
Programmeringsstudie Klimaatbestendig Landelijk en Stedelijk gebied

Programmeringsstudie voor de kennis- en innovatie agenda Landbouw,
Water, Voedsel.



Auteurs

Tim van Hattum¹, Mirjam Hack¹, Jeroen Veraart¹, Jan Verhaagen², Ben Schaap²

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Plant Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema Coördinatie Topsectoren (projectnummer BO-34-001-047).

Wageningen Environmental Research

Wageningen, juni 2019

Rapport

ISSN 1566-7197

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Kennis- en Innovatieopgave Landbouw, Water, Voedsel	5
	2.1 KIA Landbouw, Water, Voedsel	5
	2.2 Missie C: Klimaatbestendig Landelijk en Stedelijk Gebied	6
3	Klimaatbestendig Landelijk Gebied	8
	3.1 Maatschappelijke opgave	8
	3.2 Lopend onderzoek	9
	3.3 Kennis- en innovatieopgaven	12
	3.4 Mogelijke consortia en financiering	14
	3.5 Programmeringsadvies	15
4	Klimaatadaptieve Voedselsystemen	17
	4.1 Maatschappelijke opgave	17
	4.2 Lopend onderzoek	18
	4.3 Kennis- en innovatieopgaven	20
	4.4 Mogelijke consortia en financiers	25
	4.5 Programmeringsadvies	25
5	Klimaatbestendig Stedelijk gebied	27
	5.1 Maatschappelijke opgave	27
	5.2 Lopend onderzoek	27
	5.3 Kennis- en innovatieopgaven	31
	5.4 Mogelijke consortia en financiering	34
	5.5 Programmeringsadvies	35
	Bijlage 1 Kennis- en innovatieopgaven per MMIP	37

1 Inleiding

Deze programmeringsstudie is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van LNV en levert een bijdrage aan de Kennis en Innovatie Agenda (KIA) voor het thema Landbouw, Water, Voedsel. De KIA is onderverdeeld in 6 missies, waarvan Klimaatbestendig Landelijk en Stedelijk (missie C) gebied er één van is. Het doel van missie C is om Nederland zowel voor het landelijke als stedelijk gebied uiterlijk in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te maken en te houden bij verdergaande klimaatverandering. In de programmeringsstudie zijn de belangrijkste kennis- en innovatieopgaven die nodig zijn om dit doel te bereiken uitgewerkt.

De programmeringsstudie Klimaatbestendig Landelijk en Stedelijk gebied heeft als doel een overzicht te geven van lopend onderzoek, de belangrijkste kennis- en innovatievragen en mogelijke (publiek-private)consortia. De resultaten van de programmeringsstudie zijn meegenomen bij de uitwerking van de Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's) die ten behoeve van de KIA zijn opgesteld.

Voorliggend rapport is tot stand gekomen door literatuurstudie, diverse gesprekken met relevante publieke en private stakeholders, input van experts en workshops met beleidsmakers en bedrijfsleven. Op basis hiervan is een programmeringsadvies opgesteld waarin de belangrijkste kennis- en innovatieopgaven binnen de missie klimaatbestendig landelijk en stedelijke gebied zijn opgenomen. Het programmeringsadvies sluit aan bij het missie gedreven innovatie programma, dat is opgesteld in het kader van de KIA Landbouw, Water, Voedsel voor de top-sectoren Agri-Food, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen en Water. Dit is uitgewerkt in 3 Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's): 1. Klimaatbestendig landelijk gebied; 2. Klimaatadaptieve voedselsystemen; 3. Klimaatbestendig stedelijke gebied. Vanuit de Topsector Water is er een 4^{de} MMIP toegevoegd (Verbeteren Waterkwaliteit). Dit onderwerp is in deze programmeringsstudie buiten beschouwing gelaten.

De Topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen hanteren het uitgangspunt publiek-privaat waar het kan; publiek waar het moet. De complexiteit van de opgaven vraagt om een gezamenlijke aanpak. Het uitgangspunt voor de gezamenlijke aanpak vormt publiek-private samenwerking bij het vinden en implementeren van oplossingen. Daar waar publiek-private samenwerking alleen niet de oplossing kan vormen om de missiedoelen te bereiken, kan een puur publieke inzet helpen. Klimaatadaptatie zit sterk in het publieke domein waarbij publieke inzet noodzakelijk is met name in de hele vroege fase van de innovatieketen, bijvoorbeeld bij fundamenteel en verdiepend onderzoek, of juist in de late fase waar het toepassen en opschalen van innovaties in verbinding met netwerken van toepassers aan de orde is. Deze programmeringsstudie brengt in beeld welke kennis- en innovatievragen mbt klimaatadaptatie door publiek-private consortia opgepakt kunnen worden en waar publieke inzet noodzakelijk is.

Leeswijzer: Na een beschrijving van de KIA Landbouw, Voedsel, Water in hoofdstuk 2, wordt per MMIP (hoofdstuk 3: Klimaatbestendig Landelijk Gebied, hoofdstuk 4: Klimaatadaptieve Voedselsystemen, hoofdstuk 5: Klimaatbestendig Stedelijk Gebied) een overzicht gegeven van lopend onderzoek, kennis-en innovatieopgaven, mogelijke consortia en een programmeringsadvies.

2 Kennis- en Innovatieopgave Landbouw, Water, Voedsel

2.1 KIA Landbouw, Water, Voedsel

De topsectoren Agri & Food, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen en Water & Maritiem hebben gezamenlijk de KIA Landbouw, Water, Voedsel opgesteld, in samenspraak met departementen, regio en een breed veld aan stakeholders vanuit onder meer bedrijfsleven, kennisinstellingen en ngo's. De KIA is onderverdeeld in zes missies om de maatschappelijke opgaven voor het thema Landbouw, Water, Voedsel aan te pakken. Richtinggevend voor de KIA zijn de zes missies voor Landbouw, Water en Voedsel die op 26 april 2019 door het Kabinet zijn vastgesteld (zie figuur 2.1).

	A Kringlooplandbouw	B Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie	C Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied
Missie	In 2030 is in de land- en tuinbouw het gebruik van grondstoffen en hulpstoffen buiten het bedrijf substantieel verminderd en worden alle eind- en restproducten zo hoog mogelijk verward. De emissies naar grond- en oppervlaktewater zijn tot nul gereduceerd. Ecologische omstandigheden en processen vormen de basis van de voedselproductie waardoor de biodiversiteit herstelt en de landbouw veerkrachtiger wordt.	In 2050 is het systeem van landbouw en natuur netto klimaatneutraal.	Nederland is in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust.
Subthema	Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting van nutriënten in dierlijke mest en afvalwater	Emissiereductie in bodem en landgebruik in de landbouw	Het voorkomen of opvangen van watertekort en wateroverlast in het landelijk gebied
	Gezonde, robuuste bodem en teelt systemen zonder emissies naar grond- en oppervlaktewater	Duurzame veehouderij	Nieuwe verdienmodellen landbouw
	Volledig hergebruik van organische zij- en reststromen in de voedselketen	Energietransitie in de agrifoodketen en agrologistiek	Het voorkomen van wateroverlast, verdroging, hittestress en bodemdaling en gevolgen overstromingen in de stad
	Meer lokale/regionale productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa	Energieopwekking: biograndstoffen productie	
	Herstel en benutten biodiversiteit	Glastuinbouw	
	D Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel	E Duurzame Noordzee, Oceanen en Binnenwateren	F Nederland de best beschermde delta in 2100 en daarna
Missie	In 2030 produceren/eten we allemaal lekker, gezond, duurzaam, veilig en betaalbaar voedsel en verdient de boer een eerlijke boterham.	Voor de mariene wateren is er in 2030 en voor rivieren, meren en estuaria in 2050 een balans tussen enerzijds ecologische draagkracht en waterbeheer (waterveiligheid, zoetwatervoorziening en waterkwaliteit) en anderzijds de opgaven voor hernieuwbare energie, voedsel, visserij en andere economische activiteiten.	Nederland is ook in 2100 en daarna de best beschermde en leefbare delta door het tijdig -op basis van klimaatscenario's en knipknapanalyses- nemen van toekomstbestendige en integrale maatregelen tegen beheersbare kosten
Subthema	Waardering voor voedsel	Noordzee	Verduurzamen en kostenbeheersing uitvoeringsprojecten waterbeheer
	Duurzame en gezonde voeding een makkelijke keuze	Cariben	Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen
	Veilige voeding met een One Health aanpak (focus op veiligheid, zoonose, antibioticaresistentie en schadelijke emissies uit stallen)	Rivieren, meren en intergetijd gebieden	Nederland digitaal waterland
	Gezondheid, welzijn en integriteit dier op orde	Overige oceanen en zeeën	Energie uit water
	Gezonde leefomgeving (Greening the cities)	Visserij	

Figuur 2.1 Zes missies in de KIA Landbouw, Water, Voedsel

Op elk van deze zes missies worden Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIP's) die de hele keten, van fundamenteel en toegepast onderzoek tot en met implementatie beslaan. Deze programma's richten zich zowel op sociale innovatie en beloningsmodellen voor bijvoorbeeld gewaardeerd en gezond voedsel, als op technologische innovatie. Deze programmeringsstudie richt zich op missie C: Klimaatbestendig Landelijk en Stedelijk Gebied.

De missies stellen ambitieuze doelen voor kennis en innovatie. Ten opzichte van eerdere KIA's kent deze agenda vier belangrijke vernieuwingen. De KIA is missiegedreven. Dat wil zeggen dat de kennis- en innovatie-inspanningen zijn gericht op de ambities die het kabinet voor het thema Landbouw/Water/Voedsel heeft gesteld. De agenda is thematisch. Dat wil zeggen dat de uitdagingen zoveel mogelijk in synergie worden opgepakt; cross-sectoraal of complementair aan elkaar, zowel vanuit de betrokken topsectoren als met de betrokken departementen. Ten derde bevat de agenda de inzet op valorisatie en implementatie. Ten vierde, en dat is zeker ook vanuit de optiek van valorisatie van groot belang, zijn regio's en waterschappen nadrukkelijk bij de agenda betrokken en brengen zij projecten en trajecten die bijdragen aan de agenda in. De nadere uitwerking van de KIA vindt plaats in het Innovatie Contract.

2.2 Missie C: Klimaatbestendig Landelijk en Stedelijk Gebied

Klimaatverandering heeft grote gevolgen voor de landbouw, industrie, drinkwatervoorziening, steden, infrastructuur en natuur in Nederland. Het is noodzakelijk om Nederland zowel voor het landelijk als stedelijk gebied in 2050 klimaatbestendig te maken en in te richten op de toekomstige wateropgaven. Het doel van missie C is om Nederland zowel voor het landelijke als stedelijk gebied uiterlijk in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te maken.

Voor het landelijk gebied bestaat de ambitie om het regionale, agrarische en industriële grond- en oppervlaktewaterbeheer en natuurontwikkeling zodanig in te richten dat dit een belangrijke bijdrage kan leveren aan de klimaatbestendigheid van de land- en tuinbouw. Hoe kan de veerkracht in de landbouw worden vergroot, door klimaatadaptatie in de bedrijfsvoering van de agrifoodketen te implementeren. In 2050 is ook de gebouwde omgeving klimaatbestendig ingericht door optimalisering van het stedelijk waterbeheer, vergroening en inrichting en waarbij de gebiedsontwikkeling in het landelijk gebied meer gericht is op de ontlasting van stedelijke gebieden door vorming van natuurlijke klimaatbuffers en natuurontwikkeling.

Klimaatverandering komt vooral tot uiting in zeespiegelstijging, hogere temperaturen en extremer weer, waarbij perioden van extreme droogte en extreme neerslag elkaar kunnen afwisselen en ook het risico op verzilting in de kustzone neemt toe. De hoeveelheid water die via de Rijn Nederland binnenkomt is een belangrijke factor in klimaatadaptatie. Tijdens extreme droogte, zoals in de zomer van 2018, daalt de toevoer van water via de rivier de Rijn tot onder de 1000 m³ per seconde. Watertekort en verzilting is het gevolg. Hierdoor kan niet meer voldaan worden aan de watervraag van toekomstige gebruikers en zal de grondwaterbalans onder druk komen te staan. Dit resulteert in diepere grondwaterstanden en verdere bodemdaling in de daarvoor gevoelige gebieden. Droogte leidt ook tot verdroging van groen en minder verdamping, waardoor het hitte-eilandeffect in bebouwd gebied toeneemt. Extreme neerslag kan lokaal tot wateroverlast leiden. Zowel watertekort als wateroverlast kan tot grote economische schade leiden. Daarnaast zijn er effecten te verwachten op de waterkwaliteit door toename van zouten en microbiële gevaren zoals humane en plantaardige

pathogenen en blauwalg-toxinen. Klimaatverandering betekent ook verschuiving van de seizoenen en dit heeft zeker effect op gewasgroei, ziekten/plagen, onkruiden, maar ook op natuur en biodiversiteit.

De ontwikkeling van de benodigde kennis en innovaties bij deze ambities vindt plaats in vier Meerjaren Missiegedreven Innovatieprogramma's:

- MMIP C1 Klimaatbestendig landelijk gebied: voorkomen van wateroverlast en watertekort
- MMIP C2 Klimaatadaptieve voedselsystemen
- MMIP C3 Waterrobuust en klimaatbestendig stedelijk gebied
- MMIP C4 Verbeteren waterkwaliteit (valt buiten deze programmeringsstudie)

3 Klimaatbestendig Landelijk Gebied

3.1 Maatschappelijke opgave

De opgave waar we in Nederland voor staan is zodoende een aangepast water- en bodembeheer gericht op herstel van natuurlijke systemen waarbij de zoetwatervoorraad, waterkwaliteit en voedselzekerheid op lange termijn geborgd zijn. Het is van belang om de toekomstige watervraag en het wateraanbod beter bij elkaar te brengen. Dit kan gepaard gaan met aanpassing van teelten en met nieuwe economische dragers in klimaat- en verziltingsgevoelige gebieden. Immers, als waterbeschikbaarheid niet vanzelfsprekend is kan een vergaande aanpassing van het landgebruik noodzakelijk zijn. Tegelijkertijd vraagt dit een andere manier van omgaan met risico's in de landbouw, veroorzaakt door extreme weersomstandigheden. Meer algemeen gesteld: hoe kunnen grondgebruikers in het landelijk gebied zich aanpassen aan klimaatverandering? En hoe gaan we om met verdeling van water? Het voorkomen en opvangen van watertekort en wateroverlast vraagt ook om een nieuwe manier van benutting van het beschikbare water en hergebruik tussen sectoren. Specifieke aandacht is nodig voor de veengebieden waar zonder aanvullende maatregelen naast extreem weer ook verzilting en bodemdaling steeds ernstiger vormen zullen aannemen. Conservering van veen vergt water! Om de veenoxidatie te beperken zijn hoge grondwaterstanden noodzakelijk, waardoor de wegzijging (of de verminderde kwel) toeneemt. Hogere slootpeilen zullen de watervraag nog meer doen toenemen. De verdamping zal toenemen door een groter oppervlak aan open water en ook doordat het gras minder snel verdroogt en langer doorgaat met transpiratie. Al met al zal de watervraag in de veenweiden sterk toenemen. Eventueel hogere slootpeilen zorgen ook voor minder berging en daarmee eerder kans op wateroverlast.

Er ligt ook een opgave voor natuurherstel en –ontwikkeling aan de randen van de steden, in ruraal gebied en op de grensvlakken van zoete en zoute wateren alsmede op de plaatsen waar de Rijkswateren verbonden zijn met de regionale wateren. Hoe kunnen natuur en wateropgaven meekoppelen met economische ontwikkeling, wat is de milieugebruiksruimte en andersom: hoe komen we tot een natuurinclusieve landbouw en stedelijke ontwikkeling? Wat is de potentiële bijdrage van het landelijk gebied aan het voorkomen van wateroverlast, watertekort en bodemdaling? Hoe maken we het werken met natuurlijke processen (nature based solutions, klimaatbuffers) 'mainstream' in de gebieden waar stad, landbouw, water en natuur elkaar tegenkomen?

Doel

Inszet van dit MMIP is om het voedselsysteem in Nederland in 2050 klimaatbestendig georganiseerd te hebben. Hierbij dienen de productie, verwerking, organisatie en consumptie in samenhang en gegeven de veranderende sociaaleconomische en technologisch context tegen het licht van klimaatverandering worden gehouden. Dit MMIP is erop gericht de kansen en bedreigingen die klimaatverandering met zich meebrengen in kaart te brengen en adequate adaptatiestrategieën te formuleren, te demonstreren en te vermarkten.

De ambities zijn:

- Het landelijk gebied en met name natuur, landbouw en industrie klimaatbestendiger maken

- In 2030 is het grondwaterbeheer (kwaliteit en kwantiteit van grondwatervoorraden en grondwaterpeilbeheer) zodanig dat het gebruik van grondwater - óók in langdurige tijden van droogte - in belangrijke mate kan bijdragen aan de land- en tuinbouw, natuur en grondwater voor afhankelijke industrie
- In 2050 is op gebiedsniveau het aanbod van kwalitatief goed grondwater en de vraag naar grondwater door de land- en tuinbouw en van grondwater afhankelijke industrie goed op elkaar afgestemd.
- In 2050 is de bodemdaling tot stilstand gebracht. Het oppervlakte- en grondwaterbeheer zijn daartoe aangepast op de maatschappelijke gebruiksfuncties en het functioneren van het waterbodemsysteem.
- In 2050 zijn bossen en natuur stabiele klimaatbestendige systemen die maximaal bijdragen aan mitigatie- en adaptatie opgaven

3.2 Lopend onderzoek

Er lopen diverse onderzoeksprogramma's op het terrein van het klimaatbestendig landelijk gebied. Binnen het deltaprogramma Zoetwater, de programmering van STOWA, de Waddenacademie, uitvoeringsprogramma NAS (speerpunt landbouw), LIFE IP Deltanatuur, LIFE IP klimaatadaptatie (ingediend), OBN, Programmatische Aanpak Ecologie Grote Wateren en BO Natuurinclusieve samenleving (natuur-inclusieve landbouw) lopen vele projecten die aan deze beleidsopgaven zijn gekoppeld. Dit geldt ook voor de topsector Water en in enige mate ook aan de topsector Creatieve Industrie. Denk bij projecten aan de systeemanalyse voor de Rijn-Maas-monding, aan informatie over zouttolerantie van gewassen, aan modules voor het kwantificeren van effecten van hydrologie op landbouw en natuur (waterwijzers), de verbetering van het Landelijk Hydrologisch Model en het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium, het IMPREX-project voor een tool voor risicobenadering voor de analyse van droogte en watertekort, het programma Lumbricus voor een klimaatrobuuste inrichting van het bodem- en watersysteem. Deze paragraaf geeft een overzicht van de belangrijkste onderzoeksprogramma's die ook in tabel 3.1 zijn samengevat per TRL-niveau:

- NKWK Onderzoeksprogramma Water en Voedsel: In het NKWK-onderzoekprogramma Water en Voedsel staan de volgende vragen centraal: Hoe zorgen we voor voldoende schoon en zoet water om te kunnen voldoen aan de toenemende vraag naar voedsel? Water en Voedsel zich op meerdere thema's, waar de volgende¹ voor dit deel van de programmeringsstudie relevant zijn : (a) Verzilting, het loslaten van waterpeilen (functie volgt peil), (b) gebrek aan grond- of oppervlaktewater; wat zijn oplossingen?, (c) voedselproductie verplaatsen; van zee naar land en vice versa;
- Deltaplan Zoetwater: De uitvoering van het Deltaplan Zoetwater en het volgen van een adaptieve zoetwaterstrategie brengt kennisvragen met zich mee. In de afgelopen fasen van het Deltaprogramma is de nodige kennis en ervaring opgedaan met het in beeld brengen van de zoetwateropgave en het bepalen van de (kosten)effectiviteit van maatregelen. Onderzoeken die zijn uitgevoerd: Verkenning kansrijke maatregelen waterbeschikbaarheid Maas, Geactualiseerde

¹ De NKWK-thema's resource efficiency en voedselproductie in de stad zijn relevant voor sub thema 2 van de programmeringsstudie

- Onderzoekprogramma Lumbricus; Lumbricus is een kennisprogramma waarbinnen waterschappen, kennisinstellingen en enkele ondernemers samen met agrariërs onderzoek doen naar een klimaatrobuuster bodem- en watersysteem. Het programma kijkt naar de effectiviteit van en samenhang tussen verschillende maatregelen die het water- en bodemsysteem klimaatrobuuster kunnen maken. Omdat er binnen het programma Lumbricus veel soorten activiteiten en onderzoeken plaatsvinden, en omdat integrale benadering voorop staat, is het kennisprogramma opgedeeld in vier thema's: Wellend Water, Boeiende Beekdalen, Bewuste Bodem en Goede Governance. Verschillende projecten rond nature based en technologische oplossingen voor natuurlijke beeksystemen, waterconservering, bodemverbetering, hergebruik van (rest)water, sub-irrigatie en ander vormen van slim bodem- en watermanagement, zoetweraanvoer, beekdalherstel in combinatie met vergroting van de sponswerking op hoge zandgronden en piekwaterberging langs rivieren in combinatie met landbouw
- Stowa Deltaproof: STOWA werkt samen met waterschappen, universiteiten, kennisinstellingen en het bedrijfsleven aan het *Deltaproof* maken van het regionale waterbeheer. Het gaat om regionaal waterbeheer dat is aangepast aan, en rekening houdt met de veranderende klimatologische omstandigheden. Met de veranderende klimaatomstandigheden is nieuwe kennis nodig. Zowel op inhoudelijk vlak maar ook over nieuwe manieren van samenwerken. Belangrijke vragen waaraan we werken, zijn: hoe houden we de kans op wateroverlast beperkt? Hoe zorgen we voor voldoende zoetwater in droge perioden, bijvoorbeeld voor natuur en landbouw? Wat kunnen we doen tegen toenemende verzilting?
- Het Landelijk hydrologisch model (LHM/NHI) is sterk gericht op het doorrekenen van veranderingen als gevolg van klimaatverandering. In lopende projecten wordt verder gewerkt aan verbetering van dat instrumentarium. De kennisinstellingen werken in sommige projecten samen om alle benodigde kennis bijeen te brengen. Zo worden bijvoorbeeld in het programma Lumbricus bodemmaatregelen, watermaatregelen, hydrologische modellering, building with nature en governance aspecten in één programma samengebracht in een gebiedsgerichte aanpak. Dit draagt bij aan verbetering van het landelijk modelinstrumentarium en aan de effectmodules voor landbouw en natuur;
- Het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit. Het is een onafhankelijk en innovatief platform waarin mensen uit beheer, beleid en wetenschap samenwerken.
- Programma Natuurlijke Klimaatbuffers: De Coalitie Natuurlijke Klimaatbuffers heeft WR opdrachtgegeven om het Klimaatbufferprogramma te evalueren. De lessons learned worden gebruikt om een klimaatbufferprogramma 2.0 op te zetten. Daarbij zit een belangrijke component voor groene stedelijke randzones die klimaatextremen voor stedelijke gebied kunnen bufferen. De ambitie is in de komende jaren de klimaatbuffers verder op te schalen.

Tabel 3.1: Overzicht belangrijkste onderzoeksprogramma's klimaatbestendig landelijk gebied

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deltaprogramma Zoetwater/NHI				
Kennisontwikkeling Deltaplan Zoetwater		Projecten in deltaprogramma zoetwater gericht op zoetwatervoorziening; Modelinstrumentarium-ontwikkeling (NHI/LHM); IMPREX-project; effectmodules (o.a. waterwijzers)	Demonstratieprojecten zoals GoFresh en subirrigatie; praktijktoetsen Waterwijzer Landbouw	
Natuurlijke Klimaatbuffers / Building with Nature				
Kennisontwikkeling nature based oplossingen voor adaptatie		Kennisontwikkeling Building with Nature benadering voor regionale wateren / beeksystemen Het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit.	Pilots voor het inzetten van natuur en natuurlijke oplossingen ten behoeve van klimaatadaptatie Building with Nature pilots voor het inzetten van natuur en natuurlijke oplossingen ten behoeve waterveiligheid	
Lumbricus: Onderzoeksprogramma voor een klimaatrobuust bodem- en watersysteem				
Onderzoeksprogramma Lumbricus voor klimaatrobuust bodem en watersysteem	Werking bodem- en watermaatregelen (en interactie van maatregelen) op lokale en regionale schaal; ontwerpen ontwikkelpaden voor transitie op basis van nature based solutions; governance-vraagstukken;	Participatieve monitoring; modellering van bodem-watersysteem op perceelschaal en op regionale schaal om effectiviteit van maatregelen te duiden in relatie tot klimaatverandering	Proeftuinen Zuid en Oost Nederland: experimenten in de praktijk met tevens een demonstratiedoel	Kennisverspreiding: Website en nieuwsbrieven; boeren-studiegroepen
NKWK Onderzoeksprogramma Water en Voedsel				
NKWK Onderzoeksprogramma Water en Voedsel gericht		In het NKWK-onderzoekprogramma Water en Voedsel staan de volgende vragen centraal: Hoe zorgen we voor voldoende schoon en zoet water om te kunnen voldoen aan de toenemende vraag naar voedsel?		
Stowa Deltaproof				
Deltaproof maken van regionale waterbeheer		STOWA werkt samen met waterschappen, universiteiten, kennisinstellingen en het	Pilots voor klimaatbestendig regionaalwaterbeheer	

		bedrijfsleven aan het <i>Deltaproof</i> maken van het regionale waterbeheer: regionaal waterbeheer dat is aangepast aan het veranderende klimaat.		
--	--	---	--	--

3.3 Kennis- en innovatieopgaven

Wat ontbreekt is een integrale aanpak om zowel watertekort als wateroverlast aan te pakken, daarbij ook aandacht hebbende voor andere beleidsopgaven zoals waterkwaliteit (KRW, nitraatrichtlijn). Het is ook van belang om gebruikers te betrekken bij de ontwikkeling en implementatie van mogelijke oplossingsgerichte maatregelen. Voorts is het moeilijk om oplossingsrichtingen voor wateroverlast en -tekort te verkennen die inspelen op klimaat effecten op het perceel en de voedselketen als geheel, met oog voor gecascadeerde sociaaleconomische risico's binnen en buiten het waterdomein voor voedselproductie en natuur. In eerdere verkenningen (waar de auteurs van de programmeringsstudie bij betrokken zijn geweest) van de onderzoeksagenda in het domein van water, voedsel en natuur zijn diverse kennis- en innovatievragen benoemd. Aangevuld met input van experts, beleidsmakers en bedrijfsleven volgt hier een overzicht van de belangrijkste kennis- en innovatieopgaven (in de bijlagen staat een uitgewerkte tabel per MMIP met kennis- en innovatieopgaven per TRL-niveau):

- Vergroten regionale zelfvoorzienendheid in de watervoorziening: Een klimaatbestendig landelijk gebied vraagt dat gebiedseigen water beter benut wordt, waarbij wateroverlast wordt beperkt en in droge perioden voldoende zoet water aanwezig is voor de gebruikers zoals de landbouw, industrie en drinkwater. Om vraag en aanbod van zoetwater in tijd en plaats te matchen is het van belang om water langer vast te houden en gebiedsgericht op te slaan. Dit bijvoorbeeld door aanleg van waterbuffers, vergroten van de sponswerking van de bodem en (actief) aanvullen van grondwatervoorraden en het optimaal benutten van restwaterstromen uit de industrie en landbouw door ontwikkeling van innovatieve zuiveringstechnologieën (incl. nature based solutions). Relevante onderzoeksvragen zijn:
 - Hoe stemmen we watervraag en –aanbod beter op elkaar af met nadruk op de juiste waterhoeveelheid met de juiste kwaliteit, de juiste timing en de juiste plek. Hoe kan melkveehouderij of juist akkerbouw bijdragen aan oplossingen, denk aan waterberging op grasland, alternatief voor akkerbouw in verziltingsgevoelige gebieden (gras kan prima groeien onder zilte omstandigheden), veenweidegebieden, verbeteren bodemstructuur akkerbouw door vruchtwisseling met gras en gebruik van dierlijke mest (integratie veehouderij en akkerbouw)
 - Hoe kunnen we efficiënt en duurzaam water- en bodemgebruik stimuleren: tegengaan van verdichting en het op peil houden van grondwaterstanden om uitdroging en bodemdaling tegen te gaan [NKWK, maar ook kennisvraag van Deltaprogramma].
 - Hoe functioneert het watersysteem in extreem droge en natte periodes in relatie tot klimaatverandering? En hoe in relatie tot verzilting en zeespiegelstijging? Wat is de impact van het waterbeheer op landbouw, natuur en stad?
 - Hoe kunnen we toepassingen van meet- en regeltechnieken, modelleninformatie-systemen en operationele beheersystemen stimuleren om inzicht in watervraag en wateraanbod te vergroten en effecten van beheer keuzes in beeld te brengen

-
- [STOWA; Deltaprogramma; Topsector Water], w.o. het digitaal ontsluiten van grondwaterstanddata op nationaal niveau (WUR-precisielandbouw).
- Wat zijn de mogelijkheden van diep wortelende gewassen om verdichte lagen te doorbreken en de infiltratiecapaciteit te verbeteren, afspoeling te beperken, de droogtebestendigheid te vergroten en organische stof (koolstof) dieper in het bodemprofiel te brengen? (O.a. Topsector Agri & Food)
 - Hoe kunnen we tot nieuwe technieken voor waterzuivering en hergebruik, meet-, regel- en beheersystemen en precisielandbouw komen (incl. robotisering/ kleinschalige mechanisatie mitigatie bodemverdichting, kringloop) en mogelijkheden tot cascadering van waterstromen. (Topsector Water; Topsector Tuinbouw&Uitgangsmaterialen; Sleuteltechnologie)
- Landgebruik op basis van bodem-water systeem: Centraal thema is hoe de landbouw zich kan aanpassen aan veranderende klimatologische omstandigheden. Meer extreme weersomstandigheden (wateroverlast, droogte) levert risico's op voor de grondgebruikers. Hoe kunnen grondgebruikers (bv. land- en tuinbouw, natuur, industrie) zich aanpassen aan klimaatverandering en bodemdaling? Waar kan de land- en tuinbouw het best verduurzamen binnen Nederland, met oog op bodemgesteldheid, mogelijkheden voor bodemverbetering, waterkwaliteit, waterbeschikbaarheid en agrarische hoofdstructuur? 'Reset / herindeling' van de Nederlandse landbouw o.b.v. bodemgeschiktheid: wat doen we waar? Welke innovaties zijn nodig of welke nieuwe gewassen zijn nodig die beter aangepast zijn aan het klimaat van de toekomst met extremere droogte en piekbuien, dus wateroverlast. Onderzoek richt zich op ontwikkeling van duurzame gebiedsgerichte klimaatadaptieve maatregelen voor de landgebruikers met betrekking tot bodemgesteldheid, bodemverbetering, gewaskeuze(s), waterkwaliteit en waterbeschikbaarheid etc.
 - Natuur als buffer voor klimaatextremen: Natuurgebieden en optimaal gebruik maken van natuurlijke processen kunnen een belangrijke bijdragen leveren aan het klimaatrobuust maken van Nederland. Onderzoek richt zich op twee kernvragen:
 - Hoe realiseren we een veerkrachtige en robuuste bodem watersystemen die de druk van klimaatverandering aankan (inclusief is herstel van natuurlijke systemen dat rekening houdt met klimaatverandering; maak het natuurlijk scala aan leefgebieden weer beschikbaar met robuuste verbindingen).
 - Hoe natuur als deel van de oplossing ingezet kan worden bij de klimaatadaptatieopgave van andere sectoren (nature based solutions en eco-systeemdiensten) en welke verbindingen met andere transitie daarbij essentieel zijn. Eén specifieke ecosysteemdienst speelt daarbij een speciale rol, het vastleggen van CO₂ uit de atmosfeer. Bossen en andere natuurgebieden zijn een prachtige manier om de klimaatverandering te verminderen door CO₂ op te slaan.
 - Zout water en verzilting (Laag Nederland): Langs de kust is sprake van brak/zout grondwater en zoute kwel. Door zeespiegelstijging zal de verzilting toenemen. Hoe ontwikkelen we een klimaatrobuust systeem waarbij verdere verzilting wordt tegengegaan, mogelijkheden van brak/zout water worden verkend en benut, de zoetwatergebruikers altijd voldoende zoet water hebben van een goed kwaliteit. Toenemende verzilting vraagt innovaties in het waterbeheer en innovaties in teelten en gewassen die beter gedijen in zilte omstandigheden.

Aandachtspunten: verdienmodellen, marktpotentie van soorten zilte teelten, irrigatie, drinkwaterwinning van brak water, ontwikkeling nieuwe ontzoutingstechnologie.

- Vernatten veenweide: Specifieke aandacht is nodig voor de veengebieden waar zonder aanvullende maatregelen naast extreem weer ook verzilting en bodemdaling steeds ernstiger vormen zullen aannemen. Conservering van veen vergroot de waterbehoefte in het veenweide gebied door hogere grondwaterstanden en slootpeilen en toenemende wegzijging en verdamping. Wat zijn de consequenties van het vernatten veenweide voor de landbouw. Blijft veehouderij mogelijk? Welke alternatieve vormen van landbouw zijn mogelijk (bv. natte teelten)

3.4 Mogelijke consortia en financiering

NKWK Water en Voedsel

Landgebruik/gewaskeuze afhankelijk van waterbeschikbaarheid en bodemgesteldheid

Waar kan de land- en tuinbouw het best verduurzamen, met oog op bodemgesteldheid, mogelijkheden voor bodemverbetering, waterkwaliteit, waterbeschikbaarheid en agrarische hoofdstructuur? 'Reset/herindeling' van de Nederlandse landbouw o.b.v. bodemgeschiktheid: wat doen we waar?

Betrokken partijen (workshop april 2018): Private partijen zoals Lamb Weston/Meijer, Glastuinbouw- en bollensector, LTO-Nederland, publieke partijen zoals LNV, IenW, Uitvoeringsagenda Bodem en Ondergrond en onderzoeksinstituten zoals ECN (Proeftuin Zwaagdijk), Deltares en WUR. Beoogde overige partners: DAW, NOVI, evt. consortiumpartijen voorstel Bodem & Ondergrond

a) Duurzaam (her)gebruik van water (circulair) tussen sectoren met waarde-propositie voor water

Voor een bedrijf zoals Lamb Weston Meijer ligt hier een grote uitdaging. KWR wil flink inzetten op dit thema samen met drinkwaterwinning en bedrijfsleven. Deltares wil dit nadrukkelijk ook. Binnen WUR (WR WFBR en WU ETE) wordt aan dit onderwerp gewerkt door ontwikkeling van nieuwe en kosteneffectieve waterbehandeling voor ontzouting, desinfectie en verwijdering van persistente componenten zoals gewasbeschermingsmiddelen en medicijnresten. Aandachtspunt: wet- en regelgeving is hierbij een groot probleem, zeker in relatie tot afvalwater en zuiveringsslib.

Partijen: KWR Water, Deltares, WUR, STOWA, Waterschapsbank

Beoogde overige partners: private partijen zoals Lamb Weston/Meijer, conservenfabrikanten (HAK), LTO, netwerk van TKI A&F,

b) Naar een minimale water footprint in combinatie met slim nutriëntengebruik/Resource efficiency

Deltaplan Agrarisch Waterbeheer kan hieraan bijdragen met diverse pilots. O.a. hergebruik van voedingsstoffen, fosfaat. I&W wil dit internationaal trekken: water footprint van landbouwproducten wereldwijd.

Partijen: LTO-Nederland (DAW supportteam), private partijen zoals Lamb Weston/Meijer, ICL

Beoogde overige partners: VEWIN, DuurzaamDoor, supermarktketen(s), Hogescholen, Waterschap Rivierenland; kleine bedrijven, startups van universiteiten.

c) Verzilting

STOWA, het zilte proefbedrijf, LNV, I&W, Deltares, KWR en WUR geven aan rond het thema 'verzilting, wat valt eraan te verdienen?' mee te willen denken. Aandachtspunten: verdienmodellen, marktpotentie van soorten zilte teelten, irrigatie- en drinkwaterwinning van brak water en ontwikkeling nieuwe ontzoutingstechnologie d.m.v. elektromembraanprocessen en brijnopwerking (Zero Liquid Discharge).

3.5 Programmeringsadvies

Prioriteiten binnen dit MMIP liggen bij het elkaar brengen van consortiapartners in regio's, waarbij gezamenlijk wordt gewerkt aan het vergroten van de robuustheid van het watersysteem. Hierbij gaan kennisontwikkeling, demonstratie en implementatie hand in hand. Het is belangrijk om te noemen dat er ook programmering plaatsvindt vanuit het Deltaprogramma Zoetwater en de Kennisagenda Droogte. Dat is allemaal opgenomen in het MMIP voor Missie C Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied.

Voor de korte termijn (1-2 jaar) is het belangrijk om aan te sluiten bij lopend onderzoek om relatief snel resultaten te kunnen behalen. Breng daartoe consortiumpartners bij elkaar in regio's (zones), waarbij gezamenlijk wordt gewerkt aan het vergroten van de robuustheid van het watersysteem. Hierbij gaan kennisontwikkeling, demonstratie en implementatie hand in hand.

Belangrijkste thema's:

- **Verziltig (laag Nederland):** Hoe ontwikkelen we een klimaatrobuust systeem waarbij verdere verziltig wordt tegengegaan, mogelijkheden van brak/zout water worden verkend en benut en de zoetwatergebruikers altijd voldoende zoet water hebben van een goed kwaliteit? Aandachtspunten zijn: verdienmodellen (incl. marktpotentie van zilte teelten), irrigatie, drinkwaterwinning van brak water en ontwikkeling van nieuwe ontzoutingstechnologie.
- **Bodemdaling en problematiek veenweidegebied:** Specifieke aandacht is nodig voor de veengebieden waar zonder aanvullende maatregelen naast extreem weer ook verziltig en bodemdaling steeds ernstiger vormen zullen aannemen. Conservering van veen vergroot de waterbehoefte in het veenweidegebied; wat zijn de consequenties van het vernatten van veenweide voor de landbouw?
- **Natuurinclusieve landbouw:** Hierbij gaat het om de vraag hoe de landbouw zich kan aanpassen aan veranderende klimatologische omstandigheden. Waar kan de land- en tuinbouw het best verduurzamen binnen Nederland en hoe maken we de verbinding met natuur als deel van de oplossing (nature based solutions en eco-systeemdiensten)
- **Bodemverbetering:** Hoe realiseren we een robuust en duurzaam bodem-watersystemen dat de druk van klimaatverandering aankan; thema's zijn verhoging van waterbergend vermogen, infiltratiecapaciteit en het tegengaan van verdichting. Hoe realiseren we een veerkrachtige en robuuste bodem watersystemen die de druk van klimaatverandering aankan?
- **Watervraag en -aanbod en zelfvoorzienendheid:** Hoe stemmen we watervraag en -aanbod beter op elkaar af met nadruk op de juiste waterhoeveelheid met de juiste kwaliteit, de juiste timing en de juiste plek? Wat ontbreekt is een integrale aanpak om zowel watertekort als wateroverlast aan te pakken, daarbij ook aandacht hebbende voor andere beleidsopgaven zoals waterkwaliteit. Welke rol kan natuur spelen als oplossing voor klimaatadaptatie? Een klimaatbestendig landelijk gebied vraagt dat gebiedseigen water beter benut wordt, waarbij wateroverlast wordt beperkt en in droge perioden voldoende zoet water aanwezig is voor de gebruikers zoals de landbouw, industrie en drinkwater.

Voor de langere termijn (1-5 jaar):

Voor zowel de korte als de lange termijn zijn robuuste oplossingen nodig voor

- **Hergebruik van water:** In laag Nederland verder werken aan oplossingen voor grootschalige zoetwatervoorziening en het tegengaan van verziltig door slim gebruik van de ondergrond.

Door zoet water ondergronds te bergen en brakwater te gebruiken kunnen kustgebieden worden voorzien van voldoende zoetwater voor gietwater, industrie en drinkwater.

- **Afstemmen van landgebruik op klimaatverandering:** Hoe kan landgebruik (bv. land- en tuinbouw, natuur, industrie) zich aanpassen aan klimaatverandering en aan bodemdaling? Waar kan de land- en tuinbouw het best verduurzamen binnen Nederland, met oog op bodemgesteldheid, mogelijkheden voor bodemverbetering, waterkwaliteit, waterbeschikbaarheid en agrarische hoofdstructuur? Wat kan waar? Welke innovaties zijn nodig?
- **Ontwikkeling van transitiepaden** naar een klimaatbestendige inrichting van het landelijk gebied, met gebruikmaking van natuur en natuurlijke processen. Hoe ontwikkelen we haalbare, betaalbare en uitvoerbare oplossingen om het bodem-watersysteem zo in te richten dat de effecten van klimaatverandering minimaal zijn en de omstandigheden voor landbouw, natuur en recreatie zo goed mogelijk op elkaar afgestemd zijn en het milieu minimaal wordt belast?

4 Klimaatadaptieve Voedselsystemen

4.1 Maatschappelijke opgave

Het Nederlandse voedselsysteem is sterk verbonden met het internationale voedselsysteem, internationale ontwikkelingen en trends hebben dan ook effect op het functioneren van het nationale voedselsysteem. Naast handel en sociale verandering zal ook klimaatverandering invloed hebben op de ontwikkeling. De mogelijke gevolgen van klimaatverandering, inclusief extremen, op productiesystemen, infrastructuur, diëten en consumentengedrag zijn nog niet eerder via een voedselsysteem benadering onderzocht.

Waar mitigatie een keuze is zal het aanpassen aan klimaatverandering onvermijdelijk zijn, de twee zijn direct gekoppeld. Bij het achterblijven van mitigatie maatregelen zal de adaptatie opgave enkel groter worden. Op beide terreinen is dus actie nodig. De Nederlandse overheid geeft via de klimaattafels invulling aan de mitigatie opgave, via de nationale adaptatie strategie (NAS) wordt gewerkt aan de adaptatie opgave. Duidelijk is dat klimaatverandering een mondiaal probleem is met lokale implicaties en dit dus ook een wereldwijde actie nodig is met gedeelde verantwoordelijkheden. De kernopgave voor de Nederlandse land- en tuinbouw is om de toekomst van de voedselvoorziening, op een maatschappelijke en ecologisch verantwoorde wijze te garanderen. Het voedselsysteem moet in staat zijn om aan de groeiende vraag naar gezond en veilig voedsel te blijven voldoen, ook wanneer veranderingen en schokken zich voordoen, zoals klimaatverandering. De kringlooplandbouw is gericht op het verantwoord omgaan met de natuurlijke hulpbronnen. Het verstandig gebruik maken van natuurlijke processen bij de invulling van de productie georiënteerde landbouw is hierbij belangrijk. Ook in gesloten systemen zoals de glastuinbouw zijn de effecten van klimaatverandering merkbaar. Door hogere temperaturen en grotere fluctuaties neemt de behoefte aan robuuste rassen die tegen extreme condities kunnen toe, ook zal er meer schade aan kassen door extreme regenval, hagel en windstoten met gevolgen voor de productie daarin.

Doel

Inzet van dit MMIP is om het voedselsysteem in Nederland in 2050 klimaatbestendig georganiseerd te hebben. Hierbij dienen de productie, verwerking, organisatie en consumptie in samenhang en gegeven de veranderende sociaaleconomische en technologisch context tegen het licht van klimaatverandering worden gehouden. Dit MMIP is erop gericht de kansen en bedreigingen die klimaatverandering met zich meebrengen in kaart te brengen en adequate adaptatiestrategieën te formuleren, te demonstreren en te vermarkten.

Aanpassen aan extremen in klimaatverandering - en de daarmee verbonden risico's voor de primaire productie - lijkt voor de agrifood sector een grotere opgave dan de geleidelijke veranderingen in de gemiddelden. De zomer van 2018 heeft laten zien dat een langdurige periode van droogte grote gevolgen voor de primaire productie kan hebben, en zo ook een stabiele aanvoer voor de verwerkende industrie in gevaar kan brengen.

Het missiedocument² formuleert de volgende twee ambities:

² <https://topsectortu.nl/sites/topsectortu.nl/files/files/Missies%20Landbouw%20Water%20Voedsel.pdf>

-
- Voor gebieden waar (in de toekomst) onvoldoende mogelijkheden zijn om met waterbeheer klimaatproblemen op te vangen is de ambitie om in 2030 een tiental voorbeelden van nieuwe verdienmodellen voor agrariërs te hebben en
 - Vijf nieuwe productieketens operationeel te hebben waarmee nieuw toekomstperspectief wordt geboden aan agrarische bedrijven.

Dit document is een invulling op hoofdlijnen waarbij de consequenties zowel de kansen als bedreigingen van klimaatverandering op het voedselsysteem in kaart worden gebracht en onderzoek naar Klimaatadaptatieve landbouw en tuinbouwsystemen worden geformuleerd.

4.2 Lopend onderzoek

Er zijn diverse onderzoeken uitgevoerd in het Klimaat voor Ruimte programma AgriAdapt, Kennis voor Klimaat programma CARE & internationaal consortium MACSUR; en de onderzoekende verkenningen die uitgevoerd zijn in het kader van de Climate Smart Agriculture Booster, gefinancierd vanuit Climate KIC en LNV. Deze onderzoeken plaatsen de invloed van klimaatverandering in de context van veranderingen in technologie, markt, mens en beleid. De invloed van klimaatverandering op verschillende indicatoren is geëvalueerd: gewasopbrengst, inkomen, milieu-emissies, bodemkwaliteit, benodigde arbeid, etc. Effecten van extremen op het voedselsysteem zijn groter dan geleidelijke klimaatverandering, dus aanpassingen zullen zich vooral richten op extremen. In 2017 is een update gemaakt van effecten van extremen op basis van KNMI'14 scenario's. De toename van effecten van een hoge regenval intensiteit kwam hier sterker in naar voren dan in eerdere studies. Hierbij moeten we wel de kanttekening plaatsen dat de snelheid waarmee de veranderingen nu plaats vinden zijn vele malen sneller lijken dan eerder gedacht.

De onderzoeken laten ook zien dat de opgaven integraal aangepakt moeten worden: intensievere landbouw zou broeikasgasemissies kunnen besparen, als natuur dan ook gespaard en/of uitgebreid wordt. Aanpassing zal gepaard moeten gaan met mitigatie, oftewel 'climate-smart agriculture', of zelfs 'climate smart food systems'. Aanpassing zal dus niet alleen van de producenten moeten komen, maar ook van verwerkers, verkopers, de consument en de overheden. Wat betreft beoordelen van effecten op boerenbedrijven, is het belangrijk de bedrijfscontext inclusief interacties met andere bedrijven en met de bedrijfsomgeving nog beter te begrijpen. Recent is aangetoond dat de aanname over gehuurd land de grootste invloed had op de geschatte invloed van klimaatverandering op bedrijfsinkomen in de toekomst (vanwege mogelijkheid extra aardappelen te kunnen verbouwen).

In 2018 is in kaart te gebracht voor welke opgave de Nederlandse melkveehouderijsector staat met betrekking tot klimaatmitigatie en -adaptatie in het project klimaat slimme melkveehouderij. Wat betreft mitigatie moet de sector voldoen aan beleidsdoelstellingen voor reductie van broeikasgasemissies in sectoraal, nationaal en Europees beleid. Wat betreft adaptatie wordt enerzijds verwacht dat de melkveehouderij kan profiteren van hogere temperaturen en CO₂ concentraties, maar anderzijds kan een toename in weersextremen en dierlijke/plantaardige ziekten en plagen dit effect afzwakken of tenietdoen.

Vanuit de onderzoekende verkenningen zoals Klimaat slimme melkveehouderij, AgriAdapt en de Climate Smart Agriculture Booster is duidelijk dat dialoog een belangrijke rol speelt om de neuzen van de partijen in dezelfde richting te krijgen. Die dialoog wordt gevoed door concrete praktijkpilots, waarover geleerd wordt met elkaar. De menselijke aspecten van de transitie naar een klimaatbestendige landbouw moeten meegenomen worden in de aanpak.

Op watergebied is veel onderzoek bij Wageningen Economic Research (in kader van PPS Glastuinbouw Waterproof) (uitvoering door Glastuinbouw Nederland, Wageningen UR, Platform Duurzame Glastuinbouw (Ministeries LNV en I&W, Waterschappen; bedrijfsleven). Dit onderzoek is sterk gericht op efficiencyverbetering in watergebruik, schoon water en weerbare productiesystemen. Weerbaarheid van productiesystemen kan verbeterd worden door het inspelen op, danwel beheersen van ziekten en plagen bij geleidelijke klimaatverandering (warmer en vochtiger). Op dit moment loopt het project Safe & Save water in the fresh produce waarin WR (WFBR & RIKILT) werken aan het desinfecteren van water voor de productie van vers groenten en verwerking in groentesnijderijen voor humane pathogenen. Klimaatverandering, droogte etc. leidt tot meer problemen door een verminderde waterkwaliteit in de landbouw en risico's voor volksgezondheid. In onderstaande tabel zijn de belangrijkste onderzoeksprogramma's opgenomen per TRL-niveau.

Tabel 4.1. Overzicht belangrijkste onderzoeksprogramma's klimaatadaptieve voedselsystemen

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Klimaattafel - sectortafel landbouw en landgebruik				
Klimaattafels in het kader van het Klimaatakkoord		Ontwikkeling scenario's voor landbouw en landgebruik gericht op het halen van klimaat- en milieudoelen	Pilots Klimaatlim bosbeheer, klimaatlim landgebruik, kas als energiebron, reductie methaanemissies veeh	
Climate Smart Agriculture Booster				
Europees Climate KIC project gericht op kennis over klimaatlimme landbouw		Deze onderzoeken plaatsen de invloed van klimaatverandering in de context van veranderingen in technologie, markt, mens en beleid. De invloed van klimaatverandering op verschillende indicatoren is geëvalueerd: gewasopbrengst, inkomen, milieu-emissies, bodemkwaliteit, benodigde arbeid, etc.	Vanuit de onderzoekende verkenningen zoals Klimaat slimme melkveehouderij, AgriAdapt en de Climate Smart Agriculture Booster is duidelijk dat dialoog een belangrijke rol speelt om de neuzen van de partijen in dezelfde richting te krijgen. Die dialoog wordt gevoed door concrete praktijkpilots, waarover geleerd wordt met elkaar.	
PPS Glastuinbouw Waterproof				
PPS project – uitvoering door Glastuinbouw Nederland, WUR en platform Glastuinbouw		Onderzoek sterk gericht op efficiencyverbetering in watergebruik, schoon water en weerbare productiesystemen. Weerbaarheid van productiesystemen kan verbeterd worden door het inspelen op ziekten en plagen tgv klimaat.		

4.3 Kennis- en innovatieopgaven

Inzet van dit onderzoeks- en innovatieprogramma is om het voedselsysteem in Nederland in 2050 klimaatbestendig georganiseerd te hebben. Hierbij dienen de productie, verwerking, organisatie en consumptie in samenhang en gegeven de veranderende sociaaleconomische en technologische context tegen het licht van klimaatverandering worden gehouden. Om dit te realiseren is een systeemaanpak nodig, waarbij voor verschillende teelten en dieren regionale ontwikkelingsrichtingen voor de landbouw worden neergezet en waarbij de bedrijfs- en sector strategieën zijn meegenomen. In deze MMIP richten we ons op naar de gevolgen van klimaatverandering op de primaire productie (gewas dier), het bedrijf en de sector. De belangrijkste kennis- en innovatieopgaven zijn hieronder samengevat (in de bijlagen staat een uitgewerkte tabel per MMIP met kennis- en innovatieopgaven per TRL-niveau):

- **Consumentengedrag in relatie tot klimaatverandering:** De consument heeft een duidelijke invloed op klimaatverandering, voedsel speelt hierbij een centrale rol. De verantwoordelijkheid van de consument en invloed van beleid en marketeers op het gedrag zijn sleutelfactoren in het zoeken naar oplossingen voor klimaatverandering. Verder zal klimaatverandering gevolgen hebben op het koopgedrag van consumenten, voorkeuren kunnen afhankelijk van het weer fluctueren en seizoengebonden patronen zullen bij de minder scherpe overgangen tussen de seizoenen verdwijnen.

Klimaatverandering en voedselveiligheid zijn op verschillende manieren gekoppeld. Het kan gaan om de interacties tussen klimaatverandering en veranderingen in consumentengedrag waarbij verwerking en koeling van producten cruciale factoren zijn die door beide veranderingen beïnvloed worden. Daarnaast kunnen verschillende klimaat effecten zoals overstromingen zorgen voor verhoogde concentraties schadelijke bacteriën, ook kunnen, afhankelijk van temperatuur en luchtvochtigheid, schimmels die giftige stoffen produceren toe of afnemen.

Onderzoeksvragen

- Wat is de invloed van een veranderend klimaat op consumptiepatronen?
- Hoe kan consumentengedrag beïnvloed worden met betrekking tot klimaat en gezondheid?

Betrokken partijen: Retail, overheid, Bavaria, Heineken, Unilever, Friesland Campina

- **Landbouw en gewas:** Klimaatverandering heeft invloed op het competitie profiel van bedrijven en de primaire productie van gewassen. Om op verschuiving in competitie kracht van teelten en regio's te reageren is het zaak om de effecten van klimaatverandering te plaatsen in de context van een veranderende markt- en technologieontwikkeling te plaatsen op Europees en mondiaal niveau. Erbij valt ook te denken aan teelten die ook voor andere doelen gebruikt kunnen worden dan alleen voedsel. Denk hierbij aan potentiële nieuwe teelten van vezelgewassen voor de bouwsector en teelt van energiegewassen. Op internationaal niveau zijn de gevolgen van klimaatverandering op verschuivingen van de productie van voedsel en voer voor Nederland ook relevant voor de partijen in de voedselketen. Om hier goed op in te kunnen spelen zijn lange termijn investering nodig vanuit de sector en het beleid.

De landbouw en met name de open teelten zijn gevoelig voor klimaatverandering. Opbrengstvolume en kwaliteit verlies als gevolg van extreem weer zijn niet onbekend in de landbouw. Langdurige droogte, verzilting in de kustgebieden, stortbuien, stormen, hagel, late vorst zijn voorbeelden van weersextremen die vaak grote gevolgen hebben voor de sector. Het is de verwachting dat de frequentie en intensiteit van weersextremen zal toenemen. Daarnaast speelt ook de geleidelijke verandering. Omgaan met de veranderende omgeving en de verhoogde dynamiek is een extra risico waar de landbouw rekeningen mee dient te houden. Ook de indirecte effecten zoals frequenties en druk van ziekten en plagen in relatie tot temperatuur, luchtvochtigheid en wind zijn hier relevant.

Het gebruik maken van de bestaande genetische variatie in gewassen en het ontwikkelen van stresstolerante variëteiten (droogte en zouttolerantie), biedt een deel van de oplossing bij het omgaan met klimaatverandering. Deze oplossingen dienen echter te zijn ingebed in gewas en bodem beheer in het veld. Het zoeken naar werkbare oplossingen kan enkel in samenwerking met de sector en bedrijven. De behoeften op bedrijfsniveau dienen in kaart te worden gebracht om tot op maat gemaakte adaptatie strategieën te komen. Onderzoek naar geïntegreerde strategieën (gewas keuze, rotatie, bodem, water, gewasbescherming) worden bij voorkeur geformuleerd en getest binnen een bedrijfs- en regio-specifieke context.

Een dwarsdoorsnijdend onderwerp is de ontwikkeling van sensortechnologie, waarschuwings- en sturings-systemen in bijvoorbeeld de open teelten (precisielandbouw).

Onderzoeksvragen:

- Wat zijn alternatieve gewassen die beter bestand zijn tegen het nieuwe klimaat?
- Hoe kunnen we vezelgewassen inzetten voor bouw (isolatie) en energieopgave?
- In hoeverre is het mogelijk om stresstolerante gewassen/rassen te ontwikkelen? (o.a. gericht op zout en droogte stress);
- Wat zijn de gevolgen van ziekten en plagen en opties voor gewasbescherming in een veranderend klimaat. Anticiperen op fytosanitaire maatregelen bij toenemende ziektedruk? (Bijvoorbeeld insectengaas voor luchtramen in kassen);
- Hoe kunnen we de gevolgen (op volume en kwaliteit) van klimaatverandering (inclusief extremen, ziekten en plagen) in kaart brengen en management opties definiëren?
- Wat zijn effectieve klimaat adaptieve bodem en gewas management opties?
- Gebruik, ontwikkeling en opschaling van agrotechnologie: sensor technologie, waarschuwings en sturings systemen gebruik in open teelten (precisielandbouw) én glastuinbouw die bij een vermoeden van extreme condities (storm, hagel) actuatoren³ in

³ Bijvoorbeeld het inschakelen van druppelirrigatie in een boomgaard bij een tekort aan bodemvocht. Het aansturingssysteem van de druppelirrigatie is de 'actuator'.

werking zetten in de kas, en, bij extreme temperaturen, teeltaanpassingen toepassen in de glastuinbouw;

- Hoe kunnen teeltcondities en kassystemen zodanig aangepast worden dat ze onder extreme klimaatomstandigheden (hagel, windstoten, extreme temperaturen) duurzaam blijven functioneren?
- Hoe omgaan met extreem hoge temperaturen bij bloei en vruchtzetting van gewassen? Welke maatregelen zijn mogelijk?

Betrokken partijen: boeren en belangengroepen, veredelaars, technologiebedrijven (ICT), landbouwmechanisatie, sector belangengroepen, opkopers.

- **Dier:** Fluctuaties in beschikbaarheid van voer en voerprijzen zijn voor de veehouderij belangrijke factoren. Een deel van de fluctuaties is gerelateerd aan klimaatverandering. In hoeverre de fluctuatie met klimaatverandering zal toenemen is niet duidelijk.

Diergezondheid en dierwelzijn zijn ook afhankelijk van het klimaat, hittestress en ziekten en plagen staan hierbij centraal. Eisen aan huisvesting en water zullen per bedrijfstype moeten worden bekeken. Ook hier zijn de ontwikkeling en gebruik sensortechnologie, waarschuwings- en sturings-systemen belangrijk.

Onderzoeksvragen:

- Hoe kwetsbaar is de veehouderijsectoren voor fluctuaties in voerbeschikbaarheid en -prijzen
 - In kaart brengen van de gevolgen van klimaatverandering voor diergezondheid en –welzijn (incl. dierziekten, hittestress)
 - gebruik van technologie: sensor technologie, waarschuwings- en sturingsystemen gebruik in de veehouderij
- **Bedrijf/sector:** Op bedrijfs- en sectorniveau is de relevantie van klimaatverandering gekoppeld aan strategische keuzes. Het identificeren van kansen en bedreigingen, waar kunnen investeringen worden geïntensiveerd of worden de risico's juist groter en lijkt een verandering in investering noodzakelijk. Op dit niveau is de keuze dingen anders te doen of andere dingen te gaan doen bepalend voor het type investering en de toekomst van het bedrijf en de sector. Voor sectoren die afhankelijk zijn van import uit het buitenland liggen kansen en kwetsbaarheden ook buiten de EU. Het in kaart brengen van de afhankelijkheden en de gevolgen van klimaatverandering op de toelevering zijn een eerste stap in het formuleren van adaptatie strategie.

Klimaatverandering biedt kansen voor bedrijven bij het ontwerpen van kas constructies die beter bestand zijn tegen extremen zoals hagelbuien en windhozen. Het leveren van

klimaatdiensten door gerichte seizoen en weersvoorspellingen zodat de sector en bedrijven tijdig maatregelen kunnen nemen.

Onderzoeksvragen

- Welke bedrijfssystemen kunnen ontwikkeld worden en zijn financieel levensvatbaar? Wat zijn de kwetsbare sectoren en waar liggen er kansen.
 - Hoe afhankelijk zijn sectoren van import uit het buitenland en wat is de invloed van klimaatverandering op de competitie kracht van sectoren.
 - Opties voor interacties met andere bedrijven en met de bedrijfsomgeving nog beter te begrijpen, de rol van gehuurd land als adaptatie maatregel.
 - Glastuinbouw: kansen voor aangepaste productiesystemen (vernieuwd kasontwerp, beter bestand tegen extreme condities), betere voorspelbaarheid extreem weer (hagel)
 - Welke adaptatiemaatregelen (bijvoorbeeld technische maatregelen) in de glastuinbouw zijn geschikt om te anticiperen op extreme weersomstandigheden (hagelbuien en windhozen)? Hoe kan de effectiviteit daarvan verbeterd worden, door bij verbeterde weersvoorspellingen ook tijdig maatregelen te nemen. Welke maatregelen zijn mogelijk t.a.v. de constructie? Zijn deze maatregelen – in vergelijking tot verdienmodellen via verzekeringen – ook kosteneffectief?
 - Welke kansen ontstaan er door (tijdelijke) bedekking van buitenteelten (onder andere regenkapen, hagelnetten, foliekassen) (niet alleen ter voorkoming van schade, maar mogelijk ook voor intensivering van de productie.
- **Keten:** Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering op de opslag en transport van voedsel (houdbaarheid en voedselveiligheid. Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor de risico verdeling in de keten, waar zitten de winnaars en waar de verliezers. Ook in de keten zijn ontwikkeling en gebruik van sensortechnologie, waarschuwings- en sturings-systemen belangrijk bij het ondersteunen van beslissingen en het creëren van transparantie richting consument.

Onderzoeksvragen:

- Hoe kunnen we ketens, verzekerings- en financieringsconstructies ontwikkelen waarbij de risico's in de keten gedeeld worden?
 - Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering op de opslag en transport van voedsel (houdbaarheid en voedselveiligheid).
- **Regio/beleid:** Adaptatie aan klimaatverandering is geen geïsoleerde activiteit maar zal onderdeel zijn van lopende lokale of regionale plannen en beleid. Afstemming en overleg op verschillende schaal niveaus is nodig om tot gedragen adaptatie strategieën te komen. Bij zoeken naar dialoog en

samenwerkingsmodellen en interbestuurlijke samenwerking zullen ook de landbouw en veehouderij een rol moeten nemen bij het zoeken naar oplossingen.

Onderzoeksvragen:

- Hoe zetten we een dialoog op en komen we tot regionale samenwerkingsmodellen.
 - Hoe kunnen we gebiedsgerichte interbestuurlijke samenwerking en omgevings-/gebiedsparticipatie, communities of practice stimuleren. Wat is de rol van de veehouderij en akkerbouw in deze?
 - Hoe kan beleid op verschillende niveaus beter op elkaar afgestemd worden?
 - Op welke manier kunnen pilots opgeschaald worden?
 - Onderzoek naar hydrologische buffers tussen landbouw (laag peil) en natte natuur (hoger peil), bijv. natte teelten
 - Welke adaptatiemaatregelen zijn kansrijk bij uiteenlopende situaties? Verkennen van langdurige droogte, extreme neerslag in korte tijd. Hoe kan de agrifoodketen (primaire productie, transport, verwerkende industrie) inspelen op optredende klimaatverandering en op termijn wellicht zelfs anticiperen op toekomstige klimaatverandering?
 - Welke belangen tussen primaire productie, verwerkende industrie en Retail sector komen overeen? De verwerkende industrie heeft belang bij een stabiele aanvoer van producten (groente en fruit) en producten kunnen ook internationaal worden ingekocht.
 - Wat is daarbij de rol van ruimtelijke ordening in het formuleren van vestigingsplaats glastuinbouw?
- **Financiële mechanismen:** Omgaan met extremen in landbouw is niet nieuw, zo zijn er verzekeringen voor oogstopbrengstderving als gevolg van weersextremen. Ook financiële en materiële buffers van bedrijven kunnen worden ingezet om tegenslagen op te vangen. In hoeverre klimaatverandering de financiële weerbaarheid van bedrijven op de proef zal stellen is niet duidelijk. Welke combinaties van financiële mechanismen (investeren, lenen, subsidiëren, revolverende fondsen, verzekeren, beleggen) levert het meeste (klimaat)risicoreductie en rendement op voor ondernemer en maatschappij?

Onderzoeksvragen:

- Welke financiële mechanismen zijn nodig om adequaat te kunnen reageren op klimaatverandering?
- Zijn er mogelijkheden voor agrariërs om via verzekeringen in te spelen op klimaatverandering?

4.4 Mogelijke consortia en financiers

Op verschillende niveaus van het voedselsysteem zijn innovaties nodig en kunnen consortia worden gevormd.

- Op het niveau van de land- en tuinbouwsector en ketens ligt er een duidelijke behoefte om meer grip te krijgen op de kennis voor beter inschatten risico's en kansen. Binnen dit niveau zijn er veel consortia mogelijk met veel Nederlandse (internationale) spelers uit de agri-horti-food sector. Potentiele consortiumpartners zijn: Grote agri-food bedrijven (vb. Friesland Campina, Unilever), veredelingsbedrijven, producenten, importeurs, kunstmestindustrie, bestrijdingsmiddelen producenten, veevoer importeurs, processing, lokale overheid, sectororganisaties aanleverende bedrijven van zaad, agrochemicals of technologie (sensing, mechanisatie, constructing), keten (retail, financiers, importeurs, processing), adviesdiensten (gewas, teelt, dier)
- Het bedrijfsniveau is daarnaast een belangrijk schakelpunt voor innovaties ten behoeve van de primaire productie én met de (regionale) omgeving. Mogelijke consortiumvorming kan plaatsvinden aan de hand van regionale klimaatadaptatie opgave en mogelijke kansen vanuit de primaire sector binnen de context van klimaatverandering en sociaal economische veranderingen. Potentiele consortiumpartners: overheden, waterschappen, provincies, LTO,
- Tot slot zijn dienstenleveranciers zoals banken, verzekeraars/VVM/Interpolis en precisielandbouwplatformen mogelijk interessante partijen voor consortiumvorming.

4.5 Programmeringsadvies

Voor de korte termijn (1-2 jaar):

Komen tot relevante adaptatie strategieën met onderzoek naar de midden en lange termijn levensvatbaarheid van teelten en sectoren in het licht van klimaatverandering. Dit om maladaptatie te voorkomen en zo risico's op het verlies op investeringen te verlagen en de rendabiliteit te verhogen. Onderzoek naar de gevolgen van klimaatverandering is gedaan naar de relatieve competitie kracht van de nu belangrijke open teelten en sectoren.

In de eerste fase kan onderzoek gericht op operationeel management binnen een groeiseizoen inzichten opleveren die iets zeggen over de effectiviteit van nieuwe maatregelen op veld en bedrijfsniveau. Denk hierbij aan maatregelen waarbij sensing en advies aan ondernemers centraal staan in relatie tot weersvariabiliteit en extremen.

Langere termijn (1-5 jaar):

Langere termijn verkenningen in de keten en gebiedsprocessen kan inzichten opleveren gericht op strategische keuzes van ketens en overheden. Dit kan onderzocht worden in coöperatie met ketenpartners en overheden. Dit onderdeel bouwt verder op de korte termijn verkenning van de levensvatbaarheid van teelten en sectoren. Uitgaan van huidig beleid en kijken of klimaatverandering van invloed is op de uitvoerbaarheid en rendabiliteit van deze plannen en welke ontwikkelingspaden er (binnen sociaal economische scenario's) open en welke gesloten zijn. Dus naast het versterken van bestaand beleid ook kijken naar nieuwe kansen die klimaatverandering, agv verschuivingen in het relatieve competitie profiel op Europees en internationaal niveau biedt.

Gekoppeld hieraan is de ontwikkeling van financiële mechanismes voor risicodeling bij transitieprocessen.

Onderzoek naar opties voor verdeling naar stress tolerantie zoals bv droogte, verzilting en hitte (vnl internationale markt) is belangrijker dan ooit. Bij de gegeven afname van opties in de gewasbescherming en de te verwachten veranderingen in ziekten en plagen druk agv klimaatverandering is het ontwikkelen van gewassen en teelten die weerbaarder zijn een noodzaak.

Extremen zoals overstromingen, droogte en ziekten en plagen zijn een gegeven waar de ondernemer in samenwerkingen met de sector en de overheden zal moeten omgaan. Naast het omgaan met extremen in het operationeel management zal ook de financiële weerbaarheid van teelten en sectoren belicht moeten worden. De geplande veranderingen in het landbouwbeleid waarbij circulariteit en natuur inclusief centraal staan is het niet duidelijk hoe dit in combinatie met een veranderend klimaat (inclusief variabiliteit en extremen) het risico profiel van de landbouw beïnvloed.

Naast producenten, de keten en de overheden zijn consumenten bepalend voor de vraag en de invulling van duurzaamheid. **De invloed van klimaatverandering op consumentengedrag is nog weinig onderzocht**, de perceptie van verantwoordelijkheid bij de consument is belangrijk bij het maken van gezonde en duurzame keuzes. Ook heeft het weer een invloed op het consumptiegedrag van mensen. Het begrijpen van deze relaties is belangrijk bij de marketing en het slim inrichten van de productie- en waardesystemen.

Geïnformeerde consumenten denken mee aan oplossingen. Ook in de transitie naar een circulaire landbouw heeft de consument een belangrijke rol. Bij het gescheiden inzamelen van huisafval en dit direct hergebruiken in het voedselsysteem zal het huidige systeem van omgaan met organisch materiaal en de verwerking transparant en duidelijk te worden gecommuniceerd. Dit vraagt naast begrip ook een vermindering van overlast tijdens periodes van hoge temperaturen bij de consument. Of het huidige systeem van inzamelen en verwerking in periodes van hoge temperaturen voldoet in termen van participatie, gezondheid en overlast is niet duidelijk.

5 Klimaatbestendig Stedelijk gebied

5.1 Maatschappelijke opgave

Wereldwijd staan de leefbaarheid van steden, de waterveiligheid, zoetwatervoorziening en de voedselzekerheid onder druk. De sterke Nederlandse kennis- en innovatiebasis met betrekking tot landbouw, regionaal waterbeheer en stedelijke inrichting en het systeemgericht denken bij functietoekenning, ruimtelijke inrichting en de geïntegreerde aanpak bebouwde omgeving en verbindingen met het achterland bieden daarom veel kansen voor de export. Voor alle regionale en stedelijke watersystemen (grond- en oppervlaktewater) en in de waterketen geldt dat er aandacht nodig is voor het sluiten van de watercyclus, waarbij er wisselwerking is tussen enerzijds de behoefte aan water van goede kwaliteit en anderzijds de emissies naar het watersysteem.

Doel

Inzet van dit MMIP is gericht op het waterrobuust en klimaatbestendig inrichten van de gebouwde omgeving. Het MMIP ontwikkelt hiertoe innovaties op het gebied van water in de stad om de veerkracht van de stad te vergroten en hiermee een bijdrage te leveren aan een duurzame en aantrekkelijke stad. Een klimaatbestendige stedelijke ontwikkeling vraagt om een systeemaanpak waarbij efficiënter gebruik van water en grondstoffen, vasthouden en hergebruik van water en het maximaal benutten van het natuurlijk systeem zowel in de stad als in de omgeving van de stad (natuurlijke klimaatbuffers, natuurontwikkeling) centraal staat. Het incorporeren van groene oplossingen in stedenbouwkundig ontwerp en de bouw vanuit het oogpunt van klimaatbestendigheid, waterbeheer, biodiversiteit en leefbaarheid moet vanzelfsprekend worden.

Ambities 2050

- De gebouwde omgeving is in 2050 waterrobuust en klimaatbestendig ingericht.
- Gebiedsontwikkeling in het landelijk gebied is meer gericht op ontlasting van het stedelijk gebied door vorming van natuurlijke klimaatbuffers en natuurontwikkeling.
- In 2050 is groen in de stad (in stedenbouwkundig ontwerp en in bouw) vanzelfsprekend, met het oog op onder meer klimaatbestendigheid, waterbeheer en biodiversiteit.

5.2 Lopend onderzoek

Beschrijving van het onderzoek dat bij WR en elders al loopt, ook afgezet tegen de verwachte resultaten (fundamenteel/toegepast) en in de tijd (lange/korte termijn beschikbaar). In tabel 5.1 is een overzicht gegeven van lopend onderzoek per TRL-niveau.

- NKWK Onderzoeksprogramma Klimaatbestendige Stad: Vanuit het NKWK-onderzoeksprogramma Klimaatbestendige stad wordt met een consortium van kennisinstellingen, gemeentes en waterschappen gewerkt aan een kennisagenda voor het klimaatbestendig maken van steden. Daarbij worden tools ontwikkeld om de schade van klimaatextremen in stedelijk gebied in beeld te brengen. Daarnaast wordt de Toolkit Klimaatbestendige Stad ontwikkeld. Belangrijk onderdeel is de Adaptation support tool waarmee adaptatiemaatregelen op wijkniveau interactief worden verkend op effectiviteit en kosten.
- UP Bodem, Bodem en Ondergrond, het project DNA van de stad en zijn omgeving. In Nederland beschikken we over een schat aan kennis over onze bodem en ondergrond. Vele initiatieven werken aan het beter benutten van deze kennis en de kansen (en bedreigingen) die dit biedt voor de maatschappelijke opgaven van vandaag en morgen. Toepassing van deze kennis van bodem en ondergrond in de huidige praktijk kan en moet beter. Het doel van dit project is om aan de hand van zes pilots inzicht te geven in benodigde data, hoe deze te ontsluiten en hoe te vertalen en toe te passen in de praktijk ten behoeve van de adaptatie en mitigatie opgaven. De pilots liggen in verschillende Nederlandse landschappen, spelen op het niveau van Omgevingsvisie, omgevingsplan, inrichting en beheer en onderhoud. Ze verbinden ontwerp- en strategiegerichte aanpakken aan uitvoerende en inrichtende ingenieurs interventies. Het UP beïnvloedt de onderzoek agendering van het NKWK/TKS.
- De Groene Agenda: Het PPS-programma De Groene agenda (zie [www.degroenestad.nl](http://degroenestad.nl)) heeft projecten waarin de bijdrage die groen levert aan welzijn en een gezonde leefomgeving (groen in en om woningen, bedrijven, scholen, ziekenhuizen, wijken en buurten) wordt onderzocht. Dit sinds 2015 lopende programma is een cross-over met missie D5. Relevante resultaten voor het thema klimaatbestendige stad zijn de gemaakte factsheets waarin de rol van groen in de woon-, werk, leer- en herstelomgeving wordt beschreven (<http://degroenestad.nl/factsheets/>). In het in 2018 afgeronde project Ecosysteemdiensten van bomen en groen in de stad zijn de baten van groen in de stad m.b.t. klimaat en waterhuishouding meer in detail beschreven in een set factsheets en een tabel die de bijdrage van ruim 100 boomsoorten hieraan samenvat (<https://ruimtelijkeadaptatie.nl/hulpmiddelen/factsheets-groen/>). In 2019 is het project Effectief groen voor klimaatadaptatie van start gegaan. Hierin worden de ecosysteemdiensten van groen in de stad m.b.t. klimaatadaptatie verder uitgewerkt waarbij de nadruk ligt op de implementatie in verschillende wijktypen.
- Citydeal Klimaatadaptatie: De City Deal Klimaatadaptatie wil een doorbraak in de aanpak van klimaatadaptatie in Nederlandse steden bereiken. City Deal is een samenwerkingsovereenkomst tussen inmiddels zeventien publieke partners en zeventien (semi)private samenwerkingspartners en de Rijksoverheid. De City Deal partners intensiveren hun onderlinge samenwerking in een open cultuur van leren, experimenteren en innoveren. Binnen deze vraagstukken wordt gewerkt in concrete projecten aan nieuwe vormen van *governance* & financieringsconstructies en nieuwe innovatieve oplossingen. In sommige projecten draait het vooral om het combineren van kennis en ervaringen, in andere om het samen experimenteren en het versnellen van vernieuwingen. Dit resulteert in voorbeeldprocessen en

projecten die daarmee voeding geven aan de internationalisering: klimaat adaptieve steden als exportproduct.

- Green deal groene daken: Het doel van de Green Deal Groene Daken is om nieuwe verdienmodellen rondom dakbegroeiing te ontwikkelen en zodoende de toepassing van groene daken op te schalen. In fase 1 van het programma (2014– 2015) ontwikkelden de partners verschillende verdienconcepten. Sinds 2016 is fase 2 van start: daarin staat het ontwikkelen en experimenteren in de praktijk centraal. In een zevental praktische sporen werken we aan kansrijke verdienmodellen rond groene daken. Dit Multi-stakeholderproces heeft in de eerste fase vruchten afgeworpen bestaande uit vijf concepten voor verdienmodellen en bijbehorende samenwerkingsverbanden:
 - A. Differentiatie belastingen: Samen verdienen door differentiatie van belastingbedragen zoals kortingen op belasting bij aanwezigheid van een groen dak (Waterschapsbelasting, OZB en Rioolheffing). Resultaat: een separaat onderzoek naar mogelijkheden en haalbaarheid.
 - B. Waterschade preventie en verzekeren: Samen verdienen door per gemeente een waterschadekaart te maken. Vanuit de verzekering zijn twee doelgroepen te onderscheiden, namelijk particulieren (vaststellen welke schade nu geclaimd wordt) en gemeenten (verzekerd vooraansprakelijkheid voor waterschade).
 - C. Gebouwlabele: Waarde voor water en biodiversiteit van groene daken aantoonbaar maken in gebouw labels. Eerste focus ligt op BREEAM (vastgoedontwikkelaars) en GPR-score (gemeenten, scholen). Focus op de bestaande en renovatiebouw. Daarnaast kijken of een apart waterlabel of klimaatlabel voor gebouwen haalbaar is. Resultaat: 2 rapporten over mate waarin biodiversiteit en waterretentie in BREEAM en GPR zijn verwerkt, en gesprek over de update van BREEAM.
 - D. Ecosysteemherstel: Kansen voor groene daken in kaart brengen, daken bundelen voor gebiedsgerichte aanpak en aantrekkelijk maken voor projectontwikkelaars en grotere investeerders. Verder ontwikkelen concept 'biodivers bouwen'.
 - E. Mindset: Bewustwording van voordelen van groene daken. Kennis hierover vergroten en verspreiden, o.a. via voorbeelden en een website. Resultaten: Een handleiding voor dakeigenaren van SBRCURnet en een website in wording door het Platform Duurzame Daken.
- PPS Richwaterworld: Een consortium van partijen heeft in de PPS Waterrijk/Richwaterworld kansen verkend voor het combineren van waterberging en retentie in een stedelijke randzone van Arnhem. Doel was het combineren van waterberging om Arnhem Zuid te beschermen tegen wateroverlast met kansen voor waterretentie ten behoeve van de fruitteelt in de Betuwe die steeds vaker te maken krijgt met watertekorten. De pilot Waterrijk heeft veel nieuwe inzichten opgeleverd over hoe met data en sensoren een anticiperend waterbeheersysteem kan worden opgezet.

Tabel 5.1. Overzicht belangrijkste onderzoeksprogramma's klimaatbestendig stedelijk gebied

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkeelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
NKWK Klimaatbestendige Stad				
NKWK onderzoeksprogramma voor klimaatbestendig inrichten van steden		Ontwikkeling ontwerptool klimaatbestendige stad en Klimaatschadeschatter en MKBA		
Uitvoeringsprogramma Bodem en Ondergrond				
Programma richt zich op duurzaam gebruik van de bodem		Ontwikkeling kennis over bodem en ondergrond in relatie tot klimaatadaptatie		
De Groene Agenda				
In De Groene Agenda ontwikkelen en testen kennis-instellingen en ondernemers innovatieve groenconcepten		Ontsluiten kennis over relatie groen, adaptatie, gezondheid, nieuwe verdienmodellen	Doel is dat ondernemers uit de sector hiermee nieuwe verdienmogelijkheden voor zichzelf kunnen creëren. Pilotprojecten relatie groen in de stad en gezondheid	
Citydeal Klimaatadaptatie				
		Kennisuitwisseling over governance en financieringsmodellen		
Green Deal Groene Daken				
		Ontwikkeling van kennis over nieuwe verdienmodellen voor dakbegroeiing		
PPS Waterrijk/Richwaterworld				
PPS gericht op slim watermanagement voor combi waterberging/retentie		Kennisontwikkeling anticiperend waterbeheer. Adaptief watermanagement mbt weersextremen (droogte versus wateroverlast)	Pilot ontwikkeling van innovatief concept voor het combineren van waterberging en waterretentie in stedelijke randzone	
Klimaatbufferprogramma/Building with Nature				
Programma's waarin kennis wordt ontwikkeld voor nature based oplossingen voor klimaatadaptatie		Kennisontwikkeling building with nature voor regionale wateren	Pilots voor het inzetten van natuur en natuurlijke oplossingen ten behoeve van klimaatadaptatie Pilot building with nature in stedelijke context	Groene stroken uitrollen in de stad om de hittestress te verminderen, water op te vangen en om de drinkwaterleidingen die eronder aangelegd worden koel te houden
TKI Watertechnologie – Sustainable cities				

Urban Water Cycle concept, innovatieve infrastructuur en slim assetmanagement pijlers voor de duurzame stad	Geavanceerde oxidatie met vacuüm UV <ul style="list-style-type: none"> Hoe kunnen we kleine polaire stoffen verwijderen? 	Aangroeibestendig leidingmateriaal ontwikkelen <ul style="list-style-type: none"> Aquathermie uit oppervlaktewater (TEO), drinkwater (TED) en afvalwater (TEA) ontwikkelen Deeltjes uit water scheiden zonder verstopping 	<ul style="list-style-type: none"> Klimaatadaptieve kunstgrasvelden Blauw-groene daken demonstreren Koelwater conditionering chemicalie-arm maken 	<ul style="list-style-type: none"> In situ grondwater saneren Bodemenergiesystemen implementeren Regenwater bufferen en zuiveren
TKI Watertechnologie – Smart water systems				
Geavanceerde sensor/ICT technologie en/of geïntegreerde technologieën	<ul style="list-style-type: none"> Patroonherkenning ontwikkelen t.b.v. leidingfalen Akoustische karakterisering PVC 	<ul style="list-style-type: none"> Embedded sensors in leidingen Glasfibertechnologie voor meting grondwaterstromen 	<ul style="list-style-type: none"> Autonome robot voor leidinginspectie Sensors in leidingnetten 	<ul style="list-style-type: none"> Slimme 'pigs' voor reiniging en inspectie Slimme watermeters Lekdetectie en localisatie

5.3 Kennis- en innovatieopgaven

Voor klimaatbestendig stedelijk gebied is er grote behoefte aan evidence based oplossingen om steden klimaatbestendig in te richten en de adaptatieopgaven te versnellen. De belangrijkste kennis- en innovatieopgaven zijn hieronder samengevat (in de bijlagen staat een uitgewerkte tabel per MMIP met kennis- en innovatieopgaven per TRL-niveau):

- Hoe adaptatie versnellen: Er ligt een grote opgave om steden klimaatbestendig in te richten. Naast technische vragen zijn er veel governance vragen omtrent het versneld implementeren en opschalen van bestaande technieken. Het creëren van awareness, testen van nieuwe innovaties en het vertalen van die nieuwe aanpak in standaarden is essentieel. Hoe burgers en bedrijfsleven betrekken en activeren?
- Systeemkennis (inclusief nature based en landscape based design): de klimaatbestendige stad bestaat uit een aantal met elkaar samenhangende deelsystemen. Het betreft het watersysteem, de bodem / ondergrond, en netwerken (riolering infrastructuur, ICT). Er bestaat interactie met de omgeving, zowel de ecologische, sociale als technische omgeving. Kennisontwikkeling is nodig over de samenhang tussen deze deelsystemen en de wijze waarop zij op elkaar inwerken". Systeemkennis betreft dan:
 - Fundamentele kennis over de kwetsbaarheden en de werking van bepalende systemen in de stad; kennis over de relaties en afhankelijkheden tussen deelsystemen in de stad;
 - Hoe kan landelijk gebied bijdragen aan de klimaatopgave stedelijk gebied en is hierbij een verdienmodel denkbaar voor ondernemers uit het landelijk gebied? Welke rol kan landbouw en natuur (vergroening) in de stad spelen? Welke rol speelt stad voor het platteland? Welke waarde voegen landbouw en natuur toe aan de stad (gezondheid, educatie, wateropslag en infiltratie, gezondheid. etc.)
 - Hoe kunnen groene stedelijke randzones bijdragen aan het opvangen van extreme neerslag en het verbeteren van het stadsklimaat?

-
- Hoe kunnen groene stedelijke randzones bijdragen aan het verminderen van bodemdaling en funderingsschade in veenweidegebied?
 - Hoe kunnen natte teelten in veenweidegebieden bijdragen aan het leveren van biobased bouwmaterialen?
 - Adaptatie strategieën voor verschillende stad, wijk, straat, gebouw typen. Hoe kunnen we bestrating en tuinen waterdoorlatend maken en welke rol speelt waterberging op gebouwen?
 - Kennis over de rol van bodem en ondergrond bij adaptatie strategieën
 - Kennis over het gebruik en het ontwerp van de stad
 - Kennis over het sluiten van de stedelijke waterkringloop
 - Welke tools data en modellen zijn van belang voor vergroening in het kader van klimaatadaptatie voor steden en omringend landelijk gebied.
- Meerwaarde van groen-blauw: Groen biedt veel kansen voor stedelijk gebied ten behoeve klimaatbestendigheid, hitte, biodiversiteit, gezondheid. Daarbij is het essentieel om beter in beeld te brengen welk type groen de grootste meerwaarde oplevert. Het optimaliseren van de rol van groen, biodiversiteit en (stad)landbouw bij het klimaatbestendig maken van stad en land. Groene zone rondom stedelijke gebieden biedt veel kansen voor adaptatie en multifunctioneel ruimte gebruik ten behoeve van de landbouw, recreatie en waterberging/retentie.
 - Hoe kan groen maximaal meerwaarde creëren en bijdragen aan zowel adaptatie als biodiversiteit en leefbaarheid?
 - Wat is kwaliteitsgroen/hoe kan klimaatadaptatie bijdragen aan het verbeteren van biodiversiteitsopgave
 - Welke rol kunnen stedelijk groen en stedelijke biodiversiteit spelen in het klimaatbestendig maken van steden en hebben deze ook positieve invloed op gezondheid en welzijn van inwoners?
 - Wat is klimaatbestendig groen (soorten die ook in ons toekomstig klimaat gedijen m.b.t. hitte, droogte en wateroverlast)?
 - Wat de risico's zijn van groen in de stad ten aanzien van ziektes, plagen, brand
 - Hoe kunnen groene parken in veengebieden zo worden ingericht dat de bodemverlaging een halt wordt toegeroepen?
 - Welke bijdrage kunnen stedelijk groen en groene randzones leveren aan de klimaatopgave (C-opslag; productie van biomassa voor biobased economy; hernieuwbare energie; bevorderen van zachte mobiliteit)
 - Natuurinclusief en geïntegreerd realiseren van een klimaatadaptatieve en koolstofarme verstedelijking. Klimaatadaptatie kan meegekoppeld worden met andere opgaven zoals de bouwopgave, vervanging van riolering of wegverharding. Die kansen mogen niet worden gemist. Toch blijkt in de praktijk dat dit nog steeds niet vanzelfsprekend is. Klimaatadaptatie kan meegekoppeld worden met andere opgaven zoals de bouwopgave, vervanging van riolering of wegverharding. Die kansen mogen niet worden gemist. Toch gebeurt dat nog zelden in de praktijk. Daaruit volgen de volgende opgaven:

-
- Hoe kan de bouwopgave gecombineerd worden met het bijdragen aan klimaatbestendigheid en kwaliteit van leefomgeving?
 - Hoe kan klimaatadaptatie meegekoppeld worden met de energietransitie en circulair bouwen?
 - Welke kansen liggen ervoor natuurinclusief bouwen?
 - Hoe kunnen we de business case voor natuurinclusief klimaatbestendig bouwen beter kwantificeren?
 - Hoe kun je natuurinclusief verdichten?
 - Welke barrières zijn er die bovengenoemde gewenste ontwikkelingen tegenhouden?
 - Hoe kunnen high tech materials worden toegepast ten behoeve van een waterrobuuste en klimaatbestendige stad, in combinatie met architectuur?
 - Welke mogelijkheden zijn er om groene daken te combineren met energie en waterbeheer op daken en hoe beïnvloeden ze elkaars effectiviteit?
- Handelingsperspectieven voor droogte en hitte in de stad: Naast wateroverlast blijkt dat er veel kennishiaten zijn ten aanzien van droogte en hitte in de stad. De droge zomer van 2018 heeft duidelijk aangetoond dat watertekort in stedelijk gebied kan leiden tot funderingsproblemen en disfunctioneren en sterfte van stedelijk groen. Dit probleem krijgt nog onvoldoende aandacht maar kan in de toekomst tot hoge kosten leiden in met name noord en west Nederland. Ook het hitteprobleem levert nog veel vragen. Voor beide is een integrale aanpak nodig waarbij het vergroenen een belangrijk rol speelt. Maar vergroenen van stedelijk gebied bij steeds warmere en drogere zomerperioden leidt ook tot een grotere watervraag ten behoeve van dat groen. Daar is nieuwe kennis voor nodig.
 - Hoe werkt de stedelijke waterbalans precies? Hoe groot is de evapotranspiratie, waterbergingscapaciteit en infiltratiesnelheid voor verschillende wijktypen?
 - Hoe groot is het waterverlies van een stad door verdamping?
 - Wat is het effect van grootschalig groen in de stad op de sponswerking (watervasthoudend vermogen) en verdamping?
 - Wat betekent dit voor de watervraag van de stad om het groen te irrigeren?
 - Welke kansen liggen er om de waterkringloop in de stad te sluiten? Waterhergebruik?
 - Financiële arrangementen

Er zijn nog veel financiële barrières voor het versneld klimaatrobuust maken van de stad. Daar liggen veel mogelijkheden om de adaptatieopgaven te versnellen

 - Hoe transformeert groen in de stad van een (beheers-)kostenpost in de beleving van relevante actoren in de stad naar een toegevoegde kwaliteit op het gebied van klimaatrobuustheid, gezondheid, etc.?
 - Wat is de kosteneffectiviteit van groene maatregelen t.o.v. grijze maatregelen als naar de hele life cycle wordt gekeken en de baten ook worden meegenomen?
 - Hoe draagt een groene stad bij aan een beter vestigingsklimaat voor bedrijven én verhoging van de vastgoedwaarde?
 - Wat zijn financieringsconstructies om grootschalig groen in te passen

- Hoe kunnen pensioenfondsen of hypotheekverstrekkers bijdragen aan de adaptatieopgaven?
- Hoe kunnen de baten die verzekeraars hebben met betrekking tot klimaatadaptatie onderdeel vormen van de financieringsconstructie?
- Welke kansen zijn er voor stadslandbouw in combinatie met adaptatie en levert dit nieuwe verdienmodellen?
- Hoe kunnen budgetten voor openbare ruimte, die bij verschillende afdelingen of organisaties zijn belegd worden ontschot ten behoeve van maximaal rendement?

5.4 Mogelijke consortia en financiering

Perspectief om deze via een publiek-private aanpak wel of juist niet op te pakken. In beeld brengen potentiële private partijen, bereidheid tot private financiering en mogelijk te vormen consortia (incl. mogelijke kennisinstellingen).

- Klimaatadaptatie in stedelijk gebied is voor een groot deel een publieke taak. Met name gemeentes maar ook waterschappen staan aan de lat om stedelijke gebieden klimaatrobust in te richten. Zij voeren zelf uit en bepalen de kaders voor ontwikkelaars en andere initiatiefnemers.
- Daarnaast zijn provincies belangrijke spelers omdat zij verantwoordelijk zijn voor het realiseren van het Nationaal Natuur Netwerk en de verbinding stad en landelijk gebied. Daar ligt een grote kans voor het verder ontwikkelen van natuurgebieden die klimaatrobust zijn en fungeren als klimaatbuffer voor de overgang van stad naar landelijk gebied.
- Ontwikkelende partijen worden in elke gemeente geconfronteerd met andere kaders. Voorlopers creëren hun eigen kaders. Er is meer ruimte voor innovatieve aanbesteding nodig voor doorontwikkeling duurzame, klimaatbestendige concepten
- Tuinbouwsector is een belangrijke leverancier van bomen en beplanting die steden nodig hebben om te vergroenen. Het is voor die sector van belang om inzicht te hebben in kwaliteitsgroen en groen dat toekomstbestendig is en de komende 50 jaar kan meegaan bij een veranderend klimaat. Ook de verschuiving van pollenseizoenen en andere gezondheidseffecten die optreden als gevolg van klimaatverandering en het
- Tuincentra zijn belangrijke spelers omdat ruim 60% van stedelijk gebied in privé bezit is. Private tuinen kunnen in belangrijke mate bijdragen aan klimaatadaptatie en biodiversiteit. Tuincentra spelen hierin een belangrijke rol. Het aanbieden van de juiste planten en het stimuleren van groene watervriendelijke tuinen kan veel impact hebben.
- Landschapsarchitecten en stedenbouwkundigen zijn belangrijke spelers omdat zij onze steden ontwerpen. Hoewel klimaatadaptatie bij die sector hoog op de agenda staat is er niet altijd voldoende kennis aanwezig over water en groen.
- Bouwsector: Er ligt een enorme woningbouwopgave in NL (1.000.000 nieuwbouwwoningen in 2030) die snel uitgevoerd moet worden. Hierbij mogen geen kansen worden gemist om dit klimaatbestendig en natuurinclusief aan te pakken. Er is snel kennis nodig om de bouwsector hierin te ondersteunen.
- Woningcorporaties bezitten veel vastgoed dat nu op grote schaal wordt verduurzaamd. Het meekoppelen van adaptatiemaatregelen en vergroening biedt kansen om hele woningblokken en

wijken leefbaarder en klimaatbestendig te maken. Ook kunnen corporaties een rol spelen om hun huurders te helpen bij het vergroenen van de tuinen

- Verzekeraars hebben groot belang bij klimaatadaptatieve maatregelen in stedelijk gebied en zijn in toenemende mate geïnteresseerd in de waarde van groen in de stad ten behoeve van het voorkomen van wateroverlast, maar ook de bijdrage aan gezondheid.
- Pensioenfondsen/investeerders kunnen voorzien in nieuwe verdienmodellen door bij hypotheek beter de waarde van groen in de naburige omgeving of wijk te betrekken en daarmee mogelijkheden bieden om wijken grootschalig te vergroenen.
- Bedrijven(terreinen): Bedrijventerreinen zijn kwetsbaar voor klimaatimpact met name ten aanzien van wateroverlast en hitte. Het vergroenen van bedrijventerreinen biedt veel kansen om deze gebieden veerkrachtiger en aantrekkelijker te maken.
- Coalitie Natuurlijke Klimaatbuffers en Ecoshape kunnen samen met kennisinstellingen en lokale overheden verdergaande onderzoekspilots opzetten voor het inzetten van natuur als buffer voor klimaatextremen en het versterken van de biodiversiteit in steden en peri-urbane gebieden.
- De volgende kennisinstellingen zijn volop met dit onderwerp bezig: Wageningen University & Research, Deltares, KWR, TNO, TU Delft, Hogeschool van Amsterdam.

5.5 Programmeringsadvies

Voor de korte termijn (1-2 jaar):

- **Ontwikkeling stedelijke adaptatie versnellen:** Om steden waterrobuust en klimaatbestendig in te richten is onderzoek nodig naar technische oplossingen, governance, het creëren van awareness, testen van nieuwe innovaties en ontwikkelen van nieuwe standaarden. Monitoring en evaluatie is erg belangrijk. Er worden veel pilots uitgevoerd maar er wordt vooralsnog onvoldoende geïnvesteerd in het monitoren van effectiviteit van en meerwaarde van groen-blauwe maatregelen. Kennis over kosteneffectiviteit en baten van groen-blauwe maatregelen is essentieel voor versnelde opschaling. Kennisdeling van pilotprojecten en versnelde opschaling is noodzakelijk om steden in 2050 klimaatbestendig te maken. De rol van de burger en de inzet van citizen science hierbij moet verder worden verkend.
- **Ontwikkeling systeemkennis:** Kennisontwikkeling over de waterrobuuste en klimaatbestendige stad. Wat verstaan we onder waterrobuust en klimaatbestendig? Hoe hangen deelsystemen met elkaar samen: het watersysteem, de bodem/ondergrond, en netwerken (riolering, infrastructuur, ICT), interactie met de omgeving (ecologisch, sociaal en technisch). Hoe kan de stedelijke waterkringloop circulair gemaakt worden?
- **Meerwaarde van groen en water:** Het optimaliseren van de rol van groen en water met betrekking tot het verbeteren van de leefbaarheid, gezondheid, biodiversiteit en multifunctioneel ruimtegebruik zoals (stads)landbouw en recreatie bij het klimaatbestendig maken van stedelijk gebied en groene zone in peri-urbaan gebied. Daarbij is het eveneens van belang om beter inzicht te krijgen in toekomst- en klimaatbestendig groen én de potentiële (gezondheids)risico's van groen-blauwe infrastructuur (zoals eikenprocessierups, teken, tijgermuggen etc.).
- **Natuurinclusief en integraal realiseren van een klimaatbestendige verstedelijking.** Meekoppelen klimaatbestendigheid en waterrobuustheid met andere opgaven in de stedelijke omgeving (onder andere bouwopgave, vervanging van riolering of wegverharding).

Langere termijn (5 jaar):

- **Droogte en hittestress kennishiaten invullen.** Kennisontwikkeling over gevolgen van watertekort en hittestress in stedelijk gebied (onder andere funderingsproblemen, waterkwaliteitsproblemen, disfunctioneren of sterfte van stedelijk groen) en innovatieve integrale oplossingen/aanpak, zonder dat dit leidt tot een grotere watervraag.
- **Onderzoeken financiële mogelijkheden stedelijke adaptatie.** Kennisontwikkeling en samenwerking met financiële sector om financiële barrières voor het versneld waterrobuust en klimaatbestendig maken van de stad in kaart te brengen en aan te pakken.

Bijlage 1 Kennis- en innovatieopgaven per MMIP

Kennis-en innovatieopgaven MMIP Klimaatbestendig Landelijk Gebied

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Klimaatadaptieve systeemkennis bodem – water - atmosfeer				
	<ul style="list-style-type: none"> • Kennisontwikkeling van grondwatersysteem m.b.t. zoetwatervoorraden (voorraad, aanvulling, verdamping, onttrekking, bodemvocht etc.) • Data en informatievoorziening. Actuele toestand grondwater en watervoorziening, prognoses, welke indicatoren • Kennisontwikkeling m.b.t. de invloed van natuur en verhogen van de biodiversiteit op de leefbaarheid in het stedelijk gebied 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling anticiperend waterbeheer op basis van weerprognoses en seizoenale voorspellingen • Inzet remote sensing voor bepalen bodemvocht en verdamping • Hoe kunnen opgaven voor klimaatadaptatie- en mitigatie (koolstofvastlegging) optimaal gecombineerd worden? 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstratieprojecten klimaatrobuuste regio's 	
Deelprogramma 2: Vergroten regionale zelfvoorzienendheid				
Hoog en droog (Hoge zand-gronden)	<ul style="list-style-type: none"> • Kennisontwikkeling naar effecten van grondwater-onttrekkingen en berekening op natuur, watersystemen en landbouw in droge perioden 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van methoden om het gebiedseigen water langer vast te houden en efficiënter benutten • Ontwikkeling van concepten voor beter matchen van vraag en aanbod van water in tijd en plaats • Grondwater beter in balans (onttrekking, verdamping, natuurlijke aanvulling, actief infiltratie verschillende waterbronnen (regenwater, oppervlaktewater, gezuiverd RWZI) 		
Zoet en zout (Laag Nederland, kust)	<ul style="list-style-type: none"> • Effecten van zeespiegelstijging op de verzilting in kustgebieden (grondwater en oppervlaktewater) 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimalisatie van concepten voor opvang en berging (waterbuffer) van zoetwater in een verziltende omgeving • Ontwikkeling van brakwaterwinning als zoetwaterbron (ontzilting) en oplossingen voor brijnstromen • Adaptief waterbeheer (zoet/zout differentiatie, brakwaternatuur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pilots COASTAR, Texel 	<ul style="list-style-type: none"> • Opschalen COASTAR pilots (inter)nationaal

		<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling stofspecifieke ontziltstechnologieën en sensoren • Ontwikkeling nieuwe zouttolerante gewassen en verdienmodellen • Synergie met maatregelen op (deel)stroomgebiedsniveau 	<ul style="list-style-type: none"> • Zilte teelten (proefboerderij) 	
Water circulair (hergebruik restwater)	<ul style="list-style-type: none"> • Risico's voor humane gezondheid (chemisch en microbiologisch) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van concepten voor hergebruik van restwaterstromen uit industrie, land- en tuinbouw, RWZI • Ontwikkeling van zuiveringstechnologieën, meet- en regeltechniek (technologische en nature based solutions) voor restwaterstromen • Bescherming drinkwaterbronnen bij gebruikt restwaterstromen (chemisch, microbiel) • Waterfootprint verminderen (land- en tuinbouw, industrie, drinkwater) 	<ul style="list-style-type: none"> • Waterfabriek • Pilots Lumbricus • Nationale proeftuin precisielandbouw 	
Deelprogramma 3: Landgebruik op basis van water- en bodemgeschiktheid				
Analyse en transitiepaden	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van transitiepaden naar een klimaatbestendige inrichting van het landelijk gebied • Hoe kan landgebruik afgestemd worden op klimaatverandering? • Onderzoek naar impact verstedelijking op waterhuishouding (stad-ommeland-landelijk) en klimaatbuffers 	<ul style="list-style-type: none"> • Waar kan de land- en tuinbouw het best verduurzamen (met oog op bodemgesteldheid, mogelijkheden voor bodemverbetering, waterkwaliteit, waterbeschikbaarheid en agrarische hoofdstructuur?) • Wat zijn de kosten, baten en effectiviteit van klimaatadaptieve maatregelen? 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstreren van meerdere vormen van landgebruik in regionale proeftuinen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kennisverspreiding, Opschalen samen met stakeholders (burgerparticipatie)
Vernatten veenweide	<ul style="list-style-type: none"> • Specifiek onderzoek naar veenweide problematiek (extreem weer, bodemdaling, verzilting..) • Wat zijn de effecten van bodemdaling op infrastructuur (leidingen, kunstwerken, funderingen, etc. ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Welke natte teelten zijn mogelijk in toekomstig veenweide gebied?MMIP2 • Wat zijn nieuwe verdienmodellen in veenweidegebied?MMIP2 • Hoe kan bodemdaling worden tegengegaan? • Wat zijn de effecten van vernatting op waterbalansen en de regionale watervraag? 	<ul style="list-style-type: none"> • Pilots onderwaterdrainage (Zegveld, Lumbricus) • Veenweide-innovatiecentrum (VIC) 	
Natuur als buffer voor klimaatextremen	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kunnen we landbouw en natuur beter met elkaar verbinden? Hoe innovatieve voedsel-/ 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kunnen natuur en wateropgaven meekoppelen met economische ontwikkeling? Hoe komen we tot een natuurinclusieve 	<ul style="list-style-type: none"> • Concepten klimaatbuffers testen tbv waterberging, waterretentie, koolstofopslag 	

	<p>grondstoffen productie in samenhang met meer ruimte voor natuur, watersystemen, schone lucht, schone bodem + landschap, recreatie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wat is de potentiële bijdrage van het landelijk gebied aan het voorkomen van wateroverlast, watertekort en bodemdaling? • Hoe kan de (aquatische) natuur meer bijdragen aan het vastleggen van koolstof en aan het waterbeheer? 	<p>landbouw en stedelijke ontwikkeling?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoe moeten corridors tussen landelijk gebied, natuur en bebouwd gebied eruit zien? • Hoe maken we het werken met natuurlijke processen (nature based solutions, klimaatbuffers) 'mainstream' in de gebieden waar stad, landbouw, water en natuur elkaar tegenkomen? • Wat zijn nieuwe financieringsarrangementen voor natuur als klimaatbuffer, ecosysteemdiensten/natuurlijk kapitaal en de afhankelijkheid van gebiedsvreemd water voor natuur verminderen? • Een systeembenadering kan overkomen als een technocratische, kennisgedreven benadering. Hoe past dit binnen de voorgestane werkwijze van de omgevingswet? 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimale combinatie mitigatie én adaptatie testen • Coalitie Klimaatbuffers • Regiodeal Natuur-inclusieve landbouw 	
<i>Deelprogramma 4: Omgaan met (extreme) droogte</i>				
Impact van droogte op sectoren/watergebruikers		<ul style="list-style-type: none"> • Wat voor effect heeft een risicobenadering voor droogte op het vigerende beleid? Wat is de impact van droogte op gebruiksfuncties? 	<ul style="list-style-type: none"> • Proeftuin DIGISHAPE, Use case Droogte 	
Operationeel waterbeheer tijdens (extreme) droogte	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kunnen droogtevoorspellingen worden verbeterd? Wat zijn de gevolgen van coïncidentie? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kunnen voor het beleid bruikbare dashboards worden ontwikkeld voor actuele besluitvorming? • Hoe kan de databeschikbaarheid op verschillende schaalniveaus worden verbeterd? Wat kunnen (nieuwe) ICT, big data en aardobservatie betekenen voor het waterbeheer? • Welke (nieuwe) handelingsperspectieven zijn er in het (hoofd)watersysteem (buffering, waterverdeling)? 		

Kennis- en innovatieopgaven MMIP Klimaatadaptieve Voedselsystemen

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkeelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Veredelen van stresstolerante, klimaatbestendige gewassen geschikt voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming				
Veredelen van stresstolerante gewassen, die geschikt zijn voor extreme droogte en verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming	<ul style="list-style-type: none"> • Identificeren van planteigenschappen die planten in staat stellen: om perioden van droogte en verzilting te doorstaan. beter om te gaan met ziekten en plagen druk (resistentie) 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificeren van QTL's voor genoemde eigenschappen in cultuurgewassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Aantonen dat het mogelijk is om op basis van genoemde QTL's droogte- of zouttolerante gewassen te ontwikkelen, en om gewassen te ontwikkelen die toleranter zijn voor ziekten en plagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Toepassing van de ontwikkelde kennis door veredelingsbedrijven
Deelprogramma 2: Klimaatgerelateerde teeltadviezen				
Teeltadviezen	<ul style="list-style-type: none"> • Inventarisatie van klimaatfactoren die ziekten- en plagendruk bepalen 	<ul style="list-style-type: none"> • Voor relevante ziekte en plagen een model-instrumentarium ontwikkelen waarmee de risico's op schade kunnen worden ingeschat • Opzetten van een monitoringsysteem om het risicomodel te verfijnen 	<ul style="list-style-type: none"> • Opzetten van systemen voor vroegtijdige waarschuwing voor het seizoen en in het seizoen 	<ul style="list-style-type: none"> • Risicowaarschuwingen en teeltadviezen naar ondernemers via (digitale) communicatiekanalen
	<ul style="list-style-type: none"> • Inzet precisietechnologie bij irrigatie (precisielandbouw) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van close en remote sensing in combinatie met gewas groeimodellen om irrigatie management te sturen 	<ul style="list-style-type: none"> • Testen van monitoring en modelleren in het veld 	<ul style="list-style-type: none"> • Watermanagementadviezen naar ondernemers (bijv. als onderdeel van akkerweb)
Deelprogramma 3: Invloed klimaatverandering en adaptatie veeveelt				
Dier	<ul style="list-style-type: none"> • Invloed van klimaatverandering op grondstofstromen voor veevoer (rund, varken, kippen) 	<ul style="list-style-type: none"> • De veranderingen van de mondiale beschikbaarheid van grondstoffen voor veevoer in kaart brengen via de combinatie van opbrengst- en marktmodellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Strategievorming om schokken in aanvoer en prijs van veevoer op te kunnen vangen 	<ul style="list-style-type: none"> • Operationeel advies voor aanvoer veevoer
Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoeken welk genetische relevante variatie beschikbaar is 	<ul style="list-style-type: none"> • Aantonen waar genetische variatie nog aanwezig is en introductie programma ontwikkelen, zonder inteeltrisico 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Diergezondheid en dierenwelzijn zijn belangrijke randvoorwaarden voor een duurzame productie 	<ul style="list-style-type: none"> • Inzicht in de relatie temperatuur en luchtkwaliteit in stallen voor dierenwelzijn • Inventarisatie van intensiteit van bestaande en opkomende nieuwe dierziekten in relatie tot klimaat en omgeving 	<ul style="list-style-type: none"> • Klimaatcontrole in stallen, voorschriften voor nieuwbouw gericht op dierenwelzijn en emissies • Risico's van ziekten voor verschillende dieren in kaart gebracht en opzetten van een monitorings-systeem 	<ul style="list-style-type: none"> • Advies over verbetering in klimaatcontrole stallen • Early warning systemen die de sector en maatschappij kunnen waarschuwen

Deelprogramma 4: Adaptatie akkerbouw en glastuinbouw				
Aanpassing op bedrijf en in de sector	<ul style="list-style-type: none"> Landbouw- en tuinbouw-systemen zijn klimaatgevoelig. Hoe kunnen investeringen in het bedrijf ook bij toekomstige veranderingen in klimaat (inclusief extremen)renderen (sectoren: bomen, bollen, fruit, akkerbouw en beschermde teelten) 	<ul style="list-style-type: none"> Ontwikkelen van een klimaatstresstest: zijn investeringen/plannen klimaatbestendig? 	<ul style="list-style-type: none"> Landbouwsysteem en regio-specifieke kwetsbaarheden in kaart brengen met boeren 	<ul style="list-style-type: none"> Bedrijf- en sectorspecifieke adaptatiestrategieën
		<ul style="list-style-type: none"> Met boeren in kaart brengen van technische opties en barrières bij het omgaan met extremen: hagelnetten, sprinklers (vorst en droogte, brede ruggen id aardappel bij hitte) 	<ul style="list-style-type: none"> Veld demonstraties van de technische opties Oplossingen voor juridische en sociaal economische barrières 	
	<ul style="list-style-type: none"> Sterkere kasconstructies: storm en hagel 			<ul style="list-style-type: none"> Nieuwe kasconstructies
Landbouwsector en ketens	<ul style="list-style-type: none"> Verschuiving in competitiekracht van teelten en regio's in de EU 	<ul style="list-style-type: none"> Opbrengst- en markt-modellen Ruimtelijke risico-spreiding 	<ul style="list-style-type: none"> Identificatie van regio's die competitief blijven in een veranderend klimaat 	<ul style="list-style-type: none"> Regionale strategieën gericht op de landbouw (versterken of veranderen)
	<ul style="list-style-type: none"> Verschuiving in sourcing op internationaal niveau 	<ul style="list-style-type: none"> Ketens: koffie, cacao 	<ul style="list-style-type: none"> Kartering van klimaat risico's in sourcing gebieden (koffie en cacao) 	<ul style="list-style-type: none"> Strategie omgaan met veranderingen in sourcing in de context van maatschappelijk verantwoord ondernemen
Deelprogramma 5: Financiële mechanismen				
Financiële mechanismen	<ul style="list-style-type: none"> Wat zijn effectieve financiële mechanismen voor het klimaatrobuust maken van voedselsystemen 	<ul style="list-style-type: none"> Rol van investerings- en verzekeringsmechanisme Hoe financiën in te zetten op het leveren van maatschappelijke diensten t.b.v. de klimaatopgave 	<ul style="list-style-type: none"> Op basis van verschuiving in competitiekracht van teelten en regio's in de EU bepalen welke investeringen er nodig zijn om de nodige transitie in te zetten (landbouw versterken of veranderen van de landbouw bijv. naar landschap en natuur) 	
Deelprogramma 6: Consumentengedrag				
Consumenten-gedrag	<ul style="list-style-type: none"> Verschuivingen in consumentengedrag door weer en klimaat 	<ul style="list-style-type: none"> Fluctuaties in voedselkeuze Houdbaarheid en voedselveiligheid 	<ul style="list-style-type: none"> Studie (EU) naar mogelijke gevolgen van klimaatverandering op de vraag naar zuivel (bijv. verschuiving naar mediterrane dieet) 	<ul style="list-style-type: none"> Nieuwe markten en producten
	<ul style="list-style-type: none"> Kiezen voor klimaat, vermarkten van duurzame keuzes 	<ul style="list-style-type: none"> Bijdrage aan mitigatie en duurzaamheid 	<ul style="list-style-type: none"> Preferentie voor regionale productie en preferentie duurzame producten door bewustwording bijdrage aan klimaatverandering 	<ul style="list-style-type: none"> Bewustwording bij consumenten

Kennis- en innovatieopgaven Klimaatbestendig Stedelijk Gebied

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Het versnellen van de adaptatie-opgave in stedelijk gebied (governance)				
Hoe stedelijke adaptatie versnellen?	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe krijg je partijen (burgers, overheid, bedrijfsleven) in beweging? • Multifunctionele aanpak van adaptatie, mitigatie, circulair, biodiversiteit, gezondheid? • Wat levert klimaatadaptatie op? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe creëren we awareness voor adaptatie maatregelen? • Ontwikkeling van een sturingsinstrumentarium (beleid, wet- en regelgeving, bouwbesluiten etc) • Inzicht in vermeden schade m.b.t. klimaatadaptatie • Wat zijn nieuwe verdienmodellen, subsidie, beloning, stimulering? • Hoe kunnen we effectief meekoppelen/ combineren met andere opgaven (integraliteit)? • Hoe transformeert groen in de stad van een (beheers)kostenpost in de beleving van relevante actoren in de stad naar een toegevoegde kwaliteit op het gebied van klimaatrobustheid, gezondheid, etc.? • Wat is de kosteneffectiviteit van groene maatregelen t.o.v. grijze maatregelen als naar de hele life cycle en alle relevante aspecten wordt gekeken en de baten ook worden meegenomen? 	<ul style="list-style-type: none"> • Rol burger: Hoe particulieren motiveren/stimuleren om met adaptatie aan de slag te gaan? • Hoe motiveren we bedrijventerreinen om te vergroenen? • Hoe draagt een groene stad bij aan een beter vestigingsklimaat voor bedrijven én verhoging van de vastgoedwaarde? • Wat zijn financieringsconstructies om grootschalig groen in te passen • Hoe kunnen pensioenfondsen of hypotheekverstrekkers bijdragen aan de adaptatieopgaven? • Hoe kunnen de baten die verzekeraars hebben m.b.t. klimaatadaptatie onderdeel vormen van de financieringsconstructie? • Hoe kunnen budgetten voor openbare ruimte, die bij verschillende afdelingen of organisaties zijn belegd kunnen worden ontschot ten behoeve van maximaal rendement? 	<ul style="list-style-type: none"> • Living Lab benadering waarbij overheid, bedrijfsleven, kennisinstellingen en lokale stakeholders samenwerken • Hoe living labs opschalen • Vertalen van nieuwe/innovatieve oplossingen naar standaarden en richtlijnen
Deelprogramma 2: Systeemaanpak en sluiten stedelijke waterkringloop				
Systeemaanpak	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentele kennis over de kwetsbaarheden en de werking van bepalende systemen in de stad • Kennis over de relaties en afhankelijkheden tussen deelsystemen in de stad • Kennis over het gebruik en het ontwerp van de stad 	<ul style="list-style-type: none"> • Kennis over de verbinding stad en landelijk gebied; hoe kan het landelijk gebied (peri-urbaan)) bijdragen aan klimaatadaptatie? • Kennis over de rol van bodem en ondergrond bij adaptatie strategieën • Hoe kunnen groene stedelijke randzones bijdragen aan het verminderen van 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptatiestrategieën voor verschillende stad, wijk, straat, gebouw typen • Adaptatiestrategieën op basis van institutionele setting, sociale en organisatorische setting? • Hoe kunnen natte teelten in veenweide gebieden bijdragen aan het leveren van biobased bouwmaterialen? 	

		bodemdaling en funderingsschade in veenweidegebied?	<ul style="list-style-type: none"> • Welke kansen zijn er voor stadslandbouw in combinatie met adaptatie en levert dit nieuwe verdienmodellen? 	
Sluiten stedelijke waterkringloop	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe gezondheidsrisico's te vermijden 	<ul style="list-style-type: none"> • Samenhangende analyse van de waterkringloop in de stad (regenwater, afkoppelen, drinkwater, afvalwater, grondwater etc.) • Matchen wateroverschot en tekort door o.a. het bufferen van water, decentrale watervoorziening, slimme riolen, smart grids water etc. • Ontwikkelen van actief grondwaterbeheer in de stad om schade aan infra en gebouwen te voorkomen • Ontwikkeling van: <ul style="list-style-type: none"> -nieuwe (decentrale) zuiveringsconcepten (grijs/zwart water, aquafarm); - terugwinnen en hergebruik van grondstoffen, energie en water in de stad 	<ul style="list-style-type: none"> • Testen concepten waterberging in stedelijke randzones • Toepassen circulaire waterketen in de stad (incl. Urban Waterbuffer concept) en monitoren • Pilots grondstoffen-, energie en waterfabriek • Toolbox circulair water voor architecten • Real-time control riolering (project Groningen) • Innovatieve nieuwbouwprojecten (heerhugowaard (Stad van de Zon, Haarlemmermeer (Park 21), Amsterdam (Buiksloterham). Heerlen (SuperLocal) 	<ul style="list-style-type: none"> • Full scale toepassingen
Robuuste inrichting van de (water) infrastructuur (ondergrond/ bovengrond) Informatica		<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van tools voor optimaal design infrastructuur • Ontwikkeling monitoring en sensing van leidingen (robotica) • Big data analyse/apps voor sensoren en slimme systemen 	<ul style="list-style-type: none"> • Living labs op verschillende schaalniveaus 	
Deelprogramma 3: Meerwaarde van groen en blauw / Greening the city				
Meerwaarde van groen en blauw	<ul style="list-style-type: none"> • Welke bijdrage kan stedelijk groen en groene randzones leveren aan de klimaatopgave (C-opslag; productie van biomassa voor biobased economy; hernieuwbare energie; bevorderen van zachte mobiliteit) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe effectief is het vergroenen van de stad mbt wateroverlast, hitte, droogte? • Wat is klimaatbestendig groen (soorten die ook in ons toekomstig klimaat gedijen m.b.t. hitte, droogte en wateroverlast)? • Wat de risico's zijn van groen in de stad ten aanzien van ziektes, plagen, brand • Ontwikkeling van blauw/groene structuur, vertical farming evt. in 	<ul style="list-style-type: none"> • Wat is kwaliteitsgroen/ hoe kan klimaatadaptatie bijdragen aan het verbeteren van biodiversiteitsopgave • Wat zijn ontwerprichtlijnen voor nature based/ groene maatregelen t.b.v. hitte, droogte en wateroverlast? • Hoe vergroenen en waterrobuust kan bijdragen aan biodiversiteit, leefbaarheid, vestigingsklimaat, gezondheid? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kunnen groene daken maximaal worden ingezet voor regenwaterbuffering? • Vergroenen en waterrobuust particuliere tuinen • Welke bijdrage kunnen stedelijke randzones leveren aan klimaatopgave?

		<p>combinatie met (zon)energie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Op welke wijze kan groen in gebouwen, groen op en aan gebouwen (dak- en gevelgroen) en groen op straat, buurt- en wijkniveau optimaal bijdragen? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe groen maximaal meerwaarde creëren en bijdragen aan zowel adaptatie als biodiversiteit en leefbaarheid? • Hoe kunnen groene parken in veengebieden zo worden ingericht dat de bodemdaling een halt wordt toegeroepen? 	
Veredelen van siergewassen, perkplanten en bomen voor een gezonde en groene leefomgeving	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoeken welke planteigenschappen bijdragen aan een gezond klimaat (wegvangen fijnstof en schadelijke stoffen, verkoelen van stedelijk gebied) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkelen van tools om genetische en fenotypische variatie te creëren 	<ul style="list-style-type: none"> • Aantonen dat nieuw ontwikkelde rassen een positieve bijdrage leveren aan gezonde en groene leefomgeving 	<ul style="list-style-type: none"> • Op de markt brengen van nieuwe rassen
Deelprogramma 4: Natuurinclusieve, waterrobuuste en klimaatbestendige verstedelijking				
Natuurinclusieve, waterrobuuste en klimaat-adaptatieve verstedelijking	<ul style="list-style-type: none"> • Welke kansen liggen er voor natuurinclusief bouwen • Hoe effectief koppelen van klimaatadaptatie en energietransitie 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kan de bouwopgave gecombineerd worden met het bijdragen aan klimaatbestendigheid en kwaliteit van leefomgeving • Welke kansen en belemmeringen liggen er voor natuurinclusief bouwen? • Hoe kan klimaatadaptatie meekoppelen met andere opgaven (infra, riolering, woningbouw)? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe optimaal natuurinclusief verdichten? • Wat zijn financiële barrières en prikkels? • Technologieontwikkeling gericht op integratie van Water en Energie in de stad • Ontwikkeling van de ondergrond voor (hoge) temperatuuropslag, riothermie, aquathermie en wat zijn de risico's 	<ul style="list-style-type: none"> • Pilots natuurinclusief bouwen • Waterrobuust bouwen, hitte robuust bouwen?
Deelprogramma 5: Handelingsperspectieven voor droogte en hitte in de stad				
Droogte en hitte	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkelen kennis over werking stedelijke waterbalans? • Wat betekent dit voor de watervraag van de stad om het groen te irrigeren? • Wat zijn de gevolgen van langdurige droogte voor stedelijke gebieden? 	<ul style="list-style-type: none"> • Wat zijn effectieve maatregelen om schade door droogte te voorkomen? • Hoe groot is het waterverlies van een stad door verdamping? • Hoe effectief is groen voor het reduceren van hittestress, wat zijn ontwerprichtlijnen? • Hoe kan de groene ruimte beter worden benut om het watervasthoudend vermogen te vergroten zodat er meer water is om droge periodes door te komen? • Welke kansen liggen er om de waterkringloop in de stad te sluiten en waterhergebruik te stimuleren? 	<ul style="list-style-type: none"> • Meetopstellingen in stedelijk gebied t.b.v. stedelijke waterbalans • Meetopstellingen in stad t.b.v. hitteproblematiek 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van ontwerprichtlijnen voor droogte en hittebestendig bouwen
Deelprogramma 6: Water en energie				
		<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van integrale water-energie 		

		concepten in de stad (aquathermie, riothermie, WKO, HTO)		
--	--	--	--	--



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

