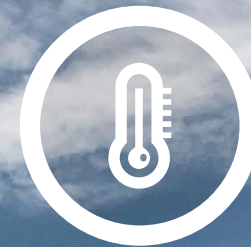


JANUARI 2019

FACTS & FIGURES
VOOR KLIMAATADAPTATIE
IN DE REGIO FLEVOLAND

ONS KLIMAAT VERANDERT

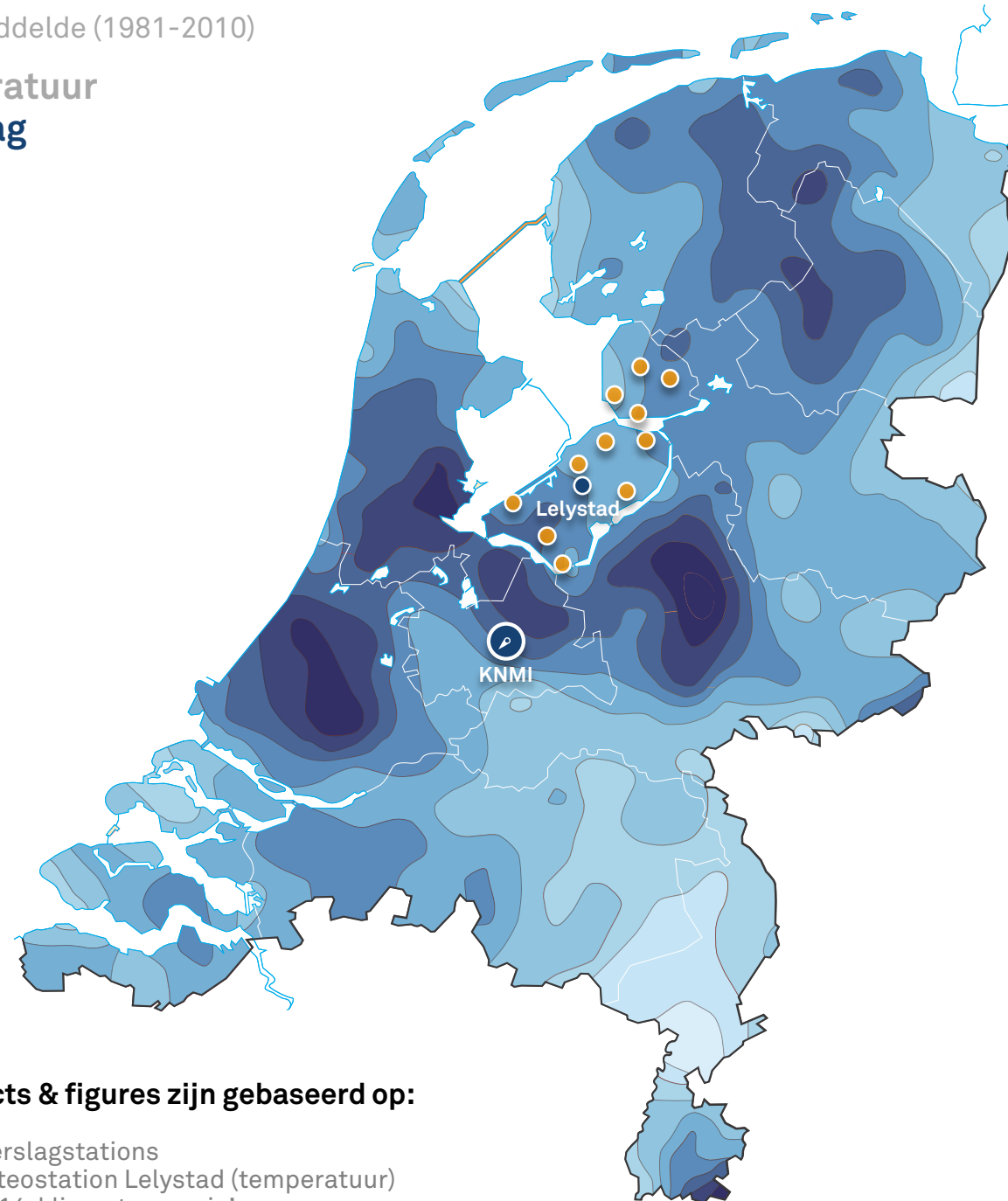
klimaatverandering-regio-flevoland.vormgeving.com





Jaargemiddelde (1981-2010)

Temperatuur
Neerslag



Deze facts & figures zijn gebaseerd op:

- KNMI neerslagstations
 - KNMI meteostation Lelystad (temperatuur)
- De KNMI'14-klimaatscenario's

FACTS & FIGURES

voor klimaatadaptatie in Regio Flevoland

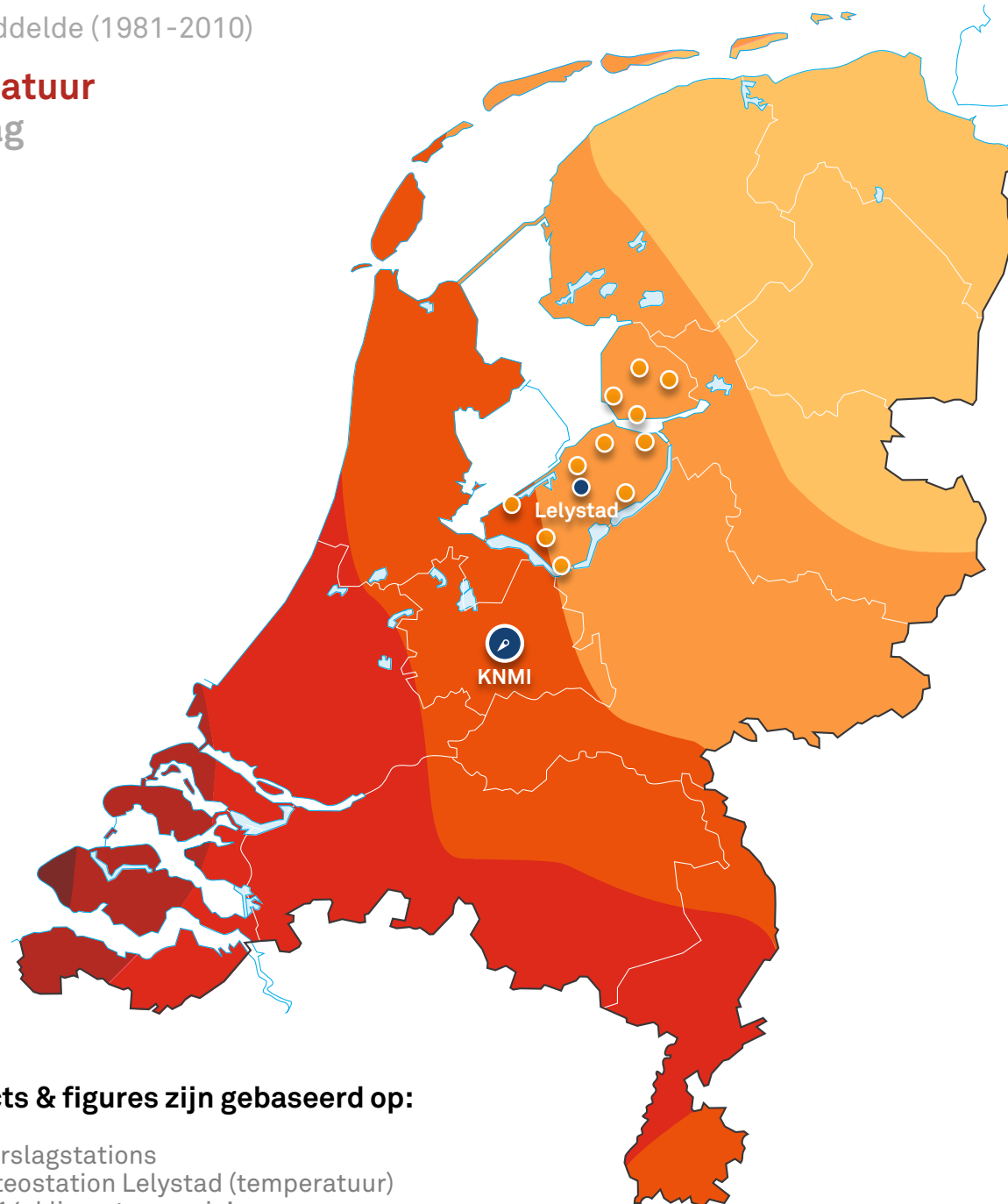
Regio Flevoland ziet de noodzaak voor een klimaat robuuste inrichting. Daarvoor is inzicht nodig in de regionale klimaatverandering.

Het KNMI heeft voor ons een aantal cijfers op een rij gezet voor het huidige klimaat en ons een inkijk gegeven in hoe het klimaat zich in ons gebied in de toekomst mogelijk zal ontwikkelen.



Jaargemiddelde (1981-2010)

Temperatuur
Neerslag



Deze facts & figures zijn gebaseerd op:

- KNMI neerslagstations
 - KNMI meteostation Lelystad (temperatuur)
- De KNMI'14-klimaatscenario's

FACTS & FIGURES

voor klimaatadaptatie in Regio Flevoland

Regio Flevoland ziet de noodzaak voor een klimaat robuuste inrichting. Daarvoor is inzicht nodig in de regionale klimaatverandering.

Het KNMI heeft voor ons een aantal cijfers op een rij gezet voor het huidige klimaat en ons een inkijk gegeven in hoe het klimaat zich in ons gebied in de toekomst mogelijk zal ontwikkelen.

8,4

8,7

9,0

9,3

9,6

9,9

10,2

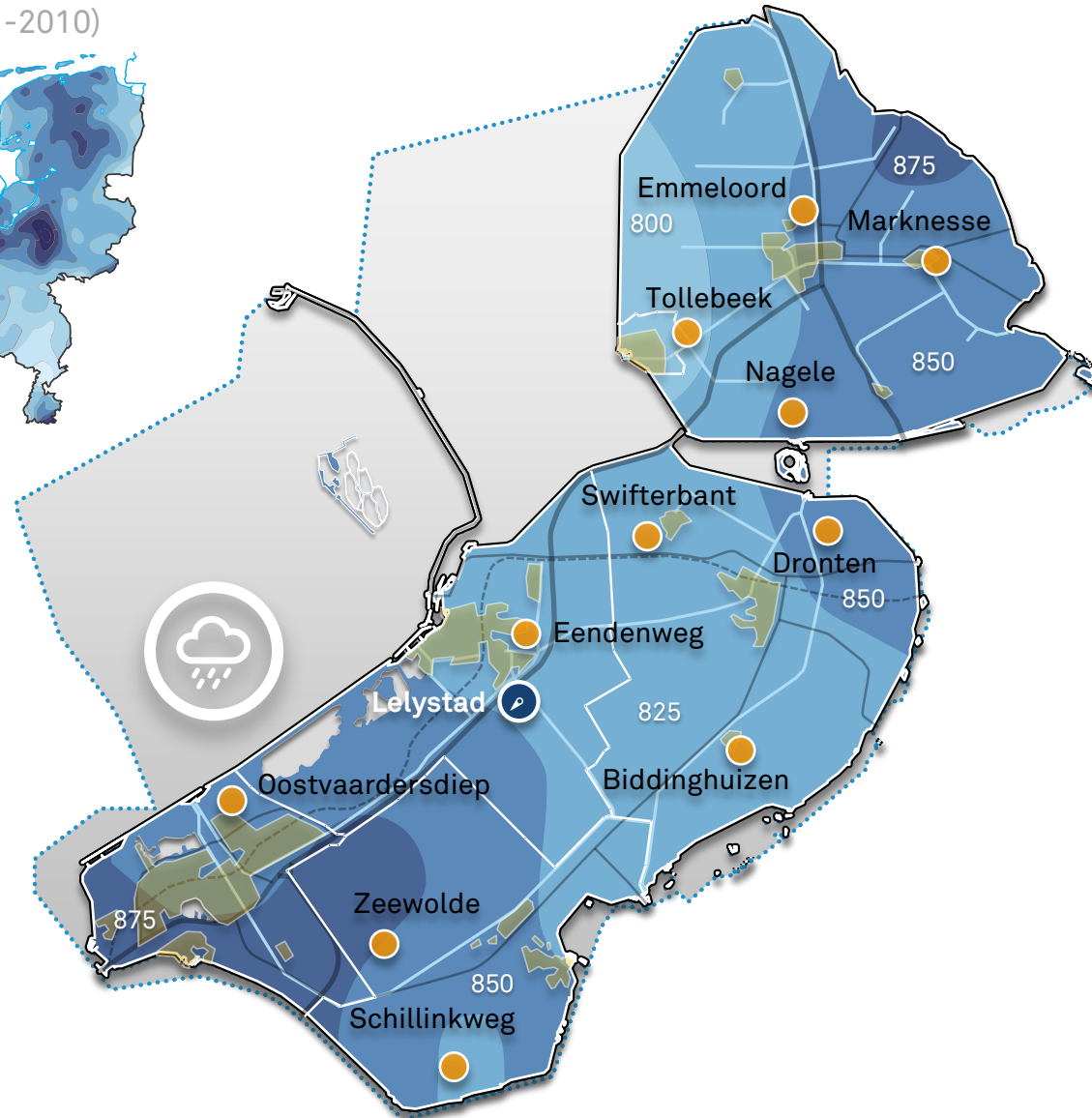
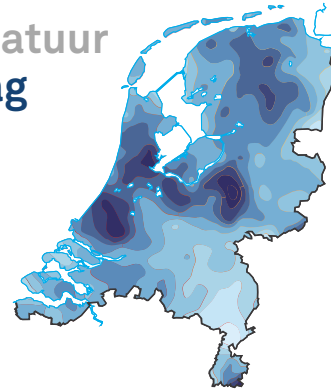
10,5

10,8°C



Jaargemiddelde (1981-2010)

Temperatuur Neerslag



KNMI, weer- en klimaatdienstverlening

- KNMI neerslagstations
 - KNMI meteostation Lelystad (temperatuur)
- De KNMI'14-klimaatscenario's

ONS GEBIED

TEMPERATUUR NEERSLAG DROOGTE WIND ZESPIEGEL

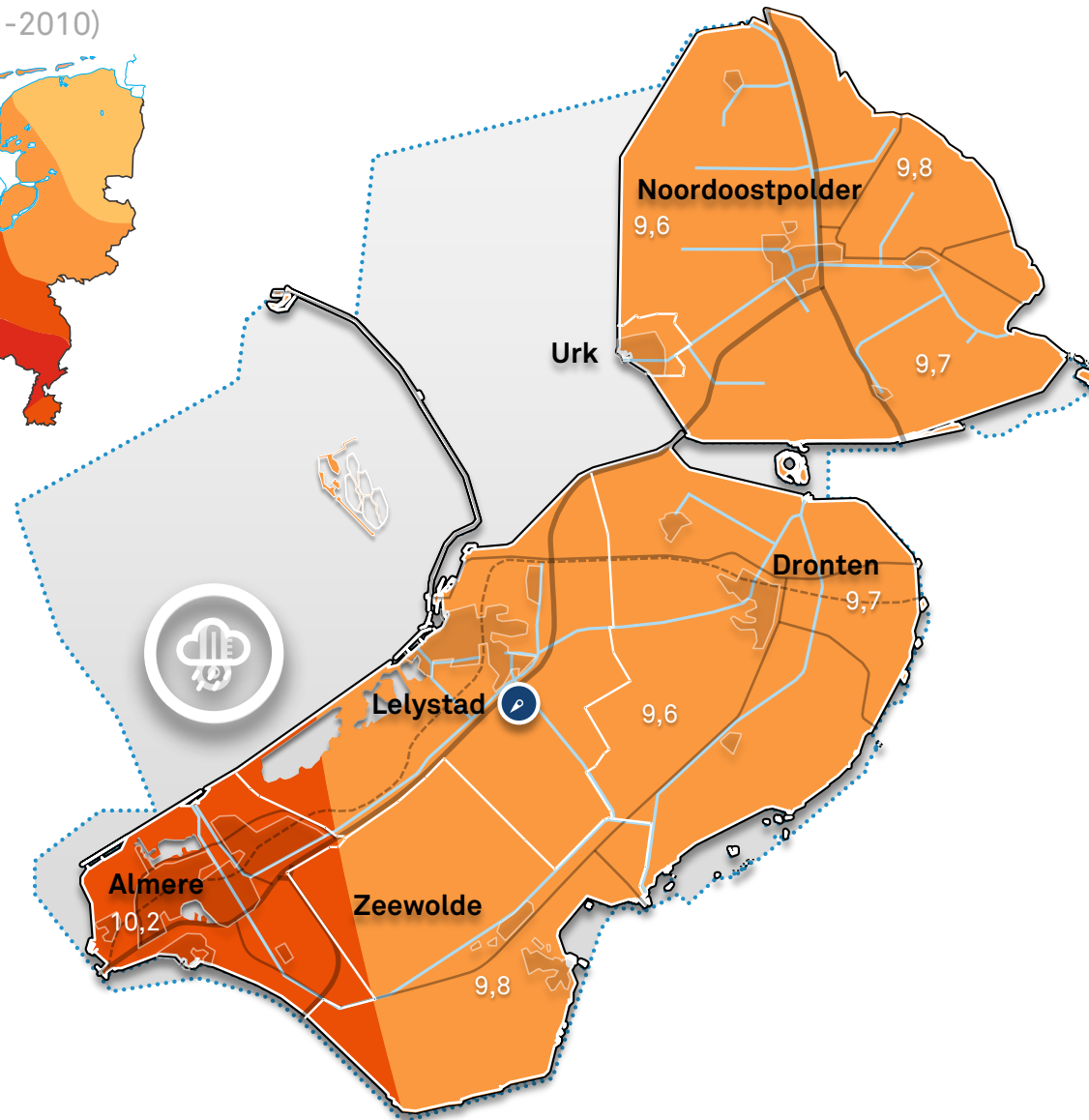
**We zoomen in op Regio Flevoland.
Hiermee wordt de hele provincie Flevoland bedoeld:
de Flevopolder en de Noordoostpolder.**

Binnen dit gebied werkt het Samenwerkingsverband
Klimaatadaptatie Flevoland (KAF), bestaande uit
het Waterschap Zuiderzeeland, GGD Flevoland,
Rijkswaterstaat Midden-Nederland en de zes
gemeenten, aan klimaatadaptatie.



Jaargemiddelde (1981-2010)

Temperatuur
Neerslag



ONS GEBIED

TEMPERATUUR NEERSLAG DROOGTE WIND ZEESPIEGEL

We zoomen in op Regio Flevoland.
Hiermee wordt de hele provincie Flevoland bedoeld:
de Flevopolder en de Noordoostpolder.

Binnen dit gebied werkt het Samenwerkingsverband
Klimaatadaptatie Flevoland (KAF), bestaande uit
het Waterschap Zuiderzeeland, GGD Flevoland,
Rijkswaterstaat Midden-Nederland en de zes
gemeenten, aan klimaatadaptatie.

KNMI, weer- en klimaatdienstverlening

- KNMI neerslagstations
 - KNMI meteostation Lelystad (temperatuur)
- De KNMI'14-klimaatscenario's





↑ VERANDERING AANVOERRICHTING VAN HET WEER



GEMATIGD
2050 +1,5 °C / 2085 +2,0 °C

WERELDWIJDE TEMPERATUURSTIJGING → WARM
2050 +2,0 °C / 2085 +3,5 °C



KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S

De kaarten en grafieken in deze presentatie die gaan over toekomstige veranderingen in Regio Utrecht zijn gebaseerd op de KNMI'14-klimaatscenario's.

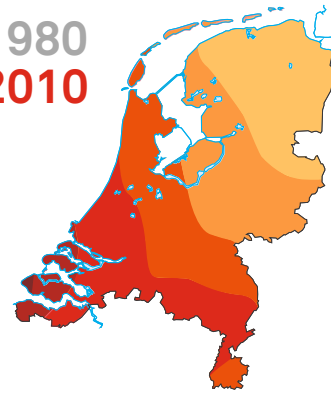
De KNMI'14-klimaatscenario's zijn een vertaling van de wereldwijde klimaatscenario's naar wat er in Nederland kan veranderen. Ze beschrijven samen de bandbreedte van de meest waarschijnlijke klimaatverandering in Nederland rond 2050 en 2085.

De vier KNMI'14-scenario's verschillen in de mate waarin de wereldwijde temperatuur stijgt ('Gematigd' en 'Warm') en de mogelijke verandering van de aanvoerrichting van het weer ('Lage waarde' en 'Hoge waarde'). In de grafieken voor de toekomst geven de vier scenario's samen de range aan mogelijkheden weer waarbinnen de klimaatverandering zich waarschijnlijk zal voltrekken.



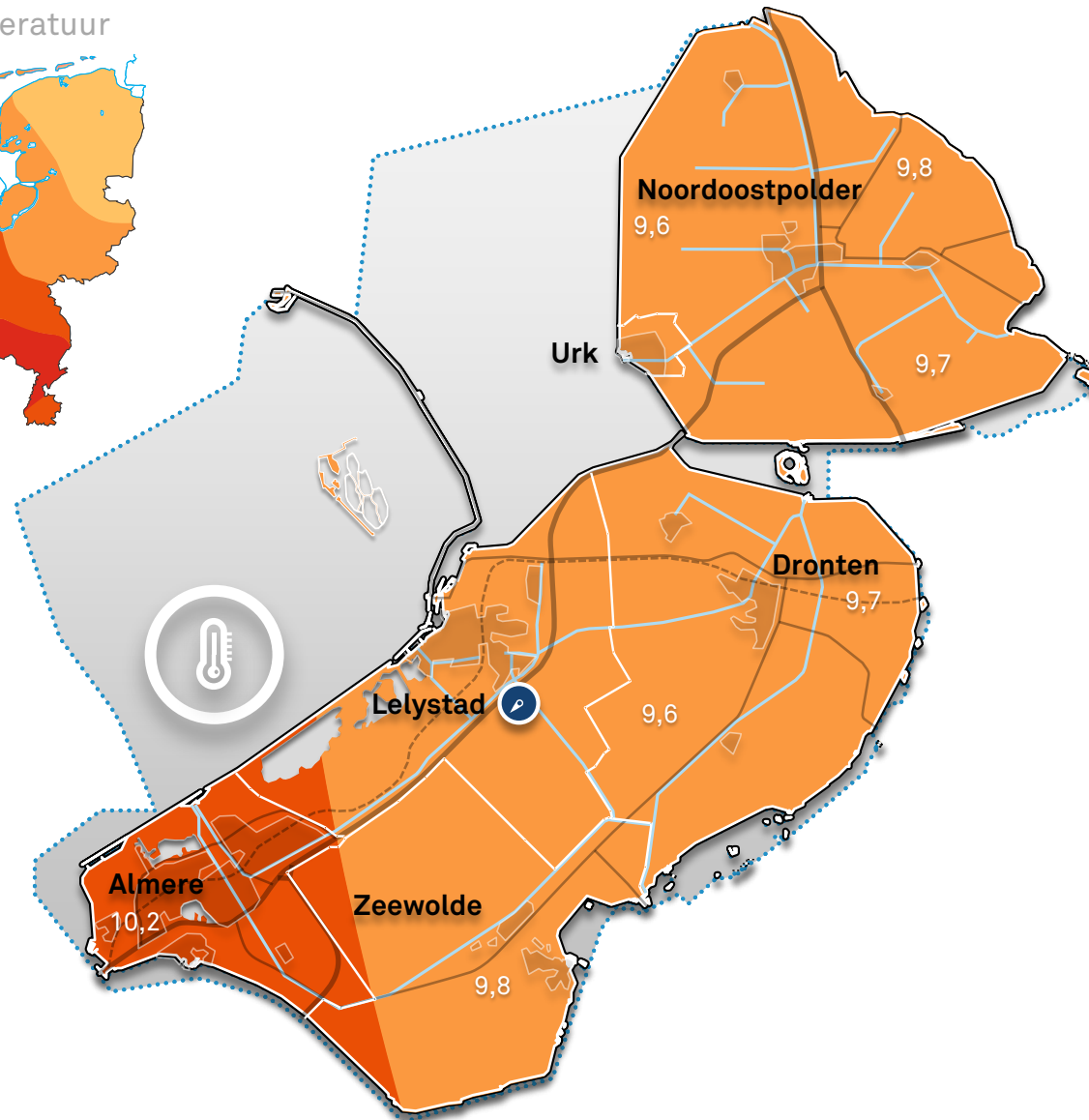
Jaargemiddelde temperatuur

1951-1980
1981-2010



De toegenomen
temperatuur in
Regio Flevoland
heeft nadelige
effecten op:

de waterkwaliteit,
het functioneren
van bruggen en
telecom, op het
aantal stroom-
storingen als gevolg
van kabelbreuken, de
arbeidsproductiviteit
en nachtrust. Het kan
ook leiden tot meer
sterftegevallen
onder kwetsbare
bevolkingsgroepen.



Valse lente?

Het groeiseizoen start gemiddeld steeds eerder, nu begin april, maar volgens de meest extreme scenario's start het rond 2050 al begin maart. Maar vroeg in het voorjaar kan het nog vriezen, de kans op vorstschade kan daardoor toe nemen.

Langer groeiseizoen

Volgens het meest extreme scenario wordt het groeiseizoen rond 2050 met zo'n 50 dagen verlengd. Dat kan een positief effect hebben op de landbouwopbrengsten. Voor hooikoortspatiënten betekent dit een langere periode van overlast.

TEMPERATUUR

TEMPERATUUR NEERSLAG DROOGTE WIND ZESPIEGEL

Zowel de gemiddelde temperatuur als het aantal warme dagen is in Regio Flevoland door klimaatverandering gestegen en neemt in de toekomst nog verder toe.

Dat de temperatuur in Nederland is toegenomen, is goed te zien als de periode 1981-2010 wordt vergeleken met die van 30 jaar eerder. De kans op een hittegolf neemt hierdoor ook toe.

Meer hittestress

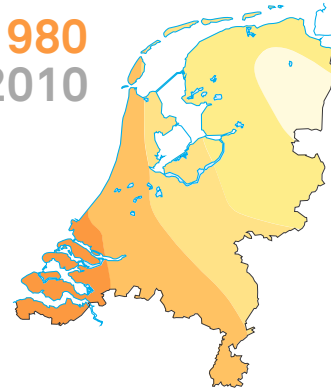
De kans op extreme warmte die hittestress veroorzaakt neemt toe. Organisatoren van buitenevenementen, zoals de vele festivals in de regio, zullen hier rekening mee moeten houden.





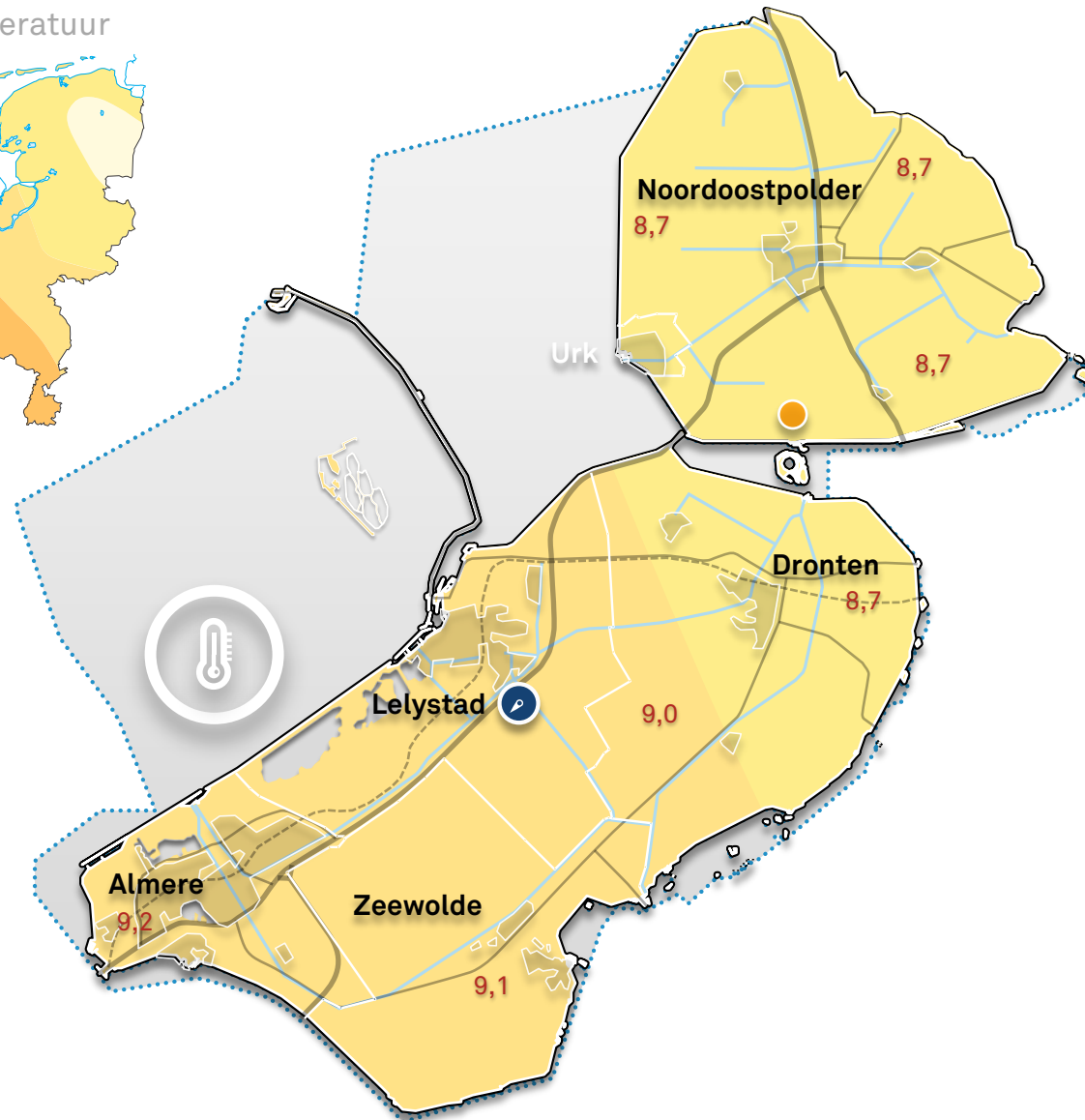
Jaargemiddelde temperatuur

1951-1980
1981-2010



De toegenomen temperatuur in Regio Flevoland heeft nadelige effecten op:

de waterkwaliteit, het functioneren van bruggen en telecom, op het aantal stroomstoringen als gevolg van kabelbreuken, de arbeidsproductiviteit en nachtrust. Het kan ook leiden tot meer sterftegevallen onder kwetsbare bevolkingsgroepen.



Valse lente?

Het groeiseizoen start gemiddeld steeds eerder, nu begin april, maar volgens de meest extreme scenario's start het rond 2050 al begin maart. Maar vroeg in het voorjaar kan het nog vriezen, de kans op vorstschade kan daardoor toe nemen.

Langer groeiseizoen

Volgens het meest extreme scenario wordt het groeiseizoen rond 2050 met zo'n 50 dagen verlengd. Dat kan een positief effect hebben op de landbouwopbrengsten. Voor hooikoortspatiënten betekent dit een langere periode van overlast.

TEMPERATUUR

TEMPERATUUR NEERSLAG DROOGTE WIND ZEESPIEGEL

Zowel de gemiddelde temperatuur als het aantal warme dagen is in Regio Flevoland door klimaatverandering gestegen en neemt in de toekomst nog verder toe.

Dat de temperatuur in Nederland is toegenomen, is goed te zien als de periode 1981-2010 wordt vergeleken met die van 30 jaar eerder. De kans op een hittegolf neemt hierdoor ook toe.

Meer hittestress

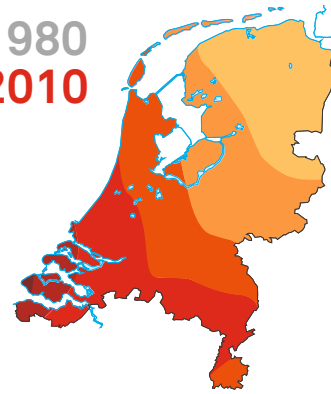
De kans op extreme warmte die hittestress veroorzaakt neemt toe. Organisatoren van buitenevenementen, zoals de vele festivals in de regio, zullen hier rekening mee moeten houden.



Jaargemiddelde temperatuur

1951-1980

1981-2010



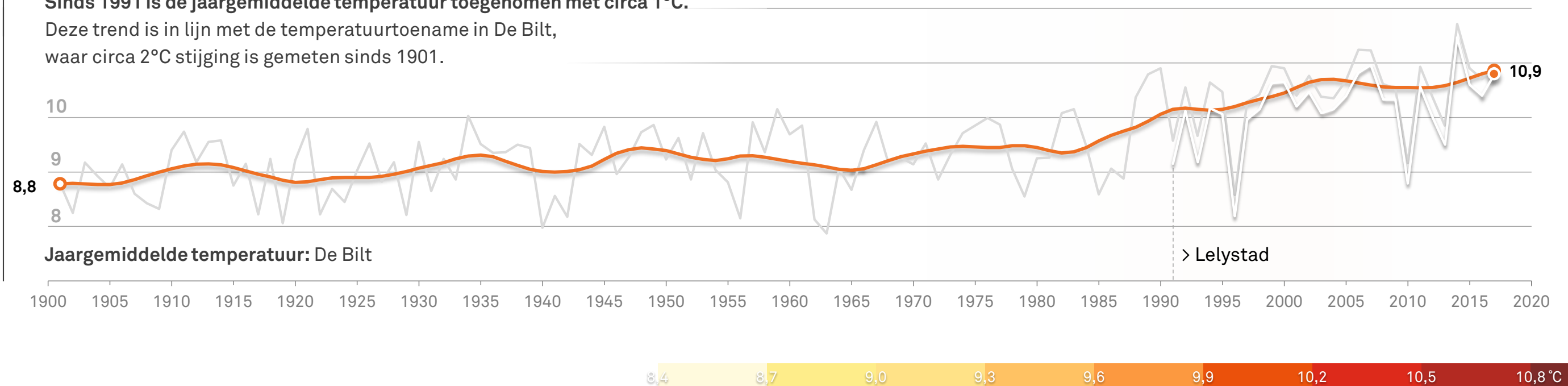
Regio Flevoland is de afgelopen eeuw fors opgewarmd

Meteorologen beschrijven klimaatreeksen in termen van 'trends' en 'schommelingen'. Trends zijn geleidelijke veranderingen in één bepaalde richting, schommelingen de variaties daaromheen.

Zo vertoont de temperatuur een stijgende trend, met forse schommelingen van jaar tot jaar. Ook in andere klimaatreeksen, zoals bijvoorbeeld die van neerslag is duidelijk een trend zichtbaar 'bovenop' de grote jaarlijkse variatie.

Sinds 1991 is de jaargemiddelde temperatuur toegenomen met circa 1°C.

Deze trend is in lijn met de temperatuurtoename in De Bilt, waar circa 2°C stijging is gemeten sinds 1901.



MEER ZOMERSE DAGEN



KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S

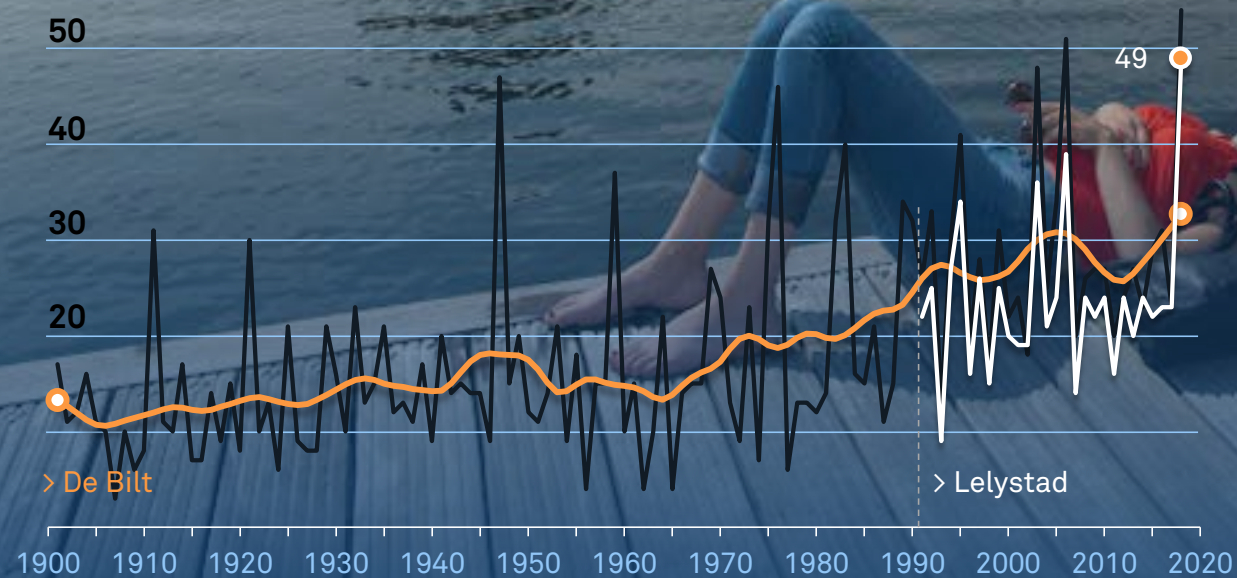
GH
GEMATIGD HOGE WAARDE
GEMATIGD LAGE WAARDE
GL

WH
WARM HOGE WAARDE
WARM LAGE WAARDE
WL

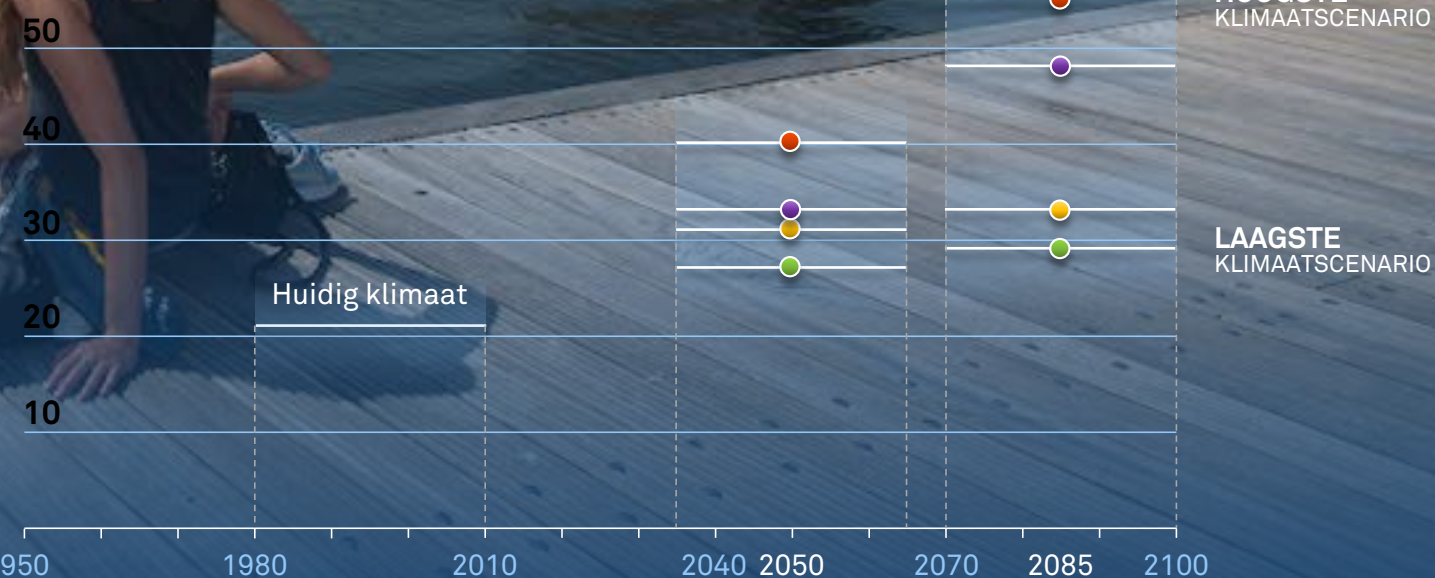
Het jaarlijkse aantal zomerse dagen met een maximum temperatuur van 25°C of hoger, laat een stijgende trend zien. In 2018 werd een record aantal gemeten met 49 zomerse dagen in Lelystad. De kans op een hittegolf wordt steeds groter.

Volgens de KNMI'14-scenario's neemt het aantal zomerse dagen toe van gemiddeld 21 per jaar nu naar circa 30 tot 40 rond 2050. Een zomer als 2018 wordt in het meest extreme scenario rond 2100 normaal.

Aantal zomerse dagen (maximum temperatuur 25°C of hoger)



Toekomstig aantal zomerse dagen





MINDER VORST DAGEN



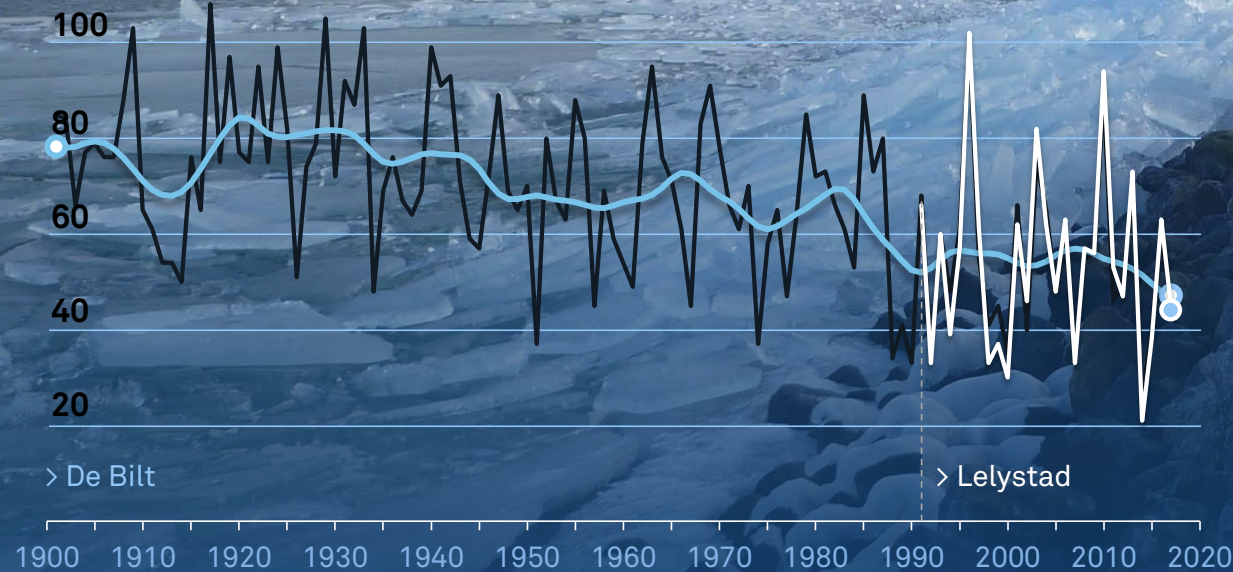
KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| GH GEMATIGD HOGE WAARDE | WH WARM HOGE WAARDE |
| GL GEMATIGD LAGE WAARDE | WL WARM LAGE WAARDE |

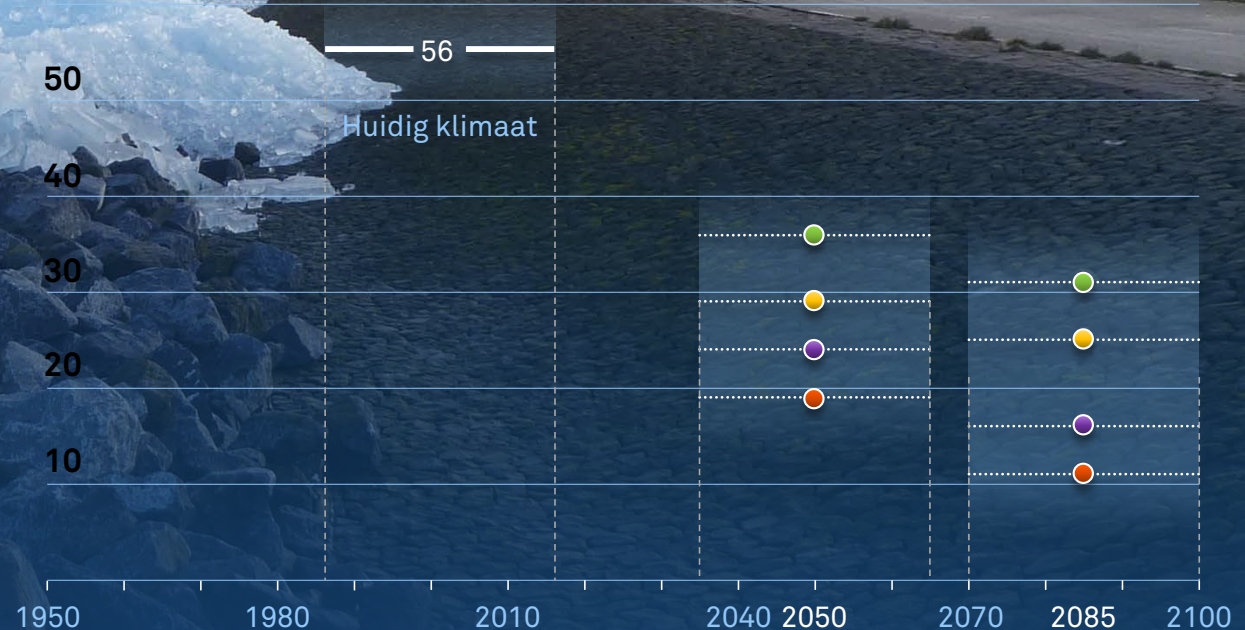
Er is een dalende trend te zien in het aantal vorstdagen. Gemiddeld zijn er in de regio Flevoland nu 7 vorstdagen minder per jaar dan rond 1991.

Rond 2050 zal volgens de KNMI'14-scenario's het gemiddeld aantal vorstdagen kunnen halveren.

Aantal vorstdagen (minimumtemperatuur lager dan 0°C)



Toekomstig aantal vorstdagen





LANGER GROEI SEIZOEN



KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S

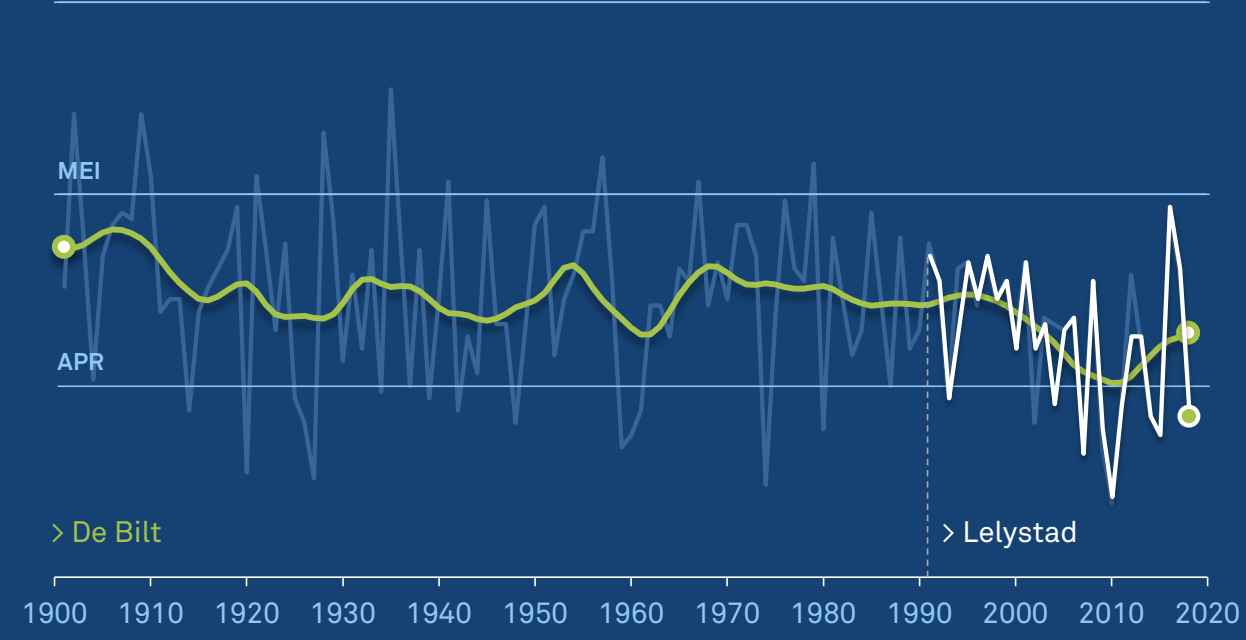
| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| GH GEMATIGD HOGE WAARDE | WH WARM HOGE WAARDE |
| GL GEMATIGD LAGE WAARDE | WL WARM LAGE WAARDE |

Door de opwarming van ons klimaat start het groeiseizoen steeds eerder en loopt ook steeds langer door. Dit kan leiden tot hogere landbouwopbrengsten, maar ook tot verlenging van het aantal 'allergie dagen' voor hooikoortspatiënten.

Het groeiseizoen is nu 205 dagen lang. Volgens de meeste extreme KNMI'14-klimaatscenario's waarbij de jaargemiddelde temperatuur oploopt met 2°C wordt het groeiseizoen rond 2050 met zo'n 50 dagen verlengd.

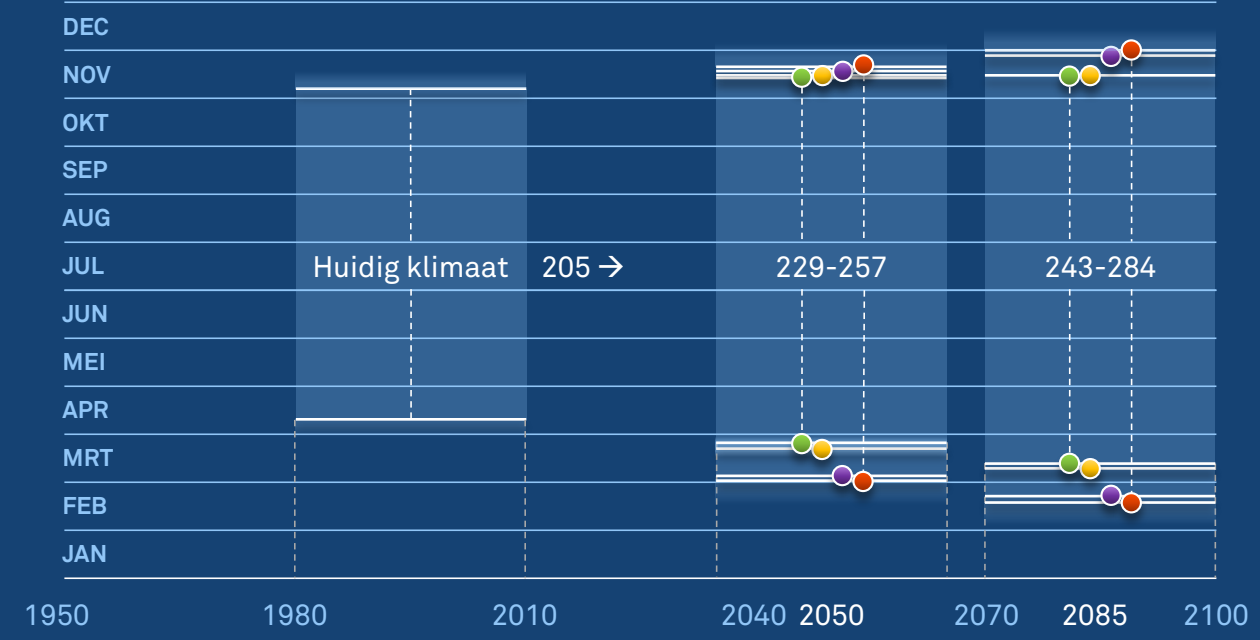
Start groeiseizoen

(dag waarop de gemiddelde temperatuur boven 5°C komt)



Lengte groeiseizoen

(aantal aaneengesloten dagen met een gemiddelde temp. van 5°C of hoger)





STEDELIJK WARMTE EILAND



+5°C

IN STEDEN EN DORPEN IS HET GEMIDDELD WARMER DAN OP HET PLATTELAND

Dit wordt het stedelijk warmte-eiland genoemd. Het effect is 's nachts het sterkst tijdens rustig, helder weer en bedraagt dan soms meer dan vijf graden. De grootte van dit effect hangt sterk af van de dichtheid en hoogte van de bebouwing en van de hoeveelheid groen; zo ook lokaal binnen de stad zelf. De oorzaken van het warmte-eiland verschillen overdag en 's nachts.

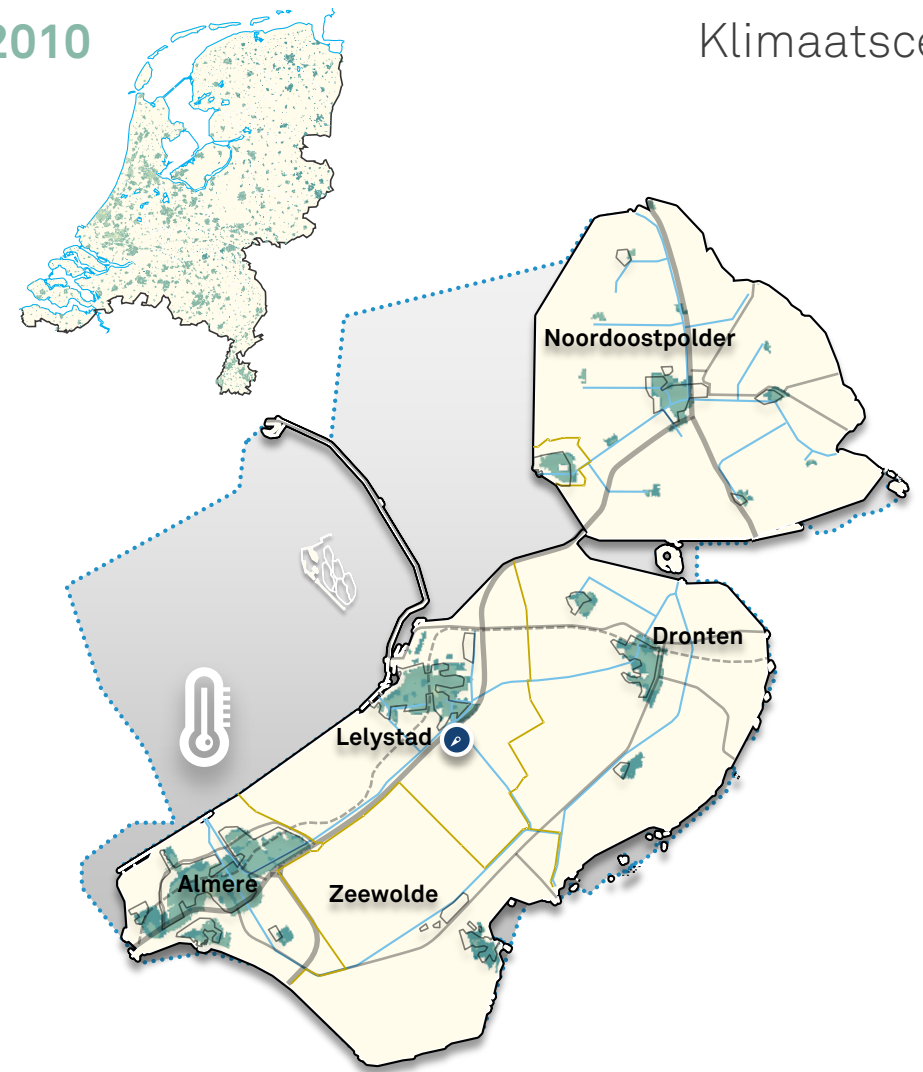
Vooral ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen of hart- en vaatziekten blijken gevoelig voor extreme warmte.

Overdag wordt in steden weinig zonnewarmte gebruikt voor verdamping, doordat het oppervlak verhard is. Daardoor blijft veel energie over voor het opwarmen van de lucht. Veel zonnewarmte wordt ook opgenomen door stenen en asfalt. 's Nachts is het stedelijk warmte-eiland meestal het sterkst en wordt het veroorzaakt door de langzame afgifte van de overdag opgeslagen warmte. Verder wordt in steden (vooral 's winters) veel energie gebruikt waardoor veel warmte uit schoorstenen en gebouwen vrijkomt, die de stad extra opwarmt.

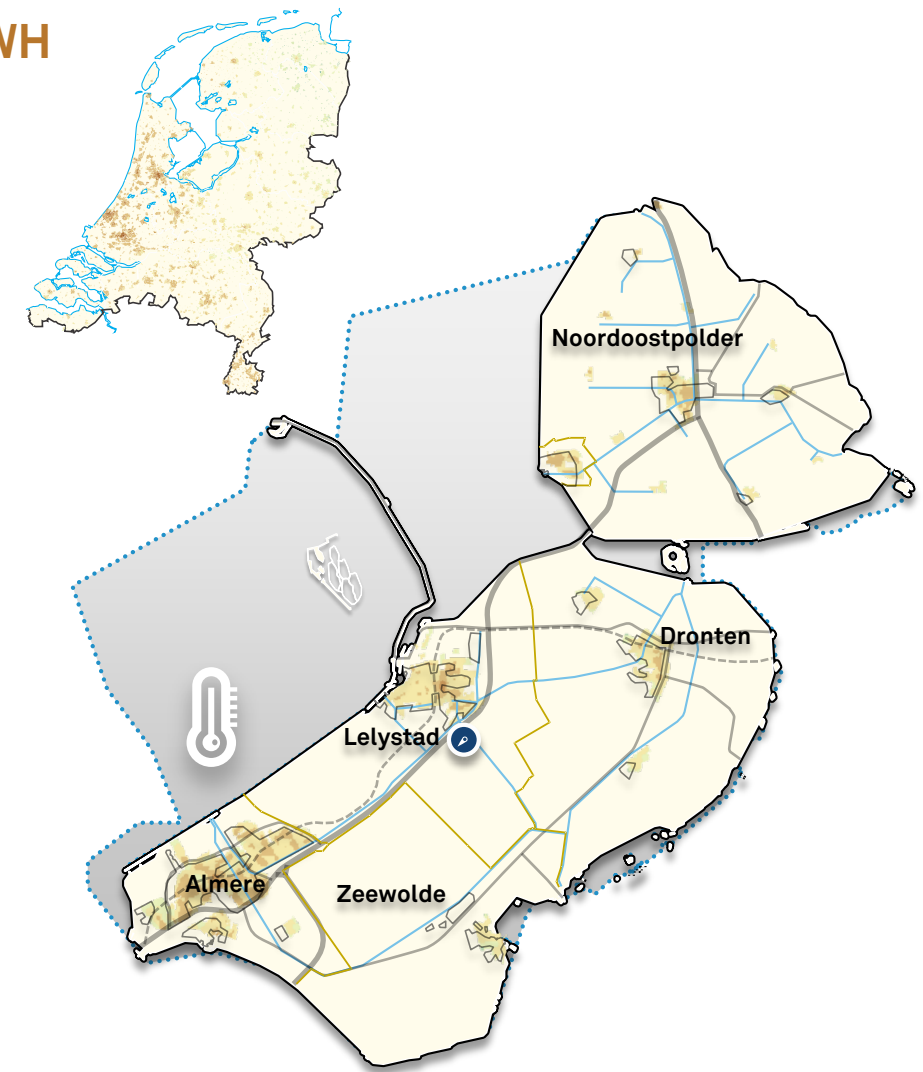
De verwachting is niet dat als gevolg van klimaatverandering het verschil in temperatuur tussen stad en platteland veel verandert.

1981-2010

Klimaatscenario



2050 WH



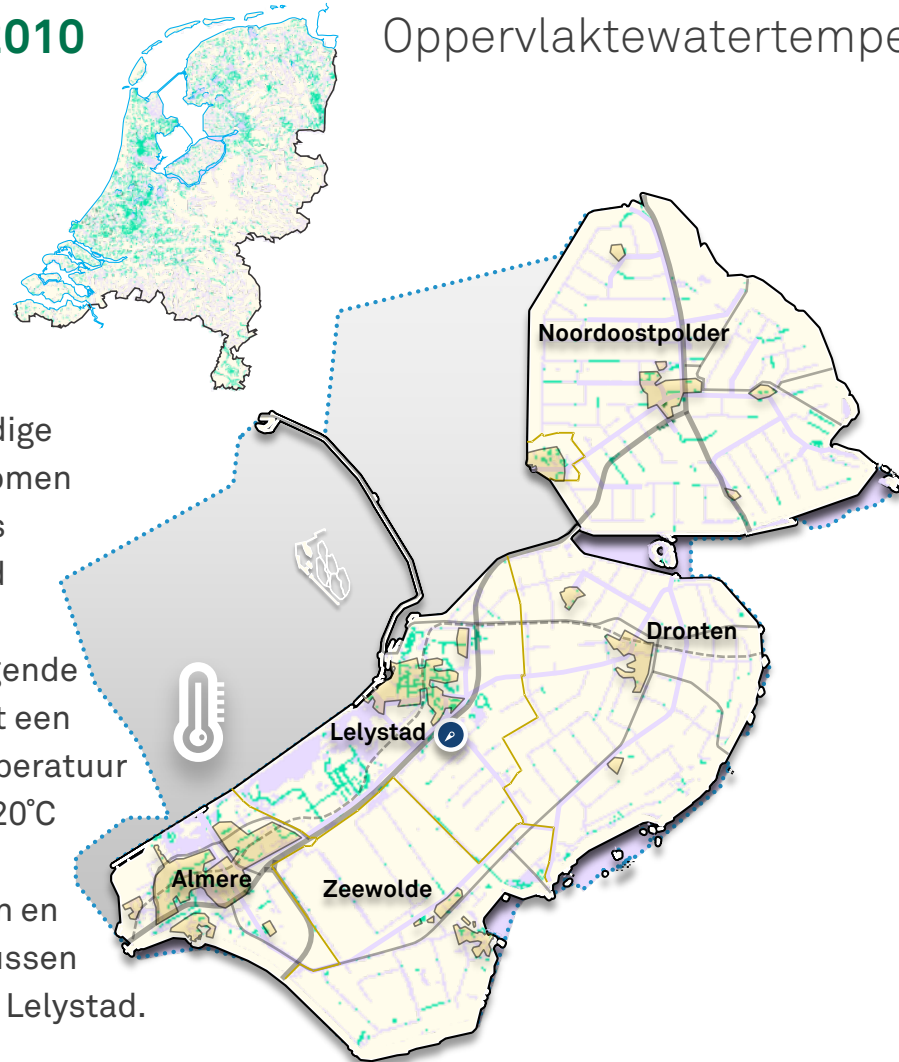
Jaarlijks aantal 'tropisch' warme nachten boven 20°C

Bron: Klimateffectatlas.nl en Wageningen University & Research

In het huidige klimaat komen er jaarlijks tot zo'n 7 tropische nachten voor in de bebouwde kom van Regio Flevoland. Rond 2050 zal dat volgens het hoogste scenario oplopen tot ca. 21 dagen per jaar in de dichtst bebouwde gebieden van Lelystad, Almere en Dronten.

1981-2010

Oppervlaktewatertemperatuur

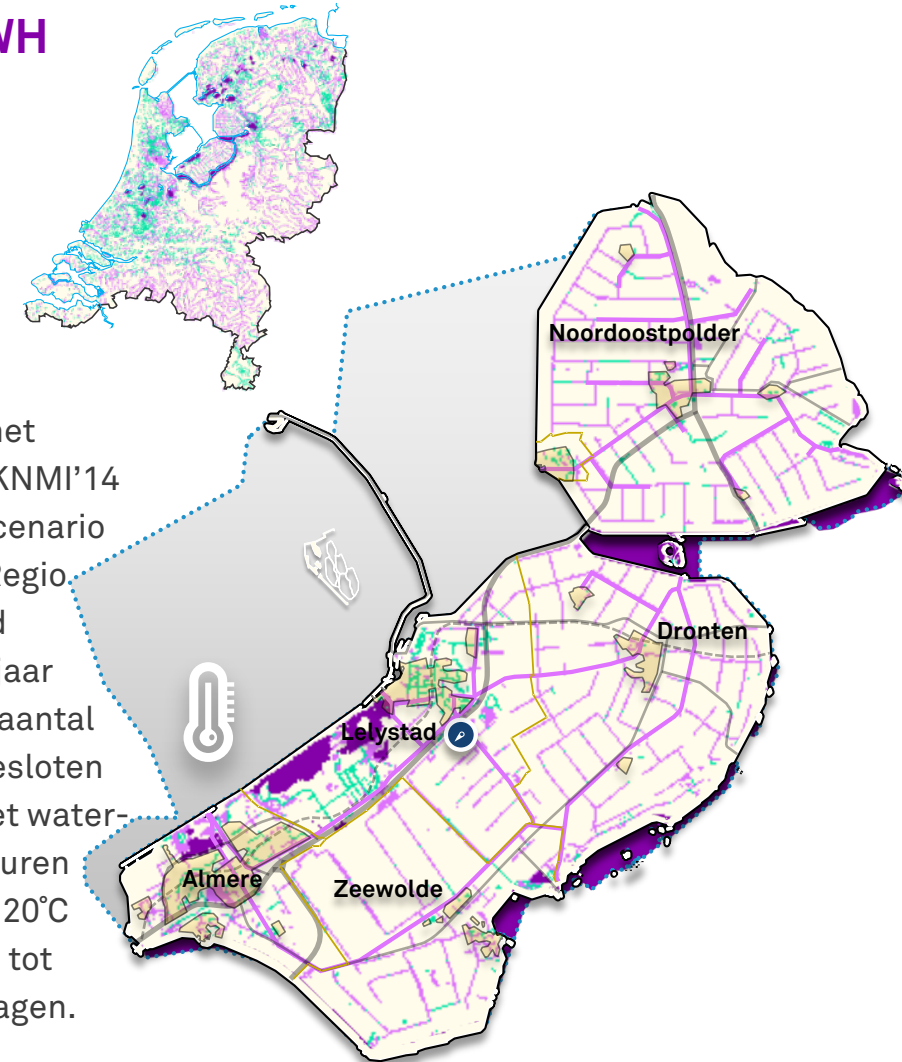


In het huidige klimaat komen er jaarlijks gemiddeld 20 tot 30 opeenvolgende dagen met een watertemperatuur boven de 20°C voor in de randmeren en plassen tussen Almere en Lelystad.

Jaarlijks aantal aaneengesloten dagen met watertemperatuur hoger dan 20°C

Bron: Klimateffectatlas.nl en Wageningen University & Research

2050 WH



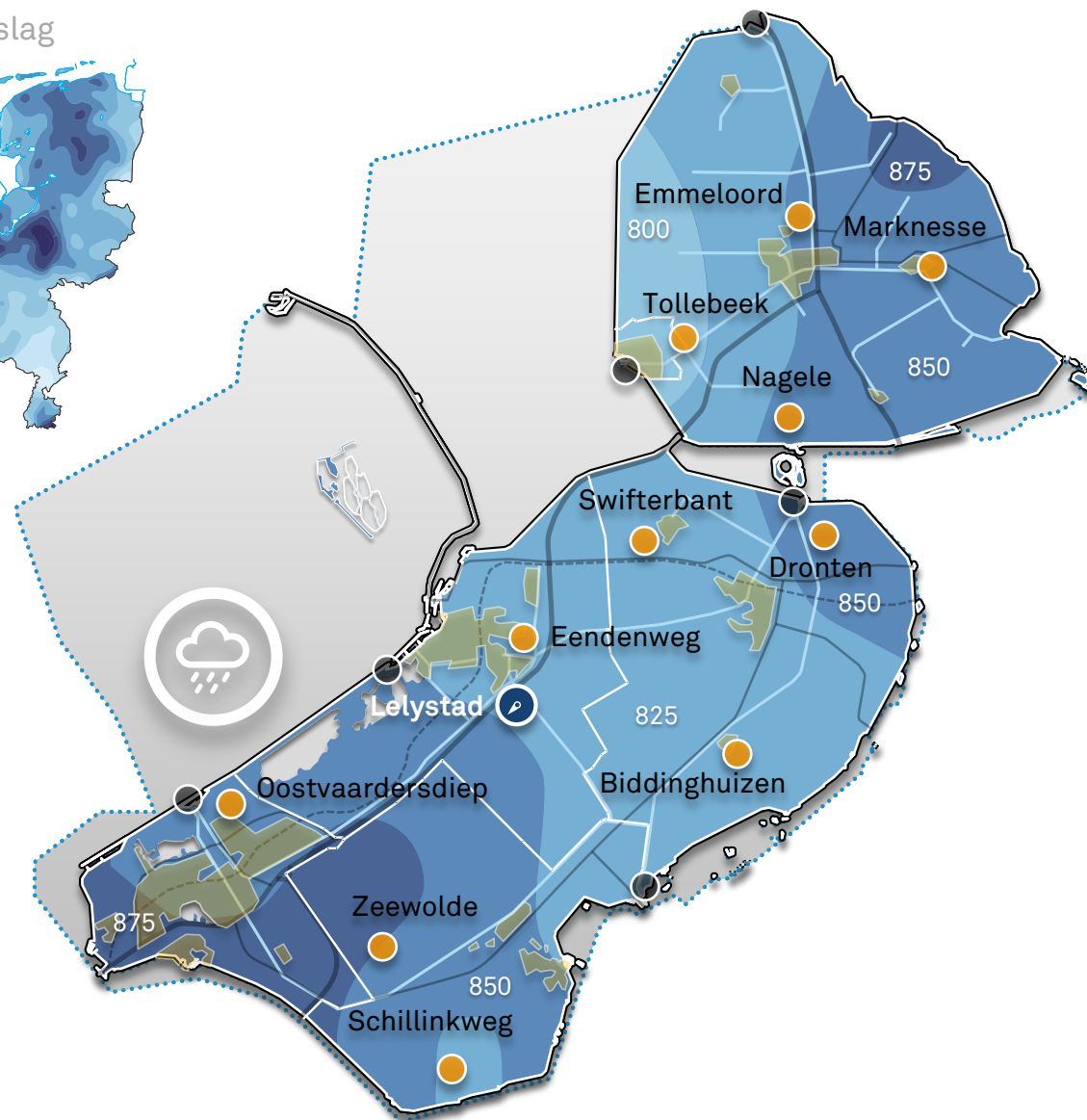
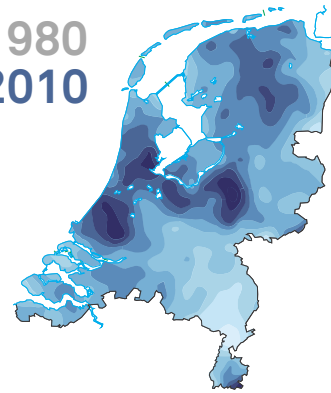
Volgens het hoogste KNMI'14 klimaatscenario loopt in Regio Flevoland rond het jaar 2050 het aantal aaneengesloten dagen met watertemperaturen boven de 20°C verder op tot zo'n 40 dagen.

Een verdere stijging van de watertemperatuur heeft een negatief effect op de waterkwaliteit. Denk aan blauwalg en ziekteverwekkers die bij hogere temperaturen beter gedijen. Daarnaast heeft de stijging van de watertemperatuur ook effect op bijvoorbeeld het aantal zeer warme nachten in de stedelijke gebieden langs het water.



Jaargemiddelde Neerslag

1951-1980
1981-2010



Waterpeilbeheer (● gemalen)

De toename van de neerslag zorgt in Regio Flevoland voor een grotere energiepost doordat alle pompen en gemalen extra aan het werk moeten worden gezet.

Bron: [https:// zuiderzeeland.nl/werk/werk-in-uitvoering/waterpeilbeheer/gemalen-flevoland/](https://zuiderzeeland.nl/werk/werk-in-uitvoering/waterpeilbeheer/gemalen-flevoland/)

NEERSLAG

TEMPERATUUR **NEERSLAG** DROOGTE WIND ZEESPIEGEL

Het is steeds natter geworden in de Regio Flevoland. Niet alleen de jaarneerslag is toegenomen, ook de intensiteit van extreme buien is toegenomen. En extreme buien komen vaker voor. In de toekomst zet deze trend door.

Het teveel aan neerslag moet 5 à 6 meter omhoog worden gepompt om het uit de polder te krijgen. Daarom wordt Flevoland continu bemalen met zeven grote gemalen. De hoeveelheid energie die daarvoor nodig is, is groot. Hoe meer neerslag er valt, hoe meer er gepompt moet worden en hoe meer energie het kost.

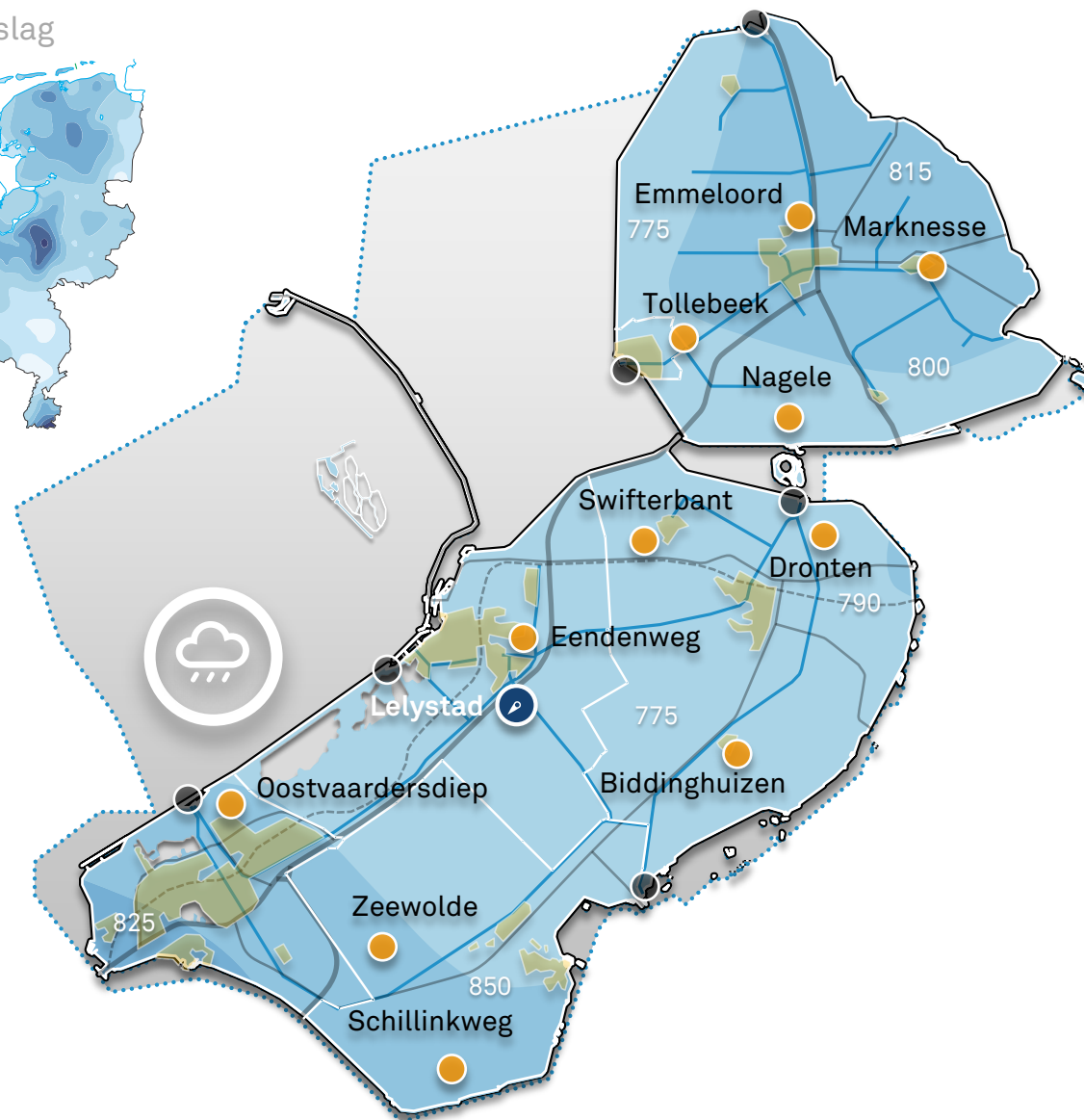
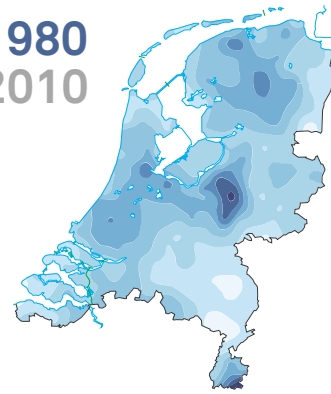
Water op straat

In de steden en dorpen veroorzaken met name de korte intensieve buien overlast, omdat het water als gevolg van de aanwezige verharding niet de grond in kan zakken.



Jaargemiddelde Neerslag

1951-1980
1981-2010



Waterpeilbeheer (● gemalen)

De toename van de neerslag zorgt in Regio Flevoland voor een grotere energiepost doordat alle pompen en gemalen extra aan het werk moeten worden gezet.

Bron: <https://zuidereeland.nl/werk/werk-in-uitvoering/waterpeilbeheer/gemalen-flevoland/>

NEERSLAG

TEMPERATUUR **NEERSLAG** DROOGTE WIND ZEEPIEGEL

Het is steeds natter geworden in de Regio Flevoland. Niet alleen de jaarneerslag is toegenomen, ook de intensiteit van extreme buien is toegenomen. En extreme buien komen vaker voor. In de toekomst zet deze trend door.

Het teveel aan neerslag moet 5 à 6 meter omhoog worden gepompt om het uit de polder te krijgen. Daarom wordt Flevoland continu bemalen met zeven grote gemalen. De hoeveelheid energie die daarvoor nodig is, is groot. Hoe meer neerslag er valt, hoe meer er gepompt moet worden en hoe meer energie het kost.

Water op straat

In de steden en dorpen veroorzaken met name de korte intensieve buien overlast, omdat het water als gevolg van de aanwezige verharding niet de grond in kan zakken.



Neerslag Regio Flevoland

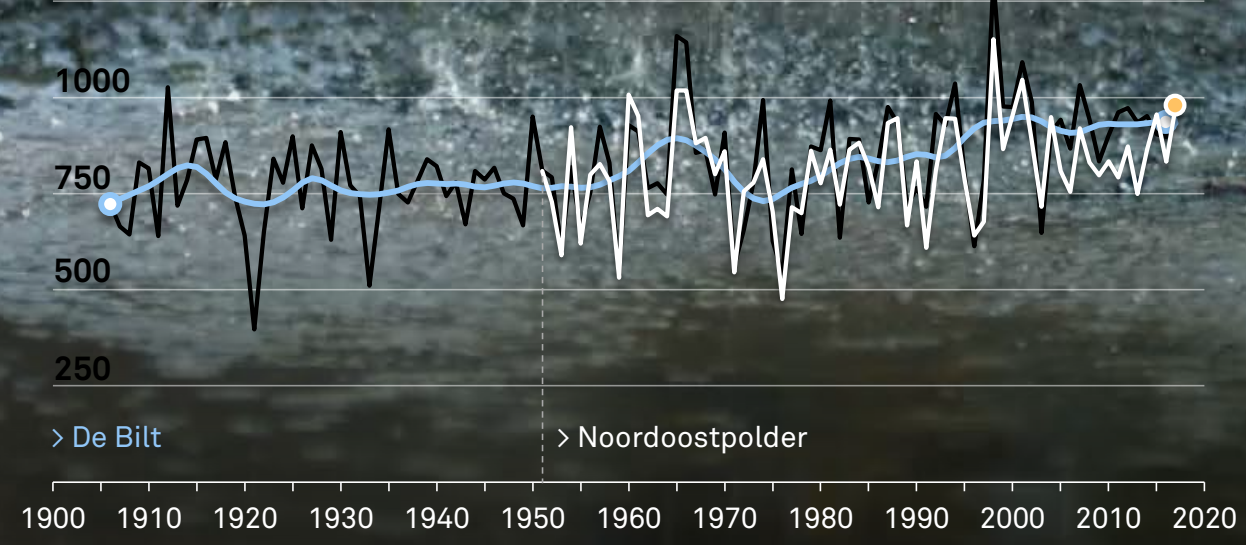
Flevopolder
Noordoostpolder

STEEDS MEER NEERSLAG



De afgelopen eeuw kende een grote variatie in droge en natte jaren. Sinds 1906 nam de jaarlijkse hoeveelheid neerslag in De Bilt toe met 30%. In Regio Flevoland is deze met 20% toegenomen sinds 1951. In 2017 viel er gebiedsgemiddeld in Regio Flevoland 969mm neerslag.

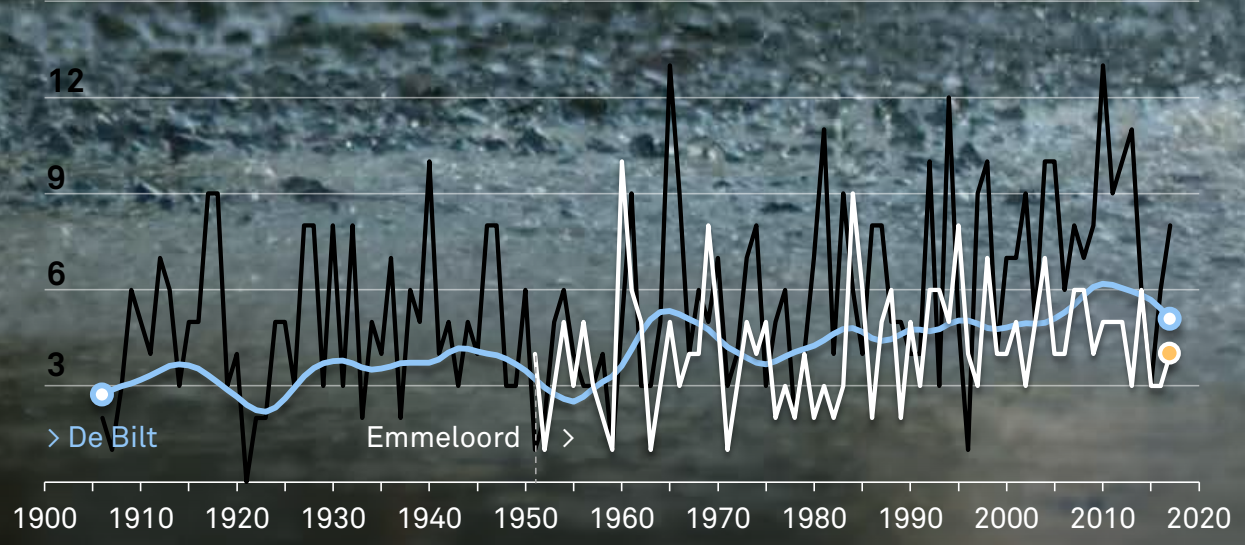
Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in mm



DE KANS OP WATEROVERLAST NEEM TOE

In stedelijk gebied wordt 20mm per dag gezien als een hoeveelheid neerslag waarbij wateroverlast op kan treden. Het jaarlijkse aantal dagen met meer dan 20mm in De Bilt is sinds 1906 toegenomen van gemiddeld 3 dagen per jaar naar 5 dagen per jaar. In Regio Flevoland zien we een vergelijkbare trend.

Aantal dagen waarop minstens 20mm neerslag valt



Neerslag Regio Flevoland

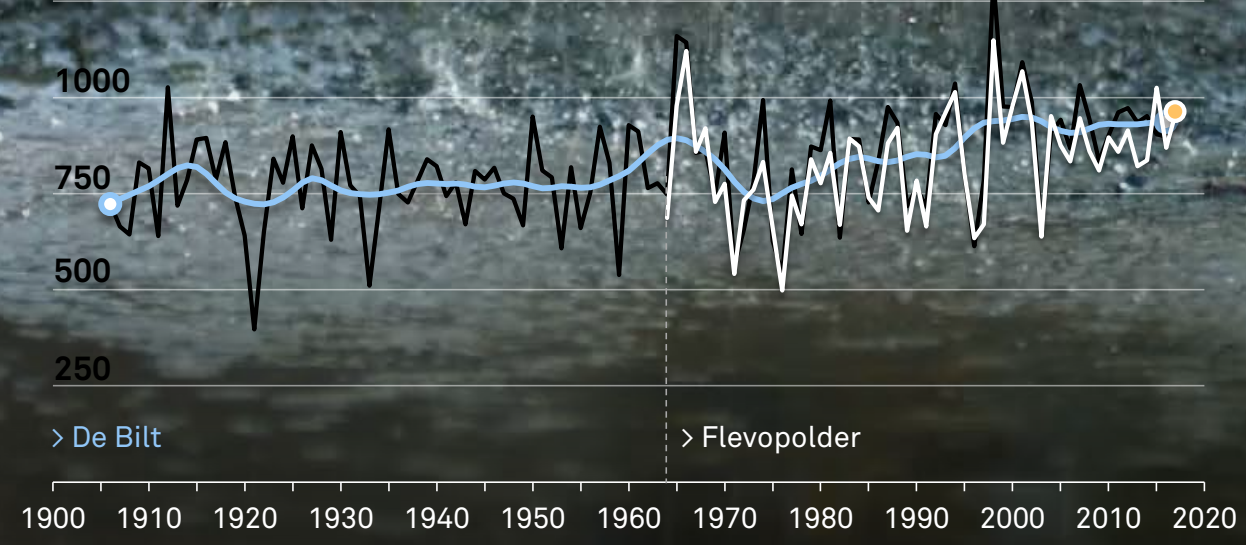
Flevopolder
Noordoostpolder

STEEDS MEER NEERSLAG



De afgelopen eeuw kende een grote variatie in droge en natte jaren. Sinds 1906 nam de jaarlijkse hoeveelheid neerslag in De Bilt toe met 30%. In Regio Flevoland is deze met 20% toegenomen sinds 1951. In 2017 viel er gebiedsgemiddeld in Regio Flevoland 969mm neerslag.

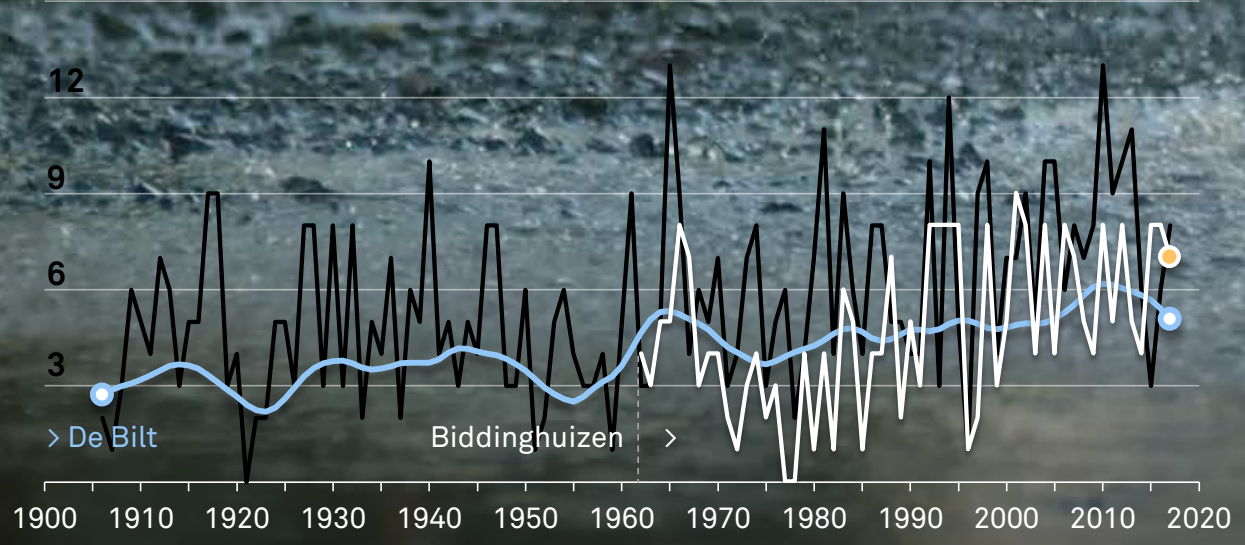
Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in mm



DE KANS OP WATEROVERLAST NEEM TOE

In stedelijk gebied wordt 20mm per dag gezien als een hoeveelheid neerslag waarbij wateroverlast op kan treden. Het jaarlijkse aantal dagen met meer dan 20mm in De Bilt is sinds 1906 toegenomen van gemiddeld 3 dagen per jaar naar 5 dagen per jaar. In Regio Flevoland zien we een vergelijkbare trend.

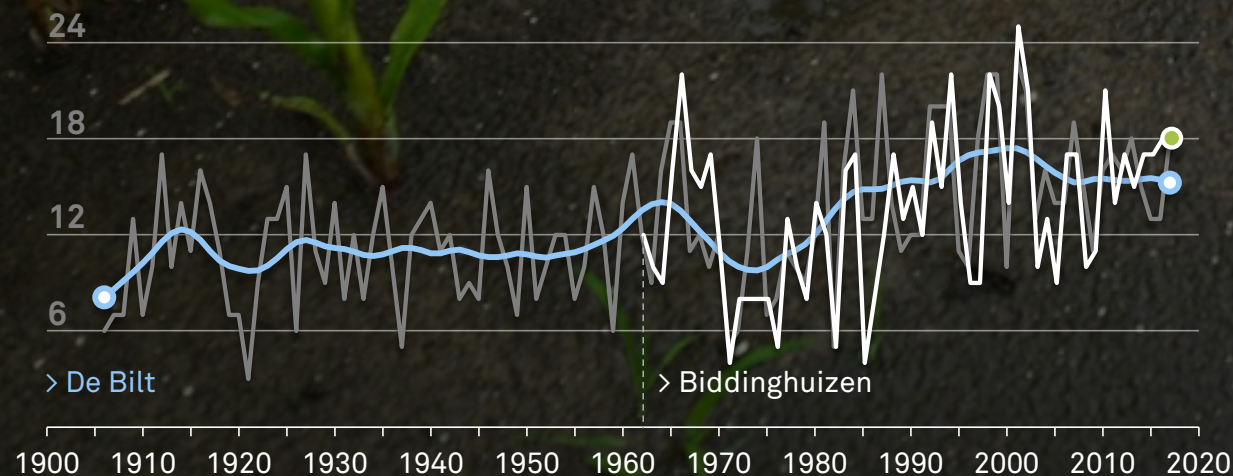
Aantal dagen waarop minstens 20mm neerslag valt



In het buitengebied is waterstandstijging afhankelijk van het bemalingsregime

Het jaarlijkse aantal dagen met meer dan 13mm neerslag in De Bilt is sinds 1906 toegenomen van gemiddeld 8 dagen per jaar naar 15 dagen per jaar. De metingen in de Flevopolder laten een vergelijkbare opwaartse trend zien.

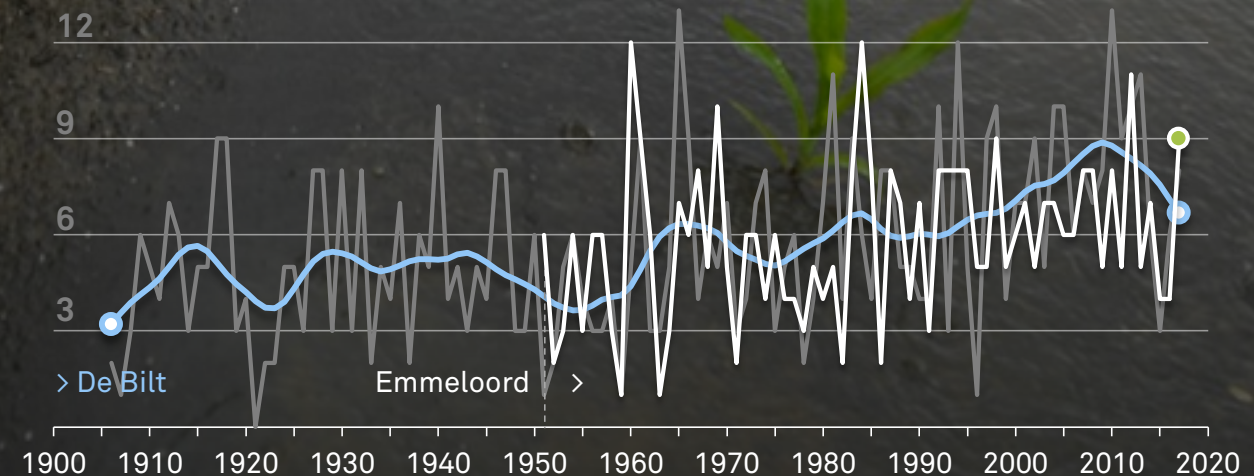
Aantal dagen met 13mm of meer neerslag



De Flevopolder is afgesteld op een gebiedsgemiddelde neerslag van 13 mm/dag, de Noordoostpolder op 18 mm/dag. Op de dagen dat er gebiedsgemiddeld meer valt, is waterberging nodig of het waterpeil stijgt met nadelige gevolgen voor agrariërs. De grafieken geven het aantal dagen op 1 locatie boven de neerslaggrenzen weer. Het aantal dagen waarop het waterpeil stijgt of waterberging plaatsvindt zal lager liggen.

Vergelijken we dit met het aantal dagen dat er minstens 18mm neerslag valt dan zien we een stijging van gemiddeld 3 naar 5 dagen. In de Noordoostpolder komt dit gemiddelde zelfs nog iets hoger uit en volgt ook deze de stijgende lijn.

Aantal dagen met 18 mm of meer neerslag



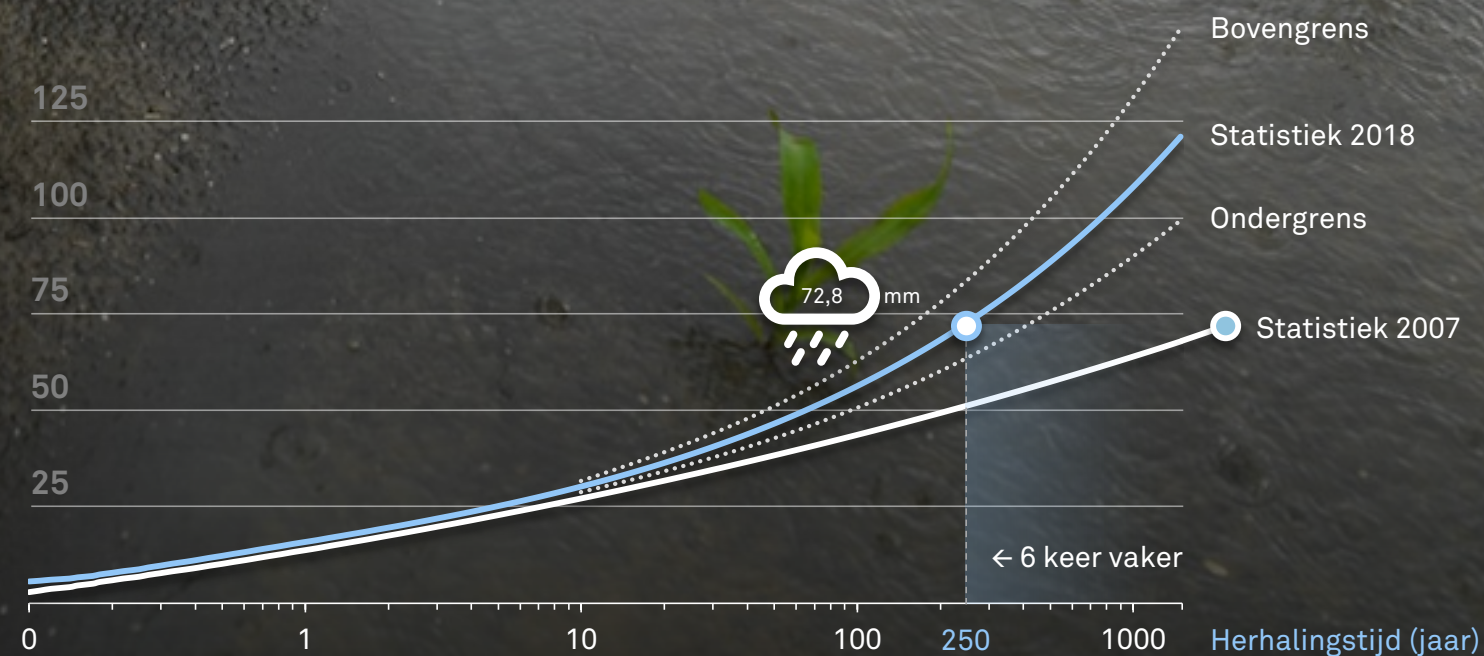
ZWARE BUIEN KOMEN NU AL VAKER VOOR EN ZIJN HEVIGER GEWORDEN

De grafiek laat de neerslag in 60 minuten zien, voor verschillende herhalings tijden op basis van de metingen (statistiek uit 2007 en 2018) →

Als voorbeeld is in de grafiek de bui ingetekend die op 2 juni 2003 veel overlast in grote delen van het land veroorzaakte en in de Noordoostpolder tot verloren oogsten leidde. In Marknesse werd de op een na hoogste intensiteit ooit voor neerslag per uur gemeten. Er viel 72,8 mm in een uur tijd. Volgens de oude statistiek kwam een dergelijke hoeveelheid minder dan eens in de 1500 jaar voor op een willekeurige plek in ons land. Volgens de nieuwe statistiek eens in de 250 jaar. Dat is meer dan 6 keer zo vaak. Voor minder extreme buien is het verschil tussen de oude en nieuwe statistiek minder groot.

Bron: KNMI / HKV / STOWA 2018-12 Neerslagstatistiek korte duren en regionale spreiding

De herhalings tijd van een bui geeft de kans weer dat die bui op één locatie ergens binnen Nederland valt. De kans dat zo'n bui ergens in Regio Flevoland (op willekeurig één van de 11 neerslagstations) voorkomt is veel groter. Een bui met een herhalings tijd van eens in de 10 jaar, kan ieder jaar wel in de regio voorkomen.



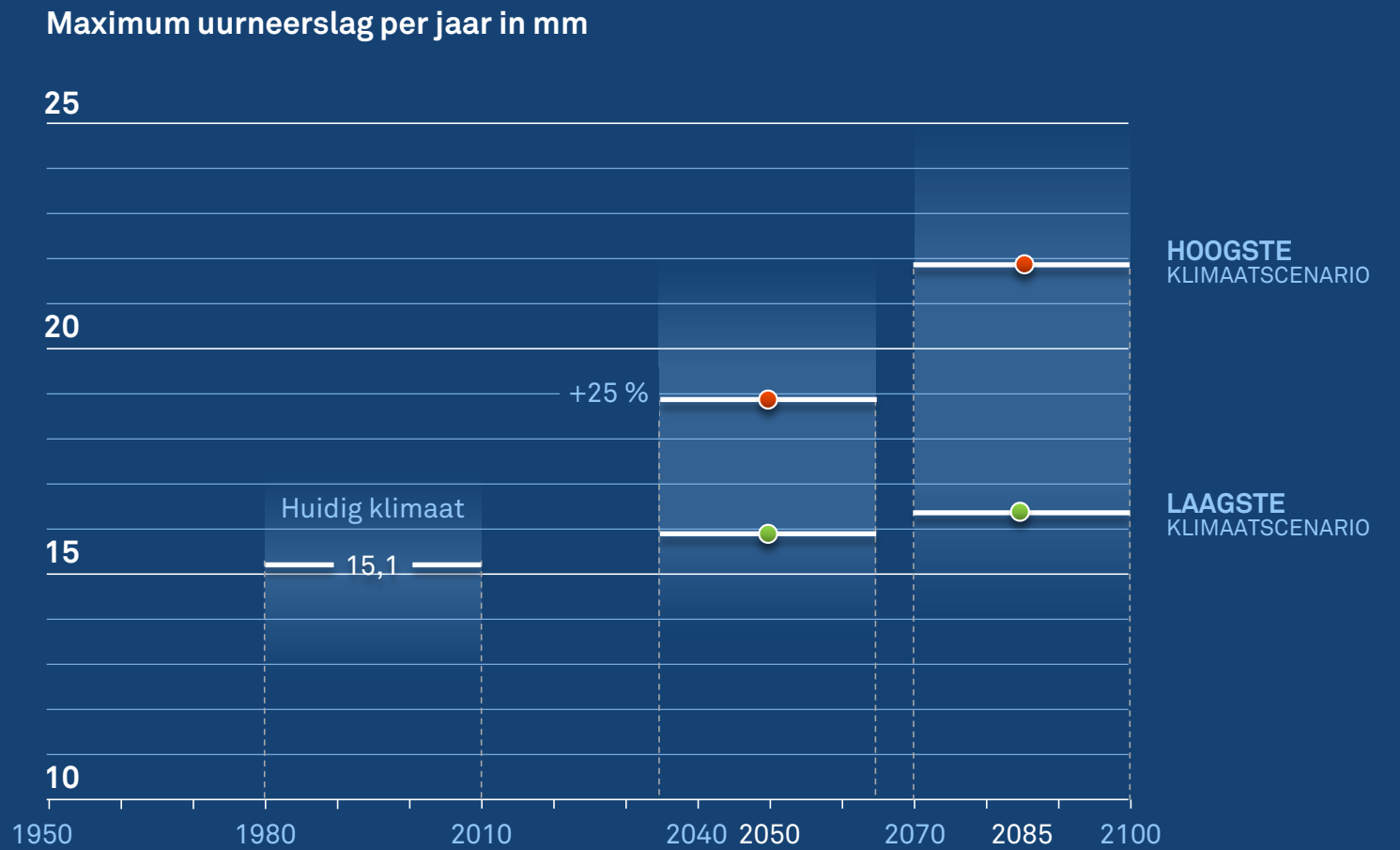


KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S



Nog meer en vaker hevige regen

De maximum uurneerslag per jaar kan fors toe gaan nemen, met 25% in het hoogste scenario rond 2050. Niet alleen de hoeveelheid, maar ook de kans op extreme neerslag neemt toe. De toename van de neerslag komt vooral doordat bij een opwarmend klimaat de hoeveelheid waterdamp in de lucht toeneemt.





KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S

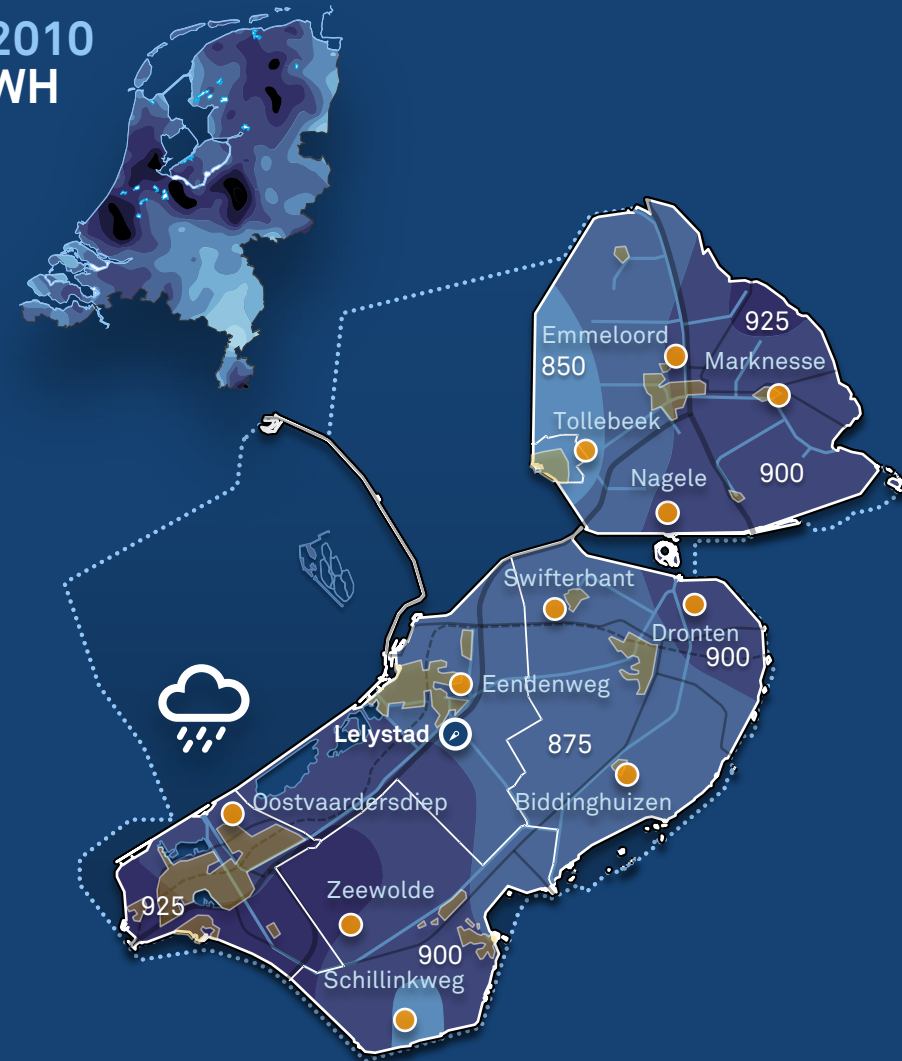


**2050: 2,5 tot 5,5 %
meer neerslag**

In alle KNMI klimaatscenario's neemt de jaarlijkse hoeveelheid neerslag in de toekomst verder toe, met zo'n 2,5 tot 5,5 % in 2050. In 2 van de 4 scenario's kan het daarnaast in de zomer flink droger worden (zie volgende thema Droogte).



1981-2010
2050 WH



Gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar in mm

Bron: KNMI / Noordhoff



KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S



2050: 2,5 tot 5,5 % meer neerslag

In alle KNMI klimaatscenario's neemt de jaarlijkse hoeveelheid neerslag in de toekomst verder toe, met zo'n 2,5 tot 5,5 % in 2050. In 2 van de 4 scenario's kan het daarnaast in de zomer flink droger worden (zie volgende thema Droogte).

1981-2010
2050 WH



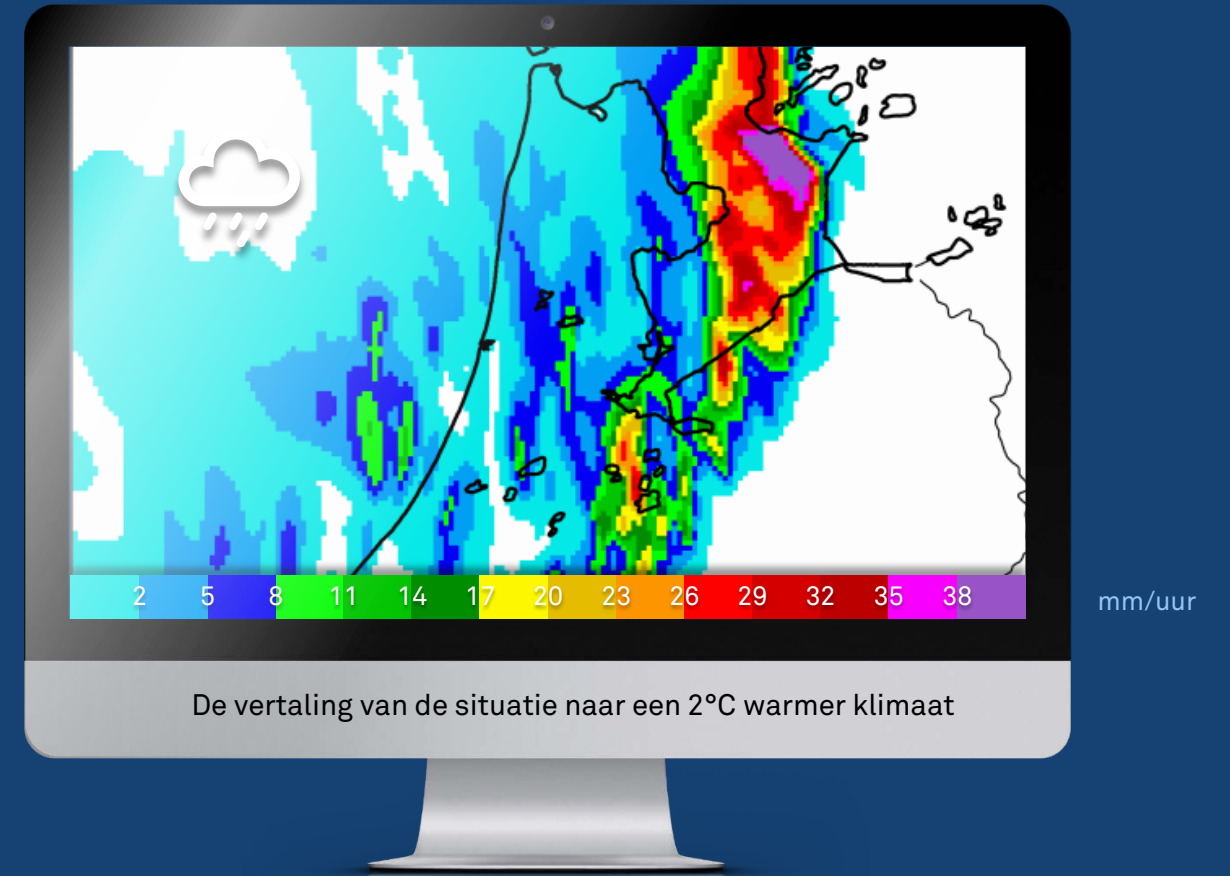
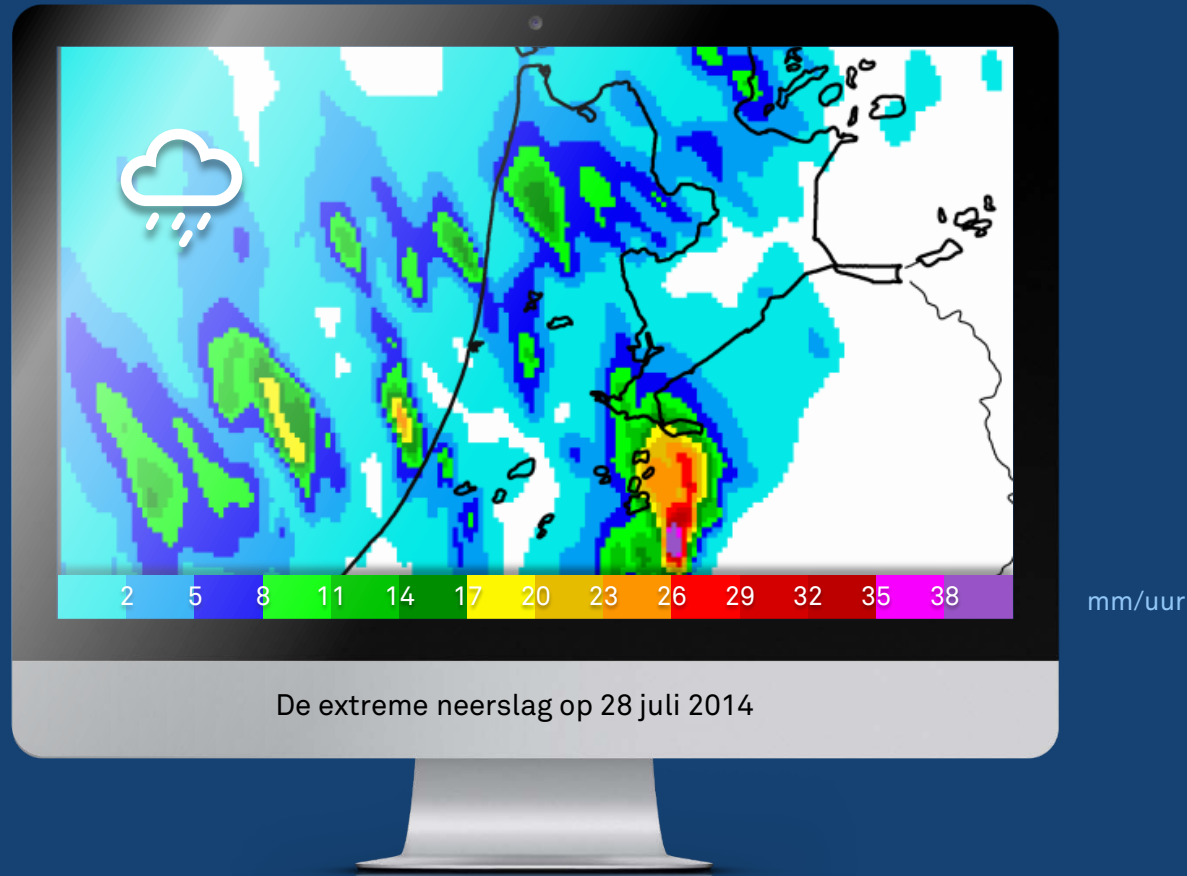
Gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar in mm

Bron: KNMI / Noordhoff

Huidig klimaat

Klimaatscenario

2°C warmer



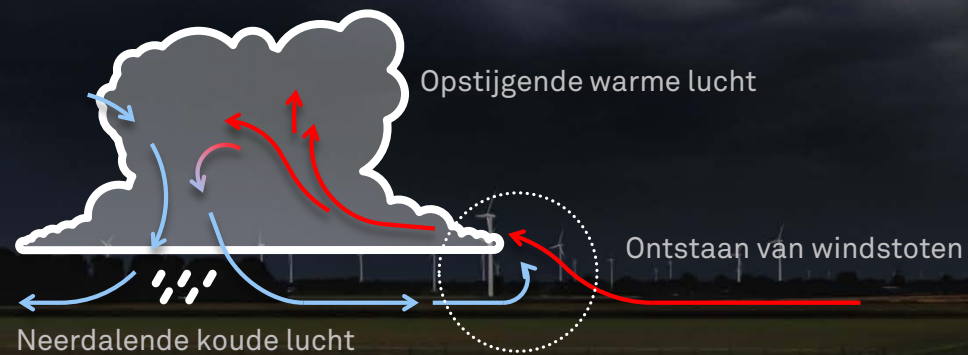
Computersmodellen met veel detail kunnen een natuurgetrouw beeld van toekomstige weersomstandigheden geven. Een opgetreden weerssituatie kan met een supercomputer vertaald worden naar een 2°C warmer klimaat.

Toegepast op de situatie van 28 juli 2014, welke dag in Midden-Nederland tot grote wateroverlast leidde. De totale hoeveelheid neerslag neemt in dit voorbeeld in een 2 graden warmer klimaat met ruim 25 % toe!

Bron: Future extreme precipitation intensities based on a historic event, Iris Manola et al. (under review 2018), Hydrology and Earth System Sciences.

MEER KANS OP ONWEER, HAGELBUIEN EN ZWARE WINDSTOTEN

In een warmer klimaat zit er, bij voldoende beschikbaar vocht, meer waterdamp in de lucht. Dat zorgt voor meer regen in korte tijd. Meer waterdamp in de lucht betekent ook dat de verticale bewegingen in buien toenemen. De kans op onweersbuien met zware windstoten en grote hagel nemen daarmee ook toe in een warmer klimaat.



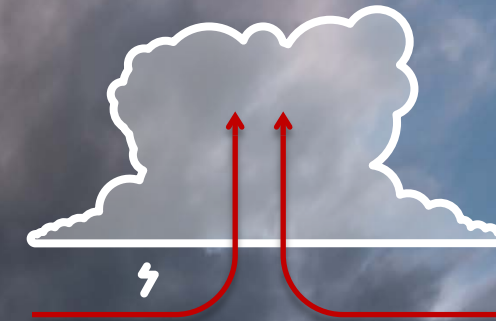
Bron: Noordhoff / KNMI, De bosatlas van het klimaat (2011)

HUIDIG KLIMAAT 25°C



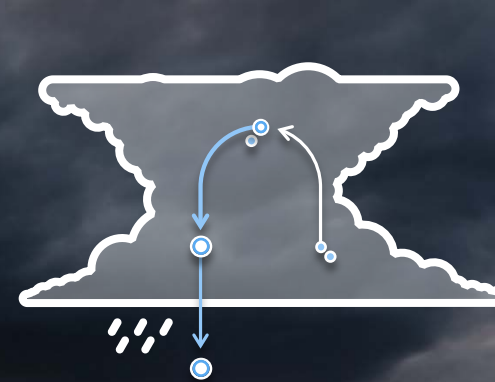
Onweersbuien ontstaan doordat warme luchtstromen opstijgen.

TOEKOMSTIG KLIMAAT 28°C

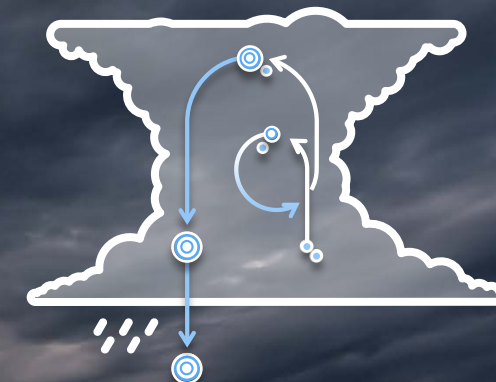


Met een hogere gemiddelde temperatuur neemt ook de opwaartse luchtstroom toe en ontstaan er grotere wolken.

Het aantal bliksemslagen neemt toe met 10-15% per graad opwarming.



Hagelstenen ontstaan doordat onderkoelde regendruppels op elkaar botsen. Aan het aantal lagen van en hagelsteen kun je zien hoe vaak het in de wolk op en neer is gegaan.



In een toekomstig klimaat worden de verticale bewegingen sterker. Daardoor gaan hagelstenen nog vaker op en neer, botsen vaker op onderkoelde regendruppels en groeien aan tot grotere hagelstenen.

Hagel kan in de meest extreme scenario's in 2050 wel 2 keer zo vaak voorkomen en groter worden.

Bron: KNMI special klimaatverandering (2016)



“Schade als gevolg van extreem weer kan oplopen tot in de miljoenen euro’s”

EFFECTEN VAN EXTREEM WEER

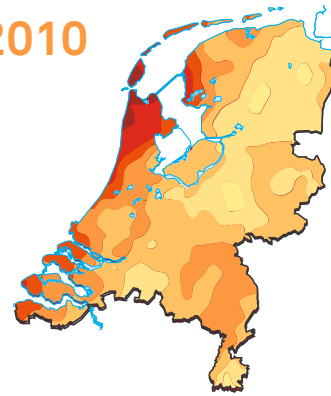
Dankzij de hogere temperaturen wordt het ook aantrekkelijker om buiten te recreëren. In Regio Flevoland zijn daarvoor volop mogelijkheden. In de watersport of door deel te nemen aan één van de vele openlucht evenementen zoals de Libelle zomerweken, de zeilregatta Lelystad, de triatlon in Almere, de visserijdagen in Urk, popfestival Lowlands en het Pieperfestival.

Organisatoren van buitenevenementen zullen rekening moeten houden met verhoogde kansen op extreem weer. Dat kan leiden tot extra maatregelen om letsel, schade en overlast te verminderen of te voorkomen of zelfs tot afgelasting. Schade als gevolg van extreem weer kan oplopen tot in de miljoenen euro’s.

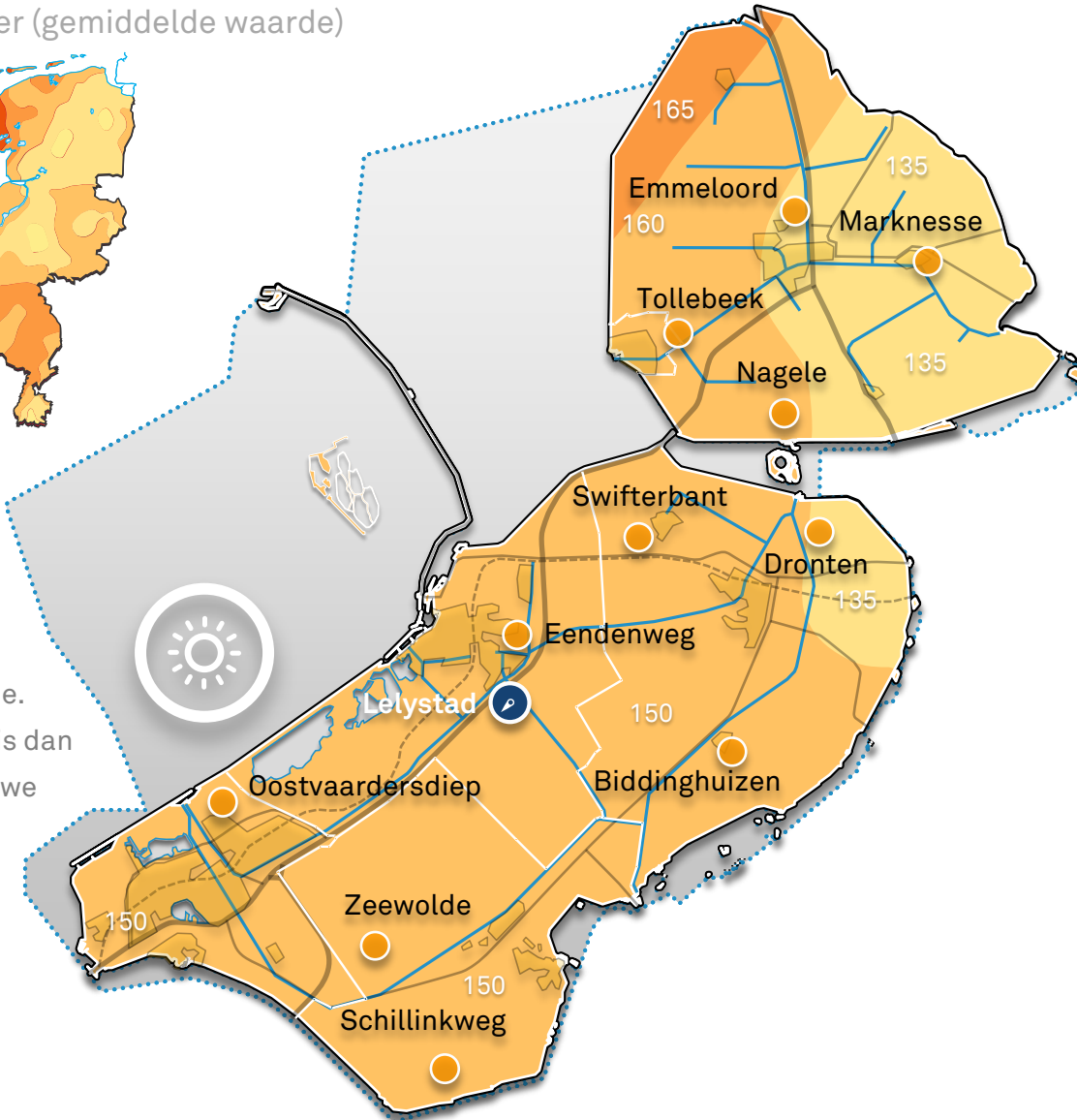


Neerslagtekort in zomer (gemiddelde waarde)

1981-2010
2018



Een neerslagtekort, vaak gebruikt als maat voor droogte, is gedefinieerd als het verschil tussen neerslag en verdamping over een bepaalde periode. Als de verdamping hoger is dan de neerslag, dan noemen we dat een neerslagtekort. Als het andersom is een neerslagoverschot.



Verziltning IJsselmeer

Tijdens langdurige droogte kan het IJsselmeer lokaal zo verziltten dat het minder geschikt is voor drinkwaterwinning. Tijdens de droogte in 2018 zijn verschillende maatregelen genomen om het 'zoute' water bij sluisen zo goed mogelijk te weren en door de stroming zo gauw mogelijk weer op gang te brengen.

Verminderde doorstroming

Bij droogte en warmte kan met name in stilstaand water, zoals in kleine zwemplassen, de waterkwaliteit door blauwalg, botulisme of dode vissen achteruit gaan.

DROOGTE

TEMPERATUUR NEERSLAG **DROOGTE** WIND ZEESPIEGEL

Er is geen trend naar meer periodes met droogte in Regio Flevoland waargenomen. De kans bestaat dat droogte in de toekomst wel vaker voor gaat komen.

Droogte zorgt in de regio soms voor problemen, zoals een slechtere waterkwaliteit. Door de ruime hoeveelheid aan beschikbaar oppervlaktewater heeft de regio echter relatief weinig last van droogte.

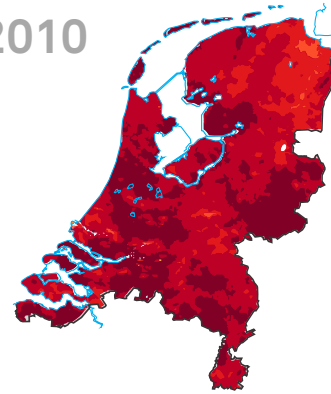
Gereguleerde grondwaterstand

Doordat de grondwaterstanden in de polders gereguleerd zijn, leidt droogte tot relatief weinig problemen, met weinig droogteschade aan gewassen tot gevolg. De toegenomen watervraag kan met water uit de omliggende meren worden opgevangen. Daardoor is de landbouwopbrengst tijdens droogte groot ten opzichte van de rest van het land.

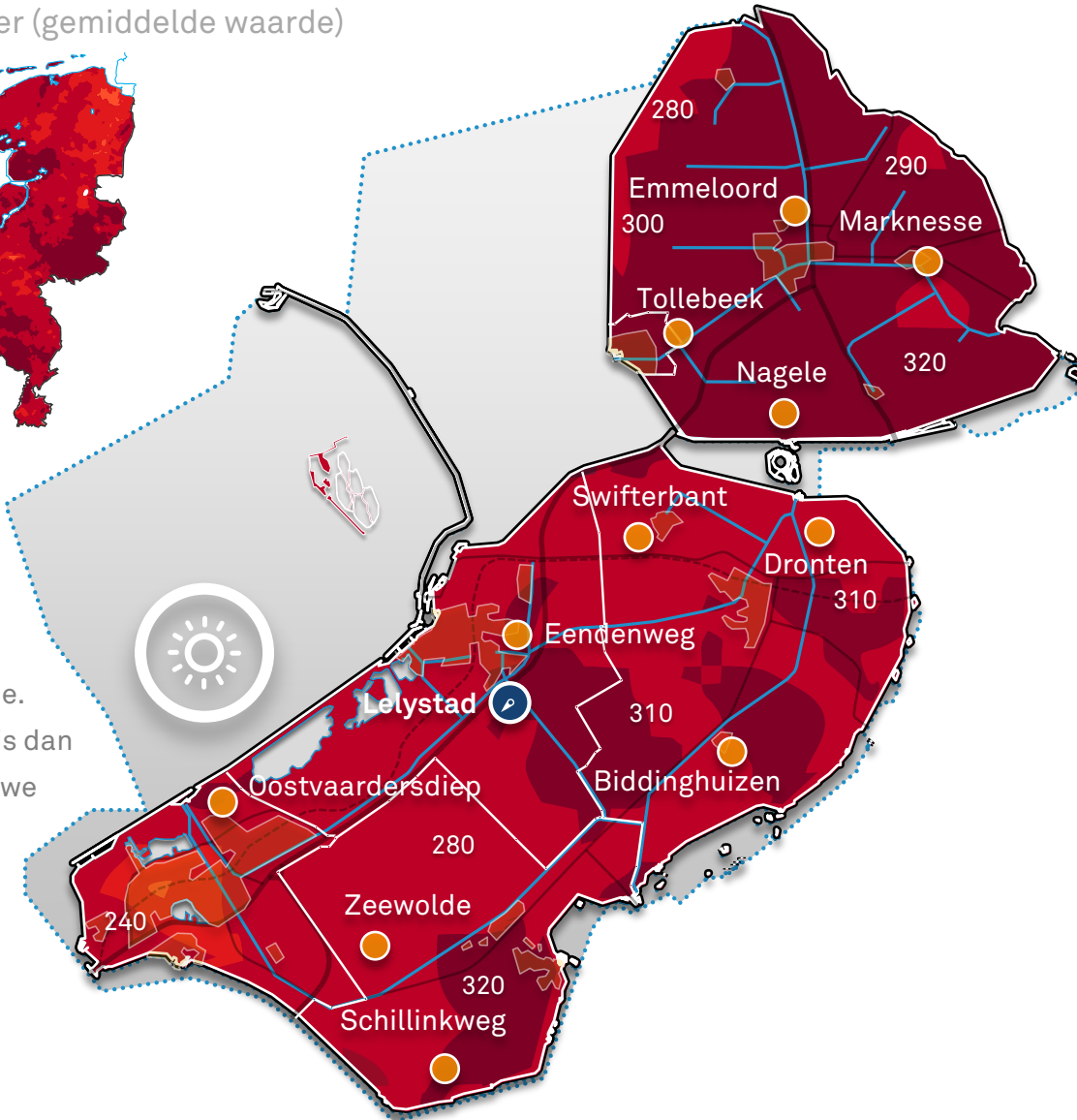


Neerslagtekort in zomer (gemiddelde waarde)

1981-2010
2018



Een neerslagtekort, vaak gebruikt als maat voor droogte, is gedefinieerd als het verschil tussen neerslag en verdamping over een bepaalde periode. Als de verdamping hoger is dan de neerslag, dan noemen we dat een neerslagtekort. Als het andersom is een neerslagoverschot.



Verziltning IJsselmeer

Tijdens langdurige droogte kan het IJsselmeer lokaal zo verziltten dat het minder geschikt is voor drinkwaterwinning. Tijdens de droogte in 2018 zijn verschillende maatregelen genomen om het 'zoute' water bij sluizen zo goed mogelijk te weren en door de stroming zo gauw mogelijk weer op gang te brengen.

Verminderde doorstroming

Bij droogte en warmte kan met name in stilstaand water, zoals in kleine zwemplassen, de waterkwaliteit door blauwalg, botulisme of dode vissen achteruit gaan.

DROOGTE

TEMPERATUUR NEERSLAG **DROOGTE** WIND ZEESPIEGEL

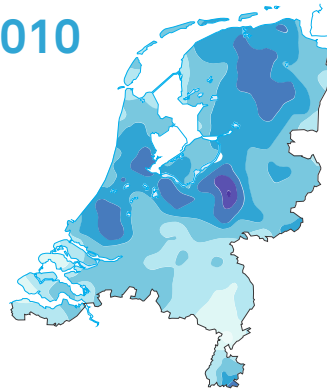
Er is geen trend naar meer periodes met droogte in Regio Flevoland waargenomen. De kans bestaat dat droogte in de toekomst wel vaker voor gaat komen.

Droogte zorgt in de regio soms voor problemen, zoals een slechtere waterkwaliteit. Door de ruime hoeveelheid aan beschikbaar oppervlaktewater heeft de regio echter relatief weinig last van droogte.

Gereguleerde grondwaterstand

Doordat de grondwaterstanden in de polders gereguleerd zijn, leidt droogte tot relatief weinig problemen, met weinig droogteschade aan gewassen tot gevolg. De toegenomen watervraag kan met water uit de omliggende meren worden opgevangen. Daardoor is de landbouwopbrengst tijdens droogte groot ten opzichte van de rest van het land.

1981-2010

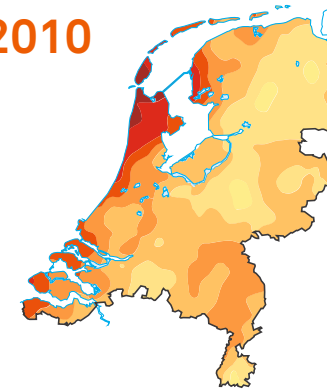


Neerslagoverschot
in herfst en winter

Neerslagoverschot

In Nederland en in Regio Flevoland valt er gemiddeld over het jaar meer neerslag dan er verdampt (het neerslagoverschot). In de tweede helft van de zomer en de herfst valt de meeste neerslag, maar het neerslagoverschot is het grootst in de herfst en de winter, omdat er dan weinig verdampt.

1981-2010

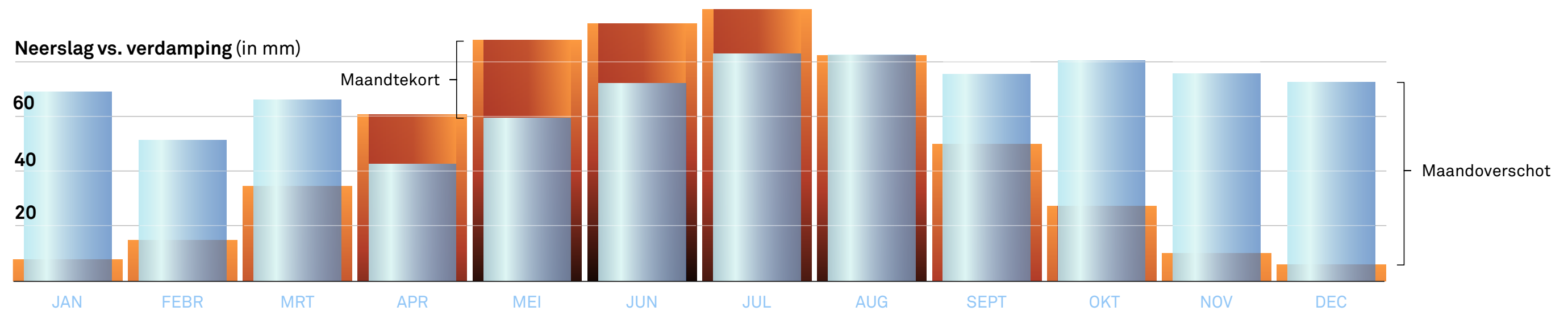


Neerslagtekort
in voorjaar en zomer

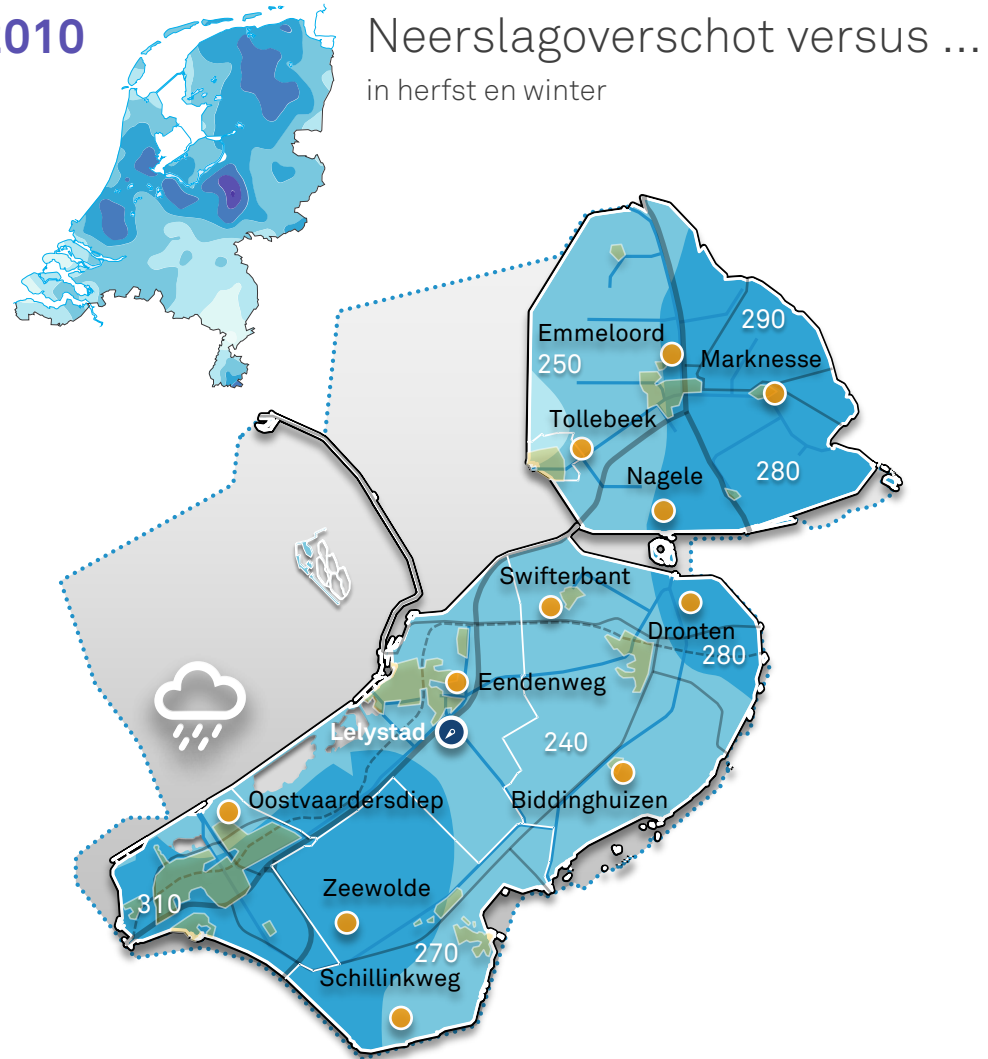
Neerslagtekort

In de zomer is de potentiële verdamping groter dan de neerslag, er is dan sprake van een neerslagtekort. In de winter is de verdamping slechts enkele millimeters per maand en is het neerslagoverschot het grootst.

Waterbalans (Regio Flevoland)



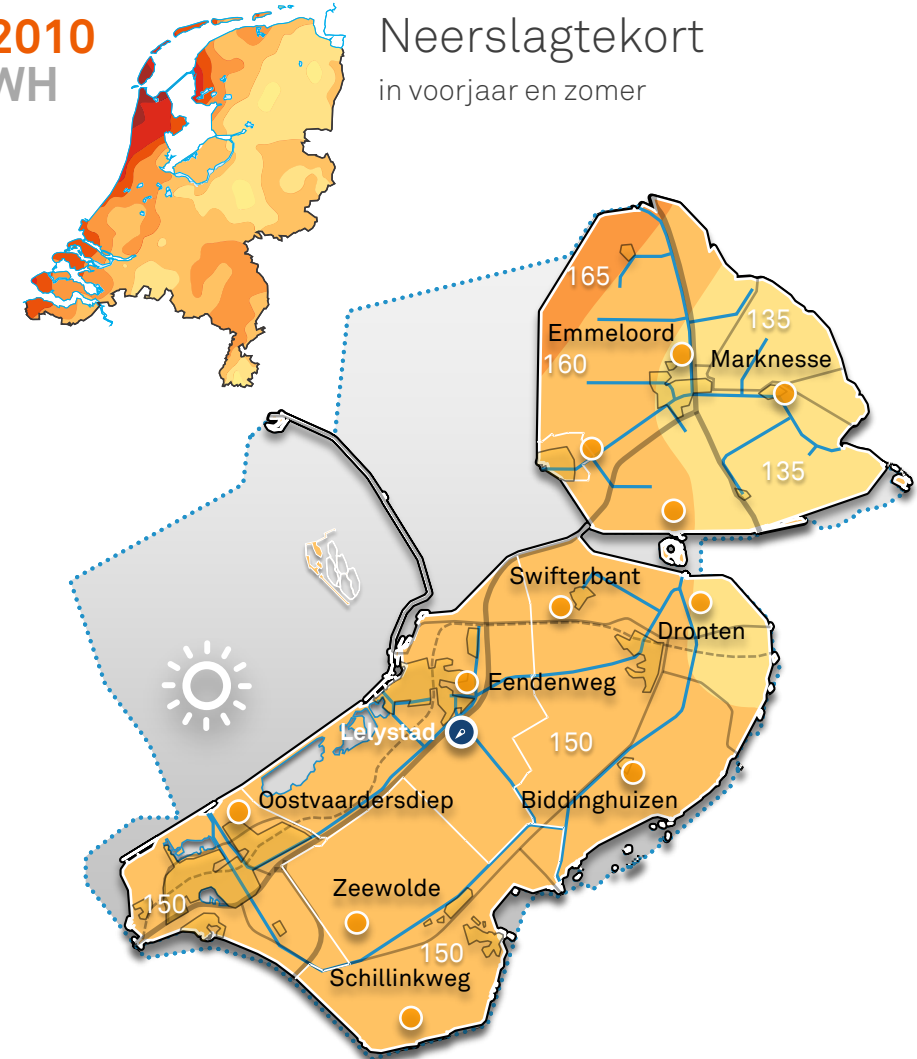
1981-2010



Neerslagoverschot (in mm)

NU → 2050: Zowel de gemiddelde jaarneerslag als de verdamping nemen volgens de vier klimaatscenario's toe. Het neerslagoverschot gemiddeld in een jaar blijft daarmee min of meer gelijk.

1981-2010
2050 WH

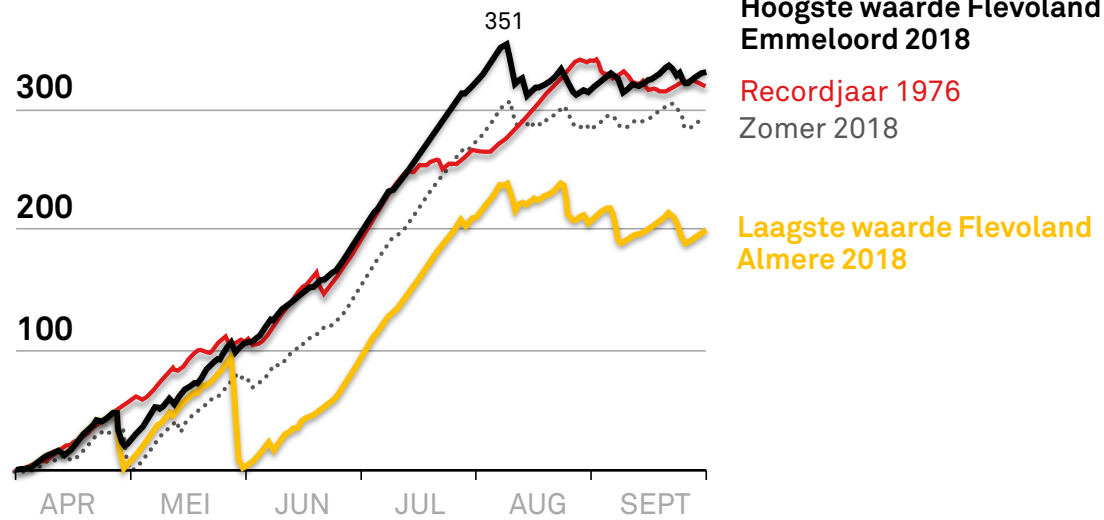


Neerslagtekort (in mm)

NU → 2050: Het neerslagtekort verandert voor sommige scenario's nauwelijks, maar voor het hoogste scenario is er een sterke toename van het gemiddelde neerslagtekort rond 2050 te zien van zo'n 30%.

Potentieel Neerslagtekort (mm)

Landelijk gemiddelde t.o.v. Regionaal maximum



Extreme droogte (2018)

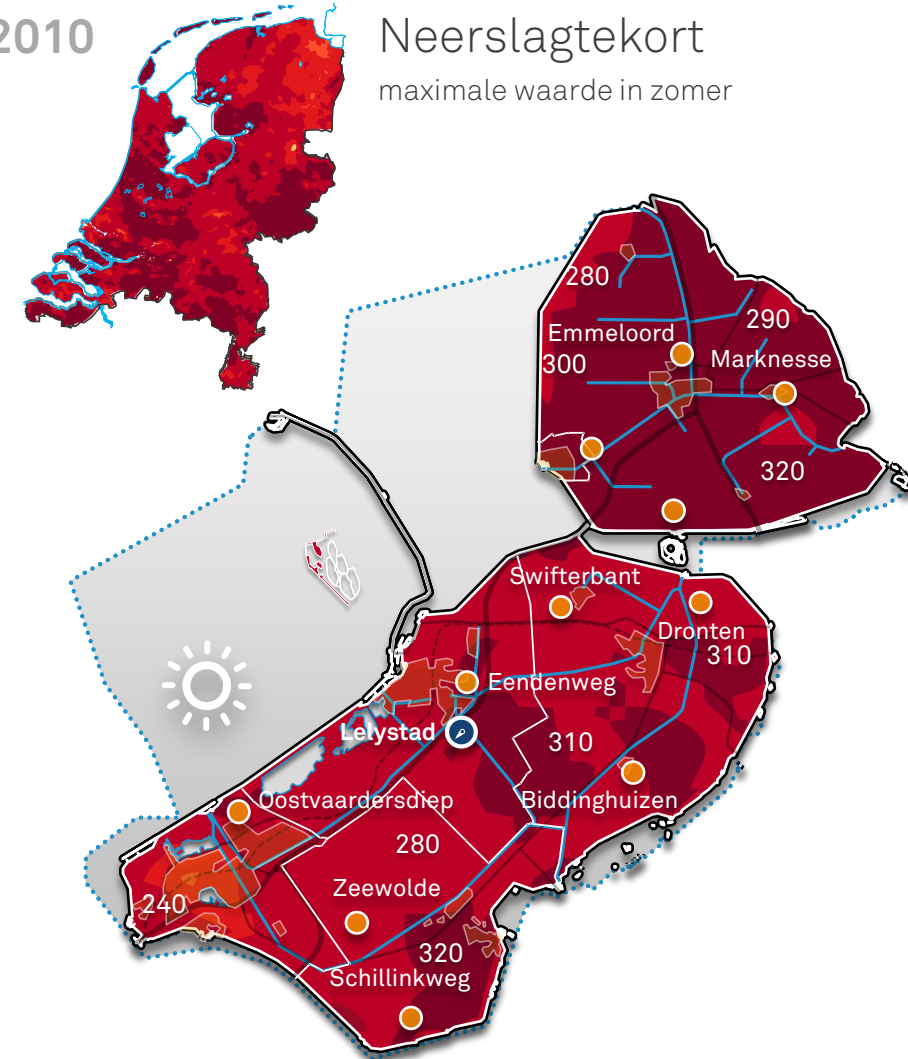
De zomer van 2018 was de warmste in tenminste drie eeuwen. Bovendien was het vaak zonnig en droog. Het maximale neerslagtekort werd bereikt op 8 augustus en bedroeg landelijk gemiddeld 309 mm. Binnen Regio Flevoland bestonden grote verschillen in het maximaal potentieel neerslagtekort: rond Emmeloord was het hoog met 351 mm, rond Almere lager met 239 mm.

Slechts 4 keer de afgelopen eeuw was er landelijk gemiddeld sprake van een nog groter neerslagtekort. Het droogste jaar ooit gemeten was de zomer van 1976, met een landelijk gemiddeld maximaal neerslagtekort van bijna 350 mm.

1981-2010
2018



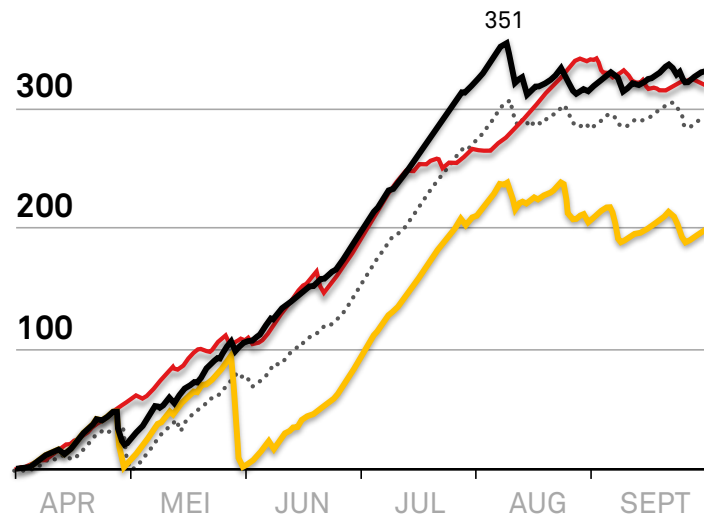
Neerslagtekort
 maximale waarde in zomer



Bron: De droogte van 2018. Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort (2018), KNMI.

Potentieel Neerslagtekort (mm)

Landelijk gemiddelde t.o.v. Regionaal maximum



Hoogste waarde Flevoland Emmeloord 2018

Recordjaar 1976
Zomer 2018

Laagste waarde Flevoland Almere 2018

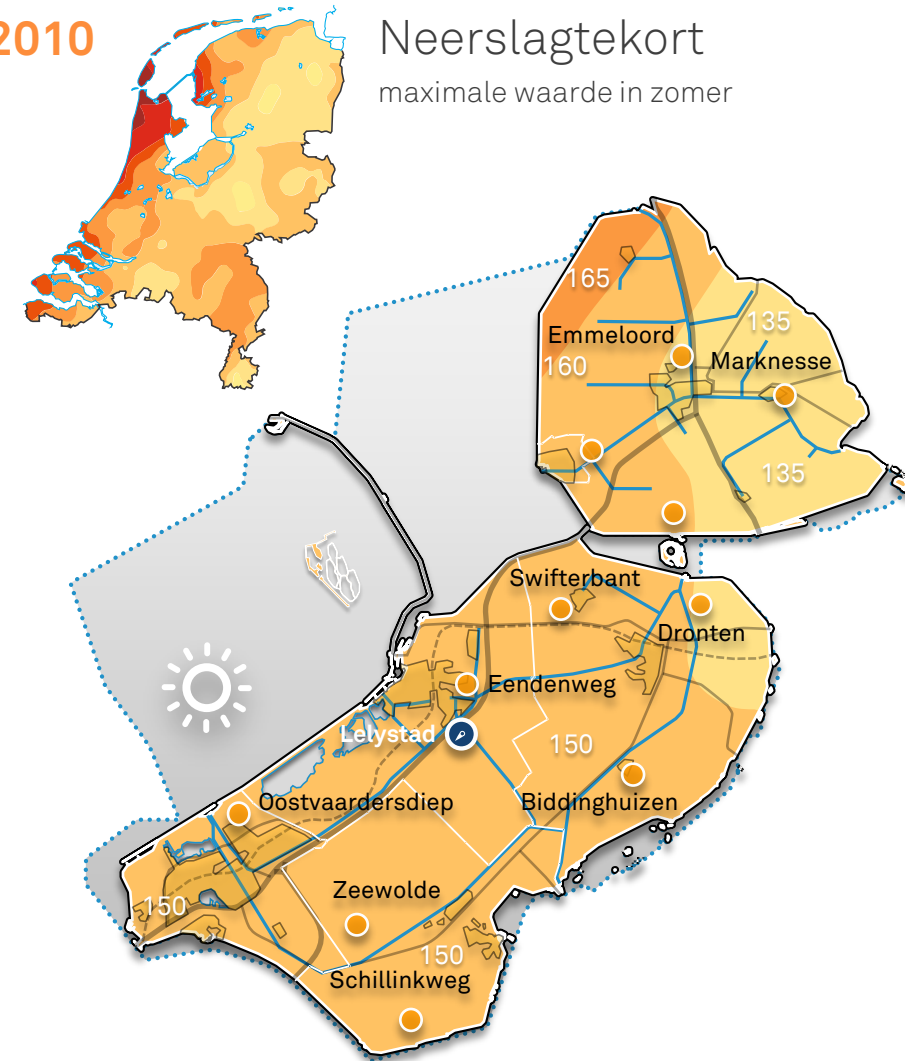
Extreme droogte (2018)

De zomer van 2018 was de warmste in tenminste drie eeuwen. Bovendien was het vaak zonnig en droog. Het maximale neerslagtekort werd bereikt op 8 augustus en bedroeg landelijk gemiddeld 309 mm. Binnen Regio Flevoland bestonden grote verschillen in het maximaal potentieel neerslagtekort: rond Emmeloord was het hoog met 351 mm, rond Almere lager met 239 mm.

Slechts 4 keer de afgelopen eeuw was er landelijk gemiddeld sprake van een nog groter neerslagtekort. Het droogste jaar ooit gemeten was de zomer van 1976, met een landelijk gemiddeld maximaal neerslagtekort van bijna 350 mm.

1981-2010
2018

Neerslagtekort
maximale waarde in zomer



Bron: De droogte van 2018. Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort (2018), KNMI.





KNMI > 2050 KANS OP MEER DROOGTE?

De droogte zoals in 2018 - met een landelijk neerslagtekort van 309 mm - komt in het huidige klimaat eens per ongeveer 30 jaar voor. Rond 2050 komt zo'n droogte volgens het hoogste scenario 2x zo vaak voor en in 2085 tot 3x zo vaak. In het laagste scenario neemt de kans op zo'n droogte nauwelijks toe.

In twee van de vier KNMI'14-scenario's wordt het flink droger (toename van het neerslagtekort tot zo'n 30% in 2050), in twee andere verandert er nauwelijks iets.

Volgens de klimaatmodellen wordt Noord-Europa natter en Zuid-Europa droger. Bij ons kan het kwartje beide kanten op vallen. Of het droger wordt, hangt grotendeels af van de veranderingen in de luchtstromingen. Meer oostenwind in de zomer betekent meer droogte. Maar juist die veranderingen zijn nog onzeker.

Of de drogere scenario's waarschijnlijker zijn, onderzoeken we in aanloop naar nieuwe KNMI klimaatscenario's die rond 2021 gepubliceerd worden.

De grafiek laat zien dat er geen trend is waargenomen in neerslagtekort in NL / De Bilt. 2018 springt eruit als één van de droogste zomers sinds 1906.



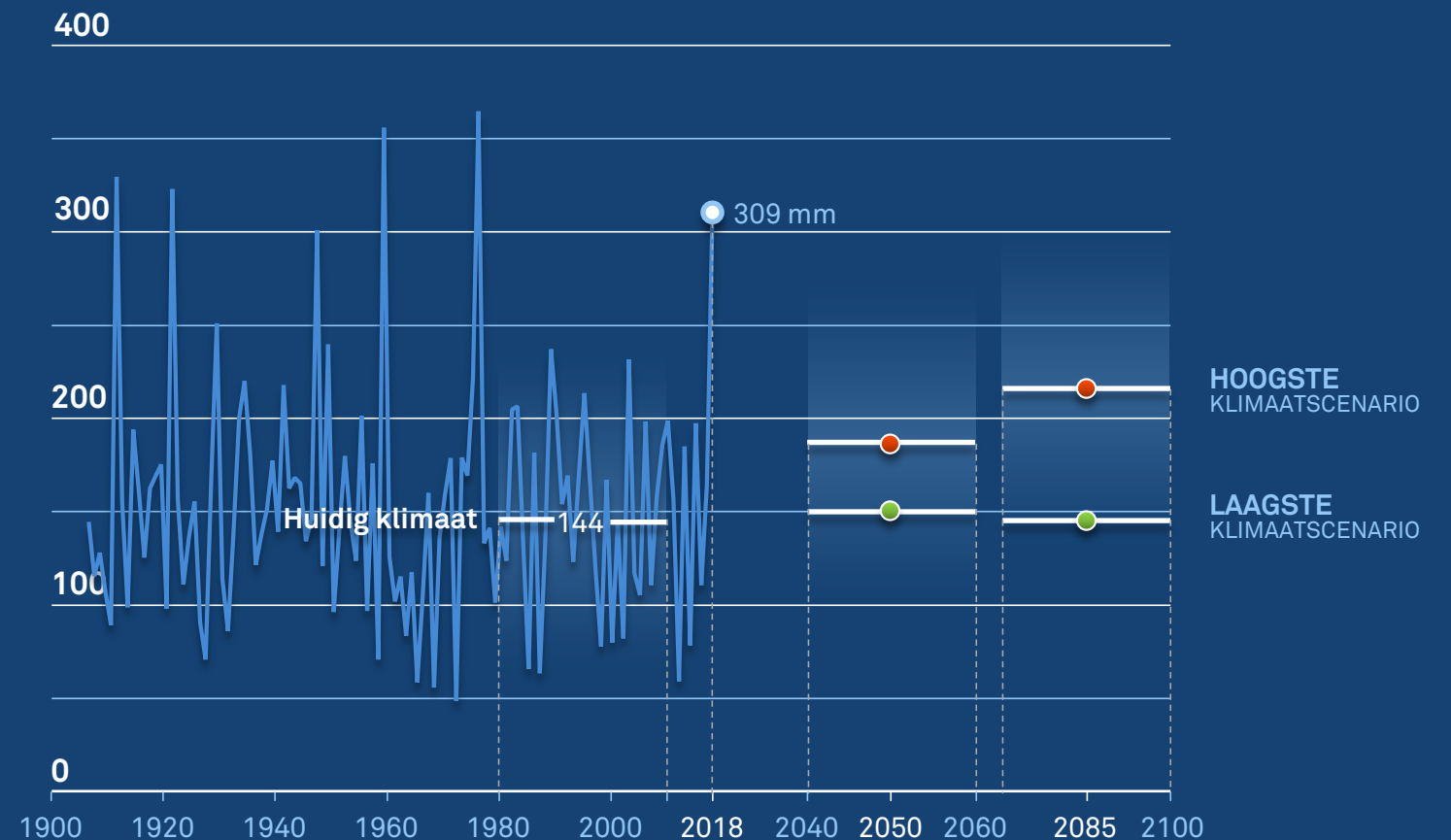
GH
GEMATIGD
HOGE WAARDE

WH
WARM
HOGE WAARDE

GL
GEMATIGD
LAGE WAARDE

WL
WARM
LAGE WAARDE

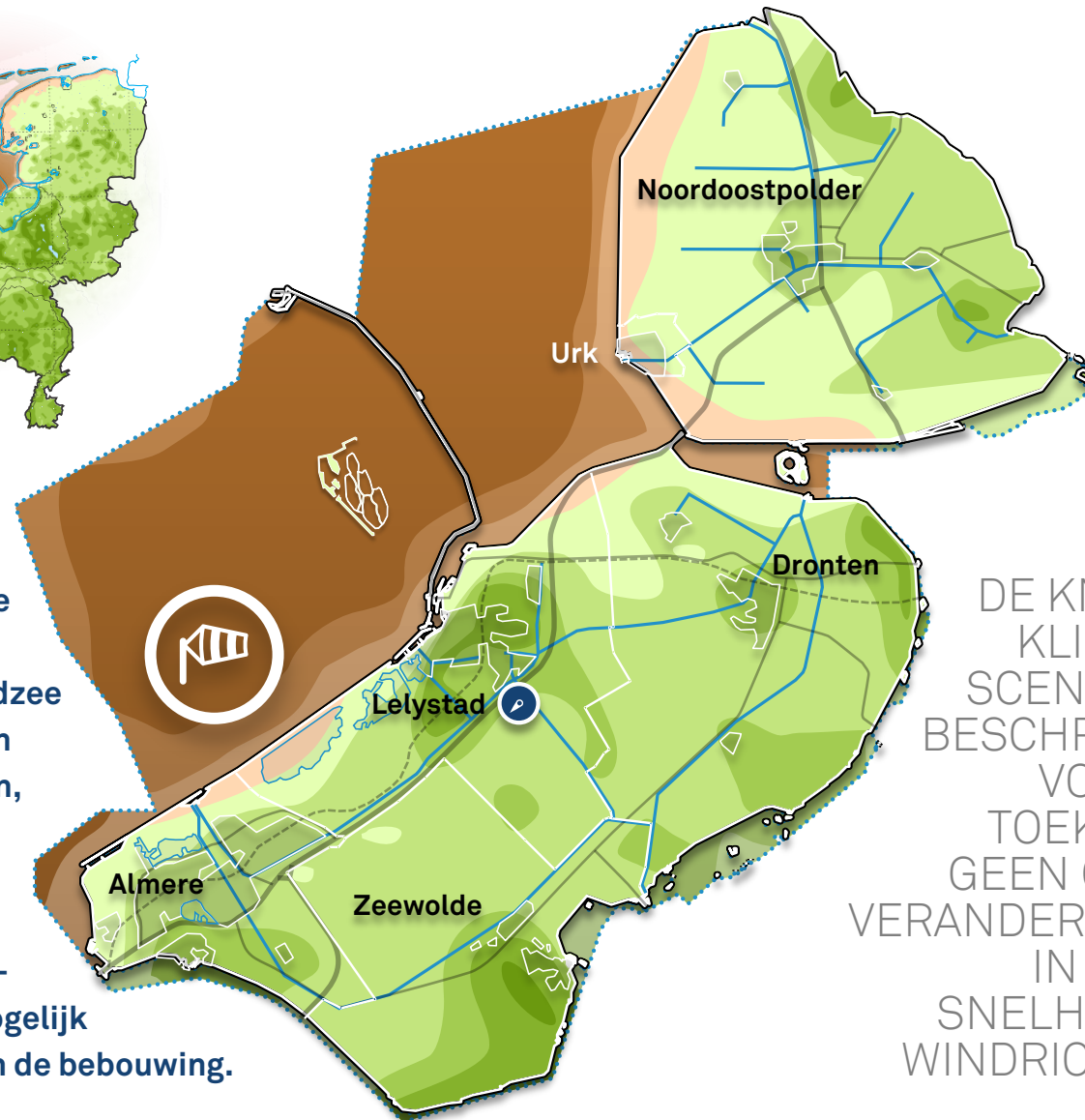
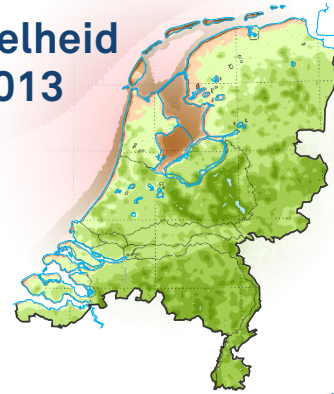
Max. Neerslagtekort NL / De Bilt (in mm)





Jaargemiddelde (m/s)

Windsnelheid 1979-2013



De natuurlijke variatie in windsnelheden is groot. Boven de Noordzee waren er rond de jaren 50-70 minder stormen, evenals in recentere jaren. Boven land is er sinds de jaren 60 een afname aan windsnelheden te zien, mogelijk door een toename van de bebouwing.

DE KNMI'14
KLIMAAT-
SCENARIO'S
BESCHRIJVEN
VOOR DE
TOEKOMST
GEEN GROTE
VERANDERINGEN
IN WIND-
SNELHEID OF
WINDRICHTING

WIND

TEMPERATUUR NEERSLAG DROOGTE **WIND** ZEESPIEGEL

Zowel de windsnelheid als windrichting zijn van belang voor Regio Flevoland. Bijvoorbeeld voor de windenergie sector, om een goede inschatting te kunnen maken van de verwachte opbrengst. Maar ook voor de vele recreanten, waaronder (kite)surfers, welke het liefste bij windkracht 5 tot 7 het Marker- of IJsselmeer opgaan.

Voor Rijkswaterstaat en het waterschap is windinformatie van belang voor dijkversterking en voor de aanleg van oevers. Maar ook voor de aanleg van de natuureilanden de Marker Wadden die sinds 2016 door Natuurmonumenten worden aangelegd.

Bron: KNMI Noordzee Windatlas (KNW 2015)

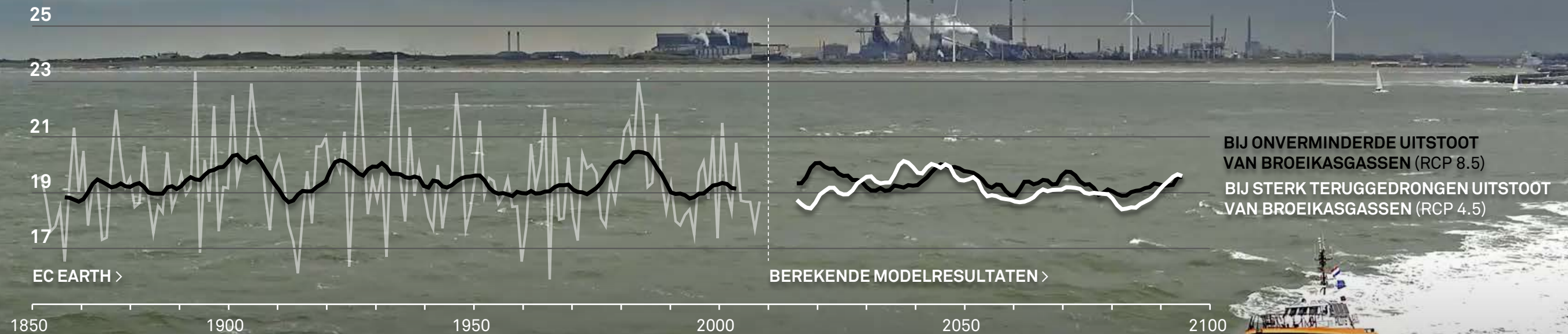


Jaarlijkse maximale windsnelheid

Berekende klimaatmodellen in m/s boven zee

Langlopende waarnemingen van wind zijn schaars. Directe metingen zijn gevoelig voor veranderingen in meetinstrumenten en niet beschikbaar boven zee. Daarom worden hier data getoond die in een klimaatmodel zijn berekend.

De natuurlijke variatie in wind boven de Noordzee is en blijft onverminderd groot. De verschillende klimaatmodellen laten hierop geen verandering zien. Er bestaat geen trend.



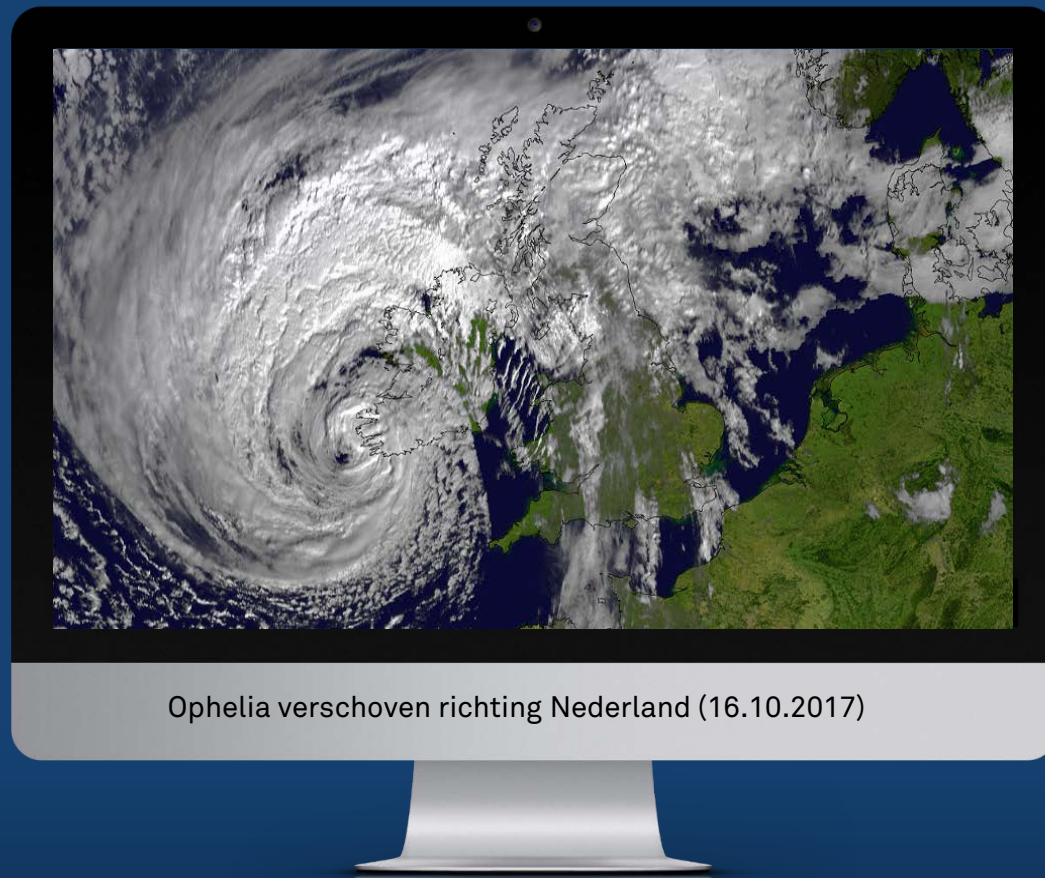
WIND IS VARIABEL

Het aantal stormen was boven de Noordzee in de periode 1951-1980, maar ook in recente jaren, lager dan in de periode 1981-2010. Boven land neemt de windsnelheid gestaag af sinds de jaren 60 vanwege toenemende bebouwing. Langs de kust is er geen verandering te zien.

Voor de toekomst zijn er in Nederland geen aanwijzingen voor een verandering in jaarlijks gemiddelde windsnelheden of herfst/winterstormen. Wel wordt er onderzoek gedaan naar een mogelijk nieuwe bron van stormen: orkanen van tropische origine, zoals de orkaan Ophelia welke op 16 oktober 2017 de kust van Ierland trof.



In 2017 trof orkaan Ophelia Ierland



Ophelia verschoven richting Nederland (16.10.2017)

m/s

WAT ALS ORKAAN OPHELIA NEDERLAND EN ONZE REGIO HAD BEREIKT?



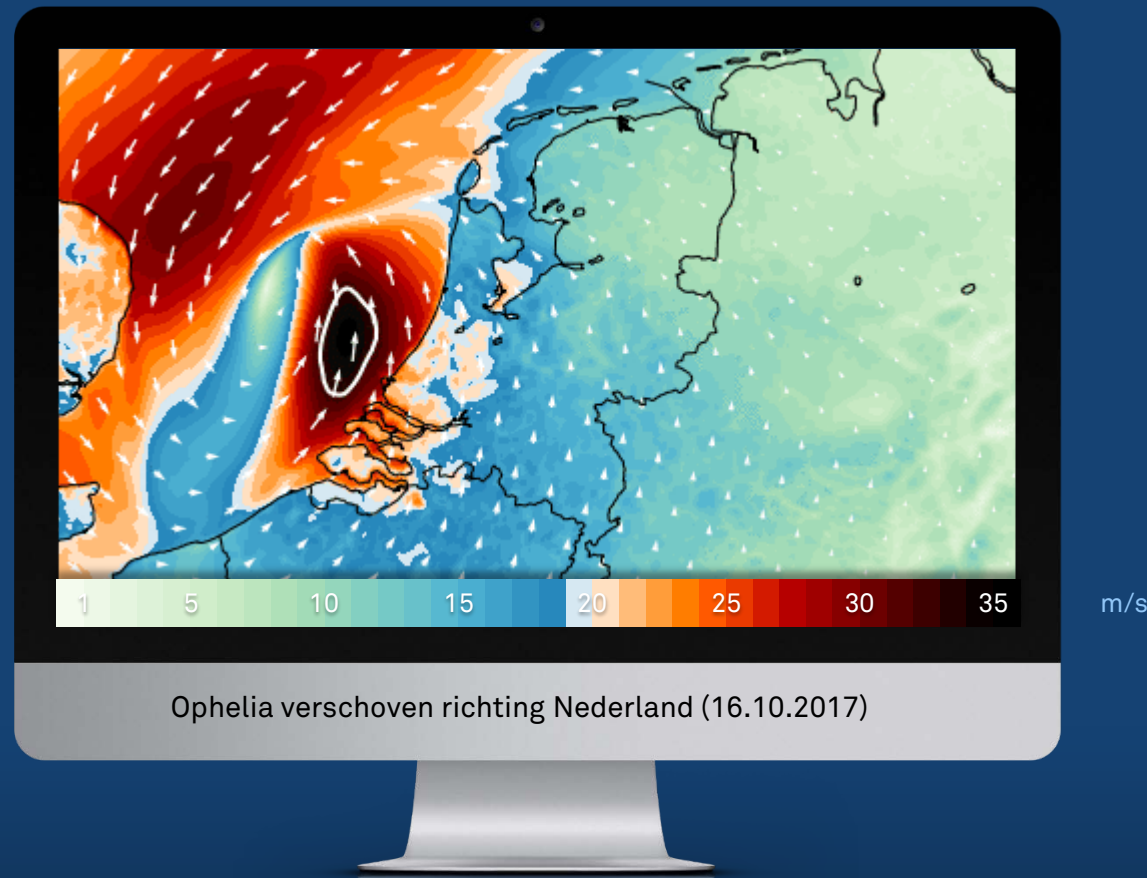
Bron: KNMI, Deltares en RWS (Meteorologica #3.2018)

In een experiment waarbij de orkaan Ophelia verplaatst is naar Nederland en specifiek is gekeken naar de gevolgen voor het IJsselmeer, waren de dijkhoogtes van de Noordoostpolder en de Flevopolders net voldoende. Een dergelijke storm met enkele uren windkracht 12 op het IJsselmeer en de Waddenzee en windsnelheden van 33,7 m/s op het IJsselmeer, is nog nooit in Nederland voorgekomen.

Ter vergelijking: de januari storm in 1990 haalde windkracht 11 met een maximale windsnelheid van 30 m/s. Dat de dijkhoogten toch voldeden bij dit experiment, is vooral te danken aan dat Ophelia relatief snel overtrok. Welke windsnelheden en golfhoogtes bereikt kunnen worden bij een Ophelia in een 2 graden warmer klimaat, zou verder onderzocht moeten worden.



In 2017 trof orkaan Ophelia Ierland



m/s

WAT ALS ORKAAN OPHELIA NEDERLAND EN ONZE REGIO HAD BEREIKT?



Bron: KNMI, Deltares en RWS (Meteorologica #3.2018)

In een experiment waarbij de orkaan Ophelia verplaatst is naar Nederland en specifiek is gekeken naar de gevolgen voor het IJsselmeer, waren de dijkhoogtes van de Noordoostpolder en de Flevopolders net voldoende. Een dergelijke storm met enkele uren windkracht 12 op het IJsselmeer en de Waddenzee en windsnelheden van 33,7 m/s op het IJsselmeer, is nog nooit in Nederland voorgekomen.

Ter vergelijking: de januari storm in 1990 haalde windkracht 11 met een maximale windsnelheid van 30 m/s. Dat de dijkhoogtes toch voldeden bij dit experiment, is vooral te danken aan dat Ophelia relatief snel overtrok. Welke windsnelheden en golfhoogtes bereikt kunnen worden bij een Ophelia in een 2 graden warmer klimaat, zou verder onderzocht moeten worden.



WINDRICHTING

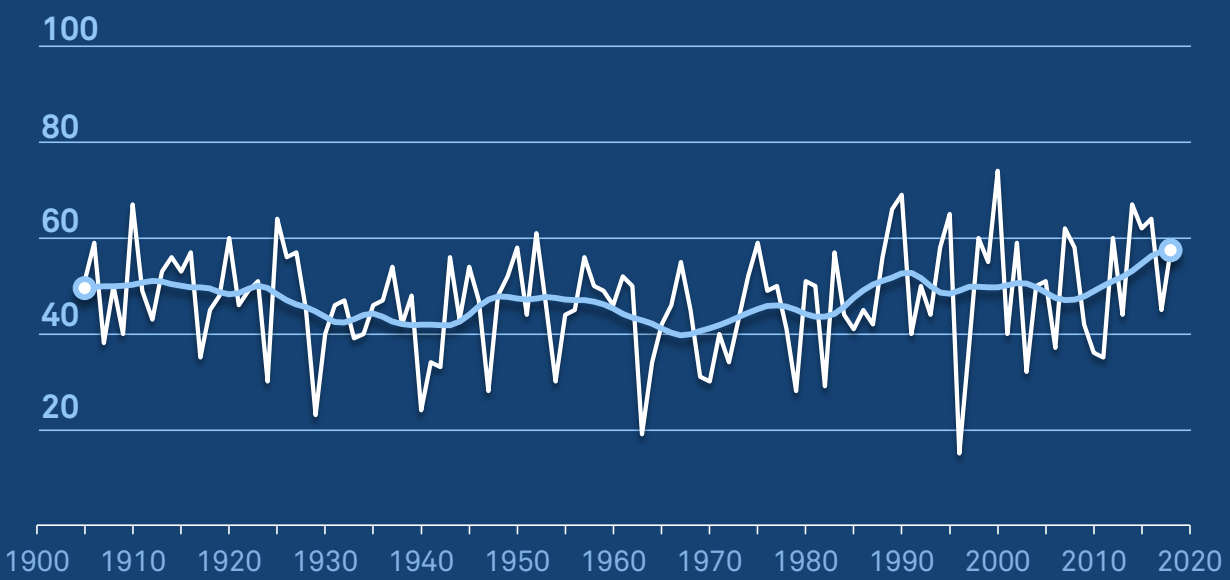


KNMI'14 KLIMAAT SCENARIO'S

| | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| GH GEMATIGD HOGE WAARDE | WH WARM HOGE WAARDE | H - SCENARIO'S |
| GL GEMATIGD LAGE WAARDE | WL WARM LAGE WAARDE | L - SCENARIO'S |

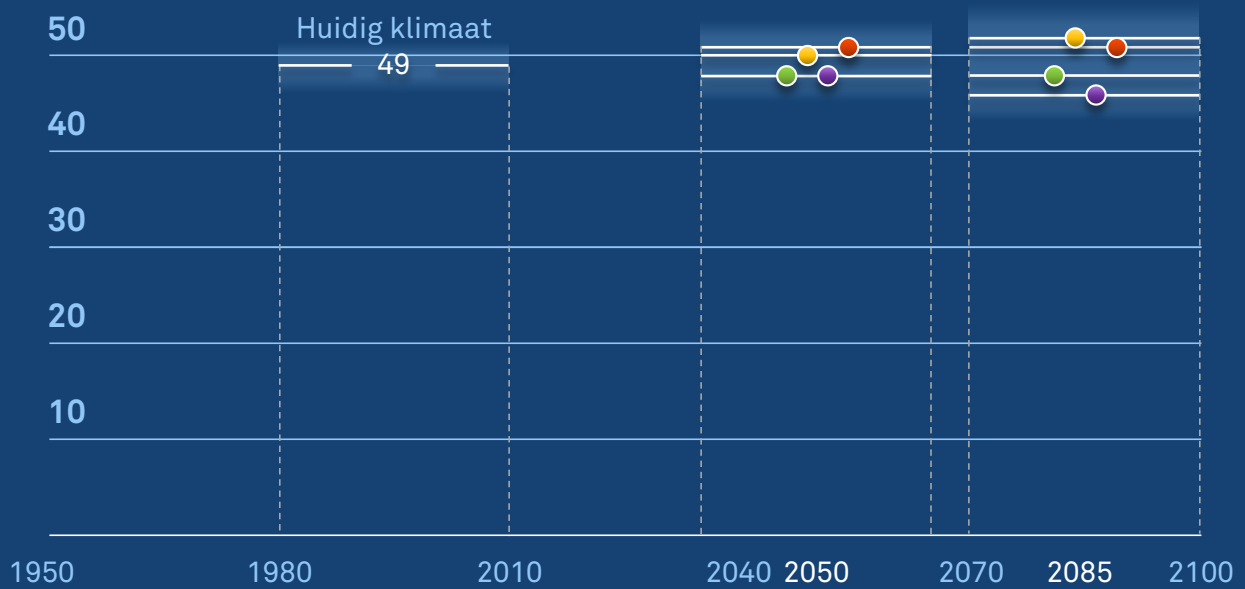
Het aantal dagen met overwegend zuidwestenwind in de winter fluctueert. Sinds 1980, maar met name de laatste jaren, zien we een lichte toename. In andere jaargetijden zien we geen signaal. In de toekomst vallen de veranderingen in windrichting binnen de natuurlijke variatie aan windrichting.

Aantal dagen ZW wind in de winter in Nederland



In de scenario's met circulatieverandering (de H-scenario's) verwachten we rond 2050 in de winter 1 à 2 dagen meer zuidwestenwinden ten opzichte van de periode 1981-2010 en in de L-scenario's 1 dag minder. Het aantal dagen met sterke noordenwinden verandert volgens de scenario's in de toekomst niet.

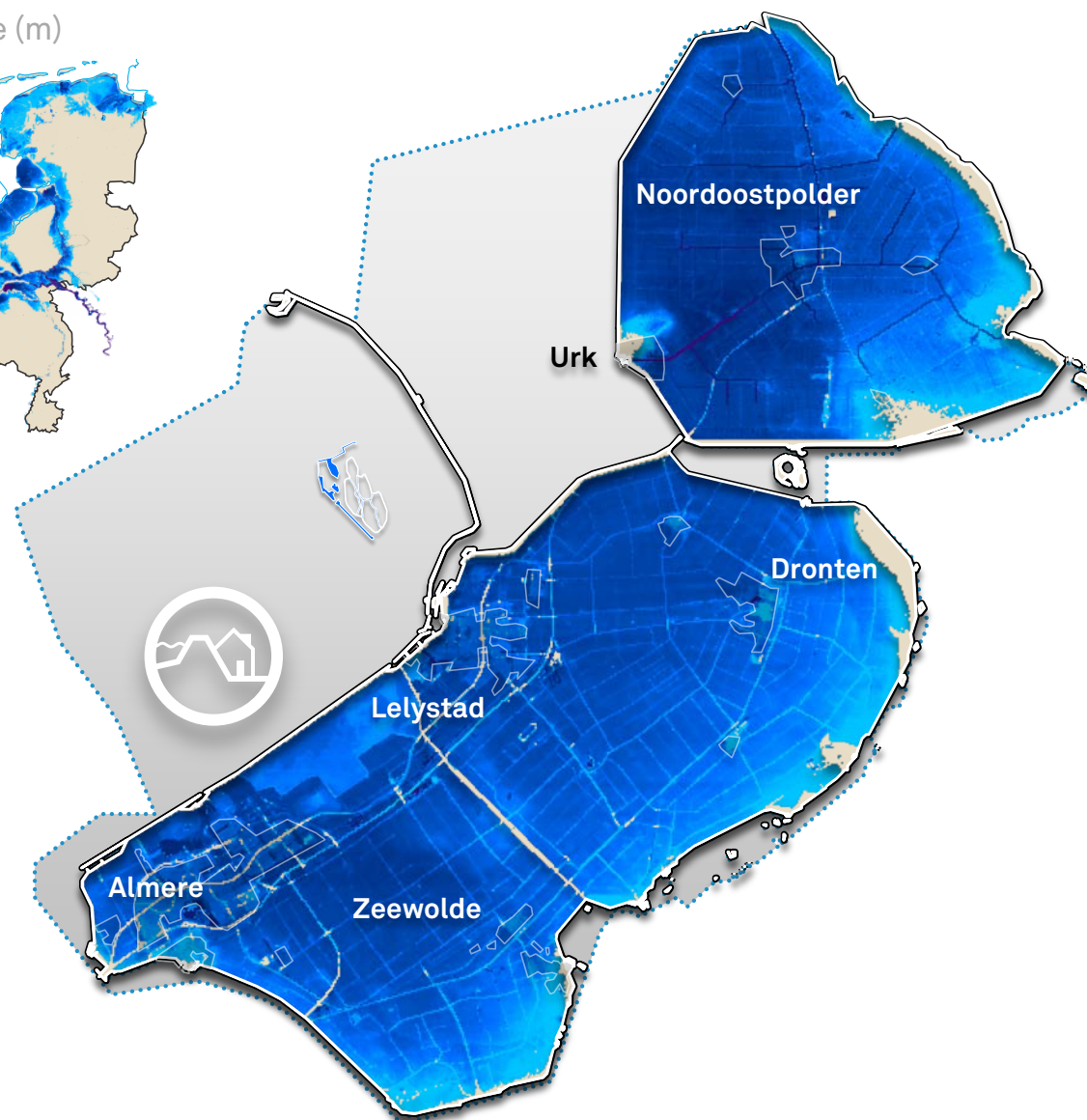
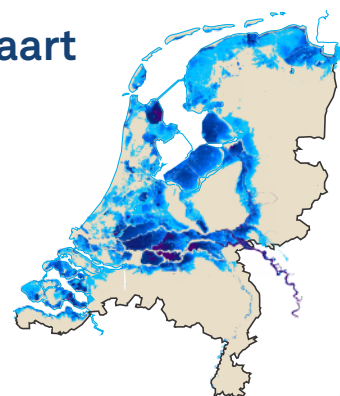
Toekomstig aantal dagen ZW wind in de winter in Nederland





Maximale waterdiepte (m)

Risicokaart 2015



ZEESPIEGEL

TEMPERATUUR NEERSLAG DROOGTE WIND **ZEESPIEGEL**

**Regio Flevoland ligt meters onder zeeniveau!
En dat terwijl de zeespiegel blijft stijgen,
mogelijk sneller dan voorzien.**

In het kader van het Deltaprogramma wordt er gewerkt aan het verhogen van de veiligheid, met een nieuwe methodiek en nieuwe normen voor waterveiligheid. Het Rijk kiest ervoor om het gemiddeld winterpeil in het IJsselmeer tot 2050 niet mee te laten stijgen met de zeespiegel. Overtollig water kan met pompen en spuien naar de Waddenzee worden afgevoerd.

Bron: Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen
o.b.v. VNK scenario's voor falende dijkringen en overstromingslopen



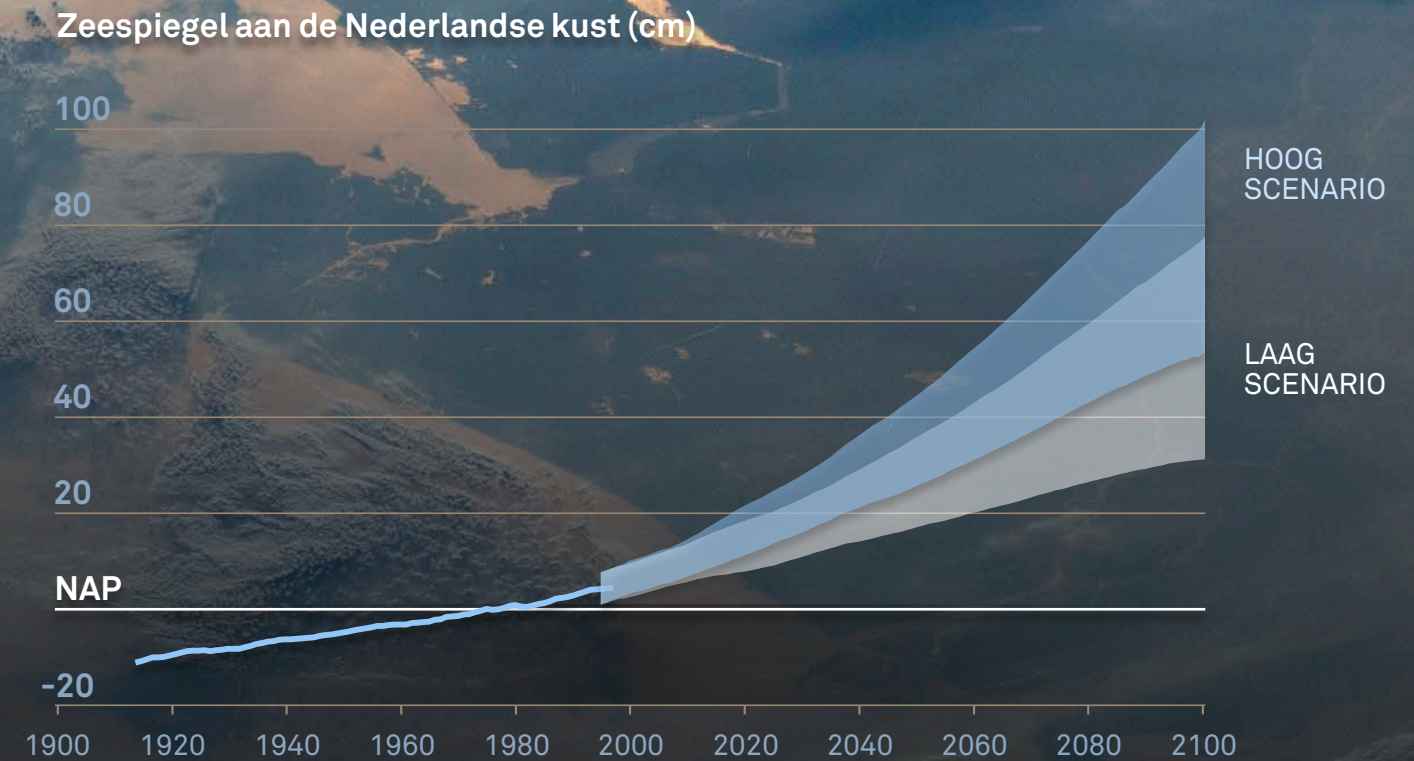


INVLOED VAN DE ZEE

De zeespiegel is de afgelopen eeuw 18 cm gestegen en blijft in de toekomst stijgen.

In de KNMI'14-klimaatscenario's lag de bovengrens op 1 meter zeespiegelstijging rond 2100. Er zijn echter aanwijzingen dat de zeespiegel sneller kan stijgen dan in deze scenario's was voorzien.

De snellere stijging wordt vooral toegeschreven aan het sneller afsmelten van Antarctica. Het IPCC, het klimaatpanel vande VN, brengt in 2019 een rapport uit over zeespiegelstijging wereldwijd. Het KNMI zal dat rapport vertalen naar zeespiegel scenario's voor Nederland.



ONS KLIMAAT VERANDERT

EEN GEZAMENLIJKE UITGAVE VAN

Samenwerkingsverband Klimaatadaptatie Flevoland (KAF):
Waterschap Zuiderzeeland, GGD Flevoland, Rijkswaterstaat
Midden-Nederland en gemeenten Almere, Dronten, Lelystad,
Noordoostpolder, Urk en Zeewolde

FACTS & FIGURES

KNMI Weer- en klimaatdienstverlening

ONTWERP & REALISATIE

Erik Zeegers - Vormgeving.com

EINDREDACTIE

✉ Bernadet Overbeek, Rob Sluijter en Janette Bessembinder - KNMI

MET BIJDAGEN VAN

Rinus Scheele, Jules Beersma, Andrew Stepek, Andreas Sterl,
Rein Haarsma, Hylke de Vries en Aart Overeem - KNMI



KNMI, Weer- en klimaatdienstverlening

Naar model en in deze reeks
eerder verschenen regionale
klimaatdossiers voor:

Gelderse Vallei, Eem & Veluwe

Metropoolregio Amsterdam

Regio Utrecht



TEMPERATUUR

De gemiddelde temperatuur is deze eeuw al fors opgelopen
Steeds meer zomerse dagen / Steeds minder vorstdagen
Het groeiseizoen start eerder en loopt langer door
Het stedelijk warmte-eiland / Aantal tropische nachten
Aantal aaneengesloten dagen met watertemperatuur hoger dan 20°C

NEERSLAG

Er valt steeds meer neerslag
Waterstand buitengebied afhankelijk van bemalingsregime
Gemiddelde jaarneerslag op kaart in 1951-1980 en 1981-2010
Zware buien komen nu al vaker voor
Nog meer en vaker hevige regen / In 2050: 2,5 tot 5,5% meer neerslag
Computermodel: neerslag bij 2°C warmer klimaat
Meer kans op onweer, hagel en zware windstoten
Effecten van extreem weer

DROOGTE

De waterbalans in onze regio
Het neerslagoverschot vs. neerslagtekort
De extreme droge zomer van 2018 / Kans op meer droogte?

WIND

Wind is variabel
Wat als orkaan Ophelia onze regio had bereikt?
Windrichting

ZEESPIEGEL

Aanwijzingen voor snellere zeespiegelstijging dan voorzien