

Indur M. Goklany

KLIMAAT- VERANDERING: IS HET WEL ZO ERG?

over perceptie & realiteit



www.clintel.nl

INDUR M. GOKLANY

KLIMAAT- VERANDERING: IS HET WEL ZO ERG?

over perceptie & realiteit



www.clintel.nl

Colofon

Titel: *Klimaatverandering: is het wel zo erg?*

Oorspronkelijke titel: *Impacts of Climate Change: Perception and Reality*

Indur M. Goklany; Report 46, The Global Warming Policy Foundation

© 2021 copyright The Global Warming Policy Foundation, CLINTEL

Vertaling: Martien de Wit/Gerard Snijders

Eindredactie: Peter Baeten

Grafisch ontwerp: www.zinontwerpers.nl

Lay-out: [Little Shop of Graphics, Almelo](http://LittleShopofGraphics.com)



De stichting Climate Intelligence (CLINTEL) is in maart 2019 opgericht door emeritus-hoogleraar Geofysica Guus Berkhout en wetenschapsjournalist Marcel Crok. Sindsdien is CLINTEL snel uitgegroeid tot een wereldwijde organisatie in 36 landen met 23 ambassadeurs. CLINTEL wil een fundamentele discussie aangaan over zowel klimaatverandering als klimaatbeleid.

Websites www.clintel.nl
www.clintel.org
www.resinbeeld.nl

Twitter @Clintel_NL
@ClintelOrg
@BeeldRe

Facebook www.facebook.com/StichtingClimateIntelligence
Linkedin www.linkedin.com/in/stichting-clintel-717819185/

Donaties

CLINTEL wordt gerund door Marcel Crok en Guus Berkhout (om niet) en enkele zeer betrokken vrijwilligers. De overheadkosten van de stichting zijn minimaal, waardoor iedere euro van donateurs besteed kan worden aan onze projecten. CLINTEL wil zo onafhankelijk mogelijk zijn van grote spelers rond het klimaatbeleid en accepteert dus geen financiering van de overheid of van bedrijven die actief betrokken zijn bij de energietransitie. Ook van de Postcode Loterij ontvangen wij geen geld. We kunnen daarom zeer goed de steun gebruiken van andere (MKB-)bedrijven en particulieren.

Als u het werk van CLINTEL een warm hart toedraagt, overweeg dan een donatie. CLINTEL heeft ANBI-status. U kunt ook Vriend van CLINTEL worden voor 100 euro per jaar. U krijgt dan alle publicaties als eerste toegestuurd en ontvangt uitnodigingen om gratis onze lezingen en bijeenkomsten bij te wonen.

Zie clintel.nl/donaties/

Inhoudsopgave

	Voorwoord	7
1	Het narratief	8
2	Extreem weer	10
3	Bosbranden	19
4	Ziekten	21
5	Voedsel en honger	24
6	Stijging van de zeespiegel	27
7	Welzijn van de mens	29
8	Vergroening	37
9	Discussie	42
10	Conclusie	45
	Referenties	48
	Bibliografie	50

Over de auteur

Indur M. Goklany is een onafhankelijk wetenschapper en auteur. Hij was lid van de Amerikaanse delegatie die het IPCC oprichtte en hielp mee het First Assessment Report te ontwikkelen. Daarna was hij de Amerikaanse gedelegeerde voor het IPCC en IPCC reviewer.

Goklany publiceerde in 2007 het boek *The Improving State of the World: Why We're Living Longer, Healthier, More Comfortable Lives on a Cleaner Planet*.

‘DE EFFECTEN VAN MONDIALE PASSIVITEIT ZIJN SCHRIKBAREND... OVER DE HELE WERELD ZIEN WE HITTEGOLVEN, DROOGTES, BOSBRANDEN, OVERSTROMINGEN EN ANDERE EXTREME METEOROLOGISCHE GEBEURTENISSEN, STIJGENDE ZEESPIEGELS, VERSPREIDING VAN ZIEKTEN EN ANDERE PROBLEMEN DIE ALLEEN MAAR EEN VOORSPELLING ZIJN VAN VEEL ERGER, TENZIJ WE MET SPOED HANDELEN EN INGRIJPEN.’

Paus Franciscus¹

‘KLIMAATVERANDERING GEBEURT NU EN RAAKT ONS ALLEMAAL. ELKE WEEK BRENGT EEN NIEUW VOORBEELD VAN KLIMAATGERELATEERDE VERWOESTING. GEEN ENKEL LAND OF GEMEENSCHAP IS GEVRIJWAARD...’

‘ZULKE GEBEURTENISSEN KOMEN STEEDS VAKER, ERNSTIGER EN WIJDVERSPREIDER VOOR EN ZULLEN NOG ERGER WORDEN, TENZIJ WE ONMIDDELIJK INGRIJPEN.’

‘HET IS DUIDELIJK DAT KLIMAATVERANDERING DECENNIA VAN ONTWIKKELINGS-VOORUITGANG BEDREIGT EN AL ONZE PLANNEN VOOR EEN INCLUSIEVE EN DUURZAME ONTWIKKELING IN GEVAAR BRENGT.’

‘VAN TOEGENOMEN ARMOEDE EN VOEDSELONZEKERHEID TOT WATERPROBLEMATIEK EN VERSNELDE MILIEUSCHADE: KLIMAATVERANDERING IS EEN DUIDELIJKE EN ACTUELE BEDREIGING.’

Secretaris-generaal van de VN, António Guterres²

‘DE HEER GUTERRES MERKTE OP DAT DE KLIMAATCRISIS ‘TURBO-ORKANEN’ EN -STORMEN HEEFT VEROORZAAKT, DIE MET STEEDS GROTERE INTENSITEIT EN FREQUENTIE VOORKOMEN.’

UN News³

‘KLIMAATVERANDERING VEROORZAAKT CATASTROFALE NATUURBRANDEN.’

Carly Phillips, World Economic Forum⁴

‘IK DENK NU DAT AMERIKA
LESSEN LEERT OVER HET
BELANG VAN ECOLOGIE...
OVERSTROMINGEN AAN DE
OOSTKUST EN (BOS)BRANDEN
AAN DE WESTKUST.’

*De Dalai Lama*⁵

‘2015 WAS EEN RECORDJAAR
IN DE VS, MET MEER DAN 10
MILJOEN ACRES VERLIES DOOR
BRANDEN’, VERTELDE HIJ
DE DEUTSCHE WELLE IN EEN
INTERVIEW. ‘DAT IS ONGEVEER
4 MILJOEN HECTARE, OFTEWEL
EEN OPPERVLAKTE ZO GROOT ALS
NEDERLAND OF ZWITSERLAND.’

*Jason Funk, Union of Concerned
Scientists*⁶

‘MEER DAN 70
GEZONDHEIDSORGANISATIES
ONDERTEKENDEN EEN
VERKLARING OM, ONDER
ANDERE, AFSTAND TE NEMEN
VAN FOSSIELE BRANDSTOFFEN.
DE GROEP REFEREERT AAN
STORMEN EN OVERSTROMINGEN,
CHRONISCHE LUCHTVERVUILING,
DOOR INSECTEN VEROORZAAKTE
VERSPREIDING VAN ZIEKTES
EN VOORAL AAN HITTE-
GERELATEERDE AANDOENINGEN.’

*Inside Climate News*⁷

‘ER IS TOENEMEND BEWIJS DAT
KLIMAATVERANDERING AL VAN
INVLOED IS OP LANDBOUW EN
VOEDSELZEKERHEID, WAT DE
UITDAGING VAN HET BESTRIJDEN
VAN HONGER EN HET REALISEREN
VAN VOEDSELZEKERHEID,
VERBETERDE VOEDING EN HET
PROMOTEN VAN DUURZAME
LANDBOUW DES TE MOEILIJKER
MAAKT...’

‘KLIMAATVERANDERING
BELEMMERT NU AL DE PRODUCTIE
VAN BELANGRIJKE GEWASSEN,
ZOALS TARWE, RIJST EN MAÏS,
IN TROPISCHE EN GEMATIGDE
GEBIEDEN.’

*Food and Agriculture Organization van
de United Nations (FAO), International
Fund for Agricultural Development
(IFAD), United Nations Children’s Fund
(UNICEF), World Food Programme
(WFP) en de World Health Organization
(WHO)*⁸

Voorwoord

Geen dag gaat voorbij of u hoort dat het einde der tijden nabij is. Orkanen, overstromingen, droogte, bosbranden, hittegolven, steevast is het volgens invloedrijke internationale organisaties als de VN, het IPCC en de WHO de schuld van 'klimaatverandering'. De term klimaatverandering staat hier tussen aanhalingstekens want feitelijk bedoelt men 'de klimaatverandering die het gevolg is van onze uitstoot van broeikasgassen en dan met name door het gebruik van fossiele brandstoffen'. De termen klimaatverandering en CO₂ zijn volledig uitwisselbaar geworden.

De Amerikaanse onderzoeker Indur Goklany schreef eerder (in 2007) het boek *The Improving State of the World*, waarin hij net als Bjorn Lomborg of Matt Ridley beschrijft dat het juist op vele fronten steeds beter gaat in de wereld, zowel met de mensheid als met het milieu.

Die kennis neemt Goklany mee in dit rapport dat hij eerder dit jaar voor de Global Warming Policy Foundation schreef. Hij legt tal van belangrijke indicatoren voor mens en milieu langs de klimaatmeetlat. Is het inderdaad zo dat sinds wij massaal CO₂ zijn gaan uitstoten zaken bergafwaarts gaan?

U zult versteld staan van de uitkomsten. Vrijwel niets van de ellende die ons wordt voorgespiegeld blijkt te zijn uitgekomen. Ja er is een toename van hittegolven en daar kunnen ook mensen aan overlijden. Maar door economische ontwikkeling overlijden er juist steeds minder mensen aan zowel hitte als koude. Het aantal slachtoffers door weerrampen is sowieso spectaculair afgenomen evenals de schade door zulke rampen.

Ook op het gebied van honger, ziekte, inkomensongelijkheid, landbouwproductie is er geen enkele negatieve relatie met CO₂ te leggen. Het enige dat nog ontbreekt in dit rapport is Goklany's analyse waarom alle officiële instanties er zo enorm naast zitten. Maar dat bewaren dan maar voor een andere keer.

Dit rapport is een welkome afwisseling aan het einde van een jaar dat wederom in het teken van rampspoed stond, zowel vanwege corona als vanwege al die andere vermeende 'crises' (klimaat, stikstof, biodiversiteit etc.) waardoor de mensheid geplaagd zou zijn. We zullen de nieuwe ministers van klimaat en stikstof een exemplaar sturen.

Marcel Crok, medeoprichter CLINTEL



1

Het narratief

Het narratief over klimaatverandering, zoals weergegeven door de citaten op de vorige pagina, is dat het tot grotere weersextremen en natuurbranden leidt en dat het de beschikbaarheid van drinkwater en oogsten onder druk zet. Verder wordt door klimaatverandering de gezondheid van de wereldbevolking bedreigd, nemen honger, armoede en mortaliteit toe, en zijn de productiviteit van de biosfeer en de habitat voor dier- en plantensoorten in gevaar. Men beweert dat de gevolgen van klimaatverandering het welzijn van de mens en de vitaliteit van zijn leefomgeving beperken, tenzij men zo snel mogelijk ingrijpende maatregelen neemt om de uitstoot van broeikasgassen te stoppen.⁹ In deze studie worden klimaatafhankelijke indicatoren getoetst aan dit standaardverhaal. Het is een bespreking van statistisch materiaal over weersextremen, bosbranden, drinkwater, infectieziektes en indicatoren van welzijn en welvaart, zoals economische ontwikkeling, armoedecijfers, levensverwachting, agrarische opbrengsten en akkerland per capita. Aangezien klimaatverandering een mondiaal verschijnsel is, ligt de focus op indicatoren op mondiale schaal. Maar het gaat ook over trends in de Verenigde Staten en in mindere mate over China en India (die samen meer dan een derde van de wereldbevolking uitmaken) en, waar beschikbaar, geaggregeerde gegevens over ontwikkelende - of ontwikkelingslanden. Met de kanttekening dat een trend in een land of werelddeel niet representatief hoeft te zijn voor de wereld in zijn geheel. Klimaatverandering moet niet worden verward met weersverandering. Daarom ligt de focus op langetermijnontwikkelingen. De waarnemingsperiode moet lang genoeg zijn om veranderend weer tot klimaatverandering te kunnen bestempelen. Klimaat betreft het gemiddelde weer over een periode van 30 jaar. Daarom moet de waarnemingsperiode minimaal twee 30-jarige tijdvakken beslaan. Bovendien moet het minimaal één gehele atmosferische- of oceaancyclus omvatten. Zo'n cyclus heeft namelijk gevolgen voor de weersverschijnselen in een gebied. Een voorbeeld is de Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) die neerslag en droogte beïnvloedt aan beide zijden van de Atlantische Oceaan. Deze heeft een periode van 60 tot 80 jaar.¹⁰ Idealiter omvat de minimale periode voor het interpreteren van zowel weersverschijnselen als klimaatverschijnselen een aantal van deze periodes. Tenzij expliciet vermeld bedoel ik met klimaatverandering de door broeikasgassen veroorzaakte klimaatverandering.

2

Extreem weer



Volgens het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) is de aarde door menselijke activiteiten sinds het pre-industriële tijdperk ongeveer 1 °C warmer geworden.¹¹ Klimaatverandering zou niet alleen hittegolven verergeren, maar ook de frequentie en/of de intensiteit van diverse extreme weersomstandigheden, zoals cyclonen (in Amerika orkanen genoemd en in Azië en de Stille Oceaan tyfoons), waardoor het aantal door het weer veroorzaakte sterfgevallen en de economische verliezen zouden toenemen. In dit hoofdstuk worden empirische trends onderzocht in:

- de verschillende categorieën van extreme weersomstandigheden
- gerelateerde sterfte en economische verliezen.

Extreme temperaturen

Volgens de meest recente IPCC-evaluatie¹² is het 'zeer waarschijnlijk dat het aantal koude dagen en nachten sinds 1950 is afgenomen en het aantal warme dagen en nachten op wereldschaal is toegenomen, dat wil zeggen voor landgebieden waarover voldoende gegevens beschikbaar zijn. Het is waarschijnlijk dat dergelijke veranderingen zich ook hebben voorgedaan in het grootste deel van Noord-Amerika, Europa, Azië en Australië.' In deze gebieden zouden de hittegolven dus moeten zijn toegenomen, terwijl de koudegolven moeten zijn afgenomen. Het rapport heeft echter weinig tot geen vertrouwen in de historische trends in dagelijkse temperatuurextremen in Afrika en Zuid-Amerika in deze periode, omdat er onvoldoende gegevens zijn of omdat de trends gemengd zijn.¹³ Ook moet worden opgemerkt dat de periode van 1950 tot heden slechts een klein deel van de geschiedenis van de aarde beslaat.

In sommige regio's met langduriger registraties en een grotere dekking blijkt uit empirische gegevens dat hittegolven in het verleden extremer waren, bijvoorbeeld in de VS in de jaren 1930, toen de atmosferische CO₂-concentraties een kwart lager waren dan die van vandaag (zie figuur 1).¹⁴ Bovendien leveren krantenberichten uit Australië uit dezelfde periode en uit de 19e eeuw het bewijs van extreme hittegolven waarvan de intensiteit en de omvang die van recente datum overtroffen.¹⁵ Ook blijkt uit (proxy-)gegevens voor China dat, hoewel extreem koude winters tussen 1500 en 1900 vaker voorkwamen dan na 1950, 'de intensiteit van regionale hittegolven, in de context van de recente opwarming van de aarde, in feite wellicht niet groter is dan de natuurlijke klimaatvariabiliteit van de afgelopen 2000 jaar.'¹⁶

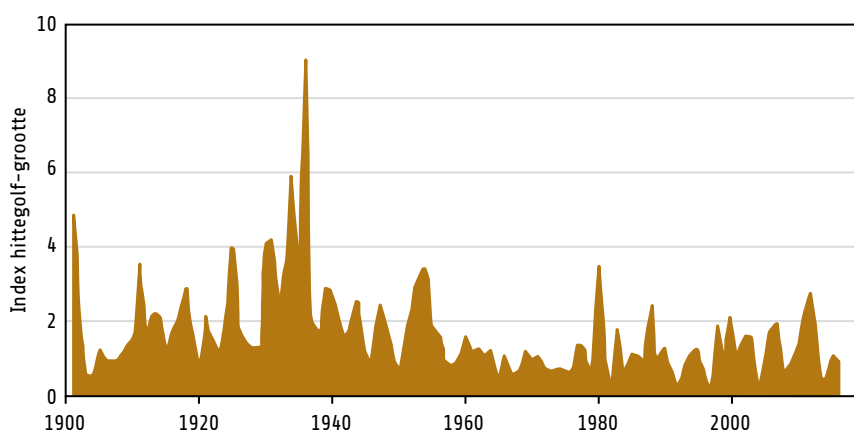


Fig. 1: Hittegolven in de VS.

Bron: USGCRP (2017), p.191, Figure 6.4.

Cyclonen

Figuur 2 toont een grafiek van alle orkanen (bovenste paneel) en zware orkanen (onderste paneel) die de VS hebben getroffen van 1900 tot 2017. Geen van beide vertoont een stijgende trend.

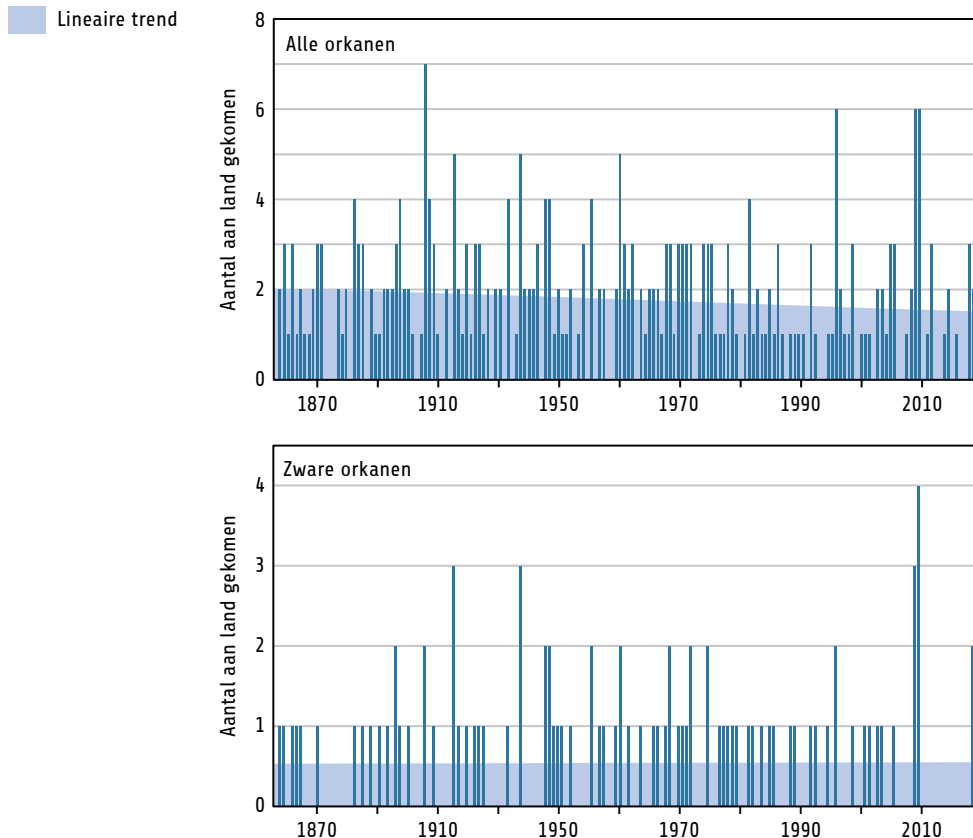


Fig. 2: Orkanen die aan land komen in de continentale VS, 1851-2018.

Let in het bijzonder op de 12-jarige 'schaarste' aan zware orkanen van 2005-2017. Bron: National Hurricane Research Division. Zie ook Klotzbach et al. (2018).

Dit is in lijn met een onderzoek uit 2012, waarin geen significante toename werd gevonden in de frequentie of intensiteit van alle of zware orkanen die aan land komen, noch voor de hele wereld, noch voor de vijf grote orkaanproducerende bekkens (noorden Atlantische Oceaan, noordoostelijke Stille Oceaan, westelijke noordelijke Stille Oceaan, noordelijke Indische Oceaan en het zuidelijk halfrond).¹⁷

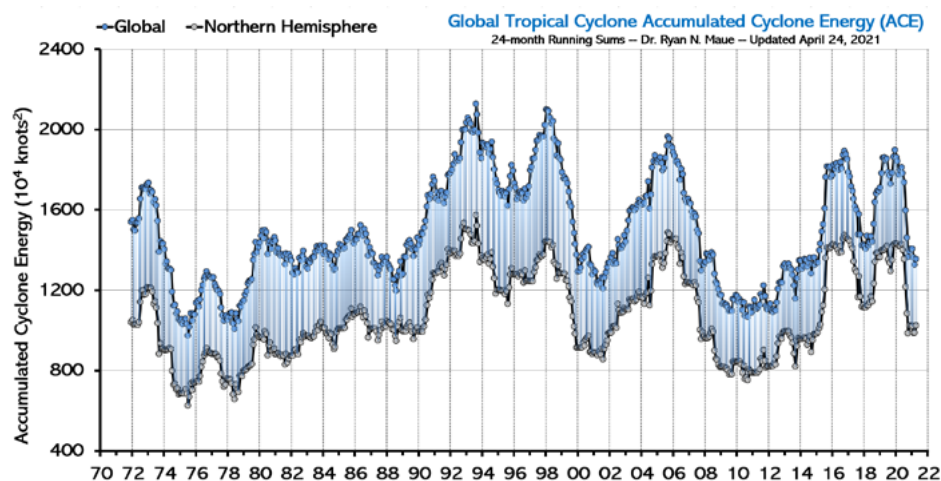


Fig. 3: Wereldwijde ACE en ACE op het noordelijk halfrond.

24-maandelijke voortschrijdende totalen. De data voor de wereld en voor het noordelijk halfrond zijn zoals aangegeven in de figuur. Het zuidelijk halfrond is in feite de ruimte tussen de twee lijnen. Bron: <https://policlimate.com/tropical/>, gebaseerd op een update van Maue (2011).

Evenzo is er, zoals blijkt uit figuur 3, geen opwaartse trend in de geaccumuleerde cycloonenergie (ACE) van orkanen. Dit is een maatstaf voor de cumulatieve energie van orkanen (of hun destructieve potentieel).¹⁸ Deze is zowel wereldwijd van toepassing, als afzonderlijk voor het noordelijk en het zuidelijk halfrond.

Tornado's

In de loop der jaren is het aantal tornado's (wervelstormen) dat in de VS (uitgezonderd Alaska en Hawaï) wordt gemeld en/of waargenomen, aanzienlijk toegenomen. Deze toename wordt toegeschreven aan een combinatie van verbeterde opsporingstechnieken (b.v. Doppler-radar) en een toename van het aantal getrainde waarnemers.¹⁹

Hoe sterker de tornado, hoe kleiner de kans dat hij vroeger aan de waarneming zou zijn ontsnapt. Daarom kunnen tornadotrends beter worden gebaseerd op trends in sterkere tornado's. Figuur 4 toont de trend in ernstige (F3) en verwoestende of ergere (F4 en F5) tornado's voor de VS van 1950 tot 2017. Het is duidelijk dat het aantal zware tornado's in de loop van de tijd is afgenomen.

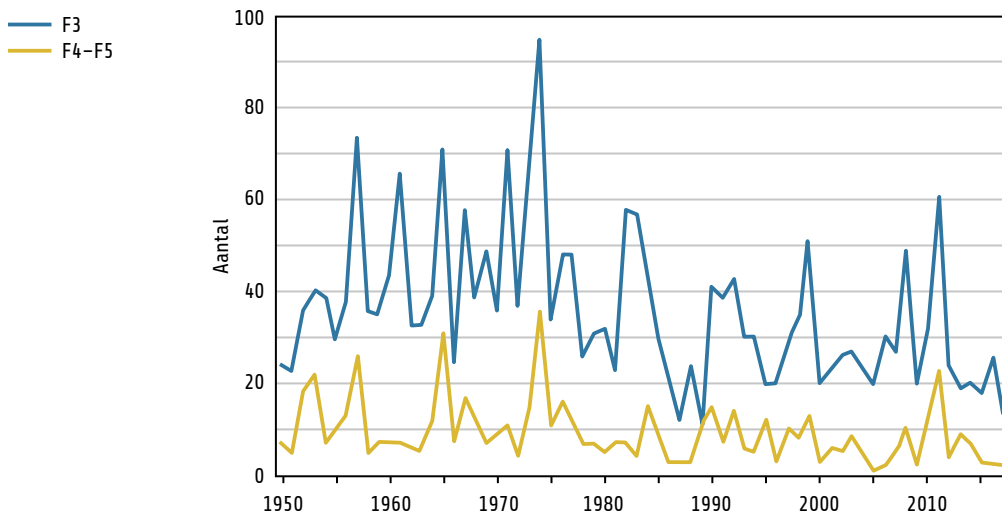


Fig. 4: Krachtige tornado's in de VS, 1950-2017.

Bron: S. Hinson, NOAA, persoonlijke communicatie, 2019.

Overstromingen

Algemeen wordt aangenomen dat door klimaatverandering de neerslag wereldwijd toeneemt en dat is ook daadwerkelijk gebeurd. Het is een kleine stap om dan te speculeren over overstromingen die meer kunnen gaan optreden. Maar, zoals in een recente studie getiteld *If precipitation extremes are increasing, why aren't floods?* wordt opgemerkt: 'bewijs voor toename van overstromingen blijft afwezig. Als er al iets geconcludeerd kan worden, dan is het dat de omvang van overstromingen aan het afnemen is.'²⁰

Deze verklaring strookt met het *Climate Science Special Report*, waarin wordt opgemerkt dat 'het IPCC [vijfde rapport] geen veranderingen in overstromingen toeschrijft aan antropogene invloeden, noch melding maakt van detecteerbare veranderingen in overstromingsomvang, -duur of -frequentie.'²¹ Dit wordt ondersteund door een onderzoek van de gegevens over de jaarlijkse maximale dagafvoer bij 9213 stations over de hele wereld, waaruit bleek dat er meer stations waren met significant dalende trends dan significant stijgende trends. Het bewijs voor de hypothese dat het overstromingsgevaar toeneemt, is dus beperkt.²² Er is derhalve sprake van een zekere paradox: toenemende neerslag maar minder overstromingen. Als verklaringen worden onder meer genoemd: een daling van de voorafgaande bodemvochtigheid, een afname van de stormomvang, een afname van het smeltproces van de sneeuw en van de sneeuwomvang, en veranderingen in de bodembedekking.²³

In de Verenigde Staten zijn ‘de trends in extreem hoge waarden van het debiet gemengd. Een analyse van 200 Amerikaanse meetpunten geeft gebieden aan met zowel toenemende als afnemende overstromingen, maar levert geen robuust bewijs dat deze trends kunnen worden toegeschreven aan menselijke invloeden.’²⁴ Deze bevinding wordt ondersteund door een studie van 1204 ‘minimaal veranderde’ stroomgebieden in Noord-Amerika en Europa, waarin ‘geen overtuigend bewijs werd gevonden voor consistente veranderingen in de loop der tijd in het optreden van grote overstromingen.’²⁵ In dezelfde studie werd vastgesteld dat het zich voordoen van overstromingen beter leek samen te hangen met de Atlantic Multidecadal Oscillation – een cyclisch klimaatverschijnsel – dan met de tijd (die in de afgelopen eeuw of langer kan worden beschouwd als een plaatsvervanger voor het CO₂-niveau of de temperatuur op aarde).

Droogte

Voor de VS is de trend in droogte van augustus 1895 tot juli 2019, als er al een trend is, neerwaarts geweest (figuur 5).²⁶ Deze trend ging gepaard met een toename van de neerslag op lange termijn.²⁷

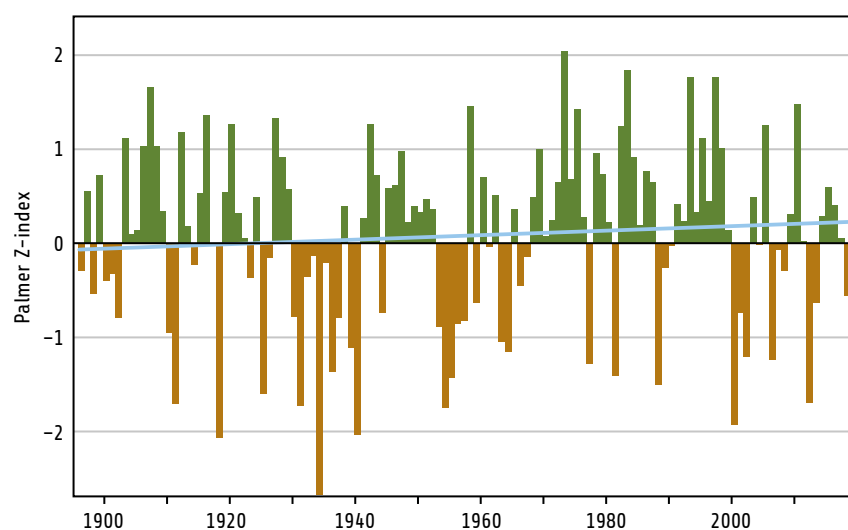


Fig. 5: Droogte zoals gemeten door de Palmer Z-index voor de VS, 12-maandengemiddelden, augustus 1895-juli 2019. Bruin betekent droogte, groen betekent geen droogte (ten opzichte van het gemiddelde). De blauwe lijn is de trend. Bron: NOAA, 2019.

Bovendien ‘blijft het Dust Bowl-tijdperk van de jaren 1930 op grond van de geografische schaal en de duur, hét ijkpunt voor droogte en extreme hitte in de historische gegevens.’²⁸

Op wereldschaal merkt het IPCC op dat er weinig vertrouwen is in enige droogtetrend.²⁹ Deze suggestie werd bevestigd door een analyse van neerslaggegevens van 1980 tot 2012, waarbij een significante positieve trend in het droogtegebied op het zuidelijk halfrond werd vastgesteld, maar geen significante trend op het noordelijk halfrond of, wat nog belangrijker is, op de hele wereld.³⁰ Een soortgelijke studie vond geen toename van het mondiale droogtegebied van 1982 tot 2012.³¹ Figuur 6 toont het totale mondiale droogtegebied van 1950 tot 2018.³² Het suggereert veranderingen in het begin van de jaren '80, maar geen daaropvolgende toename van het droogtegebied. Er is ook wel verondersteld dat de intensivering van de hydrologische cyclus als gevolg van klimaatverandering, ertoe zou leiden dat droge gebieden droger zouden worden en natte gebieden natter. Uit een analyse van wereldwijde gegevensreeksen voor evapotranspiratie (gewasverdamping en bodemverdamping), neerslag en potentiële verdamping van 1948 tot 2005 blijkt echter dat ‘op ongeveer driekwart van het landoppervlak wereldwijd geen grote droogteveranderingen kunnen worden waargenomen.’³³ Slechts 10,8% van het landoppervlak wereldwijd vertoont een duidelijk ‘droog wordt droger, nat wordt natter’-patroon, vergeleken met 9,5% van het landoppervlak wereldwijd met het tegenovergestelde patroon, dat wil zeggen ‘droog wordt natter, en nat wordt droger.’ Met andere woorden, de hydrologische cyclus wordt niet duidelijk intenser.

■ Gematigd
■ Ernstig
■ Extreem

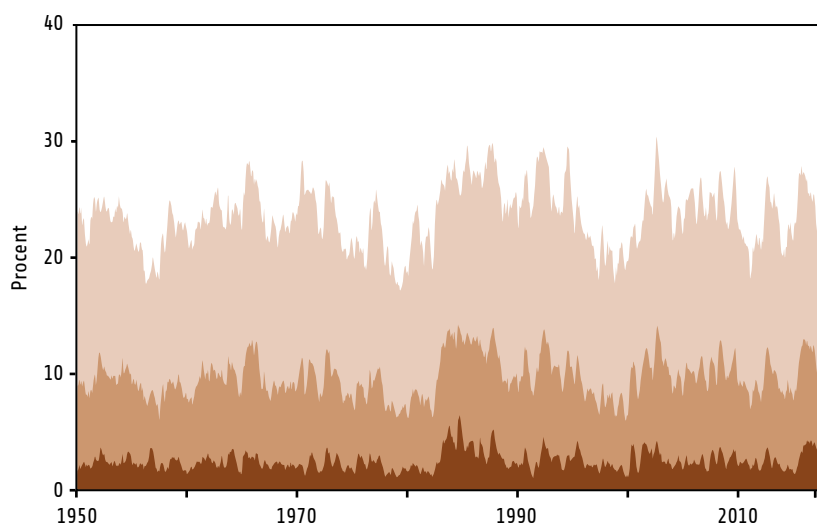


Fig. 6: Wereldwijde droogte 1950-2018.

Percentage van het landoppervlak wereldwijd (exclusief ijskappen en woestijnen) in droogte, naar hevigheid, op basis van de zelfkalibrerende Palmer Drought Severity Index.

Bron: Barichivich et al. (2019, 540).

Bovendien blijkt uit een overzicht van paleoklimatologische gegevens dat de droogteperiodes van vandaag niet bijzonder opmerkelijk zijn wanneer ze in historische context worden geplaatst. De studie meldt: ‘ernstige droogteperiodes zoals die zijn gereconstrueerd voor Noord-Centraal Europa in de 11e eeuw en het midden van de 15e eeuw, versterken andere aanwijzingen uit Noord-Amerika en Azië dat er vóór de 20e eeuw op het noordelijk halfrond sprake was van ernstigere, omvangrijkere en langdurigere droogteperiodes.’³⁴

Nog belangrijker is dat de bezorgdheid over droogte wordt gevoed door de vrees dat mensen geen water meer zullen hebben om te drinken, om gewassen te telen en in andere menselijke en milieu-behoefte te voorzien. Deze bezorgdheid wordt nog versterkt door het feit dat de bevolking blijft toenemen. Niettemin is de toegang tot veiliger water in feite toegenomen (zie figuur 7), evenals de oogstopbrengsten wereldwijd (zie hoofdstuk 5).

— Wereld
— Zuid-Azië
— India
— China
— Minder Ontwikkelde Landen
— Sub-Sahara-Afrika

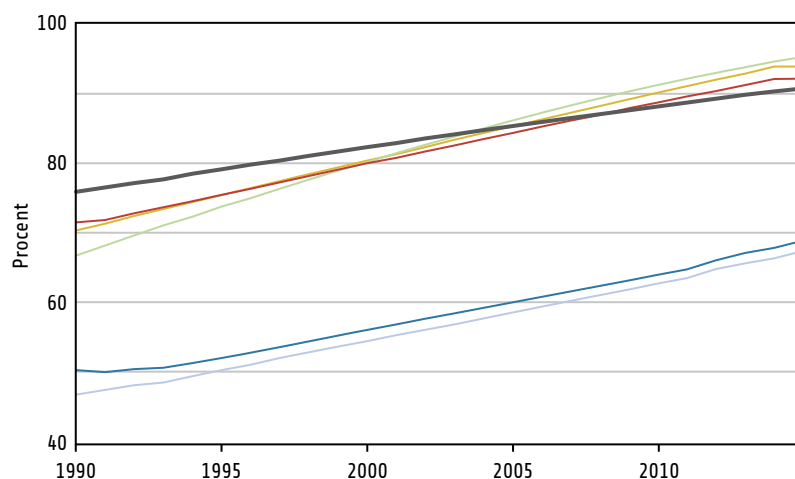


Fig. 7: Toegang tot schoon water, 1990-2015.

Percentage van de bevolking met toegang tot verbeterde waterbronnen voor verschillende landen en landengroepen.

Bron: WDI (2019).

Met andere woorden, ondanks de toenemende druk op de watervoorraden, is het vermogen van de samenleving om de diensten te leveren die mensen direct of indirect van water verlangen, paradoxaal genoeg toegenomen, waarschijnlijk als gevolg van technologische verbeteringen gestimuleerd door economische ontwikkeling, waardoor betere technologieën betaalbaarder worden.³⁵ Dit suggereert dat analyses van de effecten van klimaatverandering verder moeten gaan dan de biofysische effecten van het klimaat en rekening moeten houden met het aanpassingsvermogen van de mens.

Sterfte

Aangezien, zoals we zojuist hebben gezien, de frequentie, duur en intensiteit van extreme weersomstandigheden (Extreme Weather Events, EWE's) niet zijn toegenomen, zou men kunnen verwachten dat het wereldwijde sterftecijfer als gevolg van al deze gebeurtenissen min of meer constant is. Maar, zoals figuur 8 laat zien, is het sterftecijfer als gevolg van extreem weer sinds de jaren twintig van de vorige eeuw wereldwijd met 98,9% gedaald. Nog opmerkelijker is het feit dat het jaarlijkse aantal sterfgevallen als gevolg van dergelijke gebeurtenissen in deze periode met 96,1% is gedaald, ondanks een meer dan verdrievoudiging van de wereldbevolking. Opmerkelijk is dat het overgrote deel van deze verminderingen plaatsvond voordat klimaatverandering een punt van zorg werd voor het publiek en de beleidsmakers (aantoonbaar niet eerder dan de ondertekening van het Klimaatverdrag van Rio in 1992). Dit suggereert dat autonome aanpassing onder invloed van welvaart en technologische verandering een natuurlijke menselijke reactie is op waargenomen bedreigingen en dat dit effect moet worden meegenomen in ramingen van toekomstige gevolgen van klimaatverandering.³⁶

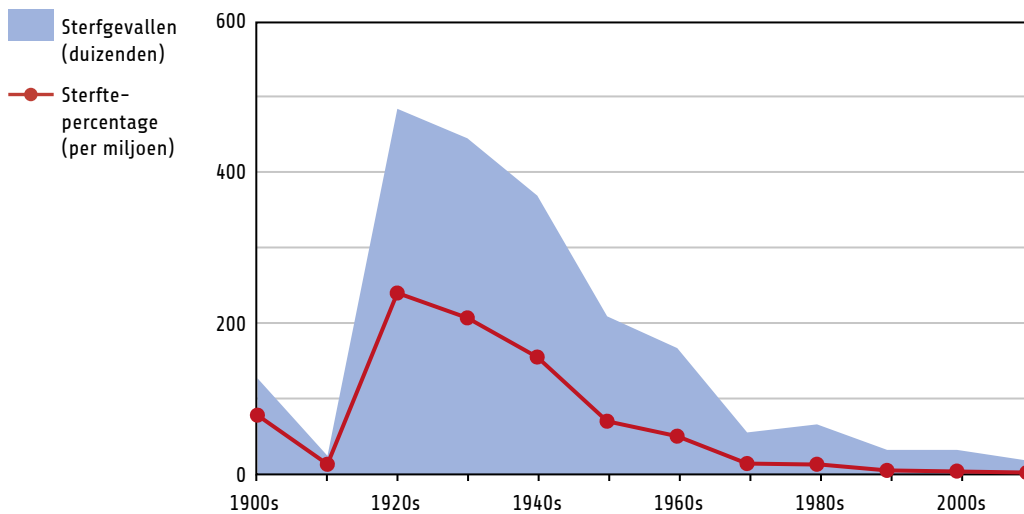


Fig. 8: Gemiddelde jaarlijkse sterfgevallen en sterftecijfers van alle EWE's, 1900-2018.

Bron: bijgewerkt op basis van Goklany (2009b), met gebruikmaking van WDI (2019) en EM-DAT (2019).

Om dit in de juiste context te plaatsen: het gemiddelde jaarlijkse dodental als gevolg van alle EWE's in 2010-2018 was 19.021. Dit is slechts 0,035% van het huidige wereldwijde jaarlijkse dodental door alle oorzaken van ongeveer 55 miljoen (WHO, 2016). Desondanks krijgen EWE's duidelijk een onevenredig deel van de publiciteit.

De bovenstaande schatting (0,035%) vertegenwoordigt ook slechts een klein deel van de sterfgevallen die kunnen worden toegeschreven aan abnormale temperaturen. Elke locatie lijkt een optimale temperatuur te hebben waarbij sterfte minimaal is³⁷, en deze blijkt te variëren tussen het 60e percentiel van de gemiddelde dagtemperatuur voor sommige tropische landen tot meer dan het 90e percentiel in sommige gematigde landen.³⁸ Figuur 9 laat zien dat de meeste optimale temperaturen zijn geclusterd tussen het 78e en 93e percentiel.

Veel meer sterfgevallen zijn toe te schrijven aan abnormaal koude dan aan abnormaal warme dagen (zie figuur 10). Uit een analyse van meer dan 74 miljoen sterfgevallen op 384 locaties in 13 landen blijkt dat sterfgevallen door abnormale koude 17 keer zo vaak voorkomen dan sterfgevallen door abnormale warmte. Zelfs in een warm land als India is de verhouding bijna 14.³⁹ Ook is geschat dat extreme koude en warme temperaturen samen verantwoordelijk zijn voor minder dan 1% van de totale sterfte, negen keer minder dan abnormale temperaturen.⁴⁰

Er is substantieel bewijs voor een daling van het sterftecijfer door hitte in verscheidene landen in de afgelopen jaren, wat wijst op aanpassing en/of acclimatisering. Het relatieve risico in verband met hoge temperaturen is tussen 1993 en 2006 aanzienlijk gedaald in de VS, Japan en Spanje;⁴¹

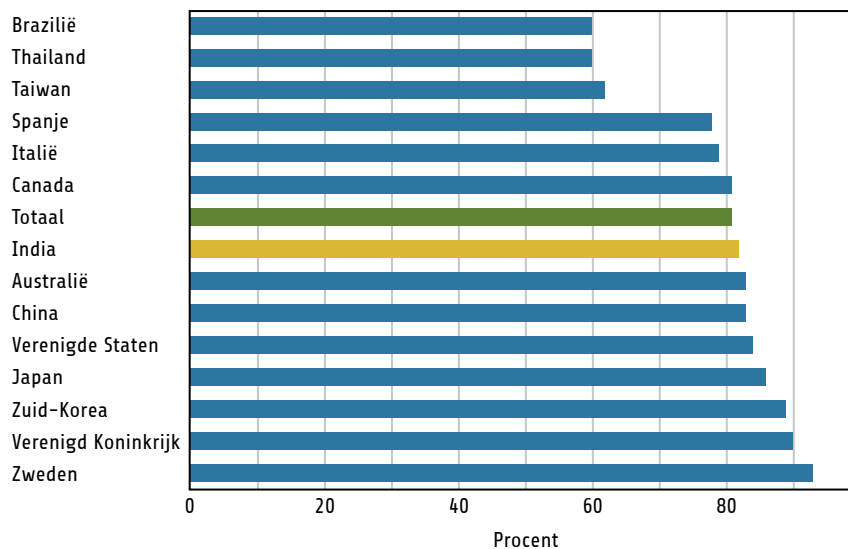


Fig. 9: Optimale gemiddelde dagtemperatuur waarbij de sterfte minimaal is, uitgedrukt als een percentiel van de gemiddelde dagtemperatuurverdeling.

Bron: Gasparrini et al. (2015), behalve voor India, door Fu et al. (2018). De totale staaf is gebaseerd op de geaggregeerde sterfgevallen voor de landen in blauw.

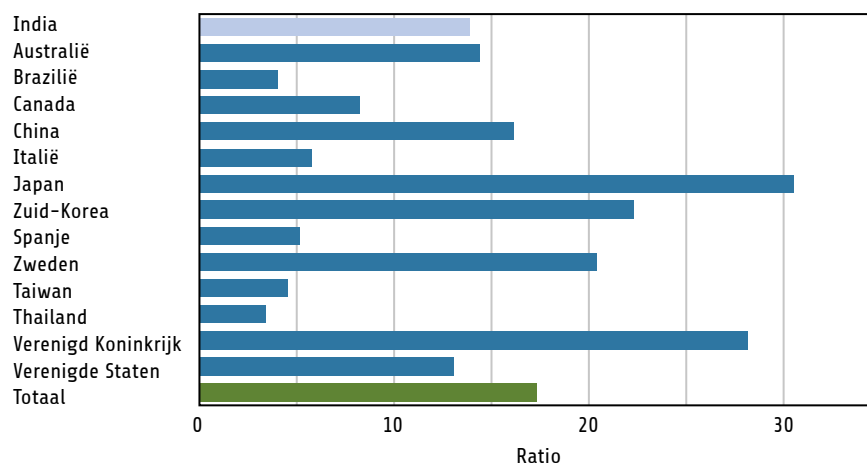


Fig. 10: Verhouding tussen sterfgevallen ten gevolge van temperaturen die kouder zijn dan het optimum en sterfgevallen ten gevolge van temperaturen die warmer zijn dan het optimum.

Bron: Gasparrini et al. (2015), behalve voor India, door Fu et al. (2018). De totale staaf is gebaseerd op de geaggregeerde sterfgevallen voor de landen in blauw.

de daling in Canada was niet significant, en in bepaalde andere landen waren de veranderingen klein of statistisch niet significant. Interessant is dat de auteurs vaststelden dat het risico voor de bevolking van de VS 'in 2006 volledig lijkt te zijn verdwenen voor zomertemperaturen onder het 99e percentiel'. Uit een andere studie bleek dat, ondanks een eventueel stedelijk hitte-eilandeffect, het sterftecijfer in de VS op warme dagen in de loop van de 20e eeuw met 80% was gedaald.⁴² Samenlevingen kunnen zich beter aanpassen aan hitte dan aan koude. Uit een studie van 53 gemeenschappen in Japan en Korea bleek dat het relatieve sterfterisico bij hittegolven in de loop van de tijd afnam, maar blijkbaar toenam bij koudegolven.⁴³ En een analyse van trends in landenspecifieke temperatuurgerelateerde sterftecijfers, bevestigde niet alleen dat koudegerelateerde sterfte aanzienlijk hoger is dan hittegerelateerde sterfte,⁴⁴ maar wees ook uit dat ondanks opwarmingstrends, het aantal hittegerelateerde sterfgevallen in de loop van de studieperiode in 7 van de 10 bestudeerde landen afnam. De trends in koudegerelateerde sterfte waren minder consistent, met in 5 landen een afname en in 1 land een toename.

Ten slotte is er aangetoond dat de winter sneller opwarmt dan de andere seizoenen en dat de nachttemperaturen sterker zijn gestegen dan de dagtemperaturen.⁴⁵ Deze veranderingen zijn in overeenstemming met de verwachtingen inzake klimaatverandering en suggereren dat, *ceteris paribus* (voor het overige gelijk blijvend), in de toekomst de daling van het aantal sterfgevallen door koude groter zou moeten zijn dan de stijging van het aantal sterfgevallen door hitte.

Economische verliezen

Figuur 11 laat zien dat de wereldwijde economische verliezen als gevolg van EWE's als percentage van het bruto binnenlands product (bbp) tussen 1990 en 2018 zijn gedaald. Voor de VS is er, na correctie van de gegevens voor de groei van de bevolking, de risicodragende activa en het bbp, blijkbaar geen toename op lange termijn van de economische verliezen door orkanen,⁴⁶ overstromingen,⁴⁷ of tornado's.⁴⁸ Een analyse van de verliezen door met het weer samenhangende rampen in China tussen 1985 en 2014 vertelt een soortgelijk verhaal.⁴⁹

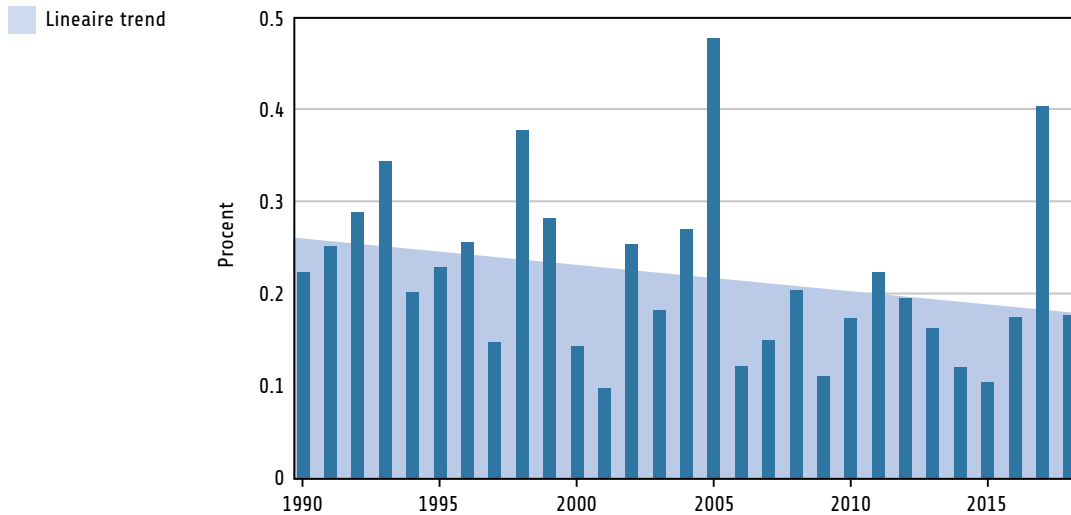


Fig. 11: Wereldwijde verliezen als gevolg van het weer, als percentage van het mondiale BBP, 1990-2018.

Bron: Pielke, Jr (2019), beschikbaar op <https://rogerpielkejr.com/2019/01/10/tracking-progress-on-disasters-2018-update/>

3

Bosbranden

Een van de risico's van klimaatverandering is dat daardoor het aantal bosbranden zou kunnen toenemen. Dit zou dan onder meer gevolgen hebben voor bossen, andere ecosystemen, de volksgezondheid en de waterkwaliteit.⁵⁰ Het blijkt echter dat in het verleden – zowel vóór 1930 als in het pre-industriële tijdperk – waarschijnlijk meer gebied door bosbranden is verbrand.⁵¹ Analyses van houtskool in ijskernen, meer- en zeesedimenten en boomringen suggereren dat het niveau van vuuractiviteit sterk varieert door de eeuwen heen, maar ‘over het algemeen nam het aantal branden toe tot een piek rond 1850 voordat het afnam tot het huidige niveau.’⁵² Het lijkt er ook op dat het huidige areaal dat door bosbranden is verbrand, aanzienlijk kleiner is voor Californië in het bijzonder, en de wereld in het algemeen:

*Op langere tijdschalen suggereren Mallek et al. dat het [huidige] verbrande gebied slechts 14% is van het [pre-industriële] verbrande gebied in Californië. Arora en Melton suggereren een algemene wereldwijde afname van 25-30% in verbrand gebied sinds het [pre-industriële tijdperk]. Deze afname van het aantal branden is het gevolg van menselijke activiteiten: passieve brandbestrijding door versnippering van het landschap beperkt bijvoorbeeld de verspreiding van branden, terwijl actief beheer van brandbestrijding en wetgeving gericht op verbetering van de luchtkwaliteit elke potentiële antropogene toename van ongewilde ontbranding teniet doen.*⁵³

Uit een recent overzicht van satellietgegevens blijkt dat het mondiale verbrande areaal tussen 1998 en 2015 met 16 tot 33% is afgenomen.⁵⁴ Wat de VS betreft, blijkt uit figuur 12 dat van de jaren 1920 tot 1950 meer land door bosbranden werd verbrand dan nu het geval is, met pieken van vier tot vijf keer het huidige niveau in de jaren 1930, toen in de VS ook de ergste hittegolven van de afgelopen eeuw plaatsvonden (zie figuur 1). Dit suggereert dat, hoewel het weer van invloed kan zijn, landbeheer en brandbestrijding belangrijkere factoren kunnen zijn die mede bepalen welke oppervlakte jaarlijks door bosbranden wordt verwoest.

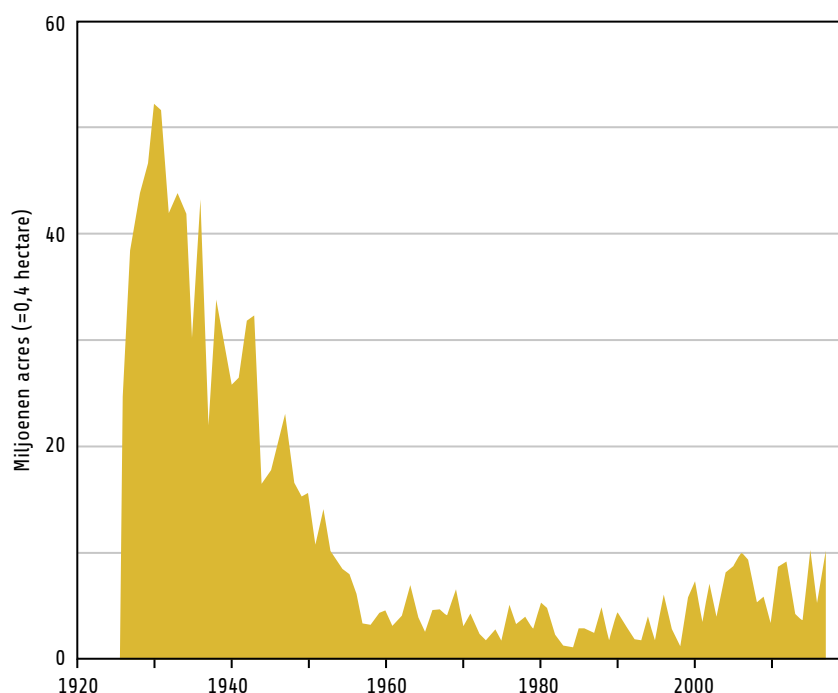


Fig. 12: Door bosbranden verbrand gebied, VS, 1926-2017.

Bron: US National Interagency Fire Center (2018), https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_statistics.html.

4

Ziekten



Er wordt beweerd dat opwarming het effect van klimaat- en weersgevoelige ziekten zou kunnen vergroten. Daartoe behoren diarreeziekten, als ook ziekten die worden overgedragen of verspreid door organismen waarvan de levenscyclus gevoelig is voor temperatuur, de aanwezigheid van water of andere klimatologische en weerfactoren. De impact van ziekten wordt op twee verschillende manieren gemeten: sterfte en de mondiale ziektelast (global burden of disease – GBD), die een maat is voor het nuttige leven dat verloren gaat door ziekte. De GBD wordt gemeten in verloren gezonde levensjaren (disability-adjusted life years lost – DALY's).

Parasitaire- en infectieziekten

In de periode 2000-2016 is de GBD voor parasitaire en infectieziekten met 42% gedaald.⁵⁵ Van de 13 ziekten die door de WHO in deze categorie zijn opgenomen⁵⁶, heeft alleen dengue (knokkelkoorts) de trend doorbroken, maar dit is een relatief zeldzame ziekte, die in 2016 slechts 6% van het totaal van de categorie uitmaakte. Het is opmerkelijk dat Zika, een andere gevreesde ziekte die vaak in verband wordt gebracht met klimaatverandering, niet eens voorkomt in de WHO-indeling van de ziekten in deze categorie.

Malaria was goed voor ongeveer 72% van de GBD van de categorie in 2016, en 76% in 2000,⁵⁷ dus dat is een redelijke representant voor dergelijke ziekten. In 2017 was malaria verantwoordelijk voor 1,1% van de wereldwijde sterfgevallen, 23% minder dan in 1990.⁵⁸ Figuur 13 geeft aan dat het wereldwijde totale sterftecijfer voor malaria tussen 1900 en 2017 met 96% is gedaald. De daling voor de VS (niet weergegeven) was nog spectaculairder. In 2016 waren er 5 malariadoden in de VS,⁵⁹ een aandeel van 0,0016 sterfgevallen per 100.000 inwoners. In 1900 was dit cijfer 7,9, dus er is een daling van 99,8%.⁶⁰ Figuur 13 laat zien dat er ook elders opmerkelijke verbeteringen zijn: de leeftijdsgestandaardiseerde sterftecijfers voor China, India en Afrika bezuiden de Sahara zijn van 1990-2017 met respectievelijk 55%, 48% en 41% gedaald.⁶¹ Deze verbeteringen kunnen worden toegeschreven aan een betere volksgezondheid, het resultaat van economische ontwikkeling, betere wetenschap en technologie, en de brede verspreiding daarvan. Net als bij de sterftecijfers als gevolg van EWE's (figuur 8) dateren de meeste verbeteringen van vóór de bezorgdheid over klimaatverandering. Zij getuigen van het vermogen van de mensheid om zich aan te passen en de gevolgen van tegenslagen te beperken.

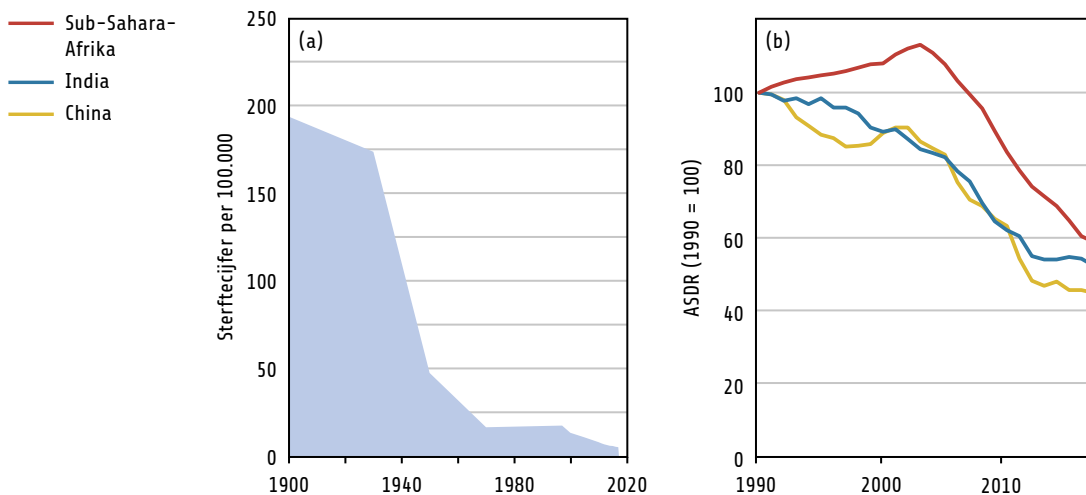


Fig. 13: Malaria sterftecijfers.

(a) Wereldwijd sterftecijfer aan malaria (per 100.000 bevolking), 1900-2017 en (b) Sterftecijfer, gestandaardiseerd naar leeftijd (ASDR) sterftecijfers voor geselecteerde landen/regio's 1990-2016.

Bronnen: WHR (1999), blz. 50, voor 1900-1970; 1990-2017 (IHME 2019), bezocht 6 januari 2020.

Bovendien is de prevalentie van malaria veel gevoeliger voor de kwaliteit van de volksgezondheidsstelsels en de sociaaleconomische omstandigheden dan voor het klimaat, zoals blijkt uit de recente toename van malaria in Venezuela, zelfs toen deze ziekte in de rest van Zuid-Amerika afnam.⁶² In het eerste decennium van de 21e eeuw was de malariaprevalentie in dat land gestabiliseerd op ongeveer 1,5 per 1000 inwoners; in 2017 was deze verzesvoudigd,⁶³ wat meer dan de helft van de gevallen in Noord- en Zuid-Amerika vertegenwoordigt, en twintig keer zo veel is als in 2000.⁶⁴

Diarreeziekten

Diarreeziekten waren in 1990 goed voor 5,6% van de wereldwijde sterfgevallen en in 2017 voor 2,8%: een halving. Figuur 14 laat zien dat tussen 1990 en 2017 het leeftijdsgestandaardiseerde sterftcijfer voor deze ziekten overal is gedaald. Als we verder teruggaan, bedroeg het totale sterftcijfer in de VS door 'diarree en enteritis' 133,2 per 100.000 in 1900,⁶⁵ tegen 2,7 per 100.000 in 2017.^{66,67} Ondanks kleine verschillen tussen de twee classificatieschema's, wijzen de cijfers op een grote daling van het aantal sterfgevallen sinds het begin van de 20e eeuw.

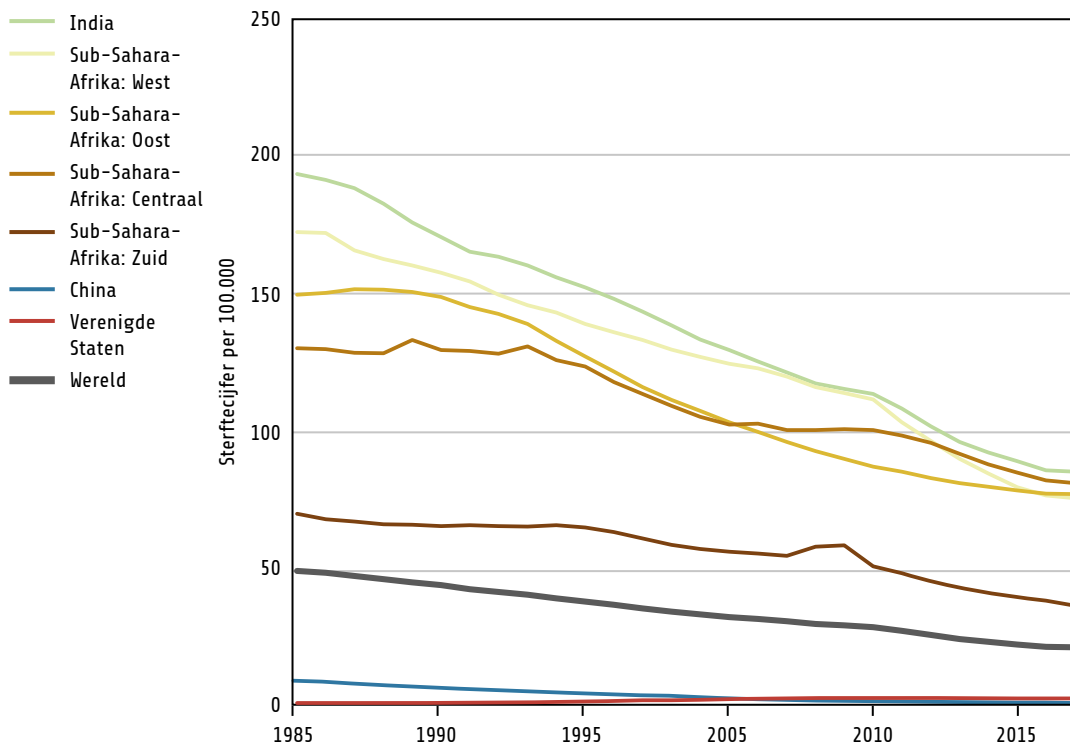


Fig. 14: Sterftcijfers t.g.v. diarreeziekten, 1985-2017.

Sterftcijfers per 100.000 inwoners, leeftijd-gestandaardiseerd.

Bron: OWID, <https://ourworldindata.org/grapher/diarrheal-disease-death-rates>, bezocht op 16 april 2019.

5

Voedsel en honger

Een van de vele punten van zorg omtrent klimaatverandering is dat daardoor de opbrengst van oogsten zou kunnen verminderen en daarmee de mondiale voedselvoorziening, wat op zijn beurt honger en ondervoeding zou kunnen doen toenemen. Granen, exclusief die voor het brouwen van bier, leveren echter 45% van de calorieën in de wereldvoedselvoorziening⁶⁸ en uit gegevens van de VN blijkt dat de graanopbrengst in elk van de volgende geografische gebieden ten minste vanaf 1961 is toegenomen: China, India, de minst ontwikkelde landen en de landen met een laag inkomen en voedseltekort (figuur 15a). Dit heeft op lange termijn bijgedragen tot een toename van de hoeveelheid voedsel per hoofd van de bevolking (figuur 15b) en tot een vermindering van chronische honger of ondervoeding (figuur 15c). Hoewel er van jaar tot jaar schommelingen kunnen zijn (te wijten aan het weer, niet aan klimaatverandering), wijst geen van deze cijfers op een aanhoudende achteruitgang van de voedselzekerheid, ondanks de gestage toename van de CO₂-uitstoot en de eventuele opwarming.

Tabel 1 geeft een overzicht van de algehele veranderingen in opbrengsten en voedselvoorraden gedurende wat kan worden beschouwd als ongeveer de recente periode van opwarming van de aarde. De mondiale graanopbrengsten zijn verdrievoudigd en de voedselvoorraad per hoofd van de bevolking is sinds 1961 met 31% toegenomen. De tabel toont ook meer recente veranderingen in de prevalentie van chronische honger. Deze is aanzienlijk gedaald.

Tabel 1: Verbeteringen in graanopbrengst, voedselvoorraden en honger (%)

TOENAME/AFNAME IN:	CHINA	INDIA	VS	LDC	LIFDC	WERELD
Graanopbrengst, 1961-2017	405	234	228	87	155	201
Voedselvoorraad per capita, 1961-2013	10	22	28	21	22	31
Aandeel chronische honger, 1989-1991 tot 2015-2016	-45	-19	NB	-30	-17	-28

LDC = Minder ontwikkelde landen, LIFDC = Landen met laag inkomen en voedseltekort.

NB = geen schatting beschikbaar. Bron: FAOSTAT (2019).

Het grootste deel van de stijging van de opbrengsten is te danken aan het gebruik van technologieën die afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen. Ten eerste zijn stikstofhoudende meststoffen direct of indirect afkomstig van het Haber-Bosch-proces, waarbij aardgas – of in China, steenkool – als energiebron wordt gebruikt. Geschat wordt dat het Haber-Bosch-proces verantwoordelijk is voor 48% van de wereldvoedselproductie.⁶⁹ Ten tweede zijn synthetische bestrijdingsmiddelen, waarvoor ook fossiele brandstoffen als grondstof worden gebruikt, van levensbelang. Zonder deze pesticiden zouden de oogsten met 26-40% dalen.⁷⁰ Deze twee technologieën alleen al hebben de voedselproductie met meer dan 150% doen toenemen.⁷¹

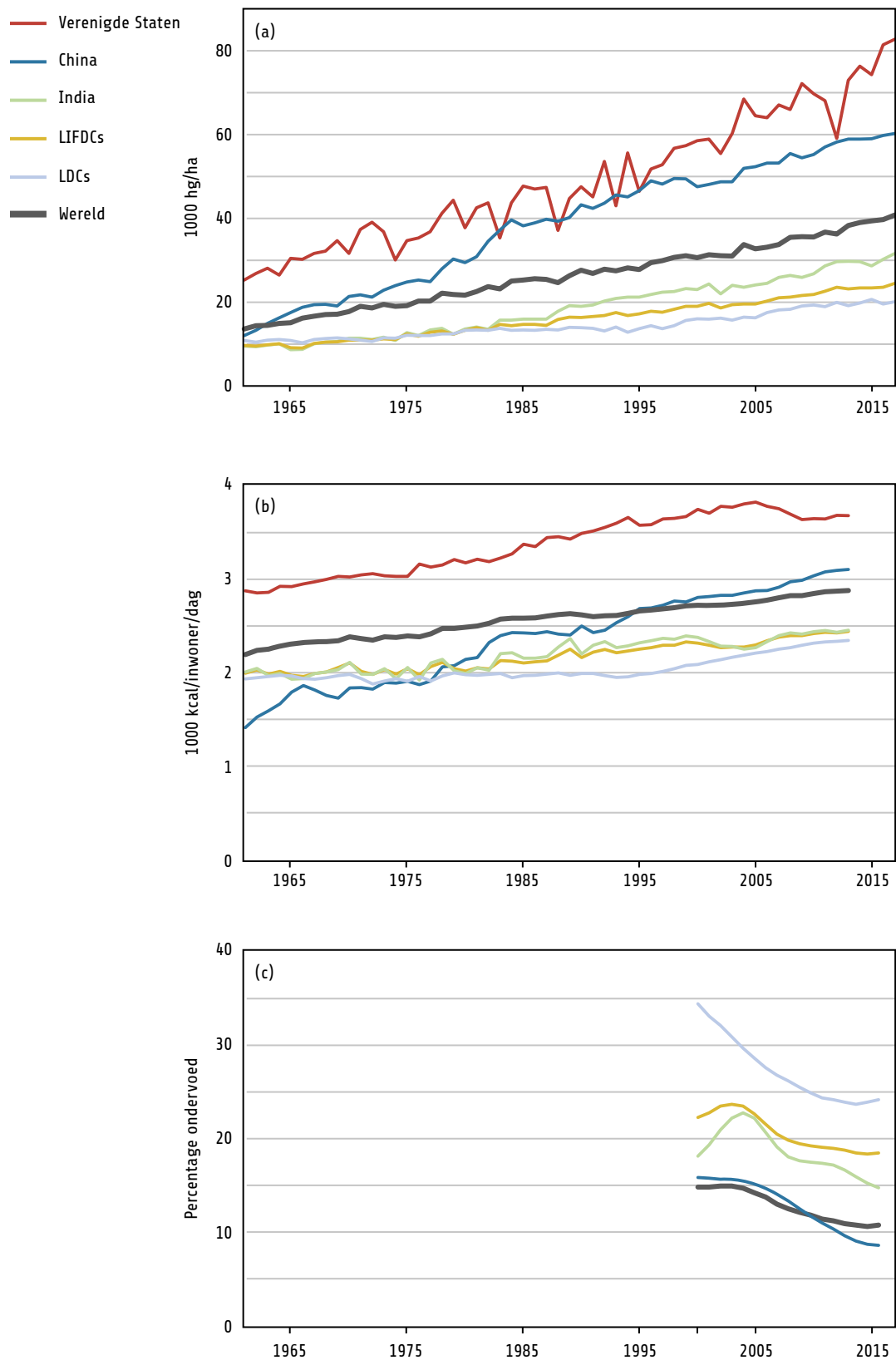


Fig. 15: Verbetering van de voedselsituatie sinds 1961.

(a) Graanopbrengsten, 1961-2016;

(b) Voedselvoorraad, 1961-2013;

(c) Prevalentie van honger, 2000-2016 (voortschrijdend gemiddelde over 3 jaar).

LDC = minst ontwikkelde landen;

LIFDC = landen met laag inkomen en voedseltekort.

Bron: FAOSTAT (2019).

6

Stijging van de zeespiegel



Een andere zorg is dat de zeespiegel stijgt en land zal overspoelen, met alle gevolgen van dien voor (de inwoners van) kustgebieden en eilanden: vloedgolven en stormen, de aantasting van zoetwatervoorraden en verlies van leefgebied en agrarische arealen. Inderdaad stijgt de zeespiegel al sinds de laatste ijstijd. Bijna de gehele stijging van 120 meter is echter van voor de komst van menselijk gebruik van fossiele energie. Stijging van de zeespiegel is normaal in elk interglaciaal, ook in het huidige. Men zou verwachten dat klimaatverandering tot een versnelling van deze stijging leidt.

Men veronderstelt dat het gemiddelde mondiale zeeniveau (global mean sea level, GMSL) sinds 1993 stijgt met 3 millimeter per jaar, met een versnelling van $0,084 \pm 0,025$ millimeter/jaar.^{2,72} In het vijfde rapport van het IPCC wordt opgemerkt dat de huidige zeespiegelstijging groter is dan het gemiddelde in de twintigste eeuw, maar dit is eerder een fluctuatie dan een acceleratie, want:

- de verslagperiode is erg kort, vooral in verhouding tot de lengte van oceanische cycli die zeespiegelstijging zouden kunnen beïnvloeden.
- GMSL 'steeg tussen 1920 en 1950 ongeveer even snel als vanaf 1993'
- er zijn 'eerder gerapporteerde decennialange variaties van het gemiddelde zeeniveau.'⁷³

Men zou verwachten dat stranden en laaggelegen eilanden verdwijnen door de stijging van het zeeniveau. Maar een studie over de toestand van de stranden in de wereld laat zien dat slechts 24% van de stranden verdwijnt met een snelheid van meer dan een halve meter per jaar, terwijl 48% stabiel is en 28% toeneemt in grootte.⁷⁴ De studie leverde ook op dat slechts voor 4% van de zandstranden de erosie meer dan vijf meter per jaar is, terwijl 6% van de zandstranden sneller groeit dan 5 meter per jaar. Deze resultaten zijn in lijn met een recent onderzoek dat liet zien dat de totale oppervlakte van kustgebieden in de wereld met 33.700 km² toenam.⁷⁵ Zeker is deze toename verwaarloosbaar in vergelijking met de totale landoppervlakte op aarde, maar het druist wel tegen de opvatting in dat landoppervlakte verdwijnt.

Een ander strijdig signaal is de recente ontdekking dat koraalatollen niet in grootte afnemen. Een analyse van 30 atollen in de Stille Oceaan en Indische Oceaan, waaronder 709 eilanden, liet zien dat geen atol groter dan 10 hectare kromp, en dat de overgrote meerderheid stabiel was of zelfs groeide in omvang. Slechts 11% van de atollen werd kleiner.⁷⁶ Het werd ook duidelijk dat de 101 eilanden van de Tuvalu-archipel met 3% in omvang zijn gegroeid tussen 1971 en 2014, ondanks het feit dat de zeespiegel ter plaatse twee keer zo snel steeg als het mondiale gemiddelde.⁷⁷ Bangladesh wordt vaak genoemd als land dat bedreigd wordt door stijging van de zee. Maar bij nadere beschouwing van de kustlijn in de afgelopen dertig jaar aan de hand van satellietbeelden, bleek dat de landaangroei het net won van het landverlies. Tussen 1985 en 2015 heeft dit geresulteerd in een netto aangroei van 237 km². Die aangroei is beperkt, maar wel in strijd met het wijdverspreide narratief.⁷⁸

7

Welzijn van de mens

Klimaatverandering zou een bedreiging vormen voor het menselijk welzijn.⁷⁹ In de voorgaande hoofdstukken is aangetoond dat de trends in veel van de factoren die het menselijk welzijn rechtstreeks zouden kunnen beïnvloeden, in tegenstelling tot het standaardverhaal, in feite zijn verbeterd. In dit hoofdstuk bekijk ik enkele van de wat bredere indicatoren van menselijk welzijn om te zien of deze zijn verslechterd, zoals zou worden verwacht volgens het klimaatnarratief. De indicatoren in kwestie hebben betrekking op economische ontwikkeling, levensverwachting, gezondheid, armoede, menselijke ontwikkeling, en toegang tot voorzieningen als elektriciteit, internet en mobiele telefoons.

Economische ontwikkeling en levensverwachting

Twee van de belangrijkste indicatoren van het menselijk welzijn zijn economische ontwikkeling en levensverwachting. Dit waren twee van de drie maatstaven die werden gebruikt in de oorspronkelijke Human Development Indicator van de VN. Economische ontwikkeling, waarvoor ik het BBP per hoofd van de bevolking als surrogaat zal gebruiken, is een maatstaf van materieel welzijn en levensstandaard. Even belangrijk is dat stijgingen van het BBP per hoofd van de bevolking correleren met verbeteringen in een breed scala van andere indicatoren van menselijk inkomen en rijkdom:

- inkomen en bezit
- daling van de zuigelingen-, kinder- en moedersterfte
- vermindering van onvrijwillige honger, kinderarbeid en armoede
- verbeteringen in de gezondheidstoestand alsmede in onderwijsstatus en -resultaten
- uitgaven voor gezondheid, onderzoek en ontwikkeling⁸⁰

Daarnaast weerspiegelt de levensverwachting, waarschijnlijk de belangrijkste indicator van het menselijk welzijn, veranderingen in:

- zuigelingen-, kinder- en moedersterfte
- gezondheid (en gezondheidszorg)
- sanitaire voorzieningen
- toegang tot schoon water.

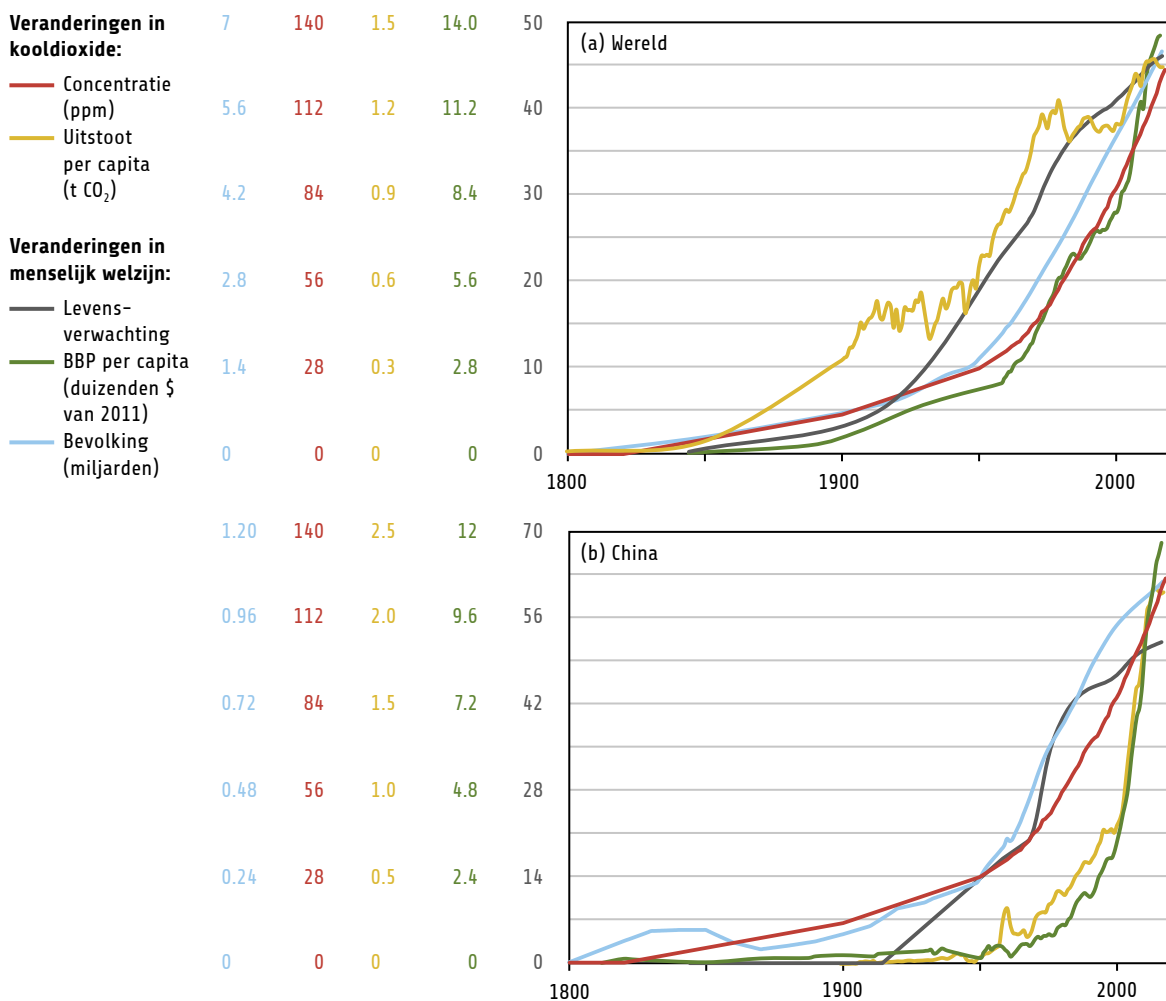
Echter, omdat het theoretisch mogelijk is dat de levensverwachting toeneemt, zelfs terwijl de gezondheidstoestand verslechtert, neem ik ook een maatstaf in aanmerking waarbij de levensverwachting wordt verdisconteerd voor de jaren die in slechte gezondheid zijn doorgebracht. Deze zogenaamde ‘voor gezondheid gecorrigeerde’ waarden voor levensverwachting (*health-adjusted life expectancy*, afgekort tot HALE) zijn echter gebaseerd op subjectieve bepalingen betreffende de ernst van verschillende ziekten, zodat de waarden voor HALE met de nodige voorzichtigheid moeten worden gehanteerd.

Figuur 16a toont de veranderingen in het tijdperk van de fossiele brandstoffen in het BBP per hoofd van de bevolking, de levensverwachting, de bevolking en de jaarlijkse kooldioxide-uitstoot per hoofd van de bevolking – een surrogaat bij benadering voor het gebruik van fossiele brandstoffen per hoofd van de bevolking – voor de wereld.⁸¹ Dit laatste cijfer kan worden gebruikt als een benaderende⁸² marker om vast te stellen wanneer de industrialisatie voor het beschouwde geografische gebied (de hele wereld in deze figuur) serieus is begonnen. De wereldwijde concentratie kooldioxide in de atmosfeer wordt ook weergegeven omdat het een indicator is voor de mate van klimaatverandering die heeft plaatsgevonden (of zou moeten hebben plaatsgevonden). Het helpt de lezer te bepalen of welzijnsindicatoren zijn gedaald naarmate de mondiale kooldioxideconcentraties (en vermoedelijk, de temperaturen) zijn gestegen.⁸³

Uit figuur 16a blijkt ook dat het menselijk welzijn parallel met de toename van het gebruik van fossiele brandstoffen, is toegenomen. Bovendien zijn zowel de levensverwachting als het BBP

per hoofd van de bevolking gestegen ondanks een opmars van de bevolking. Deze waarneming ondermijnt de fundamentele premisse die ten grondslag ligt aan de eis om de kooldioxide-uitstoot te verminderen, namelijk dat die uitstoot het welzijn op meerdere manieren vermindert: verbetering van het welzijn en toename van de bevolking zijn juist de definitie van het succes van een soort, zolang een bewoonbaar milieu wordt gehandhaafd (zie hoofdstuk 8). De overeenkomstige grafiek voor China (figuur 16b) bevestigt deze bevindingen, evenals de grafieken voor de VS, het VK, Frankrijk, India, de minder ontwikkelde landen en Afrika bezuiden de Sahara (niet afgebeeld). De stijging van zowel de levensverwachting als het BBP per hoofd van de bevolking voor China aan het eind van de 20e en het begin van de 21e eeuw, die ruwweg parallel lopen met de stijgingen van de kooldioxide per hoofd van de bevolking, zijn bijzonder spectaculair.

Vreemd genoeg zou men, gezien de hoge schattingen van het aantal sterfgevallen in verband met luchtverontreiniging buitenshuis, kunnen verwachten dat luchtverontreinigende stoffen in combinatie met kooldioxide de levensverwachting zouden hebben verlaagd in de periode van hoge kooldioxide-groei voor een natie, d.w.z. van eind jaren negentig tot heden. Geschat wordt dat in 2010 luchtverontreiniging buitenshuis, voornamelijk door *PM2.5*, leidde tot 1,36 miljoen sterfgevallen in China en 645.000 in India.⁸⁴ Als deze schattingen, die gebaseerd zijn op statistische associaties in plaats van harde doodsoorzaakgegevens van overlijdensakten, juist zijn, dan was in 2010 14,8% van alle sterfgevallen in China en 7,0% in India te wijten aan luchtverontreiniging buitenshuis.⁸⁵ Toch is er geen aanwijzing voor een daling van de levensverwachting in de periode waarin het gebruik van fossiele brandstoffen en dus vermoedelijk ook de luchtverontreiniging buitenshuis snel toenam (zie figuur 16b).



Figuur 16: Kooldioxide en menselijk welzijn.

(a) Wereld en (b) China. Bijgewerkt op basis van Goklany (2012a). Indicatoren voor het menselijk welzijn zijn: veranderingen in het BBP (per capita PPP in US dollars van 2011), de bevolking en de levensverwachting. Kooldioxide wordt weergegeven door veranderingen in de uitstoot per hoofd van de bevolking en de wereldwijde concentratie. Alle veranderingen ten opzichte van de waarde van 1800, of de dichtstbijzijnde alternatieve datum. Merk op dat in 1800 de uitstoot per hoofd van de bevolking verwaarloosbaar was. Bronvermelding in hoofdstekst.

Tabel 2 geeft aan dat de levensverwachting in beide landen aanzienlijk is gestegen, ondanks de aanzienlijke toename van de blootstelling aan PM2.5. Dit wijst erop dat sterfgevallen door luchtverontreiniging buitenshuis de levensverwachting niet substantieel doen dalen, worden overschat, of meer dan overweldigd worden door alle factoren die samenhangen met economische ontwikkeling en energiegebruik die de levensverwachting verbeteren, of een combinatie van deze factoren.

Tabel 2: Levensverwachting, blootstelling aan PM 2.5 en CO₂-concentraties, 1990-2010.

		1990	2010	% TOENAME
China	PM 2.5 blootstelling* (µg per m ³)	57,8	69,5	20
	Levensverwachting, totaal (jaren)	69,3	75,2	9
India	PM 2.5 blootstelling* (µg per m ³)	81,3	95,8	18
	Levensverwachting, totaal (jaren)	57,9	66,6	15
CO ₂	Atmosferische concentratie (ppm)	354	390	10

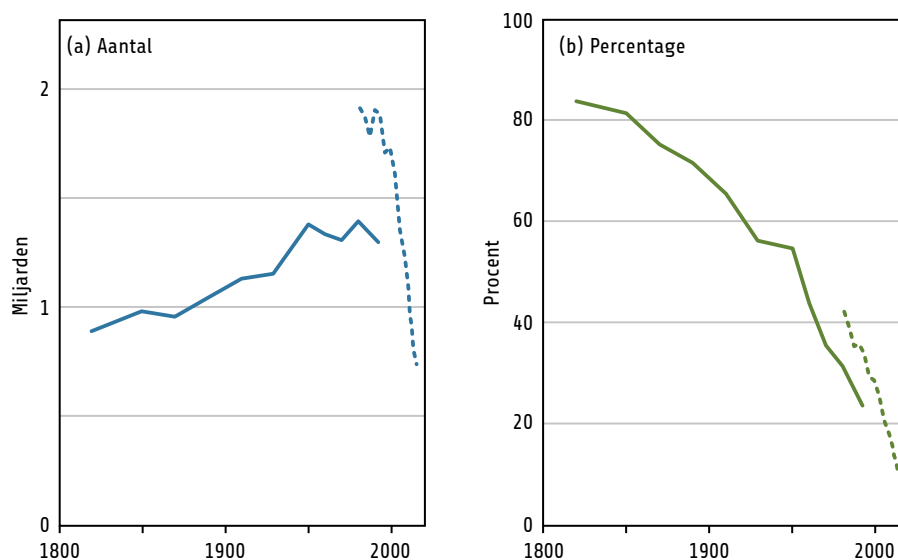
* bevolking-gewogen gemiddelde jaarlijkse blootstelling. Bron: World Development Indicators, 24 april 2019.

Deze vaststelling wordt verder gestaafd door het feit dat uit een vergelijking van een lijst van Chinese steden gerangschikt volgens de luchtkwaliteitsindex, met rangschikkingen volgens levensverwachting (beide voor 2018) geen correlatie tussen de twee lijsten blijkt. Shanghai, Suzhou en Nanjing staan bijvoorbeeld op de 1e, 2e en 3e plaats op basis van levensverwachting, maar op de 10e, 13e en 12e plaats op basis van AQI (Air Quality Index).⁸⁶ Peking staat op de 10e plaats op basis van levensverwachting, maar op de 28e plaats op basis van de Air Quality Index. Elf van de 20 steden in de top 20 van levensverwachting staan niet eens in de top 45 van steden in termen van AQI. Volgens de lijst van Wikipedia van Chinese steden naar levensverwachting 'bevinden de meeste steden met een hoge levensverwachting zich in de delta van de rivier de Yangtze, de delta van de Parelrivier en de regio Beijing-Tianjin'. Deze behoren tot de meest geïndustrialiseerde (en verstedelijkte) gebieden, niet alleen in China, maar waar dan ook ter wereld.

Armoedecijfer

Naarmate de economische ontwikkeling in de wereld is gevorderd, is de absolute armoede gedaald. Figuur 17 laat zien dat in 1820 een miljard mensen – 84% van de wereldbevolking – in absolute armoede leefden.⁸⁷ In 2015 was dit gedaald tot 10%. Vandaag leven dus minder mensen in absolute armoede dan in 1820, ondanks een verzevenvoudiging van de bevolking.

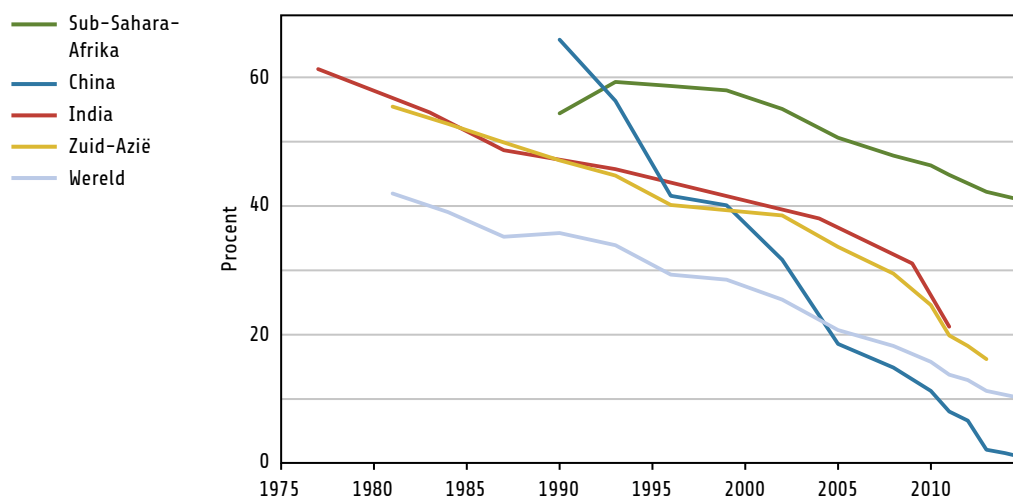
Figuur 18 laat zien dat de armoedecijfers in het grootste deel van de wereld vanaf 1977 zijn gedaald. De snelste dalingen van het armoedecijfer wereldwijd deden zich voor in de afgelopen drie decennia, die samenvielen met een snelle stijging van de kooldioxideconcentratie in de atmosfeer, voornamelijk als gevolg van de explosieve toename van het gebruik van fossiele brandstoffen in China (figuur 16b) en, in mindere mate, India. In overeenstemming met het idee dat economische ontwikkeling en energieverbruik positief zijn gecorreleerd, daalden in deze twee landen in deze periode ook de armoedecijfers sneller dan in de wereld als geheel (figuren 17 en 18).



Figuur 17: Trends in wereldwijde armoede, 1820-2015.

(a) Aantal en (b) percentage mensen in 'absolute' armoede.

Bronnen: Bourguignon en Morrisson (2002; ononderbroken lijnen); World Development Indicators - WDI (2019; stippellijnen).



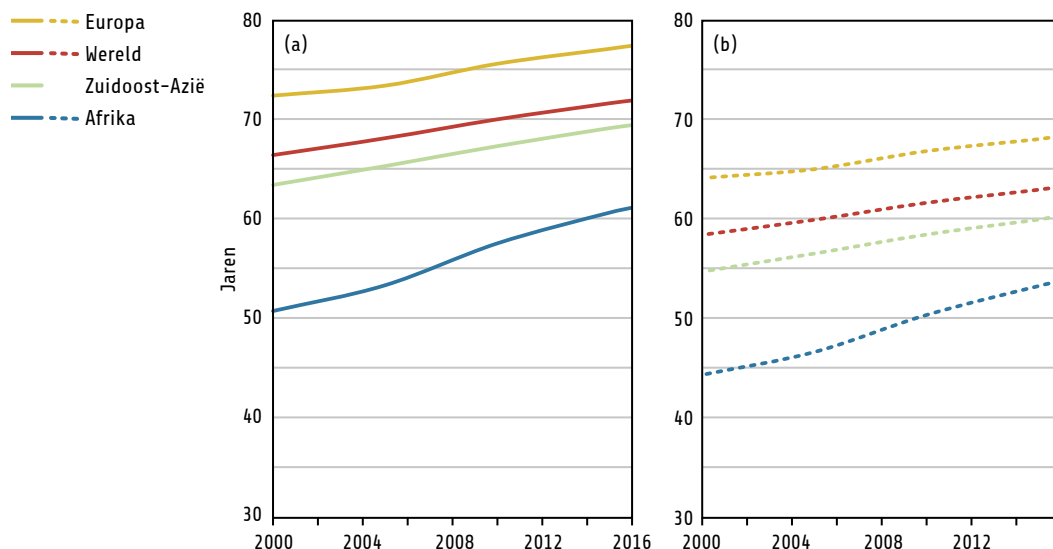
Figuur 18: Daling van het armoedecijfer, China, India, Zuid-Azië, Afrika bezuiden de Sahara en de wereld, 1977-2015.

Bron: WDI (2019)

Voor gezondheid gecorrigeerde levensverwachting

De voor gezondheid gecorrigeerde levensverwachting (*health-adjusted life expectancy*, afgekort tot HALE) houdt rekening met het feit dat een langer leven niet noodzakelijkerwijs gelijkstaat met een gezonder leven. De HALE wordt berekend door de levensverwachting (LE) naar beneden bij te stellen om rekening te houden met de tijd die mensen in een zieke of gehandicapte toestand doorbrengen, tevens rekening houdend met de ernst van de ziekte of de handicap. In tegenstelling tot LE zijn HALE-ramingen echter nogal subjectief, met name wat betreft het gewicht dat aan elke ziekteconditie of handicap wordt toegekend. Figuur 19 laat zien dat LE en HALE sinds 2000 min of meer gelijkmatig zijn gestegen.⁸⁸ In feite overtreft de gezonde levensverwachting vandaag op vrijwel elk gebied de niet-gecorrigeerde levensverwachting van een generatie of twee geleden (tabel 3).

Er was vooral een duidelijke LE-ongelijkheid tussen Afrika en de rest van de wereld in 2000, maar het verschil, van 15,7 jaar, was tegen 2016 geslonken tot 10,8 jaar. Ook de ongelijkheid in HALE nam in deze periode af van 14,1 tot 9,5 jaar,⁸⁹ wat eerdere bevindingen bevestigt dat het menselijk welzijn is geglobaliseerd.⁹⁰



Figuur 19: Levensverwachting voor Afrika, Zuidoost-Azië, Europa en de wereld, 2000-2016.
(a) LE en (b) HALE. Bronnen: WHO (2019).

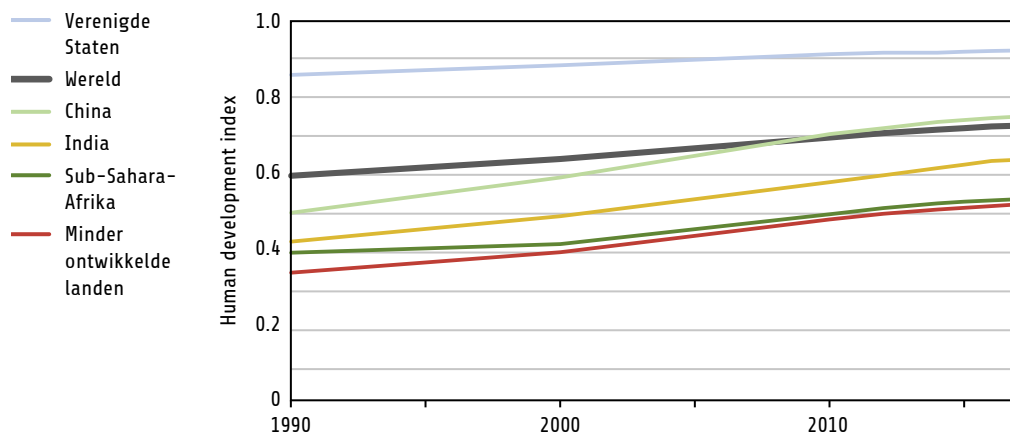
Tabel 3: HALE in 2016 versus LE in 1950

	LE IN 1950	HALE IN 2016	2016 HALE BOVEN LE VAN
China	41,0	68,7	1986
India	32,0	59,3	1992
Verenigde Staten	68,2	68,5	1951
Wereld	49,0	63,3	1981
CO ₂ (ppm)	311	404	

Bronnen: figuren 6.1 –6.4, WHO (2019)

Menselijke ontwikkelingsindex

De menselijke ontwikkelingsindex (*human development index*, afgekort: HDI) is een maatstaf die door het Ontwikkelingsprogramma van de VN is ontwikkeld om het niveau van de menselijke ontwikkeling in verschillende geografische gebieden te vergelijken; het programma verzamelt waarden voor het BBP per hoofd van de bevolking, de levensverwachting en het onderwijsniveau, om te benadrukken dat menselijk welzijn meer is dan welvaart. Figuur 20 illustreert de ontwikke-



Figuur 20: Trends in HDI, 1990-2017.

Bron: UNDP, http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update.pdf, bezocht op 12 mei 2019.

ling van de HDI voor de wereld, de VS, China, India, de minder ontwikkelde landen en Afrika ten zuiden van de Sahara (Sub-Sahara), tussen 1990 en 2017.

Tabel 4 geeft de procentuele stijging van de HDI voor verschillende landen en landengroepen in dezelfde periode. In tegenstelling tot wat zou kunnen worden verwacht als klimaatverandering een belangrijke, en negatieve, determinant van het menselijk welzijn is, blijkt hieruit dat de HDI vrijwel overal is verbeterd. Van de 186 landen waarover de VN gegevens voor 1990-2017 verstrekt, zijn er slechts drie (Syrië, Libië en Jemen, die allemaal een burgeroorlog voeren), er niet in geslaagd hun HDI te verbeteren.⁹¹

Tabel 4 geeft ook aan dat het menselijk welzijn, zoals gemeten door de HDI, voor het grootste deel, maar niet altijd, sneller vooruitgang in de minder ontwikkelde gebieden dan in de meer ontwikkelde wereld. Met andere woorden, ook volgens deze maatstaf is de ongelijkheid voor het grootste deel afgenomen.

Tabel 4: Trends in HDI, 1990-2017

	HDI 1990	HDI 2017	% TOENAME
Minst ontwikkelde landen	0.35	0.52	51
Sub-Sahara-Afrika	0.40	0.54	35
India	0.43	0.64	50
Zuid-Azië	0.44	0.64	45
China	0.50	0.75	50
Oost-Azië en Pacific	0.52	0.73	42
Arabische landen	0.56	0.70	25
Latijns-Amerika en Caraïben	0.63	0.76	21
Europa en Centraal-Azië	0.65	0.77	18
Verenigde Staten	0.86	0.92	7
Wereld	0.60	0.73	22

Bron: UNDP, op http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update.pdf, bezocht op 12 mei 2019.

Andere indicatoren van levenskwaliteit

Toegang tot elektriciteit, internet en mobiele telefoons zijn kenmerken van de moderniteit en bevorderen het individuele welzijn en de kwaliteit van het bestaan.

Elektriciteit stelt mensen in staat energie te gebruiken in hun persoonlijke omgeving zonder deze te vervuilen (hoewel dit kan leiden tot aanzienlijke verontreiniging op of nabij de plaats van opwekking). Zij zorgt 24 uur per dag voor verlichting, airco en de werking van koelkasten. Ook kan elektriciteit worden gebruikt voor verwarming, koken en het laten draaien van apparaten, computers, andere elektronische apparaten en machines. Gezien het centrale belang ervan voor het moderne bestaan, wordt het verlies ervan vaak terecht als een noodsituatie beschouwd. Na natuurrampen is het herstel of het in stand houden van de elektriciteitsvoorziening meestal een prioriteit.

Mobiele telefoons en het internet verbinden ons niet alleen met vrienden, familie en kennissen, maar geven ons ook vrijwel onmiddellijk toegang tot informatie. Zij kunnen ook de veerkracht vergroten en de gevolgen van natuurrampen helpen te beperken door de mogelijkheid om op grote schaal en snel waarschuwingen te verspreiden en reacties te organiseren.⁹² Zij kunnen de openbare veiligheid vergroten en mobiele telefoons worden vaak als voorzorgsmaatregel aan kinderen

gegeven.⁹³ Zij besparen gebruikers ontelbare uren die anders zouden zijn besteed aan onderzoek, winkelen of worstelen met problemen en het vinden van oplossingen. Met andere woorden, net als verlichting hebben zij de mens in staat gesteld de tijd die hij heeft te ‘verruimen’ (om naar wens te gebruiken of te misbruiken).⁹⁴

Figuur 21 toont de trends in toegang tot elektriciteit en gebruik van internet en mobiele telefoon vanaf 1990 voor China, India, de VS, de minder ontwikkelde landen, Afrika bezuiden de Sahara en de wereld. Hieruit blijkt dat het percentage mensen met toegang tot deze voorzieningen snel toeneemt en het niveau van de VS nadert. Dit is dus het zoveelste voorbeeld van de afnemende ongelijkheid in de wereld.

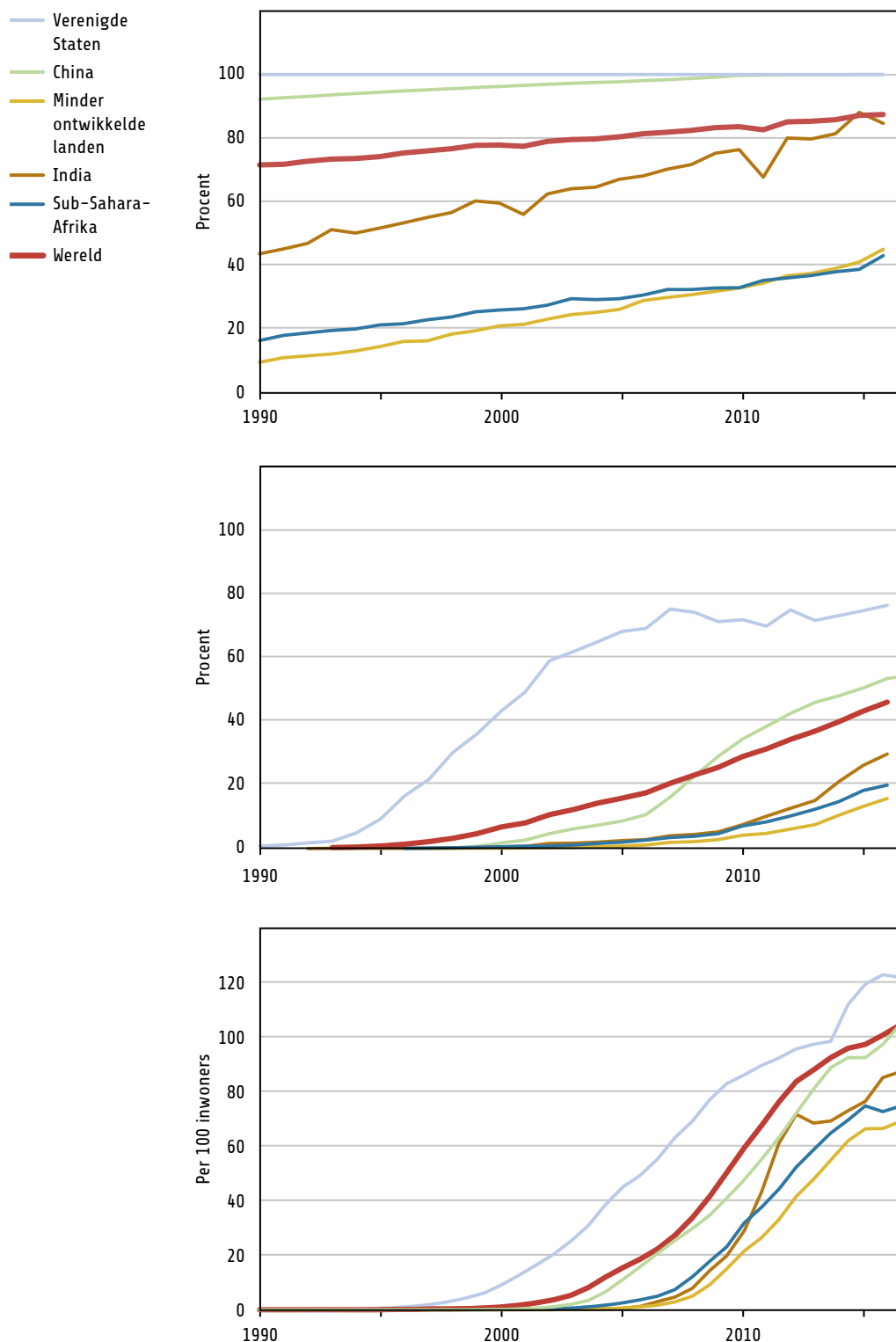


Fig. 21: Toegang tot moderne voorzieningen.

(a) Elektriciteit, 1990-2016 (b) Internet 1990-2016 (c) Mobiele telefoons 1990-2017. Bron: WDI (2019).

8

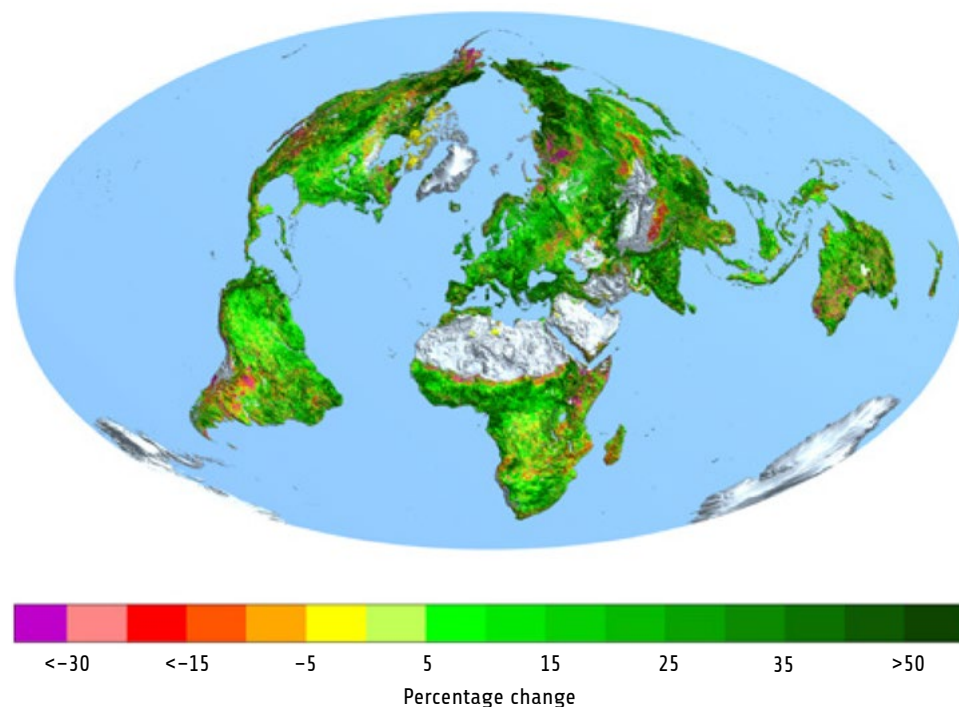
Vergroening

In het standaardverhaal zal klimaatverandering droogte verergeren en de vegetatie laten verdrogen, zal de aarde bruin worden en zullen bosbranden het landschap verteren.⁹⁵ Satellietgegevens spreken dit verhaal echter rechtstreeks tegen. Daaruit blijkt dat de wereld groener en productiever is geworden naarmate de concentratie CO₂ in de atmosfeer is toegenomen (zie figuur 22). Al sinds de publicatie van De Saussure in 1804, *Recherches Chimiques sur la Végétation*, is bekend dat planten groeien door kooldioxide uit de atmosfeer te absorberen. Bovendien zijn, zoals in respectievelijk hoofdstuk 2 en 3 wordt aangetoond, droogtes en bosbranden niet frequenter of omvangrijker dan in het verleden. In feite bevestigt deze vergroening Arrhenius' voorspelling dat hogere kooldioxideniveaus 'de intensiteit van het plantaardig leven zouden doen toenemen'.⁹⁶

Uit satellietgegevens blijkt dat van 1982 tot 2009, 25-50% van het mondiale begroeide oppervlak groener is geworden, terwijl slechts 4% bruiner is geworden.⁹⁷ Dit is voornamelijk te danken aan de bemesting met kooldioxide, waardoor de fotosynthesesnelheid en de efficiëntie van het watergebruik van de meeste planten toenemen, maar ook aan stikstofdepositie, klimaatverandering en veranderingen in landgebruik.

Bovendien is het mondiale bladoppervlak van 2000 tot 2017 met 2% of meer per decennium toegenomen.⁹⁸ De vergroening vond onevenredig veel plaats in China en India, die respectievelijk 25% en 7% van de mondiale netto-toename van het bladoppervlak voor hun rekening namen, ondanks het feit dat zij respectievelijk slechts 7% en 3% van het mondiale begroeide oppervlak hebben. De vergroening was voornamelijk afkomstig van bossen (42%) en akkerland (32%) in China, en akkerland (82%) in India, wat suggereert dat de vergroening het gevolg is van herbebossing en landbouwpraktijken (bijvoorbeeld meststoffen en multi-teelt). Als dat zo is, dan is dat in overeenstemming met de toegenomen landbouwopbrengsten die in figuur 15 werden getoond.

In tegenstelling tot wat algemeen wordt aangenomen, is de boombedekking wereldwijd tussen 1982 en 2016 met meer dan 2 miljoen km² toegenomen, een toename van 7%.⁹⁹ De wereldwijde kale bodembedekking is met meer dan 1 miljoen km² afgenomen, een afname van 3%, met name in landbouwgebieden in Azië. 60% Van alle veranderingen in landgebruik/bedekking werd in verband gebracht met directe menselijke activiteiten en 40% met indirecte drijvende krachten zoals klimaatverandering. Deze resultaten wijzen erop dat er sprake is geweest van netto herbebossing en 'ont-verwoestijning', deels als gevolg van klimaatverandering.



Figuur 22: Verandering in bladoppervlakte over de hele wereld, 1982-2015.

Bron: R Myneni.

Op bijna de helft van de grasgebieden in de wereld is de productiviteit tussen 1982 en 2011 aanzienlijk toegenomen, terwijl slechts in een miniem deel (1,5%) sprake is van een aanzienlijke afname.¹⁰⁰ De wereldwijde bruto primaire productiviteit (d.w.z. koolstofopname) is in dezelfde periode samen met de groenheid toegenomen, met een snelheid van $0,6 \pm 0,2\%$ per jaar. Deze verandering was voornamelijk het gevolg van een toename van de efficiëntie van het watergebruik door planten, een verwacht maar onderbelicht gevolg van hogere kooldioxideconcentraties in de atmosfeer.¹⁰¹ Meer dan de helft van het begroeide land in de wereld vertoonde significante positieve trends.

De toegenomen productiviteit als gevolg van de hogere fotosynthese en de hogere efficiëntie van het watergebruik door de hogere kooldioxideconcentraties, betekent dat de biosfeer meer plantenmassa per eenheid land en per eenheid water produceert. Met andere woorden, er is meer voedsel voor alle organismen, zelfs in omstandigheden met watertekort. Anders gezegd: de aarde zou in staat moeten zijn grotere hoeveelheden biomassa te ondersteunen, meer vertegenwoordigers van elke plant- en diersoort en mogelijk meer soorten. Zij zou ook beter bestand moeten zijn tegen droogte, een chronisch probleem dat schadelijk is voor vrijwel alle levensvormen.

Deze suggestie lijkt steun te vinden in een studie van Steinbauer et al. (2018), die 145 jaar plantenonderzoek op Europese bergtoppen onder de loep namen en vonden

...een continentaal-brede versnelling van de toename van de soortenrijkdom, met een vijf keer zo grote soortenverrijking tussen 2007 en 2016 als vijftig jaar geleden... Deze versnelling loopt opvallend synchroon met de versnelde opwarming van de aarde en houdt geen verband met andere oorzaken van wereldwijde veranderingen. De versnelde toename van de soortenrijkdom op bergtoppen in dit brede gebied toont aan dat de versnelling van door het klimaat veroorzaakte biotische veranderingen zich zelfs op afgelegen plaatsen op aarde voordoet, met mogelijk verreikende gevolgen, niet alleen voor de biodiversiteit, maar ook voor het functioneren van ecosystemen en ecosysteemdiensten.¹⁰²

Evenzo is uit diverse analyses van de soortenrijkdom in berggebieden – van het Andesgebergte¹⁰³, Oostenrijks Tirol¹⁰⁴ tot de oostelijke Himalaya¹⁰⁵ – gebleken dat de soortenrijkdom is toegenomen, hetgeen in directe tegenspraak is met de bewering dat door broeikasgassen veroorzaakte opwarming schadelijk zou zijn voor de biodiversiteit.

Habitat op het land en biodiversiteitsverlies

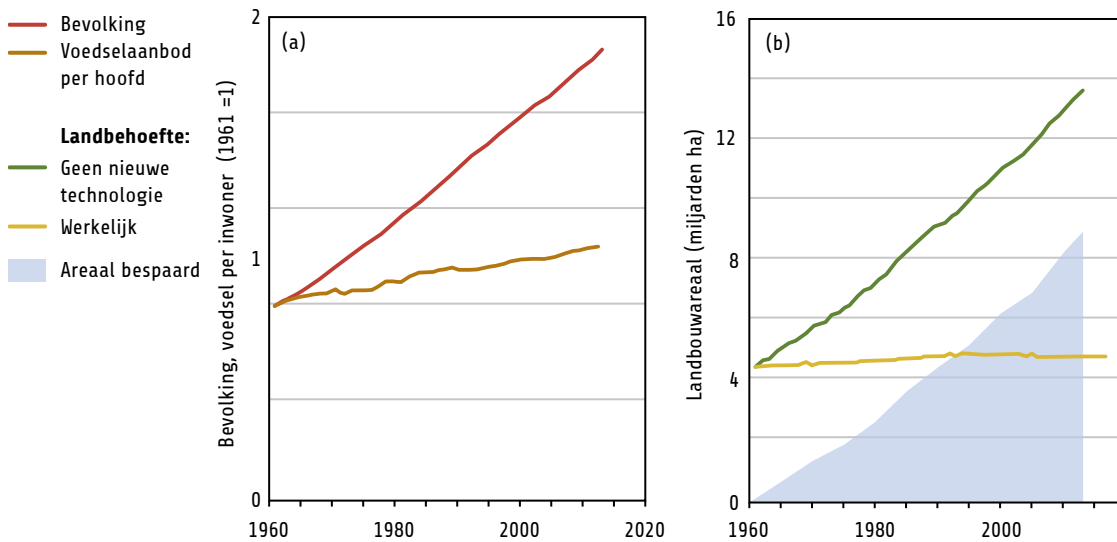
NATUUR GESPAARD DOOR VERHOGING VAN DE LANDBOUWPRODUCTIVITEIT

Sinds het begin van de industriële revolutie rond 1750 is de wereldbevolking ongeveer vertienvoudigd, van ongeveer 800 miljoen tot bijna 8 miljard. De noodzaak om deze miljarden mensen te voeden en te kleden heeft geleid tot een massale omzetting van natuurlijke habitat in landbouwgrond (inclusief land voor gewassen en weiland). Het daaruit voortvloeiende verlies aan habitat wordt algemeen erkend als de belangrijkste bedreiging voor de instandhouding van landsorten.¹⁰⁶

Gelukkig is de landbouw de laatste decennia productiever geworden, een ontwikkeling die het habitatverlies binnen de perken heeft gehouden.¹⁰⁷ Figuur 23 geeft aan dat, ondanks de aanhoudende groei van de wereldbevolking en de voedselvoorziening per hoofd van de bevolking, het landbouwareaal rond 2000 zijn hoogtepunt bereikte.¹⁰⁸ Tussen 1961 en 2013 is de wereldbevolking toegenomen van 3,1 miljard tot 7,2 miljard (een toename van 133%) en is de voedselvoorziening per hoofd van de bevolking met 31% toegenomen. Toch is het landbouwareaal slechts met 8% toegenomen, van 4,5 tot 4,8 miljard hectare. Dit betekent dat een hectare landbouwgrond in 2013 gemiddeld 2,8 keer zoveel voedingsenergie produceerde als in 1961.¹⁰⁹ Als de landbouwproductiviteit op het niveau van 1961 was gebleven en al het andere hetzelfde was gebleven, dan zou het landbouwareaal tot 13,7 miljard hectare moeten toenemen om aan de huidige vraag naar voedingsenergie te voldoen.¹¹⁰ Maar dat is meer dan de totale oppervlakte aan potentieel produc-

tieve grond die er nu is: grond die niet onvruchtbaar is, noch bedekt door permanente sneeuw en gletsjers, namelijk 11,3 miljard hectare.¹¹¹ Deze berekeningen impliceren ook dat de toegenomen productiviteit sinds 1961 8,9 miljard hectare heeft bespaard op de omschakeling naar landbouwgebruik.¹¹²

Merk op dat de veronderstelling dat al het andere gelijk blijft, inhoudt dat de landbouwtechnologie op het niveau van 1961 wordt bevroren; met andere woorden, dat er geen nieuwe technologieën worden ingevoerd en dat de penetratie van bestaande technologieën evenmin toeneemt. Bij de berekening wordt er ook van uitgegaan dat nieuw landbouwareaal even productief zou zijn als bestaand landbouwareaal. Dit is onwaarschijnlijk, aangezien de meest productieve gronden hoogstwaarschijnlijk reeds in gebruik zijn. Dit betekent dat het cijfer van 8,9 miljard hectare bespaarde grond een onderschatting is.



Figuur 23: Habitat gered van omschakeling naar landbouw door toegenomen productiviteit sinds 1961.

(a) Groei van bevolking en voedselvoorziening per hoofd van de bevolking. (b) Land dat nodig is om het voedselaanbod in (a) te leveren met/zonder technologische vooruitgang. Bron: Berekend op basis van FAOSTAT (2020).

HABITAT GERED DOOR FOSSIELE BRANDSTOFFEN

Het grootste deel van de stijging van de landbouwproductiviteit in de afgelopen eeuw is mogelijk gemaakt door technologieën die afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen: stikstofhoudende meststoffen, synthetische bestrijdingsmiddelen en irrigatie. Voor de productie van meststoffen en pesticiden zijn bijna uitsluitend fossiele brandstoffen nodig, die als grondstof worden gebruikt en als energie voor de productieprocessen.¹¹³ Voor irrigatie is energie nodig voor het transport en de distributie van water, tenzij deze alleen op zwaartekracht berust. Bovendien hebben twee indirecte effecten van het gebruik van fossiele brandstoffen, namelijk de bemesting met kooldioxide en de stikstofdepositie, ook de opbrengsten doen toenemen.¹¹⁴

Hier schat ik een *ondergrens* voor de mondiale toename van habitatverlies die zich zou voordoen als de huidige voedselproductie zou worden gehandhaafd bij afwezigheid van stikstofbemesting en kooldioxidebemesting. In de analyse wordt geen rekening gehouden met de toegenomen productiviteit als gevolg van het gebruik van synthetische bestrijdingsmiddelen en rechtstreeks aangedreven irrigatie. Bovendien wordt alleen gekeken naar de wilde habitat die gespaard blijft van omzetting in akkerland. Met andere woorden, er wordt geen rekening gehouden met habitats die worden gespaard door omzetting in weiland.

Momenteel beslaat landbouwgrond 37,4% van het landoppervlak wereldwijd, Antarctica niet meegerekend.¹¹⁵ In totaal wordt 12,2% gebruikt voor akkerland en de rest voor weiland.

Stikstofmeststoffen: Geschat wordt dat het Haber-Bosch-proces verantwoordelijk is voor 48% van de mondiale voedselproductie; dat wil zeggen dat zij de voedselproductie met 92% heeft doen toenemen.¹¹⁶

Kooldioxidebemesting: Het IPCC schat dat een verdubbeling van het pre-industriële kooldioxideniveau in de atmosfeer (277 ppm) de productiviteit met 20-25% zou doen toenemen. In 2019 zijn we ongeveer halverwege (409 ppm).¹¹⁷ Als we uitgaan van een lineariteit tussen de toename van de opbrengst en die van kooldioxide, heeft kooldioxidebemesting de opbrengsten tot nu toe met 10-12% doen toenemen.¹¹⁸ In het navolgende ga ik ervan uit dat de mondiale landbouwopbrengst door kooldioxidebemesting met 10% is toegenomen.

Zo hebben stikstofmeststoffen en kooldioxidebemesting samen de mondiale voedselproductie met 111% doen toenemen.¹¹⁹ Met andere woorden, fossiele brandstoffen zijn verantwoordelijk voor meer dan de helft van de mondiale voedselproductie. Zonder deze brandstoffen zou voedsel schaarser worden en zouden de prijzen stijgen (ervan uitgaande dat al het andere, waaronder de vraag naar voedsel, constant blijft). Om de voedselvoorziening op peil te houden, zou het akkerland meer dan moeten verdubbelen, tot *minstens* 26% van het landoppervlak in de wereld (zonder Antarctica). Als weiland wordt toegevoegd, zou de menselijke voetafdruk op de planeet toenemen tot 51,2% van de wereld. Met andere woorden, fossiele brandstoffen hebben 13,8% van de niet-bevroren delen van de wereld behoeft voor omschakeling naar landbouw.

Merk ook op dat deze berekeningen ervan uitgaan dat het nieuwe akkerland even productief zou zijn als het bestaande akkerland, iets wat, zoals reeds opgemerkt, onwaarschijnlijk is. Bovendien wordt geen rekening gehouden met de bijdrage van synthetische bestrijdingsmiddelen en irrigatie. Als het verlies van habitat al de grootste bedreiging is voor ecosystemen en biodiversiteit, zou het afscheid nemen van fossiele brandstoffen een slechte situatie alleen maar catastrofaal verergeren.

9

Discussie



Ik heb empirische trends onderzocht in:

- een grote verscheidenheid aan klimaat- en weersgerelateerde fenomenen;
- algemeen aanvaarde indicatoren van menselijk en ecologisch welzijn;

om na te gaan of deze, in overeenstemming met de algemeen aanvaarde wijsheid, mettertijd verslechteren ten gevolge van hogere kooldioxideconcentraties in de atmosfeer (en de daaruit mogelijk voortvloeiende klimaatverandering). De resultaten zijn samengevat in respectievelijk de tabellen 5 en 6. Daaruit blijkt dat, afgezien van het feit dat het aantal warme dagen is toegenomen en het aantal koude dagen is afgenomen, geen van de trends in overeenstemming is met het gangbare narratief. Wat weer- en klimaatverschijnselen betreft (tabel 5):

- cyclonen, tornado's, overstromingen en droogtes zijn niet erger geworden;
- bosbranden zijn minder omvangrijk dan vroeger;
- de graanopbrengsten en voedselvoorraden zijn toegenomen;
- kustmarges en stranden zijn niet kleiner geworden.

Tabel 5: Klimaat en weer: het standaardverhaal versus de realiteit

BEWERINGEN IN HET KLIMAATNARRATIEF	GESTEUND DOOR DE HUIDIGE TRENDS?	HOOFDSTUK
Meer warme dagen en minder koude dagen	Ja	2
Cyclonen/orkanen intenser of frequenter	Nee	2
Tornado's nemen toe en worden intenser	Nee	2
Overstromingen, vaker en intenser	Nee	2
Droogte, vaker en intenser	Nee	2
Oppervlakte bos verbrand door spontane brand neemt toe	Nee. Verbrande oppervlakte piekte in het midden van de 19e eeuw	3
Graanopbrengsten dalen	Nee. Ze zijn verdrievoudigd sinds 1961	5
De voedselvoorraden per hoofd van de bevolking nemen af	Nee. 31% gestegen sinds 1961	5
Landoppervlak en stranden krimpen, koraaleilanden onder water	Nee. Marginale toename	6

Wat het menselijk welzijn betreft (zie ook tabel 6):

- het sterftecijfer en de economische verliezen ten gevolge van extreme weersomstandigheden zijn gedaald;
- de toegang tot schoon water is toegenomen;
- de sterftecijfers als gevolg van klimaat- en weersgevoelige parasitaire- en infectieziekten zijn gedaald.

Het allerbelangrijkste is dat, terwijl de uitstoot van CO₂ sinds het begin van de industriële revolutie is toegenomen, vrijwel elke meetbare en belangrijke objectieve indicator van het menselijk welzijn vooruit is gegaan:

- levensverwachting en inkomensniveaus zijn verbeterd;
- de armoede is afgenomen;
- mensen leven langer en gezonder;
- de menselijke ontwikkelingsindex is bijna overal vooruitgegaan.

Evenmin is er enig teken van een recente ommekeer in deze indicatoren, hoewel er van jaar tot jaar kleine schommelingen zijn. Deze resultaten bevestigen de bevindingen van verschillende eerdere studies die, in tegenstelling tot de heersende dystopische verhalen, hebben aangetoond dat de toestand van de mensheid sinds het begin van de industriële revolutie is verbeterd en tot op de dag van vandaag blijft verbeteren¹²⁰, dat de armoede afneemt en de ongelijkheid wereldwijd afneemt wat betreft inkomens en kritieke indicatoren van menselijk welzijn: levensverwachting, menselijke ontwikkelingsindex, en toegang tot schoner water¹²¹.

Wat de rest van de natuur betreft, is de aarde groener en productiever. De toegenomen landproductiviteit – een gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen – betekent dat de oppervlakte land die is omgeschakeld op menselijk gebruik rond 2000 een piek bereikte. Zonder fossiele brandstoffen zou de hoeveelheid akkerland aanzienlijk moeten toenemen om de huidige voedselproductie te handhaven. Fossiele brandstoffen hebben zo voorkomen dat ten minste 14% van het wereldwijde areaal verloren is gegaan, waardoor talrijke soorten en ecosystemen zijn gered. Dit feit weerlegt beweringen dat fossiele brandstoffen schadelijk zijn voor de biodiversiteit en ecosystemen.



10

Conclusie

Mogelijk is het klimaat warmer geworden, maar:

- De meeste weersextremen zijn niet extremer geworden en de gevolgen van weersextremen zijn niet dodelijker of schadelijker.
- Empirisch onderzoek spreekt tegen dat toename van CO₂ het welzijn beperkt. De facto is het menselijk welzijn nog nooit zo hoog geweest.
- De mogelijke schade van global warming aan ecosystemen wordt ruimschoots gecompenseerd door de toename van de agrarische productiviteit door technieken gebaseerd op fossiele brandstoffen. Dit faciliteert een kleiner ruimtebeslag. Hierdoor is het verlies aan habitat gestopt en zelfs omgedraaid.

Tabel 6: Het menselijk welzijn – het klimaatnarratief tegenover de feitelijke gevolgen

DE GECLAIMDE GEVOLGEN	WAT WERKELIJK GEBEURT	HOOFDSTUK
De beschikbaarheid van water neemt af	Ondanks de grotere bevolkingsdruk is de beschikbaarheid van water verbeterd	2
Extreem weer maakt meer dodelijke slachtoffers	Niet waar. Sinds 1920 is het aantal dodelijke slachtoffers door extreem weer met 99% afgenomen	2
Meer mensen overlijden door hitte	Minder mensen overlijden door hitte. Het aantal doden door kou is ongeveer vijftien keer zo groot als het aantal slachtoffers van hitte. Juist daarom zou opwarming sterfte moeten tegengaan	2
De economische gevolgen van extreem weer nemen toe	Niet waar	2
De sterfte door klimaatgevoelige ziektes, zoals malaria en diarree, neemt toe	Niet waar. De sterfte door malaria is sinds 1900 met 96% afgenomen. De voor leeftijd gecorrigeerde sterfte door diarree is sinds 1990 met 56% afgenomen	4
Honger neemt toe	Niet waar. Ondanks een bevolkingsgroei van 250% sinds 1961 is de fractie mensen met honger afgenomen	5
Het BNP per capita neemt af	Niet waar. Ondanks een verzesvoudiging van CO ₂ sinds 1950 is het BNP per inwoner verviervoudigd	7
Armoede neemt toe	Niet waar. Het deel van de wereldbevolking dat leeft onder de armoedegrens is afgenomen dankzij een veertien keer hoger BNP per capita sinds 1820	7
De levensverwachting neemt af	Niet waar. De mondiale levensverwachting is meer dan verdubbeld sinds het begin van de industrialisatie	7
De gezondheidszorg lijdt eronder	Niet waar. De voor gezondheid gecorrigeerde levensverwachting is toegenomen, samen met economische ontwikkeling en energieverbruik	7
De Human Development Index (HDI) én de kwaliteit van het bestaan nemen af	Niet waar. De HDI is toegenomen en de mensheid heeft betere toegang tot en gebruiken moderne voorzieningen als elektriciteit, internet en mobiele telefonie	7
De ongelijkheid neemt toe	De ongelijkheid is afgenomen in termen van inkomen, levensverwachting, HDI en toegang tot moderne voorzieningen	7
Agrarische opbrengsten staan onder druk	De aarde is groener en de agrarische productiviteit is toegenomen. Het verlies van ecosystemen is over zijn hoogtepunt heen dankzij de aanwending van technieken die fossiele brandstoffen gebruiken	8

- Wat de ongewenste ongelijkheid betreft – deze is afgenomen en blijft afnemen in termen van inkomen, levensverwachting, menselijke ontwikkeling en toegang tot moderne voorzieningen.
- De schadelijke effecten van CO₂ en fossiele brandstoffen worden meer dan gecompenseerd door veranderingen ten goede, die zich eveneens voordoen.
- Door fossiele brandstoffen heeft de bevolking kunnen groeien en is het gemiddelde welzijn verbeterd. De aarde is groener en de agrarische opbrengsten zijn groter. Daardoor is het verlies

van habitat door menselijk gebruik gestopt, ondanks de bevolkingsgroei. De menselijke soort is dus succesvol.

Ondanks veelomvattend bewijs van het tegendeel, houdt het narratief van de klimaatverandering menig wereldleider in zijn greep. Toekomstige publicaties over de 21^e eeuw zullen hier ruim aandacht aan besteden.

Noot

Het UK Met Office heeft het aanbod van GWPF afgewezen om dit document te becommentariëren in een afzonderlijke bijlage.

Referenties

1. Intervention by the Holy Father at the meeting 'Climate Change and New Evidence from Science, Engineering, and Policy', organized by the Pontifical Academy of Sciences (Casina Pio IV, 27 May 2019), English translation available at <http://press.vatican.va/content/salastampa/it/bollettino/pubblico/2019/05/27/0454/00933.html#eng>, visited May 28, 2019.
2. Gutteres A. Remarks at High-Level Meeting on Climate and Sustainable Development, UN General Assembly, March 29, 2019. Available at <https://www.un.org/sg/en/content/sg/speeches/2019-03-28/remarks-high-level-meeting-climate-and-sustainable-development>, visited June 12, 2019.
3. UN News (2019). In visit to hurricane-ravaged Bahamas, UN chief calls for greater action to address climate change. September 13, 2019. Available at <https://news.un.org/en/story/2019/09/1046392>.
4. Phillips, C. (2019). World Economic Forum, May 9, 2019. <https://www.weforum.org/agenda/2019/05/the-vicious-climate-wildfire-cycle>, visited September 15, 2019.
5. Erasmus (2017). The Dalai Lama's planet. *The Economist*, 12 September 2017. Available <https://www.economist.com/erasmus/2017/09/12/the-dalai-lamas-planet>. Visited October 10, 2019.
6. Deutsche Welle, (2017).
7. Pullano, N. (2019). US Medical Groups Warn Candidates: Climate Change Is a 'Health Emergency'. June 25, 2019, available at <https://insideclimatenews.org/news/24062019/us-health-groups-declare-climate-change-public-health-emergency-urge-fossil-fuel>, visited September 15, 2019.
8. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2018. The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome, FAO, pp. 38–39.
9. Vatican 2019; see also, e.g., UNFCCC 2019.
10. Trenberth et al., 2019.
11. IPCC, 2018, p. 6.
12. IPCC, 2013, p. 212.
13. IPCC, 2013, pp. 212–13.
14. IPCC, 2013, p. 1401; NOAA-ESRL, 2019.
15. Nova, 2019.
16. Ge et al., 2016.
17. Weinkle et al., 2012.
18. 'Accumulated cyclone energy, or 'ACE,' is used to express the activity and destructive potential of individual tropical cyclones and entire tropical cyclone seasons. ACE is calculated as the square of the wind speed every 6 hours, and is then scaled by a factor of 10,000 for usability. The ACE of a season is the sum of the ACE for each storm and takes into account the number, strength, and duration of all the tropical storms in the season'. Weather Underground, https://www.wunderground.com/hurricane/accumulated_cyclone_energy.asp.
19. NOAA-SPC, 2019.
20. Sharma et al., 2018.
21. USGCRP, 2017, Chapter 8.
22. Do et al., 2017.
23. Sharma et al., 2018.
24. USGCRP, 2017, Chapter 8. Citations in original have been omitted.
25. Hodgkins et al., 2017.
26. NOAA 2019.
27. USGCRP, 2018.
28. USGCRP, 2018.
29. IPCC, 2013, p. 7.
30. Damberg and AghaKouchak, 2014.
31. Hao et al., 2014.
32. Barichich et al., 2018.
33. Greve et al., 2014.
34. Cook et al., 2015.
35. Goklany, 2007a.
36. Goklany, 2007a, 2012b.
37. Gasparrini et al. 2015a, Fu et al. 2018.
38. Gasparrini et al., 2015a; Fu et al., 2018.
39. Fu et al., 2018.
40. Gasparrini et al., 2015a.
41. Gasparrini et al. 2015b.
42. Barreca et al., 2016.
43. Lee et al., 2018.

44. Vicedo-Cabrera et al., 2018.
45. Donat et al., 2013.
46. Weinkle et al., 2018.
47. Pielke Jr., 2018.
48. Simmons et al., 2013.
49. Han et al., 2016.
50. IPCC, 2014, pp. 6, 19, 23, 30–32, 251–52.
51. Doerr and Santin, 2016; Arora and Melton, 2018; Hamilton et al., 2018.
52. Hamilton et al. 2018. Citations in original have been removed.
53. Hamilton et al. 2018. Citations in original have been removed.
54. Andela et al., 2017.
55. WHO, 2018.
56. WHO, 2018.
57. WHO, 2018.
58. IHME, 2019.
59. CDC, 2017.
60. USBC, 1941: p. 94.
61. IHME, 2019.
62. Outbreak News Today, 2019.
63. Garcia et al., 2019.
64. Outbreak News Today, 2019.
65. USBC, 1941, p. 94.
66. CDC, 2017.
67. Based on ICD-10 disease codes A00–A09 (intestinal infectious diseases).
68. FAOSTAT, 2019.
69. Erisman et al., 2008.
70. Oerke, 2006.
71. Goklany, 2012a.
72. Nerem et al., 2018.
73. IPCC, 2013, p. 1150.
74. Luijendijk et al., 2018.
75. Donchyts et al., 2016.
76. Duvat, 2018.
77. Kench et al., 2018.
78. Ahmed et al., 2018.
79. See, e.g., Guterres, 2019.
80. Goklany, 2007b.
81. Sources: GDP from OWID (2019) and WDI (2019); population from OWID (2019) and WDI (2019); life expectancy from Frier (2001), Maddison (2005) and WDI (2019); carbon emissions per capita calculated from Boden et al. (2016) and OWID (2019) up to 1989, from 1990 on, PBL (2018); atmospheric CO₂ from IPCC (2013, Annex II), NOAA-ESRL (2019).
82. This measure is ‘approximate’ because it may fail as a marker if the growth rate of population outstrips that of carbon dioxide emissions.
83. Based on CO₂ emissions per capita, the fossil fuel era seems to have commenced during the second half of the 18th century, but it started and took hold at different times for different countries. An examination of CO₂ emissions per capita, indicates it started around 1800 for the US, and around 1900 for India and China. For the least developed countries (LDCs) and Sub-Saharan Africa (SSA), this era seems to have started by the mid-1960s.
84. Lelieveld et al., 2015.
85. WHO, 2018.
86. Travel China Guide, 2019, based on Government of China, 2019, in Chinese; Wikipedia, 2019.
87. Bourguignon and Morrisson, 2002.
88. WHO, 2019.
89. WHO, 2019.
90. Goklany, 2002.
91. UNDP, 2018.
92. Goklany, 2009a; RFI, 2019.
93. Edlund and Machado, 2019.
94. Goklany, 2012a: p. 24.
95. Masri, 2018.
96. Arrhenius, 1908, p. 56.
97. Zhu et al., 2016.
98. Chen et al., 2019. See also their Supplement, Table 2.
99. Song et al., 2018.
100. Gao et al., 2019: p. 9.
101. Cheng et al., 2017.
102. Steinbauer et al., 2018.
103. Fadrique et al., 2018.
104. Lamprecht et al., 2018.
105. Salick et al., 2019.
106. Vie et al., 2009.
107. Goklany, 1998; Phalan et al., 2011.
108. FAO, 2019.
109. $2.33 \times 1.31 \div 1.08$.
110. $4.5 \text{ Bha} \times 2.33 \times 1.3 = 13.7 \text{ Bha}$.
111. FAOSTAT, Land Cover data, 2020.
112. $13.7 \text{ Bha} - 4.8 \text{ Bha}$.
113. Erisman et al., 2008; Oerke, 2006; Ziesemer, 2007; Helsel, 2016.
114. Ciais et al., 2014; IPCC, 2014: p. 293.
115. FAO, 2019.
116. Erisman et al., 2008.
117. NOAA, 2019.
118. Goklany 2015.
119. $= (1.92 \times 1.10 - 1) \times 100$.
120. Simon et al., 1995; Lomborg, 2001; Goklany, 2001; Ridley, 2012.
121. Goklany, 2002, 2007b.

Bibliografie

- Ahmed, A et al. (2018). Where is the coast? Monitoring coastal land dynamics in Bangladesh: An integrated management approach using GIS and remote sensing techniques. *Ocean & Coastal Management*, 151: 10–24.
- Andela, N et al. (2017). A human-driven decline in global burned area. *Science*, 356(6345): 1356–1362.
- Arora, VK and JR Melton (2018). Reduction in global area burned and wildfire emissions since 1930s enhances carbon uptake by land. *Nature Communications*, 9: 1326.
- Arrhenius, S (1908). *Worlds in the Making: The Evolution of the Universe*, Harper & Bros. The two quotes are found on pp. 56 and 63 respectively.
- Barichivich, J et al. (2019). Drought. In: Blunden and Arndt (2019).
- Barreca, A et al. (2016). Adapting to climate change: The remarkable decline in the US temperature-mortality relationship over the twentieth century. *Journal of Political Economy*, 124(1): 105–59.
- Blunden, J and DS Arndt (eds) (2019). State of the Climate in 2018. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(9), Si–S305.
- Blunden, J et al. (2019). State of the Climate in 2018. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(8): S40.
- Boden, T et al. (2016). Global CO₂ emissions from fossil-fuel burning, cement manufacture, and gas flaring. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge.
- Bourguignon, F and C Morrison (2002). Inequality among world citizens: 1820–1992. *American Economic Review* 92(4) (2002): 727–744.
- CDC (2017). Compressed Mortality File 1999–2016 on CDC WONDER Online Database, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, released June 2017. Data are from the Compressed Mortality File 1999–2016 Series 20 No. 2U, 2016, as compiled from data provided by the 57 vital statistics jurisdictions through the Vital Statistics Cooperative Program. <http://wonder.cdc.gov/cmf-icd10.html>.
- Chen, C et al. (2019). China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability*, 2(2): 122.
- Cheng, L et al. (2017). Recent increases in terrestrial carbon uptake at little cost to the water cycle. *Nature Communications*, 8(1): 110.
- Ciais, P et al. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles. In IPCC (2013, 475–77, Box 6.2, p. 476–77).
- Cook, ER et al. (2015). Old World mega-droughts and pluvials during the Common Era. *Science Advances*, 1(10): e1500561.
- Damberg, L and A Aghakouchak (2014). Global trends and patterns of drought from space. *Theoretical and Applied Climatology*. 117(3–4):441–8.
- Deutsche Welle (2017). How climate change is increasing forest fires around the world, Deutsche Welle 19 June 2017, available at <https://www.dw.com/en/how-climate-change-is-increasing-forest-fires-around-the-world/a-19465490>, visited September 15, 2019.
- Do, HX et al. (2017). A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. *Journal of Hydrology*, 552:28–43.
- Doerr, SH and C Santín (2016). Global trends in wildfire and its impacts: perceptions versus realities in a changing world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696): 20150345.
- Donat, MG et al. (2013). Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(5): 2098–118.
- Donchyts, G et al. (2016). Earth's surface water change over the past 30 years. *Nature Climate Change*, 6(9): 810.
- Dutton, C et al. (2019). Bacterial infection systemically suppresses stomatal density, *Plant, Cell & Environment*. DOI: 10.1111/pce.13570.

- Duvat, VK (2019). A global assessment of atoll island planform changes over the past decades. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(1): e557.
- Edlund, L and C Machado (2019). It's the phone, stupid: mobiles and murder. *NBER Working Paper* w25883.
- EM-DAT (2019). EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database. Online Database. <https://www.emdat.be/>.
- Erisman, JW et al. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, 1(10), 636–639.
- Fadrique, B et al. (2018). Widespread but heterogeneous responses of Andean forests to climate change. *Nature*, 564(7735): 207.
- FAO (2014). 2014 seen as record year for world cereal production. <http://www.fao.org/news/story/en/item/271814/icode/>.
- FAO (2019). On-line database, UN Food and Agricultural Organization, downloaded February 14, 2019.
- Forecast world fibre production <https://textile-network.com/en/Technical-Textiles/Fasern-Garne/Forecast-world-fibre-production>.
- Frier, BW (2001). 'More is worse: some observations on the population of the Roman empire'. In Scheidel, Walter. *Debating Roman Demography*. Brill.
- Fu, SH et al. (2018). Mortality attributable to hot and cold ambient temperatures in India: a nationally representative case-crossover study. *PLoS Medicine*, 15(7): e1002619.
- Gao, Q et al. (2016). Changes in global grassland productivity during 1982 to 2011 attributable to climatic factors. *Remote Sensing*, 8(5): 384.
- García, J et al. (2019). Trends in infant mortality in Venezuela between 1985 and 2016: a systematic analysis of demographic data. *The Lancet Global Health*, 7(3):e331–6. Also see Supplement.
- Gasparrini, A et al. (2015a). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, 386(9991): 369–75.
- Gasparrini, A et al. (2015b). Temporal variation in heat-mortality associations: a multi-country study. *Environmental Health Perspectives*, 123(11): 1200–1207.
- Ge, Q et al. (2016). Recent advances on reconstruction of climate and extreme events in China for the past 2000 years. *Journal of Geographical Sciences*, 26(7): 827–54.
- Goklany IM (1998) Saving habitat and conserving biodiversity on a crowded planet. *BioScience* 48(11): 941–53.
- Goklany, IM (2001). *Economic Growth and the State of Humanity*. Political Economy Research Center.
- Goklany, IM (2002). The globalization of human wellbeing. *Policy Analysis*, No. 447 (August 22).
- Goklany, IM (2007a). Integrated strategies to reduce vulnerability and advance adaptation, mitigation, and sustainable development. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5): 755–86.
- Goklany, IM (2007b). *The Improving State of the World: Why we're living longer, healthier, more comfortable lives on a cleaner planet*. Cato Institute.
- Goklany, IM (2009a). Have increases in population, affluence and technology worsened human and environmental wellbeing. *The Electronic Journal of Sustainable Development*, 1(3): 15.
- Goklany, IM (2009b). Deaths and death rates from EWE: 1900–2008. *Journal of American Physicians and Surgeons*, 14(4): 102–109.
- Goklany, IM (2012a). Humanity unbound: how fossil fuels saved humanity from nature and nature from humanity. *Policy Analysis*, 715.
- Goklany, IM (2015). *Carbon dioxide: The good news*. Report 18, The Global Warming Policy Foundation.
- Greve, P et al. (2014). Global assessment of trends in wetting and drying over land. *Nature Geoscience*, 7(10): 716.
- Haines, MR (2006). Expectation of life at birth, by sex and race: 1850–1998. Table Ab644–655. In: Carter, SB et al. (eds), *Historical Statistics of the United States, Volume One: Population*. Cambridge University Press. 1960–2016.
- Hamilton, DS et al. (2018). Reassessment of pre-industrial fire emissions strongly affects anthropogenic aerosol forcing. *Nature Communications*. 9(1): 3182.
- Han, W. et al. (2016). Major natural disasters in China, 1985–2014: occurrence and damages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(11): 1118.
- Helsel, ZR (2016). *Energy Use and Efficiency in Pest Control, Including Pesticide Production, Use, and Management Options*, eXtension

- Farm Energy. <http://articles.extension.org/pages/62513/energy-use-and-efficiency-in-pest-control-including-pesticide-production-use-and-management-options>, visited April 1, 2019.
- Hinson, S (2019). NOAA. Personal communication.
- Hodgkins, GA et al. (2017). Climate-driven variability in the occurrence of major floods across North America and Europe. *Journal of Hydrology*, 552: 704–717.
- IHME (2019). *Global Burden of Disease 2017 (GBD) Results Tool*. Institute for Health Metrics and Evaluation. Available at <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press. Annex II, p. 1401.
- IPCC (2014). Field CB, editor. *Climate change 2014–Impacts, adaptation and vulnerability: Regional aspects*. Cambridge University Press.
- IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization.
- Kench, PS et al. (2018). Patterns of island change and persistence offer alternate adaptation pathways for atoll nations. *Nature Communications*, 9(1): 605.
- Klotzbach, PJ et al. (2018). Continental US hurricane landfall frequency and associated damage: Observations and future risks. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(7): 1359–76.
- Lamprecht, A et al. (2018). Climate change leads to accelerated transformation of high-elevation vegetation in the central Alps. *New Phytologist*, 220(2): 447–59.
- Lee, W et al. (2018). Temporal changes in mortality impacts of heat wave and cold spell in Korea and Japan. *Environment International*, 116: 136–46.
- Lelieveld, J et al. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525(7569): 367.
- Lomborg, B (2001). *The Skeptical Environmentalist: Measuring the real state of the world*. Cambridge University Press.
- Luijendijk, A et al. (2018). The state of the world's beaches. *Scientific Reports*, 8(1): 6641.
- Maddison, A (2005). *Growth and Interaction in the World Economy. The Roots of Modernity*. American Enterprise Institute.
- Masri, S (2018). Droughts and wildfires destroying the West don't have to be the 'new normal'. The *Los Angeles Times*, July 13. <https://thehill.com/opinion/energy-environment/396833-droughts-and-wildfires-destroying-the-west-dont-have-to-be-the-new>.
- Maue, R (2011). Recent historically low global tropical cyclone activity'. *Geophysical Research Letters*, 38(14). Updated Figures available at <https://policlimate.com/tropical/>.
- Medhaug, I et al. (2017). Reconciling controversies about the 'global warming hiatus'. *Nature*, 545(7652): 41–47.
- Nerem, RS et al. (2018). Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(9): 2022–5.
- NOAA (2019). National Centers for Environmental Information. Climate at a Glance: National Time Series. National Oceanic and Atmospheric Administration, published April 2019, retrieved on April 16, 2019 from <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>.
- NOAA-ESRL (2019). Annual mean CO2 data – Mauna Loa. NOAA-Earth Systems Research Laboratory. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>, visited May 13, 2019
- NOAA-SPC (2019). The Enhanced Fujita Scale. National Oceanic and Atmospheric Administration, Storm Prediction Center. <https://www.spc.noaa.gov/efscale/>, visited April 24, 2019.
- Nova, J (2019). Forgotten history: 50 degrees everywhere, right across Australia in the 1800s, available at <http://joannenova.com.au/2019/01/forgotten-history-50-degrees-everywhere-right-across-australia-in-the-1800s/>, visited April 25, 2019.
- Oerke, EC (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1): 31–43.

- ONT (2019). Press Release, Venezuela: 'The continued upsurge of malaria in Venezuela is becoming uncontrollable', *Outbreak News Today*, 16 April 2019, <http://outbreak-newstoday.com/venezuela-continued-upsurge-malaria-venezuela-becoming-uncontrollable-84353/>
- OWID (2019). Our World in Data. On-line database at <https://ourworldindata.org/>.
- PBL (2018). Trends in global CO2 and total greenhouse gas emissions; 2018 report. December 2018, PBL report 3125.
- Phalan, B et al. (2011). Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science*, 333(6047): 1289–91.
- Pielke Jr, R (2018). Pielke on climate. <https://theclimatfix.wordpress.com/2018/08/09/pielke-on-climate-13/>. Updated data from: Pielke, Roger. *The Climate Fix: What Scientists and Politicians won't tell you about Global Warming*. New York: Basic Books, 2010.
- RFI (2019). Early warning systems helped India, Bangladesh minimise Cyclone Fani death toll, May 5, 2019. <http://en.rfi.fr/asia-pacific/20190505-early-warning-systems-preparedness-helped-india-bangladesh-minimize-deaths>, visited May 30, 2019.
- Remote Sensing Systems (2018). <http://www.remss.com/research/climate/>, visited June 26 2018.
- Riahi, K et al. (2011). RCP 8.5–A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, 109(1–2): 33.
- Ridley, M (2012). *The Rational Optimist: How Prosperity Evolves*. Brock Education: A Journal of Educational Research and Practice 21, no. 2 (2012).
- Salick, J et al. (2019). Rapid changes in eastern Himalayan alpine flora with climate change. *American Journal of Botany*. 106(4): 520–30.
- Sharma, A et al. (2018). If precipitation extremes are increasing, why aren't floods?. *Water Resources Research*, 54(11): 8545–51.
- Simmons, KM et al. (2013). Normalized tornado damage in the United States: 1950–2011. *Environmental Hazards*, 12(2): 132–47.
- Simon, JL et al. (eds). *The State of Humanity*. Blackwell, 1995.
- Song, X-P et al. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720): 639.
- Steinbauer, MJ et al. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*, 556(7700): 231.
- Travel China Guide (2016). Available at <https://www.travelchinaguide.com/climate/air-pollution.htm>. Visited October 13, 2019. Based on *Technical Regulation on Ambient Air Quality Index (on trial)*. Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (in Chinese).
- Trenberth, K. et al. (eds) (2019). The Climate Data Guide: Atlantic Multi-decadal Oscillation (AMO). Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/atlantic-multi-decadal-oscillation-ammo>.
- UNDP (2018). Human Development Indices and Indicators 2018 Statistical Update. UN Development Programme. http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update.pdf, visited May 12, 2019.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423).
- USBC (1941). Statistical Abstract of the United States: 1941, p. 94. US Bureau of the Census. Available at <https://www2.census.gov/library/publications/1942/compendia/statab/63ed/1941-02.pdf?#>.
- USGCRP (2017). Wuebbles, DJ et al. (eds.) *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I*. US Global Change Research Program, Washington, DC, USA, Chapter 8. <https://science2017.globalchange.gov/chapter/8/>.
- US National Interagency Fire Center (2018), https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_statistics.html.
- Vatican Press Bulletin (2019). Messaggio del Santo Padre Francesco per la Celebrazione della V Giornata Mondiale di Preghiera per la cura del creato, 01.09.2019. <http://press.vatican.va/content/salastampa/it/bollettino/pubblico/2019/09/01/0647/01341.html#EN>, visited September 2, 2019.
- Vicedo-Cabrera, AM et al. (2018). A multi-country analysis on potential adaptive mechanisms to cold and heat in a changing climate. *Environment International*, 111: 239–46.
- Vié, J-C et al. (eds) (2009). Wildlife in a changing world: an analysis of the 2008 IUCN Red List of threatened species. International Union for Conservation of Nature.

- WDI (2019). World Development Indicators. World Bank Databank. <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=world-development-indicators#>.
- Weinkle, J et al. (2012). Historical global tropical cyclone landfalls. *Journal of Climate*, 25(13): 4729–35.
- Weinkle, J et al. (2018). Normalized hurricane damage in the continental United States 1900–2017. *Nature Sustainability*, 1(12): 808.
- WHO (2016). Global Health Estimates 2015: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000–2015. Geneva, World Health Organization.
- WHO (2018). Global Health Estimates 2016: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000–2016. Geneva, World Health Organization; 2018. http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/en/.
- WHO (2019). HALE by country: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.HALE?lang=en>; HALE by region: <http://apps.who.int/gho/data/view.main.HALEXREGv?lang=en>.
- WHO (2019). Life expectancy and HALE by country, <http://apps.who.int/gho/data/view.main.SDG2016LEXv?lang=en>.
- WHR (1999). World Health Report. World Health Organization.
- Wikipedia (2019). List of cities in China by life expectancy. Available https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_cities_in_China_by_life_expectancy. Visited October 13, 2019. Based on Chinese governmental sources (in Chinese).
- Zhu, Z et al. (2016). Greening of the Earth and its drivers. *Nature Climate Change* 6(8): 791.
- Ziesemer, J (2007). Energy use in organic food systems. Natural Resources Management and Environment Department Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.



www.clintel.nl