INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

No I/1/2023, POLISH ACADEMY OF SCIENCES, Cracow Branch, pp. 88-103
Commission of Technical Rural Infrastructure

DOI: https://doi.org/10.14597/INFRAECO.2023.004

TENDENCJE ZMIAN KLIMATYCZNYCH WSKAŹNIKÓW POTRZEB NAWADNIANIA ROŚLIN W POLSCE W LATACH 1991–2020

***Jacek ŻARSKI*[1], *Renata KUŚMIEREK-TOMASZEWSKA*[1]**

TRENDS IN CLIMATE CHANGE OF INDICATORS OF PLANT IRRIGATION NEEDS IN POLAND IN 1991–2020

Streszczenie

Przeprowadzono ocenę zmienności czterech klimatycznych wskaźników potrzeb nawadniania roślin w I strefie celowości stosowania tego zabiegu w Polsce (temperatura powietrza, opady atmosferyczne, częstość susz atmosferycznych, niedobory opadów). Analiza dotyczyła czterech miejscowości (Szczecin, Poznań, Kalisz, Toruń), wielolecia referencyjnego 1991–2020 oraz fragmentów i całego okresu aktywnego wzrostu roślin (V–VIII). Badania wykazały dość jednoznaczny wzrost potrzeb nawadniania pod względem kryterium klimatycznego. Wynika on przede wszystkim z istotnego wzrostu temperatury powietrza, skutkującego zwiększeniem się potrzeb wodnych roślin. Wykazano tendencję do pogłębiania się niedoborów opadowych w wieloleciu 1991–2020 na Nizinie Szczecińskiej i w Wielkopolsce oraz zidentyfikowano dużą liczbę susz atmosferycznych o zwiększonej intensywności w latach 2015–2020.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, opady atmosferyczne, susza atmosferyczna, niedobór opadów

[1]*University of Science and Technology in Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6,, 85-029 Bydgoszcz, Poland*
e- mail: rkusmier@pbs.edu.pl

Abstract

An assessment of the variability of four climatic indicators of plant irrigation needs (air temperature, precipitation, frequency of atmospheric droughts, rainfall shortages) in the 1st zone of irrigation application in Poland was carried out. The analysis concerned four localities (Szczecin, Poznań, Kalisz, Toruń) during the reference multi-year period 1991–2020, in the entire period of active plant growth (V–VIII) as well as the parts of it. Results of the analysis have shown a fairly clear increase in irrigation needs in terms of the climatic criterion. It results primarily from a significant increase in air temperature, resulting in an increase in the water needs of plants. For the period 1991–2020 tendency to deepening rainfall shortages in the Szczecin Lowland and in Wielkopolska was demonstrated. The large numbers of atmospheric droughts with higher level of intensity were identified in the second part of the analysed period in the years 2015–2020.

Keywords: air temperature, precipitation, atmospheric drought, rainfall deficiency

WSTĘP

O potrzebie stosowania nawadniania w produkcji roślinnej decydują przede wszystkim warunki klimatyczne, w tym zwłaszcza mała ilość bądź niekorzystny rozkład opadów atmosferycznych. Nawadnianie prowadzi się głównie w strefach klimatycznych stale bądź okresowo suchych, a więc na terenach, na których efektywna produkcja żywności bez nawadniania nie byłaby możliwa. Łączna powierzchnia nawadniania roślin na świecie obejmuje według różnych źródeł od 229 (ICID 2023) do 367 mln ha (Meier i in. 2019).

W Polsce nawadnianie roślin nie jest aktualnie stosowane na szeroką skalę, jednak uznaje się je za zabieg przyszłościowy mimo ograniczeń związanych z zasobami wody dyspozycyjnej do nawadniania (Łabędzki 2009, Rzekanowski i in. 2011). Jak podają Marszelewski i Piasecki (2021), w ostatnich latach, zwłaszcza po suchym sezonie wegetacji 2015 r., obserwuje się wydatny wzrost zainteresowania producentów nawodnieniami, wynikający także z realizacji państwowego programu „Modernizacja gospodarstw rolnych w obszarze nawadniania".

Pod względem kryterium klimatycznego celowość nawadniania roślin w Polsce wynika z okresowych niedoborów opadów atmosferycznych w stosunku do wymagań wodnych roślin uprawnych. W ujęciu przeciętnym niedobory te występują na terenach szczególnie deficytowych w wodę dla rolnictwa, obejmujących gleby piaszczyste, o małej retencji wodnej, usytuowane w środkowej, nizinnej części kraju. W poszczególnych sezonach wegetacji lub

fenofazach, niedobory te są skutkiem występowania okresów bezopadowych lub o niskich opadach, prowadzących do susz meteorologicznych i rolniczych. W warunkach umiarkowanego, przejściowego klimatu Polski susze stanowią niekorzystne dla rolnictwa zjawisko pogodowe, pojawiające się często, ale nieregularnie. Według wielu opracowań częstość występowania susz w centralnej Polsce wynosi około 30% (Łabędzki 2007, Kuśmierek-Tomaszewska i in. 2018, Kuśmierek-Tomaszewska i Żarski 2021).

Według Bednorz (2022) roczne, sezonowe i miesięczne temperatury powietrza z wielolecia 1991–2020 są znacząco wyższe od wartości z lat 1961–1990. W przypadku średniej rocznej temperatury różnice wynoszą 1,0–1,3°C, w zależności od miejscowości. Ponadto zwiększyła się liczba dni upalnych, a zmalała liczba dni mroźnych. W przypadku opadów atmosferycznych nie stwierdzono spadku ich ilości, a istotne trendy zmian występują sporadycznie. Projekcje dla Polski wskazują dalszy wzrost temperatury powietrza, różniący się w zależności od scenariusza i horyzontu czasowego, który może spowodować intensyfikację obiegu wody w środowisku. Przewiduje się, że zwiększą się średnie roczne sumy opadów, ale również sumy ekstremalne oraz niedobory wody. O niekorzystnych przewidywanych zmianach w rozkładzie opadów, związanych ze zwiększeniem ich zmienności czasowej, a więc zwiększeniem częstości występowania susz o większej intensywności i zasięgu przestrzennego, wspominają także m.in. Łabędzki (2006, 2009), Kuchar i in. (2015) oraz Karaczun i Kozyra (2020)

Według Bartoszka (2023) susze są coraz bardziej intensywne i obejmują duże powierzchnie Polski. Tendencja ta jest zgodna z globalnym trendem występowania anomalnych zjawisk meteorologicznych, wywoływanych przez czynniki naturalne i antropogeniczne. Obserwuje się także zmiany w strukturze opadów atmosferycznych w ciepłej połowie roku – opady deszczu występują rzadziej, ale mają często charakter ulewny, co nie sprzyja wsiąkaniu wody do gleby. Z kolei badania Kuśmierek-Tomaszewskiej i Żarskiego (2021) wskazują, że w rejonie Bydgoszczy nie ma znaczącego wzrostu częstotliwości i intensywności susz atmosferycznych w latach 1961–2020. Większa liczba tych zjawisk wystąpiła w latach 1961–1990, w porównaniu z latami 1991–2020. Frekwencja susz meteorologicznych w okresie aktywnego wzrostu roślin w rejonie bydgoskim wynosi 30,0%, natomiast susz silnych i ekstremalnych 6,7%.

Według Bednorz (2022) współczesne zmiany klimatyczne powodują, że charakterystyki klimatu oparte na średnich wartościach z trzydziestolecia różnią się istotnie wraz z upływem kolejnych dekad. Uzasadnia to podjęcie badań nad tendencjami zmian klimatycznych wskaźników potrzeb nawadniania roślin w Polsce w okresie referencyjnym 1991–2020. We wcześniejszych badaniach dotyczących rejonu Bydgoszczy nie stwierdzono istotnych trendów zmian tych wskaźników wraz z upływem lat od 1981 do 2010 (Żarski 2011). Obecna analiza

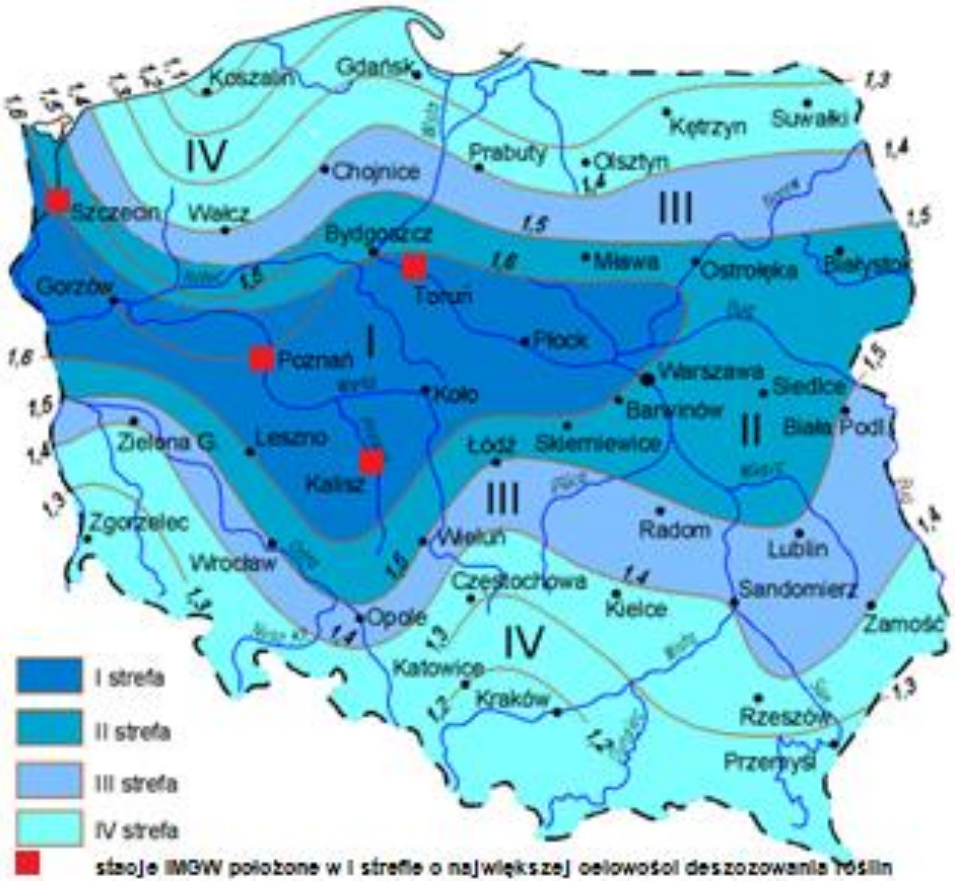
ma szerszy zakres, ponieważ obejmuje cztery miejscowości. Założono, że w związku z obserwowanymi zmianami klimatycznymi, w Polsce w latach 1991–2020 wzrosły potrzeby nawadniania roślin.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto cztery miejscowości – stacje IMGW położone w centralnej Polsce, w I strefie o największej celowości deszczowania roślin w Polsce lub na granicy tej strefy, według Drupki (1976): Szczecin, Poznań, Kalisz i Toruń (rys. 1). Dane meteorologiczne dotyczące średnich miesięcznych temperatur powietrza i sum miesięcznych opadów atmosferycznych w wieloleciu referencyjnym 1991–2020 pozyskano z portalu meteomodel.pl. Na podstawie średnich temperatur powietrza wyznaczono opady optymalne, posługując się wskaźnikami Klatta (za Grabarczykiem 1983) dla gleb średniozwięzłych. Przyjęto następujące wskaźniki normatywne: V–65 mm, VI–70 mm, VII–75 mm, VIII–70 mm dla temperatur odpowiednio: 13, 16, 18 i 17°C. Następnie obliczono niedobory opadów atmosferycznych N = Opad rzeczywisty − Opad optymalny. Obliczenia wykonano oddzielnie dla każdej miejscowości oraz dla okresów: V, VI, VII, VIII, V–VI (wzmożone potrzeby wodne zbóż i rzepaku), VI–VII (wzmożone potrzeby wodne kukurydzy, ziemniaka, bobiku), VII–VIII (wzmożone potrzeby wodne buraka cukrowego) oraz dla całego okresu aktywnego wzrostu roślin V–VIII.

Identyfikację susz atmosferycznych w okresie aktywnego wzrostu roślin (V–VIII) przeprowadzono na podstawie wskaźnika względnego opadu RPI, według następujących przedziałów ich klasyfikacji: okres aktywnego wzrostu roślin skrajnie suchy RPI do 40%, bardzo suchy od 41 do 65%, suchy od 66 do 84% normy opadowej 1991–2020. Wyznaczając powyższe przedziały wykorzystano zakresy RPI dla susz, określone w literaturze dla 1-miesięcznego i 6-miesięcznego okresu (Baryła i in. 2016).

Zastosowano metody statystyczne oraz sposoby prezentacji wyników powszechnie stosowane w agroklimatologii. Szczególnie przydatna była metoda trendów z zastosowaniem równań regresji liniowej i współczynników determinacji, opisująca zmienność wraz z upływem lat 1991–2020 (Garnier 1996, Kossowska-Cezak i in. 2000)



Rysunek 1. Klimatyczne strefy celowości stosowania deszczowania w Polsce
Figure 1. *Climatic zones of desirability of sprinkling irrigation in Poland.*
Źródło / Source: Drupka, 1976

WYNIKI

Temperatura powietrza

Średnia w wieloleciu referencyjnym 1991–2020 temperatura powietrza w okresie aktywnego wzrostu roślin wynosiła 17,0–17,6°C, zależnie od miejscowości (tab.1). Wyższe temperatury w każdym miesiącu i okresie dotyczyły Wielkopolski (Poznań, Kalisz), pośrednie wschodniej części strefy największej celowości deszczowania (Toruń), a najniższe okolic Szczecina.

Tabela 1. Średnie temperatury powietrza w wybranych stacjach IMGW w centralnej Polsce w okresie 1991–2020 (°C)
Table 1. *Average air temperature in selected IMGW stations in central Poland in the pe od 1991–2020 (°C).*

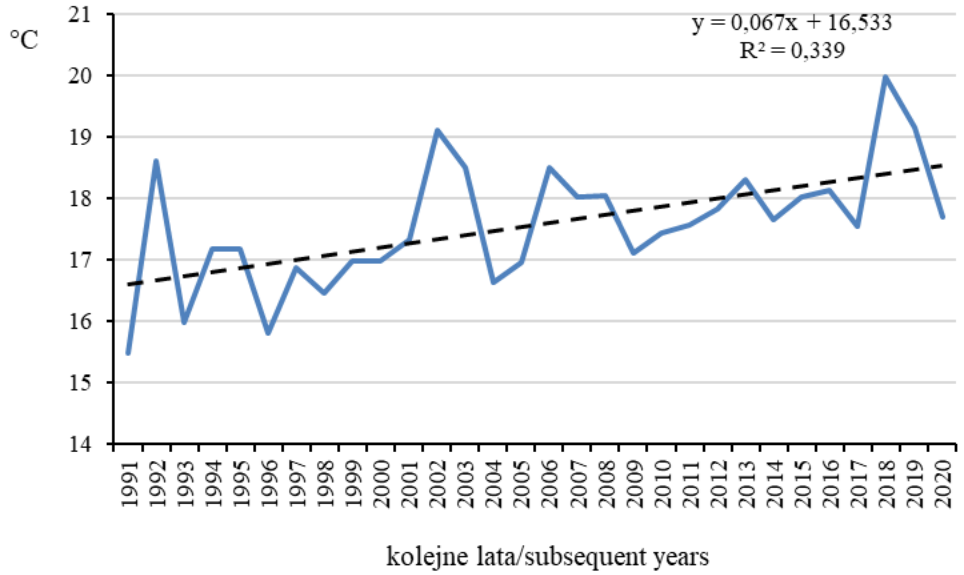
Stacja IMGW/ Stations	V	VI	VII	VIII	V–VI	VI–VII	VII–VIII	V–VIII
Szczecin	13,6	16,8	18,9	18,5	15,2	17,9	18,7	17,0
Poznań	14,1	17,5	19,5	19,1	15,8	18,5	19,3	17,6
Kalisz	14,1	17,3	19,5	19,3	15,7	18,4	19,4	17,5
Toruń	13,8	17,1	19,3	18,9	15,5	18,2	19,1	17,3

Tabela 2. Zmiana średniej temperatury powietrza w wybranych stacjach IMGW w centralnej Polsce w okresie 1991–2020 (°C/10 lat)
Table 2. *Change in the average air temperature in selected IMGW stations in central Poland in the period 1991–2020 (°C/10 yr.).*

Stacja IMGW/ Stations	V	VI	VII	VIII	V–VI	VI–VII	VII–VIII	V–VIII
Szczecin	0,23	0,80*	0,11	0,40	0,52*	0,45	0,25	0,39*
Poznań	0,30	1,08**	0,52	0,74*	0,69*	0,80**	0,63*	0,66**
Kalisz	0,19	0,86**	0,35	0,53	0,53	0,61*	0,44	0,49**
Toruń	0,30	0,82**	0,25	0,38	0,56*	0,54*	0,32	0,44*

*istotność na poziomie p≥ 0,05, ** istotność na poziomie p≥0,01

Temperatura powietrza wzrastała wraz z upływem czasu od 1991 do 2020 (tab. 2). Wzrost temperatury stwierdzono we wszystkich analizowanych 32 przypadkach (4 miejscowości x 8 okresów), w 16 przypadkach był to trendy istotne, w tym w 6 przypadkach na poziomie istotności 0,01. We wszystkich miejscowościach temperatura powietrza istotnie wzrastała w czerwcu oraz w całym okresie aktywnego wzrostu roślin V–VIII. Największy współczynnik determinacji charakteryzował ukierunkowaną zmienność średniej temperatury powietrza w okresie aktywnego wzrostu roślin (V–VIII) w Poznaniu (rys. 2).



Rysunek 2. Trend wzrostu średniej temperatury powietrza w okresie aktywnego wzrostu roślin (V–VIII) w Poznaniu w latach 1991–2020
Figure 2. *Trend of average air temperature increase during the period of active plant growth (May–August) in Poznań in 1991–2020.*

Opady atmosferyczne

Średnia wieloletnia suma opadów atmosferycznych na analizowanym obszarze w okresie aktywnego wzrostu roślin wynosiła od 239,5 do 261,4mm, w zależności od miejscowości. Największa zmienność przestrzenna opadów dotyczyła lipca, a najmniejsza maja (tab. 3). Sumy opadów zwiększały się lub zmniejszały w przeliczeniu na 10 lat, jednak ani w jednym przypadku na 32 analizowanych, nie stwierdzono istotności zmian sum opadów wraz z upływem czasu od 1991 do 2020 (tab. 4). Zanotowano bardzo dużą ich zmienność czasową w każdym z analizowanych przedziałów czasowych i w każdej miejscowości. Dobrą ilustrację tej zmienności przedstawiono na rys. 3. Przy braku tendencji zmiany sumy opadów w okresie aktywnego wzrostu roślin w Poznaniu, w 1992 r. zanotowano skrajnie małą ilość opadów 101,3 mm (40% normy), natomiast w 1997 r. aż 384,1 mm (153% normy).

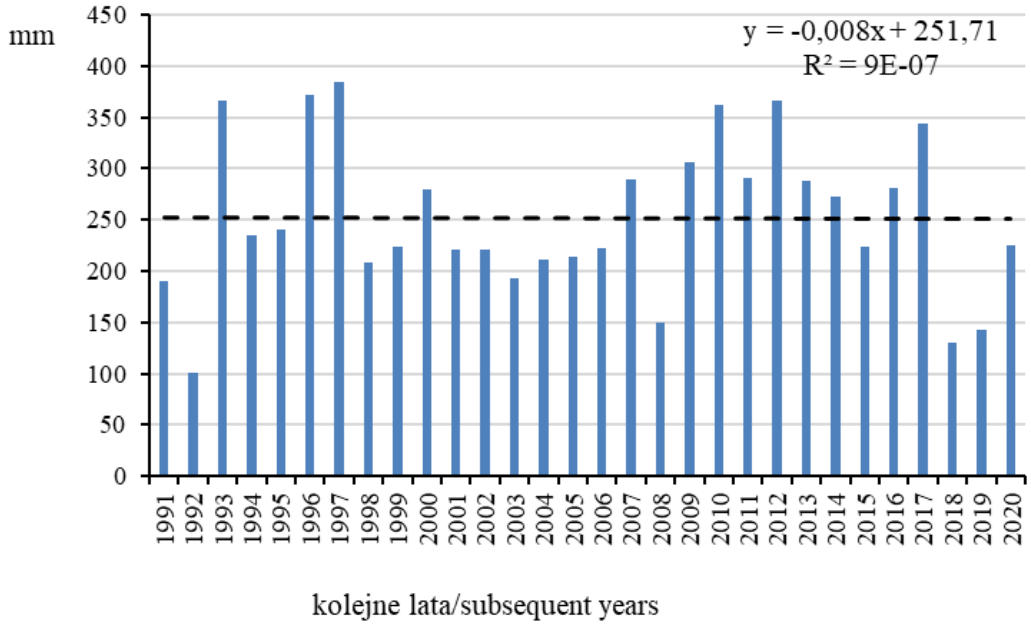
Tabela 3. Średnie wieloletnie sumy opadów atmosferycznych w wybranych stacjach IMGW w centralnej Polsce w okresie 1991–2020 (mm)
Table 3. *Mean long-term atmospheric precipitation totals at selected IMGW stations in central Poland in 1991–2020 (mm).*

Stacja IMGW/ Stations	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**V–VI**	**VI–VII**	**VII–VIII**	**V–VIII**
Szczecin	55,8	59,1	76,2	60,3	114,9	135,3	136,5	251,4
Poznań	53,8	57,5	84,4	55,9	111,3	141,9	140,3	251,6
Kalisz	53,0	54,8	77,3	54,3	107,9	132,2	131,6	239,5
Toruń	51,2	55,7	90,6	63,9	106,9	146,3	154,5	261,4

Tabela 4. Zmiana sum opadów atmosferycznych w wybranych stacjach IMGW w centralnej Polsce w okresie 1991-2020 (mm/10 lat)
Table 4. *Change in atmospheric precipitation totals at selected IMGW stations in central Poland in 1991-2020 (mm/10 yr.).*

Stacja IMGW/ Stations	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**V–VI**	**VI–VII**	**VII–VIII**	**V–VIII**
Szczecin	-2,6	-3,2	5,0	-6,3	-5,8	1,7	-1,4	-7,2
Poznań	-0,7	-0,9	3,1	-1,5	-1,6	2,2	1,6	0,0
Kalisz	1,4	-1,1	-6,1	-3,0	0,3	-7,3	-9,2	-8,9
Toruń	1,8	6,9	11,0	-4,6	8,7	17,9	6,4	15,2

*istotność na poziomie p≥ 0,05, ** istotność na poziomie p≥0,01



Rysunek 3. Zmienność sumy opadów atmosferycznych w okresie aktywnego wzrostu roślin (V–VIII) w Poznaniu w latach 1991–2020 wraz z brakiem tendencji zmian (mm)

Figure 3. *Variability of atmospheric precipitation totals during the period of active plant growth (May–August) in Poznań in 1991–2020 (the black dashed line indicates no change tendency) (mm).*

Częstość występowania susz atmosferycznych

W wieloleciu referencyjnym 1991–2020 zidentyfikowano łącznie 36 suchych okresów aktywnego wzrostu roślin, co stanowi średnią częstość występowania 30,0%. Najwięcej suchych okresów V–VIII wystąpiło w Szczecinie (11), a najmniej w Poznaniu i Toruniu (8). Przeciętna częstość okresów skrajnie suchych (2) i bardzo suchych (16), których zidentyfikowano łącznie 18, wynosiła 15% (tab. 5). Najwięcej takich okresów stwierdzono w Kaliszu (6), a najmniej w Toruniu (3). We wszystkich miejscowościach suche okresy aktywnego wzrostu roślin wystąpiły tylko w 3 latach: 1992, 2018 i 2019. W kolejnych 4 latach: 1994, 2003, 2008 i 2015 zidentyfikowano je w 3 spośród 4 analizowanych miejscowości.

Tabela 5. Susze atmosferyczne w okresie aktywnego wzrostu roślin w latach 1991–2020 (liczby w wierszach określają wskaźnik relatywnego opadu RPI wyrażonego w % normy opadowej)
Table 5. *Atmospheric droughts during the period of active plant growth in 1991–2020 (the values in rows indicate Relative Precipitation Index expressed in % of the precipitation norm).*

Rok/ Year	Stacje IMGW/Stations			
	Szczecin	Poznań	Kalisz	Toruń
1991	99	75	94	79
1992	71	40	56	63
1993	129	145	112	95
1994	63	93	81	66
1995	118	95	123	86
1996	145	147	129	101
1997	127	153	132	106
1998	110	83	65	100
1999	79	89	86	92
2000	92	111	131	125
2001	83	88	144	140
2002	88	88	149	93
2003	71	77	64	111
2004	90	84	75	88
2005	88	85	101	69
2006	95	88	101	96
2007	181	115	125	138
2008	61	59	57	90
2009	118	122	119	111
2010	132	144	135	176
2011	129	116	100	116
2012	96	145	87	91
2013	114	115	117	121
2014	114	108	115	59
2015	63	89	34	61
2016	74	111	111	125
2017	183	137	110	131
2018	60	52	68	66
2019	81	56	58	75
2020	48	89	120	132

Liczba susz atmosferycznych/No of atmospheric droughts 1991–2020				
Skrajnie suchy Extreamly dry	0	1	1	0
Bardzo suchy Very dry	5	3	5	3
Suchy Dry	6	4	3	5
Łącznie In total	11	8	9	8

Na podstawie danych w tabeli 5 nie można jednoznacznie stwierdzić, że suche okresy aktywnego wzrostu roślin są coraz częstsze. W obu piętnastoleciach 1991–2005 i 2006–2020 ich liczba była bardzo podobna – 19 susz w latach 1991–2005 i 17 susz w okresie 2006–2020. Jednak biorąc pod uwagę tylko okresy skrajnie i bardzo suche można zauważyć, iż po roku 2005 wystąpiła ich dwa razy więcej (12) niż do roku 2005 (6). Dotyczy to zwłaszcza sezonów 2015–2020.

Niedobory opadów atmosferycznych

Średnie wieloletnie niedobory opadów atmosferycznych w okresie aktywnego wzrostu roślin wynoszą od -44,1 mm w rejonie Torunia do -71,4 mm w warunkach Kalisza (tab. 6). Średnie niedobory opadów atmosferycznych występują we wszystkich miesiącach z wyjątkiem lipca, w którym w Toruniu i Poznaniu notuje się przeciętnie nadmiary opadów. Nie stwierdzono istotności zmian niedoborów opadowych wraz z upływem lat 1991–2020. Jednak w większości badanych okresów i miejscowości stwierdzono tendencję do pogłębiania się tych niedoborów (tab. 7). Przykładowo w Poznaniu, w okresie aktywnego wzrostu roślin niedobory te pogłębiały się o 13,3 mm na 10 lat (rys. 4).

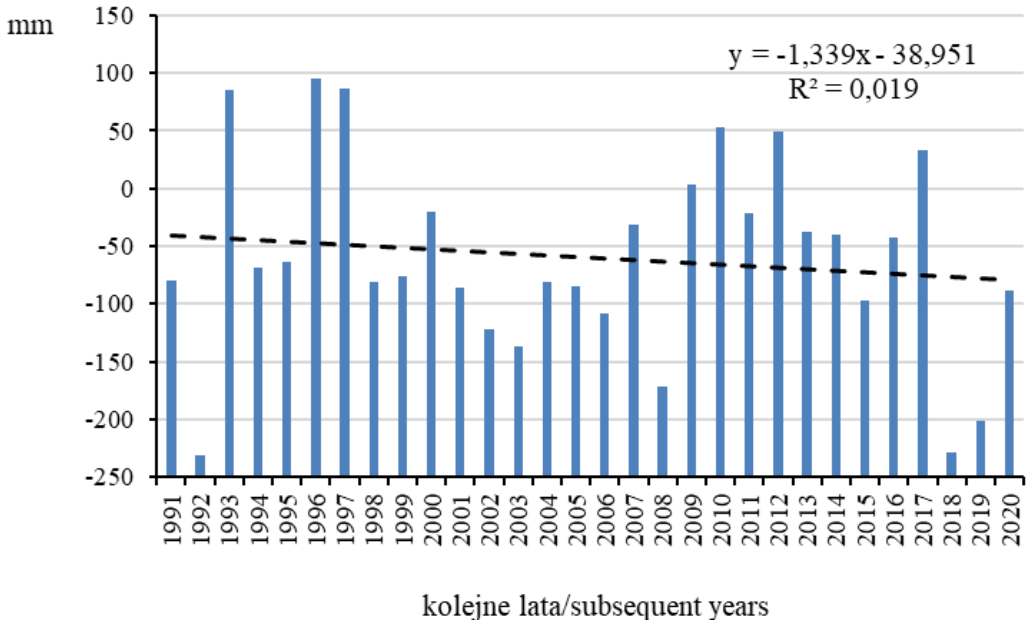
Tabela 6. Średnie wieloletnie niedobory opadów atmosferycznych w wybranych stacjach IMGW w centralnej Polsce w okresie 1991–2020 (mm)
Table 6. *Average long-term rainfall deficits in selected IMWM stations in central Poland in 1991–2020 (mm).*

Stacja IMGW/ Stations	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**V–VI**	**VI–VII**	**VII–VIII**	**V–VIII**
Szczecin	-12,3	-14,9	-3,5	-17,3	-27,3	-18,4	-20,8	-48,1
Poznań	-17,0	-19,8	1,8	-24,8	-36,8	-18,0	-22,9	-59,7
Kalisz	-17,2	-21,9	-5,1	-27,2	-39,1	-27,0	-32,3	-71,4
Toruń	-17,8	-20,0	9,2	-15,4	-37,9	-10,8	-6,2	-44,1

Tabela 7. Zmiana niedoborów opadów atmosferycznych w wybranych stacjach IMGW w centralnej Polsce w okresie 1991–2020 (mm/10 lat)
Table 7. *Change in precipitation deficit at selected IMGW stations in central Poland in 1991–2020 (mm/10 yr.).*

Stacja IMGW/ Stations	V	VI	VII	VIII	V–VI	VI–VII	VII–VIII	V–VIII
Szczecin	-3,7	-7,2	4,4	-8,4	-11,0	-2,8	-4,0	-15,0
Poznań	-2,2	-6,3	0,5	-5,2	-8,6	-5,8	-4,7	-13,3
Kalisz	0,4	-5,4	-8,0	-5,7	-5,0	-13,4	-13,7	-18,7
Toruń	0,3	2,8	9,7	-6,5	3,1	12,5	3,2	6,3

*istotność na poziomie p≥ 0,05, ** istotność na poziomie p≥0,01



Rysunek 3. Zmienność niedoborów opadów atmosferycznych w okresie aktywnego wzrostu roślin (V–VIII) w Poznaniu wraz z tendencją ich pogłębiania się w latach 1991–2020 (mm)
Figure 3. *Variability of precipitation deficits during the period of active plant growth (May–August) in Poznań with the tendency of their deepening in the years 1991–2020 (mm).*

DYSKUSJA

Przeprowadzona analiza czterech klimatycznych wskaźników potrzeb nawadniania roślin w I strefie celowości stosowania tego zabiegu w Polsce (temperatura powietrza, opady atmosferyczne, częstość susz atmosferycznych, niedobory opadów) wykazała dość jednoznaczny wzrost tych potrzeb. Wynika on przede wszystkim ze wzrostu temperatury powietrza w całym okresie aktywnego wzrostu roślin oraz jego fragmentach, skutkującego wzrostem potrzeb wodnych roślin. Przy braku ukierunkowanych zmian ilości opadów atmosferycznych powoduje to w większości przypadków pogłębianie się deficytów opadowych, jakkolwiek brak istotnych trendów nakazuje pewną ostrożność w jednoznacznym wnioskowaniu. Zaobserwowane prawidłowości są w pełni zgodne z wnioskami raportu IPCC (2023) oraz wynikami badań polskich naukowców (Karaczun i Kozyra 2020, Bednorz 2022). Nie stwierdzono zwiększenia ogólnej liczby susz atmosferycznych wraz z upływem lat od 1991 do 2020, co jest zgodne z wynikami badań Kuśmierek-Tomaszewskiej i Żarskiego (2021). Jednak zaobserwowano nasilenie liczby i intensywności susz w ostatnich latach okresu referencyjnego (2015-2020). O zwiększającej się liczbie susz rolniczych w Polsce po roku 1961 świadczą wyniki badań Doroszewskiego i in. (2014). Dotyczy to wszystkich kategorii glebowych oraz większości grup użytkowych i gatunków roślin.

Wzrastające potrzeby nawadniania roślin pod względem kryterium klimatycznego oraz przewidywany dalszy wzrost tych potrzeb, stanowi poważną przesłankę zwiększenia powierzchni nawadnianych w Polsce. Jednak barierę tego wzrostu mogą stanowić zmniejszające się zasoby wodne w Polsce oraz brak spójnej polityki w zakresie gospodarowania wodą w warunkach ocieplenia klimatu (Marszelewski i Piasecki 2021). O konieczności zmierzenia się z problemem braku wody do nawadniania wspomina również Rzekanowski (2023). Jego zdaniem warto rozważać możliwości wykorzystania do nawodnień rolniczych wód z podpiętrzonych jezior oraz zbiorników nizinnych.

WNIOSKI

1. W wieloleciu referencyjnym 1991–2020 wykazano istotny wzrost średniej temperatury okresu aktywnego wzrostu roślin we wszystkich badanych miejscowościach, położonych w centralnej Polsce.
2. Sumy opadów atmosferycznych w tym samym wieloleciu i miejscowościach cechowały się bardzo dużą zmiennością czasową z sezonu na sezon oraz brakiem istotnych zmian ilościowych.
3. Produkcja roślinna w centralnej Polsce odbywa się w warunkach niedoborów opadowych w czasie aktywnego wzrostu roślin, wynoszących 44–71 mm, zależnie od miejscowości. Niedobory te w wieloleciu 1991–2020 wykazały tendencję do pogłębiania się na Nizinie Szczecińskiej i w Wielkopolsce.
4. Mimo braku jednoznacznego zwiększania się liczby susz atmosferycznych wraz z upływem lat od 1991 do 2020, w latach 2015–2020 zaobserwowano dużą liczbę susz o zwiększonej intensywności.

LITERATURA

1. Bartoszek, K. (2023). *Susze atmosferyczne i glebowe – komentarz ekspercki*. https://www.umcs.pl/pl/aktualnosci,4622,susze-atmosferyczne-i-glebowe-komentarz-ekspercki,118958.chtm, [dostęp on-line: 20.08.2023].
2. Baryła, A., Hewelke, E., Stańczyk, T., Ptach, W. (2016). *Wskaźniki opadu atmosferycznego w rejonie Puczniewa*. Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 72: 156–166.
3. Bednorz, E. (2022). *Wprowadzenie. W: Atlas klimatu Polski (1991-2020)*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 7–11.
4. Doroszewski, A., Jóźwicki, T., Wróblewska, E., Kozyra, J. (2014). *Susza rolnicza w Polsce w latach 1961-2010*. Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB, ss.144.
5. Drupka, S. (1976). *Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni*. PWRiL Warszawa, ss.310.
6. Garnier, B.J. (1996). *Podstawy klimatologii*. IMGW Warszawa, s. 97–114.
7. Grabarczyk S. (1983). Melioracje rolne. Rozdział w pracy zbiorowej Podstawy agrotechniki pod red. W. Niewiadomskiego. PWRiL Warszawa, s.141–149.
8. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID). (2023). Annual Report 2021–2022, 87–91, https://icid-ciid.org/icid_data_web/ar_2021.pdf, [dostęp on-line 12.08.2023].

9. IPCC. (2023). *Climate change. Synthesis Report*, https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/ [dostęp on-line 16.08.2023].
10. Karaczun, Z.M., Kozyra, J. (2020). *Wpływ zmiany klimatu na bezpieczeństwo żywnościowe Polski*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ss.118.
11. Kossowska-Cezak, U., Martyn, D., Olszewski, K., Kopacz-Lembowicz, M. (2000). *Meteorologia i klimatologia. Pomiary, obserwacje, opracowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 88–108.
12. Kuchar, L., Iwański, S., Gąsiorek, E., Diakowska, E., (2015). *Simulation of hydrothermal conditions for crop production purpose until 2050–2060 and selected climate change scenarios for north central Poland*. Infrastructure and Ecology of Rural Areas, II/I, 319–334 (in Polish).
13. Kuśmierek-Tomaszewska, R., Dudek, S., Żarski, J., Januszewska-Klapa, K. (2018). *Temporal variability of drought in field crops in the Region of Kujawsko-Pomorskie, Poland*. Research for Rural Development, 2, 62–68, https://doi.org/10.22616/rrd.24.2018.052.
14. Kuśmierek-Tomaszewska, R., Żarski, J. (2021). *Assessment of meteorological and agricultural droughts occurrence in central Poland in 1961–2020 as an element of the climatic risk to crop production*. Agriculture 2021, 11, 855. https://doi.org/10.3390/agriculture11090855.
15. Łabędzki, L. (2006). *Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe Monografie, 17, ss. 107.
16. Łabędzki, L., (2007). *Estimation of local drought frequency in Central Poland using the standardized precipitation index SPI*. Irrigation and Drainage, 56, 67–77. https://doi.org/10.1002/ird.285.
17. Łabedzki, L. (2009). *Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3, 2009, 7–18.
18. Marszelewski, M., Piasecki, A. (2021). *Legal and water management policy during climate warming in Poland. Bulletin of Geography.* Socio-economic Series, 54, 63–75, http://doi.org/10.2478/bog-2021-0033.
19. Meier, J., Zabel, F., Mauser, W. (2018). *A global approach to estimate irrigated areas – a comparison between different data and statistics.* Hydrol. Earth Syst. Sci., 22, 1119–1133.
20. Meteomodel.pl, https://meteomodel.pl/dane/srednie-miesieczne/, [dostęp on-line 12.07.2023].
21. Rzekanowski, C., Żarski, J., Rolbiecki, S. (2011). *Potrzeby, efekty i perspektywy nawadniania roślin na obszarach szczególnie deficytowych w wodę*. Postępy Nauk Rolniczych, 1, 51–63.

22. Rzekanowski, C. (2023). *Źródła wody do nawodnień i możliwości ich pozyskiwania – głos w dyskusji*. Materiały konferencyjne XXV Sympozjum Nawadniania Roślin, 12–15.06.2023, Bydgoszcz-Fojutowo, 27–28.
23. Żarski, J., (2011). *Tendencje zmian klimatycznych wskaźników potrzeb nawadniania roślin w rejonie Bydgoszczy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, 29–37.

Autor do korespondencji:: dr inż. Renata Kuśmierek-Tomaszewska
ORCID: 0000-0002-2333-376X
email: rkusmier@pbs.edu.pl

Prof. dr hab inż. Jacek Żarski
ORCID: 0000-0002-5098-4242,

Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich
Pracownia Melioracji i Agrometeorologii
Al. Prof. S. Kaliskiego 7
85-796 Bydgoszcz

Otrzymano: 31.08.2023 r.
Zwrócono po recenzji: 16.10.2023 r.
Zaakceptowano: 18.10.2023 r.