

Notitie vergelijking KNMI14-scenario's en KNMI23 scenario's

Inleiding

Op 9 oktober 2023 publiceerde het KNMI nieuwe klimaatscenario's¹. Deze scenario's, naar het jaar van publicatie KNMI23-scenario's genoemd zijn de opvolger van de KNMI14-scenario's. Deze laatste scenario's, inclusief de daarvan afgeleide producten, zijn tot nu toe door de provincie gebruikt ter onderbouwing van het provinciale beleid voor klimaatadaptatie. De KNMI23-scenario's beschrijven conform de laatste wetenschappelijke inzichten de in Nederland, inclusief Caribisch Nederland, te verwachten klimaatverandering. Hierbij gaat het om de verandering van:

- De gemiddelde temperatuur (jaarlijks, seizoenen).
- Minimum- en maximumtemperatuur (jaarlijks, seizoenen).
- Neerslag (jaarlijks, seizoenen).
- Zonnestraling (jaarlijks, seizoenen)
- Verdamping/relatieve vochtigheid (jaarlijks, lente/zomer).
- Droogte (neerslagtekort april t/m september).
- Wind (jaarlijks, seizoenen).
- Zeespiegelstijging Nederlandse kust (gemiddeld niveau).

Op 13 december 2023 hebben het KNMI, Deltares en Rijkswaterstaat een eerste afgeleide product gepubliceerd: "De consequenties van de KNMI'23-scenario's voor de Rijn en Maas"². In dit rapport worden de effecten van de KNMI23-scenario's geanalyseerd voor zowel hoge als lage afvoeren van de Rijn en de Maas. Voor maatgevende hoogwaterstanden van de Rijn volgen nog aanvullende berekeningen welke in voorjaar 2024 worden gepubliceerd (extreme hoogwaterstatistiek).

In de loop van 2024 zullen meer afgeleide producten volgen, waaronder een actualisatie van de neerslagstatistiek (STOWA³) en verwerking van de resultaten in de landelijke klimaateffectatlas⁴.

Hantering van recente wetenschappelijke inzichten ter onderbouwing van het provinciale beleid is van belang, mede gezien de wettelijke eisen zoals opgenomen in de Europese klimaatwet (Verordening(EU) 2021/1119) en in de EU richtlijn voor milieueffect-beoordeling (Richtlijn 2014/52/EU). Bij het opstellen van nationale aanpassingsstrategieën, resp. het beoordelen van projecten op hun kwetsbaarheid voor klimaatverandering, moet worden uitgegaan van de (meest recente) wetenschappelijke kennis.

Op 11 oktober hebben de Statenfracties van D66, Groenlinks-PvdA, PvdD, ChristenUnie en Volt vragen gesteld over de nieuwe KNMI23-klimaatscenario's. In de beantwoording hebben Gedeputeerde Staten toegezegd een verschillenanalyse uit te voeren waarbij de nieuwe KNMI23-klimaatscenario's worden vergeleken met de KNMI14-klimaatscenario's en de Klimaatonderlegger Zuid-Holland. Deze notitie bevat de toegezegde analyse. Naast analyse bevat de notitie op onderdelen nadere uitleg bij de scenario's voor betere duiding van onzekerheden en mogelijke consequenties van de verwachte effecten.

¹ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatscenario-s>

² <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/wat-betekenen-de-knmi-klimaatscenario-s-voor-de-rivierafvoeren>

³ <https://www.stowa.nl/publicaties/neerslagstatistiek-en-reeksen-voor-het-waterbeheer-2019>

⁴ <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/in-ontwikkeling>

Uitgangspunten KNMI14 en KNMI23-scenario's

De KNMI14 en KNMI23-scenario's zijn op een vergelijkbare wijze geconstrueerd. Beiden bestaan uit vier scenario's, waarbij verschillen in wereldwijde temperatuurverandering (laag-hoog) en verschillen in luchtstromingspatronen (KNMI14), resp. ligging hoge en lage drukgebieden (KNMI23) de sturingsparameters zijn.

De verschillen in wereldwijde temperatuurverandering worden sterk gestuurd door de mondiale ontwikkeling van de emissie in broeikasgassen. Deze emissiescenario's zijn gebaseerd op combinaties van sociaal-economische ontwikkelingen en klimaatbeleid. Deze voor het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ontwikkelde "Shared Socio-economic Pathways, afgekort SSP's" leiden tot verschillende concentraties van broeikasgassen en daarmee verschillen in mondiale temperatuurstijging.

In de KNMI23-scenario's is voor het laagste scenario aangesloten bij de doelstellingen van het Parijsakkoord, wat is gebaseerd op het lage SSP1-2,6 IPCC-scenario. Voor 2050 wordt in de lage KNMI23-scenario's uitgegaan van een temperatuurstijging van 1,7 graden (referentieperiode 1850-1900). In 2100 blijft dit 1,7 graden door succesvol mondiaal mitigatiebeleid. In dit scenario wordt voldaan aan de doelstelling van het Parijsakkoord (maximale temperatuurstijging van plus 2 graden t.o.v. pré-industrieel en bij voorkeur maximaal 1,5 graad).

Voor het hoogste scenario is aangesloten bij het zogenaamde SSP5-8,5-scenario. Voor wat betreft de emissies van broeikasgassen lijkt dit scenario vrij onwaarschijnlijk gezien de mondiaal sterke groei in duurzame opwekking van elektriciteit en de lagere groei van inzet van kolen. Onverwachte terugkoppelingen in het klimaatsysteem zoals vrijkomen van methaanemissies uit permafrost en/of afname van de CO₂-opnamecapaciteit van oceanen kunnen echter zorgen voor hogere concentraties aan broeikasgassen. In dit hoge scenario loopt de mondiale temperatuurstijging op tot 2,4 graden in 2050 tot 4,9 graden in 2100 (ten opzichte van de referentieperiode 1850-1900). Met deze brede range dekken de KNMI23-scenario's de mogelijke uitkomsten van hoe een toekomstig klimaat zich kan ontwikkelen.

Het jaar 2023 was met 1,48 graden mondiaal gemiddeld het tot nu toe warmste jaar sinds de start van de metingen (ten opzichte van de referentieperiode 1850-1900, ERA5 dataset⁵). Ook 2024 is begonnen met mondiale recordtemperaturen in januari en februari.

Trends en projecties per variabele

Temperatuur en hitte

De KNMI14 scenario's hanteren de periode 1981-2010 als klimaatnormaal (=30 jarige periode), de KNMI23-scenario's de periode 1991-2020. In onderstaande tabel is hiervoor gecorrigeerd door de verandering te relateren aan de gebruikte uitgangperiode.

	Referentieperiode		KNMI14- scenario's 2050				KNMI23-scenario's 2050			
	1981-2010	1991-2020	Gl	Gh	Wl	Wh	Ln	Ld	Hn	Hd
T-jaargemiddeld	10,1	10,5	11,1	11,5	12,1	12,4	11,4	11,4	12	12,1

⁵ <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>

T-zomer gemiddeld	17	17,3	18	18,4	18,7	19,3	18,4	18,5	19	19,4
T-zomer dagmaximum gemiddeld	21,9	22,3	22,8	23,3	23,4	24,2	23,5	23,7	24	24,5
Aantal zomerse dagen T > 25	21	28	33	36	39	47	39	41	45	52
Aantal tropische dagen T > 30	3,9	5	7	9	10	13	8,5	9,4	10	13
Voorbeeld van effect in extreme zomers (2006/2010 en 2019) : aantal tropische dagen en temperatuurextremen (NB data van beperkt aantal scenario's beschikbaar)										
Aantal tropische dagen T > 30 (2006 / 2019)	9	11	14			26				29
Hoogste waarde (2010 / 2019)	35	37,2	36,3			39,1				40,8

KNMI14: Gl, Gh, Wl, Wh (Gematigd laag, gematigd hoog, warm laag, warm hoog).

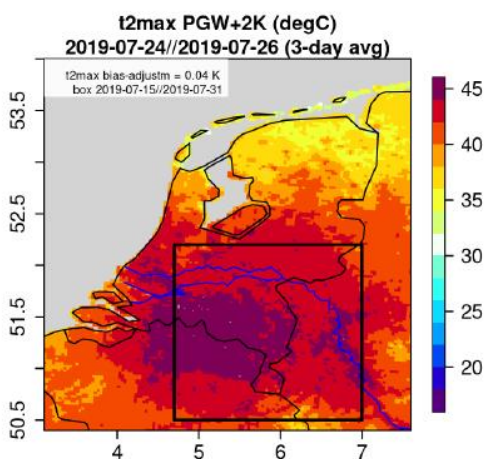
KNMI23: Ln, Ld, Hn, Hd (laag nat, laag droog, hoog nat, hoog droog).

T=Temperatuur, station De Bilt (vergelijkbaar met KNMI meetstation Rotterdam (Zestienhoven)).

Tropische dagen 2050: hoogste aantal in periode 1991-2020.

Hoogste waarde referentieperiode en KNMI14: station Rotterdam; KNMI23: station De Bilt op basis van getransformeerde KNMI23 HN en Hdreeks.

Uit de tabel blijkt dat de twee KNMI14 en de KNMI23-scenario's weinig verschillen vertonen qua verandering in gemiddelde jaartemperatuur. KNMI14 is in het hoogste scenario wat warmer dan KNMI23. KNMI23 is in de zomer in het hoogste scenario's iets warmer dan KNMI14. Grotere verschillen bestaan bij de toename van het aantal zomerse dagen. Deze nemen in de KNMI23 scenario's duidelijk sterker toe in alle scenario's. Dit hangt samen met de sterkere afname van de neerslag in de zomer in deze scenario's (zie ook neerslag en droogte). Deze toename is niet te zien in het aantal tropische dagen. Wel komt de verwachte hoogste waarde in de nieuwe KNMI23-scenario's hoger uit dan in de KNMI14-scenario's (40,8 i.p.v. 39,1 graden).



Ten behoeve van de KNMI23-scenario's heeft het KNMI een zogenaamde "Toekomstig weer" casus doorgerekend, waarbij de hittegolf van 2019 is geanalyseerd in een twee graden warmere wereld. Uit de analyse blijkt dat in delen van Nederland, waaronder delen van het stedelijk gebied van Zuid-Holland in zo'n weersituatie de temperaturen oplopen tot tegen de 45 graden⁶.

Verder is opvallend dat de maximaal verwachte waarde voor 2050 in het lage KNMI14-scenario inmiddels al twee keer is overschreden. Zowel in de zomer van 2019 als in 2022 werd het in Rotterdam meer dan 37 graden.

⁶ Bron figuur: KNMI, National climate scenarios 2023 for the Netherlands, scientific report De Bilt 2023.

Conclusies:

- De verandering van de gemiddelde temperatuur verschilt weinig tussen beide scenario's. De meest extreme waarden zijn in de nieuwe KNMI23-scenario's hoger dan in de oude KNMI14-scenario's.
- Het temperatuurextreem voor 2050 in de oude lage KNMI14-scenario's is inmiddels al twee keer overschreden.

Neerslag, droogte en zonnestraling

De veranderingen zijn ten opzichte van de nieuwe basisperiode. Hierbij moet bedacht worden dat de natuurlijke variatie in de neerslag groot is. Voor de periode tot 2050 is de toename ten opzichte van de basisperiode gematigd. Na 2050 neemt de neerslag in de hoge scenario's nog sterk toe (niet opgenomen in de tabel).

	Referentieperiode		KNMI14 scenario's 2050				KNMI23 scenario's 2050			
	1981-2010	1991-2020	Gl	Gh	Wl	Wh	Ln	Ld	Hn	Hd
Winterneerslag	211	218	+3%	+8%	+8%	+17%	+5%	+4%	+7%	+4%
Winter 10 daagse som 1* 10 jaar (mm)	89	109	+6%	+10%	+12%	+17%	+2%	-2%	+2%	0%
Zomerneerslag (mm)	224	235	+1.2%	-8%	+1.4%	-13%	-2%	-8%	-5%	-13%
Jaargemiddelde zonnestraling	192 W/m2 ⁷	206W/m2	+2.1%	+5%	+1%	+6.5%	+9.1	+12	+7.4	+14
Zomer dagelijkse hoeveelheid 1* 10 jaar	44	63	+10%	+13%	+21%	+22%	+7%	+6%	+14%	+9%
Zomer neerslagtekort gemiddeld	144	160	+4.5%	+20%	+0.7%	+30%	+13%	+22%	+15%	+35%
Zomer neerslagtekort 1* 10 jaar	230	265	+5%	+17%	+4.5%	+25%	+9%	+16%	+16%	+30%

De maximale toename in de gemiddelde winterneerslag is in de nieuwe KNMI23-scenario's lager dan in de KNMI14-scenario's. De tiendaagse som is in de periode 1991-2020 sterk toegenomen ten opzichte van de periode 1981-2010. De verdere toename in de KNMI23-scenario's is veel gematigder dan in de KNMI14-scenario's. Per saldo resulteren in 2050 hogere waarden in de KNMI23-scenario's.

⁷ De waarde in de KNMI14-scenario's is omgerekend van KJ/cm2 naar W/m2

Bij de zomerneerslag zien we duidelijkere verschillen. In de nieuwe KNMI23-scenario's neemt de zomerneerslag in alle scenario's af. In de KNMI14-scenario's was dit in 2 van de 4 scenario's het geval. Gecombineerd met de wat hogere zomerse temperaturen resulteert dit in een sterkere toename van het neerslagtekort. Inclusief de toename die in de nieuwe referentieperiode 1991-2020 al was te zien resulteren beduidend hogere absolute neerslagtekorten in 2050. Dit zien we nog wat sterker terug in de "droge zomers" (neerslagtekort 1* 10 jaar).

De afgelopen decennia is de hoeveelheid zonnestraling zeer fors toegenomen. Tussen 1991 en 2023 zelfs met 16 procent⁸. De afname van de luchtverontreiniging speelt hierbij een belangrijke rol, met name de reductie van SO2 en andere aërosolen heeft hier aan bijgedragen. De afgelopen jaren waren bovengemiddeld zonnig met 2022 als recordhouder sinds 1901 (begin metingen). De toename in zonnestraling verklaard voor een belangrijk deel de toename in de verdamping in de lente en de zomer. De hogere temperaturen verklaren het restant.

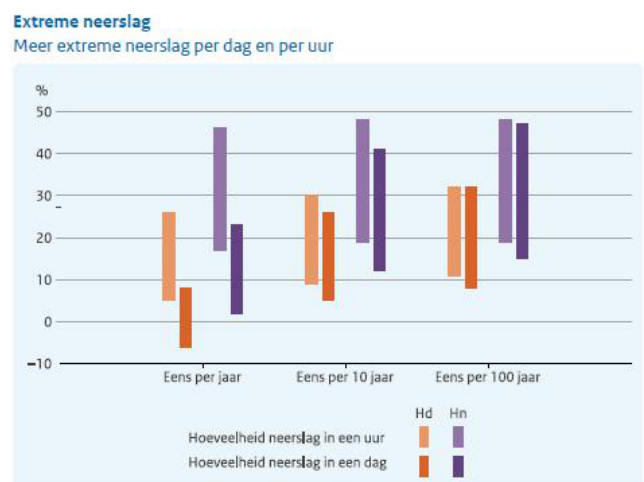
Conclusies:

- De gemiddelde winterneerslag is in het verleden al sterk toegenomen, de verdere toename is relatief gering.
- Door afname van de zomerneerslag in alle scenario's in combinatie met wat hogere zomertemperaturen en toename in zonnestraling resulteert een duidelijk hoger neerslagtekort. De droogteproblematiek is in de nieuwe KNMI23-scenario's beduidend sterker dan in de oude KNMI14-scenario's.

Extreme neerslag zomerbuien

In de KNMI23-scenario's is vooruitgang geboekt bij het modelleren van extreme buien in de zomer. Een nieuwe generatie klimaatmodellen (Convection Permitting Models (CPM)) is beter in staat om het soort relatief kleinschalige processen door te rekenen wat van invloed is op de omvang van hevige (onweers)buien. Deze lokale onweersbuien zorgen voor water op straat of in het geval van grootschalige clustering tot neerslag in een groter gebied. Extreme clustering van dit soort onweersbuien waren de oorzaak van de extreme neerslag in zomer 2021 in België, Duitsland en Limburg. De benodigde rekentijd blijft echter groot, waardoor er beperkingen zijn in het aantal door te rekenen toekomstbeelden.

In vergelijking tot de KNMI14-scenario's zien we de volgende verschuiving. Waar in KNMI14 lichte buien nog in intensiteit konden toe of afnemen zien we nu een afname van het aantal lichte zomerse buien. De intensiteit van zware buien neemt sterk toe en is vergelijkbaar tussen beide scenario's. De toename is het sterkst in de natte scenario's.



Figuur 16. Bandbreedte van procentuele veranderingen van extreme dag- en uureerslag in de zomer, volgens de hoge KNMI'23-klimaatscenario's rond 2100.

⁸ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/meer-verdamping-in-nederland-vooral-door-toename-in-zonnestraling>

Conclusies:

- In de KNMI23-scenario's vindt er een verschuiving plaats waarbij het aantal lichte zomerbuien afneemt en de intensiteit van zware buien toeneemt. Dit laatste is vergelijkbaar met de KNMI14-scenario's.
- Door de complexiteit van de gemodelleerde processen zijn de onzekerheden nog steeds groot.

Zeespiegelstijging, wind en afvoer rivieren

De afgelopen jaren is hard gewerkt om beter zicht te krijgen op de te verwachten zeespiegelstijging. Vooral het mogelijk versneld afkalven van delen van West- en Oost-Antarctica heeft op lange termijn grote gevolgen voor Zuid-Holland.

Nieuw onderzoek van het KNMI en de Universiteit Utrecht laat zien dat gecorrigeerd voor veranderingen in windpatronen en de zogenaamde nodale cyclus de zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust sinds de jaren '60 is gaan versnellen. De zeespiegelstijging in de periode 1993-2021 bedraagt 2,9 mm/jaar tegenover 1,8 mm in de periode 1890-1993.

	Referentieperiode		KNMI14 scenario's				KNMI23 scenario's			
	1981-2010	1991-2020	Gl	Gh	Wl	Wh	Ln	Ld	Hn	Hd
Zeespiegel absoluut 2050 in cm	1981-2010 = +3 NAP	1995-2014 = 0	15 - 30	15 - 30	20 - 40	20 - 40	16 - 34	16 - 34	19 - 38	19 - 38
Zeespiegel absoluut 2100 (cm) (KNMI14=2085)			25 - 60	25 - 60	45 - 80	45 - 80	26 - 73	26 - 73	59 - 124	59 - 124
Rivierafvoer Rijn 7 daagse minimumafvoer 2050 Lobith		ca 1080 m ³ /s	+9%	+2%	+2%	-5%	-7% (2033)		-7%	-16%
Rivierafvoer Rijn 7 daagse minimumafvoer 2100			+8%	-2%	-1%	-10%	-7%	-11%	-15%	-30%

NB1 ontleend aan figuur D3 rapport Deltares: "Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse", 2023.

NB2 na publicatie van de KNMI14-scenario's is een apart Whdry scenario ontwikkeld aangezien de KNMI14-scenario's parameters voor zomerneerslag voor Nederland geen goed beeld gaven van de neerslagafname in het Rijnstroomgebied (te nat). Het Whdry-scenario heeft waarden in de buurt van het KNMI23-Hd-scenario.

NB3: de afvoerberekeningen voor KNMI23 zijn gedaan met een ander hydrologisch model dan KNMI14, met betere resolutie.

De toekomstige zeespiegelstijging is afhankelijk van een aantal factoren:

- Uitzetting oceanen door hogere temperaturen (statisch) en dynamische verandering door mondiale veranderingen in zeestromingen.
- Smelten van gletschers.
- Smelten en afkalven van de grote ijskappen van Groenland en Antarctica.

De grootste onzekerheden bestaan rond het gedrag van de ijskap van Antarctica. Sinds de KNMI14-scenario's is meer zicht ontstaan op mogelijke processen die kunnen leiden tot versnelling van het verlies aan ijsmassa. Warme oceaanstromingen tasten in zee uitkomende gletschers zoals de Pine Island en Thwaites gletscher op West-Antarctica aan waardoor na het wegvallen van ijsplaten deze gletschers steeds sneller gaan stromen en steeds meer landijs naar de kust beweegt en afkalft.

Verschillen KNMI14 en KNMI23-scenario's

Tot 2050 is er weinig verschil tussen beide scenario's, na 2050 is de verwachte zeespiegelstijging in de KNMI23-scenario's hoger, vooral door de hogere bijdrage van Antarctica. Uit de waarnemingen blijkt dat deze wat lager zijn dan in KNMI14 werd verwacht. De destijds opgenomen lineaire trend is duidelijk niet realistisch en accentueert dat de scenario's niet voor korte termijn verwachtingen moeten worden gehanteerd.

Na 2050 neemt de zeespiegelstijging in de KNMI23 -scenario's sterker toe door de hogere bijdrage van Antarctica. Een deel van het verschil in absolute waarde wordt veroorzaakt door het hanteren van 2100 in plaats van 2085 als zichtjaar.

Nieuw in KNMI23 is de hantering van het jaar 2300 in de scenario's. Door een blik in de verre toekomst wordt duidelijk dat ook na 2100 de zeespiegelstijging gewoon door gaat, aangezien de grote ijskappen niet meer in evenwicht zijn en dus massa blijven verliezen. De mate waarin wordt zeer sterk bepaald door verschillen in de mondiale opwarming en de reactie van de ijskap van Antarctica. In het slechtste geval, zeer hoge emissies en met inbegrip van alle onzekere ijskapprocessen loopt de zeespiegelstijging op tot 17 meter.

Conclusies:

- Op korte termijn (2050) zit er weinig verschil in te verwachten zeespiegelstijging tussen de KNMI14 en de KNMI23-scenario's.
- Op langere termijn (2100) is de stijging hoger in KNMI23, vooral vanwege groter ijsverlies op Antarctica.
- Op zeer lange termijn (2300) kan de zeespiegelstijging extreme vormen aannemen (17 meter). Dit is wel een "kleine kans, hoge impact" scenario.

Wind

De natuurlijke variatie in de jaarlijks gemiddelde windsnelheden is groot. Jaren met gemiddeld veel wind wisselen af met jaren met gemiddeld weinig wind. Door toegenomen ruwheid van het landschap neemt de gemiddelde windsnelheid sinds 1990 licht af. Het effect van klimaatverandering op de gemiddelde windsnelheid is in de winter zeer gering, in de zomer is er een lichte afname. Ten opzichte van de natuurlijke variatie is deze nauwelijks significant. Ook in KNMI14 werd geconcludeerd dat het effect van klimaatverandering gering is.

Afvoer rivieren

Zowel de KNMI'14 als de KNMI'23 scenario's projecteren vrijwel geen verandering in de gemiddelde jaarafvoer van de Rijn. Voor de minimale 7-daagseafvoer zagen we in de KNMI'14 scenario's zowel toenames als afnames, afhankelijk van welk scenario toegepast werd. In de nieuwe berekeningen zal de minimale 7-daagseafvoer daarentegen voor alle KNMI'23 scenario's afnemen. De grootste

afname volgens de KNMI'23 scenario's (30% voor 2100) blijft wel van dezelfde orde grootte als volgens de KNMI'14 scenario's.

Voor de maximale jaarafvoer zien we dat de toenames in 2100 volgens de KNMI'23 scenario's kleiner zijn dan de toenames volgens de KNMI'14 scenario's in 2085. Dit betreft echter gemiddelden, voor de specifieke hoogwatersituaties welke bepalend zijn voor de adaptatieopgave worden nog aanvullende berekeningen gemaakt.

Ook bij de Maas leiden in tegenstelling tot de KNMI14-scenario's nu alle scenario's tot en afname van de minimale 7 daagse afvoer. Tot slot geven de KNMI'23 scenario's een lagere toename in de maximale jaarafvoer van de Maas dan de KNMI'14 scenario's.

Conclusies:

- De duidelijke drogere KNMI23-scenario's werken ook door in de verwachte minimumafvoer van de Rijn en de Maas. De kans op lage afvoeren is bij de KNMI23-scenario's duidelijk groter dan bij KNMI14-scenario's. Hierdoor neemt de kans op verzilting en zoetwatertekorten toe.

Betekenis voor gebruik van de Klimaatonderlegger

De klimaatonderlegger geeft vanuit water, bodem en klimaatverandering, inzicht in de geschiktheid van een gebied voor de gebruiksfuncties verstedelijking, landbouw en natuur. Door bij ontwikkelingen, bedrijfsvoering en locatiekeuzen beter rekening te houden met condities vanuit het water- en bodemsysteem en klimaatverandering, wordt afwenteling voorkomen.

In zijn algemeenheid leiden de nieuwe KNMI23-scenario's niet tot andere inzichten over de richting waarin het klimaat verandert. Dit betekent dat de in de klimaatonderlegger opgenomen ontwerpprincipes gewoon kunnen worden toegepast.

Op basis van de in deze notitie opgenomen conclusies komen de volgende aandachtspunten naar voren:

- In de KNMI23-scenario's is het effect van klimaatverandering op droogte duidelijk significanter dan in de KNMI14-scenario's.
- De grotere kans op droogte gaat gepaard met een grotere kans op extreme temperaturen en vice versa (terugkoppelingseffect).
- De kans op extreme hitte ($T_{max} > 40$ graden) neemt daardoor toe, waardoor risico's voor de volksgezondheid en het (stedelijk)leefklimaat duidelijker aanwezig zijn.
- Toenemende kans op droogte zorgt ook voor grotere kansen op zoetwatertekorten en verzilting.
- De hogere zeespiegelstijging stelt, zeker op de lange termijn, Zuid-Holland voor fundamentele uitdagingen.