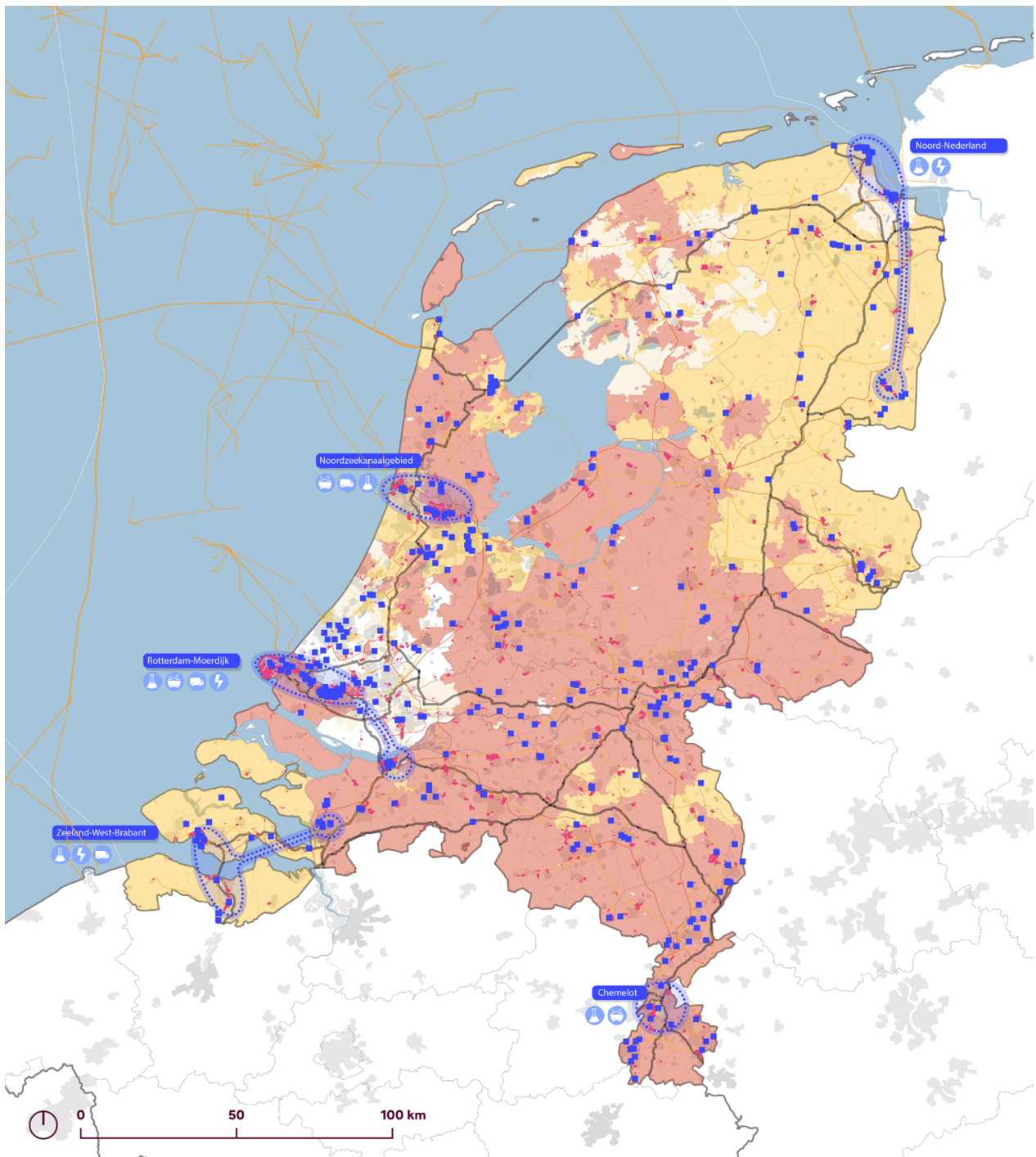
Bron: Innovatiepotter, 2023

Energie hoofdinfrastructuur

- Hoogspanningsnet (220 kV en 380kV)
- Aangewezen buisleidingen tracé (BK)
- Leidingstrook (LSNED)

Bron: Programma Energie Hoofdstructuur, 2023

Figuur 8-8: Ruimtelijk economische hoofdstructuur
Uit: De Ruimtelijke Economische Erkenning, 2024, Ministerie van Economische Zaken



Duurzame Economie

Legenda

Verduurzamingopgave

HMC Bedrijventerrein
Bron: IBIS, 2022

Industrieclusters

5 Energie intensieve industrieclusters

- Chemie
- Elektriciteitsproductie
- Vervaardiging metalen
- Transportmiddelen
- Cluster 6 bedrijven
Bron: Warmtefacts, 2023; (ETS bedrijven op land)

Energieinfrastructuur

- Buisleidingstrook
- Zeeleidingen
- Hoogspanning 220/380 kV (bovengronds)
- Hoogspanning 110/150 kV (bovengronds)
- Hoogspanning 220/380 kV (ondergronds)
- Hoogspanning 110/150 kV (ondergronds)
- Bron: Vereniging Deltametropool, 2023

Netcongestie

- Beperkte transportcapaciteit beschikbaar
- Voorlopig geen transportcapaciteit beschikbaar
- Geen transportcapaciteit beschikbaar
Bron: Landelijk capaciteitsbeheer, 2024

Figuur 8-9: Synthesekaart duurzame economie

Uit: De Ruimtelijke Economische Erkenning, 2024, Ministerie van Economische Zaken

Uitdaging is om diverse lopende en aankomende trajecten binnen Departementen die relevant zijn voor 'toekomstbestendige werklandschappen' mee te nemen en serieuze stappen te zetten tot meer integraliteit, bundeling van maatregelen en ingrepen en investeringen in werklandschappen. Dit geldt voor de op te stellen ruimtelijk economische visie in het bijzonder. Een groot deel van deze zorgen is ondervangen, omdat nadrukkelijk is afgestemd met de andere veertien NAS-opgaven en in het bijzonder Seveso, Bestaande bouw – klimaatbestendig wonen voor iedereen en Klimaatadaptieve nieuwbouw, Waterkwaliteit, Infrastructuur en Gezondheid/Zoönosen.

Lange tijd hield men zich op Rijksniveau te weinig bezig met werklandschappen. Nu worden veel inhaalslagen gemaakt en zal in 2025 het ruimtelijk-economisch beleid worden vastgesteld. Illustratief was het ontbreken van werklandschappen – ondanks de grote potentie – in het Klimaatakkoord. Werklandschappen heeft een relatie met andere relevante ruimtelijke programma's, zoals het programma 'Mooi Nederland' en het nationaal milieubeleidsplan, waarin de ruimtelijke kwaliteit centraal staat en nieuwe concepten worden ontwikkeld voor een mooi, groen, gezond en leefbaar Nederland.

8.3.3 Economisch beleid en basis niet op orde

Ruimte voor economie is lange tijd een relatief ondergeschikt thema geweest niet alleen in de ruimtelijke ordening, maar ook in het (regionaal) economisch beleid. Er zijn toenemende zorgen over de risico's van klimaatverandering en over ons vestigings- en vernieuwingsklimaat <https://www.platform31.nl/artikelen/verkenning-woon-werkbalans-steden-en-regios-op-zoek-naar-evenwicht/> en de toekomst van de industrie. Het Regeerprogramma zet hier stevig op in. De actuele te grote druk en nadruk op de aanpak van de woningnood gaat vaak ten koste van ruimte op en rond werklandschappen. De werklandschappen in ons land vormen zoals het PVB terecht stelt 'de ruggengraat van onze economie'. Dit staat in schril contrast met de ambtelijke en politieke aandacht voor deze gebieden. De duurzame potentie wordt net als het sociaal-economisch en omgevingsbelang onderschat.

Momenteel vinden er inhaalslagen plaats om het bedrijventerreinenbeleid op orde en actueel te krijgen. Dit is in lijn met het programma ruimte voor economie, vasthouden aan onze klimaatambities en het geopolitieke streven naar een meer zelfvoorzienend en minder afhankelijk Europa (advies Draghi). Gedacht moet worden aan de ontwikkeling van groen industriebeleid, de Spuk-regeling voor de organisatie van de gebieden, aanpak netcongestie/energiehubs, ruimte voor zware industrie en havens, aanpassing BIZ voor bedrijventerreinen, verkenningen naar de ruimtevraag voor de economie van morgen en verkenning naar de rol van bedrijventerreinen voor het faciliteren van de grote transitie en circulaire transitie. Dit speelt ook op het niveau van lagere overheden, al blijft het thema 'werklandschappen' nog een ondergeschoven kindje in veel lokale en regionale ruimtelijke en maatschappelijke discussies. Betrokkenheid, draagvlak, organisatie- en samenwerkingskracht van het MKB ontbreekt vaak.

Adaptatie is nog lang niet standaard en wordt onvoldoende gevoeld door het MKB, terwijl de risico's en schades nu al sterk groeien. Ondernemersverenigingen, parkmanagers en accountmanagers bedrijven bij de overheid spelen een sleutelrol om de basis op orde te brengen en governance op te waarderen.

8.3.4 MKB

Uit onze gesprekken met ondernemersvertegenwoordigers en parkmanagers komt een zorgelijk beeld naar voren dat veel regels, instrumenten en middelen door het MKB worden gezien als 'gestold wantrouwen'. De regels gaan voorbij aan de vaak op de korte termijn gerichte leef- en denkwereld van een groot deel van het MKB.

Het aanpassen aan het veranderend klimaat gaat op veel locaties nog te langzaam. Dat is zeker het geval op werklandschappen waar de sense of urgency bij het MKB ontbreekt en waar veel draait om netcongestie, bereikbaarheid en veiligheid. Een aantal gemeenten, waterschappen en provincies stellen adaptatiemaatregelen wel verplicht of werken aan voorlichting en advies, maar dit gaat vaak over het hoofd van het MKB. En handhaving vindt lang niet altijd plaats. Van de andere kant groeien de verplichtingen en

handreikingen vanuit de EU (met de EU Taxonomie en CSRD) en vooral vanuit financiers en verzekeraars. Dit wordt vooral gevoeld door het meer aan VNO NCW gelieerde grootbedrijf.

Grootste uitdaging is klimaatadaptatie te koppelen aan de actuele noden van het MKB. Top drie prioriteiten van ondernemers en eigenaren hebben betrekking op 1. Veilig ondernemen; 2. Energiecongestie; 3. 'Mensen aantrekken, opleiden, boeien en houden'. Problemen rond water, bodem, groen, hitte ziet het MKB vaak nog niet als urgente issues. Wanneer adaptatiemaatregelen bijdragen aan en worden gekoppeld aan een of meer van deze 'kopzorgen', dan nemen de sense of urgency en draagvlak snel toe.

Denk bijvoorbeeld aan vergroeningsmaatregelen die zorgen voor minder energieverbruik, betere uitstraling en lunchmogelijkheden op een terrein, en minder marginaal groen met zwerfafval en gedumpt afval. Denk ook aan het versterken van de samenwerking en lokale en regionale governance waardoor het terrein een beter Keurmerk Veilig Ondernemen (KVO) krijgt en een energy hub werkelijkheid wordt. Of denk aan maatregelen waarbij energiestromen meer worden gedeeld met de omgeving en omgekeerd.

Vanuit de NAS zal samen met andere opgaven moeten worden afgestemd op welke wijze het MKB bereikt kan worden. Het is zaak het MKB mee te nemen in zaken die voorliggend document aankaart.

8.3.5 Hitte-eilanden én ruimtelijke eilanden

Ondernemersvertegenwoordigers en parkmanagers bevestigen het beeld dat 'werklandschappen' door bijvoorbeeld veiligheidsregio's, duurzame mobiliteitsplannen en uitvoerende diensten vaak 'worden vergeten' of teveel als 'eiland' behandeld.

Het beleid en de bestuurlijke aandacht zijn dus niet op orde. Tijdens de Make-atons is de metafoor gebruikt van 'eilanden' voor het duiden van het klimaatadaptatievraagstuk van werklandschappen. De steeds extremere weersituaties gaan naar verwachting de komende decennia voor 80 tot 90% van het bedrijventerreinen-areaal een probleem vormen (Arcadis et al., 2021). In 2050 verwachten we een gemiddelde PET (gevoelstemperatuur op een zomerse dag) van 40,8 graden Celsius in deze gebieden. De risico's van hevige neerslag nemen toe. De noodzaak om door middel van klimaatadaptatie de hittestress en wateroverlast op werklandschappen te beperken, is volgens de RLI (2023) dan ook evident.

De gebieden zijn niet alleen ware 'hitte-eilanden', het zijn vaak ook 'ruimtelijke eilanden' aan de rand van de bebouwde kom. Ze zijn letterlijk en figuurlijk nauwelijks onderdeel van steden en dorpen. Bij de aanpak van en oplossingen voor klimaatadaptatie worden ze ook te veel als 'eiland' gezien zonder interactie met de directe omgeving. Veel maatregelen worden alleen op het niveau van het perceel genomen, terwijl een bredere omgevingsblik vaak robuustere en effectievere resultaten oplevert.

De bedrijfseconomische en maatschappelijke schade van deze 'eiland'-benadering is groot. Miljoenen mensen werken op een hitte-eiland waar je soms maanden nauwelijks naar buiten kan en waar het ook binnen te warm wordt. Bedrijven versnellen hun afschrijvingen van kapitaal en panden door de hitte en worden steeds kwetsbaarder in verband met de droogte en hitte. Kostbare maatregelen zijn nodig in verband met toenemende hoosbuien en bedrijfseconomische en ook sociale schade. Verzekeraars verhogen hun premies, gemeenten moeten extra investeren in riolering en hemelwatervoorzieningen, bedrijven zien de waarde van vaste activa sterker afnemen. Terwijl (nieuwe) medewerkers steeds meer hechten aan de werk- en leefomgeving. Hier komen de stijgende energie-, water- en grondstofprijzen nog bij.



Figuur 8-10 Werklandschap Zundert (bron: Estafette en Steenbreek)

8.4 Adaptatieopties

8.4.1 Randvoorwaarden

Ondernemers, pandeigenaren en investeerders vragen om langjarige duidelijkheid. De nu vaak gebrekkige organisatievorming en het ontbreken van een heldere rolverdeling worden gezien als 1^e randvoorwaarde voor werklandschappen. 'De basis op orde' slaat niet alleen op het inhalen van beleidsachterstanden, maar ook op het feit dat menig bedrijventerrein 'niet schoon, heel, veilig en duurzaam' is. 'Governance' en 'basis op orde' en de bijbehorende maatregelen zijn randvoorwaardelijk. Zolang niet meer wordt geïnvesteerd in deze randvoorwaarden en dit niet serieus worden opgepakt, is nut en noodzaak van de NAS-aanpak twijfelachtig en beduidend minder effectief. Tijdens de Make-aton werd geregeld de metafoor 'dweilen met de kraan open' genoemd. Er moet een duidelijk aanspreekpunt en verantwoordelijke zijn. Ondernemers en overheid moeten structureler samenwerken en communiceren. Als de basis niet op orde is, neemt vertrouwen in draagvlak voor klimaatadaptatie sterk af. Bekend is dat vertrouwen bij ondernemers 'komt te voet en gaat te paard'.

Dit resulteert in drie harde randvoorwaarden voor toekomstbestendige werklandschappen:

1. De basis van bedrijventerreinen moeten op orde komen: a) organisatiegraad bedrijfsleven en professionalisering samenwerking bedrijven schiet zwaar tekort b) lokale en regionale governance bedrijventerreinen heeft lage politieke prioriteit c) er is te weinig € en fte voor schoon, heel, veilig en duurzaam.

2. Werklandschappen moeten onderdeel worden van integrale stedelijke ontwikkeling met inbegrip van transformatie van deze gebieden voor woningbouw; figuurlijk worden ze in RO-zin te veel gezien als 'eiland'. Letterlijk ontbreekt vaak een integrale blik en wisselwerking tussen het gebied en haar omgeving in het bijzonder m.b.t. klimaatadaptatie.

3. Ondernemersparticipatie en organisatiekracht is alleen mogelijk als de sterk uiteenlopende cycli en tijdshorizon van het op de korte termijn gerichte MKB en de meer lange-termijn-scope van de NAS meer in samenhang worden gebracht en daadwerkelijk met elkaar worden verbonden. De opgave Toekomstbestendige werklandschappen slaagt alleen als het met ondernemers wordt opgepakt.

Klimaatadaptatie geeft ook invulling aan een aantrekkelijke werkplek, bij de toenemende krapte op de arbeidsmarkt. De werk- en leefomgeving en uitstraling van het gebied als echt werklandschap zijn een belangrijke factor voor het kiezen van een baan en werkgever. Meer in de basis draagt klimaatadaptatie bij aan rechtvaardigheid en aan een veilige en gezonde werkplek. Aan het beschermen van mensen tegen het steeds extremere klimaat. Bovendien kunnen adaptatiemaatregelen op een aantal locaties ook bijdragen aan de veiligheid en gezondheid van mensen in naastgelegen gebieden, zoals omwonenden.

Voorals gekozen wordt voor groene (nature based) maatregelen en voor meervoudig ruimtegebruik, vervullen de maatregelen voor klimaatadaptatie ook andere functies voor de brede welvaart. Denk aan recreatie, ecosysteemdiensten, meer bewegen (tijdens en buiten werk), etc.



Figuur 8-11 Nature Based Solution, verkoeling en energiebesparing met groen bij Aeres Hogeschool in Almere (bron <https://www.werklandschappen.nl/innovatiedatabase/dubbelfunctie-zonnepanelen-als-schaduw-dak-en-zonwering/>)

8.4.2 Maatregelen: van verkokerde naar gebundelde aanpak

Wat betreft de te nemen maatregelen per adaptatiepad (zie 8.5 voor de adaptatiepaden) maken we onderscheid tussen tijdelijke en structurele maatregelen. Tijdelijke maatregelen dienen om versneld achterstanden in te lopen en de basis en governance op orde te krijgen. We zien dit als een soort achterstallig onderhoud tijdens de fase van voorbereiding (zie ook de eerste kolom van de adaptatiekaart). Structurele maatregelen zetten primair in op klimaatbestendige werklandschappen.

Vanuit ondernemersperspectief is het belangrijk om bij maatregelen te kijken naar zes typen haalbaarheid. Cruciaal hierbij is dat de politiek-bestuurlijke haalbaarheid om meer mensen en middelen te investeren in werklandschappen toeneemt:

- Economisch-financiële haalbaarheid: wat zijn de economische kosten/baten van de maatregel (hoge kosten = lage economische haalbaarheid)? Wat is de bijdrage aan de Brede welvaart?
- Technische haalbaarheid: is de technologie voldoende beschikbaar om nu al te implementeren?
- Politiek-bestuurlijke haalbaarheid: is er voldoende politiek draagvlak voor de adaptatieoptie; past die binnen bestaande juridische kaders?
- Maatschappelijke haalbaarheid: is er voldoende maatschappelijk draagvlak voor de optie?
- Ecologische haalbaarheid: 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?

Op basis van gesprekken, praktijktoepassingen en documentanalyse worden de volgende maatregelen voor werklandschappen genoemd en al toegepast. In onderstaand figuur 8 staan diverse voorbeelden van reeds toegepaste maatregelen. Dit laat zien dat adaptatie mogelijk en haalbaar is. Deze lijst is allesbehalve uitputtend (zie bijvoorbeeld ook: <https://www.werklandschappen.nl/innovatiedatabase>). Op klimaatadaptatief gebied gebeurt al het nodige, maar nog niet structureel genoeg. Een integraal kader ontbreekt vaak.

Experts geven aan dat het scala aan mogelijke maatregelen niet beperkend is voor het oppakken van de opgaven voor klimaatadaptatie. De beperkingen liggen naast de korte-termijn-scope van een groot deel van het MKB nu nog in het bewustzijn, investeringsbereidheid, beleid en regelgeving en governance. Kortom: klimaatadaptatie is nu nog niet 'normaal' of standaard.

Helaas mist vaak het langere-termijn-perspectief en de bredere inkadering en samenhang met andere maatregelen op het gebied van bijvoorbeeld professioneel parkmanagement, integrale ruimtelijke ordening, investeringsbereidheid van ondernemers, pandeigenaren en ook de overheid. Vaak ontbreekt een lange-termijn-visie op de regionale economie van morgen. In de adaptatiepaden en samenhang met andere NAS-opgaven is het zaak werk met werk te maken en adaptatiemaatregelen te koppelen en in te bedden. Zo kunnen we komen tot een gebundelde in plaats van de huidige te vaak geldende verkokerde aanpak. Dit leidt ook tot toename van de haalbaarheid van business cases om een werklandschap te intensiveren en transformeren.

Wat de financiering betreft gaat het niet alleen om additionele financiering, maar juist ook om het slim benutten van bestaande geldstromen en het multifunctioneel inzetten. Dit is alleen mogelijk als de governance op orde is en het terrein in de basis schoon, heel, veilig en duurzaam is. Zoals het groeifondsproject Werklandschappen van de Toekomst benoemt, kunnende baten vanuit de energietransitie (zonnepanelen, warmtenet, energiebesparing) vaker voor een deel benut worden voor de vergroening en het verhogen van de omgevingskwaliteit. Of groene daken combineren met zonnepanelen. Dit leidt tot 5-15% meer opbrengst en een sluitend verdienmodel. Denk ook aan een Fonds voor vergroening dat gevuld wordt met de opbrengsten van energiebesparing of uitgifte van nieuwe gronden of huur/verkoop van gebouwen. Verder is het ombuigen van bestaande geldstromen een mogelijkheid voor financiering (o.a. riolering, herstructurering, energietransitie, ook woningbouw, veiligheid).

8.4.3 Categorieën adaptatieopties

Drie typen van klimaatadaptatieve maatregelen zijn nodig voor werklandschappen:

- Natuurlijke systemen: van **kleinschalig**: meer groen plaatsen (bomen, struiken, heesters, heggen etc.), aanleg zichtgroen tegen en op gebouwen, aanleg tuinen, aanleg wadi's, regentuinen, droogtebestendig groen, aanleg groene en blauwe netwerken, aanleg oppervlaktewater en aanwijzen overstromingsgebied; tot **grootschalig**: het realiseren van groene (en eventueel ook water/blauwe)structuren als ecologische verbindingen, voor verkoeling, opvang van hemelwater en eventueel andere extra functies, zoals buitenwerken. **Grootschalige** structuren bieden ook een verbinding met de directe omgeving voor mensen, natuur en functies.
- Technische maatregelen: van **kleinschalig**, op kavel en aan het pand met o.a. drijvende of amfibische infrastructuur en gebouwen, bouwen op palen, verhoging infrastructuur, water doorlatende bestrating, toepassen van lichte/reflecterende kleuren, afkoppelen afwatering, aanleg drainagesysteem, infiltratiekratten en -putten, ondergrondse wateropslag, geleiding van regenwater, verhoogd vloerpeil of drempels aanleggen, hergebruik water (eventueel andere grondstoffen) en water- en hittebestendige installaties; tot **grootschalig**: zoals aanleg bypass of verlegging rivier/kanaal; drijvende of amfibische infrastructuur en gebouwen, bouwen op palen, verhoging infrastructuur.
Er zijn al diverse sites en brochures met overzichten van mogelijke maatregelen, zoals bijvoorbeeld <https://klimaatadaptatienederland.nl/voorbeelden/>.
- **Extremen**: klaarstaan met tijdelijke maatregelen tijdens extremen, zoals waterkeringen, tijdelijke koelingsmaatregelen, gereguleerde overstromingsmogelijkheden, verhoogde vluchtplaatsen, verhoging infrastructuur, vluchtroutes, bereikbaarheid hulpdiensten, ontruimingsplan, veiligheidsprotocollen bij verschillende klimaateffecten (droogte, hitte, overstroming, extreme neerslag), periodieke herijkingen. Maar ook: eventueel het accepteren van (rest)risico's.

Na het Stikstof-advies van Remkes weten we al lang dat 'niet alles overal kan'. Veel vraagstukken en maatregelen hebben een ruimtelijke dimensie. De invulling en aanpak van de adaptatiepaden (zie hieronder 8.5) is afhankelijk van de te maken ruimtelijke keuzes, en daarmee van de Nota Ruimte in 2025, en het daaraan gerelateerde ruimtelijk-economisch beleid op welke wijze de bodem- en watertoets wordt ingevuld. Het gaat daarbij om heikele vragen als welke bedrijventerreinen op termijn vanwege droogte en wateroverlast niet meer een toekomstbestendige werkomgeving kunnen bieden. Investeren in diverse klimaatadaptatie-maatregelen in dergelijke gebieden is onrendabel. De ruimte-, bodem- en watertoets heeft ook consequenties voor het type bedrijvigheid dat zich op werklandschappen kan vestigen. Zodoende doorlopen de adaptatiepaden de ruimte-, water- en bodemtoets conform de Nota Ruimte (2025).

8.5 Adaptatiepaden

Op basis van de twee Make-atons voor de NAS (22-1-2025 en 20-3-2025), en in samenwerking met experts en sleutelpersonen/parkmanagers voor bedrijventerreinen zijn uit voorgaande randvoorwaarden, adaptatieopties en categorieën adaptatieopties zeven adaptatiepaden ontwikkeld voor toekomstbestendige werklandschappen.

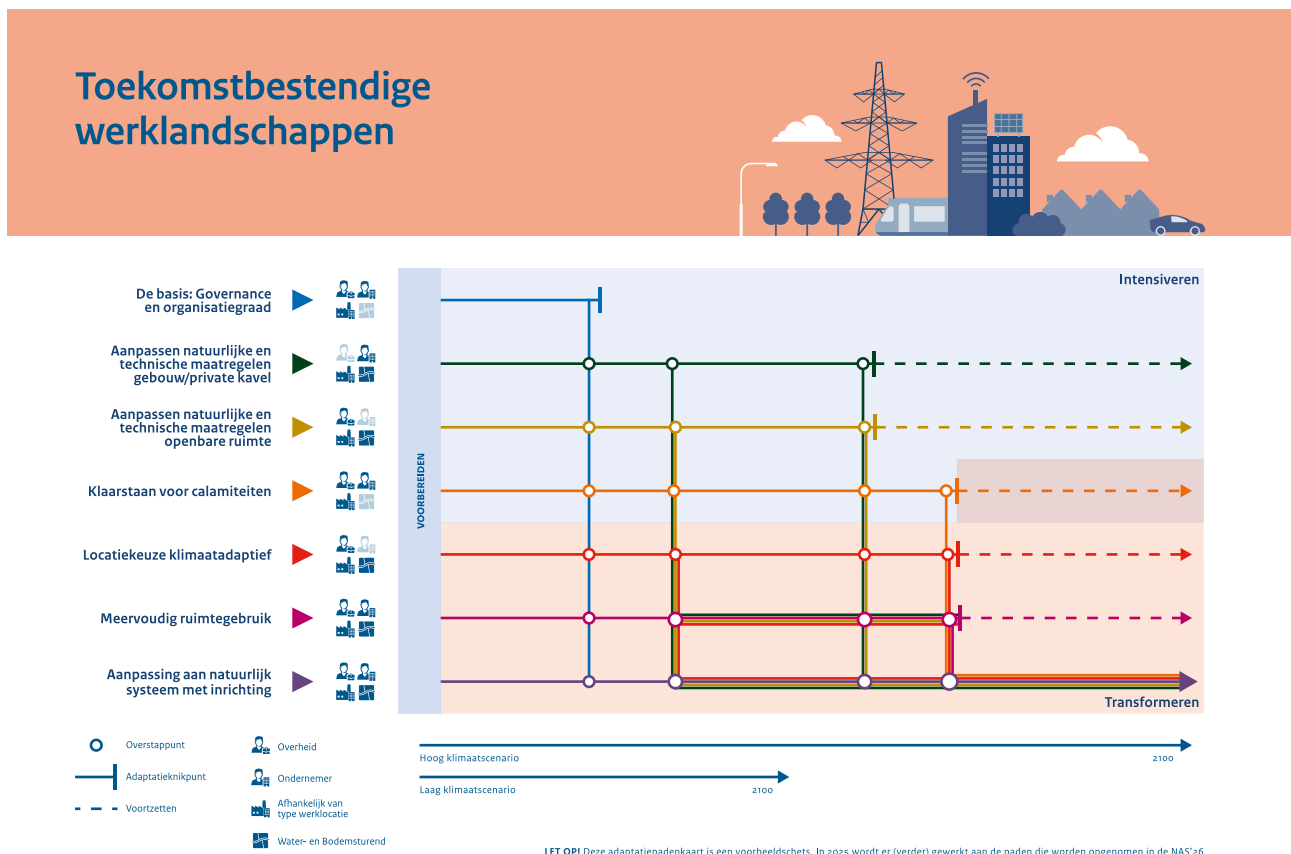
Dit sluit aan op de insteek van het Rijksprogramma Ruimte voor economie uit 2023, Samen klimaatbestendig (sinds 2019 met een community specifiek voor bedrijventerreinen) en groeifonds project 'Werklandschappen van de Toekomst', gestart in 2023, die zich richten op toekomstbestendige bedrijventerreinen <https://open.overheid.nl/documenten/f8971f79-1b5d-4ae7-85cd-ece7c1f43486/file>. De adaptatiepaden ondersteunen bij het maken van de ontbrekende toekomstbeelden voor werklandschappen.

De zeven paden zijn:

1. De basis: Governance en organisatiegraad
2. Aanpassen natuurlijke en technische maatregelen gebouw/private kavel
3. Aanpassen natuurlijke en technische maatregelen openbare ruimte
4. Klaarstaan voor calamiteiten
5. Locatiekeuze klimaatadaptief
6. Meervoudig ruimtegebruik
7. Aanpassing aan natuurlijk systeem met inrichting

We concluderen op basis van de Make-atons en verkregen input dat alle zeven adaptatiepaden om de tien jaar behalve een 'ruimte-, bodem- en watertoets, ook een 'economische toekomst-toets' doorlopen op trends en actualiteiten van de (circulaire, digitale en globale) economie van morgen. Denk aan het monitoren van mogelijke wijzigingen aan de hand van een 5- of 10-jaarlijkse ruimtelijk-economische verkenning in lijn met de verkenning van EZ begin 2025. Werklandschappen moeten flexibeler en adaptiever inspelen op snel veranderende economische omstandigheden. Dat blijkt momenteel naar aanleiding van het nieuwe Handelsbeleid van de VS en de globale onrust. Bij te nemen maatregelen wordt nadrukkelijk gekeken naar de eerdergenoemde zes typen haalbaarheid van maatregelen en een gezond ondernemersperspectief.

Uitgangspunt is dat werklandschappen in coproductie met ondernemers, eigenaars en werknemers worden gemaakt, en dat ze passen in de Omgevingswet. Hierbij dient nadrukkelijk rekening te worden gehouden met de leef- en denkwereld van het MKB die draait om veiligheid, energie en 'mensen binden en boeien'.



Figuur 8-12: Adaptatiepadenkaart Toekomstbestendige Werklandschappen

Het is gelet op klimaatverandering belangrijk om **snel te starten**. De insteek is om snel te zorgen dat iedere verbouwing, vervanging, revitalisering, ingreep in de openbare en private ruimte altijd (iets meer) klimaatadaptatief is en dat hierop wordt gehandhaafd. Dat vergt een aantal zaken:

- Bewustwording en extra inzet bij alle betrokkenen;
- Een stip op de horizon en zicht op de verwachte klimaatverandering in relatie tot leef- en denkwereld MKB;
- Duidelijke NAS-, ruimte- en economische kaders voor andere aanpakken, ontwerpen en aangepaste financiering.

De **tijdslijn** van de paden en overstappunten is grotendeels gebaseerd op de verwachte vervangingstermijnen van panden en kapitaal, en private en openbare ruimte (naast deze geplande vervangingen kan schade of een calamiteit ook een ongepland vervangingsmoment zijn).

Het treffen van maatregelen wordt kosteneffectiever door adaptatiemaatregelen aan te haken op/te combineren met vervangingen, ingrepen en herstructureringen van infrastructuur, groen en panden. Denk aan noodzakelijke verduurzaming van panden en omliggend groen en aan infrastructuur op bedrijfskavels combineren met vergroening van omliggende openbare ruimte en rioleringsmaatregelen. Voor vervanging van bedrijfspanden en perceel(verharding) verwachten we een termijn van circa 20 tot 40 jaar. Als we nu starten, zou (nagenoeg) alle bebouwing over 40 jaar dus klimaatadaptief vervangen zijn. Voor de openbare wegen en riolering is deze termijn, afhankelijk van de levensduur van wegen en riolering en vaak wat langer: zo'n 50 tot 100 jaar.



Figuur 8-13 Voorbeeld van een Raingarden op bedrijventerrein Groningen
(door Floris Boogaardbron, via [Beeldmateriaal adaptatiemaatregelen openbaar](#) | Kennisportaal Klimaatadaptatie)

Echter, als er een calamiteit ontstaat door een weersuitering, is de ervaring dat dit leidt tot een versnelling van de paden, of ombuiging in de focus van een van de paden.

Hoewel het proces in werkelijkheid parallel en haasje-over verloopt, is voor het overzicht en ter structurering op hoofdlijnen een **volgorde geschetst** op basis van de vervangingstermijnen, klimaatverwachtingen en afhankelijkheden. Zo is het eerst nodig om de governance rondom en de organisatiegraad op de terreinen meer op orde te brengen, voordat grootschalig ingezet kan worden op het ontwerpen en realiseren van adaptatiemaatregelen en de andere paden.

De voorbeelden uit de praktijk laten zien dat techniek en kennis voor maatregelen er al zijn. **Het kan al en het gebeurt al.** Ook vormen beleid, regels en financiering geen onoverkomelijk obstakel. Innovaties en aanpassingen op beide vlakken zijn echter nodig voor versnelling en opschaling, maar we hoeven daar niet op te wachten.

Veel nieuwbouw is al in enige mate klimaatadaptief en ook bij bestaande bouw worden soms al maatregelen getroffen. Daarom hebben alle geschetste paden nu al een **aanlooptijd**.



Figuur 8-14 Ook nu worden al maatregelen gerealiseerd, zoals collectieve waterberging op bijvoorbeeld Greenport Venlo (bron: <https://www.werklandschappen.nl/innovatiedatabase>).

In de figuur staat in de verticale kolom vóór de paden de term '**voorbereiden**'. Elk pad naar toekomstbestendige werklandschappen vergt immers andere instrumenten, samenwerkingen en een nieuwe, toekomstgerichte visie en denkwijze. Dit is de fase waarin vooral gewerkt wordt aan bewustwording (bijvoorbeeld op de ClimateCampus in Zwolle en Green Village in Delft) en tegelijkertijd aan het doorontwikkelen van de instrumenten voor handelingsperspectief, zoals procesaanpakken, innovaties voor maatregelen, pilots en voorbeelden en ook financierings- en beleidsinstrumenten. Voorbeelden hiervan zijn o.a. het programma Grote Oogst van de provincie Brabant en de aanpak van Zuid-Holland, die een kader en ondersteuning bieden. En ook programma's van individuele gemeenten en waterschappen met regels, subsidies en voorlichting. Of de aanpak van het Zeeuws landschap met concrete ondersteuning.

Beleid, normen en regels rond concrete vergroening, wandelrondjes, wadi's, etc. zijn op meerdere plekken al klimaatbestendig. Bijvoorbeeld in beleid en normen van diverse gemeenten, waterschappen en convenanten voor klimaatadaptief bouwen. Dat proces is gestart, maar wordt nog te weinig benut en gecombineerd met andere opgaven. Dat zorgt daardoor voor te weinig slagkracht, impact en te vrijblijvend karakter. Er is nog een slag nodig om heldere kaders te geven voor de urgentie.

In deze fase zijn ook ingrepen nodig om de governance voor de toekomst op te zetten. Het is nodig dat de taken en rollen helder worden. Er is behoefte aan duidelijke aanspreekpunten en meer samenwerking op gebiedsniveau en liefst breder in de omgeving over thema's en organisaties heen. Werklandschappen zijn integraal onderdeel van de ruimtelijke ordening en worden niet meer gezien als figuurlijke eilanden. Daarvoor is een betere organisatiegraad nodig, zodat de stakeholders een structuur hebben voor de benodigde samenwerking.

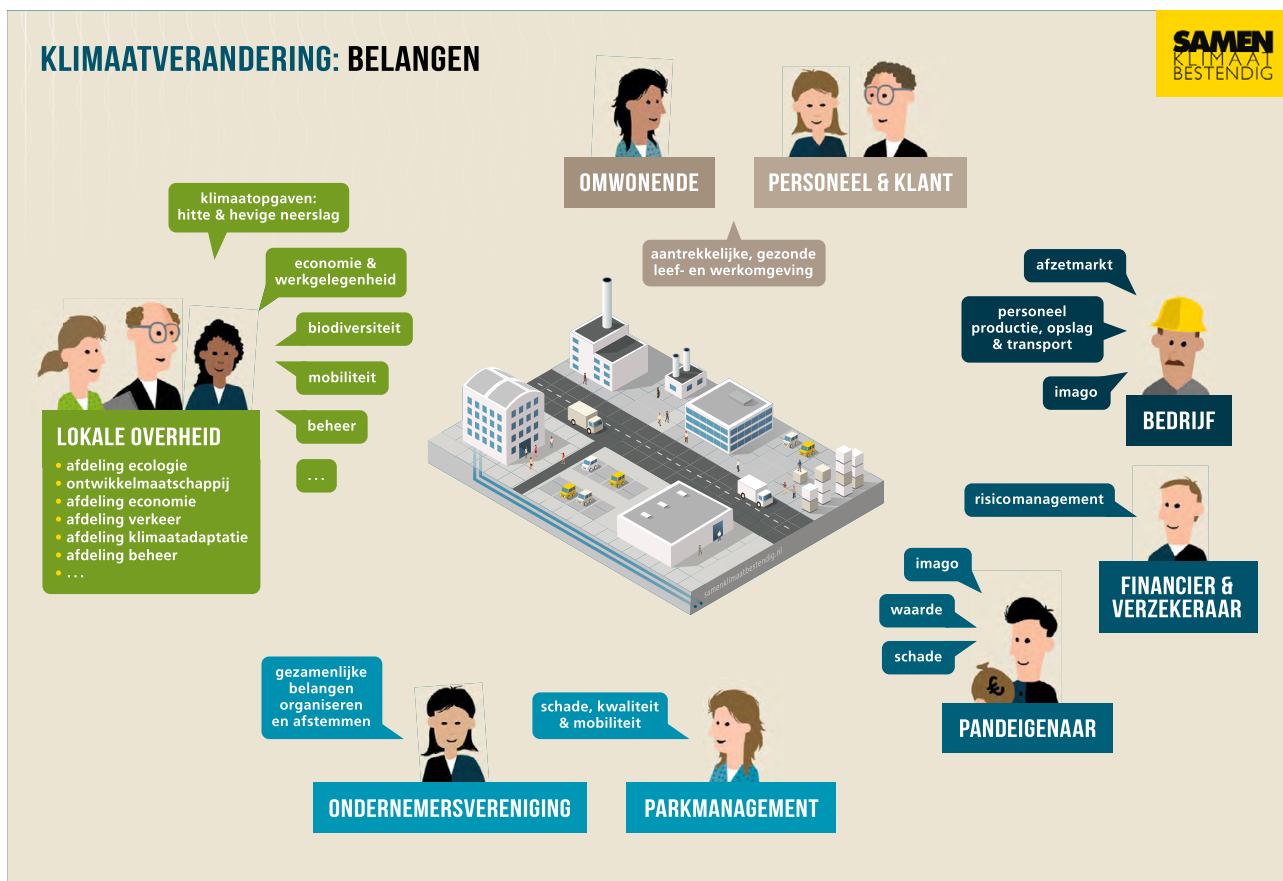
De mensen die nu en straks beleid maken, toetsen, en terreinen ontwerpen, organiseren en bouwen moeten **klimaatadaptief opgeleid (gaan) worden**, zoals Beleidsmedewerker economie/ruimtelijke ordening, accountmanager bedrijven en gebieds- en wijkmanager van een gemeente, accountmanagers en programmaleiders van provincie. Dit geldt ook voor stedenbouwkundigen, landschapsarchitecten en trekkers van Omgevingsvisies. Dat kost tijd en is daarom onderdeel van de voorbereiding, maar vergt constante

aanpassingen aan nieuwe ontwikkelingen. Dit wordt nu al opgepakt, bijvoorbeeld bij diverse hbo's zoals Hanzehogeschool, HAS, INHolland en Van Hall Larenstein.

8.5.1 Toelichting op de zeven paden

De basis: Governance en organisatiegraad

Bij nieuwe, maar vooral bij bestaande terreinen, zijn veel stakeholders betrokken. Versnelling van klimaatadaptatie vergt van deze partijen het stroomlijnen en aanpassen van governance, samenwerkingen, rolverdeling en organisatiegraad van werklandschappen.



Figuur 8-15 Belangen bij klimaatverandering. Uit: Platform Samen Klimaatbestendig. F. Macke, 2022 Groenblauwe bedrijventerreinen: maak onderdeel uit van ons netwerk | Kennisportaal Klimaatadaptatie

In de paden **Aanpassen natuurlijke en technische maatregelen private en openbare ruimte** gaat het om maatregelen op eigen perceel van de private partijen of in de openbare ruimte. Dit zijn voornamelijk kleinschalige maatregelen, die niet direct de systeemwerking veranderen. Bijvoorbeeld de aanleg van infiltratiekratten of een groendak. Hierbij spelen de vervangingstermijnen een grote rol. Door iedere vervanging of renovatie aan te grijpen voor klimaatadaptatie, wordt kosteneffectief resultaat geboekt. Bijvoorbeeld met verminderen van verhardingen op privaat terrein of een verkoelende groene gevel. Echter, voor kosteneffectieve en efficiënte maatregelen is vaak een ontwerp en aanpak op een grotere (systeem) schaal nodig. Bijvoorbeeld met een gezamenlijke wadi op een logische plek in het lokale watersysteem in de semi- openbare ruimte en de openbare ruimte. Daarom staan deze paden vooral in de beginperiode. Na een eerste ronde vervangingen zal het noodzakelijker worden om op grotere (systeem)schaal maatregelen uit te voeren, en ontstaat een overstappunt naar het pad van Aanpassing aan natuurlijk systeem met inrichting. Het is cruciaal dat de basis op orde is en er een professionele governance is.

Vanwege de traagheid in het doen van aanpassingen wordt verwacht dat in de beginperiode meer inzet ontstaat op het pad **Klaarstaan voor calamiteiten**. Gaandeweg worden de klimaateffecten beter opgevangen

met structurele maatregelen (zie vorige paden) of met structurele afspraken over risico-acceptatie en calamiteitenplannen. Ook kan de keuze vallen op ver- en uitplaatsing. Dit zal ongeveer de volgorde vertonen van eerst calamiteitenplannen voor locaties waar al waterschade, warmteschade en andere schade was of verwacht wordt. Daarna groeit het aantal calamiteitenplannen en de schaal van de plannen. Er komen calamiteitenplannen voor bedrijven en calamiteitenplannen per risico-locatie. Parallel daaraan wordt een groeiende behoefte en druk verwacht vanuit werknemers die een veilige en gezonde werkplek willen, klanten die leveringszekerheid willen, en verzekeraars en financiers die vermindering van schade-(risico's) eisen.

De grootschalige inzet van de paden **Aanpassen aan het natuurlijk systeem** en van **Meervoudig ruimtegebruik** vergen eerst een aanpassing van de basis: de governance en organisatiegraad. Pas als de lijnen, beleidskaders en rollen duidelijk en toekomstbestendig zijn, is het mogelijk om tot bewustzijn en afspraken te komen voor brede systeemgerichte maatregelen vanuit een integrale blik naar de omgeving. Het werklandschap wordt onderdeel van zijn omgeving, pakt de water-, bodem-, groene, energie- en circulaire opgave op in samenwerking met de omgeving. Waterschappen en drinkwaterbedrijven worden belangrijke stakeholders voor werklandschappen. Vervolgens zullen de lessen hieruit weer leiden tot een volgende actualisatie en opschaling van de governance. Het Platform Ondernemend Meijerijstad, TradePort Venlo en Veban Amsterdam-noord doen dit al. Meervoudig ruimtegebruik gaat om grootschaligere maatregelen zoals optoppen, opkopen, slopen, minder bebouwd oppervlak, multifunctioneel gebruik en (ver)nieuwbouwen. De Ontwikkelingsmaatschappij Utrecht werkt hier bijvoorbeeld aan (OMU).

Dat Schiphol Trade Park zich sinds kort 'het meest duurzame logistieke businesspark ter wereld' mag noemen, is een nieuwe mijlpaal voor Schiphol Area Development Company. Het SADC heeft de ambitie om te werken aan groene, gezonde, klimaatbestendige en biodiverse bedrijventerreinen. Hoewel, bedrijventerreinen Algemeen directeur Eva Klein Schiphorst spreekt liever van 'werklandschappen', waar je niet naar toe moet om te werken maar waar je naar toe wilt om in een groene en duurzame omgeving te werken en te recreëren. <https://vgvisie.nl/wp-content/uploads/2023/05/050-055-WER-SADC-6p.pdf>.

Treeport Zundert is de winnaar van de jaarlijkse verkiezing van het groenste bedrijventerrein in 2024. BCT is in alle opzichten groen. Groen in de zin van een groene inrichting, gericht op biodiversiteit en leefbaarheid en bovendien met een directe functie voor de boomteelt. En eveneens groen in de zin van hernieuwbare energie door middel van een groot oppervlak aan zonnepanelen en eigen windmolens. Ook op het gebied van water is het terrein zeer duurzaam ingericht. Een overschot aan water wordt op eigen terrein gebufferd en later beschikbaar gemaakt als er watertekorten zijn. Daarnaast zijn veel bedrijven die zich op BCT vestigen duurzame pioniers of zijn duurzaam in hun proces, bijvoorbeeld door recycling of gebruik van hernieuwbare bronnen.

Voor Meervoudig ruimtegebruik zijn vaak meerdere stakeholders en percelen nodig. Daarbij wordt over de grenzen van het plangebied heen gewerkt, aan de natuurlijke, economische en fysieke systemen. Deze aanpassingen leiden tot een werklandschap in samenhang met de omgeving, bijvoorbeeld een gezamenlijke waterberging met een naastgelegen woonwijk en/of natuurgebied zoals bijvoorbeeld de Blauwe Poort in Laarbeek.

Het Groningse steeds groenere bedrijventerrein Euvelgunne is een lichtend voorbeeld door de inrichting van de Oostpolder.

Er zijn biodiversiteits-wadi's aangelegd. Dat zijn met grind en zand gevulde greppels of sloten waar regenwater tijdelijk opgeslagen kan worden. Het regenwater krijgt de kans om langzaam in de bodem weg te zakken. De wadi is biodivers omdat het is ingezaaid met een bloemrijk kruidenmengsel. Dat trekt insecten en vogels aan en overleeft zowel droge als natte tijden. Verder is tegen een transformatorhuisje een groot insectenhotel geplaatst. Bij Peitsman staan natte bakken langs het hek: een zogeheten

'Rain Garden'. Het regenwater loopt vanaf het dak in deze bakken, waarin beplanting staat die zowel droge als natte omstandigheden aankan. De Euvelgunnerweg loopt door de Hunzezone. Deze groene strook ontnemt het gevoel op een bedrijventerrein te zijn. Tussen de bomen door zijn de bedrijven zichtbaar, maar het gebied ademt sfeer en natuur.

Het pad van **Meervoudig ruimtegebruik** wordt nu vaak al opgestart op de kleinere schaal van een kavel of perceel of een heel terrein, zoals via herontwikkelingsmaatschappijen als HMO Overijssel, OMU, etc. Bij de maatregelen worden meerdere functies gecombineerd: bijvoorbeeld een verkoelend, waterbergend groendak met zonnepanelen. Of een meer waterbergende koelere parkeerplaats, minder gebruik openbare ruimte voor auto's en vrachtwagens, minder bebouwd oppervlak en hoger en meer onder de grond bouwen.

Op termijn is daarnaast ook verdere opschaling nodig naar het pad **Aanpassen aan natuurlijk systeem met inrichting**, om te komen tot meervoudig ruimtegebruik dat past in het grotere systeem van bodem, water, (energie)infrastructuur en sociale (veiligheids)structuren, kijk naar AmbachtseZoom, Treepport Zundert en Greenport Venlo.

Het pad van **Locatiekeuze klimaatadaptief** zal pas op langere termijn grootschalig ingezet kunnen worden. Dergelijke grote en ingrijpende keuzes hebben een lange doorlooptijd. (Hoewel een ramp of calamiteit een lokale versnelling kan geven, zoals na de overstromingen in Limburg en de Wehkamp / Hessenpoort in Zwolle) Ook mag verwacht worden dat de toename van klimaatextremen in de toekomst leidt tot een groter belang van dit pad bij nieuwe locatiekeuzes. In de praktijk wegen met name internationale investeerders, banken en verzekeraars dit al mee. Nadenken over verplaatsing van bedrijven en werklandschappen van ongunstige naar meer gunstige locaties wordt steeds meer realiteit, zeker langs de Maas en in het Rivierenland.

Voor de langere termijn, is het belangrijk dat de effecten (bijv op hitte en grondwater) van locatiekeuzes op een meer lange termijn doorwerken, juist ook voor de klimaatrisico's. Daarom wordt nu al met governance en kaders bij de locatiekeuzes steeds meer rekening gehouden met de klimaatrisico's (door de keuze van de locatie, danwel door het aanpassen aan de locatiespecifieke risico's). Bovendien speelt bij de opgave voor werklandschappen dat de locatiekeuze samenhangt met een haalbaar en wenselijk toekomstig economisch profiel en mobiliteit. Investerings voor klimaatadaptatie zijn alleen effectief als deze gedaan worden voor bedrijvigheid die ook op langere termijn gewenst en kansrijk is op die specifieke locatie.

8.5.2 Overstappunten tussen de paden

De paden zijn in werkelijkheid al opgestart, maar er is versnelling nodig. In de praktijk lopen de paden parallel en haasje-over. Ter structurering is op hoofdlijnen een **volgorde geschetst** op basis van de vervangingstermijnen, klimaatverwachtingen en afhankelijkheden. De paden geven de trajecten die op dat moment het meest gelopen worden. Vooral de overstappunten zijn in de werkelijkheid geen vast punt waarop het ene pad verlaten wordt en het andere pad gestart. De overstappunten geven vooral houvast en een indicatie.

Een voorbeeld: In de komende circa 40 jaren wordt ongeveer alle bebouwing vervangen op basis van de verwachte vervangingstermijn.

Daarna is er minder aanpassing nodig, maar komt de nadruk meer te liggen op klimaatadaptieve nieuwbouw. Maar: Alles wat komende 40 jaren nieuw wordt gebouwd, wordt ondertussen vanzelfsprekend al klimaatadaptief gebouwd.

Van de andere kant kan het zijn dat de eerste aanpassingen op termijn onvoldoende blijken te zijn en dat er, ook na die 40 jaren, nog nieuwe aanpassingen nodig zijn vanwege heviger klimaatverandering, of tegenvallende effectiviteit van de eerste aanpassingen.

Zo is het eerst nodig om de governance rondom en de organisatiegraad op de terreinen meer op orde te brengen, voordat grootschalig ingezet kan worden op het ontwerpen en realiseren van adaptatiemaatregelen en de andere paden. Daarom is een overstappunt weergegeven vanaf het pad De basis: Governance en organisatiegraad naar de andere paden.

Het is de verwachting dat klimaatadaptieve locatiekeuzes vooral later in de tijd ingezet worden, ook al zien we dat nu soms ook al in de praktijk.

Voor de grootschalige inzet van het pad Aanpassen aan natuurlijke systeem met inrichting en het pad Meervoudig ruimtegebruik verwachten we dat deze vooral kansrijk zijn bij nieuwbouw en dat eerst het pad De basis: Governance en organisatiegraad nodig is. Daarom is hier een overstappunt weergegeven.

8.6 Interacties met andere opgaven

De zeven adaptatiepaden **haken aan op de paden voor de andere NAS-opgaven**, omdat met vrijwel iedere andere opgave een samenhang is. In 8.3.2 zagen we al dat zorgen om de ruimtelijke economische visie voor een deel ondervangen zijn omdat nadrukkelijk is afgestemd met de andere veertien NAS-opgaven en in het bijzonder met Seveso-inrichtingen, Bestaande bouw – klimaatbestendig wonen voor iedereen en Klimaatadaptieve nieuwbouw, Waterkwaliteit, Infrastructuur en Gezondheid/Zoönosen.

Met de opgaven voor Bestaande bouw, Klimaatadaptieve Nieuwbouw, Landbouw en Veerkrachtige natuur is vooral een integrale samenhang in de zin dat de gebieden vaak fysiek aan elkaar grenzen en de verschillende functies steeds meer in elkaar overgaan. Dit geldt bijvoorbeeld voor woon-werkgebieden, landbouw in gebouwen of natuur op werklandschappen. Belangrijk uitgangspunt is in coproductie met ondernemers te zorgen voor goede 'inpassing' van klimaatadaptieve maatregelen opdat de maatregelen niet/zo min mogelijk ten koste gaan van de grootste kopzorgen van ondernemers, namelijk ruimte voor werk en een functionele werkomgeving, waarin bedrijven kunnen ondernemen.

Resumerend geldt dat de vele relaties tussen werklandschappen en de andere adaptatiepaden aantoont hoezeer deze gebieden integraal onderdeel zijn van de omgeving. De noodzaak deze gebieden niet langer te zien als planologisch eiland is duidelijk gemaakt. De klimaatpotentie van werklandschappen is groot en onderbenut. De NAS benut deze potentie.

9 Samenhang tussen adaptatiepaden

Door: Robbert Biesbroek (Wageningen University & Research), Carolien Kraan (Deltares) en Marjolijn Haasnoot (Deltares)

9.1 Introductie

Waar in de vorige hoofdstukken vooral is gekeken naar de samenhang van maatregelen en adaptatiepaden met andere maatschappelijke opgaven, richt dit hoofdstuk zich op de overstijgende samenhang tussen de verschillende adaptatiepaden zelf. Onder samenhang verstaan we: maatregelen of paden die elkaar versterken in het reduceren van klimaatrisico's wanneer ze gelijktijdig of opeenvolgend worden uitgevoerd. Een gebrek aan samenhang kan leiden tot een neutraal effect, maar ook tot negatieve interacties tussen paden.

Samenhang kan zich op verschillende manieren manifesteren. Zo kan deze worden onderzocht door adaptatiepaden te vergelijken per bijdrage aan de strategie, bijvoorbeeld op basis van de PBL-scenario's 'intensiveren' en 'transformeren'; zie 9.3, in termen van tijdshorizon (korte, middellange of lange termijn) zie 9.4, of in relatie tot andere maatschappelijke opgaven, zie 9.5.

Tijdens de Make-aton van 20 maart 2025 is, samen met de opgave- en padentrekkers, geïnventariseerd wat de belangrijkste vormen van samenhang zijn tussen de paden van de verschillende opgaven, en welke maatregelen elkaar al dan niet versterken. Om de input systematisch te verzamelen, is gebruik gemaakt van een online platform en een begeleidende instructietabel. De verzamelde data zijn geanalyseerd en dit vormt de basis voor dit hoofdstuk.

Let op: dit hoofdstuk richt zich expliciet niet op factoren die de uitvoering van adaptatiepaden bemoeilijken of juist versterken, bijvoorbeeld wet- en regelgeving die meerdere NAS-opgaven tegelijk raakt. Zo'n analyse van de bredere 'oplossingsruimte' is relevant, maar vraagt om aanvullend onderzoek buiten de scope van dit hoofdstuk.

In de rest van dit hoofdstuk bespreken we verschillende dimensies van samenhang tussen adaptatiepaden binnen het kader van de Nationale Adaptatiestrategie.

9.2 Samenhang tussen de adaptatiepaden van de NAS-opgaven

Wanneer we naar de verschillende hoofdstukken kijken, valt op dat sommige opgaven in meerdere combinaties zowel sterke synergiën als substantiële trade-offs kennen. Nieuwbouw kent bijvoorbeeld duidelijke kansen voor koppeling met natuur en werklandschappen, maar ook mogelijke spanning met landbouw en bestaande bouw of met natuur als het in de plaats van natuur komt. Ook landbouw laat in veel combinaties interactie zien, zowel positief als negatief. Gezondheid en waterkwaliteit daarentegen kennen overwegend positieve relaties en minder uitgesproken negatieve effecten. Dat suggereert dat ze in veel gevallen als verbindend element kunnen functioneren.

De veelheid aan samenhang die in de individuele hoofdstukken naar voren komt, laat zien dat er een veelheid aan mogelijkheden bestaat om op een slimme manier invulling te geven aan de klimaatadaptatie-opgave. Tegelijkertijd is de samenhang sterk contextgebonden, wat het lastig maakt om in generieke zin uitspraken te doen over wat wel of niet samen kan. Dit vraagt om maatwerk, gebiedsgerichte afwegingen en ruimte voor lokale kennis en samenwerking. De uiteindelijke interacties hangen immers sterk af van de uitvoering en locatie.

De onderstaande figuur vat de belangrijkste synergiën (groen) en trade-offs (rood) samen tussen de verschillende opgaven uit de tweede ronde die in de afzonderlijke hoofdstukken zijn geanalyseerd. De

scores zijn gebaseerd op inhoudelijke raakvlakken tussen de adaptatiepaden. De figuur vormt daarmee een integraal overzicht van hoe de adaptatiepaden elkaar zowel positief als negatief kunnen beïnvloeden. De hoofdstukken bieden een rijkdom aan voorbeelden om de scores verder toe te lichten en de nodige nuance aan te brengen in de geaggregeerde scores per opgave.

Wat opvalt, is dat sommige opgaven in meerdere combinaties zowel sterke synergiën als substantiële trade-offs kennen. Nieuwbouw biedt bijvoorbeeld duidelijke kansen voor koppeling met bestaande bouw en gezondheid, maar ook spanningen met Seveso en werklandschappen. Ook landbouw laat in veel combinaties interactie zien, soms zowel positief als negatief. Voor natuur en landbouw zijn er bijvoorbeeld duidelijke trade-offs (zoals competitie om beschikbare grond, emissie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen vanuit bepaalde vormen van landbouw), maar ook kansen (zoals nature-based solutions, en vormen van agro-ecologie). Gezondheid en waterkwaliteit daarentegen kennen overwegend positieve relaties en minder uitgesproken negatieve effecten.

De diversiteit aan samenhang die in de individuele hoofdstukken naar voren komt, laat zien dat er een veelheid aan mogelijkheden bestaat om op een slimme manier invulling te geven aan de klimaatadaptatieopgave. Tegelijkertijd is de samenhang sterk context gebonden, wat het lastig maakt om in generieke zin uitspraken te doen over wat wel of niet samen kan. Dit vraagt om maatwerk, gebiedsgerichte afwegingen en ruimte voor lokale kennis en samenwerking.

	Bestaande bouw	Gezondheid	Landbouw	Natuur	Nieuwbouw	Seveso	Waterkwaliteit	Werklandschappen	
Bestaande bouw	x	4	2	2	4	2	4	3	Synergieën (positief effect, groen) Trade-offs (negatief effect, rood)
Gezondheid	2	x	3	4	4	-	4	4	
Landbouw	2	3	x	3	2	2	3	3	
Natuur	2	2	5	x	2	2	5	2	
Nieuwbouw	1	1	3	2	x	3	3	3	
Seveso	3	-	-	1	3	x	2	3	
Waterkwaliteit	2	2	4	3	2	-	x	-	
Werklandschappen	3	-	3	1	3	-	3	x	

Figuur 9-1 – Overzicht van synergieën en trade-offs tussen de verschillende adaptatiepaden. De scores zijn indicatief en gebaseerd op een interpretatie van kwalitatieve data uit de hoofdstukken en opgehaald tijdens de make-aton van 20 maart 2025, en bedoeld om een indruk te geven van de mate van samenhang tussen opgaven. Een hogere score duidt op een grotere potentie voor synergie (groen) of een sterker risico op trade-offs (rood). De figuur helpt om inzicht te krijgen in waar slimme combinaties mogelijk zijn, en waar juist afstemming of keuzes nodig zijn om conflicten te vermijden. Als er onvoldoende informatie beschikbaar is om een geïnformeerde score toe te kennen, dan is dit aangegeven met een (-).

Voor de opgaven uit de eerste ronde (wateroverlast, gezondheid, cultureel erfgoed, spoor- en weginfrastructuur, vaarwegen, energie- en telecomminfrastructuur) is minder systematisch gekeken naar samenhang, met name in relatie tot de opgaven die centraal stonden in de tweede ronde. Toch valt ook hier het nodige op te merken.

Allereerst zijn er duidelijke kansen om de samenhang te versterken bij nieuwe (her)inrichtingen. Dit is het meest evident bij nieuwbouw, maar geldt in bredere zin voor alle opgaven waarbij (her)ontwikkelingen plaatsvinden, inclusief bestaande bouw, werklandschappen, infrastructuur en Seveso-inrichtingen. Hier liggen kansen om het 'in één keer goed te doen', bijvoorbeeld door klimaatrisico's en sectorale beleidsdoelen systematisch in samenhang te beschouwen. Dit kan leiden tot integrale afwegingen voor maatregelen op het niveau van gebruiker, gebouw of gebied.

Opgaven met een ruimtelijke impact, zoals natuur, landbouw, nieuwbouw, bestaande bouw, infrastructuur, Seveso-inrichtingen en werklandschappen, concurreren per definitie om schaarse fysieke ruimte. Dit brengt inherente risico's op trade-offs met zich mee. In de eerste ronde kwam dit thema herhaaldelijk naar voren, en ook in de tweede ronde is het een veelgenoemde uitdaging: iedereen vraagt om ruimte, terwijl die ruimte ook al van iemand is. Dit vraagt om expliciete keuzes, waarbij mogelijke synergiën en trade-offs inzichtelijk worden gemaakt en bewust worden afgewogen. Idealiter gebeurt dit vanuit het principe van meervoudig ruimtegebruik of het combineren van functies.

Wanneer ruimtegebruik passend is bij water, bodem en klimaatrisico's is eerder potentie voor synergie. Gebruikers die vergelijkbare water, bodem, klimaat condities vereisen komen dat bij elkaar in de buurt te liggen. Zo ontstaan zones met vergelijkbare condities, waardoor het ook makkelijker wordt voor waterbeheer om bij te dragen aan gewenste condities. Op kleinere schaal kan diversificatie juist bijdrage aan synergie, bijvoorbeeld als het gaat om beperken van wateroverlast door in de lagere delen van een gebied ruimte te maken voor een opgave tijdelijk water kan bergen (denk aan natuur, of klimaatrobuuste nieuwbouw). En door natuurinclusieve nieuwbouw en werklandschappen kunnen verbindingszones ontstaan tussen natuurgebieden.

Sommige opgaven snijden dwars door andere domeinen heen. Denk bijvoorbeeld aan watergerelateerde opgaven (zoals waterkwaliteit en wateroverlast) of gezondheidsopgaven (zoals mentale gezondheid en hittestress in de gebouwde omgeving). Deze opgaven bieden in potentie veel mogelijkheden voor samenhang, maar in de praktijk blijkt dit vaak lastiger te realiseren. Doelmatigheidsoverwegingen en sectorale belangen domineren regelmatig, waardoor integrale benaderingen en samenwerking in de uitvoering onder druk komen te staan.

Tot slot zijn er ook specifieke synergiën en trade-offs te benoemen tussen opgaven uit de eerste en tweede ronde. Zo kan cultureel erfgoed vertraging en extra kosten veroorzaken bij nieuwbouwprojecten, bijvoorbeeld door archeologische belangen, of bestaande bouw via beschermde stadsgezichten. Tegelijkertijd kan cultureel erfgoed ook een inspiratiebron vormen voor klimaatbestendige maatregelen en locatiekeuzes, zoals bij de inrichting van historische binnensteden of het benutten van traditionele landschapskenmerken.

9.3 Samenhang in het licht van Intensiveren en Transformeren

De mate en aard van samenhang tussen adaptatiepaden wordt in zekere mate bepaald door het adaptatiescenario waarbinnen deze paden zich ontwikkelen. De twee adaptatiescenario's die in de NAS worden onderscheiden – Intensiveren en doorontwikkelen versus Transformeren en meebewegen – verschillen in hoe ze omgaan met bestaande structuren en onderlinge afhankelijkheden.

In een scenario van Intensiveren en doorontwikkelen ligt de nadruk op het faciliteren van de huidige functies en landgebruik door het verbeteren en optimaliseren van bestaande systemen, het opschalen van bewezen praktijken en het benutten van koppelkansen binnen sectorale kaders. De samenhang tussen adaptatiepaden manifesteert zich hier vooral als *operationele* synergiën: praktische afstemming, gedeeld ruimtegebruik of

het efficiënter inzetten van middelen. Denk aan het combineren van maatregelen in de gebouwde omgeving met gezondheidsmaatregelen, of het benutten van ruimtelijke ingrepen die tegelijkertijd bijdragen aan waterkwaliteit en natuur. De relaties tussen paden blijven in dit scenario overwegend incrementeel en vooral aanvullend van aard. Daardoor worden ook conflicten of trade-offs vaak beperkt gehouden, maar blijft het gecombineerde adaptatiepotentieel deels versnipperd. Structurele spanningen bijvoorbeeld tussen landbouw en natuur worden weliswaar herkend, maar zelden fundamenteel herzien.

In het Transformatiescenario worden adaptatiepaden uitgedacht voor fundamentele veranderingen van functies en in het fysiek ruimtelijke systeem omdat bestaande adaptatiemaatregelen eindig zijn. Dit opent ruimte voor *strategische* synergieën, waarin paden niet alleen naast elkaar bestaan, maar onderling worden verweven in geïntegreerde gebieds- of systeemveranderingen. Denk aan herinrichting van hele werklandschappen waarbij natuur, veiligheid en waterkwaliteit tegelijkertijd vorm krijgen. Of het transformeren van de landbouw waardoor ruimte voor natuur makkelijker te realiseren wordt. Tegelijkertijd brengt dit scenario ook een toename aan potentiële trade-offs met zich mee. Doordat adaptatie niet langer binnen bestaande sectorale marges blijft en sommige functies op sommige plekken moeten stoppen, botsen belangen nadrukkelijker.

De keuze voor een adaptatiescenario heeft invloed op hoe samenhang tussen adaptatiepaden zich kan ontwikkelen. Waar het eerste adaptatiescenario gericht is op het optimaliseren en opschalen van bestaande samenhang, vraagt het tweede om het herontwerpen van het systeem als geheel. In beide gevallen is samenhang essentieel, maar de vorm en ambitie ervan verschillen sterk.

Verhaallijn intensiveren en samenhang tussen opgaven

Als we het Nederland dat we kennen voornamelijk willen behouden zoals het nu is, ook onder veranderende klimaatomstandigheden, dan zullen we voor meerdere opgaven de maatregelen moeten gaan intensiveren.

Voorbeelden voor verschillende opgaven worden hier benoemd. Voor de landbouw betekent dit dat er voornamelijk aanpassingen zullen worden gedaan op perceelniveau, denk aan bijvoorbeeld verkoeling in stallen, opvang van water, en meer droogte-, zout- of hitte-tolerantere gewassen (maatregelen Landbouw: Doorontwikkelen van huidige landbouw, Hybride vormen van landbouw). Binnen de bestaande gebouwde omgeving kunnen er aanpassingen worden gedaan aan de gebouwen en in beperkte mate in de openbare ruimte, zoals wat vergroening en airconditioning (maatregel Gezondheid: Indoor klimaatbeheersing, maatregelen Werklandschappen: Aanpassen natuurlijke en technische maatregelen gebouw/private kavel en Aanpassen natuurlijke en technische maatregelen openbare ruimte, Bestaande bouw: Maatregelen aan de gebouwschil en private buitenruimte). In nieuwbouw zou gemakkelijker natuurinclusiever en klimaatrobuster kunnen worden gebouwd dan in de bestaande gebouwde omgeving (Maatregel Nieuwbouw: Klimaatadaptief ontwerp en bouwwijze). De natuur wordt ondersteund door bijvoorbeeld te zorgen dat water langer wordt vastgehouden door stuwen of het hermeanderen van beken of door ander peilbeheer door waterschappen (maatregelen Natuur: Klimaatbestendig technisch beheer, Lokaal condities optimaliseren). De waterkwaliteit wordt geborgd door betere waterzuivering (maatregel Waterkwaliteit: Uitbreiding Waterzuivering). Cultureel erfgoed blijft goed beschermd door lokale aanpassingen, zoals waterpeilen of aanpassingen van gebouwen (maatregelen Cultureel Erfgoed: Aanpassen erfgoed en Aanpassen van condities).

Voor Nederland betekent dit dat iedere opgave voornamelijk op zichzelf focust. Dit heeft als consequentie dat bepaalde negatieve effecten worden afgewenteld: op elders, later, of andere systemen. Denk bijvoorbeeld aan het watersysteem, waarbij een grotere vraag naar zoetwater voor bevolking, landbouw samenkomt met periodes van droogte. We opereren hierbij dicht bij de fysieke grenzen van systemen en deze zullen makkelijker worden overschreden bij onverwachte gebeurtenissen, waardoor schade kan ontstaan. Ook kan dit ertoe leiden dat dit leidt tot transformatie (door dat de schade te groot wordt), of dat ervoor wordt gekozen om als nog in sommige gebieden te transformeren om in andere gebieden intensiveren mogelijk te houden (Schasfoort et al. 2025). Het is echter niet evident dat hierbij dan dezelfde synergieën optreden als bij een algehele transformatie. Bij intensiveren zal Nederland er langer uitzien zoals we het kennen, met name op economisch gebied.

Verhaallijn transformeren en samenhang tussen opgaven

Voor veel van de opgaven zullen we een transformatie moeten doormaken als we een Nederland willen dat beter aansluit bij de toekomstige klimaatomstandigheden.

Dat kan er als volgt uitzien. Een natuur die veerkrachtiger is en meer klimaatrobust heeft meer ruimte en verbinding nodig, maar ook een afname van menselijke drukfactoren (maatregelen Natuur: Vergroten en verbinden van natuurgebieden, Versterken natuur door verminderen menselijke drukfactoren, en Op grote schaal natuurinclusiviteit realiseren, Ruimte maken voor klimaatrobuste natuurdynamiek). Dit zou hand-in-hand kunnen gaan met een transformatie van de landbouw. Ruimte voor natuur zou kunnen worden gemaakt door het uitfaseren van landbouw op bepaalde locaties en juist het intensiveren van de landbouw op andere locaties (maatregelen Landbouw: Uitfaseren en Functioneel conditioneren van landbouw). Omdat het functioneel conditioneren van de landbouw een afscherming van de omgeving vereist, zou dit ook de druk op de natuur en waterkwaliteit door bijvoorbeeld pesticiden of (kunst)mest kunnen verlichten (maatregel Waterkwaliteit: Zero pollution). Tegelijkertijd zou extensievere landbouw ook een kans kunnen zijn voor zowel het verbinden en natuurinclusiever maken van de omgeving (maatregel Landbouw: Functioneel diversifiëren van landbouw). Door een extensievere veeteelt in de veenweidegebieden zou bijvoorbeeld ook cultuurlandschappen kunnen worden behouden (maatregel Cultureel erfgoed: Selectief behouden). Het gebruik van nature-based solutions om klimaatadaptiever te worden kan ook in de gebouwde omgeving goed worden toegepast (maatregelen Bestaande bouw & Nieuwbouw: klimaatadaptieve herinrichting gebied, maatregelen Werklandschappen: Meervoudig ruimtegebruik, en Aanpassen aan natuurlijk systeem met inrichting). Meer groen in de gebouwde omgeving kan ook synergiën opleveren rondom gezondheid, zoals voor UV-straling en hitte (maatregelen Gezondheid: Aanpassen buitenruimte, Vergroenen, Verkoeling door water, Groene stad met hittebestendige gebouwen, Groene stad met passieve koeling).

Er zijn veel synergiën tussen de verschillende transformaties te vinden. Tegelijkertijd betekent het transformeren van Nederland ook dat er meer gestuurd moet worden op locatiekeuze: niet alles kan overal zomaar. Dit gaat voor het ontwikkelen van nieuwe bouw, maar ook zullen er soms bestaande assets moeten worden verwijderd of verplaatst. Dit kan economische effecten hebben en Nederland zal er anders uit komen te zien.

9.4 Samenhang: invloed van tijd en klimaatscenario

Zoals de verschillende adaptatiepaden laten zien, verandert de samenhang ook door de tijd en welk klimaat-scenario als uitgangspunt wordt genomen. Vooralsnog is dit vooral speculatief en hebben we weinig informatie kunnen vinden in de wetenschappelijke literatuur en opgehaald tijdens de Make-a-ton. Desalniettemin lijkt het dat op de korte termijn vooral praktische afstemming centraal staat, en verschuift de nadruk op de middellange en lange termijn naar structurele keuzes.

Korte termijn (0–10 jaar): Op korte termijn ligt de nadruk vooral op uitvoerbare maatregelen binnen bestaande kaders. Samenhang komt hier vooral tot uiting in meekoppelkansen en inzetten op meervoudig ruimtegebruik: bijvoorbeeld klimaatadaptatieve maatregelen bij renovatie van bestaande bouw of integratie van hittestress-maatregelen bij gezondheidsbeleid. De meeste synergiën zijn relatief concreet en overzichtelijk, zoals tussen waterkwaliteit en landbouw of tussen gezondheid en groen in de gebouwde omgeving.

Middellange termijn (10–30 jaar): In deze fase nemen de structurele implicaties van klimaatverandering toe en wordt de verwevenheid van opgaven steeds duidelijker. Afwegingen worden complexer, omdat ruimtelijke claims steeds nadrukkelijker botsen (bijvoorbeeld tussen woningbouw, natuur en landbouw), en omdat de effecten van eerder genomen maatregelen zichtbaar worden. Nu ontstaat meer noodzaak om adaptatiepaden actief op elkaar af te stemmen, mede vanwege afhankelijkheden in ruimte en financiering. Samenhang betekent in deze fase ook: prioriteren, temporiseren, of faseren van maatregelen om integrale gebiedsontwikkeling mogelijk te maken.

Lange termijn (30–80 jaar): Bij een vooruitblik tot 2100 wordt de mate van opwarming zoals geschetst in de KNMI'23-scenario's bepalend, ook voor de samenhang. In een laag-opwarmingsscenario is het mogelijk om bestaande systemen en structuren grotendeels aan te passen. Samenhang wordt dan gezocht in

optimalisatie: Hoe kunnen bestaande functies slimmer samenwerken, met beperkte systeemverandering? In een hoog-opwarmingsscenario wordt het noodzakelijk om fundamenteel andere keuzes te maken. Dan verschuift de samenhang tussen opgaven naar de noodzaak tot transformeren (zie 9.3). In die context is samenhang niet alleen een kwestie van afstemming, maar van systeemkeuze en maatschappelijke onderhandeling.

De factor tijd maakt duidelijk dat samenhang niet statisch is, maar onderhevig aan veranderingen van een veelheid aan factoren inclusief maatschappelijke voorkeuren en fysieke ruimtelijke (klimaat)condities.

9.5 Samenhang met andere transitie-opgaven

Hoewel deze analyse zich richt op de onderlinge samenhang tussen adaptatiepaden zoals binnen de NAS gedefinieerd, is het van belang om deze in bredere context te plaatsen. De grote transities waar Nederland voor staat, zoals de energietransitie, de woningbouwopgave en de stikstofaanpak, hebben directe implicaties voor de wijze waarop klimaatadaptatie vorm krijgt, en vice versa.

Zo raakt de energietransitie aan het ruimtegebruik voor zonne- en windenergie, netverzwaring en de aanleg van energiehubs, wat directe gevolgen heeft voor landschapskwaliteit, natuur, landbouw en nieuwbouwlocaties. Synergie met adaptatie kan ontstaan waar bijvoorbeeld energielandschappen worden gecombineerd met waterbuffering, natuurontwikkeling of klimaatbestendige inrichting van buitengebieden. Tegelijkertijd kunnen deze ingrepen druk zetten op schaarse ruimte en leiden tot afruilen met andere waarden en beleidsdoelen.

De woningbouwopgave vraagt om versnelling en opschaling van bouwprojecten, vaak in verstedelijkte of uitbreidingsgebieden. Dit biedt kansen om klimaatadaptatie integraal mee te nemen in gebiedsontwikkeling, zoals door waterrobuust en hittebestendig te bouwen. Tegelijkertijd vergt dit scherpe keuzes in locatiekeuze, zeker in relatie tot overstromingsrisico's, bodemdaling en bereikbaarheid van voorzieningen.

De stikstofopgave tenslotte beïnvloedt direct de ruimte voor landbouw en natuurontwikkeling, en bepaalt mede de haalbaarheid van nieuwe plannen in nabijheid van Natura 2000-gebieden. Adaptatiepaden die gericht zijn op natuurversterking of duurzame landbouw kunnen hierbij juist ondersteunend zijn, mits goed afgestemd op beleidsdoelen en juridische kaders.

Deze verwevenheid onderstreept het belang van een integrale benadering waarin adaptatie niet los wordt gezien van andere ruimtelijke en maatschappelijke transitities, maar juist wordt ingebed in een bredere visie op duurzame gebiedsontwikkeling.

9.6 Samenhang benutten vraagt om bestuurlijke keuzes

Het identificeren van samenhang tussen adaptatiepaden is een belangrijke stap in het versterken van de effectiviteit en doelmatigheid van klimaatadaptatie. Veel van de mogelijke synergiën en trade-offs die in dit hoofdstuk zijn benoemd, zijn echter niet nieuw. De vraag is dan ook niet zozeer of deze kansen er zijn, maar waarom het in de praktijk vaak lastig blijkt om deze daadwerkelijk te benutten.

Uit de verschillende hoofdstukken blijkt dat de ruimte om samenhang te realiseren begrensd wordt door harde randvoorwaarden: beperkte budgetten, personele capaciteit, fysieke ruimte en tijd. Niet alle maatregelen kunnen tegelijk worden uitgevoerd; geld dat aan de ene maatregel wordt besteed, is niet beschikbaar voor een andere. Ook kunnen maatregelen letterlijk concurreren om ruimte, bijvoorbeeld bij de inrichting van het landelijk gebied of stedelijke ontwikkeling.

Daarnaast blijkt de timing cruciaal: kansen om samenhang te versterken doen zich vaak voor in specifieke fasen van het beleidsproces, zoals de ontwerp-, besluitvormings- of uitvoeringsfase. Als deze kansen niet tijdig worden gesignaleerd, kunnen zogenoemde 'windows of opportunity' ongebruikt voorbijgaan. Dit vraagt om een herziening van de manier waarop processen zijn ingericht: een procesarchitectuur die gericht is op het vroegtijdig betrekken van relevante partijen, het expliciet maken van koppelkansen en het vastleggen van afspraken over wie waarvoor verantwoordelijk is.

Naarmate de adaptatieopgave omvangrijker of urgenter wordt, vooral in scenario's met meer opwarming of op langere termijn, neemt ook de behoefte aan actieve coördinatie toe. Dit kan vragen om een herverdeling van verantwoordelijkheden, het loslaten van bestaande beleidsroutines, of het hanteren van andere afwegingskaders. Het vraagt bovenal om scherpe bestuurlijke keuzes: Waar liggen de grootste kansen voor synergie? Waar ontstaan spanningen? En waar moet actief worden afgestemd of zelfs worden geprioriteerd?

Onze analyse laat zien dat integrale adaptatiestrategieën niet alleen inhoudelijke keuzes vragen, maar ook strategische sturing op het bestuurlijke en organisatorische niveau. Door expliciet in beeld te brengen waar samenhang mogelijk is en waar juist spanningen ontstaan, biedt dit hoofdstuk een handvat voor het maken van beter onderbouwde, richtinggevende keuzes. Niet alleen binnen de klimaatopgave, maar ook in relatie tot andere maatschappelijke vraagstukken zoals woningbouw, de energietransitie of stikstofreductie.

Adaptatiepaden vormen in dat kader een krachtig hulpmiddel. Ze helpen om de samenhang in beleidsopties zichtbaar te maken en bieden houvast in het gesprek over prioritering. Daarmee dragen ze bij aan meer voorspelbaarheid in beleidskeuzes, ook in een context waarin onzekerheid over klimaatimpact en maatschappelijke ontwikkeling groot is.

10 Referenties

Bestaande bouw – klimaatbestendig wonen voor iedereen

- AFM (2023). Inprijzen klimaatrisico's op de woningmarkt Risico's voor (potentiële) woningeigenaren en mogelijke oplossingsrichtingen. AFM.
- Anguelovski, I., Connolly, J.J.T., Cole, H., Garcia-Lamarca, M., Triguero-Mas, M., Baró, F., Martin, N., Conesa, D., Shokry, G., Pérez del Pulgar, C., Argüelles Ramos, L., Matheny, A., Gallez, E., Oscilowicz, E., López Mánez, J., Sarzo, B., Angel Beltrán, M. & Martínez Minaya, J. (2022). Green gentrification in European and North American Cities. *Nat Commun* 13, 3816.
- Bakker, A., Kadijk, J., Prijden, R., van de Velde, R., & Verbrugge, A. (2024). Framework for climate adaptive buildings. Deel 3: Strategie en maatregelen. DGBC.
- Bakker, M., De Haan, A., Landsman, J., Leentvaar, T.E. & Weimar, T. (2025). Risicocommunicatie over klimaatrisico's. NIPV.
- Bani, M., Barendregt, E., Blom, M., Burgers, S., De Groot, C., Hordijk, R., Nobel, A., Phlippen, S. & Vendel, B. (2024). Climate change and the Dutch housing market: Insights and policy guidance based on a comprehensive literature review. ING, Rabobank & ABN AMRO.
- Betgen, C. D., Boekhold, S., Boomsma, C., van Dijk, A., Hall, E. F., Hagens, W., Limaheluw, J., Ruysenaars, P., van der Ree, J., & Versteeg -de Jong, A. (2024). Gezondheidseffecten van klimaatverandering: Actualisatie van de huidige klimaatrisico's voor gezondheid. RIVM.
- Bessembinder, J., Bintanja, R., van Dorland, R., Homan, C., Overbeek, B., Selten, F., & Siegmund, P. (2023). KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland. KNMI.
- Booister, N., Hekman, A., Swinkels, R., Wienhoven, M., Hek, M., Nillesen, A.L., Ter Horst, W. & Van Alphen, J. (2021). Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave. Sweco, Ecorys, Defacto, Staf Deltacommissaris.
- Bor, A.-M., Duiker & J. Hertog, I.M. (2021). Nederland klimaatbestendiger maken: Welke rol spelen financiële instellingen? En welke kansen liggen er in samenwerking met overheden? NextGreen, VBDO, Samen Klimaatbestendig.
- Born, H. & Winkel, S. (2021). Versterken en Verduurzamen. De geleerde lessen van de gecombineerde aanpak van funderingsherstel en verduurzaming. Procap & RVO.
- Byskov, M.F. (2024). The Right to Climate Adaptation. *Ethic Theory Moral Prac* 27, 477–504.
- CBS (2024). Toelichting Wijk- en Buurtkaart 2022, 2023 en 2024. Geraadpleegd op 16-04-2025, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/diversen/2024/toelichting-wijk-en-buurtkaart-2022-2023-en-2024?onepage=true>
- Cortêsão, J., Kremer, L. & Meliefste, J. (2024). Een vergelijking van 10 groennormen en doorrekening investering realisatie groennorm. Sweco.
- De Bruijn, K., & Slager, K. (2022). Wat als de waterbom elders in Nederland was gevallen? (Hackaton Deltares, november 2021. 11206890-010-GEO-0006). Deltares
- Deltares, Wageningen Environmental Research, HKV, TNO, Hogeschool van Amsterdam, Tauw, RIVM, Arcadis, Sweco, KCAF, Aveco de Bondt & stichting CAS (2020). Klimaatshadeschatter. Geraadpleegd op 15-04-2025, van <https://www.klimaatshadeschatter.nl/>
- De Wit, M. (2024). De Toekomst aan tafel. Nationaal Deltaprogramma.
- Hamers, D., Kuiper, R., Van der Wouden, R., Van Dam, F., Van Gaalen, F., Van Hoorn, A., Van Minnen, J., Pols, L. & Ritsema van Eck, J. (2021). Grote opgaven in een beperkte ruimte. Ruimtelijke keuzes voor een toekomstbestendige leefomgeving. PBL.
- Hamers, D., Kuiper, R., Van Dam, F., Dammers, E., Evenhuis, E., Van Gaalen, F., De Hollander, G., Van Hoorn, A., Van Minnen, J., Nabielek, K., Pols, L., Rijken, B., Rood, T., Snellen, D., Dirkx, J. & Wolters, H. (2023). Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2025. PBL.
- Helmer, M., Rodenburg, A. & Voerman, E. (2023). Een eerste verkenning naar rechtvaardigheid in gemeentelijk klimaatadaptatiebeleid. Klimaatverbond Nederland en Samen Klimaatbestendig.

Hendriks, D., & Mens, M. (red.). (2024). De droogte van 2022: Een brede analyse van de ernst en maatschappelijke gevolgen: Achtergrondrapport. (11210273-001-BGS-0001). Deltares, KWR, WUR, WER en KnowH2O.

Hoogvliet, M., van de Ven, F., Buma, J., van Oostrom, N., Brolsma, R., Filatova, T., Verheijen, J., & Bosch, P. (2012). Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied: Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen. (1205463-000). Deltares.

Hoogvliet, M., Slager, K. & Dolman, N. (2023). Verkenning Waterlabel. Deltares.

Hoy, A., Swartling, A.G. & Leander, E. (2022). Adopting a user-oriented approach to make climate information more accessible across Europe. SEI.

Hulscher, S.J.M.H., Bovens, M.A.P., De Vries, A., Werner, G., Toom, V. & Wijlhuizen, E. (2023). Rechtvaardigheid in klimaatbeleid. WRR.

Jennissen, R., Engbersen, G., Bokhorst, M. & Bovens, M. (2018). De nieuwe verscheidenheid. Toenemende diversiteit naar herkomst in Nederland. WRR.

Kadijk, J., & Prijden, R. (2023). Framework for climate adaptive buildings. Deel 2: De Gebouwscore. DGBC.

Kluck, J., Klok, L., Solcerová, A., Kleerekoper, L., Wilschut, L., Jacobs, C. en Loeve, R. (2020) De Hittebestendige Stad. HvA.

Kolen, B., Thonus, B., Valkenburg, L., Zwaan, J., & Nillesen, A.L. (2023). Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving. HKV lijn in water, Tauw, Defacto Stedenbouw.

Langenberg, H. & Jonkers, W. (2022). Achtergrond bij de huizenprijsstijgingen vanaf 2013. CBS. Geraadpleegd op 14 april 2025, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/de-nederlandse-economie/2022/achtergrond-bij-de-huizenprijsstijgingen-vanaf-2013/3-demografische-ontwikkelingen-en-de-woningvoorraad>

Linck, R., Kox, J., Mastenbroek B., Veerman, J. & Verburg, N. (2024). Handreiking veilige klimaatadaptatie. NIPV.

Mees, H. & Ottow, B. (2021). Ontwerpen van participatie als een bewust maatwerkproces.

Mereboer, P. & Postma, A. (2023). Natuurinclusief bouwen voor gezonde bewoners. KAN.

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2022). Nationaal programma leefbaarheid en veiligheid.

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2024). Handreiking Groen in en om de stad.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2022a). Evaluatie NAS: Aanbevelingen voor versnelde uitvoering van de Nationale klimaatadaptatiestrategie

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2022b). Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (red.) (2023). Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie. Slimmer, Intensiever, voor en door iedereen. IenW, BZK, EZK, JenV, LNV, OCW, VWS.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024a). Nationaal Plan van Aanpak Drinkwaterbesparing.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024b). Voortgangsrapportage Water en Bodem Sturend.

Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (2022). Programma Woningbouw.

Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (2024). Kamerbrief voortgang Nationale aanpak funderingsproblematiek.

Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (2025). Kamerbrief inzet op klimaatadaptatie gebouwde omgeving.

MuConsult & Rho Adviseurs (2020). Parkeren en duurzame verstedelijking.

Nationaal Deltaprogramma (2012). Waterveiligheid buitendijks.

Nationaal Deltaprogramma (2023). Voortgangsrapportage Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie over 2023.

Nationaal Deltaprogramma (2024). Nationaal Deltaprogramma 2024: Nu voor later.

Odekerken, M., Brock, A., Haydary, M. & Bellaart, H. (2021) Naar een inclusieve energietransitie. Kennisplatform Integratie & Samenleving.

PBL (2019) Regionale bevolkings- en huishoudensprognose. Geraadpleegd op 15 april 2025, van <https://themasites.pbl.nl/o/regionale-bevolkingsprognose/>

Phlippen, S., Schreuder, C. & Vendel, B. (2023). Stapeling klimaatrisico's en financiële draagkracht op de woningmarkt. ABN AMRO.

Platform voor Duurzame Financiering (2023). Klimaatadaptatie in een stroomversnelling.

Posthouwer, D. (2024). Basiskwaliteit Natuur in de stad. Naturalis, Nest Natuurinclusief & BPD .

- Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2021). Geef richting, maak ruimte!
- Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2023). De uitvoering aan zet.
- Raad voor de Leefomgeving en infrastructuur (2024). Goed Gefundeerd.
- Rijsdijk, J. & Brunink, S. (2024). Financiële en ruimtelijke impact klimaatadaptatie maatregelen Nederland. Arcadis.
- Rocha, A. D., Vulova, S., Förster, M., Gioli, B., Matthews, B., Helfter, C., ... & Kleinschmit, B. (2024). Unprivileged groups are less served by green cooling services in major European urban areas. *Nature Cities*, 1(6), 424-435.
- Siegmund, P., Overbeek, B., van Oldenborgh, G. J., de Vries, Haarsma, R., Bloemendaal, N., Dullaart, J., van Dorland, R., Drijfhout, S., Le Bars, D., Bintanja, R., Pot, C., Skyllas, N., Lenderink, G., Groenland, R., Haklander, A., van der Wiel, K., Daniels, E., van der Schrier, G. [...] Wichers Schreur, B. (2021). KNMI Klimaatsignaal'21: Hoe het klimaat in Nederland snel verandert. KNMI.
- Valkenburg, L., Zwaan, L., Macke, F., Kusters, V. & Rijsdijk, J. (2022) Bouwstenen Maatlat Groene Klimaatadaptatie Gebouwde Omgeving. Tauw & Arcadis.
- Van den Hazel, P., Weterings, M. (2019). Handreiking lokaal hitteplan. GGD Gelderland-Midden, Faya Adviesbureau.
- Van Dooren, T., & Wietse Boer, A. (2020). Urban Waterbuffer: Een integrale oplossing voor wateroverlast en droogte in de stad. (Eindrapportage TKI-project Urban Waterbuffer: samenvattend overzicht. KWR 2020.058). KWR.
- Van Gaalen, F., Franken, R., Kirkels, F., Ibrahim, S. I., van Minnen, J., Bouwman, A. & Vonk, M. (2024). Klimaatrisico's in Nederland: De huidige stand van zaken. PBL.
- Velthuis, J., Bode, M., Van Ruijven, L. & Smelik, J. (2024). Financiële verkenning maatlat klimaatadaptatie. Rebel.
- Verbond van verzekeraars (2024). Klimaatschademonitor. Geraadpleegd op 16 september 2024, van <https://bipublic.verzekeraars.nl/Home/ShowReport/5beb3391-1660-4b40-a9d56982d8cae31f>
- Verstraten, P., Van Ruijven, K. & Euwals, R. (2019). Profijt en bekostiging van ruimtelijke ontwikkeling. CPB.
- Verstraten, P., Bonte, C., Nieuwenhuijs, A., Vedder, K., Verdaasdonk, W., Mulder, G., & Domrose, J. (2024). Herijking klimaatrisico's: Huidige impacts en risico's. (TNO Rapport 2024 R10424). TNO.
- Visser, M., & Oosterholt, M. (eds.). (2023). Programmakader Rotterdams Weerwoord 2030. Rotterdams WeerWoord.
- Weppelman, I., Snep, R., Hiemstra, J. & Voeten, J. (2023). Aantrekkelijke koele plekken & routes.
- Zwaan, J., Bergstra, E., Smelik, J., Bode, M. & Valkenburg, L. (2024). Ministerie van IenW: praktijkervaringen landelijke maatlat. Tauw & Rebel.

Klimaatadaptieve Nieuwbouw

- AFM (2023). Inprijzen klimaatrisico's op de woningmarkt Risico's voor (potentiële) woningeigenaren en mogelijke oplossingsrichtingen. AFM.
- Bakker, A., Kadijk, J., Prijden, R., van de Velde, R., & Verbrugge, A. (2024). Framework for climate adaptive buildings. Deel 3: Strategie en maatregelen. DGBC.
- Bani, M., Barendregt, E., Blom, M., Burgers, S., De Groot, C., Hordijk, R., Nobel, A., Phlippen, S. & Vendel, B. (2024). Climate change and the Dutch housing market: Insights and policy guidance based on a comprehensive literature review. ING, Rabobank & ABN AMRO.
- Bessembinder, J., Bintanja, R., van Dorland, R., Homan, C., Overbeek, B., Selten, F., & Siegmund, P. (2023). KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland. KNMI.
- Betgen, C. D., Boekhold, S., Boomsma, C., van Dijk, A., Hall, E. F., Hagens, W., Limaheluw, J., Ruysseenaars, P., van der Ree, J., & Versteeg -de Jong, A. (2024). Gezondheidseffecten van klimaatverandering: Actualisatie van de huidige klimaatrisico's voor gezondheid. RIVM.
- Boelman, A. (2023). Klimaatrobuste GREX: tijd voor nieuwe rekensommen. Geraadpleegd op 14 april 2025, van <https://www.gebiedsontwikkeling.nu/artikelen/klimaatrobuste-grex-tijd-voor-nieuwe-rekensommen/>
- Bor, A-M., Duiker & J. Hertog, I.M. (2021). Nederland klimaatbestendiger maken: Welke rol spelen financiële instellingen? En welke kansen liggen er in samenwerking met overheden?

NextGreen, VBDO, Samen Klimaatbestendig.

Booister, N., Hekman, A., Swinkels, R., Wienhoven, M., Hek, M., Nillesen, A.L., Ter Horst, W. & Van Alphen, J. (2021). Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave. Sweco, Ecorys, Defacto, Staf Deltacommissaris.

Buitelaar, E. (2021). De werking van de grondmarkt en de rol van de overheid. PBL.

Cortese, J., Kremer, L. & Meliefste, J. (2024). Een vergelijking van 10 groennormen en doorrekening investering realisatie groennorm. Sweco.

Daamen, T. (2022). Gebiedsontwikkeling in tijden van (on)zekerheid.

De Bruijn, K., & Slager, K. (2022). Wat als de waterbom elders in Nederland was gevallen? (Hackaton Deltares, november 2021. 11206890-010-GEO-0006). Deltares

Dijkstra, R., De Haan, G., Gerards, L., Thomas, L., Kooiman, M., Hollemans, A., Berk, W., Hoornstra, A., Sookha, M., Oosterbeek-Mooij, I., Vermeulen, S. & Schuwer, D. (2024). Verdiepend onderzoek in de potentie van de drijvende stad. PosadMaxwan, PAS bv, The Positive Lab.

Deltares, Wageningen Environmental Research, HKV, TNO, Hogeschool van Amsterdam, Tauw, RIVM, Arcadis, Sweco, KCAF, Aveco de Bondt & stichting CAS (2020). Klimaatschadeschatter. Geraadpleegd op 15-04-2025, van <https://www.klimaatschadeschatter.nl/>

Friele, K., Roetert Steenbruggen, L. & Steman, B. (2025). Handreiking netbewuste Gebiedsontwikkeling. Royal HaskoningDHV.

Hamers, D., Kuiper, R., Van der Wouden, R., Van Dam, F., Van Gaalen, F., Van Hoorn, A., Van Minnen, J., Pols, L. & Ritsema van Eck, J. (2021). Grote opgaven in een beperkte ruimte. Ruimtelijke keuzes voor een toekomstbestendige leefomgeving. PBL.

Hamers, D., Kuiper, R., Van Dam, F., Dammers, E., Evenhuis, E., Van Gaalen, F., De Hollander, G., Van Hoorn, A., Van Minnen, J., Nabielek, K., Pols, L., Rijken, B., Rood, T., Snellen, D., Dirkx, J. & Wolters, H. (2023). Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2025. PBL.

Hendriks, D., & Mens, M. (red.). (2024). De droogte van 2022: Een brede analyse van de ernst en maatschappelijke gevolgen: Achtergrondrapport. (11210273-001-BGS-0001). Deltares, KWR, WUR, WER en KnowH2O.

Hoogvliet, M., van de Ven, F., Buma, J., van Oostrom, N., Brolsma, R., Filatova, T., Verheijen, J., & Bosch, P. (2012). Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied: Quick scan van beschikbaar schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen. (1205463-000). Deltares.

Hoogvliet, M., Slager, K. & Dolman, N. (2023). Verkenning Waterlabel. Deltares.

Kadijk, J., & Priden, R. (2023). Framework for climate adaptive buildings. Deel 2: De Gebouwscore. DGBC.

Kluck, J., Klok, L., Solcerová, A., Kleerekoper, L., Wilschut, L., Jacobs, C. en Loeve, R. (2020) De Hittebestendige Stad. HvA.

Bakker, A., Kadijk, J., Priden, R., Van de Velde, R. & Verbrugge, A. (2024). Framework for climate adaptive buildings. Deel 3: Strategie en maatregelen. DGBC.

Kuiper, R. & Spoon, M. (2024). Monitor nationale omgevingsvisie 2024. Tweede vervolgmeting. PBL.

Kolen, B., Thonus, B., Valkenburg, L., Zwaan, J., & Nillesen, A.L. (2023). Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving. HKV lijn in water, Tauw, Defacto Stedenbouw.

Langenberg, H. & Jonkers, W. (2022). Achtergrond bij de huizenprijsstijgingen vanaf 2013. CBS. Geraadpleegd op 14 april 2025, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/de-nederlandse-economie/2022/achtergrond-bij-de-huizenprijsstijgingen-vanaf-2013/3-demografische-ontwikkelingen-en-de-woningvoorraad>

Linck, R., Kox, J., Mastenbroek B., Veerman, J. & Verburg, N. (2024). Handreiking veilige klimaatadaptatie. NIPV.

Mereboer, P. & Postma, A. (2023). Natuurinclusief bouwen voor gezonde bewoners. KAN.

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2024). Handreiking Groen in en om de stad.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2022a). Evaluatie NAS: Aanbevelingen voor versnelde uitvoering van de Nationale klimaatadaptatiestrategie

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2022b). Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (red.) (2023). Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie. Slimmer, Intensiever, voor en door iedereen. IenW, BZK, EZK, JenV, LNV, OCW, VWS.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024a). Nationaal Plan van Aanpak Drinkwaterbesparing.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024b). Voortgangsrapportage Water en Bodem Sturend.

Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (2022). Programma Woningbouw.

Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (2025). Kamerbrief inzet op klimaatadaptatie gebouwde omgeving.

MuConsult & Rho Adviseurs (2020). Parkeren en duurzame verstedelijking.

Nationaal Deltaprogramma (2012). Waterveiligheid buitendijks.

Nationaal Deltaprogramma (2023). Voortgangsrapportage Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie over 2023.

Nationaal Deltaprogramma (2024). Nationaal Deltaprogramma 2024: Nu voor later.

PBL (2019) Regionale bevolkings- en huishoudensprognose. Geraadpleegd op 15 april 2025, van <https://themasites.pbl.nl/o/regionale-bevolkingsprognose/>

Posthouwer, D. (2024). Basiskwaliteit Natuur in de stad. Naturalis, Nest Natuurinclusief & BPD .

Platform voor Duurzame Financiering (2023). Klimaatadaptatie in een stroomversnelling.

Raad van State (2019). PAS mag niet als toestemmingsbasis voor activiteiten worden gebruikt. Geraadpleegd op 14 april 2025, van <https://www.raadvanstate.nl/@115651/pas-mag/>

Raad van State (2024). Rechtspraak over intern salderen wijzigt. Geraadpleegd op 14 april 2025, van <https://www.raadvanstate.nl/actueel/nieuws/december/rechtspraak-over-intern-salderen-wijzigt/>

Rechtbank Den Haag (2025) Staat moet wettelijk stikstofdoel 2030 halen en voorrang verlenen aan gebieden met grootste stikstofoverbelasting. Geraadpleegd op 14 april 2025, van <https://www.rechtspraak.nl/Organisatie-en-contact/Organisatie/Rechtbanken/Rechtbank-Den-Haag/Nieuws/Paginas/Rechtbank-beveelt-Nederlandse-Staat-wettelijk-stikstofdoel-2030-te-halen.aspx>

Rijsdijk, J. & Brunink, S. (2024). Financiële en ruimtelijke impact klimaatadaptatie maatregelen Nederland. Arcadis.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2021). Geef richting, maak ruimte!

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2023). De uitvoering aan zet.

Siegmund, P., Overbeek, B., van Oldenborgh, G. J., de Vries, Haarsma, R., Bloemendaal, N., Dullaart, J., van Dorland, R., Drijfhout, S., Le Bars, D., Bintanja, R., Pot, C., Skyllas, N., Lenderink, G., Groenland, R., Haklander, A., van der Wiel, K., Daniels, E., van der Schrier, G. [...] Wichers Schreur, B. (2021). KNMI Klimaatsignaal'21: Hoe het klimaat in Nederland snel verandert. KNMI.

Valkenburg, L., Zwaan, L., Macke, F., Kusters, V. & Rijsdijk, J. (2022) Bouwstenen Maatlat Groene Klimaatadaptatie Gebouwde Omgeving. Tauw & Arcadis.

Van Dooren, T., & Wietse Boer, A. (2020). Urban Waterbuffer: Een integrale oplossing voor wateroverlast en droogte in de stad. (Eindrapportage TKI-project Urban Waterbuffer: samenvattend overzicht. KWR 2020.058). KWR.

Van Gaalen, F., Franken, R., Kirkels, F., Ibrahim, S. I., van Minnen, J., Bouwman, A. & Vonk, M. (2024). Klimaatrisico's in Nederland: De huidige stand van zaken. PBL.

Van Leerdam, R.C., Rook, J.H., Riemer, L. & Van der Aa, N.G.F.M. (2023).

Waterbeschikbaarheid voor de bereiding van drinkwater tot 20230 – knelpunten en oplossingsrichtingen. RIVM

Van Wieringen, D.R.G., Nieuwkamer, R.L.J., Handgraaf, S., Loesink, A., Slagter, L., Van der Wijngaart, T. & Ruijgrok, E.C.M. (2022). Analyse KRW-doelbereik en mogelijke consequenties. Witteveen+Bos, TwynstraGudde, FLO Legal.

Verbond van verzekeraars (2024). Klimaatschademonitor. Geraadpleegd op 16 september 2024, van <https://bipublic.verzekeraars.nl/Home/ShowReport/5beb3391-1660-4b40-a9d56982d8cae31f>

Verstraten, P., Bonte, C., Nieuwenhuijs, A., Vedder, K., Verdaasdonk, W., Mulder, G., & Domrose, J. (2024). Herijking klimaatrisico's: Huidige impacts en risico's. (TNO Rapport 2024 R10424). TNO.

Visser, M., & Oosterholt, M. (eds.). (2023). Programmakader Rotterdams Weerwoord 2030. Rotterdams WeerWoord.

Velthuis, J., Bode, M., Van Ruijven, L. & Smelik, J. (2024). Financiële verkenning maatlat klimaatadaptatie. Rebel.

Verstraten, P., Van Ruijven, K. & Euwals, R. (2019). Profijt en bekostiging van ruimtelijke ontwikkeling. CPB.

Vewin, IPO & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2025). Actieprogramma beschikbaarheid drinkwaterbronnen.

Weppelman, I., Snep, R., Hiemstra, J. & Voeten, J. (2023). Aantrekkelijke koele plekken & routes.

- Willemsen, M. & De Jonge J. (2023). Water en bodem sturend, hoe dan? Praktijkgids voor een ontwerpende aanpak. CRa.
- Wuijts, S., Runhaar, H., Van Rijswijk, M. & Driessen, P. (2022). Anticiperen op de KRW na 2027: Voorstudie. RIVM, UU, STOWA.
- Zwaan, J., Bergstra, E., Smelik, J., Bode, M. & Valkenburg, L. (2024). Ministerie van IenW: praktijkervaringen landelijke maatlat. Tauw & Rebel.
- Zonnevrijle, R. (2025). De route voor bestaand vastgoed naar Paris Proof met een integrale CO2-aanpak. DGBC. Geraadpleegd op 14 april 2025, van <https://www.dgbc.nl/kenniscentrum/de-route-voor-bestaand-vastgoed-naar-paris-proof-met-een-integrale-co2-aanpak/>

Gezondheid

- KNMI (2023). KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland
- RIVM (2024). Gezondheidseffecten van klimaatverandering. Actualisatie van de huidige klimaatrisico's voor gezondheid. DOI 10.21945/RIVM-2023-0324
- Weger, de, L.A., Hiemstra, P.S. (2009) Klimaatverandering en pollenallergie in Nederland. NED TIJDSCHR GENEESKD. 2009;153:A1410.
- Hall, E.F., R.J.M. Maas, J. Limaheluw, C.D. Betgen (2021). Mondiaal klimaatbeleid: gezondheidswinst in Nederland bij minder klimaatverandering. RIVM-Rapport 2020-0200.
- Hartemink, N., Vliet, A. van, Sprong, H., Jacobs, F., Garcia-Martí, I., Zurita-Milla, R. and Takken, W. (2019). Temporal-Spatial Variation in Questing Tick Activity in the Netherlands: The Effect of Climatic and Habitat Factors. Vector-Borne and Zoonotic Diseases. Jul 2019.494-505.
- Daniel, M., Danielová, V., Fialová, A., Malý, M., Kříž, B. and Nuttall, P.A. (2018). Increased relative risk of tick-borne encephalitis in warmer weather. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2018 Mar 22;8:90. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00090
- 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.
- Van Dijk, A., W. Hagens, H. Slaper, M. Boekema (2019). Zonkrachtactieplan. RIVM-Briefrapport 2019-0078
- IKNL (2022). Kanker in Nederland trends & prognoses tot en met 2032'. ISBN 978-90-72175-52-6
- WHO (2022). Mental health and climate change: policy brief. World Health Organization. ISBN: 9789240045125
- Palinkas, L. A., & Wong, M. (2020). Global climate change and mental health. *Current opinion in psychology*, 32, 12-16.
- Sisodiya, S. M., Gulcebi, M. I., Fortunato, F., Mills, J. D., Haynes, E., Bramon, E., Chadwick, P., Ciccarelli, O., David, A. S., De Meyer, K., Fox, N. C., Wetton, J. D., Koltzenburg, M., Kullmann, D. M., Kurian, M. A., Manji, H., Maslin, M. A., Matharu, M., Montgomery, H., ... Hanna, M. G. (2024). Climate change and disorders of the nervous system. *The Lancet Neurology*, 23(6), 636–648. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(24\)00087-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(24)00087-5)
- Walinski, A., Sander, J., Gerlinger, G., Clemens, V., Meyer-Lindenberg, A., & Heinz, A. (2023). The effects of climate change on mental health. *Deutsches Ärzteblatt International*, 120, 117–124. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2022.0403>
- TNO (2022). Burgers over klimaatbeleid. Melanie Klösters, Geerte Paradies, Luise Schindwein en Anika Batenburg. TNO 2022 P10568.
- IPSOS (2023). Grotere klimaatzorgen voor de generatie van morgen. Rapport voor Milieudefensie Jong. Project: 22087361.
- Lawrance, D. E., Thompson, R., Fontana, G., Jennings, D. N. (2021). The impact of climate change on mental health and emotional wellbeing: current evidence and implications for policy and practice. Grantham Institute. Briefing paper No 36, May 2021
- Charlson, F., Ali, S., Benmarhnia, T., Pearl, M., Massazza, A., Augustinavicius, J., & Scott, J. G. (2021). Climate change and mental health: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4486. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094486>
- Gregersen Thea, Doran Rouven, Böhm Gisela, Tvinnereim Endre, Poortinga Wouter (2020). Political Orientation Moderates the Relationship Between Climate Change Beliefs and Worry About Climate Change. *Frontiers in Psychology*, 11, 2020, doi 10.3389/fpsyg.2020.01573.

Behaviour Change Wheel. Website BIN NL. <https://www.binnl.nl/kennisbank/tools/behaviour+change+wheel/default.aspx>

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.

RIVM (2024), Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Naar een gezonde leefomgeving in een veranderend klimaat. <https://www.volksgezondheidtoekomstverkenning.nl/vtv-2024/leefomgeving-klimaat>

Anne M. van Valkengoed, Linda Steg, Goda Perlaviciute (2023). The psychological distance of climate change is overestimated, *One Earth*, Volume 6, Issue 4. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.03.006>

Veerkrachtige natuur

Bakema, G., M. Knotters, & H.A.G. Woolderink (2024). Omgaan met een onzekere toekomst: Klimaatadaptatie vraagt om een antifragiele benadering. *Landschap : tijdschrift voor landschapsecologie en milieukunde*, 41(1). <https://edepot.wur.nl/657623>

Breman B.C., W. Nieuwenhuizen, G.H.P. Dirkx, R. Pouwels, B. de Knecht, E. de Wit, H.D. Roelofsen, A. van Hinsberg, P.M. van Egmond, G.J. Maas (2022). *Natuurverkenning 2050 – Scenario Natuurinclusief. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 136.* <https://edepot.wur.nl/558179>

Het Nationaal Dashboard Biodiversiteit (2025). <https://dashboardbiodiversiteit.nl/>

IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio, H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2023). Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie. <https://open.overheid.nl/documenten/dpc-2f1a2258b86c19919999b03a927ca9e3ba0498af/pdf>

Rijksoverheid (2014). *Natuurnetwerk Nederland.* <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/natuur-en-biodiversiteit/natuurnetwerk-nederland>

Rli (2022). *Natuurinclusief Nederland: Natuur overal en voor iedereen.* https://www.rli.nl/sites/default/files/advies_natuurinclusief_nederland

Unie van Waterschappen (2018). *Verdringingsreeks.* <https://unievanwaterschappen.nl/publicaties/verdringingsreeks/>

Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, & A. Kinzig (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9(2): 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>

Waterkwaliteit

Bandyopadhyay, S. (2024). *Advances in Drinking Water Purification* DOI: 10.1016/C2021-0-01149-4.

Bertelkamp, C., M. Dingemans, K. Roest, L. Hornstra, C. H. M. Hofman-Caris and A. Reus (2020). *TKI Sluiten watercyclus Noord-Holland, KWR 2020.027, KWR, Nieuwegein.*

Berkhof, D., A. Boersma, H. Evenblij, P. Roelvelde, K. Kurjawa-Roelevelde, E. Schuman, A. Meier and I. Nafo (2018). *PACAS - Poederkooldosering in actiefslib voor verwijdering van microverontreinigingen; onderzoek naar effectiviteit en efficiëntie op de RWZI Papendrecht, Stowa 2018-02, Stowa, Amersfoort.*

Berkhof, D., K. Kujawa-Roelevelde, E. Schuman, A. Meier and I. Nafo (2018). *PACAS-poederkooldosering in actiefslib voor verwijdering van microverontreiniging STOWA 2018-02, STOWA, Amersfoort, Nederland.*

Bessembinder, J., R. Bintanja, R. van Dorland, C. Homan, B. Overbeek, F. Selten and P. Siegmund (2023). *KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt.*

Bonnélye, V., M. A. Sanz, L. Francisci, F. Beltran, G. Cremer, R. Colcuera and J. Laraudogoitia (2007). "Curacao, Netherlands Antilles: A successful example of boron removal on a seawater desalination plant." *Desalination* 205(1-3): 200-205.

- Boxall, A. B. A., D. W. Kolpin, B. Halling-Sørensen and J. Tolls (2003). "Are veterinary medicines causing environmental risks?" *Environmental Science and Technology* 37(15): 286A-294A.
- Compendium voor de Leefomgeving. (2023, 15-08-2023). "Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland, 1910-2022; klimaatverandering." Retrieved 25-02-2025, 2025, from <https://www.clo.nl/indicatoren/nl050809-jaarlijkse-hoeveelheid-neerslag-in-nederland-1910-2022>.
- Compendium voor de Leefomgeving. (2023). "Neerslagextremen in Nederland, 1910-2022; klimaatverandering." 15-08-2023. Retrieved 25-02-2025, 2025, from <https://www.clo.nl/indicatoren/nl059003-neerslagextremen-in-nederland-1910-2022>.
- Compendium voor de Leefomgeving. (2023, 15-08-2023). "Temperatuurextremen in Nederland, 1906 - 2022." Retrieved 25-02-2025, 2025, from <https://www.clo.nl/indicatoren/nl058903-temperatuurextremen-in-nederland-1906-2022>.
- Compendium voor de Leefomgeving. (2024, 29-04-2024). "Productie van drinkwater, 1950 - 2022." Retrieved 05-03-2025, 2025, from <https://www.clo.nl/indicatoren/nl004516-productie-van-drinkwater-1950-2022>.
- Contenture (2021). "Lozingsvergunningen voor afvalwater moeten transparanter." DrinkwaterPlatform(Issue).
- De Dekker, D. (2025a). Wondermiddel tegen bloedluis? De Groene Amsterdammer. Amsterdam.
- De Dekker, D. (2025b). Aai Fikkie niet! De Groene Amsterdammer. Amsterdam. 7.
- DrinkwaterPlatform (2021). "Brak water als mogelijke oplossing voor toenemende drinkwatervraag." DrinkwaterPlatform(Issue).
- DrinkwaterPlatform (2025). "Actieprogramma beschikbaarheid drinkwaterbronnen: samen werken aan toekomstbestendig drinkwater." DrinkwaterPlatform(Issue).
- European Union (2020). Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast). Document 32020L2184. Bruxelles, EU. OJ L 435, 23.12.2020, p. 1'62 (BG, ES, CS, DA, DE, ET, EL, EN, FR, GA, HR, IT, LV, LT, HU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SL, FI, SV).
- European Union (2024). Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 november 2024 concerning urban wastewater treatment (recast). Document 32024L3019. European Union. Bruxelles, EU. PE/85/2024/REV/1.
- Haasnoot, M. (2018). Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma: een verkenning, Deltares, Delft.
- Hofman-Caris, R., W. Siegers, D. Harmsen and A. Reus (2023). Sluiten van de watercyclus; Synergistisch effect van de combinatie van O3 en CMF, KWR 2023.026, KWR Water Research Center, Nieuwegein, The Netherlands.
- Hofman-Caris, C. H. M. (2024). "RWZI's moeten aan de bak; Nieuwe regelgeving moet leiden tot schoner effluent." *Land & Water* 8(Issue): 32-33.
- Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. (2025, 20-02-2025). "Extra maatregelen voor verbeteren waterkwaliteit." Retrieved 20-02-2025, 2025, from <https://www.hdsr.nl/actueel/nieuws/@200536/extra-maatregelen-verbeteren/>.
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. "Abiotic factors: How can climate change affect water itself?" Retrieved 28-02-2025, 2025, from <https://klimaatadaptatienederland.nl/en/knowledge-dossiers/themes/urban-water-quality/how-does-climate-change-affect-ecological-water/abiotic-factors/>.
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. "Hoeveel droger wordt het?" Retrieved 25-02-2025, 2025, from <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/droogte/hoeveel-droger/>.
- KNMI (2023). "De staat van ons klimaat 2022; Internationale context." KNMI Specials(Issue).
- Redactie Waterforum (2024). "VEMW: herziening lozingsvergunningen door Rijkswaterstaat verloopt te langzaam." *WaterForum*(Issue).
- Reukers, D. F. M., A. A. Bartels, A. C. Mulder, D. S. F. Berry, S. L. Euser, C., H. van den Berg, A. B. Van Gageldonk-Lafeber and P. S. Brandsema (2024). Surveillance van legionellose in Nederland; Overzicht van clusters, bronnen en omgevingsfactoren tussen 2013-2022, RIVM-rapport 2024-0036, RIVM, de Bilt.
- Rijksoverheid (2019). Ketenaanpak Medicijnresten uit water; uitvoeringsprogramma 2018-2022; Beleidsnota, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.
- Stichting Climate Adaptation Services. (december 2024). "Klimaat-effectatlas." Retrieved 25-02-2025, 2025, from <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>.

- Tas, M. (2023). "Pilot Vitens drinkwaterwinning IJssel: extra zuiveringsstappen toegevoegd." H2O actueel(Issue).
- Thomassen, G., S. Huysveld, L. Boone, C. Vilain, D. Geysen, K. Huysman, B. Cools and J. Dewulf (2021). "The environmental impact of household's water use: A case study in Flanders assessing various water sources, production methods and consumption patterns." *Science of the Total Environment* 770.
- Trust, S., S. Joshi, T. Lenton and J. Oliver (2023). *The Emperor's new climate scenarios; limitations and assumption of commonly used climate-change scenarios in financial services.*, University of Exeter, Institute and faculty of actuaries, Exeter.
- Tyagi, R. D., A. Pandey, P. Drogui, B. Yadav, S. Pilli and J. W. C. Wong (2024). *Decentralized sanitation and water treatment; concept and technologies* DOI: 10.1201/9781003376415.
- van de Wielen, P. W. J. J. and P. W. M. H. Smeets (2024). *De invloed van warmtenetten op het ziekterisico van Legionella Pneumophila via drinkwater*, BTO 2024.050, KWR, Nieuwegein.
- Vergnes, A., J. van den Bulk, C. de Jong and H. Evenblij (2020). *Haalbaarheidsstudie duurzame alternatieven poeder actiefkool voor PACAS, STOWA 2020-19*, STOWA, Amersfoort
- VEWIN. "Kerngegevens drinkwater 2016." Retrieved 8 August 2018, from http://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Cijfers/Vewin_Kerngegevens_2016-NL.pdf.
- VEWIN (2020). *Kerngegevens Drinkwater 2020*.
- Vewin (2022). *Kerngegevens drinkwater 2022*, Vewin, Den Haag.
- VEWIN (2023). *Kerngegevens drinkwater 2023*.
- Vitens. (2025). "Sluiting locatie Doorn." Retrieved 21-02-2025, 2025, from <https://www.vitens.nl/Over-water/Projecten/Doorn>.
- WaterForum (2025). "Foutieve rioolaansluitingen zorgen voor slechte waterkwaliteit en vissterfte." WaterForum(Issue).
- Weeronline. (2024, 01-10-2024). "Hoeveel regen valt er gemiddeld in Nederland?" Retrieved 08-01-2025, 2025, from <https://www.weeronline.nl/nieuws/hoeveel-regen-valt-er-gemiddeld-in-nederland>.
- Wolthek, N., K. Raat, J. A. de Ruijter, A. Kemperman and A. Oosterhof (2013). "Desalination of brackish groundwater and concentrate disposal by deep well injection." *Desalination and Water Treatment* 51(4-6): 1131-1136.

Colofon

Adaptatiepaden voor de Nationale Klimaatadaptatiestrategie (NAS) '26

Deel 2: Klimaatbestendig wonen, gezondheid, landbouw, natuur, nieuwbouw, SEVESO, waterkwaliteit en werklandschappen is een uitgave van het Klimaatonderzoek Initiatief Nederland (KIN), onderdeel van NWO.

Digitale versie: www.hetkin.nl

Adres: PO Box 3021, 3502 GA Utrecht

Contact: contact@hetkin.nl, www.hetkin.nl

Auteurs:

- Carolien Kraan
- Cees-Jan Pen
- Charlotte Heesbeen
- Daan Verstand
- Floor Speet
- Freya Macke
- Jan Eelco Jansma
- Marjolijn Haasnoot
- Robbert Biesbroek
- Rogier Vogelijn
- Roberta Hofman-Caris
- Sara Vermeulen
- Ted Veldkamp

Ontwerp adaptatiepadenkaarten: VormVijf

