INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 7/2011, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 121–132
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Małgorzata Kępińska-Kasprzak, Przemysław Mager, Monika Terlecka

ZMIENNOŚĆ WYBRANYCH ELEMENTÓW KLIMATYCZNYCH I HYDROLOGICZNYCH W KONTEKŚCIE DOSTĘPNOŚCI WODY DLA POTRZEB ROŚLIN UPRAWNYCH

VARIABILITY OF CHOSEN CLIMATIC AND HYDROLOGICAL ELEMENTS IN PLANTS WATER NEEDS CONTEXT

Streszczenie

Susze atmosferyczne i hydrologiczne są cechą charakterystyczną środowiska naturalnego Polski. Obserwowane w ciągu ostatnich 20-30 lat zmiany warunków meteorologicznych i hydrologicznych mogą wpływać na wzrost częstości i natężenia tego zjawiska. Wszystkie te czynniki oddziałują z kolei negatywnie na ilość wody dostępnej dla roślin. To może być przyczyną bardzo poważnych problemów dla rolnictwa, w szczególności w tych regionach Polski, w których produkcja roślinna odgrywa istotną rolę. Jednym z takich regionów jest Wielkopolska.

W artykule przedstawiono zmiany w czasie wartości wskaźników hydrologiczno-meteorologicznych, które mogą mieć wpływ na produkcję roślinną w województwie Wielkopolskim. Podstawą analizy były dane ze stacji meteorologicznych i hydrologicznych dla okresu wegetacyjnego (kwiecień-wrzesień) dla lat 1966-2005. Wyniki analiz wskazują, że zmiany opadów i w konsekwencji odpływu, były małe i statystycznie nie istotne. Trendy temperatury powietrza, usłonecznienia rzeczywistego oraz ewapotranspiracji były dodatnie i statystycznie istotne. W wyniku tych zmian, obniżyły się wartości klimatycznego bilansu wodnego. Kierunek zmian analizowanych wskaźników na obszarze Wielkopolski wskazuje, że deficyt wody dostępnej dla roślin w okresie wegetacyjnym pogłębia się.

Słowa kluczowe: Wielkopolska, okres wegetacyjny, niedobory wody, klimat, hydrologia

Summary

Atmospheric and hydrological droughts are characteristic feature of natural environment in Poland. Observed changes of meteorological and hydrological conditions during the last 20-30 years may strengthen this phenomenon. Meteorological and hydrological factors can influence negatively the amount of water accessible for plants needs causing very serious problems for agriculture, especially in these regions of Poland where crop production is the basis of economy. One of such a regions is Wielkopolska.

The main aim of this article is the analysis of trends of hydro-meteorological indexes which can influence plant production in Wielkopolska Voivodship. The analysis is based on data from hydro-meteorological stations for growing season (April-September) covering years 1966-2005. The results of the analysis show that changes of precipitation, and as a consequence – runoff, were small and statistically not significant. The trends of the air temperature, sunshine duration and evapotranspiration were positive and statistically significant. As a result of these changes, the values of climatic water balance decreased. Direction of changes of the described indices in the Wielkopolska region indicates that water deficit during growing season will continue to worsen.

Key words: *Wielkopolska, growing season, water scarcity, climate, hydrology*

WSTĘP

Rolnictwo od zarania dziejów było tą sferą działalności człowieka, na którą największy wpływ miały warunki naturalne. W miarę postępu wiedzy oraz rozwoju technicznego wspomagającego produkcję rolną, uzależnienie efektów tej produkcji od warunków naturalnych nieco redukowano, niemniej jednak klimat i pogoda będą zawsze decydowały o wielkości i jakości plonów uprawianych roślin. Powszechnie zauważane w ostatnich dziesięcioleciach zmiany klimatyczne powodują konieczność podejmowania prób oceny tego co mogą przynieść najbliższe dziesięciolecia. Wnioski z takich analiz pozwolą formułować wskazania mające na celu przeciwdziałanie negatywnym skutkom oraz ukierunkować na działania adaptacyjne w produkcji rolniczej do nowych, zmienionych warunków klimatycznych.

Szczególną uwagę w ostatnich latach zwraca się na zmiany pogodowe, podczas których częstsze występowanie zjawisk ekstremalnych jest wyraźnie odczuwalne, zwłaszcza w rolnictwie, powodując niejednokrotnie ogromne straty. Jest to szczególnie dotkliwe w tych regionach kraju ,gdzie rolnictwo jest znaczącą gałęzią gospodarki. Do takich obszarów należy m.in. Wielkopolska, w której pomimo stosunkowo niekorzystnych warunków naturalnych rolnictwo stanowi istotny dział gospodarki narodowej.

Mając powyższe na uwadze, autorzy pracy postawili sobie za cel określenie kierunku zmian wybranych wskaźników hydrologiczno-meteorologicznych w latach 1966-2005 na obszarze województwa Wielkopolskiego. Analizie pod-

dano wskaźniki charakteryzujące dostępność wody dla roślin w okresie wegetacyjnym.

OBSZAR BADAŃ

Badaniami objęto obszar Wielkopolski. Ze względu na dużą zbieżność jej granic historycznych z obecnym podziałem administracyjnym, zróżnicowanie przestrzenne badanych wskaźników przedstawiono w granicach województwa wielkopolskiego. Bardzo dobrze rozwinięte rolnictwo powoduje, że Wielkopolska należy do czołowych producentów żywności w Polsce. Środowisko naturalne nie jest jednak tutaj optymalne dla produkcji roślinnej. W województwie wielkopolskim przeważają gleby bielicowe i rdzawe (ok. 60%) o niskiej zdolności retencyjnej i niewielkim zasobie składników odżywczych. W połączeniu z niskimi sumami opadów atmosferycznych (ok. 500-550mm rocznie), które cechują się tu dużą nieregularnością w czasie, zagrożenie poważnymi stratami w plonach jest tu znaczne.

METODYKA

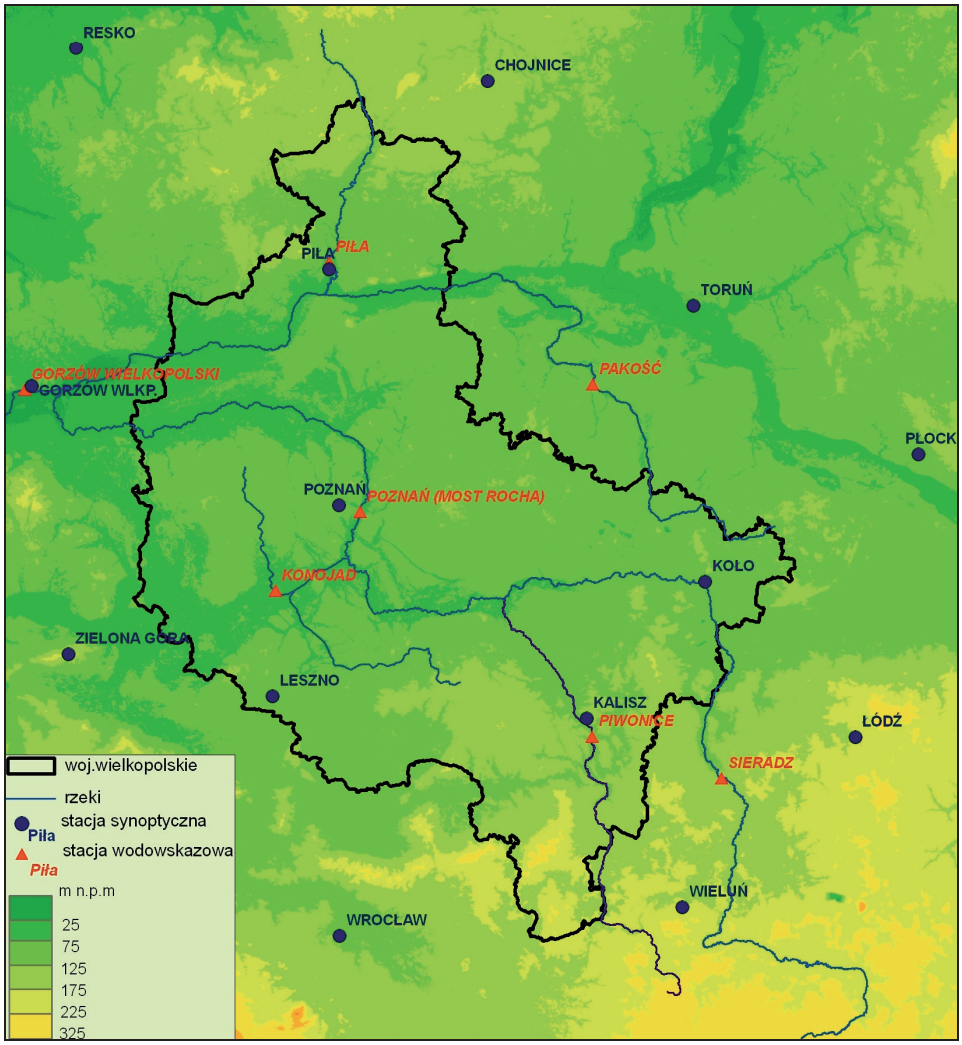
W pracy wykorzystano materiały pomiarowe z okresu 1966-2005. Obserwowane przez różne ośrodki naukowe ocieplenie zaczęło w sposób wyraźny zaznaczać się w Polsce od połowy lat osiemdziesiątych XX wieku [Kożuchowski Żmudzka 2001, Michalska 2010]. W celu uchwycenia kierunku i natężenia zachodzących zmian przedział czasowy 1966-2005 podzielono na dwa dwudziestolecia: 1966-85 (wcześniejsze „chłodniejsze") oraz 1986-2005 („cieplejsze" - charakteryzujące obserwowane ocieplenie).

Analizowano okresy wegetacyjne, przyjmowane jako przedział miesięcy od kwietnia do września włącznie. Obliczono dla nich odpowiednio sumy lub wartości średnie elementów klimatycznych i hydrologicznych.

Kierunek i wielkość zmian analizowanych elementów badano obliczając równania regresji prostoliniowej. Ocenę stopnia istotności statystycznej równań regresji dokonano przy pomocy testu t-Studenta na poziomie istotności α=0,05 oraz α=0,10. Poziom istotności α=0,10 przyjęto jako pomocniczy w celu uzyskania dodatkowych informacji na temat stopnia sprawdzalności postawionej hipotezy w przypadku wskaźników wykazujących słabszą zmienność w czasie.

W opracowaniu wykorzystano wartości elementów meteorologicznych z 5 stacji synoptycznych położonych na terenie województwa oraz 9 w bezpośrednim jego sąsiedztwie tak by można było uzyskać podstawy do wnioskowania o zmienności przestrzennej elementów klimatu na całym analizowanym obszarze. Zmienność warunków hydrologicznych analizowano na podstawie danych z 7 profili wodowskazowych zlokalizowanych na Warcie i jej dopły-

wach w granicach województwa lub bliskim jego sąsiedztwie. Do analiz hydrologicznych wybrano profile umiejscowione w różnych rejonach fizycznogeograficznych Wielkopolski w celu uzyskania obrazu zmian warunków hydrologicznych na terenie całego regionu.



Rysunek 1. Lokalizacja stacji synoptycznych i wodowskazowych
Figure 1. Locations of synoptic and water gauge stations

W pracy starano się poddać analizie te wskaźniki, które wpływają na kształtowanie się ilości wody dostępnej dla roślin podczas okresu wegetacyjnego. Zwrócono uwagę na zmiany w kształtowaniu się warunków termicznych (średnia temperatura powietrza oraz liczba dni charakterystycznych pod względem termicznym: gorących ($T_{max} \geq 25^oC$), upalnych ($T_{max} \geq 30^oC$) i przymrozkowych ($T_{min} < 0^oC$), higrycznych (suma opadów atmosferycznych oraz liczba dni z opadem ≥3mm i ≥20mm) oraz solarnych (usłonecznienie rzeczywiste) na analizowanym obszarze.

W celu oceny warunków kształtujących wilgotność gleby obliczono także klimatyczny bilans wodny. Wskaźnik ten jest określany także jako klimatyczny deficyt wody lub niedobór opadów atmosferycznych, w przypadkach kiedy przyjmuje wartości ujemne [Kuźniar i in. 2004]. Wartości klimatycznego bilansu wodnego (KBW) obliczono wg wzoru:

$$KBW = O - E$$

gdzie:

KBW – klimatyczny bilans wodny [mm],
O – opad atmosferyczny zmierzony (na wysokości 2m nad powierzchnię terenu) [mm],
E – parowanie [mm].

Do obliczeń KBW przyjęto miesięczne sumy opadów atmosferycznych oraz miesięczne sumy parowania obliczone jako wartości parowania wskaźnikowego wg wzoru zaproponowanego przez Baca [Bac 1979]:

$$E = 3d\sqrt{v} + 4Q$$

gdzie:

E – parowanie wskaźnikowe w mm - umowna wielkość oznaczająca maksymalne możliwe parowanie z danej powierzchni przy zapewnieniu jej stałego nasycenia wodą,
d – średnia wartość niedosytu wilgotności powietrza w hPa na wysokości 2m, charakteryzująca możliwość wchłaniania pary wodnej przez atmosferę,
v – średnia prędkość wiatru na wysokości 10m w m/s, charakteryzująca szybkość wymiany powietrza nasyconego parą wodną z powietrzem mniej nasyconym,
Q – suma miesięczna promieniowania całkowitego w kcal, charakteryzująca ilość energii cieplnej dostarczonej do powierzchni obliczona przy zastosowaniu wzoru Blacka [Kuczmarska, Paszyński 1964].

Zmienność warunków hydrologicznych analizowano na podstawie zmian wielkości odpływu jednostkowego. Podobnie jak w przypadku elementów meteorologicznych, kierunek ewentualnych zmian zbadano przy pomocy regresji prostoliniowej. Równania regresji obliczono dla wartości minimalnych, średnich oraz maksymalnych w poszczególnych miesiącach kolejnych okresów wegetacyjnych wielolecia 1966-2005 oraz 1966-1985 i 1986-2005.

WYNIKI ANALIZ

Warunki klimatyczne. W pierwszym analizowanym 20-leciu, na terenie Wielkopolski obserwowany był słaby, nieistotny statystycznie spadek średniej temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym. W połowie lat 80-tych XX wieku miała miejsce wyraźna zmiana tendencji. Od tego momentu nastąpił wyraźny wzrost temperatury powietrza, który osiągnął wartość 0,6-0,8^{o}C/dekadę. Wzrost ten w latach 1996-2005 był statystycznie istotny na poziomie α=0,05.

Przebieg zmienności liczby dni gorących ($T_{max} \geq 25^{o}$C) oraz liczby dni upalnych ($T_{max} \geq 30^{o}$C) był podobny na wszystkich stacjach. W pierwszym dwudziestoleciu miał miejsce powolny spadek, a w drugim wyraźny wzrost liczby takich dni. W przypadku liczby dni przymrozkowych ($T_{min} < 0^{o}$C) największa ich liczba występowała na początku analizowanego czterdziestolecia, a najmniejsza w różnych latach ostatniego dwudziestolecia. Obserwowane zmiany w przypadku liczby dni gorących były statystycznie istotne na poziomie α=0,05 na ponad 90% analizowanych stacji, w przypadku liczby dni upalnych na 80% stacji, natomiast w przypadku liczby dni przymrozkowych na połowie stacji.

W ostatnich kilkudziesięciu latach podobny przebieg zmienności wykazywało usłonecznienie rzeczywiste. W okresie 1986-2005 przyrost liczby godzin ze słońcem był na wielu stacjach istotny statystycznie i wynosił ponad 70 godzin na dekadę.

Postępujący przyrost temperatury powietrza oraz usłonecznienia rzeczywistego wpłynął na przebieg parowania. W latach 1966-85 zmiany sum parowania były nieistotne statystycznie, przy czym występowały obszary, na których sumy parowania malały, i obszary na których rosły (przede wszystkim na południowym-wchodzie). W drugim 20-leciu prawie na całym obszarze zaznaczył się trend rosnący sum parowania, istotny statystycznie na poziomie α=0,05 na stacjach położonych w środkowej i północno-wschodniej części analizowanego obszaru. W przypadku całego 40-lecia trend rosnący sum parowania wystąpił w całej Wielkopolsce. Był on istotny statystycznie na stacjach położonych w południowej i wschodniej części analizowanego terenu. Tutaj też, w niektórych rejonach, przyrost sum parowania przekroczył 20mm/dekadę.

Tabela 1. Zmiany analizowanych elementów klimatycznych w Wielkopolsce w latach 1966-2005

Table 1. Changes of the analyzed climate parameters in Wielkopolska in 1966-2005

Wskaźnik	Współczynniki równań regresji								
	1966-2005			1966-1985			1986-2005		
	Znak współcz.	Poziom istotności		Znak współcz.	Poziom istotności		Znak współcz.	Poziom istotności	
		0,10	0,05		0,10	0,05		0,10	0,05
Suma opadów	- (+)			- (+)			- +		
Liczba dni ≥ 3 mm	- (+)			- (+)			- +		
Liczba dni ≥ 20 mm	- (+)			- (+)			- +		
Śr. temp. powietrza	+			-			+		
Liczba dni $T_{min} < 0^oC$	-			- +			- +		
Liczba dni $T_{max} \geq 25^oC$	+			-			+		
Liczba dni $T_{max} \geq 30^oC$	+			- ((+))			+		
Usłoneczn. rzeczywiste	+			- +			+		

	trend nieistotny statystycznie
	trend istotny statystycznie na poziomie 0,10
	trend istotny statystycznie na poziomie 0,10 na niektórych stacjach
	trend istotny statystycznie na poziomie 0,05
	trend istotny statystycznie na poziomie 0,05 na niektórych stacjach

znak współczynnika:	
"+" lub "-"	- jednakowy na całym analizowanym obszarze
"(+)"	- dodatni na mniej niż połowie analizowanego obszaru
"((-))"	- ujemny na niewielkich fragmentach analizowanego obszaru

Źródło: Mager, Kępińska-Kasprzak 2010

Wzrost sum parowania, a tym samym zwiększony ubytek wody z warstwy glebowej nie został jednak zrekompensowany przez wzrost opadów atmosferycznych. W analizowanym przedziale czasowym występowały obszary, na których pojawiała się tendencja do słabych wzrostów sum opadów, jak i obszary na których występowały ich spadki. Ze względu na dużą zmienność tego elementu w czasie, obserwowane zmiany były we wszystkich wypadkach nieistotne statystycznie. Największe spadki opadów o ponad 10mm/dekadę wykazywał trend 40-letni na terenie południowej Wielkopolski.

Podobnie nieistotne statystycznie okazały się zmiany liczby dni z opadem ≥3mm oraz liczby dni z opadem ≥20mm. W większości przypadków (prawie 2/3 stacji) wysoka liczba dni z takimi dobowymi sumami opadów wystąpiła w połowie pierwszego dwudziestolecia oraz ponownie w pierwszej połowie drugiego dwudziestolecia.

Pod wpływem zmian parowania i opadów kształtowały się wartości klimatycznego bilansu wodnego. W pierwszym oraz drugim 20-leciu, prawie na całym obszarze występował nieistotny statystycznie spadek wartości tego wskaźnika. Analiza danych z całego 40-lecia wskazała na występowanie trendu ujemnego na terenie województwa, istotnego statystycznie na stacjach położonych na południowy-wschód od analizowanego obszaru. W południowej części Wielkopolski spadek wartości klimatycznego bilansu wodnego osiągnął wartości przekraczające 30mm/dekadę.

Różnice w wartościach analizowanych elementów klimatu (tabela 1) jakie uwidoczniły się pomiędzy dwoma kolejnymi dwudziestoleciami 1966-85 oraz 1986-2005 pozwalają zwrócić uwagę na różnokierunkowe co do znaku zmiany sum opadów atmosferycznych - w jednych rejonach słabe wzrosty, w innych silniejsze spadki, wzrost średnich sum parowania na całym obszarze i w konsekwencji, spadki sum klimatycznego bilansu wodnego. Generalnie, uzyskane wyniki wskazują na przewagę obszarów, na których w ostatnich dwudziestu latach zmniejszyły się zasoby wody mogące być wykorzystane w produkcji roślinnej.

Warunki hydrologiczne. Wartości średniego odpływu jednostkowego w okresie wegetacyjnym czterdziestolecia 1966-2005 wykazywały we wszystkich analizowanych profilach wodowskazowych trend ujemny, jednakże nieistotny statystycznie. Na uwagę zasługuje fakt, że w pierwszym 20-leciu w większości profili wodowskazowych odnotowano trend dodatni (nieistotny statystycznie). Oznacza to, że wielkość przepływu rzek w analizowanych częściach województwa wielkopolskiego, nieznacznie rosła, choć równocześnie obserwowano dużą jej zmienność z roku na rok. Jedynie w dwóch profilach (Konojad i Pakość) odnotowano słaby trend ujemny, również nieistotny statystycznie. W drugim dwudziestoleciu (1986-2005) tendencja ta nie była już tak jednoznaczna: w części profili zaobserwowano trend rosnący, a w części - malejący. Jednak wszystkie te zmiany były nieistotne statystycznie. Natomiast wyraźnie w tym 20-leciu można zaobserwować wyjątkowo niskie odpływy we wszystkich profilach na początku lat dziewięćdziesiątych oraz po roku 2002. W obu przypadkach było to wynikiem wyjątkowo długotrwałych i rozległych susz, które przyniosły ogromne straty gospodarcze, zwłaszcza w rolnictwie nie tylko w Wielkopolsce, ale w innych regionach Polski.

Kierunek zmian wartości minimalnych odpływów jednostkowych w okresie wegetacyjnym analizowanego 40-lecia miał nieco odmienny przebieg niż w przypadku wartości odpływu średniego. W niektórych profilach odnotowano wzrost, a w niektórych spadek odpływów minimalnych, choć zmiany te nie były istotne statystycznie. Oznacza to, że zmiana wielkości minimalnego odpływu jednostkowego nie zawsze korespondowała z kierunkiem zmian odpływu średniego. Analogiczną sytuację zaobserwowano w dwudziestoleciu 1986-2005.

Maksymalne odpływy jednostkowe w okresie wegetacyjnym na terenie Wielkopolski układały się w sposób bardzo zbliżony do średnich odpływów. W latach 1966-2005 na całym analizowanym obszarze element ten wykazywał tendencję malejącą. Natomiast pierwsze 20-lecie było pod względem maksymalnych odpływów jednostkowych bardziej zróżnicowane. W większości profili wodowskazowych odnotowano trend dodatni, a w części - trend ujemny. Natomiast w drugim z analizowanych podokresów zaczął dominować trend ujemny, choć w niektórych profilach obserwowano tendencje wzrostową. Niemniej we wszystkich przypadkach zmiany wartości odpływów maksymalnych były nieistotne statystycznie.

Opisane powyżej kierunki zmian odpływów jednostkowych i ich istotność statystyczną przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zmiany analizowanych elementów hydrologicznych w Wielkopolsce w latach 1966-2005
Table 2. Changes of the analyzed hydrological parameters in Wielkopolska in 1966-2005

Wskaźnik	Współczynniki równań regresji								
	1966-2005			1966-1985			1986-2005		
	Znak współcz.	Poziom istotności		Znak współcz.	Poziom istotności		Znak współcz.	Poziom istotności	
		0,10	0,05		0,10	0,05		0,10	0,05
Średni odpływ jednostkowy	-			+ ((-))			- (+)		
Min odpływ jednostkowy	- (+)			+ (-)			- (+)		
Max odpływ jednostkowy	-			+ (-)			- (+)		
		trend nieistotny statystycznie							
		znak współczynnika:							
		"+" lub "-"	- jednakowy na całym analizowanym obszarze						
		"(+)"	- dodatni na mniej niż połowie analizowanego obszaru						
		"((-))"	- ujemny na niewielkich fragmentach analizowanego obszaru						

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują na nieistotne statystycznie zmiany sum opadów atmosferycznych - równoczesne wzrosty jak i ich spadki na sąsiadujących ze sobą obszarach w Wielkopolsce. Wyraźniej zarysowują się, zgodne na całym obszarze, wzrosty sum parowania, statystycznie istotne na niektórych stacjach na poziomie α=0,05. Następstwem powyższego był ujemny trend wartości klimatycznego bilansu wodnego, który występował we wszystkich analizowanych okresach. W ciągu 40-stu lat wartości klimatycznego bilan-

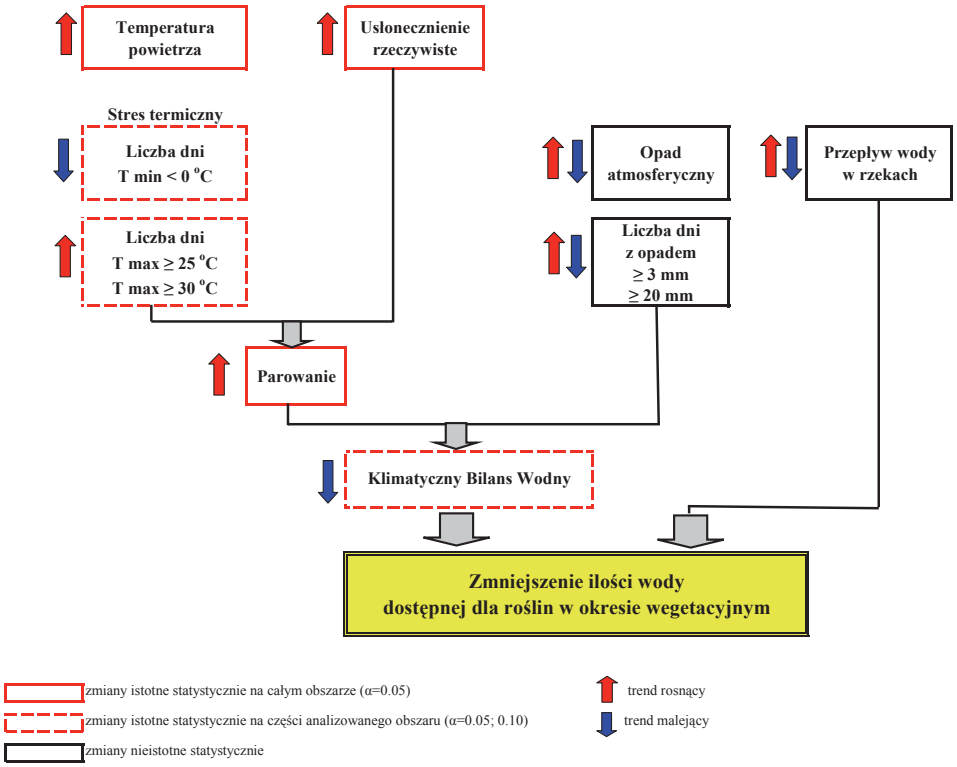
su wodnego najsilniej bo o ponad 80 mm (co stanowi ponad 20% średniej rocznej sumy opadów na tym obszarze) obniżyły się w południowej i południowowschodniej części analizowanego obszaru. W odniesieniu do tego rejonu możemy więc mówić o wyraźnym spadku ilości wody dostępnej w procesie produkcji rolniczej. Na uwagę zasługuje także środkowo-wschodnia Wielkopolska, gdzie co prawda spadki klimatycznego bilansu wodnego są nieco niższe, ale jest to z kolei obszar, na którym średnie wieloletnie wartości tego wskaźnika należą do najniższych w Polsce [Rojek 1994].

Rozkład przestrzenny zmian wielkości odpływów jednostkowych w Wielkopolsce oraz odmienne co do znaku trendy, we wszystkich przypadkach nieistotne statystycznie, nie pozwalają na sformułowanie wniosku o regionalizacji tych zmian. Ze względu na fakt, iż wielkość odpływów zależy głównie od zasilania powierzchniowego, to zmienność opadów ma decydujący wpływ na ewentualny trend odpływów. Niewielkie zmiany opadów nie przekraczały w analizowanym czterdziestoleciu 5mm/dekadę, przy równoczesnej przewadze obszarów, na których dominował ich trend ujemny (nieistotny statystycznie). Sytuacja ta znalazła swoje odbicie w wielkości odpływów na badanym terenie. W omawianym czterdziestoleciu (1966-2005) oraz drugim dwudziestoleciu (1986-2005) w Wielkopolsce przeważał trend ujemny minimalnych oraz średnich i maksymalnych wartości odpływów jednostkowych. Jedynie w pierwszym z analizowanych podokresów (1966-1985) na niektórych obszarach przeważał trend dodatni. Można zatem stwierdzić, że nieznaczna tendencja malejąca odpływów jednostkowych w okresie wegetacyjnym wykazywała silny związek z kierunkiem zmian wielkości opadów atmosferycznych.

Całość omówionych powyżej zmian czynników klimatycznych i hydrologicznych zestawiono schematycznie na rysunku 2.

Przeprowadzone analizy wykazały, że na spadek sum klimatycznego bilansu wodnego w okresie wegetacyjnym ma wpływ przede wszystkim wzrost parowania. Zmiany parowania są z kolei skorelowane dodatnio z temperaturą powietrza. Dalsze przewidywania opierające się na scenariuszach zmian klimatu wskazują na utrzymywanie się wzrostu temperatury powietrza przynajmniej przez najbliższe kilkudziesięciu lat. Tak więc w przeciwieństwie do opadów atmosferycznych możemy się spodziewać dalszego wzrostu parowania z powierzchni ziemi, a w efekcie zmniejszać się będzie ilość wody, która może być wykorzystana w produkcji roślinnej. Ze względu na uwarunkowania historyczne w gospodarce wodnej Wielkopolski tj. przewagę melioracji odwadniających nad nawadniającymi, uwarunkowania naturalne tj. niskie sumy opadów atmosferycznych i wysoki stopień zagrożenia częstym występowaniem susz atmosferycznych i hydrologicznych oraz brak spójnej polityki w zakresie gospodarki wodnej (m.in. brak ujednoliconych wojewódzkich „Programów małej retencji", częsty brak środków finansowych na konsekwentną realizację już zatwierdzonych inwestycji w tym zakresie itp.) oraz prawdopodobne zmniejszanie się ilości

wody w wyniku rosnącego parowania, dostępność wody na potrzeby produkcji roślinnej może ulec dalszemu pogorszeniu. Liczna grupa uczonych podkreśla, że obserwowane aktualnie tendencje są względnie trwałe i mogą jeszcze w przyszłości ulec pogłębieniu [Contribution of Working…, 2008; Impacts of Europe's…, 2004; Kundzewicz Z.W. Kowalczak P., 2008]. Wskazuje to na pilną konieczność podjęcia zdecydowanych działań adaptacyjnych produkcji rolniczej (m.in. poprzez wprowadzenie właściwych metod agrotechniki, ochronę gleb i użytków rolnych, wprowadzanie nowych odmian roślin, opracowanie nowych technologii itd.) i inwestycyjnych w sferze gospodarki wodnej (obiekty małej retencji, budowa i odbudowa nawadniających systemów melioracyjnych itp.).



Rysunek 2. Kierunki zmian wybranych elementów środowiska w okresie wegetacyjnym na obszarze Wielkopolski w latach 1966-2005
Figure 2. Change trends of selected environmental elements during growing season in the area of Wielkopolska in 1966-2005

BIBLIOGRAFIA

Bac S. *Próba określenia klimatycznego bilansu wodnego Ziemi Kłodzkiej*. [w:] *Zasoby wodne Ziemi Kłodzkiej*. PAN Oddział we Wrocławiu, Komisja Nauk o Ziemi, Wrocław 1979, s. 7–24.

Impacts of Europe's changing climate. EEA report, No 2/2004.

Kundzewicz Z.W. Kowalczak P. Zmiany klimatu i ich skutki. Wydawnictwo Kurpisz S.A., Poznań 2008, s. 40-43.

Kożuchowski K., Żmudzka E. *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. Przegląd Geofizyczny, T. XLVI, z. 1-2, Warszawa 2001, s. 81-90.

Kuczmarska L., Paszyński J. *Rozkład promieniowania całkowitego na obszarze Polski*. Przegląd Geograficzny, T. XXXVI, z. 4, Warszawa 1964, s. 691-701.

Kundzewicz Z.W. Kowalczak P. Zmiany klimatu i ich skutki. Wydawnictwo Kurpisz S.A., Poznań 2008, s. 40-43.

Kuźniar A., Twardy S., Kopacz M. *Zmienność czasowa klimatycznego bilansu wodnego Małych Pienin w latach 1960-2003*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 4, z. 2b, Falenty 2004, s. 135-146.

Mager P., Kępińska-Kasprzak M. *Variability of selected climatic indices during vegetation period in Wielkopolska*. [w:] Leśny J. (red.), *Climate change research*. Acta Agrophysica, 183 (4), Lublin 2010, s. 9-21.

Michalska B. *The tendencies of air temperature changes in Poland*. Sbornik prispevku z mezinarodni konference Bioklima 2010, Praha 2010, s. 79-80.

Rojek M. *Rozkład przestrzenny klimatycznych bilansów wodnych na terenie Polski w okresie 1951-1990*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Inżynieria środowiska, VI, Nr 243, Wrocław 1994.

Mgr Małgorzata Kępińska-Kasprzak,
Mgr Przemysław Mager,
Mgr inż. Monika Terlecka
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
Oddział w Poznaniu
Ośrodek Badań Regionalnych i Agrometeorologii
ul. Dąbrowskiego 174/176,
60-594 Poznań
pgw@imgw.pl
tel. 61 84-95-102

Recenzent: *Prof. dr hab. Krzysztof Ostrowski*