

WIELOLETNIA ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY I OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W KARPATACH POLSKICH W OBLICZU GLOBALNYCH ZMIAN WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH

Agnieszka WYPYCH (i współautorzy)

Uniwersytet Jagielloński, Zakład Klimatologii IGiGP

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB, Zakład Meteorologii, Klimatologii i Ochrony Atmosfery



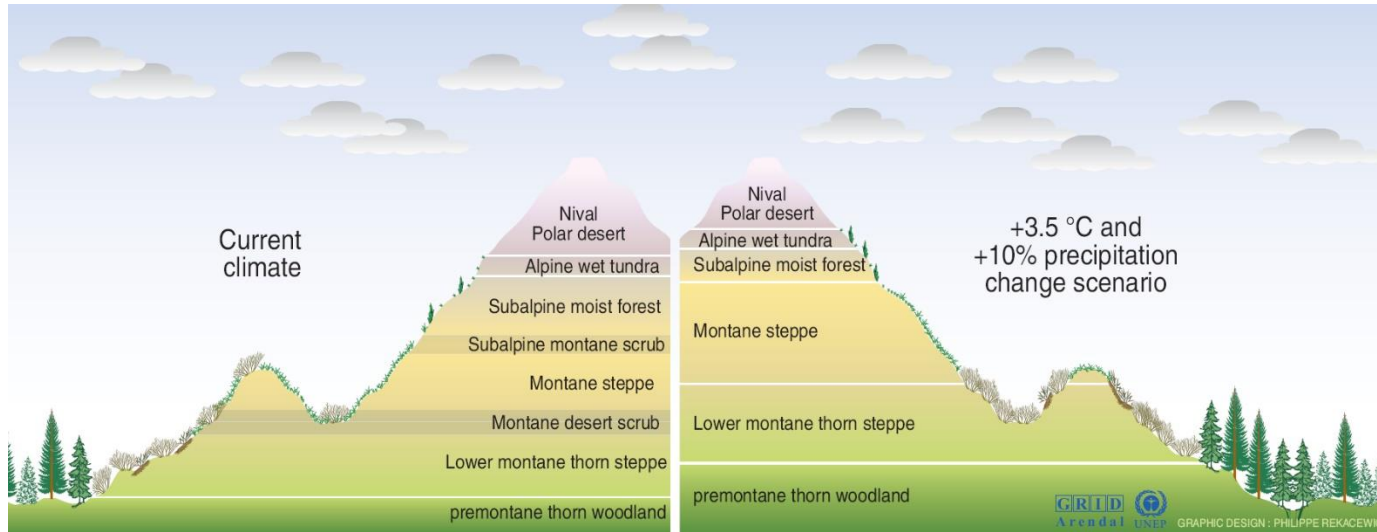
Badania współfinansowane przez Szwajcarię w ramach szwajcarskiego programu współpracy z nowymi krajami członkowskimi Unii Europejskiej

Projekt FORECOM (Forest cover changes in mountainous regions – drivers, trajectories and implications) PSRP 008/2010



Wypych A., Ustrnul Z., Schmatz D.R., 2018, Long-term variability of air temperature and precipitation conditions in the Polish Carpathians. Journal of Mountain Science, 15(2), 237-253.

Zmiany klimatu w obszarach górskich



AR2 1995

<https://www.grida.no/resources/6475>

- Obszary górskie (ekosystemy) są szczególnie wrażliwe na zmiany klimatu → istotne wskaźniki tych zmian
- Wzrost temperatury w obszarach górskich → trzykrotnie szybszy niż intensywność globalnego ocieplenia (Barry 1992; Diaz et al. 2003; Beniston 2003; Beniston 2005; Pepin et al. 2015)
- Trend obecny wyraźny od lat 1980. → zróżnicowanie przestrzenne

CEL

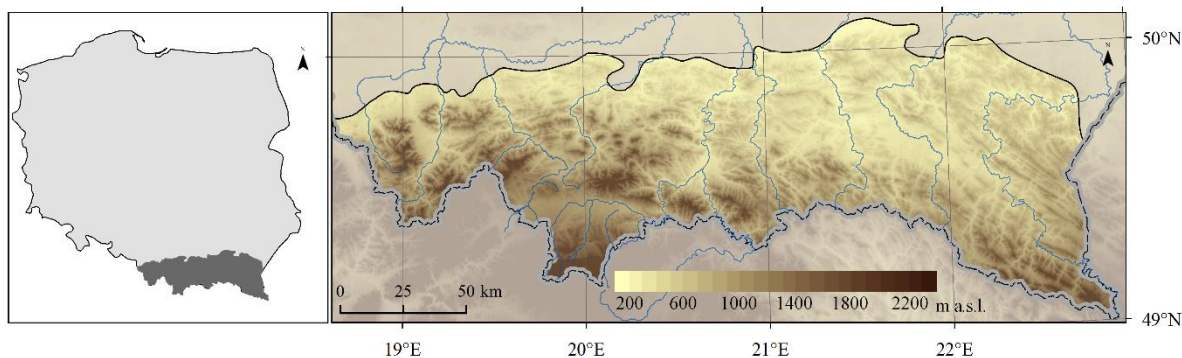
Ocena **zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych** w Karpatach Polskich (Karpaty Zachodnie) w okresie **minionych 160 lat** oraz **ich projekcje na przyszłość** w aspekcie obecnie zmieniających się warunków klimatycznych.

Intensywność zmian

- różnicowanie czasowe
- różnicowanie przestrzenne (horyzontalne i wertykalne)

Karpaty Polskie

DANE & METODY



49,0° - 50,0° N

18,6° - 22,9° E

20000 km²

300 m - ~ 2000 m n.p.m.

Dane klimatyczne

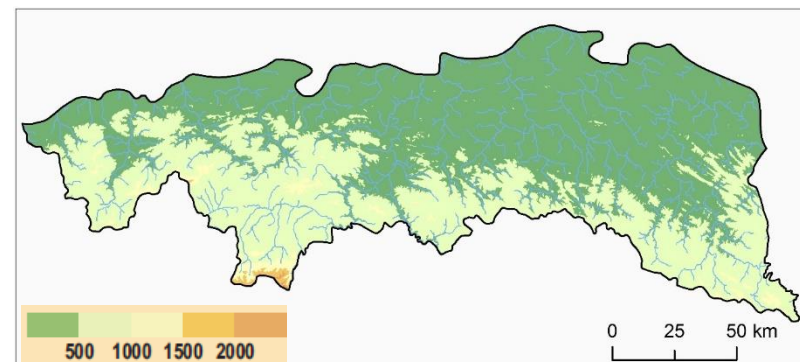
→ Okres historyczny 1851-2010

→ Projekcje klimatu 2021-2100

wysokość m n.p.m.	% powierzchni
≤500	58.93
501-1000	38.33
1001-1500	2.31
1501-2000	0.39
>2000	0.04

○ Temperatura (miesiące / sezony) (°C)

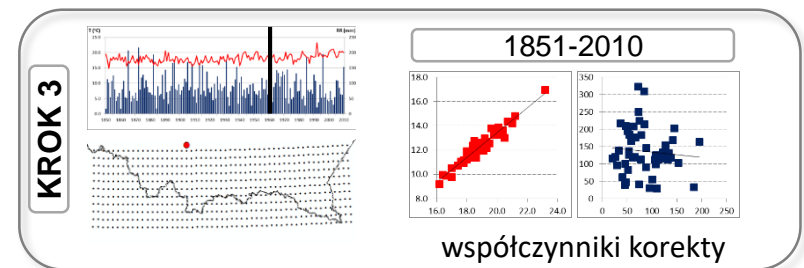
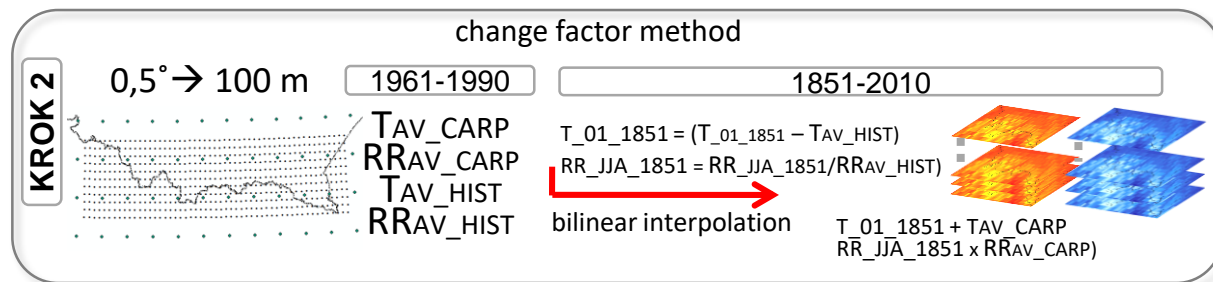
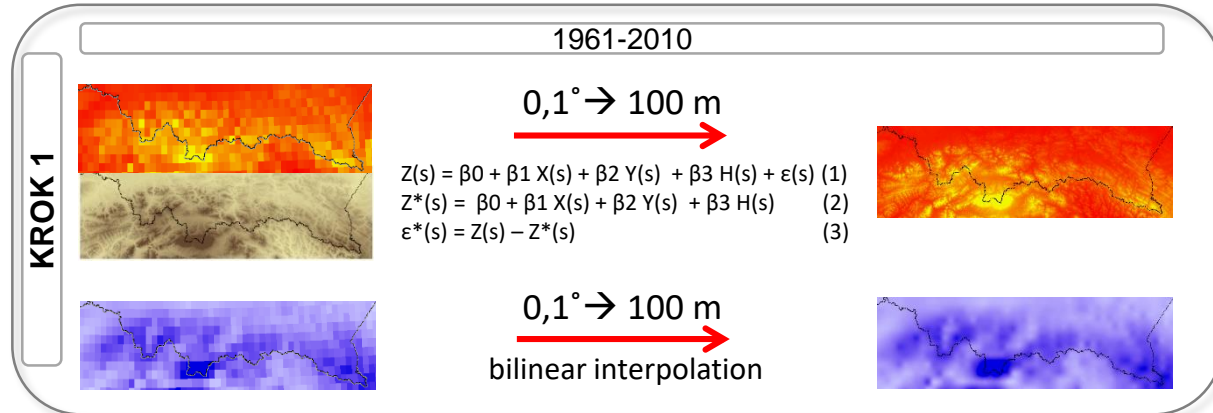
○ Opady (miesiące / sezony) (mm)



DANE & METODY

Okres historyczny: 1851 – 2010

- 1) CARPATCLIM (1961-2010)
rozdzielczość przestrzenna 0,1°
- 2) Historyczne dane gridowe temp: Luterbacher, Xoplaki (1850-1998)
opady: Pauling i in. (1851-1998)
rozdzielczość przestrzenna 0,5°
- 3) Dane pomiarowe Kraków stacja historyczna (1851-2010)

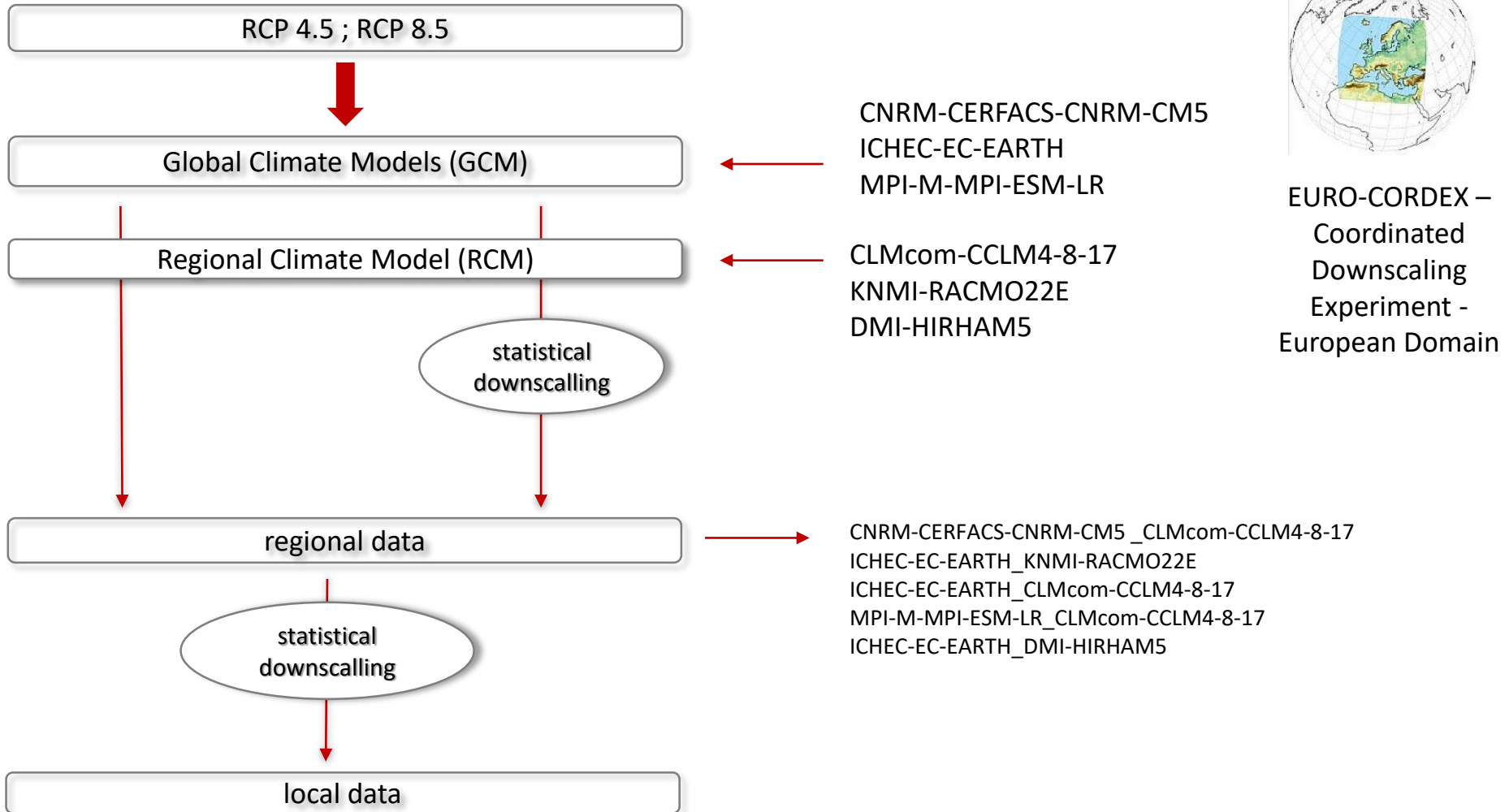


Luterbacher et al. (2004): European seasonal and annual **temperature** variability, trends, and extremes since 1500. *Science*, Vol. 303, Issue 5663, pp. 1499-1503

Pauling et al. (2006): Five hundred years of gridded high-resolution **precipitation** reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Climate Dynamics* Vol. 26, No. 4, pp. 387-405,

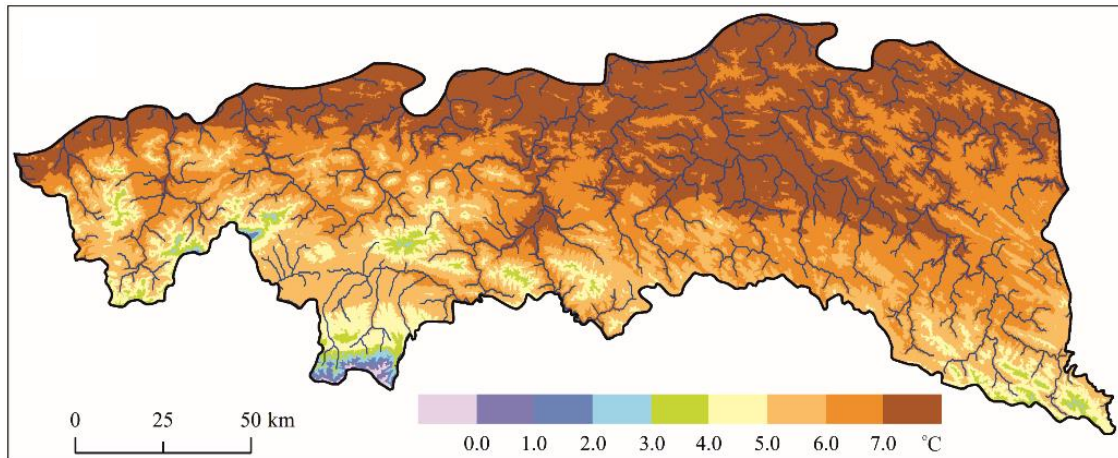
DANE & METODY

Projekcje klimatu: 2021 – 2100

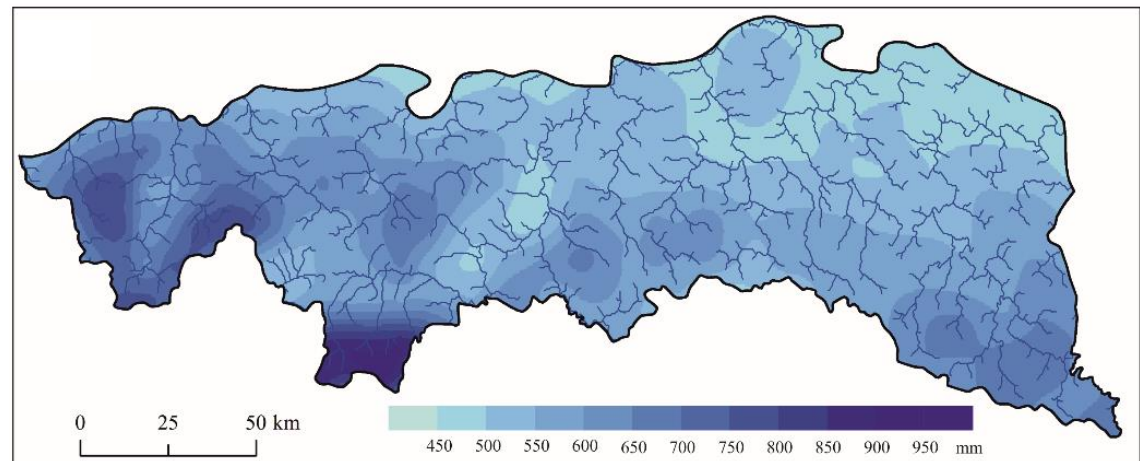


Klimat Karpat Polskich ...

WYNIKI



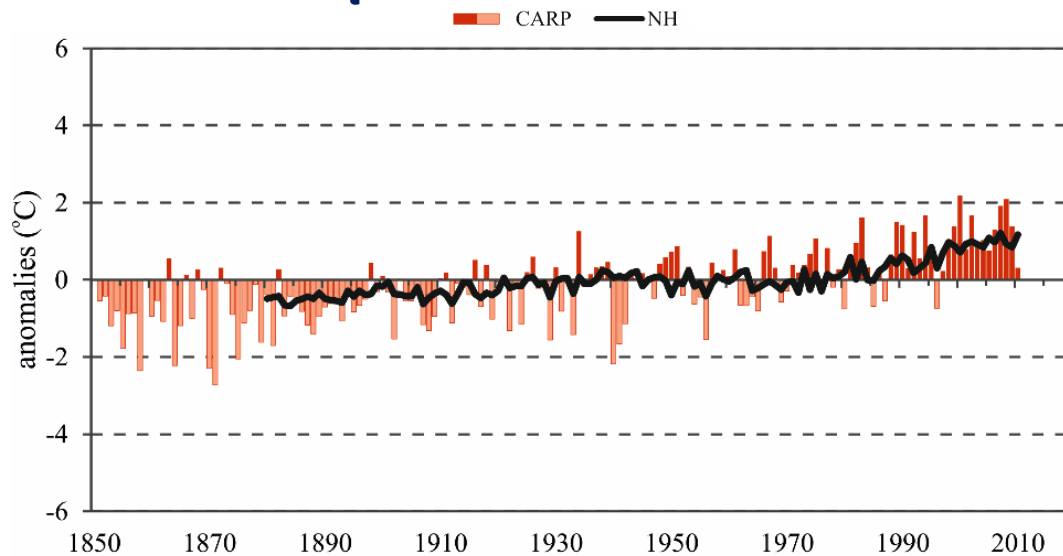
Średnia roczna temperatura powietrza (1851-2010)



Średnie sezonowe sumy opadów atmosferycznych
(maj – październik) (1851-2010)

... zmienia się

WYNIKI

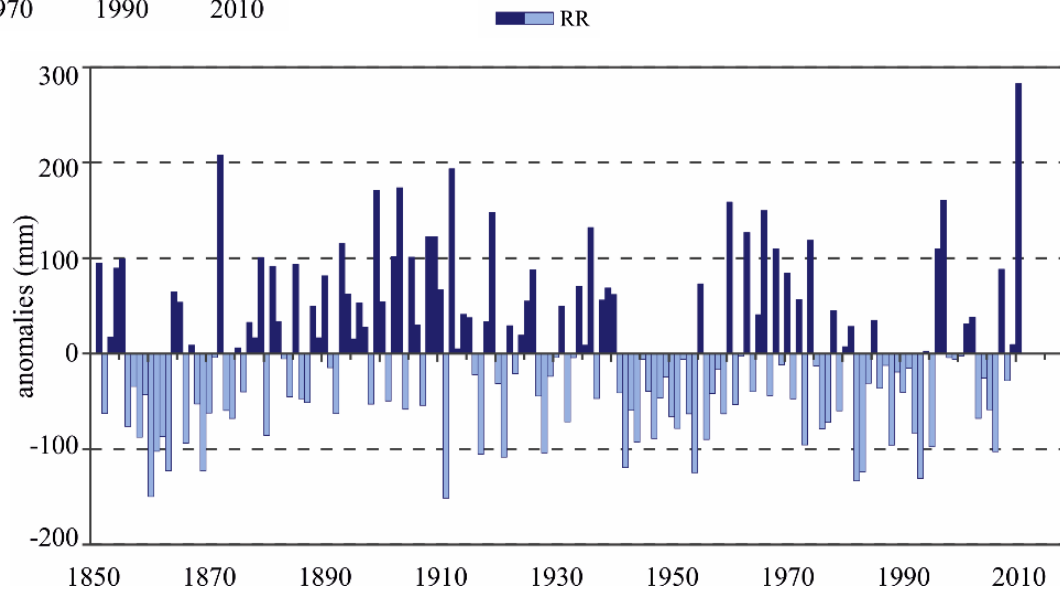


Zmienność rocznej temperatury powietrza (CARP)
vs. zmienność temperatury na półkuli północnej (NH)
(1851–2010)

anomalie średniej obszarowej (1901–2000)

Zmienność sezonowych sum opadów atmosferycznych
(maj – październik)
(1851–2010)

anomalie średniej obszarowej (1901–2000)



... zmienia się

Temperatura powietrza

ROK	KARPATY
	2001
2002	
2003	
2004	
2005	
2006	
2007	
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	
2019	
2020	

kwantyle (%)	charakter termiczny miesiąca	kwantyle (%)	charakter termiczny miesiąca
> 0,95	ekstremalnie ciepły	0,30-0,40	lekko chłodny
0,90-0,95	anomalnie ciepły	0,20-0,30	chłodny
0,80-0,90	bardzo ciepły	0,10-0,20	bardzo chłodny
0,70-0,80	ciepły	0,05-0,10	anomalnie chłodny
0,60-0,70	lekko ciepły	< 0,05	ekstremalnie chłodny
0,40-0,60	normalny		

Opady atmosferyczne

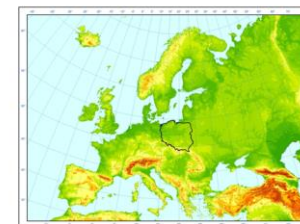
ROK	KRAKÓW	BIELSKO	ZAKOPANE
2001			
2002			
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008			
2009			
2010			
2011			
2012			
2013			
2014			
2015			
2016			
2017			
2018			
2019			
2020			

SKALA	KLASYFIKACJI OPADOWEJ	%
1	skrajnie sucho	< 50
2	bardzo sucho	50-74
3	sucho	75-89
4	norma	90-110
5	wilgotno	111-125
6	bardzo wilgotno	126-150
7	skrajnie wilgotno	> 150

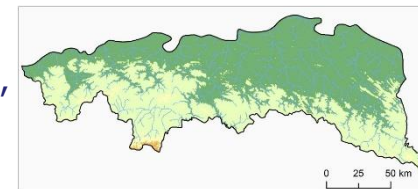
INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
INSTITUTE OF METEOROLOGY AND WATER MANAGEMENT – NATIONAL RESEARCH INSTITUTE



BIULETYN MONITORINGU KLIMATU POLSKI
ROK 2020
CLIMATE MONITORING BULLETIN OF POLAND
YEAR 2020



Średnie obszarowe wartości **temperatury powietrza** w wybranych okresach 40-letnich (1851–2010), anomalie temperatury (1961–1990) oraz tendencje zmian w wyznaczonych piętrach wysokościowych

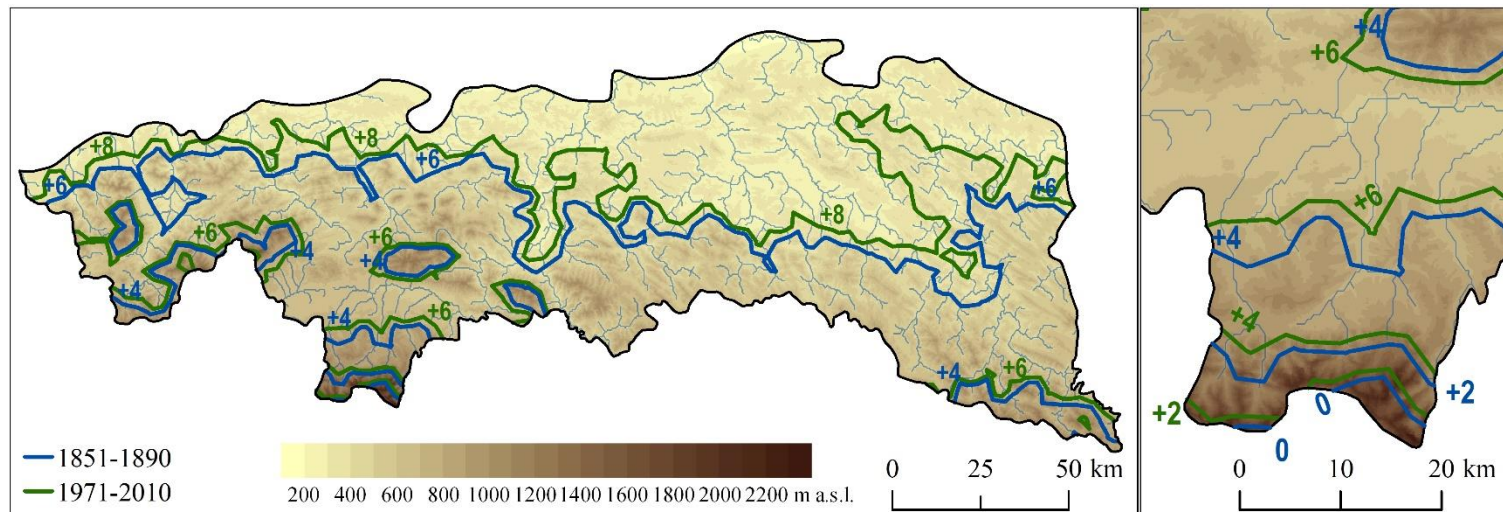


wysokość m n.p.m.	zima				lato				rok			
	1851- 1890	1891- 1930	1931- 1970	1971- 2010	1851- 1890	1891- 1930	1931- 1970	1971- 2010	1851- 1890	1891- 1930	1931- 1970	1971- 2010
	Temperatura powietrza (°C)											
≤500	-3.9	-2.9	-3.1	-1.5	16.1	15.9	16.5	17.1	6.4	6.8	7.1	8.0
501-1000	-4.9	-4.0	-4.2	-2.7	14.3	14.1	14.7	15.3	4.9	5.3	5.6	6.4
1001-1500	-6.3	-5.5	-5.7	-4.5	11.7	11.5	12.2	12.8	2.7	3.1	3.5	4.2
1501-2000	-8.1	-7.5	-7.6	-6.7	8.5	8.3	9.0	9.6	0.1	0.4	0.7	1.5
>2000	-9.3	-8.8	-8.9	-8.1	6.5	6.3	7.0	7.6	-1.6	-1.4	-1.0	-0.3
	Anomalie temperatury (°C)											
≤500	-1.6	-0.6	-0.9	0.7	-0.3	-0.5	0.2	0.7	-1.2	-0.7	-0.4	0.5
501-1000	-1.6	-0.6	-0.9	0.6	-0.4	-0.6	0.0	0.6	-1.1	-0.7	-0.4	0.5
1001-1500	-1.7	-0.9	-1.1	0.1	-1.1	-1.3	-0.6	0.0	-1.1	-0.7	-0.3	0.4
1501-2000	-0.9	-0.3	-0.4	0.5	-0.4	-0.6	0.1	0.7	-1.0	-0.6	-0.3	0.4
>2000	-1.5	-1.0	-1.1	0.3	-1.6	-1.8	-1.1	0.5	-0.9	-0.7	-0.3	0.4
	Tendencja zmian (°C /10 lat)											
≤500	0.001	0.030	0.075	0.159	-0.074	-0.040	-0.038	0.489	0.013	0.092	0.083	0.297
501-1000	0.003	0.026	0.067	0.144	-0.077	-0.042	-0.039	0.504	0.012	0.083	0.080	0.299
1001-1500	0.006	0.021	0.056	0.123	-0.081	-0.044	-0.039	0.526	0.010	0.071	0.076	0.301
1501-2000	0.010	0.014	0.042	0.096	-0.086	-0.046	-0.040	0.553	0.009	0.055	0.072	0.305
>2000	0.012	0.010	0.033	0.079	-0.089	-0.048	-0.041	0.570	0.008	0.045	0.069	0.307

wartości istotne statystycznie – „**bold**”

... zmienia się

WYNIKI



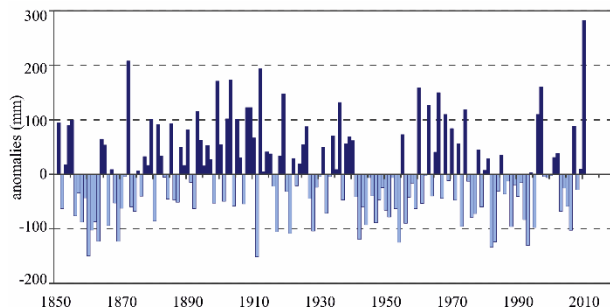
Położenie wybranych izoterm (m n.p.m.)

piętro klimatyczne	temperatura średnia (rok)
umiarkowanie ciepłe	6 – 8°C
umiarkowanie chłodne	4 – 6°C
chłodne	2 – 4°C
bardzo chłodne	0 – 2°C
umiarkowanie zimne	-2 – 0°C

temperatura (°C)	1851-1890	1891-1930	1931-1970	1971-2010
0.0	1672	1733	1830	-
2.0	1278	1384	1452	1704
4.0	844	904	974	1150
6.0	417	514	579	748
8.0	-	-	-	344
10.0	-	-	-	-

Hess, 1965

WYNIKI

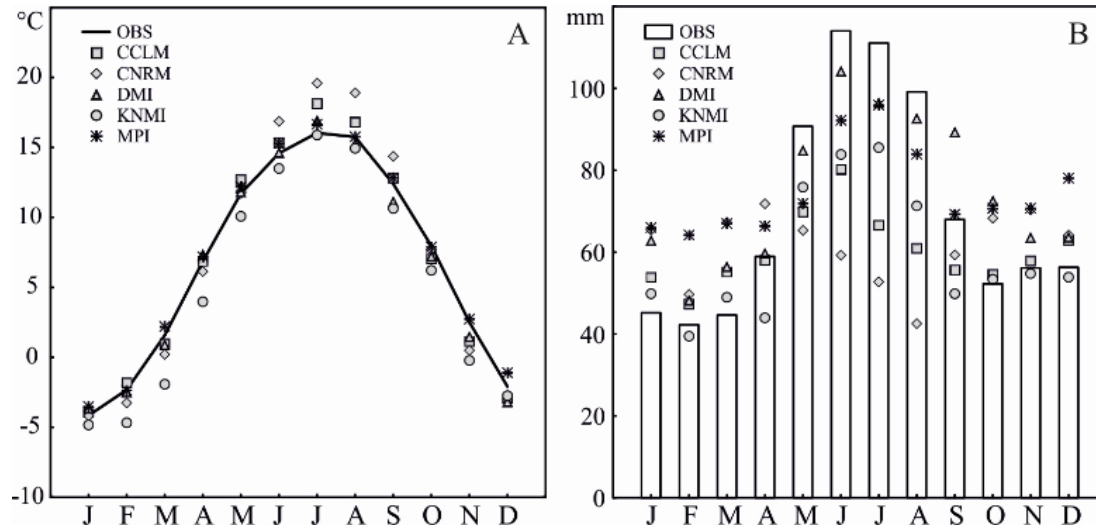


Średnie obszarowe sezonowe (maj – październik) sumy **opadów atmosferycznych** w wybranych okresach 40-letnich (1851–2010) oraz anomalie opadów (1961–1990) w wyznaczonych piętrach wysokościowych

wysokość m n.p.m.	1851-1890	1891-1930	1931-1970	1971-2010
	suma opadów (mm)			
≤500	529.5	561.0	534.2	526.5
501-1000	619.3	653.7	624.6	616.3
1001-1500	736.0	777.0	742.8	732.5
1501-2000	858.5	905.6	866.3	854.0
>2000	844.7	890.8	851.9	840.0
	anomalie (%)			
≤500	1.8	7.9	2.7	1.2
501-1000	1.3	7.0	2.2	0.9
1001-1500	0.2	5.8	1.1	-0.3
1501-2000	0.8	6.3	1.7	0.2
>2000	-0.4	5.1	0.5	-0.9

... będzie się zmieniał

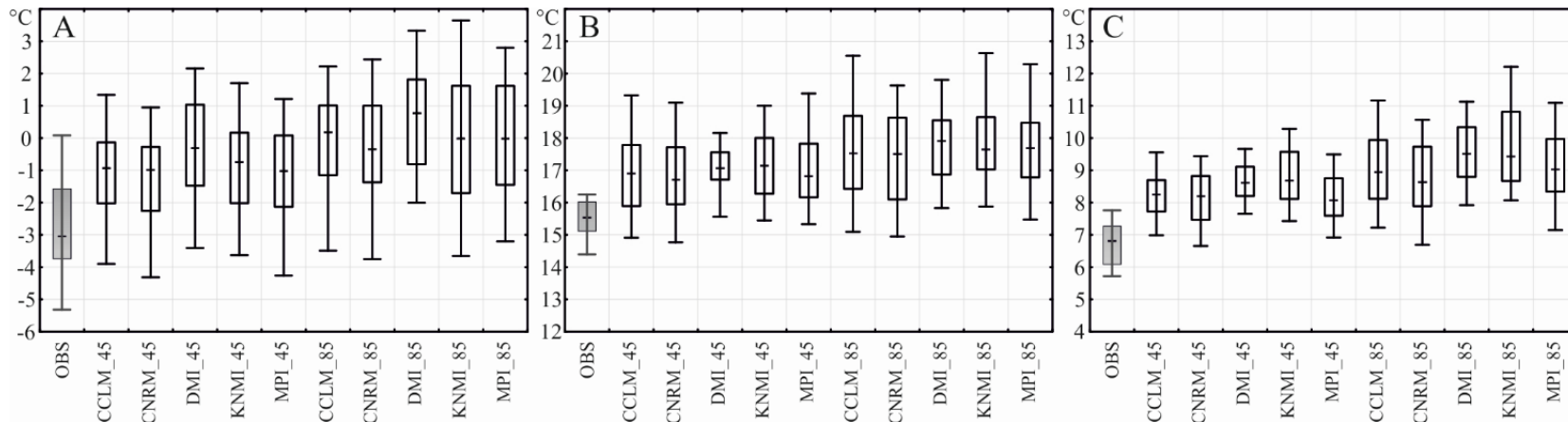
WYNIKI



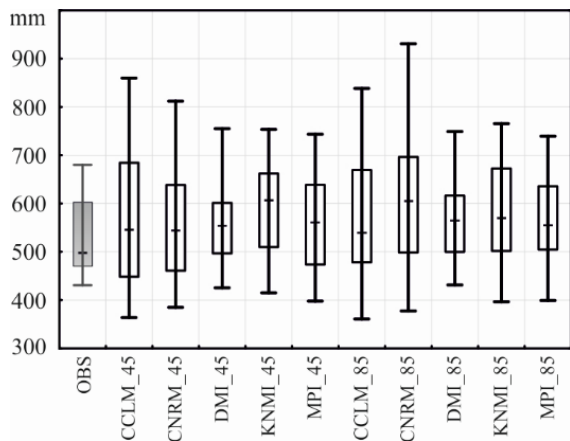
Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza (A) oraz sumy opadów atmosferycznych (B) wg bazy CARPATCLIM (OBS) oraz wybranych symulacji GCM-RCM 1961-1990 (średnie obszarowe)

... będzie się zmieniał

WYNIKI

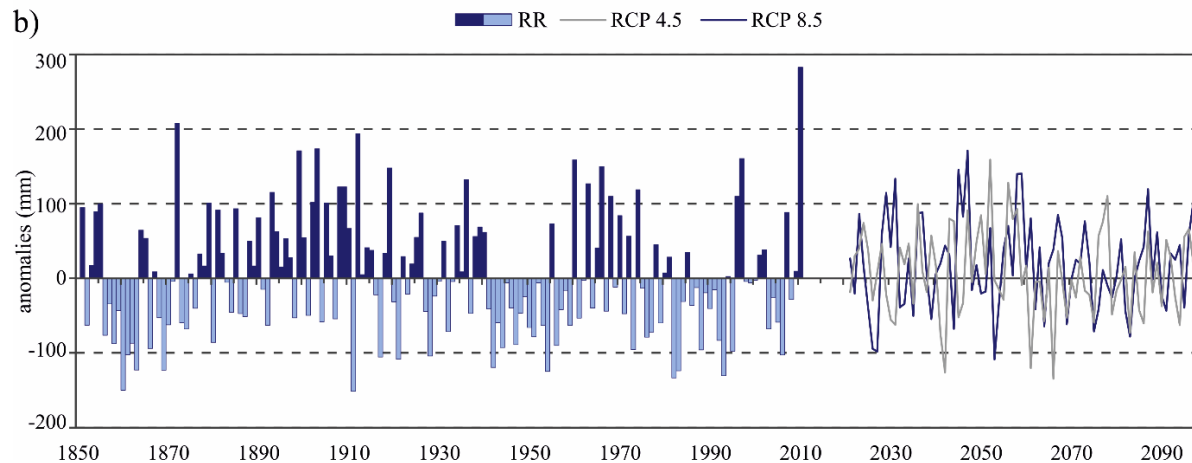
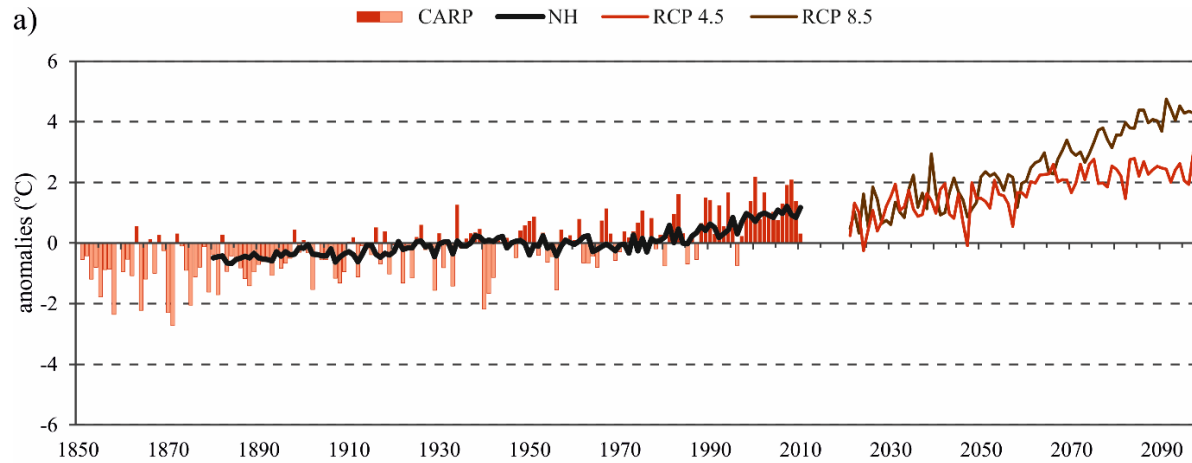


Projekcje **temperatury powietrza** (wg wybranych symulacji GCM-RCM) dla wybranych scenariuszy zmian 2021–2100 RCP 4.5 (_45) oraz RCP 8.5 (_85) vs. wartości z bazy CARPATCLIM (OBS) 1961–1990
 średnie obszarowe: A) zima, B) lato, C) rok



Projekcje sezonowych sum (maj – październik) **opadów atmosferycznych** (wg wybranych symulacji GCM-RCM) dla wybranych scenariuszy zmian 2021–2100 RCP 4.5 (_45) oraz RCP 8.5 (_85) vs. wartości z bazy CARPATCLIM (OBS) 1961–1990
 średnie obszarowe

Pudełko prezentuje wartości pierwszego i trzeciego kwartyla oraz medianę, wąsy wartości percentyli: 5 i 95

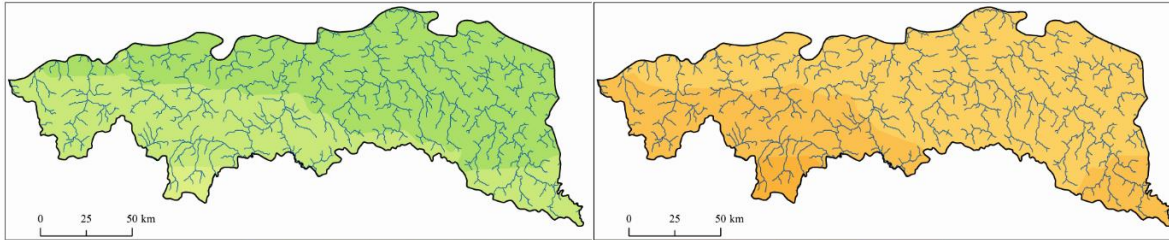


Zmienność wieloletnia oraz projekcje (RCP 4.5, RCP 8.5 – scenariusze wiązkowe)
a) temperatury powietrza (CARP) vs. zmienność temperatury na półkuli północnej (NH)
b) sezonowych (maj – październik) sum opadów atmosferycznych
(1851–2100)
anomalie średniej obszarowej (1901–2000)

2021-2060

2061-2100

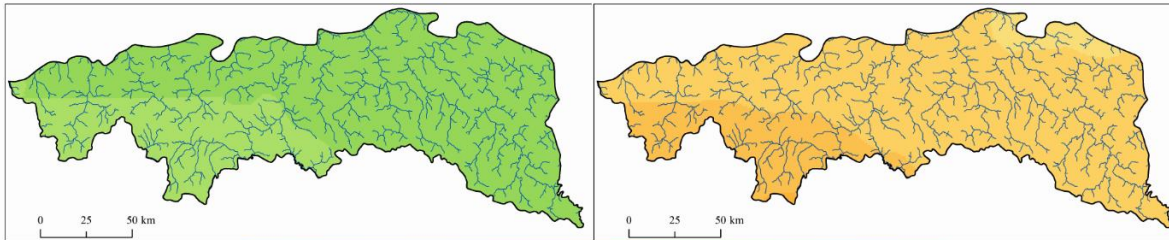
RCP 4.5



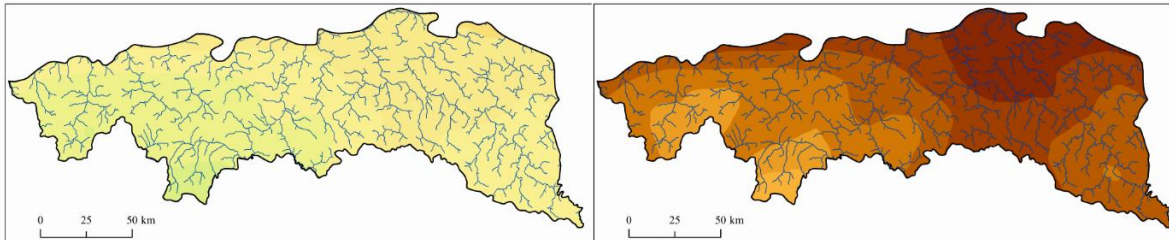
Sezonowe anomalie (vs. 1961–1990) projekcji temperatury powietrza 2021–2060 oraz 2061–2100 (scenariusze wiążkowe)

LATO

RCP 8.5

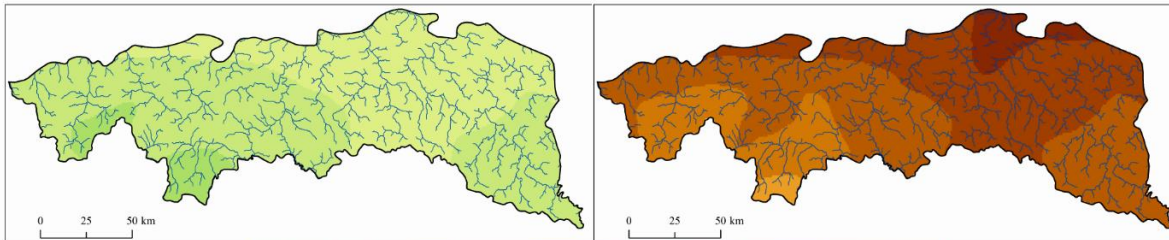


RCP 4.5

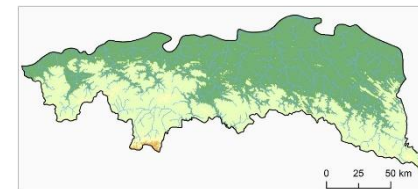


ZIMA

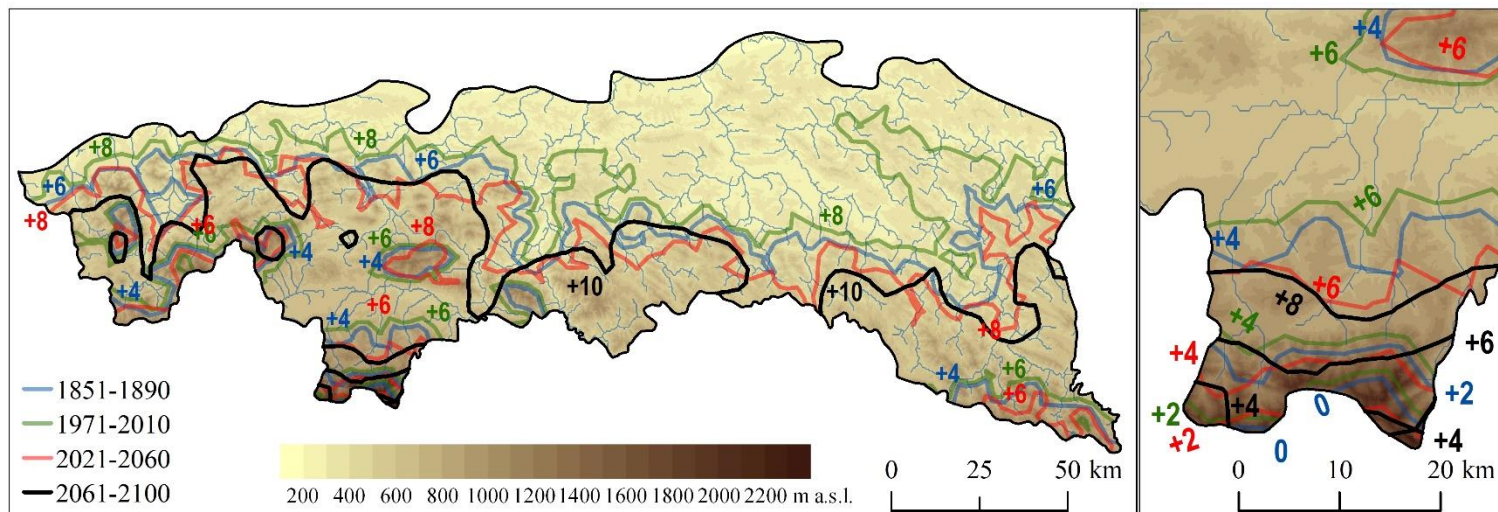
RCP 8.5



Średnie obszarowe wartości **projekcji temperatury powietrza** 2021–2060 oraz 2061–2100 (wg RCP 4.5 i RCP 8.5) oraz ich anomalie (vs. 1961–1990) w wyznaczonych piętrach wysokościowych



wysokość m n.p.m.	2021-2060						2061-2100					
	zima		lato		rok		zima		lato		rok	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
	Temperatura powietrza (°C)											
≤500	-0.8	-0.4	17.4	17.7	8.3	8.7	0.0	1.8	18.1	19.2	9.5	10.8
501-1000	-2.0	-1.7	15.7	16.0	6.8	7.1	-1.2	0.5	16.5	17.7	8.1	9.4
1001-1500	-3.8	-3.5	13.2	13.5	4.7	5.0	-2.5	-0.9	14.7	15.9	6.4	7.8
1501-2000	-6.0	-5.8	10.1	10.3	2.0	2.3	-5.0	-3.4	11.4	12.6	3.4	4.7
>2000	-7.3	-7.1	8.1	8.4	0.4	0.7	-5.3	-3.7	10.9	12.1	3.0	4.3
	Anomalie temperatury (°C)											
≤500	1.5	1.8	1.1	1.4	0.8	1.2	2.3	4.0	1.8	2.9	2.0	3.3
501-1000	1.4	1.7	1.1	1.4	0.8	1.1	2.2	3.8	1.8	3.0	2.1	3.4
1001-1500	1.3	1.6	1.2	1.4	0.9	1.2	2.1	3.7	1.9	3.1	2.6	4.0
1501-2000	1.3	1.5	1.2	1.5	1.0	1.3	2.0	3.6	2.0	3.2	2.4	3.7
>2000	1.3	1.5	1.2	1.5	1.1	1.4	2.0	3.6	2.0	3.2	3.7	5.0

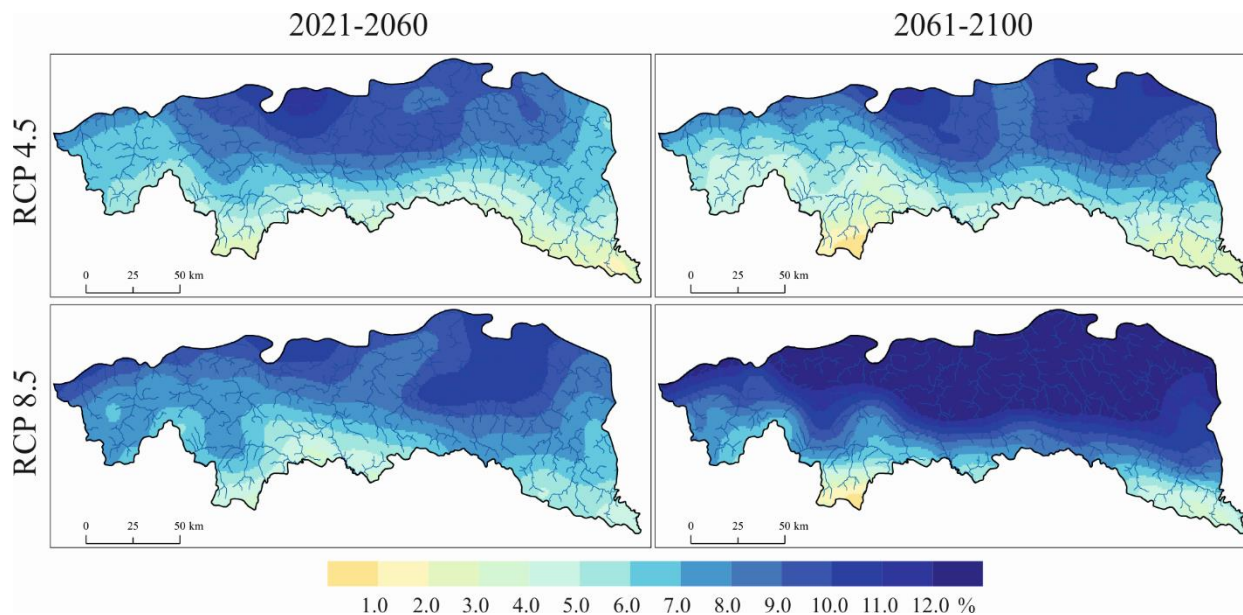


Położenie wybranych izoterm (m n.p.m.)

piętro klimatyczne	temperatura średnia (rok)
umiarkowanie ciepłe	6 - 8°C
umiarkowanie chłodne	4 - 6°C
chłodne	2 - 4°C
bardzo chłodne	0 - 2°C
umiarkowanie zimne	-2 - 0°C

Hess, 1965

Temperatura (°C)	Położenie wybranych izoterm (m n.p.m.)			
	2021-2060 (RCP 4.5)	2021-2060 (RCP 8.5)	2061-2100 (RCP 4.5)	2061-2100 (RCP 8.5)
0.0	-	-	-	-
2.0	1735	1748	-	-
4.0	1314	1317	1519	1565
6.0	851	912	989	1302
8.0	416	480	655	907
10.0	-	-	258	532



Sezonowe (maj – październik) anomalie (vs. 1961–1990) projekcji opadów atmosferycznych 2021–2060 oraz 2061–2100 (scenariusze wiążkowe)

wysokość m n.p.m.	2021-2060 (RCP 4.5)	2021-2060 (RCP 8.5)	2061-2100 (RCP 4.5)	2061-2100 (RCP 8.5)
suma opadów (mm)				
≤500	562.3	565.6	564.4	586.4
501-1000	643.3	648.9	641.4	659.6
1001-1500	758.3	767.9	755.1	769.0
1501-2000	864.9	877.8	860.2	865.8
>2000	841.6	854.2	853.1	856.5
anomalie (%)				
≤500	8.3	8.9	8.7	12.9
501-1000	5.6	6.5	5.0	8.1
1001-1500	4.2	5.4	2.9	4.9
1501-2000	2.6	4.2	0.9	1.5
>2000	2.1	3.7	0.3	0.6

Średnie obszarowe wartości projekcji sezonowych (maj – październik) sum **opadów atmosferycznych** 2021–2060 oraz 2061–2100 (wg RCP 4.5 i RCP 8.5) oraz ich anomalie (vs. 1961–1990) w wyznaczonych piętrach wysokościowych

Podsumowanie

- Opady atmosferyczne – brak wyraźnych i istotnych statystycznie zmian
- Temperatura powietrza
 - ✓ Istotne ocieplenie obszaru → wyraźne w ostatnich dekadach (po 1970 r.) i prognozowane w przyszłości
 - ✓ Trend zróżnicowany czasowo → latem o niewielkiej intensywności, zimą znaczący na całym obszarze
 - ✓ Trend zróżnicowany przestrzennie → zmiany wyraźne na Pogórzu, wzrost intensywności wraz z wysokością n.p.m.
 - ✓ Piętra termiczne → prognozowane przesunięcie średnio o 350 m (do 2100 r.)

Wnioski

- Przesunięcie pięter klimatycznych → zmiana struktury elementów środowiska zależnych od temperatury
- Brak tendencji zmian opadów atmosferycznych + wzrost temperatury powietrza → wzrost intensywności parowania → zmiany w cyklu hydrologicznym

