

Leszek Łabędzki

**PRZEWIDYWANE ZMIANY KLIMATYCZNE
A ROZWÓJ NAWODNIEŃ W POLSCE**

***FORESEEN CLIMATE CHANGES
AND IRRIGATION DEVELOPMENT IN POLAND***

Streszczenie

Zmiany klimatu będą wywierać silny wpływ na rolnictwo. Przeważa pogląd, że w skali ogólnej spodziewane zmiany polegające na globalnym ociepleniu przyniosą korzystne efekty w gospodarce rolnej, bowiem zwiększy się potencjał produkcyjny rolnictwa. W Polsce należy się spodziewać wzrostu temperatury o około 2–4°C. Konsekwencją tego wzrostu będą sezonowe zmiany ilościowe opadów atmosferycznych i natężenie ekstremalnych zjawisk pogodowych. Większość scenariuszy dla Polski nie przewiduje wzrostu sumy opadów w ciągu roku. Można natomiast spodziewać się wzrostu opadów zimowych, a zmniejszenia opadów letnich. Spowoduje to nadmierne uwilgotnienia gleby w okresie wczesnowiosennym i potrzebę odprowadzenia tej wody przez systemy drenarskie oraz przesuszenie gleb w okresie letnim i potrzebę nawodnień.

Przewidywany wzrost natężenia i częstotliwości susz może spowodować wzrost deficytów wody w rolnictwie. Susze stają się w ostatnich latach coraz bardziej dokuczliwe, a przesuszenie wielu obszarów jest wyraźne. Jednocześnie dopuszcza się do bardzo głębokiego kryzysu nawodnień w Polsce. W chwili obecnej w Polsce nawodnienia odgrywają znikomą rolę, zarówno w produkcji rolnej, jak i gospodarce wodnej. Są stosowane zaledwie na około 0,5% powierzchni użytków rolnych (łącznie wszystkie rodzaje nawodnień).

Możliwe zwiększenie deficytów wody w rolnictwie w wyniku zmian klimatu może utrwalić obecne trendy rozwoju nawodnień. Znaczenie nawodnień w polskim rolnictwie powinno wzrastać wraz z intensyfikacją rolnictwa i negatywnymi skutkami zmian klimatu.

Słowa kluczowe: zmiany klimatu, nawodnienia, susza

Summary

Uncertainties as to how the climate will change and how it will influence the necessities and trends of irrigation development are the serious questions to be answered in the near future. How irrigation and water systems will have to adapt to climate changes is the challenge that planners, designers and O&M services will have to cope with.

It is widely accepted that air temperature will increase of 2–4°C in Poland. Changes in total seasonal precipitation or its pattern of variability are both important. There is rather an agreement that total yearly precipitation will not be changed but its pattern in the year will change towards greater amount in winter and less in summer. Moreover, evapotranspiration and crop water demands can increase due to increased temperatures and the extent of the length of growing season. Thus soil moisture can be depleted more quickly during the growing season, while surface runoff and groundwater recharge decreased.

Due to climate change and related extreme meteorological and hydrological events (droughts), it is indispensable to review planning principles, design criteria, operating rules, contingency plans and management policies for water infrastructures and to stress the role of irrigation and agricultural water management to control extreme meteorological and hydrological events due to climate change.

Nowadays the role of irrigation in agriculture is marginal because of very small irrigated area (0.5% of the total agricultural land area). During the recent years, as well as in the years to come, three main factors will exert an accelerating influence on the development of irrigation: increased frequency and intensity of droughts and long-lasting precipitation-free periods with the high insolation and high air temperatures; the intensification of agricultural production (e.g. in horticulture, orchards, seed crops), being forced by the internal domestic and all-European free-market competition; the necessity of reaching high quality of the majority of agricultural products.

To mitigate negative effects of extreme events the appropriate adaptation methods and adaptation strategies should be developed and implemented in existing irrigation and water control systems. Number of technical and organisational actions should be undertaken for the improvement of operation, management, administration and decision making.

Key words: *climate changes, irrigation, drought*

WSTĘP

Już obecnie, jak i w najbliższej przyszłości, polskie rolnictwo staje przed wyzwaniem wzrostu ryzyka produkcji spowodowanego zmianami klimatycznymi, objawiającymi się zmianami rozkładu opadów, temperatury, częstości pojawiania się ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz ograniczeniami w dostępności zasobów wodnych i glebowych.

Zmiany klimatu będą wywierać silny wpływ na rolnictwo, ale w środowisku naukowym brak jedności i do dziś nie ma jasności na temat kierunków tego oddziaływania. Przeważa jednak pogląd, że w skali ogólnej spodzie-

wane zmiany, polegające na globalnym ociepleniu, przyniosą korzystne efekty w gospodarce rolnej. Konsekwencją wzrostu temperatury będą sezonowe zmiany ilościowe opadów atmosferycznych.

W tym kontekście pojawia się pytanie, jak te przewidywane zmiany klimatyczne wpłyną na potrzeby wodne roślin, na ile zmienią stosunki wodne gleb i dostępność wody glebowej dla roślin, czy wzrosną potrzeby nawodnień w postaci zwiększenia powierzchni nawadnianej i zapotrzebowania wody do nawodnień. Jeśli te zmiany będą istotne, to w jakim kierunku powinny i mogą rozwijać się nawodnienia w Polsce.

Poniższy artykuł podejmuje próbę – w pewnym niewielkim zakresie – odpowiedzi na powyższe pytania.

OBECNY STAN NAWODNIEŃ W POLSCE

Nawodnienia w Polsce mają charakter interwencyjny i uzupełniają okresowy niedobór opadów. Są potrzebne w krótszych, bądź dłuższych okresach w czasie trwania okresu wegetacyjnego, szczególnie w regionach, w których występują częste i silne susze. Można przyjąć, że statystycznie raz na 3 lata istnieje potrzeba stosowania nawodnień. Występują lata, kiedy nawodnienia nie są potrzebne, jednak w latach takich jak np. 1992 i 2000, kiedy około 40% powierzchni kraju było dotknięte ekstremalnymi suszami, powodującymi średni spadek plonu roślin uprawnych o 10–40% w porównaniu z rokiem normalnym, mają ogromne znaczenie [Łabędzki 2006]. Susze stają się w ostatnich latach coraz bardziej dokuczliwe, a przesuszenie wielu obszarów jest wyraźne. Jednocześnie wystąpił bardzo głęboki kryzys nawodnień w Polsce. W chwili obecnej nawodnienia odgrywają zarówno kraju znikomą rolę zarówno w produkcji rolnej, jak i gospodarce wodnej. Są stosowane zaledwie na około 0,5% powierzchni użytków rolnych (łącznie wszystkie rodzaje nawodnień).

Całkowita powierzchnia wyposażona w urządzenia nawadniające wynosi około 415 000 ha, z czego 365 000 ha stanowią systemy nawodnień grawitacyjnych na trwałych użytkach zielonych i 49 000 ha nawodnienia ciśnieniowe na polach ornych [Rocznik Statystyczny 2008]. W rzeczywistości nawadnia się o wiele mniejszą powierzchnię użytków rolnych. W wyniku zmian ustrojowych i ekonomicznych [Łabędzki 2007] powierzchnia ta drastycznie (o około 75%) zmniejszyła się od początku lat 90. ubiegłego wieku – z 300 000 ha w 1990 r. do 80 000 ha w 2007 r., z czego 75 000 ha są to nawodnienia podsiątkowe trwałych użytków zielonych w dolinowych systemach melioracyjnych i zaledwie 4600 ha – nawodnienia ciśnieniowe deszczowniane (tab. 1) [Ochrona Środowiska 2008]. Ocenia się, że mikronawodnienia stosuje się na około 5000–10 000 ha, głównie w uprawach sadowniczych i warzywniczych. Pobór wody do nawodnień wynosi około 100 hm³ i od 1990 r. zmniejszył się o 83% (tab. 1).

Tabela 1. Powierzchnia nawadniania i pobór wody do nawodnień w Polsce
[Ochrona Środowiska 2008]
Table 1. Irrigated area and water withdrawal for irrigation in Poland
[Environmental Protection 2008]

Rok	Razem	Rodzaj nawodnień				
		podsiąkowe	deszczowniane	mikronawodnienia	zalewowe	stokowe
Powierzchnia (ha)						
1990	301 500	284 950	10 300	–	2550	3700
2007	79 991	75 222	4653	5000 – 10 000*	96	20
Pobór wody (hm ³)						
1990	519	–	–	–	–	–
2007	99,1	93,8	5,5	–	0,07	0,02

- brak danych; * dane szacunkowe

W wielu przypadkach czynnikiem uniemożliwiającym prowadzenie nawodnień jest brak wody, spowodowany występowaniem w okresie suszy niżówek w rzekach oraz zmniejszeniem pojemności użytecznej jezior i zbiorników retencyjnych. W aktualnych warunkach ekonomicznych rolnictwa w Polsce nieopłacalne jest nawadnianie prawie wszystkich upraw polowych, z wyjątkiem ziemniaków. Opłacalne jest nawadnianie upraw warzywniczych i sadowniczych [Gruszka 2004, Jankowiak i in. 2006, Jankowiak, Rzekanowski 2006; Rzekanowski 2000]. Istniejące systemy i urządzenia nawadniające są używane w niewielkim stopniu, przez co ulegają dekapitalizacji. Dotyczy to głównie systemów i urządzeń nawodnień deszczownianych. Po zmianach własnościowych w rolnictwie, wielkoobszarowe deszczownie uległy znacznej lub całkowitej degradacji [Łabędzki 2007]. Systemy nawodnień podsiąkowych są również w znacznym stopniu zdegradowane i wykorzystywane w niewielkim stopniu. Aby zwiększyć efektywność tych systemów należy je odbudować i zmodernizować. W ostatnich latach obserwuje się wzrastającą rolę mikronawodnień (nawodnień kropłowych, wgłębnych i mikrodeszczowania) w sadownictwie i ogrodnictwie, szczególnie w prywatnych gospodarstwach rolnych nastawionych na taką produkcję, gdzie nawodnienia gwarantują stabilizację i pewność uzyskania plonu o wysokiej jakości na poziomie przynoszącym zysk [Łabędzki, Drupka 2001; Rzekanowski 2000]. Jest to tendencja, która będzie się w najbliższych latach rozwijać coraz intensywniej.

PRZEWIDYWANE ZMIANY KLIMATYCZNE W POLSCE

Teorie zakładające ocieplanie się klimatu operują różnymi scenariuszami zmian. Scenariusz najbardziej prawdopodobny (A2) przewiduje pod koniec wieku XXI wzrost temperatury globalnej o około 4°C [Alcamo i in. 2007; IPCC

2007; Randall i in. 2007]. W Polsce należy się spodziewać wzrostu temperatury o około 2–4°C. Scenariusze zmian temperatury i opadu w Polsce w latach 2020, 2050 i 2080. uzyskane za pomocą różnych modeli różnią się istotnie dla okresu letniego (VI–VIII). Wszystkie modele przewidują wzrost temperatury, ale tylko niektóre wzrost opadów (inne – spadek). Dla okresu zimowego (XII–II) wszystkie przewidują wzrost temperatury i opadów [Kundzewicz 2003, 2007]. Bardzo prawdopodobny jest wzrost częstotliwości fal upałów oraz silnych deszczy i wzrost ich udziału w rocznej sumie opadów. Średnia temperatura lipca i sierpnia poza wybrzeżem przekroczy 25°C. Mogą pojawić się zimy, podczas których temperatura nie będzie spadała poniżej 5°C. Wzrośnie też liczba dni upalnych, które na ogół będą bez opadów. Zmianom klimatu towarzyszyć będzie wzrost natężenia zjawisk ekstremalnych, w tym susz.

Według raportu IPCC [2007], roczna suma opadów w Polsce prawdopodobnie nie ulegnie zmianie, przy czym wyniki modelowania w tym zakresie dla terenów Polski i państw przyległych są wysoce niepewne. Analizy robione przez Parry'ego [2000] z wykorzystaniem różnych modeli klimatycznych pokazują, że w okresie lata prawdopodobnie wraz ze wzrostem temperatury powietrza zmniejszać się będzie ilość opadów atmosferycznych. Skrajne wyniki pokazują kilkunastoprocentowy spadek sumy opadów. Te same analizy wskazują prawdopodobny wzrost opadów zimą, skrajnie nawet o 25%, przypuszczalnie jednak będzie do około 10%. Większość scenariuszy dla Polski nie przewiduje wzrostu sumy opadów w ciągu roku. Można natomiast spodziewać się wzrostu opadów zimowych, a zmniejszenia letnich. Spowoduje to nadmierne uwilgotnienia gleby w okresie wczesnowiosennym i potrzebę odprowadzenia tej wody przez systemy drenażowe oraz przesuszenie gleb w okresie letnim i potrzebę nawodnień. Cechą charakterystyczną stosunków pluwiometrycznych będzie występowanie długotrwałych ciągów bezopadowych, połączonych najczęściej z wysoką temperaturą powietrza i dużym nasłonecznieniem.

Podobne wyniki uzyskano dla dorzecza Renu [Aerts, Droogers 2004]. W tym obszarze Europy wzrośnie średnia roczna temperatura powietrza z 8°C obecnie do 9°C w latach 2010–2039 i do 12°C w latach 2070–2099. W tym czasie średnia z wielolecia roczna suma opadów praktycznie pozostanie bez zmiany, natomiast znacznie zwiększy się, i to już w latach 2010–2039, zmienność rocznych sum opadów. Opady w miesiącach zimowych będą większe, zaś w letnich – mniejsze.

WPLYW ZMIAN KLIMATU NA ZAPOTRZEBOWANIE NA WODĘ I ZASOBY WODNE ROLNICTWA

W związku ze znacznym wzrostem opadów zimowych nastąpi wyraźne zwiększenie wilgotności gleby na wiosnę, co spowoduje potrzebę rozwoju melioracji odwadniającej. Z drugiej strony, przewidywany wzrost temperatury

powietrza w okresie letnim spowoduje wzrost ewapotranspiracji, co w połączeniu z prognozowanym zmniejszeniem opadów w tym okresie i wydłużeniem sezonu wegetacyjnego, może spowodować zwiększenie potrzeb i niedoborów wody dla roślin i wskazywać na potrzebę rozwoju melioracji nawadniających. Będzie następować szybki spadek wilgotności gleby w czasie sezonu wegetacji, jak również zmniejszy się odpływ powierzchniowy i zasilanie wód gruntowych w procesie infiltracji.

Bezpośrednim następstwem występowania długotrwałych ciągów bezopadowych, połączonych z wysoką temperaturą powietrza i dużym nasłonecznieniem, będzie przesuszenie gleb i znaczne obniżenie lustra wód gruntowych, poniżej poziomu umożliwiającego podsiąkanie kapilarne. Proces ten już obecnie prowadzi w wielu regionach do zjawiska przesuszenia gleb, szczególnie obserwowanych w Polsce środkowej. Na Kujawach, w latach o wyjątkowo niskich opadach (240–250 mm rocznie) oraz o długich okresach bezopadowych (sięgających nawet 38 kolejnych dni), poziom wody gruntowej na łąkach nadnoteckich spada nawet poniżej 100 cm, przy poziomie optymalnym wynoszącym 40 cm. Powoduje to przesuszenie wierzchniej warstwy gleby i znaczący spadek produkcji masy zielonej z łąk nadnoteckich [Błażejczyk i in. 2005].

Według scenariusza GFDL roczny opad wzrośnie o 20–60 mm, a ewapotranspiracja o 50–80 mm [Jaworski 2004]. Prawdopodobnie nastąpi znaczne zmniejszenie infiltracji – o 20–40 mm·rok⁻¹. Scenariusz GISS przewiduje o wiele większy wzrost opadu i ewapotranspiracji – odpowiednio o 100–160 mm·rok⁻¹ i 70–100 mm·rok⁻¹. Na przykład wzrost zapotrzebowania na wodę kukurydzy wzrośnie o 2–4%, a ziemniaków o 6–10 % [EEA 2008; IPCC 2007; Olesen, Bindi 2002].

Chociaż obecnie w Polsce zużycie wody do nawodnień jest niewielkie, rolnictwo jest ogromnym jej konsumentem poprzez proces ewapotranspiracji. W efekcie zmian klimatycznych przewiduje się wzrost zapotrzebowania na wodę przez rolnictwo o 30–50% w perspektywie 20–30 lat, powodując nasilenie konfliktów między użytkownikami i konsumentami wody. Znaczna część zapotrzebowania na wodę pochodzić będzie z rolnictwa nawadnianego. Ponadto więcej wody będzie potrzebne na jednostkę powierzchni i prawdopodobnie na jednostkę produkcji, zmniejszając jej produktywność.

Można również oczekiwać wpływu prawdopodobnych zmian klimatycznych na zasoby wodne rolnictwa, a kierunek i nasilenie tego wpływu są również zróżnicowane, w zależności od przyjętych scenariuszy zmian klimatu dla Polski. Na podstawie scenariuszy GFDL i GISS opracowano dla dorzecza Warty i Wieprza zmiany zasobów wodnych do roku 2050. Stwierdzono, że prognozowane zmiany przepływów w tych dwóch rzekach nie pogorszą sytuacji z punktu widzenia możliwości zaopatrzenia użytkowników wód powierzchniowych i utrzymania przepływów nienaruszalnych. Przewiduje się niewielkie (17–25%) obniżenie sumarycznej wielkości zasobów dla scenariusza GFDL, przy jedno-

czesnym wzroście przepływów minimalnych, co może mieć pozytywny wpływ na zaopatrzenie w wodę w okresie występowania niżówek. W przypadku scenariusza GISS powierzchniowe zasoby wodne ulegną zwiększeniu. Możliwy wzrost deficytu w tych zlewniach będzie wynikał z rosnącego zapotrzebowania na wodę, wynikającego ze zmian demograficznych i gospodarczych. Przyrost zużycia wody spowodowany zmianami klimatu będzie miał niewielkie znaczenie, z wyjątkiem nawadniania. Wzrost zapotrzebowania na wodę w rolnictwie może być znaczący przy realizacji scenariusza GFDL. Jaworski [2004] prognozuje zwiększenie parowania terenowego i w związku z tym zmniejszenie średniej rocznej sumy filtracji o 6–20%, a w okresie wegetacji o 20–28%. Wpłynęłoby to niekorzystnie na zasoby wód podziemnych, spowodowałoby redukcję przepływów niżówkowych oraz wpłynęłoby niekorzystnie na produkcję rolną i gospodarkę wodną gleb i roślin.

Przewiduje się też niekorzystny wpływ zmian klimatu na gleby i procesy glebowe. Mogą wystąpić niekorzystne zmiany w strukturze gleb, spowodowane ich przesuszeniem i zmniejszeniem zawartości próchnicy. Przewidywany wzrost temperatury powietrza i parowania będzie wpływał na stosunki wodne gleb, które decydują o większości procesów glebowych. Przewidywana intensyfikacja procesów degradacji gleb będzie prowadzić do strat materii organicznej i ograniczenia normalnego funkcjonowania gleby, a przez to do obniżenia jej żyzności i zdolności produkcyjnych. Pod wpływem intensywnych opadów ulegać będą niszczeniu agregaty glebowe. Te zmiany wpłyną przede wszystkim na zwiększenie spływu powierzchniowego, zmniejszenie infiltracji, przepuszczalności i zdolności retencjonowania wody. Przesuszenie gleb i przewidywane zmniejszenie wilgotności jej wierzchnich warstw w okresie letnim może nasilić procesy erozji wietrznej, dodatkowo spotęgowane niekorzystnymi zmianami struktury gleb. Przyspieszone procesy degradacji gleb objawią się niekorzystnymi zmianami właściwości fizyczno-wodnych.

ROZWÓJ NAWODNIEŃ W POLSCE W KONTEKŚCIE ZMIAN KLIMATU

Przewidywane zmiany klimatyczne i związany z nimi wzrost częstotliwości i intensywności susz w rolnictwie spowodują najprawdopodobniej w naszej strefie klimatycznej wzrost zapotrzebowania na wodę przez rośliny, zwiększenie powierzchni nawadnianej i wzrost zapotrzebowania na wodę do nawodnień. W skali globalnej (całego świata) około 70% powierzchni obecnie nawadnianej będzie narażona na zwiększone zapotrzebowanie wody do nawodnień w wyniku zmian klimatu [Döll 2002]. W południowo-wschodniej Anglii zapotrzebowanie wody do nawodnień netto wzrośnie do 2020 roku o 70% w stosunku do 1995 r., a w północnych Niemczech – o 40% [Döll 2002]. Podobnego wzrostu można spodziewać się również na obszarze Polski. Obok wzrostu zapotrzebowania wody do nawodnień, należy się także liczyć ze wzrostem powierzchni nawadnianej.

Innymi czynnikami przyspieszającymi rozwój nawodnień w Polsce będą, obok zmian klimatycznych, intensyfikacja i konkurencyjność produkcji rolniczej, wymuszana przez wewnętrzny i europejski wolny rynek oraz konieczność uzyskiwania stabilnych plonów o wysokiej jakości. Już obecnie obserwuje się wzrost powierzchni nawadnianej, szczególnie warzyw i sadów za pomocą nowoczesnych systemów mikronawodnień (kroplowych, mikrodeszczowania, korzeniowych itp.). Należy przewidywać, że takie systemy nawodnień będą stawały się coraz powszechniejsze, ze względu na ich wysoką efektywność (95–97%), zmniejszające się koszty inwestycyjne i małe koszty eksploatacyjne w porównaniu z innymi systemami nawadniania [Łabędzki 2007; Łabędzki, Drupka 2001; Rzekanowski 2000].

Według szacunkowych danych, wraz ze wzrostem znaczenia nawodnień w polskim rolnictwie spowodowanym intensyfikacją rolnictwa i negatywnymi skutkami zmian klimatu, powierzchnia nawadniania powinna w kraju wzrosnąć do 2,1 mln ha, z czego 1,6 mln ha trwałych użytkach zielonych nawadnianych podsiąkowo i 0,5 mln ha na gruntach ornych i sadach [Nyc, Pokładek 2007]. Według Mioduszelewskiego [2007], w najbliższej przyszłości powinno być nawadnianych 3–4% gruntów ornych, nie licząc trwałych użytków zielonych nawadnianych podsiąkowo. Rzekanowski [2000] ocenia, że do 2025 r. nawodnienia ciśnieniowe powinny objąć w Polsce powierzchnię około 1 mln ha, głównie na glebach lekkich i bardzo lekkich Krainy Wielkich Dolin.

W Polsce dalszy rozwój nawodnień może być w znacznym stopniu uwarunkowany i ograniczony, obok niekorzystnych uwarunkowań ekonomicznych, wielkością źródeł wody do nawodnień, a w przypadku mikronawodnień – również jej jakością. Już obecnie w regionach (np. na Kujawach), wyposażonych w urządzenia nawadniające, w suchych latach nie można prowadzić nawodnień z powodu zbyt niskich stanów wody w ciekach, jeziorach i małych zbiornikach sztucznych, będących źródłem wody do nawodnień.

Niezależnie, które scenariusze zmian warunków klimatycznych w Polsce będą brane pod uwagę, czy będą to scenariusze bardziej czy mniej optymistyczne lub wręcz pesymistyczne co do wpływu na rolnictwo, to tak przed nauką i praktyką rolniczą, jak i przed decydentami i politykami, staną nowe różne wyzwania, szczególnie w zakresie stworzenia korzystnych warunków dla adaptacji istniejących i rozwoju nowych systemów melioracyjnych, w tym nawodnieniowych.

Nawodnienia należy traktować jako jeden z elementów gospodarowania wodą w rolnictwie. Działania dostosowawcze polskiego rolnictwa w zakresie gospodarowania wodą powinny sprzyjać nie tylko rozwojowi nawodnień, ale także prowadzić do stworzenia korzystnych warunków ich prowadzenia, a szerzej – polepszenia warunków wodnych produkcji rolniczej. Będzie to głównie:

- zwiększenie lokalnych zasobów wodnych i ich dostępności do nawodnień,
- zwiększenie efektywności wykorzystania wody,
- zmniejszenie potrzeb wodnych upraw rolniczych.

Działania te można pogrupować następująco:

1. Zwiększenie retencji powierzchniowych zasobów wodnych i ich dostępności dla rolnictwa, głównie dla nawodnień przez gromadzenie wody w okresach jej nadmiaru (wiosną i po dużych opadach), np. w małych zbiornikach wodnych lub za pomocą budowli piętrzących na ciekach hamujących odpływ.

2. Zwiększenie retencji wodnej gleb i jej dostępności dla roślin, stosując technologie uprawy gleby, które zwiększają zapasy wody glebowej i stopień ich wykorzystania przez rośliny, przez:

- spulchnianie gleby,
- głęboką orkę,
- poprawę struktury gleby,
- poprawę fizycznych i wodnych właściwości głębszych warstw gleby.
- zatrzymywanie opadów na polu,
- zwiększenie infiltracji,
- powiększanie aktywnej warstwy korzeniowej poboru wody,
- stwarzanie warunków do głębokiego korzenienia się roślin,
- odpowiedni dobór gatunków i odmian roślin (odporność na suszę, krótszy okres wegetacji oznaczający mniejsze potrzeby wodne, głębszy system korzeniowy),
- nawożenie i zabiegi melioracyjne wspomagające rozwój silnych systemów korzeniowych,
- wprowadzenie głębokokorzeniących się roślin z małymi potrzebami wodnymi.

3. Modyfikacja technologii użytkowania wody w gospodarstwie i na polu w kierunku:

- oszczędności wody,
- zwiększania efektywności wykorzystania wody przez jej wielokrotne użytkowanie,
- minimalizowanie bezużytecznych odpływów wody z systemów melioracyjnych, w tym odpływów drenarskich,
- ograniczanie zużycia wody na ewapotranspirację,
- poprawa prowadzenia i zarządzania nawodnieniami,
- wprowadzenie wodo- i energo-oszczędnych metod i technik nawadniania.

4. Poprawa zarządzania zasobami wodnymi i ich dystrybucji w rolnictwie:

- ulepszenie i rozwój istniejących metod rozrządu wody w systemach melioracyjnych w kierunku dynamicznego, elastycznego zarządzania gospodarką wodną z wykorzystaniem wielokryterialnej optymalizacji i nowoczesnego systemu monitorowania stanu systemu wodnego (stany wody gruntowej, przepływy i stany wody w ciekach, monitoring obiektów hydrotechnicznych),
- dostosowania algorytmów sterowania nawodnieniami do zmiennych warunków meteorologicznych i występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych,

- rozwój systemu monitorowania klimatu dla potrzeb sterowania systemem wodnym,
- rozwój systemów łączności na podstawie GSM,
- zastosowanie metod teledetekcyjnych i systemu informacji przestrzennej w sterowaniu systemem wodnym.

Wśród działań łagodzących skutki zmiany klimatu (niedostatki wody, susze,) należy przewidzieć zwiększone finansowanie wszelkich działań dotyczących gospodarowania rolniczymi zasobami wodnymi (zwiększanie retencji, w tym małej retencji wodnej, czynna i bierna ochrona przeciwpowodziowa, odwadniające i nawadniające melioracje rolne, itp.). Działania związane z gospodarką wodną powinny szczególnie dotyczyć Polski, gdyż stan przedsięwzięć gospodarowania rolniczymi zasobami wodnymi (melioracji wodnych) w kraju jest krytyczny. Dotychczasowe doświadczenie, stan ilościowy i jakościowy istniejących nawadniających systemów melioracyjnych, systemów retencionowania i rozrządu wody oraz organizacji utrzymania i eksploatacji urządzeń melioracji szczegółowych, nie gwarantują realizacji zadań melioracyjnych, w przypadku wystąpienia głębokiej suszy meteorologicznej, a w jej następstwie – suszy glebowej i hydrologicznej.

ZAKOŃCZENIE

Przewidywane skutki ocieplenia klimatu dla Polski wywołują potrzebę podejmowania przez różne środowiska i jednostki działań mających na celu adaptację polskiego rolnictwa do tych zmian. Jednym z działań adaptacyjnych będą nawodnienia. Znaczenie nawodnień będzie wzrastało z intensyfikacją rolnictwa i niekorzystnymi zmianami klimatu, zwłaszcza w warzywnictwie, sadownictwie i nasiennictwie. Działania te powinny znaleźć swoje miejsce w krajowej strategii (lub dokumencie podobnej rangi), angażującego środowiska naukowe, gospodarcze i polityczne. Planowane i zalecane we Wspólnej Polityce Rolnej instrumenty spełniają w tym zakresie te wymagania, ale są one wspomagającymi i wytycznymi dla konkretnych działań i przedsięwzięć zawartych w strategii.

Polityka rolna powinna wspierać adaptację polskiego rolnictwa do zmian klimatu, jak również zachęcać do opracowania strategii adaptacji. W pierwszej kolejności konieczna jest odbudowa i modernizacja istniejących systemów melioracyjnych, jak również realizacja opracowanych wojewódzkich programów małej retencji i programów nawodnień. Efekty nawodnień będą w znacznej mierze zależą od jakości eksploatacji systemów nawodnień oraz zarządzania i administrowania nimi, a rozwój nawodnień – przede wszystkim od warunków ekonomicznych rolnictwa. Należy stworzyć korzystne warunki ekonomiczne w rolnictwie dla inwestowania i eksploatacji systemów nawodnień, wdrożyć nowoczesne energo- i wodo-oszczędne metody i techniki nawadniania związk-

szające efektywności nawodnień, wdrożyć optymalizację rozrządu i gospodarowania wodą w systemach nawodnieniowych. Niezbędne jest podjęcie działań i wdrożenie metod mających na celu zwiększenie lokalnych zasobów wody o dobrej jakości i ich dostępności dla nawodnień. Należy mieć nadzieję, że realizacja tych celów przyczyni się do złagodzenia negatywnych skutków przewidywanych zmian klimatu w rolnictwie.

BIBLIOGRAFIA

- Aerts J.C.J.H, Droogers P. (ed). *Climate change in contrasting river basins. Adaptation strategies for water, food and environment*. CAB International. 2004.
- Alcamo, J., J.M. Moreno J.M., Nováky B., Hindi M., Corobov R., Devoy R.J.N., Giannakopoulos C., Martin E., Olesn J.E., Shvidenko A. Europe. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007, s. 541–580.
- Błażejczyk K., Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L., Kunert A. *Multi-annual fluctuations in precipitation and their hydrological and ecological consequences in regional scale*. W: *Regional hydrological impacts of climatic change – Hydroclimatic variability*. IAHS Publ. 296, 2005, s. 65–70.
- Döll P. *Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective*. *Climatic Change*, 54, 2002, s. 269–293.
- EEA. *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment*. Joint EEA-JRC-WHO report. Report No 4/2008. 2008.
- Gruszka J. *Efektywność systemów produkcji roślinnej w gospodarstwach rolnych stosujących nawodnienia deszczowniane*. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 4, 2b(12), 2004, s. 69–80.
- IPCC. *The Fourth Assessment Report of the IPCC (AR4)*. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.
- Jankowiak J., Bienkowski J., Jankowiak S. *Współczesne uwarunkowania stosowania nawodnień deszczownianych w rolnictwie*. *Rocz. AR Pozn. CCCLXXX*, Roln. 66, 2006, s. 121–129.
- Jankowiak J., Rzekanowski C. *Ekonomiczne efekty nawadniania*. W: *Nawadnianie roślin*. Pr. zbior. Red. S. Karczmarczyk, L. Nowak. PWRiL, 2006, s. 461–479.
- Jaworski J. *Oddziaływanie przewidywanych zmian klimatu na parowanie terenowe i inne składniki obiegu wody w zlewni*. W: *Parowanie w cyklu hydrologicznym zlewni rzecznych*. Warszawa: Polskie Towarzystwo Geofizyczne, 2004, s. 422.
- Kundzewicz Z. *Scenariusze zmian klimatu*. W: *Czy Polsce grożą katastrofy klimatyczne?*. Komitet Prognoz „Polska 200 Plus”, Polski Komitet Międzynarodowego Programu „Zmiany Globalne Geosfery i biosfery” przy Prezydium PAN, Warszawa, 2003, s. 14–31.
- Kundzewicz Z. *Projekcje zmian klimatu – ekstrema hydrometeorologiczne*. I Polska Konferencja ADAGIO, Poznań 24 kwietnia 2007.
- Łabędzki L. *Susze rolnicze - zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. *Rozprawy Naukowe i Monografie*, 17, 2006, s. 107.
- Łabędzki L. *Irrigation in Poland – current status after reforms in agriculture and future development*. *Journal Water Land Development*, 11, 2007, p. 3–16.
- Łabędzki L., Drukpa S. *The state, perspectives and problems of irrigation systems in Poland*. Proc. 19th Regional Conference of ICID. Brno-Prague, 4–8 June 2001, CD-ROM.

- Mioduszewski W. *Uwarunkowania rozwoju melioracji wodnych w świetle Ramowej Dyrektywy Wodnej*. Wiad. Mel. Łąk., 2, 2007, s. 51–55.
- Nyc K., Pokładek R. *Celowość i kierunki rozwoju melioracji w Polsce*. Wiad. Mel. Łąk., 3, 2007, s. 101–105.
- Ochrona Środowiska*. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny. 2008.
- Olesen J.E., Bindi M. *Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy*. Eur. J. Agron., 16, 2002, s. 239–262.
- Parry M.L. (ed.). *Assessment of potential effects and adaptation for climate change in Europe: The Europe ACACIA Project*. Jackson Environmental Institute, University of East Anglia, Norwich United Kingdom, 2000, s. 324.
- Randall, D.A., Wood R.A., Bony S., Colman R., Fichet T., Fyfe J., Kattsov V., Pitman A., Shukla J., Srinivasan J., Stouffer R.J., Sumi A., Taylor K.E. *Climate models and their evaluation*. W: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, New York, USA. 2007.
- Rocznik Statystyczny*. Główny Urząd Statystyczny. 2008.
- Rzekanowski C. *Perspektywy nawodnień roślin wobec nadchodzących przemian w polskim rolnictwie*. Ekologia i Technika, VIII, 3, 2000, s. 83–91.

Prof. dr hab. inż. Leszek Łabędzki
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych
Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy
ul. Glinki 60, 85-194 Bydgoszcz
tel. 052-3750107
imuzbyd@by.onet.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Czesław Rzekanowski