

Werkwijze aanmaak correctiekaarten klimaat obv KNMI 2014-scenario's tbv Vesta 3.3

Bas van Bemmelen

12 februari 2019

De klimaatkaarten dit tot nu toe werden gebruikt (Vesta 3.2.1) in de vorm van correctiekaarten (voor functionele vraag naar warmte) zijn nog gebaseerd op de KNMI 2006 scenario's. Voor die oude werkwijze zie:

<https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2012-vesta-ruimtelijk-energiemodel-voor-de-gebouwde-omgeving-data-en-methoden-500264001.pdf>

bladzijde 25

Voor verwerking van de nieuwe KNMI-2014-scenario's voor Vesta 3.3 wordt gebruikt gemaakt van 2 bronnen:

- 1) De cijfers zoals te vinden op <http://www.klimaatsscenario's.nl/kerncijfers/>
- 2) Een kaart van de gemiddelde jaartemperatuur in Nederland over de periode 1981-2010 (let op dit was in Vesta 3.2.1. berekend op basis van gegevens van meetstations en eigen interpolatie-techniek IDW).

Ad 1: In de onderstaande tabellen van deze webpagina wordt door Vesta 3.3 gebruik gemaakt van de rode omkaderde cijfers.

Scenariotabel					
Tijdshorizon: <input type="text" value="rond 2030"/>					
Klimaatverandering rond 2030					
Seizoen ^{A)}	Variabele	Indicator	Klimaat ^{B)} 1981-2010 =referentieperiode	Gemiddelde verandering voor het klimaat rond 2030 ^{C)} (2016-2045)	Natuurlijke variabiliteit gemiddeld over 30 jaar ^{D)}
Jaar	Zeespiegel bij Noordzeekust	absolute niveau ^{E)}	3 cm boven NAP	+10 tot +25 cm	± 1,4 cm
		tempo van verandering	2,0 mm/jaar	+1 tot +6 mm/jaar	± 1,4 mm/jaar
	Temperatuur	gemiddelde	10,1 °C	+1,0 °C	± 0,16 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	851 mm	+5%	± 4,2%
	Zonnestraling	zonnestraling	354 kJ/cm2	+0,2%	± 1,6%
	Verdamping	potentiele verdamping (Makkink)	559 mm	+2,5%	± 1,9%
	Mist	aantal uren met zicht minder dan 1 km	300 uur ^{F)}	-100 uur	± 39 uur
Winter	Temperatuur	gemiddelde	3,4 °C	+1,2 °C	± 0,48 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	211 mm	+8,5%	± 8,3%
		10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	89 mm	+9%	± 11%
		aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	55 dagen	+1,5%	± 4,7%
	Wind	gemiddelde windsnelheid	6,9 m/s	+0,5%	± 3,6%
		hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	15 m/s	-1%	± 3,9%
		aantal dagen met windrichting tussen zuid en west	49 dagen	+2,5%	± 6,4%
Lente	Temperatuur	gemiddelde	9,5 °C	+0,8 °C	± 0,24 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	173 mm	+5,5%	± 8,0%
Zomer	Temperatuur	gemiddelde	17,0 °C	+0,9 °C	± 0,25 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	224 mm	+0,2%	± 9,2%
		dagelijkse hoeveelheid die eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	44 mm	+1,7 tot +10%	± 15%
		maximum uurneerslag per jaar	15,1 mm/uur	+5,5 tot +11%	± 14%
		aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	43 dagen	+0,5%	± 6,4%
	Zonnestraling	zonnestraling	153 kJ/cm2	+1,9%	± 2,4%
	Vochtigheid	relatieve vochtigheid	77%	-0,6%	± 0,86%
Herfst	Verdamping	potentiele verdamping (Makkink)	266 mm	+3,5%	± 2,8%
	Droogte	gemiddeld hoogste neerslagtekort gedurende het groeiseizoen ^{I)}	144 mm	+4%	± 13%
	Temperatuur	gemiddelde	10,6 °C	+1,0 °C	± 0,27 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	245 mm	+5,5%	± 9,0%

Scenariotabel

Tijdshorizon:

Klimaatverandering rond 2050

Uitleg

Kerncijfers KNMI'14-klimaatscenario's

Seizoen ^{A)}	Variabele	Indicator	Klimaat ^{B)} 1951-1980	Klimaat ^{B)} 1981-2010	Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2050 ^{C)} (2036-2065)				Natuurlijke variaties
					G _L	G _H	W _L	W _H	
				= referentie- periode					gemiddeld over 30 jaar ^{D)}
Wereldwijde temperatuurstijging:					+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C	
Verandering van luchtstromingspatroon:					Lage waarde	Hoge waarde	Lage waarde	Hoge waarde	
Jaar	Zeespiegel bij Noordzeekust	absolute niveau ^{E)}	4 cm beneden NAP	3 cm boven NAP	+15 tot +30 cm	+15 tot +30 cm	+20 tot +40 cm	+20 tot +40 cm	± 1,4 cm
		tempo van verandering	1,2 mm/jaar	2,0 mm/jaar	+1 tot +5,5 mm/jaar	+1 tot +5,5 mm/jaar	+3,5 tot +7,5 mm/jaar	+3,5 tot +7,5 mm/jaar	± 1,4 mm/jaar
	Temperatuur	gemiddelde	9,2 °C	10,1 °C	+1,0 °C	+1,4 °C	+2,0 °C	+2,3 °C	± 0,16 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	774 mm	851 mm	+4%	+2,5%	+5,5%	+5%	± 4,2%
	Zonnestraling	zonnestraling	346 kJ/cm2 ^{F)}	354 kJ/cm2	+0,6%	+1,6%	-0,8%	+1,2%	± 1,6%
	Verdamping	potentiele verdamping (Makkink)	534 mm ^{F)}	559 mm	+3%	+5%	+4%	+7%	± 1,9%
	Mist	aantal uren met zicht minder dan 1 km	412 uur	300 uur ^{G)}	-110 uur	-110 uur	-110 uur	-110 uur	± 39 uur
Winter	Temperatuur	gemiddelde	2,4 °C	3,4 °C	+1,1 °C	+1,6 °C	+2,1 °C	+2,7 °C	± 0,48 °C
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 2,6 °C	-8%	-16%	-13%	-20%	-
		dagmaximum	5,1 °C	6,1 °C	+1,0 °C	+1,6 °C	+2,0 °C	+2,5 °C	± 0,46 °C
		dagminimum	-0,3 °C	0,5 °C	+1,1 °C	+1,7 °C	+2,2 °C	+2,8 °C	± 0,51 °C
		koudste winterdag per jaar	-7,5 °C	-5,9 °C	+2,0 °C	+3,6 °C	+3,9 °C	+5,1 °C	± 0,91 °C
		zachtste winterdag per jaar	10,3 °C	11,1 °C	+0,6 °C	+0,9 °C	+1,7 °C	+1,7 °C	± 0,42 °C
		aantal vorstdagen (min temp < 0 °C)	42 dagen	38 dagen	-30%	-45%	-50%	-60%	± 9,5%
		aantal ijsdagen (max temp < 0 °C)	11 dagen	7,2 dagen	-50%	-70%	-70%	-90%	± 31%
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	188 mm	211 mm	+3%	+8%	+8%	+17%	± 8,3%
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 96 mm	+4,5%	+9%	+10%	+17%	-
		10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	80 mm	89 mm	+6%	+10%	+12%	+17%	± 11%
		aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	56 dagen	55 dagen	-0,3%	+1,4%	-0,4%	+2,4%	± 4,7%
		aantal dagen ≥ 10 mm	4,1 dagen	5,3 dagen	+9,5%	+19%	+20%	+35%	± 14%
	Wind	gemiddelde windsnelheid	-	6,9 m/s	-1,1%	+0,5%	-2,5%	+0,9%	± 3,6%
		hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	-	15 m/s	-3%	-1,4%	-3%	0,0%	± 3,9%
		aantal dagen met windrichting tussen zuid en west	44 dagen	49 dagen	-1,4%	+3%	-1,7%	+4,5%	± 6,4%
Lente	Temperatuur	gemiddelde	8,3 °C	9,5 °C	+0,9 °C	+1,1 °C	+1,8 °C	+2,1 °C	± 0,24 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	148 mm	173 mm	+4,5%	+2,3%	+11%	+9%	± 8,0%
Zomer	Temperatuur	gemiddelde	16,1 °C	17,0 °C	+1,0 °C	+1,4 °C	+1,7 °C	+2,3 °C	± 0,25 °C
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 1,4 °C	+3,5%	+7,5%	+4%	+9,5%	-
		dagmaximum	20,7 °C	21,9 °C	+0,9 °C	+1,4 °C	+1,5 °C	+2,3 °C	± 0,35 °C
		dagminimum	11,2	11,9	+1,1 °C	+1,3 °C	+1,9 °C	+2,2 °C	± 0,18 °C
		koelste zomerdag per jaar	10,3 °C	11,1 °C	+0,9 °C	+1,1 °C	+1,6 °C	+2,0 °C	± 0,43 °C
		warmste zomerdag per jaar	23,2 °C	24,7 °C	+1,4 °C	+1,9 °C	+2,3 °C	+3,3 °C	± 0,52 °C
		aantal zomerse dagen (max temp ≥ 25 °C)	13 dagen	21 dagen	+22%	+35%	+40%	+70%	± 13%
		aantal tropische nachten (min temp ≥ 20 °C)	< 0,1 dagen	0,1 dagen	+0,5%	+0,6%	+1,4%	+2,2%	-
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	224 mm	224 mm	+1,2%	-8%	+1,4%	-13%	± 9,2%
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 113 mm	+2,1 tot +5%	-2,5 tot +1,0%	+1,4 tot +7%	-4 tot +2,2%	-
		dagelijkse hoeveelheid die eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	44 mm	44 mm	+1,7 tot +10%	+2,0 tot +13%	+3 tot +21%	+2,5 tot +22%	± 15%
		maximum uurneerslag per jaar	14,9 mm/uur	15,1 mm/uur	+5,5 tot +11%	+7 tot +14%	+12 tot +23%	+13 tot +25%	± 14%
		aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	45 dagen	43 dagen	+0,5%	-5,5%	+0,7%	-10%	± 6,4%
		aantal dagen ≥ 20 mm	1,6 dagen	1,7 dagen	+4,5 tot +18%	-4,5 tot +10%	+6 tot +30%	-8,5 tot +14%	± 24%
	Zonnestraling	zonnestraling	149 kJ/cm2 ^{F)}	153 kJ/cm2	+2,1%	+5%	+1,0%	+6,5%	± 2,4%
	Vochtigheid	relatieve vochtigheid	78%	77%	-0,6%	-2,0%	+0,1%	-2,5%	± 0,86%
	Verdamping	potentiele verdamping (Makkink)	253 mm ^{F)}	266 mm	+4%	+7%	+4%	+11%	± 2,8%
	Droogte	gemiddeld hoogste neerslagtekort gedurende het groeiseizoen ^{J)}	140 mm	144 mm	+4,5%	+20%	+0,7%	+30%	± 13%
		hoogste neerslagtekort dat eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	-	230 mm	+5%	+17%	+4,5%	+25%	-
Herfst	Temperatuur	gemiddelde	10,0 °C	10,6 °C	+1,1 °C	+1,3 °C	+2,2 °C	+2,3 °C	± 0,27 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	214 mm	245 mm	+7%	+8%	+3%	+7,5%	± 9,0%

In tabel 1 is samengevat hoe de KNMI-2014 scenario's zijn gebruikt in Vesta 3.3. Het GH-scenario is de default voor Vesta 3.3 (groene records).

Scenario	Afwijking Tov kaart <i>Langjarig gemiddelde 1981-2010</i> in graden Celsius	Opmerking
2010	0	Default in Vesta 3.3
2020	Indirect 0,5	Default in Vesta 3.3
2030	+1	Default in Vesta 3.3 (ook enige optie)
GL2040	+1	Instelbaar
GL2050	+1	Instelbaar
GH2040	Indirect +1,2	Instelbaar
GH2050	+1,4	Default in Vesta 3.3
WL2040	Indirect 1,5	Instelbaar
WL2050	+2	Instelbaar
WH2040	+1,65	Instelbaar
WH2050	+2,3	Instelbaar

Tabel 1: Samenvatting aangenomen temperatuurswijziging (tov 1981-2010) voor scenario's in Vesta 3.3

In Vesta 3.2.1 werd tot nu voor de berekeningen gebruik gemaakt van het Gplus scenario uit de KNMI2006 scenario's. Dit is enigszins vergelijkbaar met het GH scenario uit de KNMI scenario's 2014.

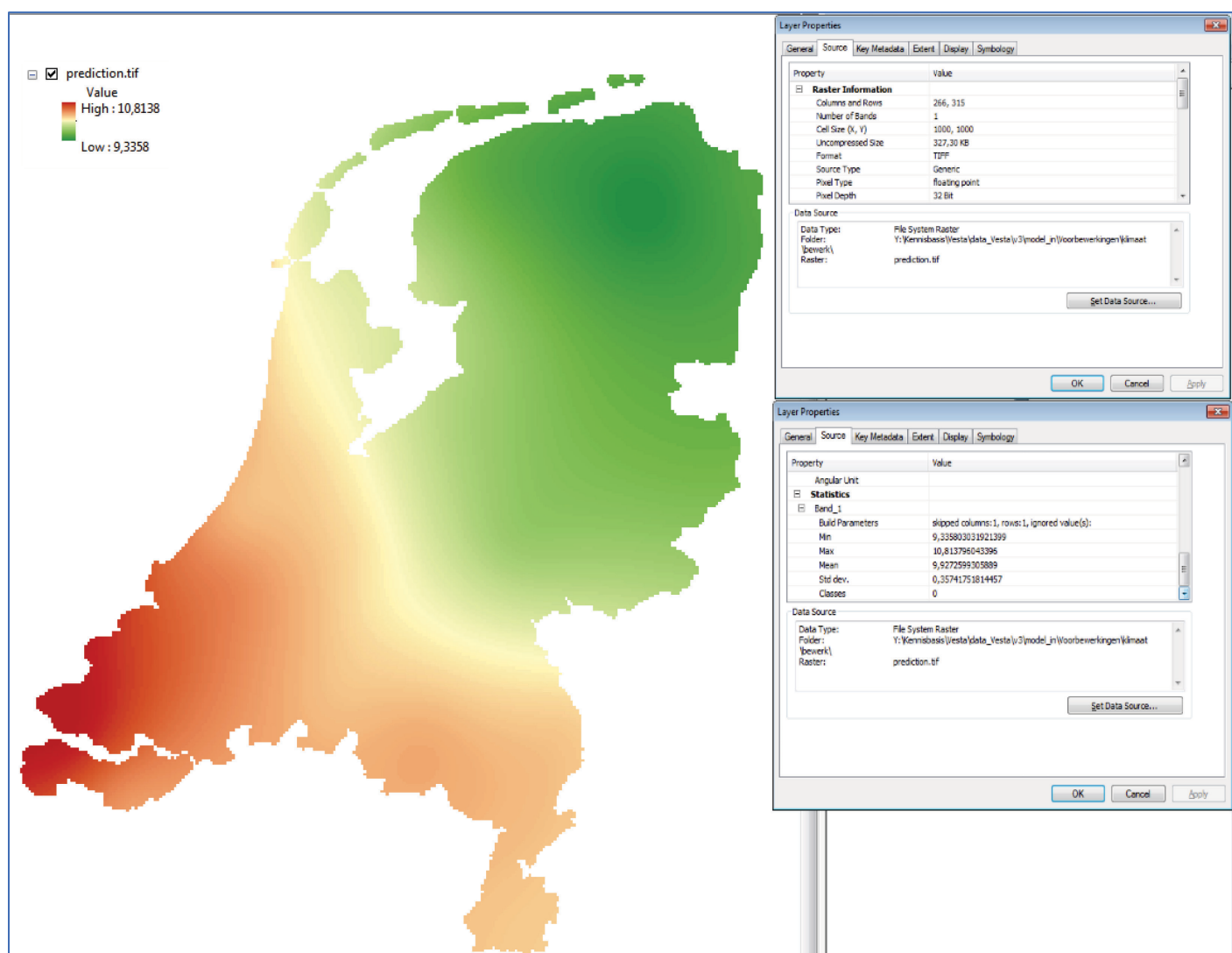
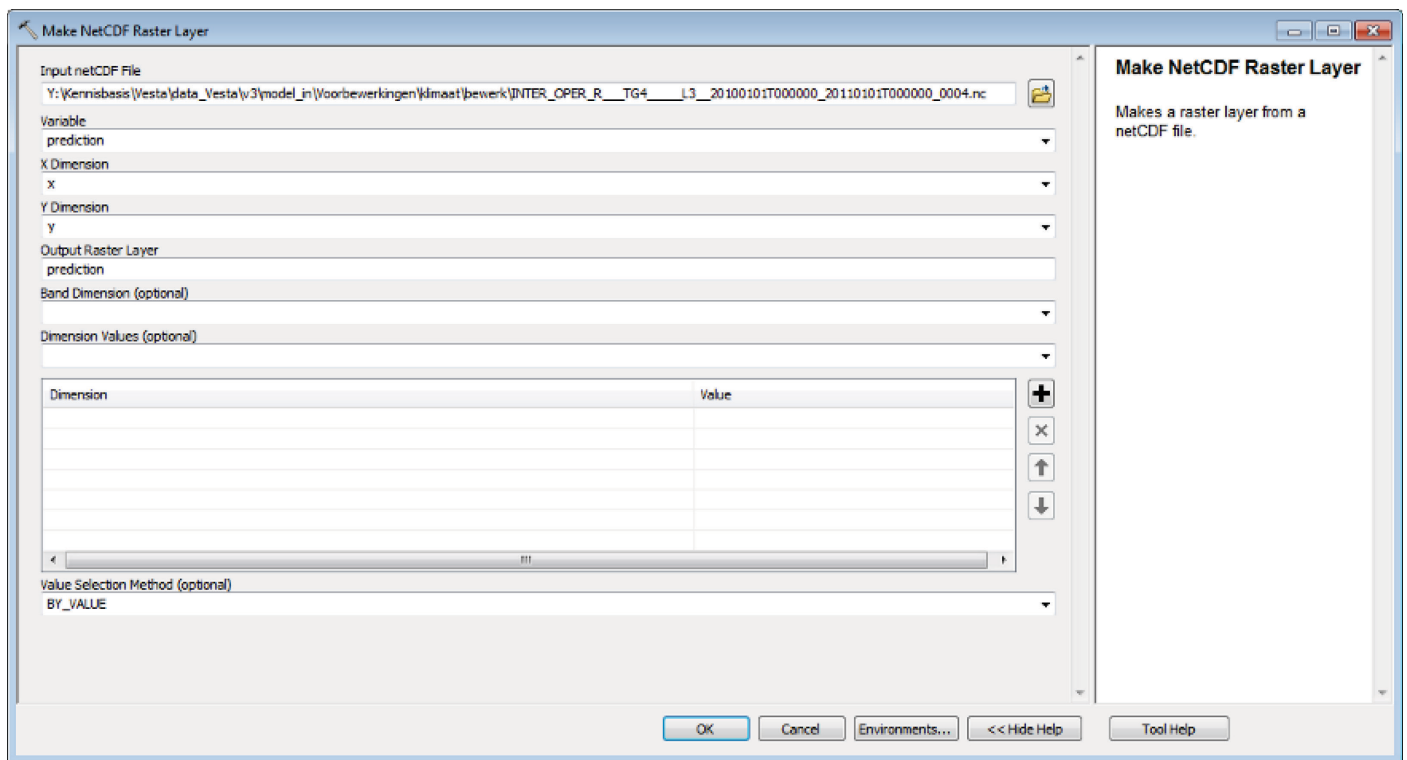
Ad2: <http://nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/e2b68910-c814-4b93-8d82-450bdbf792cb>

Doorverwijzing naar: <https://data.knmi.nl/datasets/Tg4/4.01>

temperatuur - Langjarig gemiddelde 1981-2010 - GemiddeGrid bestanden van gemiddelde jaartemperatuur in Nederland over de periode 1981-2010 (normaalperiode). Gebaseerd op 28 automatische waarnemingstations

De interpolatiemethode is universal kriging met het logaritme van de afstand tot de zee als trend. Het variogrammodel is exponentieel met een nugget van nul. Er wordt een blok grootte van 20 km gebruikt. Door het gebruik van een blok is de interpolatiemethode niet exact: de geïnterpoleerde waarde op een punt kan afwijken van de gemeten waarde. Het aantal observaties dat gebruikt wordt voor interpolatie is 28.

Het netcdf-formaat is geconverteerd binnen ArcGIS 10.3.1 naar intern formaat (Make NetCDF Raster layer)



Figuur 1: Gemiddelde jaartemperatuur over het tijdvak 1981-2010 in graden Celsius (prediction.tif)

Voor de graaddagen wordt gebruik gemaakt van de formule uit het rapport:

Visser, H. (2005), The significance of climate change in the Netherlands. An analysis of historical and future trends (1901-2020), Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency.

<https://www.pbl.nl/en/topics/energy-and-climate-change/publications/the-significance-of-climate-change-in-the-netherlands-an-analysis-of-historical-and-future-trends-1901-2020-in-weather-conditions-weather-extremes-and-temperature-related-impacts>

Definitie graaddagen uit rapport (bladzijde 81):

6.3.1 Heating-degree days

Heating-degree days for year t are defined as the sum of the differences $(18.0\text{ }^{\circ}\text{C} - \text{TG}_{i,t})$, with $\text{TG}_{i,t}$, a day with average temperatures below $18.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the index i running through all the days in year t . Days with average daily temperatures above $18.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ make no contribution. Heating-degree days have an important economic component. The use of fuels for household warming is strongly coupled to this indicator.

Graaddagen-formule uit rapport (bladzijde 108)

page 108 of 155

RIVM report 550002007

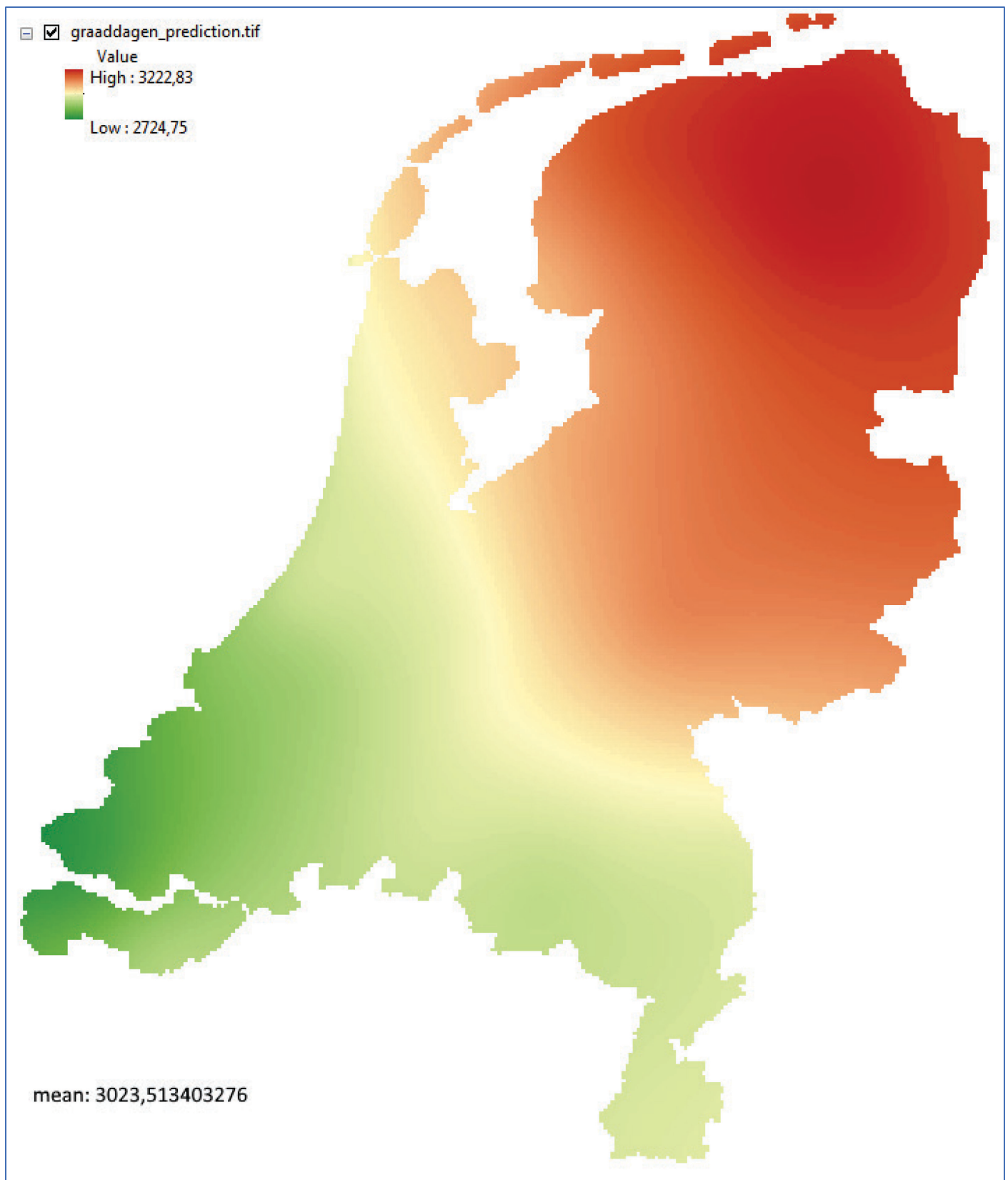
Alternatively, we can calculate **model-based predictions** for heating-degree days by using the regression equation:

$$I_t = 6369 - 337 * T_{De Bilt - GCM, t} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Huidige Graaddagen-kaart = $6369 - (337 * \text{kaart Langjarig gemiddelde } 1981-2010)$

Bewerking naar Vesta-invoer

Om in Vesta de vraag naar ruimteverwarming te corrigeren voor de geografische locatie is gebruik gemaakt van het aantal graaddagen. De correctiefactor wordt berekend door het aantal graaddagen voor een zichtjaar (2020, 2030, 2040, 2050) te delen door het gemiddeld aantal graaddagen in de Bilt (voor 1981-2010). Het aantal graaddagen voor een zichtjaar per locatie (de kaart) wordt bepaald door in de formule van visser de temperatuursverhoging volgens het KNMI2014-scenario op te tellen bij de kaart van gemiddelde jaartemperatuur in Nederland over de periode 1981-2010 (figuur 1).

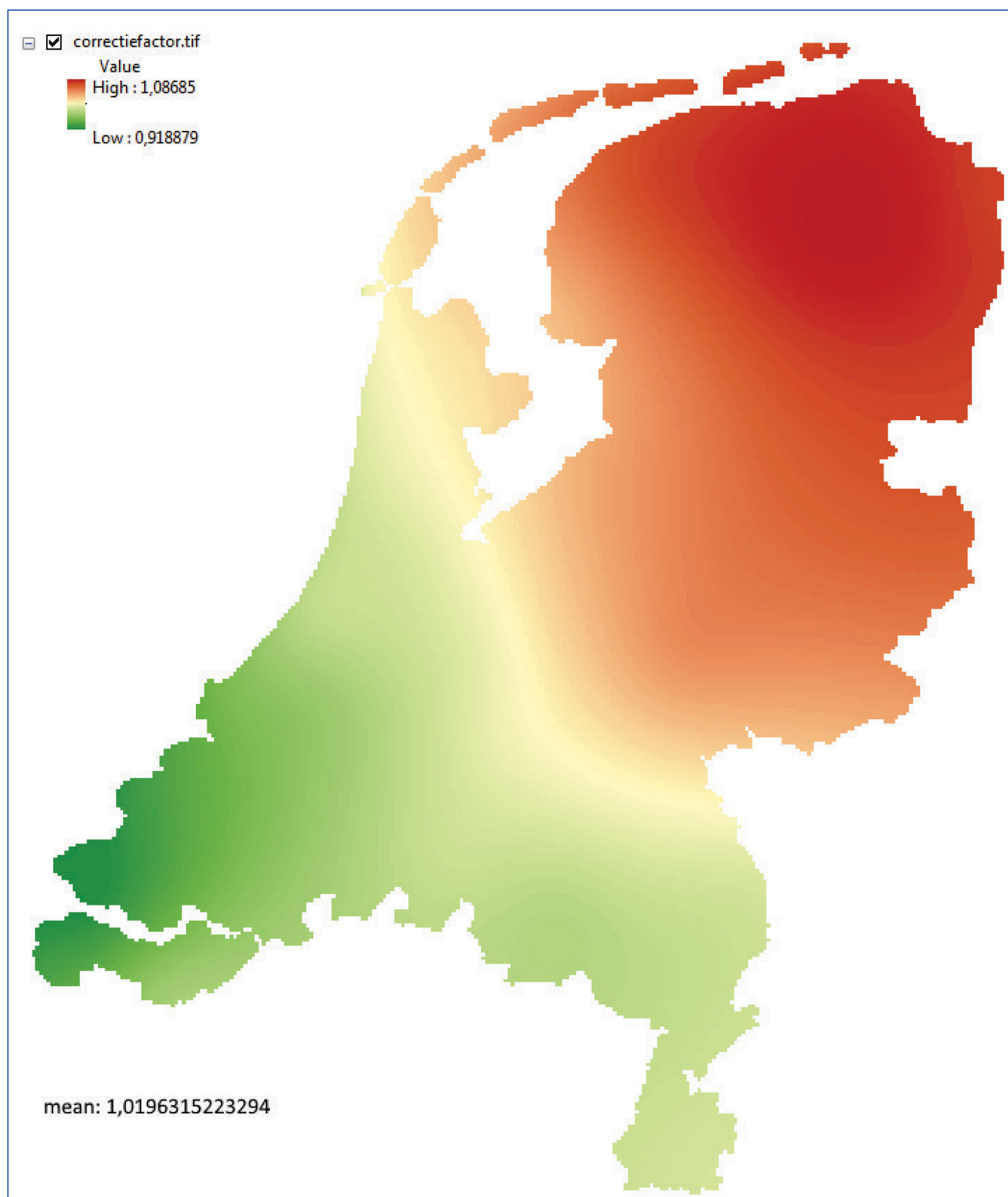


Figuur 2: Graaddagen-kaart op basis van 1981-2010 voor Nederland (KNMI)

$\text{graaddagen_de_bilt} = 2965,3 \rightarrow (6369 - (337 * 10.1))$

Is een kaart met 1 getal (alle 2965,3)

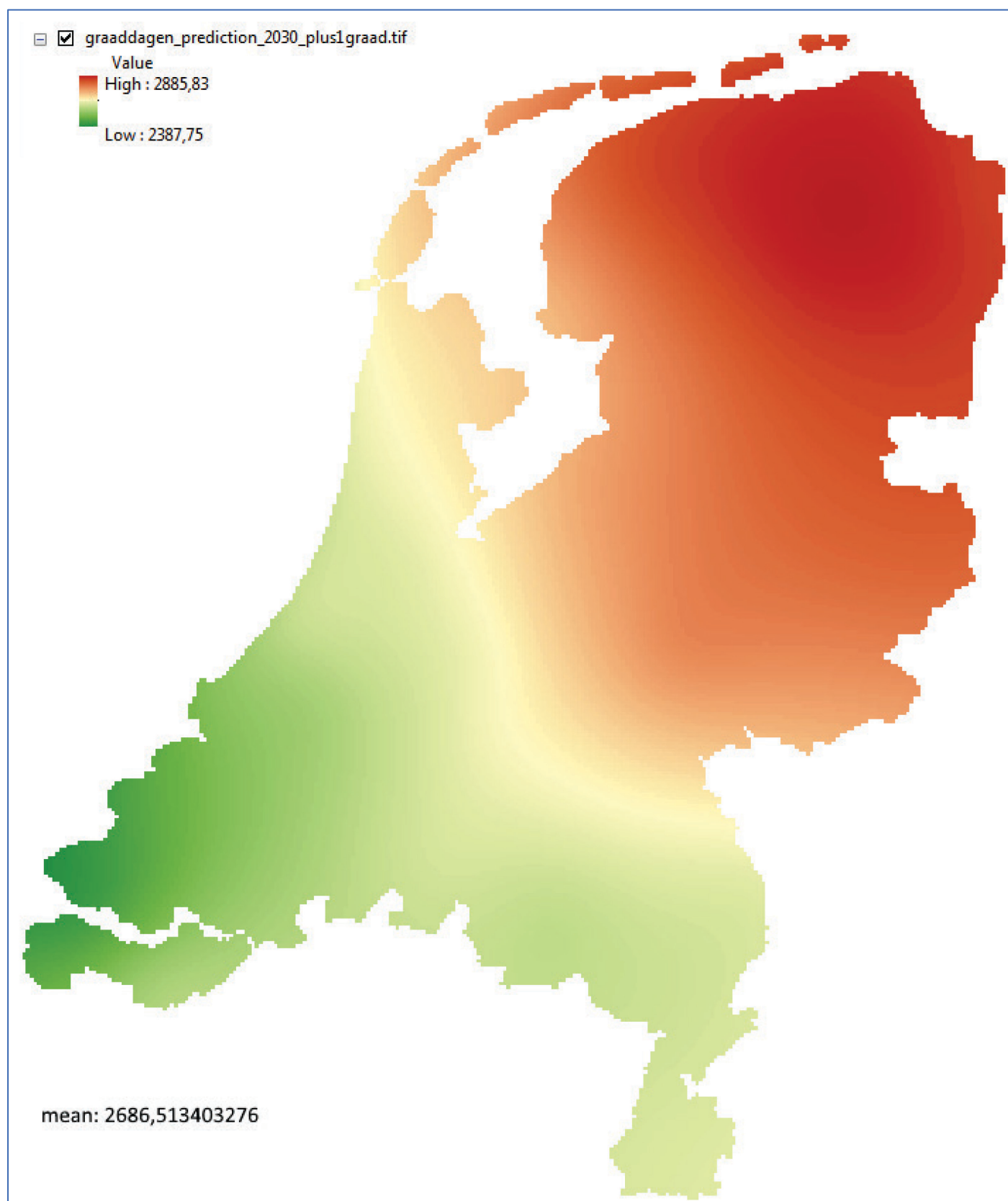
Correctiefactor-kaart = Huidige Graaddagen-kaart / Graaddagen De Bilt



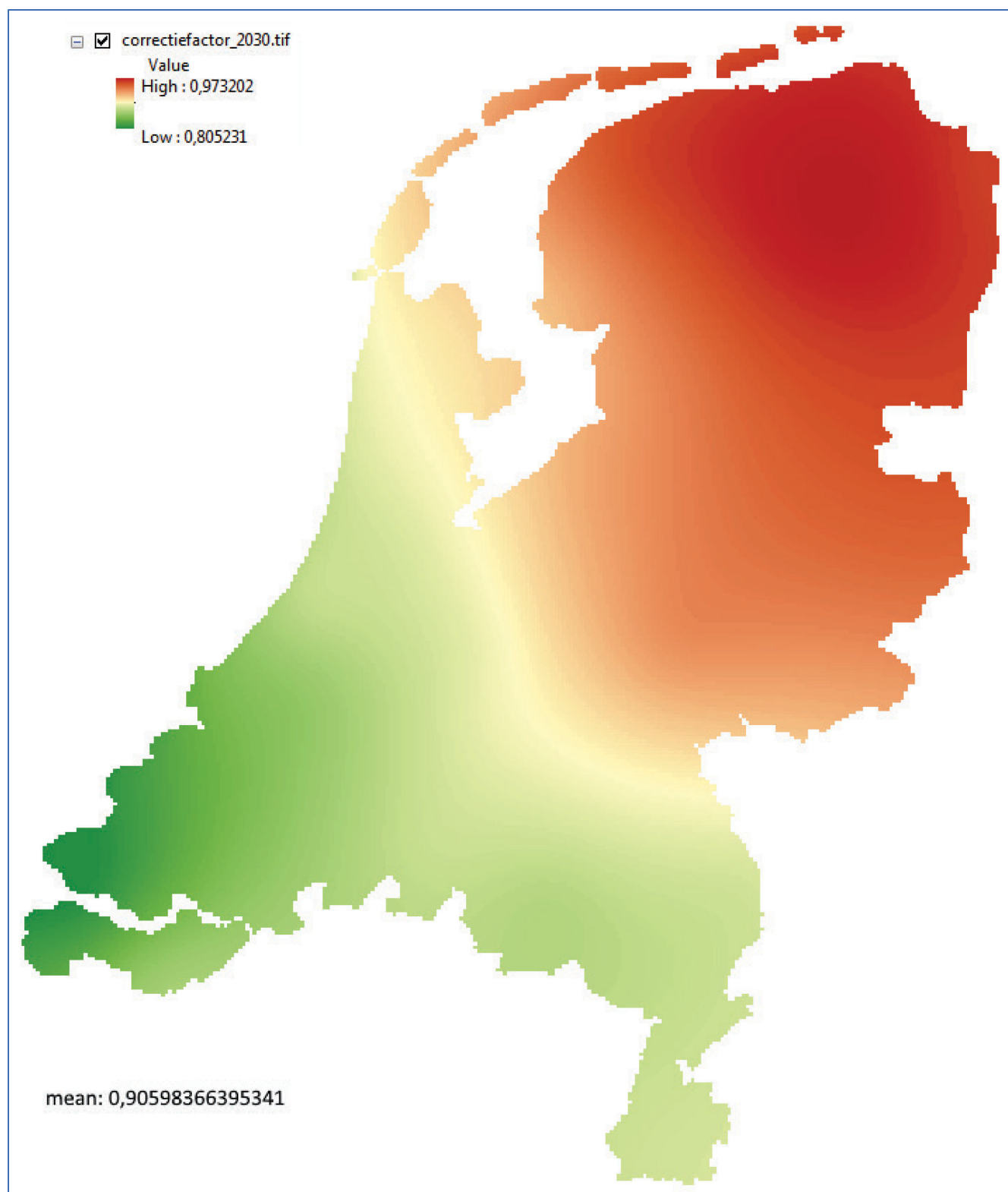
Figuur 3: Huidige correctiefactor-kaart (op basis van 1981-2010)

Berekening correctiefactor 2030

Graaddagen-2030-kaart = $6369 - (337 * (\text{kaart Langjarig gemiddelde } 1981-2010 + 1))$

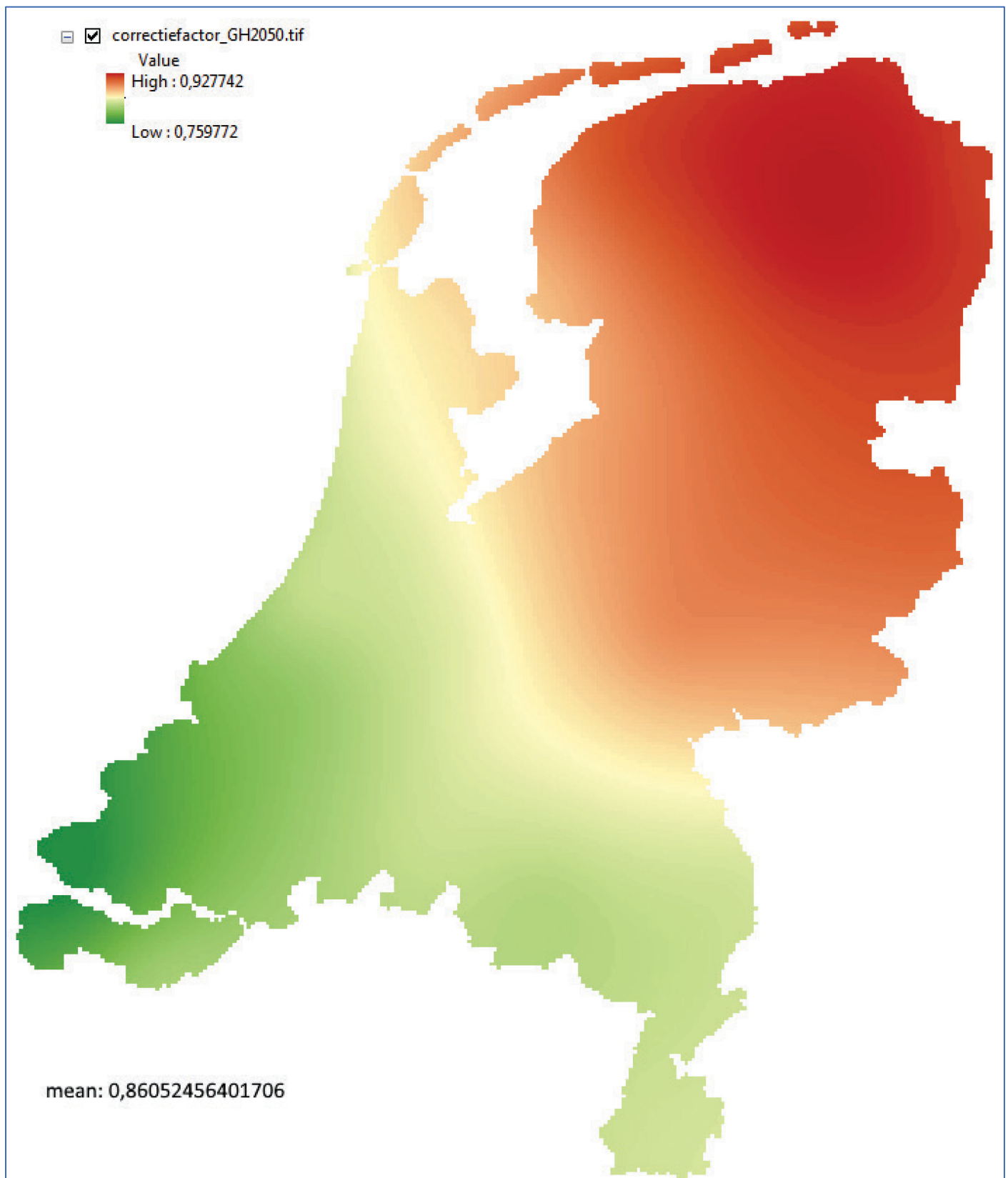


Figuur 4: Graaddagen-kaart 2030



Figuur 5: correctiefactor-kaart 2030

De overige kaarten GL2050, WL2050 en GH2050 zijn op soortgelijke wijze gedaan. De correctiekaart voor GL2050 is wel gelijk aan die voor 2030 omdat beide scenario's uitgaan van 1 graad verhoging



Figuur 6: correctiefactor-kaart GH2050

Voor 2020 en 2040(4 scenario's) dient er een eigen berekening te worden gemaakt aangezien deze jaartallen **niet** in de knmi-scenario's zijn opgenomen. Er is dan lineair geïnterpoleerd. Dan is gedaan (voorbeeld):

Correctiefactor 2020= (correctiefactor2030 + correctiefactor2010) / 2

Overigens is dit het resultaat hetzelfde als je het via de graaddagenmethode had berekend (in dit geval verhoging van de gemiddelde jaartemperatuur met 0,5 graden Celsius).

Voorbeeld voor GH-2040 scenario

Correctiefactor 2040 GH= (correctiefactor2030 + correctiefactor2050 GH) / 2

Verschil oude en nieuwe resultaat

Hierbij (figuur 7) het verschil in de correctiefactor tussen GH2050 en Gplus 2050 (Vesta 3.2.1).

Het grootste deel van NL laat een grotere correctiefactor zien.

Nabewerking bestanden

Om in de tiffs de waarden -3.40282e+38 te verwijderen (missing value voor float 32 in ArcGIS maar niet in de GeoDMS) is een nabewerking gedaan met het commando (in osgeo4w-software):

```
gdalwarp -dstnodata nan org.tif new.tif
```

nan staat voor not a number

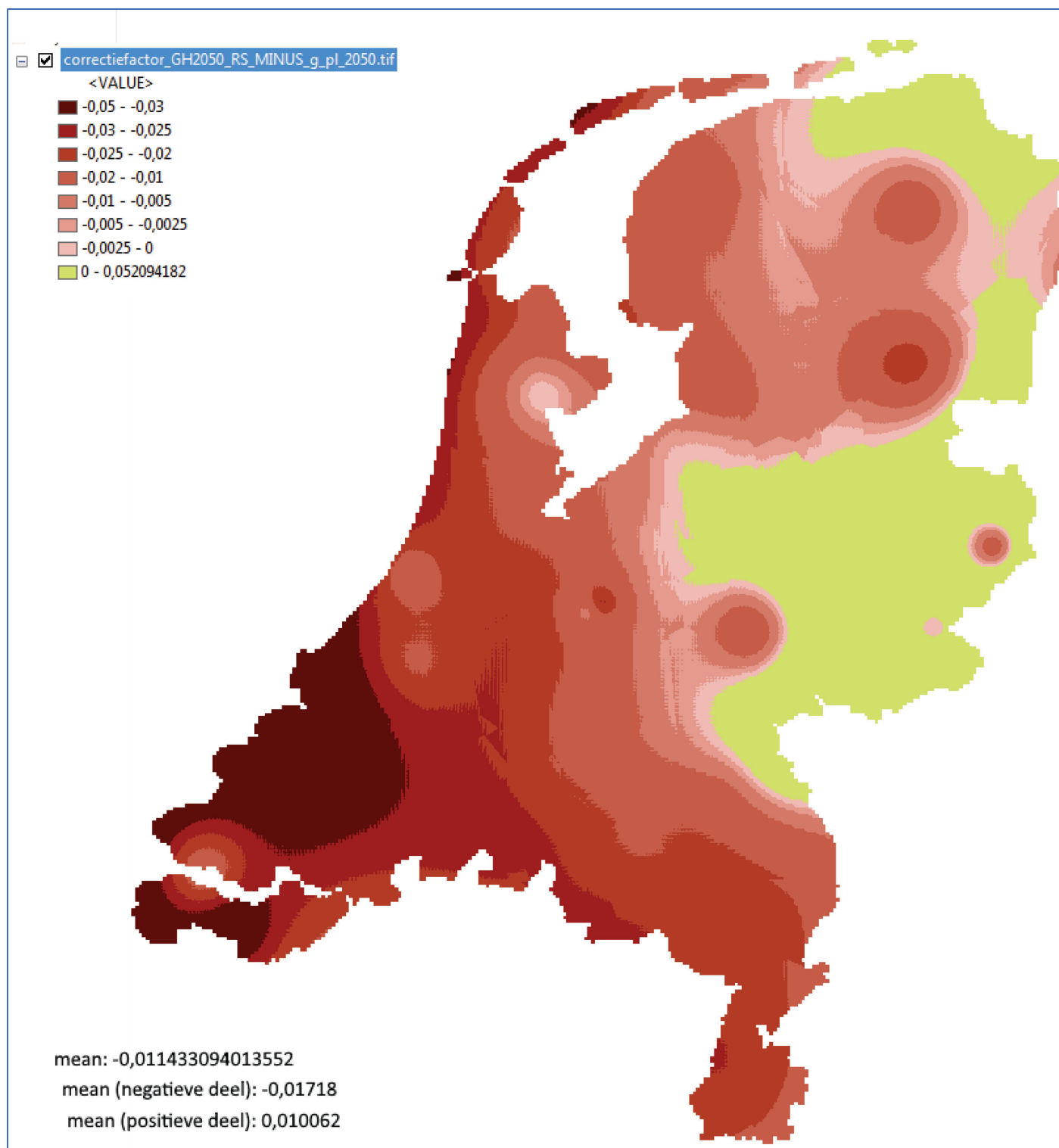
Deze bewerking is dus niet gedaan in ArcGIS (niet bekend hoe dit moet als het al kan)

Opmerkingen

- 1) De kaarten zijn niet geheel dekkend meer met correctiewaarden op het gehele Vesta-extent er komen null-waarden voor. Er is gecheckt of de huidige bebouwing (woon, utiliteit en glas) altijd een toegekende waarde hebben en dat is het geval (er vallen dus geen punten op de correctiekaart met een null-waarde)
- 2) De tiffs hebben als resolutie 1*1 km meter (dit was 100*100mtr in Vesta 3.2.1). Bij het inlezen wordt er in Vesta intern een 100*100mtr grid van gemaakt
- 3) Voor elke scenario zijn er volledige reeksen gemaakt hoewel sommige kaarten inhoudelijk dezelfde waarden hebben. Zie voor schema tabel 2

naam bestand	kopie	opmerkingen
klimaat_1981_2010.tif		Aanzetten bij geen klimaateffect
GL_2010.tif	kopie van klimaat_1981_2010.tif	
GL_2020.tif		
GL_2030.tif		
GL_2040.tif	kopie van GL_2030.tif	Geen wijziging tov 2020
GL_2050.tif	kopie van GL_2030.tif	Geen wijziging tov 2020/2030
/2030GH_2010.tif	kopie van klimaat_1981_2010.tif	
GH_2020.tif	kopie van GL_2020.tif	
GH_2030.tif	kopie van GL_2030.tif	
GH_2040.tif		
GH_2050.tif		
WL_2010.tif	kopie van klimaat_1981_2010.tif	
WL_2020.tif	kopie van GL_2020.tif	
WL_2030.tif	kopie van GL_2030.tif	
WL_2040.tif		
WL_2050.tif		
WH_2010.tif	kopie van klimaat_1981_2010.tif	
WH_2020.tif	kopie van GL_2020.tif	
WH_2030.tif	kopie van GL_2030.tif	
WH_2040.tif		
WH_2050.tif		

Tabel 2: bestandsindelingen klimaat-bestanden



Figuur 7: correctiefactor GH2050 MINUS correctiefactor Gplus2050 (Vesta 3.2.1 obv KNMI06-scen)