

PROBLEMATYKA SUSZ W POLSCE

Leszek ŁABĘDZKI

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy

Słowa kluczowe: gospodarka wodna, przeciwdziałanie suszy, rolnictwo, susze

Streszczenie

W artykule poświęconym zagadnieniu występowania susz w Polsce przedstawiono problemy związane z definicją suszy i oceną jej intensywności. Omówiono charakter susz w Polsce, ich częstotliwość i zasięg terytorialny oraz skutki, zwłaszcza w rolnictwie. Poddano też analizie tendencje zmian warunków pluwiotermicznych w Polsce w ostatnim 50-leciu, potwierdzające obserwowane ocieplenie i przesuszenie klimatu. Określono najważniejsze potrzeby w zakresie opracowania i wdrożenia programów działań walki z ujemnymi skutkami susz, zwracając szczególną uwagę na obszary wiejskie i działalność rolniczą.

WSTĘP

W ostatnich latach zagrożenia i katastrofy pochodzenia naturalnego związane z pogodą wzbudzają coraz większe zainteresowanie społeczeństw, naukowców i specjalistów różnych dziedzin oraz polityków. Do tego typu zjawisk należą susze, będące ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi w danym układzie klimatycznym. Spośród wszystkich zagrożeń związanych z pogodą, susze są zjawiskiem najbardziej złożonym. Zarówno ich przyczyny jak i skutki nie są jeszcze dobrze poznane i rozumiane. Skutki susz, w przeciwieństwie do powodzi, nie są natychmiastowe. Zjawisko to narasta powoli, a jego następstwa uwidaczniają się w dłuższym okresie, są mniej widoczne i rozciągają się na większe obszary niż w przypadku innych ekstremalnych zjawisk pogodowych. Oddziaływanie na środowisko, społeczeństwo i gospodarkę w danym regionie dotkniętym suszą zależy nie tylko od czasu trwania, natężenia i zasięgu przestrzennego, ale również od podatności (*vulnerability*)

Adres do korespondencji: doc. dr hab. L. Łabędzki, Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy IMUZ, ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz; tel. +48 (52) 375-01-07

środowiska, społeczeństwa i gospodarki na ujemne działanie susz. Czynnikiem zwiększającymi tę podatność mogą być np. niewłaściwe użytkowanie ziemi czy nieracjonalne gospodarowanie wodą, w tym brak właściwego zarządzania i administrowania jej poborem.

Powszechnie suszę uważa się za zjawisko naturalne. W rzeczywistości ryzyko z nią związane jest wynikiem zarówno prawdopodobieństwa jej wystąpienia w danym regionie, jak i podatności (wrażliwości) obszaru i ludności na jej działanie. Nie ma możliwości wpływania na pojawienie się suszy, natomiast wrażliwość na nią jest zdeterminowana wieloma czynnikami (społecznymi, gospodarczymi, technologicznymi, politycznymi), na które można mieć wpływ i którymi można sterować i regulować. Czynniki te są zmienne w czasie, w związku z czym wrażliwość na suszę i ryzyko ujemnych jej skutków może wzrastać lub maleć. Susze mogą więc mieć różne skutki, nawet jeśli czas ich trwania, natężenie i zasięg przestrzenny są identyczne.

Z powyższych uwag wynika, że nie ma uniwersalnej definicji suszy, bowiem taka powinna odnosić się do specyficznych uwarunkowań danego obszaru, na którym występuje susza, być ukierunkowana na odbiorcę i praktyczne zastosowanie.

DEFINICJE I RODZAJE SUSZY

Susza (ang. *drought*) jest normalną, powtarzającą się cechą klimatu. Występuje zarówno na obszarach z dużymi jak i małymi opadami. Jest czasową anomalią, odchyleniem od sytuacji normalnej, w przeciwieństwie do suchości (ang. *aridity*), będącej stałą cechą klimatu występującego na obszarze o niskich opadach. Susza jest konsekwencją naturalnego zmniejszenia opadów w pewnym okresie na danym obszarze, chociaż również inne czynniki meteorologiczne (wysoka temperatura i mała wilgotność powietrza, duża prędkość wiatru) mogą potęgować nasilenie zjawiska suszy. Susza jest zjawiskiem złożonym i trudnym do jednoznacznego określenia. Pojawia się okresowo i w różnych porach roku. Podstawowymi charakterystykami suszy są: intensywność, czas trwania i zasięg przestrzenny. Określenie rozmiaru, poznanie przyczyn i czynników wpływających na jej przebieg oraz skuteczność jej przewidywania mają istotne znaczenie w przeciwdziałaniu jej skutkom.

Susze mają charakter anomalii atmosferycznej wywołanej okresem bezopadowym. W zależności od wielkości niedoboru opadów oraz ich rozkładu w wieloleciu, roku czy okresie wegetacyjnym, można mówić o suszy hydrologicznej, glebowej lub meteorologicznej. Bezpośrednim skutkiem suszy jest zakłócenie bilansu wodnego obszaru, spowodowane niedoborem opadów i dużym parowaniem terenowym (susza meteorologiczna), a także nadmierne przesychanie gleb (susza glebowa) oraz obniżanie poziomu wód gruntowych i zmniejszenie przepływu wody w rzekach (susza hydrologiczna).

W meteorologii i hydrologii suszę definiuje się na podstawie parametrów hydrometeorologicznych (opad, przepływ, temperatura). W rolnictwie natomiast przez suszę rozumie się zazwyczaj niedobór wody niekorzystnie wpływający na wzrost, rozwój i plonowanie roślin. Susza jest bowiem niedoborem opadu w stosunku do wartości oczekiwanej lub normalnej. Przychód wody z opadu jest wtedy niewystarczający do pokrycia zapotrzebowania roślin na wodę, a taki stan utrzymuje się przez dłuższy okres, np. okres wegetacji roślin. W rolnictwie o suszy można mówić w odniesieniu do miejsca, czasu i rośliny. Pomijając roślinę, niedobór wody jest tylko niedoborem, jeśli porównuje się go do średniego opadu, średniego przepływu czy średniej wilgotności gleby. W rolnictwie suszę odnosi się do rośliny, a jej ujemne skutki wyrażają się spadkiem wielkości i jakości plonu. Ten sam stan niedoboru wody może mieć różny wpływ na różne gatunki roślin i uprawy. Susza w rolnictwie jest długotrwałym, rozległym niedoborem wody w danym miejscu, oddziałującym na konkretny gatunek (odmianę) roślin, mogącym powodować nieodwracalne zmiany fizjologiczne w roślinach i glebie. Jest to stan w danym momencie, będący konsekwencją zjawisk występujących w poprzednim okresie.

Spośród innych ekstremalnych zjawisk pogodowych, zjawisko suszy wyróżnia kilka cech. Susza narasta stopniowo, a jej efekty kumulują się w pewnym okresie i mogą się ujawniać po jej zakończeniu. Jest to przyczyną trudności i często niemożności określenia początku i końca suszy, a nieraz i stwierdzenia, czy obserwowane zjawisko niedoboru opadu jest nią czy jeszcze nie. Wyznaczenie początku i końca suszy oraz jej intensywności utrudnia również brak ścisłej i uniwersalnej, powszechnie akceptowanej definicji suszy. Niezmiernie istotne jest ustalenie kryteriów suszy w dostosowaniu do przyjętej jej definicji, która powinna uwzględniać rodzaj suszy i zakres jej skutków. WILHITE i GLANTZ [1985] poddali analizie ponad 150 definicji suszy stwierdzając, że wiele z nich definiuje to zjawisko nieadekwatnie do specyficznych oddziaływań. W większości przypadków kryteria wyznaczenia suszy są przyjmowane arbitralnie, bez związku z jej skutkami w różnych elementach środowiska i kierunkach aktywności człowieka [WILHITE, HAYES, SVOBODA, 2000]. Często zasięg przestrzenny suszy jest znacznie większy niż innych niekorzystnych zjawisk (powodzi, burz, huraganów), przez co ocena ilościowa jej skutków i przeciwdziałanie im są trudniejsze. Definicja oraz kryteria oceny suszy powinny być odniesione do jej skutków oraz być adekwatne do celu i przeznaczenia (odbiorcy) informacji o intensywności tego zjawiska.

W literaturze można spotkać wiele definicji i podziałów suszy, mniej lub bardziej szczegółowych, zależnie od pola działania i specjalizacji autorów. Najbardziej ogólne definicje suszy formułowane są następująco:

- susza to okres bezopadowy lub o małych opadach, wykazujący znaczne odchylenia od normy,
- susza to znaczny spadek dostępności wody w określonym czasie i obszarze.

Definicje i klasyfikacje bardziej szczegółowe określają typ, intensywność, czas trwania i zasięg suszy oraz odnoszą się do jej skutków. Według nich wyróżnia się następujące rodzaje susz:

- meteorologiczna (klimatyczna, atmosferyczna),
- glebowa,
- agrometeorologiczna lub rolnicza,
- hydrologiczna lub zasobów wodnych (wód powierzchniowych i wód podziemnych).

Autorzy definicji susz, zarówno tych ogólnych jak i szczegółowych, podkreślają jednak potrzebę konfrontowania zasobów (przychodu) wody z zapotrzebowaniem (dostępnością) na nią w danym obszarze i czasie. Odpowiednio do definicji i rodzajów suszy stosowane są różne jej wskaźniki, wykorzystujące parametry meteorologiczne (opad, temperatura, parowanie potencjalne lub wskaźnikowe), hydrologiczne (przepływy, stany wody, pojemności zbiorników wodnych), glebowe (zdolności retencyjne gleby, wilgotność gleby), rolnicze (ewapotranspiracja, zapasy wody glebowej dostępnej dla roślin, bilans wody glebowej), ekonomiczne (straty w plonach roślin, produkcji przemysłowej), społeczne (niedobór wody do celów pitnych i sanitarnych). Wskaźniki te są opisowe bądź liczbowe – te ostatnie pozwalają na ustalenie i stosowanie kryteriów oceny czasu trwania i intensywności suszy oraz jej skutków.

CHARAKTERYSTYKA SUSZ W POLSCE

Polska leży w strefie klimatu przejściowego umiarkowanego, ale pomimo to na jej obszarze występują susze o ujemnych skutkach, stanowiące poważny problem ekonomiczny, społeczny i środowiskowy. Susze w Polsce wywołane są okresem bezopadowym lub przez powtarzające się opady mniejsze od średnich, stan o nieokreślonej częstotliwości, czasie trwania i nasileniu, niemożliwy do przewidzenia, zmniejszający zasoby wodne i zdolność adaptacyjną ekosystemów.

Susza w Polsce jest trudno przewidywalna, stąd trudno jest prognozować termin jej wystąpienia, czas trwania, zasięg terytorialny i intensywność. Utrudnia to operacyjne planowanie i podejmowanie wyprzedzających przedsięwzięć i zabiegów mających na celu złagodzenie ujemnych skutków.

Mimo nieprzewidywalności i nieregularności występowania suszy w Polsce, można zaobserwować pewne prawidłowości statystyczne dotyczące częstości, okresów i regionów jej występowania oraz czasu trwania. Zjawiska suszy na terenie Polski notowano w kronikach od XIV wieku. W poszczególnych stuleciach występowały one wielokrotnie [KACA, STAPEL, ŚNIADOWSKI, 1993]: w wieku XIV – 20, XV – 25, XVI – 19, XVII – 24, XVIII – 22, XIX – 23, XX – 18 (do 1992 r.). Susza w Polsce pojawia się więc raz na 4–5 lat, przy czym obserwuje się ciągi lat z niedoborem opadu wywołującym susze i następujące po nich ciągi lat z nadmia-

rem opadu lub z opadem zbliżonym do średniego. W ostatnim pięćdziesięcioleciu głębokie susze wystąpiły w latach: 1951, 1953, 1959, 1963, 1964, 1969, 1971, 1976, 1982–1984, 1988–1995, 2000–2003 [BAK, ŁABĘDZKI, 2002; BOBIŃSKI, MEYER, 1992; CZAPLAK, 1996].

Badania suszy w Polsce w latach 1951–1990 przeprowadzone przez FARATA, KĘPIŃSKĄ-KASPRZAK i MAGER [1995] w oparciu o trzy kryteria: wskaźnika norm opadowych według Kaczorowskiej, niedoboru opadów w stosunku do średniej sumy wieloletniej ustalonej dla danego punktu oraz klimatycznego bilansu wodnego pozwoliły na wydzielenie 21 okresów susz atmosferycznych, które objęły swym zasięgiem przynajmniej 50% powierzchni kraju. Sumaryczny czas ich trwania wynosił 107 miesięcy, czyli ponad 22% analizowanego okresu. Najdłuższą suszę, trwającą 11 miesięcy, odnotowano w okresie od II do XII 1982 roku. Inne długotrwałe susze utrzymywały się przez 7–10 miesięcy: w 1959 – 10 miesięcy, 1951 – 1952 – 9 miesięcy, 1954 – 9 miesięcy, 1983 – 7 miesięcy i w 1989 – 7 miesięcy. Stwierdzono, że najczęściej rozpoczynały się one w okresie wiosenno-letnim (65%), a o ich dalszym rozwoju decydował przebieg warunków atmosferycznych.

Susze w latach 1951–2003 charakteryzowały się różnym nasileniem, różnym czasem trwania i okresem wystąpienia, jednak najsilniejsza i o największym zasięgu susza wystąpiła w 1992 roku. Najbardziej posuszne regiony Polski to: prawie cała środkowa, północno-zachodnia i środkowo-wschodnia jej część. Susze występują tutaj najczęściej i są najgłębsze, o skrajnie długich ciągach dni bezopadowych. Pierwszym okresem intensywnych susz w ostatnim 20-leciu były lata 1982–1983. Charakteryzowały się one niską wartością wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI*, która w okresie wegetacyjnym dochodziła do $-2,0$ w rejonie Bydgoszczy (susza ekstremalna) i do $-1,5$ średnio w Polsce (okres bardzo suchy). W sezonie wegetacyjnym 1982 r. opady na terenie Kujaw i północnej Wielkopolski były prawie o połowę mniejsze od średnich opadów z lat 1951–1990. W bardzo suchym roku 1989 prawdopodobieństwo wystąpienia opadu w tym regionie było mniejsze od 1%. Długotrwała susza w 1992 roku przybrała charakter kłęski, która objęła swym zasięgiem prawie cały obszar Polski, przy czym najsilniejsza była w północno-zachodniej i środkowej części kraju. W niektórych regionach trwała ona nawet przez cały okres wegetacyjny (kwiecień–wrzesień) [BOBIŃSKI, MEYER, 1992; Miesięczny ..., 1992]. Okres ten charakteryzował się wysoką temperaturą powietrza i gleby, bardzo dużym nasłonecznieniem i ujemnym klimatycznym bilansem wodnym. W rejonie Kujaw, których klimat może być porównywalny z klimatem Węgier, ilość opadów w drugiej połowie okresu wegetacyjnego wyniosła 40–55% średniej z wielolecia.

W ostatnich 25 latach susze w Polsce pojawiają się coraz częściej, są coraz intensywniejsze i obejmują znaczne obszary kraju. Ta tendencja wpisuje się w ogólny trend występowania na kuli ziemskiej, z coraz większą częstotliwością, ekstremalnych zjawisk meteorologicznych, wywoływanych zarówno przez czynniki naturalne jak i antropogeniczne (efekt cieplarniany). Udokumentowane, obserwowane

ne w Polsce w ciągu drugiej połowy XX wieku ocieplenie wyraża się przyrostem średniej rocznej temperatury powietrza, wynoszącym prawie $0,9^{\circ}\text{C}$ [FORTUNIAK, KOŻUCHOWSKI, ŻMUDZKA, 2001]. Wzrost ten wyraźnie zaznaczył się w latach 90. i jest zbieżny ze wzrostem temperatury globalnej [KOŻUCHOWSKI, ŻMUDZKA, 2001].

Szczegółowe analizy wieloletnich ciągów temperatury i opadów w rejonie Bydgoszczy i Kujaw, regionach o najmniejszych opadach w Polsce, wskazują na wzrostowy trend pierwszego elementu i spadkowy drugiego. Stacja meteorologiczna IMUZ w Bydgoszczy charakteryzuje się dostatecznie długim ciągiem obserwacji (od 1848 roku do chwili obecnej) i może on być podstawą do oceny zmian temperatury i wielkości opadów atmosferycznych na przestrzeni lat. Na podstawie porównania ciągów temperatury w Bydgoszczy za okres 1848–1994 [ROGUSKI, KASPERSKA, ŁABĘDZKI, 1996] stwierdzono wydłużanie się okresu wegetacyjnego i termicznego lata oraz skracanie się długości termicznej zimy. W 52-letnim okresie 1945–1996 istniała tendencja wzrostu temperatury, szczególnie w okresie zimowym, wynosząca w okresach dziesięcioletnich $0,2^{\circ}\text{C}$ [ROGUSKI, KASPERSKA, ŁABĘDZKI, 1996]. Rozszerzenie ciągu pomiarowego do 2000 r. pozwoliło na podanie aktualnych wzorów trendów zmian temperatury w skali:

- roku $t_i = 0,0164i + 7,9909 \quad r^2 = 0,0783$
- zimy (XII–II) $t_i = 0,0381i - 1,9353 \quad r^2 = 0,0534$
- lata (VI–VIII) $t_i = 0,0136i + 17,559 \quad r^2 = 0,0456$

gdzie:

t_i – średnia roczna temperatura w kolejnym roku ($^{\circ}\text{C}$),

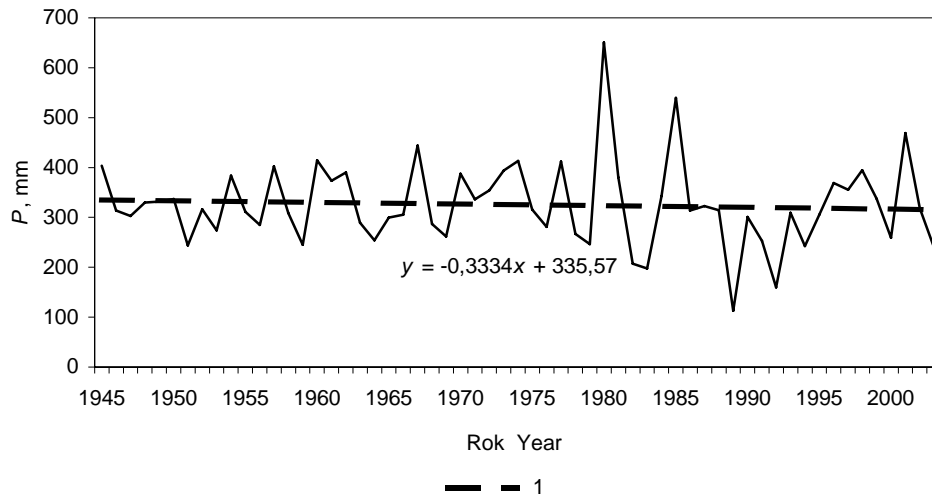
i – numer kolejnego roku ($i = 1$ dla roku 1945).

Trend średniej temperatury rocznej jest istotny na poziomie $p = 0,04$, średniej temperatury zimowej – na poziomie $p = 0,10$, a trend średniej temperatury letniej – na poziomie $p = 0,133$. Wydłużanie się długości trwania okresu wegetacyjnego i termicznego lata oraz skracanie długości termicznej zimy potwierdzają także obserwacje w Mochelku w latach 1951–2000 [ŻARSKI, DUDEK, KUŚMIEREK, 2001].

Dodatniemu trendowi temperatury w okresie wegetacyjnym towarzyszył jednocześnie ujemny trend wielkości opadów i wzrastający udział okresów suchych. Przebieg sum opadów w Bydgoszczy w okresie wegetacyjnym w ostatnich 50 latach (1954–2003) i linię trendu liniowego pokazano na rysunku 1. Statystycznie trend ten jest nieistotny na poziomie $p = 0,05$. Na tendencję spadkową trendu w badanym okresie wpłynęła susza w 1982 r. i okres susz w latach 1988–1995.

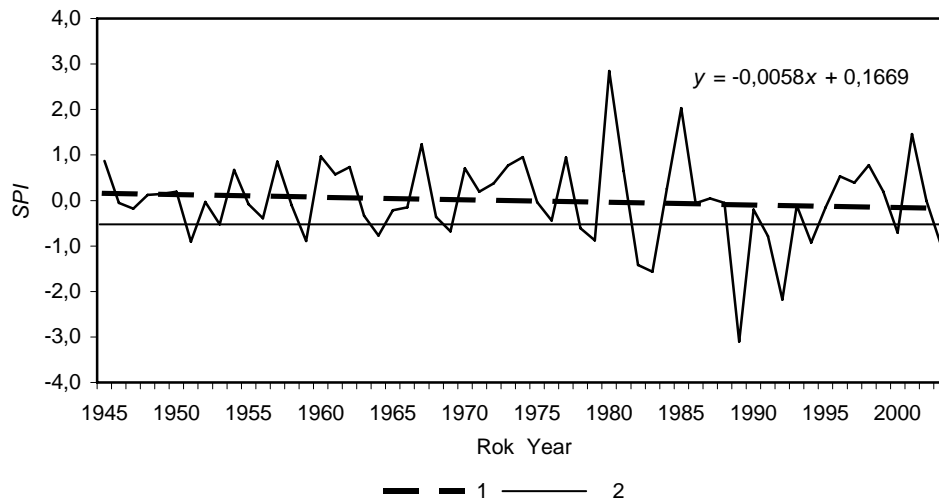
Jednym z następstw ocieplania się regionu i zmniejszania się ilości opadów jest wzrastający udział okresów suchych w okresie wegetacyjnym w regionie bydgosko-kujawskim, co pokazuje przebieg jednego ze wskaźników suszy – wskaźnika standaryzowanego opadu (*SPI*) w latach 1954–2003 i linia trendu. Wartością progową tego wskaźnika, wskazującą na wystąpienie suszy w danym okresie, jest wartość $-0,5$ [BAK, ŁABĘDZKI, 2003a]. Z wykresu na rysunku 2. widać wyraźne

zwiększenie częstości występowania suchych okresów wegetacyjnych w regionie bydgoskim od 1989 r.



Rys. 1. Sumy opadów w Bydgoszczy w okresie wegetacyjnym (IV–IX) w latach 1945–2003, 1 – trend

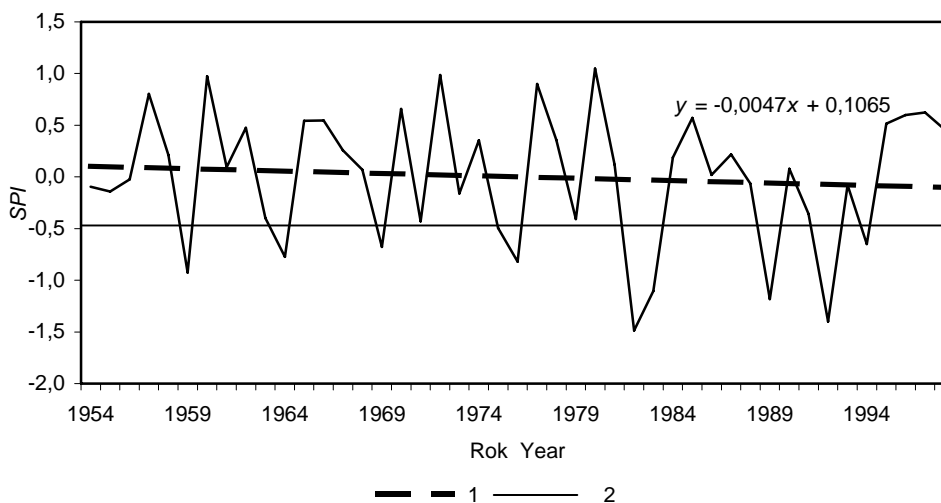
Fig. 1. Precipitation sums in Bydgoszcz in the growing season (IV–IX) in 1945–2003, 1 – trend



Rys. 2. Wartości *SPI* w Bydgoszczy dla okresów wegetacyjnych w latach 1945–2003, 1 – trend, 2 – wartość progowa wystąpienia suszy

Fig. 2. *SPI* values in Bydgoszcz in the growing season in 1945–2003, 1 – trend, 2 – the threshold of drought appearance

Podobna tendencja wystąpiła w całej Polsce, co obrazuje przebieg wskaźnika *SPI* w latach 1954–1998, uśrednionego dla 31 stacji meteorologicznych z obszaru kraju (rys. 3). Należy zaznaczyć, że systematyczne obserwacje z ostatniego dziesięciolecia wskazują na nasilanie się na terenie kraju występowania okresów susz. Wiele wskazuje na to, że zjawiska susz w Polsce będą się nadal nasilać i będzie to trend wieloletni.



Rys. 3. Średnie wartości *SPI* na obszarze Polski dla okresów wegetacyjnych w latach 1954–1998, 1 – trend, 2 – wartość progowa wystąpienia suszy

Fig. 3. Mean values of *SPI* in Poland in the growing seasons in 1954–1998, 1 – trend, 2 – the threshold of drought appearance

Nieznane są jednoznaczne przyczyny obserwowanego wzrostu temperatury i zmniejszania się ilości opadów. Czy te zjawiska można wyjaśnić trwałym, globalnym ociepleniem klimatu? Jeśli tak, to czy zmiany te mają charakter trendu liniowego czy zmian cyklicznych? Czy ocieplenie jest wynikiem procesów i zjawisk naturalnych (aktywność Słońca, przemieszczenie biegunów magnetycznych) czy antropogenicznych (efekt cieplarniany), na ile jednych, a na ile drugich? Analiza szeregów czasowych temperatury powietrza i opadów nie rozstrzyga definitywnie tego problemu. Przedstawia jedynie wiarygodną dokumentację zmian warunków pluwiotermicznych w ostatnim półwieczu oraz ocenę kierunku i skali tych zmian. Przedstawione na rysunkach proste trendu są próbą zobrazowania zmian warunków pluwiotermicznych w ostatnim 50-leciu. Nie można ich co prawda ekstrapolować, ale też nie można ignorować oznak nasilania się susz, wzrostu ich częstotliwości i intensywności. Mają one zauważalne skutki ekologiczne i gospodarcze.

SKUTKI SUSZ W POLSCE

Ujemny wpływ suszy w Polsce jest wieloraki i daje się zaobserwować w różnych dziedzinach gospodarki narodowej. Najbardziej widoczny jest w rolnictwie, zaopatrzeniu miast i wsi w wodę oraz w niekorzystnych zmianach warunków hydrologicznych. Wpływ na rolnictwo i jego gospodarkę wodną jest zróżnicowany. Zależy od ilości i rozkładu opadów tak w okresie poprzedzającym jak w czasie trwania suszy oraz od czasu trwania i intensywności suszy. Reakcja na suszę zależy od gatunku roślin, rodzaju gleb i regionu geograficznego. Susze jesienne i wczesnowiosenne na ogół wywołują zmniejszenie plonów zbóż ozimych, zaś wiosenne – zbóż jarych, pierwszego odrostu siana oraz wydajności pastwisk. Susze letnie wpływają zwykle ujemnie na plon ziemniaków i drugiego odrostu siana, a także pastewnych upraw polowych.

W dwóch bardzo suchych latach 1982–1983 średni spadek plonów zbóż wynosił w różnych regionach Polski 5–30%, a ziemniaków – 10–40%, w stosunku do plonów w latach średnich 1985–1987 [KACA, STAPEL, ŚNIADOWSKI, 1993; Problemy ..., 1993]. W dolinie górnej Noteci, obejmującej część Kujaw i Wielkopolski Północnej, rejonie o znacznych i częstych niedoborach wody w produkcji roślinnej [KONOPKO, 1988], plon siana z nienawadnianych użytków zielonych w bardzo suchym roku 1989, o prawdopodobieństwie wystąpienia opadu mniejszym od 1%, wynosił około $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, podczas gdy w średnim roku 1987 – $8\text{--}10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ [ŁABĘDZKI, 1992].

Długotrwała susza w 1992 roku przybrała charakter klęski i objęła swoim zasięgiem prawie cały obszar Polski. Był to kolejny suchy rok po bardzo suchym roku 1991, umiarkowanie suchym 1990 i ekstremalnie suchym 1989. Od połowy kwietnia występowały znaczne deficyty opadu, przekraczające 50% w stosunku do normy i dochodzące do 100% w czerwcu na północnym zachodzie kraju (opad zerowy). Na Kujawach opad w drugiej połowie okresu wegetacyjnego (lipiec–wrzesień) wynosił 40–55% średniej wieloletniej. Negatywnymi skutkami tej suszy były wyschnięta gleba, pożółkłe w środku lata użytki zielone, brak ich drugiego i trzeciego odrostu, znaczne zmniejszenie lub całkowita utrata plonów zbóż i ziemniaków, brak paszy, a w konsekwencji wzrost cen żywności. Ocenia się, że susza ta spowodowała zmniejszenie zbiorów ziemiopłodów o 25%. Łączne zbiory zbóż, ziemniaków i pasz objętościowych (w jednostkach zbożowych) w 1992 r. zmniejszyły się o 31% w porównaniu do roku 1991. Plony siana z łąk obniżyły się średnio o 27% w stosunku do średniej z lat 1986–1990. W regionie zlewni górnej Noteci w warunkach nawodnień uzyskano $6\text{--}10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ siana, podczas gdy z użytków zielonych nienawadnianych na lepszych glebach uzyskano nie więcej niż $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ siana, a na gorszych rośliny zasychały [ŁABĘDZKI, 1997]. Niedobór wody opadowej przyczynił się do bardzo niskich stanów i małych przepływów w rzekach oraz znacznego obniżenia zwierciadła wody gruntowej. Całkowicie wyschły mniejsze ciekły oraz zanikło w nich życie biologiczne. W zbiornikach retencyjnych

napęlenie zmniejszyło się nawet do 10% normy, powodując trudności w zaopatrzeniu ludności miast i wsi oraz przemysłu w wodę. Jednocześnie na skutek rozwoju gospodarczego zwiększyła się wrażliwość gospodarki na zjawiska skrajne, co powoduje coraz większe straty. Zwiększenie ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych do wód powierzchniowych powodowało – w trakcie trwania niżówek i upałów – zwiększenie stężenia zanieczyszczenia w rzekach i deficytu tlenu oraz zwiększenie kosztów pozyskiwania i uzdatniania wody. Na skutek suszy kilkakrotnie wzrosła liczba pożarów, spłonęły tysiące hektarów lasów, torfowisk i wiele zabudowań.

Podobnie ujemne skutki suszy, jak w skrajnym roku 1992, pojawiły się również z mniejszym lub większym nasileniem i o zróżnicowanym zasięgu terytorialnym w latach 1993–1995. Innym przykładem wagi problemu w Polsce jest susza, która dotknęła znaczne obszary Polski w okresie wiosennym 2000 i 2003 r. Szacunkowe straty zbiorów głównych upraw rolniczych wyniosły od 30 do 80% wartości średniorocznych, a na obszarach leśnych znacznie zmniejszyła się odporność drzewostanów na choroby i ataki szkodników oraz zwiększyło zagrożenie pożarowe.

Szczegółowa analiza suszy 2000 r. pokazuje, że warunki opadowe w okresie jesienno-zimowym 1999/2000 nie odbiegały prawie od przeciętnych. Zapasy wilgoci glebowej na początku okresu wegetacyjnego były dostateczne. Wilgotność gleb łąkowych w dolinie górnej Noteci wahała się od 60–70% obj. w glebach torfowo-murszowych, do 30–40% obj. w glebach murszowatych, w warunkach lustra wody gruntowej na głębokości 60–70 cm. Okres suszy (zakwalifikowany jako umiarkowanie suchy) w analizowanym regionie rozpoczął się na początku kwietnia. Ostatni znaczący opad wystąpił 16 kwietnia, a suma opadu w drugiej dekadzie kwietnia wyniosła zaledwie 9 mm. Spowodowało to systematyczne obniżanie się zapasów wody w glebie i poziomów wody gruntowej w dolinach rzek, co w połączeniu z wysoką temperaturą powietrza zaczęło budzić zaniepokojenie rolników. Niewielki, rzędu 2 mm, opad w trzeciej dekadzie kwietnia był bez znaczenia i nie poprawił pogarszających się warunków rozwoju roślin. Pod koniec kwietnia wilgotność gleb torfowo-murszowych obniżyła się do 20–30% obj., a lustro wody gruntowej zalegało na głębokości 90 cm, nie zapewniając wystarczającego podsiąku przy dużych potrzebach wodnych roślin. Sytuację radykalnie pogorszył całkowity brak opadu w pierwszej dekadzie maja, co w warunkach dużego parowania stworzyło duże zagrożenie dla zbóż jarych, rzepaku jarego, wschodzących buraków cukrowych, kiełkującej kukurydzy oraz łąk i pastwisk. 10 maja na nienawadnianych polach obserwowano zatrzymanie rozwoju rzepaku ozimego (zasychanie kwiatostanów), bardzo wczesnych ziemniaków i buraków cukrowych, początek zasychania traw na nienawadnianych dobrych glebach torfowo-murszowych oraz zaschnięcie na słabych glebach murszastych. Wilgotność wierzchnich warstw dobrych gleb łąkowych spadła do 20–30% obj., a słabych gleb murszastych – nawet do 6% obj. Lustro wody gruntowej w dolinie górnej Noteci na nienawadnianych obiektach łąkarskich zalegało poniżej 100 cm. Opady, które wystąpiły w drugiej

i trzeciej dekadzie maja spowodowały zakwalifikowanie tych okresów jako normalne, ale nie wpłynęły radykalnie na poprawę warunków wilgotnościowych pól i łąk, tym bardziej że znaczący opad przerywający suszę wystąpił dopiero 20 maja. Cały maj został sklasyfikowany jako okres sytuujący się na granicy okresu normalnego i umiarkowanie suchego. Pogłębienie suszy nastąpiło ponownie w pierwszej dekadzie czerwca, która była bardzo ciepła (7 dni z temperaturą maksymalną $\geq 25^{\circ}\text{C}$), a cały czerwiec został sklasyfikowany jako bardzo suchy. Kolejne miesiące okresu wegetacyjnego 2000 r. zostały sklasyfikowane już jako normalne pod względem warunków wilgotnościowych. Nastąpiło złagodzenie ujemnych skutków braku opadów w okresie wcześniejszym, tzn. niewielkie podniesienie poziomu wód gruntowych i lokalny wzrost wilgotności gleby. Skutki wiosennej suszy w regionie bydgoskim to znaczne obniżenie plonu rzepaku, zbóż jarych, ziemniaków wczesnych, warzyw i drzew owocowych oraz trwałych użytków zielonych. Straty plonu zbóż ozimych były mniejsze, ale również widoczne.

Na podstawie analizy miesięcznych wartości wskaźników opadowych suszy 2000 r. na tle innych charakterystyk i parametrów opisujących warunki hydrometeorologiczne, jak również obserwacji i pomiarów terenowych, można zauważyć, że wskaźniki te nie zawsze w pełni odzwierciedlały rzeczywiste warunki wodne produkcji roślinnej na obszarach rolniczych. Przykładowo maj 2000 r. oceniony jako normalny pod względem niedoboru opadu był okresem bardzo suchym ze względu na inne charakterystyki (temperatura powietrza, ewapotranspiracja, wilgotność gleby). Pierwsza dekada maja była ekstremalnie sucha, ale pozostała część miesiąca pod względem ilości opadu normalna. W rolnictwie w ocenie intensywności suszy i jej wpływu na rośliny duże znaczenie ma kumulacja ujemnych efektów suszy występującej przed analizowanym okresem. Istotna jest jej ocena w krótszym czasie niż okres wegetacji czy miesiąc. Przykładem na to może być rok 2003, w którym duży niedobór opadu w okresie kwiecień–czerwiec sytuuje te miesiące w klasie „bardzo suchy”, natomiast duży opad w lipcu, znacznie przekraczający normę, kwalifikuje cały okres wegetacyjny jako umiarkowanie suchy.

Z przedstawionych danych wynika, że susza w Polsce może być groźna i może być przyczyną znaczących strat w gospodarce narodowej, pomimo nieregularności występowania oraz – jak się może wydawać – pozornej nieistotności problemu suszy, wynikającej z położenia geograficznego Polski. To wszystko uzasadnia i wskazuje na pilną potrzebę opracowania i wdrożenia programów walki z suszą, które uwzględniałyby podstawowe uwarunkowania ich występowania w Polsce, tj. nieprzewidywalność oraz wysoki stopień niepewności określenia zapotrzebowania na wodę z jednej strony i zasobów dyspozycyjnych z drugiej.

Powodzenie w walce ze skutkami suszy jest możliwe pod warunkiem jej szerokiego pojmowania, jako złożonego zjawiska, a nie tylko jako niedoboru opadów. Ze względu na poważne ekonomiczne, społeczne i środowiskowe skutki, niezwykle istotne jest z jednej strony ich złagodzenie i zwiększenie możliwości adaptacyjnych polskiego rolnictwa i pozostałych działów gospodarki, a z drugiej – przewi-

dywanie i monitorowanie suszy. Jest to problem ciągle nierozwiązany w sposób zadowalający.

WSKAŹNIKI SUSZY

Skuteczne przeciwdziałanie negatywnym skutkom susz i podejmowanie odpowiednich działań prewencyjnych, wymaga sprawdzonych i wiarygodnych wskaźników niedoborów opadu i intensywności suszy, przydatnych w jej operacyjnym monitorowaniu. Literatura podaje wiele takich wskaźników [BYCZKOWSKI, MEYER, 1999; 2001; GUTTMAN, 1998; How ..., 1998]. Określane są one m.in. na podstawie:

- tylko opadu (np. wskaźnik względnego opadu *RPI*, wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI*),
- opadu i innych elementów meteorologicznych, głównie temperatury powietrza (np. wskaźnik Selianinowa, wskaźnik suchości De Martonne),
- opadu i ewapotranspiracji wskaźnikowej (np. klimatyczny bilans wodny, wskaźnik Stenza),
- opadu, ewapotranspiracji roślin i zapasów wody glebowej (np. wskaźnik Palmera),
- opadu, ewapotranspiracji roślin, zapasów wody glebowej i głębokości wody gruntowej (np. wskaźnik Palfai).

Najprostsze i najszerszej stosowane są wskaźniki wykorzystujące wielkość opadu, w tym:

- absolutną ilość opadu,
- absolutne odchylenie od wartości średniej, będące różnicą między zmierzonym opadem i wartością średnią wieloletnią,
- względne odchylenie od wartości średniej, czyli procentowy stosunek zmierzonej ilości opadu do wartości średniej wieloletniej,
- prawdopodobieństwo nieprzekroczenia zmierzonej ilości opadu, oznaczające, że zmierzony opad występuje wraz z mniejszym z podanym prawdopodobieństwem,
- wskaźnik, który w postaci jednej liczby (porównywalnej w różnych warunkach klimatycznych) wyraża powyższe wielkości.

Jednym z takich wskaźników jest **wskaźnik względnego opadu *RPI***. Jest on szeroko stosowany w Polsce w analizach meteorologicznych, agrometeorologicznych i zagadnieniach wodno-melioracyjnych do oceny nadmiaru bądź niedoboru opadu według klasyfikacji KACZOROWSKIEJ [1962] w okresach miesięcznych i dłuższych. Nie spełnia on jednak warunku porównywalności ocen suszy, gdyż odnosi opad do wartości średniej. Powinno się więc nim porównywać jednorodne ciągi opadowe, o podobnych wartościach średnich. Przy dużym zróżnicowaniu średnich wielkości opadów (np. 500 i 1000 mm) i tej samej wartości *RPI* (np.

50%), ocenę niedoboru opadów można dokonać dopiero w odniesieniu do skutków suszy.

Innym wskaźnikiem, stosowanym do detekcji okresów suszy i oceny jej intensywności oraz bazującym na wielkości opadu, jest **wskaźnik standaryzowanego opadu SPI** [BAK, ŁABĘDZKI, 2002; 2003b; How ..., 1998; ŁABĘDZKI, 2000; 2002; MCKEE, DOEKSEN, KLEIST, 1993; 1995; What ..., 2002], zalecany aktualnie przez ICID (International Commission on Irrigation and Drainage) [How ..., 1998]. Jest on stosowany w USA (do operacyjnego monitorowania suszy przez Narodowe Centrum Zapobiegania Suszy) [What ..., 2002], w Europie, m.in. na Węgrzech, we Włoszech, w Hiszpanii i również w innych krajach, np. w RPA, Izraelu, Argentynie. W Polsce jest stosowany od 2000 r. do monitorowania suszy na Kujawach [ŁABĘDZKI, 2000; 2002]. Jego zaletą jest możliwość obliczania wartości dla różnych przedziałów czasowych. Normalizacja i standaryzacja wieloletnich ciągów opadowych, będących podstawą obliczenia SPI, pozwalają na porównywalną klasyfikację zarówno okresów niedoboru wody (suszy), jak i nadmiarów wody (okresy wilgotne i mokre). Możliwe jest również porównywanie za pomocą tego wskaźnika przychodu wody w postaci opadów w różnych okresach i w różnych warunkach klimatycznych. Wartości SPI obliczane dla okresów dłuższych (1, 3, 6 lub 12 miesięcy) służą do wykrywania miejsc (obszarów) wrażliwych na powstawanie suszy i określenia jej intensywności w poprzednich latach. W warunkach dużej stabilności pogody do realizacji wymienionych zadań tak długie okresy pomiarowe są wystarczające. W regionach o dużej zmienności warunków atmosferycznych, obserwowanie zmian wartości SPI powinno odbywać się w krótszym przedziale czasowym, np. w okresie dekady. W oryginalnej wersji MCKEE, DOEKSEN i KLESIT [1993] zaproponowali graniczną wartość wystąpienia suszy $SPI = -1,0$. Wyniki badań nad suszą w Wielkopolsce i Kujawach w latach 1954–1998 [BAK, ŁABĘDZKI, 2003a] zasugerowały możliwość i potrzebę modyfikacji tej klasyfikacji w warunkach dużej zmienności opadów, przez zwiększenie tej wartości progowej do $-0,5$. Pozwala to na detekcję okresów łagodnych susz, w których niedobór opadu może mieć istotne znaczenie dla rozwoju roślin. Przebieg wartości wskaźnika SPI w Bydgoszczy dla okresów wegetacyjnych w latach 1945–2003 oraz uśrednionych na obszarze Polski dla okresów wegetacyjnych w latach 1954–1998 przedstawiono na rysunkach 2. i 3.

Monitoring suszy na obszarach upraw rolniczych powinien – oprócz opadu atmosferycznego – uwzględniać również meteorologiczne warunki parowania. Wskaźnikiem, który uwzględnia oba te elementy, jest nowy, opracowany w IMUZ, **standaryzowany klimatyczny bilans wodny SB**, wraz z klasyfikacją okresów suszy według wartości tego wskaźnika [ŁABĘDZKI, BAK, 2004]. Klimatyczny bilans wodny obliczany jest jako różnica między sumą opadów i sumą ewapotranspiracji wskaźnikowej. Analiza tego wskaźnika przeprowadzona zarówno dla poszczególnych miesięcy okresów wegetacyjnych (kwiecień–wrzesień), jak i całych okresów wegetacyjnych w latach 1972–2002 na stacji meteorologicznej Frydry-

chowo-IMUZ w dolinie górnej Noteci, wykazała, że pod względem metodycznym ten wskaźnik należy uznać za obiektywny. Wynika to ze standaryzacji klimatycznego bilansu wodnego, traktowanego jako zmienna losowa. Zaletą tego wskaźnika, wynikającą również ze standaryzacji, jest niezależność od metody obliczania ewapotranspiracji wskaźnikowej oraz sposobu określania opadu. Wartość klimatycznego bilansu wodnego zależy bowiem od wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej (zależnej z kolei od metody jej obliczania) oraz od wielkości opadu (opad pomierzony na wysokości 1 m, opad na powierzchni gruntu, opad skorygowany, opad efektywny). Standaryzacja klimatycznego bilansu wodnego usuwa te zależności. W związku z tym można porównywać niedobory opadów w różnych regionach i okresach czasu, różniących się wartością bilansu. Wskaźnik *SB*, w zależności od wielkości ewapotranspiracji wskaźnikowej, może łagodzić ocenę suszy bądź ją zaostrzyć, w stosunku do wskaźników opartych tylko na opadzie.

Wskaźniki opadowe (np. *SPI*) powinny być pierwszymi, podstawowymi wskaźnikami oceny niedoboru opadu oraz detekcji suszy w jej monitorowaniu w danym regionie. Susza jest zjawiskiem względnym i jej ocena powinna być odnieszona do określonego obszaru rolniczego i konkretnej uprawy. W celu lepszego scharakteryzowania warunków wodnych produkcji roślinnej wskazane jest stosowanie dodatkowych wskaźników opisujących i klasyfikujących meteorologiczne warunki ewapotranspiracji, zawartość wody glebowej, głębokość zalegania wody gruntowej i inne. Na potrzeby monitorowania suszy należy stworzyć system wskaźników umożliwiających miarodajną jej ocenę w danym regionie do określonego celu. Pełnej oceny przydatności różnych wskaźników do monitorowania suszy na obszarach rolniczych można dokonać w odniesieniu do skutków suszy w produkcji roślinnej, czyli odpowiedzieć na pytanie, czy i jak susza meteorologiczna koreluje z suszą glebową i rolniczą.

PRZECIWDZIAŁANIE SKUTKOM SUSZ W POLSCE

Ogromna rola wody w rolnictwie i życiu ludności, szybki rozwój gospodarczy oraz ograniczone zasoby wodne i okresowe regionalne niedobory wody w coraz większym stopniu uwidaczniają problem susz w Polsce. Wywołują też potrzebę opracowania i wdrożenia ogólnokrajowej strategii walki z suszą i przeciwdziałania jej szkodliwym skutkom, jak również programów lokalnych (regionalnych). Strategia walki z suszą i przeciwdziałania jej szkodliwym skutkom powinna być zespołem skoordynowanych (dostosowanych do sytuacji) zadań, sposobów i zasad postępowania, i obejmować krótko- i długoterminowe akcje, programy i politykę, wprowadzane przed pojawieniem się suszy lub w początkowym okresie jej występowania. Strategia ta powinna określać kierunki działań organizacyjno-technicznych, badawczo-rozwojowych i innowacyjnych. Ich celem byłoby przeciwdzia-

nie i ograniczanie niekorzystnych dla gospodarki narodowej skutków, w tym szczególnie dla rolnictwa.

W 1996 r. weszła w życie „Konwencja Narodów Zjednoczonych¹⁾ dotycząca zwalczania pustynnienia i zjawisk posusznych (United Nations Convention to Combat Desertification – UNCCD)”. Spełnia ona ważną rolę w walce ze stepowaniem, degradacją terenu i ze skutkami suszy. Przystąpienie Polski do Konwencji nakłada na nas, szczególnie na resorty rolnictwa i ochrony środowiska, określone obowiązki związane z opracowaniem i realizacją programu działań zawartych w Konwencji. Zapisy Konwencji wyznaczają zakres i rodzaje zadań mających na celu zidentyfikowanie przyczyn susz oraz opracowanie strategii i priorytetów zwalczania susz, w tym wzmocnienie prawa wspomagającego te działania. Konwencja ustanawia krajowe programy działań centralnym elementem strategii zwalczania susz.

W świetle działań podejmowanych w Polsce w przypadku wystąpienia suszy, mających na celu ograniczenie jej ujemnych skutków, należy stwierdzić, że działania te nie tworzą spójnego systemu. Wynikają z wielu, nie zawsze spójnych, strategii cząstkowych. Walka z suszą i wynikające z niej zadania są wyzwaniem dla Polski w zakresie poszukiwania nowych, doskonalszych rozwiązań i ich wdrażania w regionach o dużym stopniu ryzyka występowania suszy. Podstawą przedsięwzięć w tym zakresie musi być program strategiczny określający, w jaki sposób i poprzez realizację jakich zadań, można zapobiegać ujemnym skutkom susz.

Dotychczasowe programy i działania, mające na celu zmniejszenie ujemnych skutków suszy, mają na ogół charakter lokalny, doraźny i tymczasowy [KACA, ŁABĘDZKI, 2000]. Brak koordynacji i przepływu informacji utrudnia wypracowanie kompleksowych rozwiązań, które mogłyby być podstawą krajowej strategii przeciwdziałania skutkom susz. Na skutek braku takiej strategii działań, podejmowane przedsięwzięcia okazują się nieskoordynowane i spóźnione.

Stosowane obecnie w Polsce metody przeciwdziałania szkodliwym efektom susz w rolnictwie, to przede wszystkim:

- zwiększanie naturalnych zasobów wodnych strefy produkcyjnej,
- zwiększanie wykorzystania dostępnych zasobów wodnych,
- zmniejszanie potrzeb wodnych upraw rolniczych,
- zmniejszanie strat wody.

Spośród tych metod do najważniejszych i najbardziej efektywnych zalicza się:

- technologie uprawy gleby zwiększające jej wilgotność i stopień wykorzystania wody glebowej (zatrzymywanie opadu w miejscu jego wystąpienia, zwiększenie infiltracji, zwiększenie warstwy czynnej poboru wody przez korzenie);

¹⁾ Konwencja sporządzona 17.06.1994 r. w Paryżu i otwarta do podpisu 15 października 1994 r. weszła w życie 26.12.1996 r. po ratyfikacji przez 50. sygnatariusza. W maju 2000 r. staraniem krajów Europy Centralnej i Wschodniej powstał Regionalny Załącznik Realizacyjny dla Europy Centralnej i Wschodniej, uwzględniający jej specyfikę. Ostateczne jego brzmienie zatwierdzono w grudniu 2000 r.

- dobór odpowiednich gatunków i odmian roślin (odporność na suszę, krótszy okres wegetacji i mniejsze w związku z tym potrzeby wodne, głębszy system korzeniowy);
- odpowiednie nawożenie rozwijające silny system korzeniowy;
- gromadzenie wody w okresach jej nadmiaru – wiosną i po dużych opadach (budowa zbiorników retencyjnych i budowli melioracyjnych hamujących odpływ wody z pól);
- nawodnienia.

Programy zapobiegania skutkom susz powinny zawierać opisy działań o charakterze ciągłym – profilaktycznych, przed pojawieniem się suszy lub w początkowym okresie jej występowania, w czasie trwania i po jej zakończeniu. Działania te powinny uwzględniać regionalne zróżnicowanie przebiegu suszy.

Kompleksowy program przeciwdziałania negatywnym skutkom suszy powinien obejmować działania w trzech głównych kierunkach: prewencji, redukcji szkód i tolerancji.

Jednym z podstawowych działań prewencyjnych jest przewidywanie suszy i wczesne ostrzeżenie. Jest to problem ciągle niedostatecznie rozwiązany. Konieczne jest prowadzenie intensywnych prac nad metodami prognozowania, zarówno długoterminowego (rok suchy czy mokry) jak i okresowego susz występujących w sezonie wegetacyjnym. Konieczne jest również rozwijanie metod symulacyjnych i informatycznych systemów rozpoznawania i bieżącej kontroli suszy. Potrzebne są wskaźniki wczesnego ostrzeżenia wykorzystujące aktualne i historyczne dane hydrometeorologiczne. Prognozowanie i wczesne ostrzeżenie ma ogromne znaczenie w planowaniu, przygotowaniu i podejmowaniu działań mających na celu uniknięcie lub zmniejszenie ujemnych skutków suszy. Konieczne jest utworzenie sprawnej służby prognozowania susz oraz regionalnych służb wczesnego ostrzeżenia i doradztwa, pracujących dla potrzeb rolników, ekspertów gospodarki wodnej, zarządów melioracji. Należy wykorzystywać wszystkie dostępne środki przekazywania i rozpowszechniania informacji – ulotki, gazety, radio, telewizja, internet, bezpośrednia komunikacja.

Inne metody prewencyjne, dotyczące działań bezpośrednio zapobiegawczych, powinny być ukierunkowane na zasoby wodne, zapotrzebowanie na wodę oraz minimalizację skutków ujemnych i strat.

Najważniejszą grupą przedsięwzięć ukierunkowanych na zasoby wodne są działania mające na celu zwiększenie zasobów wodnych, zwiększenie wykorzystania dostępnych zasobów wodnych oraz zwiększenie efektywności zużycia wody. Bardzo istotne jest więc dokończenie i wdrożenie regionalnych programów rozwoju małej retencji w Polsce. Inne metody to odpowiednie zabiegi agrotechniczne oraz agro-, fito- i hydromelioracyjne, zwiększające lokalne zasoby wodne i ich dostępność. Działania ukierunkowane na użytkowników wody powinny modyfikować zapotrzebowanie na wodę przez jak najbardziej efektywne wykorzystanie zasobów wody przez jej użytkowników. Dużą rolę odgrywa modyfikacja potrzeb

wodnych na poziomie gospodarstwa, minimalizacja bezużytecznych odpływów wody z systemów melioracyjnych, w tym odpływów wód drenarskich oraz ograniczenie zużycia wody na ewapotranspirację.

Metody redukcji potencjalnych szkód wywołanych przez suszę obejmują w rolnictwie takie działania jak zmiany i optymalny wybór użytkownika rolniczej przestrzeni produkcyjnej, modyfikacja zmianowania upraw, dobór odpowiednich gatunków i odmian roślin odpornych na suszę, zmiany w agrotechnice. Pożądane jest stworzenie listy odmian roślin najczęściej uprawianych na danym obszarze i odpornych na suszę. Mieszczą się tu również wszelkie zabiegi melioracji kompleksowych, np. zadrzewienia, wprowadzanie użytków zielonych, zabiegi agromelioracyjne (spulchnianie gleby, głęboka orka), sterowanie poziomem wody gruntowej, nawodnienia, odpowiednia gospodarka wodna w systemach melioracyjnych, odpowiednie nawożenie. Stosowanie tych metod może w znacznym stopniu ograniczyć ujemne skutki suszy na danym obszarze.

Tolerancja w walce z suszą oznacza, że należy się liczyć z pewnym ryzykiem, ograniczeniami i stratami w plonie i wartości zysku. Dlatego w strategii walki z suszą należy również określić na różnym poziomie gospodarowania (region, zlewnia, obszar, gmina, gospodarstwo) akceptowalny poziom i stopień strat. Należy sporządzić listę priorytetów, określającą dopuszczalny poziom strat w poszczególnych działach gospodarki lub produkcji rolniczej. Pozwoli to na zaplanowanie odpowiednich zadań i optymalną alokację środków na ich realizację.

Niebagatelne znaczenie w planowaniu i realizacji strategii walki z suszami będą miały działania instytucjonalne. Obejmują one: stosowanie operacyjnych modeli gromadzenia i przerzutów wody w skali zlewni, modele decyzyjne gospodarowania wodą w zbiornikach retencyjnych i systemach wodnych, zmiany w zarządzaniu rozdziałem wody z miejscowego na centralny (w skali systemu), zmiany w organizacji administracyjnej zarządzania gospodarką wodną, nowe regulacje prawne. Rozwiązania instytucjonalne powinny uwzględniać lokalne problemy w regionie wynikające z częstotliwości susz, ich charakteru i oddziaływania na różnych użytkowników wody, jak również wynikające z przewidywanych strat ekonomicznych związanych z niedoborem wody. Specyfika regionalnych rozwiązań jest szczególnie istotna, gdy rolnictwo (nawodnienia) jest znaczącym konsumentem wody. Ciągły wzrost zapotrzebowania na wodę w rolnictwie powinien znaleźć odbicie w odpowiednim udziale w procesach decyzyjnych specjalistów z dziedziny gospodarki wodnej w rolnictwie.

Opracowanie programów ograniczania ujemnych skutków susz powinno być poprzedzone rozwiązaniem i opracowaniem wymienionych poniżej problemów i zagadnień.

1. Zasady i metody identyfikacji przyczyn susz oraz obszarów zagrożonych suszą w oparciu o zespół wskaźników suszy oraz bilans wodny wybranych obszarów i zlewni.

2. Metody detekcji i prognozowania suszy; metody rozpoznawania i bieżącej kontroli suszy; opracowanie wskaźników wczesnego ostrzegania na podstawie aktualnych i historycznych danych hydrometeorologicznych.

3. Zasady i metody tworzenia informatyczno-technicznych systemów prognozowania, wczesnego ostrzegania i monitoringu susz oraz jej skutków.

4. Metody zwiększania zasobów wodnych i ich dostępności, wielokrotnego i wielofunkcyjnego ich wykorzystania, gromadzenia wody.

5. Metody modyfikacji potrzeb wodnych użytkowników, oszczędzania wody, ograniczania zapotrzebowania na wodę, zwiększenia efektywności zużycia wody.

6. Stan i perspektywy stosowania nawodnień w Polsce jako jednego z czynników przeciwdziałania suszom w produkcji roślinnej.

7. Zmiany i optymalny dobór użytkowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej, modyfikacja zmianowania upraw, dobór odpowiednich gatunków i odmian roślin odpornych na suszę, zmiany w agrotechnice.

8. Dopuszczalny poziom strat w poszczególnych działach produkcji rolniczej.

9. Potrzeby w zakresie poprawy wiedzy społeczeństwa o suszach, ich skutkach i zapobieganiu.

10. Metody oceny efektów działań ograniczających ujemne skutki susz.

11. Uwarunkowania instytucjonalne i prawne w planowaniu i realizacji przeciwdziałania skutkom susz.

PODSUMOWANIE

Nasilający się w ostatnich latach problem susz w Polsce, zwłaszcza w rolnictwie, wskazuje na potrzebę podjęcia szeregu prac badawczo-wdrożeniowych prowadzących do opracowania i wdrożenia programów działań w regionach szczególnie zagrożonych suszami w rolnictwie. Działania takie w rolnictwie powinny prowadzić do zwiększenia lokalnych zasobów wodnych i ich dostępności przez realizację i dokończenie programów małej retencji wodnej. Powinny modyfikować zapotrzebowanie użytkowników na wodę, wymuszając oszczędne wykorzystanie tego zasobu w czasie suszy. Dużą rolę powinna odgrywać modyfikacja technologii użytkowania wody w gospodarstwie i na polu. Przewidywane działania, obejmujące sektor rolnictwa, powinny prowadzić do zmiany i optymalizacji użytkowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W programach działań powinny być również uwzględnione wszelkie zabiegi melioracji kompleksowych (zadrzewienia, zamianę gruntów ornych na użytki zielone, zabiegi agromelioracyjne, sterowanie poziomem wody gruntowej, nawodnienia, hydro- i biomelioracje). Działania te mogą w znacznym stopniu ograniczyć ujemne skutki suszy na danym obszarze i przyczynić się do rozwoju i wdrożenia zasad integrowanej gospodarki wodnej w zlewni rolniczej. Należy również opracować odpowiednie rozwiązania instytucjonalne i prawne, które powinny uwzględniać lokalne problemy w regionie wynikające

z częstotliwości susz, ich charakteru i oddziaływania na różnych użytkowników wody, jak również wynikające z przewidywanych strat ekonomicznych związanych z niedoborem wody.

LITERATURA

- BAK B., ŁABĘDZKI L., 2002. Assessing drought severity with the relative precipitation index (RPI) and the standardized precipitation index (SPI). *J. Water Land Develop.* No. 6 s. 89–105.
- BAK B., ŁABĘDZKI L., 2003a. Modification of standardized precipitation index *SPI* for drought monitoring in Poland. W: Meteorological services' tasks in NATO operations, missions and exercises. V International Symposium on Military Meteorology. Poznań 29.09.–2.10.2003 s. 15–22.
- BAK B., ŁABĘDZKI L., 2003b. Monitorowanie suszy w okresie dekadowym metodą wskaźnika *SPI* i prognozowanie dalszego jej rozwoju. W: Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Red. nauk. M. Klejna, J. Uscka. *Bibl. Monitoringu Środowiska* s. 77–83.
- BOBIŃSKI E., MEYER W., 1992. Susza w Polsce w latach 1982–1992. Ocena hydrologiczna. *Wiad. IMGW* t. 15 z. 4 s. 3–23.
- BYCZKOWSKI A., MEYER W., 1999. Objective criteria of hydrological droughts evaluation. *Rocz. AR. Poznań* 310 s. 369–381.
- BYCZKOWSKI A., MEYER W., 2001. Hydrological drought: objective criteria of its evaluation. *Proc. 19th Regional Conference of ICID. Brno–Prague, 4–8 June 2001.*
- CZAPLAK I., 1996. Posucha 1992 roku w Polsce a ogólne prawidłowości rozkładu dni bezopadowych. *Wiad. IMUZ* t. 18 z. 4 s. 85–93.
- FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., MAGER P., 1995. Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990. *Mater. Bad. IMGW, Gosp. Wodna i Ochrona Wód* nr 16.
- FORTUNIAK K., KOZUCHOWSKI K., ŻMUDZKA E., 2001. Trendy i okresowość zmian temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku. *Prz. Geof.* 46 z. 4 s. 283–303.
- GUTTMAN N.B., 1998. Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index. *J. Amer. Water Resour. Assoc.* Vol. 34 No. 1 s. 113–121.
- How to work out a drought mitigation strategy. *An ICID Guide. 1998. DVWK Guidelines* nr 309 ss. 29.
- KACA E., ŁABĘDZKI L., 2000. The report on the progress and the status of the national drought-mitigation strategy in Poland. *Proc. Workshop on Drought Mitigation in Central and East Europe, Budapest, 12–15 April 2000*, s. 81–90
- KACA E., STĄPEL Z., ŚNIADOWKI Z., 1993. Gospodarka wodna w rolnictwie w świetle suszy 1992 roku. *Mater. Inf. IMUZ* nr 22 ss. 55.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Pr. Geogr. IG PAN* nr 33 ss. 109.
- KONOPKO S., 1988. Częstotliwość występowania okresów posusznych w rejonie Bydgoszczy na podstawie wieloletnich obserwacji. *Wiad. IMUZ* t. 15 z. 4 s. 103–113.
- KOZUCHOWSKI K., ŻMUDZKA E., 2001. Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku. *Prz. Geof.* 46 z. 1–2 s. 81–90.
- ŁABĘDZKI L., 1992. Susza w Europie i jej wpływ na plony w świetle 16. Europejskiej Konferencji Regionalnej ICID, Budapeszt 1992. *Biul. Inf. Melior. Rolne* nr 1/2 s. 11–14.
- ŁABĘDZKI L., 1997. Potrzeby nawadniania użytków zielonych – uwarunkowania przyrodnicze i prognozowanie. *Rozp. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ* ss. 121.
- ŁABĘDZKI L., 2000. Ocena zagrożenia suszą w regionie bydgosko-kujawskim przy użyciu wskaźnika standaryzowanego opadu (SPI). *Wiad. Melior.* t. 43 nr 3 s. 102–103.
- ŁABĘDZKI L., 2002. Drought risk estimation in the Bydgoszcz–Kujawy region using the standardized precipitation index (SPI). *Proc. Inter. Conference of ICID on Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification. Bled, Slovenia, April 21–25, 2002.*

- ŁABĘDZKI L., BĄK B., 2004. Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy. *Acta Agrophysica* t. 3(1) s. 117–124.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proc. of the 8th Conference of Applied Climatology*, 17–22 January 1993, Anaheim, California, ss. 179–184.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1995. Drought monitoring with multiple time scales. *Preprints of the 9th Conference of Applied Climatology*, 15–20 January 1995, Dallas, Texas, ss. 233–236.
- Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny, 1992. Warszawa: IMGW.
- Problemy gospodarowania wodą w rolnictwie w świetle suszy 1992 roku, 1993. *Mater. Semin. IMUZ* nr 33 ss. 159.
- ROGUSKI W., KASPERSKA W., ŁABĘDZKI L., 1996. Warunki termiczne i opadowe w Bydgoszczy w latach 1945–1994 na tle lat 1848–1930. *Wiad. IMUZ*. t. 19 z. 1 s. 7–20.
- What is drought?, 2002. U.S. National Drought Mitigation Center. Strona internetowa: <http://enso.unl.edu/ndmc>.
- WILHITE D.A., GLANTZ M.H., 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International* No. 10 s. 111–120.
- WILHITE D.A., HAYES M.J., SVOBODA M.D., 2000. Drought monitoring and assessment: status and trends in the United States. W: *Drought and droughts mitigation in Europe*. Red. nauk. J.V. Vogt, F. Somma. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers s. 149–160.
- ŻARSKI J., DUDEK S., KUŚMIEREK R., 2001. Zmienność warunków agrometeorologicznych okolic Bydgoszczy w latach 1951–2000 na przykładzie Mochełka. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW*, z. 21 s. 67–73.

Leszek ŁABĘDZKI

DROUGHT PROBLEMS IN POLAND

Key words: agriculture, drought mitigation, droughts, water management

S u m m a r y

This paper devoted to droughts in Poland deals with the problems of drought definition and of drought severity estimates. The character of droughts in Poland, their frequency, territorial range and effects especially in agriculture are described. The trends of changes in precipitation and temperature in the last 50 years are analysed, confirming observed warming and overdrying of climate. The most important needs for development and implementation of drought mitigation actions are given with special emphasis on rural areas and agriculture.

Recenzenci:

prof. dr hab. Stanisław Drupka

prof. dr hab. Czesław Rzekanowski

Praca wpłynęła do Redakcji 16.01.2004 r.

