

29 september 2023

Het belang van het verkennen van extreme klimaatscenario's en diepe adaptatie voor de drinkwatersector

Dr. Peter van Thienen

Principal scientist - hydroinformatics

KWR Water Research Institute, Postbus 1072, 3430 BB Nieuwegein

KWR

Bridging Science to Practice





Special Edition

THE GOOD NEWS



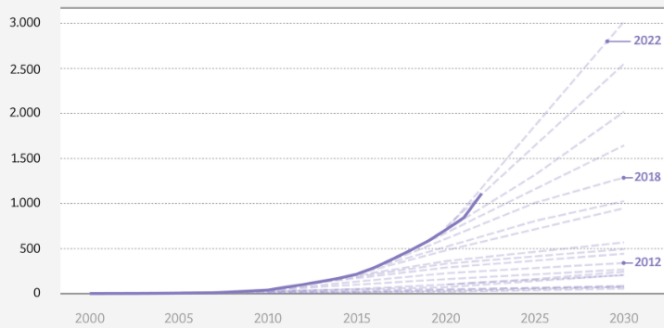
Zelfs optimisten zijn te pessimistisch:
schone energie wordt spotgoedkoop

De uitrol van zonne-energie wordt systematisch onderschat

Wereldwijd geïnstalleerd en voorspeld vermogen in gigawatt

■ Geïnstalleerd ■ Voorspeld vermogen volgens IEA-modellen (2003-2022) bij huidige beleid

Geïnstalleerd vermogen in gigawatt



Bron: IEA World Energy Outlook (2002-2020)

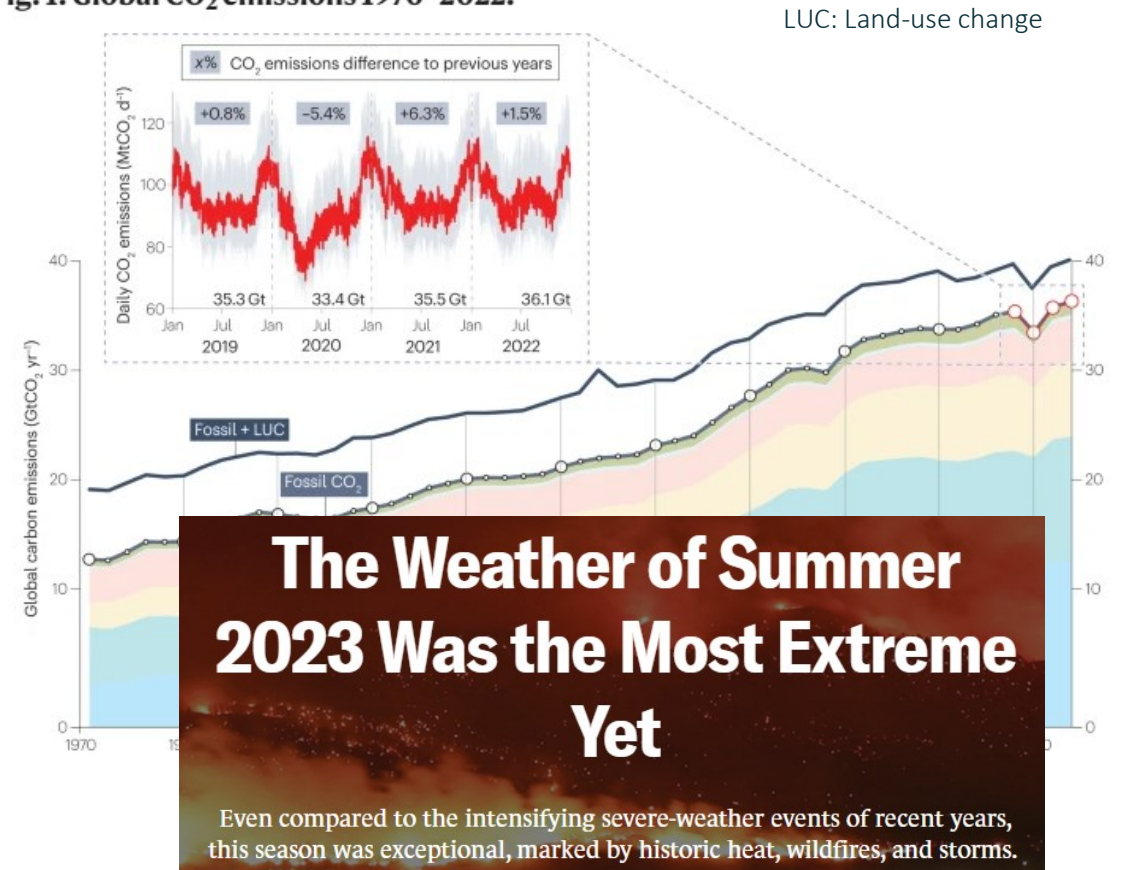


Correspondent
Economie
Jesse FREDERIK +

Special Edition

THE BAD NEWS

Fig. 1: Global CO₂ emissions 1970–2022.

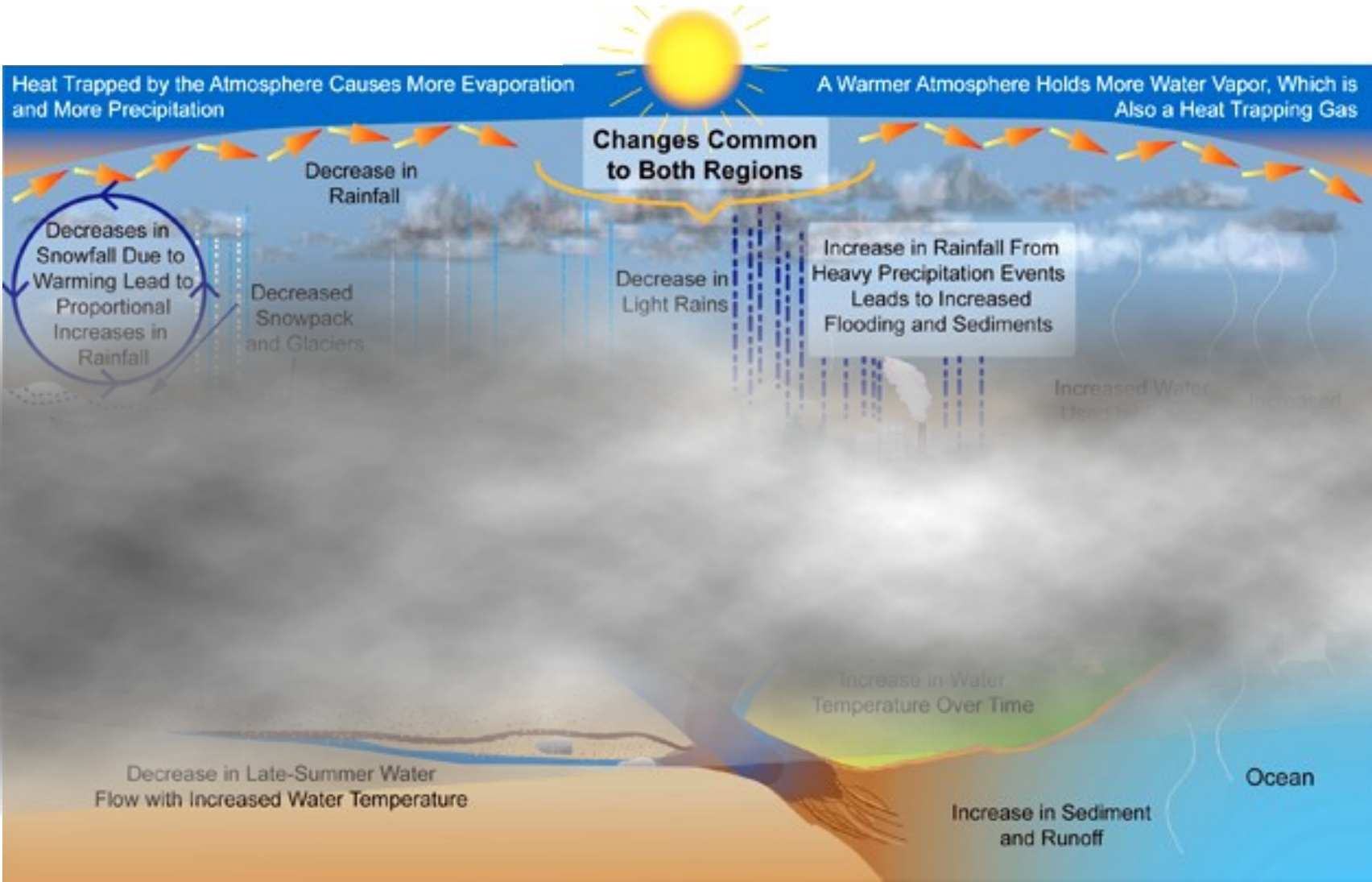




Hoe staan we erin?

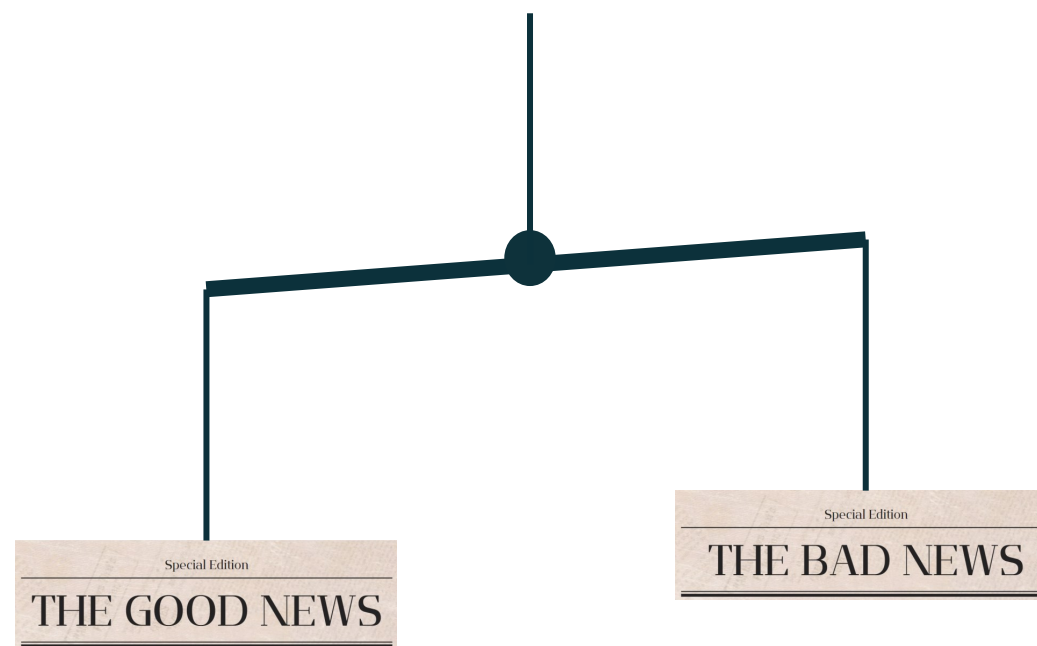


<https://www.menti.com/alcgo6is9yjd>



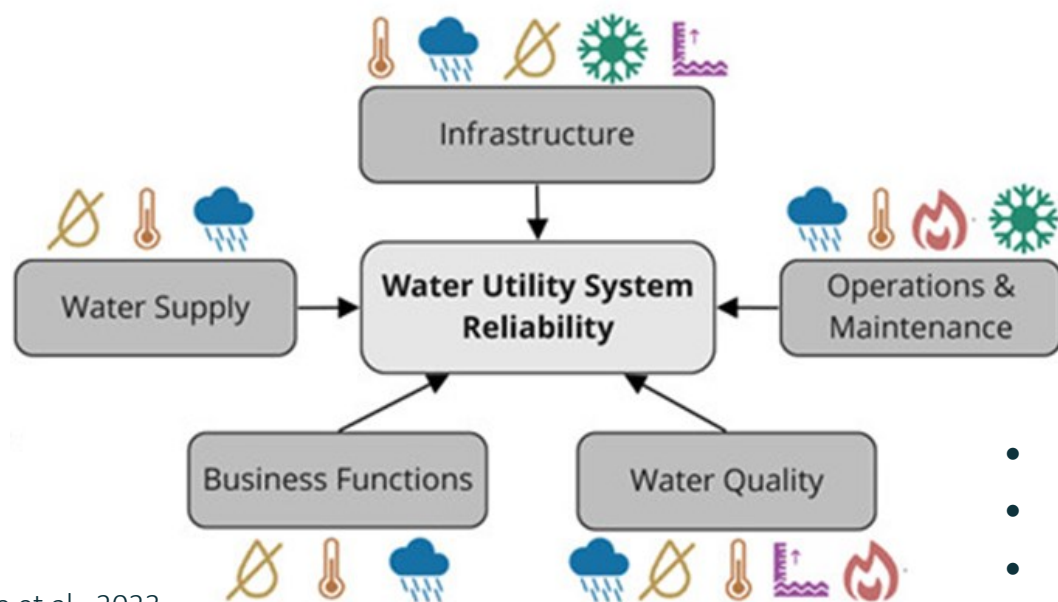
Hoe denk je na over drinkwater in een diep onzekere toekomst?

- Klimaatverandering: voorspellingen, onzekerheden en extremen
- Impact op maatschappijen en drinkwatervoorziening
- Wat kunnen we doen?



Naar de toekomst kijken

- Drinkwaterinfrastructuur gaat lang mee! Vaak 50+ jaar
- Plannen, ontwerpen, bouw van infrastructuur kost veel tijd.



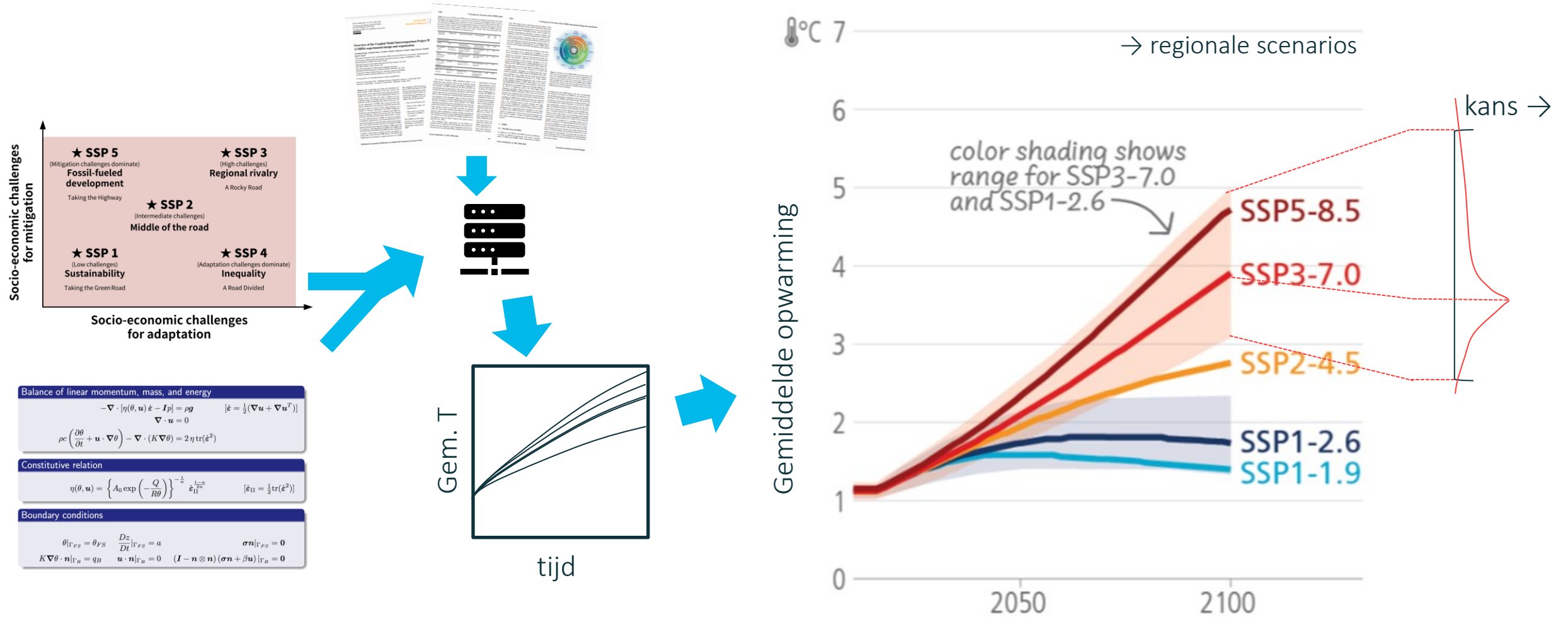
Climate Change Hazards of Concern



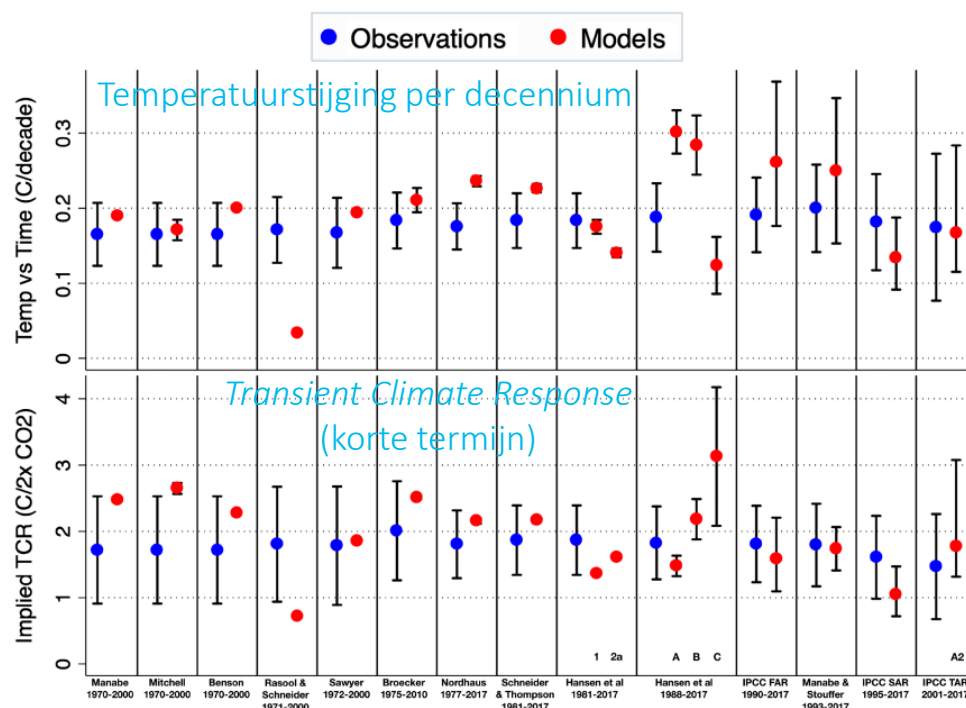
- Zijn mijn bronnen in 2030/2040/2050 nog toereikend?
- Hoe zal de watervraag zich ontwikkelen?
- Circulaire economie?
- ...



Klimaatvoorspellingen en –scenario's



Hoe goed voorspellen klimaatmodellen de veranderingen tot nu toe?



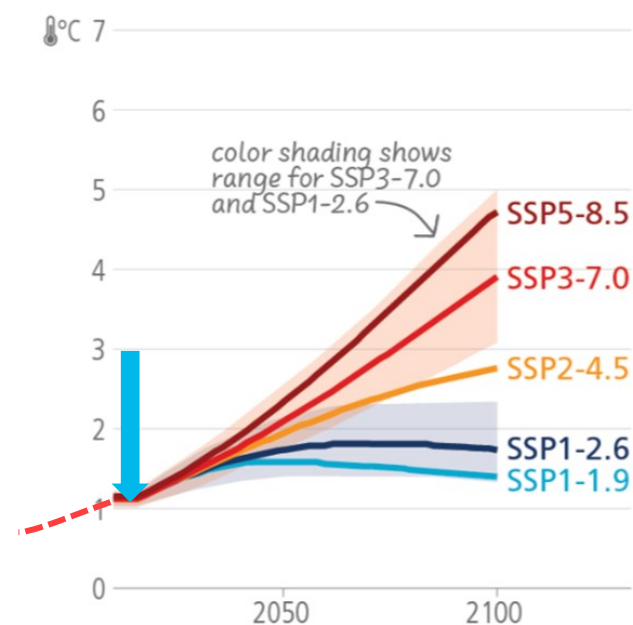
Carvalho et al., 2022

CMIP3 (2005-2006), CMIP5 (2010-2014), CMIP6 (2016-): lagere opwarming dan geobserveerd

CMIP3: hoogste onderschatting van opwarming

CMIP5: beter in lijn met observaties

Bovengrens van modelresultaten lijkt vooralsnog beste bij waarnemingen te passen.



Hoe goed voorspellen klimaatmodellen de veranderingen tot nu toe?

de Volkskrant

ANALYSE

Gaat de opwarming sneller dan verwacht?

Johan Rockström

“Climate change is occurring earlier and more rapidly than expected. Even at the current level of 1C warming, it is painful,” he told the Guardian.

The
Guardian

NEWS FEATURE | 04 August 2022

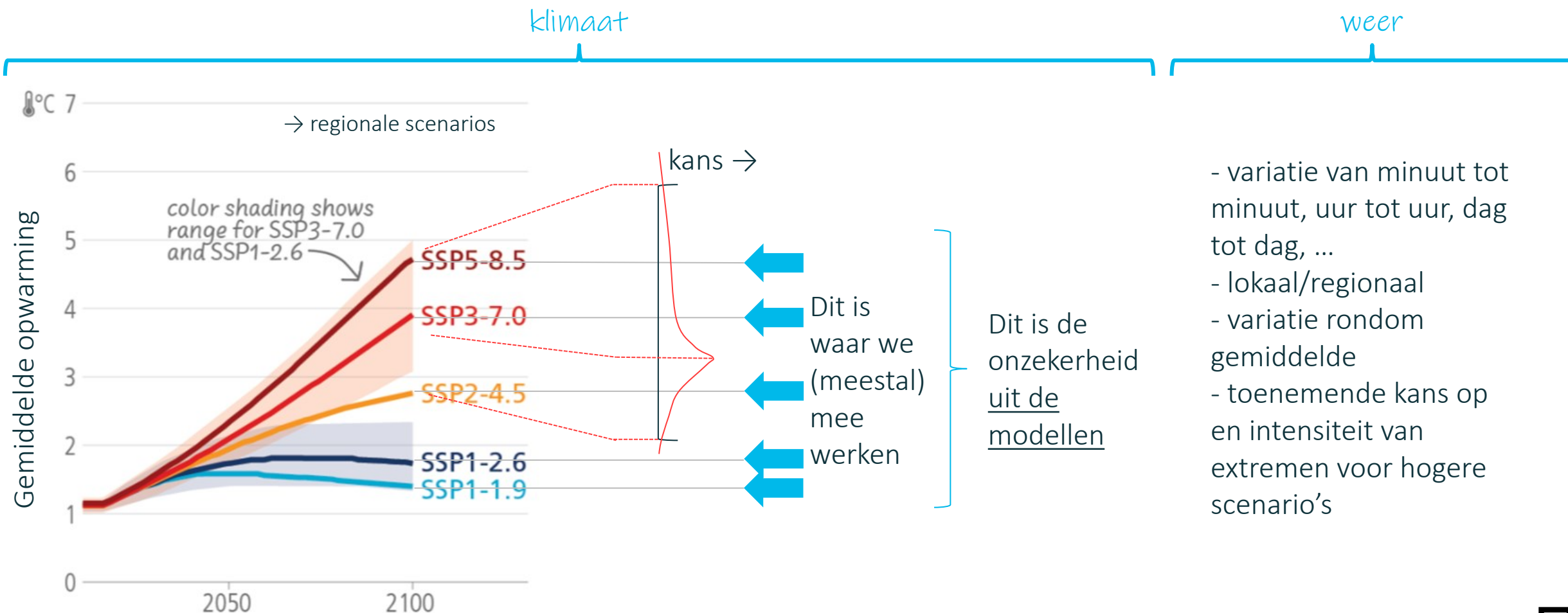
nature

Extreme heatwaves: surprising lessons from the record warmth

Unprecedented temperatures are coming faster and more furiously than researchers expected, raising questions about what to anticipate in the future.



Onzekerheid in de voorspellingen

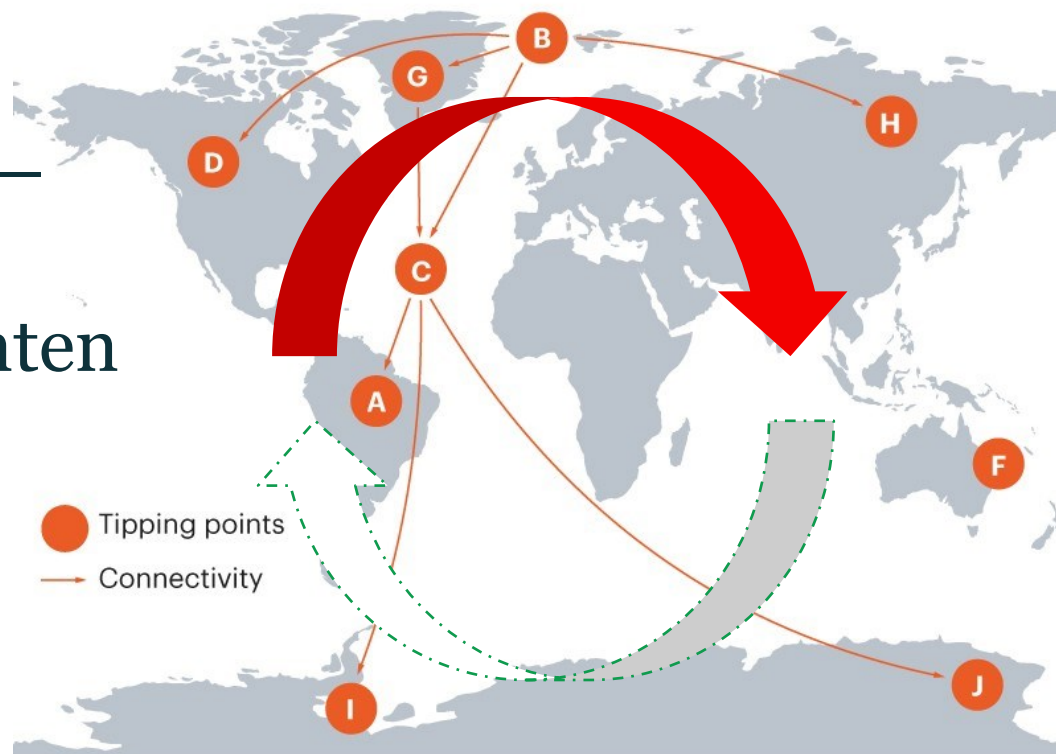


~ Voorbij klimaat-voorspellingen en –scenario's: kantel-elementen en -punten

Neerslag -> waterbeschikbaarheid elders

Albedo -> versnelde opwarming

Veel extra CO₂-uitstoot



A. Amazon rainforest
Frequent droughts

B. Arctic sea ice
Reduction in area

C. Atlantic circulation
In slowdown since 1950s

D. Boreal forest
Fires and pests changing

F. Coral reefs
Large-scale die-offs

G. Greenland ice sheet
Ice loss accelerating

H. Permafrost
Thawing

I. West Antarctic ice sheet
Ice loss accelerating

J. Wilkes Basin, East Antarctica
Ice loss accelerating

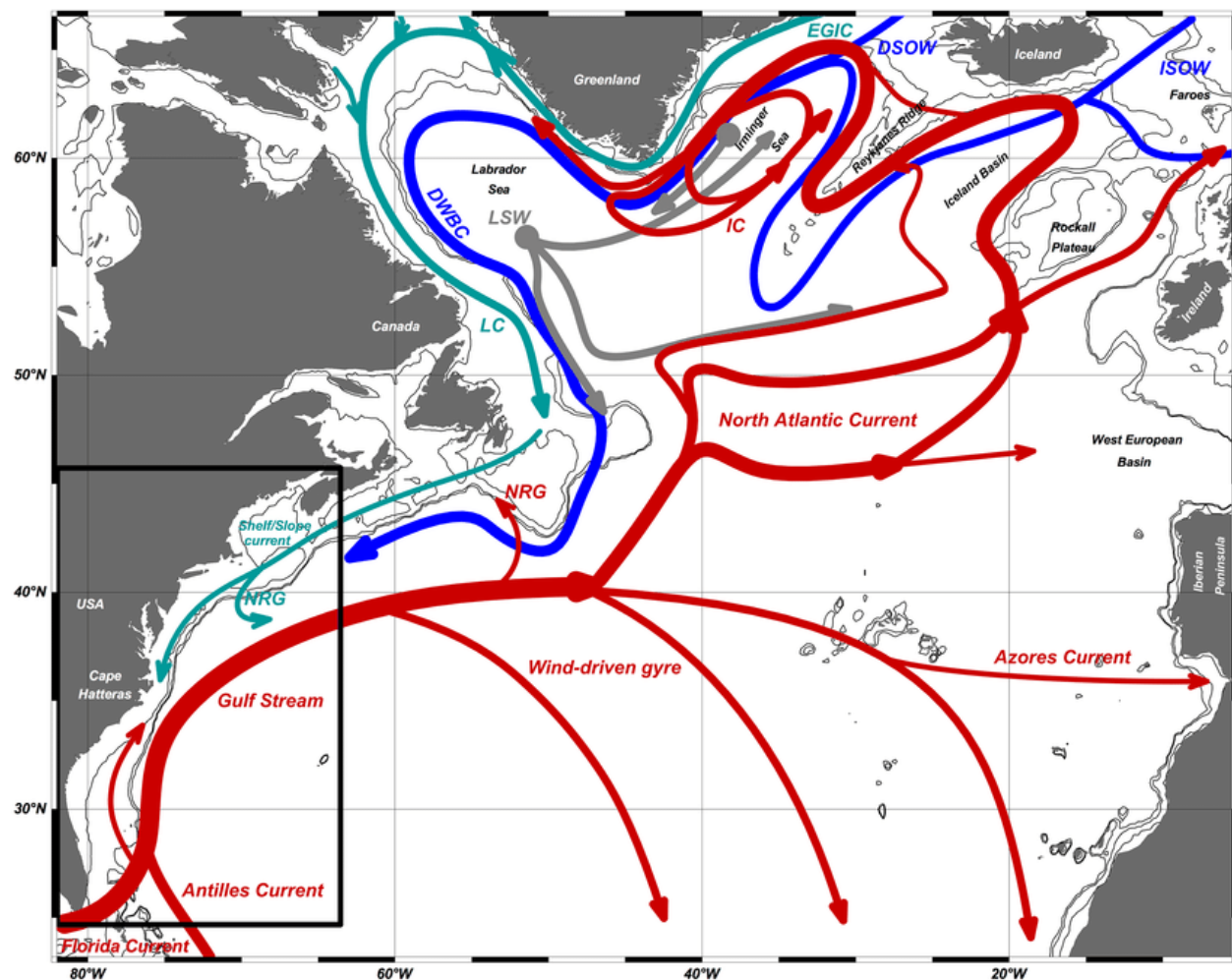
Veel extra CO₂/methaanuitstoot

Extra zeespiegelstijging (als HILL-scenario in KNMI'23)

Extra zeespiegelstijging

Eiwitbron voor veel mensen

Een kantelement onder de loupe: AMOC



Little et al., 2019

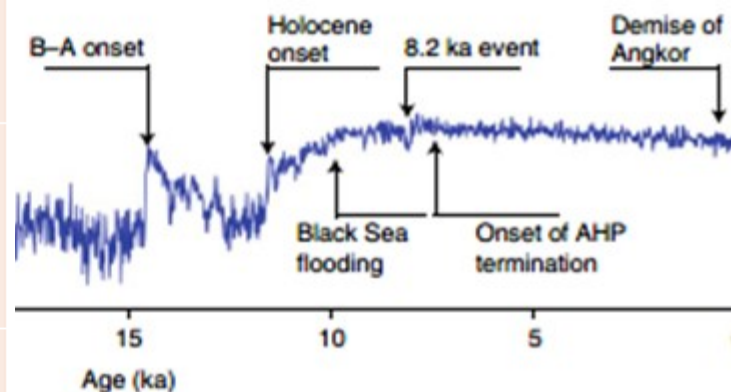
- Atlantic Meridional Overturning Circulation
- Relatief stabiel in modellen
- Paleoclimatologie: AMOC is in het verleden diverse malen stilgevallen
- Observatie: afname intensiteit
- Peter&Susanne Ditlevsen (Nature 2023) o.b.v. analyse metingen met bifurcatietheorie: halt in de jaren 2050 (2025-2095)
- Consequenties: regionale sterke afkoeling, vermindering neerslag in Europa, dynamische zeespiegelstijging ca. 50 cm



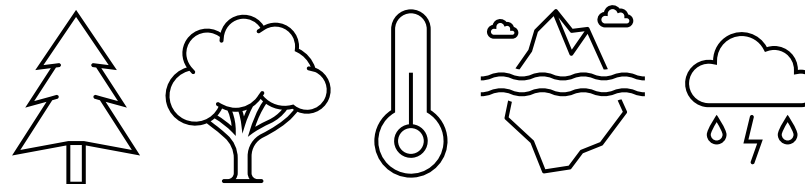
Naar het verleden kijken

Table 1 | Examples of abrupt events and tipping points in the past 30 kyr

Abrupt event/ tipping point	Date(s)	Rapidly of event	Effects in Earth system components	
			Climatic cryosphere and hydrosphere	Land and marine ecosystems; atmospheric CO ₂ and CH ₄ ; societies
Onset of D-O events	28.9, 27.7 and 23.31 (refs. ^{18,44})	<30 yr (ref. ¹⁸)	3-16 °C of warming in Greenland ¹⁹ ; intensification of the Asian summer monsoon ²¹ ; weakening of the South American summer monsoon ²¹	Afforestation from grasslands to wooded steppes in Europe ²¹ ; Holarctic megafauna extirpations ²⁵ ; expanded oxygen minimum zones (for example, Cariaco Basin) ²² ; abrupt increase in atmospheric CH ₄ (ref. ²²)
Onset of Bølling-Allerød warming	14.7 ka (ref. ⁴¹)	1-3 yr (refs. ^{18,44})	4-14 °C of warming in Greenland ¹⁹ ; 4-5 °C of sea surface temperature warming in the North Pacific ³⁷ ; rapid ice sheet melt, acceleration of sea-level rise (meltwater pulse) ^{29,39} ; drying in southwestern North America ³⁰ ; intensification of the West African ³¹ and Asian summer monsoons ²¹ ; weakening of the South American summer monsoon ³⁴	Rapid afforestation of tundra (Scandinavia), expansion of species from glacial refugia ³² ; expansion of oxygen minimum zones and contraction of marine benthic diversity (North Pacific) ^{35,37} ; abrupt increase in atmospheric CH ₄ and CO ₂ ²⁶
Onset of the Holocene	11.7 ka (ref. ⁴¹)	<60 yr (refs. ^{18,44})	8-12 °C of warming in Greenland ¹⁹ ; 4-6 °C of warming in western Europe; 4-5 °C increase in sea surface temperature in the northeast Pacific and North Atlantic; monsoon impacts similar to Bølling-Allerød warming ³¹	Similar to the impacts of Bølling-Allerød warming (except atmospheric CO ₂) ³²
Black Sea flooding	9.5-9.0 ka (ref. ⁴¹)	<40 yr (ref. ⁴¹)	Rapid flooding of surrounding shelves and subsequent salinification of the Black Sea basin, sea level rise of >10 m ⁴¹	Drowning of land ecosystems and settlements on the shelf, coastal erosion, a shift from freshwater to saltwater ecosystems and anoxia in the deep basin ⁴¹
8.2 ka event	8.2 ka (ref. ⁴⁴)	5 yr (refs. ^{18,44})	3-4 °C of cooling in Greenland ⁴⁸	Rapid plant community turnover, declines of thermophilous species ⁴⁹
Holocene aridification; end of the AHP	8-31 ka (ref. ⁵⁰) timing varies regionally	100-1,000 yr (ref. ⁵⁰)	Waning of monsoon rainfall in North Africa ^{53,60} ; drying in southwestern and midcontinental North America ⁶⁵	Regionally rapid southward shift of North African grasslands ^{33,59,64} ; an eastward shift of prairie-forest ecotones, activation of dunes, C ₃ /C ₄ plant shifts and altered fire regimes in central North America ⁶⁹
Holocene megadroughts	High variability 5.4-4 ka; past 2 ka (ref. ⁴⁷)	1-10 yr	Water shortage, extreme drought, decrease of groundwater levels ⁴⁷	Slowed tree growth rates, mortality of mesic tree species and abandonment of early agricultural sites ^{6,47,67}

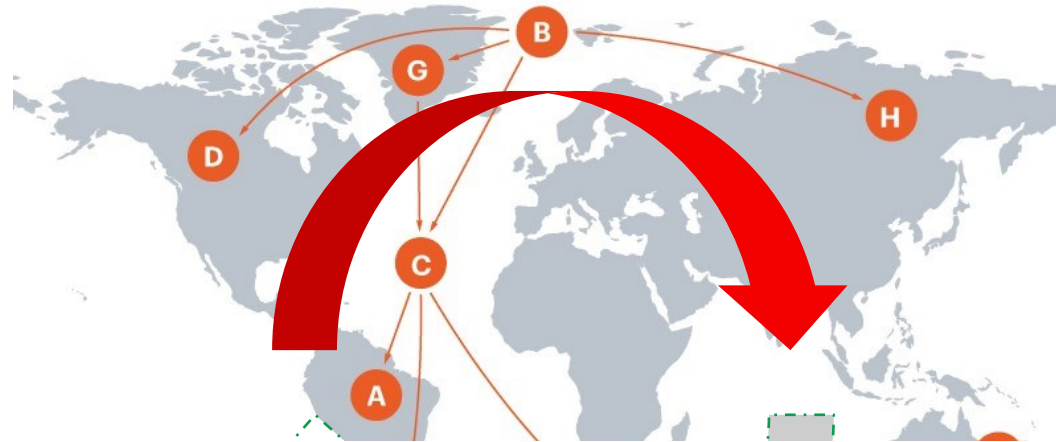


voor het heden





Kantelpunten



Kantelpunten en andere processen zijn onvolledig opgenomen klimaatmodellen/scenario's
Parametrisaties, resolutie, onvolledig begrepen processen...

A. Amazon rainforest
Frequent droughts

B. Arctic sea ice
Reduction in area

C. Atlantic circulation
In slowdown since 1950s

D. Boreal forest
Fires and pests changing

F. Coral reefs
Large-scale die-offs

G. Greenland ice sheet
Ice loss accelerating

H. Permafrost
Thawing

I. West Antarctic ice sheet
Ice loss accelerating

J. Wilkes Basin, East Antarctica
Ice loss accelerating



Het klimaat doet onverwachte dingen

- Scenario's geven een goed beeld van de globale trend tot nu toe
 - Extremen treden onverwacht snel op
 - Klimaatkantelpunten (en andere processen) niet volledig/adequaat in modellen beschouwd noch in scenario's opgenomen
 - Aanwijzingen voor snelle, drastische veranderingen in klimaat en hydrologische cyclus in het “recente” verleden
- Klimaatmodellen zijn een ongelooflijke prestatie in hun complexiteit en vermogen om heel veel aspecten van het klimaat te modelleren en voorspellen.
 - ←redenen om niet alleen *probabilistisch* (kans-gericht) naar modelresultaten te kijken, maar ook *possibilistisch* (wat is mogelijk) naar plausibele scenario's
 - Dus de watersector moet ook verder kijken i.v.m. lange levensduur en voorbereidingstijd

Geen alarmisme, maar verstandig risicomanagement

Voorspelde
klimaat-
verandering

Plausibele
extreme
klimaat-
verandering

	<i>negligible</i>	<i>minor</i>	<i>moderate</i>	<i>major</i>	<i>catastrophic</i>
	1	2	3	4	5
<i>almost certain</i>	moderate	high	extreme	extreme	extreme
5	5	10	15	20	25
<i>likely</i>	moderate	high	high	extreme	extreme
4	4	8	12	16	20
<i>possible</i>	low	moderate	high	high	extreme
3	3	6	9	12	15
<i>unlikely</i>	low	moderate	moderate	high	high
2	2	4	6	8	10
<i>rare</i>	low	low	low	moderate	moderate
1	1	2	3	4	5

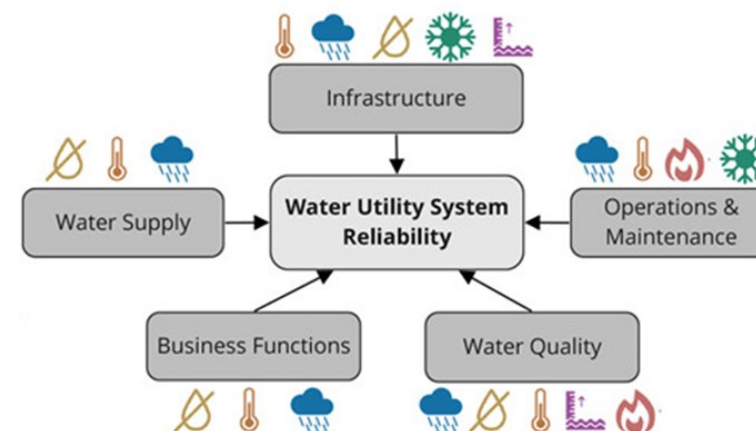
Mogelijke consequenties voor drinkwater van onverwachte klimaatontwikkelingen

Snellere/intensere opwarming en verdroging

- Beschikbaarheid van water
- Beschadiging van buizen (inklinken bodem)
- Beschadiging van infrastructuur (extreem weer)
- Verzilting en indringen zoutwater
- Toename watervraag
- Microbiologie
- Bosbranden – vervuiling van bronnen

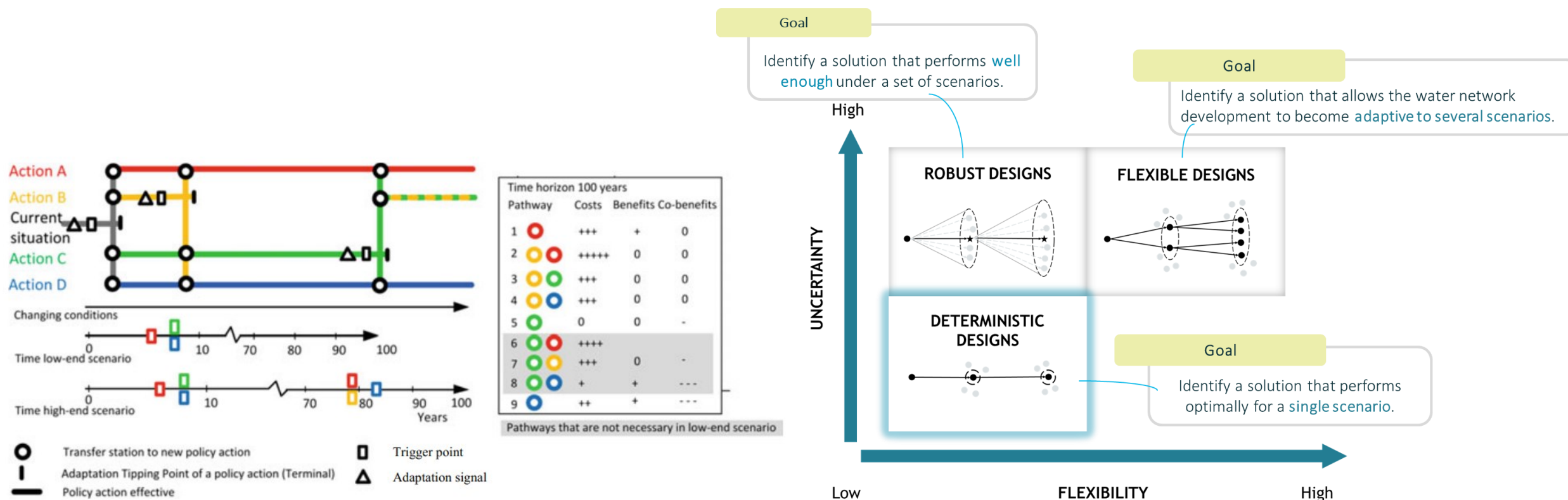
Snelle en intense regionale *afkoeling* en verdroging

- Beschikbaarheid van water
- Beschadiging van buizen (bevriezing bodem)
- Indringen zoutwater
- Zuiveringsprocessen



Lyle et al., 2023

Wat kun je als waterbedrijf met deze onzekerheid?



Marjolein Haasnoot et al.

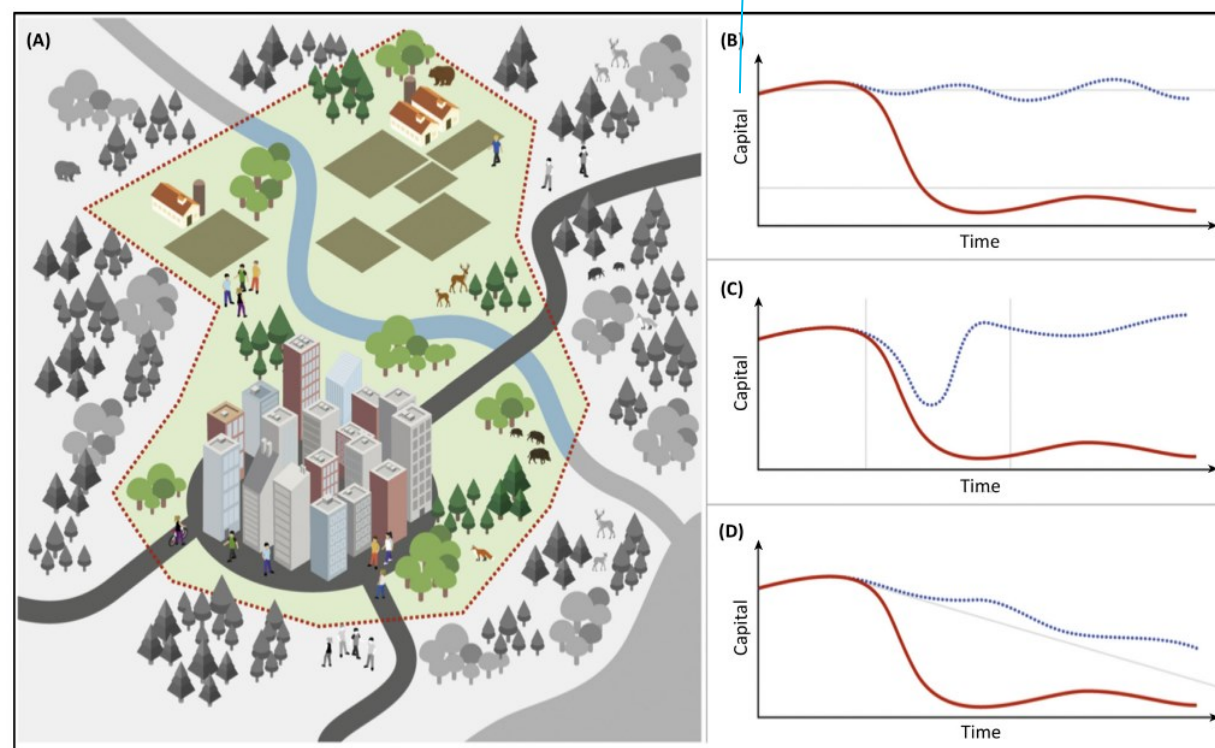
Lydia Tsiami, KWR



Snelle & stevige klimaatverandering – impact op maatschappijen

Spanningen op samenlevingen:

- Absorptie
- Adaptatie
- Struikelen en herstellen
- Verval
- Ineenstorting



Cumming&Peterson, 2017



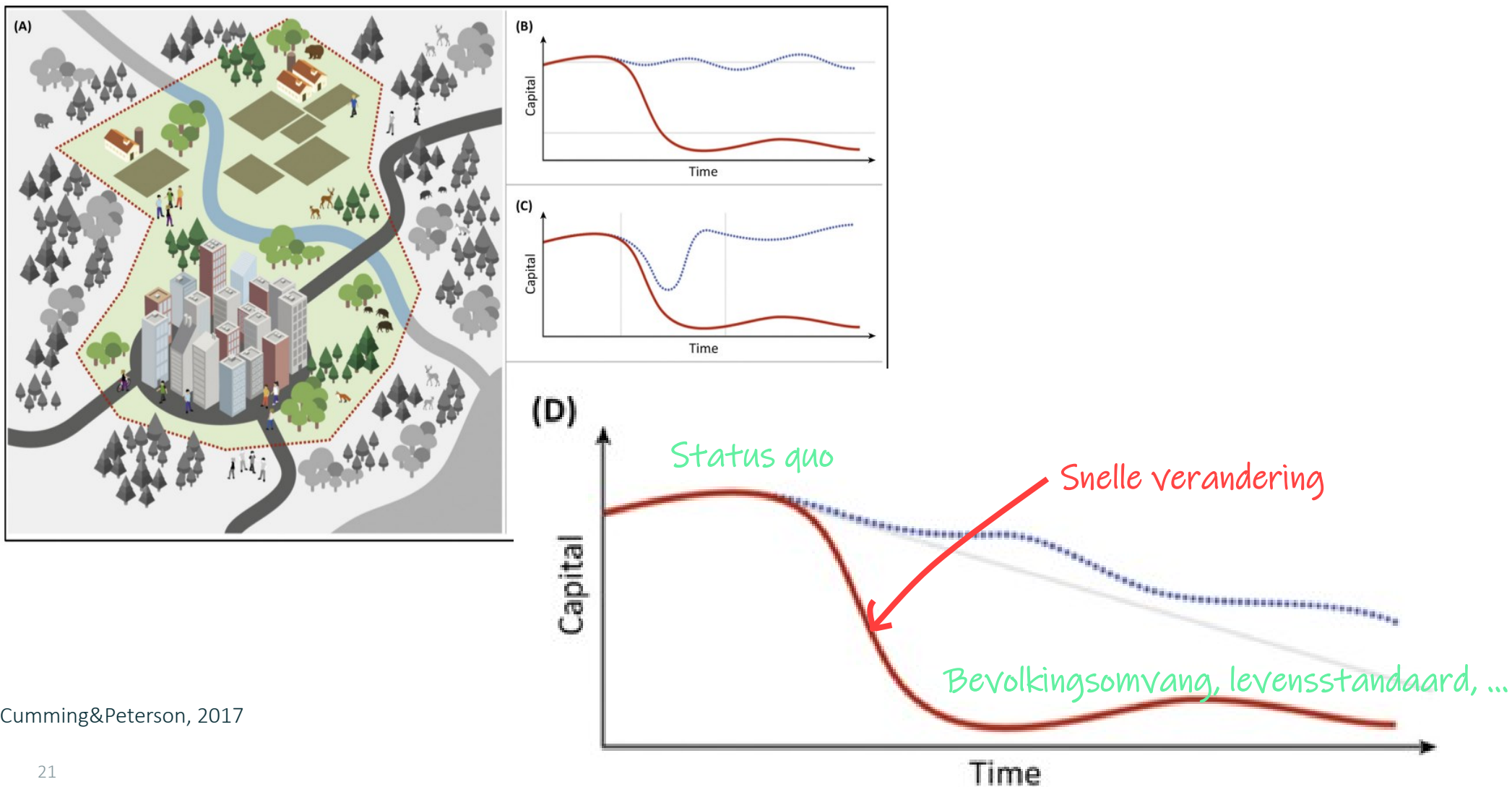
Snelle & stevige klimaatverandering – impact op maatschappijen

Ineenstorting:

- Verlies van identiteit van het sociaal-ecologisch systeem.
- Verlies van identiteit moet snel gebeuren.
- Ineenstorting gaat gepaard met substantiële verliezen van sociaal-ecologisch kapitaal.
- De gevolgen van instorting moeten blijvend zijn.

Identiteit: belangrijke componenten en relaties die behouden moeten blijven om het als hetzelfde systeem te kunnen beschouwen.

Maatschappelijke ineenstoring



Cumming&Peterson, 2017



Een korte quiz



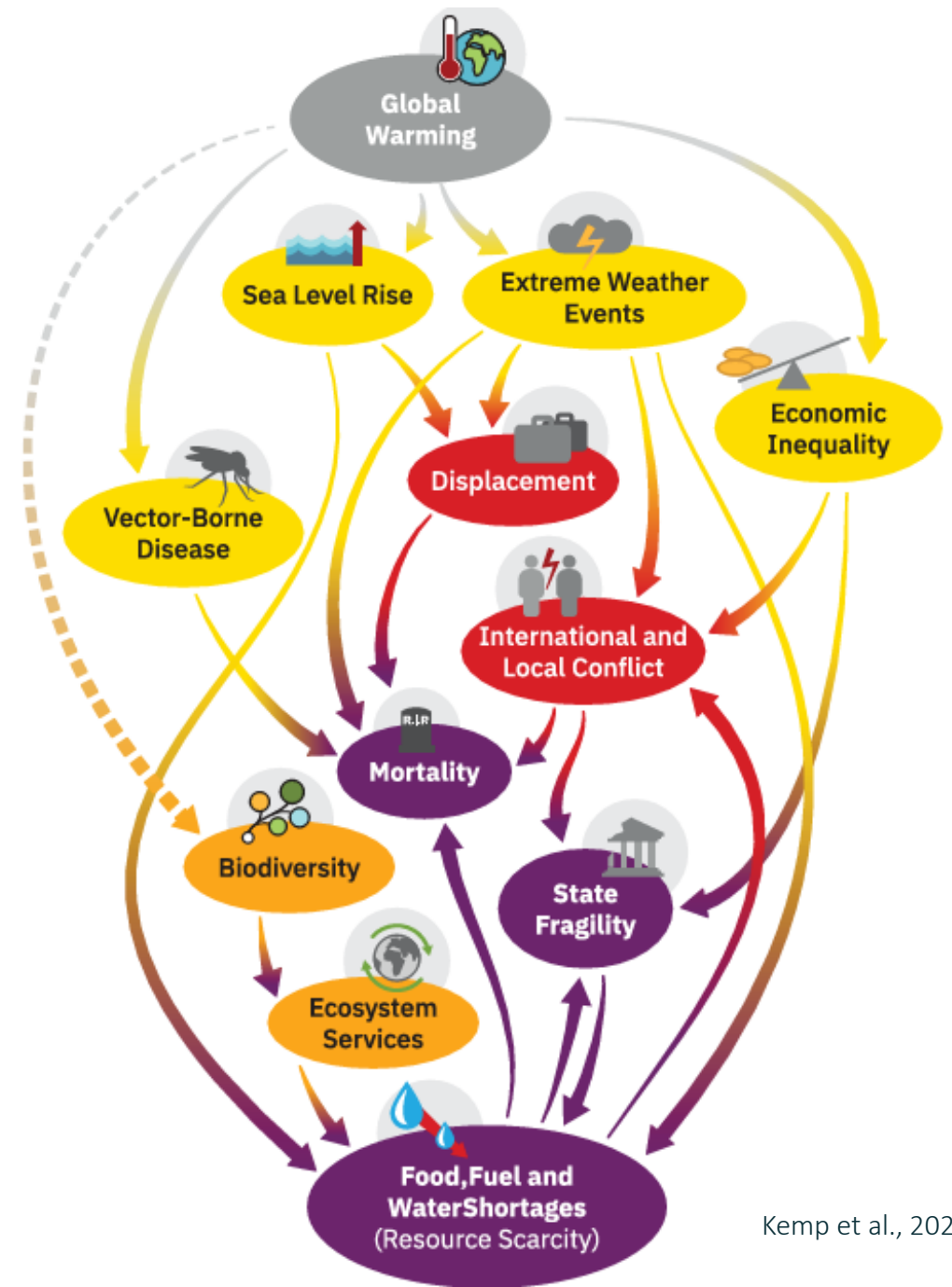
<https://www.menti.com/alcgo6is9yjd>

Hoe dan?

Table 2. Summary of 14 Mechanisms, or Hypotheses, That May Lead to Collapse in Social–Ecological Systems. Ex researchers have invoked many of these mechanisms are presented in Table 1

Family of mechanism	Specific mechanism	Summary of mechanism
Top-heavy mechanisms	Overshoot	Ecological degradation and excessive resource consumption; collapse or other impact on productivity [4,34,94].
	Complexity threshold	Complexity creates problems that only more complexity can solve; diminishing returns become too great for society to support, and collapse occurs [87].
	Elite capture	Wealthy become parasitic on the poor. Resentment, revolution, or technological collapse [87].
Mismatch mechanisms	Overspecialization and inability to adapt	Specialization on a particular resource, sunk cost effects [20], and/or a lack of vulnerabilities that lead to collapse [8,95].
	Scale mismatch	Scales of environmental variation and governance, or production and resource use. This can cause system dysfunction and collapse [22,90,96].
	Upscaling	Getting resources remotely can detach people from environmental degradation, overconsumption feedback and potential for collapse [80].
Lateral flow mechanisms	Speculation	Success leads to a decreasing investment in regulation; returns to speculative investments in productive capacity. If expectations about future growth are unrealistic, a collapse of speculation and general economic activity due to borrowing can occur [80].
	Collapse by contagion	Perturbation or negative impact is transmitted through lateral connections [80].
	Collapse by fragmentation	Loss of modularity and reliance on connections result in collapse if connections are lost [80].
Obliteration	External disruption	A force from outside the system destroys or undermines it [86].
	Grinding down	Gradual depletion of key resources, such as biodiversity or soil fertility, eventually leads to collapse [80].
	Vulnerability threshold	Systems (or individual components) grow from less vulnerable sizes through a vulnerable stage and may collapse during a vulnerable stage [97].
Transition and boundary mechanisms	Leakage	Semipermeable boundaries that are important for sustainability become key resources and/or influx of problem-causing agents [69].

Cumming&Peterson, 2017



Kemp et al., 2022



Watervoorziening bij (gedeeltelijke) maatschappelijke ineenstorting

Helpdesk Report

K4D Knowledge, evidence and learning for development

Water infrastructure in fragile- and conflict-affected states

Laura Botton
Institute of Development Studies
11 November 2020

Question

What are the key vulnerabilities in the water infrastructure system in urban and peri-urban areas in fragile and conflict-affected states (FCAS)?

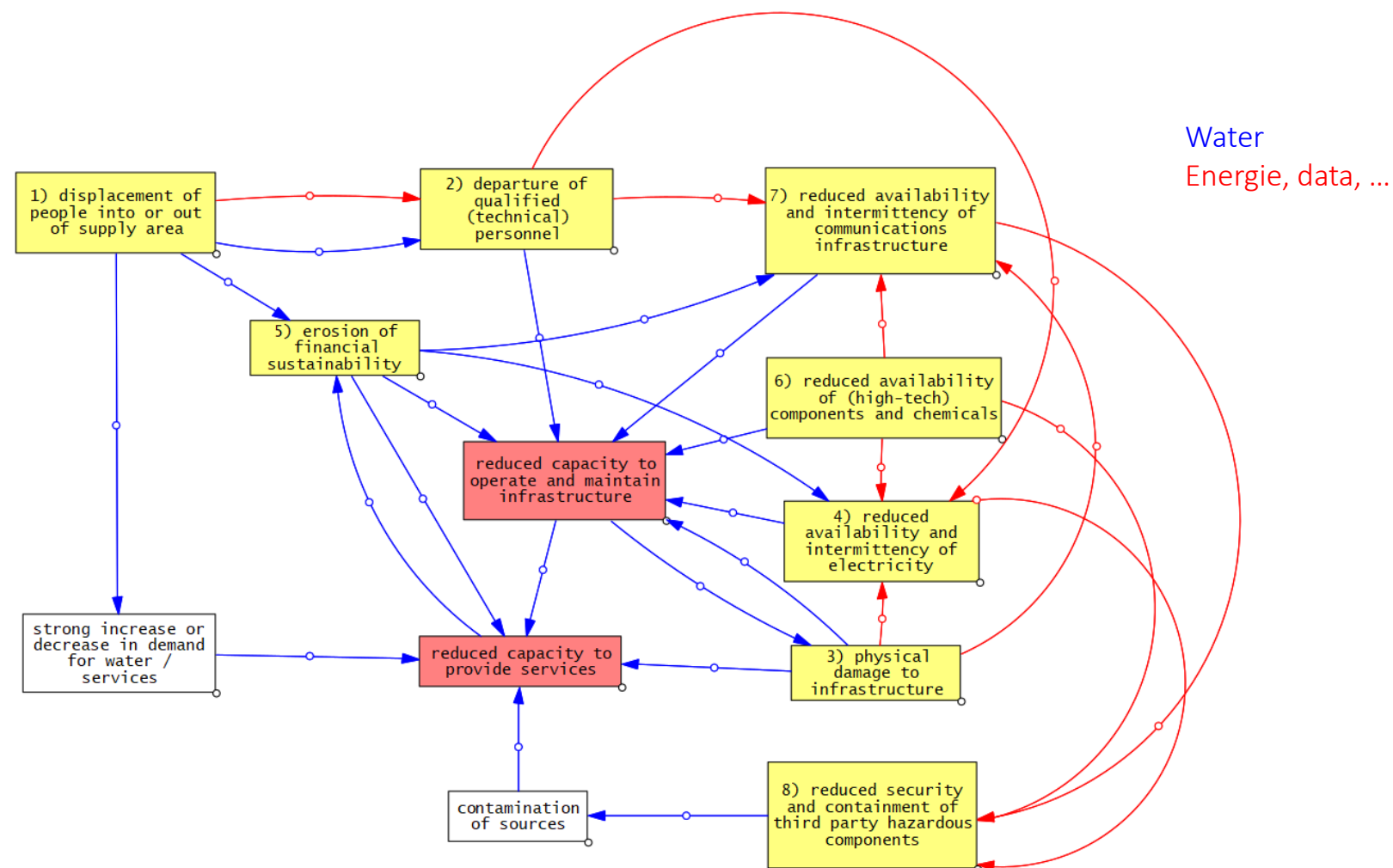
What practical measures, including nature-based solutions, could be taken to address these vulnerabilities and make water systems in urban and peri-urban areas in FCAS more resilient (particularly to climate change impacts)?

Contents

1. Summary
2. Introduction
3. Water infrastructure system vulnerabilities
4. Practical measures for addressing vulnerabilities in water infrastructure systems in FCAS
5. Resilience
6. Water programming in non-fragile states
7. Nature-based solutions
8. References

The K4D helpdesk service provides brief summaries of current research, evidence, and lessons learned. Helpdesk reports are not rigorous or systematic reviews; they are intended to provide an introduction to the most important evidence related to a research question. They draw on a rapid desk-based review of published literature and consultation with subject specialists.

Helpdesk reports are commissioned by the UK Foreign, Commonwealth, and Development Office and other Government departments, but the views and opinions expressed do not necessarily reflect those of FCDO, the UK Government, K4D or any other contributing organisation. For further information, please contact helpdesk@k4d.info.



Geen alarmisme, maar verstandig risicomanagement



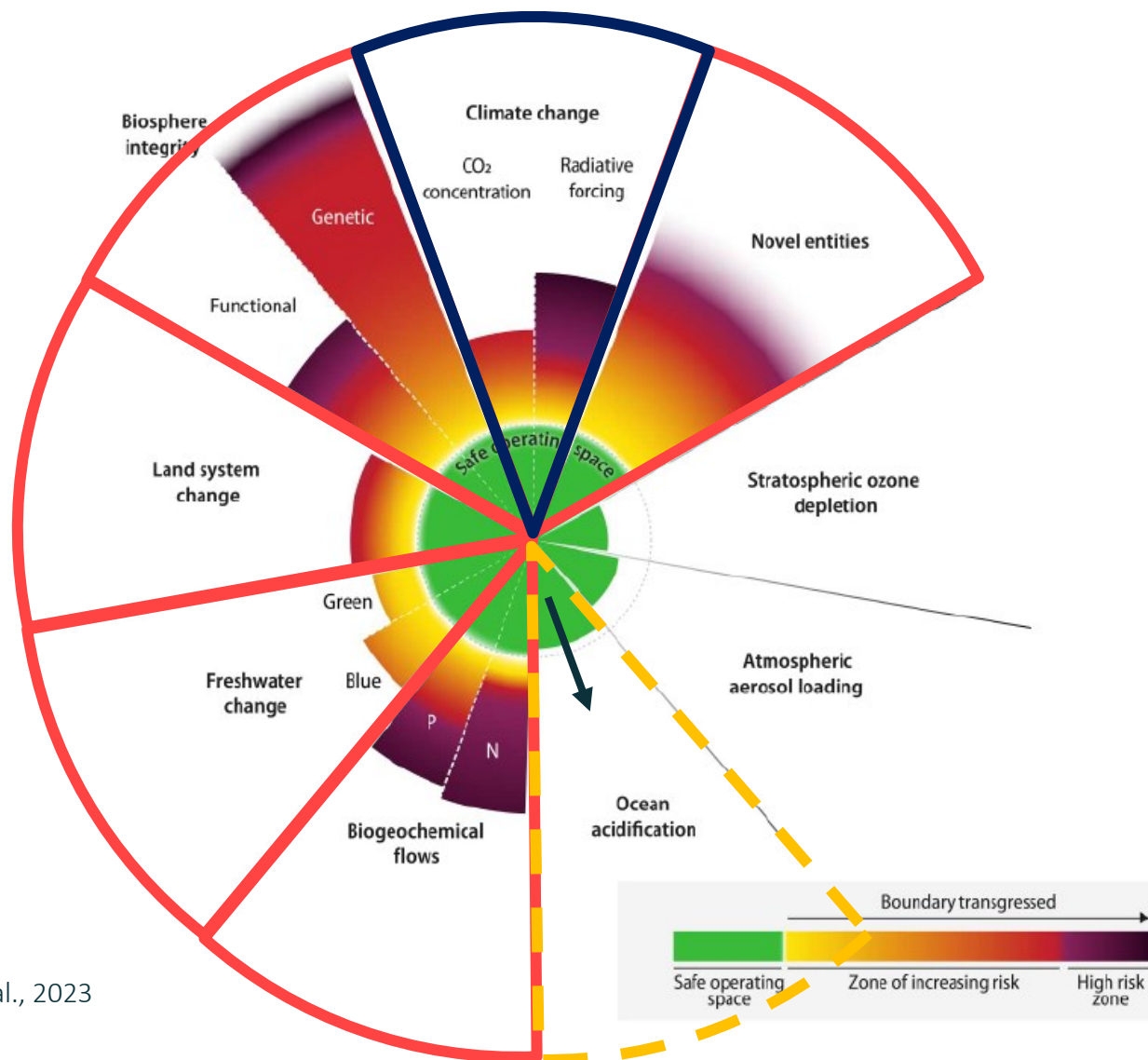
Voorspelde
klimaat-
verandering

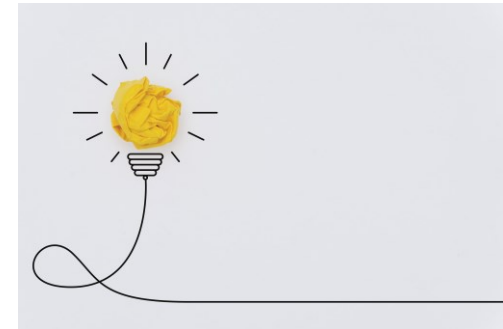
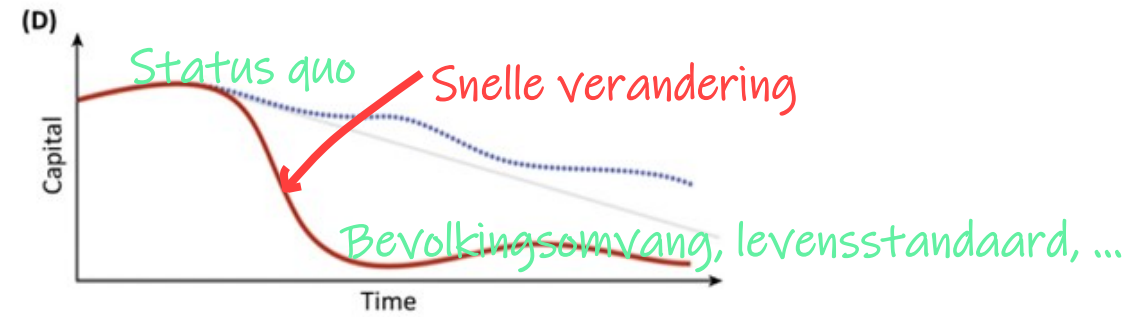
Plausibele
extreme
klimaat-
verandering

	<i>negligible</i>	<i>minor</i>	<i>moderate</i>	<i>major</i>	<i>catastrophic</i>	<i>existential</i>
	1	2	3	4	5	6
<i>almost certain</i>	moderate	high	extreme	extreme	extreme	extreme
5	5	10	15	20	25	30
<i>likely</i>	moderate	high	high	extreme	extreme	extreme
4	4	8	12	16	20	24
<i>possible</i>	low	moderate	high	high	extreme	extreme
3	3	6	9	12	15	18
<i>unlikely</i>	low	moderate	moderate	high	high	high
2	2	4	6	8	10	12
<i>rare</i>	low	low	low	moderate	moderate	moderate
1	1	2	3	4	5	6

(gedeeltelijke)
maatschappelijke
ineenstorting

De andere planetaire grenzen







Diepe adaptatie



Deep Adaptation: A Map for Navigating Climate Tragedy

IFLAS Occasional Paper 2

www.iflas.info

Professor Jem Bendell BA (Hons) PhD

Originally Published July 27th 2018.

Revised 2nd Edition Released July 27th 2020.

Author's note on this updated version:

Two years after its first release, this paper has influenced hundreds of thousands of people to reconsider their lives and work in the face of dangerous climate change. A new agenda.



KWR

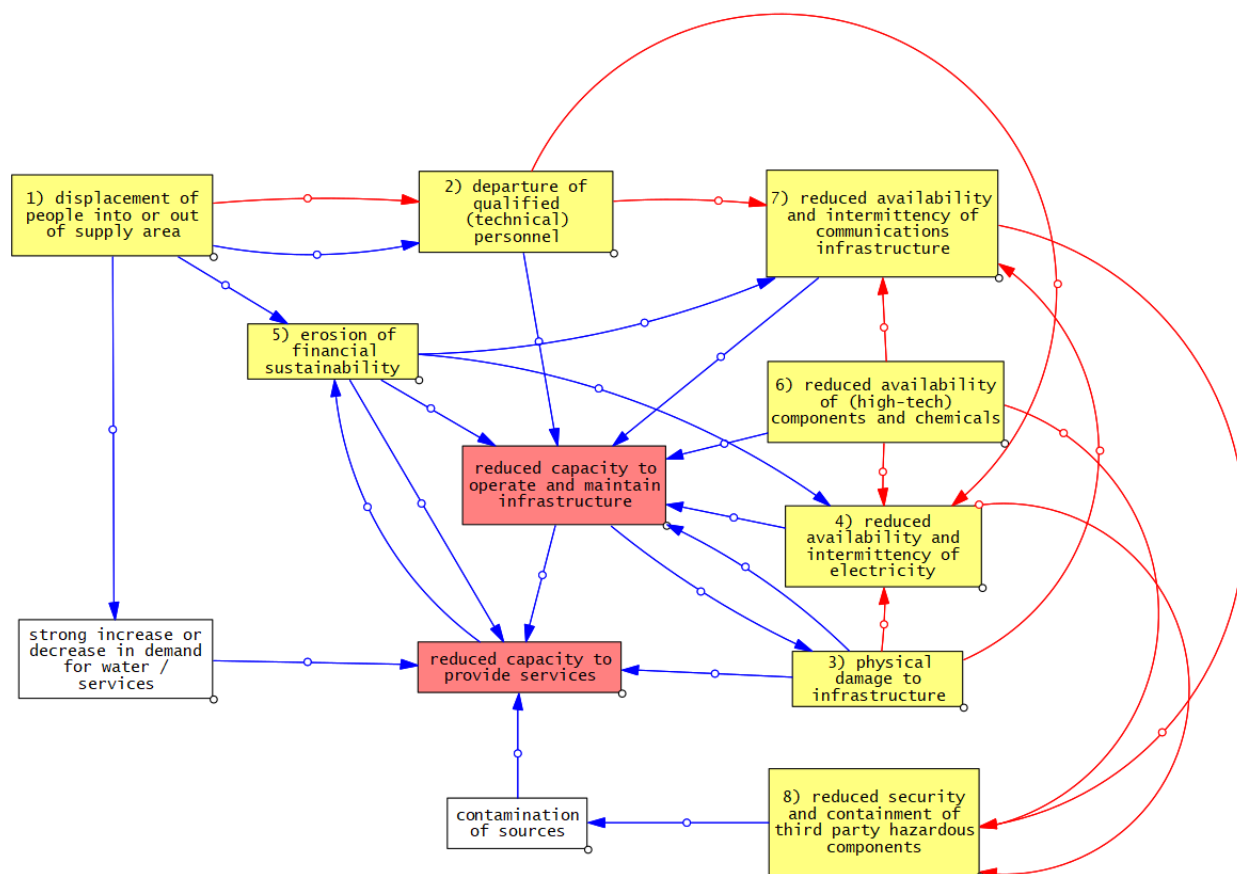
Concept door Jem Bendell (2018)

1. Resilience: *"Hoe houden we wat we echt willen houden?"*
2. Relinquishment: *"Wat moeten we loslaten om het niet erger te maken?"*
3. Restoration: *"Wat kunnen we mee terug nemen om ons te helpen met de komende moeilijkheden en tragedies?"*
4. Reconciliation: *"Met wat en wie kunnen we vrede sluiten als we onze wederzijdse sterfelijkheid onder ogen zien?"*

Hoe dit toe te passen op onze watersystemen?

1. Concept van veerkracht uitbreiden naar langdurige "verstoringen", terugvalopties naar basale modus van operatie
2. Laat energie-/hulpbronnenintensieve processen los
3. Herontdekking van in onbruik geraakte technieken (b.v. watertorens voor het onder druk houden van netwerken)
4. Accepteer het feit dat we niet weten of onze acties voldoende zullen blijken te zijn.

Diepe adaptatie voor drinkwater?



Mogelijke benaderingen

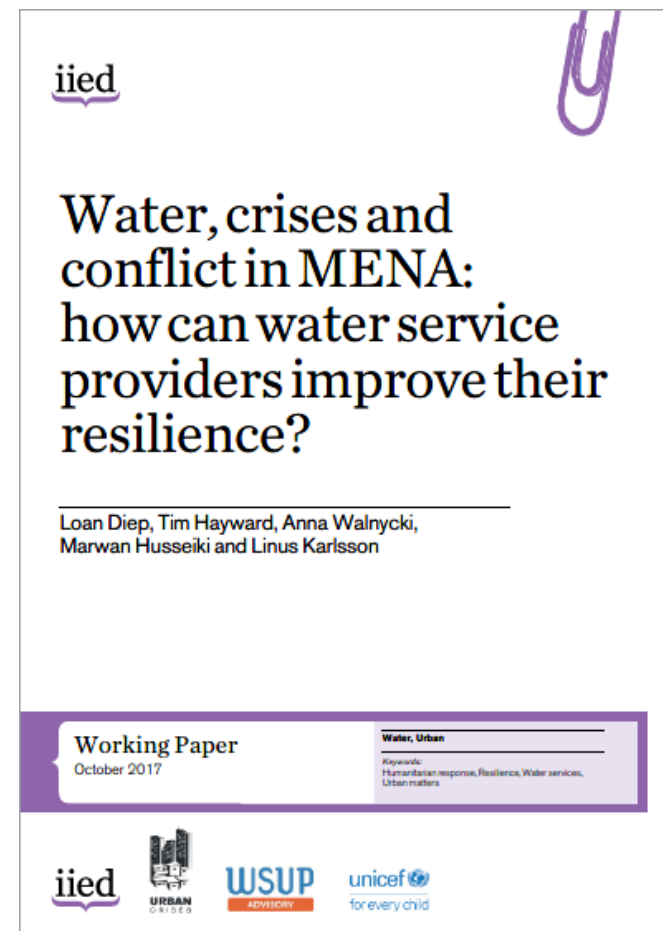
1. Watervraag	Flexibiliteit met betrekking tot bronnen en behandeling
2. Fysieke schade	beperking van de toegankelijkheid van de infrastructuur
3. Personeel	Terugvalopties naar basale operatie; brede opleiding van het personeel
4. Elektriciteit	zelfvoorziening
5. Financiële duurzaamheid	minimalisering van verliezen (inclusief lekverliezen)
6. Technologische componenten	Terugvalopties naar basale operatie; aanhouden van voorraden
7. Data-infrastructuur	Terugvalopties naar basale operatie
8. Verontreiniging van bronnen	Diversificatie van bronnen

~ Veerkracht en terugvalopties

Lessen uit crises in het Midden-Oosten en
Noord-Afrika:

veerkracht:

- flexibiliteit, vindingsrijkheid en reactievermogen
- redundantie (ontwerp en beschikbaarheid van reserveonderdelen)
- modulariteit (zelforganiserend)
- veilig falen (minimale schade)



Onderzoek & praktische toepassing



Climate Endgame: Exploring catastrophic climate change scenarios

Luke Kemp^{a,b,1}, Chi Xu^c, Joanna Depledge^d, Kristie L. Ebi^e, Goodwin Gibbs^f, Timothy A. Kohler^{g,h,i}, Johan Rockström^j, Marten Scheffer^k, Hans Joachim Schellnhuber^l, Will Steffen^m, and Timothy M. Lentonⁿ

Edited by Kerry Emanuel, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA; received May 20, 2021; accepted March 25, 2022

Kemp et al.
(2022)

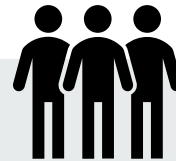
Vertaling

inzicht in de dynamiek en gevolgen van extreme klimaatverandering op de lange termijn

Onderken alle onzekerheid



het verkennen van door het klimaat getriggerde routes naar massale ziekte en sterfte



Onderzoek impact op watervraag en vermogen om water te leveren

Identificeer vroege waarschuwingssignalen

onderzoek naar sociale onstabiliteit: kwetsbaarheden, risicocascades en risicoreacties

Fysische en sociale scenario's



synthetiseren van de onderzoeksresultaten in geïntegreerde beoordeling

Breng onderlinge afhankelijkheden in kaart



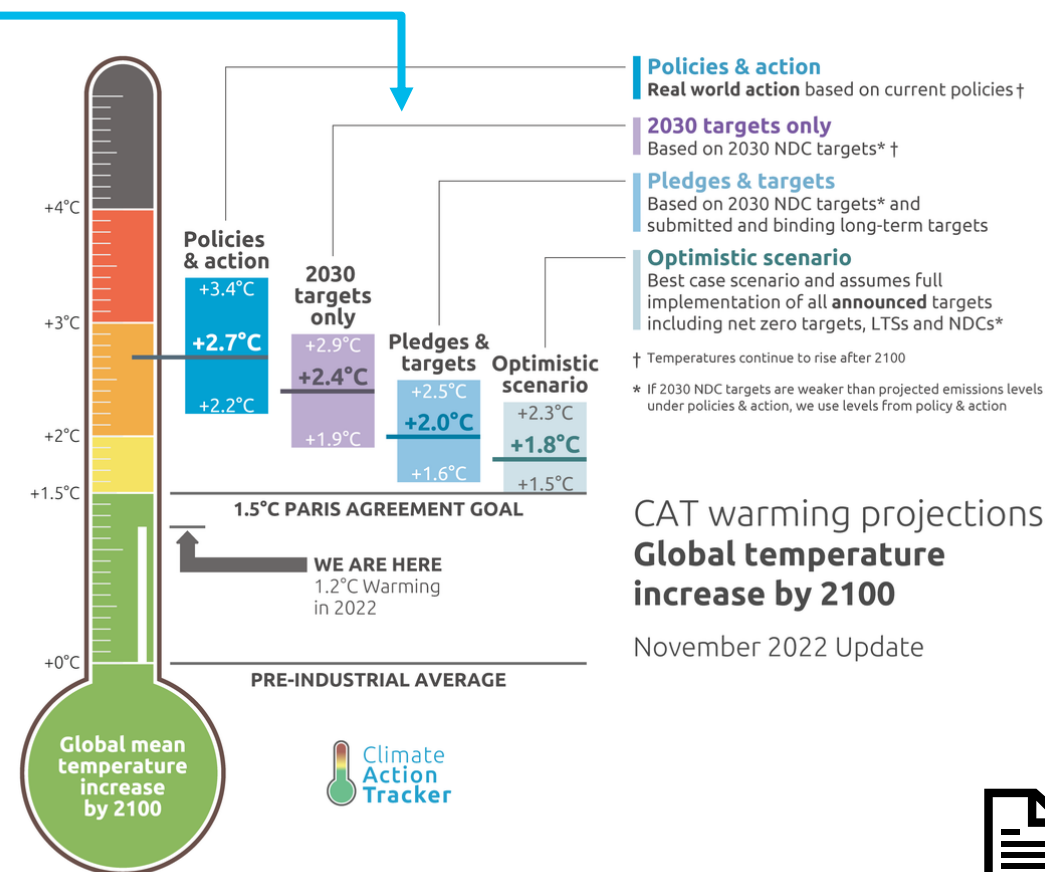
Analyseer kwetsbaarheden

Ontwikkel veerkrachtige Watervoorziening



Alles beschouwend (1/2)

- “Traagheid” (in fysische zin!) van drinkwatersector vormt een risico in een mogelijk snel veranderende omgeving
- We moeten voorzichtig zijn in onze perceptie van de waarschijnlijkheid van (extreme) klimaatverandering
- We kunnen beter kijken naar mogelijkheden/ plausibiliteiten - watersector en maatschappij!
- Extreme klimaatverandering en maatschappelijke ineenstortingsscenario's vormen een onzichtbaar hoog tot extreem risico voor de watersector (en daarbuiten)
- Geen paniekzaaijerij maar verstandig risicobeheer: we kunnen relatief oké zijn, we kunnen in diepe problemen komen



Alles beschouwend (2/2)

- *Hoe plannen we en bouwen we systemen die kunnen omgaan met deze potentieel snelle veranderingen in onze omgeving en samenleving, dat is de grote uitdaging voor de drinkwatersector*
- Flexibiliteit (wendbaarheid, aanpassingsvermogen) en terugvalopties
- Potentiële transformatie van onze maatschappij
- Nu gebalanceerd en rationeel beschouwen -> beperken van irrationeel paniekgedrag als een relevante situatie zich aandient



~
Afsluitende peiling



<https://www.menti.com/alcgo6is9yjd>

~
Dank voor uw aandacht

Meer lezen?

KWR		Kwaliteit voorspel-lingen	 	Ineenstorting	
Het goede nieuws	  	Verrassingen	  	Mechanismen	 
Het slechte nieuws	 	Kantelpunten		“Bijna onvermijdelijk”	
Watercyclus		AMOC	 	Planetaire grenzen	
Klimaatrisico's drinkwater		Het verleden		Veerkracht	
Voorspellingen en scenario's, onzekerheden	  	Kantelpunten in modellen	 	“Climate Endgame”	
		Ontwerp & opties	  	CAT-thermo-meter, plausibele scenario's	 