



Scenariusze zmian klimatu Polski

Scenariusze zmian minimalnej dobowej temperatury powietrza

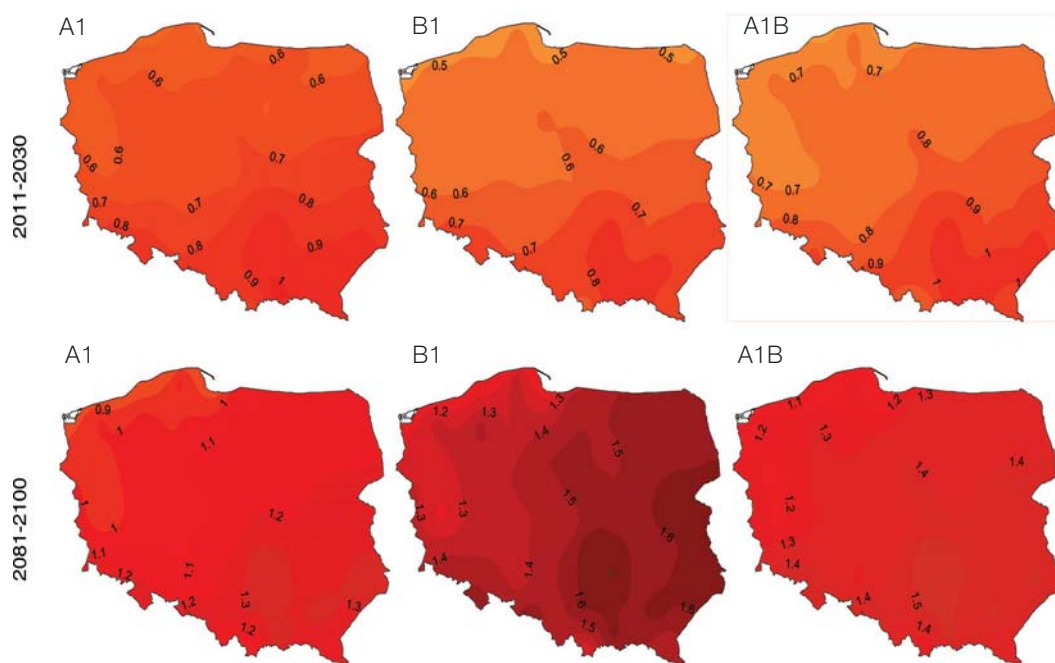
Symulacja zmienności wartości kwantyla 5% temperatury minimalnej powietrza w Polsce została przeprowadzona przy wykorzystaniu modelu statystycznego downscalingu, opracowanego uprzednio metodą kanonicznych korelacji. Model wykorzystuje ilościowe i jakościowe relacje między wielkoskalowym (regionalnym) polem wymuszenia (w tym przypadku ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza nad Północnym Atlantykiem i Europą) oraz polem lokalnym, jakim jest wspomniany element termiczny. W przypadku ciśnienia atmosferycznego do symulacji użyto dane pochodzące z niemiecko-brytyjskiego modelu ECHAM5. Okresy symulacji objęły dwa okresy 2011-2030 i 2081-2100. Symulację realizowano w warunkach emisji gazów cieplarnianych określonych przez scenariusze emisyjne A1B, A2 oraz B1, przedstawione rezultaty dotyczą tzw. przebiegu pierwszego (run 1). Rezultaty symulacji zmian wartości kwantyla 5% temperatury minimalnej powietrza w przypadku każdego z trzech rozpatrywanych scenariuszy SRES wskazują na systematyczny wzrost

średniej rocznej wartości analizowanego elementu w stosunku do przyjętego okresu referencyjnego 1971-1990. Skala wzrostu jest największa w przypadku scenariusza SRES A1B, wartość anomalii wynosi w tym przypadku ok. 0,8°C, dla porównania w przypadku dwóch pozostałych scenariuszy SRES (B1 i A2) wartość rozpatrywanego elementu winna wzrosnąć odpowiednio o ok. 0,7°C i nieznacznie powyżej 0,6°C. Zmiana wartości rocznej opisywanego kwantyla temperatury minimalnej w okresie 2081-2100 jest większa, niż we wcześniejszym dwudziestoleciu. Spodziewane zmiany wartości elementu wynoszą od po-

nad 1,4°C (scenariusz SRES A2) do ponad 1,3°C (scenariusz SRES A1B) i ok. 1,1°C (scenariusz SRES B1). Przestrzenne zróżnicowanie wartości anomalii analizowanego elementu w obydwu z okresów i w każdym z trzech rozważanych scenariuszy emisyjnych jest analogiczne. Obszarem najsilniejszego wzrostu średniej rocznej wartości kwantyla 5% temperatury minimalnej w Polsce jest południowo-wschodnia, najwyżej wyniesiona część kraju. We wcześniejszym z podokresów maksymalne wartości anomalii osiągają ponad 1°C (scenariusze A1B i B1), natomiast w późniejszym dwudziestoleciu zauważalne są wartości anomalii przekraczające na wskazanym obszarze 1,5°C). Najmniej wartość omawianego kwantyla wzrosnąć winna w części nadmorskiej kraju. W okresie 2011-2030 wzrost wartości elementu nie powinien być tam większy niż 0,5-0,6°C, natomiast w ostatnim dwudziestoleciu XXI w. wzrost ten kształtował się powinien nieznacznie powyżej 1°C.

Spodziewane zmiany (°C) wartości kwantyla 5% minimalnej dobowej temperatury powietrza w Polsce (w odniesieniu do okresu 1971-1990) dla wybranych okresów XXI wieku (2011-2030, 2081-2100) określone na podstawie modelu ECHAM5 dla scenariuszy emisyjnych SRES A2, B1 i A1B

Okres	SRES/Sezon	A1	B1	A1B
2011-2030	Rok	0,70	0,62	0,79
	Zima	0,61	0,14	-0,39
	Wiosna	0,99	1,11	1,13
	Lato	-0,67	-0,71	-0,93
	Jesień	0,76	0,74	1,14
2081-2100	Rok	1,11	1,43	1,33
	Zima	-0,06	0,76	0,20
	Wiosna	1,44	1,56	1,44
	Lato	-1,01	-1,11	-1,02
	Jesień	1,10	1,28	1,13



Spodziewane zmiany (°C) wartości kwantyla 5% minimalnej dobowej temperatury powietrza w Polsce (rok) w odniesieniu do okresu 1971-1990 (model ECHAM5, scenariusze emisyjne SRES B1, A2, A1B, przebieg 1



Scenariusze zmian klimatu Polski

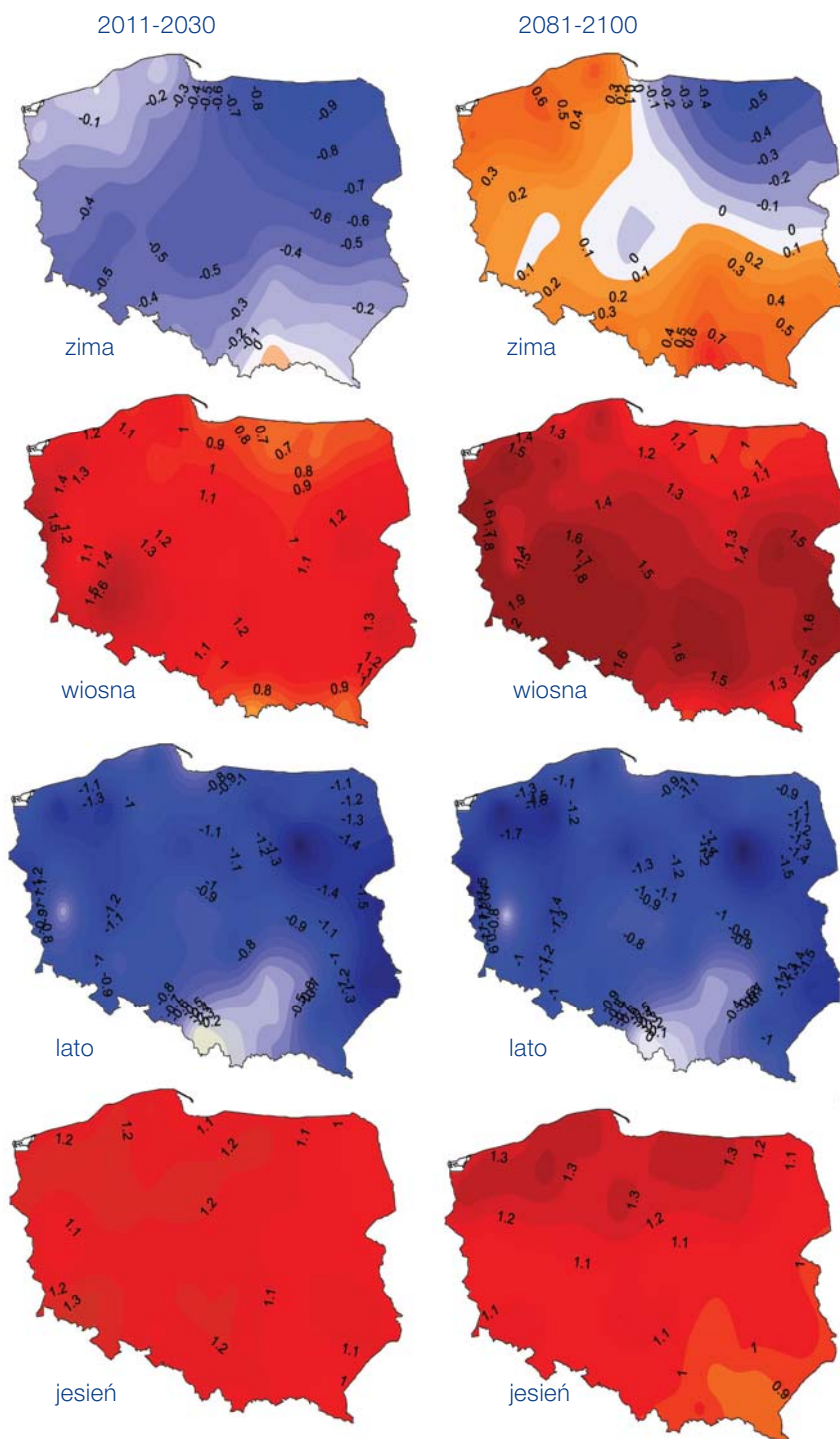
klimatec.imgw.pl

e-mail: klimat@imgw.pl

Scenariusze zmian minimalnej dobowej temperatury powietrza

W ujęciu sezonowym zarysowuje się silne zróżnicowanie charakteru i tempa spodziewanych zmian warunków termicznych. Symulacja dla okresu 2011-2030 wskazuje na znaczny wzrost wartości elementu wiosną i jesienią. Wzrost ten wynoszący ok. 1°C i więcej (największa wartość anomalii na Nizinie Śląskiej) powinien być większy wiosną, niż jesienią (wg scenariuszy SRES A2 i B1, wartość anomalii elementu wg scenariusza SRES A1B jest niemal identyczna). Wzrost spodziewany jesienią wynosi od ok. $0,75^{\circ}\text{C}$ do ponad 1°C , przy czym zróżnicowanie anomalii na obszarze kraju jest nieznaczne. W przypadku zimy scenariusz SRES A1B wskazuje na spadek średnio o blisko $0,4^{\circ}\text{C}$, w północno-wschodniej części kraju powyżej 1°C . Pozostałe dwa scenariusze emisyjne wskazują na niewielki wzrost w przypadku scenariusza SRES A2 oraz wzrost przekraczający $0,6^{\circ}\text{C}$ w przypadku SRES A1B. Latem oczekiwać należy w Polsce zmniejszenia wartości anomalii kwantyla 5% temperatury minimalnej powietrza w stosunku do wartości charakterystycznych dla okresu referencyjnego 1971-1990 wg rezultatów wszystkich scenariuszy emisyjnych. Miejscami w Polsce wschodniej spadek może być znaczny, do 2°C .

Okres 2081-2100 charakteryzuje się wzrostami wiosną i jesienią. Największe wzrosty rzędu ok. $1,5^{\circ}\text{C}$ notuje się wiosną (miejscami 2°C w rejonie Niziny Śląskiej i w pasie wyżyn). Zmiany oczekiwane jesienią przekraczają 1°C . Największe ocieplenie charakteryzuje obszar północnej części kraju. Latem należy spodziewać się spadku w całej Polsce, średnio o co najmniej 1°C wg wszystkich wybranych scenariuszy emisyjnych. Największe spadki winny wystąpić na obszarze Polski wschodniej. Zmiany oczekiwane zimą wahają się odpowiednio od bardzo nieznacznego spadku (scenariusz SRES B1) do blisko $0,8^{\circ}\text{C}$ (scenariusz SRES A2). Zmienność przestrzenna, tak znaku jak i wartości anomalii jest duża. Wartość kwantyla 5% temperatury minimalnej powinna zmniejszyć się na obszarze Polski północno-wschodniej, w rejonie Polski centralnej praktycznie zmian nie powinno być, natomiast na całym pozostałym obszarze spodziewać się należy wzrostu wartości analizowanego elementu, w rejonie Polski południowo-wschodniej nawet o ponad $0,5^{\circ}\text{C}$.



Spodziewane zmiany ($^{\circ}\text{C}$) wartości kwantyla 5% minimalnej dobowej temperatury powietrza w Polsce w odniesieniu do okresu 1971-1990 (model ECHAM5, scenariusz emisyjny SRES A1B, przebieg 1) w poszczególnych sezonach



Scenariusze zmian klimatu Polski

Scenariusze zmian minimalnej dobowej temperatury powietrza

Scenariusze wiązkowe zmian temperatury powietrza w Polsce zostały opracowane w odniesieniu do okresu referencyjnego 1971-1990 z wykorzystaniem opisanych metodą statystycznego downscalingu relacji między regionalnym polem barycznym scharakteryzowanym przez dane z symulacji globalnych ECHAM-5 i HadCM3 a warunkami termicznymi w Polsce. Przyszłe zmiany warunków termicznych w Polsce opracowano dla XXI w. ze szczególnym uwzględnieniem okresu 2011-2030 oraz 2081-2100, w oparciu o wszystkie dostępne, przedstawione w tabeli przebiegi scenariuszy emisyjnych A1B, B1 i A2.

Biorąc pod uwagę obecność różnic między symulacją ciśnienia atmosferycznego przez modele globalne a wartościami rzeczywistymi, do wartości opracowanych scenariuszy konieczne było wprowadze-

nie korekty redukującej wpływ tych różnic na uzyskane wyniki.

Rezultaty symulacji zmian wartości kwantyla 5% temperatury minimalnej powietrza w przypadku każdego z trzech rozpatrywanych scenariuszy emisyjnych wskazują na wzrost średniej rocznej wartości analizowanego elementu w skali XXI w. w stosunku do przyjętego okresu referencyjnego 1971-1990. Nie należy jednakże oczekiwać istotnych zmian wartości tego elementu w latach 2011-2030. W przypadku scenariuszy B1 i A1B należy oczekiwać nieznacznego ocieplenia, a scenariusza A2 nieznacznego ochłodzenia. Wartość bezwzględna zmian nie przekroczy w sytuacjach skrajnych 0,2°C.

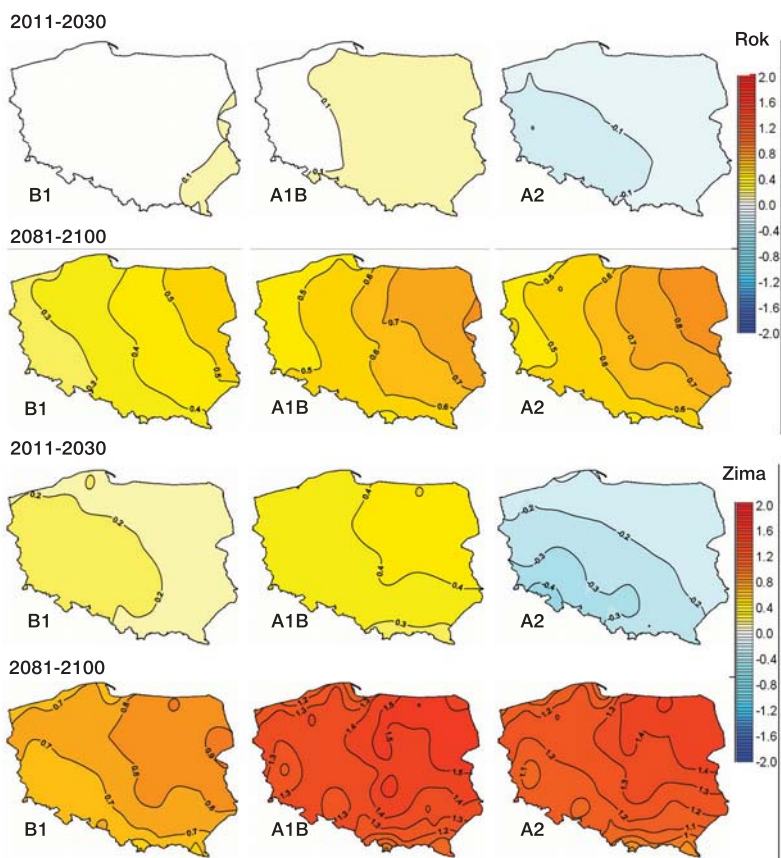
W ostatnim dwuzestoleciu XXI w. wzrost wartości kwantyla 5% temperatury minimalnej jest niekwestionowany. Największy przyrost (anomalna 0,6°C), nastąpi w przypadku zrealizowania emisyjnego scenariusza rozwoju A2, podczas gdy w przypadku scenariuszy A1B i B1 wartość rozpatrywanego elementu wynosi odpowiednio blisko 0,6°C i 0,4°C. Największe zmiany dotyczyć będą Polski Wschodniej, w rejonie Podlasia wartość wskaźnika wzrosnąc o ponad 0,8°C w przypadku scenariuszy A2 i A1B oraz 0,6°C w przypadku scenariusza B1.

Przebiegi symulacji modeli globalnych wykorzystane podczas opracowania scenariusza wiązkowego zmian temperatury powietrza

Model	Scenariusz emisyjny		
	B1	A1B	A2
ECHAM-5	Przebieg 1, 2, 3	Przebieg 1, 2, 3, 4	Przebieg 1, 2, 3
HadCM3	Przebieg 1	Przebieg 1	Przebieg 1

Spodziewane zmiany średniego miesięcznego kwantyla 5% minimalnej dobowej temperatury powietrza w Polsce (w odniesieniu do okresu 1971-1990) w wybranych okresach XXI wieku (2011-2030, 2081-2100), określone na podstawie scenariusza wiązkowego opartego na wynikach pochodzących z modeli ECHAM-5 i HadCM3 dla scenariuszy emisyjnych SRES A2, B1 i A1B

Okres	Sezon	Scenariusz SRES		
		B1	A1B	A2
2011-2030	rok	0,06	0,12	-0,09
	zima	0,19	0,37	-0,22
	wiosna	0,22	-0,09	0,00
	lato	-0,09	-0,14	-0,09
	jesień	0,15	0,00	0,04
2081-2100	rok	0,38	0,59	0,62
	zima	0,74	1,35	1,22
	wiosna	0,15	0,31	0,4
	lato	-0,45	-0,36	-0,52
	jesień	0,35	0,35	0,47



Przestrzenne zróżnicowanie spodziewanych zmian średnich wartości roku oraz zimy kwantyla 5% temperatury minimalnej powietrza (°C) w Polsce w wybranych okresach XXI wieku w odniesieniu do okresu 1971-1990, określone na podstawie scenariusza wiązkowego opartego na wynikach pochodzących z modeli ECHAM5 i HadCM3 dla scenariuszy emisyjnych SRES A2, B1 i A1B



Scenariusze zmian klimatu Polski

Scenariusze zmian minimalnej dobowej temperatury powietrza

Zimą, w okresie 2011-2030 w przypadku scenariuszy B1 i A1B nastąpi lekki wzrost wartości kwantyla 5% temperatury minimalnej. W przypadku scenariusza A1B zmiany ok. $0,5^{\circ}\text{C}$ wystąpią w północno-wschodniej części kraju. Scenariusz B1 wskazuje wzrost wartości wskaźnika w zachodniej części kraju. W przypadku realizacji scenariusza emisyjnego A2 należy się spodziewać wystąpienia nieco chłodniejszych zim. W okresie 2081-2100 należy oczekiwać dużego wzrostu wartości omawianego kwantyla. Najsilniejsze anomalie dodatnie obserwowane mogą być w przypadku scenariusza A1B (w części północno-zachodniej kraju ponad $1,5^{\circ}\text{C}$). W przypadku scenariusza B1 zmiany nie przekroczą w żadnym z regionów kraju 1°C .

Wiosną w okresie 2011-2030 w przypadku scenariusza A1B kwantyl 5% temperatury minimalnej powinien być średnio o ok. $0,1^{\circ}\text{C}$ mniejszy niż w trakcie wielolecia 1971-1990. W świetle wyników scenariusza A2 na przeważającej części obszaru kraju należy raczej spodziewać się niewielkiego ochłodzenia, w przypadku scenariusza B1 w całej Polsce wartość opisywanego wskaźnika winna wzrosnąć, o ponad $0,2^{\circ}\text{C}$, z kolei w ujęciu regionalnym najsilniejszy wzrost, sięgający blisko $0,5^{\circ}\text{C}$ winien wystąpić na zachodnich krańcach Pol-

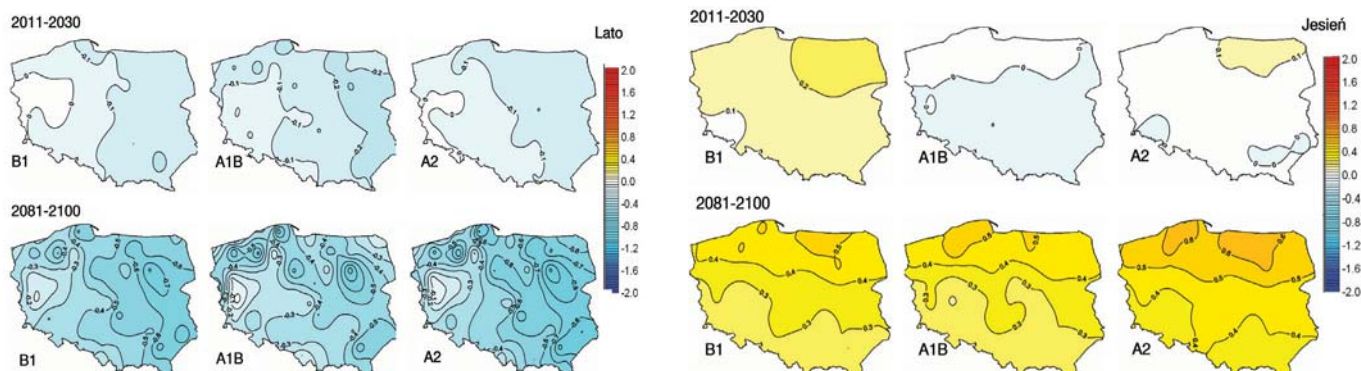
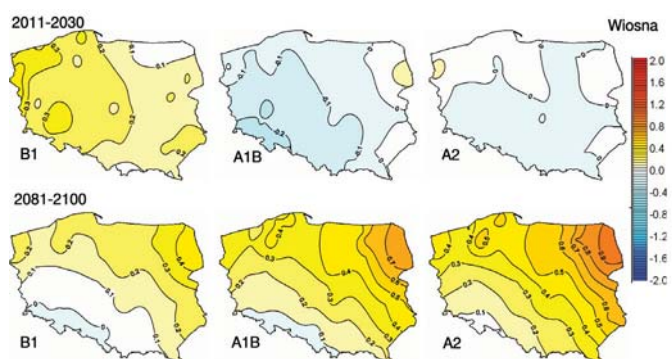
ski, w rejonie Słubic. Ciepleszej wiosny w stosunku do okresu referencyjnego, i to w przypadku wszystkich scenariuszy emisyjnych należy spodziewać się w wieloleciu 2081-2100. Średnia wartość zmiany wartości wskaźnika na obszarze Polski waha się od $0,15^{\circ}\text{C}$ w przypadku scenariusza B1 do $0,4^{\circ}\text{C}$ w przypadku scenariusza A2. Zmiany nie powinny być obserwowane na obszarze Sudetów i Śląska Opolskiego, wartość dodatniej anomalii dość silnie jednak będzie wzrastać w kierunku północno-wschodnim oraz, nieco mniej, północnym. Na Suwalszczyźnie kwantyl 5% temperatury minimalnej będzie większy o blisko 1°C w porównaniu z referencyjną wartością średnią.

W przypadku lata wszystkie scenariusze emisyjne sygnalizują w skali XXI w. spadek wartości omawianego wskaźnika. W czasie dwudziestolecia 2011-2030 nie powinien być większy niż $0,15^{\circ}\text{C}$, lecz pod koniec XXI w. należy brać pod uwagę,

że wartość kwantyla 5% temperatury minimalnej będzie średnio o ok. $0,5^{\circ}\text{C}$ mniejsza, niż w referencyjnym okresie XX-letnim. Średnia wartość anomalii wyniesie $-0,35^{\circ}\text{C}$ (scenariusz A1B), $-0,46^{\circ}\text{C}$ (scenariusz B1) i $-0,52^{\circ}\text{C}$ (A2). Rozkład przestrzenny anomalii jest w przypadku wszystkich scenariuszy podobny. Najmniejszy co do wartości bezwzględnej spadek wartości wskaźnika nastąpić w rejonie Pojezierza Lubuskiego, największy natomiast cechować będzie wschodnią część kraju.

Scenariusz wiązkowy zmian kwantyla 5% minimalnej temperatury powietrza jesienią wskazuje na wystąpienie niewielkich zmian wskaźnika w okresie 2011-2030 w stosunku do wielolecia 1971-1990. W przypadku scenariuszy B1 i A2 należy spodziewać się cieplejszej jesieni, wartość kwantyla winna być w Polsce wówczas większa o odpowiednio $0,15^{\circ}\text{C}$ i $0,04^{\circ}\text{C}$. W okresie 2081-2100 w całej

Polsce obserwować można będzie dodatnie wartości anomalii. Średni wzrost wartości opisywanego kwantyla 5% temperatury minimalnej powinien sięgnąć od $0,35^{\circ}\text{C}$ w przypadku scenariuszy A1B i B1 do $0,47^{\circ}\text{C}$ w przypadku scenariusza A2. Największe ocieplenie jest spodziewane w północnej, nadmorsko-pojeziernej części kraju.



Przestrzenne roznicowanie spodziewanych zmian średnich wartości wiosny, lata i jesieni kwantyla 5% temperatury minimalnej powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w Polsce w wybranych okresach XXI w. w odniesieniu do okresu 1971-1990, określone na podstawie scenariusza wiązkowego opartego na wynikach pochodzących z modeli ECHAM5 i HadCM3 dla scenariuszy emisyjnych SRES A2, B1 i A1B